

---

RAPPORT

# Moglegheitsstudie for flaumdempande tiltak i Vossavassdraget

---

OPPDRA GSGJEVAR

NVE

EMNE

Flaumdempe nde tiltak

DATO: 5. desember 2016

DOKUMENTKODE: 129236-RiVass-RAP-01

---



Multiconsult

Foto: Gunnar Bergo, Voss kommune

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	<b>Moglegheitsstudie for flaumdempande tiltak i Vosso og Opo</b>	DOKUMENTKODE	129236-RiVass-RAP-01
EMNE	Flaumdempe tiltak i Vosso	TILGJENGE	Open
OPPDRAGSGJEVAR	<b>NVE</b>	OPPDRAGSLEIAR	Nils Roar Sælthun
KONTAKTPERSON	<b>Magne Geir Verlo, NVE Gunnar Bergo, Voss kommune</b>	ANSVARLEG EINING	1087 Oslo Hydrologi
UTARBEID AV	Nils Roar Sælthun, Kristine Lilleeng Walløe, Randi Osen, Hilde Johnsborg, Morten Kraabøl, Jon Magnus Amundsen med fleire		

0	5.12.2016		Sælthun, Osen, Walløe m.fl.	Ingar Flatlandsmo	Odd Adler-Gjerde
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

## Samandrag

I oktober 2014 vart fleire vassdrag på Vestlandet råka av storflaum, med omfattande skadar på bygg og infrastruktur. Klimaprognosar viser at slike flaumar verta bli større og meir vanlege i framtida. Oppdragsgjevar ynskjer difor å sjå på kva for tiltak som kan redusera omfanget av slike flaumskadar.

Denne rapporten tek for seg moglege tiltak for å redusera flaumskadar i Vossavassdraget. Tiltaka er skisserte og kostnadsrekna. Det er også vurdert kva verknad dei vil ha på framtidige flaumskadar, og kva for konsekvensar dei vil ha for miljø og samfunn. Rapporten gjev difor ein brei gjennomgang av moglege tiltak, som grunnlag for å avgjere kva tiltak det er aktuelt og realistisk å arbeida vidare med.

Rapporten fokuserer på dei store flaumane, med tidsforløp liknande det ein såg i 2014. Det var då stor nedbør som varde i fleire dagar over heile nedbørfeltet. Dette ga både store flaumtoppar og store flaumvolum. Tiltak som er eigna til å redusere små, lokale flaumtoppar, slik som auka demping i eksisterande innsjøar eller restaurering av våtmark har liten effekt på store flaumar i hovudvassdraget. For å redusere ein flaum med 200-års gjentaksintervall og eit 40 prosent klimapåslag til en storleik der det ikkje vert skadar langs vassdraget, trengs det tiltak med store dimensjonar som kontrollerer større deler av nedbørfeltet.

Tiltaka som det er brukt mest tid på i rapporten er difor flaumtunnelar som overfører vatn, entan ut av vassdraget, eller forbi kritiske punkt, i tillegg til lokalsikring i form av flaumvollar og –murar.

Tiltak som går på å redusere flaumstorleiken, enten gjennom å dempa flaumen eller ved å føra den ut av vassdraget, har den føremona at dei reduserar flaumskadane langs heile vassdraget nedstraums tiltaket. Lokal sikring, som flaumvollar, vernar berre dei områda dei er bygde for.

Problemet med flaumtunnelalternativa i Vossavassdraget er at dei vert svært kostbare, grunna lengda av overføringane og kravet til kapasitet. Dei kjem deifor lett ut med negativ samfunnsøkonomisk nytteverdi. Ein positiv nytteverdi er naudsynt for å få offentleg støtte. Éi løysning kan vera å byggja kraftverk i tilknytning til flaumtunnelane. Dette kan auka den samfunnsøkonomiske nytten til ein positiv verdi. For at ein slik løysning skal være rekningsvarande må kraftverket produsera straum også utanom flaumhendingane, sidan flaumoverføringane varar alt for kort og gjev alt for lite vatn til lønsam kraftproduksjon. Det vert altså tale om eit permanent uttak av vann frå vassdraget eller deler av det. Gjennomgåande gjev dette mykje større konsekvensar for miljø, inkludert friluftsliv (spesielt rafting og elvepadling) enn kortvarige flaumoverføringar. Sidan Verneplan for vassdrag famnar om store deler av Vossavassdraget må det søkast til Stortinget før slike alternativ kan utgreiast. Denne studien er fokusert på flomdemping, så kraftverk (inkl. dimensjonering, drift og tappeplanar) er ikkje omtala i detalj, men det er gjeve ei vurdering av mogleg kraftproduksjon i samband med tiltaka.

Det er ikkje gjennomført ei fullstendig nytte/kost-analyse for tiltaka, men det er gjort eit overslag over nåverdien av redusert skade ved flaumsikring av vassdraget opp til 200-årsflaum med 40 prosent klimapåslag. Dette er bygd på skadeomfanget ved 2014-flaumen, og eit estimat av skadane ved ein dimensjonerande 200-årsflaum (inkludert klimapåslag), ut frå auken i bygningsmasse som vert ramma samanlikna med 2014-flaumen. Flaumsone og tal på bygg er gjeve i rapporten. Dette grove overslaget gjev ein nåverdi av nytte gjennom redusert skade på om lag 300 millionar kroner. Dette kan ein så samanhalde med tiltakskostnadane for å få eit bilete av nytte/kost-høvet. I oppsummeringstabellen under er dette berre vurdert som positiv (netto nytte), usikker, og negativ. Det skal nemnast at nytteoverslaget er basert på reduserte flaumskadar ved Vossvangen og langs Vosso, medan lokal flaumsikring for Vossevangen, som er eit av tiltaka, ikkje reduserer flaum og flaumskadar nedstraums Vangsvatnet.

Tabellen under gjev ei oppsummering av tiltaka som er vurdert. Flaumreduserande effekt er gjeve som reduksjon i kulminasjonsvassføring. For at en 200-årsflom med klimapåslag ikkje skal gjere skadar, må kulminasjonen reduserast med meir enn 450 m<sup>3</sup>/s ut av Vangsvatnet.



Tabell. Oppsummering av tiltak

Tiltak	Flaumreducerende effekt	Miljø	Byggjekostnad	Nytte/kost-vurdering
1 Flaumtunnel Reime-Ulvik	200 m <sup>3</sup> /s: Reduksjon 270 m <sup>3</sup> /s ved Vangsvatn og 220 m <sup>3</sup> /s ved Evangervatn.  400 m <sup>3</sup> /s: Reduksjon 400 m <sup>3</sup> /s ved Vangsvatn og 290 m <sup>3</sup> /s ved Evangervatn.	Flaumtunnel utan kraftverk kan verte positivt for landbruk, og vil ha små/moderate negative verkningar for biologisk mangfald om ein iverksett fleire avbøtande tiltak mellom anna for fisk. Større negative konsekvensar for biologisk mangfald, friluftsliv/reiseliv og mogleg også vassforsyning om det vert bygd kraftverk.	200 m <sup>3</sup> /s: 570 millionar kroner  400 m <sup>3</sup> /s: 745 millionar kroner	Positiv med kraftverk  Negativ uten kraftverk
2 Flaumtunnel Reime-Granvin	200 m <sup>3</sup> /s: Reduksjon 270 m <sup>3</sup> /s ved Vangsvatn og 220 m <sup>3</sup> /s ved Evangervatn.  400 m <sup>3</sup> /s: Reduksjon 400 m <sup>3</sup> /s ved Vangsvatn og 290 m <sup>3</sup> /s ved Evangervatn.  Kan og redusere flaumskadar ved Granvinvatn.		200 m <sup>3</sup> /s: 500 millionar kroner  400 m <sup>3</sup> /s: 610 millionar kroner	Positiv med kraftverk  Negativ uten kraftverk
3 Flaumtunnel Bjørke-Granvin	200 m <sup>3</sup> /s: Reduksjon 270 m <sup>3</sup> /s ved Vangsvatn og 230 m <sup>3</sup> /s ved Evangervatn.  400 m <sup>3</sup> /s: Reduksjon 450 m <sup>3</sup> /s ved Vangsvatn og 380 m <sup>3</sup> /s ved Evangervatn.		200 m <sup>3</sup> /s: 720 millionar kroner  400 m <sup>3</sup> /s: 1060 millionar kroner	Truleg negativ
4 Flaumtunnel Vangsvatn- Fykkesund	200 m <sup>3</sup> /s: Reduksjon 280 m <sup>3</sup> /s ved Vangsvatn og 230 m <sup>3</sup> /s ved Evangervatn.  400 m <sup>3</sup> /s: Reduksjon 480 m <sup>3</sup> /s ved Vangsvatn og 430 m <sup>3</sup> /s ved Evangervatn.	Som tiltak 1, men noko mindre negativt for friluftsliv/reiseliv og vassforsyning.	200 m <sup>3</sup> /s: 880 millionar kroner  400 m <sup>3</sup> /s: 1125 millionar kroner	Truleg negativ
5 Flaumtunnel Vangsvatn- Bolstadfjorden	200 m <sup>3</sup> /s: Reduksjon 280 m <sup>3</sup> /s ved Vangsvatn og 230 m <sup>3</sup> /s ved Evangervatn.  400 m <sup>3</sup> /s: Reduksjon 480 m <sup>3</sup> /s ved Vangsvatn og 430 m <sup>3</sup> /s ved Evangervatn.		200 m <sup>3</sup> /s: 1035 millionar kroner  400 m <sup>3</sup> /s: 1400 millionar kroner	Negativ
6A Flaumtunnel Lilandsosen og Evangervatn- Bolstadfjorden	200 m <sup>3</sup> /s: Reduksjon 280 m <sup>3</sup> /s ved Vangsvatn og 230 m <sup>3</sup> /s ved Evangervatn.  400 m <sup>3</sup> /s: Reduksjon 480 m <sup>3</sup> /s ved Vangsvatn og 430 m <sup>3</sup> /s ved Evangervatn.  Berre liten flaumreduksjon på avsnittet mellom Lilandsosen og Evangervatn	Truleg moderate konsekvensar for biologisk mangfald om avbøtande tiltak vert sett i verk. Positivt for landbruk. Små eller inga konsekvensar for friluftsliv/reiseliv.	200 m <sup>3</sup> /s: 125 + 170 millionar kroner  400 m <sup>3</sup> /s: 250 + 340 millionar kroner	Øvste tunnel usikker  Nederste tunnel truleg negativ

## Mogeleghetsstudie for flaumdempende tiltak i Vosso

Tiltak	Flaumreducerende effekt	Miljø	Byggjekostnad	Nytte/kost-vurdering
6B Flaumtunnel Vangsvatn-Evangervatn og Evangervatn-Bolstadfjorden	200 m <sup>3</sup> /s: Reduksjon 280 m <sup>3</sup> /s ved Vangsvatn og 230 m <sup>3</sup> /s ved Evangervatn.  400 m <sup>3</sup> /s: Reduksjon 480 m <sup>3</sup> /s ved Vangsvatn og 430 m <sup>3</sup> /s ved Evangervatn.		200 m <sup>3</sup> /s: 330 + 170 millionar kroner  400 m <sup>3</sup> /s: 250 + 340 millionar kroner	Negativ
7 Flaumtunnel Myrkdalsvatn-Arnafjord	Reduksjon på rundt 130 m <sup>3</sup> /s	Ikkje utgreia	Rundt 800 millionar kroner	Negativ
8 Utløp Myrkdalsvatn	Reduksjon på rundt 30 m <sup>3</sup> /s	Ikkje utgreia	Ikkje utrekna	Usikker
9 Skreiovatn	Reduksjon < 10 m <sup>3</sup> /s	Ikkje utgreia	Ikkje itrekna	Usikker
10 Oppheimsvatn	Reduksjon ca. 70 m <sup>3</sup> /s. Aukar flaumar i Nærøydalen.	Ikkje utgreia	Rundt 80 millionar kroner	Negativ
11 Utløp Lønavatn	Reduksjon ca. 70 m <sup>3</sup> /s.	Ikkje utgreia	Ikkje berekna	Usikker
12 Overføringer oppstraums i Raundalen	Reduksjon ca. 120 m <sup>3</sup> /s	Konflikt med viktige friluftsområder.	Rundt 700 millionar kroner	Positiv med kraftverk
13 Overføring Slonadalsvatn	Reduksjon ca. 40 m <sup>3</sup> /s	Ikkje utgreia	Rundt 150 millionar kroner	Positiv med kraftverk
14 Utløp Slonadalsvatn	Reduksjon ca. 30 m <sup>3</sup> /s	Ikkje utgreia	Ikkje utrekna	Usikker
15 Flaumvoller Vossevangen	Bebyggelse på Vossevangen unngår oversvømmelse ved Q200+40%.	Små konsekvensar. Kan verte positivt for landskap. Usikkert om vasskvalitet kan verte negativt påverka.	73 millionar kroner	Positiv
16 Masseuttak Evanger	Mindre oversvømmelse frå elva ved Evanger	Ikkje utgreia	-	Skal gjennomføres av NVE
17 Erosjonssikring i elv ved Vossevangen	Redusere fare for utrasing	Ikkje utgreia	Ikkje utrekna	Truleg positiv
18 Senke kanal Lilandsosen	Potensielt tilstrekkeleg reduksjon av vannstand i Vangsvatn	Ikkje utgreia	Usikker	Usikker

## Innhald

<b>1</b>	<b>Introduksjon</b> .....	<b>10</b>
1.1	Bakgrunn for studien .....	10
1.2	Føremål .....	10
1.3	Prosess .....	10
<b>2</b>	<b>Bakgrunn</b> .....	<b>11</b>
2.1	Skildring av vassdraget .....	11
2.2	Kritiske objekt .....	11
2.3	Vêrsituasjonen ved Voss i oktober 2014 .....	13
2.4	Konsekvensar av flaumen i oktober 2014 .....	19
<b>3</b>	<b>Eksisterande situasjon i Vossavassdraget</b> .....	<b>25</b>
3.1	Bruksinteresser i vassdraget .....	25
3.2	Sikringstiltak i vassdraget .....	48
<b>4</b>	<b>Hydrologi</b> .....	<b>51</b>
4.1	Hydrologiske data .....	51
4.2	Naturleg reguleringsgrad i innsjøar over 0,1 km <sup>2</sup> .....	53
4.3	Kraftverk .....	56
4.4	Flaumutrekningar .....	57
4.5	Hydraulisk modell .....	58
4.6	Flaumutsette areal .....	59
<b>5</b>	<b>Mogelege flaumskadereduserende tiltak</b> .....	<b>61</b>
5.1	Kva skal til for å redusere flaumskader? .....	61
5.2	Oversikt .....	61
5.3	Tiltak 1: Flaumtunnel frå Reimegrend til Hardangerfjorden ved Ulvik .....	63
5.4	Tiltak 2: Flaumtunnel frå Reimegrend til Granvinfjorden .....	70
5.5	Tiltak 3: Flaumtunnel frå Klyve til Granvinfjorden .....	74
5.6	Tiltak 4: Flaumtunnel frå Vangvatnet til Fykkesund .....	78
5.7	Tiltak 5: Flaumtunnel frå Vangsvatnet til Bolstadfjorden .....	83
5.8	Tiltak 6a: . Ein øvre flaumtunnel frå Vangsvatnet til Seimsvatn, og ein nedre frå Horveid til Bolstadfjorden .....	86
5.9	Tiltak 6b: Flaumtunnel frå Vangsvatnet til Evangervatn .....	89
5.10	Tiltak 7: Flaumtunnel frå Myrkdalsvatn til Arnafjorden .....	91
5.11	Tiltak 8: Endra utløp av Myrkdalsvatn .....	92
5.12	Tiltak 9: Regulering av Skreiovatn .....	93
5.13	Tiltak 10: Overføringstunnel frå Oppheimsvatn til Nærøydalen .....	94
5.14	Tiltak 11: Innsnevring av utløpet frå Lønnavatn .....	95
5.15	Tiltak 12: Overføring av fire elver i Raundalen til nytt kraftverk ved Osa .....	96
5.16	Tiltak 13: Overføring av Slonadalsvatn til eksisterande magasin .....	97
5.17	Tiltak 14: Innsnevra utløpet frå Slonadalsvatn .....	98
5.18	Tiltak 15: Lokale flaumsikringstiltak på Vossevangen .....	99
5.19	Tiltak 16: Masseuttak i Vosso ved Evanger .....	107
5.20	Tiltak 17: Erosjonssikring i elv ved Vossevangen .....	107
5.21	Tiltak 18: Ulike endringar/inngrep i Lilandsosen .....	108
<b>6</b>	<b>Samanstilling av mogelege flaumskadereduserende tiltak</b> .....	<b>109</b>
6.1	Oversikt over enkelttiltak .....	109
6.2	Forenkla nytte/kost-vurdering .....	109
6.3	Diskusjon .....	113
<b>7</b>	<b>Referansar</b> .....	<b>115</b>
<b>8</b>	<b>Vedlegg</b> .....	<b>116</b>

## Figurar

Figur 1-1. Kart over vassdraget.....	11
Figur 2-1. Jernbanebrua (fremst) og Langabrua. Foto Nils Roar Sælthun.....	12
Figur 1-2 Jetstraum inn mot Norge 27. oktober 2014, frå Langsholt et al 2015, med yr.no som kjelde .....	14
Figur 1-3 Registrert døgnnedbør ved fem målestasjonar i Vossavassdraget (datert på slutten av nedbørdøgnet 07-07).....	15
Figur 1-4. Nedbør ved målestasjon Myrkdalen 26. til og med 28. oktober 2014. Nedbøren kulminerer klokka 13 den 28. oktober. ...	15
Figur 1-5 Spesifikk vassføring for Myrkdalsvatn, Kinne og Bulken gjennom flaumen .....	16
Figur 1-6 Spesifikk vassføring for Kaldåen, Svartavatn og Mestad samanlikna med Bulken .....	18
Figur 1-7 Samanlikning av spesifikk vassføring frå Svartavatn og Mestad restfelt .....	18
Figur 1-8 Vassføring ut frå Vangsvatnet (svart kurve) og samla tilløp til Evangervatnet (raud kurve), med tilløp frå restfeltet basert på oppskalering av 62.18 Svartavatn. Frå Holmqvist (2015). .....	19
Figur 1-9 Oversvømt område på Vossevangen (Håheim, Flaumen 28.10.14 Oppsummering - vassdragskartlegging, 2014).....	20
Figur 1-10 Råka bygningar på Vossevangen under flaumen i 2014. Kjelde Voss kommune (Dannevig, Groven, & Aall, 2016) .....	20
Figur 1-11 Oversvømt område ved Evanger sentrum (Håheim, Flaumen 28.10.14 Oppsummering - vassdragskartlegging, 2014) .....	21
Figur 3-2. Oversikt over naturvernområde og vassdragsvern. NR = naturreservat, LVO = landskapsvernområde.....	28
Figur 3-3. Verdifulle naturtypar, austre del .....	31
Figur 3-4. Verdifulle naturtypar, vestre del .....	32
Figur 3-5. Kart over dei 23 prioriterte viltområda som Voss kommune har registrert (frå Bergo et al 2012). Områda 7, 8, 10, 13, 14, 16 og 19 er vassdragsnære og omtalt i teksten over .....	35
Figur 3-6. Oversikt over jordbruksområde i nedbørsfeltet (innfelt, øvst) og dei største områda langs Vossavassdraget .....	38
Figur 3-7. Kulturmiljø 1: Brufeste hulvegg i Raundalselvi ved Bjørke. ....	40
Figur 3-8. Kulturmiljø 2: Voss sentrum (brun skravur). Kulturmiljø 3: Voss kyrkjestad (rosa firkant).....	40
Figur 3-9. Kulturmiljø 4: Skålgroper ved Liland. Kulturmiljø 5: Terskel i utløpselva frå Vangsvatnet. ....	41
Figur 3-10. Kulturmiljø 6: Damskipskaia på Evanger (nord for Teigdalsvegen). ....	41
Figur 3-11. Kulturmiljø 7: Damskipskaia og Postbåtstøa i Vassenden. ....	42
Figur 3-12. Kulturmiljø 8: Bolstadøyri (landingsplass for båt).....	42
Figur 3-13. Fangstatistikk for laks og sjøaure i Vossavassdraget i perioden frå 1996 til 2015. Kjelde: Miljødirektoratet. ....	43
Figur 3-14. Fangstatistikk for laks, sjøaure og røye i Granvinsvassdraget i perioden 1996-2015. Kjelde: Miljødirektoratet.....	44
Figur 3-15. Oversikt over friluftsområde. Direkte rørte områder er namngitt (sjå også tabell 3-6). ....	47
Figur 3-16. Vassføringskurve før og etter senkingsarbeid ved Lilandsosen i 1990-91. Det vart konstruert ein terskel i utløpet for ikkje å endre på lågvasstanden. ....	48
Figur 3-17. Vasstand og vassføring slik det er observert, og slik det ville ha vorte dersom senkingstiltaket ikkje hadde vore utført...49	49
Figur 4-1. Hydrologiske målestasjonar i Vossavassdraget .....	51
Figur 4-2 Varighetskurve for Kinne. Raud kurve syner tida vassføringa er over eit gjeve nivå, og grøn kurve er kapasitetskurven. Data frå NVE. ....	52
Figur 4-3. Vasskraftverk i nedbørsfeltet .....	56
Figur 5-1: Figuren viser ni sikringselement. Desse er skjematisk teikna for å gje eit innblikk i sikringskostnad. Alle løysningane er kostnadsrekna på same vis for å få sikra at dei kan samanliknast.....	100
Figur 5-2 Eksisterande situasjon inn mot Vossevangen.....	103
Figur 5-3 Illustrasjonen viser den visuelle effekten av ein voll som er trekt ut mot vatnet, og med ein skråning på rundt 1:3 ned mot det flate friluftssarealet. ....	103
Figur 5-4 Bileta viser høvesvis eksisterande situasjon ved Park hotell (øvt), og situasjon med flaumvoll til kote +53,2 (nedst). Vollen vil hindra utsyn over vatnet for områda som ligg lågare. ....	104
Figur 5-5 Snittet illustrerer korleis rommet mellom eksisterande veg og gangveg kan nyttast for å få på plass flaumvollen. I snittet har dette rommet ei breidde på 17 meter, som er typisk for strekket.....	105
Figur 5-6 Illustrasjonen viser ein voll trekt vidare mot vest, med en steinmur nedfor. Steinkanten harmonerer med eksisterande steinmur mot vatnet.....	105
Figur 5-7. Stabil steinstørrelse for ulike vassdjubder og -hastigheiter.....	107

**Tabellar**

Tabell 2-1. Sum kostnader av flommen i Vossavassdraget i 2014. ....	23
Tabell 2-2 Grovvurdering av skadeomfang (Dannevig, Groven, & Aall, 2016).....	24
Tabell 3-1. Oversikt over innsjøar i Vossavassdraget og tiltak etter vassdirektivet (Gjeld innanfor tiltaksområdet - nedstraums Reimegrend) .....	25
Tabell 3-2. Oversikt over elver i Vossavassdraget og tiltak etter vassdirektivet. Oversikta gjeld tiltaksområdet (nedstraums Reimegrend).....	26
Tabell 3-3. Oversikt over verna vassdrag og naturvernområde.....	27
Tabell 3-4. Oversikt over naturtypar som ventast å verta påverka. A = Svært viktig, B = Viktig, C = Lokalt viktig. Kjelde: www.naturbase.no. ....	29
Tabell 3-5. Oversikt over kulturminne og kulturmiljø som kan verta påverka. Nummereringa i venstre kolonne refererer til kulturmiljøa i kartutsnitna under. ....	39
Tabell 3-6. Oversikt over regionale friluftsområde som vert direkte påverka av eit eller fleire tiltak. ....	42
Tabell 3-7. Elver gradert etter vanskegrad og tryggleik (kjelde: www.vossrafting.no).....	44
Tabell 3-8. Omtale av ulike padlestrekk (kajakk) i Raundalselvi basert på brev frå Voss Kajakklubb. Vanskegraden varierer frå 1-6, der 1 er lettast og 6 er ufarbart. Vassføringane er henta frå NVEs målestasjon på Kinne. ....	45
Tabell 3-9. Oversikt over elvestrekk som vert rafta av Voss Active. Opplysningane er henta frå brev selskapet har sendt til Multiconsult. ....	46
Tabell 4-1. Vassføringsstasjonare i vassdraget .....	51
Tabell 4-2. Feltparameter med estimert spesifikk middelflaum (momentanverdi).....	52
Tabell 4-3. Innsjøar i nedbørfeltet til Vosso.....	53
Tabell 4-4 Flaumverdiar for Vossavassdraget, frå Holmqvist (2015). Momentanverdiar .....	57
Tabell 4-5. Reviderte flaumar ved Evangervatn.....	57
Tabell 4-6. Tilsig til modellen .....	58
Tabell 4-7. Flaumutsette bygg ved Vossevangen og Evanger .....	59
Tabell 5-1. Mogelege tiltak i Vossavassdraget .....	61
Tabell 5-2. Kulminasjonsvassføringar og –vasstander ved Vangsvatn for ulike kapasitetar på tiltak 1. Før tiltaket er kulminasjonsvassføring på 1100 m <sup>3</sup> /s ut av Vangsvatn og på 1850 m <sup>3</sup> /s ut av Evangervatn. ....	64
Tabell 5-3. Kort oversikt over mogelege konsekvensar for naturtypar langs Vossavassdraget ved bygging av flaumtunnel Reime-Ulvik.....	65
Tabell 5-4. Kort oversikt over mogelege konsekvensar for naturtypar langs Vossavassdraget ved bygging av flaumtunnel med kraftverk Reime-Ulvik. ....	67
Tabell 5-5. Kulminasjonsvassføring og –vasstand i Vangsvatn ved ulike kapasitetar på tiltak 3 .....	75
Tabell 5-6. Kulminasjonsvasstand og –vassføring ved Q200+40% ved tiltak 4 .....	79
Tabell 5-7. Kort omtale av mogelege konsekvensar for naturtypar langs Vossavassdraget ved bygging av flaumtunnel Vangsvatnet-Fyksesund og regulering av Vangsvatnet .....	79
Tabell 5-8. Kort omtale av mogelege konsekvensar for naturtypar langs Vossavassdraget ved bygging av flaumtunnel Vangsvatnet-Fyksesund og regulering av Vangsvatnet .....	81
Tabell 5-9. Kulminasjonsvasstandar og -vassføringar i Vangsvatn ved Q200+40% for tiltak 6 .....	87
Tabell 5-10. Kulminasjonsvasstandar og -vassføringar i Vangsvatn ved Q200+40% for tiltak 6. ....	89
Tabell 5-11. Kort beskriving av mulige konsekvensar for naturtyper langs Vossavassdraget ved bygging av flomtunnel på strekningane Vangsvatn-Evangervatn, og Evangervatn-Bolstadfjorden. ....	89
Tabell 5-12. Sikringsselementer .....	101

## 1 Introduksjon

### 1.1 Bakgrunn for studien

I oktober 2014 vart fleire vassdrag på Vestlandet, mellom desse Vossavassdraget, ramma av storflaum, med omfattande skadar på bygningar og infrastruktur. Klimaprognosar viser at slike flaumar vil bli større, og komma hyppigare i framtida, og NVE har engasjert Multiconsult for å sjå på kva for tiltak det er mogeleg å gjennomføre for å redusere omfanget av framtidige flaumskadar.

Studien dekkjer vassdraga Vosso og Opo. Denne rapporten presenterer og analyserar mogelege flaumdempande tiltak i Vosso, medan arbeidet knytt til Opo er omhandla i ein separat rapport.

### 1.2 Føremål

Målet med mogelegheitsstudien er å få kartlagt alle mogelege tiltak som kan gjennomførast for å redusera framtidige flaumskadar på bygg og infrastruktur i og rundt Vossavassdraget. Slike tiltak kan vera av ulik art, avhengig av kva som forårsakar flaumskadane, og korleis typiske flaumsituasjonar i vassdraget er, men kan generelt delast i to hovudkategoriar:

#### 1. Redusera flaumtoppen

- Ved å dempa flaumen, for eksempel ved å etablere nye fordrøyingsmagasin, endra på avleiingskapasiteten til eksisterande magasin eller å fjerna eksisterande lokale flaumdempingstiltak for å auka demping på elvesletter.
- Fjerna vatn frå vassdraget

#### 2. Sikra konstruksjonar mot oversvømming og/eller erosjon ved å installera sikring i vassdraget

- Flaumvollar og andre konstruksjonar for å styra flaumvatn
- Erosjonssikring og terrengtilpassingar
- Nye flaumvegar, til dømes sidekanalar
- Botntersklar eller kontrolldammar

### 1.3 Prosess

Tiltaka som er presenterte og vurderte i denne rapporten er baserte på innspel frå ålmenta og oppdragsgjevar, i tillegg til konsulenten sine egne observasjonar.

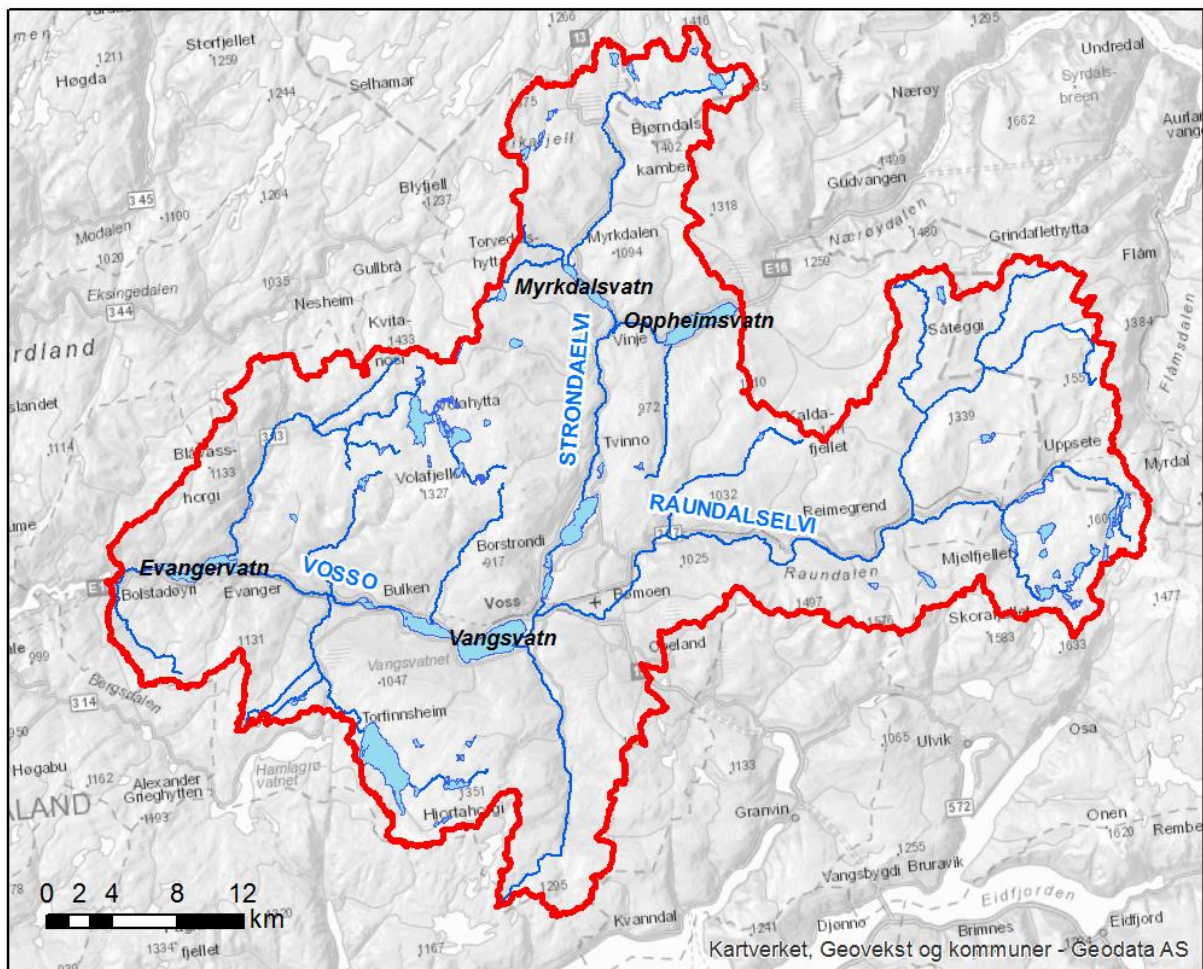
Den 6. september 2016 vart det gjennomført folkemøte i regi av Voss kommune på kulturhuset, der dei mange framkomte fekk høve til å læra meir om prosjektet, og presentera sine syn og forslag. Vidare har Voss kommune, gjennom lysingar i lokalavisa og på andre måtar invitert innbyggjarane til å komma med skriftlege innspel.

I alt 17 skriftlege innspel og forslag til tiltak har komme inn gjennom denne prosessen. Då fristen for å komma med innspel gjekk ut, vart det i samråd med oppdragsgjevar gjort eit arbeid for å identifisera dei tiltaka som ville ha monaleg flaumdempande effekt. Desse vart utgreidd i større detalj, og er presenterte i denne rapporten.



## 2 Bakgrunn

### 2.1 Skildring av vassdraget



Figur 2-1. Kart over vassdraget

Vossavassdraget ligg i Voss kommune, Hordaland fylke, mellom Hardangerfjorden og Sognefjorden. Vassdraget har sitt utspring ved Mjølfjell i aust, og Vikafjell i nord. Den austre delen av feltet består av Raundalen med Raundalselvi, ei bratt og rask elv som går i fossar og stryk gjennom den bratte Raundalen. I nord ligg Strondaelvi, som kjem frå Myrkdalsvatn og Oppheimsvatn. Denne delen av vassdraget har monaleg mindre fall enn Raundselvi, og det er fleire vatn på strekninga.

Raundalselvi og Strondaelvi kjem saman på Vossevangen, og munnar ut i Vangsvatn, snutt to kilometer etter samløpet. Etter Vangsvatn fortsett Vosso i 10 kilometer før ho kjem til Evanger og Evangervatn. Nedstraums Evangervatn vart ho kalla Bolstadelvi, og munnar ut i Bolstadfjorden ved Bolstadøyri etter 3 kilometer. Meir om vassdraget finnes i vedlegg A.

### 2.2 Kritiske objekt

I ein flaumsituasjon er det enkelte skadetyper som er meir kritiske enn andre, både kostnadmessig og når det gjeld samfunnsfunksjon. Eksempel på dette er viktig infrastruktur (vegar, bruer, vassforsyning, straumforsyning) og bygningar med viktig funksjon i ein krisesituasjon (sjukehus, politi og brann, kommunal administrasjon). I tillegg er det viktig å ha fokus på bustadhus i områder utsett for erosjon og undergraving. Desse ligg ikkje nødvendigvis innan flomsonekarta, men ved flom i store vassdrag er det gjerne her livsfare oppstår, jamfør Odda og Flåm i 2014. Nokre slike objekt i vassdraget er:

### 2.2.1 Langabrua, brua på RV13 gjennom Vossevangen



Figur 2-2. Jernbanebrua (fremst) og Langabrua. Foto Nils Roar Sælthun

Langabrua har underkant på 52.50, og vasstanden her ligg i fylgje hydraulisk modell 0.30 m over vasstanden i Vangsvatnet ved ekstrem flaum. Brua gjekk klar under 2014-flaumen (etter desse berekningane med 0.9 m), men vil verte råka ved 200-årsflaum med klimapåslag, vasstand 53.3 lokalt. At trafikken blir broten er neppe så kritisk ettersom det finst alternativ rute over Tvildemoen, men det vil gje oppstuving og høgare vasstand ved Haugamoen og Elvegata. Det mest kritiske scenariet er at brua tippar – det ser ut til å vere mogeleg slik ho er konstruert, sjå Figur 2-2 – og dermed fungerer som demning. Oppstuvinga kunne i så fall verte stor og leie elva inn mot sentrum.

### 2.2.2 E16

E16 er hovudvegen mellom Oslo og Bergen, og stenging av den har store konsekvensar både for fjerntrafikken og for lokal transport i ein krisesituasjon. Den var stengt fleire stader under 2014-flaumen (sjå kap **Error! Reference source not found.**), og den mest langvarige stenginga kom som fylgje av undergraving og utrasing ved Skorve. Etter dette er vegbana heva på kritiske stader, og det er gjennomført sikringsarbeid for 40 millionar kroner på Skorve. Dette er truleg ingen garanti for at det ikkje kan oppstå tilsvarende situasjonar andre stader på strekninga ved høgare flaummar.

### 2.2.3 Bergensbanen

Bergensbanen var også stengt under 2014-flaumen på grunn av faren for erosjon og utrasing. Den er no sikra på strekninga Lilandsosen – Bolstad for 50 millionar kroner. I fylgje JBV skal dette halde for 200-årsflaum med klimapåslag.

Både E16 og Bergensbanen skal byggast om i ei sams planløyning på strekningen Voss-Arna med store avsnitt i tunell og godt sikra mot flaum. Framdrift er ikkje klarlagt og utbygginga startar frå Arna, så vi er truleg inne Nasjonale transportplan 2030-39 før dette er realisert.

#### **2.2.4 Vassforsyninga på Voss**

Vossevangen vassverk og vassbehandlingsanlegg ligg på Prestegardmoen, ca. kote 51. Anlegget vart råka og produksjonen stogga under flaumen i 2014. Problema var både at tekniske installasjonar var utsett og at det var fare for ureining frå overflatevatn. Dersom generelle tiltak mot flaum ikkje senkar Vasstanden i Vangsvatnet nok (nivå 49.85 er rekna som skadefritt), så kan truleg anlegget sikrast ved lokale tiltak. Kortvarig oversvøyming av vatn frå Vangsvatnet eller elva bør ikkje vere problematisk for eit grunnvassanlegg i lausmasser så lenge ein ikkje får nedtrenging langs brønnforingar o.l. Føresetnaden er at overflatevatnet ikkje har spesielle ureiningar som ikkje vert stoppa av filtrering gjennom lausmasser.

#### **2.2.5 Kommando- og kommunikasjonsfunksjonar**

Kritiske tekniske installasjonar som elforsyning, serverar, sambandsutstyr osv. hamnar gjerne i kjellarnivå, og kan dermed bryte saman når ein treng det som mest i ein flaumsituasjon. På Vossevangen er det vel særleg Tinghuset som er utsett. Nå vart jo dette testa under 2014-flaumen, så ein kan vel rekne med at det allereie er sikra for framtidige flaumsituasjonar.

#### **2.2.6 Erosjonsutsette bustadområder**

Erosjon stod for ein monaleg del av skadane og fylgjekostnadene under 2014-flaumen (E16, Bergensbanen, Rongavegen), men bustadområder var ikkje råka i særleg grad. Det var begynnande skade i elvemuren ved Meierivegen 14, det viser at ein ikkje er trygg sjølv om det er eksisterande mur mot elva. Sameleis var det graving nedover nedanfor Tintra-brua. Elva får stor fart i flaum frå samløpet til Vangsvatnet, typisk 2-3 m/s. Bustadhusa på Haugamoen ligg i yttersving av elva, noko som gjer at farten på vatnet blir stor mot elvebredda (det er her elva naturleg vil grave). Farten på vatnet aukar (til 5-6 m/s) dersom Vasstanden i Vangsvatnet er låg samstundes som elva er i flaum, noko ein kan få ved tiltak som senkar vatnet utan å redusere flaumen i Raundalselvi.

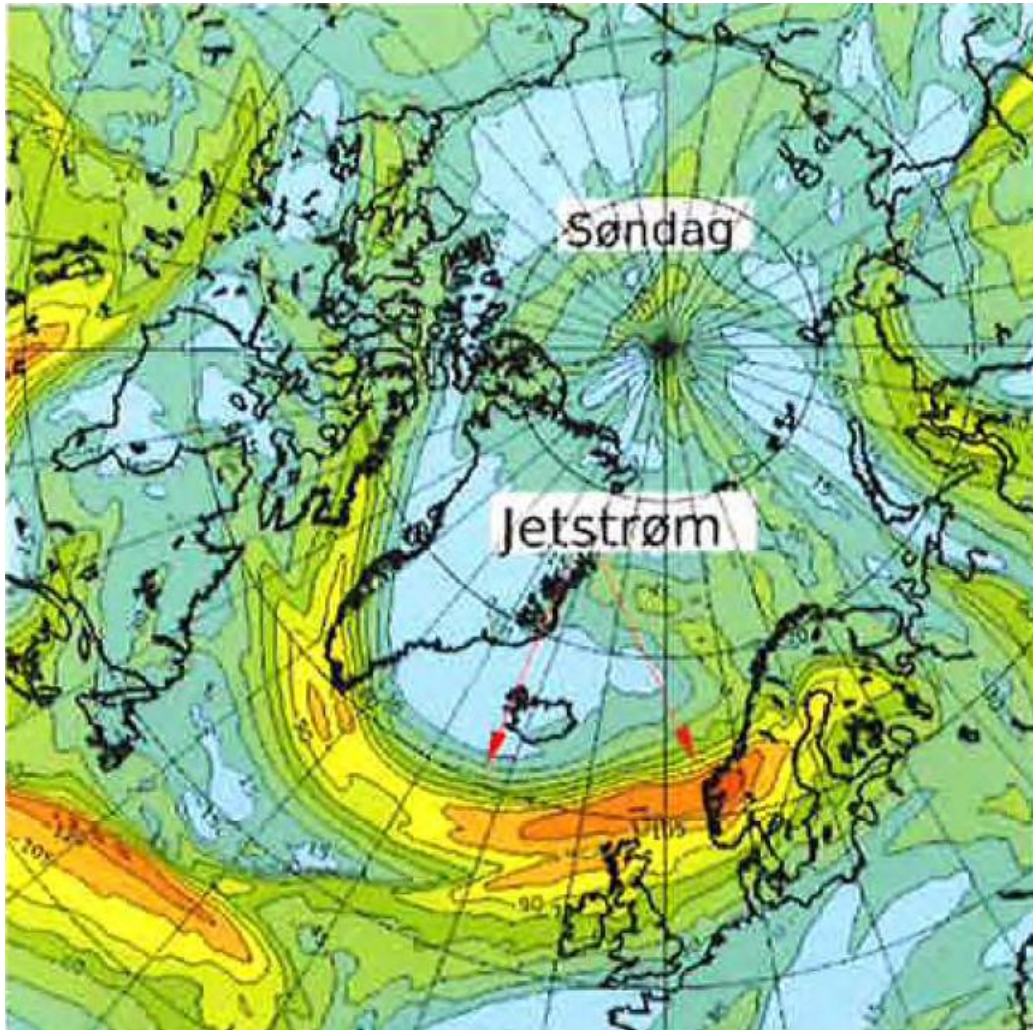
Utan at vi har synfare, så kan det også sjå ut som bygg på elvekanten mot Raundalselvi ved Brynavollen er utsett, likeeins einskilde bygg mellom RV13 og Raundalselvi oppstraums Palmafoss. Hus mot elva i Evanger sentrum kan vere utsett for undergraving dersom det vert skader i muren.

Ved Rognsfossen vart det registrert graving ved parkeringsplassen for nybygg i 2014.

### **2.3 Vêrsituasjonen ved Voss i oktober 2014**

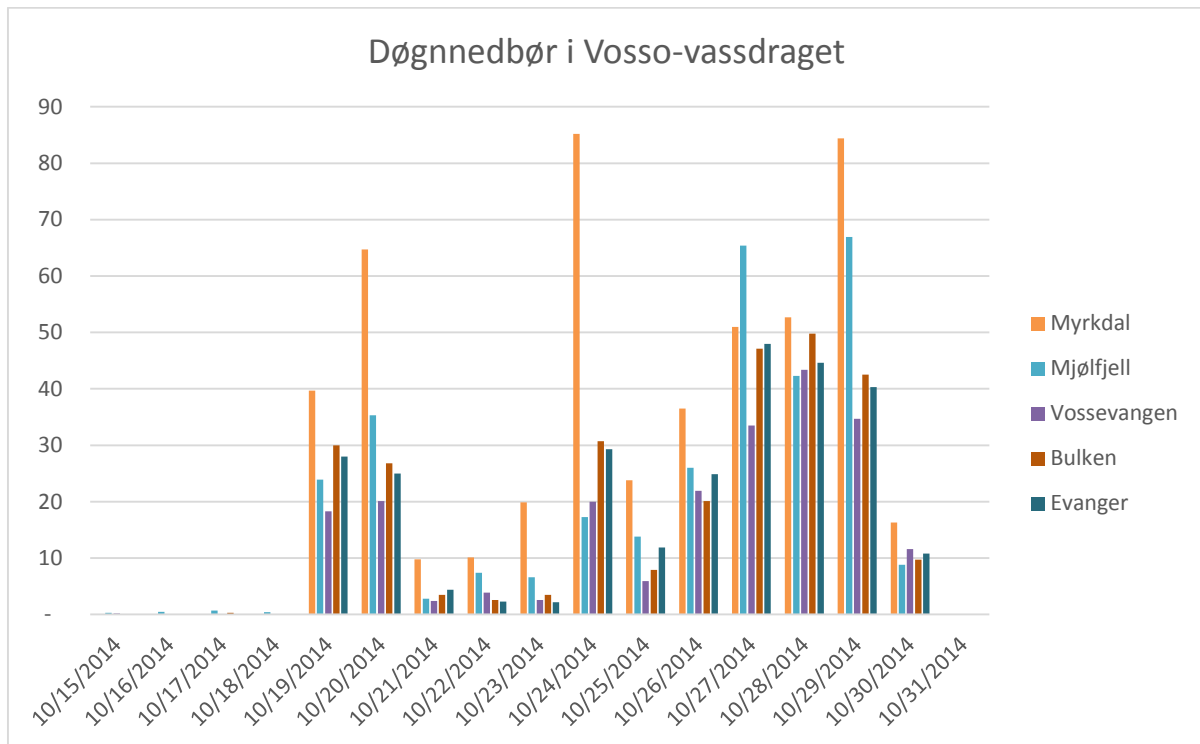
Eit massivt nedbørområde slo inn over Vestlandet i slutten av oktober 2014, og ga store nedbørmengder og flaumskadar frå Sauda til Sognefjorden. Det var ikkje nemneverdt med snø i fjellet. Eit sterkt vestavindsfelt hadde etablert seg, og jetstraumen gjekk rett mot desse områda (Figur 2-3). Dette ga frontpassasje etter frontpassasje i siste del av oktober. Nedbørfeltet var difor godt metta med vatn då den største nedbøren kom den 28. oktober.



