Flomberegning for Opo (048.Z), Odda kommune i Hordaland

Thomas Væringstad

1
2015

OPPDRAGSRAPPORT A

Flomberegning for Opo (048.Z), Odda kommune i Hordaland

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktør:

Forfattere: Thomas Væringstad

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag:

Forsidefoto: Jomar Bergheim, NVE

ISBN

Sammendrag: Det er utført flomberegning for Opo ved utløpet av Sandvinvatnet. Middelflom og flommer med gjentaksintervall fra 5 til 1000 år er beregnet. Datagrunnlaget for flomberegningen kan klassifiseres som godt, med en inndeling på godt, middels og dårlig. Det er benyttet et klimapåslag på 20 og 40 prosent for å se på ventede endringer i flomstørrelser frem mot år 2100.

Emneord: Flomberegnin, Opo, Odda.

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95
Telefaks: 22 95 90 00
Internett: www.nve.no

April 2015

Innhold

Forord **4**

Sammendrag **5**

1 Beskrivelse av nedbørfeltet **6**

2 Vannføringsstasjoner **7**

3 Beregning av flommer **9**

3.1 Forholdet mellom kulminasjons- og døgnmiddelvannføring 11
3.2 Flommen 28. – 29. oktober 2014 11
3.3 Justering av flomverdier i forhold til ventede klimaendringer 12
3.4 Vannstander i Sandvinvatnet 13

4 Usikkerhet **13**

Referanser **14**

Forord

På oppdrag for NVE Region Vest har Hydrologisk avdeling utført flomberegning for Opo, Odda kommune i Hordaland.

I oktober 2014 rammet en stor flom flere vassdrag på Vestlandet, blant annet Opo. NVE Region Vest er i etterkant av flommen involvert i sikringsarbeider i områdene omkring elva Opo. Det har derfor vært behov for flomberegninger i dette området.

Denne rapporten gir resultatene for en flomberegning for Opo hvor data fra flommen i oktober 2014 er inkludert i analysene. I tillegg er virkningen av klimaendringers på flomforholdene vurdert. Rapporten er utarbeidet av Thomas Væringstad og kvalitetskontrollert av Erik Holmqvist.

Oslo, april 2015

Sverre Husebye
seksjonssjef

Thomas Væringstad
senioringeniør

Sammendrag

Det er utført flomberegning for Opo ved utløpet av Sandvinvatnet. Middelflom og flommer med gjentaksintervall fra 5 til 1000 år er beregnet.

Flommen 28. – 29. oktober 2014 er beregnet å ha kulminert med en vannføring på 773 m^3/s ved utløp av Sandvinvatnet. Flommen er den største siden målingene startet i 1908. Ut fra disse beregningene hadde flommen her et gjentaksintervall på over 200 år.

Datagrunnlaget for flomberegningen kan klassifiseres som godt, med en inndeling på godt, middels og dårlig.

Opo ligger i et av de områdene i Norge hvor klimaframskrivningene gir størst økning i flomstørrelser frem mot år 2100. Her er det derfor benyttet et klimapåslag på 20 og 40 prosent på de beregnede flomvannføringene. Dette gir ytterligere økning i de beregnede flomvannføringene.

Resulterende kulminasjonsvannføringer ble:

	Q_M m^3/s	Q_5 m^3/s	Q_{10} m^3/s	Q_{20} m^3/s	Q_{50} m^3/s	Q_{100} m^3/s	Q_{200} m^3/s	Q_{500} m^3/s	Q_{1000} m^3/s
Opo	330	390	450	510	600	670	740	850	940
Klima + 20 %	390	470	540	610	720	800	890	1020	1130
Klima + 40 %	460	540	630	710	840	930	1040	1190	1320

Resulterende kulminasjonsvannstander (NVE-høyde) i Sandvinvatnet ble:

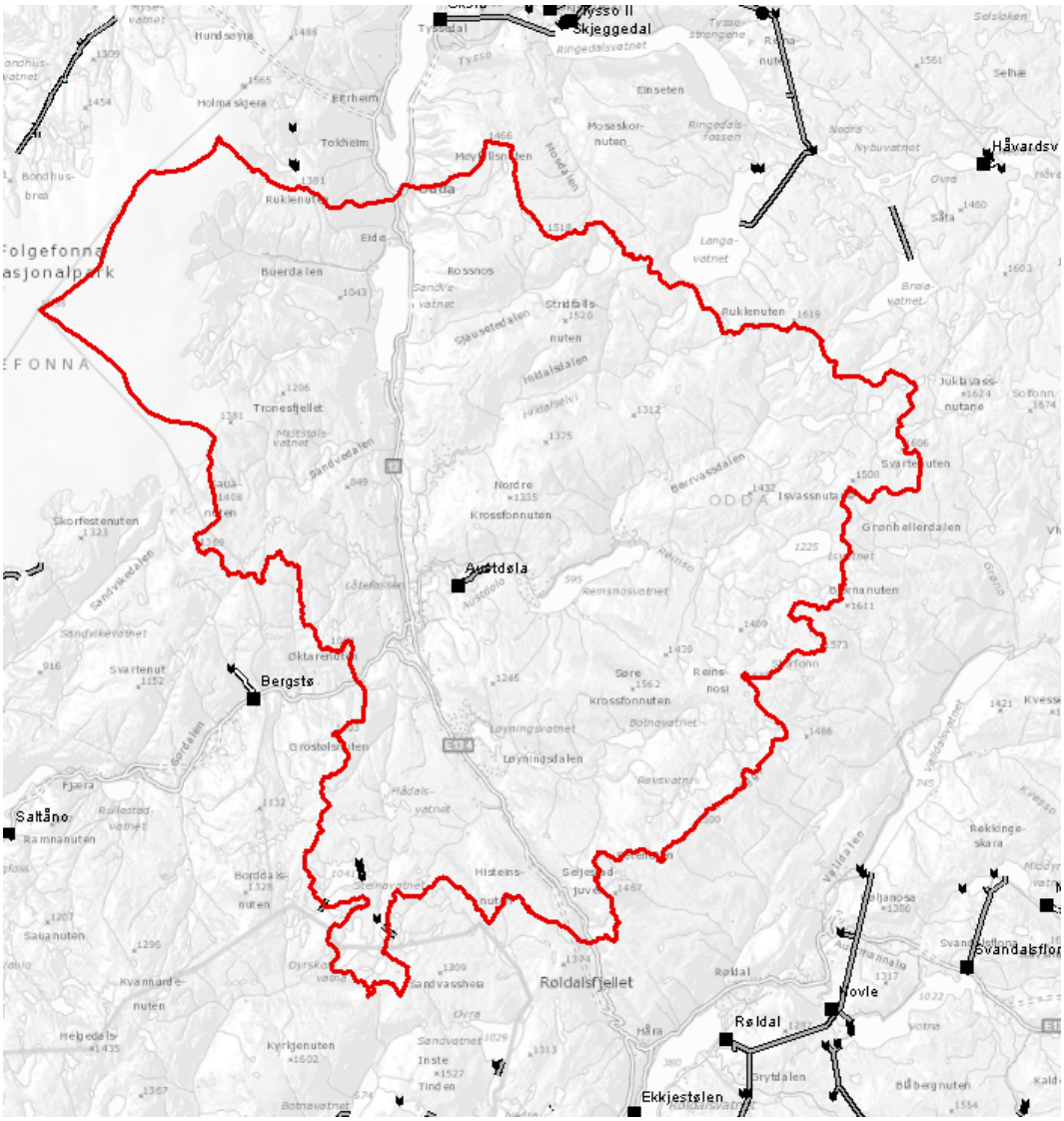
	H_M m^3/s	H_5 m^3/s	H_{10} m^3/s	H_{20} m^3/s	H_{50} m^3/s	H_{100} m^3/s	H_{200} m^3/s	H_{500} m^3/s	H_{1000} m^3/s
Sandvinvatnet	3,7	3,9	4,1	4,2	4,5	4,7	4,8	5,1	5,3
Klima + 20 %	3,9	4,1	4,3	4,5	4,8	5,0	5,2	5,4	-
Klima + 40 %	4,1	4,3	4,6	4,8	5,1	5,3	5,5	-	-

1 Beskrivelse av nedbørfeltet

Nedbørfeltet til Opo ved utløp av Sandvinvatnet er 470 km^2, og ved utløp i fjorden er arealet 474 km^2 (ekskl. Freimselva). Ut fra den relativt lille forskjellen i feltareal er det ikke behov for å skalere flommene på denne strekningen. Sandvinvatnet har et areal på 4,4 km^2 og vil bidra til å dempe flomtoppene noe. Drøyt 7 prosent av nedbørfeltet er dekket av bre.

Steinavatn og Dyrskardvatna, med feltareal på til sammen 9,3 km^2 og beliggende sør i nedbørfeltet, er overført til Saudavassdraget siden 1967.

Feltkarakteristika for Opo er vist i tabell 1. Kartet i figur 1 viser nedbørfeltet.



Figur 1. Nedbørfeltet til Opo.

Tabell 1. Feltkarakteristika

Nedbørfelt	Feltareal km^2	Eff. sjø	Q_N* $l/s \cdot km^2$	Høydeintervall moh.
Opo	474	1,2	87	87 - 1650

* Beregnet fra NVEs avrenningskart.

2 Vannføringsstasjoner

Det er tre målestasjoner med vannføringsobservasjoner i Opovassdraget, to aktive og en nedlagt.

