

---

RAPPORT

# Flomluke Sandvinvatn

---

OPPDRAKSGIVER

NVE

EMNE

Forprosjekt

DATO / REVISJON: 9. april 2018/1

DOKUMENTKODE: 10201363-RiVass-RAP-01

---



Multiconsult

Forside: Illustrasjon av prosjektert flomkanal (Hilde Bruheim Johnsborg)

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Hvis kunden i samsvar med oppdragsavtalen gir tredjepart tilgang til rapporten, har ikke tredjepart andre eller større rettigheter enn det han kan utlede fra kunden. 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**

OPPDRAAG	<b>Flomluke Sandvinvatn</b>	DOKUMENTKODE	10201363-RiVass-RAP-01
EMNE	Forprosjekt	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	<b>NVE</b>	OPPDRAAGSLEDER	Kristine Lilleeng Walløe
KONTAKTPERSON	Siss-May Edvardsen	UTARBEIDET AV	Kristine Lilleeng Walløe, Jon Magnus Amundsen, Runar Tyssebotn, Brian Glover m.fl.
		ANSVARLIG ENHET	10105070 Hydrologi

**SAMMENDRAG**

Multiconsult har på oppdrag fra NVE utarbeidet dette forprosjektet for kanal for flomavledning med tappeluken ved utløpet av Sandvinvatn. Formålet med tiltaket er å forhindre nye flomskader langs Opo-vassdraget, rundt Sandvinvatn og oppstrøms ved innløpsosen og Storelvi. Kanalen plasseres på østsiden av utløpet til Sandvinvatn, på utsiden av landkarene til eksisterende bruer. Det var tidligere foreslått å bygge kanalen i elveløpet, men dette blir vanskelig å gjennomføre, da vegbrua er fundamentert på løsmasser, og ikke vil tåle byggearbeidene tett inntil brupillarene.

Kanalen har en total lengde på 270 meter, hvorav 85 meter mudring av innløp, 70 meter betongkanal på land, 32 meter kulvert under veg og 44 meter betongkanal i elveløp. Bunnen på kanalen er lagt på kote 82, dvs. 5 meter under normalvannstand i Sandvinvatn. Multiconsult foreslår en «Obermeyerluke» i kanalen, rett nedstrøms kulverten, som kontrollerer vannføringen i kanalen. Denne typen luke driftes ved at gummibelgene blåses opp og tappes ned for å heve og senke luken. Den er fordelaktig fremfor en vanlig klappeluken i situasjoner som ved Opo der det forventes et fåtall senkninger per år. Den er plassbesparende og mindre teknisk krevende i drift og vedlikehold. Luken er utstyrt med nålestengsler foran og bak og skal møte alle krav i sikkerhetsforskriften.

Kanalen vil sørge for at flomvannstander i Sandvinvatn senkes med 0,6- 1,3 m som direkte resultat av lukens evne til å sluse flomvann ut på lavere vannstander enn dagens utløp. Dette gjelder for alle tenkelige flomstørrelser, og gjelder også for den siste kilometeren av Storelvi som i dag påvirkes av høy vannstand i Sandvinvatn. Kanalen er dermed et velegnet tiltak for å sikre eiendommer rundt Sandvinvatn og nederste del av Storelvi.

Luken er dimensjonert slik at oversvømmelser langs Opo unngås for flommer opp til 200 års gjentaksintervall, men den vil også vesentlig redusere flomskader for større og mer sjeldne flommer. Med 1-2 dagers varsel på en kommende skadeflom kan luken åpnes gradvis og sørge for forhåndstapping av Sandvinvatn. Flomtoppen langs Opo-vassdraget vil bli betydelig redusert samtidig som erosjonsfaren reduseres. Sammen med tiltak for flomvern allerede utført i regi av NVE vil flomluken forhindre en gjentagelse av 2014-skadene og gi bedre sikkerhet mot enda større flommer i fremtidens klima. Det anbefales av flomvarsling, drift og vedlikehold av luken settes bort til en av de store regulantene i Hordaland, for eksempel Statkraft som utfører de samme oppgavene i nabovassdraget Tysso.

Beregnet kostnad for flomkanalen er ca. 98 millioner kroner, men med store usikkerhetsmarginer. En stor del av kostnadene er knyttet til fangdammer og vanskelige grunnforhold. Dersom nye grunnundersøkelser viser mindre permeable masser, er det mulig at kostnadene blir lavere. Vi estimerer at den endelige sluttsummen vil ligge i området 80-115 millioner kr. Ved hjelp av NVEs nytte-kost-analyse verktøyet er det gjort omtrentlige beregninger av nytteverdien til kanalen i form av unngåtte flomskader og ulemper for samfunnet. Det estimeres en foreløpig nytteverdi (nåverdi) på ca. 40 millioner kroner med dagens klima, stigende til ca. 220 millioner kroner dersom klimaendringer medfører at flommene øker i anleggets levetid mot 2070. Perioder der veien og bruene må stenges i dag utgjør store og meget usikre poster, mange antagelser er svært usikre, og analysen bør gjøres mer grundig.

Multiconsult tar ikke stilling til om luken er et samfunnsøkonomisk tiltak eller ikke, og det er heller ikke optimalisert lukens kapasitet og driftsstrategi i samråd med NVE og kommunen. Multiconsult ser at tiltaket har et potensial for å bli bearbeidet til et flomvernstiltak som passer godt med allerede investert stabiliseringsarbeid utført av NVE.

Det foreligger noen fotomontasjer og en kartlegging av forhold for fisk og bunndyr i utløpsosen (vedlegg E). Ellers har ikke Multiconsult vurdert konsekvenser for miljø og samfunn for tiltaket, men kan vise til andre lignende konstruksjoner (for eks. Vassbygdvatn i Aurlandsvassdrag) hvor erfaringer har blitt godt dokumentert.

## INNHOLDSFORTEGNELSE

<b>1</b>	<b>Bakgrunn .....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Valg av løsning .....</b>	<b>7</b>
2.1	Målsettinger med løsningen .....	7
2.2	Valg av trasé for flomkanal .....	7
2.2.1	Utfordringer med tidligere planlagt trasé .....	7
2.2.2	Alternative traséer .....	8
2.2.3	Byggemetoder .....	8
<b>3</b>	<b>Hydraulisk modellering .....</b>	<b>10</b>
3.1	Modelloppsett .....	10
3.1.1	Terrengmodell .....	10
3.1.2	Grensebetingelser .....	10
3.1.3	Kalibrering .....	10
3.1.4	Friksjon .....	10
3.2	Kapasitetskurve .....	11
<b>4</b>	<b>Flomdemping .....</b>	<b>12</b>
4.1	Flommer .....	12
4.1.1	Flomberegninger .....	12
4.1.2	Begynnende skade .....	12
4.1.3	Observerte flomforløp .....	13
4.2	Strategien for flomdemping .....	13
4.3	Routing av flommer .....	15
4.3.1	Magasinkurve .....	15
4.3.2	Routing av 10-årsflom .....	16
4.3.3	Routing av 50-årsflom .....	17
4.3.4	Routing av 100-årsflom .....	18
4.3.5	Routing av 200-årsflom .....	19
4.3.6	Routing av 200-årsflom +40% klimapåslag .....	20
4.3.7	Routing av 1000-årsflom .....	21
4.3.8	Sammenstilling av resultater .....	22
4.4	Vannstand og vannføring for andre situasjoner .....	22
4.4.1	Kortere varslings tid .....	22
4.4.2	Lukesvikt og lukebrudd .....	23
4.5	Potensiell skadereduksjon .....	24
4.5.1	Redusert vannstand oppstrøms Sandvinvatn .....	24
4.5.2	Beregning av reduserte flomskader .....	25
<b>5</b>	<b>Grunnforhold .....</b>	<b>26</b>
5.1	Grunnforhold .....	26
5.2	Konstruksjoner .....	26
5.3	Utfordringer ved etablering av byggegrop .....	27
<b>6</b>	<b>Flomkanal .....</b>	<b>28</b>
6.1	Nøkkelinformasjon kanal .....	28
6.2	Innløpsrenne under vann i Sandvinvatn .....	28
6.3	Kanal .....	28
6.4	Kulvert .....	29
6.5	Lukeseksjon .....	29
6.6	Kanal uten sidevegg mot vassdraget .....	29
6.7	Landskap .....	30
<b>7</b>	<b>Flomluke .....</b>	<b>31</b>
7.1	Valg av luketype .....	31
7.2	Beskrivelse .....	31
7.2.1	Hoveddata .....	31
7.2.2	Dimensjonerende laster .....	31
7.2.3	Obermeyerluke .....	31
7.2.4	Revisjonsstengsel .....	31
7.3	Drift og vedlikehold .....	32
7.3.1	Manøvrering .....	32
7.3.2	Vedlikehold .....	32
7.3.3	Fordeler og ulemper med denne løsningen .....	32
7.3.4	Mulige kritiske punkter med hensyn på manøvrering og drift .....	32

7.4	Budsjettpris.....	33
<b>8</b>	<b>Gjennomføring .....</b>	<b>34</b>
8.1	Etablering av byggegropp .....	34
8.2	Trafikkavvikling .....	34
8.3	Fangdammer .....	35
8.4	Eksisterende infrastruktur .....	35
8.5	Risiko ved gjennomføring .....	35
<b>9</b>	<b>Kostnadsberegning .....</b>	<b>38</b>
9.1	Usikkerheter i kostnadsberegningen .....	38
9.2	Driftskostnader .....	39
<b>10</b>	<b>Vedlegg.....</b>	<b>40</b>

## FIGURLISTE

Figur 3-1.	Kapasitetskurver for naturlig utløp, for flomkanalen og total kapasitet med både naturlig utløp og flomkanal .....	11
Figur 4-1.	Beregnet tilsig til Sandvinvatn ved fire ulike flommer de siste årene. ....	13
Figur 4-2.	Routing av flommen i 2014 med luke. Flomvannføringen ut er på 500 m <sup>3</sup> /s, og flomvannstanden på kote 89. ....	14
Figur 4-3.	Magasinkurve for Sandvinvatn .....	15
Figur 4-4.	Vannføring ved Q10 med og uten luke. Her er vannføringen forholdsvis lav, og luken brukes ikke til å dempe vannføringen ut av Sandvinvatn. ....	16
Figur 4-5.	Vannstand i Sandvinvatn ved Q10 med og uten luke. Vannstanden kulminerer 0,9 meter lavere med luke enn uten luke. ....	16
Figur 4-8.	Vannføring ved Q50 med og uten luke. Her er det valgt å lukke luka ved 400 m <sup>3</sup> /s.....	17
Figur 4-9.	Vannstand ved Q50 med og uten luke. Vannstanden kulminerer 0,7 meter lavere med luke enn uten luke, og holdes under skadenivå på kote 89. ....	17
Figur 4-10.	Vannføring ved Q100 med og uten luke. Her er det valgt å lukke luka gradvis ved 440 m <sup>3</sup> /s .....	18
Figur 4-11.	Vannstand ved Q100 med og uten luke. Vannstanden kulminerer 0,6 meter lavere med luke enn uten luke, og holdes under skadenivå på kote 89. ....	18
Figur 4-12.	Vannføring ved Q200 med og uten luke. Her er det valgt å lukke luka gradvis ved 525 m <sup>3</sup> /s .....	19
Figur 4-13.	Vannstand ved Q200 med og uten luke. Vannstanden kulminerer 0,8 meter lavere med luke enn uten luke, og holdes under skadenivå på kote 89. ....	19
Figur 4-14.	Vannføring ved Q200+40% med og uten luke. Her er det valgt å lukke luka gradvis ved 700 m <sup>3</sup> /s .....	20
Figur 4-15.	Vannstand ved Q200+40% med og uten luke. Vannstanden kulminerer 0,7 meter lavere med luke enn uten luke, men overstiger skadenivået på kote 89. ....	20
Figur 4-16.	Vannføring ved Q1000 med og uten luke.....	21
Figur 4-17.	Vannstand ved Q1000 med og uten luke .....	21
Figur 4-18.	Vannstand med ulik tid for åpning av luke for flomforløp som i 2014 (skalert til Q200+40%). ....	23
Figur 4-19.	Vannstand med ulik tid for åpning av luke for flomforløp som i 2005 (skalert til Q200+40%) .....	23
Figur 4-20.	Vannlinjer med og uten luke for flommen i 2014.....	24
Figur 4-21.	Vannlinjer med og uten luke for flom Q1000 .....	24
Figur 5-1.	Kvartærgeologisk kart fra øvre del av Opo .....	26
Figur 5-2.	Oppriss av kjørebrua.....	26
Figur 5-3.	Ortofoto av den aktuelle delen av Opo .....	27
Figur 7-1.	Bilde som viser tverrsnitt av gummibelg til en 4 meter høy Obermeyerluke .....	33
Figur 8-1.	Årspolarplott for vannføring ut av Sandvinvatn .....	36
Figur 8-2.	Persentiler for historisk vannstand i Sandvinvatn .....	37

## TABELLISTE

Tabell 4-1.	Beregnete flomvannføringer og flomvannstander fra NVEs flomberegning .....	12
Tabell 4-2.	Resultater basert på routing av flomforløp som i 2014. Vannføring i m <sup>3</sup> /s og vannstand i moh. ....	22
Tabell 4-3.	Gjentaksintervall (år) for ulike skadenivåer med og uten flomluke (uten klimapåslag) .....	25
Tabell 4-4.	Gjentaksintervall (år) for ulike skadenivåer med og uten flomluke (med 40% klimapåslag) .....	25

**VEDLEGG**

- A. Landskapsillustrasjoner
- B. Skisse av luke
- C. Skisser av kanal
- D. Kostnadsoverslag
- E. Rapport fra fiskeundersøkelse

## 1 Bakgrunn

Flommen i 2014 førte til skader på minst 250 millioner kroner langs Opo-vassdraget, og slike flommer er forventet å komme hyppigere i fremtiden. I 2016 gjorde Multiconsult et mulighetsstudium for NVE, 129236-RiVass-RAP-02 av 5. desember 2016, hvor mulige tiltak for å redusere fremtidige flomskader ble identifisert. Et mulig tiltak for å redusere flomskader ved Opo og langs Sandvinvatn, er å bygge en flomkanal med luke i utløpet av Sandvinvatn. Formålet med luka er å redusere vannstanden i Sandvinvatn ved en gitt flomtopp og å kunne bruke Sandvinvatn aktivt til flomdemping for å redusere flomvannføringer, maksimale vannhastigheter og erosjonsfaren nedstrøms.

Multiconsult er nå engasjert av NVE for å utarbeide et forstudie for flomluka.

## 2 Valg av løsning

### 2.1 Målsettinger med løsningen

Hovedmålsettingen er å sørge for en vesentlig redusert fare for flomskader både rundt Sandvinvatn og oppstrøms langs Storelvi, samtidig som vannføringen nedover Opo kan begrenses til en maksimal vannføring som ikke utløser erosjon eller fører til skader langs elveløpet hele veien til fjorden.

Etter flommen i 2014 er det utført omfattende sikringsarbeider på denne strekningen, og NVE opplyser om at strekningen er dimensjonert for en vannføring på 1040 m<sup>3</sup>/s. Dette tilsvarer godt over 1000-årsflom i de nye flomberegningene. Det er allikevel fornuftig å forsøke å holde vannføringen godt under dette nivået, da erosjon er en komplisert prosess, og dersom plastringen skulle ryke, kan det potensielt oppstå svært store og dramatiske skader. Det er imidlertid vanskelig å definere et dimensjoneringskriterie basert på dette, og luka blir derfor primært dimensjonert for å sørge for at vannstanden i Sandvinvatn holdes under det nivået som gir skader på bebyggelse og infrastruktur rundt Sandvinvatn.

Basert på kart og observasjoner ved tidligere flommer, ser dette ut til å være ca. ved kote 89. Det normale dimensjoneringskriteriet for flom etter TEK-17 er at boligbygg (sikkerhetsklasse F2) skal være sikret mot en 200-årsflom. Vi har derfor dimensjonert en kanal som reduserer vannstanden til under kote 89 ved Q200. Dette er en flomtopp som er ca. 15% større enn flommen som kom i 2014.

### 2.2 Valg av trasé for flomkanal

#### 2.2.1 Utfordringer med tidligere planlagt trasé

Det var opprinnelig tenkt en flomkanal bygget under eksisterende Vasstun bru ved ytterste bruspenne mellom landkar og søyle. Ved gjennomgang av brutegninger og geoteknisk informasjon er det kommet fram at etablering av kanalen under brua er meget komplisert og gir store byggetekniske utfordringer. De største utfordringene er:

- Brua må være operativ for vanlig trafikk i hele byggeperioden da det ikke finnes reelle omkjøringsmuligheter i området.
- Flomkanalen kommer tett inntil fundamentet for både landkar og søyle og vil ligge betydelig lavere enn disse. Bunn kanal vil komme ca. 2,7 m under søylefundament og ca. 5,5 m under landkarfundament.

- Arbeidene kompliseres betydelig av at disse må utføres i elveløpet under vann. I praksis bør elveløpet innskrenkes ved å bygge en midlertidig barriere mot elva utenfor kanalområdet for å sikre mot strømmende vannmasser under bygging.

