



Flomsonekartprosjektet

# Flomberegning for Gaula i Sogn og Fjordane (083.B)

*Turid-Anne Drageset*

9  
2003



D  
O  
K  
U  
M  
E  
N  
T

# **Flomberegning for Gaula i Sogn og Fjordane (083.B)**

Flomsonekartprosjektet

## Dokument nr 9 - 2003

### Flomberegning for Gaula i Sogn og Fjordane (083.B)

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

**Forfatter:** Turid-Anne Drageset

**Trykk:** NVEs hustrykkeri

**Opplag:** 25

**Forsidefoto:** Gaula ved riksvegbrua i Sande sentrum, sett motstrøms, den 11.08.2003. Døgnmiddelvannføringen ved 83.2 Viksvatn ved utløpet av Hestadfjorden var denne dagen 32 m<sup>3</sup>/s.  
Foto: Siss-May Edvardsen, NVE Region vest

**Sammendrag:** I forbindelse med Flomsonekartprosjektet i NVE er det som grunnlag for vannlinjeberegning og flomsonekartlegging utført flomberegning for en 3 km lang flomutsatt elvestrekning i Gaula ved Sande i Gaular kommune i Sogn og Fjordane, fra Grøvlebakke oppstrøms Sande sentrum til Sandefossen nedstrøms sentrum. Kulminasjonsvannføringer for flommer med forskjellige gjentakintervall er beregnet for til sammen tre punkt.

**Emneord:** Flomberegning, flomvannføring, Gaula, Sande

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)

August 2003

# Innhold

Forord.....	4
Sammendrag.....	5
1. Beskrivelse av oppgaven.....	6
2. Beskrivelse av vassdraget.....	7
3. Hydrometriske stasjoner.....	11
4. Flomfrekvensanalyser.....	15
5. Beregning av flomverdier.....	20
6. Kalibreringsdata til hydraulisk modell.....	23
7. Observerte flommer.....	24
8. Usikkerhet.....	24
Referanser.....	25

# Forord

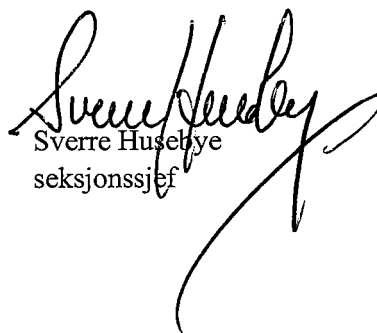
Flomsonekartlegging er et viktig hjelpemiddel i arealdisponering langs vassdrag og for beredskapsplanlegging. NVE arbeider med å lage flomsonekart for flomutsatte elvestrekninger i Norge. Som et ledd i utarbeidelse av slike kart må flomvannføringer beregnes. Grunnlaget for flomberegninger er NVEs omfattende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

Denne rapporten gir resultatene av en flomberegning som er utført i forbindelse med flomsonekartlegging av flomutsatt elvestrekning i Gaula ved Sande i Gaular kommune i Sogn og Fjordane. Rapporten er utarbeidet av Turid-Anne Drageset og kvalitetsskontrollert av Lars Evan Pettersson.

Oslo, august 2003



Kjell Repp  
avdelingsdirektør



Sverre Husebye  
seksjonssjef

# Sammendrag

Flomberegningen for Gaularvassdraget ved Sande, et stort vestlandsvassdrag nord for Sognefjorden i Sogn og Fjordane, omfatter ett delprosjekt (fs 083\_1) i Flomsonekartprosjektet i NVE. Vassdraget strekker seg i øst-vestlig retning fra høytliggende breområder til kysten, med utløp i Dalsfjorden. Sande ligger omtrent 1 mil fra utløpet i fjorden. I Gaula forekommer store flommer i hovedsak om våren og høsten. Flomepisoder er normalt forårsaket av intens høstnedbør i form av regn, av snøsmelting eller ofte av en kombinasjon av snøsmelting og regn. Vassdraget er uregulert.

Flomberegningen er i hovedsak basert på frekvensanalyser av observerte flommer ved målestasjonen 83.2 Viksvatn ved utløpet av Hestadfjorden/Viksdalsvatn rett oppstrøms Sande. Datagrunnlaget antas å være godt med lang observasjonsserie for vannføring med god datakvalitet også på stor vannføring. Det er antatt at flommenes kulminasjonsvannføring er 3 % større enn døgnmiddelvannføringen for alle gjentaksintervall med bakgrunn i observerte kulminasjonsvannføringer. Resultatet av beregningene ble:

	$Q_M$ 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
Gaula ved 83.2 Viksvatn	176	207	227	245	268	283	297	312
Gaula ved Gryvlebakken	179	210	231	249	272	287	301	317
Gaula ved Sandefossen	185	216	238	257	281	297	311	327

På grunn av et godt datagrunnlag klassifiseres denne beregningen i klasse 1, i en skala fra 1 til 3 hvor 1 tilsvarer beste klasse.



