



Flomsonekartprosjektet

# Flomberegning for Ulefoss

*Lars-Evan Pettersson*

5  
2006



D  
O  
K  
U  
M  
E  
N  
T

# **Flomberegning for Ulefoss (016.BZ)**

## Dokument nr 5 - 2006

### Flomberegning for Ulefoss (016.BZ)

**Utgitt av:** Norges vassdrags- og energidirektorat

**Forfatter:** Lars-Evan Pettersson

**Trykk:** NVEs hustrykkeri

**Opplag:** 30

**Forsidefoto:** Telemarkskanalen og Eidselva ved Ulefoss i 1929.  
(Foto: NVEs fotoarkiv)

**ISSN:** 1501-2840

**Sammendrag:** I forbindelse med Flomsonekartprosjektet i NVE er det som grunnlag for vannlinjeberegning og flomsonekartlegging utført flomberegning for et delprosjekt i Skiensvassdraget ved Ulefoss. Flomvannføringer med forskjellige gjentaksintervall er beregnet for Eidselva ved Ulefoss og samtidige vannstander er beregnet for Norsjø.

**Emneord:** Flomberegning, flomvannføring, Eidselva

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](http://www.nve.no)

Juni 2006

# Innhold

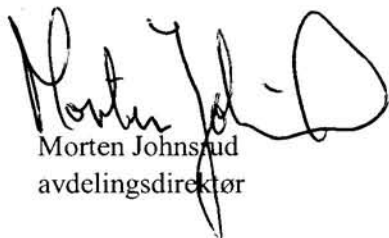
Forord.....	4
Sammendrag.....	5
1. Beskrivelse av oppgaven .....	6
2. Beskrivelse av vassdraget .....	6
3. Hydrometriske stasjoner .....	10
4. Flomdata .....	12
5. Flomfrekvensanalyser .....	15
6. Beregning av flomverdier.....	17
6.1 Eidselva .....	17
6.2 Vannstand i Norsjø ved flom i Eidselva.....	19
6.3 Sammendrag .....	19
7. Usikkerhet.....	20
Referanser.....	21

# 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 en elvestrekning i Eidselva ved Ulefoss i Telemark. Rapporten er utarbeidet av Lars-Evan Pettersson og kvalitetskontrollert av Erik Holmqvist.

Oslo, juni 2006



Morten Johnsrud  
avdelingsdirektør



Sverre Husebye  
seksjonssjef

# Sammendrag

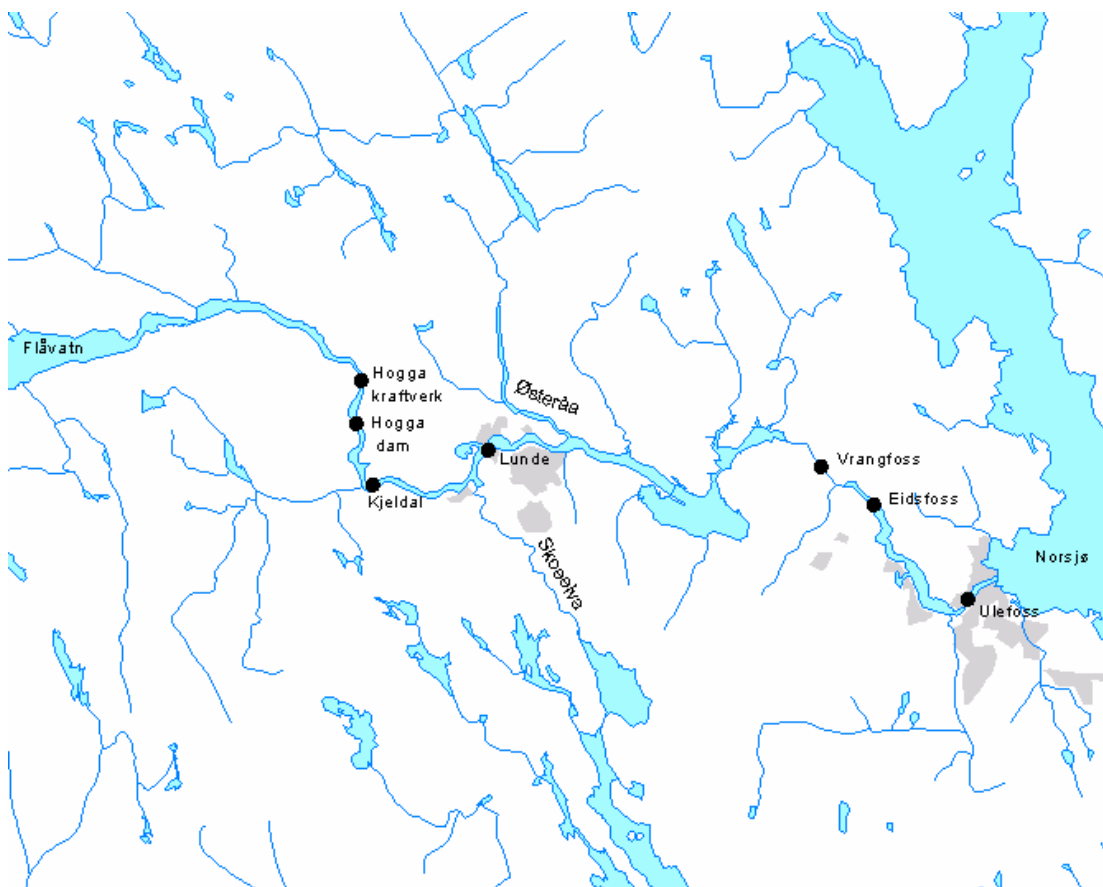
Flomberegningen for Eidselva ved Ulefoss gjelder delprosjektet fs 016\_9 Ulefoss i NVEs Flomsonekartprosjekt. Kulminasjonsvannføringer ved forskjellige gjentaksintervall er beregnet for Eidselva og samtidige flomvannstander i Norsjø er bestemt. Beregningen er basert på data fra flere målestasjoner i Eidselva og Norsjø. Resultatet av flomberegningen ble:

	<b>Middel- flom</b>	<b>5-års- flom</b>	<b>10-års- flom</b>	<b>20-års- flom</b>	<b>50-års- flom</b>	<b>100-års- flom</b>	<b>200-års- flom</b>	<b>500-års- flom</b>
Eidselva, m <sup>3</sup> /s	274	343	386	427	477	600	750	920
Norsjø, moh. NN1954	16.27	16.64	16.94	17.22	17.59	18.64	18.95	19.37

Datagrunnlaget for denne flomberegningen er godt, men fordi det er relativt stor usikkerhet knyttet til å anslå hvordan reguleringene i vassdraget innvirker på flommene, klassifiseres beregningen i klasse 2, i en skala fra 1 til 3 hvor 1 tilsvarer beste klasse.

# 1. Beskrivelse av oppgaven

Flomsonekart skal konstrueres for Eidselva og Norsjø ved Ulefoss i Skiensvassdraget, delprosjekt fs 016\_9 Ulefoss 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 Eidselva ved utløpet i Norsjø ved Ulefoss. I tillegg skal samtidige flomvannstander beregnes for Norsjø.



Figur 1. Kart over Eidselva.

# 2. Beskrivelse av vassdraget

Eidselva er elven fra utløpet av Flåvatn til Norsjø ved Ulefoss. Flåvatn er det nederste vannet i det nesten seks mil lange sjøsystemet Vestvatna, som strekker seg inn i Telemark og ligger bare rundt 72 moh.

