



Flomberegning for Vosso (062.Z)

Erik Holmqvist

26
2015



R
A
P
P
O
R
T

Rapport nr 26-2015

Flomberegning for Vosso (062.Z)

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktør:

Forfattere: Erik Holmqvist

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 30

Forsidefoto: Svein Ulvund, Voss.

ISBN 978-82-410-1073-6

ISSN 1501-2832

Sammendrag: Vannføringen ved målestasjonen Bulken i Vangsvatnet var i oktober 2014 den største siden målestart i 1892. Det er sannsynlig at det var like stor eller større flommer her inntil 4 ganger på 1700-tallet. Flommen i 2014 er beregnet å ha et gjentaksintervall på noe over 200 år. Vosso ligger i et av områdene hvor klimaframskrivninger gir størst økning i flomstørrelser mot år 2100. Ut fra foreliggende forskning på området, vil det som i dagens klima karakteriseres som en 200-årsflom i Vosso karakteriseres som en 20 - 50-årsflom i morgendagens klima.

Emneord: Flomberegning, Vosso, Vangsvatnet, Evangervatnet, Raundalselvi, Strandelvi, klimaendringer

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

Mars 2015

Innhold

Forord	4
Sammendrag.....	5
1 Beskrivelse av nedbørfeltet.....	7
2 Data fra vassdraget.....	8
2.1 Vangsvatnet, 62.5 Bulken	8
2.2 Evangervatnet	11
2.3 Raundalselvi, Strandaelvi og Vosso oppstrøms Vangsvatnet	12
3 Flomanalyser	14
3.1 Døgnverdier	14
3.2 Kulminasjonsvannføring.....	18
3.3 Flommen 28. – 29. oktober 2014	21
3.4 Klimaendringer	24
3.5 Sammenligning mot tidligere flomberegninger	25
4 Usikkerhet.....	26
Referanser.....	26

Forord

Det er tidligere utarbeidet flomberegninger for Vosso i forbindelse med flomsonekartlegging. Flomsonekart er et viktig hjelpemiddel i forbindelse med arealdisponering langs vassdrag og for beredskapsplanlegging. I oktober 2014 rammet en stor flom flere vassdrag på Vestlandet, blant annet Vosso. Store flommer vil ofte føre til endringer i tidligere beregnede flomstørrelser fordi statistikkgrunnlaget endres vesentlig. I Vosso-vassdraget registrerte NVE Region Vest problemer spesielt knyttet til områdene omkring Vangsvatnet og Evangervatnet under denne flommen. Det har derfor vært behov for oppdaterte flomberegninger spesielt i disse områdene.

Denne rapporten gir resultatene for en flomberegning som omfatter Strandaelvi, Raundalselvi, og Vosso ved Bulken/ Vangsvatnet og Evangervatnet. Data fra flommen i oktober 2014 er inkludert i analysene. I tillegg er virkningen av klimaendringers på flomforholdene vurdert. Rapporten er utarbeidet av Erik Holmqvist og kvalitetskontrollert av Thomas Væringstad.

Oslo, mars 2015



Morten Johnsrud
avdelingsdirektør



Knut Ola Aamodt
Fung. seksjonssjef

Sammendrag

Det er utført flomberegning for Vosso ved utløpet av Vangsvatnet og Evangervatnet. I tillegg er det gjort beregninger for nedre del av Raundalselvi og Strandaelvi som renner sammen og danner Vosso like før utløpet i Vangsvatnet. Middelflom og flommer med gjentakintervall fra 5 til 1000 år er beregnet. For Vangsvatnet er det oppgitt tilhørende vannstander. For Evangervatnet er ikke forholdet mellom vannføring og vannstand kjent, her må det eventuelt gjøres oppmålinger/ hydrauliske beregninger for å finne dette.

Flommen 28. – 29. oktober 2014 kulminerte med en vannføring på drøyt 800 m³/s ved utløp av Vangsvatnet. Flommen er den største siden målingene startet i 1892. Ut fra disse beregningene hadde flommen her et gjentakintervall på drøyt 200 år.

Historiske nedtegnelser fra Vangsvatnet viser at vannføringen ved Bulken sannsynligvis har vært like stor eller større enn i oktober 2014 inntil fire ganger på 1700-tallet.

Ved utløp av Evangervatnet er det anslått at vannføringen under flommen i oktober 2014 kulminerte med ca. 1300 m³/s og hadde et gjentakintervall på mellom 50 og 100 år.

I forhold til tidligere flomberegninger for Vosso er datagrunnlaget utvidet med observasjoner fra de siste årene, inklusive den store flommen i oktober 2014. Beregninger utført i 2005/ 2006 ga en 200-årsflom ut av Vangsvatnet på 680 m³/s med tilhørende vannstand i Vangsvatnet på 50,3 moh. Nye beregninger gir en 200-årsflom på 780 m³/s og en vannstand på 51,1 moh. For utløp av Evangervatnet ble 200-årsflom i 2007 beregnet til i underkant av 1400 m³/s, mens disse beregningene gir ca. 1500 m³/s.

Vosso 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 flomstørrelsene.

Datagrunnlaget for flomberegningen kan klassifiseres som godt, med en inndeling i godt, middels og dårlig. På tross av dette må en alltid huske på at det er en betydelig grad av usikkerhet knyttet til slike beregninger.

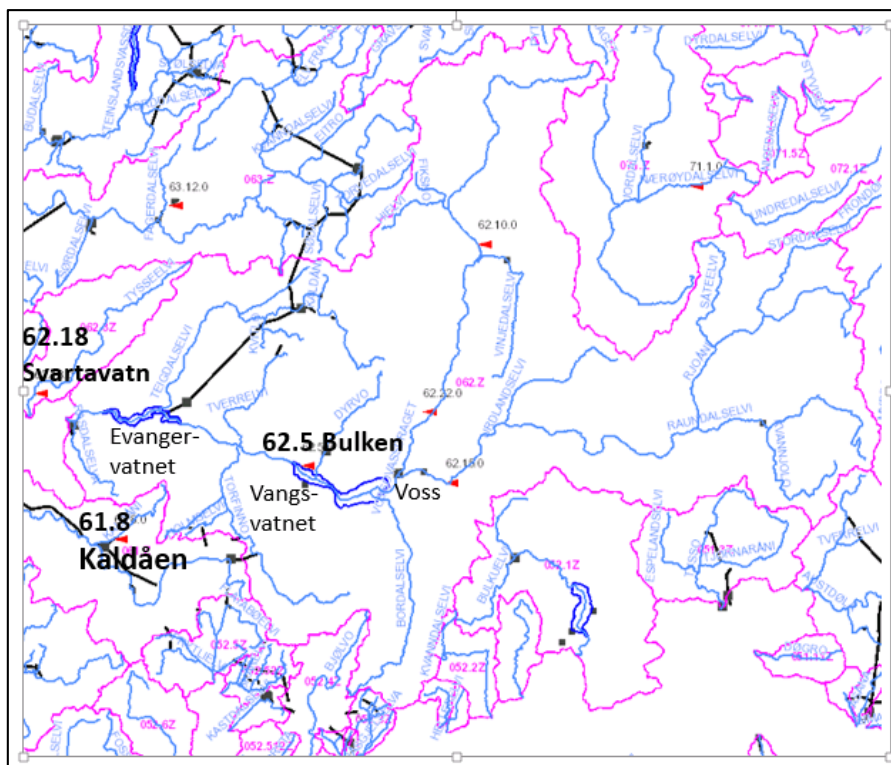
Resulterende kulminasjonsvannføringer gitt i tabellene neste side. Samhørige vannstander i Vangsvatnet er beregnet ved bruk av vannføringskurven for målestasjonen 62.5 Bulken. Det er ved omregning fra lokal vannstand til kotehøyde antatt at 0-punktet for målestasjonen 62.5 Bulken ligger på kote 44,27 moh (NN1954) (Flaumsonekart 4-2006, delprosjekt Voss). Beregna vannstander er avrundet til nærmeste 10 cm.

	Areal km ²	Q_M m ³ /s	Q₅ m ³ /s	Q₁₀ m ³ /s	Q₂₀ m ³ /s	Q₅₀ m ³ /s	Q₁₀₀ m ³ /s	Q₂₀₀ m ³ /s	Q₅₀₀ m ³ /s	Q₁₀₀₀ m ³ /s
Strandaelvi	374	220	260	290	330	380	420	470	540	610
Klima + 20 %		260	310	350	400	460	500	560	650	730
Klima + 40 %		310	360	410	460	530	590	660	760	850
Raundalselvi	525	390	460	520	580	680	750	840	980	1090
Klima + 20 %		470	550	620	700	820	900	1010	1180	1310
Klima + 40 %		550	640	730	810	950	1050	1180	1370	1530
Vosso oppstrøms Vangsvatnet	903	560	660	740	830	960	1070	1200	1390	1550
Klima + 20 %		670	790	890	1000	1150	1280	1440	1670	1860
Klima + 40 %		780	920	1040	1160	1340	1500	1680	1950	2170

	Areal km ²	Q_M m ³ /s	Q₅ m ³ /s	Q₁₀ m ³ /s	Q₂₀ m ³ /s	Q₅₀ m ³ /s	Q₁₀₀ m ³ /s	Q₂₀₀ m ³ /s	Q₅₀₀ m ³ /s	Q₁₀₀₀ m ³ /s
Bulken, utløp	1092	400	470	530	580	660	720	780	880	960
Klima + 20 %	1092	480	570	630	700	790	860	940	1050	1150
Klima + 40 %	1092	560	660	740	810	920	1010	1100	1230	1340
Utløp Evangervatnet	1473	770	900	1010	1110	1260	1380	1500	1680	1830
Klima + 20 %	1473	920	1080	1210	1330	1510	1660	1800	2020	2200
Klima + 40 %	1473	1080	1260	1410	1550	1760	1930	2100	2350	2560
Vangsvatnet		H_M	H₅	H₁₀	H₂₀	H₅₀	H₁₀₀	H₂₀₀	H₅₀₀	H₁₀₀₀
Kulm.vst		48,0	48,6	49,1	49,5	50,2	50,7	51,1	51,9	52,6
Klima + 20 %		48,7	49,4	49,9	50,5	51,2	51,8	52,4	53,3	54,0
Klima + 40 %		49,3	50,2	50,8	51,4	52,2	53,0	53,7	54,6	55,5

1 Beskrivelse av nedbørfeltet

Nedbørfeltet ved utløp av Vangsvatnet er 1092 km², mens det ved utløpet av Evangervatnet er 1473 km². Ved utløp i fjorden er nedbørfeltet 1497 km². Vangsvatnet og Evangervatnet har sjøareal på henholdsvis 7,9 og 3,2 km². Ovenfor Vangsvatnet er vassdraget delt i tre hovedgrener, Strandaelvi (374 km²), Raundalselvi (525 km²) og Bordalselvi (93 km²). Raundalselvi og Strandaelvi løper sammen og danner Vosso like før utløpet i Vangsvatnet ved Voss. Feltkarakteristika for beregningspunktene er vist i tabell 1.