Undergraving av brufundamentene må sikres med en spuntkonstruksjon. Grunnet morenemasser med stor stein må spunt etableres som en vegg av rør som bores ned med liten avstand. Spunten må forankres, men det vil være vanskelig å oppnå en tilstrekkelig stiv spuntvegg for å unngå setninger av brufundamentene. Dessuten vil det være utfordrende å få etablert spuntkonstruksjonen under brua på grunn av liten fri høyde.

Med bakgrunn i oven nevnte utfordringer anbefaler vi at en primært vurderer en løsning med etablering av flomkanal som legges på land bakenfor landkarene for både Vasstun bru og gangbrua nedenfor.

### **2.2.2 Alternative traséer**

En kanal kunne plasseres enten på østsiden eller på vestsiden. På østsiden er det imidlertid mindre plass, terrenget er brattere, og en flomkanal må plasseres svært nærme eksisterende bebyggelse (Trolltunga hotell). En løsning på østsiden ble derfor forkastet.

På vestsiden er terrenget flatere, og det er flere muligheter for terrengtilpasning og også mer plass til rigg i byggetiden. Kanalen vil bli lengre for å komme ut til dyp nok vann, kan komme i konflikt med inntak for reservevannforsyning og vil måtte plasseres nærme eksisterende bygg tilhørende Odd Fellow-ordenen. Likevel anses dette som lettere og billigere å løse enn for en trasé på østsiden. Vi velger derfor å legge kanaltraséen på vestsiden av utløpet.

### **2.2.3 Byggemetoder**

Kanalen er plassert slik at den dypeste delen av innsjøen ligger foran inntaket. Ved å brede ut inntaksgeometrien kan man holde hastigheter ved innløpet under 3 m/s og forhindre stein å bli dratt inn fra bunnen selv med luken i helt åpen posisjon.

Det er satt en bunnhelning på 1% fra luken og nedover kanalen, som tilsvarer friksjonstapet ved full kapasitet. På denne måten forhindrer man at det dannes vannstandsprang i kanalen og bølgesprut inn mot Oddfellowbygget vil ikke forekomme.

Nedenfor kanalen styres vannet mot kjempeblokker ute i elva og skaper mye sprut og svært urolig vann. Dermed sørger vi for energidreping før vannet finner veien videre nedover dagens elveløp.

Plassering av kulverten er foretatt ut fra ønsket om å beholde brukarene intakt for både veibroen og gang- og sykkelbruen. Det er påregnet store kostnader for utgraving bak disse brukarene og for midlertidig støtte med spuntvegger, betongsstøp og forankringsstag.

Ved inntaket vil det bli etterlatt en fangdam bestående av stedlige masser og tetningsduk som legges ut foran inntaket. Inntaket bygges i løpet av vinteren, når det er lav vannstand i Sandvinvatn.

Kanalen nedenfor luken må bygges bak en lengre fangdam montert fra brukaret til gangveien til en kjempeblokk rett ved Oddfellow-bygget. Denne fangdammen må kanskje gjenoppbygges dersom det tar mer enn 1 år å grave, støpe og montere bjelkestengsler. En alternativ byggemåte kunne være å bygge høyre vegg av kanalen mellom den samme blokken i løpet av en sommersesong. Denne veggen kan fungere som fangdam for den mer krevende utgraving for innerste vegg.

Under alle omstendigheter må vi regne med inntrengning av vann og behov for pumping for å holde byggegroper noenlunde tørre. Dette er tatt hensyn til i kostnadsestimater.



Riksvegen skal holdes åpen for lysregulert enveis passering med små utvidelser av samlet veibredde frem til brukaret er passert. Gangbrua skal bestå urørt, men vil ende brått ved kulverten. Der må det anlegges trapp og midlertidige passeringsmuligheter for gående og syklende. Arealet sør for veiskjøten mellom gangveien og Rv. 13 kan brukes som montasje- og oppstillingsplass for kran ved behov. Nedkjøring til byggegroppen vil komme på sør-vestsiden av inntakskonstruksjonen.

Det blir vesentlige inngrep i dagens terreng under byggeperioden på ca. 2 år, men ved bruk av stedlige masser for tilbakefylling mot kulvertvegger, oppnår man omtrentlig massebalanse. Overskuddsmasser i form av stein og blokker kan knuses og gjenbrukes lokalt. Uegnete masser kan deponeres under kote 86 i Sandvinvatn, eller fraktes til et annet deponi.

### 3 Hydraulisk modellering

For å finne nødvendige dimensjoner på kanalen er det gjort hydraulisk modellering i HEC-Ras 2D.

#### 3.1 Modelloppsett

##### 3.1.1 Terrengmodell

Det ble opprinnelig laget en terrengmodell ved hjelp av drone og fotogrammetri. Det viste seg imidlertid at et eller flere av kontrollpunktene i modellen var oppmålt feil, slik at terrengmodellen hadde avvik på opp mot 1,7 meter sammenlignet med laserscanning tilgjengelig fra hoydedata.no. Siden det var laserscannede data tilgjengelig, ble derfor disse benyttet i stedet. Terrengmodellen for området over vannkanten er derfor basert på laserscannet utført av Terratec i 2013.

For området under vannoverflaten er terrengmodellen basert på oppmålinger ved hjelp av ADCP.

##### 3.1.2 Grensebetingelser

Oppstrøms grense er ca. 200 meter oppstrøms vegbrua, og grensebetingelsen er satt til en definert vannføring. Nedstrøms grense er ca. 70 meter nedstrøms svingen i elva, og er satt til normalstrømning ved helning 5%. Nedstrøms grensebetingelse har ingen betydning for resultatene, da det er overkritisk strømning i elva.

I tillegg til oppstrøms og nedstrøms grensebetingelse, er det valgt å legge inn vannføringskurven til vannmerke 48.1 Sandvinvatn som en «indre» grensebetingelse ved vegbrua. Dette er for å sikre at vannføring i elveløpet blir riktig. Vannet som blir tatt ut av modellen ved vegbrua, blir satt inn i modellen igjen ved gangbrua.

##### 3.1.3 Kalibrering

Det er valgt å gjøre en forenkling i modelleringen ved å legge inn vannføringskurven for VM 48.1 som en grensebetingelse i stedet for å kalibrere modellen til observert vannføringen. Dette er gjort fordi kanalen er plassert på utsiden av elveløpet, og dermed ikke lenger påvirker strømningen i utløpsosen. Det er derfor ikke gjort noen kalibrering av modellen.

##### 3.1.4 Friksjon

Friksjonen i kanalen er satt til  $n=0,0125$ , noe som tilsvarer et Manningstall  $M$  på 80, en relativt konservativ verdi for glatte betongflater.

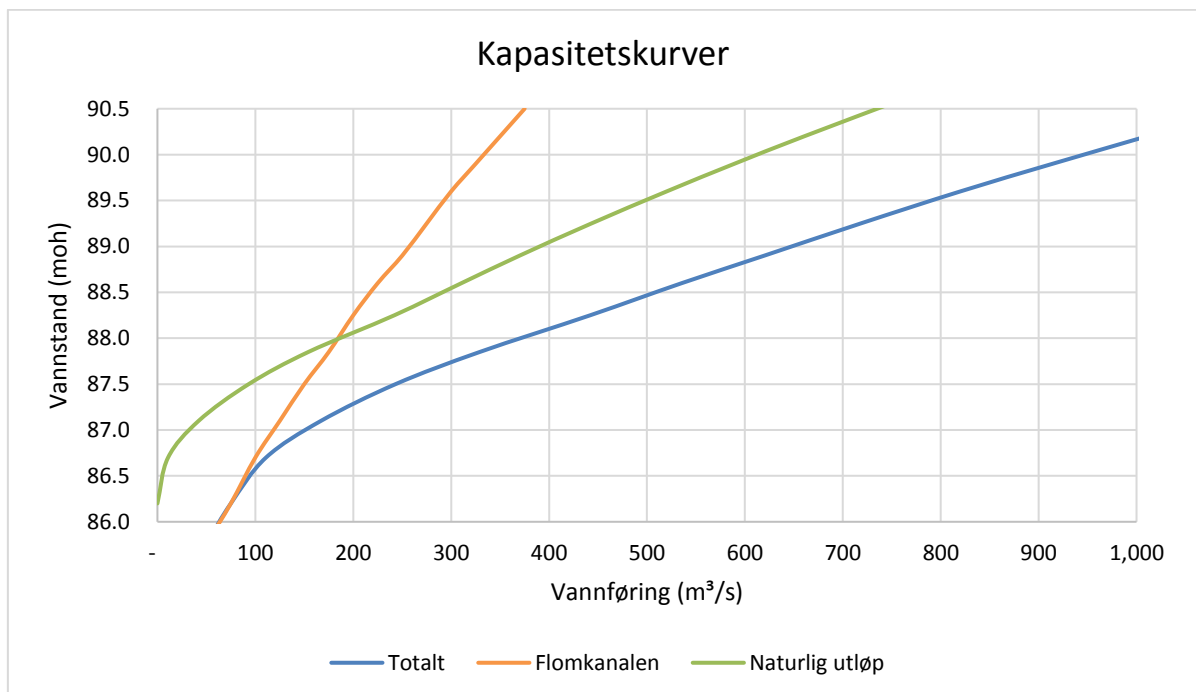
### 3.2 Kapasitetskurve

Figur 3-1 viser kapasitetskurver for det naturlige utløpet (vannføringskurve for 48.1), kapasitetskurve for flomkanalen og en kurve for total vannføring som er summen av flomkanalen og det naturlige utløpet.

Når flomluke er åpen, er kapasiteten som beskrevet av kurva for total vannføring. Ved en vannstand på kote 87,5, vil det f.eks. gå 240 m<sup>3</sup>/s totalt ut av Sandvinvatn, hvorav ca 100 m<sup>3</sup>/s i det naturlige utløpet og ca. 140 m<sup>3</sup>/s i flomkanalen.

Når luka står i lukket posisjon, er topp luke på kote 88,25. Det vil si at så lenge vannstanden i Sandvinvatn er under kote 88,25, vil alt vannet gå i elveløpet, og følge naturlig kapasitetskurve for kanalen. Når vannstanden stiger over kote 88,25, vil det begynne å renne noe vann i overløp over luka. På grunn av falltap i kanal og kulvert i forkant av luka, vil vannmengden være begrenset.

Dersom vannstanden stiger ytterligere 2 meter, til kote 90, må det bygges en liten ledemur for å hindre at vannet renner ut av kanalen og over terrenget langs veien.



Figur 3-1. Kapasitetskurver for naturlig utløp, for flomkanalen og total kapasitet med både naturlig utløp og flomkanal

## 4 Flomdemping

Flomdempingen for Opo fungerer ved at vannstanden i Sandvinvatn blir senket i forkant av en flomtopp, slik at det blir tilgjengelig ledig volum i innsjøen til å kunne ta i mot noe av flommen.

Merk at volumet til Sandvinvatn er begrenset i forhold til volumet av store flommer, så full demping av flommer ikke er mulig, for eksempel med store langvarige vårflokker. Om man f.eks. skulle ha lagret alt volumet som kommer i løpet av to dager under en 1000-årsflom, tilsvarer dette 20 meters vannstandsending i Sandvinvatn, noe som ikke er realistisk. Likevel kan en nedtapping på 1-2 meter være tilstrekkelig til å redusere skadepotensiale for flommer som tidligere ville ha medført skader i Odda.

For å vurdere virkningen av en flomluke, er det gjort hydrologisk routing av ulike flomforløp og flomstørrelser med og uten flomluke.

### 4.1 Flommer

#### 4.1.1 Flomberegninger

Flomberegninger for Opo ved utløpet av Sandvinvatn er utført av NVE<sup>1</sup> og resultatene er vist i Tabell 4-1. Flomberegningene er oppdatert i 2018, og har noe lavere verdier enn flomberegningen for 2015. Dette skyldes at vannføringskurva for VM 48.1 er blitt oppdatert av NVE, slik at de største observerte flommene er nedjustert i beregnet vannføring. Maksimal vannføring i Opo er estimert til 570 m<sup>3</sup>/s for 2014-flommen.

Tabell 4-1. Beregnede flomvannføringer og flomvannstander fra NVEs flomberegning

Gjentaksintervall (år)	10	20	50	100	200	1000
Vannføring langs Opo	400	440	510	570	630	820
med klimapåslag +40%	550	620	710	790	880	1150
Vannstand Sandvinvatn	89,0	89,2	89,6	89,9	90,1	*
med klimapåslag +40%	89,7	90,0	90,4	*	*	*

Verdiene er kulminasjonsverdier. Forholdet mellom kulminasjonsvannføring og døgnmiddelflom er satt av NVE til 1,25.

Det er ikke oppgitt vannstand for vannføringer over ca. 700 m<sup>3</sup>/s, da vannføringskurven for VM 48.1 ikke er gyldig for større vannføringer. Ved så høye vannføringer også vil renne vann utenfor elveløpet.

#### 4.1.2 Begynnende skade

Flommen i 2014 kulminerte ved ca. 570 m<sup>3</sup>/s, og medførte store skader på bebyggelse langs elva. I etterkant er det gjort omfattende sikringsarbeid i elveløpet, og det er oppgitt at elveløpet skal kunne tåle vannføringer opp mot 1040 m<sup>3</sup>/s (tilsvarende Q200+40% i den tidligere flomberegningen). Erosjon er imidlertid en komplisert prosess, og beregningsmetoder for svært høye vannføringer og erosjonssikring er usikre, så akkurat hvilken vannføring elveløpet tåler uten at det oppstår skader må

<sup>1</sup> Flomberegninger for Opo (048Z), Odda kommune i Hordaland. Revidert utgave (2018)

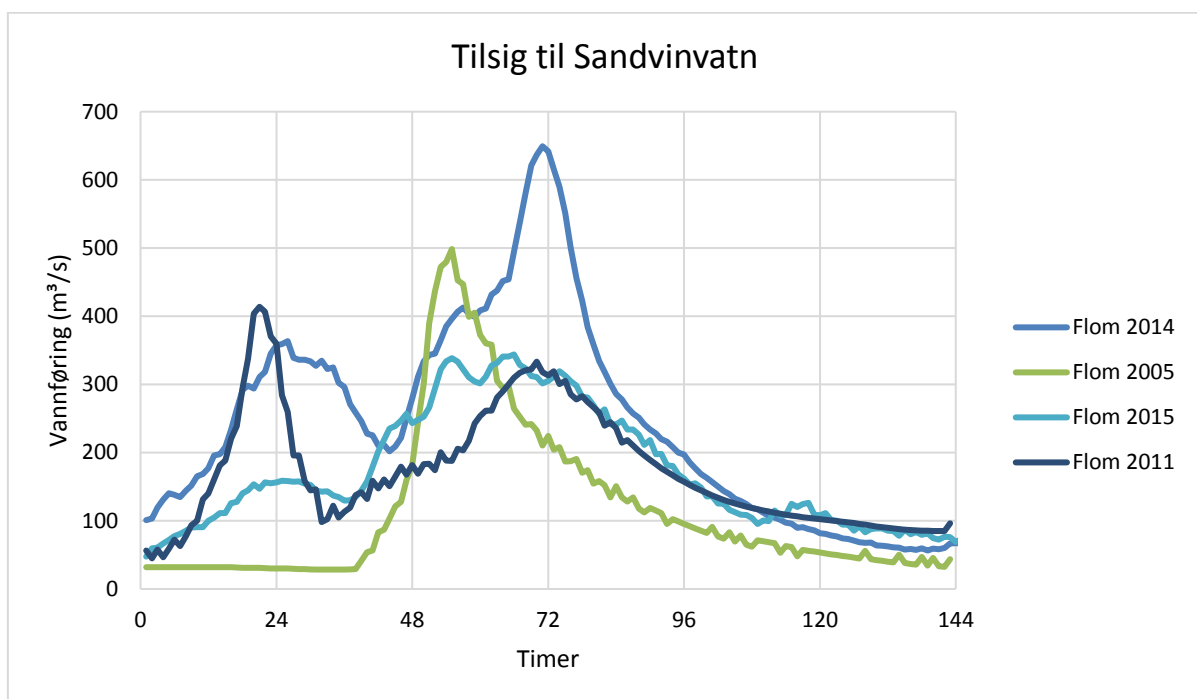
sies å fortsatt være usikkert. Det er tidligere (før erosjonssikring) observert vannføringer i Opo gjennom Odda på opp mot 400 m<sup>3</sup>/s uten av det har oppstått skader.

Ved Sandvin, i oppstrøms ende av Sandvinvatn, er det relativt ofte oversvømmelser. Det er antatt at begynnende skade er ved 10-årsflom, dvs. en vannstand i Sandvinvatn på kote 89,0.

#### 4.1.3 Observerte flomforløp

Det finnes data med timesoppløsning fra og med juni 1997. Fra denne dataserien kan vi hente ut flomforløpet for de største observerte flommene i vassdraget for å finne ut hvordan flomvannføringen fordeler seg over tid.