Innerst i Vestvatna, ved tettstedet Dalen, faller Tokkeåi ut i innsjøen. Dette er et vassdrag som strekker seg fra de vestlige delene av Hardangervidda til utløpet i Bandak. De tre innsjøene som utgjør Vestvatna er Bandak, Kvitseidsvatn og Flåvatn. Ved utløpet av Flåvatn er nedbørfeltet 3249 km<sup>2</sup>. På strekningen ned til Ulefoss ligger det fem kraftverk og seks dammer. Alle kraftverkene er relativt små. Ved dammer, sluser og kanaler er

Eidselva tilrettelagt for båttrafikk og utgjør en del av Telemarkskanalen. Ved Ulefoss er Eidselvas nedbørfelt øket med 391 km<sup>2</sup> til 3640 km<sup>2</sup>. De største sideelvene på strekningen er Østeråa fra nord, 111 km<sup>2</sup>, og Skoeelva fra sør, 146 km<sup>2</sup>. De renner ut i Eidselva hhv. like nedstrøms og like oppstrøms tettstedet Lunde.

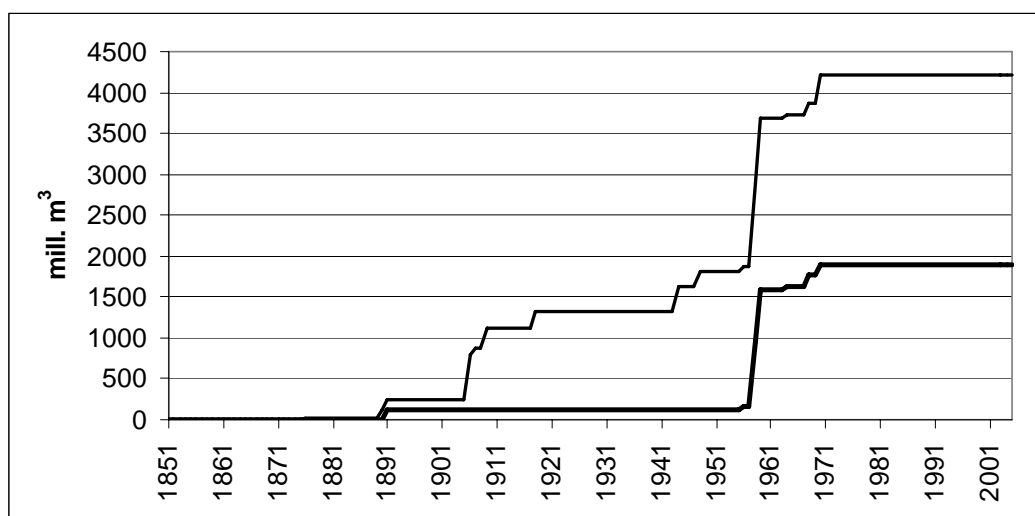
Øverst i Eidselva ligger inntaket til Hogga kraftverk, som er bygget inne i fjellet og der vannet går i tunnel to-tre kilometer med et fall på 13 meter. Kraftverket ble satt i drift i 1987. Ved Hogga, Kjeldal og Lunde ligger dammer og sluser. Utløpet fra Hogga kraftverk er i tettstedet Lunde like nedenfor Lunde dam og sluse. Herfra renner Eidselva, eller Straumen som den også kalles, rolig i mange kilometer og danner Nomevatnet. På en kort strekning kommer deretter Vrangfoss og Eidsfoss med både kraftverk, dammer og sluser. Fallet her er hhv. 23 og 10 meter. Kraftverkene ble satt i drift i 1962 og 1964. Litt lenger ned ligger de to kraftverkene i Ulefoss, ett fra 1948 og ett fra 1963. De utnytter et fall på ca. 10 meter. Også her er det dam og sluse.

I tillegg til Eidselva får Norsjø tilløp ved Saua og Bøelva. Saua er elven fra Heddalsvatn, som ved Notodden får tilløp fra Måna/Tinnevassdraget med kilder på Hardangervidda, og Hjartdøla/Heddøla, som kommer fra fjell- og skogområdene mellom Møsvatn og Tinnsjø. Bøelva har sine kilder i fjell- og skogområdene sørøst for Møsvatn og renner gjennom Seljordvatn ned til Norsjø. Øvrige tilløp til Norsjø er små. Ved utløpet er Norsjøs nedbørfelt 10381 km<sup>2</sup> og innsjøens nivå er ca. 15 moh.

Eidselvavassdraget ble påvirket av regulering første gang i 1891 da Vestvatna (Flåvatn) ble demt opp ved Hogga dam i forbindelse med anlegget av Telemarkskanalen. Deretter var det først i slutten av 1950-årene som Tokkereguleringene kom til å påvirke vannføringen i vassdraget, og særlig redusere flommene.

Norsjø ble regulert allerede i 1861, men det var fra 1890-årene som vassdraget oppstrøms virkelig ble regulert, først ved dam ved Tinnsjø, deretter ved dam foran Møsvatn.

Tabell 1 gir en oversikt over når reguleringen har funnet sted og hvilken størrelse reguleringen har. Det er alltid litt vanskelig å tidsfeste reguleringer, og tabellen kan derfor inneholde mindre feil. Figur 2 viser totalt regulert magasinivolum til ethvert tidspunkt.



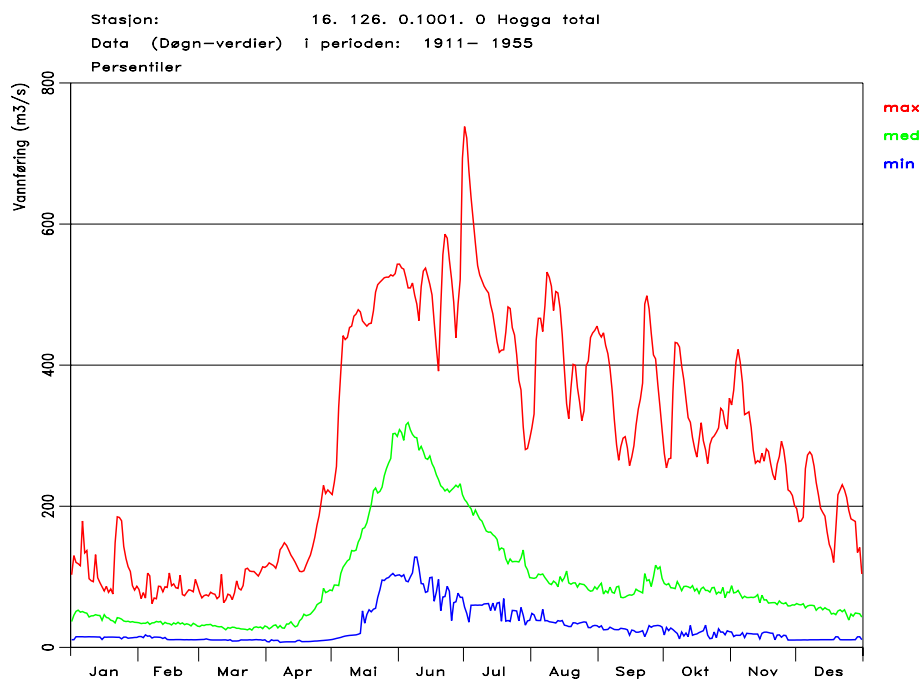
Figur 2. Utviklingen av totalt magasinivolum i Norsjøs (øvre linje) og Eidselvas (nedre linje) nedbørfelt.