Figur 1. Nedbørfeltet til Vosso.

Tabell 1. Feltkarakteristika

Nedbørfelt	Feltareal km ²	Eff. sjø %	Q _N * l/s·km ²	Høydeintervall moh.
Strandaelvi ved samløp Raundalselvi	374	1,3	65	Ca. 50 - 1440
Raundalselvi ved samløp Strandaelvi	525	Ca 0,1	60	Ca. 50 - 1600
Vosso ved utløp i Vangsvatnet	903	Ca. 0,7	62	Ca. 50 - 1600
62.5 Bulken, utløp Vangsvatnet	1092	0,9	65	47 – 1600
Lokalfelt Vangsvatnet - Evangervatnet	381	-	94	11 -1400
Utløp Evangervatnet	1473	0,8	72	11 - 1600

2 Data fra vassdraget

2.1 Vangsvatnet, 62.5 Bulken

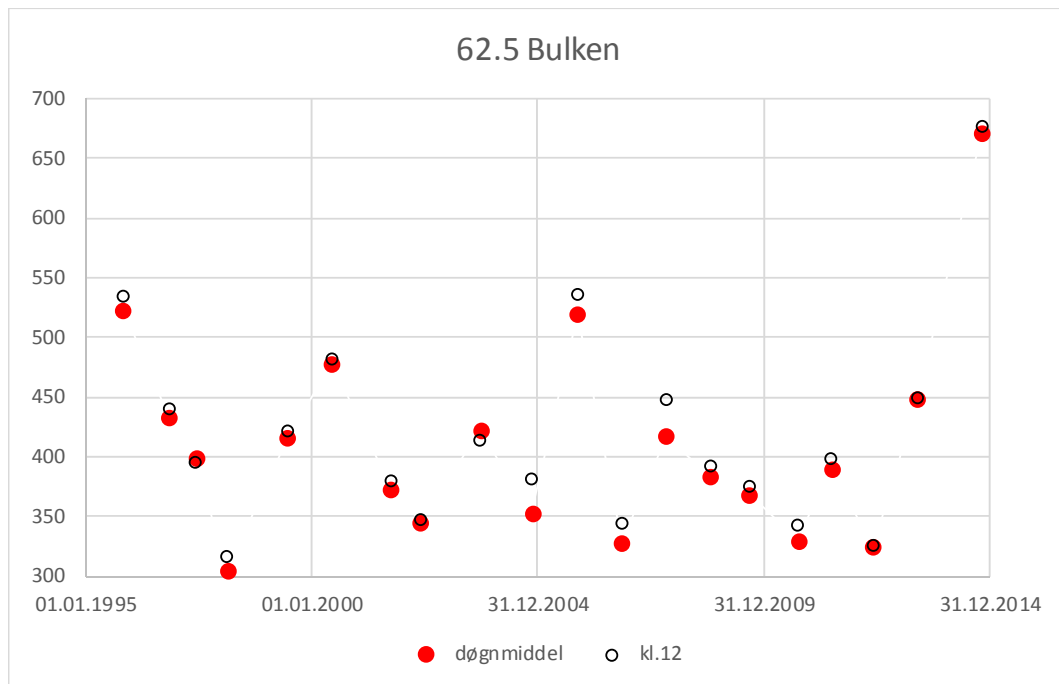
Ved målestasjonen 62.5 Bulken i utløpet av Vangsvatnet er det observert vannstander siden 1892. Disse er benyttet til flomanalysene for Vangsvatnet. Frem til høsten 1994 ble vannstanden avlest en gang pr døgn, vanligvis kl. 12. Etter dette er data logget kontinuerlig. Selv om Vangsvatnet demper flommer en del, kan vannstanden/vannføringen variere en del i løpet av et døgn. Særlig gjelder dette ved høstflommer, som i stor grad skyldes regn, mens for flommer på forsommeren, hvor snøsmelting spiller en større rolle, er forskjellen som regel mindre.

De data vi har tilbake i tid, er antatt å representere et døgnmiddel, men kan i større eller mindre grad avvike fra dette. Dette er illustrert i figur 2, som viser at i perioden 1995 – 2014 har kl. 12-verdien vært inntil 30 m³/s større enn døgnmidlet. Gjennomsnittlig absoluttavvik er 10 m³/s, og i gjennomsnitt er kl. 12-verdien 2 prosent større enn døgnmidlet.

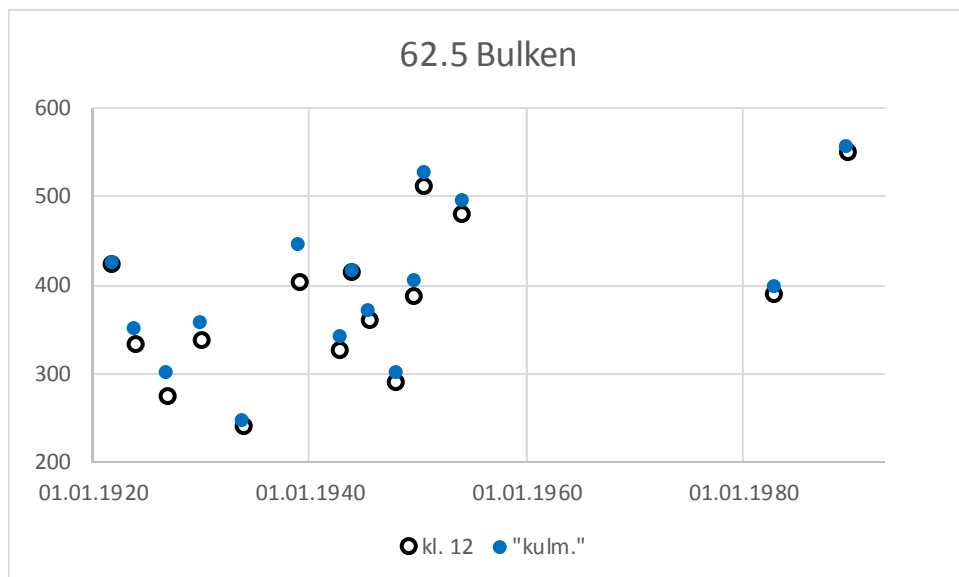
Ved gjennomgang av vannstandsbøkene fra 1892 – 1994, er det undersøkt om observatørene har notert «ekstra» vannstander i flomperiodene. For 15 flommer er dette funnet (figur 3). Disse vannstandene gir vannføringer som i gjennomsnitt er 4 prosent større enn kl. 12-verdien samme dag. Størst forskjell er funnet for flommene 26. august 1926 og 14. november 1938 med 30 – 40 m³/s eller omkring 10 prosent. Dette harmonerer godt med data med fin tidsoppløsning fra de senere årene (se senere avsnitt). Under denne gjennomgangen ble det også funnet en «glemt» flom i oktober 1943, denne er nå lagt inn i databasen (Hydra II).

Det gjøres også oppmerksom på at det ble funnet store uoverensstemmelser mellom registrerte vannstander i vannstandsbøkene og de som ligger i databasen i perioden 20. april – 30. november 1983. I denne perioden er det registrert den høyeste vannstanden (51,6 moh eller 7,30 m på lokal skala) i Vangsvatnet gjennom hele observasjonsperioden. Dette er ca. 10 cm høyere enn under flommen i 1918 (51,5 moh eller 7,23 m) og ca. 30 cm høyere enn under flommen i oktober 2014 (51,3 moh eller 7,03 m). Årsaken var oppstuvning pga. steinmasser i utløpet av Vangsvatnet. Steinene hadde havnet der i forbindelse med vegarbeid, og de ble fjernet igjen høsten 1983. Vannstandsdataene på databasen i denne perioden er endret, slik at de gir rimelige vannføringer uten å endre vannføringskurven.

Ved tidligere flomberegninger for flomsonekartprosjektet (NVE-rapport 1-2003) ble midlere flom ved Bulken justert opp med omkring 10 m³/s på grunn av senkningsarbeidene i utløpet av Vangsvatnet i 1991. Dette er av samme størrelsesorden som avvik mellom reelle døgnmidler og kl. 12-verdier de siste 20 årene. Ut fra denne gjennomgangen er det derfor konkludert med at en slik justering ikke gir noe sikrere resultater, men at det er mest hensiktsmessig å benytte data fra Bulken «slik de er» også tilbake i tid.