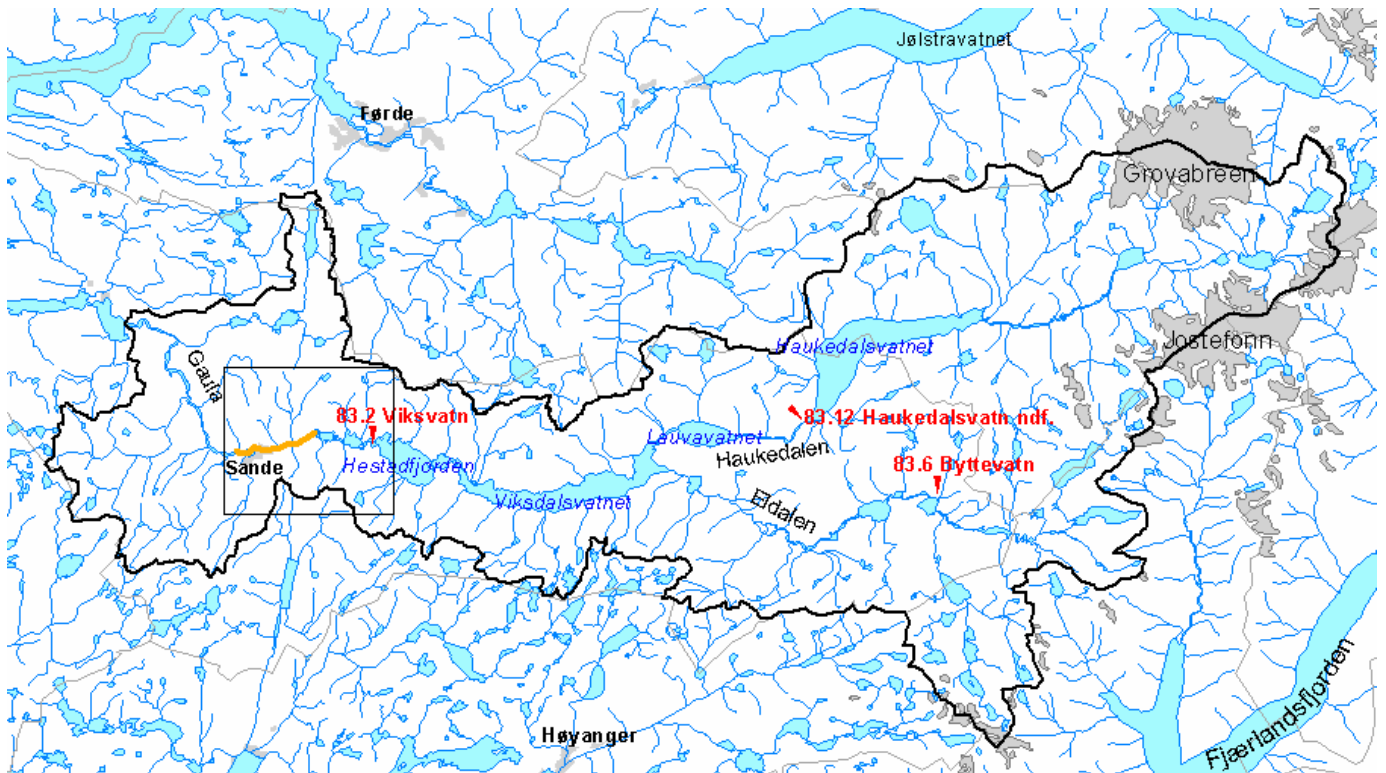
# 1. Beskrivelse av oppgaven

Flomsonekart skal konstrueres for flomutsatt elvestrekning i Gaula ved Sande i Gaular kommune i Sogn og Fjordane, delprosjekt fs 083\_1 Sande i NVEs Flomsonekartprosjekt. Som grunnlag for flomsonekartkonstruksjon skal midlere flom og flommer med gjentaksintervall 5, 10, 20, 50, 100, 200 og 500 år beregnes ved to ulike punkt, øverst og nederst, på den ca 3 km lange strekningen mellom Grøvlebakken oppstrøms Sande sentrum til Sandefossen nedstrøms sentrum. I tillegg beregnes tilsvarende ved NVEs målestasjon 83.2 Viksvatn rett oppstrøms den flomutsatte strekningen. Strekningen som skal flomsonekartlegges er tegnet inn på figur 1. Flomutsatt på strekningen er bl.a. tettbebyggelse, spredt bebyggelse, riksveg, fylkesveg, kommunal veg og dyrket mark. Figur 2 viser oversiktskart over Gaularvassdraget med de målestasjonene som ligger i vassdraget og som er benyttet i analysene. Figur 9 viser Gaularvassdragets omkringliggende områder med aktuelle sammenligningsstasjoners nedbørfelt inntegnet.



Figur 1. Kart over strekningen som skal flomsonekartlegges. Strekningen er inntegnet med gult. På strekningen tilløper sidebekken Gryvla Gaula nordfra ca. 1,5 km øst for brua i Sande sentrum. Løfallelva tilløper sørfra ca. 750 m vest for sentrumsbrua. Målestasjonen 83.2 Viksvatn er avmerket øst for Nesavatnet. Figur 2 viser oversiktskart over Gaularvassdraget, og viser hvor i vassdraget dette kartutsnittet er hentet fra.





Figur 2. Oversiktskart over Gaularvassdraget med målestasjoner i vassdraget som er benyttet i analysene. Kartutsnittet i figur 1 er innrammet. Strekingen som skal flomsonekartlegges er tegnet inn med gult.

## 2. Beskrivelse av vassdraget

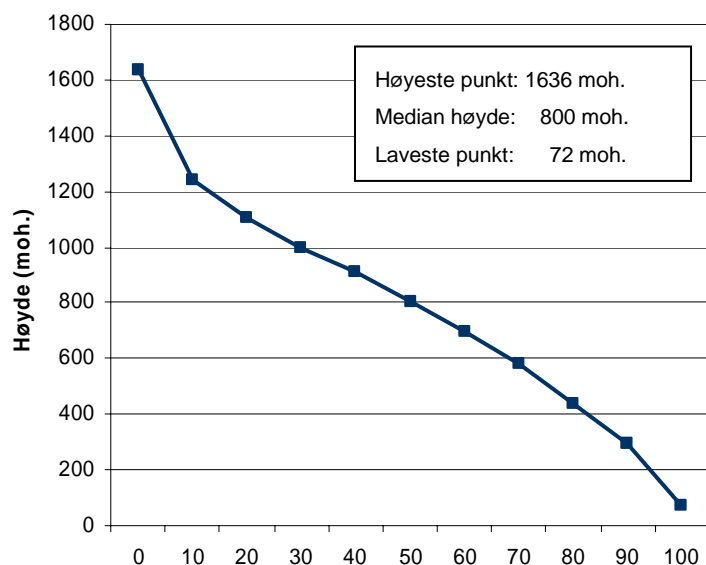
Gaularvassdraget er et langstrakt vassdrag, omtrent 70 km langt, som drenerer i øst-vestlig retning på nordsida av Sognefjorden. Vassdraget har sitt utspring i Grovabreen og Jostefonn rett sør for Jostedalsbreen, og har utløp i Dalsfjorden. Vassdraget har to markerte hoveddaler, Haukedalen i nord og Eldalen i sør, som løper sammen i østenden av Viksdalsvatn. Størstedelen av elva i hoveddalene regnes som lavlandsvassdrag. Hovedelvene binder sammen et nett av innsjøer og fanger opp flere sideelver og bekker. De mange innsjøene er forbundet med markerte fossefall og stryk avløst av rolige partier. Effektiv sjøprosent<sup>1</sup> er omtrent 3,5 %. Sideelvene er i stor grad korte og faller bratt ned i hovedelva. Ved utløpet i fjorden har vassdraget et nedbørfelt på 630 km<sup>2</sup>, og er et av de største vassdragene på Vestlandet. Sande ligger langt nede i vassdraget, ca 10 km fra utløpet i fjorden. Store deler av Gaularvassdraget er relativt høytliggende, se hypsografisk kurve i figur 3. Om lag 50-60 % av vassdraget er snaufjellområde som ligger i en høyde mellom 700-800 og 1600 moh. Høyeste punkt i vassdraget på 1636 moh. er på Grovabreen helt øst i vassdraget. Feltparametre for

<sup>1</sup> Effektiv sjøprosent er en variant av sjøprosent der sjøene vektet etter beliggenhet i vassdraget. Sjøene tillegges vekt etter både innsjøareal og tilsigsareal, slik at store innsjøer og sjøer langt nede i feltet gis størst vekt.

