



Flomberegning for Øysteseelvi

Thomas Væringstad

15
2009



D
O
K
U
M
E
N
T

Flomberegning for Øysteseelvi (052.6Z)

Norges vassdrags- og energidirektorat

2009

Dokument nr. 15 - 2009

Flomberegning for Øysteseelvi (052.6Z)

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Forfatter: Thomas Væringstad

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 30

Forsidefoto: Øysteseelvi. (Foto: Siss-May Edvardsen, NVE)

ISSN: 1501-2840

Sammendrag: I forbindelse med Flomsonekartprosjektet i NVE er det som grunnlag for vannlinjeberegning og flomsonekartlegging utført flomberegning for et delprosjekt i Øysteseelvi i Hordaland. Kulminasjonsvannføringer for flommer med forskjellige gjentaksintervall er beregnet for ett punkt i vassdraget.

Emneord: Flomberegning, flomvannføring, Øysteseelvi

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthuns gate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

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

August 2009

Innhold

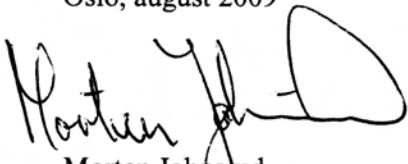
Forord	4
Sammendrag	5
1. Beskrivelse av oppgaven	6
2. Beskrivelse av vassdraget	7
3. Hydrometriske stasjoner	10
4. Beregning av flomverdier	12
4.1. Flomfrekvensanalyser	12
4.2. Beregning av middelflom	14
4.3. Beregning av kulminasjonsvannføring	15
4.4. Vannføringen 14. september og 14. november 2005	16
5. Usikkerhet	18
Referanser	19

Forord

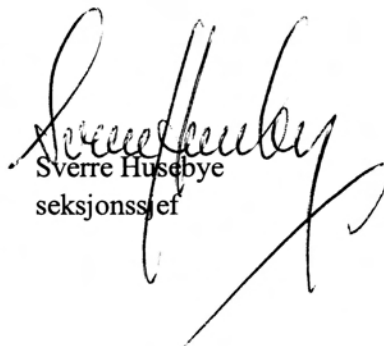
Flomsonekartlegging er et viktig hjelpemiddel for arealdisponering langs vassdrag og for beredskapsplanlegging. NVE arbeider med å lage flomsonekart for flomutsatte elvestrekninger i Norge. Beregning av flomvannføringer på flomutsatte elvestrekninger er en del av dette arbeidet. Grunlaget for flomberegninger er NVEs omfattende database over observerte vannstander og vannføringer, og NVEs hydrologiske analyseprogrammer som blant annet benyttes for flomfrekvensanalyser.

Denne rapporten gir resultatene av en flomberegning som er utført i forbindelse med flomsonekartlegging av flomutsatt elvestrekning i Øysteseelvi i Hordaland. Rapporten er utarbeidet av Thomas Væringstad og kvalitetskontrollert av Lars-Evan Pettersson.

Oslo, august 2009



Morten Johnsrud
avdelingsdirektør



Sverre Husebye
seksjonssjef

Sammendrag

Flomberegningen for Øysteseelvi omfatter delprosjekt fs 052_1 Øystese i NVEs Flomsonekartprosjekt. Øysteseelvi er et kystnært vassdrag i Hordaland i Kvam kommune og hvor elva munner ut ved Øystese i Hardangerfjorden. Store flommer forekommer som oftest om høsten. Flomepisoder er normalt forårsaket av intens nedbør i form av regn og gjerne i kombinasjon med noe snøsmelting.

Det er ikke målestasjoner for vannføringsdata i vassdraget. Flomberegningen er derfor basert på regionale flomformler og frekvensanalyser av observerte flommer ved målestasjoner i nærliggende vassdrag. Det er beregnet kulminasjonsvannføring for ulike gjentaksintervall ved utløpet i fjorden. Det er antatt at kulminasjonsvannføringen er 45 prosent større enn døgnmiddelvannføringen for alle gjentaksintervall. Resultatene av beregningene 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
Øysteseelvi ved utløpet i fjorden	65	80	94	108	127	142	158	180

Å kvantifisere usikkerheten i hydrologiske data er vanskelig, og det er mange faktorer som spiller inn. På grunn av manglende datagrunnlag i Øysteseelvis nedbørfelt for å beregne flommer, men relativt små variasjoner i spesifikke flommer i området, klassifiseres denne flomberegningen i klasse 2, i en skala fra 1 til 3 hvor 1 tilsvarer beste klasse.

1. Beskrivelse av oppgaven

Flomsonekart skal konstrueres for flomutsatt elvestrekning i Øysteseelvi i Kvam kommune i Hordaland, delprosjekt fs 052_1 Øystese i NVEs Flomsonekartprosjekt. Som grunnlag for konstruksjon av flomsonekart skal kulminasjonsverdier av middelflom og flommer med gjentaksintervall 5, 10, 20, 50, 100, 200 og 500 år beregnes ved Øysteseelvis utløp i fjorden. Den aktuelle strekningen som skal flomsonekartlegges strekker seg fra utløpet i Hardangerfjorden ved Øystese og rundt 1 km oppover elva. Kart over Øysteseelvis nedbørfelt er vist i Figur 1 og strekning som skal flomsonekartlegges er tegnet inn med rødt.



Figur 1. Kart over Øysteseelvis nedbørfelt. Strekingen som skal flomsonekartlegges er tegnet inn med rødt.