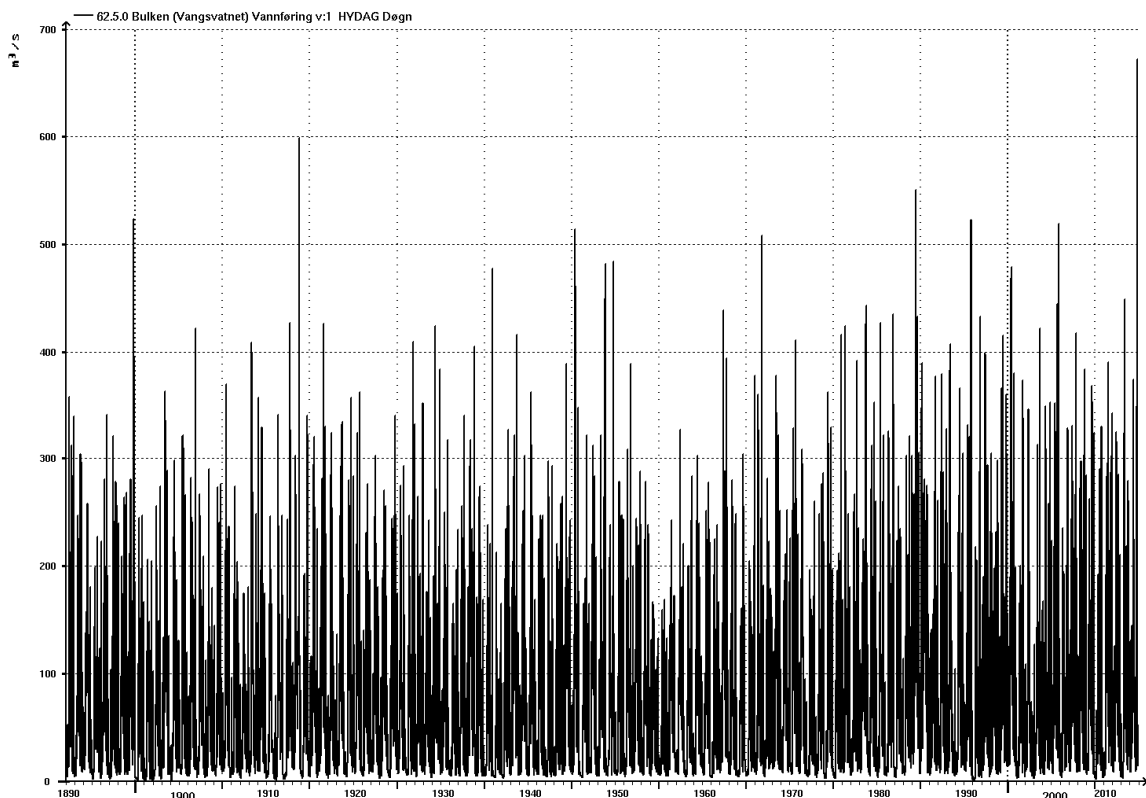
Figur 2. Døgnmiddelvannføring og vannføring kl. 12 for årets største flom fra 1995 til 2014 for målestasjonen 62.5 Bulken. Enhet på y-aksen er m^3/s .



Figur 3. Vannføring kl. 12 og antatt kulminasjonsvannføring i år hvor observatøren har notert «ekstra» vannstand under flom ved målestasjonen 62.5 Bulken. Enhet på y-aksen er m^3/s .

I figur 4 er vannføringen (døgnmiddel) ved Bulken fra 1892 til dags dato vist. Figuren viser at flommen 29. oktober 2014 er den største siden målingene startet. Denne har et døgnmiddel på 672 m³/s. Tidligere er det observert syv flommer med vannføringer på mellom 500 og 600 m³/s. Det er i fallende rekkefølge: 10. oktober 1918, 27. juni 1989, 13. oktober 1899, 27. oktober 1995, 15. november 2005, 8. juni 1950 og 3. november 1971.

Fra Vangsvatnet er det og flere historiske opptegnelser som viser at det har vært svært store flommer her tidligere. På 1700-tallet skal det ha vært ikke mindre enn fire flomhendelser (1719, 1743, 1745 og 1790) hvor vannet nådde opp til kirken i Voss («Flom i Norge», Lars Roald 2013). Dette var før utløpet av Vangsvatnet ble endret, de første sprengningsarbeidene ble utført i 1862. Ved flommen i desember 1743 skal vannstanden ha stått omkring 4 alen eller ca. 2,5 m opp på kirka. I forbindelse med et pågående FoU-prosjekt på Hydrologisk avdeling er kulminasjonsvannføringen under denne flommen grovt anslått til 850 – 900 m³/s ved hjelp av gamle kart og hydraulisk modellering (pers. med. Péter Borsányi, NVE-HV). Ved flommen i 1719 var vannstanden på omtrent same nivå som i 1743, mens den skal ha vært noe lavere ved de to andre 1700-talls flommene. Det er derfor sannsynlig at vannføringen ved Bulken har vært like stor eller større enn i oktober 2014 inntil fire ganger på 1700-tallet. Dette var på slutten av den lille istid, og under andre klimatiske forhold enn de vi har i dag. Hvordan en kan nyttiggjøre seg slik informasjon om historiske hendelsene, og hvordan en eventuelt kan bruke slike data inn i dagens flomanalyser, vil bli vurdert i FoU-prosjektet.



Figur 4. Vannføring (døgnmidler) ved målestasjonen 62.5 Bulken 1892 - 2014. Enhet på y-aksen er m³/s.

2.2 Evangervatnet

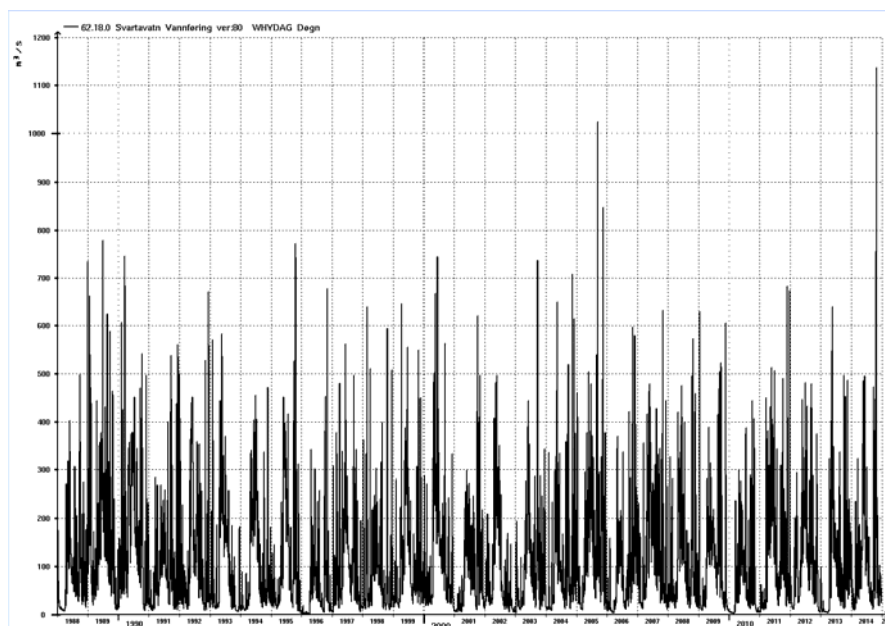
For Evangervatnet er det ingen observasjoner. For å beskrive vannføringen her er det laget en syntetisk serie som er sammensatt av observasjonene fra Bulken og fra den nærliggende stasjonen 62.18 Svartavatn (figur 1). Denne stasjonen antas å representere lokalfeltet mellom utløp av Vangsvatnet og Evangervatnet på en god måte og har observasjoner siden 1988. Årsmiddelvannføringen (1961-90) for lokalfeltet er 35,8 m³/s og for Svartavatn 7,4 m³/s, noe som gir en skaleringsfaktor på 4,79. Vi får da:

$$Q(\text{Evangervatnet}) = Q(\text{Bulken}) + 4,79 * Q(\text{Svartavatn})$$

Serien for Evangervatnet er lagret som arbeidsserie med nummer 62.18.0.1001.80. Det antas at forskjellen mellom døgnmiddel tilløps- og avløpsflom for Evangervatnet er liten. Det er ikke tatt hensyn til at det er noen mindre reguleringsmagasiner i lokalfeltet mellom Evangervatnet og Vangsvatnet, eventuell magasinerings av vann vil redusere tilsiget noe.

Det ble også vurdert å benytte en annen nærliggende stasjon, 61.8 Kaldåen, til å representere lokalfeltet nedstrøms Vangsvatnet. Denne stasjonen har imidlertid et mindre nedbørfelt (16 km²) enn Svartavatn (72 km²), noe som gir en skaleringsfaktor på over 20. Videre antas at det er større usikkerhet knyttet til vannføringskurven for Kaldåen enn Svartavatn under flom. Både Bulken og Svartavatn antas å ha gode vannføringskurver også under flom.

I figur 5 er vannføringen (døgnmiddel) for den konstruerte serien for Evangervatnet fra 1988-2014 vist. Også her er flommen i oktober 2014 den største. Den har et beregnet døgnmiddel på nesten 1140 m³/s. De tidligere største flommene er fra høsten 2005 med ca. 1020 og 850 m³/s (15. sept. og 14. nov.). Det er imidlertid større forskjell mellom beregnet vannføring ved Evangervatnet og Vangsvatnet (Bulken) i september 2005 (drøyt 600 m³/s) enn i oktober 2014 (nesten 500 m³/s). Det skyldes at det var mer intens nedbør i den vestlige delen av nedbørfeltet til Vosso under flommen i 2005 enn i 2014.



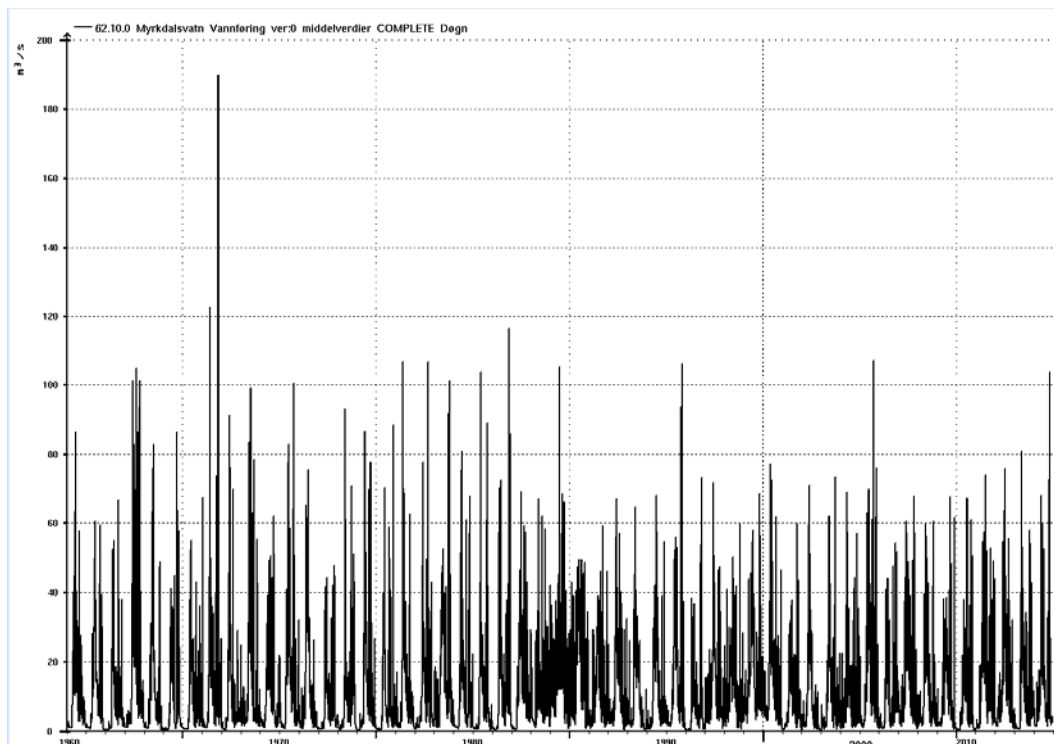
Figur 5. Beregnet vannføring (døgnmidler) for Evangervatnet 1988 - 2014. Enhet på y-aksen er m³/s.