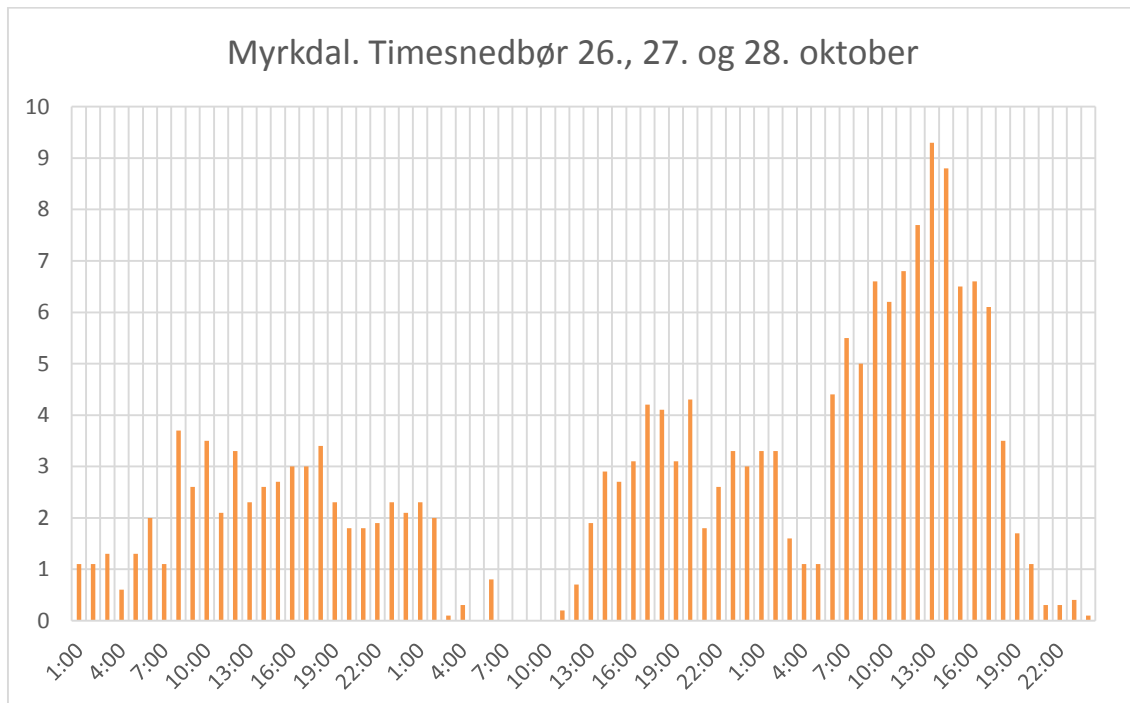


Figur 2-3 Jetstraum inn mot Norge 27. oktober 2014, frå Langsholt et al 2015, med yr.no som kjelde

Døgnnedbør i Vossavassdraget for siste halvdel av oktober er vist i Figur 2-4. Etter ein periode med lite nedbør i midten av oktober, fall det ein del nedbør 19. og 20. oktober. Nedbøren vart noko mindre frå 21. til 23. oktober, men tok seg opp att den 24. oktober. Heile nedbørfeltet opplevde store nedbørmengder dei tre døgna frå 27. til 29. oktober (her reknar ein «nedbørdøgn», frå kl. 07 til kl. 07), med største registrerte tredøgnsnedbør på 188 millimeter ved målestasjon Myrkdal. Mjølfjell fekk 175 millimeter nedbør, medan Vossevangen fekk 112, Bulken 139 og Evanger 133 millimeter. Jordalen, som ligg litt utanfor feltet i nordaust, sette ny rekord med 248 millimeter. Figur 2-5 syner døgnnedbør for fem målestasjonar i Vossavassdraget desse tre døgna, medan Figur 2-5 viser timesnedbør ved Myrkdal målestasjon frå 26. til og med 28. oktober.



Figur 2-4 Registrert døgnet nedbør ved fem målestasjoner i Vossavassdraget (datert på slutten av nedbørdøgnet 07-07).



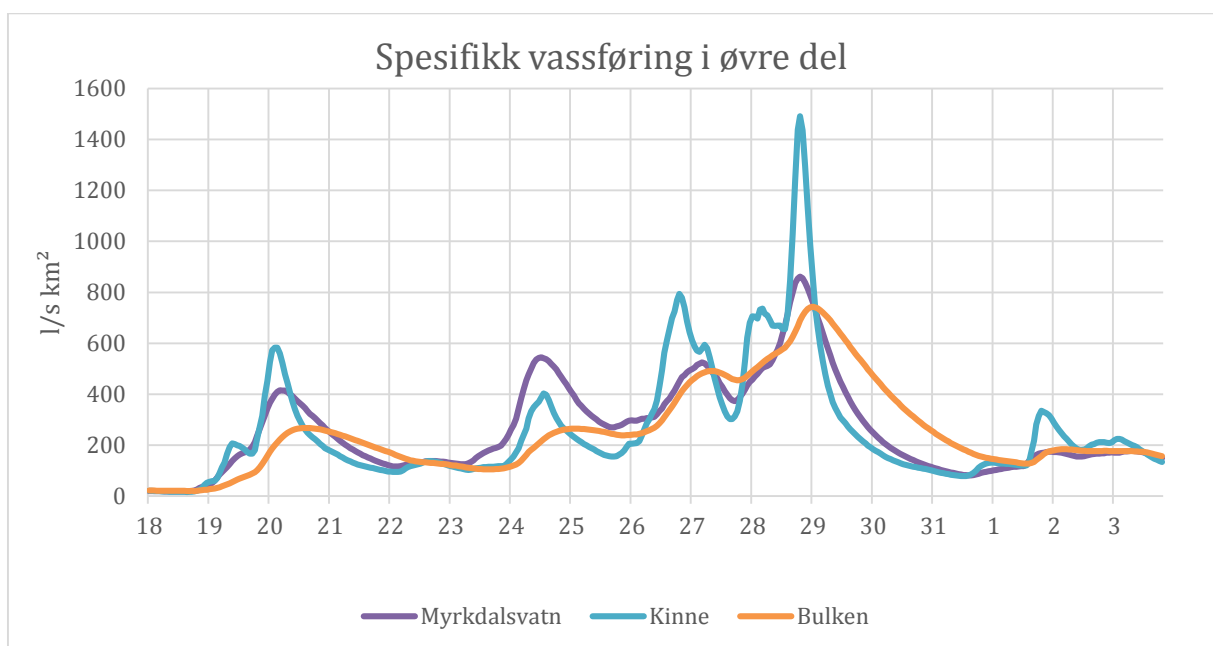
Figur 2-5. Nedbør ved målestasjon Myrkdalen 26. til og med 28. oktober 2014. Nedbøren kulminerer klokka 13 den 28. oktober.

Om ein ser på spesifikk avrenning gjennom perioden er det liten skilnad mellom dei to hovudgreinene i vassdraget oppstrøms Vangsvatnet. Dersom me ser på heile flaumperioden frå 25. oktober til 01. november, svarer avrenninga til 228 millimeter for Myrkdalsvatn og 245 millimeter for målestasjonen på Kinne. Figur 2-6 syner noko større avrenning i Raundalen den 28. oktober, og generelt at avrenninga

frå Myrkdalsvatn er noko utjamna samanlikna med Kinne. Sjølv om nedbøren ved Myrkdalsvatn og Kinne kulminerer omtrent samtidig så vil flaumtoppen i Strondaelv koma seinare enn Raundalselv på grunn av dempinga i Lønnavatn og dei andre vatna i denne strengen. Ein kan rekne med at dette er eit typisk mønster, altså at den spesifikke avrenninga under flaum er like stor i Strondaelv-feltet som i Raundalen, men vil vere forseinka i høve til Raundalselvi, og med mindre samla avrenning (fordi feltet er mindre (372 mot 526 km<sup>2</sup>)). Restfeltet til Vangsvatnet er på 193 km<sup>2</sup>. Den største sideelva er Bordalselva frå sør, med eit areal på 92 km<sup>2</sup>. Det er svært få innsjøar i restfeltet, så ein må rekne med at vassdraget reagerer snøgt.

I Strondadalsgreina kulminerte vassføringa inn i Myrkdalsvatn klokka 16, og ut av Myrkdalsvatn klokka 19:30. I Lønnavatnet var maksimal vasstand kote 78.39 klokka 21:00<sup>[1][2]</sup>. I Raundalsgreina kulminerte flaumen ved Slonadalsvatn klokka 17 den 28. oktober, og ved målestasjon Kinne nederst i Raundalselvi var kulminasjonen kl. 18:30 med en verdi på 763 kubikkmeter per sekund (m<sup>3</sup>/s).

Vangsvatnet steig endå nokre timar til. Frå 19. oktober steig det 6,58 meter, og kulminerte ved midnatt 28. oktober klokka 23:57 med vasstand på kote 51.30<sup>1</sup>. Vassføringa var på 813 m<sup>3</sup>/s, opp frå 22 m<sup>3</sup>/s den 19. oktober.



Figur 2-6 Spesifikk vassføring for Myrkdalsvatn, Kinne og Bulken gjennom flaumen

Feltet frå utløpet av Vangsvatnet ved Lilandsosen ned til utløpet av Evangervatnet er på 381 km<sup>2</sup><sup>[2]</sup>. Volavatn med eit felt på 47 km<sup>2</sup> øvast i Teigdalselv er regulert og går til Evanger kraftverk, medan Torfinnsvatn med felt 54 km<sup>2</sup> er regulert og ført over til Hamlagrøvatn og Bergsdalsvassdraget. Frå Volavatn går overløp til Teigdalselva og lokalfeltet. Overløp frå Torfinnsvatn kan delvis gå til Hamlagrø, men store overløp skal gå i Torfinno som naturleg veg og dermed til lokalfeltet til Evanger. Årstilsiget til lokalfeltet, rekna ut frå avrenningskartet<sup>[3]</sup> er 35,8 m<sup>3</sup>/s (94 l/s km<sup>2</sup>). Årstilsiget til Volavatn er 5,5

<sup>[1]</sup> (Håheim, Flaumen 28.10.14 Oppsummering - vassdragskartlegging, 2014)

<sup>[2]</sup> (Holmqvist, 2015) - NVE-rapport 56-2015

<sup>[3]</sup> (Holmqvist, 2015)



$\text{m}^3/\text{s}$  (116 l/s  $\text{km}^2$ ), og til overføringspunktet ved Torfinnsvatn  $6.7 \text{ m}^3/\text{s}$  (124 l/s  $\text{km}^2$ )<sup>4</sup>. Restfeltet utanom reguleringane er dermed  $280 \text{ km}^2$ , med årstilsig på  $23,6 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Det er ingen hydrologiske målestasjonar i hovudvassdraget nedanfor Bulken, og lokaltilsiget må difor estimerast basert på oppskalering av stasjonar i sidevassdrag eller utanfor feltet. Det er ein stasjon i feltet, 62.17 Mestad, med eit felt på  $139 \text{ km}^2$ , men av dette er  $54.9 \text{ km}^2$  regulert ved Volavatn. Utanfor feltet ligg 62.18 Svartavatn i Tysso ( $72,2 \text{ km}^2$ ), og 61.8 Kaldåen i Bergsdalsvassdraget,  $15,5 \text{ km}^2$ . Dette er svært snøgge felt, men truleg nokså representative for restfeltet. Spesifikk vassføring for 2014-flaumen for desse felta er vist i Figur 2-7. For Mestad er heile feltarealet nytta i denne figuren. Dersom ein berre brukar restfeltet for Mestad ( $84 \text{ km}^2$ ), går Mestad og Svartavatn fint i takt fram til 27. oktober, då Volavatn går i overløp. Svartavatn ser dermed ut til å vere bra representativ for restfeltet til Evanger.

Basert på oppskalering av Svartavatn har NVE<sup>5</sup> estimert ei kulminasjonsvassføring på  $1\,300 \text{ m}^3/\text{s}$  for tilløpet til Evangervatn. Figur 2-9 syner estimert forløp for tilløpet til Evangervatn. Denne syner maksimal vassføring på  $1400 \text{ m}^3/\text{s}$  klokka 16 den 28. oktober, altså mange timar før Vangsvatnet, grunna det snøgge tilløpet frå lokalfeltet. NVE nedjusterer dette med  $100 \text{ m}^3/\text{s}$  grunna forseinking i hovudvassdraget. Ved kulminasjonstidspunktet kjem over halvparten av vatnet, vel  $700 \text{ m}^3/\text{s}$ , frå lokalfeltet etter denne analysen. For Svartavatn er det nytta ein skaleringsfaktor på 4,79, basert på høvetalet mellom årstilsiget for heile lokalfeltet og årsmiddelvassføringa for Svartavatn ( $7,4 \text{ m}^3/\text{s}$ ). I røynda ser det ut til at medan Volavatn var i overløp under flaumen så var det i fylgje BKK<sup>6</sup> ikkje overløp frå Torfinnsvatn. Ein meir realistisk skaleringsfaktor er dermed 3,93. Dette reduserer estimatet for bidrag frå lokalfeltet til kulminasjonsvassføringa med rundt  $125 \text{ m}^3/\text{s}$ , og total tilløpsvassføring til Evangervatn til  $1\,175 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Høgste vasstand i Evangervatn vart målt til kote 12.76 den 28. oktober klokka 22.20. Den 4. november var han nede på 9.48<sup>7</sup>. Då var det stadig stor vassføring i Vosso, med  $140 \text{ m}^3/\text{s}$  ut frå Lilandsosen. Normal vasstand ser dermed ut til å vere rundt 9 meter. Evanger kraftverk gjekk med ei mildare driftsvassføring på  $27,5 \text{ m}^3/\text{s}$  den 28. oktober<sup>8</sup>.

NVE si siste flauanalyse<sup>9</sup> konkluderer med at 2014-flaumen hadde eit gjentaksintervall på noko over 100 år i Raundalselvi, vel 200 år i Vangsvatnet/Bulken, og 100 år i Evangervatnet. Dette er ut frå analyse av historiske data, altså utan omsyn til klimaendringar som ikkje er bakte inn i dataunderlaget.

<sup>4</sup> (NEVINA, 2016)

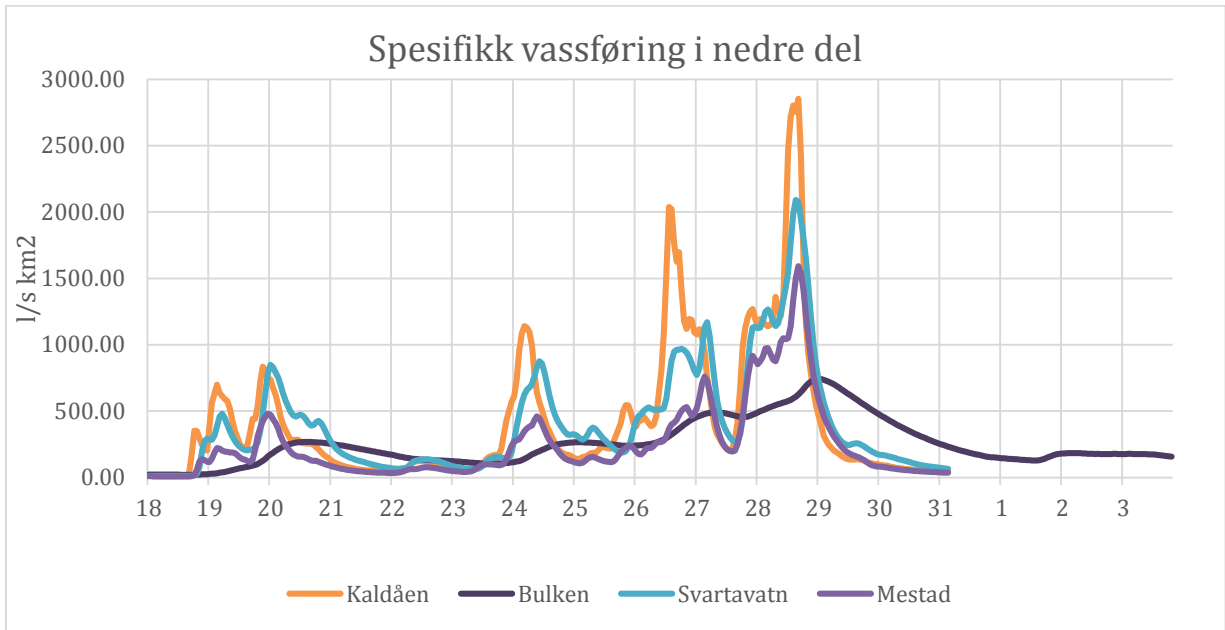
<sup>5</sup> (Holmqvist, 2015)

<sup>6</sup> (Sande, pers. medd.)

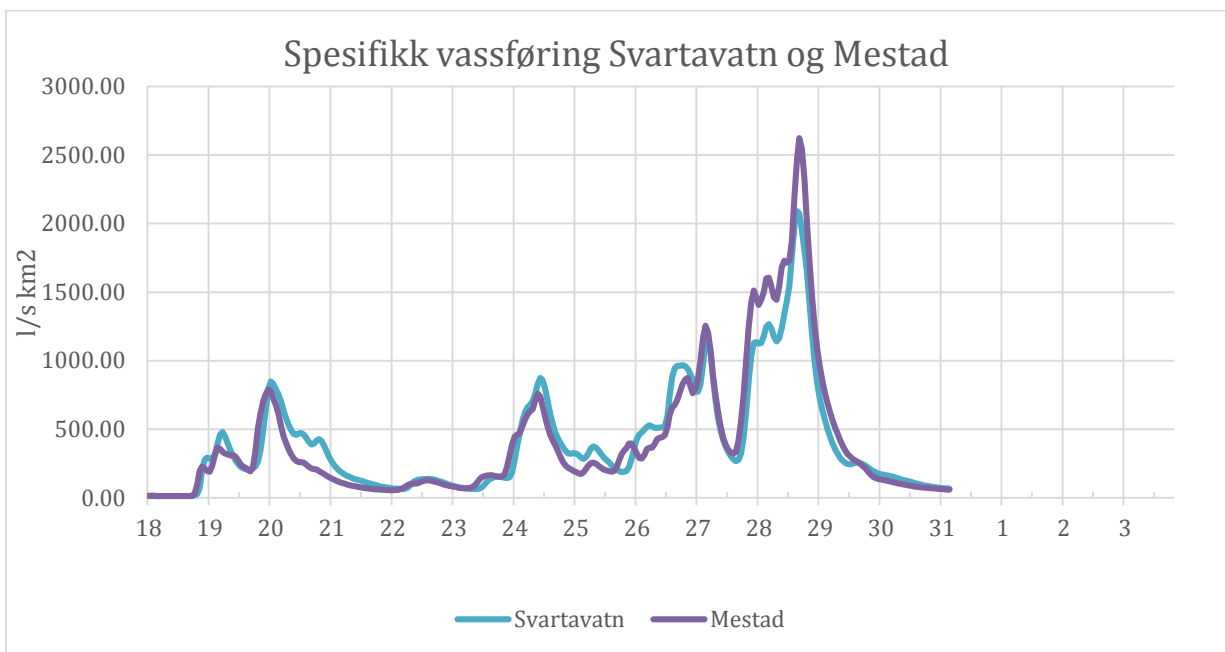
<sup>7</sup> (Håheim, Flaumen 28.10.14 Oppsummering - vassdragskartlegging, 2014)

<sup>8</sup> (data frå BKK)

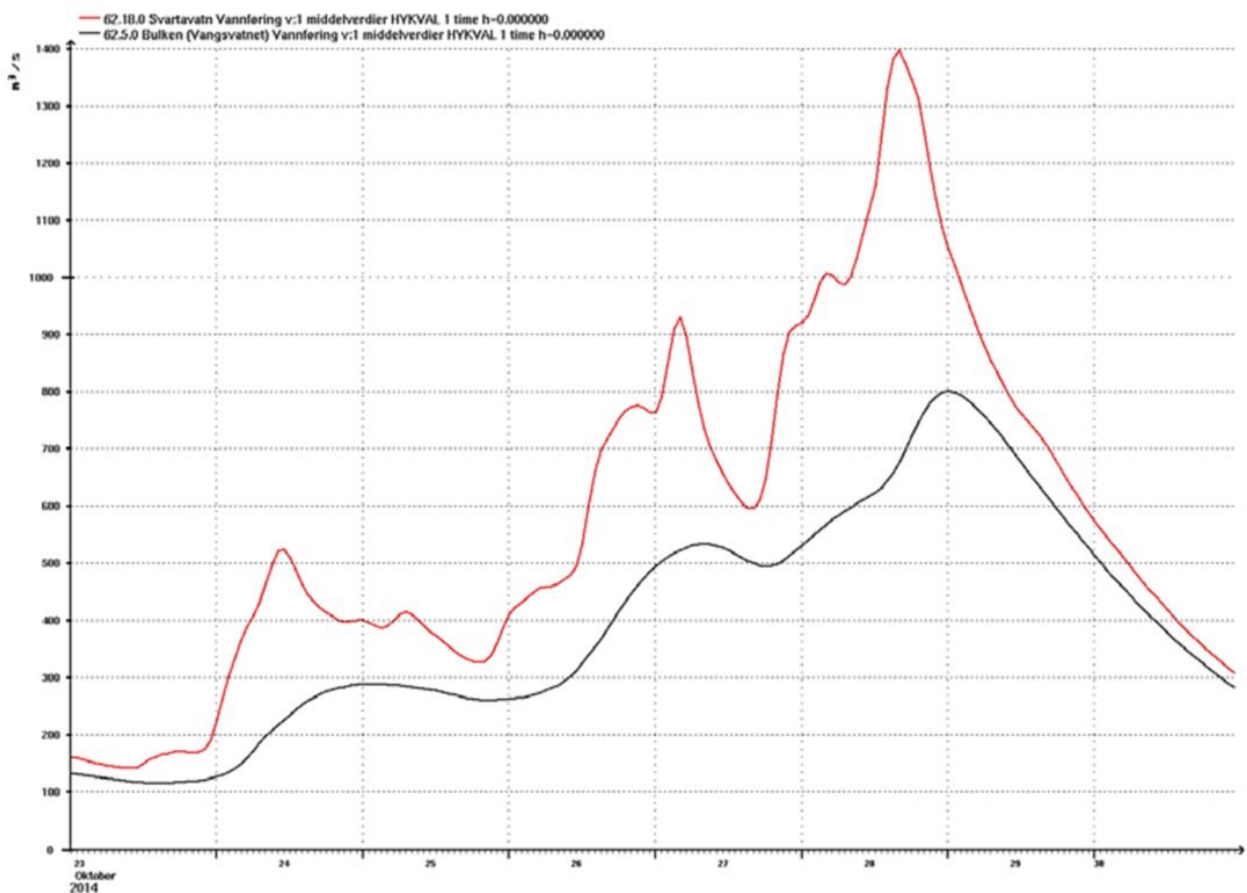
<sup>9</sup> (Holmqvist, 2015)



Figur 2-7 Spesifikk vassføring for Kaldåen, Svartavatn og Mestad samanlikna med Bulken



Figur 2-8 Samanlikning av spesifikk vassføring frå Svartavatn og Mestad restfelt



Figur 2-9 Vassføring ut frå Vangsvatnet (svart kurve) og samla tilløp til Evangervatnet (raud kurve), med tilløp frå restfeltet basert på oppskalering av 62.18 Svartavatn. Frå Holmqvist (2015).

Været og flaumutviklinga på Vestlandet frå 28. til 29. oktober 2014 er omhandla i met.info 18/2014<sup>10</sup> og NVE rapport 11-2015<sup>11</sup>. Flaumen i Vossavassdraget er nærare omhandla i NVE-rapport 56-2015<sup>12</sup>.

## 2.4 Konsekvensar av flaumen i oktober 2014

Vangsvatnet steig til kote 51,30 (høgdesystem NN1954), og dette gav store skader på Vossevangen og i Evanger. Samla er skadane estimert til rundt 450 millionar kroner<sup>13</sup>. Skadar på bygg og teknisk infrastruktur kom stort sett frå oversvømming, medan skadane på veg og jernbane fyrst og fremst kom frå erosjon.

Omfanget av oversvømming er kartlagt av Voss kommune<sup>14</sup> og attgjeve i rapport frå Vestlandsforskning til Naturfare-Infrastruktur-Flom-Skred-prosjektet (NIFS)<sup>15</sup>. Figur 2-10 syner vassflata på Vossevangen ved flaumkulminasjon. Området rundt samløpet mellom Strondaelvi og Raundalselvi er ikkje med her. Også hus utafor det avmerka området vart råka, med vatn i kjellar. Figur 2-11 syner råka bygningar. Figur 2-12 syner vassflata ved Evanger sentrum ved kulminasjon. Ein ser at FV 313 Teigdalsvegen står

<sup>10</sup> (Valved, et al., 2014)

<sup>11</sup> (Langsholt, Roald, Holmqvist, & Fleig, 2015)

<sup>12</sup> (Holmqvist, 2015)

<sup>13</sup> (Håheim, Flaum i Voss- presentasjon på VA-dagane på Vestlandet, 2015)

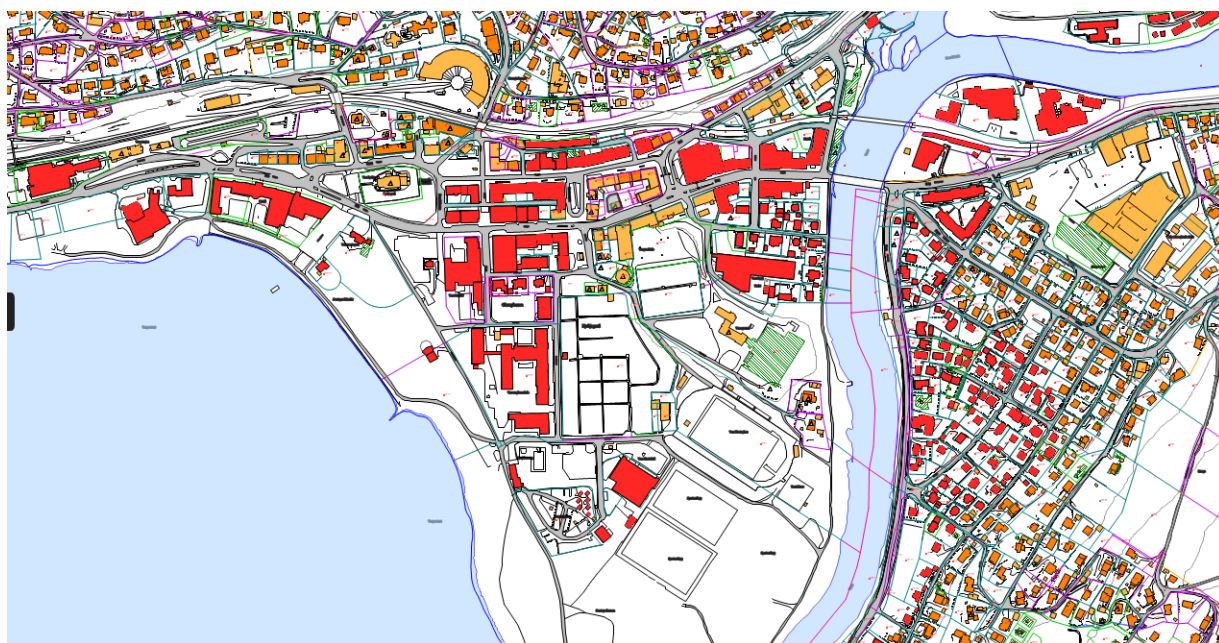
<sup>14</sup> (Håheim, Flaum i Voss- presentasjon på VA-dagane på Vestlandet, 2015)

<sup>15</sup> (Dannevig, Groven, & Aall, 2016)

under vatn, og med denne tilkomsten til Evanger sentrum. Ved denne vasstanden var det vel mogeleg å passere, i alle fall for større køyretøy.

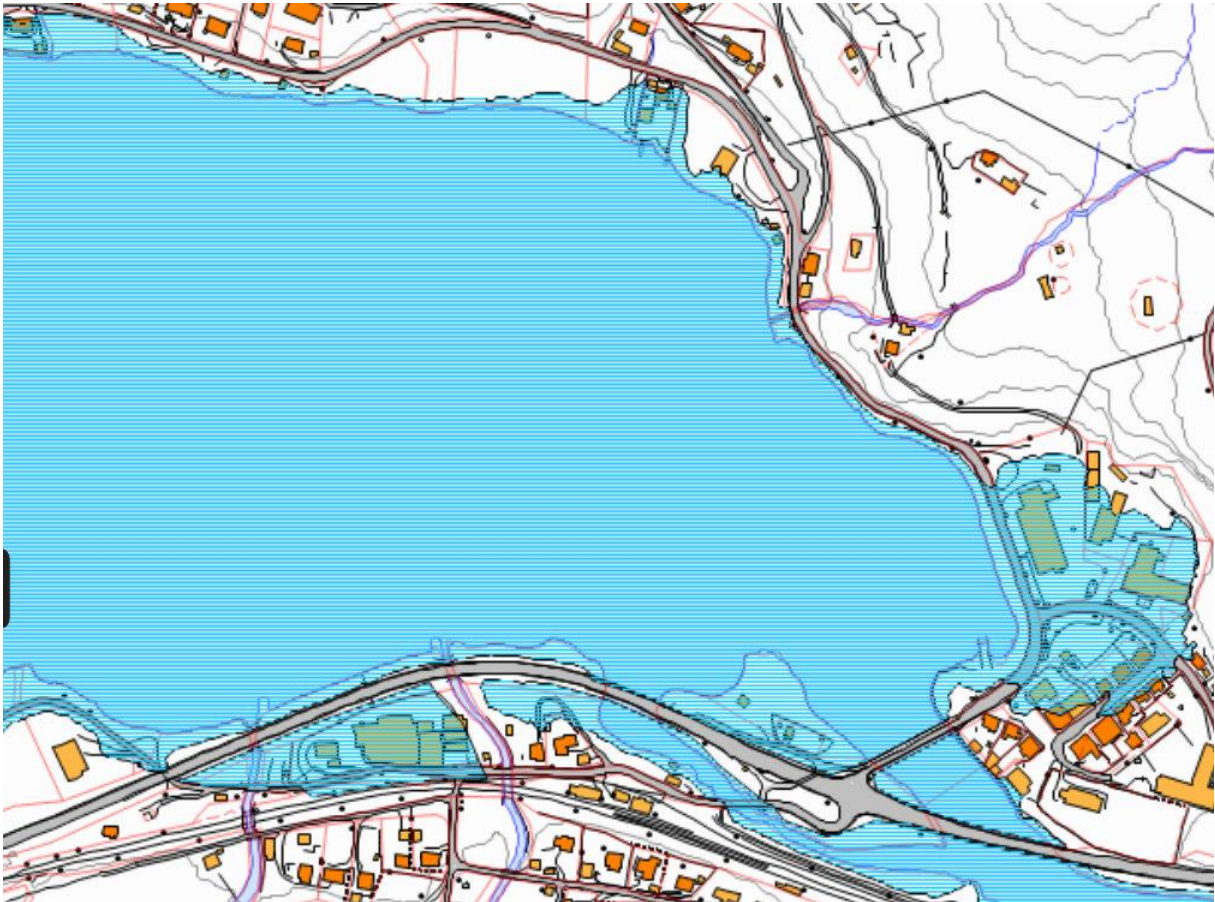


Figur 2-10 Oversvømt område på Vossevangen (Håheim, Flaumen 28.10.14 Oppsummering - vassdragskartlegging, 2014)



Figur 2-11 Råka bygningar på Vossevangen under flaumen i 2014. Kjelde Voss kommune (Dannevig, Groven, & Aall, 2016)





Figur 2-12 Oversvømt område ved Evanger sentrum (Håheim, Flaumen 28.10.14 Oppsummering - vassdragskartlegging, 2014)

Tabell 2-2 gjev ei oversikt over skadeomfanget. Kjelda er Voss kommune<sup>16</sup>, medan tabellen er kopiert frå Vestlandsforskning sin rapport<sup>17</sup>. Finans Norge oppgav i november 2014 at dei hadde fått over 1 000 skademeldingar med eit samla krav på 400 millionar frå flaumen – fyrst og fremst frå Odda, Voss, Flåm og Lærdal<sup>18</sup>. På NASK (naturskadedatabasen til Finans Norge) er det registrert 431 flaumskadeutbetalingar i Hordaland i oktober 2014, med ein samla erstatningssum 213 millionar kroner. Hovuddelen av dette gjeld truleg Voss.

### Infrastruktur

Kritisk infrastruktur som vart råka var Voss vassverk, Bergensbanen og E16. Vassverket måtte stengjast grunna ureiningsfare frå flaumvatn, og straumbrot. Vassverket fekk skader for nærare fem millionar, og avløpssystemet, særleg pumpestasjonar, fekk skader for ein halv million<sup>19</sup>.

E16 var stengt gjennom flaumtoppen ved Humlabrekke mellom Vinje og Voss og ved Vossevangen på grunn av oversvømming. Vegbanen vert no heva ved Humlabrekke. E16 vart undergreven ved Skorve (Evanger). Vegen var stengt for alle køyretøy ei veke frå 28. oktober, og for tunge køyretøy (over 7.5

<sup>16</sup> (Håheim, Flaumen 28.10.14 Oppsummering - vassdragskartlegging, 2014)

<sup>17</sup> (Dannevig, Groven, & Aall, 2016)

<sup>18</sup> (NRK, 2014)

<sup>19</sup> (Håheim, Flaumen 28.10.14 Oppsummering - vassdragskartlegging, 2014)

tonn) til og med 8. november (12 dagar) medan utbetring fann stad<sup>20</sup>. Vegen var fyrst ferdig utbetra i juli 2015<sup>21</sup>. Utbetringskostnadane kom i fylgje Statens Vegvesen<sup>22</sup> på 40 millionar kroner.

Bergensbanen var stengt mellom Voss og Dale frå 28. oktober til morgonen den 3. november (6 dagar). Grunnen til stenginga var fare for utrasing, og det vart lagt på støttefyllingar mellom Lilandsosen og Evanger<sup>23</sup>. Kostnadane ved dette var 3,8 millionar kroner. Det er i etterkant lagt på ny plastring på denne strekninga. Denne sikringa av banen langs Vosso har kosta 50 millionar kroner, og banen er no sikra for 200-årsflaum<sup>24</sup>.

Elektrisitetsforsyninga var broten på Evanger og deler av Vossevangen i om lag eit døgn<sup>25</sup>. Av annan infrastruktur vart Tintrabrua, gangbru mellom Prestgardsmoen og Gjernes, teken av flaumen. Ny bru stod ferdig i november 2015, med ein kostnad sju millionar kroner. Rongavegen, hovedtilkomstvegen til Bolstadøyri frå E16 (ved utløpet av Evangervatn) vart vaska ut over fleire hundre meter, og det tok mykje av eit år før den vart opna att. Her kom reparasjonskostnadane til mellom tre og fire millionar kroner<sup>26</sup>.

### **Bygningar**

Rundt 100 bygningar vart råka av flaumen, fyrst og fremst på Vossevangen og Evanger. Dei fleste av desse fekk vatn i kjellaretasje, noko som kan gje svært ulikt skadeomfang, avhengig av bruk og kva installasjonar som finst der. I Voss kulturhus fekk mellom anna kinosalar og ein kunstverkstad i kjellaren store vasskadar. Sjølv om det kom vatn inn i teknisk rom, klarte ein ved pumping å halda det så pass nede at dei viktigaste installasjonane ikkje vart råka<sup>27</sup>.

Der fyrste etasje og produksjonslokale vart råka, var skadane naturleg nok store. Eksempel på dette er Nortura-anlegget på Evanger, huset til avisa Hordaland<sup>28</sup>, Park hotell, Minigolfen Pub og Kafe, Evanger Landhandel og motelldelen av Fleischers hotell.

I Nortura-anlegget på Evanger sto vatnet om lag ein meter opp i produksjonslokala. Skadane ser fyrst og fremst ut til å ha komme på produksjonsutstyr og produkt<sup>29</sup>. I tillegg fekk verksemda ein lengre produksjonsstopp.

Sentrale kommunale bygg fekk også store skadar, inkludert sjølve bygnadsstrukturen. Det gjaldt i tillegg til kulturhuset også tinghuset, ungdomsskulen og idrettshallen. Skadeomfanget på kommunen sine bygningar og innbu/installasjonar er ikkje endeleg avklara. Kostnadane for den uavklara delen ligg truleg rundt 20 millionar kroner<sup>30</sup>.

### **Rekreasjon**

Kunstgrasbanene på Prestgardsmoen fekk store skader<sup>31</sup>.

<sup>20</sup> (Hordaland, 2014)

<sup>21</sup> (Hordaland, 2015)

<sup>22</sup> (Hodneland, Pers. medd.)

<sup>23</sup> (Jernbaneverket, 2014)

<sup>24</sup> (Undal, pers. medd.)

<sup>25</sup> (NRK Hordaland, 2014) og (Hordaland, 2014)

<sup>26</sup> (Hordaland, 2014), (Hordaland, 2015) og (Voss kommune, 2014)

<sup>27</sup> (Hordaland, 2014)

<sup>28</sup> (Hordaland, 2015)

<sup>29</sup> (NRK, 2014)

<sup>30</sup> (Bergo, pers. medd.)

<sup>31</sup> (Hordaland, 2014)



### Fylgjekostnadar

Ved slike hendingar kjem det også til store kostnadar ut over reparasjonskostnadane. Typiske eksempel inkluderer ekstrainsats frå kommunen, verksemder og private under mobilisering, skadereduksjon og sikring, samt avbrotskostnadar for verksemder og transport. Desse kostnadane er gjerne vanskelege å talsetje. I Voss kommune sin søknad til Fylkesmannen om skjønnsmidlar<sup>32</sup> er fylgjekostnadane sett til rundt 15 millionar kroner, om ein ser bort frå kostnadane knytt til Rongavegen og Tintrabrua.

Bergensbanen og E16 er transportårer med stor godstransport, og med det store fylgjekostnadar.

- E16 på den råka strekninga hadde ein døgntrafikk på 780 tunge køyretøy. Omkøyring om Fv 7 er 50 kilometer lengre, og legg ein time til køyretida (frå Voss). Omkøyringskostnadane åleine ligg dermed rundt 8,5 millionar kroner etter standardsatsar for tunge køyretøy (5,34 kroner/km, 619 kroner/time – rekna i 2013-kroner)<sup>33</sup>.
- For Bergensbanen er fylgjekostnadane knytta både til person- og godstransporten. Persontrafikken vart ført fram med buss i stengjetida<sup>34</sup>, og ekstra reisetid for passasjerane er svært vanskeleg å vurdere. Konsulenten tek utgangspunkt i at avbrotskostnadane for godstrafikken låg rundt fem millionar kroner.

Reiselivsverksemder er sårbare for avbrot, på Voss gjeld dette særleg Park hotell (avbrotskostnadar for fleire millionar) og motellet til Fleischers hotell.

Av andre verksemder er det særleg Nortura/Eldhus som har kjente avbrotskostnadar. Fem tonn pinnekjøtt og eitt tonn pølse måtte destruerast. Produksjonen vart stogga i tre månader, og det har vore usikkerheit om framtida til denne produksjonen på Evanger<sup>35</sup>. Tine meierier på Voss fekk produksjonsstogg under flaumen, og måtte destruere 500 liter Vossadravle og 10 tonn ost<sup>36</sup>.

Tabell 2-1. Sum kostnader av flommen i Vossavassdraget i 2014.

Spesifikasjon	Millionar kroner	Kommentar
Forsikringsutbetalingar	150	Overslag basert på NASK
Skader på kommunale bygningar	30	Voss kommune
Bergensbanen, strakstiltak	4	Jernbaneverket
Bergensbanen, sikring	50	Jernbaneverket
Bergensbanen, fylgjekostnader brot i godstransport	5	Konsulenten sitt overslag
E16, utbetring	40	Statens vegvesen
E16, fylgjekostnader vegbrot	9	Konsulenten sitt overslag
Skader Vossevangen vassverk	5	Voss kommune
Avbrotskostnader kino og idrettshall	4	Voss kommune
Rongavegen	4	Voss kommune
Tintrabrua	7	Voss kommune
Kommunen, fylgjekostnader	11	Voss kommune
Avbrot og fylgjekostnader Notura	10	Konsulenten sitt overslag
Avbrot Tine meierier	1	Konsulenten sitt overslag
Avbrot og fylgjekostnader reiseliv	15	Konsulenten sitt overslag
<b>TOTALT</b>	<b>345</b>	

<sup>32</sup> (Voss kommune, 2014)

<sup>33</sup> (COWI, 2014) (Vegdirektoratet, 2014)

<sup>34</sup> (Undal, pers. medd.)

<sup>35</sup> (NRK, 2014)

<sup>36</sup> (Hordaland, 2015)

Tabell 2-2 Grovvurdering av skadeomfang (Dannevig, Groven, &amp; Aall, 2016)

Offentlege bygg/anlegg:	Private bygg/anlegg:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Voss kulturhus</li> <li>• Voss Tinghus</li> <li>• Voss ungdomsskule</li> <li>• Vossevangen, Vassverk</li> <li>• Friluftsbadet</li> <li>• Diverse pumpestasjoner avløp</li> <li>• Voss idrettshall</li> <li>• Voss ungdomshus</li> <li>• Heradshuset på Evanger</li> <li>• Tintrabrua</li> <li>• Rongavegen</li> <li>• E16 ved Skorve</li> <li>• Jernbanen ved Evanger</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Park Hotell</li> <li>• Fleischers motell</li> <li>• Minigolfen</li> <li>• Kunstgrasbanar</li> <li>• Forretningsbygg Voss sentrum</li> <li>• Bustadhus sentrum</li> <li>• Bustadhus Evanger sentrum</li> <li>• Butikk/verkstad Evanger</li> <li>• Nortura sitt anlegg Evanger</li> <li>• Bustader i Elvegata, Haugamoen, langs Vosso</li> <li>• Fredheim</li> <li>• Denja; Vossafår, Meieriet</li> <li>• Butikkar og bygg i sentrum</li> </ul>

### 3 Eksisterande situasjon i Vossavassdraget

#### 3.1 Bruksinteresser i vassdraget

Bruksinteressene i vassdraget er skildra på overordna nivå, hovudsakeleg basert på informasjon frå offentlege databasar og rapportar. Hovudfokus ligg på strekk av Vossavassdraget som vert råka av dei ulike tiltaka som er vurderte i rapporten. Det er ikkje gjennomført synfaring i området.

##### 3.1.1 Kommuneplan

Det meste av nedbørfeltet til Vossavassdraget, inkludert vassdragsavsnitt som vil verta rørt av ulike tiltak ligg i LNF-område. Nokre stader er det også friområde og areal som er sett av til andre formål.

Arealet mot nedre del av Vosso og ytst på Vossevangen er sett av som friområde, medan det meste av anna areal er avsett til offentlig eller privat tenesteyting. Eit av tiltaka som er vurdert i denne rapporten er flaumvollar for å sikra kritiske delar av Vossevangen (tiltak 15). Desse flaumvollane er primært planlagt i friområde, men rører også ved areal for offentlig eller privat tenesteyting og næringsbygg.

##### EU sitt Vassdirektiv

Tabell 3-1 og Tabell 3-3 gjev ein oversikt over vassforekomstar (innsjøar og elver) innanfor tiltaksområdet i Vossavassdraget (nedstraums Reimegrend), og status for desse etter vassdirektivet. Som det går fram av tabellane er den økologiske tilstanden i Vossavassdraget påverka av lakselus og rømt oppdrettsfisk. I tillegg er delar av vassdraget påverka av sur nedbør og/eller utslepp av sigevatn frå Bjørkemoen avfallsplass. Hydromorfologisk påverkar Palmafossen kraftverk delar av vassdraget. Det er i denne planperioden føreslått tiltak mot dei biologiske faktorane, og elles problemkartlegging i delar av vassdraget.

Tabell 3-1. Oversikt over innsjøar i Vossavassdraget og tiltak etter vassdirektivet (Gjeld innanfor tiltaksområdet - nedstraums Reimegrend)

	Økologisk tilstand	Kjemisk tilstand	Kommentar	Miljømål 2022-2027	Tiltak	Status
062-2085-L Vangsvatnet	Dårleg	Oppnår god	Rømt fisk og lakselus påverkar vassdraget. I middels grad påverka av sur nedbør	Ikkje definert	Tiltak mot rømt oppdrettsfisk (genetisk interaksjon)	Føreslått denne planperioden
062-2084-L Evangervatnet	Dårleg	Oppnår god				
062-2089-L Lønnavatnet	Moderat	Udefinert	Lagt inn sentralt på grunn av manglande registrering av tiltak	God økologisk / udefinert kjemisk	Problemkartlegging	
062-27297-L Lundarvatnet	God	Udefinert		God økologisk / udefinert kjemisk	-	-

Tabell 3-2. Oversikt over elver i Vossavassdraget og tiltak etter vassdirektivet. Oversikta gjeld tiltaksområdet (nedstraums Reimegrend).

	Økologisk tilstand	Kjemisk tilstand	Kommentar	Miljømål 2022-2027	Tiltak	Status
062-219-R Bolstadelvi	Dårleg	Oppnår god	Påverka av lakselus, rømt oppdrettisk og sur nedbør	Udefinert	Overvaking av genetisk interaksjon. Gjennomføra biotoptiltak etter ferdigstilling av tiltaksplan (lakselus)	Denne planperioden
062-83-R Vosso	Dårleg	Udefinert		God økologisk / udefinert kjemisk	Problemkartlegging	Denne planperioden
062-225-R Vosso over Vangsvatnet	Dårleg	Udefinert	Påverka av lakselus, rømt oppdrettisk og utslepp av sigevatn frå Bjørkemoen avfallsplass	God økologisk / udefinert kjemisk	Problemkartlegging	Denne planperioden
062-262-R Raundalselvi nedstraums Sarpen	Moderat	Udefinert	Påverka av lakselus, rømt oppdrettisk, utslepp av sigevann frå Bjørkemoen avfallsplass og oppdemming til Palmafossen kraftverk	God økologisk / udefinert kjemisk	-	-
062-266-R Raundalselvi	God	Udefinert		God økologisk / udefinert kjemisk	-	-
062-89-R Lønnavatnet nedstraums	God	Udefinert		God økologisk / udefinert kjemisk	-	-

### 3.1.2 Verneområder

Vossavassdraget vart verna i Verneplan III for vassdrag i 1986. Vernet gjeld ned til Vangsvatnet (sjå figur 3-1). Verneverdiane er knytte opp mot vassdraget sin verdi som type- og referansevassdrag, i tillegg til mange s verdifulle element i nedbørfeltet.<sup>37</sup> For Raundalselvi er det særleg kulturminneverdiar og friluftsområde som utgjer dei verdifulle elementa. Vernevedtaket inneber at det ikkje kan gjevast konsesjon til kraftutbygging ut over kraftverk med installert effekt på opptil 1 megawatt og opprusting av eksisterande kraftverk. Stortinget har vidare slått fast at også andre inngrep som kan forringa verneverdiane skal unngåast.

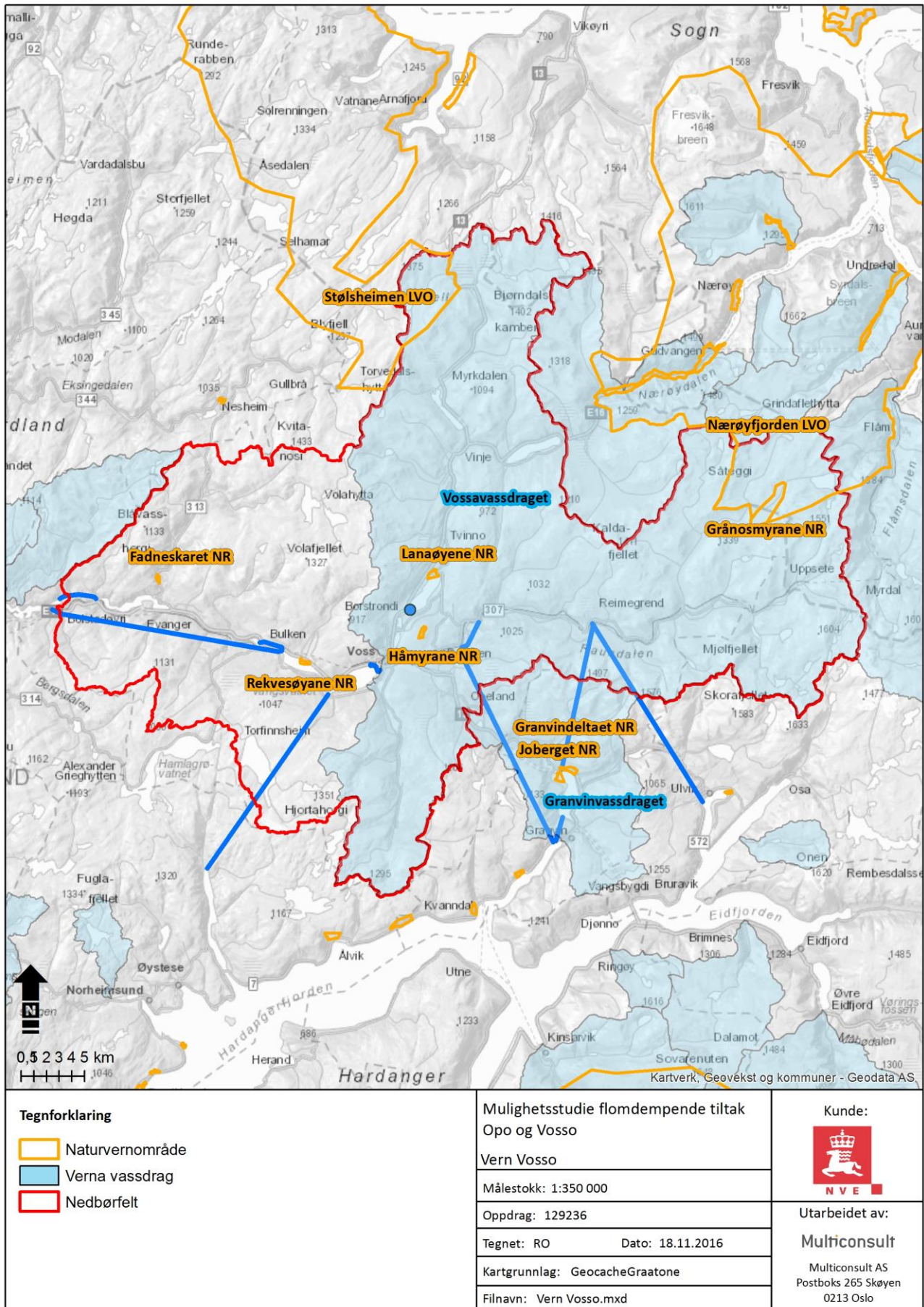
Innanfor nedbørsfeltet til Vossavassdraget ligg fem naturreservat, og delar av to landskapsvernområde.

