

Flomberegning for Eidfjordvassdraget (050.Z)

Dokument nr 1 - 2005

Flomberegning for Eidfjordvassdraget (050.Z)

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Forfatter: Lars-Evan Pettersson

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 30

Forsidefoto: Vøringsfossen (Foto: Haavard Østhagen, NVE - V)

ISSN: 1501-2840

Sammendrag: I forbindelse med Flomsonekartprosjektet i NVE er det som grunnlag for vannlinjeberegning og flomsonekartlegging utført flomberegning for et delprosjekt i Eidfjordvassdraget i Hordaland. Flomvannføringer med forskjellige gjentaksintervall er beregnet for tre steder i vassdraget.

Emneord: Flomberegning, flomvannføring, Eidfjordvassdraget

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

Januar 2005

Innhold


Forord.....	4
Sammendrag.....	5
1. Beskrivelse av oppgaven	6
2. Beskrivelse av vassdraget	6
3. Hydrometriske stasjoner	9
4. Flomdata	11
5. Flomfrekvensanalyser	12
6. Beregning av flomverdier.....	15
7. Usikkerhet.....	19
Referanser.....	20

Forord

Flomsonekart er et viktig hjelpemiddel for arealdisponering langs vassdrag og for beredskapsplanlegging. NVE arbeider med å lage flomsonekart for flomutsatte elvestrekninger i Norge. Som et ledd i utarbeidelse av slike kart må flomvannføringer beregnes. Grunnlaget for flomberegninger er NVEs omfattende database over observerte vannstander og vannføringer, og NVEs hydrologiske analyseprogrammer, for eksempel det som benyttes for flomfrekvensanalyser.

Denne rapporten gir resultatene av en flomberegning som er utført i forbindelse med flomsonekartlegging av strekninger i Eidfjordvassdraget i Hordaland. Rapporten er utarbeidet av Lars-Evan Pettersson og kvalitetskontrollert av Erik Holmqvist.

Oslo, januar 2005


Svein Taksdal
avdelingsdirektør


Sverre Husebye
seksjonssjef

Sammendrag

Flomberegningen for Eidfjordvassdraget gjelder ett delprosjekt i NVEs Flomsonekartprosjekt: fs 050_1 Eidfjord. Kulminasjonsvannføringer ved forskjellige gjentaksintervall er beregnet for sideelvene Veig og Bjoreio ved utløpet i Eidfjordvatnet, og for Eio ved utløpet i fjorden. I tillegg er vannstander i Eidfjordvatn beregnet for samme gjentaksintervall. Beregningen er basert på data fra flere målestasjoner i og nært vassdraget. Vassdraget er kraftig regulert siden 1980, men allerede fra 1942 foregikk det overføring av vann ut fra vassdraget. Resultatet av flomberegningen ble:

	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
Veig	498	220	265	300	340	385	415	450	500
Bjoreio	639	85	140	195	245	305	350	400	465
Eio	1170	280	380	465	545	650	725	805	915

Vannføringsverdiene er utjevnet til nærmeste hele 5 m³/s.

Eidfjordvatn	H _M	H ₅	H ₁₀	H ₂₀	H ₅₀	H ₁₀₀	H ₂₀₀	H ₅₀₀
m, lokal skala	3.90	4.38	4.74	5.05	5.41	5.65	5.89	6.19
moh. SK-1954	20.05	20.53	20.89	21.20	21.56	21.80	22.04	22.34

På grunn av usikkerhet knyttet til reguleringens innvirkning på store flommer klassifiseres flomberegningen i klasse 2, i en skala fra 1 til 3 hvor 1 tilsvarer beste klasse, selv om det finnes meget gode observasjonsserier fra vassdraget og nærliggende vassdrag.

1. Beskrivelse av oppgaven

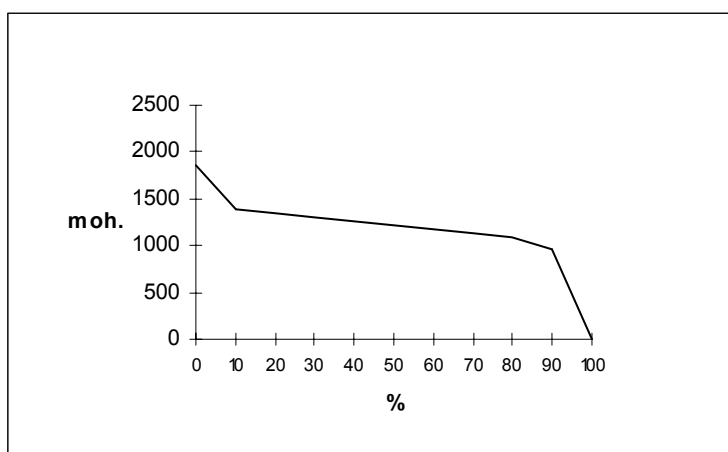
Flomsonekart skal konstrueres for strekninger i de nedre delene av Eidfjordvassdraget i Hordaland, delprosjekt fs 050_1 Eidfjord i NVEs Flomsonekartprosjekt. Som grunnlag for flomsonekartkonstruksjonen skal midlere flom og flommer med gjentaksintervall 5, 10, 20, 50, 100, 200 og 500 år beregnes for sideelvene Bjoreio og Veig oppstrøms Eidfjordvatnet og for Eio nedstrøms Eidfjordvatnet. I tillegg skal det beregnes vannstander med de samme gjentaksintervallene i Eidfjordvatnet.