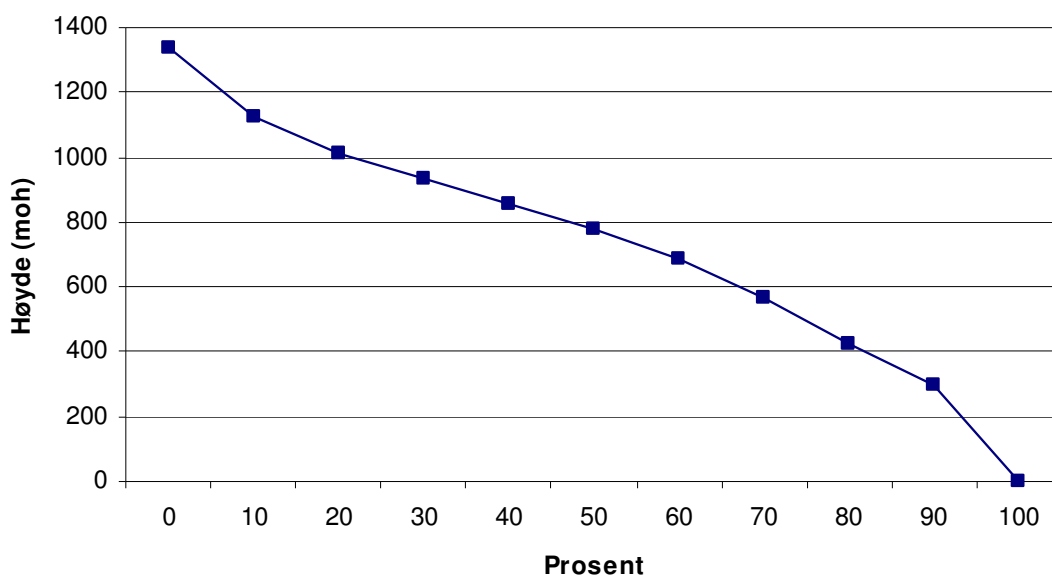
2. Beskrivelse av vassdraget

Øysteseelvi ligger i Kvam kommune i Hordaland og har utløp i Hardangerfjorden ved Øystese. Nedbørfeltet drenerer hovedsakelig i sørøstlig retning, og vassdraget består av en hovedgren med tilløp fra flere små sideelver. Nedbørfeltet har et totalt areal på 44,6 km². Høydefordelingen strekker seg fra havnivå til opp i vel 1300 moh. Median høyde er på 778 moh. og høyeste punkt i vassdraget er Fuglafjellet på 1334 moh. Hypsografisk kurve for vassdraget er vist i Figur 2 og aktuelle feltparametere er oppsummert i Tabell 1.

Tabell 1. Feltparametere for Øysteseelvis nedbørfelt.

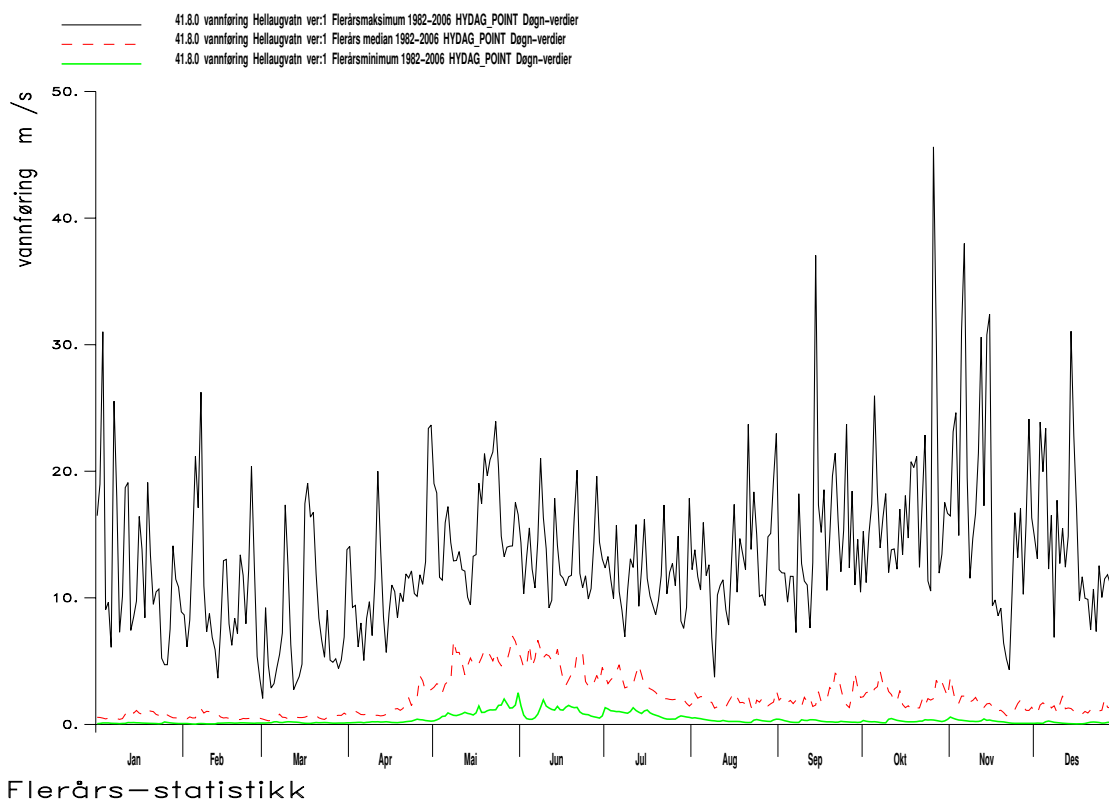
	Areal (km ²)	Eff. sjø (%)	Sjø (%)	Feltlengde (km)	Normalavløp, Q _N (l/s·km ²)
Øysteseelvi	44,6	2,2	4,0	11,7	114

Det er en stor sjø (Fitjadalsvatnet) i vassdraget og det er antatt at denne vil ha en dempende innvirkning på flommer. Normalavløpet for vassdraget er beregnet ut fra NVEs avrenningskart for perioden 1961-1990 (NVE, 2002) og gir en midlere spesifikk avrenning på 114 l/s·km². Avrenningen varierer fra rundt 50 l/s·km² i de lavereliggende områdene rundt fjorden til 140 l/s·km² i de høyereliggende områdene. Avrenningskartet har en usikkerhet på ± 20 % og øker i alminnelighet for små arealer.