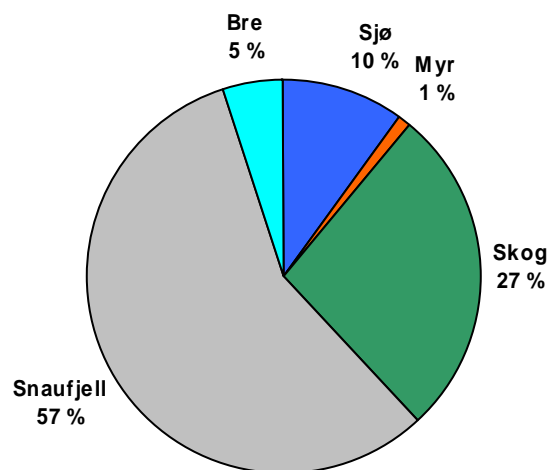


Gaularvassdraget ved utløpet av Hestadfjorden/Viksdalsvatn (målestasjon 83.2 Viksvatn) er oppsummert i 4 og tabell 1.

Vassdraget er uregulert, og er vernet mot kraftutbygging.



Figur 3. Hypsografisk kurve for Gaularvassdraget ved Sandefossen. Kurven viser hvor stor andel av det totale feltarealet (543 km<sup>2</sup>) som ligger over en gitt høyde.



Figur 4. Arealfordeling i Gaularvassdraget ved utløpet av Hestadfjorden/Viksdalsvatn (83.2 Viksvatn).

Tabell 1. Feltparametre for Gaularvassdraget ved utløpet av Hestadfjorden/Viksdalsvatn (83.2 Viksvatn).

Feltparametre er beregnet av Vannressursavdelingen, Seksjon for geoinformasjon (jan. 03).

	Areal (km <sup>2</sup> )	Bre (%)	Eff. sjø (%)	Sjø (%)	Snaufj. (%)	Felt-lengde (km)	Elvas gradient (m/km)	Q <sub>N</sub> (61-90)* (l/s·km <sup>2</sup> )
83.2 Viksvatn	507	4,72	3,49	9,5	56,7	44,3	19,2	84,3

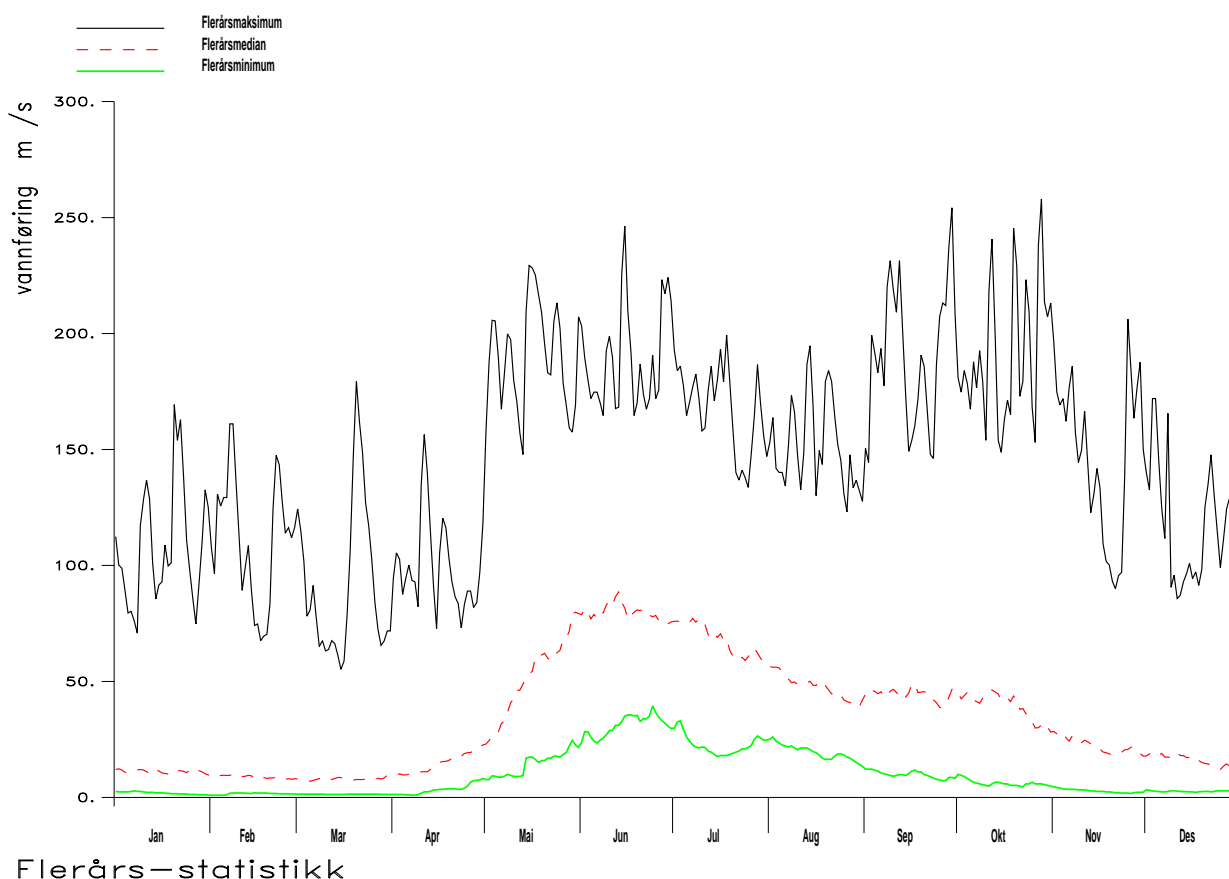
\* Q<sub>N</sub> (30-60) og Q<sub>N</sub> (61-90) betegner årsmiddelavrenningen i perioden 1961-90.