2. Beskrivelse av vassdraget

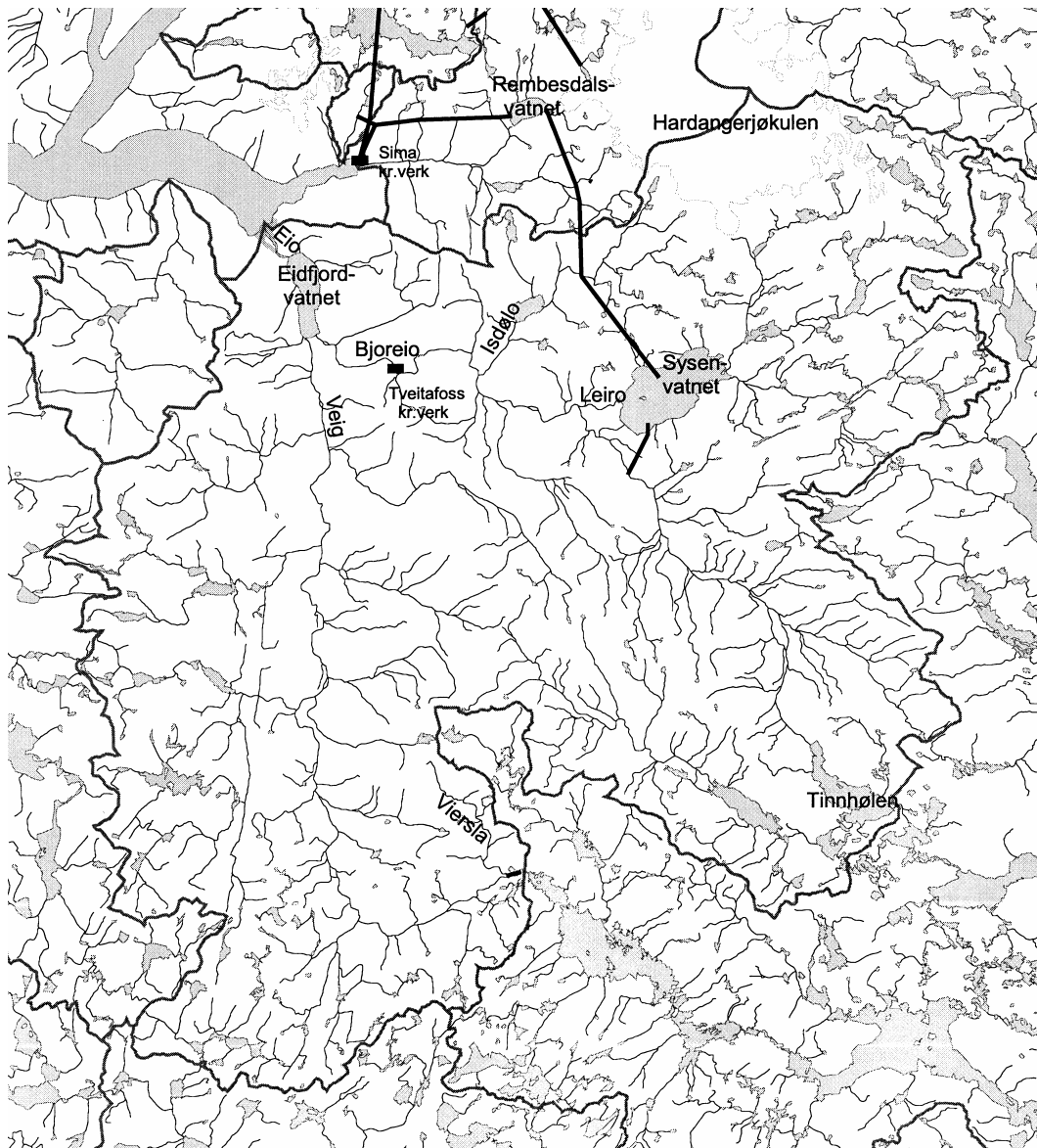
Eidfjordvassdraget er 1174 km² stort og ligger i Hordaland. I den nedre delen ligger Eidfjordvatnet 19 moh. Vatnet har sitt utløp gjennom elven Eio, som etter to kilometer renner ut i Hardangerfjorden ved tettstedet Eidfjord. Eidfjordvatnet har to store tilløpselver: Veig fra sør og Bjoreio fra sørøst. Begge elvene faller ut i Eidfjordvatnets sørlige del.

Veig drenerer en betraktelig del av den vestlige delen av Hardangervidda. Elven har få innsjøer i nedbørfeltet, som har et naturlig areal på 498 km². Høyeste toppen i Veigs nedbørfelt er Hårteigen, 1690 moh. I den nedre delen danner elven Valurfossen og renner deretter videre nordover i den dype Hjølmødal til utløpet i Eidfjordvatnet.

Bjoreio, som har et areal på 639 km², drenerer også en betraktelig del av Hardangervidda. I tillegg drenerer Bjoreio en stor del av Hardangerjøkulen. De høyeste partiene i nedbørfeltet er toppen av Hardangerjøkulen på rundt 1850 moh. Smeltevannet fra en del av jøkulen danner elven Leiro, som på sin vei mot hovedelven renner gjennom Sysenvatnet, den største innsjøen i Eidfjordvassdraget. En annen del av Hardangerjøkulen har avløp gjennom sideelven Isdølo, som faller ut i Bjoreio straks oppstrøms Vøringsfossen. Gjennom denne fossen styrter Bjoreio ned i den dype Måbødalen og fortsetter vestover til utløpet i Eidfjordvatnet.



Figur 1. Hypsografisk kurve for Eidfjordvassdraget. Kurven viser hvor stor prosent av det totale feltarealet som ligger over en gitt høyde. Feltets midlere høyde er 1227 moh.



Figur 2. Kart over Eidfjordvassdraget.

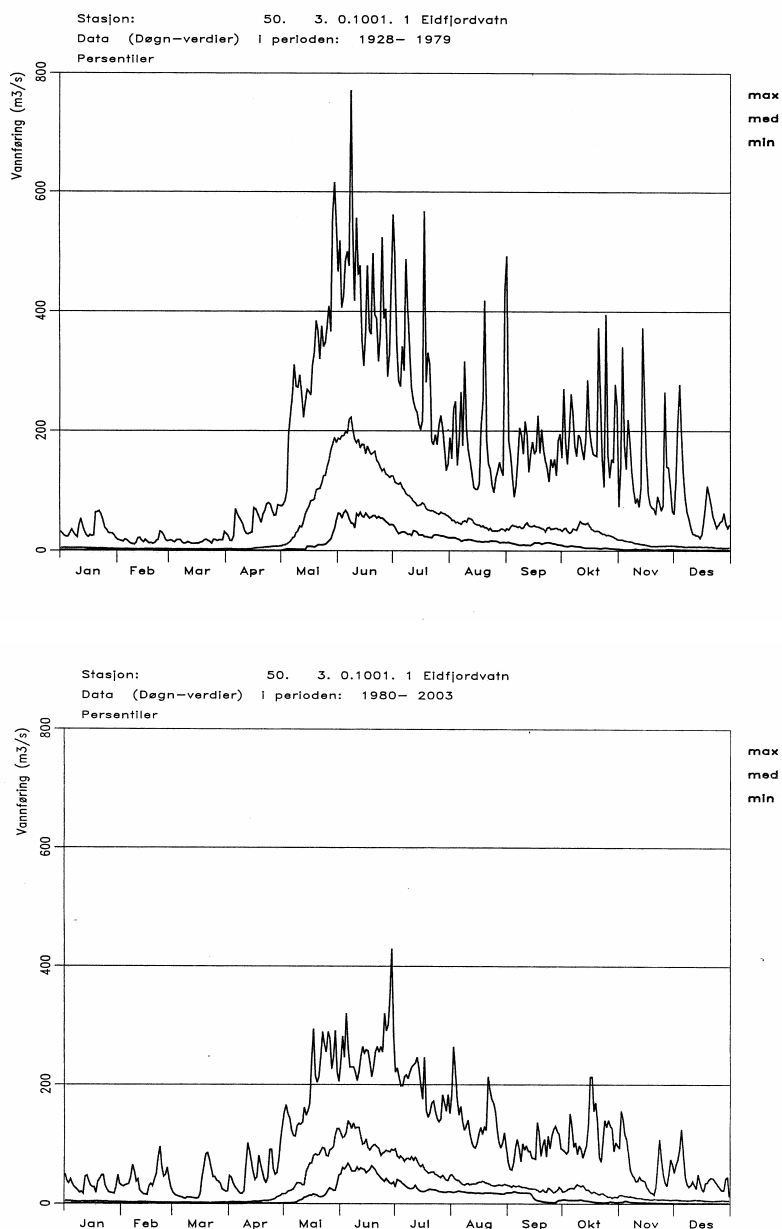
Eidfjordvassdraget ble første gang regulert i 1942. Da begynte man å overføre vann fra Tinnhølen, en innsjø øverst i Bjoreio, over det lave vannskillet østover til Numedalslågen. Vann fra et 129 km² stort nedbørfelt ble overført frem til 1980, da man tok tilbake vannet for å utnytte det i Sima kraftverk.