Flomforløpene er avløpsflommer. Flommene må gjøres om til tilløpsflommer ved å se på dataserier for vannstand og vannføring, samt magasinkurve for Sandvinvatn (se «Routing av flommer»). De fire største tilløpsflommer til Sandvinvatn etter 1997 er vist i figuren under.



Figur 4-1. Beregnet tilslig til Sandvinvatn ved fire ulike flommer de siste årene.

Flommen i 2014 var spesiell, da det kom en mindre flomtopp ca. 2 døgn før hovedflomtoppen. Dette gjør at magasin vannstanden allerede er høy når flommen inntreffer, og vi får maksimalt ugunstige forhold. Vi har derfor primært valgt å bruke flomforløpet fra 2014 i analysene i denne rapporten.

Tilløpsflommer for ulike gjentaksintervaller er beregnet ved å skalere flomforløpet for flommen i 2014 slik at døgnmiddelvannføring for kulminasjonsdøgnet er lik som beregnet døgnmiddelvannføring for gjentaksintervallet i flomberegningen. Vi har derfor det samme ugunstige flomforløpet som i 2014, skalert opp til større volumer for mer sjeldne hendelser (høye gjentaksintervaller).

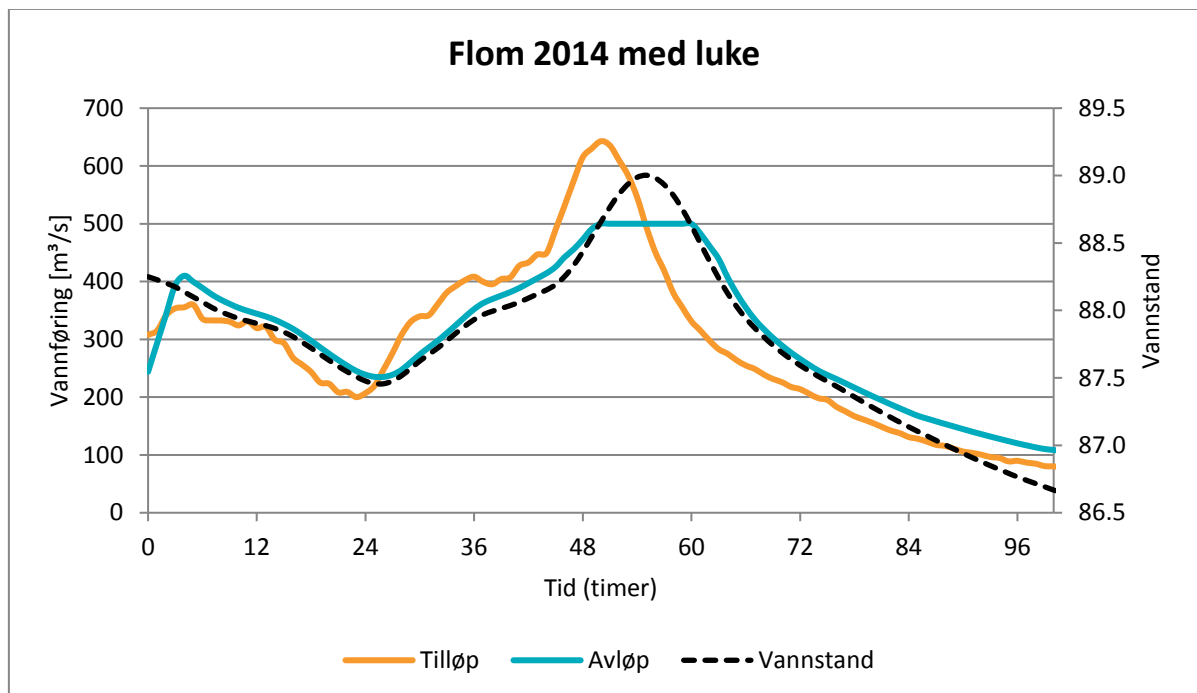
## 4.2 Strategien for flomdemping

Tappestrategien foreslås å følge denne skrittvis beslutningsprosessen:

1. Ved varslet skadeflom i løpet de kommende 3 døgn, vil NVE, myndigheter og beboere bli varslet om en sannsynlig tapping via luken det neste døgnet.

2. Dersom en skadeflom fortsatt varsles neste dag, dvs 2 døgn frem i tid, vil luken åpnes gradvis over flere timer og vannføringen i Opo vil øke med ca. 50 m<sup>3</sup>/s per time. En saktere åpning kan også avtales.
3. Sannsynligvis vil vannstanden i Sandvinvatn synke gradvis de neste timene, inntil flomtilsiget stiger til den samlede vannføring ut av Sandvinvatn (f.eks. 400 m<sup>3</sup>/s ved vannstand 88 moh) hvorpå vannstanden vil stabilisere seg.
4. Dersom flomtilsiget stiger videre vil vannføring nedover Opo stige til en grenseverdi avhengig av prognosert tilsig, for eksempel 500 m<sup>3</sup>/s som erosjonsikringen langs Opo fortsatt tåler med god margin. Da vil det tas en ny beslutning av NVE (i samråd med kommunen og nødetatene) om luken skal heves/strupes igjen gradvis for å holde vannføringen i Opo på konstant 500 m<sup>3</sup>/s. Dette vil resultere i ytterligere vannstandstigning i Sandvinvatn inntil tilsiget faller til 500 m<sup>3</sup>/s (se Figur 4-2)

For å kunne oppfylle disse målsettingene, er det foretatt noe hydraulisk modellering av ulike geometrier og lukedimensjoner/ terskelnivåer. Det er nødvendig med en kanalbredde på 10 meter ved kanalbunn på kote 82 for å få tilstrekkelig kapasitet til å holde en 200-årsflom under skadenivå.



Figur 4-2. Routing av flommen i 2014 med luke. Flomvannføringen ut er på 500 m<sup>3</sup>/s, og flomvannstanden på kote 89.

Vannføringen gjennom kanalen vil maksimalt være 260 m<sup>3</sup>/s ved luken i fullt åpen stilling og vannstand i Sandvinvatn på kote 89. Kulverttaket ligger ca. 1. m over vannflaten ved inngangen til kulverten på. Selv med urolig vannflate vil kulvert inntak ikke risikere drukning før vannstanden i Sandvinvatn når kote 90 (dette vil kreve en mye større flom enn i 2014 siden forhåndstopping vil ha hatt en dempende effekt).

Ved vannstand på kote 89 vil vannet fordele seg ca. 400 m<sup>3</sup>/s over dagens utløp og 260 m<sup>3</sup>/s over luken i full åpen stilling (nedsenket). Dette vil føre noe mer vann inn på venstre bredd i forhold til den samme vannføringen uten luke, men på et lavere vannstand i Sandvinvatn. De veldig store blokkene vil sørge for motstand mot bunnerosjon, og energidreping ved utløp av kanalen. Utgangshastigheter fra kanalen vil ikke kunne overstige 10 m/s.

Luka vil bli dimensjonert for å kunne driftes i delvis opphevet stilling i flere døgn kontinuerlig, selv om dette ikke er intensjonen. Luka vil neppe komme i bruk mer enn 1-2 ganger hvert år, sannsynligvis med en varighet på noen timer/få døgn, slik at det vil bli rikelig anledning å reparere eventuelle erosjonsskader ved innløpet eller utløpet av kanalen etter en sjeldent stor flom.

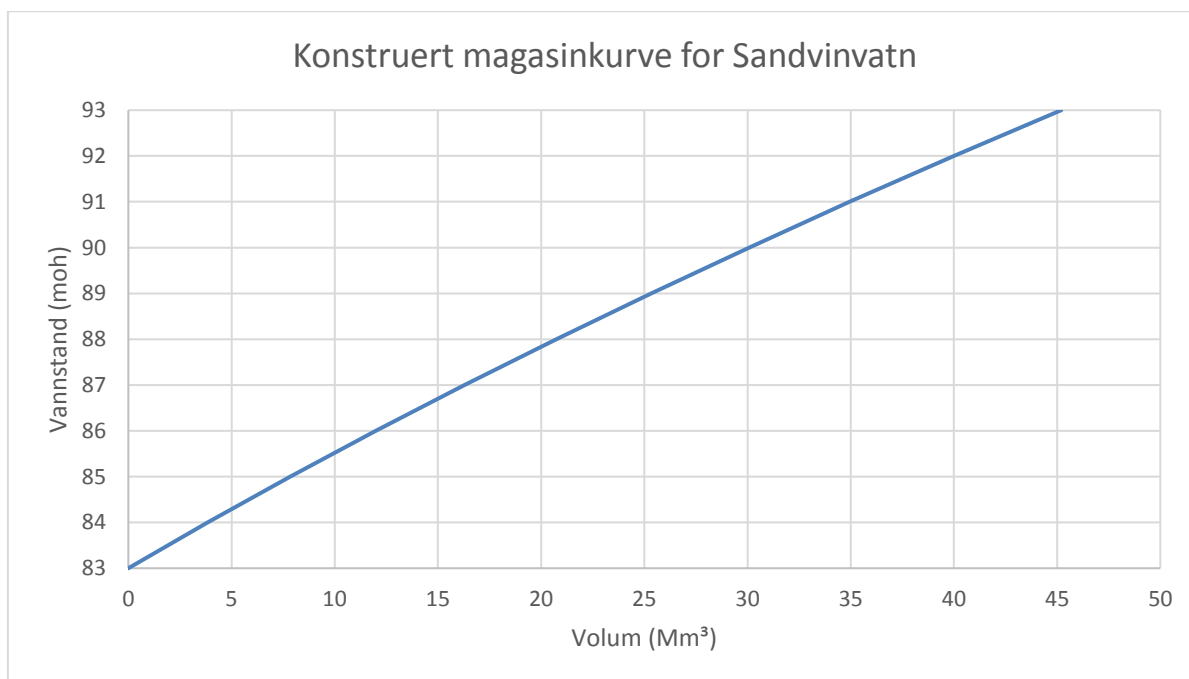
### 4.3 Routing av flommer

Det er gjort hydrologisk routing i MS Excel der tilløpsflom er rutet gjennom Sandvinvatn ved bruk av magasinkurver og kapasitetskurver for utløpet. For situasjonen uten luke, er vannføringskurve for 48.1 Sandvinvatn satt som kapasitetskurve.

Routing er gjort for en flom som har tilsvarende forløp som flommen i 2014, og manøvrering av luka er gjort etter hva vi har vurdert som mest gunstig.

#### 4.3.1 Magasinkurve

I følge NVEs innsjødatabase, har Sandvinvatn et areal på 4,37 km<sup>2</sup> ved kote 87. Det er antatt at arealet øker med 0,15 km<sup>2</sup> per høydemeter, og laget en magasinkurve for Sandvinvatn.

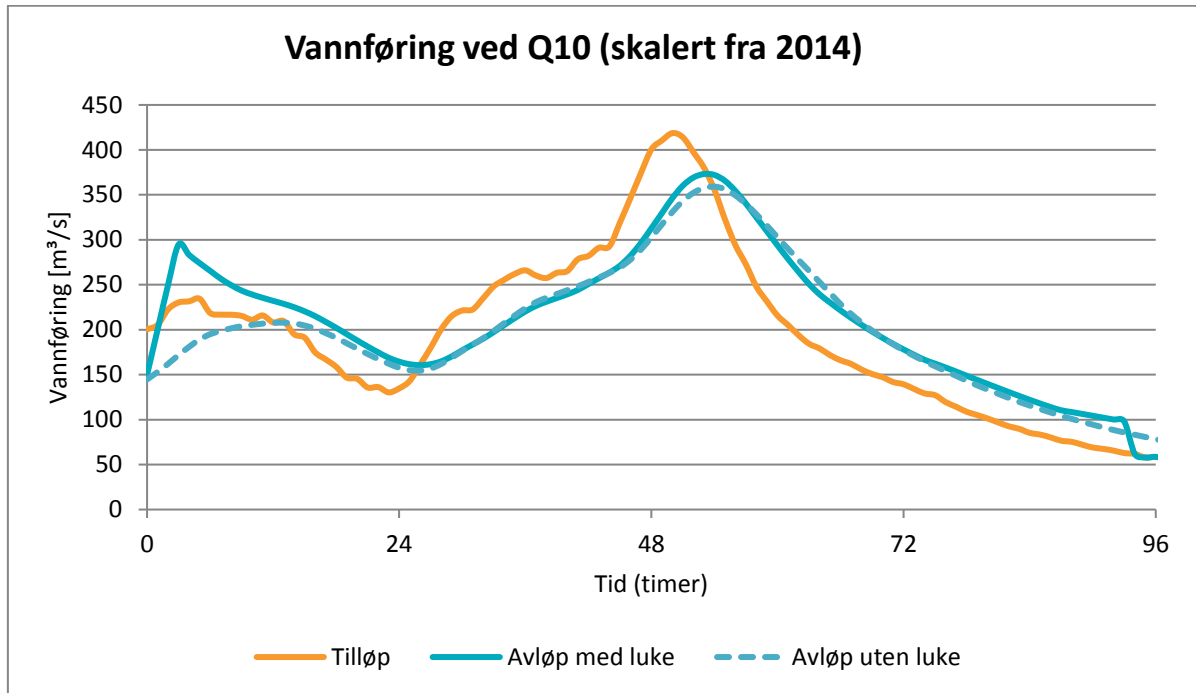


Figur 4-3. Magasinkurve for Sandvinvatn

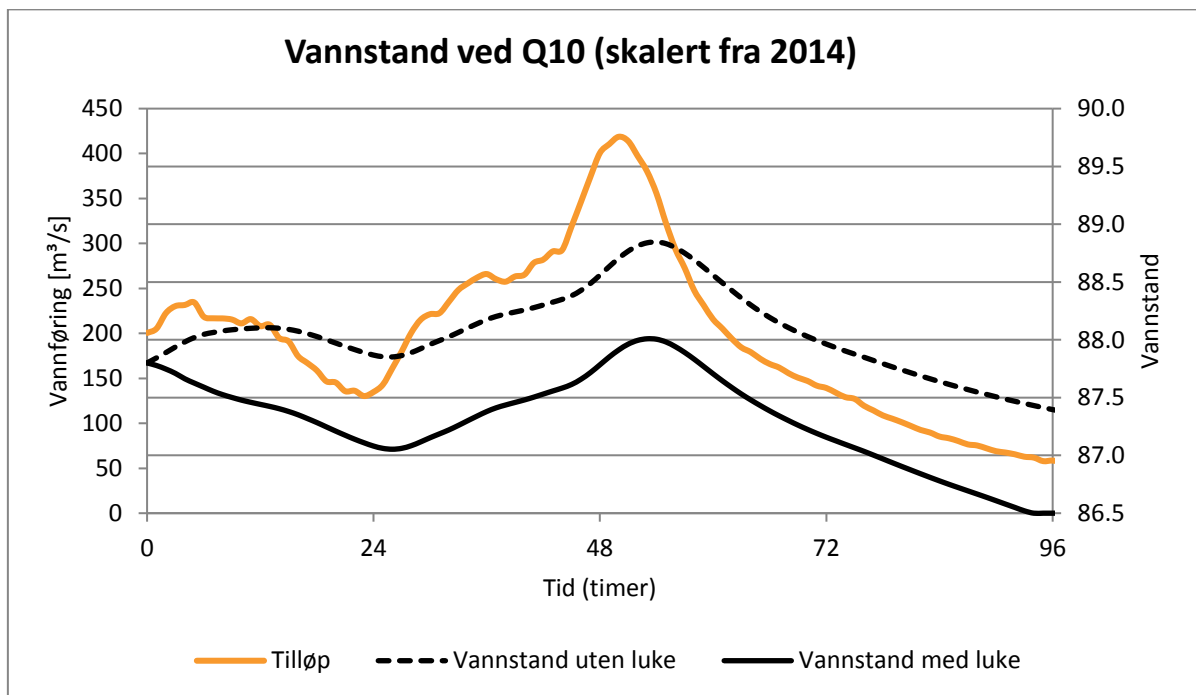
### 4.3.2 Routing av 10-årsflom

Ved en 10-årsflom er vannføringen i Opo forholdsvis lav, og det er valgt å bruke luka for å holde vannstanden nede, ikke for å dempe vannføringen i Opo.

Luka åpnes 2 døgn før flomtoppen, og vannstanden i Sandvinvatn senkes fra kote 87,8 til kote 87,1 i løpet av ca. 1 døgn. Luka holdes helt åpen til flommen har passert. Flomvannføringen i Opo blir omtrent som ved uregulerte forhold, men flomvannstanden i Sandvinvatn er redusert med 0,85 m.



Figur 4-4. Vannføring ved Q10 med og uten luke. Her er vannføringen forholdsvis lav, og luken brukes ikke til å dempe vannføringen ut av Sandvinvatn.