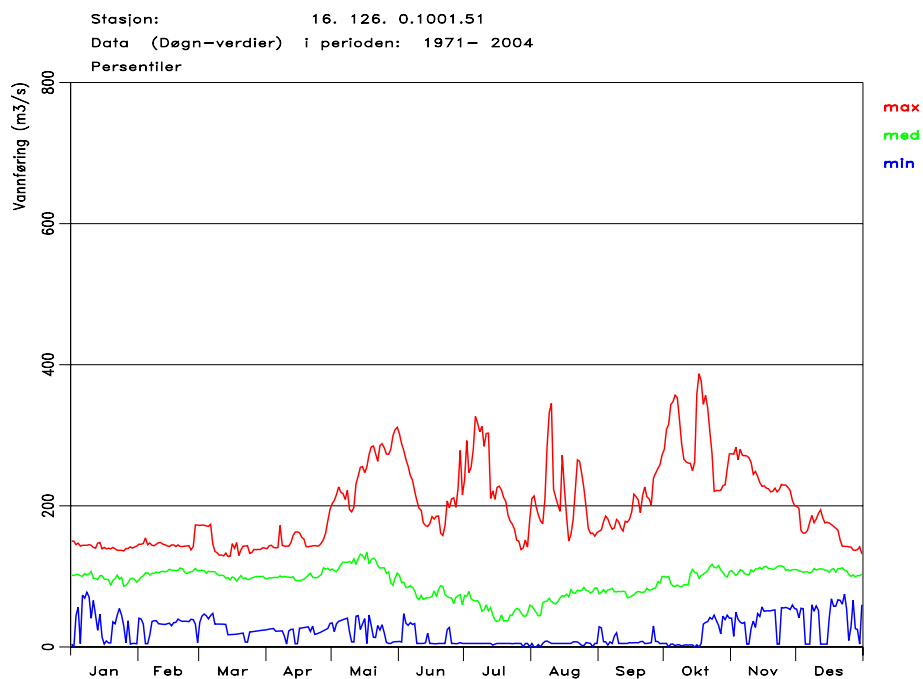
**Tabell 1. Reguleringer i Norsjø nedbørfelt.**

År	Magasin	Magasin- volum	Totalt magasin- volum	Tinne	Hed- døla	Bø- elva	Eids- elva	Norsjø
		10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
1861	Norsjø	7	7					7
1876	Norsjø, utvidelse	7	14					7
1890	Tinnsjø	110	124	110				
1891	Vestvatna	125	249				125	
1906	Møsvatn	536	785	536				
1907	Tinnsjø, utvidelse	94	879	94				
1909	Møsvatn, utvidelse	233	1112	233				
1918	Mårvatn	129	1241	129				
1918	Kalhovdfjord	91	1332	91				
1944	Møsvatn, utvidelse	295	1627	295				
1944	Seljordvatn	9	1636			9		
1948	Mårvatn, utvidelse	17	1653	17				
1948	Kalhovdfj.-Gjøystv., utvid.	166	1819	166				
1948	Grottevatn	3	1822	3				
1956	Vinjevatn	11	1833				11	
1956	Langeidvatn	32	1865				32	
1958	Magasin i Øvre Vinjeelv	529	2394				529	
1958	Heddøla med tilløp	234	2628		234			
1958	Totak	258	2886				258	
1959	Mårvatn, utvidelse	175	3061	175				
1959	Songavatn	625	3686				625	
1964	Våmarvatn	26	3712				26	
1964	Venemo	23	3735				23	
1968	Byrtevatn	76	3811				76	
1968	Botndalsvatn	58	3869				58	
1970	Bitdalsvatn	125	3994				125	
1970	Sundsarm	228	4222			228		
	Sum			1849	234	237	1888	14

Middelvannføringen i Eidselva ved Ulefoss er i følge "Avrenningskart for Norge 1961-1990" 107 m<sup>3</sup>/s hvilket tilsvarer en årlig avrenning på 29.3 l/s•km<sup>2</sup>. Figur 3 og 4 viser karakteristiske vannføringsverdier for hver dag i løpet av året i Eidselva ved Hogga, hhv. i den så å si uregulerte perioden 1911-1955 og i perioden 1971-2004 da alle reguleringer er gjennomført. Den øverste kurven (max) i grafen viser største observerte vannføring og den nederste kurven (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.



Figur 3. Karakteristiske vannføringer i Eidselva ved Hogga 1911-1955, m<sup>3</sup>/s.



Figur 4. Karakteristiske vannføringer i Eidselva ved Hogga 1971-2004, m<sup>3</sup>/s.

Vi ser av figurene 3 og 4 at reguleringene betyr mye for vannføringen. Vannføringen har blitt utjevnet over året og flomtoppene er redusert betydelig. Før reguleringen var flommene i forbindelse med snøsmeltingen de største, mens etter reguleringene er vår og høstflommer i samme størrelsesorden.

### 3. Hydrometriske stasjoner

Flere hydrometriske stasjoner ligger eller har ligget i Eidselva og er viktige ved denne flomberegningen. I tillegg benyttes data fra vannstandsstasjonen i Norsjø. Figur 5 viser stasjonenes beliggenhet, og tabell 2 gir noen sentrale data om stasjonene.

Målestasjonen 16.40 Strengen ligger på den strekning der Flåvatn går over i Eidselva og der observeres vannstanden i Flåvatnmagasinet. Stasjonen ble opprettet i 1879 og er fortsatt i drift. Det finnes i tillegg noen spredte observasjoner fra Strengen allerede i 1867 og 1873. Litt oppstrøms Strengen lå 16.96 Rekanes, som også observerte vannstanden i Flåvatnmagasinet. Observasjonene viser at vannstanden var ca. 20 cm høyere ved Rekanes enn ved Strengen inntil Hogga kraftverk ble satt i drift i 1987. Etter det var vannstanden omtrent lik ved de to stasjonene. Rekanes ble nedlagt i 1998.

Lenger ned i elven, i tilknytning til Hogga dam og sluse, er det flere målestasjoner. Siden 1910 ble vannføringen i Eidselva beregnet basert på den såkalt to-skalametoden. På steder der det ikke er et entydig forhold mellom vannstand og vannføring, som ovenfor regulerbare dammer, beregnes vannføringen ut fra vannstanden ved én stasjon og fallet mellom den stasjonen og en annen vannstandsstasjon i samme elvestrekning. Ved stasjonen 16.203 Strengen-Hogga er data lagret som er beregnet ut fra to-skalametoden, med målestasjonene 16.40 Strengen og 16.22 Hogga som observasjonssteder. Største vannføringsmåling som er foretatt her er på drøyt 400 m<sup>3</sup>/s. Vannføringsdata finnes i perioden 1910-1987. Etter at Hogga kraftverk ble satt i drift kunne to-skalametoden ikke lenger benyttes, og vannføringen i Eidselva beregnes siden den tid som summen av driftsvannføringen ved 16.186 Hogga kraftverk og overløp/tapping m.m. ved 16.187 Hogga dam. Dataene registreres ved 16.126 Hogga total. Dataene fra 16.203 og 16.126 er koblet sammen til en meget lang vannføringsserie for Eidselva ved Hogga. Ved 16.43 Hogga ndf. ble vannstander observert i perioden 1891-1942.