I 1946 ble Tveitafoss kraftverk nederst i Bjoreio satt i drift. Dette er det eneste kraftverket i Eidfjordvassdraget. Det er et lite kraftverk og har ikke noen regulering av vann av betydning knyttet til seg.

Siden 1952 overføres det vann fra Viersla, øverst i Veig, over det lave vannskillet til Numedalslågen. Overført areal er drøyt 15 km².

Etter langvarig planlegging satte man i gang Eidfjordutbyggingen i slutten av 1970-årene. I Eidfjordvassdraget omfattet det overføring av vann fra Bjoreio til Sysenvatnet, som ble

hovedmagasin i denne delen av kraftutbyggingen, og overføring av vann videre fra Sysenvatnet til Rembesdalvatnet, som er inntaksmagasin for Sima kraftverk (Sy-Sima). På denne overføringstunnelen blir også vann fra Isdølo tatt inn. Sima kraftverk ble satt i drift i 1980. Vann fra totalt 507 km² overføres fra Eidfjordvassdraget til Sima kraftverk (264 km² fra øvre Bjoreio, 213 km² fra Sysenvatnet i Leiro og 30 km² fra Isdølo).



Figur 3. Karakteristiske vannføringer i Eidfjordvassdraget ved målestasjonen 50.3 Eidfjordvatn (1170 km²) i den uregulerte eller lite regulerte perioden 1928-1979 (øvre grafen) og den regulerte perioden 1980-2003 (nedre grafen).

Den naturlige middelvannføringen ved Eios utløp i fjorden er $48 \text{ m}^3/\text{s}$ i følge ”Avrenningskart for Norge”. Avrenningen i vassdraget er i gjennomsnitt ca. $41 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$, og varierer fra ca. $65 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$ i fjellområdene øst og vest for Eidfjordvatnet til godt under $20 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$ i lavlandet rundt Eidfjordvatnet og ved fjorden.

Figur 3 viser karakteristiske vannføringsverdier for hver dag i løpet av året ved målestasjonen 50.3 Eidfjordvatn. Øverste kurve (max) i hver graf viser største observerte vannføring og nederste kurve (min) viser minste observerte vannføring. Den midterste kurven (med) er mediankurven, dvs. det er like mange observasjoner i løpet av referanseperioden som er større og mindre enn denne. Den øvre grafen viser vannføringsverdier i perioden før regulering, mens den nedre grafen viser etter regulering.

Vi ser at vannføringen er blitt betraktelig redusert etter reguleringen på grunn av overføringen mot Sima kraftverk. Årsmidlet i perioden 1928-1979 var $47.1 \text{ m}^3/\text{s}$, og i perioden 1980-2003 $35.5 \text{ m}^3/\text{s}$. Videre ser vi at flommene, som også er blitt betraktelig redusert, fortsatt er størst i forbindelse med snøsmeltingen på våren og tidlig om sommeren.

3. Hydrometriske stasjoner

Flere hydrometriske stasjoner i og nært Eidfjordvassdraget er benyttet i flomberegningen.

Målestasjonen 50.3 Eidfjordvatn ble etablert i 1928 og er fortsatt i drift. Den registrerer både vannstanden i vatnet og vannføringen i utløpselven Eio. Det har ikke vært profilforandring ved målestasjonen, slik at samme vannføringskurve gjelder for hele observasjonsperioden og vannstandene er sammenlignbare under hele perioden. Nullnivået ved vannstandsskalaen er 16.058 moh. i følge NVEs høydesystem. For å omgjøre de lokalt observerte vannstandene til vannstander i Statens kartverks høydesystem av 1954 må de korrigeres med ytterligere $+0.090 \text{ m}$ i følge ”Katalog over nivellerte elver”. Total korreksjon av de lokale vannstandene blir da $+16.15 \text{ m}$. Feltarealet ved stasjonen er 1170 km^2 . På grunn av overføringen fra Tinnhølen til Numedalslågen i perioden 1942-1980 ble flommene ved Eidfjordvatn redusert med i gjennomsnitt ca. 6 %. Etter at Sima kraftverk ble satt i drift i 1980 og tar over store vannmengder fra Bjoreio med sideelver er flommene redusert enda mer.

Målestasjonen 50.4 Vivel i sideelven Veig ligger ved gården med samme navn, nesten 900 moh. i veiløst fjellområde. Stasjonen, som fortsatt er i drift, har data siden 1915. Feltarealet ved stasjonen er 391 km^2 . En liten overføring fra Viersla til Numedalslågen har liten betydning for flomforholdene. Derimot er det mistanke om profilforandring ved denne målestasjonen rundt 1970. Enkelte vannføringsmålinger og sammenligning med både flomdata og årsavløpsdata med nærliggende stasjoner tilsier at vannføringsdata etter denne tid er underestimerte.