Gaula ligger i et nedbørrikt distrikt. Gjennomsnittlig årsnedbør ved nedbørstasjon 5680 Gaular (79 moh.) i perioden 1961-90 er 2022 mm (Førland, 1993). NVEs isohydatkart gir en naturlig spesifikk årlig avrenning på 84 l/s·km<sup>2</sup> (1961-1990) i Gaularvassdraget ved utløpet av Hestadfjorden/Viksdalsvatn, noe som tilsvarer 1347 mill. m<sup>3</sup> pr. år og 2659 mm pr. år. Avrenningen varierer mye innenfor nedbørfeltet, fra 40 l/s·km<sup>2</sup> i de lavereliggende områdene nede i hoveddalene i vest til 140 l/s·km<sup>2</sup> i de høyereliggende breområdene i øst.

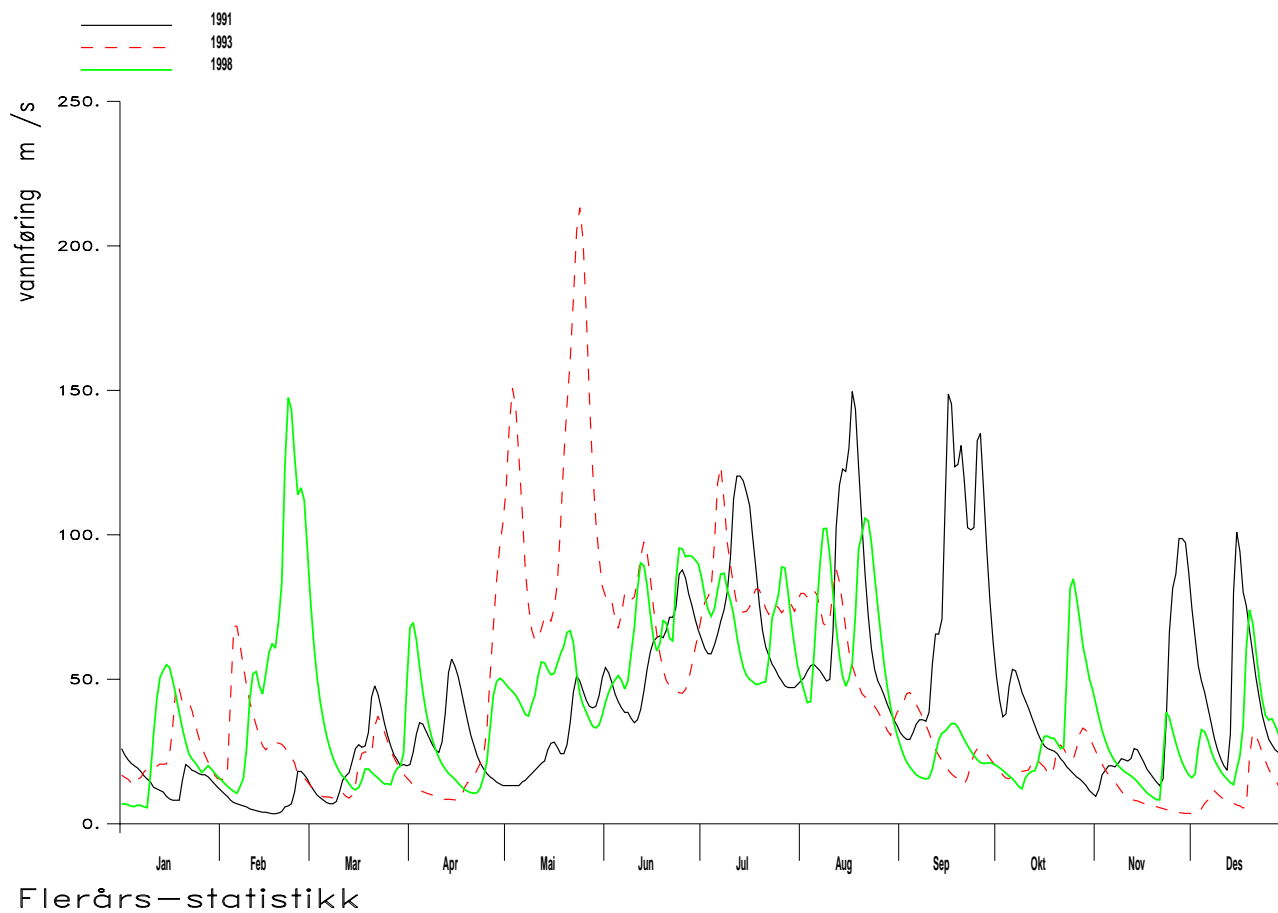
I Gaularvassdraget er det normalt to flomsesonger, om våren i månedene mai- juli i forbindelse med snøsmelting ofte i kombinasjon med regn, og om høsten i månedene august- oktober med

mildvær og regn på høstsnø. Vårflommen er årssikker og har normalt større volum og lengre varighet enn høstflommen. Høstflommen har normalt et spissere forløp, og har ofte større kulminasjonsverdi i forhold til døgnmiddelet enn vårflommen, men kan også være fraværende i enkelte år. Kraftig nedbør og mildvær kan også gi flommer om vinteren. I figurene 5-7 illustreres de hydrologiske forholdene i vassdraget, basert på observerte data ved målestasjonen 83.2 Viksvatn ved utløpet av Hestadfjorden/Viksdalsvatn (figur 1 og figur 2). Figur 5 viser karakteristiske vannføringsverdier for hver dag i løpet av året i perioden 1903-2002. Øverste kurve (maksimum) i diagrammet viser største observerte vannføring og nederste kurve (minimum) viser minste observerte vannføring i løpet av måleperioden. Den midterste kurven er mediankurven, dvs. at det er like mange observasjoner i løpet av referanseperioden som er større eller mindre enn denne. Figur 7 viser fordelingen av årsflommene over året, og viser også at Gaula har to flomsesonger. Figuren viser relativ flomstørrelse og tidspunkt for flommer over en gitt terskelverdi, i dette tilfellet  $155 \text{ m}^3/\text{s}$ , som tilsvarer omtrent 90 % av middelflom. Tabell 2 viser de største årsflommene i Gaula ved 83.2 Viksvatn i observasjonsperioden.