Ved Kjeldal og Lunde dam og sluse, et stykke lenger nedstrøms, ble vannstand observert oppstrøms og nedstrøms dammene, ved hhv. målestasjonene 16.45 Kjeldal og 16.204 Kjeldal ndf. i perioden 1891-1942, og ved målestasjonene 16.46 Lunde og 16.205 Lunde ndf. i perioden 1903-1942. I Nomevatn, ved målestasjonen 16.8, var det vannstandsobservasjoner bare i en kort periode fra 1879 til 1885. De eldste vannstandsobservasjonene var ved Steinfoss i 1858. Steinfoss var et stryk i utløpet av Nomevatn som forsvant ved oppdemningen av Vrangfoss i 1890-årene.

I den nedre delen av Eidselva har det vært målestasjoner for vannstand både ovenfor og nedenfor Vrangfoss, ovenfor og nedenfor Eidsfoss, og to steder ved Ulefoss. Ved Ulefoss begynte man observasjonene allerede i 1879, dvs. samtidig som ved Strengen og i Nomevatn. De øvrige stasjonene ble startet i 1891. Alle disse stasjonene ble nedlagt i 1940-årene, unntatt Vrangfoss ovf. som fortsatte til 1962. Ved 16.47 Vrangfoss ovf. og 16.30 Ulefoss dannet vannstandsobservasjonene også grunnlag for å beregne

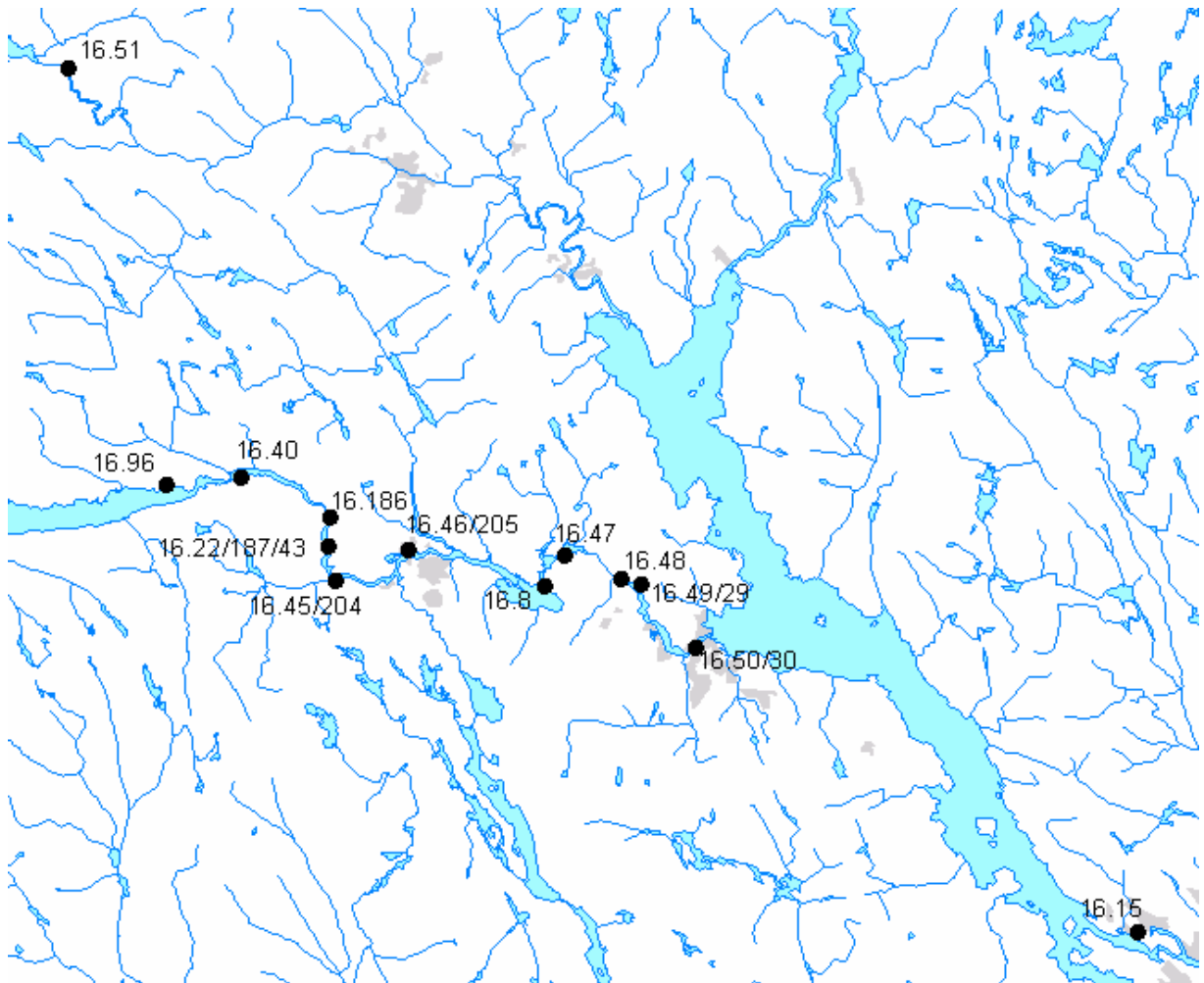
vannføringen. Men det var bare i flomperioder, når alle luker m.m. sto helt åpne, som man kunne beregne vannføringen. Vannføringskurvene ved 16.47 og 16.30 er godt bestemt ved at vannføringsmålinger er tatt på vannføringer opp til ca. 870 m<sup>3</sup>/s (under flommen i 1892). Vannstanden ved vannføringsmålingene ble lest av samtidig både ved 16.47 og 16.30. Forskjellen i nedbørfelt mellom disse stasjonene er ca. 1 %. Flomdata ved 16.47 Vrangfoss ovf. vurderes å være de beste, bl.a. for at gjeldende vannføringskurve som ligger på NVEs hydrologiske database overensstemmer med den som er presentert i ”Vandstandiagttagelser, bind IV” fra 1910. Gjeldende kurve for 16.30 Ulefoss overesti-merer vannføringen i forhold til vannføringskurven i boken fra 1910.

Vannstanden i Norsjø er observert siden 1852 ved målestasjonen 16.15 Norsjø v/Løveid, tidligere kalt Løveid ovf. Vannstandsobservasjonene er ikke komplette alle år, men man kan regne med at høyeste flomvannstand alle år er registrert. I tillegg til de kontinuerlige observasjonene, finnes også vannstandsdata fra 1843 og 1844.

**Tabell 2. Aktuelle hydrometriske stasjoner. Dataperioder i NVEs hydrologiske database.**

Nr.	Navn	Areal, km <sup>2</sup>	Vannstandsdata	Vannføringsdata
16.96	Rekanes	3247	1963-1998	
16.40	Strengen	3250	1879-dd	
16.186	Hogga kraftverk	3278		1987-dd
16.203	Strengen-Hogga	3278		1910-1987
16.126	Hogga total	3278		1987-dd
16.22	Hogga	3278	1961-1997*	
16.43	Hogga ndf.	3278	1891-1942	
16.187	Hogga dam	3278		1987-dd
16.45	Kjeldal	3303	1891-1942	
16.204	Kjeldal ndf.	3303	1891-1942	
16.46	Lunde	3456	1903-1942	
16.205	Lunde ndf.	3456	1903-1942	
16.8	Nomevatn	3586	1879	
16.47	Vrangfoss ovf.	3603	1891-1962	1891-1962
16.48	Vrangfoss ndf.	3610	1891-1930	
16.49	Eidsfoss	3612	1891-1942	
16.29	Eidsfoss ndf.	3612	1891-1942	
16.50	Ulefoss	3640	1879-1888	
16.30	Ulefoss	3640	1889-1942	1889-1942
16.15	Norsjø v/Løveid	10390	1852-dd	
16.51/33	Hagadrag/Seljordvatn	730	1884-dd	1884-dd

\* Observasjoner finnes siden 1891, men data er ikke lagret på NVEs database.