De nederste målestasjonene i sideelven Bjoreio er 50.11 Høel og 50.2 Garen. Høel, som fortsatt er i drift, ligger nedstrøms samløpet med Isdølo og litt oppstrøms Vøringsfossen. Stasjonen har et nedbørfelt på 597 km^2 og har data siden 1968. Stasjonen har hele tiden vært påvirket av regulering og er meget sterkt påvirket av overføringen ut av vassdraget fra Sysenvatnet og Isdølo siden 1980. Garen lå litt oppstrøms Isdølo, med et nedbørfelt på

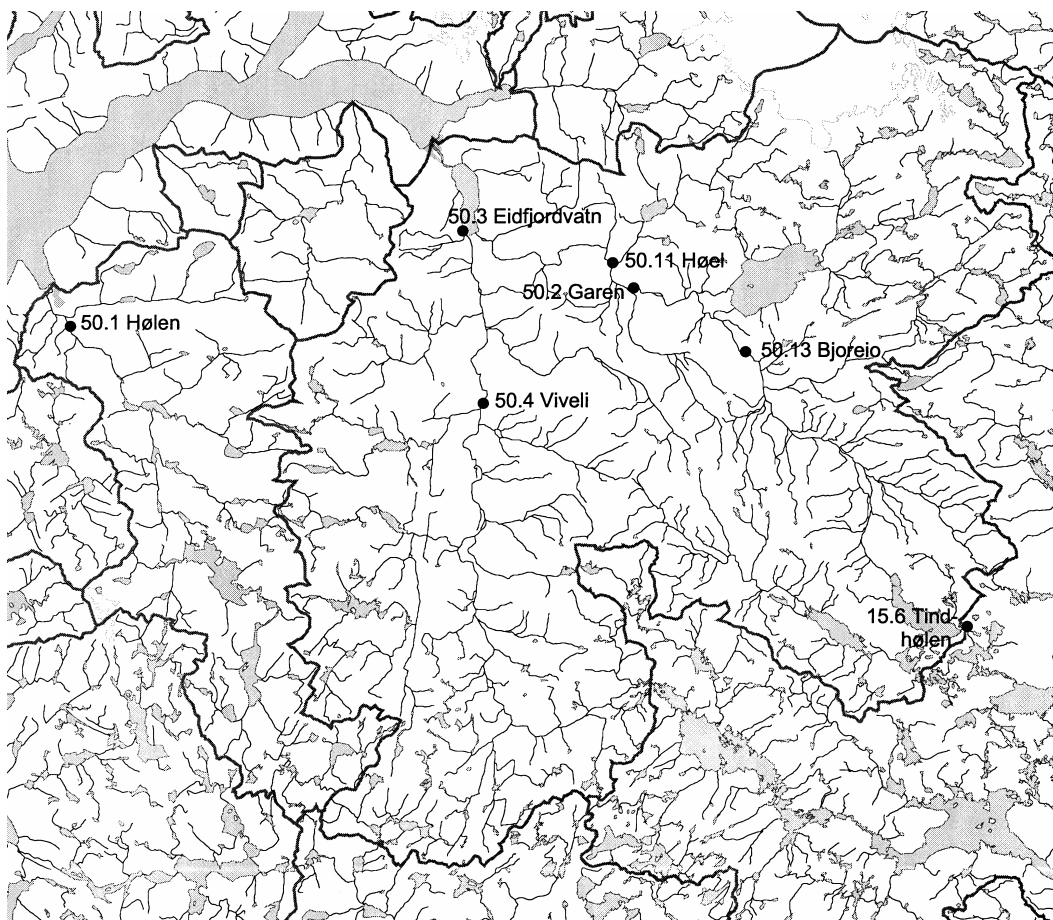
502 km². Stasjonen har data i perioden 1908-1975, og var påvirket av overføringen fra Tinnhølen til Numedalslågen fra 1942.

Målestasjonen 50.13 Bjoreio ble opprettet oppstrøms inntaket for overføringen til Sysenvatnet i 1982. Den registrerer uregulert vannføring fra et felt på 262 km².

Målestasjonen 15.6 Tindhølen registrerte overføringen fra Bjoreio til Numedalslågen. Data finnes for perioden 1947-1980. Arealet for det overførte feltet i Bjoreio er 129 km².

Målestasjonen 50.1 Hølen ligger i Kinso, vest for Eidfjordvassdraget. Stasjonen har data siden 1923. Kinso er litt regulert for kraftverksformål, men reguleringens innvirkning på flommer kan regnes som neglisjerbar. Feltarealet er 232 km².

I figur 4 er stasjonenes beliggenhet vist og i tabell 1 er enkelte data for stasjonene sammenfattet.



Figur 4. Hydrometriske stasjoner.

Tabell 1. Aktuelle vannføringsstasjoner i og nær Eidfjordvassdraget.

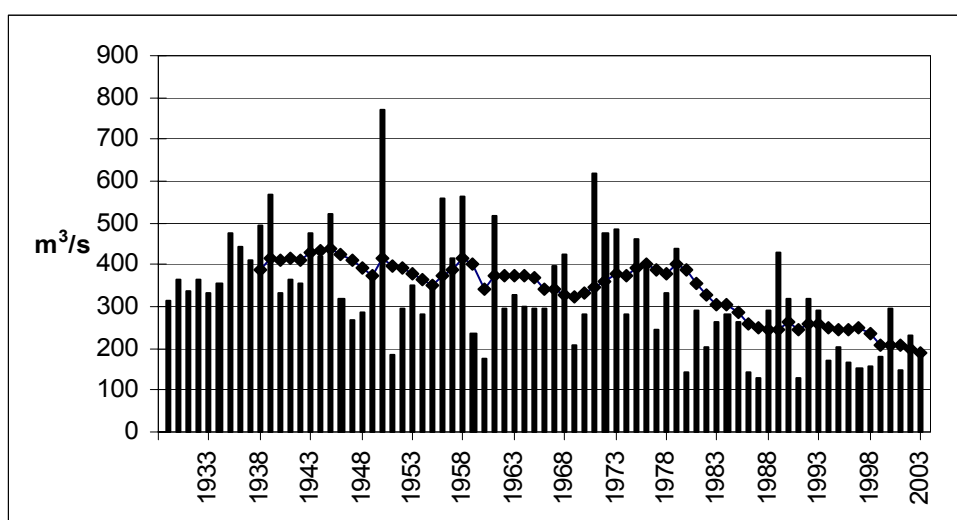
Nr.	Navn	Beliggenhet	Feltareal km ²	Observasjonsperiode	Regulering	Normalavløp (1961-1990) l/s·km ²
50.3	Eidfjordvatn	Eio	1170	1928-	1942	41.0
50.4	Viveli	Eio, Veig	391	1915-	1952	46.3
50.11	Høel	Eio, Bjoreio	597	1968-	1968	36.3
50.2	Garen	Eio, Bjoreio	502	1908-1975	1942	34.7
50.13	Bjoreio	Eio, Bjoreio	262	1982	Uregulert	34.3
15.6	Tindhølen	Numedalslågen	129	1947-1980	1947	35.0
50.1	Hølen	Kinso	232	1923-	Ubetydelig regulert	53.2

Normalavløpene er hentet fra Avrenningskart for Norge 1961-1990 og er beregnet med nedbør-avløpsmodell for det naturlige nedbørfeltet. Feltarealet gjelder også for det naturlige feltet.