Ved målestasjonen 48.1 Sandvenvatn er det observert vannstander siden 1908, og stasjonen gir vannføringen ut av Sandvinvatnet. Frem til sommeren 1997 ble vannstanden avlest én gang pr døgn, vanligvis kl. 12. Etter dette er data logget med fin tidsoppløsning. Selv om Sandvinvatnet demper flommer noe, kan vannstanden/ vannføringen under flom variere en del i løpet av et døgn, slik at målinger før 1997 ikke nødvendigvis er reelle døgnmiddelvannføringer.

Kvaliteten på vannføringskurven ved flom er antatt relativt god. Det har skjedd endringer i utløpet av Sandvinvatnet flere ganger, noe som har påvirket vannføringskurven. Det er allikevel antatt at dette har hatt mindre betydning for flomverdiene. Vannføringskurvene ved stasjonen er godt dokumentert (Mads-Peter Dahl, NVE-HHD). Det er mulig utløpet av Sandvinvatnet er endret noe etter flommen i 2014 (pers. med. Eydis Dalen, NVE-HHD)

Tabell 2. Feltkarakteristika for vannføringsstasjoner.

Stasjon	Feltareal km^2	Eff. sjø %	Q_N* $l/s \cdot km^2$	Høydeintervall moh.
41.1 Stordalsvatn	131	6,7	103	51-681-1294
48.1 Sandvenvatn	470	1,2	87	87-1090-1651
48.4 Jordal	51	0,1	115	109-1364-1651
48.5 Reinsnosvatn	121	3,3	76	595-1232-1635
50.1 Hølen	233	2,0	53	123-1277-1686
62.5 Bulken	1092	0,9	65	47-867-1602
72.5 Brekke bru	268	0,7	62	16-1273-1761

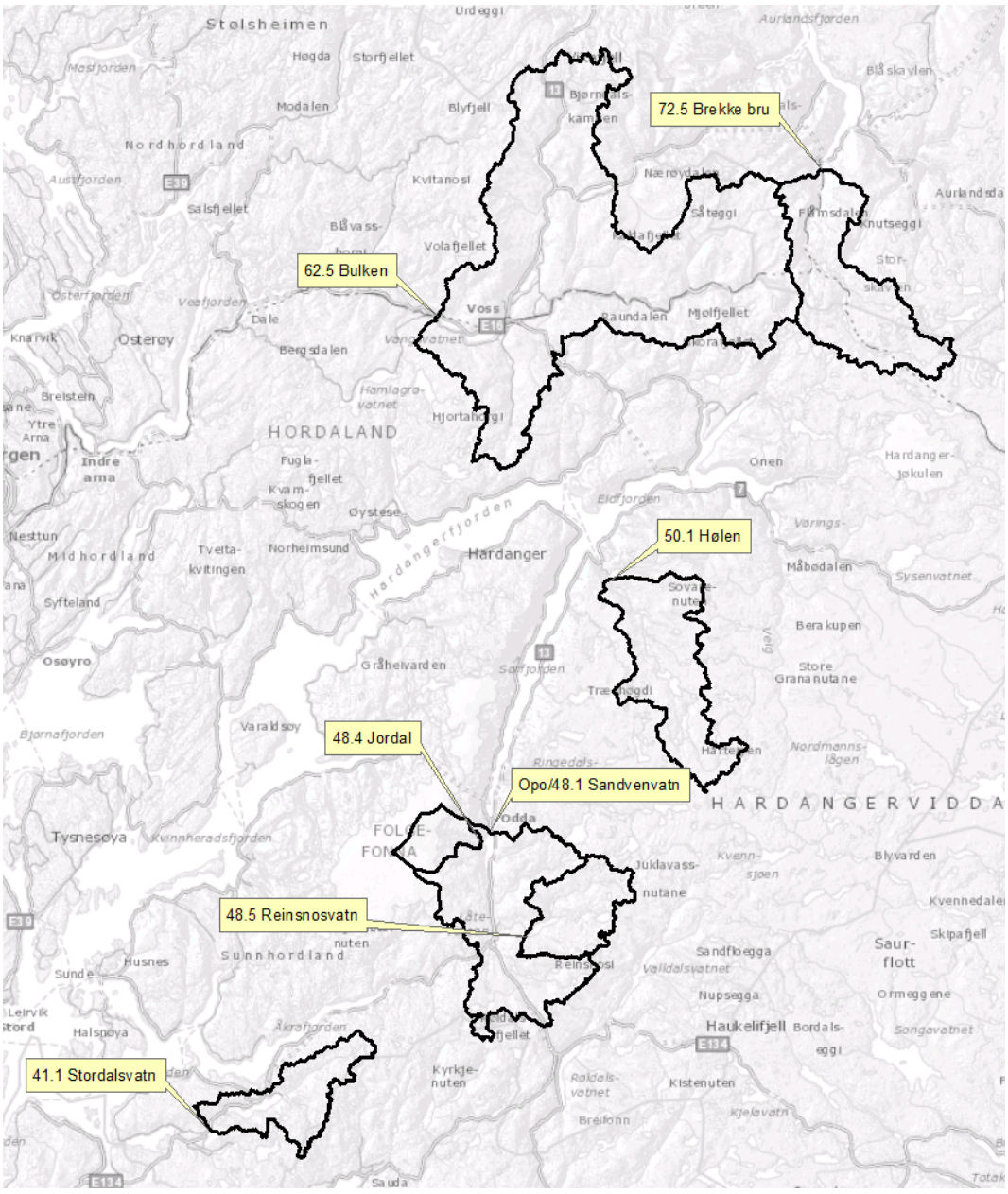
* Normalavrenning er beregnet fra avrenningskartet for normalperioden 1961-1990.