2.3 Raundalselvi, Strandaelvi og Vosso oppstrøms Vangsvatnet

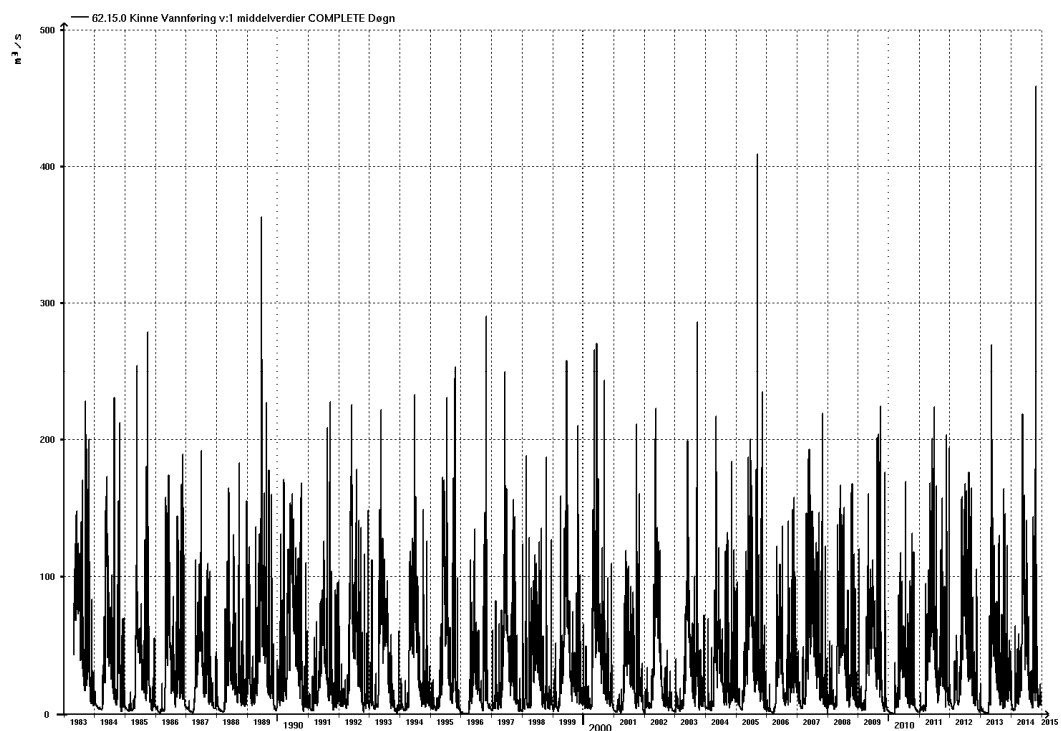
Et stykke opp i Strandaelvi ligger målestasjonen 62.10 Myrkdalsvatn, her er det vannføringsdata fra 1965. I nedre del av Raundalselvi ligger målestasjonen 62.15 Kinne, her er det vannføringsdata tilbake til 1983.

I Strandaelvi ved Myrkdalsvatn har vannføringen vært større enn den var i oktober 2014 flere ganger tidligere (figur 6). Her er det en flom i november 1971 som er den største. I Raundalselvi (figur 7) er imidlertid flommen i oktober 2014 den største siden målingene startet i 1983. En årsak til dette er at nedbørfeltet til Raundalselvi er mer eksponert for kraftig vestavær enn feltet til Myrkdalsvatn (se også NVE-rapport 11-2015).

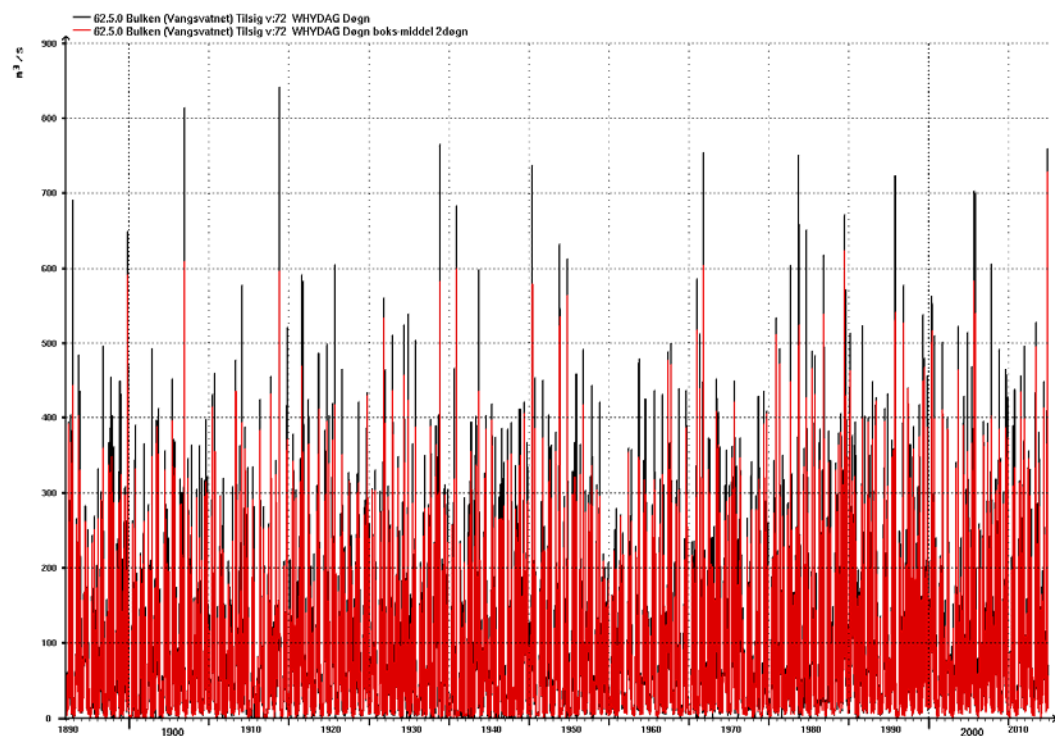
Det er og laget en tilløpsserie til Vangsvatnet hvor det er korrigert for den naturlige selvreguleringen i innsjøen. Denne serien har data tilbake til 1893. Nedbørfeltet til Vangsvatnet er 1094 km². I figur 8 er beregnet totaltilløp til Vangsvatnet vist. Ut fra foreliggende data har døgnstilløpet til innsjøen vært større enn i oktober 2014 fire ganger tidligere, i november 1906, oktober 1918, november 1938 og november 1971. I løpet av 2 døgn har tilløpet aldri vært større enn under fjorårets flom. Det var det store tilsigsvolumet over 2 – 3 døgn som medførte at vannstanden/ avløpet fra Vangsvatnet ble svært høyt under denne flommen.



Figur 6. Vannføring (døgnmidler) ved målestasjonen 62.10 Myrkdalsvatn 1964 - 2014. Enhet på y-aksen er m³/s.



Figur 7. Vannføring (døgnmidler) ved målestasjonen 62.15 Kinne i Raundalselvi 1983-2014. Enhet på y-aksen er m^3/s .



Figur 8. Beregnet tilløp til Vangsvatnet 1893- 2014. Vannføring midlet over 1 døgn er vist med svart strek og 2 døgn med rød strek. Enhet på y-aksen er m^3/s .

3 Flomanalyser

3.1 Døgnverdier

Flomanalysene er i stor grad basert på observasjoner ved målestasjonen 62.5 Bulken. Stasjonen har en serie som går tilbake til 1892. Disse analysene er sammenlignet med analyser av andre lange vannføringsserier på Vestlandet. Det er og gjort analyser for de kortere seriene 62.18 Svartavatn og den konstruerte serien for Evangervatnet.

For å vurdere flomforholdene i elvene oppstrøms Vangsvatnet er det og gjennomført frekvensanalyser for tiløpsserien til Vangsvatnet og stasjonene 62.10 Myrkdalsvatn, 62.14 Slondalsvatn og 62.15 Kinne som alle ligger i denne delen av vassdraget. Feltkarakteristika er gitt i tabell 2.

Tabell 2. Feltkarakteristika for vannføringsstasjoner.

Stasjon	Feltareal km ²	Eff. Sjø %	Q _N * l/s·km ²	Høydeintervall moh.
72.5 Brekke bru	268,2	0,74	62	16–1273–1761
48.5 Reinsnosvatn	121	3,3	75	595-1232-1635
50.1 Hølen	233	2,0	52	123-1277-1686
62.5 Bulken	1092	0,89	64	47-867-1602
62.10 Myrkdalsvatn	159	1,12	-	229-975-1431
62.14 Slondalsvatn	42,2	2,72	-	752-1211-1602
62.15 Kinne	512	0,05	-	95-1011-1602
83.2 Viksvatn	508	3,4	82	143-842-1635
62.18.0.1001.80 Evangervatnet	1473	0,8	72	11 – 1600
62.18 Svartavatn	72,1	0,08	103	219 – 1110

* Normalavrenning 1961-1990 ved målestasjonene er beregnet fra observerte vannføringer med unntak av Svartavatn og Evangervatnet som er beregnet fra avrenningskartet.