4. Flomdata

I Eidfjordvassdraget er det flommene i forbindelse med snøsmeltingen fra slutten av mai til midten av juli som er de største. Reguleringene, særlig fra 1980, har ført til at flommene i gjennomsnitt er blitt redusert i Bjoreio og Eio. Figur 5 viser største flom hvert år i observasjonsperioden ved 50.3 Eidfjordvatn, med et glidende 10-årsmiddel markert for siste år i 10-årsperioden. I tabell 2 er de største flommene ved 50.3 Eidfjordvatn og 50.2 Garen/50.11 Høel før og etter 1980 presentert. I tillegg presenteres de største flommene ved 50.4 Viveli i den uregulerte sideelven Veig. Som nevnt er sannsynligvis flomvannføringene etter 1970 underestimerte ved Viveli.

De største observerte flommene fant sted i 1950 og 1971. I 1950 var det særlig Veig som bidro stort til flommen i Eidfjordvatn og Eio, mens i 1971 var det Bjoreio. I 1950 ville flommen sannsynligvis vært over 800 m³/s i Eio, hvis ikke overføringen ved Tinnhølen hadde vært.



Figur 5. Flomvannføringer ved 50.3 Eidfjordvatn (døgnmidler).

Tabell 2. De største observerte flommene ved 50.3 Eidfjordvatn, 50.4 Viveli, 50.2 Garen og 50.11 Høel (døgnmidler).

50.3 Eidfjordvatn (1928-1979)		50.3 Eidfjordvatn (1980-2003)	
Dato	m ³ /s	Dato	m ³ /s
08.06.1950	771	29.06.1989	430
30.05.1971	616	25.06.1990	320
18.07.1939	567	05.06.1992	320
01.07.1958	562		
12.06.1956	556		
50.4 Viveli (1915-2002)			
Dato	m ³ /s		
08.06.1950	250		
18.07.1939	225		
01.07.1958	207		
08.07.1973	198		
14.11.1938	190		
09.08.1963	190		
50.2 Garen (1909-67), 50.11 Høel (1968-79)		50.11 Høel (1980-2002)	
Dato	m ³ /s	Dato	m ³ /s
30.05.1971	282	02.08.1983	137
28.06.1927	228	28.06.1989	126
06.07.1914	220	23.06.1990	126
24.06.1914	212		
14.06.1910	209		

I tabell 3 er de høyeste observerte flomvannstandene i Eidfjordvatnet vist.

Tabell 3. De høyeste observerte flomvannstandene ved 50.3 Eidfjordvatn.

50.3 Eidfjordvatn (1928-1979)			50.3 Eidfjordvatn (1980-2003)		
Dato	m, lokal skala	moh. SK-1954	Dato	m, lokal skala	moh. SK-1954
08.06.1950	5.79	21.94	29.06.1989	4.60	20.75
30.05.1971	5.30	21.45	25.06.1990	4.10	20.25
18.07.1939	5.13	21.28	05.06.1992	4.10	20.25
01.07.1958	5.11	21.26			
12.06.1956	5.09	21.24			

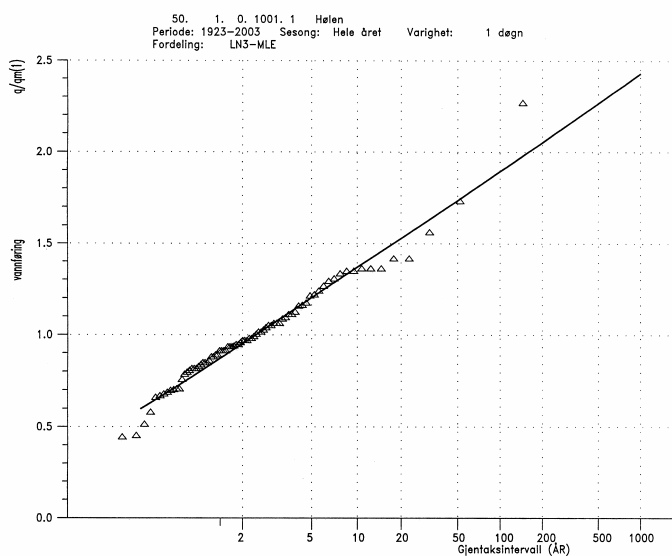
5. Flomfrekvensanalyser

Det er utført frekvensanalyser på årsflommer for flere målestasjoner i området. For 50.1 Hølen, som er ubetydelig regulert, er flomdata fra hele observasjonsperioden benyttet. For 50.4 Viveli, som også er ubetydelig regulert, er kun flomdata til og med 1969 benyttet, fordi det sannsynligvis var profilforandring i 1970 og det ikke finnes en korrekt vannføringskurve for perioden etter dette. For 50.3 Eidfjordvatn og 50.2 Garen i Bjoreio er det utført flomfrekvensanalyse for perioden før reguleringen i 1980. Feltene var imidlertid påvirket av overføringen ut fra Tinnhølen allerede i 1942. Resultatene er presentert i tabell 4, hvor midlere flom, Q_M , og forholdstallene Q_T/Q_M presenteres.

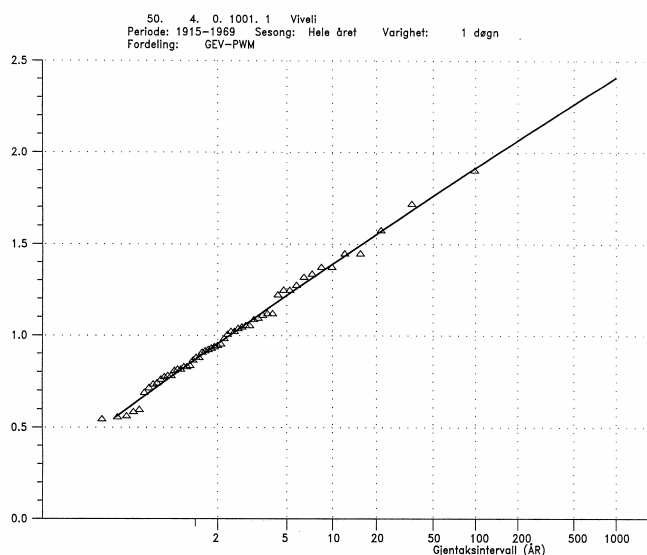
Tabell 4. Flomfrekvensanalyser, døgnmiddel av årsflommer.