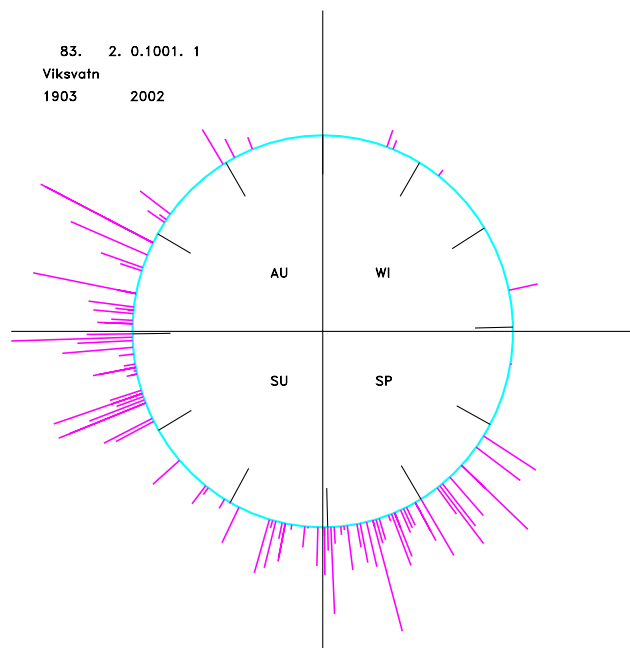
Mediankurven i figur 5 viser midlere vannføringsforhold over en lang årrekke, men illustrerer dårlig hvordan vannføringen faktisk varierer i et enkelt år. Figur 6 viser vannføringen i tre år (1991, 1993 og 1998) med omtrent normal årsmiddellavrenning ( $42,3 \text{ m}^3/\text{s}$  for perioden 1961-1990). Figuren viser at flommer i Gaula kan opptre til forskjellige årstider. I de tre årene med omtrent normal årsmiddellavrenning opptrer årsflommene i tre forskjellige sesonger, om høsten i 1991, om våren i 1993 og om vinteren i 1998. I 1993 kulminerte årsflommen over middelflom, under middelflom i de to andre tilfellene.



**Figur 5. Karakteristiske vannføringsverdier i Gaula ved målestasjon 83.2 Viksvatn i perioden 1903-2002. Diagrammene viser største, median og minste observerte vannføring i angitt periode.**



Figur 6. Vannføring i Gaula ved 83.2 Viksvatn i 1991 (svart), 1993 (rød stiptet) og 1998 (grønn).



Figur 7. Flommer ved 83.2 Viksvatn i 1903-2002, fordelt over året. Sirkelen representerer året med start på året (1.januar) rett opp. Flommene er markert med når på året de inntreffer og med relativ størrelse.

Tabell 2. De fem største årsflommene i løpet av observasjonsperioden 1903-2002 ved 83.2 Viksvatn i Gaula. Hentet fra NVEs dataarkiv Hydrall. Blankt betyr at informasjon om kulminasjonsvannføringen ikke er funnet, verken i Hydrall, i vannstands bøker eller fra limnigrafskjema.

Stasjon	Observasjonsperiode	År	Dato	Døgnmiddelvannføring, m <sup>3</sup> /s	Døgnmiddelvannføring, l/s·km <sup>2</sup>	Kulminasjonsvannføring, m <sup>3</sup> /s
83.2 Viksvatn	1903-2002	1995	28/10	258	509	266
		1917	29/9	254	501	
		1983	28/10	253	499	268
		2000	15/6	246	485	253
		1913	19/10	246	485	

### 3. Hydrometriske stasjoner

I Gaularvassdraget finnes flere målestasjoner for vannstand/vannføring. Til nytte for flomberegning ved Sande er spesielt stasjonen 83.2 Viksvatn, lokalisert 145 moh. ved utløpet av Hestadfjorden /Viksdalsvatnet (figur 1). Denne observasjonsserien er viktig da den over en lengre periode gir et anslag på den totale avrenningen fra over 90 % av Gaulas nedbørfelt ved Sande, og er lokalisert nedstrøms alle større innsjøer i vassdraget. To andre stasjoner i Gaularvassdraget inngår også i analysene, 83.12 Haukedalsvatn ndf. og 83.6 Byttevatn (figur 2). Det er også sammenlignet med analyser fra stasjoner i andre nærliggende uregulerte vassdrag. Disse stasjonenes beliggenhet og feltgrenser er tegnet inn på figur 9. Feltkarakteristika for målestasjonenes nedbørfelt er presentert i tabell 3 og figur 10.