Ved Bulken er årets største flom vekselvis på høsten (september – desember) og våren/sommeren (mai – juli). Det er derfor utført flomfrekvensanalyser på årsdata. I figur 9 er resultatet fra analysen av 123 år med data fra 62.5 Bulken vist ved bruk av tre statistiske fordelingsfunksjoner, Generalized Logistic- (GL), General Extreme Value- (GEV) og Gumbel-fordelingen. Forholdstallet Q_{200}/Q_M varierer fra ca. 1,8 (GEV) til 2,0 (GL og Gumbel). For analyse av de lange tidsseriene er det valgt å benytte GL-fordelingen, som gir rimelige resultater for de fem stasjonene som er analysert her. Denne fordelingen kom også best ut i en større sammenligning av ulike fordelingsfunksjoner anvendt på flomdata i små vassdrag (NIFS-prosjektet, Trond Reitan, HI-NVE).

Ved tidligere flomberegninger (NVE-dok. 1-2003) for flomsonekartlegging ble GEV-fordelingen lagt til grunn ved analyse av data fra Bulken. Hvis vi benytter denne fordelingen nå, vil flommen i 2014 få et gjentakintervall på mellom 500 og 1000 år

(figur 9). Det virker urimelig da vi nå har informasjon om at det har vært like store eller større flommer enn i 2014 inntil 4 ganger siden starten av 1700-tallet. Ved å benytte GL-fordelingen blir 2014-flommen karakterisert som en ca. 200-års hendelse.

Ved analyse av korte tidsserier vil ofte bruk av 3-parameterfordelinger, som GL- og GEV-fordelingen, «skeie» ut. For Svartavatn og den konstruerte serien for Evangervatnet er derfor 2-parameter-fordelingen Gumbel benyttet.

Midlere flom for stasjonen 62.5 Bulken er beregnet til 348 m³/s. For Evangervatnet er midlere flom beregnet til 666 m³/s basert på data fra perioden 1988-2014. For Bulken er midlere flom i denne perioden høyere enn når hele den 123 år lange serien benyttes (tab. 3). 27 år er imidlertid en relativt lang periode for beregning av middelflom, og verdien for Evangervatnet brukes derfor videre.

Frekvensanalysen av data fra stasjonen 62.5 Bulken gir litt lavere forholdstall Q_T/Q_M enn for 72.5 Brekke bru i Flåmselva og 50.1 Hølen i Kinso. Det er rimelig siden nedbørfeltet til Bulken er vesentlig større enn til de to andre stasjonene. For stasjonene 48.5 Reinsnosvatn og 83.2 Viksvatn er forholdstallene lavere enn for Bulken. Det er også rimelig da disse har høyere effektiv sjøprosent og normalavrenning enn Bulken.

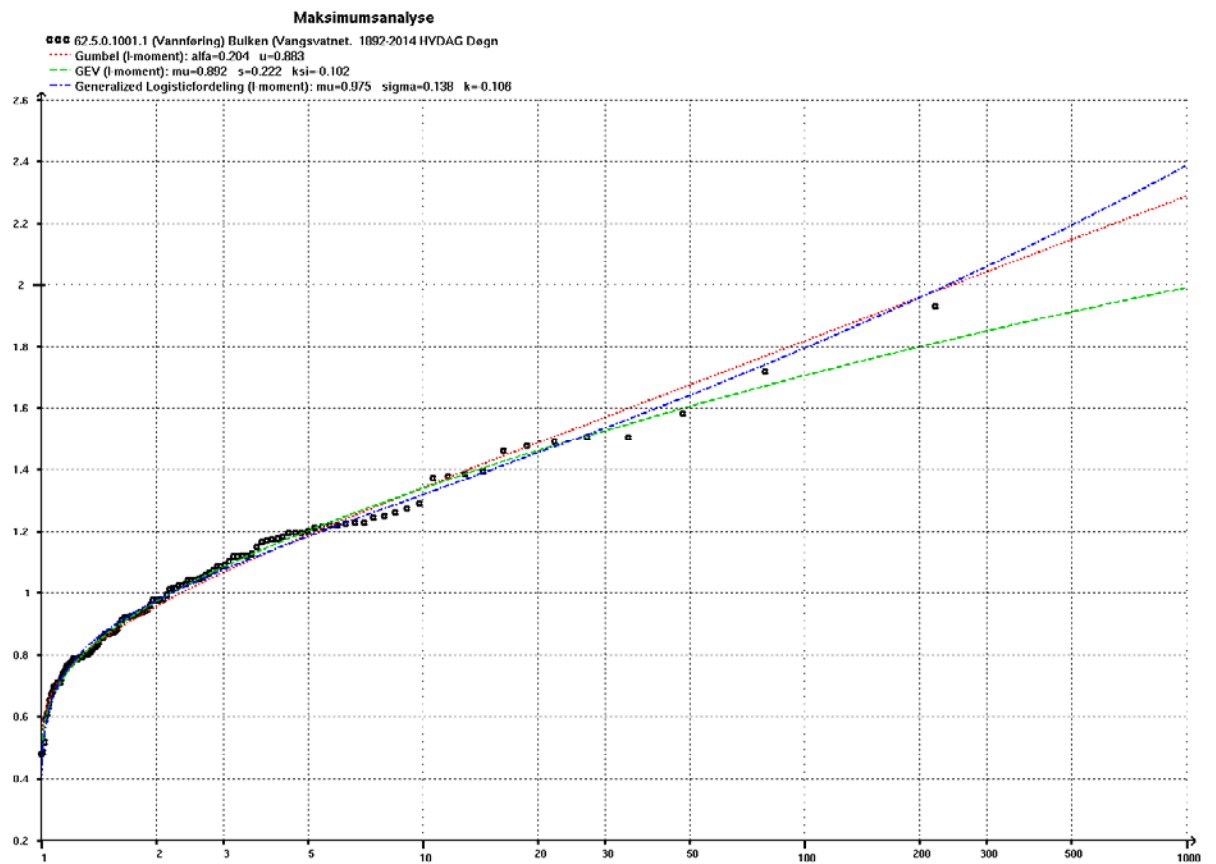
Av tabell 3 ser en også at beregnede forholdstall Q_T/Q_M for Evangervatnet er noe høyere enn de som er beregnet for Bulken for samme periode og bruk av samme fordelingsfunksjon (Gumbel), mens de er noe lavere enn for Svartavatn. Forholdstallene for Evangervatnet er likevel noe lavere enn de som er beregnet for den 123 år lange serien til Bulken. Ut fra dette konkluderes det med at analysene for Bulken benyttes videre for Vosso ved utløp av både Vangsvatnet og Evangervatnet. Det medfører for eksempel at Q_{200}/Q_M blir i underkant av 2,0.

Tilløpsserien til Vangsvatnet/ Bulken gir en midlere spesifikk flom på 429 l/s km², som naturlig nok er høyere enn for Bulken (319 l/s km²), men lavere enn for Raundalselvi ved Kinne (469 l/s km²) og Strandaelvi ved utløp av Myrkdalsvatn (509 l/s km²). Det antas at midlere spesifikk flom lenger ned i Strandaelvi er noe lavere, både på grunn av økt feltareal og flere innsjøer i denne delen av vassdraget. Ved samløp av Raundalselvi og Strandaelvi antas derfor en midlere flom på 470 l/s km² å være representativ for begge grenene. Etter samløp, antas tilløpsserien å gi et godt estimat. Det er rimelig at midlere spesifikk flom er lavere her enn for de to sidegrenene, da det ikke nødvendigvis er flom i alle deler av vassdraget til samme tid.

For Vosso oppstrøms Vangsvatn gir de kortere seriene (ca. 30 – 50 år) for Myrkdalsvatn, Slondalsvatn og Kinne brattere frekvenskurver enn Bulken. For disse varierer Q_{200}/Q_M fra omkring 2,3 – 2,5. Tilløpsserien til Vangsvatnet, som har over 120 år med data, gir et tilsvarende forholdstall på 2,1. Det vil si høyere enn for Bulken, men lavere enn for stasjonene lenger opp i vassdraget. Det antas at tilløpsserien gir representative verdier også for Raundalselvi og Strandaelvi. Dette harmonerer også godt med analysene fra nabostasjonen 72.5 Brekke bru i Flåmselvi og den regionale frekvenskurven K2.

Tabell 3. Flomfrekvensanalyse på årsflommer, døgnmiddelverdier. Analysene av tidsserier på 30 år eller mer er basert på bruk av GL-fordelingen, de kortere tidsseriene er basert på Gumbel-fordelingen.

	Periode	Ant. År	Areal km ²	Q _M m ³ /s l/s·km ²		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
62.5 Bulken	1892-2014	123	1092	348	319	1,18	1,32	1,45	1,64	1,80	1,96	2,20	2,39
62.5 Bulken tilløp Vangsv	1893-2014	122	1092	469	429	1,17	1,32	1,48	1,71	1,91	2,13	2,47	2,76
62.10 Myrkd.vatn	1964-2014	51	159	81	509	1,17	1,34	1,52	1,8	2,04	2,33	2,78	3,19
62.14 Slondalsvatn	1983-2014	32	42,2	22	524	1,13	1,28	1,46	1,75	2,03	2,37	2,95	3,5
62.15 Kinne	1983-2014	32	512	239	467	1,15	1,32	1,51	1,83	2,13	2,49	3,09	3,67
72.5 Brekke bru	1908-2014	107	268,2	101	378	1,20	1,36	1,51	1,73	1,92	2,11	2,40	2,64
48.5 Reinsnosvatn	1918-2014	92	121	53	436	1,18	1,28	1,37	1,49	1,57	1,65	1,76	1,84
50.1 Hølen	1923-2014	92	233	75	321	1,19	1,33	1,48	1,69	1,86	2,05	2,32	2,55
83.2 Viksvatn	1903-2014	111	508	170	334	1,15	1,25	1,36	1,5	1,62	1,74	1,91	2,05
K2						1,24	1,44	1,59	1,87	2,05	2,27	2,49	2,69
62.5 Bulken	1988-2014	27	1092	408	374	1,14	1,26	1,37	1,51	1,62	1,72	1,87	1,97
62.18 Svartavatn	1988-2014	27	72,1	79	1096	1,20	1,37	1,53	1,73	1,89	2,04	2,24	2,39
62.18.0.1001 .80 Evanger.	1988-2014	27	1473	666	452	1,16	1,29	1,41	1,57	1,69	1,81	1,97	2,09