Målestasjon 48.4 Jordal registrerte vannstanden i Jordalselvi, en sideelv vestfra med innløp i Sandvinvatnet. Feltet er dominert av bretilsig. Målingene ble utfør i perioden 1964 – 1984. Kvaliteten på vannføringskurven er usikker.

Øst i Opos nedbørfelt ligger målestasjon 48.5 Reinsnosvatn. Her er det gjort målinger siden 1917. Vannføringskurven er vurdert som bra (tilbake til 1965).

I tillegg til måleserier fra Opos nedbørfelt er det vurdert fire lange vannføringsserier fra andre vassdrag, se tabell 2.

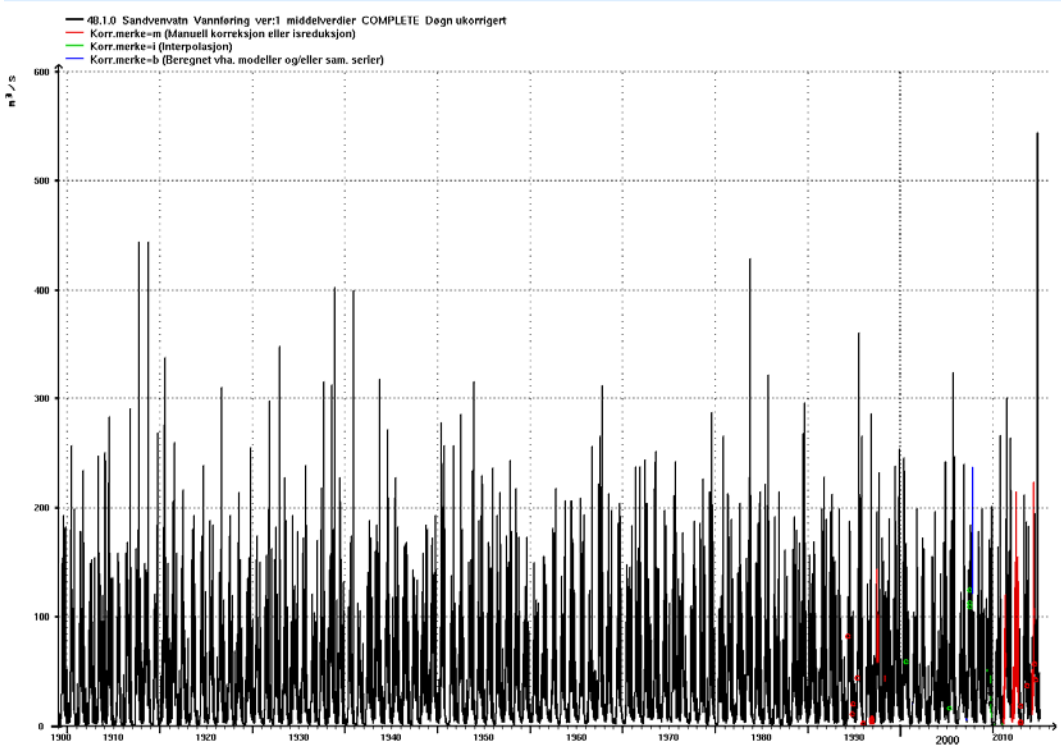
Aktuelle målestasjoner er vis i figur 2.



Figur 2. Aktuelle målestasjoner

I figur 3 er vannføringen (døgnmiddel) ved målestasjon 48.1 Sandvenvatn i perioden 1908 til 2014 vist. Ut fra figuren ser en at årets flom er den største siden målingene startet. Flommen 29. oktober 2014 er beregnet å ha et døgnmiddel på 544 m^3/s. De tidligere største flommene er 1917, 1918 og 1983 med henholdsvis 444 m^3/s, 444 m^3/s og 429 m^3/s.