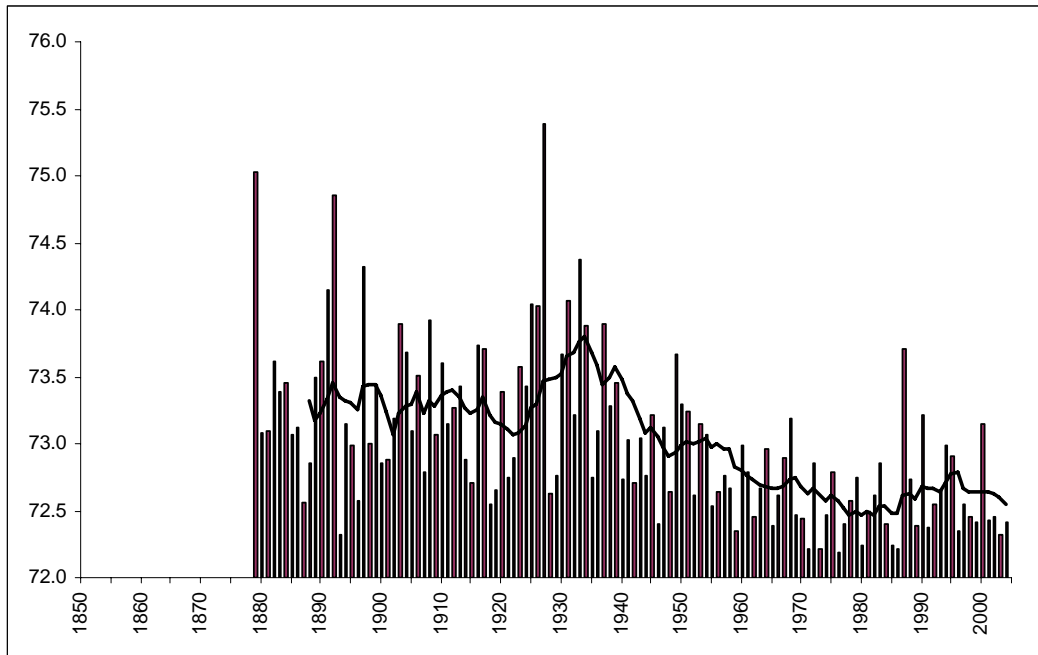


Figur 5. Hydrometriske stasjoner.

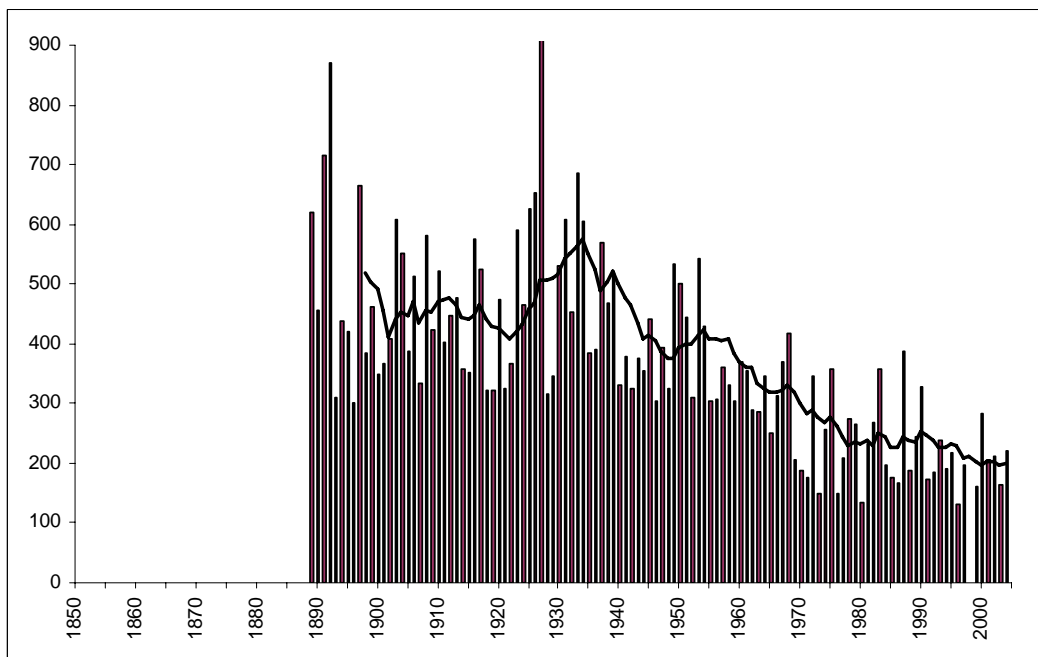
## 4. Flomdata

Fra eldre tider kjenner man til mange store flommer i Eidselva og Norsjø. Noen av de største fant sted høsten 1653, i juli 1789 (Stor-Ofsen), i juni 1860, i månedsskiftet mai-juni 1879 og i oktober 1892. Størst var imidlertid flommen i månedsskiftet juni-juli 1927, forårsaket av regn og sol og stor smelting av de veldige snømassene som lå på Hardangervidda det året.

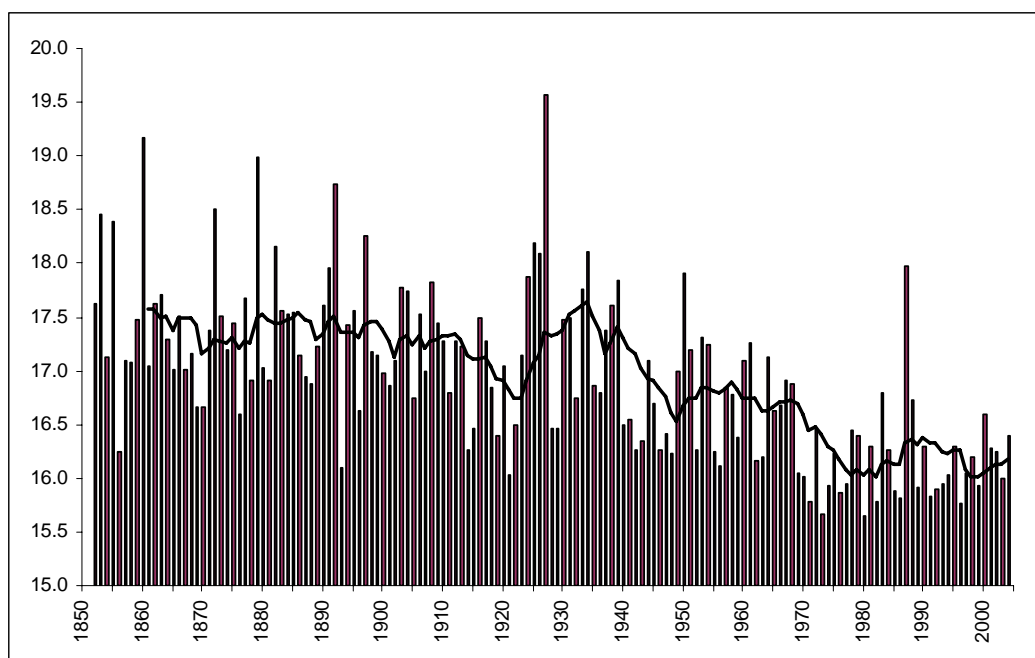
Figur 6 viser høyeste observerte flomvannstand hvert år i Flåvatn ved 16.40 Strengen i Statens kartverks høydesystem NN1954. Figur 7 viser største observerte flomvannføring hvert år i Eidselva ved 16.47 Vrangfoss ovf. I årene 1889-1890 er det data fra 16.30 Ulefoss som brukes og i årene 1963-2004 er det data fra 16.203 Strengen-Hogga og 16.126 Hogga total som benyttes. Figur 8 viser høyeste observerte flomvannstand hvert år ved 16.15 Norsjø v/Løveid, oppgitt i Statens kartverks høydesystem NN1954, hvor data i NVEs database er korrigert med + 0.29 m. I de tre figurene er også et glidende 10-årsmiddel indikert.