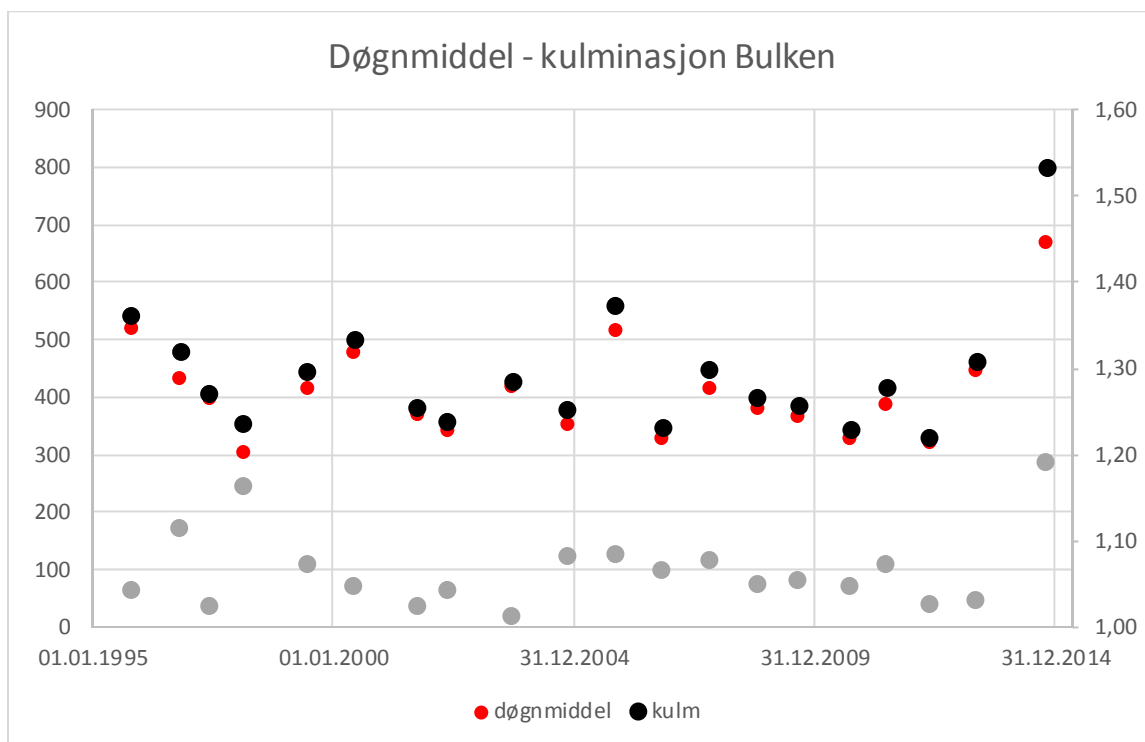
Figur 9. Flomfrekvensanalyse for 62.5 Bulken, data fra perioden 1892-2014. Den røde kurven viser tilpasning ved bruk av Gumbel-fordeling, den grønne General Extreme Value-fordeling og den blå Generalized Logistic fordeling. Flommen i oktober 2014 er markert som en ca. 200-årsflom ved bruk av både Gumbel- og GL-fordelingen.

X-aksen viser gjentakintervall (år) og y-aksen flomverdier relativt til middelflom.

3.2 Kulminasjonsvannføring

Et regionalt formelverk (NVE-rapport 14-1997) gir for Bulken et forholdstall mellom kulminasjons- og døgnmiddelvannføring på 1,09 for vårflo og 1,15 for høstflo. Analyser av 20 år med data med fin tidsoppløsning fra Bulken, gir en variasjon fra 1,01 til 1,19 (figur 10). Gjennomsnittet er 1,07. Flommen høsten 2014 har det høyeste forholdstallet. Ved denne flommen var kulminasjon nær midnatt, som gir et høyere forholdstall og lavere maksimalt døgnmiddel, enn ved kulminasjon midt på dagen.

Det er og funnet opplysninger i vannstandsbøker for målestasjonen 62.5 Bulken som antyder forholdstall på rundt 1,1 for enkelte tidligere flommer. På grunn av generell usikkerhet knyttet til slike analyser, og at fem av de seks største flommene ved Bulken siden 1892 har vært i høstmånedene, er det valgt å benytte et forholdstall på 1,15. Dette samsvarer med det som er beregnet ut fra formelverk, men er noe lavere enn observert under storflommen høsten 2014. Forholdstallet er noe høyere enn det som ble lagt til grunn i flomberegningene i 2003 (1,1).



Figur 10. Kulminasjons- (svart) og døgnmiddelvannføring (rød) for flommer ved Bulken 1995 – 2014. Forholdstallet mellom dem er vist med grå punkter. Y-aksen til venstre viser vannføring i m³/s og aksene til høyre forholdstall.

For Evangervatnet gir formelverket et forholdstall på 1,13 når Evangervatnet (avløpsflo) regnes med i effektiv sjøprosent og 1,17 eksklusive Evangervatnet. Også her antas usikkerheten knyttet til beregningene så stor at det benyttes samme forholdstall som for Bulken / Vangsvatnet (1,15).

I tidligere analyser (NVE-notat 2006) er det konkludert med å benytte forholdstall mellom kulminasjons- og døgnmiddelvannføring for Strandaelvi på 1,25, for

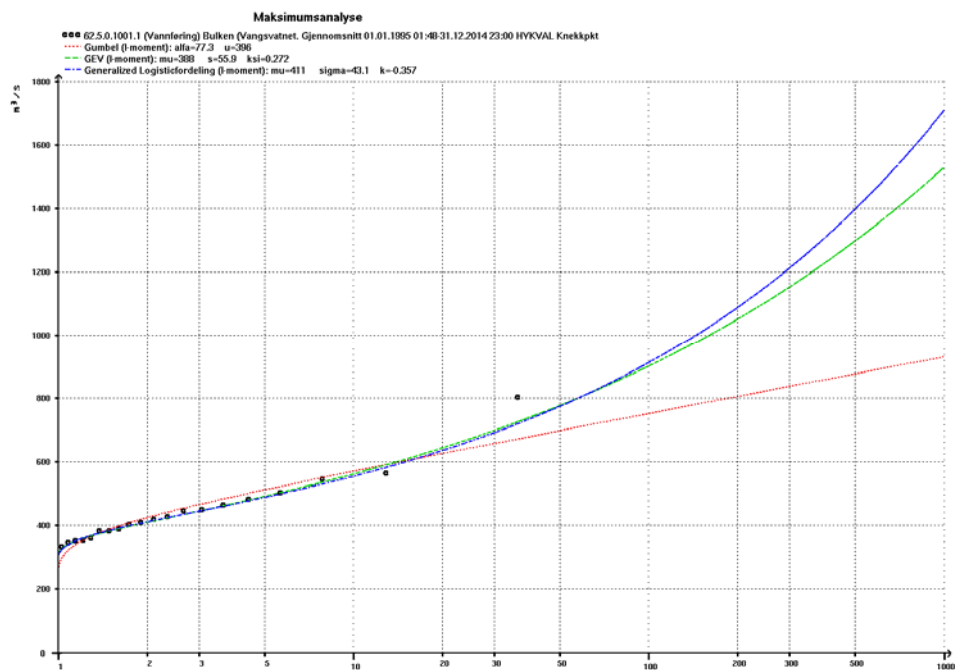
Raundalselvi på 1,6 og for Vosso oppstrøms Vangsvatnet på 1,4. Årsaken til at dette varierer mellom de ulike grenene, er ulike feltegenskaper som fører til ulik flomdempning. Under flommen i oktober 2014 var det et forholdstall på 1,31 ved stasjonen 62.10 Myrkdalsvatn i Strandaelvi og 1,67 ved stasjonen 62.15 Kinne i Raundalselvi. Denne flommen kulminerte på kvelden, noe som gir høyere forholdstall enn om flommen hadde kulminert midt på dagen. Forholdstallene er av samme størrelsesorden som tidligere, og de er derfor beholdt.

Det er valgt å runde av kulminasjonsvannføringerne til nærmeste 10 m³/s. Det gir følgende flomverdier i Vosso (tabell 4).

Tabell 4. Flomverdier Vosso.

	Areal km ²	Kulm./ døgn	Q_M m ³ /s l/s·km ²		Q₅ m ³ /s	Q₁₀ m ³ /s	Q₂₀ m ³ /s	Q₅₀ m ³ /s	Q₁₀₀ m ³ /s	Q₂₀₀ m ³ /s	Q₅₀₀ m ³ /s	Q₁₀₀₀ m ³ /s
Døgnmiddel												
Strandaelvi	374		176	470	206	232	260	301	336	374	434	485
Raundalselvi	525		247	470	289	326	365	422	471	526	609	681
Vosso, utløp i Vangsv.	903		387	429	453	511	573	662	740	825	957	1069
Bulken, utløp av Vangs.	1092		348	319	412	459	506	572	625	682	764	831
Evangervatnet	1473		666	452	786	879	966	1092	1199	1305	1459	1592
Kulminasjon												
Strandaelvi	374	1,25	220	588	260	290	330	380	420	470	540	610
Raundalselvi	525	1,60	390	752	460	520	580	680	750	840	980	1090
Vosso, utløp i Vangsv.	903	1,45	560	622	660	740	830	960	1070	1200	1390	1550
Bulken, Vangsvatnet	1092	1,15	400	367	470	530	580	660	720	780	880	960
Evangervatnet	1473	1,15	770	520	900	1010	1110	1260	1380	1500	1680	1830

Det er og gjennomført en alternativ flomfrekvensanalyse ved bruk av de siste 20 årene (1995-2014) med data med fin tidsoppløsning fra Bulken (figur 11). Ved så korte serier, vil ofte 3-parameterfordelinger som GL og GEV «skeie ut». For den 20 år lange Bulken-serien skjer nettopp dette. Disse fordelingene gir 200-årsflommer på ca. 1100 m³/s og en 1000-årsflom på 1500– 1700 m³/s. For serier med mindre enn 30 års observasjoner anbefales det derfor å benytte 2-parameter-fordelinger som for eksempel Gumbel. Den fordelingen gir en 200-årsflom på omkring 800 m³/s og en 1000-års flom på 930 m³/s. Dette harmonerer godt med resultatene ovenfor basert på analyse av hele tidsserien.