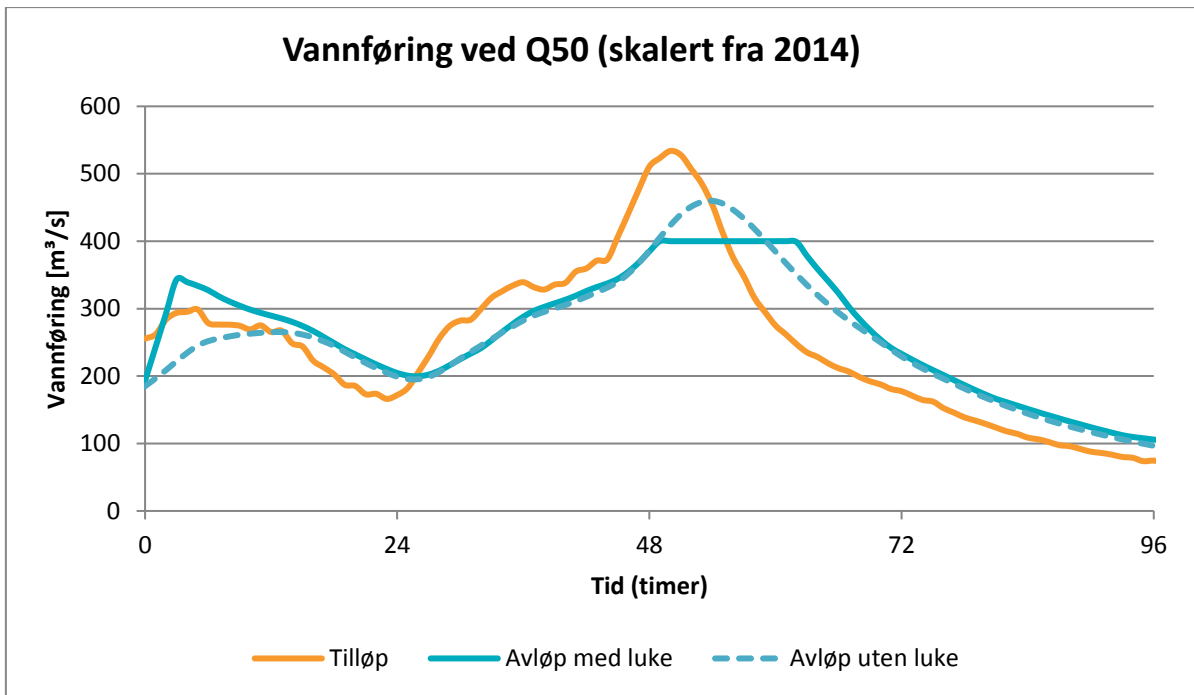
Figur 4-5. Vannstand i Sandvinvatn ved Q10 med og uten luke. Vannstanden kulminerer 0,9 meter lavere med luke enn uten luke.



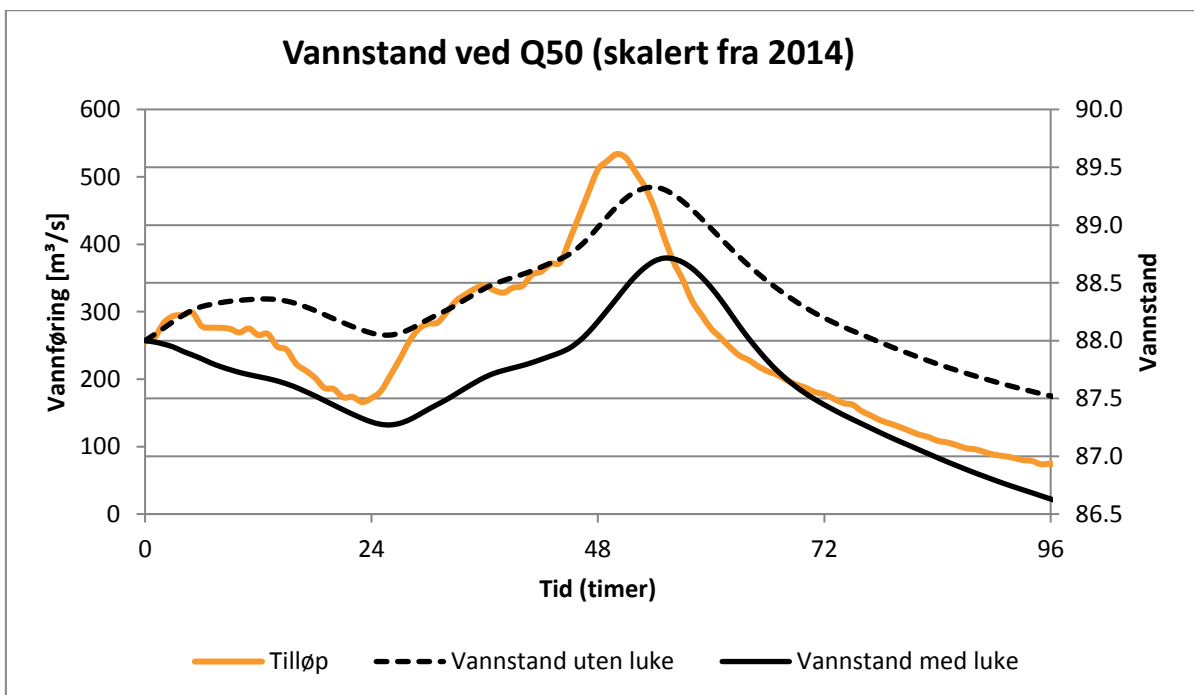
### 4.3.3 Routing av 50-årsflom

Ved en 50-årsflom ønsker vi både å dempe vannføringen i Opo og å redusere vannstanden i Sandvinvatn.

Luka åpnes 2 døgn før flomtoppen, og vannstanden i Sandvinvatn senkes fra kote 88 til kote 87,3 i løpet av et drøyt døgn. Luka holdes åpen til vannstanden når kote 88,2, deretter lukkes den gradvis slik at vannføring holdes konstant inntil flomtoppen har passert. Flomvannføringen i Opo blir redusert fra 460 til 400 m<sup>3</sup>/s, og flomvannstanden i Sandvinvatn er redusert med 0,8 m.



Figur 4-6. Vannføring ved Q50 med og uten luke. Her er det valgt å lukke luke ved 400 m<sup>3</sup>/s

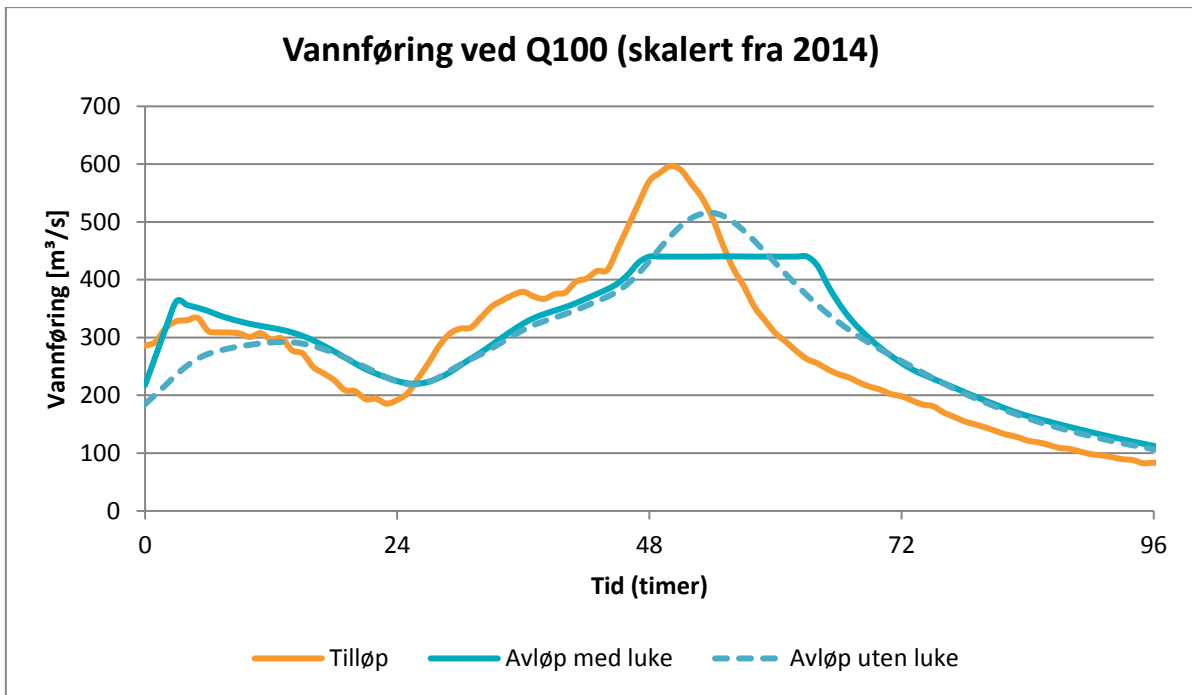


Figur 4-7. Vannstand ved Q50 med og uten luke. Vannstanden kulminerer 0,7 meter lavere med luke enn uten luke, og holdes under skadenivå på kote 89.

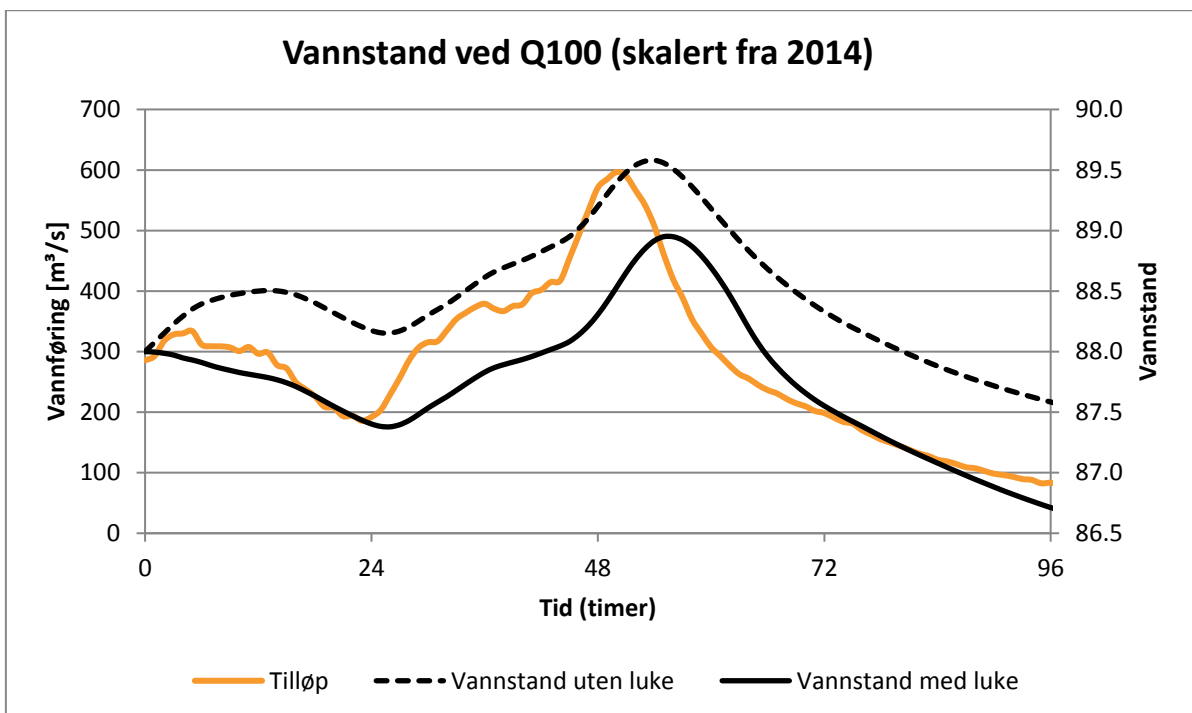
#### 4.3.4 Routing av 100-årsflom

Ved en 100-årsflom ønsker vi både å dempe vannføringen i Opo og å redusere vannstanden i Sandvinvatn.

Luka åpnes 2 døgn før flomtoppen, og vannstanden i Sandvinvatn senkes fra kote 88 til kote 87,4 i løpet av et drøyt døgn. Luka holdes åpen til vannstanden når kote 88,3, deretter lukkes den gradvis slik at vannføring holdes konstant inntil flomtoppen har passert. Flomvannføringen i Opo blir redusert fra 515 til 440 m<sup>3</sup>/s, og flomvannstanden i Sandvinvatn er redusert med 0,7 m.



Figur 4-8. Vannføring ved Q100 med og uten luke. Her er det valgt å lukke luke gradvis ved 440 m<sup>3</sup>/s

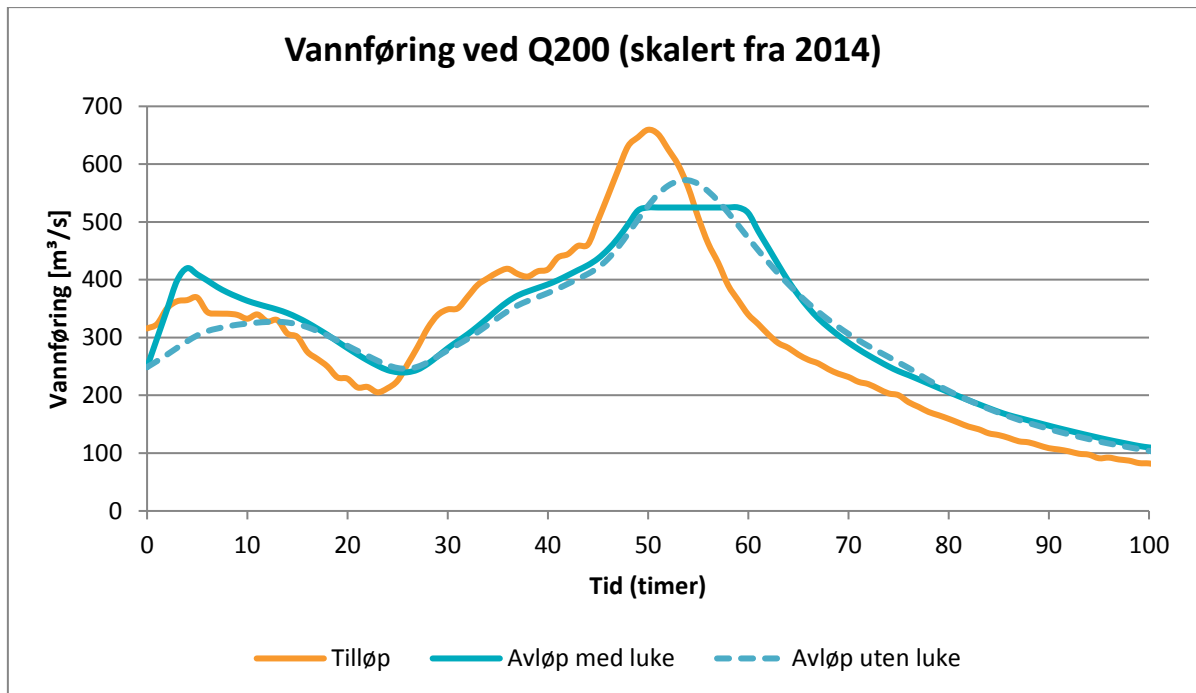


Figur 4-9. Vannstand ved Q100 med og uten luke. Vannstanden kulminerer 0,6 meter lavere med luke enn uten luke, og holdes under skadenivå på kote 89.

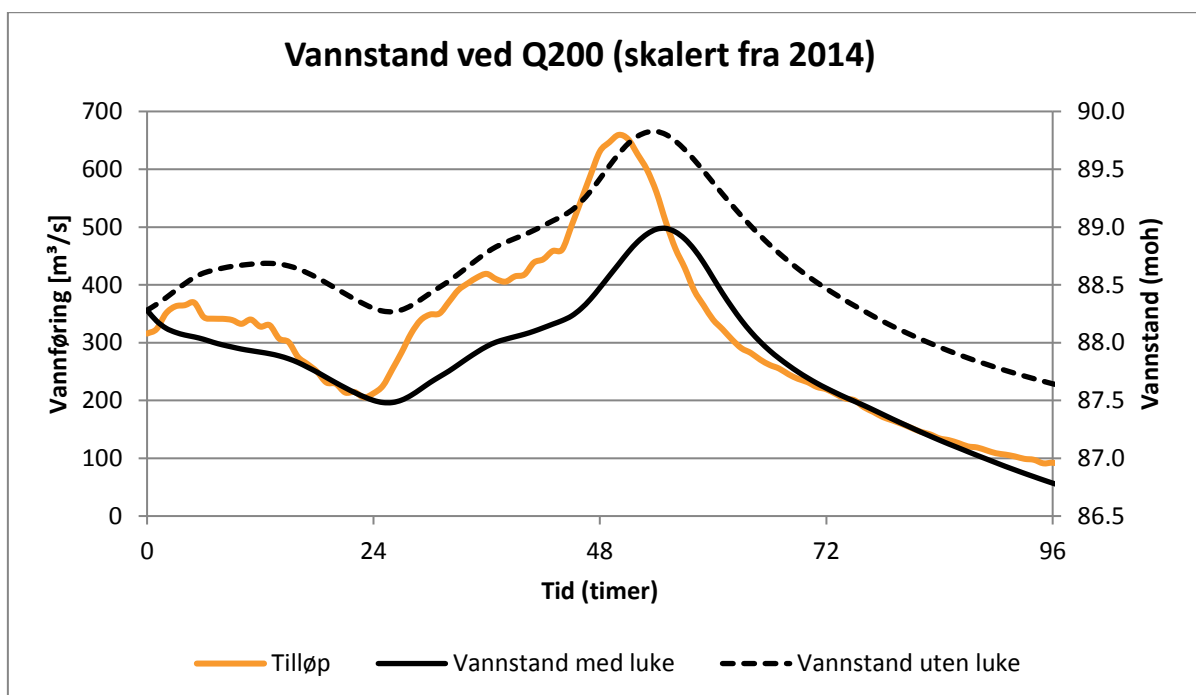
#### 4.3.5 Routing av 200-årsflom

Ved en 200-årsflom ønsker vi både å dempe vannføringen i Opo og å redusere vannstanden i Sandvinvatn.