Figur 2. Hypsografisk kurve for Øysteseelvis nedbørfelt. Kurven viser hvor stor prosentvis andel av det totale feltarealet som er over en gitt høyde.

Sammenligning mellom avrenningskartet og observerte data for målestasjoner i andre vassdrag viser noenlunde god overensstemmelse, selv om avrenningskartet for mange av stasjonene gir litt høy avrenning. Se tabell 2 for en nærmere sammenligning av observert avrenning og avrenningskartet.



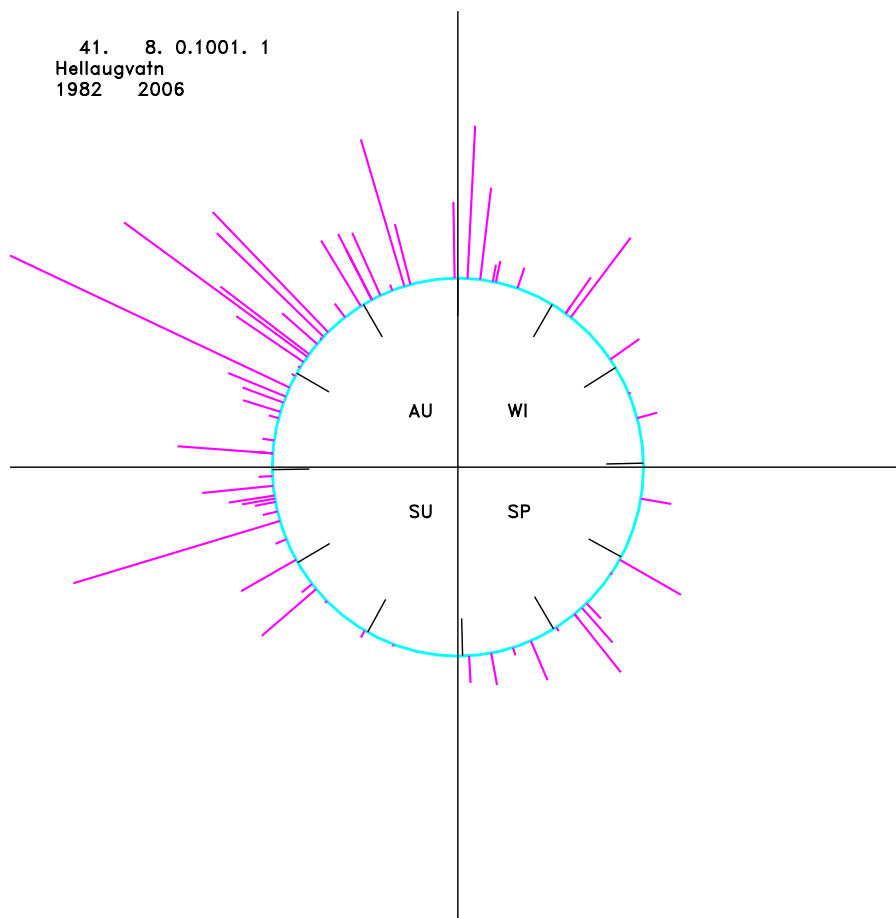
Figur 3. Karakteristiske vannføringer ved stasjon 41.8 Hellaugvatn. Figuren viser henholdsvis største, median og minste observerte døgnmiddelvannføring for hver enkelt dag i året for perioden 1982 – 2006.

Sesongvariasjonen i avrenningen for Øysteseelvi vurderes ut fra målestasjon 41.8 Hellaugvatn og andre representative målestasjoner for vassdraget. Figur 3 viser karakteristiske vannføringsverdier for 41.8 Hellaugvatn som antas å beskrive avrenningsmønsteret i Øysteseelvi godt. Øverste kurve i diagrammet viser største observerte døgnmiddelvannføring for hver enkelt dag i året. Nederste kurve viser minste observerte vannføring i løpet av måleperioden og den midterste kurven er mediankurven, dvs. at det er like mange observasjoner i løpet av referanseperioden som er større eller mindre enn denne.

Figur 4 viser relativ flomstørrelse og tidspunkt for flommer ved målestasjon 41.8 Hellaugvatn over en gitt terskelverdi, her på ca $17,2 \text{ m}^3/\text{s}$, noe som er rundt 70 prosent av middelflom ved vannmerket for perioden 1982 – 2006.

Ut fra Figur 3 og Figur 4 kan en se at store flommer ved målestasjon 41.8 Hellaugvatn inntreffer oftest om høsten, men også til andre årstider.

41. 8. 0.1001. 1
Hellaugvatn
1982 2006



Figur 4. Flommer observert ved målestasjon 41.8 Hellaugvatn i perioden 1982 – 2006. Sirkelen representerer året med 1. januar rett opp. Flommene er markert med når på året de inntreffer og med relativ størrelse.

3. Hydrometriske stasjoner

Det er ingen målestasjoner for vannføring i Øysteseelvis vassdrag. Andre nærliggende og lignende målestasjoner er også vurdert. Figur 5 viser beliggenheten til de nærliggende målestasjonene og feltparametrene er oppsummert i Tabell 2. Nedenfor er det gjort en kort beskrivelse av aktuelle målestasjoner i nærheten av Øysteseelvis nedbørfelt.

Målestasjonen 41.7 Blomstølvatn lå ca 70 km sør for Øysteseelvi. Observasjoner i perioden 1981-2003. Vannføringskurven er usikker på store og små vannføringer. Stasjonen ble nedlagt i 2003.