	Areal km ²	Periode	Antall år	Q _M m ³ /s	Q _M 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
50.1 Hølen	232	1923-2003	81	74.8	322.4	1.20	1.37	1.53	1.74	1.89	2.05	2.27
50.4 Viveli	391	1915-1969	55	131.4	336.1	1.22	1.39	1.55	1.76	1.91	2.07	2.26
50.3 Eidfjordvatn	1170	1929-1979	51	381.6	326.2	1.23	1.41	1.57	1.78	1.93	2.08	2.28
50.2 Garen	502	1909-1975	61	137.6	274.1	1.23	1.39	1.55	1.74	1.89	2.03	2.21

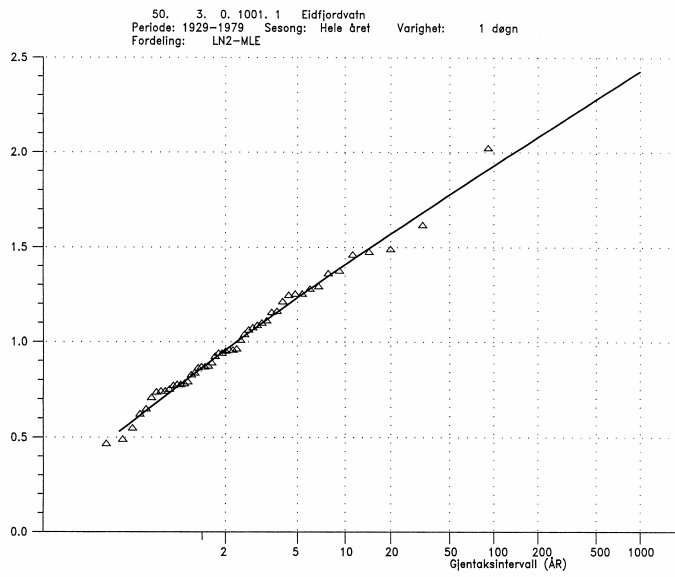
I figurene 6-9 er flomfrekvensanalysene vist grafisk.



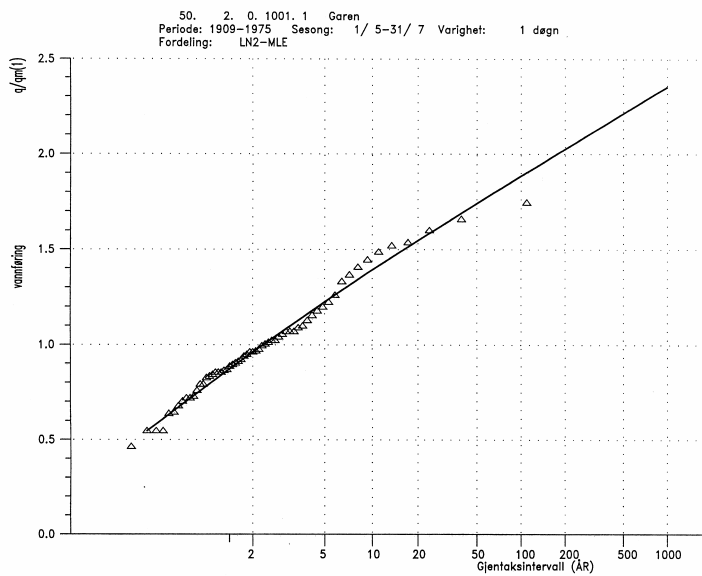
Figur 6. Flomfrekvensanalyse, Q_T/Q_M , for 50.1 Hølen, 1923-2003. Døgnmiddel av årsflommer.



Figur 7. Flomfrekvensanalyse, Q_T/Q_M , for 50.4 Viveli, 1915-1969. Døgnmiddel av årsflommer.



Figur 8. Flomfrekvensanalyse, Q_T/Q_M , for 50.3 Eidfjordvatn, 1929-1979. Døgnmiddel av årsflommer.



Figur 9. Flomfrekvensanalyse, Q_T/Q_M , for 50.2 Garen, 1909-1975. Døgnmiddel av årsflommer.

6. Beregning av flomverdier

Det skal beregnes flomverdier for Veig, Bjoreio og Eio.

Flomfrekvensanalysene i tabell 4 viser god overensstemmelse mellom seriene. Forholdet Q_{500}/Q_M varierer bare mellom 2.21 og 2.28. Det antas at frekvensfaktorene for den lengste serien, 50.1 Hølen, kan representere uregulerte forhold for alle steder i Eidfjordvassdraget.

Som tidligere nevnt påvirket overføringen ut fra Tinnhølen flomdata ved 50.3 Eidfjordvatn og 50.2 Garen. I tabell 5 er midlere flom i helt uregulert periode vist for de tre målestasjonene i Eidfjordvassdraget. Ved 50.4 Viveli er data frem til tidspunktet for starten for overføringen fra Viersla benyttet. For Eidfjordvatn er også midlere tilløpsflom beregnet ved at magasinert vannvolum i det 3.57 km² store vatnet i kulminasjonsdøgnet omregnes til vannføring og legges til avløpet.

Tabell 5. Uregulert middelflom, døgnmiddel av årsflommer.

	Areal km ²	Periode	Antall år	Q_M m ³ /s	Q_M l/s·km ²
50.3 Eidfjordvatn	1170	1929-1941	13	396.4	338.8
Eidfjordvatn, tilløp	1170	1929-1941	13	413.6	353.5
50.4 Viveli	391	1915-1951	37	133.5	341.4
50.2 Garen	502	1909-1941	30	149.5	297.8

Det antas at disse flomverdiene er de beste estimatene på midlere flom under uregulerte forhold, selv om de ikke er beregnet for samme periode for de forskjellige stasjonene. Det kan nevnes at midlere flom under den 21 år lange perioden 1983-2003 ved den uregulerte avløpsstasjonen 50.13 Bjoreio er 87.8 m³/s eller 335.1 l/s·km², dvs. i god overensstemmelse med spesifikk midlere flom ved 50.4 Viveli. At spesifikk midlere flom er lavere ved 50.2 Garen er rimelig da både Hardangerjøkulen og Sysenvatnet, som kan antas ha flomdempende effekter, inngår i Garens nedbørfelt.