Luka åpnes 2 døgn før flomtoppen, og vannstanden i Sandvinvatn senkes fra kote 88,3 til kote 87,5 i løpet av et drøyt døgn. Luka holdes åpen til vannstanden når kote 88,6, deretter lukkes den gradvis slik at vannføring holdes konstant inntil flomtoppen har passert. Flomvannføringen i Opo blir redusert fra 575 til 525 m<sup>3</sup>/s, og flomvannstanden i Sandvinvatn er redusert med 0,8 m.



Figur 4-10. Vannføring ved Q200 med og uten luke. Her er det valgt å lukke luka gradvis ved 525 m<sup>3</sup>/s

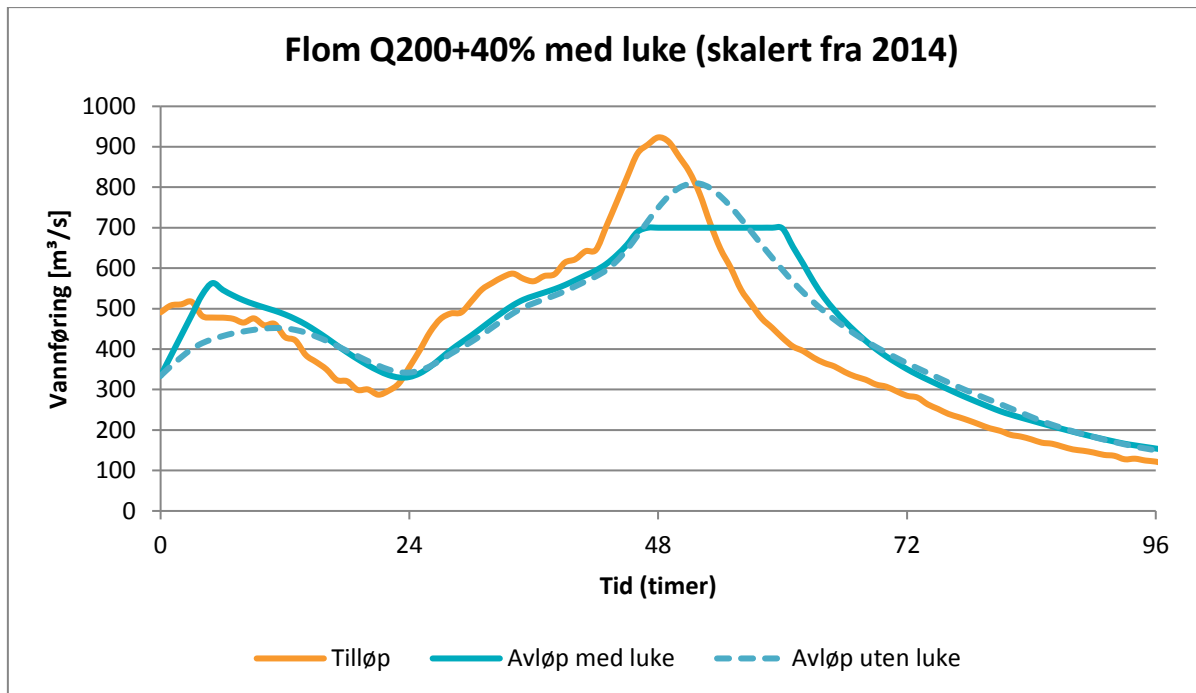


Figur 4-11. Vannstand ved Q200 med og uten luke. Vannstanden kulminerer 0,8 meter lavere med luke enn uten luke, og holdes under skadenivå på kote 89.

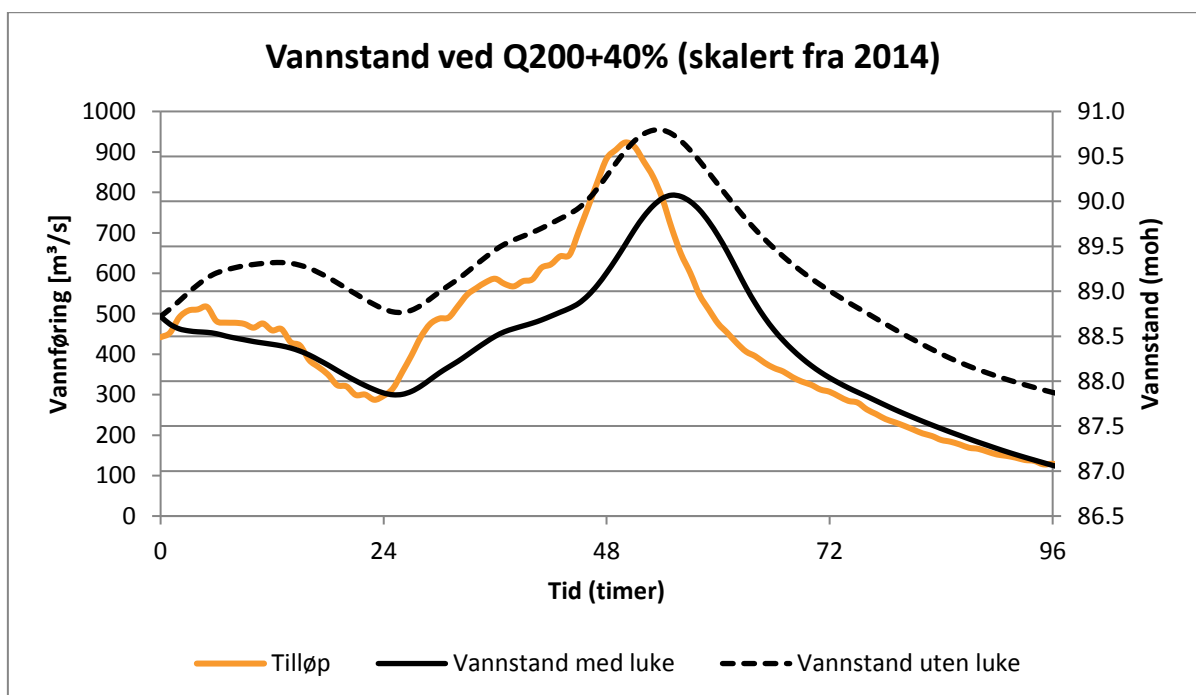
#### 4.3.6 Routing av 200-årsflom +40% klimapåslag

Ved en 200-årsflom med klimapåslag ønsker vi både å dempe vannføringen i Opo og å redusere vannstanden i Sandvinvatn.

Luka åpnes 2 døgn før flomtoppen, og vannstanden i Sandvinvatn senkes fra kote 88,3 til kote 87,5 i løpet av et drøyt døgn. Luka holdes åpen til vannstanden når kote 89,3, deretter lukkes den gradvis slik at vannføring holdes konstant inntil flomtoppen har passert. Flomvannføringen i Opo blir redusert fra 810 til 700 m<sup>3</sup>/s, og flomvannstanden i Sandvinvatn er redusert med 0,7 m.



Figur 4-12. Vannføring ved Q200+40% med og uten luke. Her er det valgt å lukke luka gradvis ved 700 m<sup>3</sup>/s

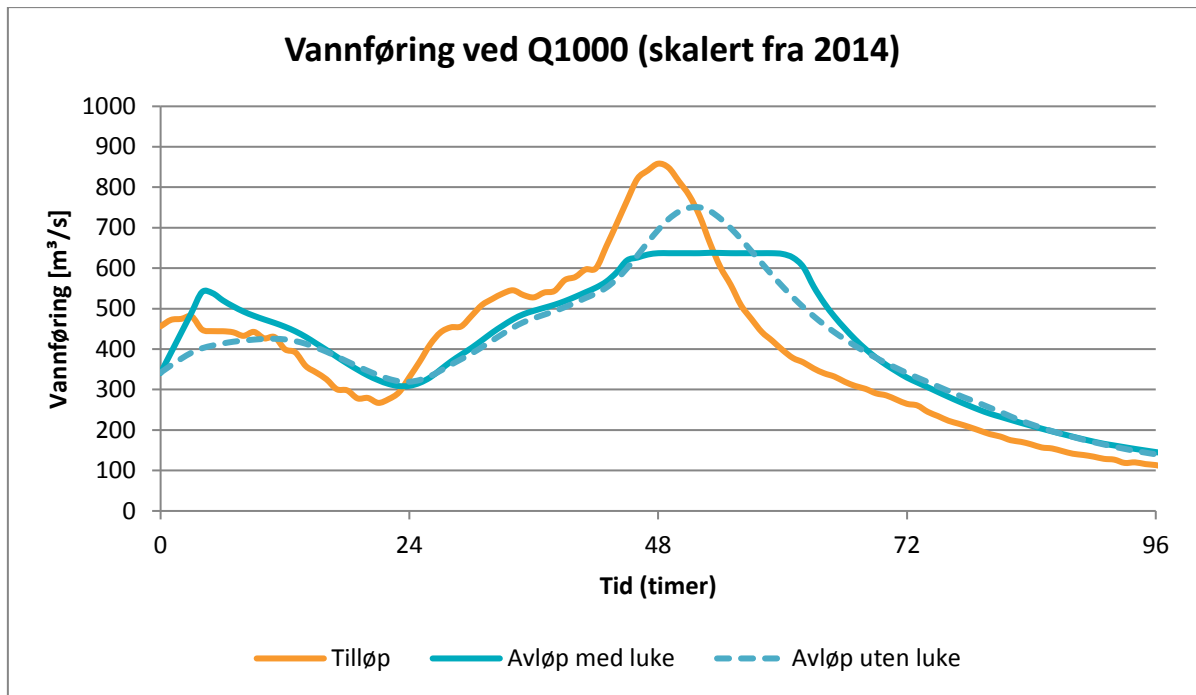


Figur 4-13. Vannstand ved Q200+40% med og uten luke. Vannstanden kulminerer 0,7 meter lavere med luke enn uten luke, men overstiger skadenivået på kote 89.

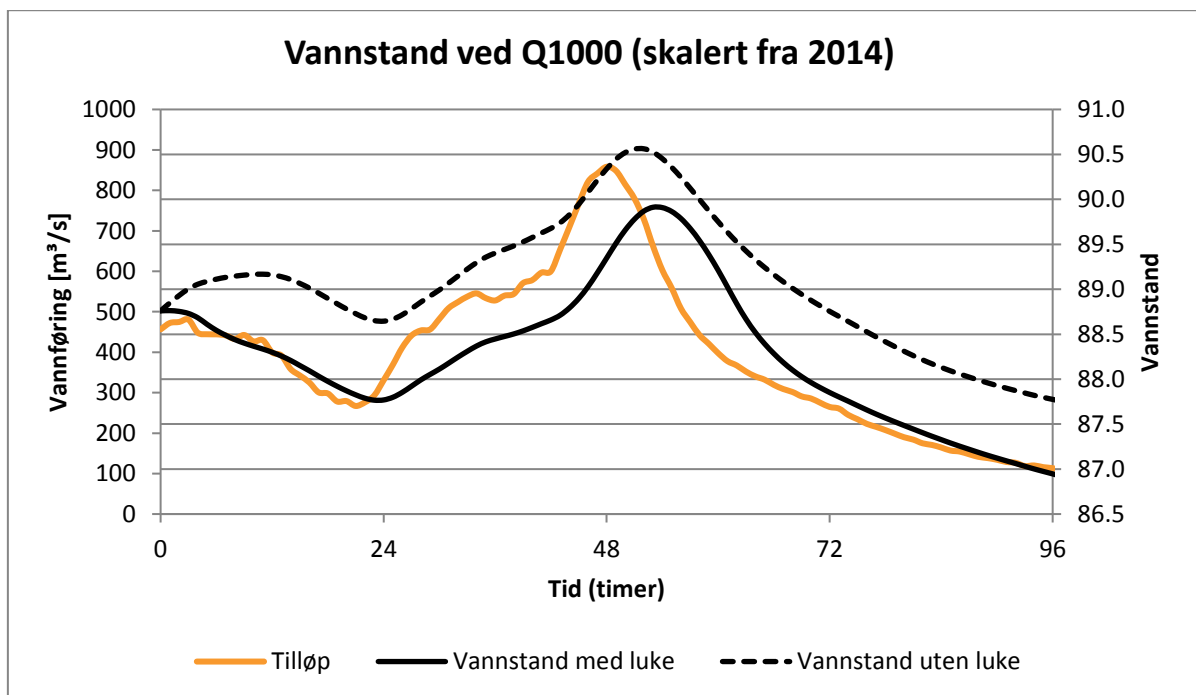
### 4.3.7 Routing av 1000-årsflom

Ved en 1000-årsflom ønsker vi både å dempe vannføringen i Opo og å redusere vannstanden i Sandvinvatn.

Luka åpnes 2 døgn før flomtoppen, og vannstanden i Sandvinvatn senkes fra kote 88,8 til kote 87,8 i løpet av et drøyt døgn. Luka holdes åpen til vannstanden når kote 89, deretter lukkes den gradvis slik at vannføring holdes konstant inntil flomtoppen har passert. Flomvannføringen i Opo blir redusert fra 750 til 640 m<sup>3</sup>/s, og flomvannstanden i Sandvinvatn er redusert med 0,65 m.



Figur 4-14. Vannføring ved Q1000 med og uten luke.



Figur 4-15. Vannstand ved Q1000 med og uten luke

### 4.3.8 Sammenstilling av resultater

Kulminerende flomvannstand og avløpsflom er avhengig av hvordan luka manøvreres. For å se på effekten av manøvrering, presenterer vi to ulike resultater for hver flom: én der luka er åpen gjennom hele flomforløpet for å få lavest mulig flomvannstand og én der luka stenges sakte på det mest gunstige tidspunktet for å lavest mulig avløpsflom. Luka kan selvsagt også manøvreres mellom disse ytterpunktene.

Resultatene av den hydrologiske routingen viser at flomkanalen vil redusere flomvannstand og flomvannføring for alle flommer, dersom luka manøvreres på en god måte. Dersom luka blir stående åpen gjennom hele flomforløpet, for eksempel i en ulykkessituasjon, vil avløpsflommene bli noe forverret, men kun ca. 2% for de største flommene.

For flommer opp til Q200 (uten klimapåslag) blir flomvannstand i Sandvinvatn redusert til under skadenivå. Flomvannføringen i Opo gjennom Odda holdes under ca. 1000 m<sup>3</sup>/s (som elva er dimensjonert for) for alle flommer.

Tabell 4-2. Resultater basert på routing av flomforløp som i 2014. Vannføring i m<sup>3</sup>/s og vannstand i moh.