<sup>37</sup> <https://www.nve.no/vann-vassdrag-og-miljo/verneplan-for-vassdrag/hordaland/062-1-vossavassdraget/>

Granvinvassdraget sør for Vossavassdraget vart verna i same verneplan. Bakgrunnen for dette vernet er knytta til nedre del av vassdraget sin verdi som typevassdrag, landskap, geomangfald (mellom anna knytt til elveløpet), biologisk mangfald (mellom anna anadrom fisk), kulturminne og friluftsliv. I tillegg ligg to naturreservat i nordenden av Granvinsvatnet, der det under tiltak 2 i denne rapporten er foreslått utløp for flaumtunnel. Verneområda er lista i tabell 3-3, og vist i figur 3-1.

Tabell 3-3. Oversikt over verna vassdrag og naturvernområde

	Vernetype	Kommentar
Vossavassdraget	Verneplan III for vassdrag	Konflikt/potensiell konflikt med alle tiltaka denne rapporten greier ut om
Granvinvassdraget	Verneplan III for vassdrag	Konflikt/potensiell konflikt med tiltak 2
Stølsheimen	Landskapsvernområde	Vert ikkje påverka av tiltaka denne rapporten greier ut om
Nærøyfjorden	Landskapsvernområde	Vert ikkje påverka av tiltaka denne rapporten greier ut om
Fadneskaret	Naturreservat	Vert ikkje påverka av tiltaka denne rapporten greier ut om
Rekvesøyane	Naturreservat	Ligg ved/i Vangsvatnet
Lønøyane	Naturreservat	Ligg i/ved Lønnavatnet
Håmyrane	Naturreservat	Vert ikkje påverka av tiltaka denne rapporten greier ut om
Granvindeltaet	Naturreservat	Ligg i/ved Granvinsvatnet
Joberget	Naturreservat	Kan verta påverka av tiltaka denne rapporten greier ut om
Grånosmyrane	Naturreservat	Vert ikkje påverka av tiltaka denne rapporten greier ut om



Figur 3-1. Oversikt over naturvernområde og vassdragsvern. NR = naturreservat, LVO = landskapsvernområde.



### 3.1.3 Naturtypar, vilt og anadrom fisk

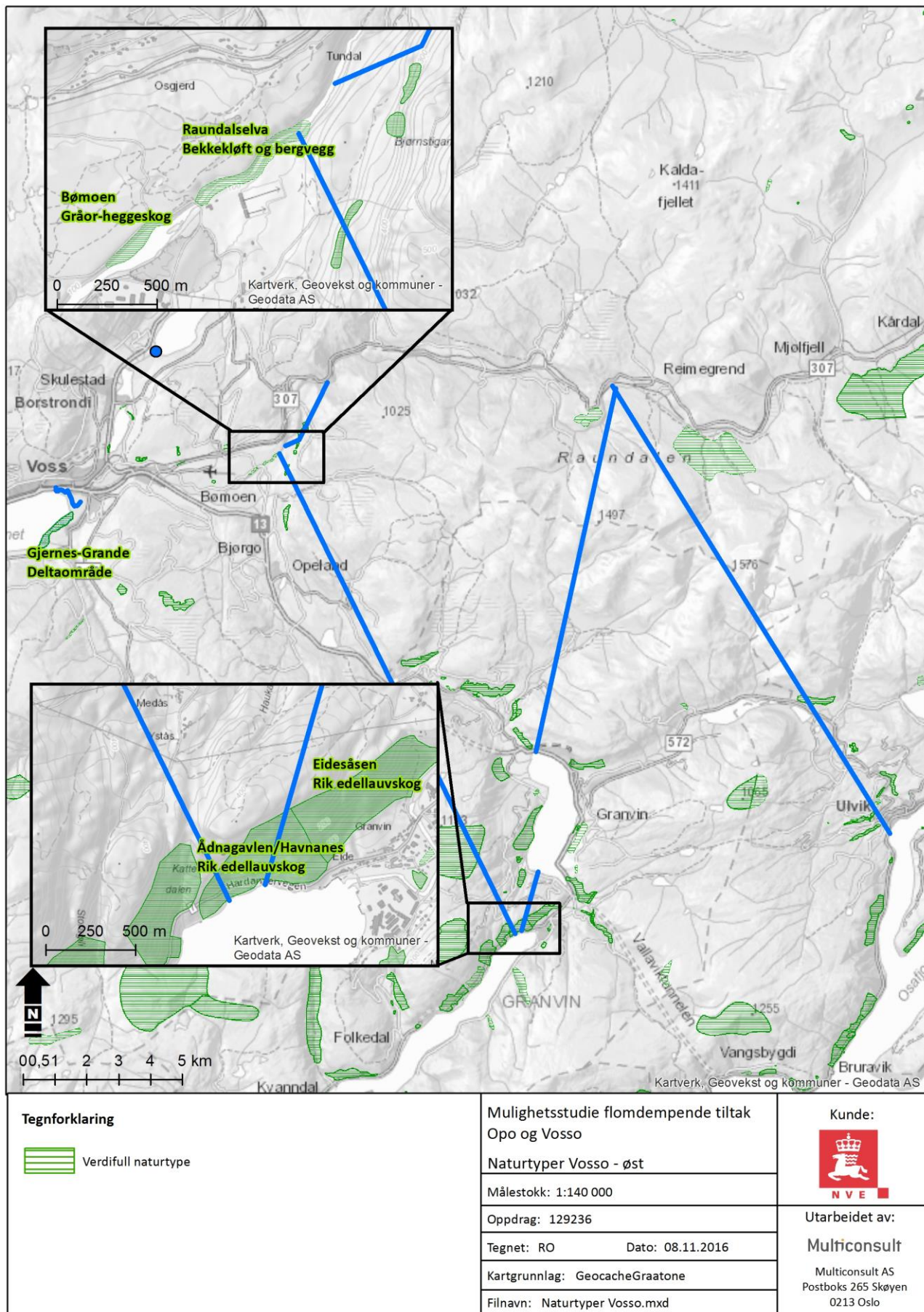
#### Naturtypar

Naturbase viser ni naturtypelokalitetar som kan verta påverka av tiltak som denne rapporten greier ut om. Seks av desse ligg i Raundalselvi eller Vossavassdraget nedstrøms, og er heilt eller delvis betinga av vassføringa i elva. Ein ligg i Bolstadfjorden, og er betinga av ferskvasstilførsel frå mellom anna Vossavassdraget. To lokalitetar ligg nord for Granvinsfjorden, der konstruksjon av flaumtunnelar kan tenkjast å gje inngrep i anleggsfasen. Lokalitetane er kort skildra i tabell 3-4, og vist på kart i figur 3-2 og figur 3-3.

Tabell 3-4. Oversikt over naturtypar som ventast å verta påverka. A = Svært viktig, B = Viktig, C = Lokalt viktig. Kjelde: [www.naturbase.no](http://www.naturbase.no).

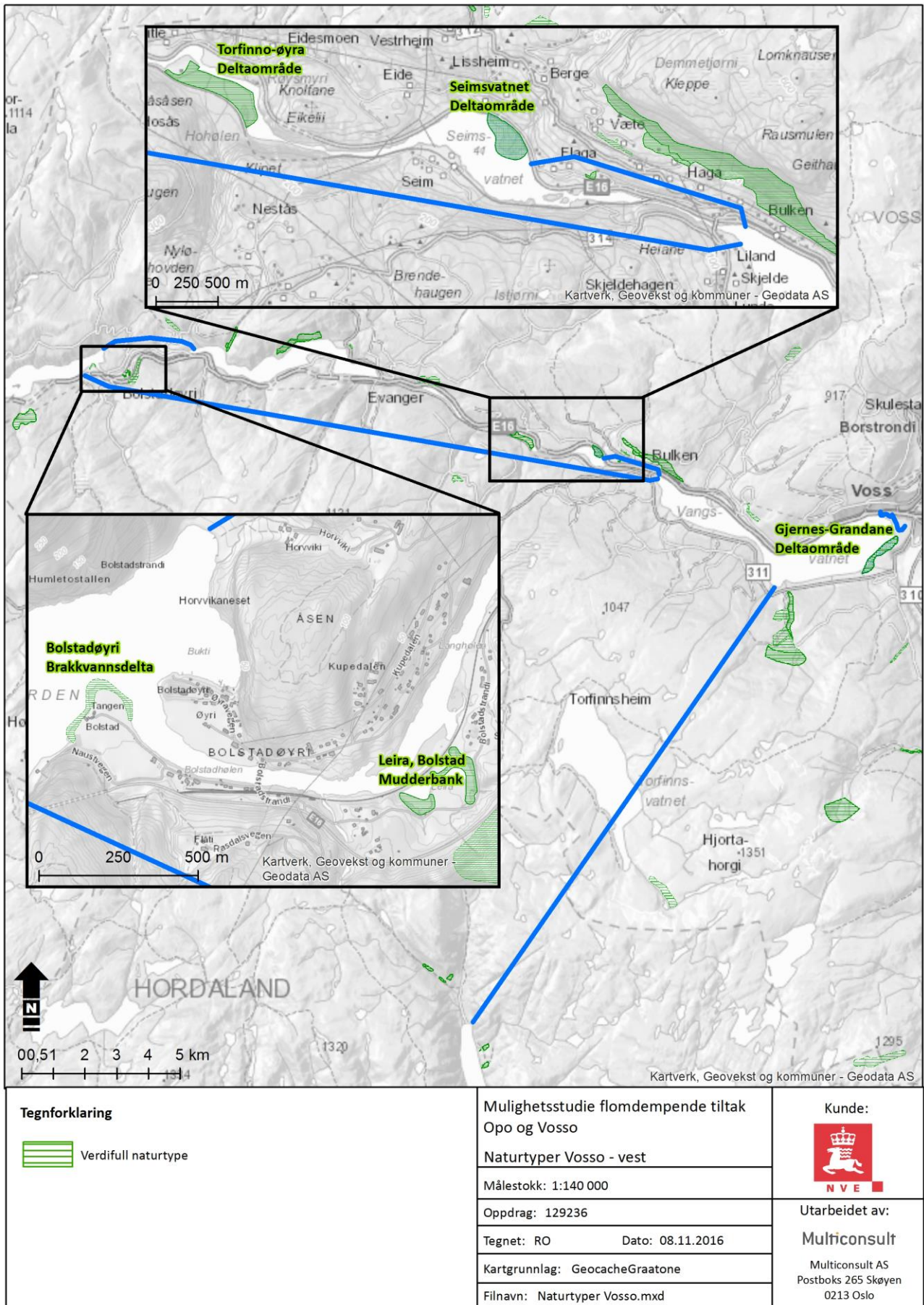
Lokalitet	Naturtype	Verdi	
Raundalselvi	Bekkekløft og bergvegg	C	Parti av Raundalselvi der elva går i eit djupt gjel. Spredt skog med bjørk, gråor og gran langs og delvis nede i gjelet. Skogsartar som springfrø og strutsvegg veks i parti med forvittringsjord. Fleire fjellartar på hyller og i sprekker i fyllittberga, grunna spesielt lokalklima med kjølig luft og høg luftfuktigheit. Spesielt interessant forekomst av aurskrinneblom.
Bømoen	Gråor-heggeskog	C	Lokaliteten på vestsida av Raundalselvi er eit interessant flaummarksbetinga miljø, men lite, ikkje spesielt utvikla, og utan funn av uvanlege artar. Består dels av frodig gråor-heggeskog, og dels av små grusører inn mot kanten av eit flaumløp. Floraen er ikkje spesielt rik, men har typiske gråor-heggeskogsarter. Tilknytta flaumløpet og opne flakkar med grus og grov sand ut mot hovedelva, er det truleg potensial for elvebreiddstilknytta insekt (ripare artar). Tettleiken av hekkande fugl er ordinær.
Gjernes-Grandane	Deltaområde	A	Stort delta danna av Vosso og Bordalselva. Deltaet er langgrunt, og ved låg vasstand vert ein stor flate med finkorna botn av sand, grus og leire tørrlagt. Uvanleg naturtype med pionersamfunn som det finnes lite att av i Hordaland. Etter senking av Vangsvatnet som flaumdempende tiltak i 1991, har utbreiinga av ulike vegetasjonstypar endra seg, grunna tørrlegging av enkelte areal.
Eidesåsen	Rik edellauvskog	A	Stor, artsrik, intakt og variert lokalitet nord for Granvinfjorden, med overvekt av gamal skog og ein del raudlisteartar. Potensiale for fleire raudlisteartar enn dei som er kartlagt.
Ådnagavle-Havnanes	Rik edellauvskog	A	Stor, intakt, artsrik lokalitet. I fin utvikling som naturskog, med ein stor del gammelskog. Førekost av raudlista artar, og potensial for funn av fleire.
Seimsvatnet	Deltaområde	A	Ganske stort deltaområde på nordsida av Seimsvatnet, der Bergselva renn ut i Vosso. Deltaet er langgrunt, og ved låg vasstand i Vosso/Seimsvatnet blir det tørrlagt ein stor flate med finkorna botn av sand, grus og leire. Samfunna med kortskotsplantar på finkorna mudderbank ytst på deltaet er uvanleg velutvikla med fleire sjeldne artar.
Torfinns-øyro	Deltaområde	B	Ganske stort delta ved utløpet av Torfinno i Vosso. Deltaet er gjennomskore av elveløp som står vinkelrett på Vosso. Dei aktive prosessane som påverkar deltaet er styrt av vassføringa, primært i Vosso, men også i Torfinno.
Leira, Bolstad	Deltaområde	B	Lokalitet på søraustsida av Vosso. Bakevje av elva, no avskore frå elva av jernbanen. Følgjer difor ikkje heilt dei naturlege svingingane i hovudelva. Lågaste del er utsett for store svingingar i vasstanden, erosjon og akkumulasjon av slam og anna elvetransportert materiale.

Lokalitet	Naturtype	Verdi	
Bolstadøyri	Brakkvassdelta	C	Lite eller ingen salttolerant vegetasjon grunna lågt saltinnhald i sjøen. Nær sjøen/elveosen er vegetasjonen open grunna stadig erosjon og veksling i vasstanden.



Figur 3-2. Verdifulle naturtyper, austre del





Figur 3-3. Verdifulle naturtyper, vestre del

### **Vassdragstilknytt vilt**

Voss kommune har gjennomført ei kartlegging av viktige viltområde i kommunen<sup>38</sup>. Rapporten omhandlar amfibium, krypdyr, fugl og landpattedyr, men det er kun eit utval av arter og funksjonsområde som er kartlagt til no. Av dei 23 områda i Voss som har fått status som prioriterte viltområde (sjå figur 3-4), er fire direkte knytte til hovedelva og/eller dei tiltaka som denne rapporten greier ut om. Under følgjer ei kort oppsummering av dei områda som har særleg stor verdi for vasstilknytt fugleartar (kopi av tekst frå Bergo et al., 2012). To område som er knytt til Lønnavatnet og elva derifrå ned til Vangsvatnet er ikkje omtala, då tiltak i Lønnavatnet ikkje er vurdert som aktuelt.

#### *Seimsvatnet*

*Grunt våtmarksområde med store mudderflater, i Vosso, sør for Bulken. Grunnene er rasteområde for vadefuglar, m.a. enkeltbekkasin, i trekktidene. Vatnet er mykje brukt av songsvanar vinterstid, og det ligg nesten alltid ender på vatnet.*

#### *Rekvesøyane*

*Naturresevat som består av eit elvedelta på nordsida av Vangsvatnet. Viktig område for vadarar og sporvefuglar, først og fremst i trekktidene vår og haust. Strandsona med smådammar og lågvaksen vegetasjon byr på både næringsøksområde og skjul. Grunne område i vatnet utanfor er beiteområde for andefuglar.*

#### *Gjernesmoen*

*Våtmarksområde ved innløpet til Vosso i Vangsvatnet. Viktig rasteområde for vadarar i trekktidene. Dverglo gjorde hekkeforsøk her i 2001 og 2006.*

#### *Lundarosen*

*Våtmarksområde regulert som spesialområde naturvern i kommuneplanen. Store, grunne område som m.a. er mykje brukt av songsvanar og grasender vinterstid. Det er sett opp ei observasjonshytte i området.*

#### *Pattedyrartar langs Vossavassdraget*

Store og små vassdrag har stor betydning for arts- og bestandsforekomster av vasstilknytt fugleartar, men også fleire pattedyrartar, som matkilde, ferdelskorridorar og revirgrenser. Mange biotopkrav er ivaretekne av den vassdragsnære naturen og i det resterande nedbørsfeltet. Verdien som viltbiologisk referanseområde er vurdert til å vera stor.

Nedanfor kjem ein kort omtale av typiske vassdragstilknytt pattedyrartar i Vossavassdraget (tekst frå Bergo et al 2012).

*Vannspissmus: Truleg vanleg langs vassdrag i kommunen, men det føreligg berre eit stad og tidfesta funn. To individ frå Rekvesøyane 18.6.1989 er registrert på faunakort ved dei naturhistoriske samlingane ved Bergen Museum.*

*Vannflaggermus: Truleg relativt vanleg art. Funnen 11 ulike stader i kommunen av Syvertsen m.fl. (2000). Som namnet seier, jaktar vannflaggermusa ofte like over vatn. Eit individ vart fanga og artsbestemt ved ein koloni i eit holt tre i Prestegardsalleen, 27.03.2003 (T. Michaelsen).*

*Raudrev: Vanleg art over heile kommunen, både i låglandet og på fjellet. Bestanden varierer med smågnagarbestandane. Reveskabb har òg sett bestanden tilbake dei siste 10-åra.*

<sup>38</sup> (Bergo, Viltet i Vosso, 2012)

*Mink: Nordamerikansk art som vart innført til Noreg som pelsdyr i 1930-åra. Ville minkar er etterkomarar av dyr som har rømt frå pelsdyrfarmar. Arten er påvist i heile kommunen, og er i første rekkje tilknytt strandsoner og vassdrag.*

*Oter: Tidlegare var oteren utbreidd langs hovudvassdraga i kommunen. Etter den nasjonale nedgangen i bestanden på 1960-talet har det berre vore streifdyr å sjå i kommunen. Dei siste åra er det likevel gjort fleire observasjonar. Oter var tidlegare regelmessig å sjå i Voss kommune. Arten har dei siste 10-åra hatt ein kraftig tilbakegang, men er dei seinare åra på veg opp att. Sporing av arten på snø vil derfor vera eit aktuelt tiltak for å følgje bestandsutviklinga.*

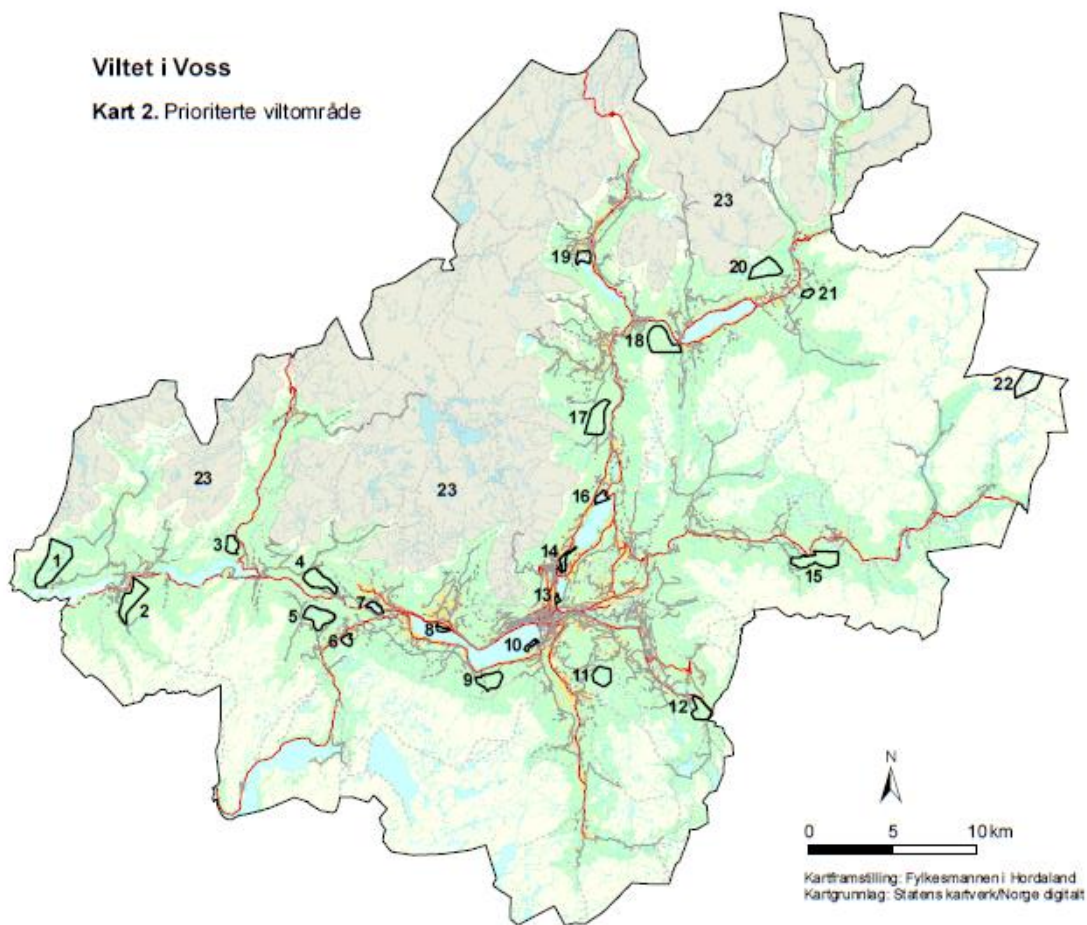
*Elg: Fast bestand av elg i Hordaland finst berre i dei indre kommunane i fylket. Av desse er Voss den kommunen der det blir felt flest dyr. Årleg blir det felt 10-15 elg i kommunen. Rekordens så langt er frå 2011, då det vart felt 27 dyr. Bestanden auka utover på 1990-talet, men minka truleg litt igjen etter tusenårsskiftet. Påkøyrslar av elg har hatt lite omfang dei siste åra, og i dei fleste tilfella er det på jernbanen elgen har blitt påkøyrd.*

*Rådyr: Rådyr er registert nokre få stader i kommunen, men det er ikkje snakk om nokon etablert bestand.*

*Hjort: Hjorten er den største jaktressursen i Voss, og i rekordåret 2010 vart det felt 607 dyr i kommunen. Hjorten er allsidig og tilpassningsdyktig, og å peike ut område som er spesielt viktige for hjorten i Voss er vanskeleg. Gode beiteområde ligg gjerne i frodig lauvskog og kantskog mot kulturmark. Granplantefelt kan ha funksjon som skjulestad, men er ikkje viktige som beiteområde. Hjorteforvaltninga er ein av dei store utfordringane i viltstellsamanheng. Kor stor ein ønskjer at hjortebestanden skal vere, blir ei avveging mellom ønsket om ein stor bestand å drive jakt på, best mogleg kondisjon på dyra og minst mogleg beiteskadar.*

Hjorten trekker også over Vossavassdraget på veg til og frå beite- og kvileområder i dalbotnen og – sidene. Kjente kryssingspunkt i Raundalselvi er mellom anna Takla og Urdland. I Vosso kryssar hjorten på fleire stader, mellom anna Hohølen-Tverrelva, utløpsosen av Seimsvatnet og ved Kvilekvål-Skorve<sup>39</sup>.

<sup>39</sup> (Geir Ove Henden, pers. medd.)



Figur 3-4. Kart over dei 23 prioriterte viltområda som Voss kommune har registrert (frå Bergo et al 2012). Områda 7, 8, 10, 13, 14, 16 og 19 er vassdragsnære og omtalt i teksten over.

### Anadrom fisk

Av anadrome fiskeartar finns det laks og sjøaure i vassdraget. Begge er utbreidd på det anadrome strekket. I tillegg finst det ein såkalla brunaurestamme som ein går ut frå er lokal elvelevande aure.

Det fremste kjenneteiknet ved laksestamma i Vossavassdraget er at ein uvanleg stor del av bestanden har eit sjøopphald over fleire år, og at han er spesielt stor av vekst samanlikna med andre norske og europeiske laksebestandar. Dette vert illustrert klart ved at gjennomsnittsvekta på laks rapportert frå fangstane i Bolstadelva for perioden 1965-1991 var på 10,9 kilo, og tilsvarande 9,8 kilo for laks fiska i sjøen. Dette betyr at Vossolaksen er ein av verda sine grovvekste stammar av atlantisk laks, og han har såleis stor verdi både i bevaringsbiologisk samanheng, og som grunnlag for naturbasert turisme og næringsliv i kommunen.

Den karakteristiske storleiken til Vossolaksen er truleg eit resultat av at stor fisk over generasjonar har vore favorisert gjennom naturleg seleksjon i vassdraget. Dette tyder at Vossolaksen sin storleik truleg er genetisk forankra, og at elva sine karaktertrekk frå urørt tilstand bør bevarast så langt det er mogeleg over tid, dersom seleksjonen framleis skal gå i favør av storlaks. Kva for fysiske eller biologiske faktorar som går i favør av storlaks i Vossavassdraget er ikkje kjent, men både den relativt store vassføringa og den lange fjordvandringa kan medverka.

Etter ein dramatisk nedgang i laksefangstane på slutten av 1980-tallet vart situasjonen for vossolaksen sett på som så kritisk at det dåverande Direktoratet for Naturforvaltning vedtok å stengja for all fangst



av anadrom laksefisk i vassdraget frå og med 1992. I ettertid har Fylkesmannen i Hordaland opna for eit avgrensa fiske etter oppdrettslaks, sjøaure og brunauare i delar av vassdraget. Villaksen er framleis freda i heile vassdraget.

I år 2000 starta Vossprosjektet, med mål om å samanstillе og oppdatere all fagleg informasjon som låg føre om bestandssituasjonen og trusselfaktorene i vassdraget. Den overordna målsettinga for arbeidet med Vossolaksen er å reetablere laksestamma gjennom konkrete kultiveringstiltak og samtidig redusere effekten av fleire ulike trusselfaktorer. Redningsaksjonen er i hovudsak basert på tilbakeføring av levande materiale frå genbanken i Eidfjord til Voss klekkjeri.

Vurdert ut frå dei ulike fangststatistikkane som ligg føre, ser det ikkje ut til at det var nokon generell nedgang i fangstane av Vossolaks frå slutten av 1960-talet og fram til slutten av 1980-talet. Derimot var nedgangen i elvefangstane frå 1987 til 1988 dramatisk, og vedvarande låge fangstar i dei etterfylgjande åra tilseier at bestandsnedgangen var svært brå og kan omtalast som eit samanbrot. Ei rekkje faktorar påverkar laksestamma i Vosso negativt:

- Framveksten av oppdrettsnæringa utover på 1980-tallet førte til at rømt oppdrettslaks vart eit vanlig innslag i laksebestandane i Hordaland. Etter samanbrotet for Vossolaksen i 1988 har det relative talet på villaks i gytebestanden vore lågt, og rømt oppdrettslaks har utgjort ein stor del av gytebestanden.
- Vassdragsreguleringar har påverka Vossolaksen negativt. Evanger-reguleringa har til dømes hatt ein markert negativ effekt på fiskeproduksjonen i Teigdalselva, som fylgje av redusert vassføring. Ved oppgangshinderet for anadrom fisk i Kråkefossen er mildare vassføring redusert med 70 prosent, noko som har ført til mindre tilgjengeleg areal for produksjon av ungfisk.
- Vegbygging og flaumsikring har vore gjennomført langs vassdraget. Eit eksempel: I samband med bygging av ny stamveg mellom Bergen og Oslo, vart det på 1980-tallet og byrjinga av 1990-tallet utført anleggsarbeid langs Vossavassdraget. For å sikra den nye vegtraséen var det mellom anna behov for å flaumseinke Vangsvatnet. Sjølv flaumseinkinga vart utført i perioden 1989-1991, ved utløpet av Vangsvatnet ved Bulken (Lilandsosen). Arbeidet førte til omfattande tilslamming av vassdraget som var synleg langt ut i fjordsystemet<sup>40</sup>.
- Forsuring er vurdert som ein annan av faktorane som kan ha bidrege til den uheldige bestandsutviklinga for Vossolaksen.

Gyteplassen i utløpet av Vangsvatnet (Lilandsosen) vart nesten fullstendig øydelagt under utgraving av utløpet og bygging av utløpsterskelen i 1991, men restaurert av Voss kommune i 2014. Det finst fleire andre gyteplassar i Vossavassdraget, men gyteplassen i Lilandsosen kan ha vore svært produktiv, sidan han ligg i utløpet av vatnet.

#### **3.1.4 Jordbruk**

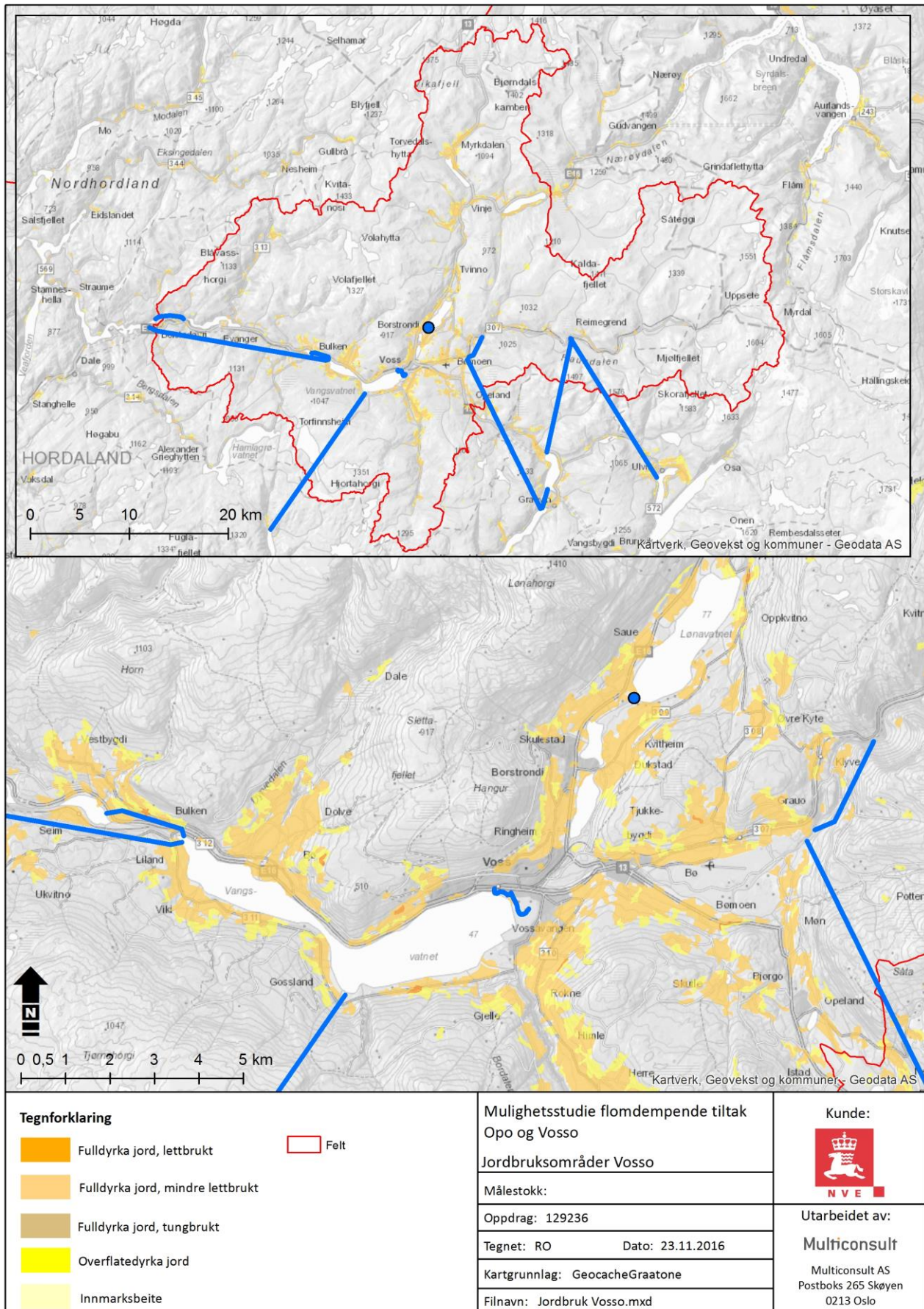
I Raundalen ned til Tundal er det relativt lite jordbruksområde langs elva. Dei største jordbruksområda ligg rundt Vangsvatnet, Seimsvatnet og dei nedre dalavsnitta rundt Vangsvatnet (Raundalen nedstraums Klyve, rundt Bømoen, Lønnavatnet-Vangsvatnet og Bordalen). Sjå oversikta i figur 3-5.

<sup>40</sup> (Tveit 2002)



### **3.1.5 Vassforsyning**

NGU sin grunnvassdatabase (Grenada) viser lausmassebrønnar langs Raundalselvi forbi Bjørkemoen, langs Vosso på Vossevangen, og ved Mosafinnselvi sitt utløp i Vangsvatnet. Voss sentrum har vassforsyning frå grunnvassbrønn på Prestegardsmoen (Vossevangen).



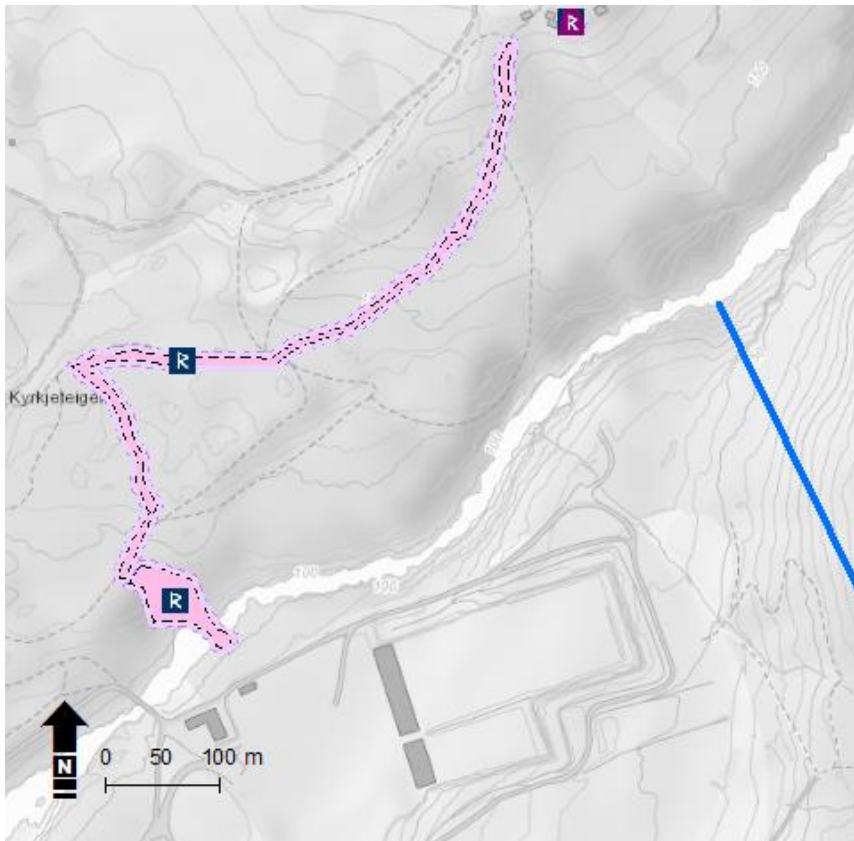
Figur 3-5. Oversikt over jordbruksområde i nedbørsfeltet (innfelt, øvst) og dei største områda langs Vossavassdraget

### 3.1.6 Kulturminne

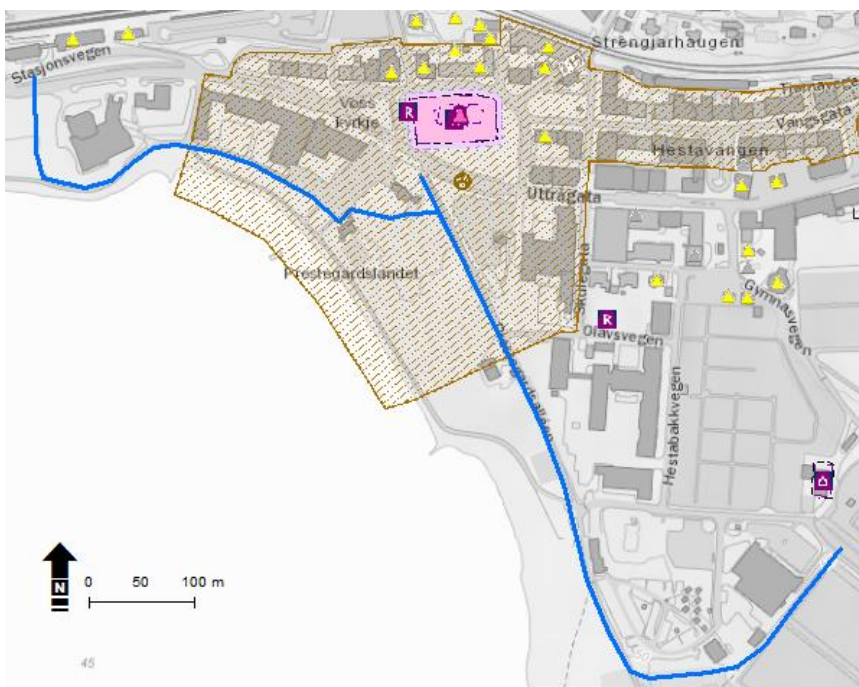
Det er få kulturminneregistreringar i fjellområda av nedbørsfeltet, noko som kan tyde på at det er utført få registreringar. Dei fleste kjente kulturminna ligg dermed inne i fjordane og nede i dalane. Kulturminnedatabasen Askeladden viser fleire kulturminne i sjølve Vossavassdraget, samt i Voss sentrum og ved Liland som alle kan verta påverka av ulike tiltak som denne rapporten studerer. Sjå oversikten i tabell 3-5, og kartutsnitt i figur 3-6 til figur 3-11.

Tabell 3-5. Oversikt over kulturminne og kulturmiljø som kan verta påverka. Nummereringa i venstre kolonne refererer til kulturmiljøa i kartutsnitt under.

Nr.	Namn	Vernestatus	Kommentar
1	Brufeste hulvegg	Automatisk freda	Raundalselvi, ved Bjørke om lag 500 meter nedstraums frå tiltak 3
2	Voss Sentrum	Registrert i «Nasjonale interesser i by». Ikkje verna	Registrert ut frå gjenreisinga etter krigen Tiltak 15 (alternativ 1 og 2) påverkar området
3	Voss Kyrkjestad	Automatisk freda	I Voss sentrum nær, tiltak 15 (alt. 1 og 2)
4	Liland - gropstein	Automatisk freda	Skålgropstein på Liland på sørsida av Vangsvatnet, nær påhogg for tiltak 5.
5	Terskel i Vangsvatnet	Statleg listeført i NVE sine kulturminner. Ikkje verna	Stor terskel av sprengt stein i utløpet av Vangsvatnet. Frå 1990-tallet.
6	Dampskipskaia på Evanger	Ikkje verna	I Evangervatnet.
7	Dampskipskaia og Postbåtstøa i Vassenden	Ikkje verna	I Evangervatnet.
8	Bolstadøyri	Uavklart	På nord- og sørsida av Bolstadelvi ligg restar etter det som har vorte ein landingsplass for båt. Dei to plassane skal ha tilhøyra ein ferjeplass mellom Bolstad og Øyra, og var i bruk før jernbanen vart bygd i området.

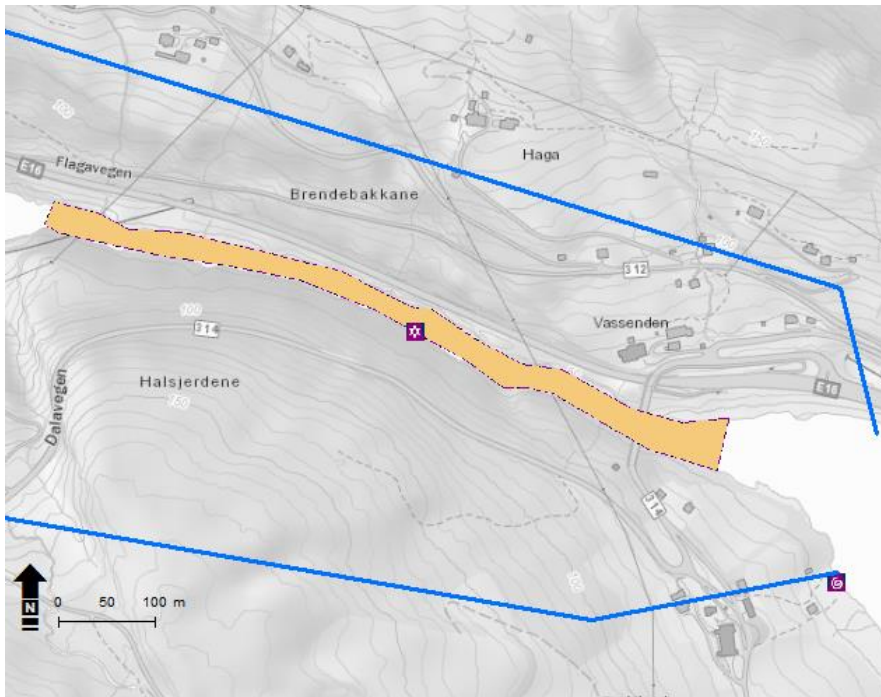


Figur 3-6. Kulturmiljø 1: Brufeste hulvegg i Raundalselvi ved Bjørke.



Figur 3-7. Kulturmiljø 2: Voss sentrum (brun skravur). Kulturmiljø 3: Voss kyrkjestad (rosa firkant).

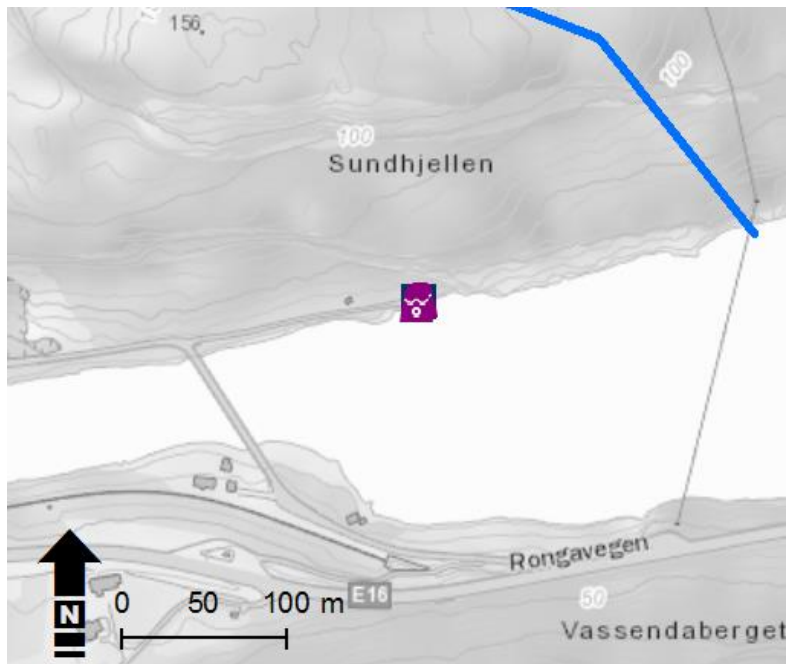




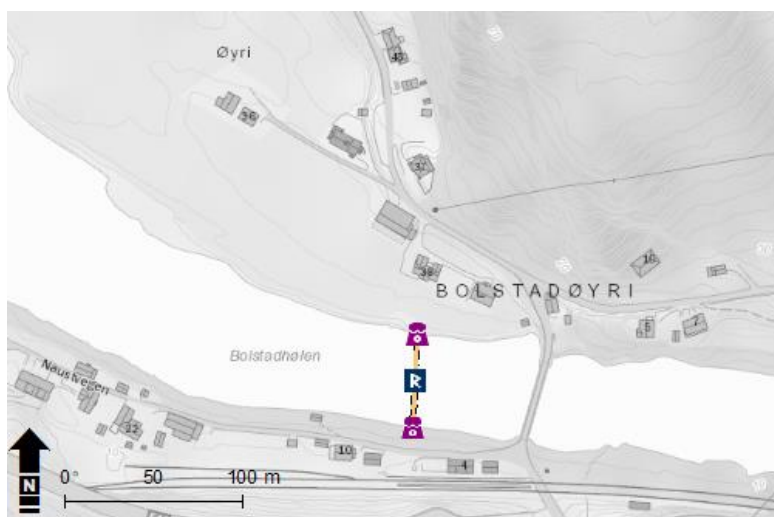
Figur 3-8. Kulturmiljø 4: Skålgroper ved Liland. Kulturmiljø 5: Terskel i utløpselva frå Vangsvatnet.



Figur 3-9. Kulturmiljø 6: Dampskipskaia på Evanger (nord for Teigdalsvegen).



Figur 3-10. Kulturmiljø 7: Damskipskaia og Postbåtstøa i Vassenden.



Figur 3-11. Kulturmiljø 8: Bolstadøyri (landingsplass for båt).

### 3.1.7 Friluftsliv og reiseliv

#### Friluftsområder

Det meste av nedbørsfeltet er kartlagt som friluftsområder, med eit nettverk av turstiar/skiløyper og turisthytter<sup>41</sup> (sjå figur 3-14). Nedbørsfeltet er ein del av fjellområda mellom Sognefjorden og Hardangerfjorden som går under namna Stølsheimen, Bergsdalen og Vossefjella. Friluftsområda som vert direkte påverka inkluderer elvene Raundalselvi ned til Klyve og Vosso, Bolstadfjorden, Granvinfjorden og Osafjorden, samt Granvinvatnet-Granvinselva. Desse er kort omtala i tabell 3-6.

Tabell 3-6. Oversikt over regionale friluftsområde som vert direkte påverka av eit eller fleire tiltak.