Nedbørfeltet til stasjonen 41.8 Hellaugvatn ligger ca 80 km sør for Øysteseelvi. Feltarealet er på 27,0 km² og høydefordelingen er noenlunde lik Øysteseelvis. Måleserien har observasjoner siden 1981. Vannføringskurven er middels god på store vannføringer.

Målestasjonen 42.2 Djupevad ligger i Kvinnherad kommune et stykke sør-sørvest for Øysteseelvi. Nedbørfeltets areal er 31,9 km², midlere felthøyde er 526 moh og nedbørfeltet ligger i snitt noe lavere enn Øysteseelvi. Den effektive sjøprosenten og selvreguleringsevnen til feltet er liten. Målestasjonen har observasjoner siden 1963. Vannføringskurven består av to perioder, og kvaliteten på flom vurderes som meget god fra 1976.



Figur 5. Oversikt over avløpsstasjoner benyttet i beregningene. Nedbørfeltet til hver enkelt stasjon er inntegnet med svart strek.

Tabell 2. Feltparametere for målestasjoner i Øysteseelvis omegn.

Stasjon	Feltareal (km ²)	Eff. sjø (%)	Normalavløp, Q _N (l/s·km ²)*	Høydeintervall (moh.)	Median høyde (moh.)
41.7 Blomstølvatn	25,7	0,6	140/121,4	628-1134	922
41.8 Hellaugvatn	27,0	1,4	126/119,1	271-1263	904
42.2 Djupevad	31,9	0,1	108/100,6	88-1152	526
42.6 Baklihøl	19,9	0,0	152/115,8	196-1305	898
46.7 Brakhaug	9,21	0,2	116/122,5	177-1281	856
55.4 Røykenes	49,9	2,2	101/99,7	53-960	307
55.11 Kleivevatn	101	2,9	124/105,5	328-1295	813
61.8 Kaldåen	16,1	0,0	108/96,9	579-1128	885
62.18 Svartavatn	72,1	0,1	103/112,6	219-1110	753

* Normalavløp funnet fra henholdsvis avrenningskartet for perioden 1961 – 1990 og observasjonsperioden til målestasjonen.

Målestasjonen 42.6 Baklihøl ligger 60 km sør for Øysteseelvi. Målestasjonen har en del manglende observasjoner og dataene er av antatt dårlig kvalitet før 1999 pga profilforandringer. Dataene f.o.m. 1999 regnes som gode.

46.7 Brakhaug ligger i Kvinnherad kommune ca 25 km sør for Øysteseelvi. Stasjonen har observasjoner siden 1973, men feltet er regulert ved en overføring ut i 2006. Nedbørfeltets areal er 9,21 km² og midlere felthøyde er 856 moh. Den effektive sjøprosenten og selvreguleringsevnen til feltet er liten. Kvaliteten på vannføringskurven under flom vurderes som dårlig.

Målestasjon 55.4 Røykenes ligger 30-40 km vest for Øysteseelvi. Stasjonen ble satt i drift i 1934 og observasjonsperioden er lang. Frem til 1977 besto observasjonene av en daglig avlesning av vannstandsskalaen, fra den tid er stasjonen utstyrt med kontinuerlig registrerende instrument. Vannføringskurven på flom er antatt å være middels bra.

55.11 Kleivevatn lå i Samnanger kommune ca 10-15 km nordvest for Øysteseelvi. Stasjonen har observasjoner i perioden 1912-1949. Nedbørfeltets areal er 101 km² og midlere felthøyde er 813 moh. Den effektive sjøprosenten og selvreguleringsevnen til feltet er sammenlignbar med Øysteseelvis. Vannføringskurven er av ukjent kvalitet.

61.8 Kaldåen ligger 15-20 km nord-nordvest for Øysteseelvi. Stasjonen har observasjoner siden 1985. Nedbørfeltets areal er 16,1 km² og midlere felthøyde er 885 moh. Den effektive sjøprosenten og selvreguleringsevnen til feltet er liten. Kvaliteten på vannføringskurven under flom vurderes som middels god.

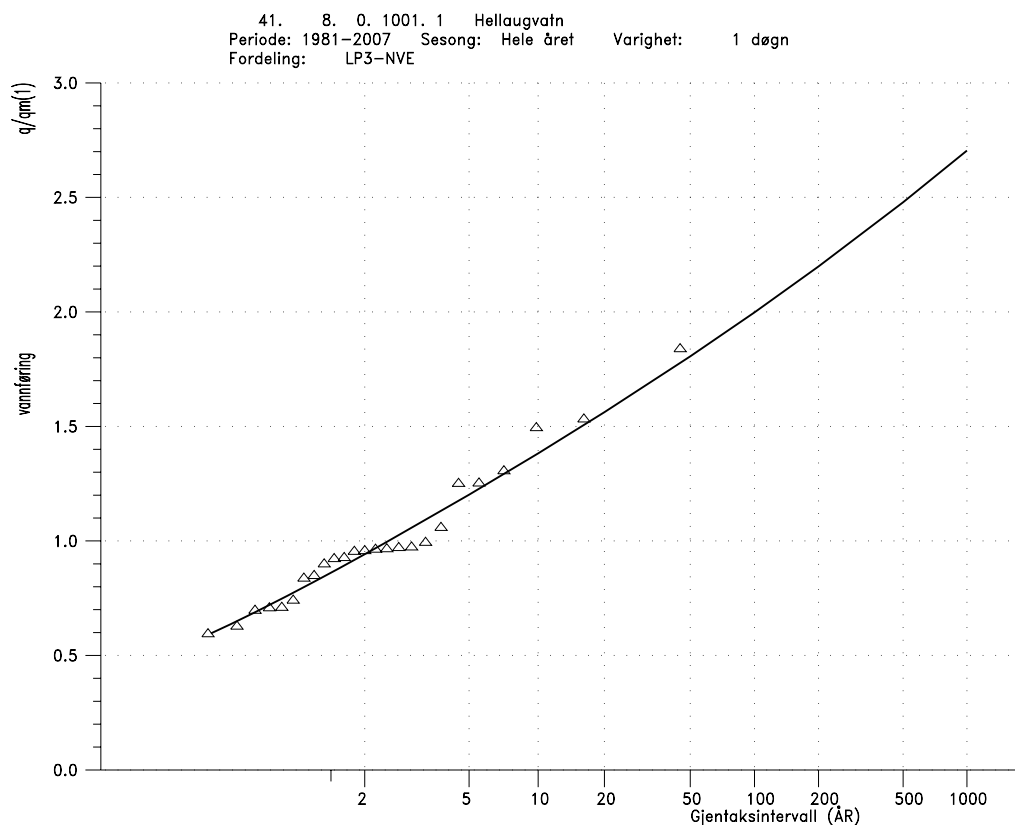
62.18 Svartavatn ligger i Voss kommune ca 30 km nord-nordvest for Øysteseelvi. Stasjonen har observasjoner siden 1987. Nedbørfeltets areal er 72,1 km² og midlere felthøyde er 753 moh. Vannføringskurven er litt usikker. Stasjonen antas å ha noenlunde lik sesongvariasjon med Øysteseelvi.