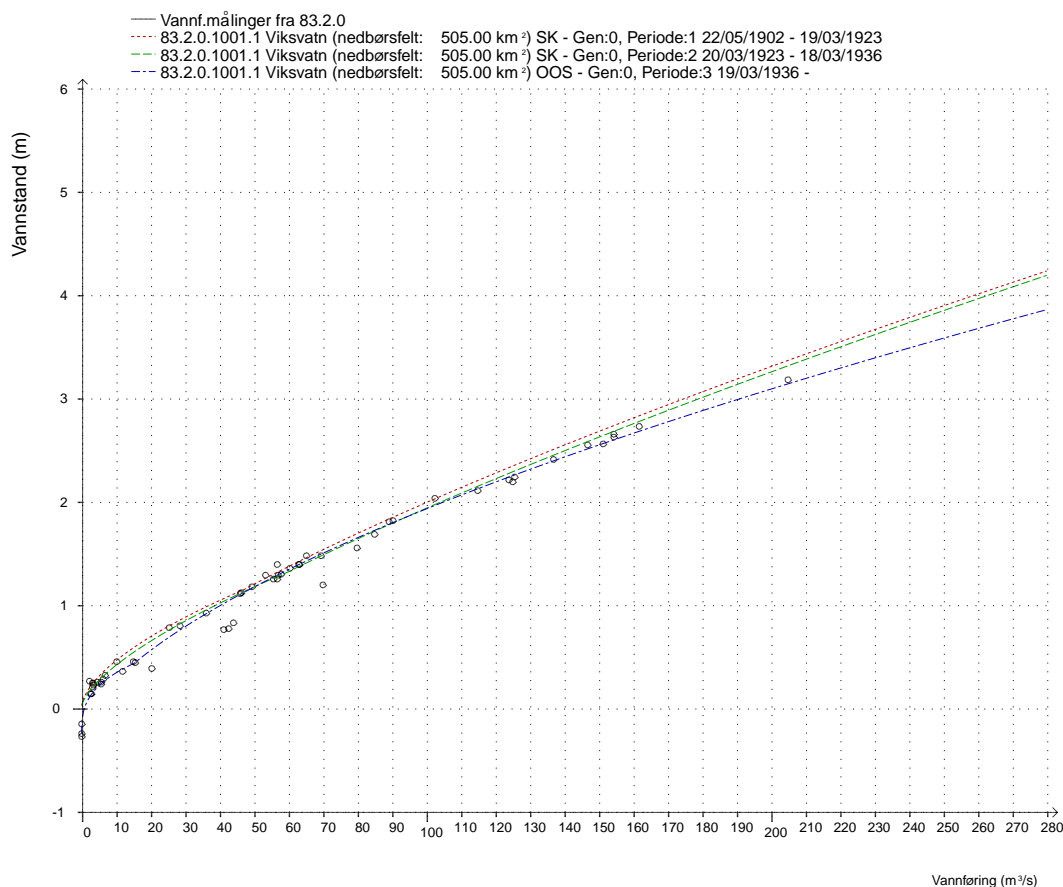
**83.2 Viksvatn** måler avløpet fra Hestadfjorden/Viksdalsvatnet (figur 1 og figur 2).

Målestasjonens nedbørfeltareal er 507 km<sup>2</sup>. Observasjonsserien er lang, med målinger siden 1902. 4,7 % av nedbørfeltet er dekket av bre. Vassdraget er uregulert. Stasjonen antas å ha god datakvalitet. Vannføringskurven har tre kurveperioder (1902-1923, 1923-1936 og 1936-dags dato). For de tre periodene er det utført vannføringsmålinger for vannføringer opp til henholdsvis 103, 126 og 162 m<sup>3</sup>/s, som tilsvarer omtrent 60 %, 75 og 95 % av middelflom. Figur 8 gir et inntrykk av vannføringskurvenes kvalitet ved at alle vannføringsmålinger som er gjort ved 83.2 Viksvatn er plottet sammen med vannføringskurven. Tilpasningen synes å være relativt god. Dataserien er ellers uten homogenitetsbrudd (Astrup, 2000).

**83.6 Byttevatn** (figur 2) ligger ved utløpet av Byttevatn i Eldalen, 484 moh. Målestasjonens nedbørfelt er 104 km<sup>2</sup>, og 1,6 % av nedbørfeltet er bredekt. Observasjoner er gjort siden 1965, men med brudd i tre år i perioden 1972-1974 og i første halvdel av 1977. Dataserien er ubrukelig før 1978 pga. dårlig datakvalitet, men er brukbar etter 1978. Største målte vannføring som grunnlag for etablering av vannføringskurve er 52,2 m<sup>3</sup>/s, hvilket tilsvarer omtrent 65 % av middelflom. Dataserien er uten homogenitetsbrudd (Astrup, 2000).

**83.12 Haukedalsvatn ndf.** (figur 2) ligger ved utløpet av Haukedalsvatnet i Haukedalen, 290 moh. Feltarealet er 205 km<sup>2</sup>. Observasjoner er gjort siden 1935. Omtrent 11 % av nedbørfeltet er bredekt. Datakvaliteten er relativt bra. Største målte vannføring som grunnlag for etablering av vannføringskurve er 62 m<sup>3</sup>/s, hvilket tilsvarer omtrent 60 % av middelflom. Dataserien har

sannsynlig homogenitetsbrudd, og det er mistanke om feil i data i perioden 1965-1970 (Astrup, 2000). Disse årene er utelatt ved frekvensanalyse av serien.



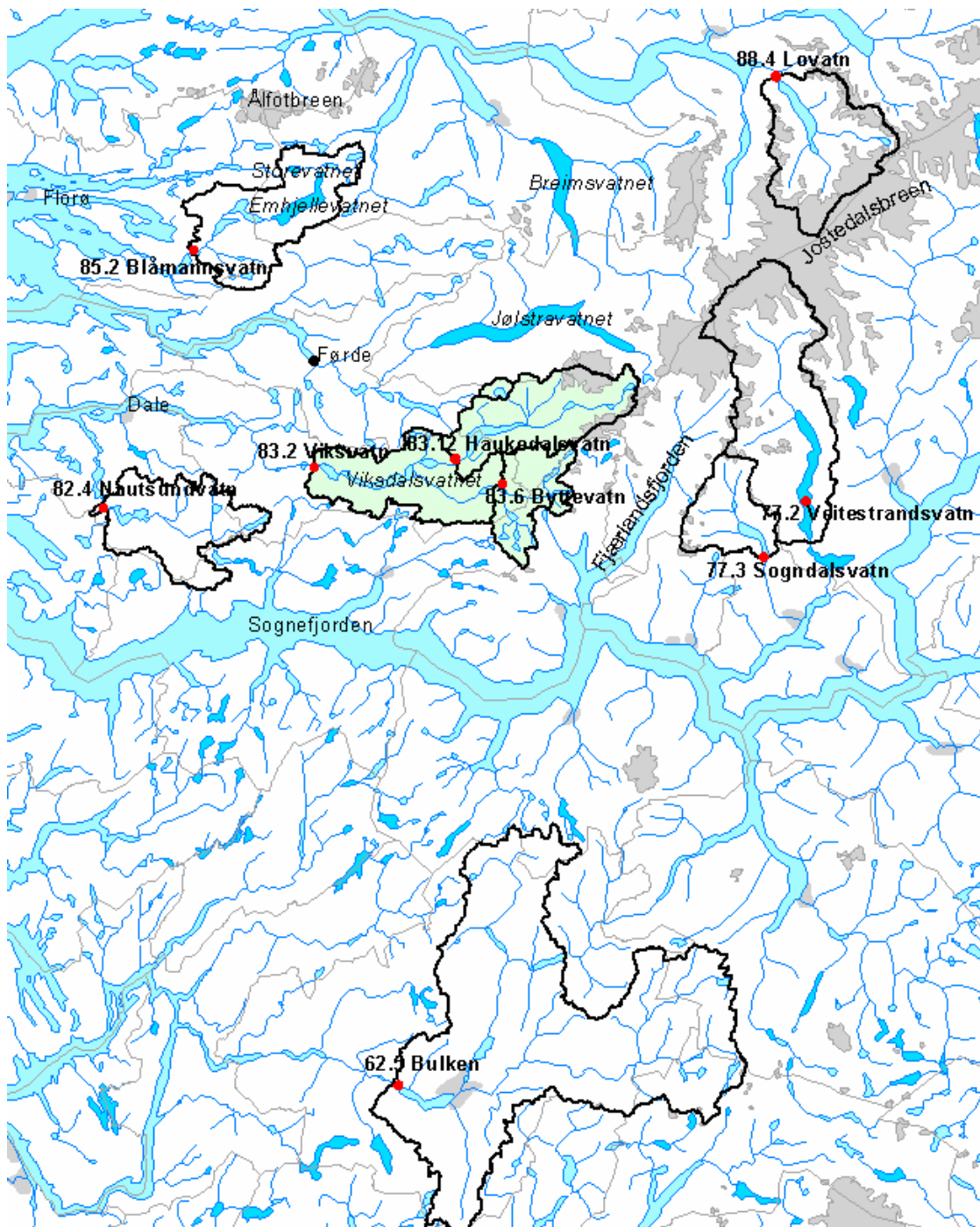
**Figur 8. Alle manuelle vannføringsmålinger som er gjort ved 82.3 Viksvatn plottet sammen med vannføringskurven.**