Spesielt for flommen i oktober 2014 er at denne kulminerte nær midnatt, for denne flommen er største 24-timers verdi 602 m^3/s eller drøyt 10 prosent større enn døgnmidlet.



Figur 3. Vannføring (døgnmidler) ved målestasjonen 48.1 Sandvenvatn 1909 - 2014. Enhet på y-aksen er m3/s.

3 Beregning av flommer

Flomanalysene er i stor grad basert på observasjoner ved målestasjonen 48.1 Sandvenvatn. Stasjonen har en serie som går tilbake til 1908. Resultatene er sammenlignet med analyser av andre lange vannføringsserier på Vestlandet. Feltkarakteristika for disse er gitt i tabell 2.

I Opo har de største flommene stort sett forekommet om høsten (september – desember) og sekundært på våren/sommeren (mai – august). I tabell 3 vises resultatene for flomfrekvensanalysene på døgnmiddelverdier. I figur 6 er tilpasset fordelingsfunksjon til årsflommer fra 48.1 Sandvenvatn vist, hvor 106 år med data er benyttet. Resultatene er i noen grad avhengig av hvilken fordelingsfunksjon som legges til grunn.

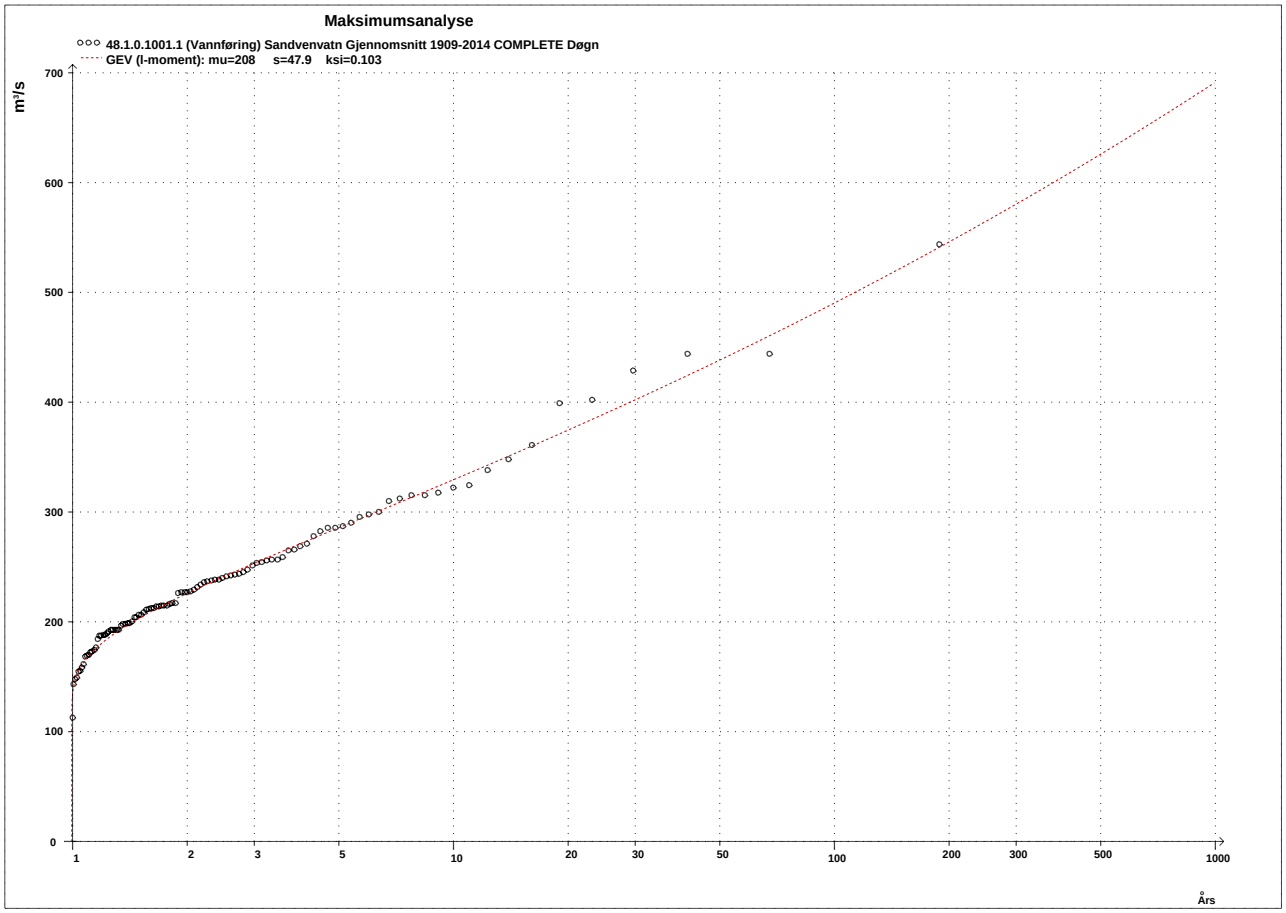
Resultatene fra 48.1 Sandvenvatn avviker en del fra vannmerke 48.5 Reinsnosvatn. Sistnevnte stasjon har mer utpreget vårflomregime og med enkelte store høstflommer. Dette skyldes nok at feltet i snitt er høyere og hovedtyngden av nedbørfeltet ligger lenger mot øst. Dette kan forklare noe av den store forskjellen i frekvensfaktorer og spesifikk middelflom.