4. Beregning av flomverdier

Grunnlaget for flomsonekartleggingen er flomvannføringer for gitte gjentaksintervall som beskrevet i kapittel 1. Siden det finnes observasjon av vannføring i Øysteseelvi er utgangspunktet for flomfrekvensanalysen en sammenligning med nærliggende vassdrag og regionale flomfrekvenskurver (Sælthun *et al.*, 1997).

4.1. Flomfrekvensanalyser

En skiller gjerne mellom vårflokker og høstflokker. Store vårflokker er ofte en kombinasjon av snøsmelting og regn. Høstflokker kommer som regel fra en ren regnhendelse. De underliggende mekanismene er forskjellige og kan ha ulike statistiske fordelinger. Vårflokker er årvisse og stiger generelt moderat mot høye gjentaksintervall. Høstflokker kan være små eller mangle helt enkelte år, men stiger ofte raskere for sjeldne hendelser. I vassdrag med klart definert sesongskille er regionale kurver derfor lagd separat for vårflokker og høstflokker. I kystnære og relativt lavtliggende vestlandsvassdrag vil milde perioder i kombinasjon med nedbør i form av regn kunne gi flokker om vinteren. Det vil derfor være fare for flom gjennom store deler av året og det er ikke noe klart sesongskille. Regionale kurver i slike vassdrag er derfor basert på årsflokker.

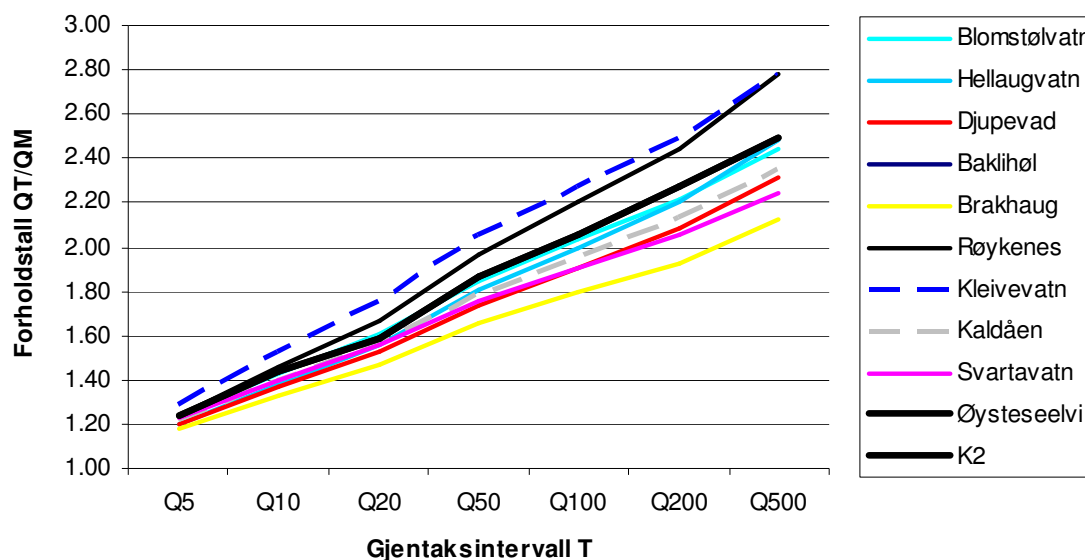


Figur 6. Tilpasset fordelingsfunksjon til årsflokker (døgnmiddel) ved stasjon 41.8 Hellaugvatn. Vannføringen på Y-aksen er gitt som forholdet Q_T/Q_M .

I flomsonekartprosjektet legges frekvensanalyse av årsflommer til grunn for beregningene (NVE, 2000). Det vil si at frekvensanalysen er basert på en serie som består av den største observerte døgnmiddelvannføringen for hvert år.

