



Flomsonekartprosjektet

Flomberegning for Etna/Dokka

Lars-Evan Pettersson

15
2007



D
O
K
U
M
E
N
T

Flomberegning for Etna/Dokka (012.EZ)

Dokument nr 15 - 2007

Flomberegning for Etna/Dokka (012.EZ)

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Forfatter: Lars-Evan Pettersson

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 30

Forsidefoto: Flom i nedre del av Etna i 1995 (Foto: Oppland arbeiderblad)

ISSN: 1501-2840

Sammendrag: I forbindelse med Flomsonekartprosjektet i NVE er det som grunnlag for vannlinjeberegning og flomsonekartlegging utført flomberegning for et delprosjekt i Drammensvassdraget ovenfor Randsfjorden. Flomvannføringer med forskjellige gjentaksintervall er beregnet for Etna og Dokka oppstrøms samløpet og for elven nedstrøms samløpet. I tillegg er det anslått tilhørende vannstander i Randsfjorden.

Emneord: Flomberegning, flomvannføring, Etna, Dokka, Randsfjorden

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

November 2007

Innhold


Forord.....	4
Sammendrag.....	5
1. Beskrivelse av oppgaven	6
2. Beskrivelse av vassdraget	7
3. Hydrometriske stasjoner	9
4. Flomdata	12
5. Flomfrekvensanalyser	13
6. Beregning av flomverdier.....	15
6.1 Flomvannføringer i Etna/Dokka.....	15
6.2 Vannstander i Randsfjorden.....	19
6.3 Sammendrag	21
7. Usikkerhet.....	21
Referanser.....	22

Forord

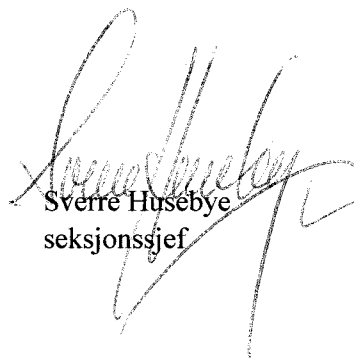
Flomsonekart er et viktig hjelpemiddel for arealdisponering langs vassdrag og for beredskapsplanlegging. NVE arbeider med å lage flomsonekart for flomutsatte elvestrekninger i Norge. Som et ledd i utarbeidelse av slike kart må flomvannføringer beregnes. Grunnlaget for flomberegninger er NVEs omfattende 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 elvestrekninger i Etna og Dokka ovenfor Randsfjorden i Drammensvassdraget. Rapporten er utarbeidet av Lars-Evan Pettersson og kvalitetskontrollert av Erik Holmqvist.

Oslo, november 2007



Morten Johnsrud
avdelingsdirektør



Sverre Husebye
seksjonssjef

Sammendrag

Flomberegningen for Etna/Dokka gjelder delprosjektet fs 012_10 Dokka i NVEs Flomsonekartprosjekt. Kulminasjonsvannføringer ved forskjellige gjentaksintervall er beregnet for Dokka oppstrøms samløpet med Etna, for Etna oppstrøms samløpet med Dokka og for Etna/Dokka ved utløpet i Randsfjorden. I tillegg er det anslått samtidige vannstander i Randsfjorden. Beregningen er basert på data fra flere målestasjoner i og nært vassdraget. Resultatet av flomberegningen ble:

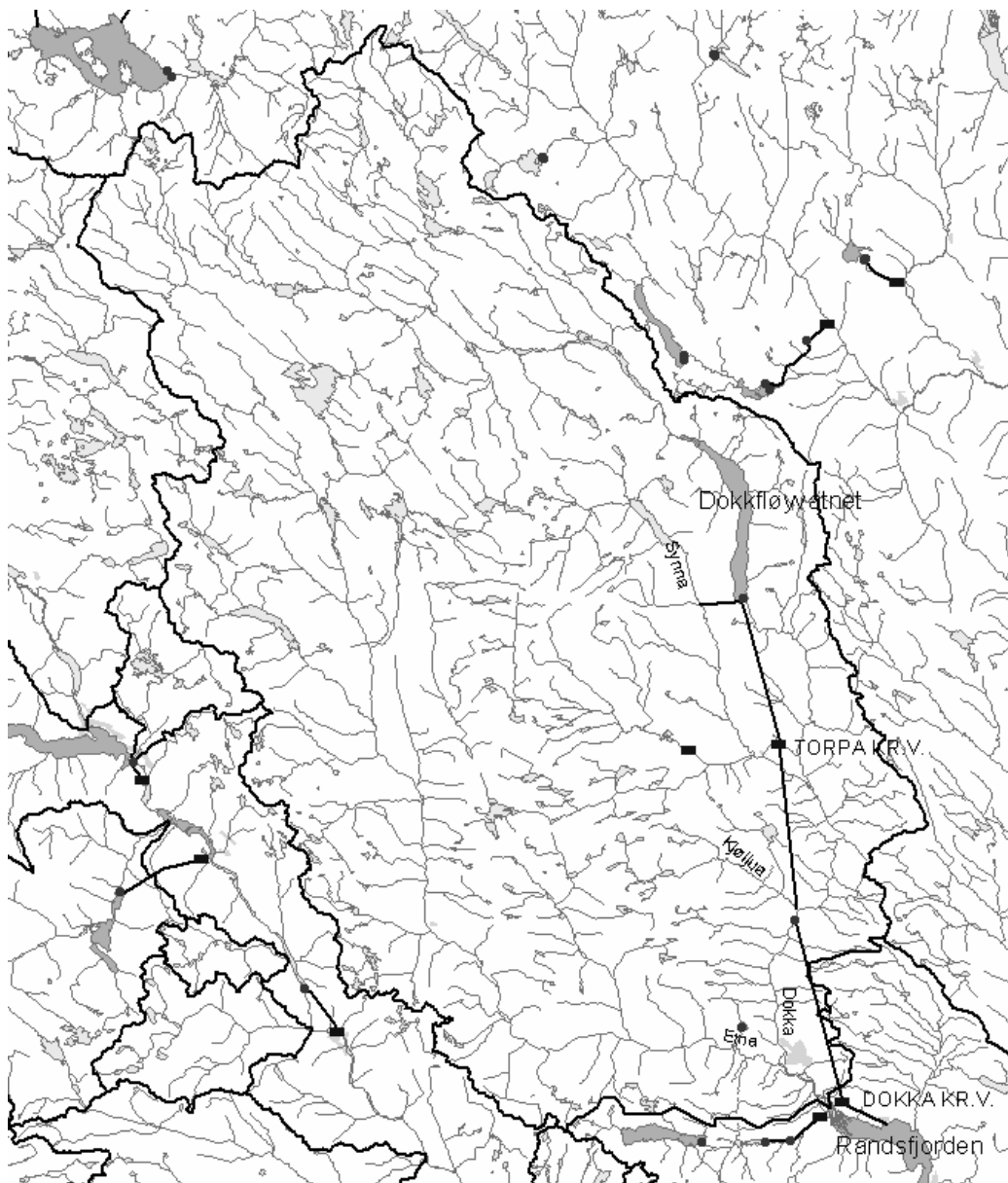
	Q_M m ³ /s	Q_5 m ³ /s	Q_{10} m ³ /s	Q_{20} m ³ /s	Q_{50} m ³ /s	Q_{100} m ³ /s	Q_{200} m ³ /s	Q_{500} m ³ /s
Dokka ved samløp med Etna, m ³ /s	130	185	245	300	375	425	480	550
Etna ved samløp med Dokka, m ³ /s	195	245	290	330	385	425	465	515
Etna/Dokka ved Randsfjorden, m ³ /s	330	440	545	645	770	865	955	1085
Randsfjorden, moh.	134.80	134.80	134.80	134.80	134.80	134.80	134.80	134.80

Vannføringene er utjevnet til nærmeste 5 m³/s. Det forutsettes at Dokka kraftverk er ute av drift ved flommene, og at altså alt vann går i Dokka.