Stasjoner i nærliggende vassdrag (figur 9) det er valgt å sammenligne med er:

**62.5 Bulken** ligger i Vangsvatnet i Vossovassdraget i Hordaland et stykke sør for Sognefjorden. Stasjonen ble opprettet i 1892, og er en av stasjonene med lengst sammenhengende målinger i Norge. Nedbørfeltets areal er 1094 km<sup>2</sup>, med en bredekning på ca 0,9 %, og har dermed noe mindre breer i nedbørfeltet enn Gaula. Det er to vannføringskurver for stasjonen, en frem til 1991, det vil si før siste senking av Vangsvatnet, og en etter. Vassdraget er uregulert med unntak av senkningen av Vangsvatnet. Dette har ført til at flommer med gjentakintervall opp til 5-10 år har blitt større og kulminerer noe raskere enn tidligere. For sjeldnere flommer er endringene marginale. Dataserien er uten homogenitetsbrudd (Astrup, 2000).

**77.2 Veitestrandsvatn** ligger i Årøyvassdraget et stykke øst for Gaula, og vassdraget har sitt utspring i de sørøstlige deler av Jostedalsbreen. Observasjonsserien startet i 1900, og stasjonen ble nedlagt i 1982 da Veitestrandsvatn ble reguleringsmagasin. Nedbørfeltets areal er 386 km<sup>2</sup>. 24,1 % av nedbørfeltet er dekket av bre, og har således langt større breandel enn Gaula ved stasjon Viksvatn. Vassdraget antas å ha litt andre klimatiske forhold sammenlignet med Gaularvassdraget, på bakgrunn av dets beliggenhet til dels i le for Jostedalsbreen. Største målte





Figur 9. Oversiktskart over Gaularvassdraget (grønt) og dets omegn, med de aktuelle målestasjoners nedbørfelt inntegnet.

vannføring som grunnlag for etablering av vannføringskurve er  $64,9 \text{ m}^3/\text{s}$ , hvilket tilsvarer omtrent 60 % av middelflom. Vassdraget var uregulert før 1982. Stasjonen har signifikant homogenitetsbrudd i 1960 (Astrup, 2000), uvisst av hvilken grunn.

**77.3 Sogndalsvatn** ligger ved utløpet av Dalavatnet i Sogndalselvi øst for Gaula, og vassdraget har sitt utspring i breer sør for Jostedalbreen. Observasjoner er gjort siden 1963. Målestasjonens nedbørfeltareal er  $110 \text{ km}^2$ . 6,3 % av nedbørfeltet er dekket av bre. Vassdraget er uregulert. Datakvaliteten antas å være god. Største målte vannføring som grunnlag for

etablering av vannføringskurven er 42,0 m<sup>3</sup>/s, hvilket tilsvarer omtrent 70 % av middelflom. Senere vannføringsmålinger viser at etablert vannføringskurve også stemmer bra på større vannføring. Dataserien er ellers uten homogenitetsbrudd (Astrup, 2000).

**82.4 Nautsundvatn** ligger i Guddalselva, som grenser til Gaularvassdraget i sørvest. Observasjoner har foregått siden 1908. Målestasjonens nedbørfelt er 220 km<sup>2</sup>. Feltet er breffritt og uten reguleringer. Stasjonen regnes for å ha god datakvalitet. Største målte vannføring som grunnlag for etablering av vannføringskurven er 104 m<sup>3</sup>/s, hvilket tilsvarer omtrent 50 % av middelflom. Stasjonen har signifikant homogenitetsbrudd i 1973 (Astrup, 2000), uvisst av hvilken grunn.

**85.2 Blåmannsvatn** ligger i Oselvassdraget rett øst for Florø, et stykke nordvest for Gaularvassdraget. Observasjoner er gjort siden 1929, men med en periode med observasjonsbrudd i 1994 til mars 1997. Feltet er breffritt. Stasjonen er siden 1987 påvirket av regulering av Eimhjellevatn og Storevatnet. Data etter 1986 bør derfor ikke benyttes i flomfrekvensanalyse for sammenligning med uregulerte vassdrag. Stasjonen regnes for å ha god datakvalitet. Største målte vannføring som grunnlag for etablering av vannføringskurven er 47 m<sup>3</sup>/s, hvilket tilsvarer omtrent 50 % av middelflom. Stasjonen er sannsynligvis uten homogenitetsbrudd (Astrup, 2000).