Namn	Verdi	Områdetype
Raundalselvi	Svært viktig	Særlege kvalitetsområder
Vosso	Viktig	Særlege kvalitetsområder

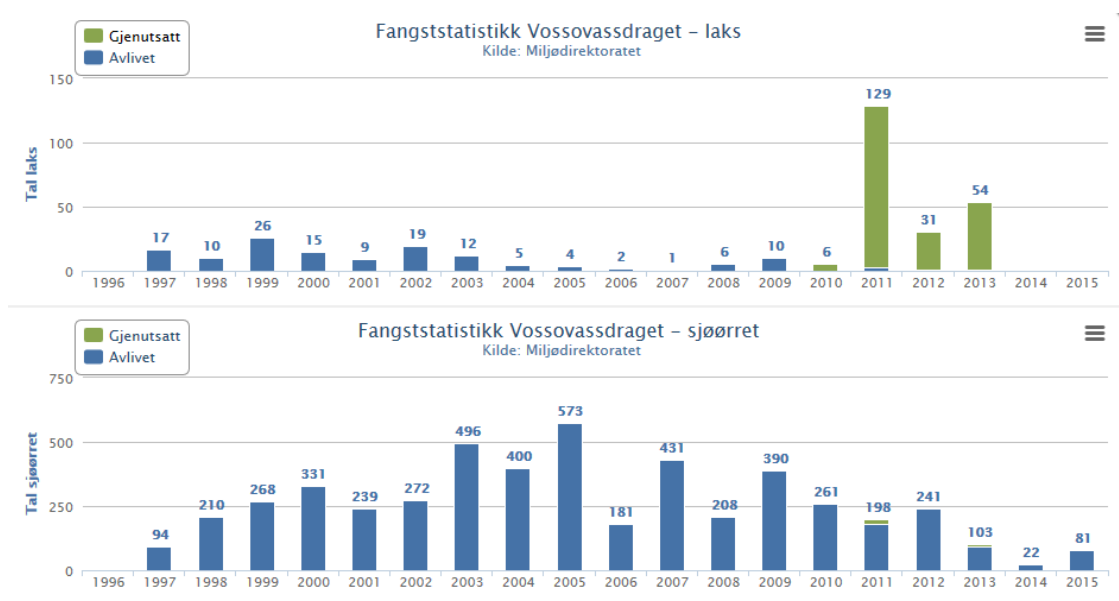
<sup>41</sup> (Hordaland, 2008)



Namn	Verdi	Områdetype
Bolstadfjorden	Viktig	Strandsone med tilhøyrande sjø og vassdrag
Fyksesund	Svært viktig	Særlege kvalitetsområder
Granvinvatnet-Granvinselva	Viktig	Strandsone med tilhøyrande sjø og vassdrag
Granvinfjorden	Registrert	Strandsone med tilhøyrande sjø og vassdrag
Osafjorden	Registrert	Strandsone med tilhøyrande sjø og vassdrag

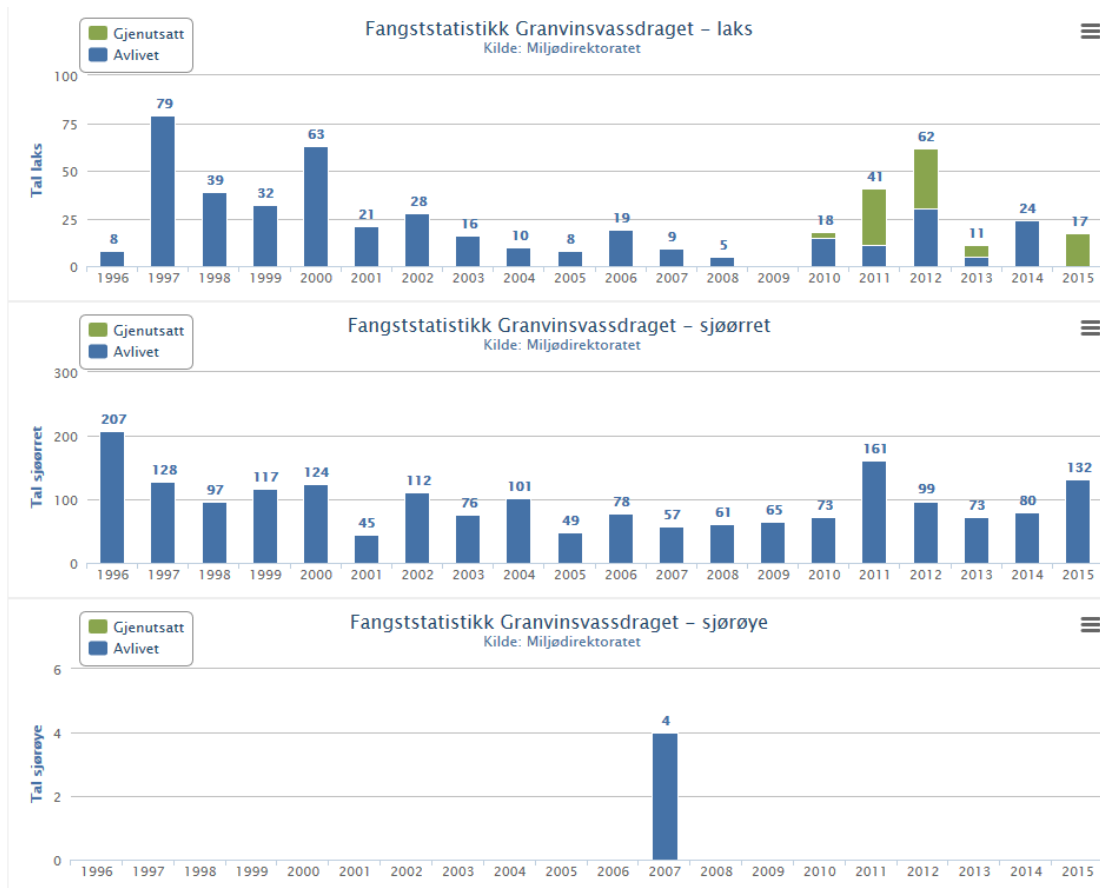
### Laks- og sjøaurefiske

Vossavassdraget er lakseførende opp til Tundal. Den noverande og historiske tilstanden til Vossalaksen er omtala i eit eige avsnitt over. Figur 3-12 viser fangststatistikk frå Miljødirektoratet for Vossavassdraget i perioden 1996-2015. Som det framgår av statistikken vert det fiska mest sjøaure.



Figur 3-12. Fangststatistikk for laks og sjøaure i Vossavassdraget i perioden frå 1996 til 2015. Kjelde: Miljødirektoratet.

Granvinsvassdraget er lakseførende opp til Skjervsfossen. Tilstanden for laks er *svært dårlig*, og for sjøaure *hensynskrevende*. Som fangststatistikken i figur 3-13 viser, er det mest sjøaure som vert fiska. Som for Vossavassdraget vart laksefisket i Granvinsvassdraget stengt frå 1992.



Figur 3-13. Fangststatistikk for laks, sjøaure og røye i Granvinssvassdraget i perioden 1996-2015. Kjelde: Miljødirektoratet.

### Elvesport i Raundalselvi

Raundalselvi er ein kjent rafte- og padleelv innanfor både norske og utenlandske ekstremsportmiljø. Elva er rekna som ein av dei mest tekniske rafteelvene i Noreg. Elva si vanskegrad er 3-4 på skalaen i tabellen under. Tømmerhøla i Raundalselvi er gradert som 5. Rafting er (primært) ein organisert reiselivsaktivitet, medan anna padling i hovudsak går inn under friluftsliv.

Tabell 3-7. Elver gradert etter vanskegrad og tryggleik (kjelde: [www.vossrafting.no](http://www.vossrafting.no)).

Grad	Beskriving
1	Flatt vatn
2	Vatn i rørsle
3	Sterk straum med hindringar og stryk. Manøvrering naudsynt.
4	Sterk straum med store stryk og vanskelege passasjar. Manøvrering er naudsynt, risiko for velt.
5	Ekstremt vanskeleg, og berre for spesielt interesserte.
6	Ufarbart

Voss Kajakklubb har uttalt fylgjande i eit brev til Multiconsult:

«Raundalselvi er den viktigaste elva for elvesport på Voss. Dette er fordi den stort sett alltid har nok vatn til padling, frå isen går til isen legg seg. Samtlige andre elver i kommunen og regionen elles vil i kortare eller lengre periodar verte for grunne. Vidare er denne elva verdskjend, og ein god grunn til at Voss og Ekstremsportveko kan tiltrekke seg elvesportutøvarar frå heile verda. For oss er då denne elva viktig for lokal aktivitet og rekruttering, for å tiltrekke oss ressurspersonar som flytter hit for kortare eller lengre tid og for å trekke til oss verdsliten til trening og arrangement, ikkje minst marknadsføring av arenaen vår.

*Variierende vassføring opnar opp moglegheiter på ulike strekker, og elva vil miste verdi ved ein kvar reduksjon i vassføring. Minstevassføring kan difor ikkje reknast som eit avbøtande tiltak for vår aktivitet. Me vil framheve at eit tiltak som reduserer vassføring i elva når det ikkje er flaum, vil rasere elva sine verneverdiar i høve til friluftslivet på og ved elva».*

Voss Kajakklubb, ved Dag Sandvik har dessutan utarbeidd ein omtale av dei ulike padlestrekningene i elva. Denne er presentert i tabell 3-8. Sandvik peikar på at elvestrekninga frå Mjølfjell til Voss sentrum kan padlast på ulike vassføringar avhengig av padlaren sitt nivå. Variasjonen i vassføring er noko av det verdfulle med elva, og ulike vassføringar gjev verdi for ulike nivå.

*Tabell 3-8. Omtale av ulike padlestrekk (kajakk) i Raundalselvi basert på brev frå Voss Kajakklubb. Vanskegraden varierer frå 1-6, der 1 er lettast og 6 er ufarbart. Vassføringane er henta frå NVEs målestasjon på Kinne.*

Strekning	Kommentar
Mjølfjell-Voll	Avstanden frå Voss sentrum og lang padletid avgrensar antall turar på strekningen. Likevel populær ettersom den eignar seg for dei fleste nivå (grad 2-5) og at alle krevjande parti lett kan forserast. Passande vassføring er 35-70 m <sup>3</sup> /s.
Voll-Reime	Strekket som er minst padla, grunna avstand til sentrum, kort lengde og krevjande. Likevel passande for padlere med tilstrekkelige ferdigheiter (grad 4-5) som forlenger turen frå Mjølfjell. Passande vassføring: 15-40 m <sup>3</sup> /s.
Reime st.- Urdland	Den mest padla strekket. Nyttå heile året. Øvre del (Reime-Skiple) mest krevjande, padla på vassføring opp til 100 m <sup>3</sup> /s, medan 20-60 m <sup>3</sup> /s vert rekna som ideelt for padlarar på middels til høgt nivå (grad 3-5). Skiple-Urdland er bra å padle på frå 20-150 m <sup>3</sup> /s for dei som er på middels og høgt nivå (grad 3-5).
Selheim-Bjørke	Eigna for dei beste padlarane (grad 4-5). Ei rekke stryk med lange fossar. Eigna vassføring er 20-60 m <sup>3</sup> /s.
Bjørke-Palmafossen	Enkel padling for ferskingar (1-2). Fin for nybyrjartrening på 20-70 m <sup>3</sup> /s, men mogeleg å padla også på høgare vassføringar.
Palmafossen-sentrum	Kort juv som vert padla på vassføring 10-40 m <sup>3</sup> /s. Noko krevjande (grad 4). På strekket finns ei bylgje som kan surfast på brett og kajakk på vassføringar rundt 200 m <sup>3</sup> /s.
Urdland-Meringen	Strekket byr på fin padling for dei som kan eskimorulla. Grad 2-4 avhengig av vassføring, der 20-50 m <sup>3</sup> /s passar for nybyrjarar, 50-100 m <sup>3</sup> /s passar padlarar med noko erfaring (grad 3-4) og 100-200 m <sup>3</sup> /s passar ekspertane (grad 5).

Reiselivsverksemda Voss Active AS ved Frode Solbakk har i eit brev til Multiconsult gjeve innspel om deira bruk av vassdraget til rafting og juving. Verksemda har en betydelig omsetjing, og 15 årsverk. I tillegg er det gjensidig avhengighet mellom Voss Active og systemselskapet Norway Active AS. Rafting er kjerneverksemda, og sesongen varar rundt seks månader frå mai til november.

Det vert rafta i Raundalselvi (vanleg rafting og familierafting), Vosso (familierafting) og Strandaelva (vanlig rafting). Strandaelva og Raundalselvi utfyller kvarandre, fordi sistnemnte har tilstrekkeleg høg vassføring for rafting når vassføringa i Strandaelva vert for låg, noko som normalt skjer i juli/august. Ved for låge vassføringar i Raundalselvi kan det framleis juvast i elva. Juving er likevel ein aktivitet som trekkjer færre kundar. Tilgangen på Raundalselvi i tillegg til Strandaelva utvidar dermed sesongen vesentlig, og sikrar raftetilbudet i to av dei viktigaste feriemånedane. Vosso vert brukt til familierafting i heile sesongen ved tilstrekkelig vassføring.

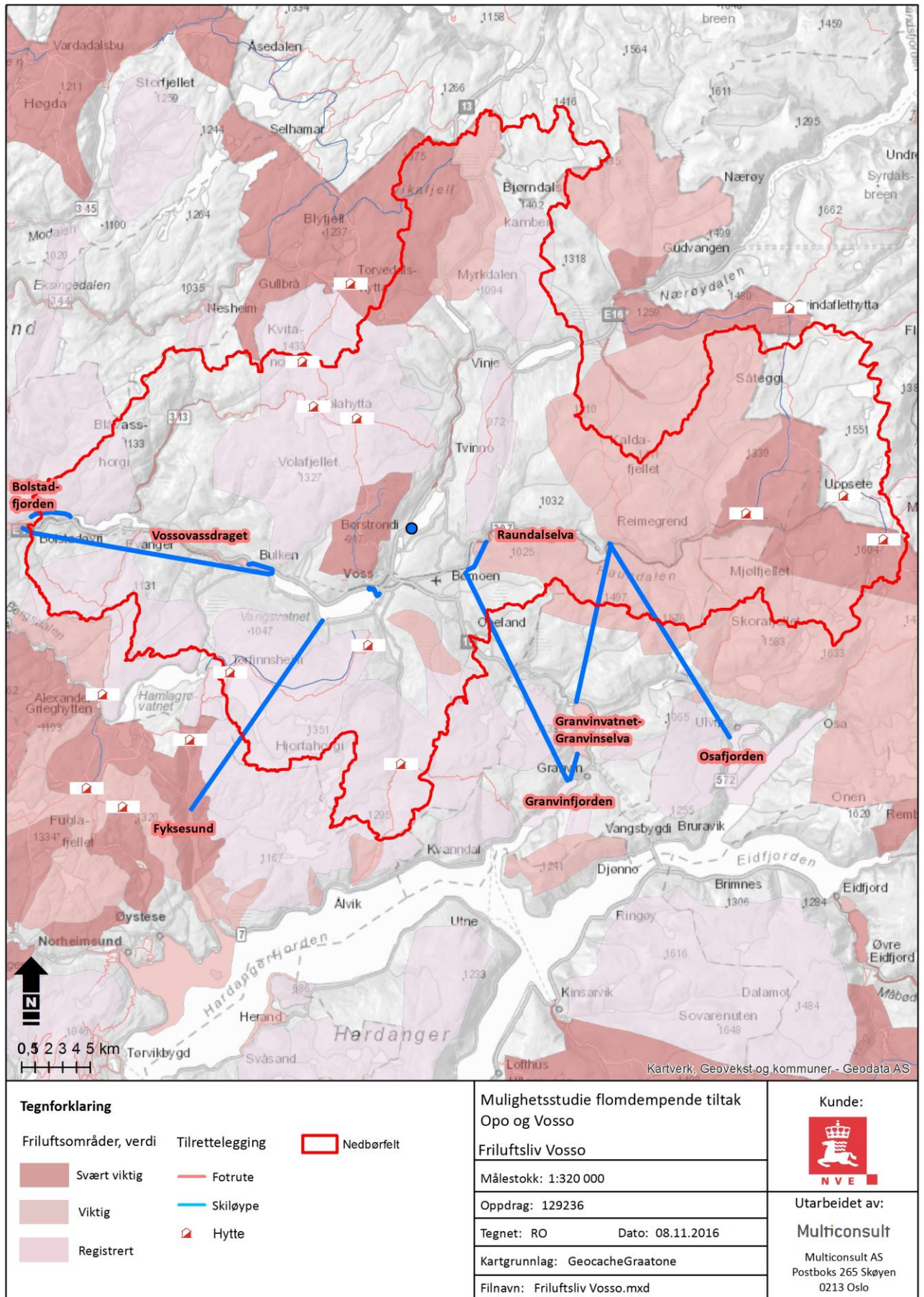
Ei oversikt over raftestrekningar med naudsynt og ideelle vassføringar er gitt i tabell 3-9. Som det framgår av tabellen er det ulike intervall for kva som kan reknast som «ideelle» vassføringar på ulike elveavsnitt.

I Raundalselvi er vassføring på rundt 50 m<sup>3</sup>/s målt ved Kinne ein øvre grense, medan det i Vosso fint kan raftast på over 200 m<sup>3</sup>/s. Vasstandar ned mot nedre grense (14 m<sup>3</sup>/s i Raundalselvi) gjer det vanskeleg å rafta, og vassføringar under denne grensen fører til at rafting må avlysast. Variasjonen

innanfor intervalla er ein viktig del av det kommersielle produktet, og opnar for en ei breiare kundegruppe.

Tabell 3-9. Oversikt over elvestrekk som vert rafta av Voss Active. Opplysningane er henta frå brev selskapet har sendt til Multiconsult.

Aktivitet	Strekning	Beskriving
Rafting	Kroken-Grotland i Strandaelva	Vanskegrad 3-4+, aldersgrense 15 år. Vassføring 10-80 m <sup>3</sup> /s målt ved målestasjon Myrkdalsvatnet. Ideell vassføring 25-40 m <sup>3</sup> /s.
	Skiple-Øyaflaten (Meringen) i Raundalselvi	Vanskegrad 3-4+, aldersgrense 15 år. Det vert rafta på strekket ved vassføringar på 14-50 m <sup>3</sup> /s målt ved Kinne, medan ideell vassføring er 25-50 m <sup>3</sup> /s. Per i dag føreligg ikkje løyve til åtkomst for bruk av nedre strekk til Meringen.
Familierafting	Geitle-Evanger i Vosso	Vanskegrad 2, aldersgrense fem år. Ideell vassføring 40-200 m <sup>3</sup> /s, men det er inga øvre grense.
	Bjørke Palmafossen i Raundalselvi	Strekket vert brukt på vassføring 20-50 m <sup>3</sup> /s om Vosso er stengt grunna arbeid som påverkar elva.
Juving	Bjørke-Selheim	Vandring/symjing i Raundalselvi når vassføringa er 5-14 m <sup>3</sup> /s (for låg for rafting). Aldersgrense 15 år. Mindre populært enn rafting.



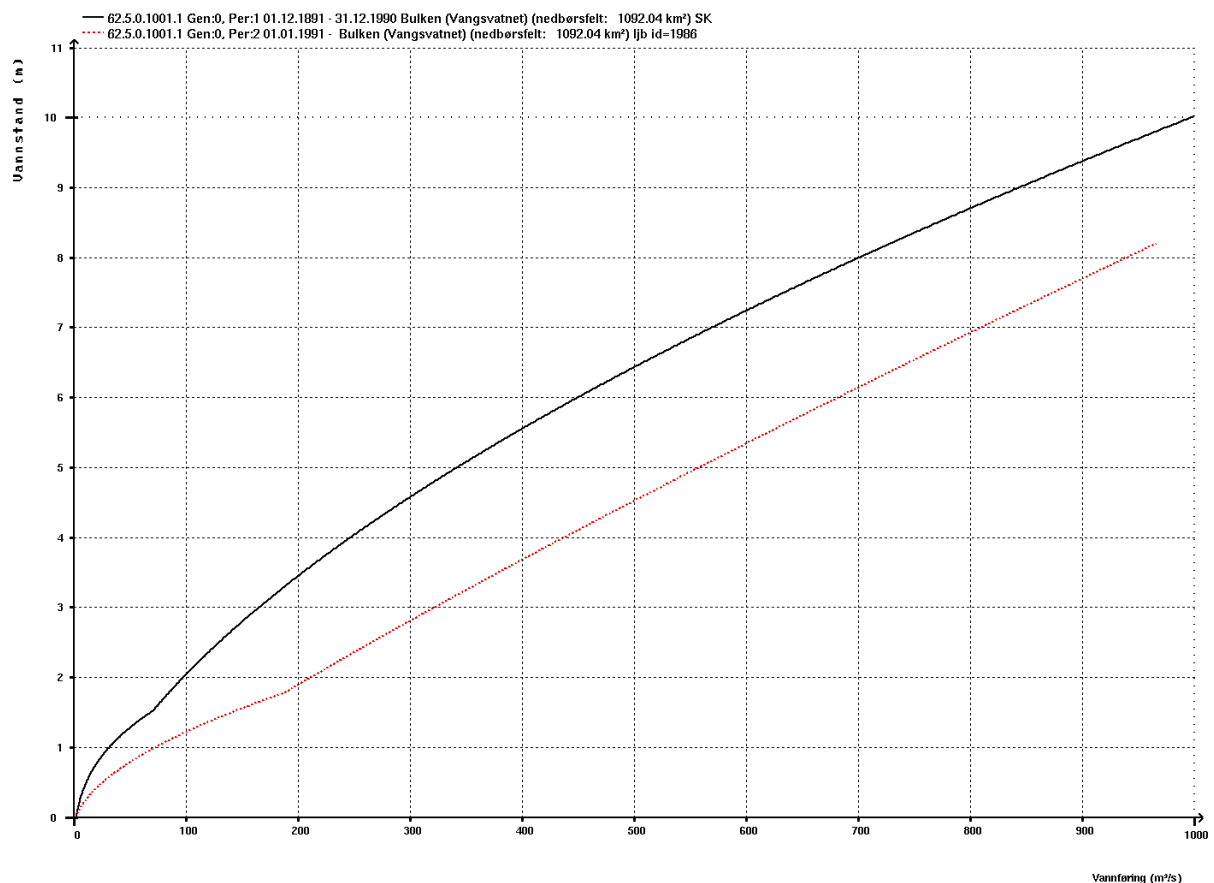
Figur 3-14. Oversikt over friluftsområde. Direkte rørte områder er namngitt (sjå også tabell 3-6).

## 3.2 Sikringstiltak i vassdraget

### 3.2.1 Utførte sikringstiltak og flaumdempande tiltak i vassdraget

#### Bulken

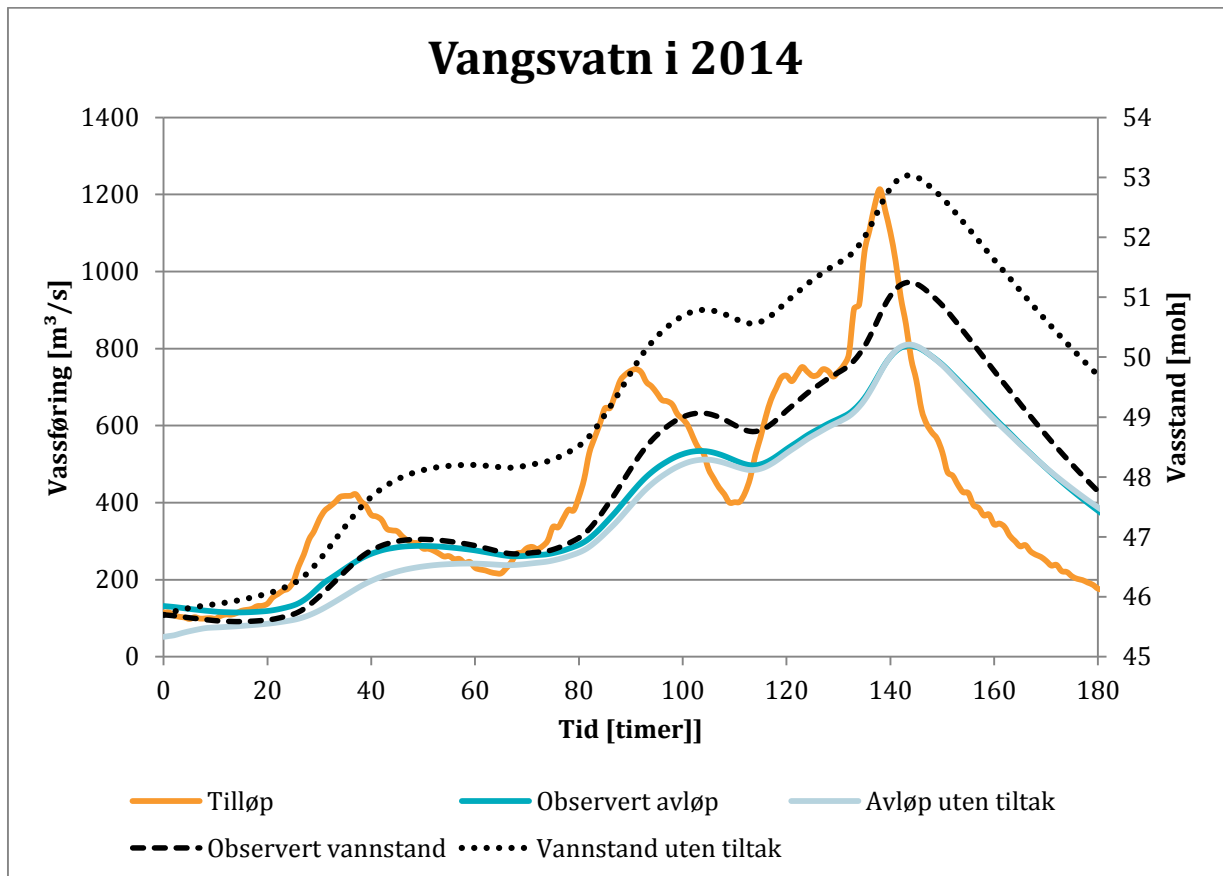
Vossevangen har vore utsett for flaum fleire gonger tidlegare. Den største kjende flaumen fann stad i 1604, då vatnet nådde heilt opp til kote 55,47. Sidan den gong er det i midlertidig gjort fleire tiltak for å unngå store flaumar. Utløpet av Vangsvatn vart endra i 1865-66, og vidare senkingsarbeid vart utført i 1990-91. Dei fyrste arbeida senka vasstanden med rundt 1,9 meter, medan arbeida i 1990-91 senka vasstanden med rundt 1,7 meter.



Figur 3-15. Vassføringskurve før og etter senkingsarbeid ved Lilandsosen i 1990-91. Det vart konstruert ein terskel i utløpet for ikkje å endre på lågvasstanden.

For å undersøka verkinga av tiltaket, er flaumen som vart observert i 2014 ført gjennom Vangsvatn med gammal og ny avløpskurve. Dette er vist i Figur 3-16. Det kjem fram at vassføringa ut av Vangsvatnet ikkje ville endra seg i særleg grad, men at det er stor skilnad på kulminasjonsvasstanden. Utan senkingstiltaka ville flaumen i 2014 kulminert ved kote 53,0, heller enn kote 51,3, og gjort langt større skade på Vossevangen.





Figur 3-16. Vasstand og vassføring slik det er observert, og slik det ville ha vorte dersom senkingstiltaket ikkje hadde vore utført

### Myrkdalsvatnen

Utløpet av Myrkdalsvatnet er utvida og senka med 1,4 meter<sup>42</sup>. Tiltaket er hovudsakeleg eit jordbrukstiltak som har gitt betre utnytting av areala i nordenden av vatnet. Både lågvass- og flaumvasstanden er seinka.

### Erosjonssikring

I NVE sin database er det registrert 110 sikringsparsellar i vassdraget. Dei aller fleste av tiltaka er elveførebyggjande tiltak, altså tiltak som skal hindra erosjon av elvebredda. Under følgjer nokre sentrale tiltak:

- I Teigdalselva er det gjort fleire tiltak, mellom anna ved Århus-Brekkehus, Langeland, Sevaldstad, Fasteland og Ro, Storøya og Fadnes.
- I Myrkdalen vart det utført senkingstiltak for flaum i utløpet, samt redusert lågvassstand (løpet vart utvida), noko som gav meir landbruksjord i nordenden av Myrkdalsvatnet etter at løpa her vart ordna og erosjonssikra.
- Songvesgorvi, ei sidegrov til Vosso rett sør for Vossevangen, er sikra på begge sider.
- På kvar si side av Nortura sitt anlegg ved Evanger renn elvene Vossaelv og Mykleteveitelvi som er erosjonssikra etter flaumen i 2014.

<sup>42</sup> (Bergo, 2001)

Av meir omfattande erosjonssikring i sidevassdrag må også Grevleelv og Fitjeselv som renn ut i Melsvatnet nemnast. Området har hatt stor utbygging i seinare år.

Det er vidare gjort erosjonssikringstiltak ved Breimo, Strandaelv ved Storteig, Giljarhuselv og Kvangjelsgrova ved Mestad.

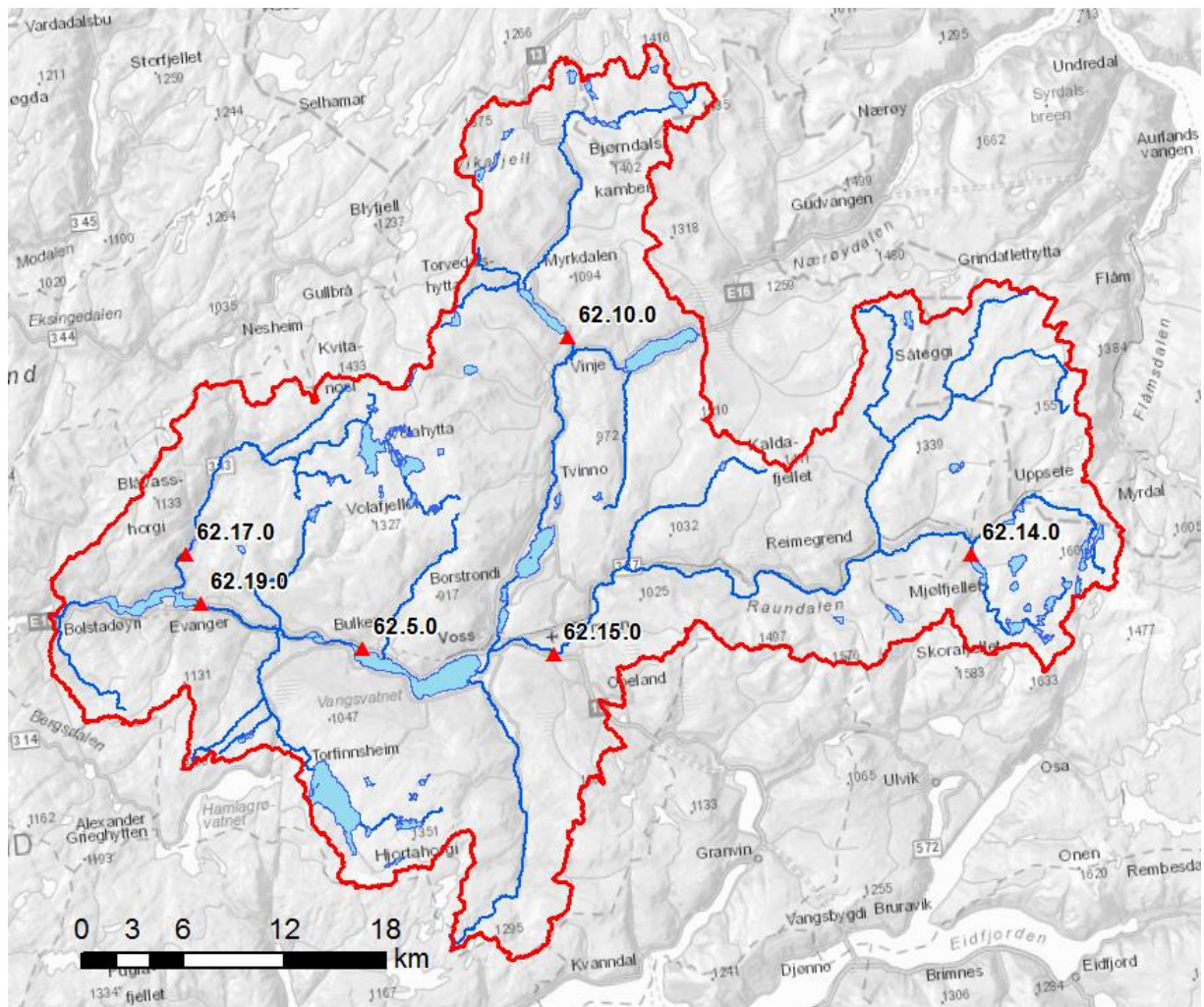
### ***3.2.2 Pågåande sikringsarbeid i vassdraget***

Nedstraums frå Bulken gjorde Vosso stor skade på E16, og ikkje minst på jernbanen under flaumen i 2014. I etterkant er det utført store sikringsarbeid både på jernbanen og E16 (sjå kapittel 1.3).

## 4 Hydrologi

### 4.1 Hydrologiske data

Det finns seks aktive målestasjoner for vassføringsdata i nedbørfeltet. Av desse er to i tilknytning til kraftutbygginga i Teigdalen, medan fire ligg i det uregulerte feltet til Vangsvatnet. Alle stasjonar er vist i kartet på Figur 4-1, og nøkkeltall for målestasjonane er presentert i Tabell 4-1.

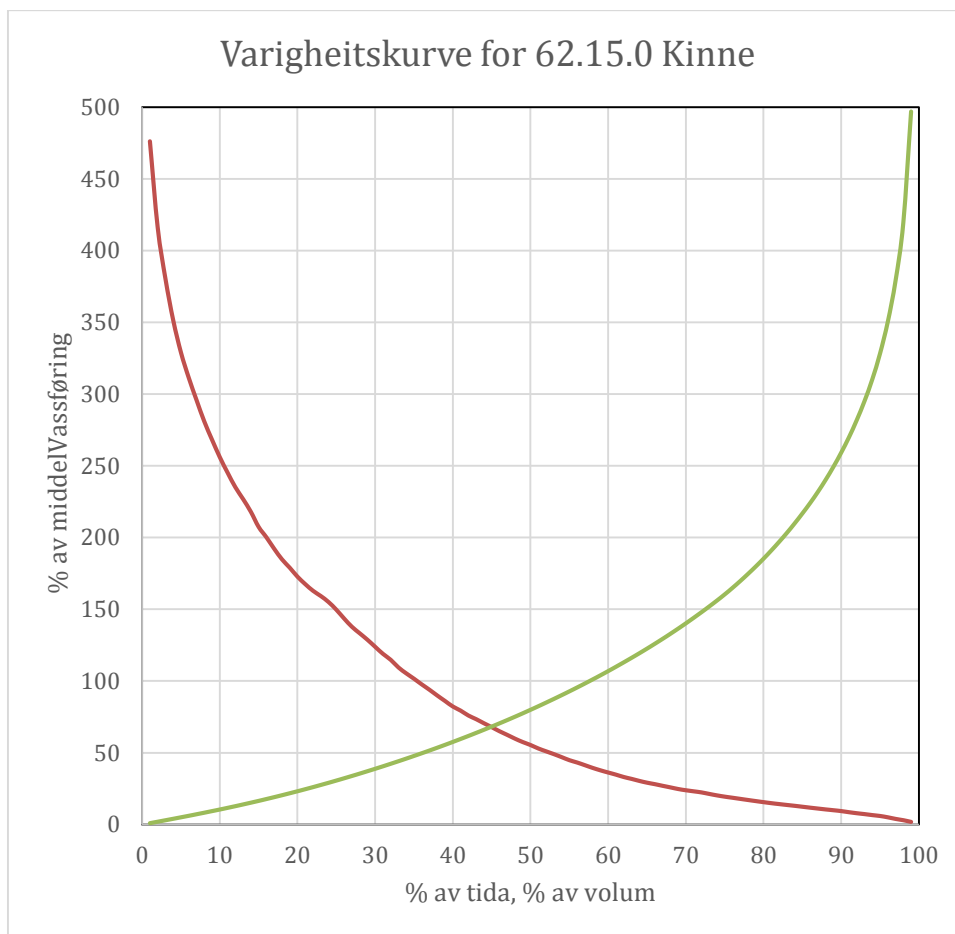


Figur 4-1. Hydrologiske målestasjonar i Vossavassdraget

Tabell 4-1. Vassføringsstasjonare i vassdraget

	Namn	Målestart	Antall år	Feltareal km <sup>2</sup>	Spesifikk avrenning l/s/km <sup>2</sup>	Snaufjell %	Eff. Sjø %	Høgde min-maks
62.5	Bulken	1892	124	1093	65	54	0,9	47-1602
62.10	Myrkdalsvatn	1970	46	158	77	72	1,1	229-1431
62.14	Slondalsvatn	1983	33	42	72	83	2,8	752-1602
62.15	Kinne	1983	33	511	60	62	0,1	95-1602
62.17	Mestad	1985	31	139	105	74	0,8	68-1425

Tilslig til Vangsvatnet kjem i hovudsak frå Raundalen (48 prosent av feltarealet) og frå Strondaelvi (34 prosent av feltarealet). Bordalselvi i sør står for åtte prosent av feltarealet, medan andre småfelt med utløp i vatnet står for 10 prosent av arealet.



Figur 4-2 Varigheitskurve for Kinne. Raud kurve syner tida vassføringa er over eit gjeve nivå, og grøn kurve er kapasitetskurven. Data frå NVE.

Figur 4-2 er varigheitskurven for Kinne. Den syner kor stor del av tida vassføringa er over eit gjeve nivå, medan kapasitetskurven syner kor stor del av vatnet som går ved vassføringar under eit gjeve nivå.

Tabell 4-2. Feltparameter med estimert spesifikk middelflaum (momentanverdi)

Felt	Feltareal <i>km<sup>2</sup></i>	Spesifikk avrenning <i>l/s/km<sup>2</sup></i>	Eff. Sjø <i>A<sub>SE</sub></i> %	Snaufjell <i>A<sub>SF</sub></i> %	Lengde <i>L<sub>F</sub></i> <i>Km</i>	Gradient <i>S<sub>T</sub></i> <i>m/km</i>	Middelflaum <i>q<sub>m</sub></i> <i>l/s/km<sup>2</sup></i>
Strondaelv	372	65	1.4	50	37	24	533
Raundalselv	526	60	0.05	61	39	24	541
Restfelt Vangsv <sup>43</sup>	194	79	0.0	51	10	105	1324
Totalfelt Vangsv	1092	65	0.88	53	47	20	415
Lokalfelt Evangerv <sup>44</sup>	381 <sup>45</sup>	92	0.06	68	9	81	1038

<sup>43</sup> Feltparametre frå Dyrvo

<sup>44</sup> Feltparametre frå Tverrelvi

<sup>45</sup> Inkludert Torfinno, 54 km<sup>2</sup>, som er varig overført til Bergsdalen. Det er noko uklart om store flaumar går i det opphavslege elvefaret til Vosso.

Felt	Feltareal $km^2$	Spesifikk avrenning $l/s/km^2$	Eff. Sjø $A_{SE}$ %	Snaufjell $A_{SF}$ %	Lengde $L_F$ $Km$	Gradient $S_T$ $m/km$	Middelflaum $q_m$ $l/s/km^2$
Totalfelt Evangerv	1473 <sup>46</sup>	72	0.75	55	61	16	459
Svartavatn	72	103	0.3	65	16	33	1554

A: nedbørfeltet sitt areal [ $km^2$ ]

$q_m$ : midlare spesifikt årsavløp [ $l/s$  pr.  $km^2$ ]

$A_{SE}$ : effektiv sjøprosent [%]

$A_{SF}$ : snaufjellprosent [%]

$L_F$ : feltaksen si lengde [ $km$ ]

$S_T$ : hovedelva sin gradient [ $m/km$ ]

**Error! Reference source not found.** illustrerer ulikskapane mellom felta i vassdraget. Dette er parameter som inngår i «Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag»<sup>47</sup>. I høgre kolonne er utrekna spesifikk årsflaum (momentanverdi) basert på den siste versjon av flaumformlane<sup>48</sup>. Desse verdiane er altså berre basert på feltparameter, ikkje på hydrologiske måleseriar. Det mest interessante i desse dataene er høvet mellom spesifikk flaum i dei store felta og dei svært snøgt reagerande lokalfelta til Vangsvatnet og Evangervatn. For hovudfelta er det ein veikskap med desse formlane at dei ikkje tek nok omsyn til dempinga i Vangsvatnet.

#### 4.2 Naturleg reguleringsgrad i innsjøar over 0,1 $km^2$

Det er registrert 60 innsjøar med overflateareal større enn 0,1  $km^2$  i vassdraget. Av desse er fire reguleringsmagasin for vasskraft, medan resterande innsjøar er uregulerte.

Det som har betydning for demping, er overflateareal og korleis utløpet er utforma. Eit smalt utløp kombinert med et stort overflateareal, gjev stor demping. Dette kan ein observere i mellom anna Vangsvatnet og Myrkdalsvatnet.

Utan detaljert kunnskap om utløpsforhold, er det ikkje mogeleg å rekna ut kor mykje ein flaumtopp faktisk vert dempa i vassdraget. Høvet mellom innsjøareal og feltareal siar likevel noko om potensialet for flaumdemping.

Tabell 4-3 listar opp alle innsjøar med overflateareal større enn 0,1  $km^2$  i nedbørfeltet til Vosso. Det er målestasjoner ved tre av innsjøane: Vangsvatn, Myrkdalsvatn og Slonadalsvatn. Her kan flaumdemping reknast ut direkte.

Det er ingen tvil om at andre innsjøar bidreg med ei viss flaumdemping, men dei kombinerte overflate- og feltareala er for små til å gje stor flaumdempande effekt.

Tabell 4-3. Innsjøar i nedbørfeltet til Vosso

Nummer	Namn	Overflateareal $km^2$	Feltareal $km^2$	Innsjø/Felt %	Observert demping %
2085	Vangsvatnet	7.8	1092	1%	33% (2014)
2088	Torfinnsvatnet	6.6	47	14%	(regulert vasskraft)
2090	Oppheimsvatnet	3.8	60	6%	(regulert vasskraft)
2084	Evangervatnet	3.2	1473	0%	

<sup>46</sup>Inkludert Torfinno, 54  $km^2$ , som er varig overført til Bergsdalen. Det er noko uklart om store flaumar går i det opphavslege elvefaret til Vosso.

<sup>47</sup>(Sælthun, Tveito, Bønsnes, & Roald, 1997)

<sup>48</sup>(Midttømme, et al., 2011)



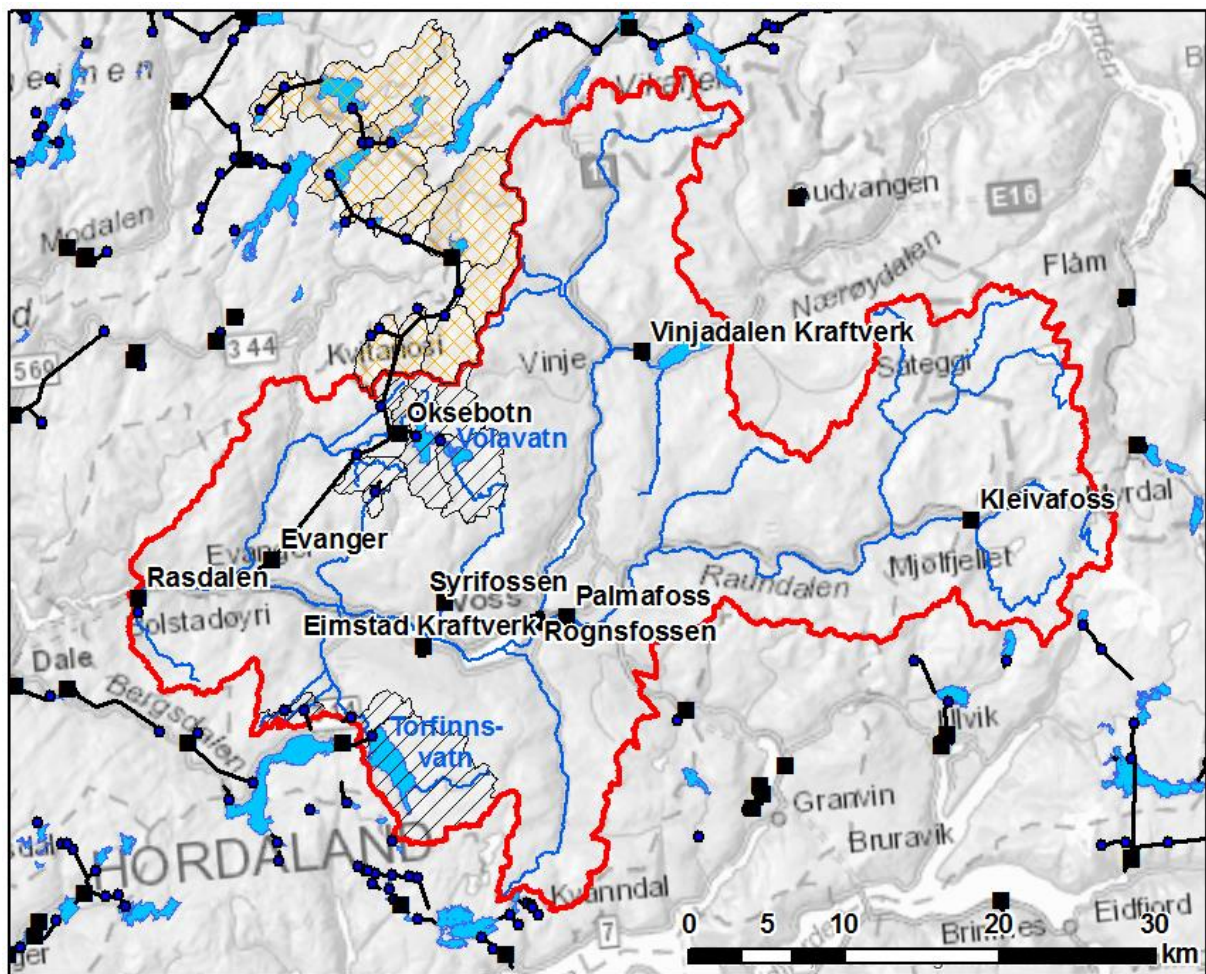
Nummer	Namn	Overflateareal km <sup>2</sup>	Feltareal km <sup>2</sup>	Innsjø/Felt %	Observert demping %
2089	Lønavatnet	3.0	352	1%	
2086	Store Volavatnet	2.4	43	6%	(regulert vasskraft)
2087	Store Piksvatnet	1.6	20	8%	(regulert vasskraft)
2091	Myrkdalsvatnet	1.6	158	1%	36% (2014)
16331	Kaldavatni	0.9	10	9%	
27155	Ytredalsvatnet	0.7	5	13%	
16374	Fagerdalsvatnet	0.7	6	11%	
27348	Store	0.7	6	12%	
27292	Slondalsvatnet	0.6	42	1%	2% (2014)
16481	Kvannjolvatnet	0.6	14	4%	
27297	Lundarvatnet	0.6	372	0%	
16448	Fløyelsvatni	0.4	5	8%	
27304	Seimsvatnet	0.4	1114	0%	
27296	Vesetvatnet	0.4	6	6%	
27250	Borgavatni	0.4	11	4%	
16321	Langavatnet	0.4	53	1%	
2092	Harkavatnet	0.3	2	16%	
27233	Skreiavatnet	0.3	12	3%	
27185	Holmavatnet	0.3	6	5%	
27221	Såtevatnet	0.3	3	10%	
16492	Skipanutvatnet	0.3	10	3%	
27264	Borgarbuvatnet	0.3	4	7%	
27274	Kvanngrøvatni	0.3	8	3%	
27166	Dueskardvatnet	0.3	27	1%	
27151	Svartavatnet	0.3	4	6%	
27147	Buforevatnet	0.3	2	11%	
27295	Melsvatnet	0.3	365	0%	
16411	Kaldavatni	0.2	1	23%	
16452	Kaldavatni	0.2	1	18%	
27177	Kringlavatnet	0.2	12	2%	
27351	Hanselavatnet	0.2	2	10%	
27273	Vetlavatnet	0.2	4	5%	
27169	Lars-Olavatnet	0.2	18	1%	
16422	Småfagerdalsvat	0.2	2	8%	
16421		0.2	2	12%	
16474	Fløyelsvatni	0.2	6	3%	
27822		0.2	2	7%	
27369		0.2	4	4%	
27234	Langatjørni	0.2	1	15%	
16461		0.1	1	11%	
27349	Torfinnstjørni	0.1	11	1%	
27245	Kaldavatnet	0.1	3	5%	
26343	Skorsetvatnet	0.1	4	4%	
27163	Store	0.1	34	0%	
27335	Slåttabakktjørni	0.1	2	8%	
27302	Vollbotnvatnet	0.1	9	2%	
16293	Rundavatnet	0.1	42	0%	

Nummer	Namn	Overflateareal <i>km<sup>2</sup></i>	Feltareal <i>km<sup>2</sup></i>	Innsjø/Felt %	Observert demping %
27278		0.1	3	4%	
27263	Fjellsetvatna	0.1	7	2%	
27272	Krokasetvatnet	0.1	0	28%	
27342		0.1	1	15%	
27333		0.1	1	12%	
27258	Piksvatnet	0.1	2	5%	
27270	Vetle Volavatnet	0.1	3	3%	
26335	Mestadvatnet	0.1	136	0%	
27303		0.1	3	3%	

Effekten av sjølvregulering kan ellers demonstrerast ved bruk av dei regionale flaumformlane frå «Regional flomfrekvensanalyse» for norske vassdrag. Frå Tabell 4-2 ser ein at dei regionale formlane gjev eit estimat for middelflaum (momentanverdi) for Raundalselvi på 541 l/s km<sup>2</sup>. Effektiv sjøprosent (kvar innsjø si vekt etter kor stor del av feltet som renn gjennom den) er ganske låg, 0.05 %. Dersom me tek bort effekten av sjøane ved å setje effektiv sjøprosent til 0<sup>49</sup> så aukar middelflaumen til 617 l/s km<sup>2</sup>, altså ein auke på 14 prosent. Dersom ein gjer same øvinga for Strandaelva, som har mykje høgare effektiv sjøprosent (1.4), aukar middelflaumen frå 533 l/s km<sup>2</sup> til 748 l/s km<sup>2</sup>, ein auke på 40 prosent.