Datagrunnlaget for denne flomberegningen er godt, men det er en ekstra usikkerhet knyttet til reguleringens effekt på flommer i deler av vassdraget, og beregningen klassifiseres derfor i klasse 2, i en skala fra 1 til 3 hvor 1 tilsvarer beste klasse.

1. Beskrivelse av oppgaven

Flomsoneskart skal konstrueres for strekninger i nedre deler av Etna og Dokka ovenfor Randsfjorden i Oppland, delprosjekt fs 012_10 Dokka i NVEs Flomsoneskartprosjekt. Som grunnlag for flomsoneskartkonstruksjonen skal midlere flom og flommer med gjentaksintervall 5, 10, 20, 50, 100, 200 og 500 år beregnes for Dokka ved samløp med Etna, for Etna ved samløp med Dokka og for Etna/Dokka ved utløpet i Randsfjorden. I tillegg skal det beregnes vannstander i Randsfjorden ved flomkulminasjon i Etna/Dokka.



Figur 1. Kart over Etna/Dokkavassdraget.

2. Beskrivelse av vassdraget

Etna og Dokka drenerer fjellområdet mellom Valdres og Vestre Gausdal. Høyeste topp i området er Skaget, 1686 moh. øverst i Etna, mens laveste punkt, Randsfjorden, er ca. 135 moh.

Etna er den vestre grenen, som i de øvre, relativt flate områdene inneholder mange innsjøer, før den etter hvert renner ned i den nedskårete Etnedalen. Elven renner først mot sør, deretter mot øst, til slutt mot sørøst før den faller ut i Randsfjordens nordre ende.

Dokka er den østre grenen, og inneholder som Etna mange innsjøer i den øvre delen av feltet. Nedenfor reguleringsmagasinet Dokkfløyvatnet renner Dokka sørover i en dal til tettstedet Dokka, der den faller ut i Etna bare fem kilometer oppstrøms Randsfjorden.

Reguleringen av Dokka, som fant sted i 1988-1989, omfatter to kraftverk, ett reguleringsmagasin og en overføring av vann. Elven Synna, har et vanninntak på ca. 760 moh., og derfra overføres vann til det store Dokkfløymagasinet noen kilometer øst for Synna. Dette magasinet ble dannet ved oppdemming av Døkkfløyvatnet og har en reguleringshøyde mellom HRV og LRV på 65 meter og et sjøareal ved HRV på ca. 9 km². Her er inntaket til Torpa kraftverk, som ligger inne i fjellet ca. 10 km sør for Dokkfløyvatnet. Vannet fra kraftverket slippes ut i Dokka like ved der sideelven Kjøljuva kommer inn fra vest. Her er det lille inntaksmagasinet for Dokka kraftverk, som ligger nede ved Randsfjorden, nesten 12 km unna.

I tabell 1 vises noen data fra vassdraget, hentet fra "Avrenningskart for Norge". Det viser at avrenningen er betraktelig mindre øverst i Etna enn lenger øst, i Dokkas nedbørfelt.

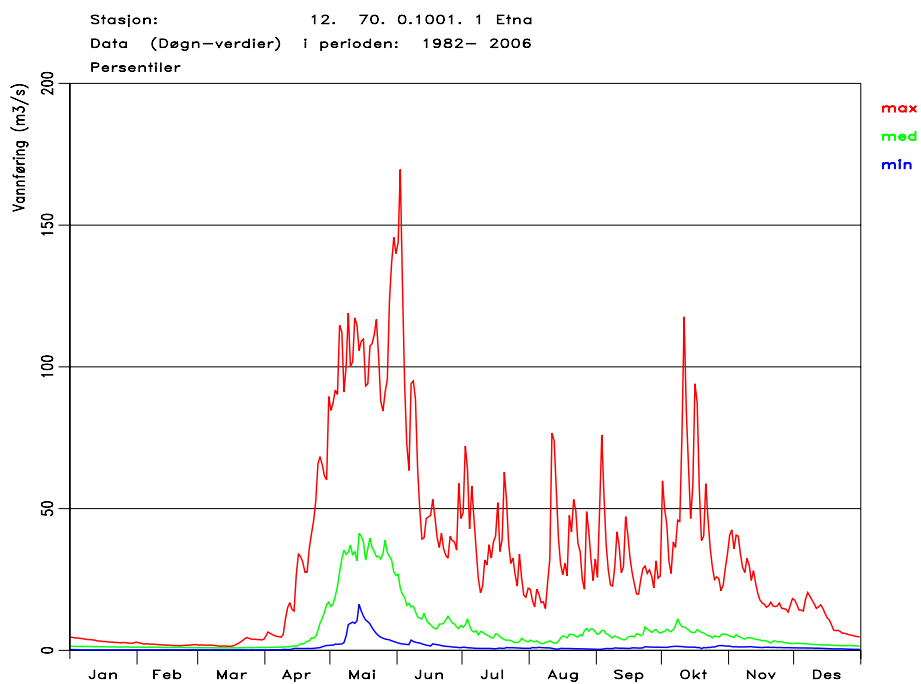
Tabell 1. Feltarealer og hydrologiske data for felt i Etna/Dokka.

Felt	Totalt areal km ²	Årsavløp mill. m ³	Årsavløp m ³ /s	Årsavrenning l/s·km ²	Årsavrenning mm
Dokkfløyvatnet	496	340.98	10.8	21.8	688
Synna inntak	104	81.96	2.60	25.0	788
Dam Kjøljuva	1065	715.77	22.7	21.3	672
Dokka v/samløp med Etna	1127	748.20	23.7	21.0	664
Etna v/samløp med Dokka	929	397.49	12.6	13.6	428
Etna/Dokka v/utløp i Randsfjorden	2085	1158.04	36.7	17.6	555

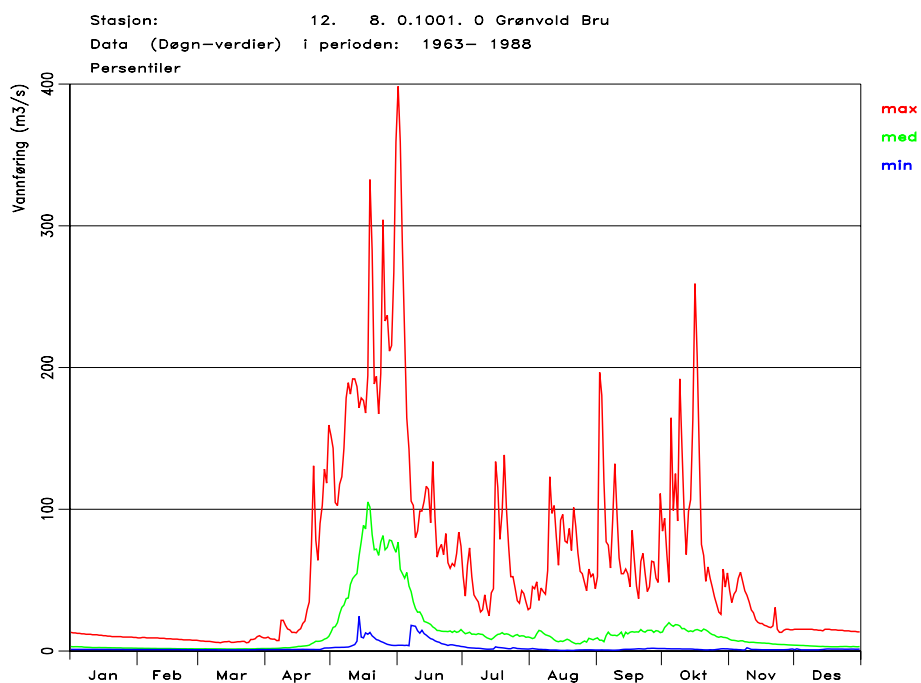
Arealet for Etna/Dokkas utløp i Randsfjorden er beregnet uten å ta med arealene for Uksebekken og Åvella, som renner fra vest ut i deltaet i Randsfjordens nordende.