Figur 6. Flomvannstander i Flåvatn ved Strengen, moh.



Figur 7. Flomvannføringer i Eidselva, m<sup>3</sup>/s. Data mangler i 1998.



Figur 8. Flomvannstander i Norsjø, moh.

I tabell 3 og 4 er de største flommene i Flåvatn ved Strengen, i Eidselva og i Norsjø vist, dels i perioden før de store reguleringene fant sted og dels etter reguleringene i slutten av 1950-årene.

Tabell 3. Observerte flommer inntil slutten av 1950-årene.

16.40 Strengen 1879-1959		16.47 Vrangfoss ovf. 1891-1959		16.15 Norsjø v/Løveid 1852-1959	
dato	moh.	dato	m <sup>3</sup> /s	dato	moh.
01.07.1927	75.39	01.07.1927	933	30.06.1927	19.57
01.06.1879	75.03	08.10.1892	871	21.06.1860	19.17
08.10.1892	74.85	18.10.1891	714	01.06.1879	18.98
22.06.1933	74.38	22.06.1933	686	09.10.1892	18.73
06.06.1897	74.32	05.06.1897	665	14.06.1872	18.51
17.10.1891	74.16	13.06.1926	653	04.06.1853	18.45

Tabell 4. Observerte flommer etter 1960.

16.40 Strengen 1960-2004		16.126 Hogga total 1960-2004		16.15 Norsjø v/Løveid 1960-2004	
dato	moh.	dato	m <sup>3</sup> /s	dato	moh.
18.10.1987	73.70	07.09.1968	418	18.10.1987	17.98
07.07.1990	73.21	17.10.1987	387	26.10.1961	17.26
07.09.1968	73.20	26.05.1960	378	15.10.1964	17.13
05.11.2000	73.14	08.10.1967	370	20.07.1960	17.09

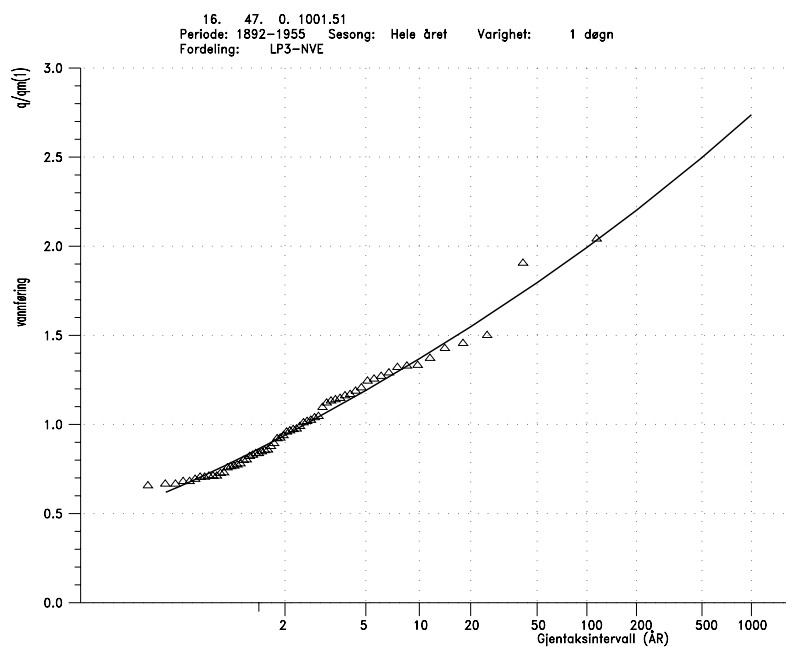
## 5. Flomfrekvensanalyser

Flomdata fra 16.47 Vrangfoss ovf. vurderes som nevnt å være gode. Det er en lang observasjonsserie og vannføringsmålinger er utført på meget store vannføringer. En homogenitetsanalyse (double-mass) mot flomdata fra 16.51 Hagadrag, som ligger nedenfor Seljordvatn i nabovassdraget i nord, viser ikke noen homogenitetsbrudd for flommer i perioden 1892-1961.

Det er utført frekvensanalyser på årsflommer for 16.47 Vrangfoss ovf. og for 16.126/203 Hogga total, som har flomdata frem til i dag. For Hogga total er analysene gjort dels for den så å si uregulerte perioden frem til 1955, dels for den regulerte perioden fra og med 1960. Resultatene er vist i tabell 5, hvor midlere flom,  $Q_M$ , og forholdstallene  $Q_T/Q_M$  presenteres. I figurene 9 - 11 er flomfrekvensanalysene med forholdstallene  $Q_T/Q_M$  vist grafisk.

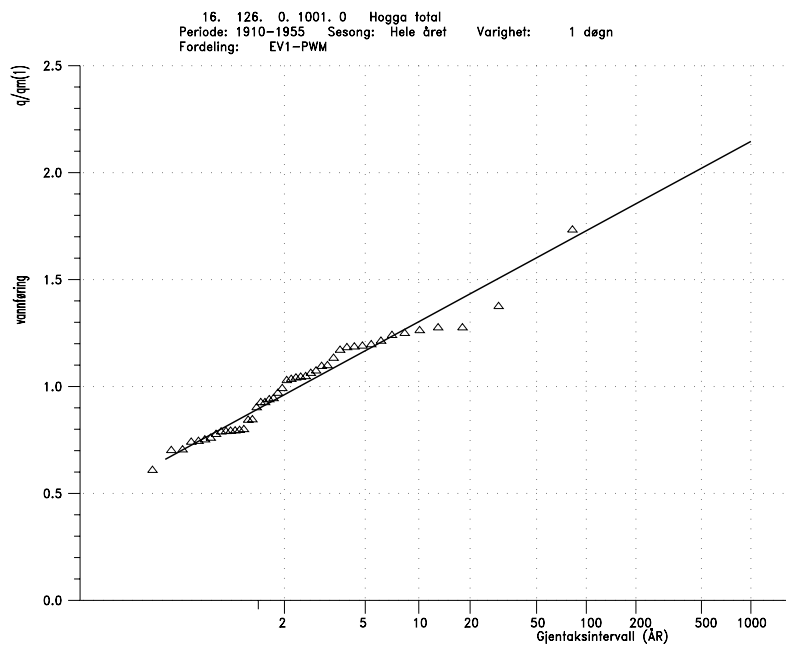
Tabell 5. Flomfrekvensanalyser, døgnmiddel av årsflommer.