<sup>49</sup> | formelen er dette representert ved 0.001

### 4.3 Kraftverk



Figur 4-3. Vasskraftverk i nedbørfeltet

Det er ni kraftverk innanfor nedbørfeltet til Vossavassdraget. Av desse er fire mikro- og minikraftverk, med ytelse under ein MW, og tre småkraftverk med ytelse mellom 2,9 og 6 MW. Ingen av desse kraftverka har regulering av betydning. Vinjadalen kraftverk har konsesjon til å regulera Oppheimsvatn, men denne vert ikkje nytta til aktiv regulering.

Av kraftutbygging er det Evanger kraftverk som set størst preg på vassdraget. Det tek inn totalt 17 større og mindre felt, der 13 opprinneleg drenerer ut av vassdraget. Vatnet går fyrst gjennom Oksebotn kraftverk (11 MW), før det endar opp i Evanger kraftverk (330 MW). Inntaksmagasin er Askjellvatn i Eksingedalsvassdraget, og overføringa inn i Vossavassdraget er maksimalt slukeevna til Evanger kraftverk, som er på 54 m<sup>3</sup>/s. Volavatn, øvast i Teigdalen, går inn på tilløpstunnelen via Oksebotn kraftverk. Når Volavatn er under høgaste regulerte vasstand er feltet til Teigdalselv redusert med 47 km<sup>2</sup>, men når magasinet går i overløp (som i 2014) er dempinga avgrensa til det som det uregulerte feltet ville hatt.

Sørvest i vassdraget ligg Torfinnsvatn, som saman med enkelte mindre felt vert ført ut av vassdraget til Hodnaberg, Kaldestad, Fosse og Dale II kraftverk. Torfinnsvatn har stort volum samanlikna med feltarealet, og gjekk ikkje i overløp under flaumen i 2014. Magasinet bidreg monaleg til å redusera flaumstørrelsen i Torfinno.

#### 4.4 Flaumutrekningar

NVE har utført flaumanalysar for Vossavassdraget<sup>50</sup>. Her er flaumverdiar for ulike nivå med klimatillegg på 0, 20 og 40% utrekna. Hovudresultata er presenterte i Tabell 4-4.

Tabell 4-4 Flaumverdiar for Vossavassdraget, frå Holmqvist (2015). Momentanverdiar

Sted	Middelflaum $m^3/s$	20-årsflaum $m^3/s$	200-årsflaum+40% $m^3/s$
Strandaelvi	220	330	660
Raundalselvi	390	580	1180
Vosso oppstrøms Vangsvatn	560	830	1680
Vangsvatnet avløp	400	580	1100
Evangervatn avløp	770	1110	2100
Vangsvatnet vst, m (NN1954)	48.0	49.5	53.2

Det går fram av tabellen over at av avløpet frå Vangsvatnet er langt mindre enn tilløpet. Dette skuldast at Vangsvatn har stor demping. Vasstanden stig, og reduserer flaumtoppene. Denne effekten kan ein tydeleg sjå på tilløp og avløp under flaumen i 2014, som vist i Figur 3-16.

For Vangsvatnet er analysen basert på svært gode data frå 62.5 Bulken med sine 124 år med data og gode vassføringskurvar. For Evanger er tilhøva annleis. Det er ikkje vassføringsdata frå Vosso nedanfor Vangsvatnet, og auken i flaum i Vosso må difor basera seg på flaum ut av Vangsvatnet tillagt vassføring frå lokalfeltet. Det kritiske punktet er utløpet av Evangervatn, som styrer vasstanden ved Evanger.

Holmqvist baserar seg på oppskalering av 62.18 Svartevatn, som ligg utanfor og vest for feltet, og flomfrekvensanalyse av summen av den oppskalerte vassføringa frå Svartevatn og vassføringa ut frå Vangsvatnet. Skaleringsfaktoren er 4,79, basert på høvetalet mellom estimert årsmiddelvassføring for lokalfeltet Lilandsosen-Evangervatn og målt årsmiddelvassføring for Svartevatn. Med 40 prosent klimapåslag hamnar 200-årsflommen ved Evanger på 2 100  $m^3/s$ . Auken frå Lilandsosen er på heile 1 000  $m^3/s$ , frå lokalfeltet på 381  $km^2$ . Torfinnsvatn og Volavatn er medrekna i lokalfeltet for begge analysane som uregulerte. Konsekvensen av dette er at gjentakintervallet for denne flaumstorleiken er undervurdert. Kor mykje er det svært vanskeleg å vurdere utan nærare berekningar som tek omsyn til sjansen for at dei to reguleringsmagasina går i overløp.

I modelleringa av flaumar har me føresett at Torfinnsvatn ikkje går i overløp. Då vert skaleringsfaktoren for restfeltet 3,93. Basert på dette har me gjort ein ny flaumfrekvensanalyse, og komme fram til fylgjande flaumverdiar for Evangervatn:

Tabell 4-5. Reviderte flaumar ved Evangervatn

	Middelflaum $m^3/s$	20-årsflaum $m^3/s$	200-årsflaum + 40% $m^3/s$
Evangervatn, avløp	620	900	1850

<sup>50</sup> (Holmqvist, 2015)

## 4.5 Hydraulisk modell

### 4.5.1 Modelloppsett, inngangsdata og føresetnader

#### Modelloppsett

Det er laga ein hydraulisk modell i MIKE11 av Vossavassdraget frå oppstraums Myrkdalsvatn til utløpet i fjorden. Grunnlaget for modellen er FKB-høgdedata med ein meters ekvidistanse. Djubdekart for Myrkdalsvatn, Lønnavatn, Vangsvatn og Evangervatn er nytta for å få riktig djubde på innsjøane. For utløpet av Vangsvatn er det lagt inn tverrprofilar utvikla av NVE i samband med dei siste flaumanalysane. Oppmålte tverrprofilar frå flaumsonekartleggingsprosjektet er også nytta for området ved Vossevangen.

For dei delane av vassdraget der det ikkje finns djubdedata, er det føresettt djubder på ein meter oppstraums Vangsvatn, og to meter nedstraums Vangsvatn. Modellen er kalibrert ved å justera friksjonen (Manningstall), slik at vasstanden i modellen stemmer med observert vasstand under flaumen i 2014 for kulminasjonen i Lønnavatn og i Evangervatn, samt for heile flaumforløpet ved Vangsvatn.

Raundalen er ikkje modellert, då det er få bygg langs elva, og rapportert minimalt med skader. Det er dermed rimeleg å anta at tiltaka som er føreslått i Raundalen kan vurderast utan detaljert hydraulisk modellering av dette strekket.

#### Vassføring

Det er sett på to scenario: i) flaumen i oktober 2014, og ii) ein 200-årsflaum med 40 prosent klimapåslag.

For å modellera flaumen i 2014 (frå 26. til 30. oktober) har ein nytta dataseriane 62.5 Bulken, 62.10 Myrkdalsvatn, 62.15 Kinne, 62.17 Mestad og 62.18 Svartavatn. Serien for Myrkdalsvatn er regna om til ein tilløpsflaum ved å sjå på avløp og vasstand.

Tabell 4-6. Tilsig til modellen

Punkt	Areal	Måleserie
Innløp Myrkdalsvatn	158 km <sup>2</sup>	62.10 Myrkdalsvatn (tilløp)
Tilløp frå Oppheimsvatn	60 km <sup>2</sup>	Arealskalert frå 62.10 Myrkdalsvatn (tilløp)
Restfelt Strondaelvi	155 km <sup>2</sup>	Arealskalert frå 62.10 Myrkdalsvatn (tilløp)
Raundalselvi	525 km <sup>2</sup>	Arealskalert frå 62.15 Kinne
Restfelt Vangsvatn	192 km <sup>2</sup>	Konstruert serie som gjer at vassføringa ut av Vangsvatnet er lik observasjonar ved 62.5 Bulken
Teigdalen	147 km <sup>2</sup>	62.17 Mestad
Torfinno og Tverrelvi	68 km <sup>2</sup> (115 km <sup>2</sup> inkl. Torfinnsvatn)	Arealskalert frå 62.18 Svartavatn. Feltet til Torfinnsvatn er tatt bort.
Evanger kraftverk	-	Driftsvassføring Evanger kraftverk, frå BKK
Restfelt Vosso nedstraums Bulken	143 km <sup>2</sup>	Arealskalert frå 62.18 Svartavatn



Denne tilnærminga gjev ei vassføring som kulminerer på drygt 800 m<sup>3</sup>/s ut av Vangsvatn, og rundt 1 300 m<sup>3</sup>/s ved Evangervatn.

For 200-årsflaum er det føresett at flaumtoppen treff på same tidspunkt i dei ulike delfelta som i 2014, og at det er lik spesifikk døgnavrenning for kulminasjonsdøgnet for alle felt opp- og nedstraums Vangsvatn. Skaleringsfaktorane er deretter kalibrert slik at vassføring ut av Vangsvatn og Evangervatn stemmer overeins med flaumanalysane. Startvassføring for både 2014-flaumen og dimensjonerande flaum er sett til observert vassføring 26. oktober 2014.

### **Usikkerheit i modellen**

Fordi modellen ikkje er basert på detaljerte oppmålingar av elvebotnen, og det heller ikkje er målt opp vasslinjer til å kalibrere modellen etter, er det knytt ein del uvisse til vasstandane i modellen. Flaumsonekarta som vert presenterte, vil difor ikkje nødvendigvis stemme overeins med faktiske flaumnivå.

Modellen vert likevel vurdert å vera godt eigna til å simulera demping i vassdraget, samt studera relativ verking av ulike tiltak og samanlikning av ulike tiltak.

## **4.6 Flaumutsette areal**

### **4.6.1 Bygg og infrastruktur**

Tabell 4-7. Flaumutsette bygg ved Vossevangen og Evanger

	Type bygg	Q20	Flaum 2014	Q200+40%
111	Einebustad	1	14	67
112	Einebustad med hybel		5	11
121	Del av tomannsbolig, vertikaldelt		1	6
122	Tomannsbolig, horisontaldelt		3	24
123	Del av våningshus, tomannsbolig, vertikaldelt			1
124	Våningshus, tomannsbolig, horisontaldelt		1	1
136	Andre småhus med tre bustadar eller fleire		1	2
142	Stort frittliggjande bustadbygg på 3 og 4 etg.			4
143	Stort frittliggjande bustadbygg på 5 etg. el. meir		2	5
145	Store sammenb. bustadbygg på 3 og 4 etg.			1
146	Store sammenb. bustadbygg på 5 etg. el. meir.			5
151	Bu- og servicesenter			1
159	Bygg for bufellesskap		1	1
161	Hytter, sommarhus, fritidsbygg	4	3	4
181	Garasje, uthus, anneks til bustad	7	16	78
182	Garasje, uth., anneks knytta til fritidsbustad		1	1
183	Naust, båthus, sjøbu	14	14	14
211	Fabrikkbygg			1
212	Verkstadbygg			1
216	Bygg for vassforsyning, mellom anna pumpestasjon	1	3	3
219	Anna industribygg	1	7	7
223	Transformatorstasjon			2

	Type bygg	Q20	Flaum 2014	Q200+40%
231		4	5	5
233	Silobygg			1
239	Lagerbygg		2	16
241	Hus for dyr/landbr.lager/silo	1		5
249	Anna landbruksbygg	1	6	10
311	Kontor- og administrasjonsbygg, rådhus		1	4
312	Bankbygg, posthus		1	1
319	Anna kontorbygg			4
322	Butikk/forretningsbygg		1	19
323	Bensinstasjon			1
329	Annen forretningsbygg			7
511	Hotellbygg		1	3
512	Motellbygg		3	5
522	Vandrar-/ferieheim	1	1	1
524	Camping-/utleiehytte		6	6
531	Restaurantbygg, kafébygg	1	2	2
533	Gatekjøkken, kioskbygg	1	2	3
612	Barnehage			1
614	Ungdomsskule		2	3
616	Vidaregåande skule			1
619	Anna skulebygg		1	2
641	Museum, kunstgalleri	1	2	2
649	Anna museum/biblioteksbygg	1	1	1
651	Idrettshall		1	1
659	Anna idrettsbygg	1	3	3
662	Samfunnshus, grendehus			2
669	Anna kulturhus		1	3
672	Bedehus, menighetshus			3
739	Primærhelsebygg		1	2
840	Offentleg toalett	1	1	1
	<b>Sum</b>	<b>12</b>	<b>77</b>	<b>299</b>

#### 4.6.2 Kartframstilling av utsette areal for 20-års og 200-årsflaum

Kartframstilling av flaumutsette areal for 20- og 200-årsflaum på Vossevangen og Evanger er presentert i vedlegg B.

Merk at vasshøgden ved Evanger er usikre, då modellen her berre er kalibrert for ein vasstand, og det ikkje finns målingar av elvebotnen ved utløpet til vatnet.

## 5 Mogelege flaumskadereduserende tiltak

### 5.1 Kva skal til for å redusere flaumskader?

Utan tiltak vil Vangsvatn ved Q200+40% kulminere med ei vassføring på 1 100 m<sup>3</sup>/s og ein vasstand på kote 53,0<sup>51</sup>. Tilsvarande vil Evangervatn kulminere ved 1 850 m<sup>3</sup>/s og 14,2.

I desember 2015 var det ein flaum med kulminasjon på 630 m<sup>3</sup>/s ut av Vangsvatnet og ein vasstand på 49,85 meter over havet. Denne flaumen ga minimale skader. Til samanlikning kulminerte skadeflaumen i 2014 på 810 m<sup>3</sup>/s og ein vasstand på 51,2 meter over havet. Nivå for skader ligg altså ein stad mellom desse to, og truleg nærast 630 m<sup>3</sup>/s. Me har difor sett grensa for skader på Vossevangen ved 49,85.

### 5.2 Oversikt

Det er sett på 19 ulike tiltak i Vossavassdraget. Desse er lista i tabellen under.

Tabell 5-1. Mogelege tiltak i Vossavassdraget

Nr	Namn	Beskriving
1	Tunnel Reime-Ulvik	Flaumtunnel frå Reimegrend til Hardangerfjorden ved Ulvik. 16,5 kilometer
2	Tunnel Reime-Granvin	Flaumtunnel frå Reimegrend til Granvinfjorden. 11,7 + 1,9 km
3	Tunnel Bjørke-Granvin	Flaumtunnel frå Klyve til Granvinfjorden. 16,8 km
4	Tunnel Vangsvatnet-Fykkesund	Flaumtunnel frå Vangsvatnet til Fykkesund. 16,7 km
5	Tunnel Vangsvatnet-Bolstad	Flaumtunnel frå Vangsvatnet til Bolstadfjorden. 18,4 km
6	Oppdelt flaumtunnel Bulken - Bolstad	Ein øvre flaumtunnel frå Vangsvatnet til Seimsvatn, og ein nedre frå Horveid til Bolstadfjorden. 1,9 + 3,0 km
6B		Same som 6, men øvre flaumtunnel strekker seg helt til Evangervatn. 10 + 3 km.
7	Tunnel Myrkdalsvatn-Arnafjord	Flaumtunnel frå Myrkdalsvatn til Arnafjorden. 20,8 km
8	Utløp Myrkdalsvatn	Innskrenking av utløpet på Myrkdalsvatn for å auka sjølvreguleringa i vatnet
9	Skreiovatn	Regulering av Skreiovatn
10	Oppheimsvatn	Overføring ut, og/eller auka sjølvregulering
11	Utløp Lønnavatn	Innskrenka utløp for å auka sjølvregulering
12	Overføringar oppstraums i Raundalen	Overføring av fire elver oppstraums i Raundalen til nytt kraftverk ved Osa. 17,6 km
13	Overføring Slonadalsvatn	Overføring av Slonadalsvatn til Ulvik kraftverk. 4,4 km
14	Utløp Slonadalsvatn	Innsnevring av utløpet til Slonadalsvatn
15	Flomvollar ved Vossevangen/lokalsikring av bygg	Flaumvoll for å beskytta bygg på Vossevangen. Bygg/kjellarar kan sikrast ved planlagt blokkering av dører og vindauger, samt sluk med sikring for tilbakeslag
16	Masseuttak Evanger	Ta ut masse for å senke vasstand (redusere vasstandsstigning)
17	Erosjonssikring i elv ved Vossevangen	Erosjonssikring grunna høge hastigheiter ved senking av Vangsvatn
18	Senke kanal Lilandsosen	Sprenga ut utløpet, og eventuelt legge inn regulering (luker eller liknande) for å senka vasstanden i Vangsvatn ved flaum.

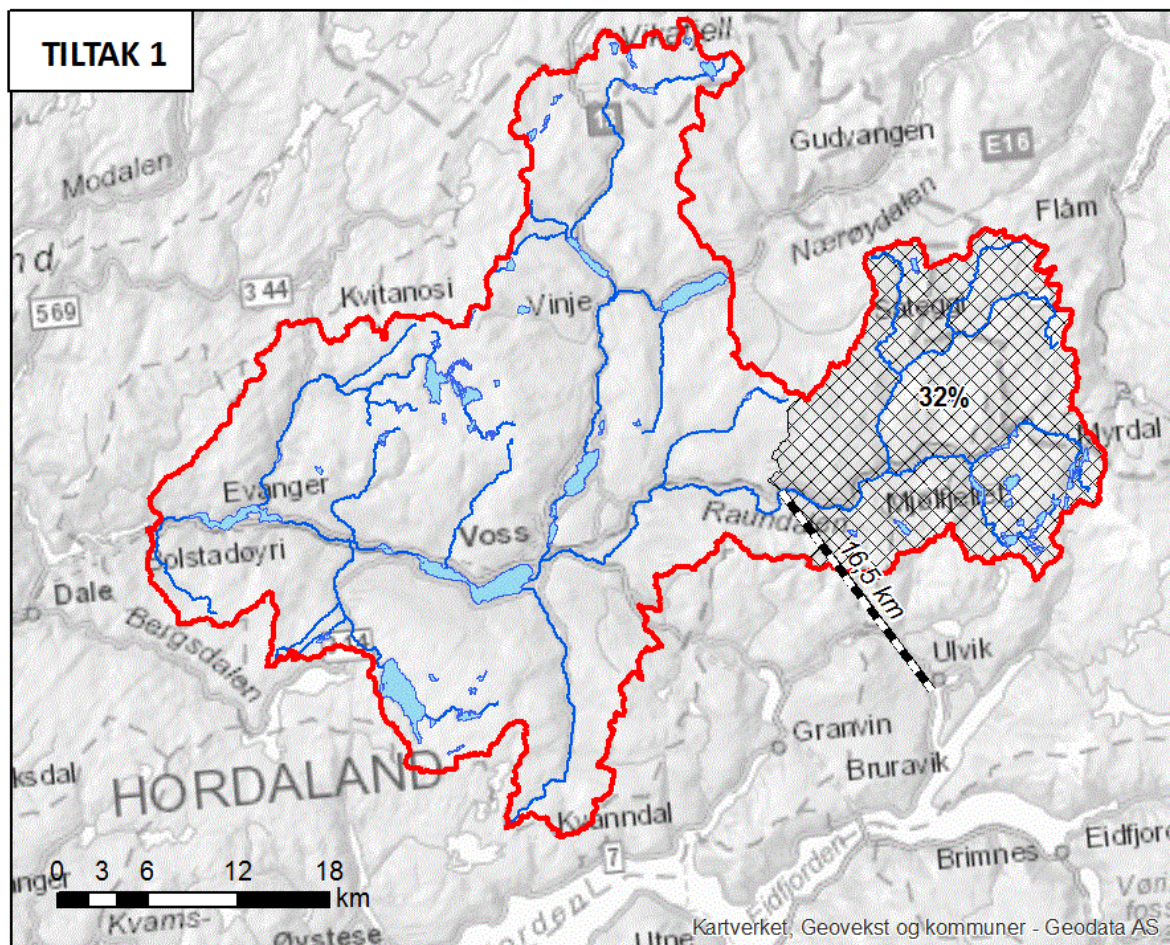
<sup>51</sup> NVE opererer med ein kulminasjonsvasstand på 53,2. Dette er basert på ein hydraulisk modell for stasjonær strøyming på 1100 m<sup>3</sup>/s. I modellen som er brukt her, er det lagt inn eit flaumhydrogram. Grunna hysteresis (ulik vasstand avhengig av om vassføringa aukar eller minkar), blir kulminasjonsvasstanden i Multiconsult sin modell for same vasstand noko lågare.

### **5.2.1 Utbyggingsløysingar og kostnadar**

Mogelege løysingar for utbygging er vurderte ut frå topografiske tilhøve, samt erfaring frå tilsvarende prosjekt. For kvart alternativ er det nytta einingsprisar med bakgrunn i kostnadsgrunnlag frå NVE og andre erfaringstall. Der er anslege at kostnadsoverslaget har ei usikkerheit på om lag 25%.

Konsekvensane for bruksinteresser er vurdert overordna. Det er difor viktig å understreka at konsekvensbiletet kan endre seg ved innhenting av meir kunnskap knytt til og/eller nærare detaljering av kvart enkelt tiltak. For flaumtunnelar der det også kan vera aktuelt med permanent fråføring av vatn frå vassdraget til kraftproduksjon er konsekvensane med og utan kraftverk vurdert særskilt. Konsekvensane ved bygging av anleggsveggar, massedeponi og so bortetter er berre vurdert svært overordna.

### 5.3 Tiltak 1: Flaumtunnel frå Reimegrend til Hardangerfjorden ved Ulvik



#### 5.3.1 Teknisk skisse

Tiltak 1 er ein overføringstunnel frå Raundalen ved Reimegrend (kote 450) med utløp i Hardangerfjorden ved Ulvik (kote 0). Det er sett på to ulike kapasitetar, 200 m<sup>3</sup>/s og 400 m<sup>3</sup>/s, med respektive tverrsnitt på 30 m<sup>2</sup> og 50 m<sup>2</sup>. Ved inntaket er feltet på 346 km<sup>2</sup>, med ei årleg middelvassføring på 23 m<sup>3</sup>/s. Varigheitskurven for Kinne (Figur 4-2) syner at dersom ein til dømes set som strategi å tappe når vassføringa vert 200 m<sup>3</sup>/s, og tappe det overstigande så langt kapasiteten rekk, så vert tunnelen brukt mindre enn éin prosent av tida, og mindre enn éin prosent av årsvassføringa vert overført. Set ein startnivå for tapping til 100 m<sup>3</sup>/s vil det takast vatn frå vassdraget prosent av tida, i snitt sju dagar i året, og overført vassmengd tilsvara ein reduksjon i årsvassføringa på mindre enn 0,5 m<sup>3</sup>/s. I røynda vil ein legge opp til ei tapping som er tilpassa flaumfaren i vassdraget.

Tiltaket omfattar ein inntakskonstruksjon ved Reime. Her vil det vera behov for ein anleggsveg med bru over Raundalselvi. Denne kan leggjast i nærleiken av Reimegrend stasjon, og på ein slik måte at den ikkje fører med seg auka flaumfare ved stasjonen. Vidare må det byggjast ein mellombels fangdam i samband med inntaket, og ein permanent terskel over elva. Terskelen og inntaket er tenkt plassert eit stykke nedstraums Reimegrend stasjon, for å hindre auka flaumfare også her. Det vil krevjast ei forskjæring og ein inntakskonstruksjon med rist og luke.

Vassvegen vil gå i tunnel med tverrslag ved inntaket på Reime og ved Stokkavatn. Her vil det også etablerast forskjæringar. Stordelen av tunnelmassane vil takast ut ved Stokkavatn, og det vil verta etablert anleggsveg og riggområde for masseuttak. Det må også etablerast riggområdet ved inntaket.



Det er berekna 16 500 meter tunnel. I tillegg til dette kjem tverrslaga, som igjen vil forseglast med tverrslagsproppar og tverrslagsportar.

Utløpet av tunnelen i Ulvik skal etablerast med utslag under vatn, for å unngå vidare inngrep/infrastruktur på staden. Endelig plassering av deponi for tunnelmassar er ikkje vurdert.

### 5.3.2 Flomskadereduksjon

Feltet til Reimegrend utgjer 32 prosent av feltet til Vangsvatn, og flaumtoppen på Reimegrend ved Q200+40% er rekna til 650 m<sup>3</sup>/s. Det er ikkje rom for å byggja magasin av betydning i Raundalen, og tunnelen vil difor berre føre ut tilsiget, utan meir demping. Det tyder at kapasiteten til tunnelen må vera stor.

Det er likevel vassvolumet, og ikkje flomtoppen til Vangsvatn som bestemmer kulminasjonsvasstand i innsjøen. Sjølv om ein greier å overføra alt vatnet ved Reime ut av feltet, vil det ikkje redusera vasstanden på Vossevangen nok til å unngå skader. Tiltaket vil likevel gje ein monaleg reduksjon i vasstand, og kan kombinerast med låge flaumvollar på Vossevangen for å få nok flaumskadereduksjon.

Tabell 5-2. Kulminasjonsvassføringar og –vasstander ved Vangsvatn for ulike kapasitetar på tiltak 1. Før tiltaket er kulminasjonsvassføring på 1100 m<sup>3</sup>/s ut av Vangsvatn og på 1850 m<sup>3</sup>/s ut av Evangervatn.

Tunnelkapasitet	Vangsvatn		Evangervatn	
	Vassføring	Vasstand	Vassføring	Vasstand
200 m <sup>3</sup> /s	832 m <sup>3</sup> /s	51.25	1630 m <sup>3</sup> /s	13.73
250 m <sup>3</sup> /s	785 m <sup>3</sup> /s	50.93		
300 m <sup>3</sup> /s	745 m <sup>3</sup> /s	50.65		
350 m <sup>3</sup> /s	722 m <sup>3</sup> /s	50.49		
400 m <sup>3</sup> /s	702 m <sup>3</sup> /s	50.35	1560 m <sup>3</sup> /s	13.56
450 m <sup>3</sup> /s	686 m <sup>3</sup> /s	50.23		
500 m <sup>3</sup> /s	674 m <sup>3</sup> /s	50.14		
550 m <sup>3</sup> /s	664 m <sup>3</sup> /s	50.07		
600 m <sup>3</sup> /s	657 m <sup>3</sup> /s	50.02		

### 5.3.3 Konsekvensar for biologisk mangfald

#### Naturvernområde

Rekvesøyane naturreservat kan verte negativt påverka av lågare normalvasstand i Vangsvatnet.

#### Naturtypar

Fråføring av flaum frå Raundalselvi vil kunne påverka fleire naturtypar langs vassdraget negativt. Normalvasstand i Vangsvatnet vil verta marginalt lågare.

Tabell 5-3. Kort oversikt over mogelege konsekvensar for naturtypar langs Vossavassdraget ved bygging av flaumtunnel Reime-Ulvik.

Lokalitetsnamn	Naturtype	Verdi	Verking
Raundalselvi	Bekkekløft og bergvegg	C	Liten eller ingen konsekvens
Bømoen	Gråor-heggeskog	C	Flaumbetinga naturtypelokalitet. Kan verta negativt rørt.
Gjernes-Grandane	Deltaområde	A	Kan verte påverka ved lågare vasstand i Vangsvatnet, fordi meir tørketolerante artar erstattar typiske våtmarksartar.
Seimsvatnet	Deltaområde	A	Liten eller ingen påverknad
Torfinnsøyro	Deltaområde	B	Liten eller ingen påverknad
Leira, Bolstad	Deltaområde	B	Liten eller ingen påverknad
Bolstadøyri	Brakkvassdelta	C	Liten eller ingen påverknad

### Vilt

Ivaretaking av ein variert vassdragsnatur er ein viktig føresetnad for å ta vare på naturtypar og artar som held til i og ved vassdraget. Urørde vassdragsområde, truga naturtypar og område med sårbare og sjeldne viltartar er av særleg stor verdi. Spesielt er det viktig å ta vare på elvelandskapet som ferdsle- og matsøkingsområde. Vassførings- og isforhold er difor viktig, saman med kantvegetasjonen langs vassdrag, som både er artsrik og sårbar for ulike typar inngrep. Ei overføring av ekstreme flaumar vil ha mindre verknad for viltet enn ei permanent overføring for kraftproduksjon.

### Anadrom fisk

Flaumtunnel utan kraftverk vil berre medføra redusert flaumvassføring i elvestrekninga nedstrøms vassinntaket. Flaumar i vassdrag er viktige for å vaska botnsubstratet (gyteplassane for laks og aure, samt livsrommet til akvatisk botnfauna) meir eller mindre reint for finpartikulære sediment som elles tettar att hulromma i grusen. Denne prosessen er viktig for å oppretthalda elva sin produktivitet over tid. Regulerte vassdrag med permanent bortfall av flaumtoppar får i mange tilfelle redusert potensial for fiskeproduksjon som fylgje av at hulromma gradvis vert tetta att.

Desse skadane kan reduserast monaleg dersom det årleg vert sleppt vassføringar heilt opp mot skadenivå forbi flaumtunnelane. Dette må omsyntakast i planlegging av ny infrastruktur, for å unngå etablering av infrastruktur i den flaumsonen som per i dag er akseptabel med omsyn til skadar.

Vidare bør ikkje flaumtunnelar som munnar ut i fjordsystemet på andre stader enn Bolstadøyri fungera som nedstrøms vassvegar for nedvandrande laks og aure. Det er uvisst korleis ei slik dislokering av fisk ned til fjordsystemet vil verka inn på evna til tilbakevandring til rett vassdrag. For å hindra at flaumtunnelane vert nedvandningsvegar bør det installerast varegrinder med lysåpning på maksimalt 1,5 – 2 centimeter lysåpning mellom elementa. I tillegg bør innfallande vasstraum komma skrått inn mot denne varegrinda, for å redusera omfanget av småfisk som vert trekt inn i vassinntaket. Vidare bør sjølvve inntaket vera neddykka minst to til tre meter i forhold til overvassnivået ved vassinntaket.

Nytt utslepp av ferskvatn i tronge fjordsystem vil påverka livsmiljøet for ei rekkje fjordlevande artar, planter så vel som dyr. Eventuelle endringar i sjiktningar både med omsyn til

ferskvatn/brakkvatn/saltvatn, temperatur, og dei økologiske ringverknadene på fjorden sitt økosystem bør utgreiast nærmare.

### **5.3.4 Konsekvensar for landskapsbiletet**

Alternativ 1 til 6 omhandlar tunnelloesningar som på ulike vis fører vatten bort frå eller forbi dei kritiske flaumstrekka. For tunnelane vil dei synlege punkta i utgangspunktet vera påhogga ved inntak og utløp. I tillegg kjem vegar fram mot påhogga. Sidan alle påhogg ligg relativt nær eksisterande vegnett vil desse inngrepa verta relativt små. Det er viktig at vegen vert gjeve ei best mogeleg lineføring, med vertikal- og horisontalgeometri som ivareteke naudsynte tekniske krav og elles er tilpassa terrenget best mogeleg. I anleggsperioden vil større areal verta nytta til rigg og drift. For å hindra eller avgrensa at mellombels arealbruk gjev permanente inngrep må desse områda leggjast der terrenget har rom for dette utan irreversible inngrep. Dersom både inntak og utløp er dykka, vegane får avgrensa omfang, og andre inngrep vert av mellombelst art, vil inngrepa knytt til tunnelane verta ubetydelege for landskapsbiletet på sikt.

Tunnelloesingane vil generera store overskotsmassar, truleg opp mot 2.000.000 m<sup>3</sup>. Det er føresett at massane skal nyttast i samband med planlagde prosjekt i regionen, og deponering er difor ikkje vurdert.

I den grad tunnelen berre skal nyttast til å ta flaumtoppar vil det i dei periodane den vert nytta framleis vere rikeleg med vatn i elvestrengane. I den grad flaumtoppane ville ført til skade på landskapsbiletet som fylgje av erosjon, tap av randvegetasjon og annan skade på element i landskapsbiletet må tiltaka seiast å ha positiv verknad på landskapsbiletet.

### **5.3.5 Konsekvensar for samfunn og andre miljøtema**

#### **Kulturminner**

Tiltaket er ikkje i konflikt med kjente kulturminner.

#### **Friluftsliv**

Tunnelinnløp og redusert vassføring påverkar det svært viktige friluftsområdet Raundalselvi. Ved bygging av ein rein flaumtunnel utan permanent utføring av vatn frå vassdraget for kraftproduksjon er konsekvensane venta å vera små. Konsekvensane av permanent fråføring av vatn frå vassdraget er omhandla særskilt under.

For rafting og padling vil også fysiske konstruksjonar i elveløpet by på fare og/eller problem ved passering, særleg dersom desse vert etablert på strekk der det er vanskeleg å komma til land. I desse tilfella kan tidlegare raftbare/padlebare strekk verta ubrukelege, sjølv om vassføringa er tilstrekkeleg.

#### **Jordbruk**

Tiltaket medfører ikkje direkte inngrep i jordbruksareal. Flaumtiltak vil i midlertid også være positivt for å førebyggja flaumskader på jordbruksland langs vassdraget.

#### **Vassforsyning**

Ingen verknad.

### **5.3.6 Kostnadsoverslag**

Kostnadene for tiltak 1 med ein overføringstunnel frå Reime til Ulvik med kapasitet på 200 m<sup>3</sup>/s er rekna til 570 millionar kroner. Sjå vedlegg (D) for nærare omtale av kostnadane. For ein tunnel med kapasitet på 400 m<sup>3</sup>/s er kostnadane rekna til 745 millionar kroner.

### 5.3.7 Avgrensingar for gjennomføring

Tiltaket krev konsesjon etter Vannressursloven.

### 5.3.8 Kraftverk

Det er eit betydeleg fall frå Reimegrend og til fjorden, noko som vil gjera det mogeleg å byggja eit kraftverk på tunnelen for å finansiera tiltaket. Dette krev permanent uttak av vatn frå Raundalen, og krev unntak frå Verneplan for Vassdrag.

Produksjonen til eit eventuelt kraftverk avhenga av kva for krav som vert stilt til slepp av vatn forbi kraftverket. Med ein slukeevne på 15-35 m<sup>3</sup>/s (middelvassføring er rekna til 23 m<sup>3</sup>/s), vil effekten vera 60-130 MW, og produksjon kan vere i storleik 250-450 GWh/år.

Sidan kraftverk i tunnelen vil ha lengre driftstid og overføre meir vatn, vil det føre med seg fleire konsekvensar som vert vurdert her.

### Konsekvensar for biologisk mangfald

#### Naturvernområde

Overføring av så store vassmengder at det påverkar gjennomsnittleg vasstand i Vangsvatnet merkbar kan være negativt for Rekvesøyane naturreservat.

#### Naturtypar

Fråføring av vatn frå Raundalselvi vil kunne påverka fleire naturtypar langs vassdraget negativt. Verkinga vil truleg avta nedstraums Vangsvatnet. Tiltaket vil også kunne få konsekvensar for det marine naturmangfoldet lokalt ved utsleppsstaden i fjorden ved Ulvik.

Tabell 5-4. Kort oversikt over mogelege konsekvensar for naturtypar langs Vossavassdraget ved bygging av flaumtunnel med kraftverk Reime-Ulvik.

Lokalitetsnamn	Naturtype	Verdi	Verking
Raundalselvi	Bekkekløft og bergvegg	C	Redusert luftfuktighet kan påverka artssammensetninga.
Bømoen	Gråor-heggeskog	C	Flaumbetinga naturtypelokalitet. Vil verta negativt påverka både av overføring av dei største flaumtoppene, og varig redusert vassføring i samband med kraftproduksjon.
Gjernes-Grandane	Deltaområde	A	Kan verta påverka ved lågare vasstand i Vangsvatnet, fordi meir tørketolerante artar erstattar typiske våtmarksartar.
Seimsvatnet	Deltaområde	A	Naturtypen er betinga av vassføringa både i Bergselva og Vosso, og kan slik verta berørt av en lågare vassføring i Vossavassdraget som fylgje av fråføring til kraftproduksjon.
Torfinns-øyro	Deltaområde	B	Naturtype der aktive prosessar primært er styrt av vassføringa i Vossavassdraget, og som dermed kan verta negativt berørt av redusert vassføring ved fråføring til kraftproduksjon.
Leira, Bolstad	Deltaområde	B	Lokaliteten ligg langt nede i vassdraget, og fylgjer ikkje heilt svingingane i hovudvassdraget. Usikkert om redusert vassføring som fylgje av kraftproduksjon vil gje negative konsekvensar.
Bolstadøyri	Brakkvassdelta	C	Dersom ei permanent fråføring frå Vossavassdraget til kraftproduksjon påverkar saltinnhaldet i området, kan dette påverka vegetasjonssammensetninga

#### Vilt

Konsekvensane for viltbestandane vil avhenge av størrelsen på influensområdet og difor med kva for tiltak som blir iverksett. Dei negative konsekvensane vil generelt sett auke jo meir av vassdraget som blir berørt. Kunnskapsgrunnlaget for viltområda og dei enkelte artanes bruk og avhengigheit til vassdraget er ikkje tilstrekkeleg, men omfanget av våtmarksområda og vassdragsavhengige viltartar tilseier eit potensial for skadeomfang. Det anbefalast difor nærare viltfaglege vurderingar av skadelege effektar når aktuelle tiltak er prosjektert. Det er i første rekkje viltartar som hentar næring frå vassdraget som kan verte mest skadelidande som følgje av redusert vassføring og endra isforhold. Desse artene bør difor spesifiserast og kartleggast nærare. Andre artar som nyttar vassdraget som trekkvei, eller som kryssar elva ved vandringer mellom habitatane, vil bli mindre berørt av flomtiltak.

#### Anadrom fisk

Permanent bortføring av vatn frå vassdraget vil ha vesentleg større konsekvensar for laks og aure, som fylgje av i) redusert vassføring i Vossavassdraget nedstrøms tunnelinntaket i andre periodar enn flaumperiodane, ii) passasje gjennom turbinar, iii) gassovermetning, iv) auka periode med ferskvasstilførsel til fjordsystemet og v) større problem med sperregitter i utløpstunnelen.

Eit viktig avbøtande tiltak vil være å etablere eit minstevassføringsregime som sikrar både vandringsmogelegheiter og habitatkvaliteten til dei anadrome artene, samt elvelevande aure. Vidare bør det utgreiast om redusert sommarvassføring vil påverka sportsfiskarane sine tilhøve og preferansar i framtida. Normalt vil redusert vassføring forringa elva sine kvalitetar som sportsfiskeelv.

#### Konsekvensar av utløp i eit anna fjordsystem

Nytt utslepp av ferskvatn i fjordsystem i den størrelsesorden som det her er tale om i tronge fjordsystem vil påverka livsmiljøet for ei rekkje fjordlevande artar, planter så vel som dyr. Konsekvensane av dette er vanskelege å forutseie, og det bør difor gjerast omfattande hydrologiske modelleringar som kan samanhaldast med ei kartlegging av eksisterande fauna og flora. Eventuelle endringar i sjiktningar både med omsyn til ferskvatn/brakkvatn/saltvatn, temperatur, og dei økologiske ringverknadene på fjorden sitt økosystem bør utgreiast nærmare.

#### ***Konsekvensar for landskapsbiletet***

Dersom tunnelene skal nyttast til kraftproduksjon vil dette føre til:

- Større inngrep ved inntak, som følgje av en meir kompleks inntakskonstruksjon, gjerne med ein mindre dam og åtkomst for rensking av varegrind. Verknad på landskapsbiletet vil avhenga av området sin karakter, utforming og eksponering.
- Større inngrep ved utløp som fylgje av tilgang til kraftstasjon, kraftstasjon i dagen eller større påhogg i dagen dersom stasjon vert lagt i fjell. Effekten på landskapsbiletet vil avhenga av området sin karakter, utforming og eksponering.
- Sterkt redusert vassføring i aktuelle vasstrengar.

Landskapsbiletet vil i regelen verta negativt påverka av større inngrep. Generelt vert vasstrengar opplevd som positive element i landskapsbiletet, og sterkt redusert vassføring medfører difor tap av inntryksstyrke. Dette vert opplevd som ei forringing av landskapsbiletet. Forringinga vil verta større jo meir eksponert elva er, og dess større verdi landskapet er vurdert å ha.

#### ***Konsekvensar for samfunn og andre miljøtema***

##### Friluftsliv

Tunnelinnløp og redusert vassføring berører det svært viktige friluftsområdet Raundalselvi. Alle padlestrekka frå Reime stasjon og ned, herunder også det mest padla strekket i elva (Reime stasjon til



Urdland), Urdland-Meringen og strekk som er eigna for alle nivå vert berørte. Grovt sett vil vassføringar under 200 m<sup>3</sup>/s målt ved NVE sin målestasjon på Kinne vera negative for bruken av éin eller fleire av padlestrekka. Det er viktig å peika på at Raundalselva, i tillegg til å ha stor verdi for friluftslivet i sin eigen rett, også er mogeleg å padla på tider av året då andre elver normalt har for låg vassføring. Dette tyder at reduserte eller øydelagde padlemogelegheiter i elva i tørre periodar får større konsekvensar enn om elva var ei av fleire med brukbar vassføring i desse periodane.

Heile strekket som er aktuelt for rafting i Vossavassdraget vert også berørt. Rafting i Raundalselvi skjer som omtalt over ved vassføringar opp til rundt 50 m<sup>3</sup>/s målt ved Kinne. For rafting er det elles truleg ikkje ei oppside knytt til reduksjon av store skadeflaumar, då vassføringa i Raundalselvi likevel ikkje er venta å komma ned på raftbart nivå. Ved normalt høge vassføringar utanfor flaumperiodar har ein dessutan allereie tilgang på Strandaelva.

Permanent redusert vassføring vil kunne vera svært negativt for raftinga. Vassføring under minimumsnivå for rafting (jamfør tabell 3-9) vil naturleg nok øydeleggje for slik bruk av elvene. Utan tilstrekkeleg vassføring i Raundalselvi i tørrperiodar (normalt juli til august) vil rafting normalt ikkje kunne gjennomførast i desse periodane. Men også vassføring ned mot eit meir eller mindre konstant minimums- eller maksimumsnivå for rafting, for eksempel i form av minstevassføring innanfor det ideelle vassføringsintervallet for rafting, vil redusera breidda og attraktiviteten av produktet som vert tilbydd. Dette kan igjen bety at elva vert mindre interessant for grupper av raftarar. For raftingen i Vosso er det ideelt med vassføringar i størrelsesordenen 40-200 m<sup>3</sup>/s eller høgare (målt ved Kinne).

For rafting og padling vil også fysiske konstruksjonar i elveløpet by på fare og/eller problem ved passering, særleg dersom desse vert etablert på strekk der det er vanskeleg å komma til land. I desse tilfella kan tidlegare raftbare/padlebare strekk bli ubrukelege, sjølv om vassføringa er tilstrekkeleg.

Inntrykket av vassdraget som friluftsområde for padlarar og andre som ferdast langs vassdraget vil bli vesentleg redusert ved tiltak ut over å overføra dei største flaumtoppene. Fleire avsnitt av elva er elles synlege frå Bergensbana.

#### Jordbruk

Redusert vassføring i Raundalselvi i samband med permanent overføring til kraftproduksjon kan tenkast å føra med seg senking av grunnvasstanden nokre få stader langs nedre del av Raundalselvi, som igjen potensielt ha negative verknader for dyrka mark.

Flaumtiltak vil imidlertid også kunne førebyggja flaumskader på jordbruksland langs vassdraget.

#### Vassforsyning

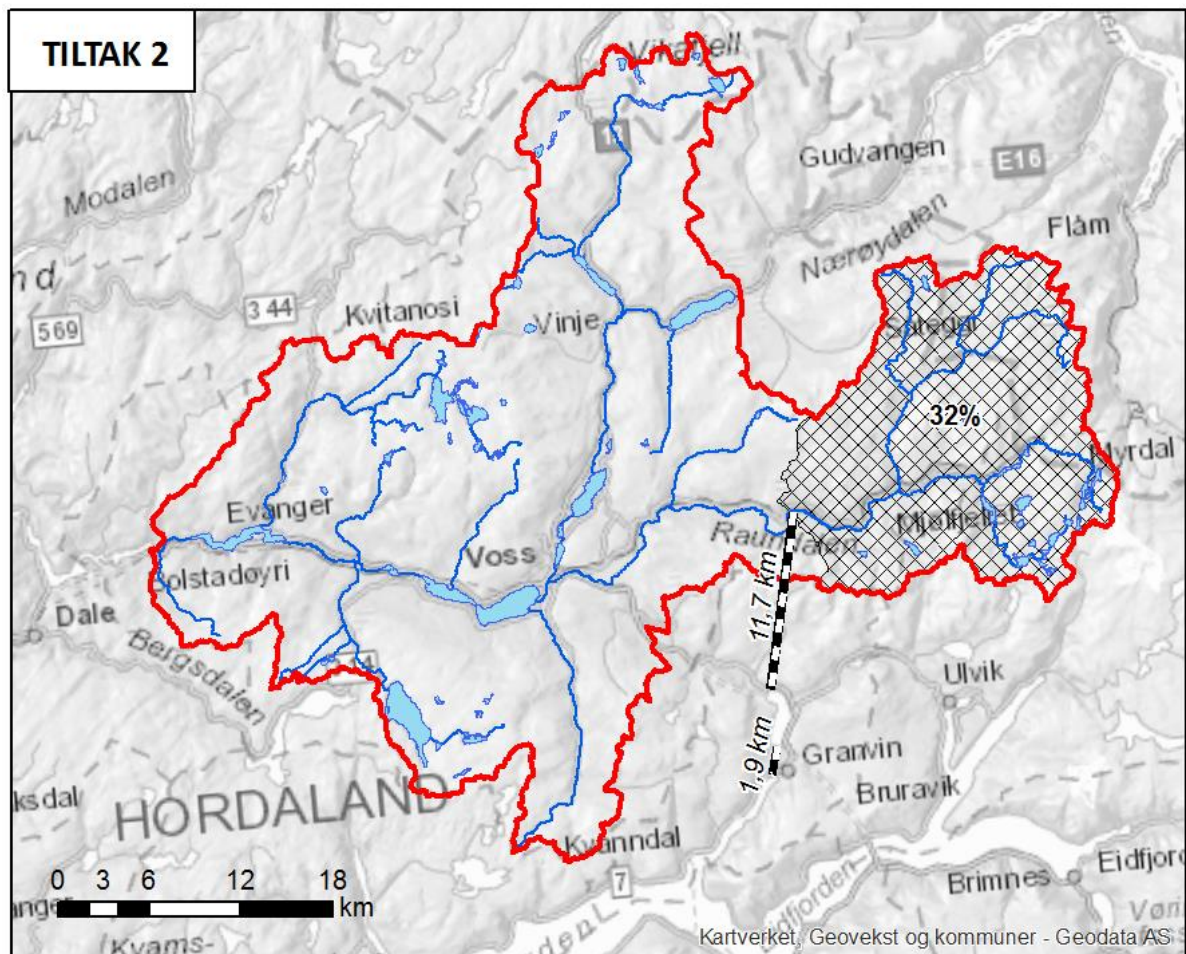
Lausmassebrønner, herunder for kommunal vassforsyning, ligg i nærleiken av Raundalselvi, på Vossevangen og i området rundt Bømoen. Redusert vassføring i elva som fylgje av permanent overføring til kraftproduksjon kan tenkast å påverke infiltrasjonen til grunnvassmagasina negativt, noko som bør utgreiast nærare.