Figur 2, 3 og 4 viser karakteristiske vannføringsverdier for hver dag i løpet av året hhv. i Etna, i Dokka og i Etna/Dokka nedenfor samløpet. Den øverste kurven (max) i hver graf 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.

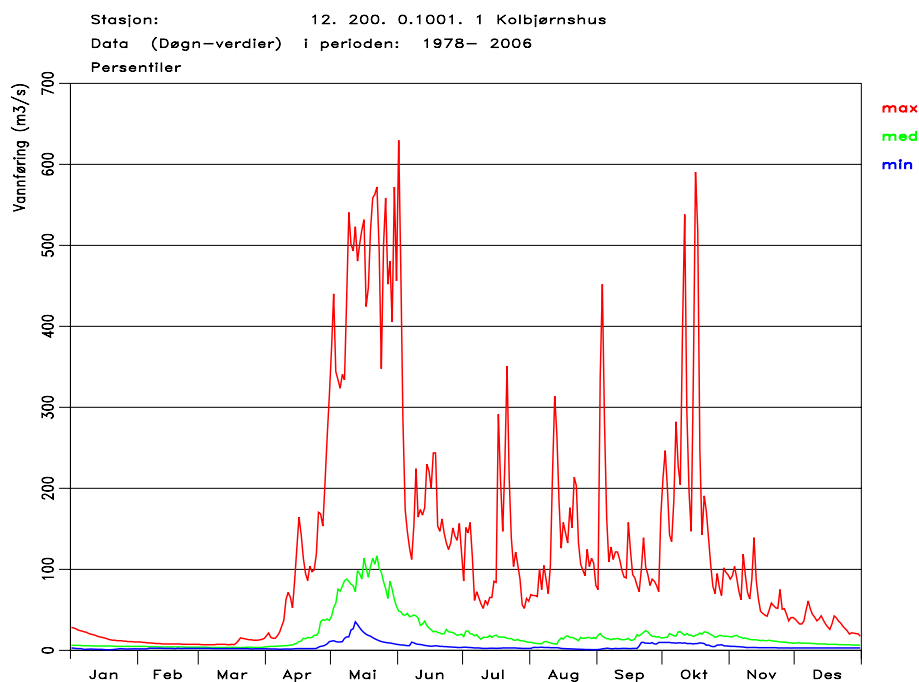
Vi ser av figurene at avrenningsforholdene er like i alle delene av vassdraget, og at den største avrenningen og de største flommene er i forbindelse med snøsmeltingen i mai-juni. Store flommer kan imidlertid også opptre i forbindelse med regn om høsten, derimot neppe vinterstid.



Figur 2. Karakteristiske vannføringer i Etna 1982-2006, m³/s.



Figur 3. Karakteristiske vannføringer i Dokka ved Grønvold bru 1963-1988, m³/s.



Figur 4. Karakteristiske vannføringer i Etna/Dokka ved Kolbjørnshus,1978-2006, m³/s.

3. Hydrometriske stasjoner

Det er seks hydrometriske stasjoner i Etna/Dokkavassdraget som kan være viktige ved denne flomberegningen: 12.70 Etna, 12.203 Nordsinni, 12.198 Synna, 12.8 Grønvold bru, 12.200 Kolbjørnshus og 12.79 Dokka kraftverk. I tillegg er det to vannføringsstasjoner i nabovassdrag som kan være av interesse: 2.28 Aulestad i Gausa i Gudbrandsdalen og 12.207 Vinde-elv i Valdres. Figur 5 viser stasjonenes beliggenhet, og tabell 2 gir noen sentrale data om stasjonene.

Tabell 2. Vannføringsstasjoner i og nært Etna/Dokkavassdraget. Dataperioder i NVEs hydrologiske database.

Nr.	Navn	Areal, km ²	Reguleringsdato	Vannføringsdata
12.70	Etna	570		1919-2006
12.203	Nordsinni	908		1978-1980
12.198	Synna	104		1978-1987
12.8/109	Grønvold bru	932	01.11.1988	1963-2006
12.200	Kolbjørnshus	2063	01.11.1988	1978-2007
12.79	Dokka kraftverk			1993-2006
12.207/92	Vinde-elv	270		1919-2006
2.28/27	Aulestad	866	01.01.1939	1929-2006

Målestasjonen **12.70 Etna** ble etablert 6-7 km oppstrøms stedet Bruflat i Etnedal i 1919 og er fortsatt i drift. Nedbørfeltet er uregulert. Det har vært noen profilforandringer ved målestasjonen og homogenitetstest av data gir mistanke om homogenitetsbrudd. Data etter 1981 antas i hvert fall å ha god kvalitet. Gjeldende vannføringskurve har to perioder og er som følger:

1. periode 10.05.1919-31.12.1962

$$Q = 3.5938 \cdot (H + 0.65)^{3.1405} \quad -0.65 < H < 2.14$$

$$Q = 9.2488 \cdot (H + 0.71)^{2.1758} \quad 2.14 < H <$$

2. periode 01.01.1963-

$$Q = 4.5260 \cdot (H - 0.45)^{2.9092} \quad 0.45 < H < 2.43$$

$$Q = 17.7779 \cdot (H - 1.05)^{1.9211} \quad 2.43 < H <$$

Det er imidlertid mistanke om at dette ikke er korrekt vannføringskurve for en periode fra 1963 til 1981. Fra og med januar 1963 begynte man å observere vannstandene i et annet nivå. Man senket vannstandsskalaen, slik at samme vannføringskurve som tidligere fortsatt var gyldig, men med et én meter lavere nivå for null vannføring. Det var først i en periode i 1980-1981 som det ble en faktisk profilforandring i elven og derved helt ny vannføringskurve. Dette varte i drøyt ett år i forbindelse med veianlegg langs elvebredden. Etter den perioden stabiliserte forholdene seg ved målestasjonen og er som nå. Den nye, alternative vannføringskurven er som følger:

1. periode 10.05.1919-31.12.1962

$$Q = 3.5938 \cdot (H + 0.65)^{3.1405} \quad -0.65 < H < 2.14$$

$$Q = 9.2488 \cdot (H + 0.71)^{2.1758} \quad 2.14 < H <$$

2. periode 01.01.1963-30.06.1980

$$Q = 3.5938 \cdot (H - 0.35)^{3.1405} \quad 0.35 < H < 3.14$$

$$Q = 9.2488 \cdot (H - 0.29)^{2.1758} \quad 3.14 < H <$$

3. periode 01.07.1980-01.10.1981

$$Q = 4.1434 \cdot (H - 0.45)^{3.0592} \quad 0.45 < H$$

4. periode 02.10.1981-

$$Q = 4.5260 \cdot (H - 0.45)^{2.9092} \quad 0.45 < H < 2.43$$

$$Q = 17.7779 \cdot (H - 1.05)^{1.9211} \quad 2.43 < H <$$

12.203 Nordsinni lå i Etna litt oppstrøms samløpet med Døkka og har data bare i tre år.

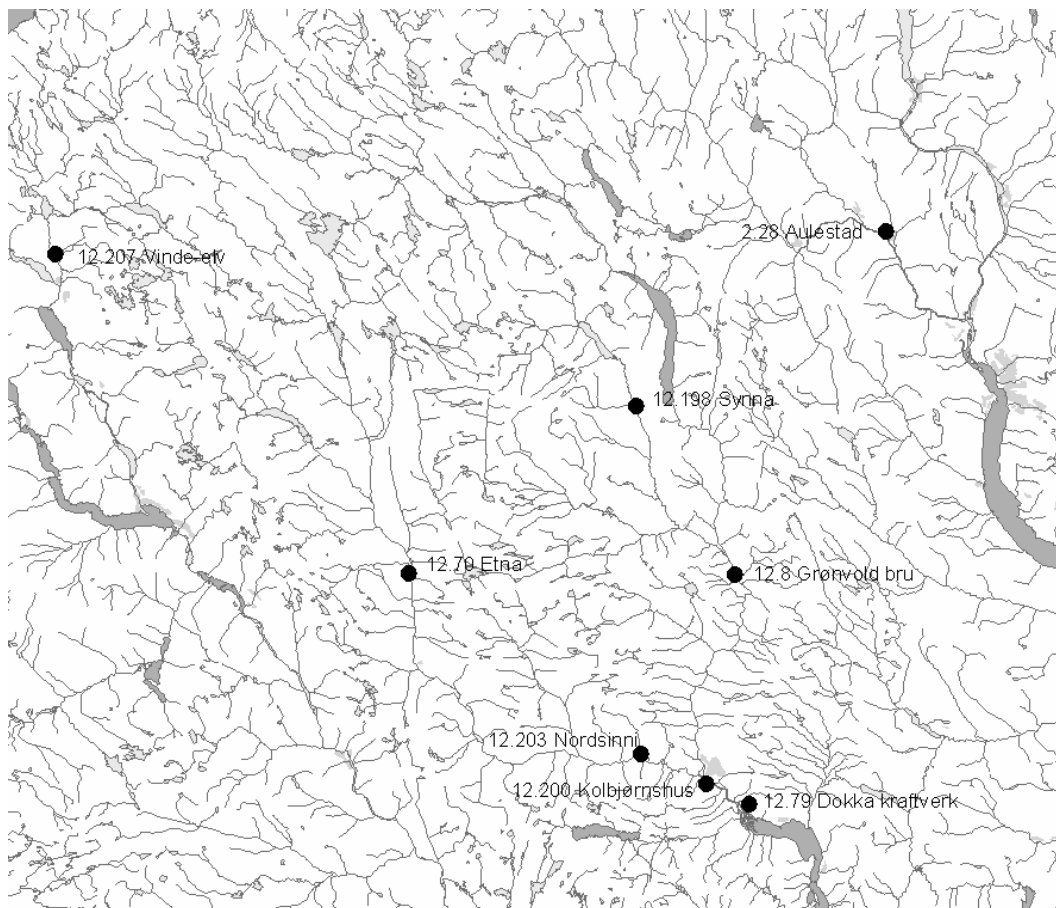
12.198 Synna lå i elven omtrent der senere overføringen av vann fra Synna til Dokkfløyvatnet ble etablert. Målestasjonen har data i ca. 10 år.

Målestasjonen **12.109 Grønvold bru** ble etablert i Døkka ca. 15 km oppstrøms tettstedet Døkka i 1963. Allerede i perioden 1927-1934 hadde det vært vannstandsobservasjoner

her, men det er siden 1963 som det finnes vannføringsdata fra stedet. Denne stasjonen ble nedlagt i 1975, men i 1978 ble den gjenopprettet på nesten samme sted og fikk stasjonsnummeret **12.8**. Stasjonen ble påvirket av reguleringen ved at vann ble holdt tilbake i Dokkfløyvatnet fra høsten 1988. I 1989 ble Torpa kraftverk satt i drift og vannet fra Dokkfløyvatnet ble ført forbi målestasjonen Grønvoid bru. I senere år har man ikke oppdatert alle data på databasen fordi målestasjonen nå bare har oppgaven å overvåke pålegg om minstevannføring i elven. Forholdene ved målestasjonen er slik at observerte data regnes å være usikre.

Målestasjonen **12.200 Kolbjørnshus** ble etablert i elven like nedstrøms samløpet Etna/Dokka i 1978. I NVEs arkiv står at stasjonen er påvirket av regulering allerede siden observasjonsstart, men det er først høsten 1988 som Dokkautbyggingen påvirker vannføringen betydelig.

Selv om **Dokka kraftverk** kom i drift i 1989, finnes det data for driftsvannføringen bare siden 1993, ved målestasjonen **12.79**. Maksimal driftsvannføring er ca. 44 m³/s.



Figur 5. Hydrometriske stasjoner.

Målestasjonen **12.92 Vindevatn** ble etablert i 1919 i den uregulerte elven Vinda, en sideelv til vassdraget i Øystre Slidre i Valdres. Etter at stasjonen ble nedlagt i 1978 gikk det noen år før en ny stasjon ble etablert litt lengre ned i elven. Ved **12.207 Vinde-elv** er det utført observasjoner siden 1982 for et felt som er bare drøyt 2 % større en feltet ved Vindevatn. Vindas nedbørfelt grenser til den øvre delen av Etnas nedbørfelt.

Målestasjonen **2.27 Aulestad** ble etablert i Gausa i en sidedal til Gudbrandsdalen i 1929, og er etter hvert påvirket av noen mindre reguleringer siden 1939. Nedbørfeltet grenser til Dokkas nedbørfelt, som ligger umiddelbart vest for Gausa. I 1984 ble målestasjonen flyttet noe og den nye stasjonen fikk stasjonsnummeret **2.28**.

4. Flomdata

I tabell 3 vises de største observerte flommene ved de viktigste vannføringsstasjonene i og nært Etna/Dokkavassdraget. Flommen i begynnelsen av juni 1995 er den største i området. Ved Grønvold bru mangler det observasjoner under den flommen. Ved Kolbjørnshus ble flommen dempet betraktelig ved at vann ble holdt tilbake i Dokkfløyvatnet. I tillegg gikk det drøyt 40 m³/s gjennom Dokka kraftverk og direkte ut i Randsfjorden. Sannsynligvis ville flommen vært på over 900 m³/s ved Kolbjørnshus, hvis ikke vassdraget hadde vært regulert. Andre store flommer var vårflommene 1966 og 1967, og ved noen stasjoner høstflommene i 1938 og 1987. Ved Kolbjørnshus ville sannsynligvis flommen i oktober 2000 vært noe større enn høstflommen i 1987, hvis ikke vassdraget hadde vært regulert.

Flomdata fra 12.70 Etna er mistenkelige ved at foruten 1995-flommen er det flommer før 1940 som dominerer. Muligens kan det ha sammenheng med ekstra slipp av vann for fløting under vårflommen i den tid. Etter 1940 er det vårflommene i 1966 og 1967 som er de nest største.

Tabell 3. Største observerte flommer ved målestasjoner i og nært Etna/Dokkavassdraget.

12.70 Etna 1919-2006		12.8 Grønvold bru 1963-2006		12.200 Kolbjørnshus 1978-2006		12.207 Vinde-elv 1919-2006		2.28 Aulestad 1929-2006	
dato	m ³ /s	dato	m ³ /s	dato	m ³ /s	dato	m ³ /s	dato	m ³ /s
02.06.1995	170	01.06.1967	398	01.06.1995	630	02.06.1995	111	02.06.1995	364
01.09.1938	155	19.05.1966	333	16.10.1987	591	31.05.1967	93.9	19.05.1966	343
26.05.1930	154	25.05.1979	304	31.05.1980	572	01.09.1938	90.2	31.08.1934	339
20.05.1920	151	27.05.1978	286	22.05.1985	572	30.05.1926	89.0	25.05.1979	338
04.06.1927	150	16.10.1987	259	26.05.1979	558	29.05.1925/ 20.05.1966	78.4	06.05.1952	317

5. Flomfrekvensanalyser

Det er utført frekvensanalyser på årsflommer for målestasjonene i og nært Etna/Dokka-vassdraget. Resultatene er vist i tabell 4, hvor midlere flom, Q_M , og forholdstallene Q_T/Q_M presenteres. I figurene 6 - 8 er noen av flomfrekvensanalysene med forholdstallene Q_T/Q_M vist grafisk. I tabell 4 vises også den regionale flomfrekvenskurven for vårflomområde 4 fra "Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag".