Ut fra målestasjonene i tabell 3, er det rimelig å anta at spesifikke flommer avtar med avstand fra kysten. Vestlige deler av feltet til Opo vil dermed relativt sett bidra mest ved flom.

Her er det valgt å benytte middelflom og GEV-fordelingen ved målestasjon 48.1 Sandvenvatn for Opo. Dette ser rimelig ut i forhold til analyser fra andre sammenlignbare stasjoner på Vestlandet. Resultater for Opo (døgnmiddelverdier) blir som gitt i tabell 4.

Tabell 3. Flomfrekvensanalyse på årsflommer, døgnmiddelverdier.

	Periode	Areal	Q_M		Q_5/Q_M	Q_{10}/Q_M	Q_{20}/Q_M	Q_{50}/Q_M	Q_{100}/Q_M	Q_{200}/Q_M	Q_{500}/Q_M	Q_{1000}/Q_M
		km^2	m^3/s	$l/s \cdot km^2$								
41.1 Stordalsvatn	1913-2014	131	74,3	569	1,16	1,36	1,58	1,92	2,22	2,57	3,11	3,60
48.1 Sandvenvatn	1909-2014	470	240,8	512	1,19	1,37	1,55	1,82	2,04	2,27	2,60	2,87
48.4 Jordal	1964-1984	51,3	30,6	597	1,14	1,29	1,45	1,67	1,85	2,05	2,34	2,59
48.5 Reinsnosvatn	1918-2014	121	52,7	438	1,18	1,28	1,37	1,49	1,57	1,65	1,76	1,84
50.1 Hølen	1923-2014	233	74,7	321	1,19	1,33	1,48	1,69	1,86	2,05	2,32	2,55
62.5 Bulken	1892-2014	1092	348,0	319	1,18	1,32	1,45	1,64	1,80	1,96	2,19	2,39
72.5 Brekke bru	1908-2014	268	101,4	378	1,20	1,36	1,51	1,73	1,92	2,11	2,40	2,64



Figur 4. Flomfrekvensanalyse for 48.1 Sandvenvatn, data fra perioden 1909-2014. Den rød kurven viser tilpasning ved bruk av General Extreme Value-fordelingen. X-aksen viser gjentaksintervall (år) og y-aksen flomverdier.

3.1 Forholdet mellom kulminasjons- og døgnmiddelvannføring

Estimert forholdstall mellom kulminasjons- og døgnmiddelflom ut fra regionalt formelverk er for nedre del av Opo 1,13 for vårflom og 1,22 for høstflom.

Analyser av 18 år med data med fin tidsoppløsning ved målestasjon 48.1 Sandvenvatn gir en variasjon i forholdstallet mellom kulminasjons- og døgnmiddelvannføring på fra 1,02 til 1,42, hvor det er flommen høsten 2014 som har det høyeste forholdstallet. Ved denne flommen kulminerte imidlertid flommen nær midnatt, noe som gir et høyere forholdstall og lavere maksimalt døgnmiddel, enn om flommen hadde kulminert rundt kl. 12.

I gjennomsnitt er kulminasjonsvannføringen 26 prosent større enn døgnmiddelvannføringen for årsflommer i perioden 1997 - 2014. Imidlertid har de fem største årsflommene alle et forholdstall på over 1,3 og med et snitt på 1,35.

På grunn av generell usikkerhet knyttet til slike analyser, er det valgt å ta utgangspunkt i de fem største årsflommene i perioden 1997-2014 ved 48.1 Sandvenvatn, og det er videre i analysene benyttet et forholdstall på 1,35. Dette er høyere enn det som er beregnet ut fra formelverk, men er noe lavere enn observert under storflommen høsten 2014.