### **5.3.9 Avgrensingar for gjennomføring**

Dersom det skal byggas kraftverk, må Stortinget fyrst opna for konsesjonshandsaming, ettersom strekningen inngår i Verneplan for vassdrag.

Det lokale vegnett ved Reimegrend vil trenge oppgradering dersom disse nyttast til masetransport. Alternativt kan ein nytte jernbanen frå Reimegrend stasjon. Det ikkje vurdert endeleg plassering av massane frå driving av tunnelen.

## 5.4 Tiltak 2: Flaumtunnel frå Reimegrend til Granvinfjorden



### 5.4.1 Teknisk skisse

Tiltak 2 omfattar, som tiltak 1, ein flaumtunnel frå Reimegrend (kote 450), men her er utløpet lagt til Granvinfjorden (kote 0). Vassvegen er delt i to tunnelar, og vil delvis gå gjennom Granvinvatnet (kote 24,1). Tiltaket er utgreidd med kapasitet på 200 m<sup>3</sup>/s og 400 m<sup>3</sup>/s, med respektive tverrsnitt på 30 m<sup>2</sup> og 50 m<sup>2</sup>. Sjå tiltak 1 om overførte vassmengder.

Inntakskonstruksjonen, med fangdam, terskel og tverrslag ved Reime, og anleggsveg med bru, vil vera identisk med tiltak 1.

Tunnelen for dette tiltaket vil delast opp i to lengder på 11 750 m og 1 910 meter. Tverrslag kjem i tillegg. Den fyrste tunnelen er tenkt under riksveg 13, med utslag i Granvinvatnet. Ved Seim ver det lagt eit tverrslag. Her vil det leggast rigg, og området må klargjerast for masseuttak.

Frå Granvinvatnet vert det lagt ein tunnel til Granvinfjorden. Inntaket til denne tunnelen er tenkt lagt under Åslingavegen. Vidare er det føreslått eit tverrslag frå Haukadalen mot inntaket. Ved tverrslaget ligg der ein kraftstasjon, og det er behov for riggområder her. Inntakskonstruksjonen vil omfatta varegrind og skalluke. For å byggja inntakskonstruksjonen kan det etablerast ein fangdam i Granvinvatn. Vidare vert tunnelen drive til utløp med utslag under vatn i Granvinfjorden.

### 5.4.2 Skadereduksjon

Tiltak 2 har same potensiale for reduksjon av flaumskader på Vossevangen som tiltak 1. Tiltak 2 har i tillegg potensiale for å redusera flaum i Granvin, då tunnelen mellom Granvinvatn og fjorden kan dimensjonerast for å ta ei høgare vassføring enn det som kjem frå Raundalen.

På den andre sida kan det vera uheldig å føra flaumvatn inn i Granvinvatn, då det er svært ustabile massar langs innsjøen. Konsekvensane av dette må vurderast vidare.

#### **5.4.3 Konsekvensar for biologisk mangfald**

##### Naturtypar

Tiltaket vil få same verknader for naturtypar langs Vossavassdraget som tiltak 1.

##### Naturvernområder

Flaumtunnelen til Granvinvatnet har dykka utløp. Tiltaket bør difor ikkje komma i konflikt med Joberget naturreservat, som ligg i lisida nord for vatnet.

Tunnelutløpet kjem om lag 200 meter nord for grensa til Granvindeltaet naturreservat. Det er uklart om endra straum- og temperaturtilhøve kan påverka utforminga av deltaet og verneverdiane her.

##### Vassdragstilknytt vilt

Tiltaket vil få same verknader som tiltak 1.

##### Anadrom fisk

Tiltaket vil få same verknader som tiltak 1.

#### **5.4.4 Konsekvensar for landskapsbiletet**

Tiltaket vil få same verknader som tiltak 1.

#### **5.4.5 Konsekvensar for samfunn og andre miljøtema**

##### Kulturminner

Tiltaket er ikkje i konflikt med kjente kulturminne.

##### Friluftsliv

Tiltaket vil få same verknader i Vossavassdraget som tiltak 1.

Granvinvatnet-Granvinselva er eit regionalt viktig friluftsområde, medan Granvinfjorden er registrert friluftsområde. Konsekvensane for desse områda er ikkje vurdert.

For laksefisket vil konsekvensane vera tilsvarande som for tiltak 1.

##### Jordbruk

Tiltaket vil få same verknader som tiltak 1, men kan i tillegg opne for å førebyggje flaumskadar på jordbruksland rundt Granvinvatnet.

##### Vassforsyning

Tiltaket vil få same verknader som tiltak 1.

#### **5.4.6 Kostnadsoverslag**

Kostnadane for tiltak 2 med ein kapasitet på 200 m<sup>3</sup>/s er rekna til 500 millionar kroner. Sjå vedlegg (D) for nærare omtale av kostnadane. For ein tunnel med kapasitet på 400 m<sup>3</sup>/s er kostnadane estimert til 610 millionar kroner.

#### **5.4.7 Avgrensingar for gjennomføring**

Tiltaket krev konsesjon etter Vassressurslova.

#### **5.4.8 Kraftverk**

Det er eit monaleg fall frå Reimegrend og til Granvinvatn, og det vil vera mogeleg å byggja eit kraftverk på tunnelen for å finansiera tiltaket. For at dette skal være lønnsamt, vil det krevje permanent uttak av vatn til kraftproduksjon frå Raundalen.

Produksjonen til eit eventuelt kraftverk vil vera avhengig av kva for krav som vert stilt til slepp av vatn forbi kraftverksinntaket. Med ei slukeevne på 15-35 m<sup>3</sup>/s (middelvassføring er rekna til 23 m<sup>3</sup>/s), vil effekten liggja mellom 60 og 130 MW, og produksjon kan vere i storleiken 250 til 420 GWh/år.

#### **Konsekvensar for biologisk mangfald**

##### Naturtypar

Tiltaket vil få same verknader for naturtypar langs Vossavassdraget som tiltak 1. I tillegg vil endringar i ferskvasstilførsel til Granvinfjorden vil kunne påverka det marine naturmangfoldet lokalt.

##### Naturvernområder

Tiltaket vil få same verknader for naturvernområder langs Vossavassdraget som tiltak 1. Tunnelutløpet kjem om lag 200 meter nord for grensa til Granvindeltaet naturreservat. Det må utgreiast nærmare om endra straum- og temperaturtilhøve kan påverka utforminga av deltaet og verneverdiane her.

##### Vassdragstilknytt vilt

Tiltaket vil få same verknader som tiltak 1.

##### Anadrom fisk

Tiltaket vil få same verknader som tiltak 1.

#### **Konsekvensar for landskapsbiletet**

Tiltaket vil få same verknader som tiltak 1.

#### **Konsekvensar for samfunn og andre miljøtema**

##### Kulturminner

Tiltaket er ikkje i konflikt med kjente synlege kulturminne.

##### Friluftsliv

Tiltaket vil få same verknader i Vossavassdraget som tiltak 1.

Granvinvatnet-Granvinselva er eit regionalt viktig friluftsområde, medan Granvinfjorden er registrert friluftsområde. Konsekvensane for dessa område er ikkje utgreia.

For laksefisket vil konsekvensane vera tilsvarande som for tiltak 1.

##### Jordbruk

Tiltaket vil få same verknader som tiltak 1, men kan i tillegg opne for å førebyggje flaumskadar på jordbruksland rundt Granvinsvatnet.

##### Vassforsyning

Tiltaket vil få same verknader som tiltak 1.

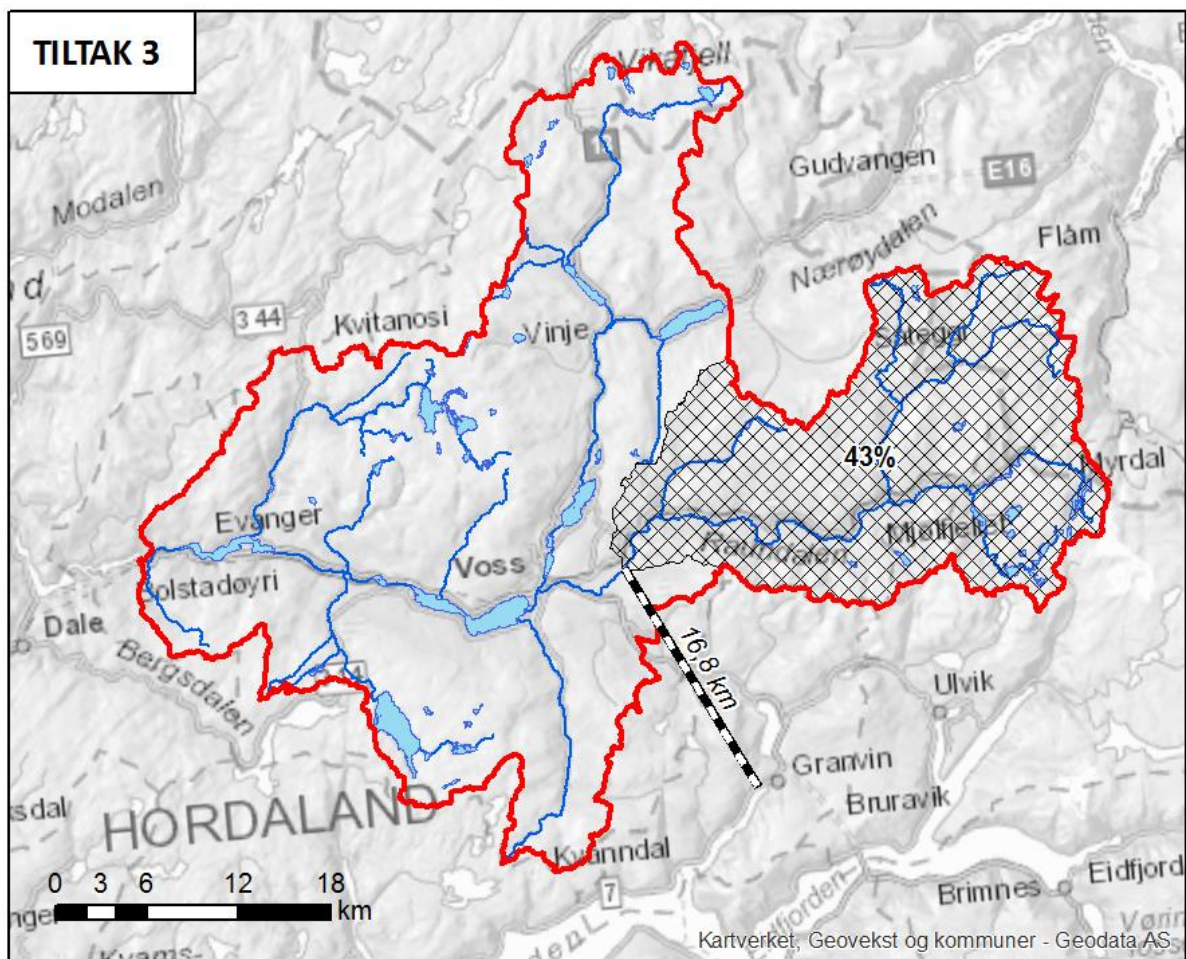
***Avgrensingar for gjennomføring***

Tiltaket krev konsesjon etter Vassressurslova. Dersom det skal byggjast kraftverk, må Stortinget fyrst opna for konsesjonshandsaming, ettersom påverka strekning av Vossavassdraget og Granvinsvassdraget inngår i Verneplan for vassdrag.

Det lokale vegnettet ved Reimegrend vil trenge oppgradering dersom disse nyttast til massetransport. Alternativt kan ein nytte jernbanen frå Reimegrend stasjon. Det ikkje vurdert endeleg plassering av massane frå driving av tunnelen.



## 5.5 Tiltak 3: Flaumtunnel frå Klyve til Granvinfjorden



### 5.5.1 Teknisk skisse

Tiltak 3 er ein flaumtunnel frå Klyve (kote 100) til Granvinfjorden (kote 0). Også dette tiltaket er dimensjonert for 200 m<sup>3</sup>/s og 400 m<sup>3</sup>/s, med tverrsnitt på høvesvis 60 m<sup>2</sup> og 100 m<sup>2</sup>.

Tilkomsten til inntaksområdet er tenkt ført frå skytebanen ved Bjørkmoen. Ved inntaket skal det lagast ein fangdam. Vidare vert det etablert ei forskjæring for inntaket ved Bjørke, samt inntakskonstruksjon med luke og rist for å regulera vassføringa inn i tunnelen. Ved inntaket er feltet på 346 km<sup>2</sup>, med ei årleg middelvassføring på 28 m<sup>3</sup>/s. Varigheitskurva for Kinne (Figur 4-2) syner at dersom ein set som tappestrategi å tappe når vassføringa vert 100 m<sup>3</sup>/s så vil det takast vatn frå vassdraget prosent av tida, i snitt 14 dagar i året, og overført vassmengd tilsvarar ein reduksjon i årsvassføringa rundt 1.4 m<sup>3</sup>/s. I røynda vil ein legge opp til ei tapping som er tilpassa flaumfaren i vassdraget

Den 16 775 meter lange tunnelen skal byggjast med tverrslag frå Svelgabruui. Tverrslaget må forseglast med tverrslagspropp og ein tverrslagsport i endane. Tunnelen er planlagt drive frå inntak, frå tverrslag og frå utløpssida. Riggområda vil venteleg leggjast ved skytebanen, tverrslaget, Svelgabruui og utløpet.

Utløpet er tenkt lagt nær Granvin. Her kan ein etablere tilkomst frå Granvin stasjon.

### 5.5.2 Skadereduksjon

Feltet ved Bjørke er på 43 prosent av feltet til Vangsvatn, og flaumtoppen på Reimegrend ved Q200+40% er rekna til 880 m<sup>3</sup>/s. Fordi det ikkje er rom for å byggja magasin av nokon størrelse i Raundalen, vil tunnelen berre føra ut tilsiget, utan meir demping. Det tyder at kapasiteten til tunnelen må vera stor.

For å redusera kulminasjonsvasstanden til under kote 49,85, er det naudsynt med ein kapasitet på 450 m<sup>3</sup>/s. Lågare kapasitet gjev også monaleg reduksjon i vasstand, og kan kombinerast med andre tiltak for å unngå skader.

Tabell 5-5. Kulminasjonsvassføring og –vasstand i Vangsvatn ved ulike kapasitetar på tiltak 3

Tunnelkapasitet	Vangsvatn		Evangervatn	
	Vassføring	Vasstand	Vassføring	Vasstand
200 m <sup>3</sup> /s	832 m <sup>3</sup> /s	51.25	1620 m <sup>3</sup> /s	13.72
250 m <sup>3</sup> /s	782 m <sup>3</sup> /s	50.91		
300 m <sup>3</sup> /s	736 m <sup>3</sup> /s	50.59		
350 m <sup>3</sup> /s	691 m <sup>3</sup> /s	50.27		
400 m <sup>3</sup> /s	652 m <sup>3</sup> /s	49.98	1470 m <sup>3</sup> /s	13.36
450 m <sup>3</sup> /s	627 m <sup>3</sup> /s	49.80		

### 5.5.3 Konsekvensar for biologisk mangfald

#### Naturtypar

Tiltaket gjev direkte inngrep i naturtypelokaliteten Raundalselvi (bekkeløft og bergvegg), i form av innløpet til flaumtunnelen. Avhengig av kvar tunnelinnløpet treff, kan dette vera negativt for lokaliteten, som ligg frå brua til Bjørke og 500 m oppover.

Tiltak 3 vil påverke dei same naturtypene i Vossavassdraget som tiltak 1 og 2.

#### Anadrom fisk

Konsekvensar for anadrom fisk vil vera som for tiltak 1 og 2.

#### Vassdragstilknytta vilt

Tiltaket vil få same verknader som tiltak 1, men ein mindre del av Raundalselvi vert påverka.

### 5.5.4 Konsekvensar for landskapsbilde

Tiltaket vil få same verknader som tiltak 1.

### 5.5.5 Konsekvensar for samfunn og andre miljøtema

#### Kulturminne

Tiltaket er ikkje i direkte konflikt med synlige kulturminner.

#### Friluftsliv

Tiltaket ligg nedstraums frå den delen av Raundalselvi som er kartlagt som svært viktig friluftsområde, sjølv om også denne delen av vassdraget er svært viktig for padling. Reduksjonen i vassføring påverkar kortare strekk av dei mest aktuelle områda for kajakkpadling enn tiltakene omtalt over, men overføringa omfattar samtidig ein større del av nedbørfeltet. Inntaket kan komma nedstraums strekket som vert brukt i samband med «vanleg» rafting. Utan permanent uttak av vatn frå vassdraget i samband med kraftproduksjon vil konsekvensane av ein rein flaumtunnel truleg vera små.

For laksefisket vil konsekvensane vera av same type som for tiltak 1 og 2.

#### Jordbruk

Som for tiltak 1.

### **Vassforsyning**

Som for tiltak 1.

#### **5.5.6 Kostnadsoverslag**

Kostnadane for tiltak 3 med ein kapasitet på 200 m<sup>3</sup>/s er rekna til 720 millionar kroner. Sjå vedlegg (D) for en nærmare beskriving av kostnadene. For ein kapasitet på 400 m<sup>3</sup>/s er tiltaket kostnadsrekna til 1 060 millionar kroner.

#### **5.5.7 Avgrensingar for gjennomføring**

Tiltaket krev konsesjon etter Vassressurslova.

#### **5.5.8 Kraftverk**

Tiltaket er foreslått av BKK. I BKK si løysning inngår også eit elvekraftverk i Raundalen med inntak ved Reime og utløp ved Bjørke. I motsetning til kraftverk som er kobla direkte på flaumtunnelen, og fører vatn permanent ut av vassdraget, slipper elvekraftverk vatnet tilbake i elva igjen. Eit slikt kraftverk vil altså ha mindre negative konsekvensar nedstrøms i vassdraget, enn eit kraftverk med permanent fraføring. Elvekraftverket vil gje auka skatteinngang for Voss kommune og staten, men bidreg ikkje til flaumdemping, og er difor ikkje omtala i detalj her.

Det er også mogeleg å byggja eit kraftverk (med permanent uttak av vatn) direkte på flaumtunnelen. Gitt fallet vil ikkje produksjonen kunne verta stor nok til å dekkja heile kostnaden av tunnelen, men kan likevel gje eit godt bidrag.

Produksjonen til eit eventuelt kraftverk på flaumtunnelen, vil avhenga av kva for krav som vert stilt til slepp av vatn forbi kraftverksinntaket. Med ei slukeevne på 20-40 m<sup>3</sup>/s (middelvassføring er rekna til 28 m<sup>3</sup>/s), vil effekten liggja mellom 17 og 34 MW, med ein årsproduksjon rundt 80 til 120 GWh.

Konsekvensar ut over dei som gjeld for rein flaumtunnel er nemnt nedanfor.

### **Konsekvensar for biologisk mangfald**

#### Naturtypar

Tiltak 3 med permanent utføring av vatn vil påverke dei same naturtypene i Vossavassdraget som tiltak 1 og 2 med permanent utføring, men verknaden vil kunne vera større negativ som fylgje av at ein større del av nedbørfeltet vert overført.

Endringar i ferskvasstilførsel til Granvinfjorden vil kunne påverka det marine naturmangfoldet lokalt.

#### Anadrom fisk

Konsekvensar for anadrom fisk med og utan installasjon av kraftverk vil vera som for tiltak 1 og 2.

#### Vassdragstilknytt vilt

Tiltaket vil få same verknader som tiltak 1.

### **Konsekvensar for landskapsbilde**

Tiltaket vil få same verknader som tiltak 1.

### **Konsekvensar for samfunn og andre miljøtema**

#### Kulturminne

Tiltaket er ikkje i direkte konflikt med synlege kulturminner.

### Friluftsliv

Ein permanent reduksjon og utjamning av vassføringa nedstraums Reime vil vera svært negativt både for padling, rafting og for opplevinga av elva for andre som ferdast i området.

For laksefisket vil konsekvensane vera av same type som for tiltak 1 og 2.

### Jordbruk

Tiltaket vil få same verknader i Vossavassdraget som tiltak 1.

### Vassforsyning

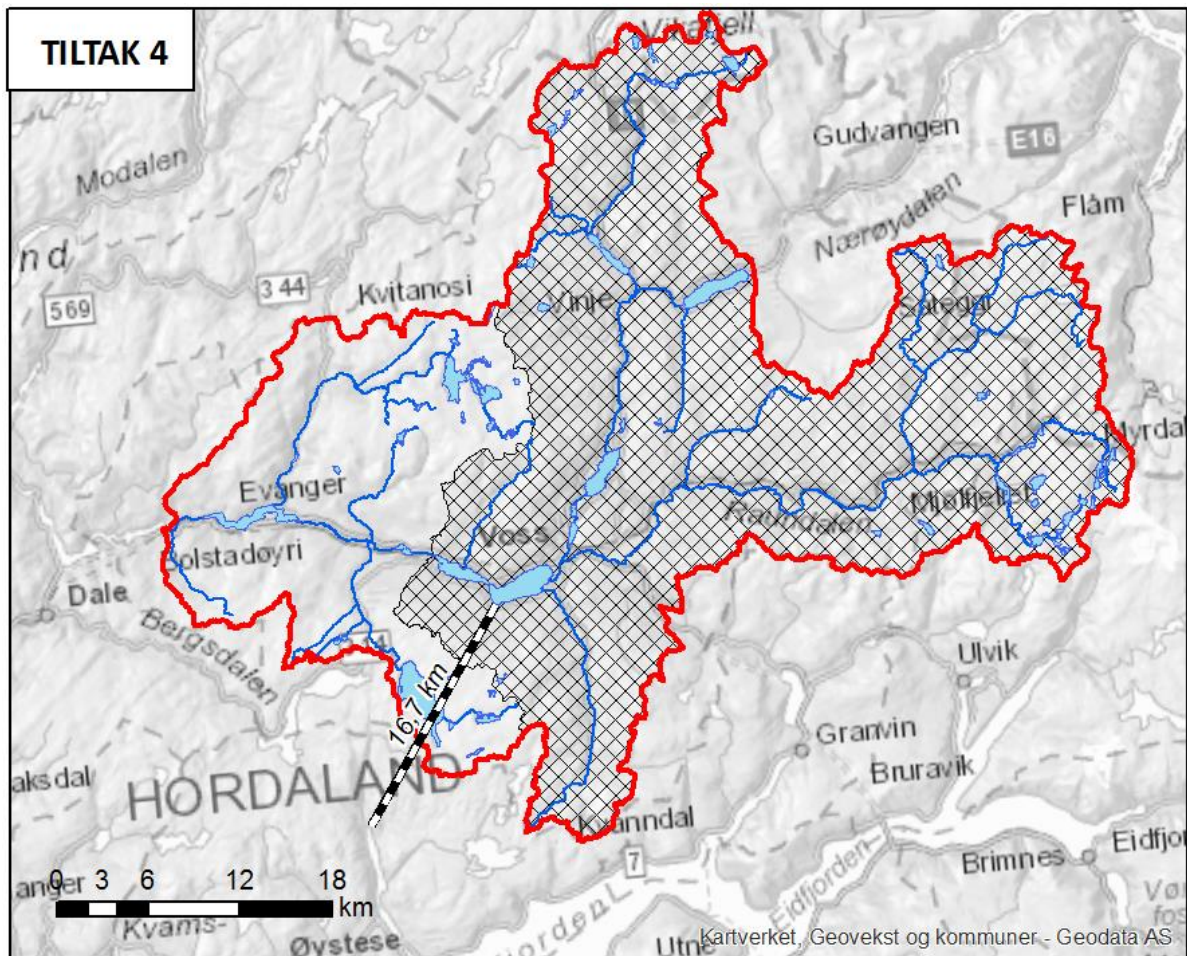
Tiltaket vil få same verknader i Vossavassdraget som tiltak 1.

### ***Avgrensingar for gjennomføring***

Om det skal byggjast kraftverk, må Stortinget fyrst opna for konsesjonshandsaming, ettersom strekket inngår i Verneplan for vassdrag.

Det lokale vegnettet ved inntaket vil trenge oppgradering. Det ikkje vurdert endeleg plassering av massane frå driving av tunnelen.

## 5.6 Tiltak 4: Flaumtunnel frå Vangvatnet til Fyksesund



### 5.6.1 Teknisk skisse

Tiltak 4 er ein overføringstunnel frå Vangvatnet (kote 45) til Fyksesund (kote 0). For å oppnå ein kapasitet på 200 m<sup>3</sup>/s må tunnelen ha eit tverrsnitt på 80 m<sup>2</sup> og for 400 m<sup>3</sup>/s eit tverrsnitt på 120 m<sup>2</sup>.

Inntaket er planlagt med ein fangdam ved Vangsvatnet. I Vangsvatnet vil det byggjast ein forskjæring og ein inntakskonstruksjon. Vassføringa vert regulert med ein luke. Det må også installerast ei varegrind ved inntaket. Tilkomsten til inntaket skjer frå fylkesveg 311, og det må anleggjast rigg ved inntaket.

Det er føreslått eit tverrslag frå Botnen. Sidan det er avgrensa tilkomst til utløpet er det planlagt å transportera ut tunnelmassane med lekter. Dette vil krevje tilrigging av et kairampe for opplasting. Her vil det også vera behov for riggarealer tilpassa uttak av massane.

Tunnelen for tiltaket er rekna til 16 850 meter, og vil drivast frå inntaks- og utløpssida. Utløpet i fjorden vil vera dykka, altså med utslag under vatn.

### 5.6.2 Flomskadereduksjon

Å redusera kulminasjonsvasstanden i Vangsvatn til under kote 49,85 krev ein kapasitet på 385 m<sup>3</sup>/s. Lågare kapasitet gjev også monaleg reduksjon i vasstand, og kan kombinerast med andre tiltak for å unngå skadar.



Tabell 5-6. Kulminasjonsvasstand og –vassføring ved Q200+40% ved tiltak 4

Tunnelkapasitet	Vangsvatn		Evangervatn	
	Vassføring	Vasstand	Vassføring	Vasstand
200 m <sup>3</sup> /s	824 m <sup>3</sup> /s	51.20	1620 m <sup>3</sup> /s	13.71
250 m <sup>3</sup> /s	770 m <sup>3</sup> /s	50.83		
300 m <sup>3</sup> /s	718 m <sup>3</sup> /s	50.46		
350 m <sup>3</sup> /s	667 m <sup>3</sup> /s	50.09		
400 m <sup>3</sup> /s	616 m <sup>3</sup> /s	49.70	1420 m <sup>3</sup> /s	13.21

### 5.6.3 Konsekvensar for biologisk mangfald

#### Naturvernområder

Rekvesøyane naturreservat i Vangsvatnet er eit verdifullt elvedeltaområde med stor verdi for fugl. Vasstanden i Vangsvatnet påverkar hekkesuksessen til artar som hekkar her. Låge vasstandar, og dermed senking av Vangsvatnet kan difor vera kritisk om dette skjer innanfor hekketida. Elles vil senking også påverke vegetasjonsbiletet, noko som også kan vera negativt.

#### Naturtypar

Regulering av Vangsvatnet og fråføring av vatn vil kunne påverka fleire naturtypar langs vassdraget negativt. Sjå tabell 5-7.

Tabell 5-7. Kort omtale av mogelege konsekvensar for naturtypar langs Vossavassdraget ved bygging av flaumtunnel Vangsvatnet-Fykkesund og regulering av Vangsvatnet

Lokalitetsnamn	Naturtype	Verdi	Verknad
Gjernes-Grandane	Deltaområde	A	Vil kunne verta påverka ved lågare vasstand i Vangsvatnet, gjennom at meir tørketolerante artar erstattar typiske våtmarksartar. Ei aktiv regulering vil også kunne endre utforminga av deltaet gjennom auka erosjon.
Seimsvatnet	Deltaområde	A	Naturtypen er betinga av vassføringa i Bergselva og Vosso, noko påverknad mogeleg.
Torfinns-øyro	Deltaområde	B	Liten eller ingen påverknad
Leira, Bolstad	Deltaområde	B	Liten eller ingen påverknad
Bolstadøyri	Brakkvassdelta	C	Lokaliteten vil truleg bli lite berørt av fråføring av dei ekstreme flaumtoppene.

#### Anadrom fisk

Konsekvensane er presentert under tiltak 1.

#### Vassdragstilknytt vilt

Konsekvensane er presentert under tiltak 1.

### 5.6.4 Konsekvensar for landskapsbilete

Små konsekvensar.

### 5.6.5 Konsekvensar for samfunn og andre miljøtema

#### Kulturminner



Redusert vassføring i nedstraums Vangsvatnet i flaumperiodar vil truleg vera lite konfliktfylt i høve til kulturminner.

### **Friluftsliv**

Ein overføring som berre omfattar ekstreme flaumtoppar er i utgangspunktet lite konfliktfylt. Ei aktiv regulering av Vangsvatnet vil kunne vera negativ, mellom anna for opplevinga av landskapet rundt vatnet.

### **Jordbruk**

Tiltaket vil redusera faren for flaumskade på jordbruksområder nærast vatnet.

### **Vassforsyning**

Liten eller ingen påverknad.

### **5.6.6 Kostnadsoverslag**

Tiltak 4 med ein kapasitet på 200 m<sup>3</sup>/s er kostnadsrekna til 880 millionar kroner. Sjå vedlegg (D) utfyllande informasjon. For ein tunnel med kapasitet på 400 m<sup>3</sup>/s er kostnadane rekna til 1 125 millionar kroner.

For lange tunnelar med avgrensa mogelegheiter for tverrslog er det aktuelt å vurdera tunneldrift med tunnelboremaskin (TBM). Når tilhøva elles ligg til rette for det vil fullprofildrift vera økonomisk gunstig. Optimal drivlengde ved fullprofildrift vil vere lenger enn ved konvensjonell drift. Tverrsnittet for vasstunnelar kan vera mindre enn ved fullprofilboring, då falltapet vert redusert. Regelen er at ein kan redusera tverrsnittsarealet med rundt 40 prosent, noko som også inneber at massetippen redusert.

Erfaringstall frå nyare TBM-drivne vasstunnelar i Noreg er vanskeleg å finne, og det er difor ikkje utarbeidd kostnadsestimat for TBM-drift. Dette kan vera aktuelt for fleire av tiltaka.

### **5.6.7 Avgrensingar for gjennomføring**

Tiltaket krev konsesjon etter Vassressurslova og Vassdragsreguleringslova.

### **5.6.8 Kraftverk**

Det er mogeleg å byggja kraftverk på tunnelen for å finansiera deler av tiltaket, men grunna lite fall er kraftpotensialet avgrensa.

Produksjonen til eit eventuelt kraftverk på flaumtunnelen vil mellom annan bestemast av kva for krav som vert stilt til slepp av vatn forbi kraftverksinntaket. Med ein slukeevne på 40-100 m<sup>3</sup>/s (middelvassføring er rekna til 74 m<sup>3</sup>/s), vil effekten liggja mellom 13 og 24 MW, med ein produksjon mellom 100 og 150 GWh/år. Ein må rekne med store minstevassføringslepp i Vosso.

Det har også komme inn eit forslag om å kombinera tunnel til Fykkesund med eit nytt kraftverk som vil ha inntak frå Torfinnsvatn. Torfinnsvatn er i dag overført til kraftverka Hodnaberg, Kaldestad, Fosse og Dale II (total energiekvivalent på 2,09 kWh/m<sup>3</sup>). Torfinnsvatn har stor magasinkapasitet i høve til tilsiget, og nedstraums kraftverk har relativt låg brukstid, så det er venta at vassverdien er stor. Sidan vatnet i Torfinnsvatn allereie er utnytta heile vegen ned til havnivå i eksisterande kraftverk, er det lite truleg at det vil vera samfunnsøkonomisk tilrådeleg å byggja eit nytt kraftverk før dei gamle kraftverka er modne for utskifting.

Konsekvensar ut over dei som gjeld for rein flaumtunnel er nemnt nedanfor.

**Konsekvensar for biologisk mangfald**Naturvernområder

Rekvesøyane naturreservat i Vangsvatnet er eit verdifullt elvedeltaområde med stor verdi for fugl. Vasstanden i Vangsvatnet påverkar hekkesuksessen til artar som hekkar her. Låge vasstandar, og dermed senking av Vangsvatnet kan difor vera kritisk om dette skjer innanfor hekketida. Elles vil senking også påverke vegetasjonsbiletet, noko som også kan vera negativt.

Naturtypar

Regulering av Vangsvatnet og fråføring av vatn vil kunne påverka fleire naturtypar langs vassdraget negativt. Permanent overføring til kraftproduksjon vil ha større negativ effekt. Sjå tabell 5-7.

*Tabell 5-8. Kort omtale av mogelege konsekvensar for naturtypar langs Vossavassdraget ved bygging av flaumtunnel Vangsvatnet-Fykkesund og regulering av Vangsvatnet*

Lokalitetsnamn	Naturtype	Verdi	Verking
Gjernes-Grandane	Deltaområde	A	Vil kunne verta påverka ved lågare vasstand i Vangsvatnet, ved at meir tørketolerante artar erstattar typiske våtmarksartar. Ei aktiv regulering vil også kunne endre utforminga av deltaet gjennom auka erosjon.
Seimsvatnet	Deltaområde	A	Naturtypen er betinga av vassføringa i Bergselva og Vosso, og kan slik verta påverka av lågare vassføring i Vossavassdraget som fylgje av fråføring til kraftproduksjon.
Torfinns-øyro	Deltaområde	B	Naturtype der aktive prosessar primært er styrde av vassføringa i Vossavassdraget, og som dermed kan bli negativt påverka av redusert vassføring ved fråføring til kraftproduksjon.
Leira, Bolstad	Deltaområde	B	Lokaliteten ligg langt nede i vassdraget, og fylgjer ikkje heilt svingingane til hovudvassdraget. Usikkert om redusert vassføring som fylgje av kraftproduksjon fører til negativ konsekvens.
Bolstadøyri	Brakkvassdelta	C	Dersom ei permanent fråføring frå Vossavassdraget til kraftproduksjon endrar saltinnhaldet i området, kan dette påverka vegetasjonssammensettinga..

Endringar i ferskvasstilførsel til Fykkesund vil kunne påverka det marine naturmangfoldet lokalt. Konsulenten har ikkje tilstrekkeleg informasjon til å vurdera dette.

Anadrom fisk

Konsekvensane er presentert under tiltak 1.

**Konsekvensar for landskapsbilde**

Vil gje lågare vasstand i Vangsvatnet.

**Konsekvensar for samfunn og andre miljøtema**Friluftsliv

Tiltaket reduserer vassføringa i Vosso. Elva har vore attraktiv for laks- og sjøaufiske, men er no freda grunna bestandskollaps. Det vert rafta (familierafting) og padla på strekket (inkludert Vangsvatnet) som vert påverka av tiltaket.

Jordbruk

Permanent overføring til kraftproduksjon kan i teorien senka grunnvasspegelen, og vere negativt for jordbruksland.

Vassforsyning

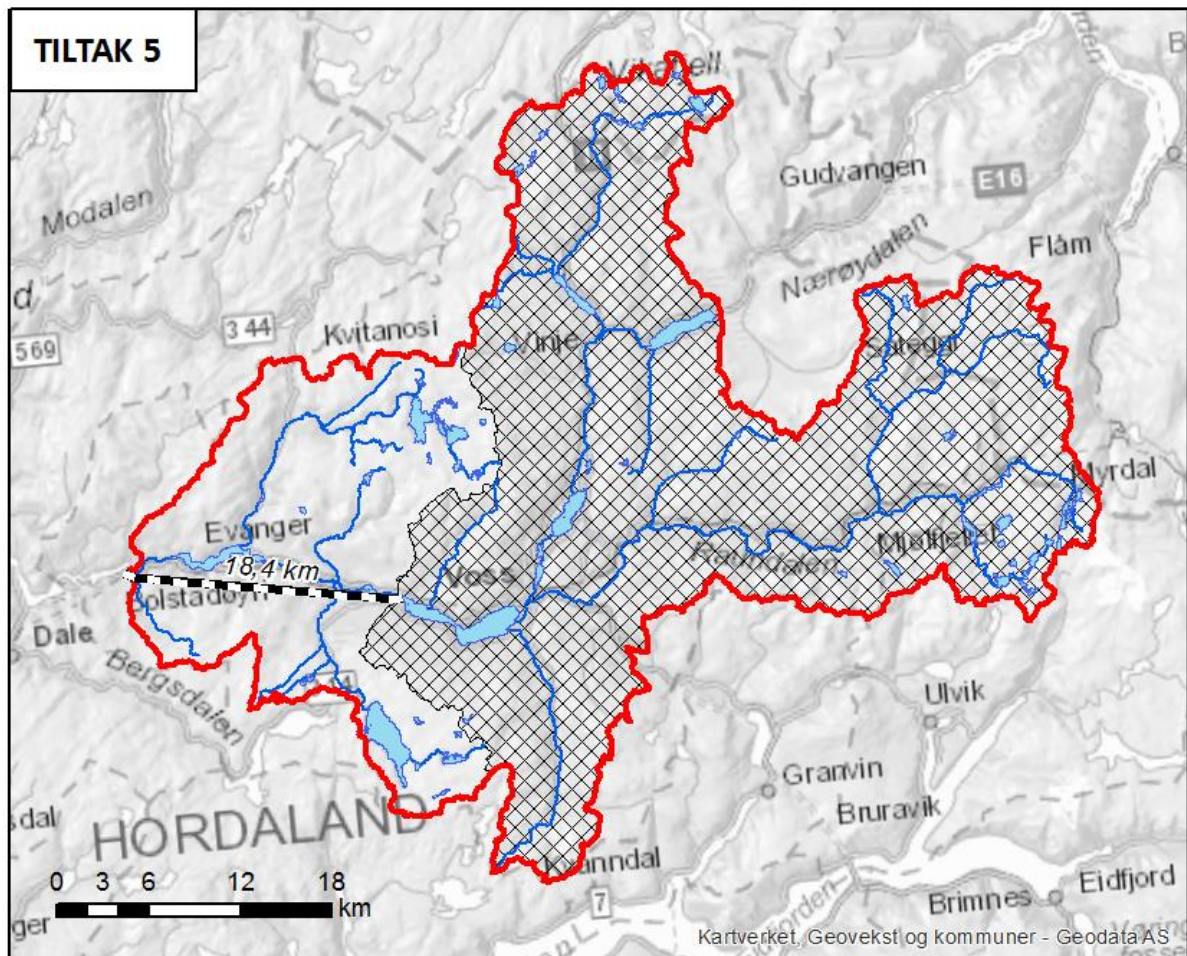
Permanent overføring til kraftproduksjon kan påverka tilsig til grunnvassbrunnar langs omfatta elveavsnitt nedstraums. Dette bør utgreiast nærare.

***Avgrensingar for gjennomføring***

Tiltaket krev konsesjon etter Vassressurslova og Vassdragsreguleringslova. Kraftverket vil ligge utanfor Verneplan for vassdrag.

Endelig plassering av massane frå tunneldriving er ikkje vurdert. Driving av tunnelen frå utløpet vil krevje vegforbindelse eller uttak av massane med båt.

## 5.7 Tiltak 5: Flaumtunnel frå Vangsvatnet til Bolstadfjorden



### 5.7.1 Teknisk skisse

Tiltak 5 er ein flaumtunnel frå Vangsvatnet (kote 45) til Bolstadfjorden (kote 0). Tunnelen er planlagt med tverrslag ved Bolstad. For å oppnå  $200 \text{ m}^3/\text{s}$  må tverrsnittet vera  $80 \text{ m}^2$ , og for  $400 \text{ m}^3/\text{s}$  vert det kravd  $130 \text{ m}^2$ . Det vil vera mogeleg å

Ved Vangsvatnet må det etablerast ein inntakskonstruksjon med luker og varegrinder. Tilkomsten til inntaket kan skje frå fylkesveg 311, og det må etablerast riggområder for inntakskonstruksjonen og tunneldrift.

Tunnelen vil med denne utforminga ha ein lengde på 18 400 meter. Tverrslaget vil då komme inn 4 400 meter frå utløpet. Det må her setjast av areal for rigg. Tverrslaga vil måtte ha tverrslagsproppar og tverrslagsportar.

### 5.7.2 Flomskadereduksjon

Som for tiltak 4.

### 5.7.3 Konsekvensar for biologisk mangfald

#### Naturvernområder

Som for tiltak 4.

#### Naturtyper

I hovudsak same som tiltak 4.

Overføring vil ikkje medføra nokon potensiell endring av saltinnhaldet i Bolstadfjorden, men ei viss endring i vegetasjonssamsettinga innanfor lokaliteten Bolstadøyri som fylgje av at utløpet kjem lenger ut i fjorden kan ikkje utelukkast.

#### ***Vassdragstilknytt vilt***

Som for tiltak 4.

#### ***Anadrom fisk***

#### ***5.7.4 Konsekvensar presentert under tiltak 1. Med avbøtande tiltak vil konsekvensane truleg vere små/moderate. Konsekvensar for landskapsbilete***

Som for tiltak 4.

#### ***5.7.5 Konsekvensar for samfunn og andre miljøtema***

##### ***Kulturminner***

Tiltaket har dykka inntak, og bør såleis ikkje komme i konflikt med skålgroplokaliteten på Liland. Redusert vassføring nedstraums Vangsvatnet i flaumperiodar vil truleg vera lite konfliktfylt med omsyn til andre kulturminner.

##### ***Friluftsliv***

Som for tiltak 4.

##### ***Jordbruk***

Som for tiltak 4.

##### ***Vassforsyning***

Som for tiltak 4.

#### ***5.7.6 Kostnadsoverslag***

Tiltak 5 med ein kapasitet på 200 m<sup>3</sup>/s er kostnadsrekna til 1 035 millionar kroner. Sjå vedlegg (D) for detaljerte kostnadsdata. Det er vanskeleg å finna erfaringstall for vasstunnelar med så store tverrsnitt som det her er tale om, og det er difor knytt noko større uvisse knytt til kostnadsoverslaget for dette tiltaket. For ein tunnel med kapasitet på 400 m<sup>3</sup>/s er kostnadane rekna til 1 400 millionar kroner.

#### ***5.7.7 Avgrensingar for gjennomføring***

Tiltaket krev konsesjon etter Vassressurslova og Vassdragsreguleringslova.

#### ***5.7.8 Kraftverk***

Det er mogeleg å byggja kraftverk på tunnelen for å finansiera noko av tiltaket, men kraftpotensialet er avgrensa grunna lite fall.

Produksjonen til eit eventuelt kraftverk på flaumtunnelen vil vera avhengig av kva for krav som vert stilt til slepp av vatn forbi kraftverksinntaket. Med ein slukeevne på 40-100 m<sup>3</sup>/s (middelvassføring er rekna til 74 m<sup>3</sup>/s), vil effekten liggja mellom 13 og 24 MW, med ein produksjon 100 til 150 GWh/år.

Ein må rekne med store minstevassføringslepp i Vosso.

***Konsekvensar for biologisk mangfald***Naturvernområder

Som for tiltak 4 med kraftverk.

Naturtyper

I hovudsak som for tiltak 4. Overføring vil ikkje medføra nokon potensiell endring av saltinnhaldet i Bolstadfjorden, men ei viss endring i vegetasjonssamsettinga innanfor lokaliteten Bolstadøyri som fylgje av at utløpet kjem lenger ut i fjorden kan ikkje utelukkast.

Vassdragstilknytta vilt

Som for tiltak 4 med kraftverk.

Anadrom fisk

Som presentert under tiltak 1.

***Konsekvensar for landskapsbilete***

Som for tiltak 4 med kraftverk.

***Konsekvensar for samfunn og andre miljøtema***Kulturminner

Som for tiltak 4.

Friluftsliv

Då det ikkje er tale om fråføring av vatn til eit anna vassdrag vil konsekvensane for laksefisk og fiske potensielt vera noko mindre enn for tiltak 4.

Jordbruk

Som for tiltak 4 med kraftverk.

Vassforsyning

Som for tiltak 4 med kraftverk.

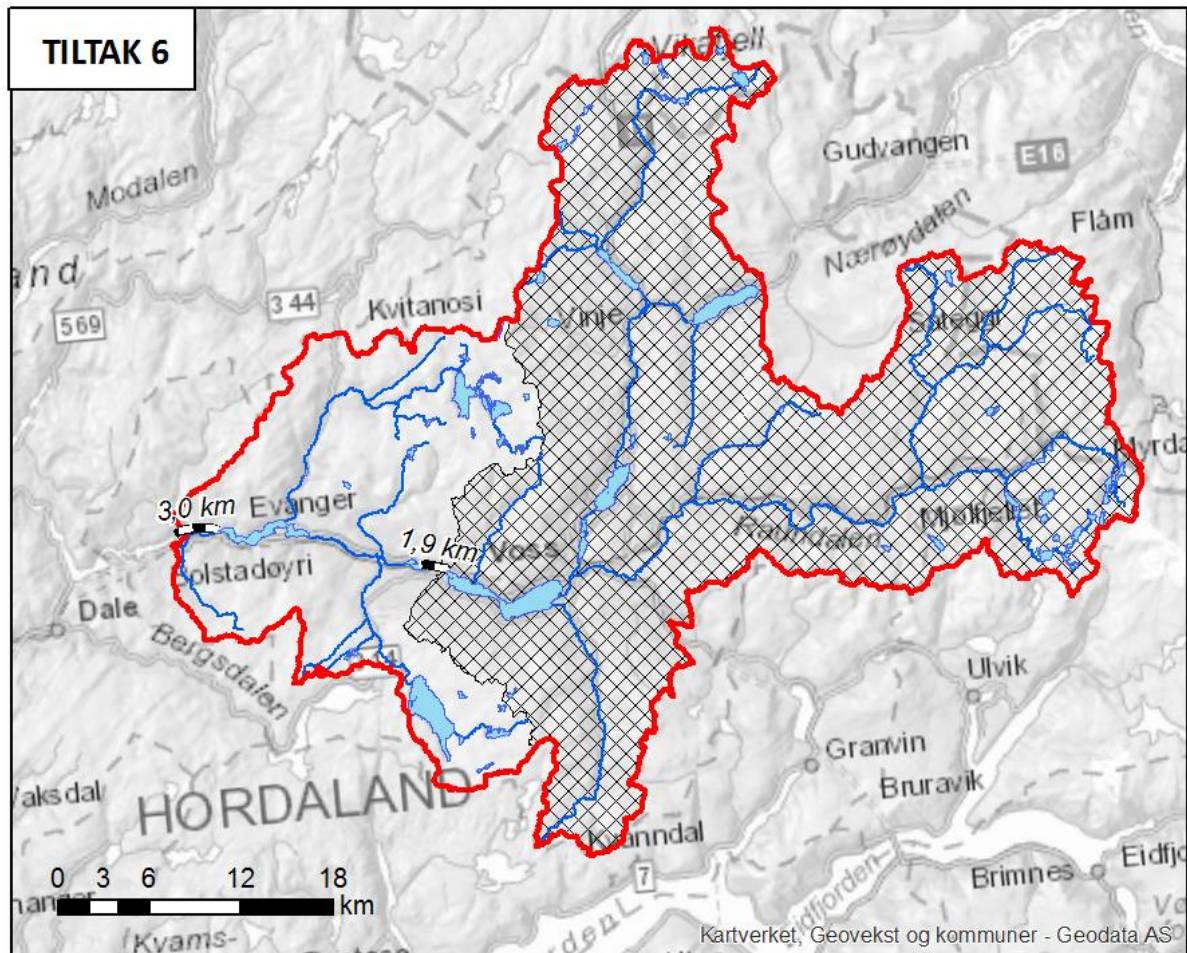
***Avgrensingar for gjennomføring***

Tiltaket krev konsesjon etter Vassressurslova og Vassdragsreguleringslova. Kraftverket vil ligge utanfor Verneplan for vassdrag.