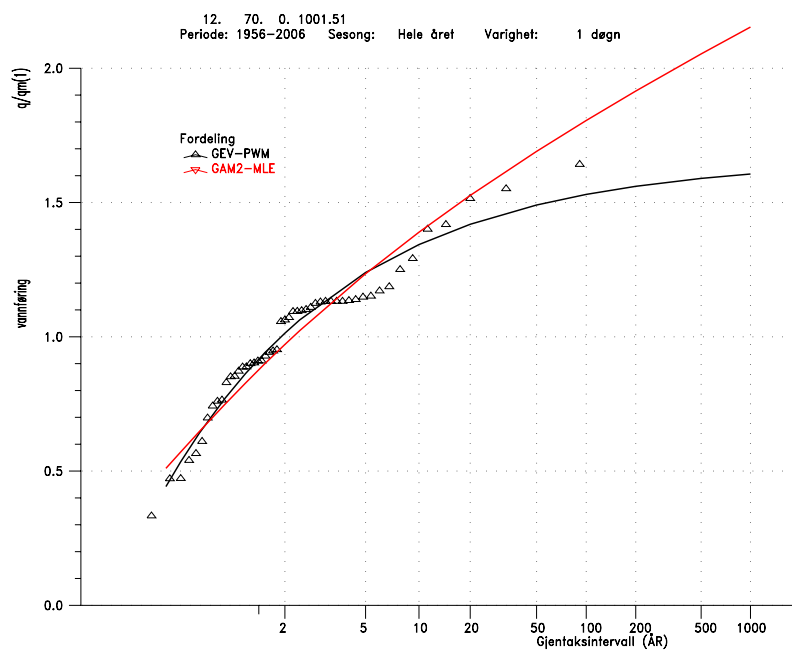
For Etna er det utført flomfrekvensanalyse både for hele perioden og for perioden etter 1981 med gjeldende vannføringskurve. Det er også utført flomfrekvensanalyse med den nye, alternative vannføringskurven, dels for hele perioden og dels for perioden etter 1955, da Astrup i rapporten "Homogenitetstest av hydrologiske data" mistenker homogenitetsbrudd.

For Kolbjørnshus er midlere flom beregnet for hhv. perioden før og etter reguleringen.

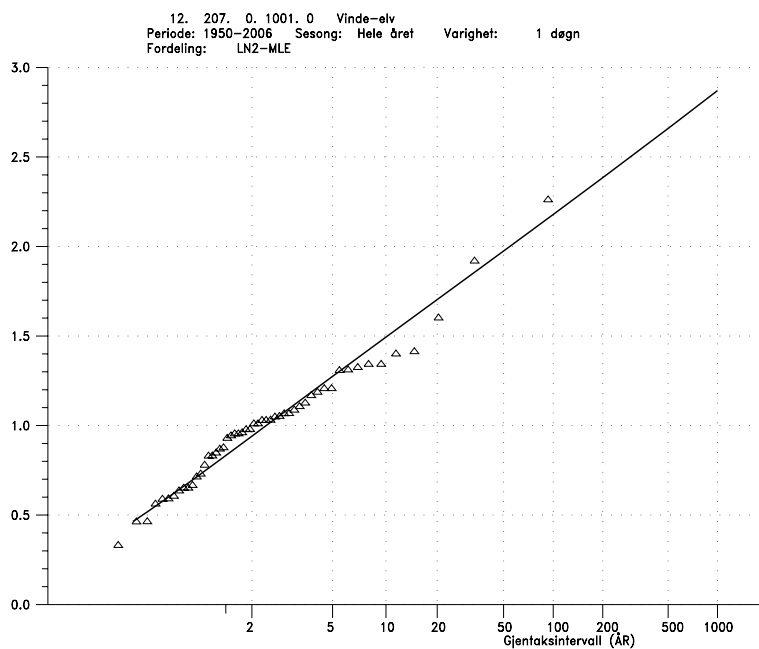
For Vinde-elv er det utført flomfrekvensanalyse både for hele perioden og for perioden etter 1949 da Astrup i sin rapport mistenker homogenitetsbrudd.

Tabell 4. Flomfrekvensanalyser, døgnmiddel av årsflommer.

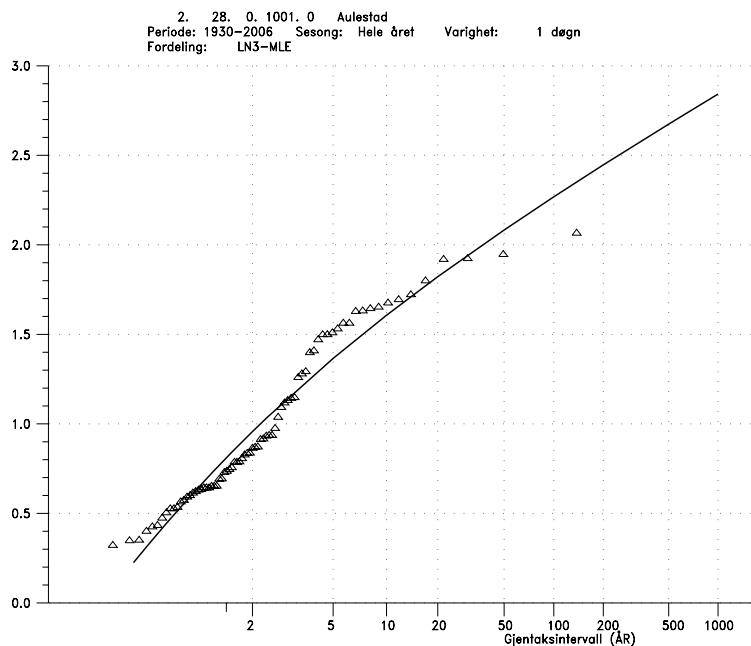
Vannføringsstasjon	Areal km ²	Periode	Antall år	Q_M m ³ /s	Q_M l/s·km ²	Q_5/Q_M	Q_{10}/Q_M	Q_{20}/Q_M	Q_{50}/Q_M	Q_{100}/Q_M	Q_{200}/Q_M	Q_{500}/Q_M
12.70 Etna (gjeldende kurve)	570	1920-2006	87	101	176	1.26	1.38	1.48	1.58	1.64	1.69	1.75
12.70 Etna (gjeldende kurve)	570	1982-2006	25	92.8	163	1.25	1.39	1.51	1.65	1.74	1.83	1.93
12.70 Etna (ny kurve)	570	1920-2006	87	104	183	1.26	1.38	1.46	1.55	1.60	1.64	1.69
12.70 Etna (ny kurve)	570	1956-2006	51	103	181	1.24	1.37	1.47	1.59	1.67	1.74	1.82
12.198 Synna	104	1978-1986	9	26.0	250							
12.8 Grønvold bru	932	1964-1988	22	198	212	1.30	1.55	1.79	2.10	2.34	2.58	2.91
12.200 Kolbjørnshus	2063	1978-1988	11	511	248							
12.200 Kolbjørnshus	2063	1989-2007	19	251	122							
12.297 Vinde-elv	270	1919-2006	82	49.7	184	1.26	1.48	1.68	1.95	2.14	2.34	2.60
12.207 Vinde-elv	270	1950-2006	52	49.0	182	1.27	1.49	1.70	1.98	2.18	2.38	2.66
2.28 Aulestad	866	1930-2006	77	176	204	1.37	1.61	1.82	2.08	2.27	2.45	2.67
Vårflom4 (1997)						1.31	1.57	1.80	2.09	2.34	2.58	2.88



Figur 6. Flomfrekvensanalyse for 12.70 Etna (ny kurve), 1956-2006, døgnmiddel av årsflommer. Midlet av de to viste fordelingene er benyttet.