Med bakgrunn i dette er det utført flomfrekvensanalyser av årsflommer ved målestasjonene beskrevet i kapittel 3. For hver stasjon tilpasses ulike fordelingsfunksjoner, og den frekvensfordelingen som vurderes best tilpasset de observerte årsflommene velges. Figur 6 viser fordelingsfunksjonen som synes å være best tilpasset de observerte årsflommene ved målestasjon 41.8 Hellaugvatn. Dataserien ved Røykens består av en blanding av kulminasjonsverdier og reelle døgngjennomsnitt. Det er derfor usikkert om noen av flomverdiene representerer nærmere kulminasjonsverdier enn døgnmiddelverdier. Dette kan gi utslag i litt brattere frekvenskurve. Ved Røykenes er frekvensfordelingen derfor valgt litt mindre bratt enn hva de to største observasjonene tilsier. Frekvensfordeling for de forskjellige stasjonene er sammenfattet i Tabell 3. Midlere flom (Q_M) er oppgitt i absolutte og spesifikke verdier og flommer for ulike gjentaksintervall (Q_T) som forholdstallet (flomfrekvensfaktor) til midlere flom (Q_T/Q_M). Flomfrekvensfaktorene er også illustrert i Figur 7. Det er relativt liten variasjon i de valgte frekvensfaktorene ved målestasjonene og forholdstallet Q_{500}/Q_M ligger eksempelvis fra 2,12 ved Brakhaug til 2,78 ved Røykenes og Kleivevatn.

Det er også foretatt en sammenligning med regionale flomfrekvenskurver (Sælthun *et al.*, 1997). I kystregionene er disse basert på årsflommer, og i Tabell 3 er flomfrekvensfaktorene for region K2 gitt. Region K2 dekker områdene innenfor den ytterste kyststripen og omfatter mange fjorder og kystnære strøk, som bl.a. Øysteseelvi. De regionale kurvene er basert på avløpsfelt i størrelsesorden fra 20 km² og oppover. I så måte er størrelsen på nedbørfeltet til Øysteseelvi innenfor grunnlaget av hva de regionale kurvene dekker.



Figur 7. Flomfrekvensfaktorer (Q_T/Q_M) av årsflommer (døgnmiddel), for aktuelle målestasjoner, sammen med regionale frekvenskurver for årsflommer (Sælthun *et al.*, 1997).

Flomforholdene i et nedbørfelt påvirkes både av klimatiske og fysiografiske forhold. Ved valg av representativ frekvensfordeling for umålte felt, er det antatt at klimatiske forhold har størst betydning. Flomfrekvensfaktorene for de regionale kurvene (K2) ligger omtrent som av gjennomsnittet for alle målestasjonene i Tabell 3, og det er relativt liten spredning i flomfrekvensfaktorene mellom stasjonene.

Som representativ frekvensfordeling for Øysteseelvi er det valgt å bruke regionale frekvensfaktorene fra K2 regionen. Verdiene virker rimelige sammenlignet med målestasjonene som er undersøkt.

Tabell 3. Flomfrekvensanalyser av årsflommer for aktuelle målestasjoner, sammen med regionale frekvenskurver for årsflommer (Sælthun *et al.*, 1997).

Stasjon	Periode	Ant. år	Areal km ²	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
				l/s•km ²	m ³ /s							
41.7 Blomstølvatn	1981-2003	20	25,7	1249	32,1	1,24	1,43	1,61	1,85	2,03	2,21	2,44
41.8 Hellaugvatn	1981-2007	24	27,0	919	24,8	1,20	1,38	1,56	1,81	2,00	2,20	2,48
42.2 Djupevad	1963-2007	44	31,9	1036	33,0	1,20	1,37	1,53	1,74	1,91	2,08	2,31
42.6 Baklihøl	1999-2007	9	19,9	1150	22,9	-	-	-	-	-	-	-
46.7 Brakhaug	1973-2005	31	9,21	1016	9,4	1,18	1,33	1,47	1,66	1,80	1,93	2,12
55.4 Røykenes	1934-2007	74	49,9	1016	50,7	1,24	1,46	1,67	1,97	2,20	2,44	2,78
55.11 Kleivevatn	1912-1949	37	101	838	84,6	1,29	1,53	1,76	2,05	2,27	2,49	2,78
61.8 Kaldåen	1985-2007	20	16,1	965	15,5	1,22	1,40	1,57	1,79	1,96	2,13	2,35
62.18 Svartavatn	1987-2007	20	72,1	1139	82,1	1,23	1,40	1,56	1,76	1,91	2,05	2,24
Øysteseelvi	-	-	44,6	1000	44,6	1,24	1,44	1,59	1,87	2,05	2,27	2,49
Regional kurve K2	-	-	-	-	-	1,24	1,44	1,59	1,87	2,05	2,27	2,49

4.2. Beregning av middelflom

Ved beregning av absolutte flomstørrelser bør feltkarakteristika som effektiv sjøprosent og feltareal i større grad inngå i vurderingen av representative nedbørfelt enn i frekvensanalysen. Spesifikk middelflom antas å avta med økt størrelse på nedbørfeltet, ved at flomtoppene fra de ulike delfeltene vil nå hovedvassdraget til litt forskjellig tid. Spesifikk middelflom vil også avta med økt effektiv sjøprosent, ved at sjøer har en flomdempende effekt.

Spesifikk middelflom varierer relativt lite for stasjonene i området (Tabell 3) og ligger i størrelsesorden fra 838 l/s•km² til 1249 l/s•km². De fleste av sammenligningsfeltene har mindre effektiv sjøprosent sammenlignet med Øysteseelvi. Høy effektiv sjøprosent har som nevnt en reduserende effekt på flommer. I så måte er det å forvente at disse elvene har noe større spesifikk middelflom enn hva som er tilfelle for Øysteseelvi. Når det gjelder feltegenskaper, er det nok Hellaugvatn som er mest sammenlignbart med Øysteseelvi.

I Sælthun *et al.* (1997) er det utarbeidet regionale flomformler for beregning av spesifikk middelflom som bygger på regresjon mot feltparametere. For Øysteseelvis nedbørfelt er følgende formel aktuell:

$$\text{Region K2: } \ln(Q_M) = 1,1524 \cdot \ln(Q_N) - 0,0463 \cdot A_{SE} + 1,57$$

Spesifikk middelflom beregnes med bakgrunn i årlig middelavrenning i l/s·km² (Q_N) og effektiv sjøprosent (A_{SE}). Spesifikk middelflom beregnet med formelen for K2 gir 1019 l/s·km². Verdien ligger i størrelsesorden som spesifikk middelflom ved sammenligningsfeltene.