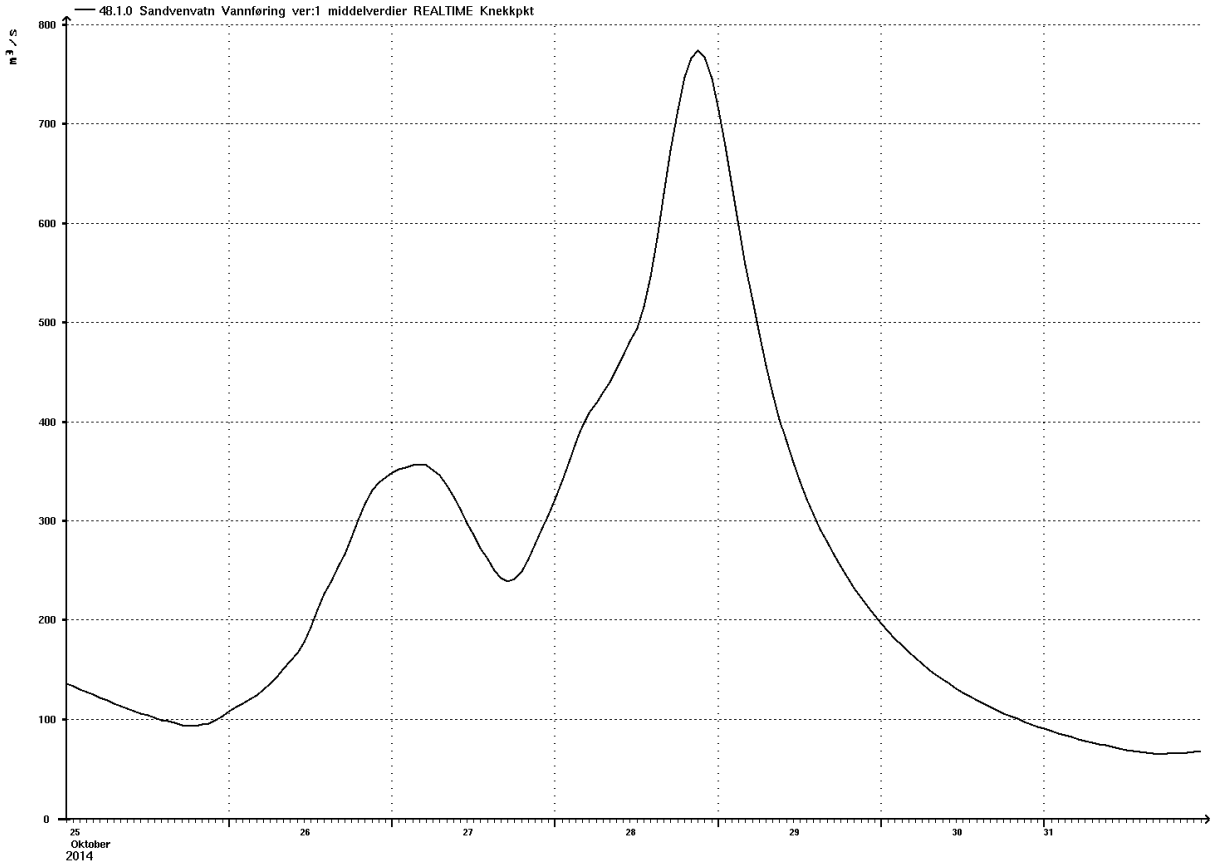
Det er valgt å runde av kulminasjonsvannføringene til nærmeste 10 m^3/s. Dette gir flomverdier i Opo ved utløp av Sandvinvatnet som gitt i tabell 4.

Tabell 4. Flomverdier for Opo ved målestasjonen 48.1 Sandvenvatn.

	Kulm./ døgn	**Q_M***		**Q_5**	**Q_{10}**	**Q_{20}**	**Q_{50}**	**Q_{100}**	**Q_{200}**	**Q_{500}**	**Q_{1000}**
		m^3/s	$l/s \cdot km^2$	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s
Q_T/Q_M	-	-	-	1,19	1,37	1,55	1,82	2,04	2,27	2,60	2,87
Døgnmiddelvannføring		243	512	288	332	377	442	494	550	631	697
Kulminasjonsvannføring	1,35	330	692	390	450	510	600	670	740	850	940

3.2 Flommen 28. – 29. oktober 2014

Under flommen 28. – 29. oktober i år viser dataene ved 48.1 Sandvenvatn en maksimal vannføring på 773 m^3/s. I figur 4 er flomforløpet illustrert. Under flommen ble det og gjennomført vannføringsmålinger i felt, og vannføringskurven er revidert.



Figur 5. Vannføringer i Opo ved målestasjonen 48.1 Sandvenvatn i perioden 23. – 31. oktober 2014.

Ut fra dette hadde flommen 28.-29. oktober 2014 et gjentaksintervall på drøyt 200 år beregnet ut fra kulminasjonsvannføringen (773 m^3/s) og snaut 200 år beregnet fra døgnmiddelvannføring (544 m^3/s).

3.3 Justering av flomverdier i forhold til ventede klimaendringer

I henhold til NVEs klimastrategi (NVE-rapport 15-2010, Klimatilpasning innen NVEs ansvarsområder) skal det tas hensyn til et endret klima for tiltak/ beslutninger med lang levetid. For eksempel ved å ta hensyn til endringer i flomstørrelser ved arealplanlegging og bygging/ ombygging av viktig infrastruktur.