Vannføringsstasjon	Areal km <sup>2</sup>	Periode	Antall år	$Q_M$ m <sup>3</sup> /s	$Q_M$ l/s•km <sup>2</sup>	$Q_5/Q_M$	$Q_{10}/Q_M$	$Q_{20}/Q_M$	$Q_{50}/Q_M$	$Q_{100}/Q_M$	$Q_{200}/Q_M$	$Q_{500}/Q_M$	$Q_{1000}/Q_M$
16.47 Vrangfoss ovf.	3603	1892-1955	64	457	127	1.19	1.37	1.55	1.80	1.99	2.20	2.50	2.74
16.126 Hogga total	3278	1910-1955	46	426	130	1.17	1.30	1.43	1.60	1.73	1.85	2.02	2.15
16.126 Hogga total	3278	1960-2004	44	244	74.5	1.25	1.41	1.56	1.74	1.86	1.98	2.13	2.25

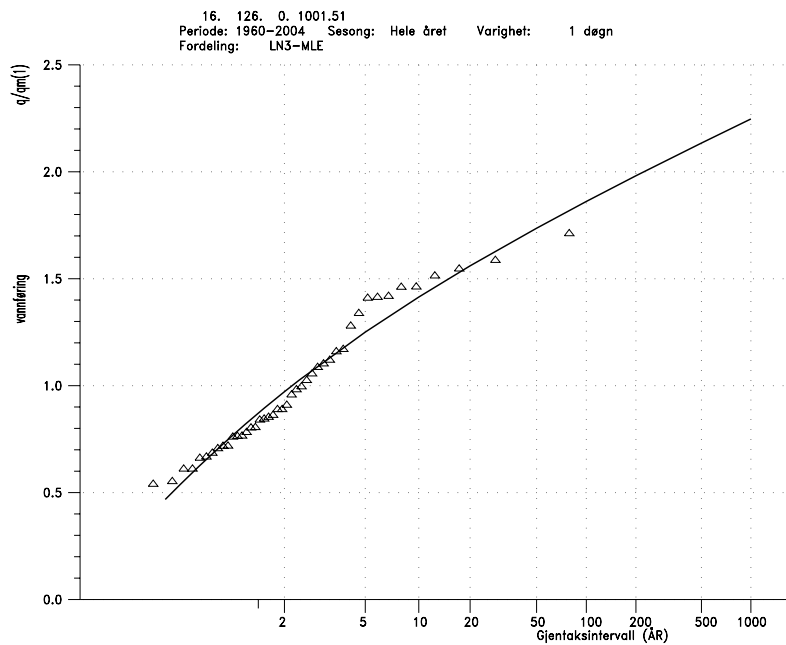


Figur 9. Flomfrekvensanalyse for 16.47 Vrangfoss ovf., 1892-1955, døgnmiddel av årsflommer.





Figur 10. Flomfrekvensanalyse for 16.126 Hogga total, 1910-1955, døgnmiddel av årsflommer.



Figur 11. Flomfrekvensanalyse for 16.126 Hogga total, 1960-2004, døgnmiddel av årsflommer.

## 6. Beregning av flomverdier

Det skal beregnes flomverdier for Eidselva ved Ulefoss, 3640 km<sup>2</sup>, og samtidige vannstander i Norsjø.

### 6.1 Eidselva

Det kan antas at flomverdiene som er funnet for Vrangfoss er representative for Eidselva ved Ulefoss under uregulerte forhold. Nedbørfeltets areal øker med bare ca. 1 % på strekningen fra Vrangfoss til Ulefoss.

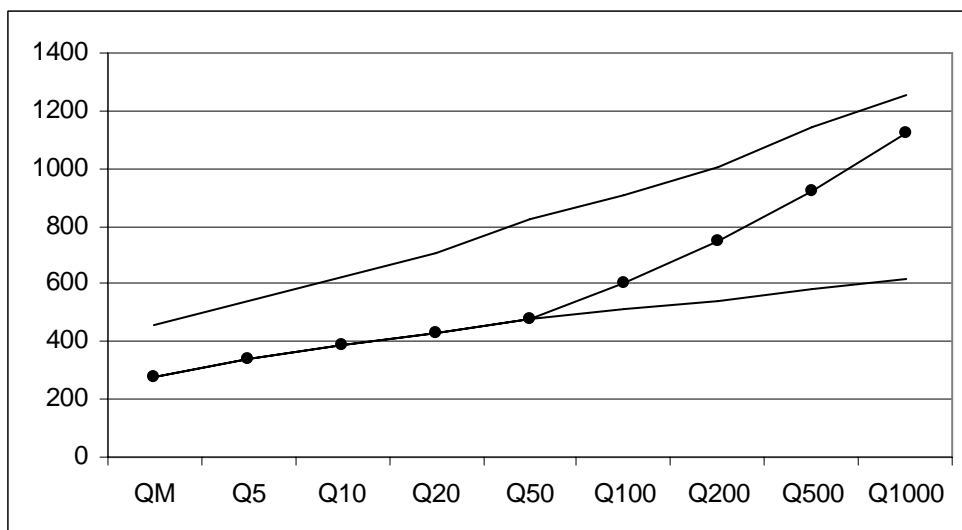
For å bestemme flomverdier for regulerte forhold er data fra Hogga total for perioden etter 1960 de beste. Vannføringen øker imidlertid på strekningen fra Hogga til Ulefoss, nedbørfeltets areal øker med ca. 11 %. Midlere flom under uregulerte forhold øker med ca. 30 m<sup>3</sup>/s på strekningen mellom Hogga og Vrangfoss i følge tabell 5. Midlere flom ved Vrangfoss i den felles observasjonsperioden 1910-1955 er 454 m<sup>3</sup>/s. En sammenligning mellom flomvannføring ved Vrangfoss og vannføring samme dag ved Hogga viser at ved noen tilfeldig utvalgte flommer av størrelse rundt eller litt over midlere flom, er vannføringen ca. 7 % større ved Vrangfoss, også det noe som tilsvarer ca. 30 m<sup>3</sup>/s ved midlere flom.

I tabell 6 er beregnede flomvannføringer for uregulerte og regulerte forhold i Eidselva ved Ulefoss vist. For uregulerte forhold antas verdier funnet ved flomfrekvensanalysen for 16.47 Vrangfoss ovf. å være representative, dvs. verdier utledet fra tabell 5. For regulerte forhold antas verdier utledet fra tabell 5 for 16.126 Hogga total i perioden 1960-2004 å være representative, men midlere flom er korrigert med 30 m<sup>3</sup>/s til 274 m<sup>3</sup>/s.

**Tabell 6. Flomverdier for Eidselva, døgnmiddelvannføringer.**

	$Q_M$ m <sup>3</sup> /s	$Q_5$ m <sup>3</sup> /s	$Q_{10}$ m <sup>3</sup> /s	$Q_{20}$ m <sup>3</sup> /s	$Q_{50}$ m <sup>3</sup> /s	$Q_{100}$ m <sup>3</sup> /s	$Q_{200}$ m <sup>3</sup> /s	$Q_{500}$ m <sup>3</sup> /s	$Q_{1000}$ m <sup>3</sup> /s
Eidselva, uregulert	457	544	626	709	823	910	1006	1143	1253
Eidselva, regulert	274	343	386	427	477	510	543	584	617

Flommene er altså redusert betraktelig, men ved store flommer kan man neppe regne med at flomreduksjonen er så stor som flomfrekvensanalysene etter regulering tilsier. Reguleringseffekten vil sannsynligvis avta med økende flomstørrelse. I en flomberegning i forbindelse med damdimensjonering og damsikkerhetsvurderinger ved Hogga (Holmqvist 1996) ble det konkludert med at flom med gjentaksintervall 1000 år er på grunn av reguleringene redusert med ca. 130 m<sup>3</sup>/s i forhold til naturlig tilstand. Dette legges til grunn for denne flomberegningen for Eidselva ved Ulefoss. Videre antas det at flomverdiene i tabell 6 for Eidselva, regulert er representative opp til gjentaksintervall 50 år. Det er omtrent så lang dataserien er som ligger til grunn for dette estimatet. For større flommer antas en jevn overgang opp mot anslått verdi for  $Q_{1000}$ . Dette er vist i figur 12 og tabell 7.