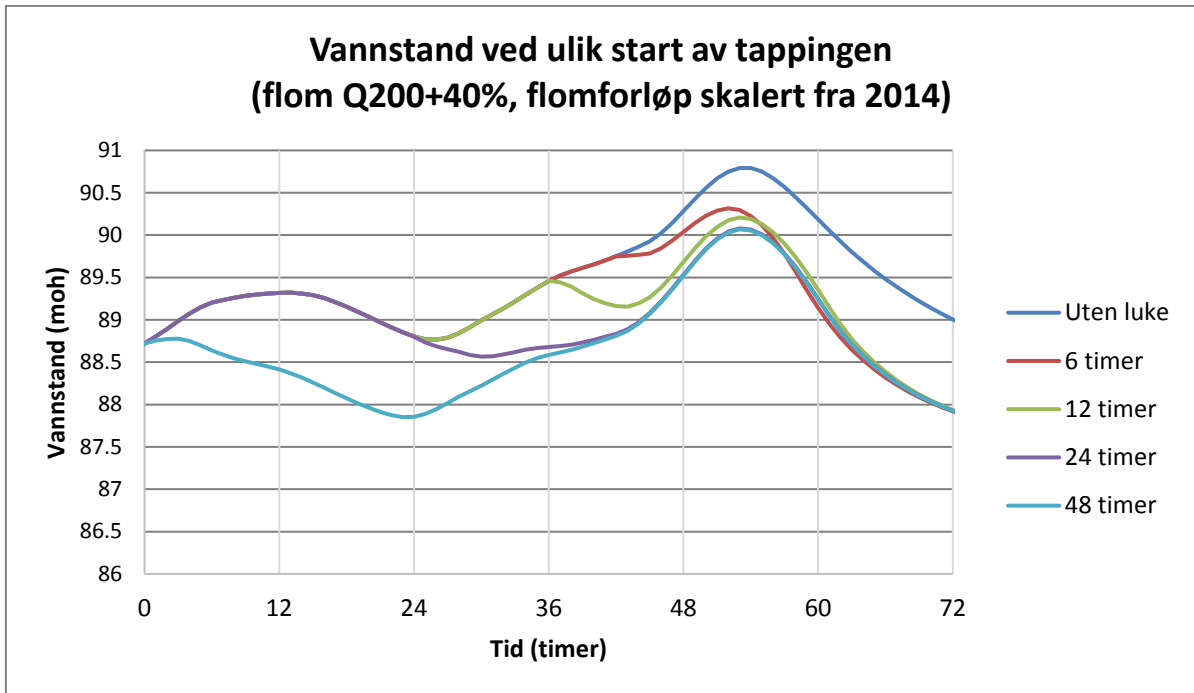
	Q100	Q200	Q1000	Q200+40%	Q1000+40%
Vannføring uten luke	516	572	750	809	1060 m <sup>3</sup> /s
Vannføring med luke (siste verdi med luken åpen hele tiden)	440 (534)	480 (591)	635 (770)	680 (829)	900 (1080)
Reduksjon i vannføring	<i>maks 75</i>	<i>maks 90</i>	<i>maks 115</i>	<i>maks 130</i>	<i>maks 160</i>
Vannstand uten luke	89,6	89,8	90,6*	90,8*	91,7*
Vannstand med luke (siste verdi med luken åpen hele tiden)	88,95 (88,6)	89,25 (88,8)	89,9 (89,4)	90,2 (89,6)	91,1* (90,4)
Reduksjon i vannstand (med luken åpen hele tiden)	<i>maks 1,0 m</i>	<i>maks 1,0 m</i>	<i>maks 1,2 m</i>	<i>maks 1,2 m</i>	<i>maks 1,3 m</i>

\*Vannføringskurven er ekstrapolert, og ikke nødvendigvis gyldig for disse vannstandene

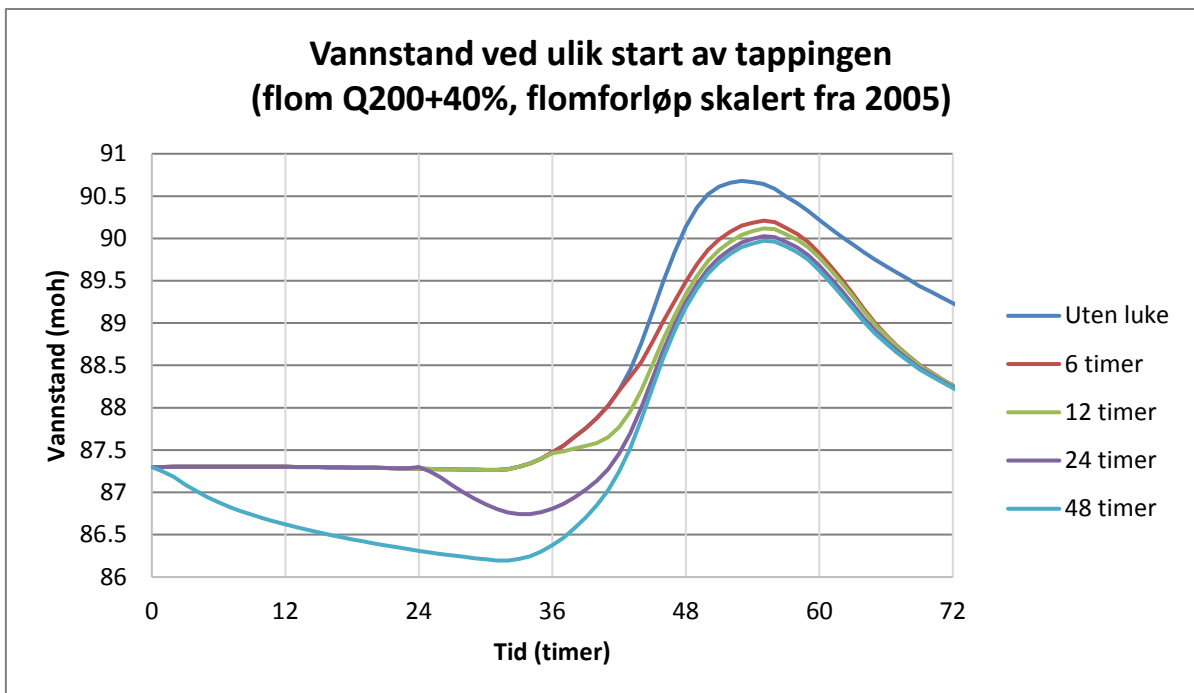
## 4.4 Vannstand og vannføring for andre situasjoner

### 4.4.1 Kortere varslingstid

Dersom flommer har kortere varslingstid enn 2 døgn, kan luka fortsatt gi betydelig effekt. For flomforløp som i 2014, har det minimal betydning om det er 48 eller 24 timers varsling. For 12 timers varsling blir vannstanden 15 cm høyere og vannføringen 5 m<sup>3</sup>/s høyere. For 6 timers varsling blir vannstanden 25 cm høyere og vannføringen 75 m<sup>3</sup>/s høyere. Vannstanden ved 6 timers varsel er fortsatt 45 cm lavere enn vannstanden uten luke, så selv om varslingen kommer sent, blir luken svært nyttig (se Fig 4-18). For flomforløp som i 2005, vil kortere varslingstid fortsatt gi betydelig positiv effekt (se Fig 4-19)



Figur 4-16. Vannstand med ulik tid for åpning av luke for flomforløp som i 2014 (skalert til Q200+40%).



Figur 4-17. Vannstand med ulik tid for åpning av luke for flomforløp som i 2005 (skalert til Q200+40%)

#### 4.4.2 Lukesvikt og lukebrudd

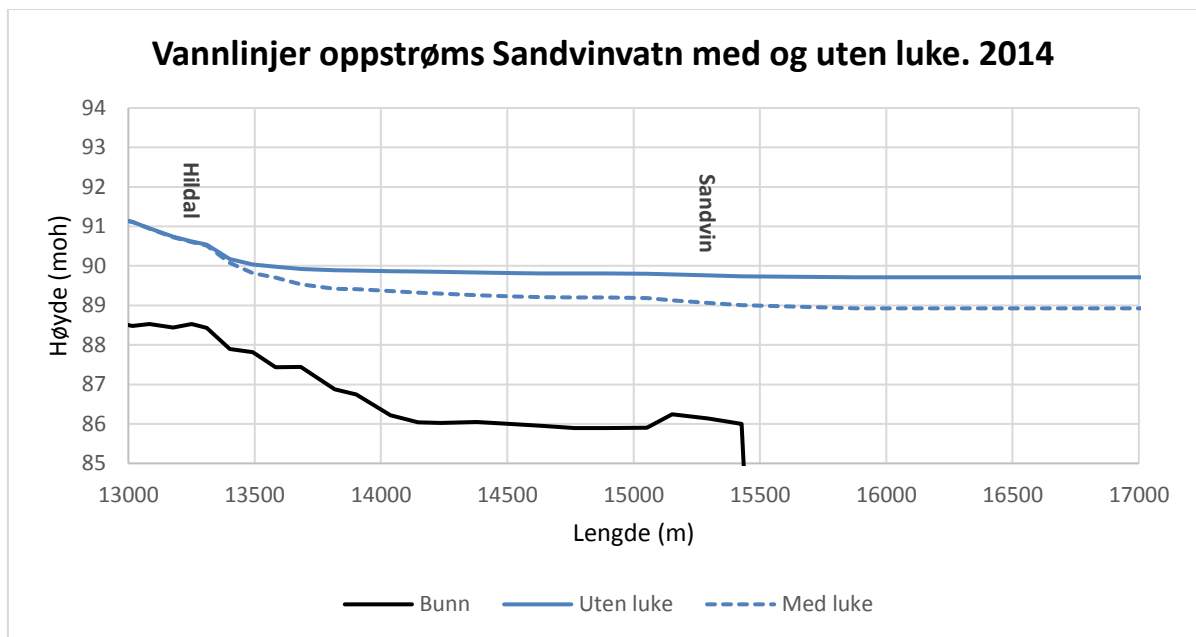
Dersom luka ikke skulle åpne seg, blir forholdene som for en situasjon uten luke. Merk at luken kan åpnes uten strøm, bare man kommer til lukehuset. Den verste situasjonen er dersom luka først ikke skulle åpne seg, og så åpnes på det tidspunktet når det er høyest vannstand. Dette vil kunne potensielt gi en teoretisk vannføring på opp mot 400 m<sup>3</sup>/s i tillegg til det som allerede går i elva. Merk at dette er svært lite sannsynlig, og at en plutselig åpning av luka er fysisk umulig. Se kapittel 7.3 for omtale om potensielle driftsproblemer.

## 4.5 Potensiell skadereduksjon

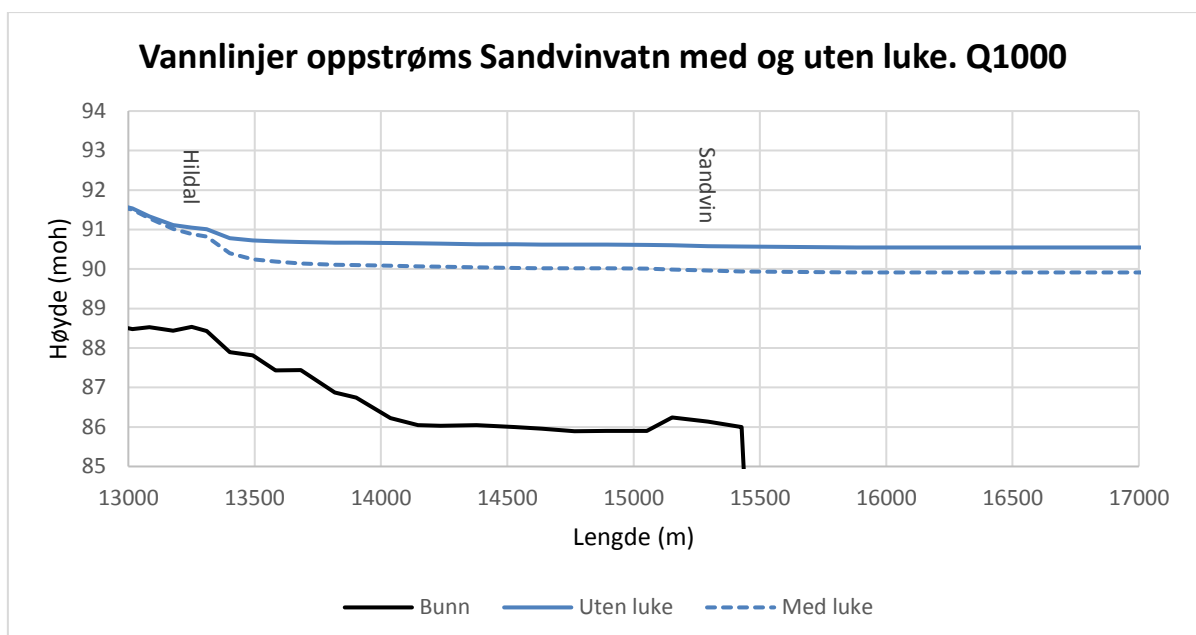
### 4.5.1 Redusert vannstand oppstrøms Sandvinvatn

Det er gjort vannlinjeberegninger i eksisterende hydrauliske 1d-modell utviklet i Mulighetsstudiet for å se hvor langt oppstrøms Sandvinvatn at redusert flomvannstand i Sandvinvatn har effekt. Denne modellen er relativt grov, da det ikke er gjort oppmålinger av vanndybden i Storelva, og elvedybden er satt til konstant lik 1 meter. Modellen er heller ikke kalibrert mot observert vannstand. Resultatene av modellen kan allikevel gi en indikasjon på hvor langt oppover elva at tiltaket har effekt.

Det er gjort simuleringer for to ulike vannføringer: flommen i 2014 og Q1000. For begge flommene gir luka reduksjon i vannstand omtrent opp til Hildal.



Figur 4-18. Vannlinjer med og uten luke for flommen i 2014



Figur 4-19. Vannlinjer med og uten luke for flom Q1000



#### 4.5.2 Beregning av reduserte flomskader

I forbindelse med mulighetsstudiet ble det gjort en opptelling av bygninger langs Sandvinvatn og oppover Storelvi til Hildal ved to vannstander. Det ble identifisert 55 flomutsatte bygninger ved en vannstand på 89,43 moh og 94 bygninger ved en vannstand på 90,67 moh. Ved flommen i 2014 ble det i følge NRK<sup>2</sup> registrert skader på 85 bygninger langs Opo oppstrøms Odda, og da var kulminerende vannstand på 89,8 moh. Beregnet tall på flomutsatte bygninger virker altså rimelig, og kanskje noe lavt.

Ved hjelp av NVEs nytte-kost-verktøy er det beregnet en skadekostnad på ca. 25 millioner kroner ved den laveste vannstanden og 61 millioner kroner ved den høyeste vannstanden. Dette inkluderer skade på bygninger rundt Sandvinvatn og innløpsoset samt på riksveg, og kostnad for omkjøring pga. oversvømt riksveg. Unngåtte avlingsskader og fordeler for landbruk er ikke tallfestet.

Andre skader, og virkningen av ev. redusert vannføring i Opo nedstrøms Sandvinvatn er estimert skjønnsmessig til å være lave siden elveløpet har blitt stabilisert etter flommen i 2014. Derimot vil tiltaket uansett redusere risikoen for nye erosjonsprosesser langs Opo og nye skader på bebyggelsen i Odda. Denne verdien av redusert erosjonsrisiko er ikke forsøkt tallfestet, men er reell og psykologisk viktig for befolkningen i Odda i forhold til dagens situasjon.

Overslagsberegninger av nyttekostnad med og uten flomluker for situasjoner med og uten klimapåslag er gjort ved hjelp av nytte-kost-verktøyet.

Tabell 4-3. Gjentakintervall (år) for ulike skadenivåer med og uten flomluke (uten klimapåslag)

	Dagens tilstand	Med flomluke
Begynnende skade	10	200
Vannstand kote 89,43	30	300
Vannstand kote 90,67	900	5000
<b>Beregnet kapitalisert skadekostnad</b>	<b>42 millioner kroner</b>	<b>3 millioner kroner</b>

Tabell 4-4. Gjentakintervall (år) for ulike skadenivåer med og uten flomluke (med 40% klimapåslag)

	Dagens tilstand	Med flomluke
Begynnende skade	2	30
Vannstand kote 89,43	5	100
Vannstand kote 90,67	100	700
<b>Beregnet kapitalisert skadekostnad</b>	<b>234 millioner kroner</b>	<b>15 millioner kroner</b>

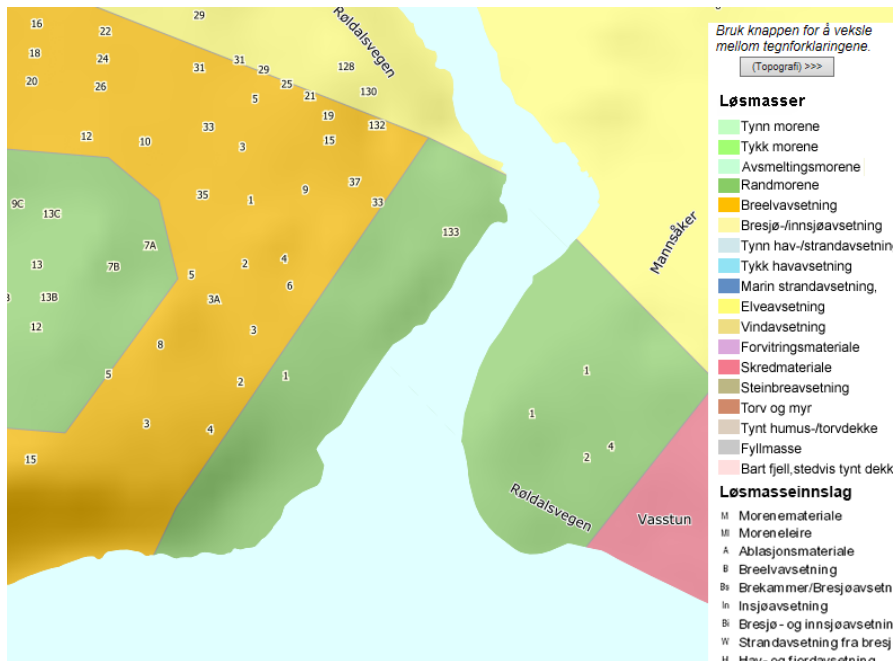
Tiltakets nytteverdi er differansen mellom kapitalisert skadekostnad med og uten luke. Tiltakets nytteverdi er beregnet til ca. 40 millioner kroner i dagens klima, og ca. 220 millioner kroner i et framtidig klima med 40% større flommer. Tiltaket vil sannsynligvis bli samfunnsmessig gunstig i fremtidens våtere klima i forhold til et alternativ med «vent og se» uten nye tiltak utover arbeider allerede utført etter flommen i 2014.

<sup>2</sup> <https://www.nrk.no/hordaland/flomoffer-frykter-ny-flom-i-odda--det-gjor-vondt-1.12438974>

## 5 Grunnforhold

### 5.1 Grunnforhold

Kvartærgeologisk kart fra NGU viser at grunnen består av randmorene, se Figur 5-1.