Figur 11. Flomfrekvensanalyse for 62.5 Bulken, data med fin tidsoppløsning fra 1995-2014. Den røde kurven viser tilpasning ved bruk av Gumbel-fordeling, den grønne General Extreme Value- fordeling og den blå Generalized Logistic fordeling. Flommen i oktober 2014 er markert som en ca. 200-årsflom ved bruk av Gumbel-fordelingen.

X-aksen viser gjentakintervall (år) og y-aksen flomverdier i m^3/s .

3.3 Flommen 28. – 29. oktober 2014

I figur 12 og 13 er vannføringen i Vossovassdraget i elvene oppstrøms Vangsvatnet og i Vosso ved utløp av Vangsvatnet illustrert. Ved målestasjonene 62.5 Bulken, 62.15 Kinne og 62.10 Myrkdalsvatn er vannføringen observert.

Observasjonene ved målestasjonen 62.15 Kinne (512 km²) er skalert opp med tre prosent for å representere vannføringen i Raundalselvi (525 km²) ved samtløp med Strandaelvi. Vannføringen i Strandaelvi er beregnet ved å skalere observasjonene ved Myrkdalsvatn med en faktor på 2,36. Denne faktoren tilsvarer forholdet mellom arealet til de to nedbørfeltene (374 og 158,3 km²). Fordi det er flere innsjøer i Strandaelvi og målestasjonen Myrkdalsvatn ligger et stykke opp i vassdraget, er vannføringen i Strandaelvi ved samtløp med Raundalselvi forskjøvet med 5 timer i forhold til observasjonene ved Myrkdalsvatn.

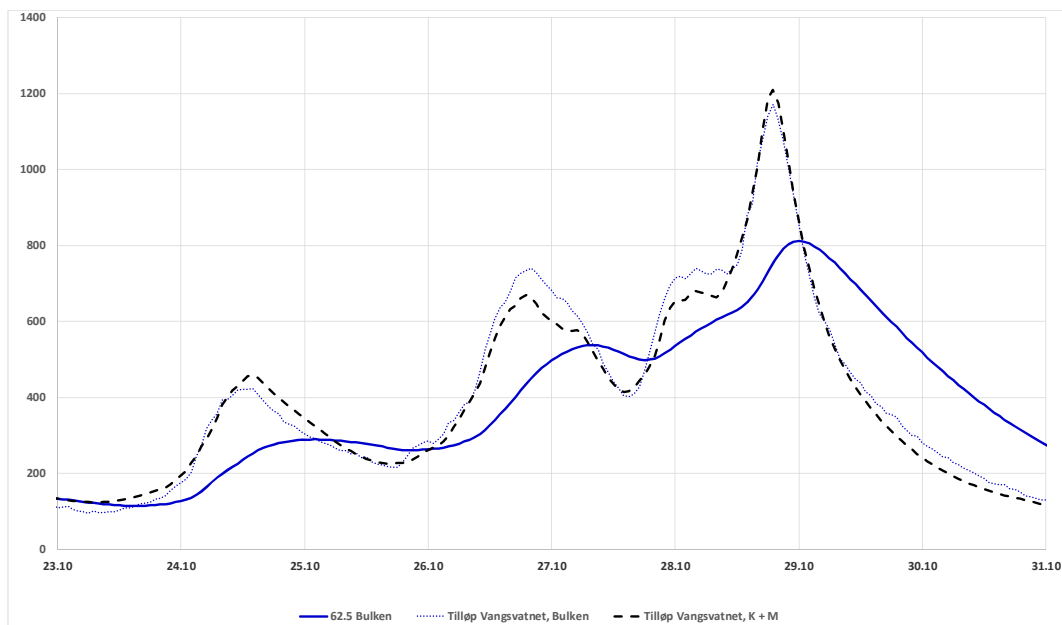
For resten av lokalfeltet til Vangsvatnet (193 km²), som i hovedsak drenerer til elvene Bordalselvi og Dyrvo, er det antatt at observasjonene ved Kinne representerer tilsiget på en god måte. Disse nedbørfeltene har heller ingen innsjøer med vesentlig flomdempende betydning, og feltene er også vesentlig mindre enn feltet til Raundalselvi, slik at tilløpet herifra er antatt å komme ca. 5 timer tidligere enn fra Raundalselvi.

Summen av beregnet vannføring i Raundalselvi og Strandaelvi gir vannføringen i Vosso oppstrøms Vangsvatnet. Legger en og til tilløpet fra lokalfeltet til Vangsvatnet, får en totalt tilløp til Vangsvatnet. Denne tilløpsserien er i sin helhet basert på observasjonene ved målestasjonene 62.15 Kinne og 62.10 Myrkdalsvatn.

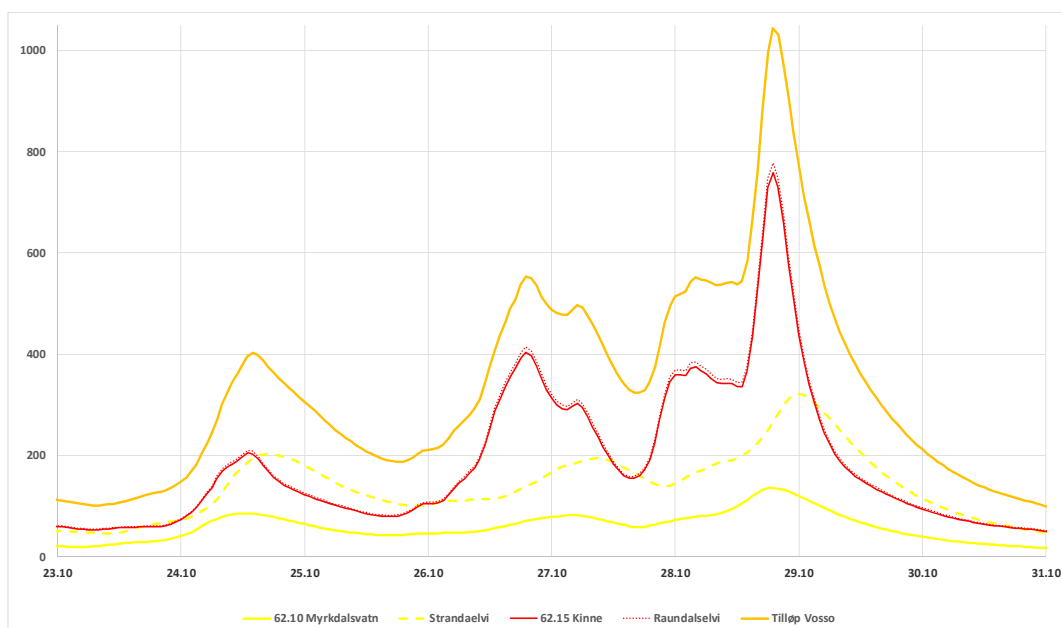
Tilløpet til Vangsvatnet er også beregnet ved bruk av observerte vannstands- og vannføringsdata med timesoppløsning fra 62.5 Bulken. Det er i beregningen antatt et konstant sjøareal i Vangsvatnet på 7,9 km². De to ulike beregningene av tilløpet til Vangsvatnet er vist i figur 12. De to tilløpsseriene harmonerer godt. I løpet av dagene fra 23. oktober og frem til og med 29. oktober er volumavviket mellom seriene 2 %, og maksimalt beregnet tilløp i begge serier er omkring 1200 m³/s. Ut fra dette kan vi konkludere med at beregnede vannføringer under flommen i oktober 2014 for både Raundalselvi, Strandaelvi, Vosso oppstrøms Vangsvatnet og lokalfeltet til Vangsvatnet virker rimelige.

Ut fra dette kulminerte flommen i Raundalselvi og Strandaelvi ved samtløp med henholdsvis ca. 780 m³/s (ca. 1480 l/s km²) og 320 m³/s (860 l/s km²). I Vosso oppstrøms Vangsvatnet er kulminasjonsvannføringen beregnet til ca. 1040 m³/s (1160 l/s km²). Denne er lavere enn summen av maksimalverdiene fra de to grenene, da vannføringene kulminerer til noe forskjellig tid.

For Bulken er dataene komplettert i timene rundt kulminasjon, dette skyldes at vannstanden var høyere enn det instrumentet kunne registrere. Det var imidlertid andre gode manuelle registreringer her, slik at vannstand/ vannføring ved kulminasjon er godt bestemt. Under flommen ble det og gjennomført vannføringsmålinger i felt, disse bekrefter at gjeldende vannføringskurve for Bulken er god også under flom (Leif Jonny Bogetveit, NVE- HH). Vannføringen ved Bulken kulminerte rundt midnatt mellom 28. og 29. oktober med 813 m³/s.