Figur 12. Flomverdier for Eidselva ved Ulefoss, døgnmiddelvannføringer i m<sup>3</sup>/s. Øverste kurve viser uregulerte forhold, nederste kurve viser regulerte forhold, mens midtre kurve, markert med punkter, antas å representere regulerte forhold også ved store gjentakintervall.

Tabell 7. Flomverdier for Eidselva, døgnmiddelvannføringer i m<sup>3</sup>/s.

	Q <sub>M</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>5</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>10</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>20</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>50</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>100</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>200</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>500</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>1000</sub> m <sup>3</sup> /s
Eidselva, uregulert	457	544	626	709	823	910	1006	1143	1253
Eidselva, regulert	274	343	386	427	477	510	543	584	617
Eidselva, dagens forhold	274	343	386	427	477	600	750	920	1120
Reduksjon av uregulerte flommer	183	201	240	282	346	310	256	223	133

De presenterte flomverdiene så langt representerer døgnmiddelvandier. 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 (Sælthun m.fl., 1997). Ligningen for vårflokker er:

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

mens ligningen for høstflokker er:

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

hvor A er feltareal og A<sub>SE</sub> er effektiv sjøprosent.

For Eidselva ved Ulefoss er feltareal 3640 km<sup>2</sup> og effektiv sjøprosent 1.58 %. Ved slike store felt med stor effektiv sjøprosent kan ikke ligningene benyttes, de gir verdier under 1. De antyder i hvert fall at flomtoppene må være relativt flate med liten forskjell mellom kulminasjon og døgnmiddel.

Det finnes ikke data for kulminasjonsvannføringer under flommer fra Eidselva, men i flomberegningen for Hogga (Holmqvist, 1996) ble dimensjonerende tilløpsflom,  $Q_{1000}$ , rutet gjennom Vestvannene for å bestemme dimensjonerende avløpsflom. Rutingen viste at avløpsflommens kulminasjon bare var ca. 0.3 % større enn avløpsflommens døgnmiddel. Ut fra dette kan man anta at de beregnede døgnmiddelverdiene i tabell 7 også kan representere kulminasjonsvannføringer.

## 6.2 Vannstand i Norsjø ved flom i Eidselva

I flomberegningsrapporten for Skienselva (Pettersson, 2001) ble flomverdier for Norsjø beregnet. Frekvensanalyse for flomvannstander ved 16.15 Norsjø ved Løveid ble gjort for forskjellige perioder. Resultatet av flomfrekvensanalyse for perioden 1960-1999 ble antatt å være representative for flommer opp til og med gjentaksintervall 50 år, mens resultatet av flomfrekvensanalyse for perioden 1937-1959 ble antatt å være representative for flommer med gjentaksintervall fra 100 til og med 500 år. Resultatet er vist i tabell 8.

**Tabell 8. Flomverdier for Norsjø, vannstander i SK-høyder (NN1954).**

$H_M$ moh.	$H_5$ moh.	$H_{10}$ moh.	$H_{20}$ moh.	$H_{50}$ moh.	$H_{100}$ moh.	$H_{200}$ moh.	$H_{500}$ moh.
16.27	16.64	16.94	17.22	17.59	18.64	18.95	19.37

Den største observerte flommen i vassdraget, i månedsskiftet juni-juli 1927, får ut fra disse anslag på ekstreme flommer et gjentaksintervall på drøyt 500 år. I Norsjø kulminerte flommen på 19.57 moh., mens  $H_{500}$  er 19.37 moh. I Eidselva kulminerte den på 933 m<sup>3</sup>/s, mens  $Q_{500}$  er 920 m<sup>3</sup>/s.

Store flommer i Eidselva og i Norsjø faller ofte sammen i tid, men det er ikke alltid at vannstanden i Norsjø kulminerer samme dag som vannføringen i Eidselva. Det finnes eksempler på at vannstanden er på sitt høyeste både dagen før, samme dag og dagen etter at flommen i Eidselva kulminerer. Det er heller ikke gitt at de samtidige flommene har samme gjentaksintervall. Kanskje det er rimelig å anta at de aller største flommene har det, men neppe alltid de mindre flommene. Ved denne flomberegningen antas det allikevel at flommer med samme gjentaksintervall kulminerer samtidig i Eidselva og Norsjø.

## 6.3 Sammendrag

I tabell 9 er resultatene av flomberegningen for Eidselva og Norsjø sammenfattet.

**Tabell 9. Flomverdier for Ulefoss.**

	Middel- flom	5-års- flom	10-års- flom	20-års- flom	50-års- flom	100-års- flom	200-års- flom	500-års- flom
Eidselva, m <sup>3</sup> /s	274	343	386	427	477	600	750	920
Norsjø, moh. NN1954	16.27	16.64	16.94	17.22	17.59	18.64	18.95	19.37

## 7. Usikkerhet

Grunnlaget for flomberegning i Eidselva/Norsjø er godt, og omfatter flere meget lange dataserier.

Selv der det finnes data er det imidlertid en del usikkerhet knyttet til frekvensanalyser av flomvannføringer. De eldre observasjonene 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 flomvannføringer er altså beregnet ut fra et ekstrapolert samband mellom vannstander og vannføringer, dvs. også ”observerte” flomvannføringer kan derfor inneholde en grad av usikkerhet. I Eidselva har det i tillegg vært spesielt komplisert å få gode vannføringsobservasjoner da man har vært nødt å basere observasjonene på to-skalametoden, mens man i senere år har beregnet vannføringsdata ut fra produksjon og tapping ved kraftverk, noe som inneholder en relativt stor usikkerhetsfaktor.

En annen 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.

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 beregningen er at datagrunnlaget er godt, men fordi det er relativt stor usikkerhet knyttet til å anslå hvordan reguleringene innvirker på flommene, klassifiseres beregningen 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.

Flom, K., Hedlund, G., 1991: Fossekraft og elektrisk energi. Nome Elverk gjennom 75 år. Nome Elverk.

Holmqvist, E., 1996: Flomberegninger for Hogga, Tokke. Statkraft engineering, rapport SE - 96 / 66.

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

NVE, 2002: Avrenningskart for Norge 1961-1990.

Pettersson, L.-E., 2001: Flomberegning for Skienselva. Flomsonekartprosjektet. NVE-dokument nr. 16-2001.

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

Vasdragsdirektøren, 1910: Vandstandiagttagelser, bind IV. Hydrologiske meddelelser for kongeriget Norge.



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

## **Utgitt i Dokumentserien i 2006**

- Nr. 1 Inger Sætrang: Statistikk over nettleie i regional- og distribusjonsnettet 2006 (53 s.)
- Nr. 2 Erik Holmqvist : Flomberegning for Audna ved Konsmo, 023.B (24 s.)
- Nr. 3 Den økonomiske reguleringen av nettvirkosmheten. Forslag til endring vedrørende KILE, referanserente, justering for investeringer, mv. Høringsdokument 5. mai 2006 (36 s.)
- Nr. 4 Inger Sætrang: Oversikt over vedtak og utvalgte saker. Tariffer og vilkår for overføring av kraft i 2005 (139 s.)
- Nr. 5 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning for Ulefoss. Flomsonekartprosjektet (21 s.)