Figur 7. Flomfrekvensanalyse for 12.207 Vinde-elv, 1950-2006, døgnmiddel av årsflommer.



Figur 8. Flomfrekvensanalyse for 2.28 Aulestad, 1930-2006, døgnmiddel av årsflommer.

Flomfrekvensfaktorene for Etna er relativt lave uansett hvilket av alternativene i tabell 4 som man ser på. Resultatene fra analysene for Vinde-elv og Aulestad er relativt like, mens analysen for den korte serien ved Grønvold bru og den regionale flomfrekvenskurven gir de høyeste verdiene på faktorene. Vi velger frekvensfaktorene for Vinde-elv i perioden etter 1949 som representative for nedre del av Etna/Dokkavassdraget. Dette er omtrent et gjennomsnitt av resultatene fra analysene som er nevnt i tabell 4, inklusive den regionale kurven.

6. Beregning av flomverdier

Det skal beregnes flomverdier for Dokka ved samløp med Etna, for Etna ved samløp med Dokka og for Etna/Dokka ved utløpet i Randsfjorden. I tillegg skal det beregnes vannstander i Randsfjorden ved flomkulminasjon i Etna/Dokka.

6.1 Flomvannføringer i Etna/Dokka

I første omgang beregnes det døgnmiddelvannføringer med forskjellige gjentaksintervall for uregulerte forhold.

Den spesifikke midlere flommen som er beregnet for målestasjonen Kolbjørnshus, 248 l/s·km², vurderes å være for stor sammenlignet med tilsvarende verdier for målestasjonene Etna og Grønvold bru. Det viser seg også at i den perioden som Kolbjørnshus sin

uregulerte middelflomverdi er beregnet for, 1978-1988, var middelflommen ca. 13 % større i forhold til langtidsmidlet for både Etna og Grønvold bru.

Tre år med data fra Nordsinni viser at i gjennomsnitt i de årene var spesifikk flom 5 % større ved Nordsinni, nederst i Etna, enn ved målestasjonen Etna.

En velger å benytte $181 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$ som representativ spesifikk midlere flom for målestasjonen Etna. Dette er den verdi som fremkommet ved bruk av ny, alternativ vannføringskurve for den periode som ser ut å være uten homogenitetsbrudd. For at spesifikk midlere flom skal øke med 5 % til nedre del av Etna må det mellomliggende området bidra med $205 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$. Det gir en spesifikk midlere flom på $190 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$ i Etna ved samløpet med Dokka.

For Grønvold bru velges $212 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$ som representativ spesifikk midlere flom, se tabell 4. Det er rimelig å anta at nedre delene av Dokka bidrar til midlere flom like mye som nedre delene av Etna. Derfor benyttes $205 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$ som spesifikk midlere flom for området nedenfor Grønvold bru. Det gir en spesifikk midlere flom på $211 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$ i Dokka ved samløpet med Etna.

På samme måte benyttes $205 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$ som spesifikk midlere flom for området nedenfor samløpet Etna/Dokka til elvens utløp i Randsfjorden. Det gir en spesifikk midlere flom på $202 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$ både ved målestasjonen Kolbjørnshus og ved elvens utløp i Randsfjorden. Dette er opp mot 20 % lavere spesifikk midlere flom ved Kolbjørnshus enn hva dataserien fra målestasjonen tilsier. Som nevnt kan mer enn halvparten av dette forklares med at den korte observasjonsperioden ved stasjonen ikke er representativ for et langtidsmiddel. Selv om det fortsatt er en uoverensstemmelse, benyttes allikevel den lavere verdien ved denne flomberegningen, for å oppnå konsistens mellom flomverdiene i de forskjellige delene av vassdraget.

Med de flomfrekvensfaktorer som er valgt og antatt å være representative for nedre del av Etna/Dokkavassdraget (se slutten av avsnitt 5) blir døgnmiddelvannføringer med forskjellige gjentakintervall for uregulerte forhold som vist i tabell 5.

Tabell 5. Flomverdier for nedre del av Etna/Dokkavassdraget ved uregulerte forhold, døgnmiddelvannføringer.

	Areal km^2	Q_M $\text{l/s}\cdot\text{km}^2$	Q_{3M} m^3/s	Q_{3^5} m^3/s	$Q_{3^{10}}$ m^3/s	$Q_{3^{20}}$ m^3/s	$Q_{3^{50}}$ m^3/s	$Q_{3^{100}}$ m^3/s	$Q_{3^{200}}$ m^3/s	$Q_{3^{500}}$ m^3/s
Q_T/Q_M				1.27	1.49	1.70	1.98	2.18	2.38	2.66
Dokka ved samløp med Etna	1127	211	238	302	354	404	470	518	565	632
Etna ved samløp med Dokka	929	190	177	225	263	301	350	385	421	470
12.200 Kolbjørnshus	2063	202	416	528	619	707	823	906	989	1106
Etna/Dokka ved Randsfjorden	2085	202	420	534	626	715	832	916	1000	1118

Den største observerte flommen ved Kolbjørnshus var den i 1995, med vannføring på $630 \text{ m}^3/\text{s}$. Denne flommen var som tidligere nevnt imidlertid sterkt dempet i Dokkfløyvatnet. Ut fra en tilsigsberegning, dvs. ved å kompensere observert avløp med det volum som samme dag ble lagret i Dokkfløyvatnet, kan største døgnmiddelvannføring under den flommen anslås å skulle ha vært drøyt $900 \text{ m}^3/\text{s}$ ved Kolbjørnshus.

Flommene er redusert betydelig etter reguleringen i Dokka. Midlere flom ved Kolbjørnshus etter regulering er 251 m³/s i følge tabell 4. Ved de fleste flommene etter reguleringen har Dokka kraftverk gått med over 40 m³/s som driftsvannføring. Total vannføring for feltet ved midlere flom kan regnes som 295 m³/s, når man regner med maksimal driftsvannføring i Dokka kraftverk som en del av totalvannføringen. Det betyr at midlere flom er redusert med 121 m³/s i vassdraget pga. magasinering i Dokkfløyvatnet (416 m³/s fra tabell 5 for uregulerte forhold minus 295 m³/s). Data etter regulering tilsier at 5-årsflom er ca. 350 m³/s ved Kolbjørnshus. Hvis man regner med driftsvannføring i tillegg blir 5-årsflommen redusert med 134 m³/s (528 m³/s fra tabell 5 for uregulerte forhold til 394 m³/s).

Det er umulig å bestemme hvor stor reguleringseffekten av Dokkfløyvatnet blir på flommer med store gjentaksintervall. Ved nedtappet magasin kan det være mange 100 m³/s som holdes igjen. Selv om det er godt oppfylt ved en flom er det økede sjøarealet i forhold til hva det opprinnelig var, en årsak til at flommer reduseres. Det er imidlertid ikke noe som tilsier at reduksjonen vil bli annerledes ved store flommer. I denne rapporten regnes det derfor med at flommer med store gjentaksintervall reduseres med 130 m³/s i Dokka og i hovedelven nedstrøms samløpet. Det forutsettes videre at alt vann går i elven og ikke noe benyttes i Dokka kraftverk.

Resulterende døgnmiddelvannføringer med forskjellige gjentaksintervall for regulerte forhold blir som vist i tabell 6.

Tabell 6. Flomverdier for nedre del av Etna/Dokkavassdraget ved regulerte forhold, døgnmiddelvannføringer.

	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
Dokka ved samløp med Etna	1127	117	168	224	274	340	388	435	502
Etna ved samløp med Dokka	929	177	225	263	301	350	385	421	470
12.200 Kolbjørnshus	2063	295	394	489	577	693	776	859	976
Etna/Dokka ved Randsfjorden	2085	299	400	496	585	702	786	870	988

Det forutsettes at flommer med samme gjentaksintervall kulminerer samme dag i Etna, Dokka og hovedelven etter samløp.