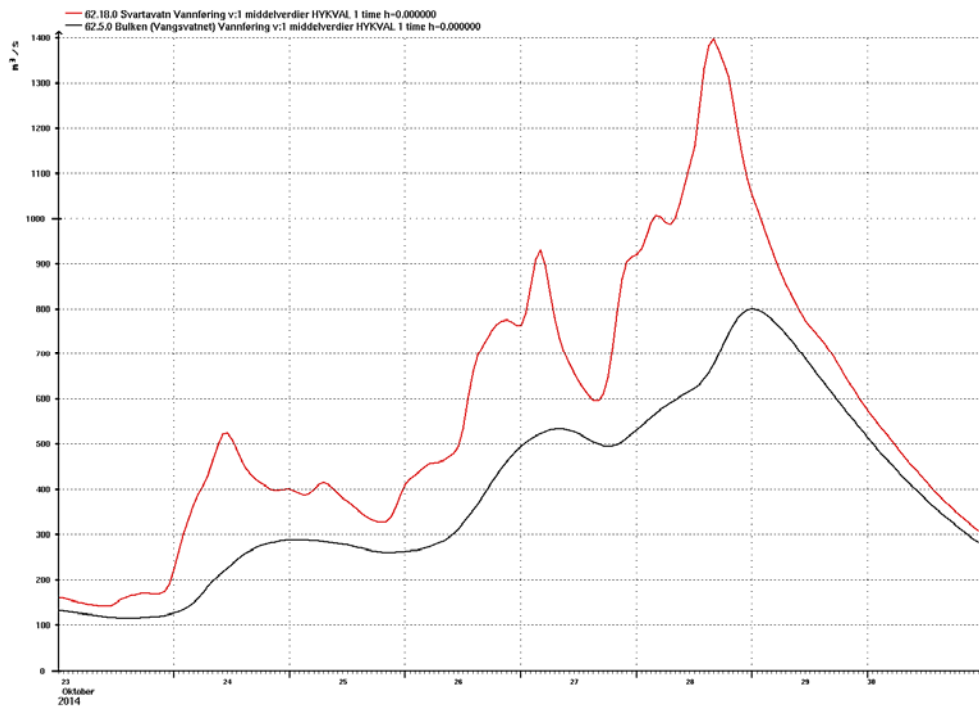
Figur 12. Vannføringer i m^3/s i Vossovassdraget 23. – 31 oktober 2014. Observert vannføring ved målestasjonen 62.5 Bulken (blå strek). Tilløp til Vangsvatnet er beregnet både med utgangspunkt i observasjonene ved Bulken (blå stiplet strek) og observasjoner ved målestasjonene 62.10 Myrkdalsvatn og 62.15 Kinne (svart stiplet strek).



Figur 13. Vannføringer i m^3/s i Vossovassdraget 23. – 31 oktober 2014. Det er observerte vannføringer ved målestasjonene 62.10 Myrkdalsvatn (gul strek) og 62.15 Kinne (rød strek). Beregnede vannføringer ved samtløp av Strandaelvi (gul stiplet strek) og Raundalselvi (rød stiplet strek) og i Vosso oppstrøms Vangsvatnet (oransje strek) som summen av disse.

Det er og laget en serie basert på data med fin tidsoppløsning for Evangervatnet. Det er benyttet samme skalering av observasjonene ved 62.5 Bulken og 62.18 Svartavatn som gitt i avsnitt 2.2. Svartavatn reagerer svært kjapt på nedbør, noe som gir spisse flomforløp. For Evangervatnet betyr det at en slik summasjon av data med fin tidsoppløsning gir vannføringer som i større grad representerer tilløp enn avløp fra innsjøen.

Observerte flomforløp ved Bulken/ utløp av Vangsvatnet og beregnet tilløp til Evangervatnet under flommen 28. – 29. oktober 2014 er vist i figur 14. Ved Bulken var det en maksimal vannføring på drøyt 800 m³/s, mens maksimalt tilløp til Evangervatnet er beregnet til ca. 1400 m³/s. Det er i denne beregningen ikke tatt hensyn til at det ble lagret noe vann i vannkraftmagasinene mellom Vangsvatnet og Evangervatnet under flommen. Det er sannsynlig at flommen i nedre del av Vosso ble redusert med omkring 60 – 70 m³/s (døgnmiddel) og ca. 100 m³/s (flomtopp) (NVE-rapport 11-2015). Maksimalt tilløp til Evangervatnet under flommen blir da ca. 1300 m³/s.



Figur 14. Vannføringer i Vossovassdraget 23. – 31. oktober 2014. Den røde kurven er beregnet «tilløp» til Evangervatnet og den svarte observerte vannføring ved målestasjonen 62.5 Bulken (avløp fra Vangsvatnet, samme som mørkeblå kurve i figur 12). Sannsynligvis ble flomtoppen redusert fra ca. 1400 til 1300 m³/s på grunn av magasinering av vann under flommen.

Ut fra analysene i kapittel 3.2 og 3.3 hadde flommen 28.-29. oktober 2014 et gjentaksintervall på 10 – 20 år i Strandaelvi, omkring 100 år i Raundalselvi og Vosso oppstrøms Vangsvatnet og drøyt 200 år i Vangsvatnet og i Vosso ved Bulken (tabell 5). At flommen var forholdsvis sjeldnere ved Bulken enn lenger opp i vassdraget skyldes det høye tilsiget gjennom flere døgn som ga en svært høy vannstand i Vangsvatnet.

For Evangervatnet er det under denne flommen beregnet et maksimalt tilløp på ca. 1300 m³/s. Det er usikkert knyttet til både dette tallet og hvor stor flomdempning en har i Evangervatnet. Ved en eventuell etablering av en hydraulisk modell for Evangervatnet, som gir sammenhengen mellom vannstand og vannføring ut av innsjøen, kan en beregnet tilløpsflom «routes» gjennom vannet for å finne tilhørende avløpsflom.

Anslagsvis antas det at flommen i oktober 2014 i Evangervatnet hadde et gjentaksintervall på 50-100 år. At flommen hadde et lavere gjentaksintervall her enn ved utløp av Vangsvatnet er rimelig ut fra andre observasjoner i området. Ved for eksempel målestasjonene 62.18 Svartavatn og 61.8 Kaldåen, hadde denne flommen gjentaksintervall på omkring 5 år og 10 – 20 år (døgnmiddel). Flommen var derfor sannsynligvis relativt mindre også i den vestlige delen av Vossovassdraget enn lenger øst.

Tabell 5. Flomverdier Vosso under flommen 28.-29. oktober 2014.

Kulminasjonsvannføring	Areal			Gjent. int.
	km ²	m ³ /s	l/s km ²	År
Strandaelvi	374	Ca. 320	Ca. 860	10 - 20
Raundalselvi	525	Ca. 780	Ca. 1480	100 +
Vosso, utløp i Vangsv.	903	Ca. 1040	Ca. 1160	100 -
Tilløp Vangsvatn	1092	Ca. 1200	Ca. 1100	
Bulken, Vangsvatnet	1092	813	744	200 +
Evangervatnet	1473	Ca. 1350	Ca. 920	Ca. 100

3.4 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. Vosso 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 Vosso å vurdere en økning av flommer med både 20 og 40 prosent. Det gir følgende flomverdier i vassdraget (tabell 6).

Tabell 6. Flomverdier (kulminasjon) i et endret klima (20 og 40 prosent økning) for Vosso ved 62.5 Bulken/ utløp av Vangsvatnet og utløp av Evangervatnet. Verdiene er avrundet til nærmeste 10 m³/s.

	Areal km ²	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
20 % økning										
Strandaelvi	374	260	310	350	400	460	500	560	650	730
Raundalselvi	525	470	550	620	700	820	900	1010	1180	1310
Vosso, utløp i Vangsv.	903	670	790	890	1000	1150	1280	1440	1670	1860
Bulken, utløp av Vangs.	1092	480	570	630	700	790	860	940	1050	1150
Evangervatnet	1473	920	1080	1210	1330	1510	1660	1800	2020	2200
40 % økning										
Strandaelvi	374	310	360	410	460	530	590	660	760	850
Raundalselvi	525	550	640	730	810	950	1050	1180	1370	1530
Vosso, utløp i Vangsv.	903	780	920	1040	1160	1340	1500	1680	1950	2170
Bulken, utløp av Vangs.	1092	560	660	740	810	920	1010	1100	1230	1340
Evangervatnet	1473	1080	1260	1410	1550	1760	1930	2100	2350	2560

Gitt dette, blir det som i dagens klima er beregnet til en 200-årsflom i morgensdagens klima (mot år 2100) en 20 - 50-årsflom.

3.5 Sammenligning mot tidligere flomberegninger

Det er tidligere utført flomberegninger for Vosso i forbindelse med flomsonekartlegging (NVE-dokument 1-2003, Flomberegninger i Vosso). Etter to relativt store flommer i vassdraget høsten 2005 ble beregningene revidert (notat datert 6.1.2006, NVE 200400211-3). Det medførte for eksempel at beregnet 200-årsflom ved målestasjonen Bullken i Vangsvatnet økte fra 660 m³/s i 2003 til 680 m³/s i 2006.

Denne rapporten, hvor også flommen høsten 2014 er inkludert i beregningsgrunnlaget, gir en 200-årsflom på 780 m³/s. Det er en økning på 100 m³/s eller 15 prosent i forhold til beregningene i 2006. Økningen skyldes først og fremst flere store flommer de senere årene, men også korrigering av flommen i 1943.

For Evangervatnet er det tidligere gjennomført flomberegninger som er dokumentert i notat datert 21.9.2007 (NVE 2007 02121-4). Da ble 200-årsflom beregnet til 1367 m³/s. Beregningene som er gjennomført nå gir en 200-årsflom på 1500 m³/s, eller en økning på omkring 10 prosent fra de tidligere beregningene.

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 1995 representerer reelle døgnmidler eller ikke. Disse er avlest kun en gang pr døgn. Og det er også usikkerheter knyttet til omregning fra døgn- til kulminasjonsvannføring og ved valg av fordelingsfunksjon ved beregning av Q_T/Q_M .

Det er og gjennomført en statistisk analyse for å vurdere usikkerheten i frekvensanalysen. Den antyder for eksempel at forholdstallet Q_{200}/Q_M , som for Bulken er beregnet til 1,96, med et konfidensintervall på 95 prosent kan variere fra ca. 1,8 - 3,0 ved bruk av GL-fordelingen. Dette er basert på analyse av de 123 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 i godt, middels og 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-dokument 1-2003. Holmqvist E. 2003. Flombergegninger i Vosso.

NVE notat, arkivnr. 200400211-3. Holmqvist E. 2006. Endring av tilløpsflommer til Vangsvatnet.

NVE-notat, arkivnr. 200702121-4. Holmqvist E. 2007 Flomberegning for Vosso ved utløp i Bolstadfjorden, Voss kommune i Hordaland.

NVE-rapport 15-2010, Klimatilpasning innen NVEs ansvarsområder

NVE-report 5-2011, Hydrological projections for floods in Norway under a future climate

NVE-rapport 11-2015, Flommen på Vestlandet oktober 2014.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 09575
Internett: www.nve.no