Med bakgrunn i dette antas en spesifikk middelflom i Øysteseelvi å ligge i størrelsesorden 1000 l/s·km². Dette er noe høyere enn hva som er observert for Hellaugvatn, mens verdien er litt lavere enn spesifikk middelflom beregnet fra regionalt formelverk. Med valgt verdi for middelflom, og flomfrekvensfordelingen som antas representativ for Øysteseelvi (tabell 3), blir de resulterende flomverdiene som vist i Tabell 4.

Tabell 4. Beregnet middelflom (Q_M) og resulterende flomverdier ved ulike gjentaksintervall i Øysteseelvi, døgnmiddelvannføringer.

Punkt i vassdraget	Areal km ²	Q _M		Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀
		l/s·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
Øysteseelvi	44,6	1000	45	55	64	71	83	91	101	111

4.3. Beregning av kulminasjonsvannføring

Flomverdiene som hittil er presentert representerer døgnmiddelvannføring. I små vassdrag vil kulminasjonsvannføring være atskillig større enn døgnmiddelvannføringen. Dette er spesielt karakteristisk i vassdrag hvor vannføringen kan stige raskt og flommene har et spisst forløp. Små nedbørfelter med lav effektiv sjøprosent vil typisk ha et raskere og spissere flomforløp sammenlignet med større nedbørfelter med høyere effektiv sjøprosent. Øysteseelvi har et relativt lite nedbørfelt, men med noe dempning på grunn av flere vann.

Forholdet mellom kulminasjonsvannføring (momentanvannføring) og døgnmiddelvannføring (Q_{mom}/Q_{mid}) anslås fortrinnsvis ved å analysere de største observerte flommene i vassdraget. Forholdstallet beregnes da for én eller flere av de større flommene ved målestasjoner i vassdraget, og/eller eventuelt i nærliggende vassdrag, avhengig av hvor og når det finnes data med fin tidsoppløsning. Forholdet mellom kulminasjonsvannføring og døgnmiddelvannføring i Øysteseelvi er vurdert med bakgrunn i observerte data ved målestasjon 41.8 Hellaugvatn og regionale formler (Sælthun *et al.*, 1997). Forholdstallet Q_{mom}/Q_{mid} for Øysteseelvi er dermed utelukkende beregnet med utgangspunkt i målestasjon 41.8 Hellaugvatn, og beregnede forholdstall fra eksisterende formelverk.

For Hellaugvatn er fem flommer (døgnmiddel) sammenlignet med tilhørende kulminasjonsvannføringer. Tabell 5 viser kulminasjonsvannføring, døgnmiddelvannføring og forholdstallet, Q_{mom}/Q_{mid}, mellom disse. Kulminasjonsvannføringen er i gjennomsnitt ca 50 % større enn døgnmiddelvannføringen for høstflommer. Den største registrerte flommen etter at stasjonen

fikk kontinuerlig registrerende utstyr er en høstflom og har forholdstall 1,92, men flommen kulminerer ved midnatt slik at døgnmiddelverdiene fordeler seg over to dager.

Tabell 5. Kulminasjons- og døgnmiddelvanntføringer ved Hellaugvatn.

Dato	Kulminasjon m ³ /s	Døgnmiddel m ³ /s	Q _{mom} /Q _{mid}
14.11.2005	59,2	30,8	1,92
26.10.1983	55,6	45,6	1,22
14.09.2005	48,7	37,1	1,31
12.11.2004	48,0	30,6	1,57
14.12.1991	47,5	31,1	1,53

I Sælthun *et al.* (1997) er det utarbeidet ligninger som uttrykker en sammenheng mellom forholdet Q_{mom}/Q_{mid} og feltkarakteristika for vår- og høstsesong. For vårflokker gjelder formelen:

$$Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}} = 1,72 - 0,17 \cdot \log A - 0,125 \cdot A_{\text{SE}}^{0,5},$$

mens formelen for høstflokker er:

$$Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}} = 2,29 - 0,29 \cdot \log A - 0,270 \cdot A_{\text{SE}}^{0,5},$$

hvor A er feltareal og A_{SE} er effektiv sjøprosent. I Øysteseelvi vil de største flommene som regel inntreffe om høsten. Formelen for høstflokker gav et forholdstall på 1,41. Dette tilsvarer en verdi noe under gjennomsnittet av forholdstallene fra de største observerte flommene ved Hellaugvatn. Et forholdstall på 1,45 er benyttet videre i analysene, som er snittet av regionalt formelverk og observerte flokker ved Hellaugvatn.

Resulterende kulminasjonsvanntføringer ved flokker med forskjellige gjentakintervall i Øysteseelvi er vist i Tabell 6.

Tabell 6. Flomverdier i Øysteseelvi ved utløpet i fjorden, kulminasjonsvanntføringer.

Punkt i vassdraget	Areal km ²	Q _{mom} / Q _{mid}	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
Øysteseelvi ved utløpet i fjorden	44,6	1,45	65	80	93	103	121	133	147	161

4.4. Vanntføringen 14. september og 14. november 2005

Den 13.- 14. september 2005 falt det 156,5 mm nedbør ved målestasjonen Bergen Florida (døgnnedbør), mens største 24 timersnedbør var 165,4 mm. Dette er den største døgnverdien som er registrert ved noen stasjoner i Bergen sentrum siden målingene startet i 1875. Ved Opstveit i Kvinnherad falt det 179,5 mm samme døgn. På Kvamsøy falt det 104,9 mm.

Den 14.- 15. november 2005 falt det 88 mm nedbør ved målestasjonen Bergen Florida (døgnnedbør), mens det ved Opstveit i Kvinnherad falt 223 mm som er den nest høyeste døgnsummen som er registrert i Norge. På Kvamsøy falt det 43,4 mm.