De presenterte flomverdiene så langt representerer døgnmiddelverdier. Kulminasjonsvannføringen kan være atskillig større enn døgnmiddelvannføringen ved store flommer. Det er utarbeidet ligninger basert på feltparametre 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_{SE} er effektiv sjøprosent.

I tabell 7 er vist resultatet ved bruk av ligningene for forskjellige steder i Etna/Dokkavassdraget.

Tabell 7. Forhold kulminasjons-/døgnmiddelvannføring ut fra ligninger.

	A, km ²	A _{SE} , %	$Q_{\text{mon}}/Q_{\text{middel}}$ Vårflom	$Q_{\text{mon}}/Q_{\text{middel}}$ Høstflom
12.70 Etna	579	0.30	1.18	1.34
Etna ved samløp med Dokka	929	0.12	1.17	1.34
12.8 Grønvold bru	932	0.62	1.12	1.22
Dokka ved samløp med Etna	1127	0.42	1.12	1.23
12.200 Kolbjørnshus	2063	0.15	1.11	1.22

Det finnes flomdata med fin tidsoppløsning ved 12.70 Etna og 12.200 Kolbjørnshus. I tabell 8 og 9 er forholdstallet mellom kulminasjonsvannføring og døgnmiddelvannføring ved noen flommer vist for de to målestasjonene.

Tabell 8. Kulminasjons- og døgnmiddelvannføring ved 12.70 Etna, m³/s.

Dato	Kulminasjon	Døgnmiddel	Kulm./døgnm.
09.05.1986	121.1	119.0	1.02
02.06.1995	181.9	169.7	1.07
22.05.1999	120.5	116.7	1.03
12.10.2000	137.8	117.7	1.17
06.05.2004	119.6	114.7	1.04

Tabell 9. Kulminasjons- og døgnmiddelvannføring ved 12.200 Kolbjørnshus, m³/s.

Dato	Kulminasjon	Døgnmiddel	Kulm./døgnm.
04.05.1993	454.7	333.9	1.36
01.06.1995	694.5	629.6	1.10
12.10.2000	636.8	538.2	1.18
06.05.2004	342.1	323.6	1.06

De fleste store flommer, og i hvert fall den største, som har vært i vassdraget, har vært vårflommer. Vi forutsetter derfor at de mest sjeldne flommene vil være vårflommer, med et forholdstall mellom kulminasjons- og døgnmiddelvannføring som er representativt for vårflommer.

Data fra målestasjonen Etna antyder at ligningene for forholdstallet overestimerer dette noe. Ved målestasjonen Kolbjørnshus er det mer varierende forholdstall enn ved Etna. Ut fra en vurdering av resultatene fra ligningene og de observerte forholdstallene, med vekt lagt på den største flommen, den i 1995, velges forholdstallet 1.10 som representativt for hele nedre delen av vassdraget.

I tabell 10 er resulterende flomvannføringer vist. Flomverdiene er utjevnet til nærmeste hele 5 m³/s.

Tabell 10. Flomverdier for nedre del av Etna/Dokkavassdraget ved regulerte forhold, kulminasjonsvannføringer i m³/s.

	Areal km ²	Q _{3M} 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
Dokka ved samløp med Etna	1127	128	185	246	301	374	427	479	552
Etna ved samløp med Dokka	929	194	247	290	331	385	424	463	517
12.200 Kolbjørnshus	2063	324	433	538	634	762	854	945	1073
Etna/Dokka ved Randsfjorden	2085	329	440	546	643	772	865	957	1087

6.2 Vannstander i Randsfjorden

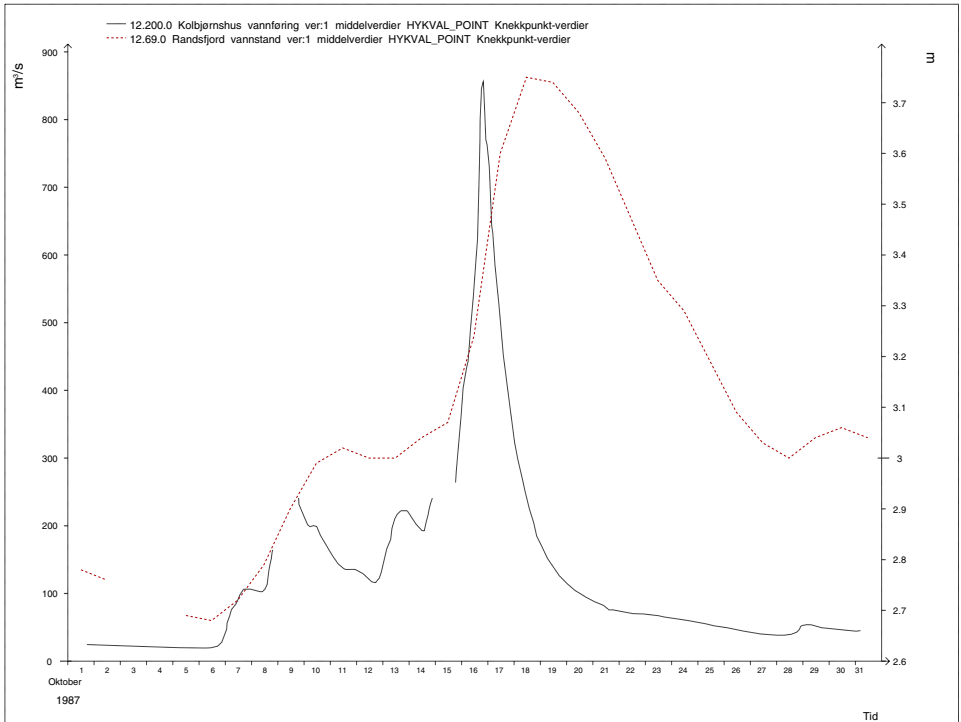
Vannstander i Randsfjorden ved noen store flommer i Etna/Dokka er vist i tabell 11.

Tabell 11. Samhørende vannstander ved 12.69 Randsfjord og vannføringer ved 12.200 Kolbjørnshus.