Flomdempningen i Eidfjordvatnet tilsvare i gjennomsnitt ca. 4 % av vannføringen, men ved de fleste flommer er dempningen mindre enn dette.

Eidfjordvatnets lokalfelt nedstrøms Viveli og Garen er 277 km². Hvis man antar at midlere flom opptrer samtidig i hele vassdraget, blir bidraget fra dette lokalfeltet 413.6 – 133.5 – 149.5 = 130.6 m³/s. Det tilsvare 471.5 l/s·km², og det antas å være representativt bidrag ved midlere flom fra både nedre delene av Veig og Bjoreio og fra områdene som drenerer rett ut i Eidfjordvatnet. Til sammenligning kan nevnes at flere avløpsstasjoner som ligger nært Hardangerfjorden har relativt høye middelflomverdier: målestasjonen 48.5 Reinsnosvatn i Opo nært Odda har 440.4 l/s·km², 50.5 Sima har 582.4 l/s·km² og 51.2 Øvre Austdalsvatn nordvest for Hardangerjøkulen har 600.4 l/s·km² som spesifikk midlere flom. En spesifikk midlere flom for de nordvestlige delene av Eidfjordvassdraget på 471.5 l/s·km² vurderes derfor som rimelig.

Uregulert middelflom for Veig, Bjoreio og Eidfjordvatnets tilløp blir da beregnet som vist i tabell 6.

Tabell 6. Uregulert middelflom, døgnmiddel.

	Areal km ²	Q _M l/s·km ²	Q _M m ³ /s
50.4 Viveli	391	341.4	133.5
Restfelt	107	471.5	50.4
Veig	498	369.4	183.9
50.2 Garen	502	297.8	149.5
Restfelt	137	471.5	64.6
Bjoreio	639	335.0	214.1
Lokalfelt, Eidfjordvatnet	33	471.5	15.6
Eidfjordvatnet, tilløp	1170	353.5	413.6

Resulterende flomverdier med forskjellige gjentakintervall for den så å si uregulerte Veig blir som vist i tabell 7.

Tabell 7. Flomverdier for Veig, 498 km², døgnmiddelvannføringer.

	Q _M l/s·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 _T /Q _M			1.20	1.37	1.53	1.74	1.89	2.05	2.27
Veig	369	184	221	252	281	320	348	377	417

Flommene i Bjoreio og Eio er sterkt påvirket av reguleringen i vassdraget. Opp mot 80 m³/s kan overføres fra Bjoreio til Sysenvatn. Fra Sysenvatn kan det overføres ca. 100 m³/s ut av vassdraget. Opplysningene om overføringskapasitetene er hentet fra ”Flomberegning Sy-Sima kraftverk”. Ved noen flomsituasjoner, særlig sent i smeltesesongen eller på høsten, kan det være overløp over dammen i Sysenvatn. Ved mange smelteflommer har det imidlertid vært god plass i magasinet og denne delen av vassdraget har ikke bidratt til flommen. Ved målestasjonen 50.11 Høel i Bjoreio har midlere flom etter reguleringen, i perioden 1980-2002, vært 51 m³/s. Feltet ved Høel er 597 km², mens det ved Bjoreios utløp i Eidfjordvatn er 639 km². Hvis man antar at lokalfeltet nedstrøms Høel bidrar med 471.5 l/s·km² blir midlere flom etter regulering ca. 71 m³/s. Tabell 6 viser at midlere flom før regulering var ca. 214 m³/s, dvs. reguleringen har medført en reduksjon på litt over 140 m³/s. Det antas at samme reduksjon gjelder for Eio, selv om midlere flom ved 50.3 Eidfjordvatn har vært 225 m³/s etter regulering (for perioden 1983-2003), hvilket tilsvarer en reduksjon med ca. 170 m³/s.

Man kan anta at reguleringens flomdempende effekt avtar med økende størrelse på flommen, men det er sannsynlig at selv ved store flommer vil magasineringen i Sysenvatn og overføringen ut av vassdraget være relativt betydningsfulle. Det antas at flomreduksjonen avtar fra 140 m³/s ved midlere flom til 70 m³/s ved Q₅₀₀. Dette antas å gjelde både for Bjoreio og for Eio. Resulterende flomverdier er vist i tabell 8 og 9.

Tabell 8. Flomverdier for Bjoreio, 639 km², døgnmiddelvannføringer.

	Q _M l/s·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 _T /Q _M			1.20	1.37	1.53	1.74	1.89	2.05	2.27
Bjoreio, uregulert	335	214	257	293	328	373	405	439	486
Flomreduksjon		140	130	120	110	100	90	80	70
Bjoreio, regulert		74	127	173	218	273	315	359	416

Tabell 9. Flomverdier for Eio (Eidfjordvatn), 1170 km², døgnmiddelvannføringer.

	Q _M l/s·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 _T /Q _M			1.20	1.37	1.53	1.74	1.89	2.05	2.27
Eio, uregulert	339	396	476	543	606	690	749	813	900
Flomreduksjon		140	130	120	110	100	90	80	70
Eio, regulert		256	346	423	496	590	659	733	830

De presenterte flomverdiene så langt representerer døgnmiddelverdier. Kulminasjonsvannføringen kan være atskillig større enn døgnmiddelvannføringen ved store flommer. Det er utarbeidet ligninger basert på feltparametere som kan benyttes for å beregne forholdstallet mellom kulminasjonsvannføring (momentanvannføring) og døgnmiddelvannføring. Formelen for vårflokker er:

$$Q_{\text{momentan}}/Q_{\text{middel}} = 1.72 - 0.17 \cdot \log A - 0.125 \cdot A_{SE}^{0.5},$$

mens formelen for høstflokker er:

$$Q_{\text{momentan}}/Q_{\text{middel}} = 2.29 - 0.29 \cdot \log A - 0.270 \cdot A_{SE}^{0.5},$$

hvor A er feltareal og A_{SE} er effektiv sjøprosent.

Tabell 10 viser resultatene som er fremkommet ved bruk av formlene for vårflokker for tre avløpsstasjoner i vassdraget.

Tabell 10. Forhold mellom kulminasjons- og døgnmiddelvannføringer ut fra formler for vårflokker.

	A, km ²	A _{SE} , %	Q _{momentan} /Q _{middel}
50.3 Eidfjordvatn	1170	0.57	1.10
50.4 Vivali	391	0.08	1.24
50.11 Høel	597	0.94	1.13

Tabell 11 viser kulminasjonsvannføring og døgnmiddelvannføring ved noen store flommer ved de samme avløpsstasjonene, når det finnes data med fin tidsoppløsning på NVEs hydrologiske database.