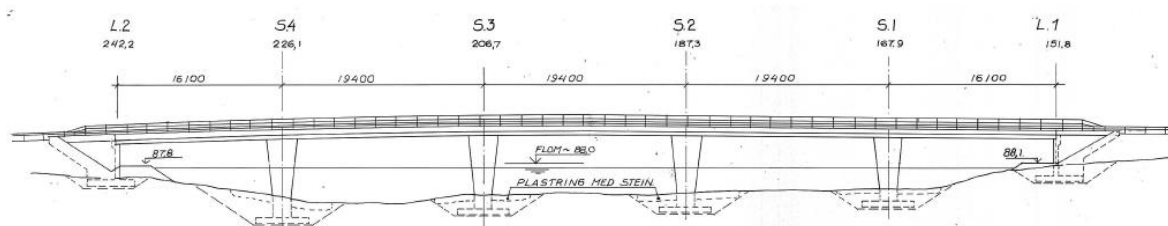
Figur 5-1. Kvartærgeologisk kart fra øvre del av Opo

Statens vegvesen utførte i 1978 grunnundersøkelser i traséen for Vasstun bru og resultatene er rapportert i et brev datert 27.04.1978 som tyder på at det ikke er utarbeidet tegninger som viser detaljer om grunnforholdene. Boringene ble avsluttet i løsmasser i 6,0 til 11,5 m dybde pga. høy boremotstand. Grunnen rapporteres å være ensartet i undersøkelsesområdet og består av grov grus og stein. For øvrig kan det registreres meget store blokker i nedre del av traséen for aktuell kanal, se Figur 3. Det kan ikke utelukkes at tilsvarende blokker også ligger under overflaten lenger opp.

### 5.2 Konstruksjoner

Det ligger to bruer i området, ei veibru som ble bygd i 1979 og ei gammel gangbru, se ortofotoet på Figur 3.

Begge bruene er direktefundamentert. Bilbrua har bruspenn på ca. 16 m for nærmest land og 19 m i øvrige spenn, mens bruspennene for gangbrua antas å være ca. 20 m. Arbeidstegninger tyder på at fundamentnivå for kjørebrua ligger ca. 2,0 m under elvebunnen og at fundamentene er erosjonsbeskyttet med plastring. Oppriss av kjørebrua er vist i Figur 5-2.



Figur 5-2. Oppriss av kjørebrua

For øvrig ligger det en nødstrømstrafo for VA og et selskapsbygg på vestsiden og et hotellbygg på østsiden av elvetraséen.



Figur 5-3. Ortofoto av den aktuelle delen av Opo

### 5.3 utfordringer ved etablering av byggegrupp

Generelt vil det være vanskelig å etablere ei tørr byggegrupp under de rådende grunnforholdene fordi massene i henhold til beskrivelsen fra grunnundersøkelsene kan vise seg å være permeable og faste med mye stein og antakelig blokk. Dette gjør at det kan være meget ressurskrevende å etablere ei tett byggegrupp. Konvensjonell spunt er sannsynligvis ikke mulig å få rammet ned i grunnen pga. for mye stein og blokker i massene. En mulig tetting ved eventuelle andre metoder som rørspunt, sekantpelvegger eller jetpeler må sannsynligvis også føres til en betydelig dybde fordi det må påregnes at massene kan ha høy permeabilitet til store dybder.

En løsning kan derfor bli å bygge ei avstivet byggegrupp der en tillater vann å komme inn i byggegrupa og at en bygger deler av kanalen som undervannsarbeider. Ved en slik løsning kan det brukes en avstivet rørvegg.

Ved alle avstivningsløsninger vil det bli en utfordring å etablere avstivningen under bruene. Dette løses best om kanalen bygges på utsiden av bruene, noe som har blitt hensyntatt i dette forprosjektet.

## 6 Flomkanal

### 6.1 Nøkkelinformasjon kanal

TEKNISK UTFORMING AV ANLEGGET		
Kanal bunn	82	moh
Kanal bredde	10	m
Lukehøyde	6250	mm
Kote innløpstrakt (mudring)	82	moh
Kote kanalbunn	82	moh
Kanalvegg høyde	5-7	m
Kote kulvert innvendig tak	89	moh
Bunn byggegrop	81	moh

KANAL LENGDER				KOTE INNVENDIG BUNN		KOTE UTVENDIG BUNN	
	Total Kanal-lengde	271	m	82-81	moh	81-80	moh
Innløpsrenne i Sandvinvatn (P0-P85)	85	m	82	moh	81	moh	
Kanal del 1 (P85-P154)	69	m	82	moh	81	moh	
Kulvert (P154-P186)	32	m	82	moh	81	moh	
Luke-seksjon (P186-P206)	20	m	81,55	moh	80.2	moh	
Kanal (1% fall) (P206-P250)	44	m	81,55	moh	80.5	moh	
Utløpsone (1% fall) (P250-P271)	21	m	81	moh	80	moh	

### 6.2 Innløpsrenne under vann i Sandvinvatn

Basert på innmålinger utført med ADCP er utløpsoset av Sandvinvatn relativt grunt. Dette fører til et behov for å etablere en renne under vann slik at man sikrer vannføring inn mot inntaket til kanalen (P0-P85). En slik renne kan med fordel utformes som en trakt slik at man gradvis øker vannhastighetene mot innløpet til kanalen. Renna utformes ved å grave ut et trau ned til kote 82. Renna kan ha sidehelninger på 1:2 og bunnbredden økes gradvis fra 10 m ved innløpet til betongkanalen til 35 m der hvor renna avsluttes og bunnen i Sandvinvatn er på kote 82. Det må påregnes noe erosjonssikring av den utgravde renna med fokus på området nærme innløpet til kanalen. Dette vil hindre stein og grus i å bli dratt inn i betongkanalen under flommer og at renna blir stabil.

### 6.3 Kanal

Når kanalen kommer inn på land bygges det en betongkanal (P85-P154). Dette vil øke vannhastighetene samtidig som kanalsidene er erosjonssikre. Dette vil også redusere plassbehovet for kanalen på land.

Betongkanalen utformes med en bunnbredde på 10 m. For å redusere det visuelle uttrykket legges det opp til en betongkanal med sideveger på 5 m høyde, opp til normalvannstand på kote 87. Ved flom er det høyere vannstand, og vannet vil da også renne over sideterrenget. Denne sikres ved å plastre sideskråningene ned mot kanalen.

For å redusere oppdriften bør det bores drenasjehull i kanalen, drenasjehullene bores ned med en dybde på 50% av vanntrykket, senteravstand mellom drenasjehullene skal være mindre enn 3 m og en diameter på minimum 100 mm. Drenasjehullene må være mulig å inspisere.

Det vil også være behov for en tilstrekkelig svingeradius på kanalen for å svinge vannet inn mot kulverten og lukene. Dersom radiusen blir for liten vil kapasiteten reduseres. Den planlagte svingeradiusen på 40 m vil trolig være tilstrekkelig, men ved ytterligere analyser kan man kartlegge et eventuelt behov for økt bunnbredde eller svingeradius på denne strekningen.

#### 6.4 Kulvert

Kanalen legges i kulvert under Rv. 13 og gangvegen like ved. Kulverten bygges opp til kote 89 for å sikre frispeilstrømning og tilstrekkelig klaring til kulverttaket i henhold Håndbok N400, fra Statens vegvesen.

Langs innløpssiden av kulverten foreslår vi å etablere en flombarriere, slik at man forhindrer flomvann som stiger høyere enn vegbanen i å strøme ned riksvegen mot nordvest. Dette vil ytterligere bedre sikkerheten og vil begrense skadene og ukontrollerte oversvømmelser ved sjeldne situasjoner der vannstanden i Sandvinvatn kan stige over ca. kote 89,5.

#### 6.5 Lukeseksjon

Lukene i kanalen etableres like nedstrøms kulverten. Lukeseksjonen må bygges med en utsparing på 600 mm. Utsparingene må strekke seg over et område tilsvarende sideføringsplaten for luken i kanalen. Dette sikrer at det er mulig å utføre sveisearbeider bak sideføringen slik at denne kan forankres til kanalveggen.

Lukeseksjonen bygges med revisjonsstengsel på oppstrøms og nedstrøms side av lukene. Det vil på denne strekningen være en fordel med en tett kanal og derfor bør det ikke etableres drenasjehull mellom revisjonsstengselene. Dette medfører økte oppdriftkrefter. Kanalen her må dimensjoneres for å ta opp kreftene fra luken. Kanalveggene er derfor av en større dimensjon. Dette vil øke betongvekten samt styrke kanalen på denne strekningen, og gjør det mulig å sette bjelkestengsler og holde luken isfri og vannfri i den kaldeste vinterperioden uten flomfare dersom dette blir forsvarlig. Det må uansett påregnes at denne delen av kanalen må forankres med forankringsstag ned i grunnen under kanaldekke. Luken er beregnet til å stå i vann og is hele året rundt uten nevneverdig fare for skade eller funksjonssvikt.

For å forhindre at lukeinstallasjonen reduserer tverrsnittet av kanalen senkes bunnen av kanalen nedstrøms lukehengselen. Den foreslåtte lukeinstallasjonen vil bygge 45 cm over senket kanalbunn på kote 81,5.

#### 6.6 Kanal uten sidevegg mot vassdraget

Umiddelbart på nedstrøms side av lukeseksjonen avsluttes den høyre kanalveggen. Dette vil bedre det visuelle uttrykket og kanalen vil ikke bli like synlig og ruvende nedover vassdraget.

Kanalbunnen vil fortsatt ligge lavere enn den naturlige elvebunnen og det må derfor påregnes erosjonssikring av sideskråningene mellom kanalbunnen og elven, og eventuelt en lav mur for å hindre at kanalen fylles opp med stein og sedimenter fra elva. Noe senkning av elvebunnen lokalt vil redusere dette behovet, og vi foreslår at store blokker forblir urørt for at elvens karakter blir mist mulig endret. Om sommeren vil kanalbunnen nederst kunne bli eksponert ved lave vannføringer.

Betongkanalen avsluttes like nedstrøms Odd Fellow-bygget, og herfra etableres et erosjonssikret utløp gjennom løsmasser i en lengde på ca. 20 m. Her vil nivået i kanalbunnen møte nivået for naturlig elvebunnen.

## 6.7 Landskap

Flomkanalen er plassert på elvas vestsida. Her er det nok rom i snittet til at terrenget kan bearbeides ned mot kanalen og denne blir liggende med god tilpassing til det nye terrenget. Flomkanalen trenger ikke ytterligere konstruksjoner for å ta opp høydeforskjell inn mot terrenget, med unntak for nedstrøms luke mot vest, der det settes opp en mur som holder kote +87 på kanalens vestsida. Terrenget innenfor heves og det fylles opp på innsiden. Dette medfører en ryddigere situasjon inn mot bygningen, som visuelt får redusert høyde på grunnmuren ut mot elva.

I en eventuell detaljering må vegetasjon på arealet vest for flomkanalen oppstrøms brua måles inn og det bør etterstrebes å ivareta mest mulig av den største og flotteste vegetasjonen.

## 7 Flomluke

### 7.1 Valg av luketype

En klappeluke, der vannet strømmer over luka, vil være det minst visuelt dominerende i flomkanalen. Klappeluker finnes i to utførelser:

1. "Obermeyerluke" av stållemmer, manøvrert med gummibelg.
2. Klappeluke i stål, manøvrert med 1-sidig hydraulisk opptrekk

Av disse er Obermeyerluken den mest gunstig da:

- Plass for manøvreringsutstyr er enkelt med stålskap.
- Har lette kollivekter ved håndtering under montasje.
- Er prismessig gunstig
- Har minimale vedlikeholdskostnader

### 7.2 Beskrivelse

Tegning av flomluken finnes i vedlegg X.

#### 7.2.1 Hoveddata

- Lysåpning, bredde B = 10,0 m
- Lysåpning, høyde (opp til HOV) H = 6,0 m
- Fribord (skvettkant) 250 mm
- Høyeste overvannstand HOV Kote 88,0
- Høyeste undervannstand HUV Kote 84,50
- Topp luke Kote 88,25
- Luketerskel Kote 82,0

#### 7.2.2 Dimensjonerende laster

Luka dimensjoneres for en redusert islast.

Argumentet for å redusere islasten er:

- Stållemmene kles med plastplater.
- Gummibelgen er elastisk og vil «gi etter».
- Skrå skjoldplate bidrar til at isen sklir.

For å hindre is i undervannet, kan det tilrettelegges for strømmende vann fra oppstrømsiden.

#### 7.2.3 Obermeyerluke

Frontplaten på Obermeyerluken består av krumme stållemmer, som er festet til gummihengsler/bunntetning med ståklamp og forankringsbolter. Gummitetning i sider sklir mot rustfrie sideskjold og tetter i alle mellomstillinger. Åpning mellom stållemmene tettes med flatpakning.

For å stoppe lukene i stengt stilling, er det på nedstrøms-siden stropper med tilpasset lengde.

#### 7.2.4 Revisjonsstengsel

For tørrlegging av flomluken etableres det revisjonsstengsel på både oppstrøms og nedstrøms side av flomluken. Revisjonsstengslene består av:

- Støttebjelke opplagret i sidepilarene over høyeste vannstand.
- Innstøpt stålanlegg i bunn
- Vertikale nåler, støttet i bunn mot stålanlegg og i topp mot bjelke.

## 7.3 Drift og vedlikehold

### 7.3.1 Manøvrering.

Luken manøvreres med gummibelger, plassert på nedstrømssiden av stållemmene.

- Luken stenges med å fylle gummibelg med nitrogen.
- Luken er «selvåpnende» under flom, ved å tømme gummibelg for nitrogen.

### 7.3.2 Vedlikehold

Ved stenging av flomluken etter en flom, tilkobles nitrogenflasker. Med stengt luke under drift, er det nitrogenflasker plassert i stålskap som sørger for opprettholde trykket i gummibelgene, og sikre stengt luke. Nitrogenflasker leies av en lokal leverandør. Vedlikehold er enkelt med kun etterfylling av tomme nitrogenflasker.

### 7.3.3 Fordeler og ulemper med denne løsningen

#### Fordeler:

- Lukene kan alltid manøvreres selv under strømbrydd og krever ingen reservestrøm.
- Lang stengetid av flomluken, sørger for sakte stigning av overvannet.
- Liten fare for tetting/ising av tilførselsrør til gummibelger ved bruk av nitrogenflasker i stedet for luftanlegg.
- Slette vegger i lukeløp, reduserer faren for blokkering med isblokker.
- Kollivekter < 10 tonn ved løft/håndtering under montasjearbeidene unngår behov for montasjeplass for en stor kran.

#### Ulemper:

- Pulserende, turbulent undervann kan i dykket mellomstilling, gi «blafring» på luken med overstrømmende vann. Luken vil ikke skades, men vannføringen over luken vil variere noe. Dette regnes som uproblematisk under raskt varierende flomforhold når luken er delvis nedsenket.

### 7.3.4 Mulige kritiske punkter med hensyn på manøvrering og drift

En Obermeyerluke er generelt en robust løsning. Mulige forhold som potensielt kan gi driftsproblemer er:

#### Lekkasje i påfyllingssystemet

- Vil bli oppdaget da trykket synker i systemet og luka begynner å åpne.
- Avhengig av lekkasje vil det ta lang tid før luka åpner helt.
- For å reparere lekkasjen må nålestengsel settes. Nålestengsel kan settes i strømmende vann.

#### Sabotasje av gummibelg

- Skudd mot gummibelgen: Hullet vil bli veldig lite, og vil bidra til en liten lekkasje. Denne vil bli oppdaget ved at trykket synker. Dette er testet
- Motorsag mot gummibelgen: Det er umulig å komme igjennom da gummibelgen er armert. Dette er testet.





Figur 7-1. Bilde som viser tverrsnitt av gummibelg til en 4 meter høy Obermeyerluke<sup>3</sup>

#### **Tette rør slik at luka ikke åpner**

- Is i systemet pga. kondens unngås vi ved å benytte ren og tørr Nitrogen fra flasker.
- At ventiler for å slippe ut nitrogen havarerer er usannsynlig, men det er mulig å bygge inn redundans i systemet, for å sikre tømming av belger ved flom.

#### **Tykk is nedstrøms luke**

- Kan føre til skader på strekkbånd, da is drar med seg bånd ved smelting.
- Manøvrering med tykk is nedstrøms kan føre til skader på skjoldplate. Luke skal manøvreres ved flom som vanligvis kommer på den isfrie delen av året.
  - Ved sannsynlige is-problemer nedstrøms luke, er det mulig å bygge omløpsrør fra oppstrøms luke for å virvle opp undervannet.

## **7.4 Budsjettpris**

- 1 stk. Obermeyerluke B x H = 10,0 x 6,0 m
- 1 stk. Revisjonsstengsel, oppstrøms B x H = 10.0 x 6,0 m
- 1 stk. Revisjonsstengsel, nedstrøms B x H = 10.0 x 2,50 m  
*H er høyden opp til normalvannstand.*

Estimerte kostnader for ovennevnte leveranse er **NOK. 10. mill.** eks. mva. Det er stor usikkerhet rundt denne prisen siden det er levert veldig få lignende luker i Norge. Det legges en uforutsett post på 10% på alle poster (Se Kap 9).