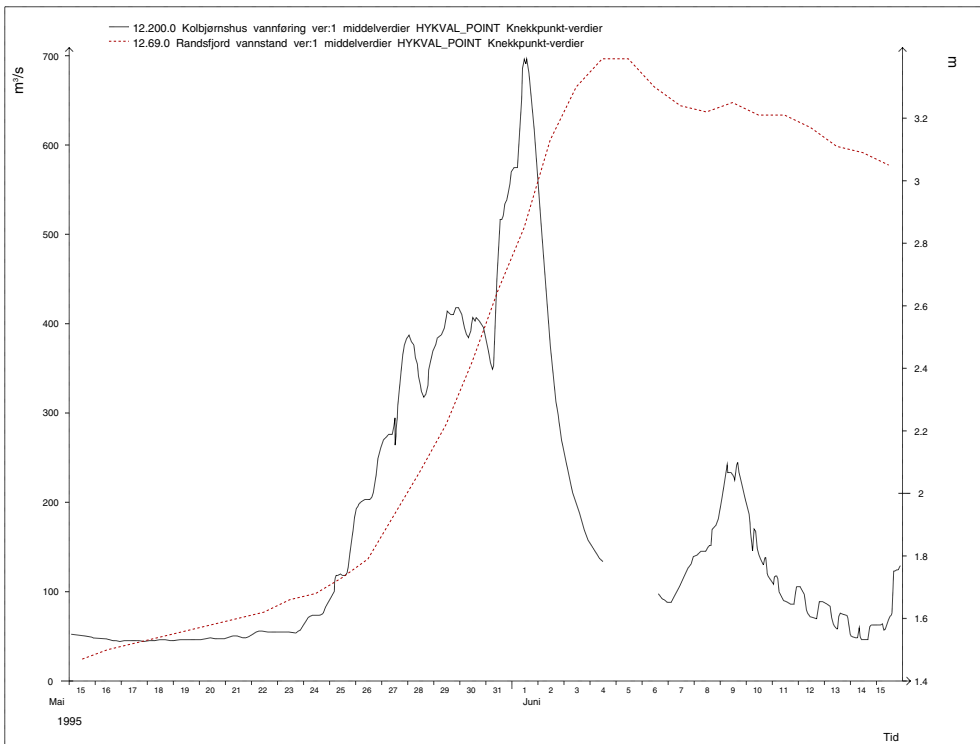
Dato	12.200 Kolbjørnshus m ³ /s	12.69 Randsfjord m	Kulm.dato Randsfjord	Kulm.vst. Randsfjord m	Forsinkelse antall dager	Stigning til maks. m
24.05.1978	550	134.10	04.06.	134.55	10	0.45
26.05.1979	558	133.83	03.06.	134.63	7	0.80
31.05.1980	572	134.78	02.06.	135.08	2	0.30
12.05.1983	523	133.85	24.05.	134.90	12	1.05
22.05.1985	572	134.11	30.05.	134.74	8	0.63
09.05.1986	541	133.24	19.05.	134.54	10	1.30
16.10.1987	591	134.74	18.10.	135.25	2	0.51
17.05.1988	532	134.23	20.05.	134.50	3	0.27
01.06.1995	630	134.35	04.06.	134.89	3	0.54
12.10.2000	538	134.78	15.10.	135.21	3	0.43

Tabellen viser vannstanden ved stasjonen 12.69 Randsfjord i sørenden av Randsfjorden samme dag som flommen kulminerer ved 12.200 Kolbjørnshus. Tabellen viser også ved hvilken vannstand som Randsfjorden kulminerer, hvor mange dager etter flomkulminasjonen ved Kolbjørnshus som Randsfjorden kulminerer og hvor mye vannstanden stiger i de dagene.

Det er ikke noe entydig sammenheng mellom flomstørrelsen i elven og kulminasjonsvannstanden i Randsfjorden. De høyeste vannstandene ved flommens kulminasjon i elven har vært 134.78 m, mens vannstanden i dagene etter kulminasjonen i elven ofte har steget ytterligere ca. en halv meter ved de store flommene. Det antas at vannstanden i Randsfjorden er på 134.80 m ved kulminasjonen av flommer ved alle gjentaksintervall i nedre del av Etna/Dokka. Figurene 9 og 10 viser flomforløp ved Kolbjørnshus og i Randsfjorden hhv. i 1987 og i 1995.



Figur 9. Flomforløp ved 12.200 Kolbjørnshus og 12.69 Randsfjord i oktober 1987.



Figur 10. Flomforløp ved 12.200 Kolbjørnshus og 12.69 Randsfjord i mai-juni 1995.

Vannstandsverdiene ved 12.69 Randsfjord fra før 2002 er fremkommet ved at vannstandsobservasjonene på den lokale skalaen er økt med 131.50 m for å komme inn i samme høydesystem som observasjonene i senere tid. Det er imidlertid en opplysning i NVEs database at den lokale skalaens nullpunkt er 131.34 moh. i SK-høyde. Det kan tolkes som at vannstandsobservasjonene i databasen er noe for høye i NN1954-systemet. Allikevel antas 134.80 moh. å være en relevant vannstand i Randsfjorden ved kulminasjon av store flommer i Etna/Dokka.

6.3 Sammendrag

Tabell 12 sammenfatter resultatet ved flomberegningen. Vannføringene er utjevnet til nærmeste 5 m³/s. Det forutsettes at Dokka kraftverk er ute av drift ved flommene.

Tabell 12. Kulminasjonsvannføringer ved flommer i nedre del av Etna/Dokkavassdraget ved regulerte forhold, og samhørende vannstander i Randsfjorden.

	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
Dokka ved samløp med Etna, m ³ /s	130	185	245	300	375	425	480	550
Etna ved samløp med Dokka, m ³ /s	195	245	290	330	385	425	465	515
Etna/Dokka ved Randsfjorden, m ³ /s	330	440	545	645	770	865	955	1085
Randsfjorden, moh.	134.80	134.80	134.80	134.80	134.80	134.80	134.80	134.80

7. Usikkerhet

Grunnlaget for flomberegning i Etna/Dokkavassdraget er godt, med et par relativt lange dataserier i og nært vassdraget.

Selv der det finnes data er det imidlertid en del usikkerhet knyttet til frekvensanalyser av flomvannføringer. De 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 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 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.

Dataene med fin tidsopløsning er ikke kontrollerte på samme måte som døgndataene og er ikke kompletterte i tilfelle observasjonsbrudd. Det foreligger heller ikke data med fin tidsopløsning på databasen lenger enn ca. 20 år tilbake. Det er derfor ikke mulig å utføre flomfrekvensanalyser direkte på kulminasjonsvannføringer.

I regulerte vassdrag er usikkerhet også knyttet til vurderingen av hvor stor reguleringenes flomdempende effekt er på de store vannføringene. I denne rapporten gjelder det Dokka og hovedelven etter samløpet.

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 at det er en ekstra usikkerhet knyttet til reguleringens effekt på flommer i deler av vassdraget, og at beregningen derfor klassifiseres i klasse 2, i en skala fra 1 til 3 hvor 1 tilsvarer beste klasse.

Referanser

Astrup, M., 2000: Homogenitetstest av hydrologiske data. NVE-Rapport nr. 7-2000.

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

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

NVE, 2002: Avrenningskart for Norge 1961-1990.

Sælthun, N. R., Tveito, O. E., Bønsnes, T. E., 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 2007

- Nr. 1 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning for Steinkjerelva og Ognå. Flomsonekartprosjektet (16 s.)
- Nr. 2 Erik Holmqvist: Flomberegning for Seljord. Flomsonekartprosjektet (18 s.)
- Nr. 3 Lars Olav Fosse: Forretningsprosesser i kraftmarkedet (25 s.)
- Nr. 4 Inger Sætrang: Statistikk over nettleie i regional- og distribusjonsnettet 2007 (54 s.)
- Nr. 5 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning for Spjelkavikelva. Flomsonekartprosjektet (21 s.)
- Nr. 6 Erik Holmqvist: Flomberegning for Flatdøla, 016.CC0 (21 s.)
- Nr. 7 Inger Sætrang: Oversikt over vedtak og utvalgte saker. Tariffer og vilkår for overføring av kraft i 2006 (15 s.)
- Nr. 8 Thomas Væringstad: Flomberegning for Lierelva. Flomsonekartprosjektet (20 s.)
- Nr. 9 Thomas Væringstad: Flomberegning for Aureelva. Flomsonekartprosjektet (19 s.)
- Nr. 10 Roar Kristensen: Endringer i forskrift om systemansvar i kraftsystemet. Forskriftstekst og merknader til innkommende høringskommentarer (18 s.)
- Nr. 11 Forslag til nye kvalifikasjonskrav etter dampsikkerhetsforskriften. Høringsdokument 16. mai 2007
- Nr. 12 Forslag til endringer i forskrift nr. 302. Økonomisk og teknisk rapportering, inntektsramme for nettvirksomheten og tariffer. Høringsdokument juni 2007 (24 s.)
- Nr. 13 Lars Olav Fosse (red.) Endringer i forskrift 11. mars 1999 nr. 301 om måling, avregning mv. (27 s.)
- Nr. 14 Thomas Væringstad: Flomberegning for Storelva og Nordelva. Flomsonekartprosjektet (21 s.)
- Nr. 15 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning for Etna/Dokka. Flomsonekartprosjektet (22 s.)