Det lokale vegnettet kan trenge oppgradering. Det ikkje vurdert endeleg plassering av massane frå driving av tunnelen.



## 5.8 Tiltak 6a: . Ein øvre flaumtunnel frå Vangsvatnet til Seimsvatn, og ein nedre frå Horveid til Bolstadfjorden



### 5.8.1 Teknisk skisse

Tiltaket omfattar to flomtunnelar. Ein øvre flaumtunnel frå Vangsvatnet (kote 45,2) til Seimsvatn (kote 38), og ein nedre frå Evangervatnet ved Horveid (kote 8,2) til Bolstadfjorden (kote 0). Tunnelane er høvesvis 1 820 og 3 000 meter lange.

Den øvre tunnelen er tenkt bygd med tverrslag frå Flagavegen, og vil ha eit tverrsnitt på 75 m<sup>2</sup> for 200 m<sup>3</sup>/s og 130 m<sup>2</sup> for 400 m<sup>3</sup>/s. Eventuelt kan det byggjast to parallelle løp. Drift av tunnelen vil skje frå det eine tverrslaget. For ikkje å komma i konflikt med infrastruktur er det planlagt utslag under vatn for inntak så vel som utløp.

Det må etablerast ei varegrind under vatn ved innløpet, og ei sjakt i samband med luker ved inntaket. Riggområdet er tenkt lagt i samband med tverrslaget.

Den nedre tunnelen vert bygd frå Horveid. Her ser me for oss tilkomst langs vatnet til inntaket. Det må byggjast ein fangdam ved inntaket i forbindelse med etablering av inntak. Tunnelen drives frå inntaket.

### 5.8.2 Skadereduksjon

For tunnelen mellom Vangsvatn og Seimsvatn er det naudsynt med ein kapasitet på 385 m<sup>3</sup>/s for å kunne redusera vasstanden til under kote 49,85. Lågare kapasitet kan også gje monaleg reduksjon i vasstand, og kan eventuelt kombinerast med andre tiltak for å unngå skader. Løysinga gjev ikkje flomreduksjon mellom Seimsvatn og Evanger, men den har effekt ved Evanger.

Tabell 5-9. Kulminasjonsvasstandar og -vassføringar i Vangsvatn ved Q200+40% for tiltak 6

Tunnelkapasitet	Vangsvatn		Evangervatn	
	Vassføring	Vasstand	Vassføring	Vasstand
200 m <sup>3</sup> /s	824 m <sup>3</sup> /s	51.20	1620 m <sup>3</sup> /s	13.71
250 m <sup>3</sup> /s	770 m <sup>3</sup> /s	50.83		
300 m <sup>3</sup> /s	718 m <sup>3</sup> /s	50.46		
350 m <sup>3</sup> /s	667 m <sup>3</sup> /s	50.09		
385 m <sup>3</sup> /s	632 m <sup>3</sup> /s	49.83		
400 m <sup>3</sup> /s	616 m <sup>3</sup> /s	49.70	1420 m <sup>3</sup> /s	13.21

### 5.8.3 Konsekvensar for biologisk mangfald

#### Naturvernområder

Liten eller ingen påverknad.

#### Naturtypar

Tiltaket vil påverka færre naturtypelokalitetar enn overføring av flaumtoppar under tiltak 5, då vassføringa på strekket frå Seimsvatnet til innløp Bolstadelva ikkje vert påverka. Dette tyder at Torfinns-øyro (deltaområde) ikkje vert påverka. Vassføringa forbi deltaområdet i Seimsvatnet vert såleis også den same som før tiltaket, men negativ påverknad på deltaområdet som fylgje av at utløpet av flomtunnelen til Seimsvatnet endrar straumforholda kan ikkje utelukast. Generelt vil verknadene for berørte naturtypar truleg vera små, all den tid berre dei ekstreme flaumtoppene vert overførte. Dei negative verknadane vil avhenga av kor langvarig ei senking er, og når på året den finn stad (til dømes i høve til hekketid).

#### Vassdragstilknytt vilt

Liten eller ingen påverknad.

#### Anadrom fisk

Konsekvensar presentert under tiltak 1. Med avbøtande tiltak vil konsekvensane truleg vere små/moderate.

### 5.8.4 Konsekvensar for landskapsbilde

Liten påverknad

### 5.8.5 Konsekvensar for samfunn og andre miljøtema

#### Kulturminner

Ingen påverknad.

#### Friluftsliv

Liten eller ingen påverknad.

#### Jordbruk

Konsekvensane vil verta som for tiltak 5, med unntak for jordbruksområda frå Seimsvatnet og ned til Vangsvatnet som framleis vil vera flaumutsette.

#### Vassforsyning

Ingen påverknad.

#### **5.8.6 Kostnadsoverslag**

Tiltak 6a med ein kapasitet på 200 m<sup>3</sup>/s er kostnadsrekna til 125 millionar kroner for øvre tunnel, og 170 millionar kroner for nedre tunnel. Sjå vedlegg (D) for nærare omtale av kostnadane.

For ein kapasitet på 400 m<sup>3</sup>/s er kostnadene rekna til 250 kroner for øvre tunnel, og 340 millionar for nedre.

#### **5.8.7 Avgrensingar for gjennomføring**

Tiltaket krev konsesjon etter Vassressurslova og Vassdragsreguleringslova.

Det er lite plass for etablering av riggområde ved begge tunnelane. Som eit minimum bør det vere 2000 m<sup>2</sup> tilgjengeleg for rigg for kvart tverrslag eller punkt for driving av tunnel. Det bør tas ei ny vurdering av plassering av riggområde dersom det vert bestemt å gå vidare med tiltaket. Endeleg plassering av massane frå driving av tunnelen er ikkje vurdert.

## 5.9 Tiltak 6b: Flaumtunnel frå Vangsvatnet til Evangervatn

### 5.9.1 Teknisk skisse

Tiltaket omfattar flomtunnel frå Vangsvatnet (kote 45,2) til Evangervatn , samt ein tunnel som for tiltak 6a frå Evangervatnet til Bolstadfjorden.

Den øvre flomtunnelen byggas med tverrslag frå Paradisbukti og Bjørgåsvegen. Tunnelen vil ha et tverrsnitt på 70 m<sup>2</sup> for 200 m<sup>3</sup>/s og 120 m<sup>2</sup> for 400 m<sup>3</sup>/s, eventuelt to parallelle løp. Drivinga av tunnelen vil skje frå dei to tverrslaga. Det er planlagt utslag under vatn for inntak og utløp for ikkje å komme i konflikt med infrastruktur.

Det må etablerast varegrind under vatn ved inntaket og sjakt i samband med luker ved inntaket.

Riggområder vert lagt i samband med tverrslaget.

For skildring av den nedre tunnelen vises det til tiltak 6a.

### 5.9.2 Skadereduksjon

For tunnelen mellom Vangsvatn og Seimsvatn er det naudsynt med ein kapasitet på 385 m<sup>3</sup>/s for å kunne redusera vasstanden til under kote 49,85. Lågare kapasitet kan også gje monaleg reduksjon i vasstand, og kan eventuelt kombinerast med andre tiltak for å unngå skader. Tiltak 6 og 6B gir lik vasstand og vassføring ved utløpet av Evangervatn. Tiltak 6 gir ikkje lågare vassføring på strekninga mellom Seimsvatn og Evangervatn, og beskyttar altså ikkje jernbanen eller vegen her.

Tabell 5-10. Kulminasjonsvasstander og -vassføringar i Vangsvatn ved Q200+40% for tiltak 6.

Tunnelkapasitet	Vangsvatn		Evangervatn	
	Vassføring	Vasstand	Vassføring	Vasstand
200 m <sup>3</sup> /s	824 m <sup>3</sup> /s	51.20	1620 m <sup>3</sup> /s	13.71
250 m <sup>3</sup> /s	770 m <sup>3</sup> /s	50.83		
300 m <sup>3</sup> /s	718 m <sup>3</sup> /s	50.46		
350 m <sup>3</sup> /s	667 m <sup>3</sup> /s	50.09		
385 m <sup>3</sup> /s	632 m <sup>3</sup> /s	49.83		
400 m <sup>3</sup> /s	616 m <sup>3</sup> /s	49.70	1420 m <sup>3</sup> /s	13.21

### 5.9.3 Konsekvensar for biologisk mangfald

#### Naturvernområder

En overføring kun av ekstreme flomtopper utan en aktiv regulering som gir en jamt redusert vasstand i Vangsvatnet vil trolig ikke være negativt for Rekvesøyane naturreservat og hekkefugl her. Ei gjennomsnittleg lågare vasstand kan likevel være negativt.

#### Naturtyper

Tabellen under beskriver mulige verkingar for registrerte naturtyper.

Tabell 5-11. Kort beskriving av mulige konsekvensar for naturtyper langs Vossavassdraget ved bygging av flomtunnel på strekningane Vangsvatn-Evangervatn, og Evangervatn-Bolstadfjorden.

Lokalitetsnamn	Naturtype	Verdi	Verking

Gjernes-Grandane	Deltaområde	A	Vil kunne verte påverka ved gjennomsnittlig lågare vasstand i Vangsvatnet og/eller en aktiv regulering. Et inngrep som kun overfører ekstreme flomtopper vil imidlertid truleg ikkje gi en vesentlig negativ verking.
Seimsvatnet	Deltaområde	A	Naturtypen er betinget av vassføringa både i Bergselva og Vosso. Ved overføring kun av ekstreme flomtopper antas lokaliteten å bli lite berørt.
Torfinns-øyro	Deltaområde	B	Naturtype der aktive prosesser primært er styrt av vassføringa i Vossavassdraget. Fraføring kun av ekstreme flomtopper antas å ha mindre betyding.
Leira, Bolstad	Deltaområde	B	Lokaliteten ligger langt nede i vassdraget, og følger ikkje helt svingingane til hovedvassdraget. Usikkert om fraføring av store flomtopper vil ha en påvirkning.
Bolstadøyri	Brakkvannsdelta	C	Lokaliteten vil truleg bli lite berørt av fraføring av de ekstreme flomtoppene.

### Anadrom fisk

#### **5.9.4 Konsekvensar presentert under tiltak 1. Med avbøtande tiltak vil konsekvensane truleg vere små/moderate. Konsekvensar for landskapsbilde**

Konsekvensar for landskapsbilde er omtalt under tiltak 1.

#### **5.9.5 Konsekvensar for samfunn og andre miljøtema**

##### Kulturminner

Redusert vassføring i vassdraget nedstrøms Vangsvatnet i flaumperiodar antas å være lite konfliktylt med tanke på kulturminner.

##### Friluftsliv

Konsekvensane vil bli noelunde tilsvarande som for flaumtunnel Vangsvatnet-Bolstadfjorden.

##### Jordbruk

Noelunde tilsvarande som for flaumtunnel Vangsvatnet-Bolstadfjorden.

##### Vassforsyning

Noelunde tilsvarande som for flaumtunnel Vangsvatnet-Bolstadfjorden.

#### **5.9.6 Kostnadsoverslag**

Kostnadene for tiltak 6b og en kapasitet på 200 m<sup>3</sup>/s er beregnet til 425 mill. kroner for øvre tunnel og 170mill. kroner for nedre tunnel. Se vedlegg (D) for en nærmare beskriving av kostnadene.

For en tunnel med kapasitet på 400 m<sup>3</sup>/s er kostnadene beregnet til 340 mill. kroner for nedre og 705 mill. kroner for øvre.

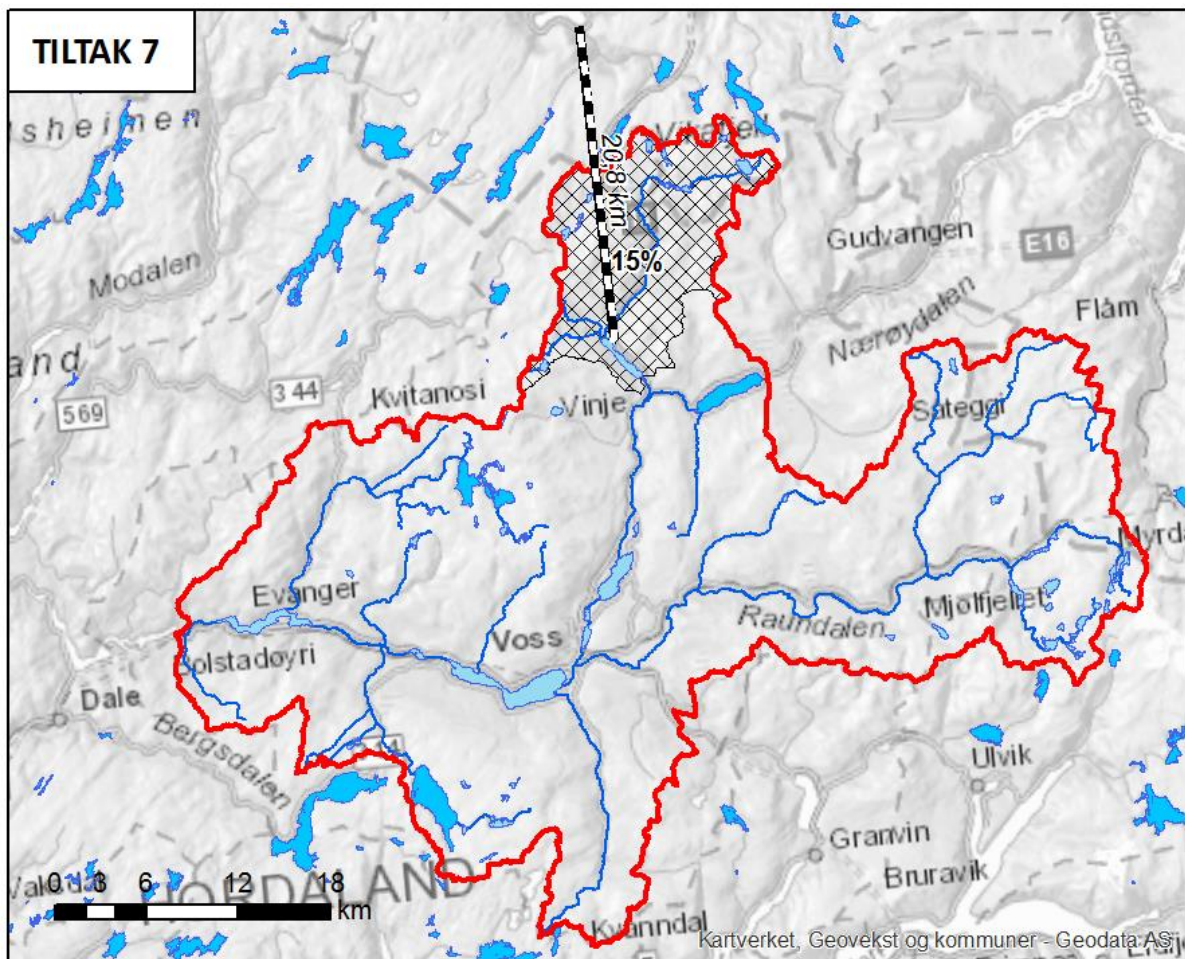
#### **5.9.7 Avgrensingar for gjennomføring**

Tiltaket krev konsesjon etter Vannressursloven og Vassdragsreguleringsloven.

Det er ikkje vurdert endelig plassering av massane frå driving av tunnelen.

Som for tiltak 6a er det lite riggarealer for tversslaga ved den nedre tunnelen. Det bør tas nye vurderingar av riggområde dersom ein vel å gå vidare med tiltaket.

### 5.10 Tiltak 7: Flaumtunnel frå Myrkdalsvatn til Arnafjorden

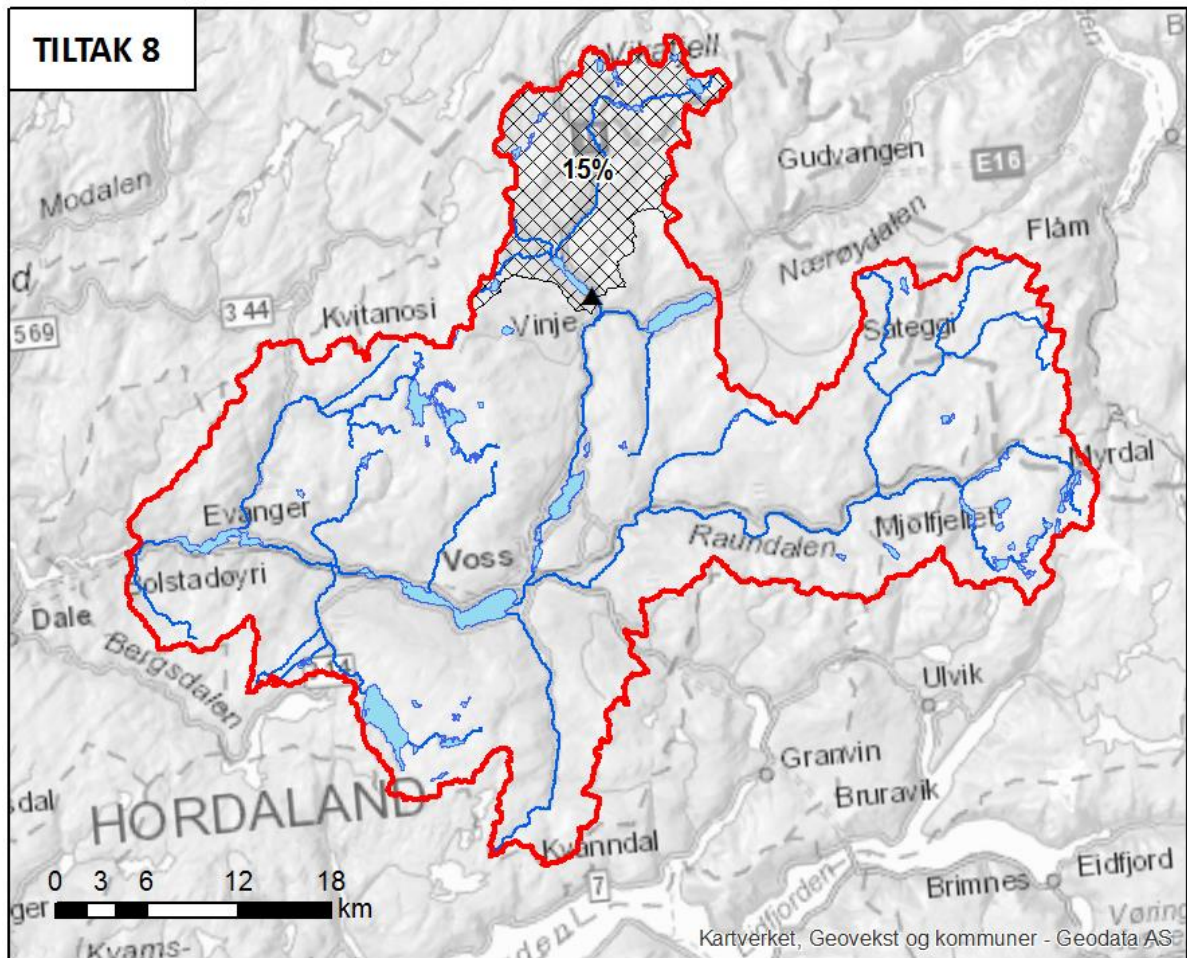


Tiltak 7 er ein overføringstunnel mellom Myrkdalsvatn (kote 228) og Arnafjorden. Tunnelen har ei lengde på 21 kilometer, og kostnaden er rekna til rundt 500 millionar kroner.

Myrkdalsvatn har eit felt som utgjer 15 prosent av feltarealet til Vangsvatn, og gjer allereie monaleg naturleg flaumdemping, slik at flaumtoppen frå Myrkdalsvatn kjem seinare enn flaumtoppen frå Raundalen og lokal tilsig. Tiltaket vil såleis ha liten dempane effekt på nedstraums flaumar, og vidare utgreiingar er ikkje gjort.



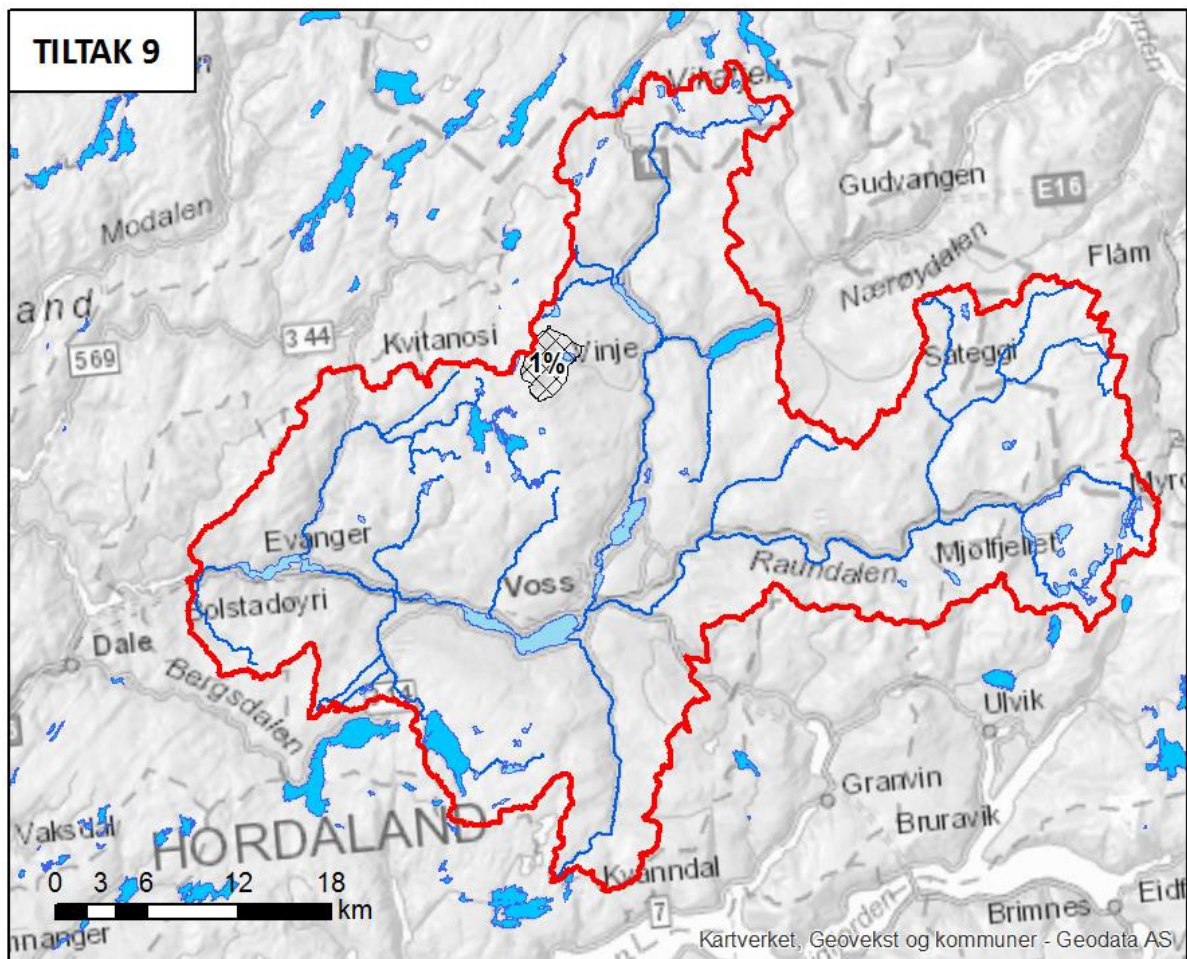
### 5.11 Tiltak 8: Endra utløp av Myrkdalsvatn



I 1987 vart utløpet av Myrkdalsvatn endra for å senka vasstanden og gje meir jordbruksland. Tiltak 8 går ut på å gjera nye endringar, eventuelt også regulering, av utløpet frå Myrkdalsvatn for å auka dempinga i vatnet.

Utrekingar viser at flaumtoppen ut av vatnet kan reduserast med rundt 25 prosent gjennom å endra på utløpet. Dette tilsvarar likevel berre ein liten del av det totale tilsiget til Vangsvatn, og sidan flomtoppen frå Myrkdalsvatn uansett kjem seint, er det vurdert at tiltaket har liten effekt. Tiltaket er difor ikkje utgreidd vidare.

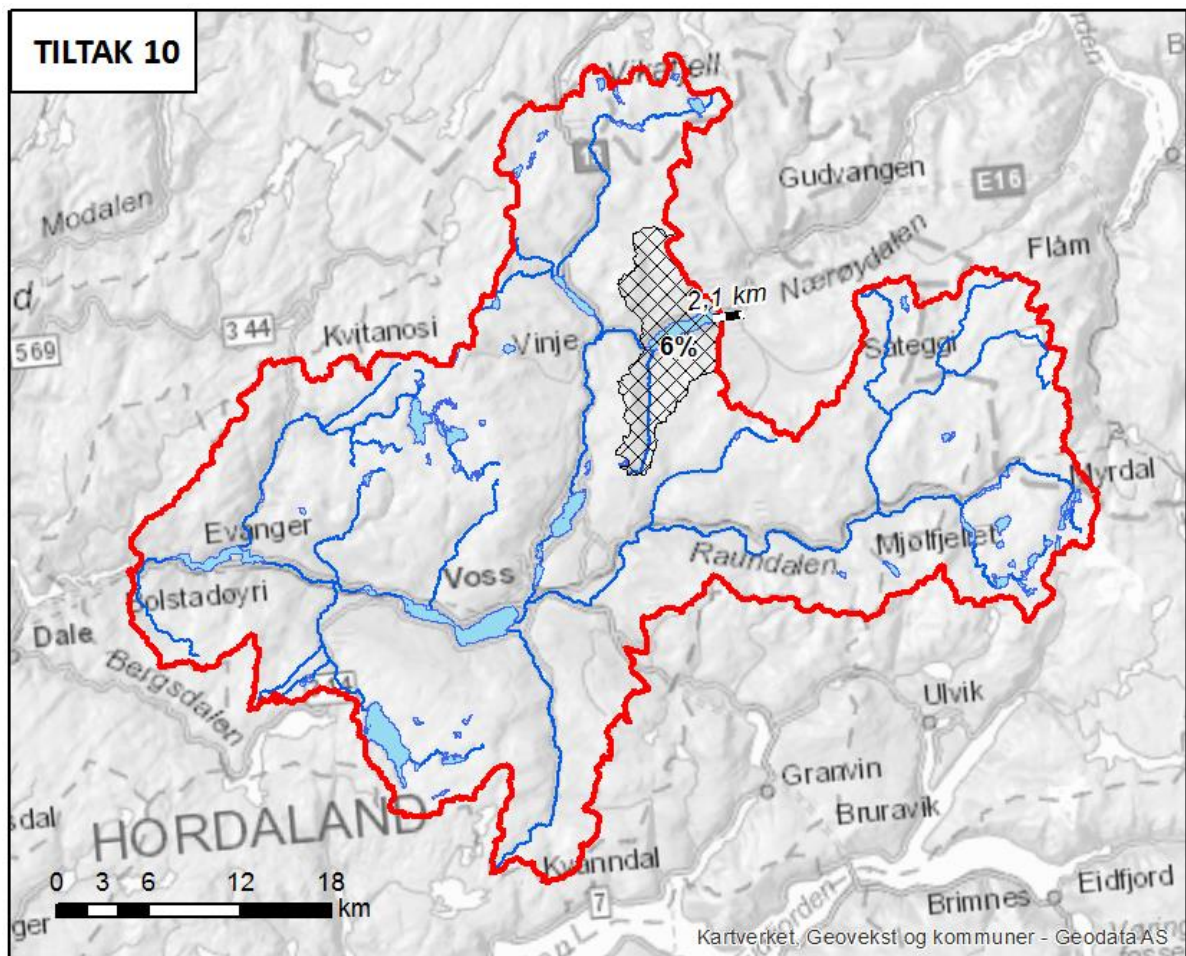
## 5.12 Tiltak 9: Regulering av Skreiovatn



Skreiovatn er ein liten innsjø som drenerer mot Strondaelvi. Det er føreslått å regulera denne for å auka flaumdempinga. Fordi feltarealet til innsjøen er på under ein prosent av feltet til Vangsvatn, er tiltaket vurdert å ha liten effekt. Det er difor ikkje utgreidd vidare.

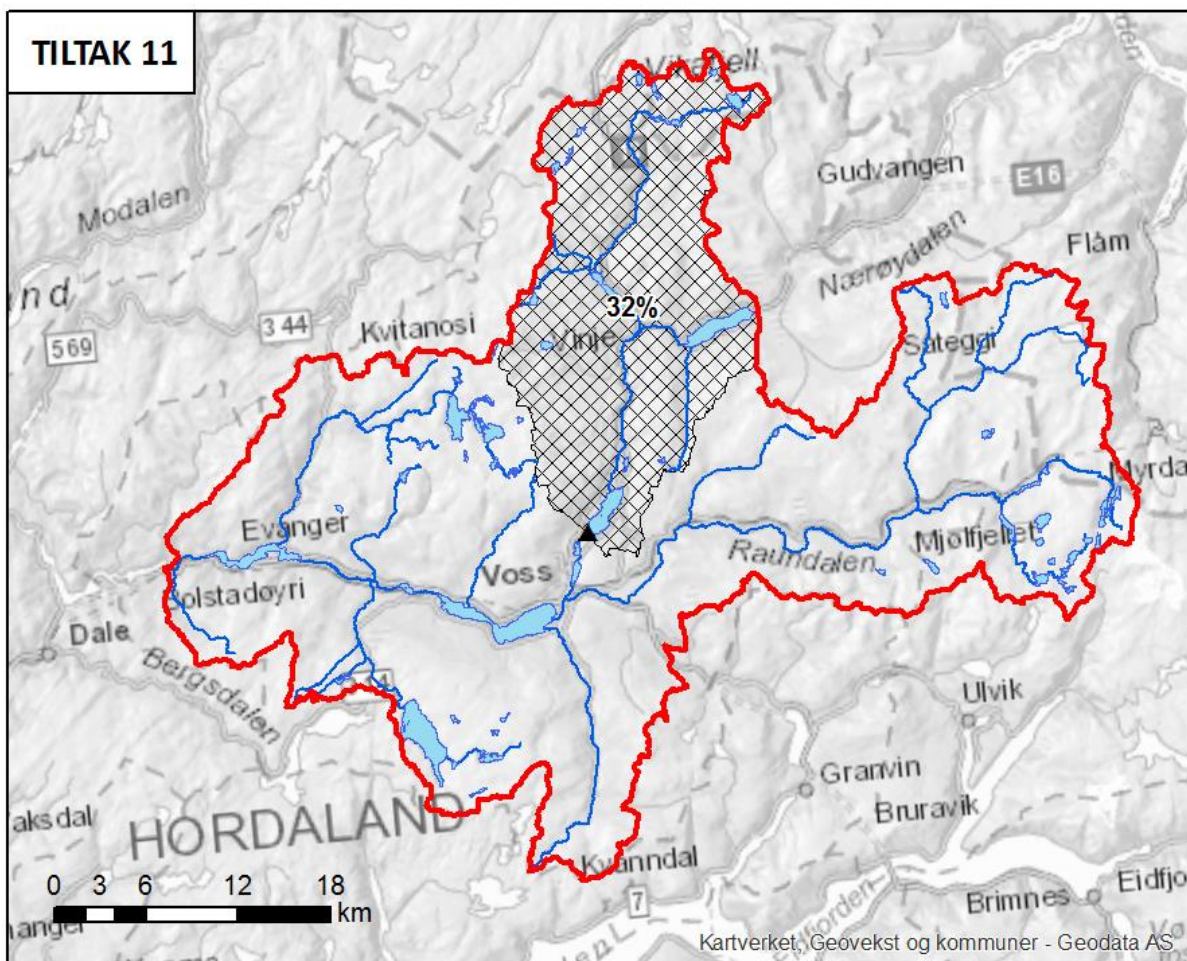


### 5.13 Tiltak 10: Overføringstunnel frå Oppheimsvatn til Nærøydalen



Tiltak 10 er ein overføringstunnel frå Oppheimsvatn til Nærøydalen, kombinert med regulering (senking) av Oppheimsvatn. Tiltaket kan føra til noko reduserte flaumar i Strondaelvi, men vil auka flaumane i Nærøydalen. Dette er ikkje ynskjeleg. Tiltaket er difor ikkje utgreidd vidare.

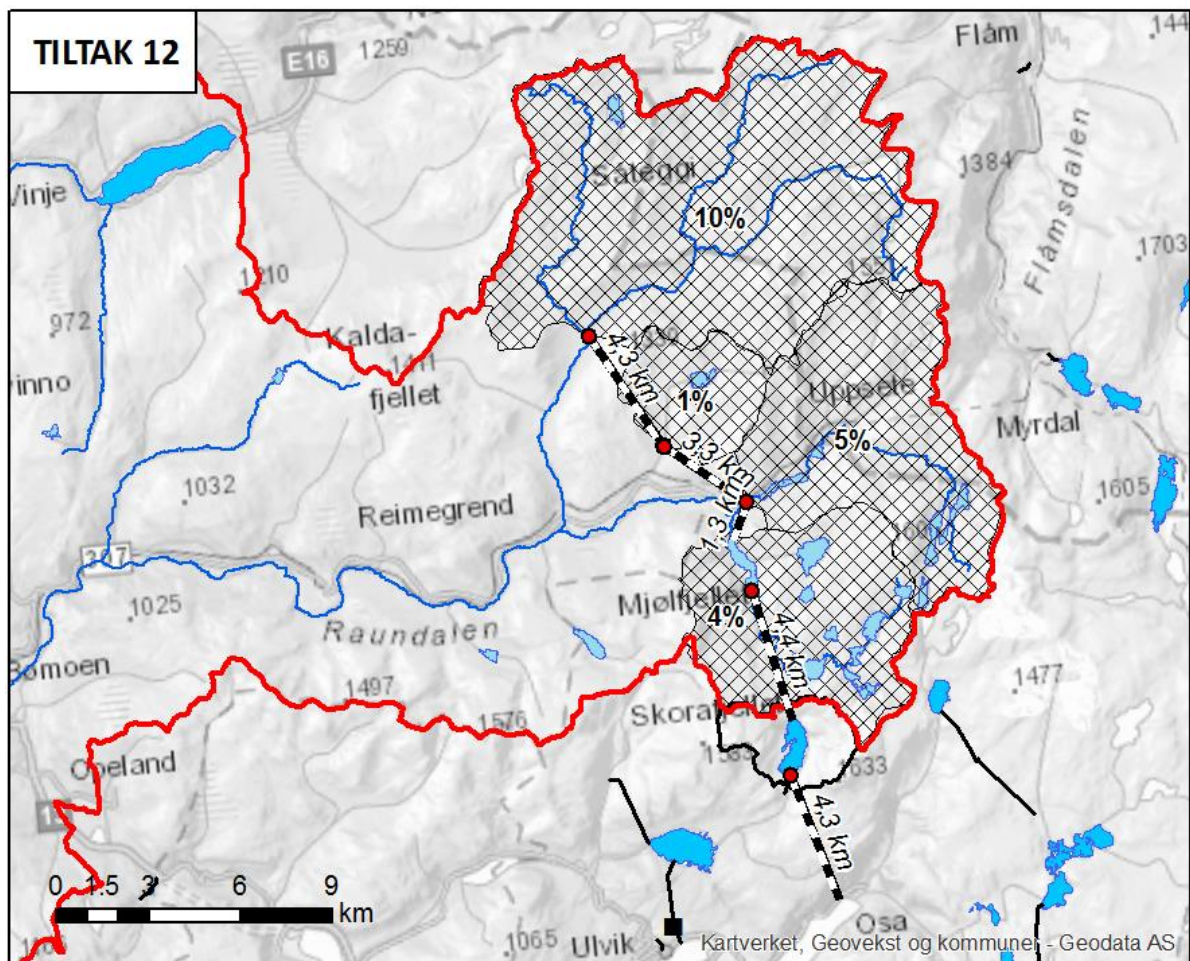
#### 5.14 Tiltak 11: Innsnevring av utløpet frå Lønavatn



Tiltak 11 innsnevrar utløpet av Lønavatn for å auka sjølvreguleringa i vassdraget. Vatnet har eit overflateareal på tre km<sup>2</sup>, og konsulenten har sett på mogelegheita for å auka flaumvasstanden med opp til to meter. Til tross for at seks millionar m<sup>3</sup> er eit monaleg volum, vert det lite i høve til flaummengdene i Vossavassdraget. I kulminasjonsdøgeret av Q200+40% er det rekna eit tilsig til Vangsvatn på 86 millionar m<sup>3</sup>, og volumet over heile flaumforløpet fem dagar nærma seg 300 millionar m<sup>3</sup>. Då har dempinga i Lønavatn liten verknad. Av den grunn er ikkje tiltaket utgreidd vidare.



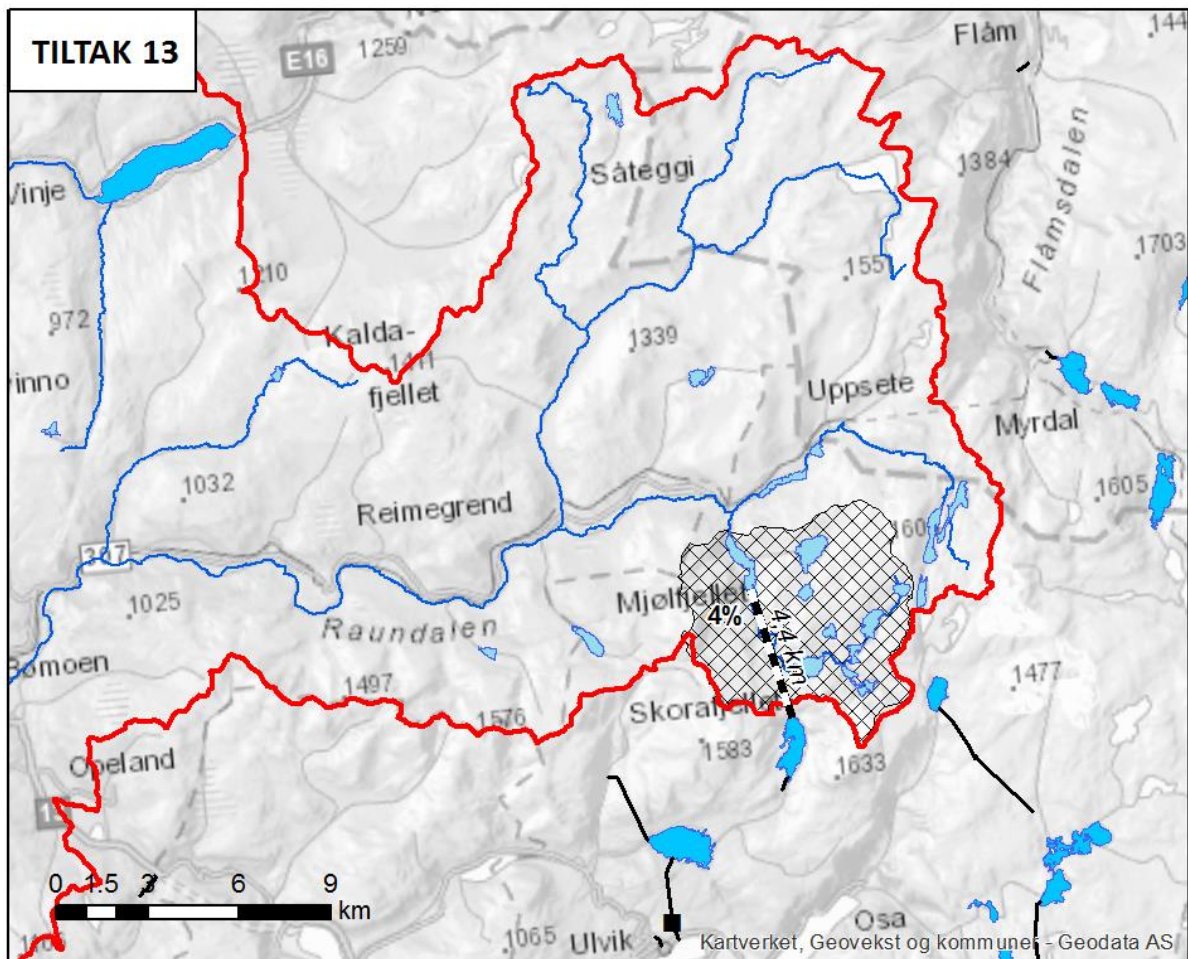
### 5.15 Tiltak 12: Overføring av fire elver i Raundalen til nytt kraftverk ved Osa



Tiltak 12 dreiar seg om overføring av fire elver oppstraums i Raundalen til eit nytt kraftverk ved Osa. Tiltaket omfattar 21 prosent av totalfeltet til Vangsvatn, og ein reknar at det er mogeleg å overføra rundt 120 m<sup>3</sup>/s.

Tiltaket kan potensielt gje stor kraftproduksjon, men har avgrensa flaumdempande effekt, og er i konflikt med viktige friluftsområde. Tiltaket er difor ikkje utgreidd vidare.

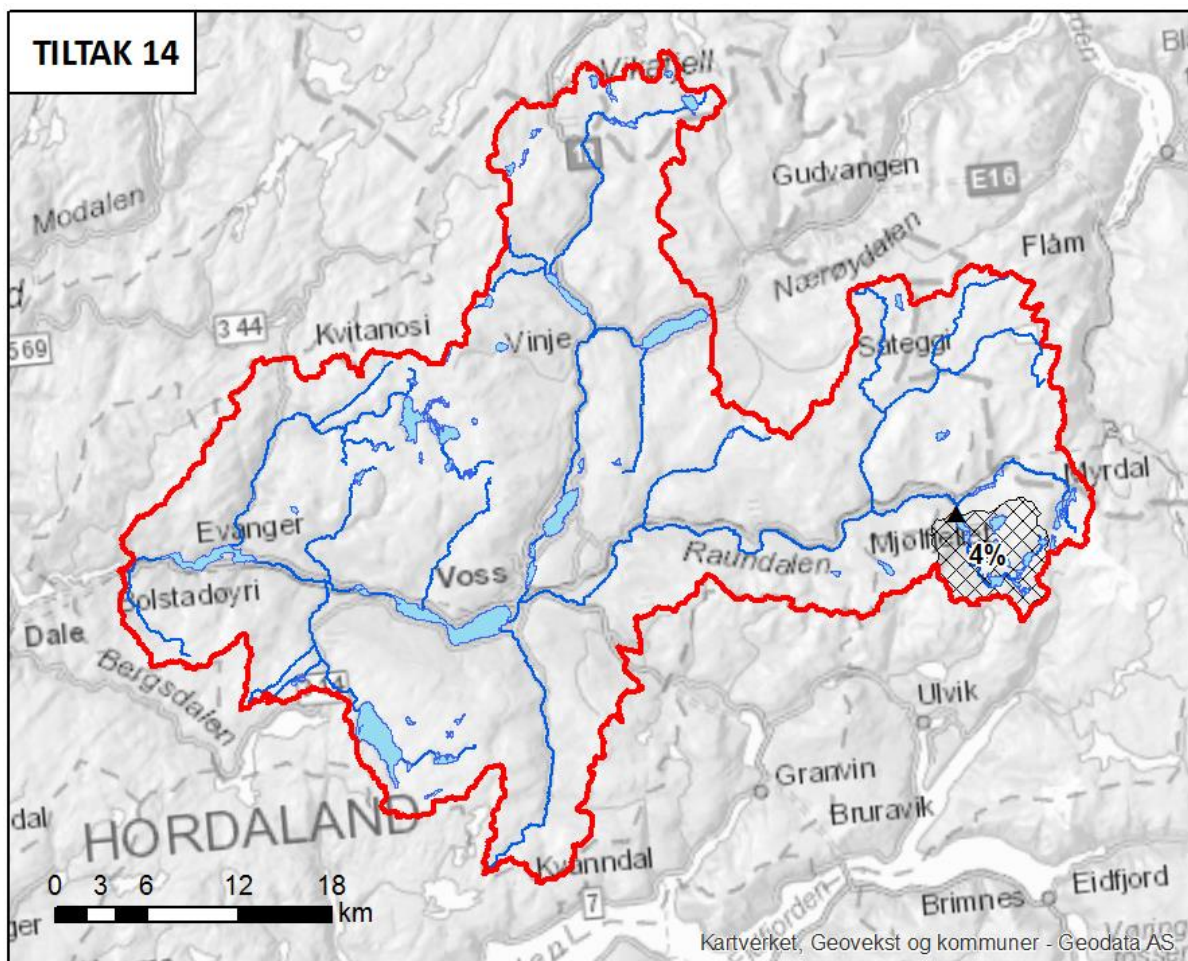
### 5.16 Tiltak 13: Overføring av Slonadalsvatn til eksisterande magasin



Tiltak 13 er ei overføring av Slonadalsvatn til eksisterande magasin Ljoneskrulen. Vatnet kan brukast til produksjon i det eksisterande Ulvik kraftverk. Dette er eit høvesvis rimeleg tiltak, som kan fullfinansiert av auka kraftproduksjon, men all den tid feltet til Slonadalsvatn berre dekker fire prosent av feltarealet til Vangsvatn, har det liten flaumdempende effekt. Tiltaket er difor ikkje utgreidd vidare.



### 5.17 Tiltak 14: Innsnevra utløpet frå Slonadalsvatn



Slonadalsvatn, heilt oppstraums i Raundalen har liten naturleg demping, og det er vurdert å innsnevra utløpet for auka denne. Utrekningar viser at flaumtoppen ut av vatnet vil kunne dempast med rundt 40 m<sup>3</sup>/s. Gitt avstanden ned til Vangsvatn har denne flaumdempinga likevel liten effekt på flaumtoppen lenger ned i vassdraget. Tiltaket er difor ikkje utgreidd i større detalj.

## 5.18 Tiltak 15: Lokale flaumsikringstiltak på Vossevangen

### 5.18.1 Teknisk skisse

Tiltak 15 er lokale flaumsikringstiltak på Vossevangen. Slike tiltak kan generelt kategoriserast som fylgjer:

- Oppfylling av terreng og vegar
- Flaumvollar- og murar
- Sikring av bygg gjennom ombygging av kjellar, ytterveggar, dører og vindauger

Eit hovudproblem er vurdert å vera grunnvasstrøyming gjennom og under flaumvoll. Ut frå NGU sine lausmassekart er massane der flaumvollane er tenkt plasserte primært elveavsetningar og noko innslag av moreneavsettingar. Grunnvasstanden vil truleg stiga i takt med vasstanden i Vangsvatnet. Tetting og pumping vil difor vera ein sentral del av flaumsikringa. Ved å dela opp sikringsområda vil ein gjera flaumutsette område og bygg mindre avhengige av totaltryggleiken på anlegget. Innanfor kvar sikringscelle må det byggas eit eller fleire pumpeverk. Pumpeverk for fleire celler kan samlokaliseras, saman med eventuelle backup-løysingar.

Rapporten presenterer ni sikringselement. Felles for desse, er at ein må kunne kontrollere grunnvasstrøymningen inn i området. Dette kan gjerast med membranar eller spuntveggar i grunnen. I våre kostnadsoverslag er det nytta stålpunt i både grunn og flomvoll.

Som alternativt til flomvoll kan det byggjast betongmur. Då må det sikrast ein tett overgang frå mur til stålpunt i grunnen. I ein slik mur kan ein også leggje inn tettevindauger for å gje utsyn frå områda bak vollen.

Det fins også eit spuntalternativ av vinyl, noko som er meir kostnadseffektivt. Materialet korroderer ikkje, og vil truleg også kunne tilfredsstillast andre tekniske krav. Systemet er tilgjengeleg i Noreg, men er endå ikkje testa her.

Vossevangen er kartlagt som fluviale avsetningar, der dei høgareliggjande delane er vurderte som glasifluviale. I periodar må massane ha vorte avsett som i eit elvedelta, der ein må rekna med å finna kanalavsettingar som vekslar mellom avsettingar og finkornat attfylling. Generelt vil ein anta at det er grovare massar i indre og høgare deler av Vangen, og meir finkorna sediment i ytre delar. I NGU si kartlegging av grunnvarmepotensiale er høgda ved Gymnaset tolka til å vera ei randavsetning eller morene. NGU sine boringar for grunnvarmepotensiale nær tinghuset viser stein og sand i øvre dei øvre fire meterane, deretter sand og grus. Det vil seie at massane har god leiingsevne for vatn, noko som gjer lokal flaumsikring meir krevjande.