## 8 Gjennomføring

### 8.1 Etablering av byggegrop

I og med at det må påregnes at de stedlige massene er grove med mye stein og blokk er det begrenset hvilke avstivningsmetoder som kan brukes. Vi anbefaler at avstivning etableres mot sidene ved hjelp av en horisontalavstivet rørvegg. En rørvegg vil være åpen og det kan derfor strømme grunnvann inn i byggegropa og arbeider under grunnvannstanden, som antas å følge noenlunde vannivået i elva, må da utføres som undervannsarbeider. Nedre avstivningsnivå bør settes så lavt som mulig og vil styres av grunnvannsnivået ved liten vannføring i Opo i og med at avstivningen må etableres over vannstanden.

Før rørveggen bygges planlegges det å senke terrengnivå slik det er vist på profilene. Derfra bores rørene fortløpende i avstivningslinjen før det blir gravd ned til første avstivningsnivå og avstivning blir etablert med stag og puter med tilbehør. Videre graves det ned til neste avstivningsnivå før avstivning med stag og puter etableres som for øvre avstivningsnivå. Fra nedre avstivningsnivå graves det til bunn byggegrop før denne avrettes og kulvert etableres.

I forbindelse med prosjektering av avstivningen anbefaler vi at det blir utført grunnundersøkelser for å tilfredsstillende grunnlag for prosjektering og bygging. Resultater fra grunnundersøkelsene vil redusere risikoforholdene under bygging i og med at resultatene er med på å belyse hvilke utfordringer en kan få under arbeidene. God planlegging inklusiv en grundig risikovurdering før gjennomføring av tiltakene vil bidra til en sikrere gjennomføring og forutsigbar økonomi.

### 8.2 Trafikkavvikling

Det er svært begrensede omkjøringsmuligheter for rv. 13. Det planlegges derfor å gjennomføre byggearbeidene på en måte slik at trafikken ledes rundt byggearbeidene. Dette gjennomføres med to faser med omlegging av riksvegen. Første fase starter med å utvide veien mot sør-øst. Her holdes et kjørefelt med lysregulering og en gangpassasje åpent for trafikk. Under denne første omleggingen av riksvegen bygges første halvdel av kulverten (ca. P162-P186).

Første halvdel av kulverten må ha tilstrekkelig lengde slik at det er plass til å etablere et kjørefelt og gangpassasje på denne. Når første del av kulverten er ferdig etableres en ny omlegging. Denne gangen mot nord-øst over kulverten. Her holdes også et kjørefelt med lysregulering og en gangpassasje åpen. I denne fasen bygges siste del av kulverten (P154-P162).

Til slutt reetableres riksvegen over den ferdige kulverten.

Hvor vidt gangbrua holdes åpen eller om det skal sperres av en trase over nye Vasstun bru må vurderes. Gangbrua kan holdes åpen gjennom en midlertidig gangbane mellom brukaret for Vasstun bru og gangbrua.

En slik arbeidsgang med omlegginger har en klar fordel ved at riksvegen holdes åpen for trafikk. Men omleggingene vil komplisere arbeidene og kreve god planlegging. Omlegging av infrastruktur må også planlegges i samsvar med denne arbeidsgangen. Man bør også sikte på at arbeidene utføres slik at tidsrommet for lysregulering og innskrenkingen av riksvegen reduseres.

Alternativt kan det etableres en midlertidig bru, «bailey bru», over byggegropa. Dette kan forenkle arbeidene spesielt med tanke på tidsaspektet. Gjennomføringen med bruk av midlertidig bru vil ikke bli delt opp i flere faser og støpingen av hele kulverten kan foregå uten opphold. Arbeidet starter med at rørveggen bores ned. Dette monteres midlertidig bru og trafikken slippes over denne før byggegropa graves ut. Avstivningen av rørveggen kan gjennomføres på samme måte med fjellstag

eller horisontal avstivning over byggegropa. En slik løsning vil medføre at løsmassene må graves ut fra sidene under brua.

### 8.3 Fangdammer

Byggearbeidene vil være avhengig av to fangdammer. En fangdam ved framskjæringen i Sandvinvatn og en fangdam fra vestre brukaret for gangbrua og nordover langs Opo. Det ligger en stor blokk ved avslutningen av den åpne delen av kanalen og fangdammen i elva avsluttes her. Fangdammene kan for eksempel bygges ved bruk av stedlige løsmasser og geo-membran.

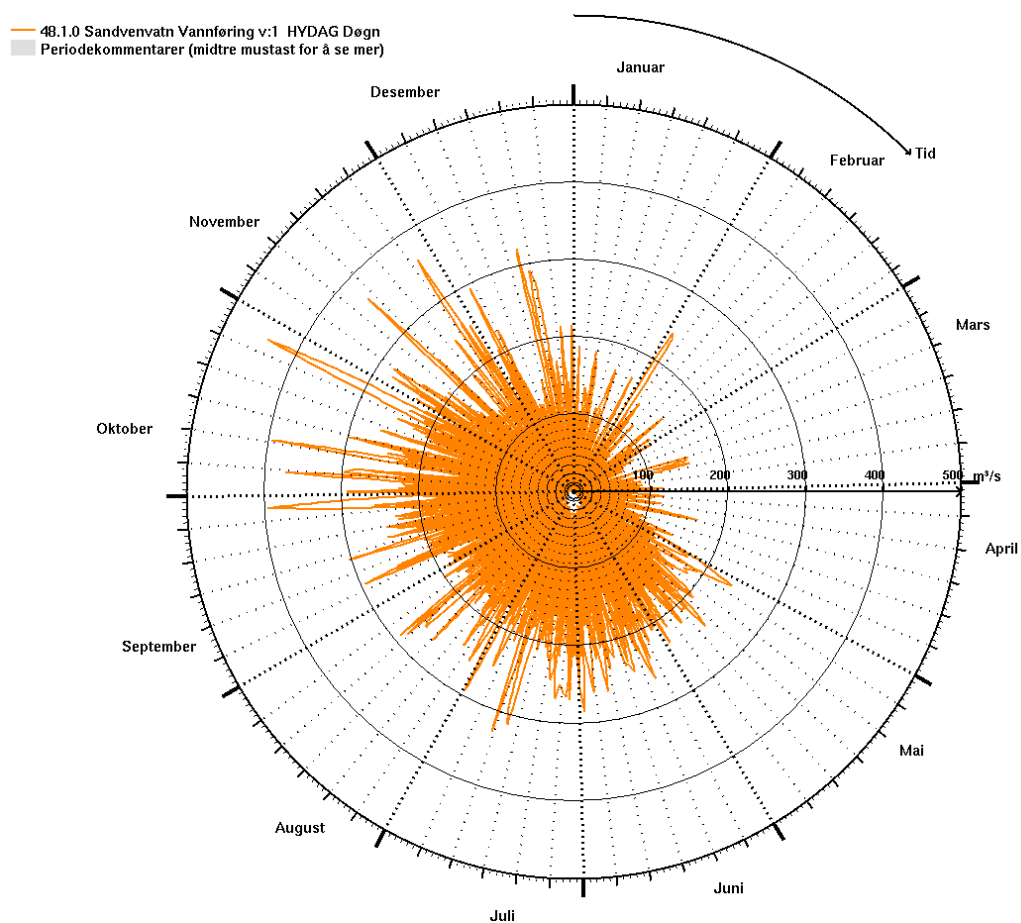
### 8.4 Eksisterende infrastruktur

Det ligger i dag et vanninntak som kommer i konflikt med flomkanalen. Inntaket er et reserveinntak for Odda vannverk. Fra inntaket ligger det to 380 mm vannledninger som i dag krysser riksvegen bak brukaret og en 700 mm støpejerns-ledning på vannsiden av brukaret. Man må derfor påregne en del kostnader i forbindelse med omlegginger. Hvor vidt man velger å beholde det eksisterende vanninntaket og kun legger om ledninger eller om man velger å fjerne det eksisterende vanninntaket og eventuelt erstatter dette med ett nytt vanninntak vil måtte vurderes i neste fase.

Det må også påregnes omlegging av kabler og ledninger som krysser gjennom Vasstun bru og gangbrua. På grunn av begrenset plass mellom kulverttaket og ferdig terreng kan det bli aktuelt å etablere en kabelkulvert over taket på flomkulverten. Det må også settes av plass til VA ledninger.

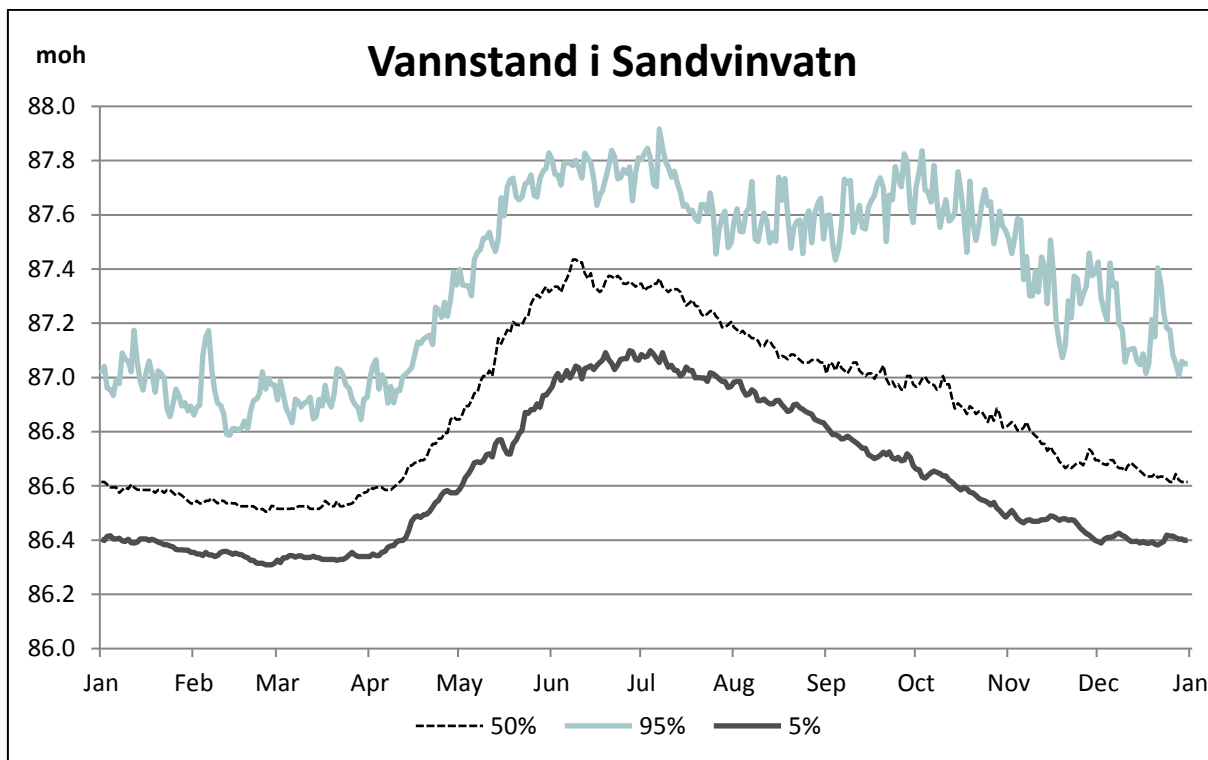
### 8.5 Risiko ved gjennomføring

Det er flere forhold som vil utgjøre en risiko ved gjennomføring. Flom i vassdraget vil utgjøre den største risikoen. Flom i vassdraget kan føre til stopp i arbeidene og dersom fangdammer overtoppes kan det bli skader og forsinkelser.



Figur 8-1. Årspolarplott for vannføring ut av Sandvinvatn

Flommer i Opo oppstår først og fremst i forbindelse med store nedbørhendelser. Som vist i årspolarplottet i Figur 8-1 kan disse oppstå hele året, men er mest hyppige om høsten, fra august til desember. Om vi ser på historisk vannstand i Sandvinvatn, Figur 8-2, ser vi at det vanligvis er lav vannstand om vinteren og tidlig vår, fra januar til midten av april. Dette er derfor den mest gunstige tiden å gjøre byggearbeider i tilknytning til vann.



Figur 8-2. Persentiler for historisk vannstand i Sandvinvatn

Der er også flere geotekniske risikomomenter. Det planlegges å etablere en avstivet byggegrop like bak brukarene, ved Odd Fellow bygget, Hovden 1 og flere mindre bygg for infrastruktur. Det vil være fare for skader som følge av setninger og rystelser.

Trafikksikkerhet og omleggingen av riksvegen vil også utgjøre et risikomoment. Det vil foregå byggearbeider på begge sider av riksvegen. Kanalen legges i kulvert under et trangt og lite oversiktlig kryss og trafikkavviklingen er avhengig av god planlegging.

Felles for de fleste risikomomentene er at det er svært lite plass for byggearbeidene. Det er mange momenter som vil spille inn da man arbeider tett på vassdrag, riksvei, bygg og infrastruktur.

## 9 Kostnadsberegning

Prosjektet er kostnadsberegnet til 98 mill. kr, med store usikkerhetsmarginer. En stor del av kostnadene er knyttet til vannulemper og vanskelige grunnforhold. Med rimelig bra sannsynlighet estimerer vi investeringskostnaden til å ligge i området 80-115 mill. kr.

De største postene i kostnadsoverslaget omfatter etablering av byggegrop, betongarbeider og lukeinstallasjonen. Kostnadsoverslaget inkluderer en post for uforutsette kostnader på 10% og en post for planlegging og administrasjon på 7%

Det forutsettes at mye av arbeidene med kanalen vil måtte gjennomføres under vann. Dette er medtatt som en tilleggs kostnad for betongarbeidene. Deler av arbeidene vil kunne gjennomføres på land for så å senkes ned i kanalen, for eksempel armering og forskaling. Det må uansett påregnes monteringsarbeid under vann. Tilleggs kostnadene er basert på en antatt fremdrift for støpearbeidene på en seksjonslengde (à 6 m) per uke.

En sammenstilling av postene i kostnadsoverslaget finnes vedlagt i Vedlegg D.

### 9.1 Usikkerheter i kostnadsberegningen

Det vil bli behov for ytterligere grunnundersøkelser i detaljeringsfasen. Grunnundersøkelsene bør omfatte in-situ permeabilitetsforsøk i traseen for kanalen for å undersøke grunnvannstand og forventet vanninntrenging i bygge-gropen. Dette bør utføres slik at nødvendig vannhåndtering kan planlegges. Det er størst usikkerhet knyttet til grunnforholdene på stedet. Kostnadene i tilknytning til dette er derfor konservativt anslått. Dersom massene i grunnen viser seg å være svært tette kan dette lette arbeidet med å etablere en tørr bygge grop som igjen kan føre til kostnadsreduksjoner.

Det er også knyttet usikkerhet til etablering av rørvegger langs byggegropen. Kvartærgeologiske kart indikerer endemorene og flyfoto viser mye stor blokk i området. For å ta høyde for dette planlegges arbeidet gjennomført med borede rørsput-vegger. Alternative tiltak kan blant annet inkludere pigging og sprengning samt etablering av åpne graveskrånninger.

Kostnader i forbindelse med omlegginger av infrastruktur er medtatt basert på antagelser og et estimert antall omlegginger i kostnadsoverslaget. Overslaget er anslått basert på at omlegginger vil inkludere VA- anlegg, EL og telekabler som krysser traseen.

Det ligger et trafobygg og et vanninntak tett opp mot den valgte traseen. Det er forutsatt at byggearbeidene kan gjennomføres uten at disse byggene må flyttes.

## 9.2 Driftskostnader

Det antas at anlegget vil bli omfattet av Damsikkerhetsforskriften og forskrift om internkontroll etter vassdragslovgivningen (IK-vassdrag). Anleggseieren får da ansvar for å oppfylle kravene i vannressursloven og ovennevnte gjeldende forskrifter. Dette medfører en del lovpålagte driftskostnader, som f.eks.: vassdragsteknisk ansvarlig, og tilsyn i form av periodisk- og hovedtilsyn samt revurderinger ved gitte intervaller bestemt av Damsikkerhetsforskriften. Anlegget og området rundt må også sikres mht. allmennhetens bruk og ferdsel både i bygge- og driftsfasen, jf. vannressursloven § 5 og damsikkerhetsforskriften § 7-6.

Det anbefales å inngå avtale med et lokalt kraftselskap som kan ta seg av følgende:

- Alarmberedskap og manøvrering ved varslet flom
- Stenge luka etter flom og innkjøp av nitrogen
- Årlig tilsyn
- Vedlikehold

For disse tjenestene anslås årlige kostnader til å være i størrelsesorden 100-150 000 kr per år.

## 10 Vedlegg

- A. Landskapsillustrasjoner
- B. Skisse av luke
- C. Skisser av kanal
- D. Kostnadsoverslag
- E. Rapport fra fiskeundersøkelse