I NVE-report 5-2011 ”Hydrological projections for floods in Norway under a future climate” er det gitt anbefalinger om hvordan man skal ta hensyn til ventet klimautvikling frem til år 2100 ved beregning av flommer med forskjellige gjentaksintervall. Opo ligger i en av områdene hvor en venter størst økning i flomvannføringer på grunn av klimaendringer. Ut fra avsnitt 8.4 «Møre og Romsdal, Sogn og Fjordane, Hordaland» i nevnte rapport, er det anbefalt for vassdrag som Opo å vurdere en økning av flommer på både 20 og 40 prosent på grunn av klimaendringer. Det gir følgende flomverdier i vassdraget (tabell 5).

Tabell 5. Flomverdier (kulminasjon) i et endret klima (20 og 40 % økning) for Opo. Verdiene er avrundet til nærmeste 10 m^3/s.

	Areal	Q_M		Q_5	Q_{10}	Q_{20}	Q_{50}	Q_{100}	Q_{200}	Q_{500}	Q_{1000}
	km^2	m^3/s	$l/s \cdot km^2$	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s
Klimapåslag 20 %	774	390	830	470	540	610	720	800	890	1020	1130
Klimapåslag 40 %	774	460	968	540	630	710	840	930	1040	1190	1320

Gitt dette, blir det som i dagens klima er beregnet til en 200-årsflom i morgensdagens klima (frem mot år 2100) ca. en 30 - 70-årsflom.

3.4 Vannstander i Sandvinvatnet

Kulminasjonsvannføringene i tabell 4 og 5 er regnet om til vannstander (NVE-høyde) i Sandvinvatnet ved hjelp av vannføringskurven ved målestasjon 48.1 Sandvenvatn. Vannføringskurven har et gyldighetsområde opp t.o.m. 5,5 m, over dette er det anbefalt å finne verdiene ved hjelp av en hydraulisk modell. Målestasjonen ligger i sør i vannet, men bør representere vannstandene i hele vannet nokså godt. Resultatene er gitt i tabell 6.

Tabell 6. Flomvannstander (kulminasjon) i Sandvinvatnet under et endret klima (20 og 40 % økning).

	H_M	H_5	H_{10}	H_{20}	H_{50}	H_{100}	H_{200}	H_{500}	H_{1000}
	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s
Sandvinvatnet	3,7	3,9	4,1	4,2	4,5	4,7	4,8	5,1	5,3
Klima + 20 %	3,9	4,1	4,3	4,5	4,8	5,0	5,2	5,4	-
Klima + 40 %	4,1	4,3	4,6	4,8	5,1	5,3	5,5	-	-

4 Usikkerhet

Det er en hel del usikkerhet knyttet til frekvensanalyser av flomvannføringer. De observasjoner som foreligger er av vannstander. Disse omregnes ut fra en vannføringskurve til vannføringsverdier. Vannføringskurven er basert på observasjoner av vannstander og tilhørende målinger av vannføring i elven. Men disse direkte målinger er ofte ikke utført på store flommer. De største flomvannføringene er altså beregnet ut fra et ekstrapolert forhold mellom vannstander og vannføringer, dvs. også observerte" flomvannføringer inneholder en stor grad av usikkerhet.

Videre er det knyttet usikkerhet til om flomdataene fra før 1997 representerer reelle døgnmidler eller ikke. Disse er avlest kun en gang pr døgn. Og det er også usikkerheter knyttet til omregning fra døgn- til kulminasjonsvannføringer og ved valg av flomfrekvensfordeling.

Det er og gjennomført en statistisk analyse for å vurdere usikkerheten i frekvensanalysen. Den antyder for eksempel at forholdstallet Q200/ QM, som for 48.1 Sandvenvatn er beregnet til 2,27 kan variere mellom ca. 1,8 og 2,8. Dette er basert på analyse av de 106 år med data vi har fra denne stasjonen. Det er derfor betydelig usikkerhet knyttet til slike analyser selv der en har lange tidsserier. På tross av dette må datagrunnlaget for flomberegningen klassifiseres som godt, med en inndeling fra godt, middels og til dårlig.

Det er sjelden man har så lange tidsserier som er representative for den elvestrekningen det skal utføres flomberegninger for.

Referanser

NVE-Rapport nr. 14-1997. Sælthun, N. R., Tveito, O. E., Bønsnes, T. E., Roald, L. A., 1997: Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag.

NVE-rapport 15-2010, Klimatilpasning innen NVEs ansvarsområder NVE-report 5-2011, Hydrological projections for floods in Norway under a future climate

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 09575
Internett: www.nve.no