Det er mange og djupe grunnvarmebrunnar på Vossevangen, både i fjell og lausmassar. Endeleg djubde til tetting under flomverk vil måtte reknast ut, og kan justerast i høve til pumpekapasitet. I vårt rekneeksempel har me brukt rundt fem meter spunt/tetting under terreng. Grunnvasspegelen ligg truleg frå + 45 m (høgde Vangsvatnet) og opp mot +46 til 47 meter i områda som foreslått sikra. Strømningsmodell må byggjast opp i området, slik at ein kan rekna ut pumpekapasitet og effekten av tetting under flaumverk.

For grunnvassverket ute på Prestegardsodden, vil grunnvasstraumen neppe verta særleg påverka slik flaumverket her er tenkt plassert. Denne odden skal ikkje flaumsikrast.

Toppen av flaumvollen kan også sikrast med mobile element. Desse elementa kan plasserast ut under dei største flaumane. Dersom ein legg opp til utplassering av slike mobile elementer vil ein måtte førebu den underliggjande flaumvollen for slike elementer, samt tetting av grunnen for auka

grunnvasstrykk. Dette kan vera ei kostnadseffektiv løysning, men den krev etablering av eit lager for slike elementer, samt monteringskapasitet som svarar til flaumstigninga i vassdraget.

Enkelte bygg kan også sikrast ved å byggja om mur og golv slik at desse utgjer ein vastsett konstruksjon. Vindauger og dører kan utrustas med tettingsrammer og blokkerande plater som vert monterte ved flaum. Slike løysingar er spesielt gunstige for tetting av kjellarar.

Kva løysingar som bør veljast vil avhenga av grunnforhold. Det må utførast detaljerte grunnundersøkingar som kartlegg permeabilitet. Vidare må det gjennomførast pumpeforsøk, og det må takast prøver av massane med sjaking og prøveboring. Laserdata vil gje eit godt nok terrenggrunnlag for forprosjektering.

### Flaumnivå

I rekneeksempelet har me nytta kote +53 som dimensjonerande flaumhøgde. Dette skal svare til 200-årflaum med 40 prosent klimapåslag. I vasslineutrekningane stig vasstanden i Vosso rundt ein meter frå profil 1 ved Vangsvatnet og opp forbi jernbanebrua. Høg vasstand i Vangsvatnet vil endra hydraulikken oppstrøms, og føra til oppstuving ved bruene. Dimensjonerande vasstand ved Hardangervegen er sett til kote +54. Under slike tilhøve har ein kanskje også vatn inn mot sentrum langs Hardangervegen- Uttrågata. Dette bør detaljstuderast i ein hydraulisk modell basert på betre kartgrunnlag under vatn.



Figur 5-1: Figuren viser ni sikringselement. Desse er skjematisk teikna for å gje eit innblikk i sikringskostnad. Alle løysningane er kostnadsrekna på same vis for å få sikra at dei kan samanliknast.

Tabell 5-12. Sikringselementer

Sikringselement	Lengde [m]	Terrenghøgder i trasé [moh]		
		Lågaste terreng	Høgaste terreng	Gjennomsnittleg terreng
Park hotell	289	49.4	53.6	50.9
Fleischer	123	52.0	54.8	52.9
Kulturhuset	235	50.0	55.0	52.2
Prestegardsalleen	601	49.5	54.0	50.8
Gjernesvegen	750	51.0	54.0	52.2
Lekvemoen	300	47.0	57.0	50.0
Hardangervegen 6	92	51.0	53.9	51.9
Elvegata	118	51.0	55.5	51.8
Idrettshallen	274	50.0	54.0	51.2

Om flaumvollane kombinerast med andre tiltak, eller det verte valt å sikre for 200-årsflaum utan klimapåslag, vert naudsynt sikringnivå lågare. Eit eksempel med sikring opp til kote 51,5 er omtala under «landskap».

### **Kulturhuset**

Kulturhuset kan truleg sikrast mot direkte flom ved hjelp av ein voll eller mur. Den vil vera høgast i sørøstre hjørne. Flaumskade som ikkje skyldast direkte oversvømmelse, kan reduserast med utvendige pumpebrunnar, men for delar av bygget må det vurderast å tetta ytterligare, opp til ny dimensjonerande flaumhøgde (kinosalen er allereie sikra opp til dimensjonerande flaumhøgde).

Nivået på Utrågata ligg ikkje langt under kote +53. Det kan vera gunstig å heve veggen, ikkje berre der flaumsikringa kjem inn, men i større parti.

### **Fleischer**

Hotellet sin fyrste etasje, eller kjellar, ligg under kote 53. Bygget fekk ikkje direkte skade i 2014 (men det gjorde motelldelen lenger nede). Her er det relativt lite som skal til for å hindra direkte flaumskade. Truleg er det ein mur eller tetting av eksisterande bygg som er aktuelt. Slik sikring bør uansett omfatta ein pumpebrønn.

### **Park Hotell**

Store deler av kjellar/underetasje ligg utsett til. Voll, eventuelt i kombinasjon med mur kan truleg liggja som heva gangveg rund bygget. Tetting av grunn og pumpestasjon.

### **Prestegardsalleen**

Gangvegen vert heva, og kan liggja med slake opp- og nedstraums sider eller med mur/oppstramma sideskråningar. Sikringsområdet er her stort, og vanskeleg å avgrense. Tetting av grunn og pumpestasjonar.

### **Idrettshallen**

Sikring av idrettshallen heng saman med sikring frå Prestegardsalleen, men bør vera ei eiga sikringscelle.

### **Gjernesvegen**

Dette er ein lang strekning aust for Vosso som skal sikra mange bustader. Veggen bør hevast. Alternativt kan det leggjast mur på yttersida. Grunnen må sikrast mot gjennomstrøyming, og pumpeanlegg må byggjast.

**Lekvemoen**

Bustadområde vest for Vosso, næringsbygg nord for Hardangervegen. Også her vert det føreslått å nytta veggen som sikringsområde. Nivå og skadepotensial opp mot jernbanen må sjekkast for å kunne plassere sikring. Grunnen må sikrast mot gjennomstrøyming, og pumpeanlegg må etablerast.

**Elvegata**

Bustadblokk med kjellar som er utsett for flaum. Hydraulikk, flaumvasstand må undersøkast i høve til skadepotensialet i fyrste etasje.

**Hardangervegen 6**

Her er det plass til å byggja voll mellom Hardangervegen og jernbanefylling. Kjeller/underetasje med bustader fekk direkte skade under flaumen i 2014. Nivå for skadepotensial på neste etasje må undersøkast.

**5.18.2 Skadereduksjon**

Bygging av flaumvoll vil hindra oversvømmelse for bygga som ligg innanfor, men ikkje påverka flaum elles i vassdraget.

**5.18.3 Konsekvensar for biologisk mangfald****Naturvernområder**

Tiltaket påverkar ikkje naturvernområder.

**Naturtyper**

Tiltaket har ingen effekt på naturtypar som er registrerte i Naturbase. Lauvtre i Prestegardsalléen vil truleg måtte fjernast i samband med tiltaket. Det er ikkje slått fast om desse kan ha verdi som naturtype.

**Vassdragstilknytta vilt**

Liten eller ingen konsekvens.

**Anadrom fisk**

Generelt er flomvollar negative for laksefisk, då dei hindrar oversvømming av flatare areal, og tvingar vatnet til å halda seg i det normale elveleiet. I dette tilfellet er det skissert flaumvollar med en stor avstand til elv og vasskant. Det oversvømte området opp til flaumvollene er rekna som tilstrekkelig for å verna fisk i flaumsituasjonar. Dei negative konsekvensane for fisk er såleis vurdert som marginale.

**5.18.4 Konsekvensar for landskapsbiletet**

Den mest synlege delen, langs Prestegardsalléen, er omtala her. Flaumvollen er lagt til ferdslinjer mellom bygg innanfor og friareal utanfor. Friarealet (kote 48,5+) ligg for det meste heva i høve til vatnet (kote 45,4), med ein høgdeskilnad på rundt tre meter. Denne høgdeskilnaden er bygd opp i stein, og med ein brattare skråning. Mot nord ligg ei ganglinje inn mot skråninga, med eit rundt 17 meter breitt grøntareal som tek opp ytterlegare 1,5 meter høgdeskilnad opp til veggen langs Park hotell (kote 50). Mot aust ligg det ein gangveg på tilsvarande høgde, med offentlege bygg som skule og tinghus samt ein campingplass innanfor.

**Prestegardsalléen til kote 53,2**



Vollen er tenkt heva med 3,2 meter i høve til eksisterande gangveg på kote 50. Det er godt med rom ut mot vatnet, og noko meir begrensa plass bygga. Vollsida mot aust vil bli mindre eksponert, og ligg tettare på bygg. Denne kan vere meir konstruert i uttrykket, og er tenkt lagt med brattare helling, eller i kombinasjon med mur. Ved behov kan ganglinja trekkast mot vatnet for å få nok plass mot aust. Den mest eksponerte sida, ut mot vatnet, bør få ei slak helling for at terrengformasjonen skal bli mindre markant. Det vil vera naudsynt å flytta enkelte aktivitetar. Det kan også bli naudsynt å leggja vegen rundt bygget som ligger lengst sør langs vollen si vestsida.

Slake skråningar vil leggja beslag på ein del av dagens flatare areal. Skråningane vil verta vestvendte, og liggjande godt til med omsyn til både sol og utsikt. Landskapsrommet har ein skala som tåler inngrepets sin størrelse, og med ei godt gjennomtenkt løysing vil vollen harmonera godt med det andre landskapet (Her kan ein sjå for seg ulike løysningar og kombinasjonar av voll, slak skråning og murar som kan ta opp i seg ulike kvalitetar). Landskapsverdien treng med andre ord ikkje å bli vesentleg redusert.



Figur 5-2 Eksisterande situasjon inn mot Vossevangen. Foto: Gunnar Bergo



Figur 5-3 Illustrasjonen viser den visuelle effekten av ein voll som er trekt ut mot vatnet, og med ein skråning på rundt 1:3 ned mot det flate friluftsarealet.



***Prestegardsalléen til kote 51,5***

Med vollhøgda moderert til 1,5m i høve til eksisterande gangveg vil vollen bli monaleg enklare å integrere. Dette tiltaket må kombinerast med andre tiltak dersom det skal sikre mot Q200+40%.

***Park hotell/kulturhuset til kote 53,2***

Det forlenga strekket gjev mindre tilgjengeleg rom i profilet. Flaumvollen bør leggjast til den slake skråninga mellom eksisterande gangveg på kote 48,5 og vegen over på kote 50. Flaumvollen vil då ha ein overhøgda på rundt tre meter i høve til vegen, og det kan bli aktuelt å justera veglinjene enkelte stader, for å få ein akseptabelt profil over heile strekket.



*Figur 5-4 Bileta viser høvesvis eksisterande situasjon ved Park hotell (øvt), og situasjon med flaumvoll til kote +53,2 (nedst). Vollen vil hindra utsyn over vatnet for områda som ligg lågare.*



Figur 5-5 Snittet illustrerer korleis rommet mellom eksisterande veg og gangveg kan nyttast for å få på plass flaumvollen. I snittet har dette rommet ei breidde på 17 meter, som er typisk for strekket.

Som det framgår av illustrasjonen over skjermar vollen den nedre gangvegen visuelt og i høve til støy frå vegen og bygningsmassen bak. Ein kan sjå for seg ei inndeling av snittet i terrasseringer som kan ta ned høgda på skråninga og samstundes skapa nye spanande rom med godt utsyn over vatnet og skjerming i høve til vegen.



Figur 5-6 Illustrasjonen viser ein voll trekt vidare mot vest, med en steinmur nedfor. Steinkanten harmonerer med eksisterande steinmur mot vatnet.

### **Park hotell/kulturhuset til kote 51,5**

Med høgda moderert til 1,5 meter høgare i høve til veg mot nord vil vollen verta monaleg enklare å integrere. Dette tiltaket må kombinerast med andre tiltak dersom det skal sikre mot Q200+40%.

### **Samla vurdering for landskapsbilete**

Landskapet er sett saman av mange flotte element, og må seiast å vera av stor verdi. Samstundes er det eit storskala, samansett landskapsbilete som i regelen har stor tåleevne for inngrep. Flaumvollen vil føra til endringar i landskapet. Alt anna like vil desse vil vera større med ein høgare voll, som også vil hindra utsyn frå lågareliggjande områder innanfor. Samstundes vil høgdeforskjellar også kunne skapa positive variasjonar i eit elles relativt opent og flatt område. Verknadene på landskapsbiletet



avhenge elles sterkt av korleis tiltaket vert utforminga. Endringane vil kunne få positive og negative konsekvensar, avhengig av om ein klarar å skape eit harmonisk anlegg. Med god utforming, i harmoni med landskapet kan tiltaket som her er skissert faktisk opplevast som positive for landskapsbiletet.

#### **5.18.5 Konsekvensar for samfunn og andre miljøtema**

##### **Kulturminner**

Alle dei fire alternativa ligg innanfor området i Voss sentrum som er registrert i Nasjonale interesser i by. Den kortaste varianten ligg rundt 25 meter frå sikringssonen til Voss Kyrkjestad, som er eit automatisk freda kulturminne.

##### **Friluftsliv**

Vollane går gjennom eit friområde. Effekten for området vil avhenge av utforminga av vollen, men kan potensielt bli positiv, gitt god landskapsmessig utforming og skjerming mot trafikken i sentrumsområdet.

Tiltaket vil ikkje vere negativt for bruken av vassdraget til vassport.

##### **Jordbruk**

Tiltaket har ikkje konsekvensar for jordbruk.

##### **Vassforsyning**

Bygging av flomvollar vil ikkje redusera innmatinga av grunnvatn til lausmassebrunnane på vollen. Det må vurderast nærare om vasskvaliteten kan verta påverka.

#### **5.18.6 Kostnadsoverslag**

Dei lokale flomsikringstiltaka ved Vossevangen er kostnadsrekna til 73 millionar kroner. Sjå vedlegg (D) for nærmare omtale av kostnader. Tala er basert på erfaring frå fleire liknande prosjekt.

#### **5.18.7 Avgrensingar for gjennomføring**

Det må avklarast om tiltaket krev konsesjon etter Vassressurslova.

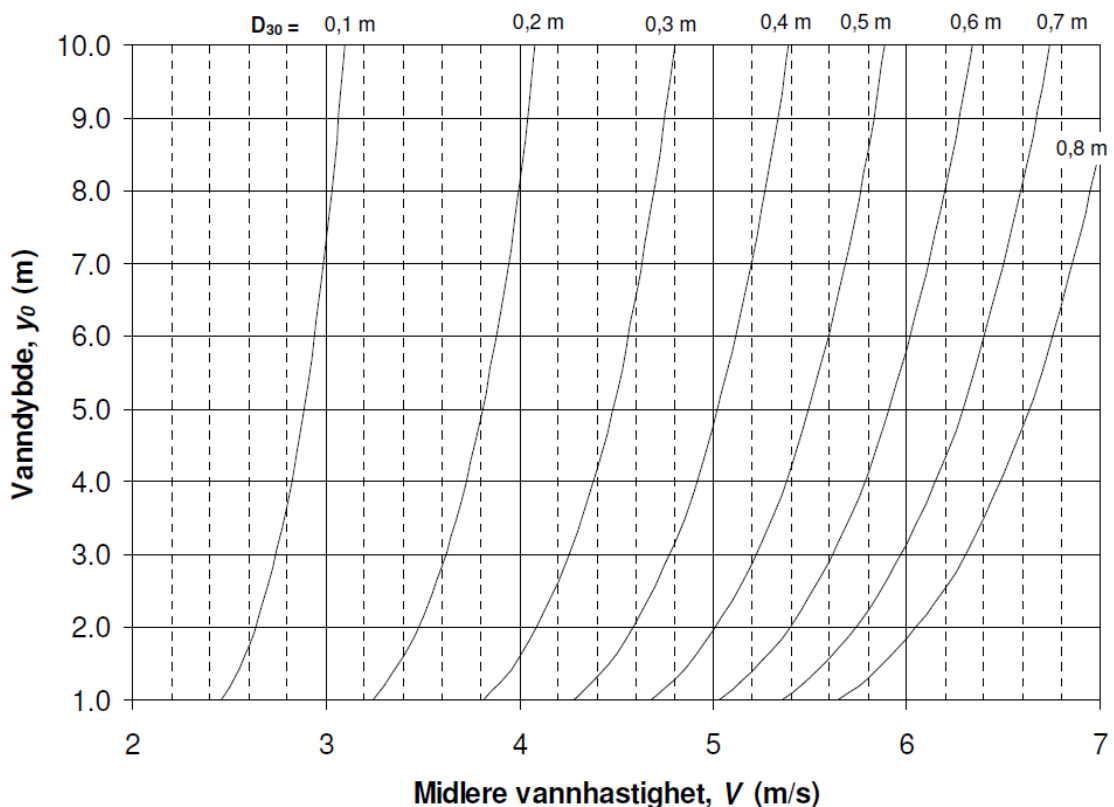
### 5.19 Tiltak 16: Masseuttak i Vosso ved Evanger

Masseuttak i Vosso ved Evanger har blitt føreslått, men dette er allerede planlagt utført av NVE.

### 5.20 Tiltak 17: Erosjonssikring i elv ved Vossevangen

Dette tiltaket omfattar plastring av deler av elveløpet for å redusere faren for erosjon langs elvebreidda.

Senking av Vangsvatn (tiltak 4 til 6) kan resultere i stor fart i Vosso etter samløpet mellom Raundalselvi og Strondaelvi. Den hydrauliske modellen gir hastigheter på over seks meter per sekund ved jernbanebrua, og opp mot fem meter per sekund lenger nede i elva. For å hindra erosjon og utgraving, vert det rådd til å plastra austsida av elveløpet. Naudsynt steinstørrelse er  $D_{30}=0,5-0,7$  meter.



Figur 5-7. Stabil steinstørrelse for ulike vassdjubder og -hastigheiter.

### 5.21 Tiltak 18: Ulike endringar/inngrep i Lilandsosen

Tiltak 18 er tiltak i Lilandsosen for å redusera oversvømmelse ved Vossevangen. Ein kan sjå for seg tre alternativ:

- a) Utsprenging av utløpet og permanent senking av Vangsvatn
- b) Som a), men med luker i utløpet, slik at minstevassstand vert helde ved normal vassføring. Senking berre ved flaum.
- c) Ikkje senking av terskelen, men auka kapasitet ved høge vassføringar. Dette gjev mindre demping i Vangsvatn, og dermed større flaumtoppar nedstraums.

Uansett alternativ ser det ut til at arbeidet må bli relativt omfattande, da djubda må aukast med fleire meter, og det ikkje er noko klart kontrollerande snitt i utløpet av vatnet. Det er altså mulig at ein må sprengja ut over eit strekk på over ein kilometer. For tiltak c) ser det ut til å ha ein effekt å flytta/fjerna eksisterande jernbanebru som ligg rundt 700 meter nedstraums utløpet av Vangsvatn. For å finna det faktiske omfanget og effekten av tiltaket, er det naudsynt å etablere ein meir nøyaktig hydraulisk modell enn den som har vore tilgjengeleg for denne rapporten, basert på gode oppmålingar av terrenget under vassoverflata, som igjen kan kalibrerast mot oppmålte vasslinjer gjennom kanalen.

Det er i denne omgang vurdert at andre tiltak, (som tiltak 6) vil gje større flaumdempende verking med færre negative konsekvensar.



## 6 Samanstilling av moglege flaumskadereduserende tiltak

### 6.1 Oversikt over enkelttiltak

Tabell 6-1. Oversikt over tiltak

Tiltak	Flaumreduserande effekt	Miljø	Byggekostnad	Nytte/kostvurdering
1 Flaumtunnel Reime-Ulvik	200 m <sup>3</sup> /s: Reduksjon 270 m <sup>3</sup> /s ved Vangsvatn og 220 m <sup>3</sup> /s ved Evangervatn.  400 m <sup>3</sup> /s: Reduksjon 400 m <sup>3</sup> /s ved Vangsvatn og 290 m <sup>3</sup> /s ved Evangervatn.	Flaumtunnel utan kraftverk kan verte positivt for landbruk, og ha små/moderate negative verkningar for biologisk mangfold om ein iverksett fleire avbøtande tiltak mellom anna for fisk. Større negative konsekvensar for biologisk mangfold, friluftsliv/reiseliv og mogleg også vassforsyning om det vert bygd kraftverk.	200 m <sup>3</sup> /s: 570 MNOK  400 m <sup>3</sup> /s: 745 MNOK	Positiv med kraftverk  Negativ uten kraftverk
2 Flaumtunnel Reime-Granvin	200 m <sup>3</sup> /s: Reduksjon 270 m <sup>3</sup> /s ved Vangsvatn og 220 m <sup>3</sup> /s ved Evangervatn.  400 m <sup>3</sup> /s: Reduksjon 400 m <sup>3</sup> /s ved Vangsvatn og 290 m <sup>3</sup> /s ved Evangervatn.  Kan og redusere flaumskadar ved Granvinvatn.		200 m <sup>3</sup> /s: 500 MNOK  400 m <sup>3</sup> /s: 610 MMNOK	Positiv med kraftverk  Negativ uten kraftverk
3 Flaumtunnel Bjørke-Granvin	200 m <sup>3</sup> /s: Reduksjon 270 m <sup>3</sup> /s ved Vangsvatn og 230 m <sup>3</sup> /s ved Evangervatn.  400 m <sup>3</sup> /s: Reduksjon 450 m <sup>3</sup> /s ved Vangsvatn og 380 m <sup>3</sup> /s ved Evangervatn.		200 m <sup>3</sup> /s: 720 MNOK  400 m <sup>3</sup> /s: 1060 MNOK	Truleg negativ
4 Flaumtunnel Vangsvatn- Fykkesund	200 m <sup>3</sup> /s: Reduksjon 280 m <sup>3</sup> /s ved Vangsvatn og 230 m <sup>3</sup> /s ved Evangervatn.  400 m <sup>3</sup> /s: Reduksjon 480 m <sup>3</sup> /s ved Vangsvatn og 430 m <sup>3</sup> /s ved Evangervatn.	Som tiltak 1, men noko mindre negativt for friluftsliv/reiseliv og vassforsyning.	200 m <sup>3</sup> /s: 880 MNOK  400 m <sup>3</sup> /s: 1125 MNOK	Truleg negativ
5 Flaumtunnel Vangsvatn- Bolstadfjorden	200 m <sup>3</sup> /s: Reduksjon 280 m <sup>3</sup> /s ved Vangsvatn og 230 m <sup>3</sup> /s ved Evangervatn.  400 m <sup>3</sup> /s: Reduksjon 480 m <sup>3</sup> /s ved Vangsvatn og 430 m <sup>3</sup> /s ved Evangervatn.		200 m <sup>3</sup> /s: 1035 MNOK  400 m <sup>3</sup> /s: 1400 MNOK	Negativ
6A Flaumtunnel Lilandsosen og Evangervatn- Bolstadfjorden	200 m <sup>3</sup> /s: Reduksjon 280 m <sup>3</sup> /s ved Vangsvatn og 230 m <sup>3</sup> /s ved Evangervatn.  400 m <sup>3</sup> /s: Reduksjon 480 m <sup>3</sup> /s ved Vangsvatn og 430 m <sup>3</sup> /s ved Evangervatn.  Berre liten flaumreduksjon på strekningen mellom Lilandsosen og Evangervatn	Truleg moderate konsekvensar for biologisk mangfold om avbøtande tiltak vert sett i verk. Positivt for landbruk. Små eller inga konsekvensar for friluftsliv/reiseliv.	200 m <sup>3</sup> /s: 125 + 170 MNOK  400 m <sup>3</sup> /s: 250 MNOK + 340 MNOK	Øverste tunnel usikker  Nederste tunnel truleg negativ

Tiltak	Flaumreduserande effekt	Miljø	Byggekostnad	Nytte/kostvurdering
6B Flaumtunnel Vangsvatn- Evangervatn og Evangervatn- Bolstadfjorden	200 m <sup>3</sup> /s: Reduksjon 280 m <sup>3</sup> /s ved Vangsvatn og 230 m <sup>3</sup> /s ved Evangervatn.  400 m <sup>3</sup> /s: Reduksjon 480 m <sup>3</sup> /s ved Vangsvatn og 430 m <sup>3</sup> /s ved Evangervatn.		200 m <sup>3</sup> /s: 330 + 170 MNOK  400 m <sup>3</sup> /s: 250 MNOK + 340 MNOK	Negativ
7 Flaumtunnel Myrkdalsvatn- Arnafjord	Reduksjon ca. 130 m <sup>3</sup> /s	Ikkje utgreia	Ca. 800 MNOK	Negativ
8 Utløp Myrkdalsvatn	Reduksjon ca. 30 m <sup>3</sup> /s	Ikkje utgreia	Ikkje berekna	Usikker
9 Skreiovatn	Reduksjon < 10 m <sup>3</sup> /s	Ikkje utgreia	Ikkje berekna	Usikker
10 Oppheimsvatn	Reduksjon ca. 70 m <sup>3</sup> /s. Aukar flaumar i Nærøydalen.	Ikkje utgreia	Ca. 80 MNOK	Negativ
11 Utløp Lønavatn	Reduksjon ca. 70 m <sup>3</sup> /s.	Ikkje utgreia	Ikkje berekna	Usikker
12 Overføringer oppstraums i Raundalen	Reduksjon ca. 120 m <sup>3</sup> /s.	Konflikt med viktige friluftsområder.	Ca. 700 MNOK	Positiv med kraftverk
13 Overføring Slonadalsvatn	Reduksjon ca. 40 m <sup>3</sup> /s	Ikkje utgreia	Ca. 150 MNOK	Positiv med kraftverk
14 Utløp Slonadalsvatn	Reduksjon ca. 30 m <sup>3</sup> /s	Ikkje utgreia	Ikkje berekna	Usikker
15 Flaumvoller Vossevangen	Bebyggelse på Vossevangen unngår oversvømmelse ved Q200+40%.	Små konsekvensar. Kan verte positivt for landskap. Usikkert om vasskvalitet kan verte negativt påverka.	73 MNOK	Positiv
16 Masseuttak Evanger	Mindre oversvømmelse frå elva ved Evanger	Ikkje utgreia	-	Skal gjennomføres av NVE
17 Erosjonssikring i elv ved Vossevangen	Redusere fare for utrasing	Ikkje utgreia	Ikkje berekna	Truleg positiv
18 Senke kanal Lilandsosen	Potensielt tilstrekkelig reduksjon av vannstand i Vangsvatn	Ikkje utgreia	Usikker	Usikker

## 6.2 Forenkla nytte/kost-vurdering

Ein full nytte/kost-analyse med NVE sine standardverktøy for kvart enkelt tiltak ligg utanfor arbeidsomfanget som er dekkja i denne rapporten. I staden presenterar me her eit overslag for nåverdien av nytta knytt til tiltak som gjer at ein 200-årsflaum kan førast gjennom vassdraget utan nemneverdig skade. Ved å samanhalde denne nytta med nåverdien av kostnadene ved tiltaket kan ein få ein peikepinn om tiltaket er klart samfunnsøkonomisk lønsamt (kostnadene klart mindre enn nytteverdien), usikkert (kostnader rundt nytteverdien), eller problematisk (kostnader klart over nytteverdien). Dei tiltaka ein måtte ynskje å gå vidare med må underleggjast ein full nytte/kost-analyse om det skal gjevast offentleg tilskot.

### 6.2.1 Om nytte/kost-analysar

Retningslinjene for nytte/kost-analyser av tiltak mot naturfare (og andre offentlege investeringar) er gjevne av Direktoratet for økonomistyring. Dei to sentrale dokumenta er «Veileder i samfunnsøkonomiske analyser» (DFØ, 2014), og Finansdepartementet sitt rundskriv R109/2014: «Prinsipper og krav ved utarbeidelse av samfunnsøkonomiske analyser mv» (FD, 2014).

Desse dokumenta gjev føringar på metode, rekneperiode, diskontering, kalkulasjonsrente, verdsetjing av liv med meir. Metodikken baserer seg på at nytte og kostnader vert referert til eit felles tidspunkt, gjerne tidspunktet då investeringsavgjer må takast eller ferdigsetjingstidspunktet. Framtidige nytte og kostnader vert så diskontert til dette tidspunktet med ei kalkulasjonsrente som er sett av Finansdepartementet. Kalkulasjonsrenta er i dag fire prosent per år for dei fyrste 40 år, tre prosent frå 40 til 75 år, og to prosent etter dette. Diskonteringsprinsippet fører til at nytte og kostnader i nær framtid får større vekt enn dei som ligg langt inn i framtida. Rekneperioden vert gjerne tilpassa venta levetid for tiltaket.

Dei største utfordringane er knytt til fastsetjing av nytteverdi. Kostnadene ved eit tiltak er som regel nokså greia å estimere, ved flomsikring er det planlegging- og byggekostnader som ligg i nær framtid, og drift og vedlikehaldskostnader som strekker seg over heile perioden, men som regel er dei siste monaleg mindre enn byggekostnadene. Nyten kjem som redusert skade over berekningsperioden, og er knytt til store hendingar som vi ikkje veit når eller om vil skje. Dette vert forsterka ved klimaendringar – me reknar sannsyn ut frå historiske dataseriar, men klimaendringane vil venteleg endre desse gjennom rekneperioden. Prinsippet vert i alle høve at skadehendelsar som er mindre enn dimensjonerande vernnivå vert vekta med sannsynet for at dei skal finna stad i rekneperioden, og så diskontert til ein nåverdi. For flaum kan ein få mange hendingar av ulik storleik, og analysen baserer seg då på at ein etablerer ein samanheng mellom skade og sannsyn, ein fordelingsfunksjon for skade, og legg denne til grunn for nytterekningane.

Metoden over gjeld prissette kostnader og nytte. I tillegg har me ikkje-prissette element. Dette er gjerne miljø, friluftsliv, helse, samfunnsseffektar og kulturminne. Verdien av liv er derimot ein prissett konsekvens, Finansdepartementet har sett verdien av eit statistisk liv til 30 mill. 2012-kroner<sup>52</sup>.

### 6.2.2 Kva for flaumstorleik er dimensjonerande?

I prinsippet kan ein dimensjonere sikringstiltak berre gjennom nytte/kost-analyse, ved at ein vel det alternativet og det dimensjoneringsnivået som gjev størst samfunnsøkonomisk nytte. For nybygg er det likevel eksterne føringar gjennom Byggteknisk forskrift (TEK10)<sup>53</sup>. Her er kravet til bygg i

<sup>52</sup> [https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/fin/vedlegg/okstyring/rundskriv/faste/r\\_109\\_2014.pdf](https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/fin/vedlegg/okstyring/rundskriv/faste/r_109_2014.pdf)  
<sup>53</sup> (Direktoratet for byggkvalitetet, 2016)

tryggleiksklasse for flom F2, som famnar om dei fleste bygg der det bur folk, skal vere sikra mot flaum med 200-års gjentaksintervall.

### 6.2.3 Kva med klimaendringar?

TEK10 er ikkje veldig spesifikk når det gjeld klimaendringar, ut over det at ein skal ta omsyn til framtidige klimaendringar. NVE har i sine retningslinjer for flaum og skredfare i arealplanar<sup>54</sup> fylgjande formulering «Langs vassdrag der klimaframskrivingane tyder på at flaumvassføringa vil auke meir enn 20 % dei neste 100 åra, bør framtidige flaumhøgder leggst til grunn ved avgrensing av fareområde i arealplanlegging og utbygging». I denne samanhengen er det vist til NVE-rapporten «Hydrological projections for floods in Norway under a future climate»<sup>55</sup>. Denne er nyleg avløyst av NVE-rapporten «Klimaendringar og framtidige flommer i Norge»<sup>56</sup>. Her er det gjeve fylgjande tilråding for klimapåslag:

- 40 prosent auking – Alle elver i Møre og Romsdal, Sogn og Fjordane og Hordaland som ligger i nærleiken av og har hovuddelen av nedbørfeltet i områder der resultatane gir ei auking på 41–60 prosent.
- 20 prosent auking – Alle andre større nedbørfelt i heile regionen.

Klimapåslaget gjeld for vassføring ved 200-årsflaum, og gjeld perioden 2071-2100 samanlikna med 1971-2000. Tala er basert på utsleppsscenarioet RCP 8.5. Endringane for Vossavassdraget (Bulken) er i same rapport rekna til 35 prosent, med ei spreieing (10 til 90 persentil) på 26 til 59 prosent. I fylgje tilrådingane skulle dermed Vossavassdraget strengt sett hamna i 20-prosent-kategorien. I tabellane i nemnde rapport er vassdraget likevel sett i øvste kategori. Klimakoordinator i NVE gjev same tilråding, ut frå at utrekningane gjev resultat som ligg svært nær 40 prosent, og at spreieinga er så stor<sup>57</sup>.

Dette gjev store utslag. Historisk 200-års flaum ut frå Vangsvatnet er 780 m<sup>3</sup>/s, med vasstand 51.1. Dimensjonerand flaum for klasse F2 utan tiltak vert då 1 100 m<sup>3</sup>/s med vasstand 53.2<sup>58</sup>.

I denne samanhengen kan det nemnast at i klimarapporten<sup>59</sup> er den historiske perioden sett til 1971-2000, medan den reviderte from analysen for Vosso<sup>60</sup> som endar opp med 780 m<sup>3</sup>/s som 200-årsflaum er det sett på heile perioden, inkludert 2014-flaumen og to andre store flaumar på 2000-talet. Konsulenten har ikkje gjort nokon analyse for 1971-2000, men i ei tidlegare flaumanalyse for Bulken<sup>61</sup> utan desse flaumane hamna 200-årsflaumen på 660 m<sup>3</sup>/s. I 2015 vart denne analysen forkasta, då den ga urealistisk høgt gjentaksintervall for 2014-flaumen, men det er verdt å hugse at 2014-flaumen er nesten 30 år inn i klimaperioden 1971-2000 til 2071-2100. Det gjev store utslag om ein nyttar 660 eller 780 m<sup>3</sup>/s som basis for klimapåslaget. Dimensjonerande vasstand i Vangsvatnet ville gå ned med éin meter. I denne rapporten held vi oss til dei nyaste tala, altså frå 2015-rapporten.

### 6.2.4 Nullalternativet

Nullalternativet, det å ikkje gjere spesielle tiltak mot flaum, har store kostnader for samfunnet og den einskilde innbuar i flaumutsette områder. Flaumar over 40-årsflaumen, vasstand 49.85 i Vangsvatnet, vil gje flaumskader. Ein ny «2014-flaum» vil truleg gje noko mindre skader enn i 2014, grunna sikringsarbeida som er utført på vegar, jernbane og annan infrastruktur, men skadane på bygg vil truleg

<sup>54</sup> (NVE, 2014)

<sup>55</sup> (NVE-rapport 5-2011)

<sup>56</sup> (Lawrence, 2016)

<sup>57</sup> (Hisdal, pers. medd.)

<sup>58</sup> (Holmqvist, 2015)

<sup>59</sup> (Lawrence, 2016)

<sup>60</sup> (Holmqvist, 2015)

<sup>61</sup> (Holmqvist, 2003)

vere omtrent som tidlegare. Det største problemet for Vossasamfunnet vil truleg vere at ein bandlegg all nybygging opp til kote 53.2. Dette har store konsekvensar for tettstadutviklinga på Vossevangen, og vil påføra grunneigarar store verditap. I ein detaljert nytte/kost-analyse vil dette kome inn som ein nytteverdi for flaumtiltaka.

*Eit rekneeksempel:*

I kapittel 1.3 har me estimert skadane ved 2014-flaumen til rundt 350 millionar kroner. Denne flaumen er ein 200-års flaum i høve til historiske data. No er det allereie utført ein del sikringstiltak som vil redusere skadane ved tilsvarande flaum i dag, men skadevurderingane manglar ein del element, som risiko for tap av liv og bandleggingskostnader, så i denne samanhengen let me dei representere 200-årsflaumen. NVE estimerer som nemnt at 200-års flaumen vil auka med om lag 40 prosent frå perioden 1971-2000 til perioden 2071-2100. Dersom eit tiltak er ferdigstilt i 2020 så vil 25 år inn i rekneperioden på 80 år vere nær tyngdepunktet i diskonteringskurven ved fire prosent kalkulasjonsrente, så me ser på 2045 som eit representativt tidspunkt. Det vil seie at 2014-flaumen då har eit gjentaksintervall på rundt 50 år. 200-års-flaumen med 40 prosent klimapåslag vil ha eit gjentaksintervall på rundt 250 år. Skadane ved ein slik flaum er ikkje rekna ut i detalj, fire gonger så mange bygg som i 2014 vil verta råka. Då må ein rekna med at skade vil verta langt større enn fire gonger dei ein såg i 2014, sidan mange fleire bygg vil få vatn inn i fyrste etasje. Tentativt set me i dette eksempelet skadane til seks gonger 2014-skadane, altså 1.4 milliardar. Vasstanden der ein fyrst vil sjå skade reknar me til 49.85 i Vangsvatnet, tilsvarande rundt 630 m<sup>3</sup>/s vassføring i Lilandsosen. Dette tilsvarer i dag ein 40-årsflaum. I 2045 antek me at det tilsvarer ein femårsflaum. Desse tre punkta gjev oss tre punkt på skadefordelinga. Førebels utrekningar tyder på at nåverdi av nytte ved redusert skade kan vere i størrelseorden 300 millionar kroner, men dette må etterprøvast med ein detaljert analyse der ein går nærare inn i:

- Tal på bygg med skadeoverslag
- Skade på infrastruktur som vegar, bruer, vassforsyning og straumforsyning
- Erosjonsskadar, undergraving av bygningar og fare for tap av liv
- Arealtap og arealbindingar

Det skal understrekast at desse utrekningane er bygd på at vi verkeleg får ein så sterk klimaendring som føreset fram mot 2100. Dersom denne analysen var gjort på tradisjonell måte, med føresetnaden om at dei historiske flaumsannsyna også vil gjelde i rekningsperioden, vert resultatet eit heilt anna – nytteverdien fell til 65 millionar. Grunnen er at i dette scenariet er skadeflaumar som den i 2014 mykje sjeldnare.

### 6.3 Diskusjon

Dei tiltaka som er utgreidd nærare kan delast i tre hovudgrupper:

- Overføringar ut av feltet i Raundalen oppstraums Vangsvatnet (tiltak 1, 2, 3)
- Tiltak som aukar kapasiteten ut av Vangsvatnet (tiltak 4, 5, 6, 6B)
- Lokale flaumverntiltak (15, 16, 17).

Desse har ulik kostnad (sjå tabell 6-1), men det er også noko skilnad i funksjon. Uttaka i Raundalen gjev flaum- og erosjonsvern også i nedre del av Raundalselvi. Totaleffekten av desse tiltaka er avgrensa, då dei berre tek vatn ut av delar av feltet.



Auka kapasitet ut av Vangsvatnet kan i prinsippet dimensjonert til å ta alle flaumar, men det er klart ei kostnadsside ved det. Bortsett frå ein viss effekt frå Vangsvatnet og oppover mot samløpet Strondaelv-Raundalselv har det ingen flaumdempende verknad i Raundalselvi. Dette fører til at ein kan få større fall i nedre del av elvane inn mot Vangsvatnet, og med det større fart på vatnet og auka fare for erosjon. Størst grunn til uro i denne samanhengen er det for strekninga frå samløpet Strondaelv-Raundalselv og ned, men i prinsippet gjeld det også dei andre tilløpselvane.

Dei lokale tiltaka som er omhandla her har berre lokal verknad og lokale effektar. Lokalt flomvern for Vossevangen er eit massivt tiltak som er svært synleg og vil ha merkbare effektar på tettstadmiljøet. Utforminga er svært viktig. Her har ein eksempel frå anna flomverk for tettstader, som Mjøndalen (under detaljplanlegging) og Kongsberg. Dei andre tiltaka er lite synlege i landsskapsmiljøet, med unntak for eventuelle massedeponi. Generelt har flaumtunnelane små miljø- og samfunnsmessige konsekvensar. Det er kortvarig driftstid og nokså avgrensa vassmengder det er snakk om, så bortsett frå store flaumar er det svært små endringar i vassføring og Vasstand samanlikna med naturlege variasjonar.

Det stiller seg annleis med kraftutbygging kobla til flomtunnelane. Desse prosjekta vil gje heilårleg verknad på vassføringa nedstraums. Kor stor denne vil vere heng saman med kva driftsstrategi som vert nytta. Av den grunn har det ikkje vore mogeleg å gå detaljert inn på konsekvensane av tiltaka kombinert med kraftverk. Hovudutfordringane her ligg på omsynet til anadrom fisk og rafting/padling.

Den største utfordringane ved tiltaka er kostnadssida. Det er ikkje gjennomført fullstending nytte/kostanalyse, men førebelse vurderingar (kapittel **Error! Reference source not found.**) tyder på at mange av desse tiltaka vil slite med å hamne på plussida når det kjem til samfunnsøkonomisk nytte. Dette er ein føresetnad for å få offentleg støtte.

## 7 Referansar

- Bergo, G. (2001). *Myrkdalsdeltaet. Konsekvensar av senking av Myrkdalsvatnet og biotopjusteringar i deltaområdet*. NVE.
- Bergo, G. (2012). *Viltet i Vosso*. Voss kommune og Fylkesmannen i Hordaland.
- COWI. (2014). Oppdatering av enhetskostnader i nyttekostnadsanalyser.
- Dannevig, H., Groven, K., & Aall, C. (2016). *Oktoberflaumen på Vestlandet i 2014*. Vestlandsforskning. Sogndal: Naturfareprosjektet.
- DFØ. (2014). *Veileder i samfunnsøkonomiske analyser*. Oslo: Direktoratet for økonomistyring.
- Direktoratet for byggkvalitetet. (2016). *Byggteknisk forskrift (TEK10)*. Henta frå DIBK: <https://dibk.no/byggeregler/tek/>
- FD. (2014). *Prinsipper og krav ved utarbeidelse av samfunnsøkonomiske analyser mv*. Oslo: Finansdepartementet.
- H. f. (2008). *Områder for friluftsliv. Kartlegging og verdsetting av regionalt viktige område i Hordaland*.
- Håheim, J. (2014). Flaumen 28.10.14 Oppsummering - vassdragskartlegging. Voss: Voss kommune.
- Håheim, J. (2015). Flaum i Voss- presentasjon på VA-dagane på Vestlandet.
- Hisdal, H. (pers. medd., 11 11). Om klimapåslag for Vosso og Opo. Telefonsamtale 11.11.2016. *Om klimapåslag for Vosso og Opo. Telefonsamtale 11.11.2016*. NVE.
- Hodneland, E. (Pers. medd., 11 28). Pers. medd. *Statens vegvesen*.
- Holmqvist, E. (2003). *Flomberegninger i Vosso*. NVE dokument, Norges vassdrags- og energidirektorat, Oslo.
- Holmqvist, E. (2015). *Flomberegning for Vosso (062.Z). Revidert juni 2015*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.
- Hordaland. (2014, 10 30). "Katastrofe". *Hordaland*. Voss: Avis Hordaland.
- Hordaland. (2014, 11 9). *E16 open for alle*. Henta frå Hordaland: <http://www.avis-hordaland.no/nyhende/voss/e16-open-for-alle>
- Hordaland. (2014, 10 29). *Elva tok Rongavegen*. Henta frå Hordaland: <http://www.avis-hordaland.no/nyhende/voss/elva-tok-rongavegen>
- Hordaland. (2014, 11 14). Flaumen kostar kommunalt flesk. Voss: Avis Hordaland.
- Hordaland. (2014, 10 30). Heltemodig innsats redda kulturhuset. *Hordaland*. Voss: Avis Hordaland.
- Hordaland. (2014, 10 30). Straumen tilbake til dei fleste på Voss. *Hordaland*. Voss: Avis Hordaland.
- Hordaland. (2015, 6 16). Full drift på kulturhuset. *Hordaland*. Voss: Avis Hordaland.
- Hordaland. (2015, 3 5). *Nortura Evanger i fare*. Henta frå Hordaland: <http://www.avis-hordaland.no/nortura-evanger-i-fare>
- Hordaland. (2015, 4 21). *Rongavegen ferdig 1. desember*. Henta frå Hordaland: <http://www.avis-hordaland.no/nyhende/voss/elva-tok-rongavegen>
- Hordaland. (2015, 07 11). To felt på E16 ved Skorve. *Hordaland*. Voss: Avis Hordaland.
- Jernbaneverket. (2014, 11 2). *Bergensbanen opna att måndag morgon*. Henta frå Jernbaneverkets nyhetsarkiv: <http://www.jernbaneverket.no/Nyheter/Nyhetsarkiv/2014/Bergensbanen-open-att-mandag-morgon/>
- Langsholt, E., Roald, L., Holmqvist, E., & Fleig, A. (2015). *Flommen på Vestlandet oktober 2014*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.
- Lawrence, D. (2016). *Klimaendring og framtidige flommer i Norge*. Oslo: NVE.
- Midttømme, G., Pettersson, L. E., Holmqvist, E., Nøtsund, Ø., Hisdal, H., & Sivertsgård, R. (2011). *Retningslinjer for flomberegninger*. Oslo: NVE.
- NEVINA. (2016). *Nedbørfelt-Vannføring-INdeks-Analyse*. Henta frå NVE.no: <http://nevina.nve.no>
- Norges vassdrags- og energidirektorat. (2009). *Retningslinjer for dambruddsbølgeberegninger*. Oslo.
- Norges vassdrags- og energidirektorat. (2009). *Retningslinjer for dambruddsbølgeberegninger*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.
- NRK. (2014, 10 30). *Må kaste fem tonn pinnekjøtt*. Henta frå NRK-Hordaland: <https://www.nrk.no/hordaland/ma-kaste-fem-tonn-pinnekjot-1>
- NRK. (2014, 11 20). *Skader for 400 millioner etter oktoberflom på Vestlandet*. Henta frå NRK-Hordaland: <https://www.nrk.no/hordaland/over-tusen-eigedomar-skadde-i-vestlandsflaumen-1.12053549>
- NRK Hordaland. (2014, 10 30). *Store skadar etter flaumen på Voss*. Henta frå NRK Hordaland: <https://www.nrk.no/hordaland/store-skadar-etter-flaumen-pa-voss-1.12012688>
- NVE. (2014). *Flaum- og skredfare i arealplanlegging. Revidert 22. mai 2014*. Norges vassdrags- og energidirektorat. Oslo: NVE. Henta frå [http://publikasjoner.nve.no/retningslinjer/2011/retningslinjer2011\\_02.pdf](http://publikasjoner.nve.no/retningslinjer/2011/retningslinjer2011_02.pdf)
- Sælthun, N. R., Tveito, O. E., Bønsnes, T. E., & Roald, L. A. (1997). *Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag*. Oslo: NVE.
- Sande, H. T. (pers. medd., 11 24). pers. medd. Bergen.
- Undal, K. M. (pers. medd., 11 17). Flomsikring Vosso. *Personlig meddelelse, email 2016-11-17*. .

- Valved, A. S., Olsen, A.-M., Kvamme, D., Mamen, J., Kalve, L., Fagerlid, G. O., & Thorsteinsson, T. (2014). *Nedbørrapport Nord-Rogaland, Hordaland og Sogn og Fjordane 26.-29. okt. 2014*. Bergen: Meteorologisk institutt.
- Vegdirektoratet. (2014). *Konsekvensanalyser*. Statens vegvesen.
- Voss kommune. (2014, 12 02). Søknad om ekstraordinære skjønnsmidlar i samband med flaumen 28.-29. oktober 2014. *SØKNAD OM EKSTRAORDINÆRE SKJØNSMIDLAR I SAMBAND MED FLAUMEN 28.-29. OKTOBER 2014*. Voss.

## 8 Vedlegg

- A. Beskriving av vassdraget
- B. Flaumkart
- C. Skisser av tiltak
- D. Kostnadsoverslag tiltak