Tabell 11. Kulminasjons- og døgnmiddelvannføringer, m³/s.

50.3 Eidfjordvatn			
Dato	Kulminasjonsvannf.	Døgnmiddelvannf.	Kulm./døgnmiddel
16.06.1995	216.1	202.9	1.07
18.05.2000	324.1	294.1	1.10
24.05.2002	262.7	229.8	1.14
50.4 Viveli			
Dato	Kulminasjonsvannf.	Døgnmiddelvannf.	Kulm./døgnmiddel
30.05.1988	108.9	105.9	1.03
18.05.2000	130.5	119.8	1.09
12.05.2002	107.7	106.4	1.01
50.11 Høel			
Dato	Kulminasjonsvannf.	Døgnmiddelvannf.	Kulm./døgnmiddel
28.06.1989	140.4	126.3	1.11
23.06.1990	129.9	126.3	1.03
22.05.1993	87.7	70.0	1.25

Verdiene i tabell 10 og 11 danner grunnlaget for å anslå representative forholdstall mellom kulminasjonsvannføring (momentanvannføring) og døgnmiddelvannføring, også for større flommer enn det finnes data for.

For Eidfjordvatn antas 1.10 å være et representativt forholdstall. Formelen som er basert på feltparametere gir denne verdien, og 1.10 er også forholdstallet ved den største flommen som det finnes data med fin tidsoppløsning for.

For Viveli finnes det bare data med fin tidsoppløsning fra den perioden når vannføringskurven vurderes som dårlig. Allikevel kan forholdstallene mellom kulminasjons- og døgnmiddelvannføring være relativt riktige. Observerte forholdstall er mindre enn det formelen basert på feltparametere gir. Det velges å benytte 1.20 som representativt forholdstall for flommer i Veig.

For Bjoreio velges å benytte 1.12 som representativt forholdstall. Det er midlet av det formelen gir og forholdstallet ved den største observerte flommen der det finnes data med fin tidsoppløsning fra.

Resulterende kulminasjonsvannføringer er vist i tabell 12.

Tabell 12. Flomverdier for Eidfjordvassdraget, kulminasjonsvannføringer.

	Q_M m³/s	Q₅ m³/s	Q₁₀ m³/s	Q₂₀ m³/s	Q₅₀ m³/s	Q₁₀₀ m³/s	Q₂₀₀ m³/s	Q₅₀₀ m³/s
Veig, 498 km ²	220	265	300	340	385	415	450	500
Bjoreio, 639 km ²	85	140	195	245	305	350	400	465
Eio, 1170 km ²	280	380	465	545	650	725	805	915

Vannføringsverdiene er utjevnet til nærmeste hele 5 m³/s.

Summen av vannføringene i Veig og Bjoreio er noe større enn vannføringen i Eio. Dette skyldes dels at verdiene i tabell 12 er kulminasjonsverdier, beregnet med forskjellige faktorer mellom kulminasjons- og døgnmiddelvannføring for de tre elvene, dels at Eidfjordvatnet demper flommene noe.

I tabell 13 er flomvannstander med forskjellige gjentakintervall i Eidfjordvatn vist. De er fremkommet ved å benytte gjeldende vannføringskurve for 50.3 Eidfjordvatn på de resulterende vannføringene i Eio, som de er beregnet før utjevningen i tabell 12. Formelen for vannføringskurven ved vannstander over 2.2 m på den lokale skalaen er:

$$Q = 11.6000 \cdot (H - 0.20)^{2.4384}$$

Tabell 13. Flomverdier for Eidfjordvatn, kulminasjonsvannstander.

	H_M	H₅	H₁₀	H₂₀	H₅₀	H₁₀₀	H₂₀₀	H₅₀₀
m, lokal skala	3.90	4.38	4.74	5.05	5.41	5.65	5.89	6.19
moh. SK-1954	20.05	20.53	20.89	21.20	21.56	21.80	22.04	22.34

7. Usikkerhet

Datagrunnlaget for flomberegning i Eidfjordvassdraget kan karakteriseres som meget godt. Det foreligger lange dataserier fra flere steder i vassdraget og fra nærliggende vassdrag i NVEs hydrologiske database.

Det er imidlertid en 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 et antall samtidige observasjoner av vannstand og måling av vannføring i elven. Men disse direkte målinger er ikke alltid utført på ekstreme flommer. De største flomvannføringene er altså beregnet ut fra et ekstrapolert samband mellom vannstander og vannføringer, dvs. også ”observerte” flomvannføringer kan derfor inneholde en grad av usikkerhet.

En faktor som fører til usikkerhet i flomdata er at NVEs hydrologiske database er basert på døgnmiddelverdier knyttet til kalenderdøgn. I prinsippet er alle flomvannføringer derfor noe underestimerte, fordi største 24-timersmiddel alltid vil være mer eller mindre større enn største kalenderdøgnmiddel.

I tillegg er de eldste dataene i databasen 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 virkelige døgnmidlet.

Dataene med fin tidsoppløsning er ikke kontrollerte på samme måte som døgndataene og er ikke kompletterte i tilfelle observasjonsbrudd. Det foreligger heller ikke data med fin tidsoppløsning på databasen lenger enn ca. 10-15 år tilbake. Det er derfor ikke mulig å utføre flomfrekvensanalyser direkte på kulminasjonsvannføringer.

Den største usikkerheten i denne flomberegningen er knyttet til at vassdraget er regulert og de problemer dette medfører for å anslå sjeldne flommer.

Å kvantifisere usikkerhet i hydrologiske data er meget vanskelig. Det er mange faktorer som spiller inn, særlig for å anslå usikkerhet i ekstreme vannføringsdata. Konklusjonen for denne beregning er at datagrunnlaget er meget godt, men pga. usikkerhet knyttet til reguleringsens effekt på store flommer klassifiseres den i klasse 2, i en skala fra 1 til 3 hvor 1 tilsvarer beste klasse.

Referanser

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

Berdal Strømme AS, 1992: Flomberegning Sy-Sima kraftverk, Sysenvatn, Rembesdalsvatn.

NVE, 1981: Katalog over nivellerte elver med korreksjoner og tillegg.

NVE, 2000: Prosjekthåndbok – Flomsonekartprosjektet. 5.B: Retningslinjer for flomberegninger.

NVE, 2002: Avrenningskart for Norge 1961-1990.

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

Utgitt i Dokumentserien i 2005

Nr. 1 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning for Eidfjordvassdraget. Flomsonekartprosjektet (20 s.)