Registrert vannføring 14. september ved ulike målestasjoner i området viser store sprik i gjentaksintervallene. Ved Røykenes var det rundt en 20-50 års flom, Djupevad en 100-200 års flom, Dyrdalsvatn en 200 års flom og Brakhaug og Kaldåen rundt en 5-10 års flom. Den 14. november var flommen trolig litt mindre.

Ut fra målt vannføring ved stasjonene kan det derfor virke som om estimert vannføring i Øysteseelvi skal være i størrelsesorden en 10-20 års flom den 14. september 2005 og noe mindre 14. november samme år. Det må understrekes at estimatet er svært usikkert.

5. Usikkerhet

Datagrunnlaget for flomberegning i Øysteseelvi kan karakteriseres som sparsommelig. Det foreligger ikke vannføringsserier fra vassdraget, men flere målestasjoner med lignende nedbørfelt som Øysteseelvi er i området. Alle beregninger er basert på observasjoner fra målestasjoner i nærliggende vassdrag og regionalt formelverk. Det er relativt små variasjoner i spesifikk middelflom og frekvensfaktorene mellom målestasjonene i området.

Det er knyttet opp til $\pm 20\%$ usikkerhet ved estimering av spesifikk avrenning fra avrenningskartet. Usikkerheten vil i alminnelighet øke for avtakende feltstørrelse (Beldring *et al.*, 2002).

Det er også 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.

Hydrologisk avdelings database er basert på døgnmiddelverdier knyttet til kalenderdøgn. I prinsippet er alle flomvannføringer derfor noe underestimerte, fordi største 24-timersmiddel alltid vil være større eller lik største kalenderdøgnmiddel.

En annen faktor som fører til usikkerhet i data, er at de eldste dataene i databasen er basert på én daglig observasjon av vannstand inntil registrerende utstyr ble tatt i bruk. Disse daglige vannstandsavlesninger betraktes å representere et døgnmiddel, men kan selvfølgelig avvike i større eller mindre grad fra det reelle døgnmiddelet.

I tillegg er dataene med fin tidsoppløsning ikke kontrollerte på samme måte som døgndataene og er ikke komplette i tilfelle observasjonsbrudd. Det foreligger heller ikke data med fin tidsoppløsning på databasen lenger enn cirka 20 år tilbake. Det er derfor ikke mulig å utføre flomberegninger direkte på kulminasjonsvannføringer.

Å kvantifisere usikkerhet i hydrologiske data er meget vanskelig. Det er mange faktorer som spiller inn, særlig for å anslå usikkerhet i ekstreme vannføringsdata. Med basis i usikkerhetsmomentene nevnt ovenfor kan datagrunnlaget for beregningene karakteriseres som middels bra. Flomberegningen klassifiseres derfor i klasse 2, i en skala fra 1 til 3 hvor 1 tilsvarer beste klasse.

Referanser

Beldring, S., Roald, L. A. og Voksø, A. 2002: Avrenningskart for Norge. Årsmiddelverdier for avrenning 1961-1990. NVE Dokument nr. 2 – 2002.

NVE 2002: Avrenningskart for Norge 1961 – 1990, 1:500 000. Hydrologisk avdeling.

NVE 2000: Prosjekthåndbok - Flomsonekartprosjektet. 5.B: Retningslinjer for flomberegninger.

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

Denne serien utgis av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Utgitt i Dokumentserien i 2009

- Nr. 1 Inger Sætrang: Statistikk over nettleie i regional- og distribusjonsnettene 2009 (60 s.)
- Nr. 2 Roar Kristensen: Endringer i forskrift om systemansvar i kraftsystemet. Forskriftstekst og merknader til innkommende høringskommentarer (65 s.)
- Nr. 3 Kjersti Halmrast, Ingunn Bendiksen Åsgård, Anne Rogstad (red.)
Styrende dokumenter for tilsyn og reaksjoner. Versjon 2 – mars 2009 (85 s.)
- Nr. 4 Inger Sætrang: Oversikt over vedtak og utvalgte saker. Tariffer og vilkår for overføring av kraft i 2008 (16 s.)
- Nr. 5 Endringer i forskrift 11. mars 1999 nr 301 om måling, avregning mv.
Oppsummering av høringsuttalelser og endelig forskriftstekst (10 s.)
- Nr. 6 Anleggsbidrag og fellesmåling. Forslag til endringer i forskrift nr 302 av 11. mars 1999 (18 s.)
- Nr. 7 Erik Holmqvist (red.): Flommen på Sør- og Østlandet våren 2008 (89 s.)
- Nr. 8 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning for Årdalsvassdraget (21 s.)
- Nr. 9 Endringer i forskrift 11. mars 1999 nr. 302 om økonomisk og teknisk rapportering, inntektsramme for nettvirksomheten og tariffer. Utkoblbart forbruk.
Oppsummering av høringsuttalelser og forskriftstekst (12 s.)
- Nr. 10 Fjellskredfare ved Mannen i Romsdalen (39 s.)
- Nr. 11 Olav Karstad Isachsen og Anne Cecilie L. Bondy: Forskrift om energieffektivitet i bygninger (37 s.)
- Nr. 12 Avanserte måle- og styringssystem (AMS). Forslag til endringer i forskrift 11. mars 1999 nr. 301. Tilleggshøring 2009 (20 s.)
- Nr. 13 Siri H. Steinnes og Silje Gundersen: Rapportering og fastsettelse av inntektsrammer.
Forslag til endringer i forskrift nr. 302 av 11. mars 1999. Høringsdokument juli 2009 (11 s.)
- Nr. 14 Thomas Væringstad: Flomberegning for Oselva (30 s.)
- Nr. 15 Thomas Væringstad: Flomberegning for Øysteseelvi (30 s.)