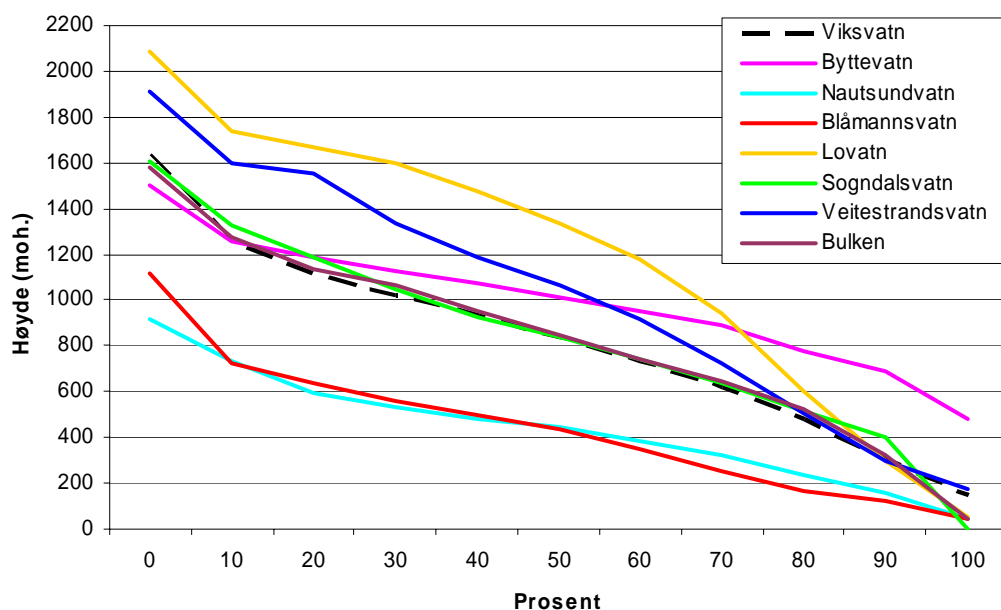
**88.4 Lovatn** ligger i Loenvassdraget med utspring i nordvestre deler av Jostedalsbreen. Observasjonsserien startet i 1901. Nedbørfeltets areal er 235 km<sup>2</sup>. Hele 36 % av feltet er bredekt, og har således langt større breandel enn Gaula ved stasjon Viksvatn. Vassdraget er uregulert. Datakvaliteten antas å være god. Største målte vannføring som grunnlag for etablering av vannføringskurven er 105 m<sup>3</sup>/s, hvilket tilsvarer omtrent 130 % av middelflom. Dataserien er uten homogenitetsbrudd (Astrup, 2000).

Feltarealene er fastlagt ved en ny beregning av Seksjon for geoinformasjon ved Vannressursavdelingen, og kan avvike noe fra det som er oppgitt i NVEs hydrologiske database (HydraII).

Tabell 3. Feltparametre for målestasjoner i Gaularvassdraget og dets omegn.

Stasjon	Feltareal (km <sup>2</sup> )	Bre (%)	Eff. sjø (%)	Q <sub>N</sub> (61-90)* (l/s·km <sup>2</sup> )	Høydeintervall (moh.)	Median høyde (moh.)
83.2 Viksvatn	507	4,7	3,5	84	146-1636	816
83.6 Byttevatn	104	1,6	1,6	102	484-1501	1014
83.12 Haukedalsvatn ndf.	205	10,8	~5	~90	290-1636	-
62.5 Bulken	1094	0,9	0,87	65	47-1583	846
77.2 Veitestrandsvatn	386	24,1	5,4	74	172-1915	1061
77.3 Sogndalsvatn	110	6,3	2,2	77	395-1604	1003
82.4 Nautsundvatn	220	0	2,1	97	47-920	449
85.2 Blåmannsvatn	226	0	4,9	88	42-1120	433
88.4 Lovatn	235	36,4	4,6	65	52-2083	1332

\* Q<sub>N</sub> (61-90) betegner årsmiddellavrenningen i perioden 1961-90.



Figur 10. Hypsografisk kurve for målestasjonene som inngår i analysene, sammen med hypsografisk kurve for Viksvatn. Kurve for Haukedalsvatn er ikke vist, da denne mangler i NVEs database.

## 4. Flomfrekvensanalyser

Flommer generert av snøsmelting og flommer som er resultat av nedbørepisoder tilhører to forskjellige populasjoner. Vårflommene er normalt årvisse, har ofte stort volum og lang varighet, og stiger moderat mot større gjentakintervall. Høstflommene kan være små eller mangle mange år, har ofte et spissere flomforløp med mindre volum og kortere varighet, og stiger ofte raskere mot større gjentakintervall. Dette er typisk for Gaula, at vårflommene har størst volum, mens høstflommene er spissere og av kortere varighet. I Gaula er det omtrent like stor hyppighet av dominerende vår- og høstflommer. Totalt sett i hele observasjonsserien ved Viksvatn opptrer omtrent 40 % av årsflommene i månedene juni og juli, og 40 % i månedene september og oktober. Av de resterende opptrer 15 % i mai og august og resten om vinteren. I vassdrag med hyppighet av både høst- og vårflommer er det vanlig å utføre separate analyser av vår- og høstflommene, og ekstrapolere hver for seg (Sælthun, 1997). I flomberegninger i flomsonekartsammenheng utføres analysene kun på årsflommer (NVE, 2000), dvs. at frekvensanalysen er basert på de største observerte døgnmiddelvanntføringerne hvert år. Bakgrunnen for dette er at en flomepisode, enten den inntreffer vår eller høst, vanligvis har oppstått som en kombinasjon av både snøsmelting og regn, og tilhører derfor nødvendigvis ikke en av to forskjellige populasjoner. Når analysen gjøres kun mhp. årsflommer kan en risikere at det skjer en blanding av rene regnflommer og rene snøsmelteflommer i analysegrunnlaget. En risikerer også at andre store flommer i et år kan være større enn den største flommen i et annet år. For eksempel kan det skje at høstflommen ett år ikke kommer med i analysegrunnlaget, fordi denne er lavere enn vårflommen samme år, til tross for at den er større enn største flom i et

annet år. Dette kan være et problem med analysene i Gaula, siden store flommer kan opptre til forskjellige årstider.

For de videre analysene er det med bakgrunn i dette valgt å legge til grunn frekvensanalyser på årsflommer for dataserier i og utenfor Gaulas nedbørfelt. Det er naturlig å legge vekt på serien ved Viksvatn i og med at dette er en lang serie med gode data, og beliggenhet rett oppstrøms den aktuelle elvestrekningen. Det er også valgt å sammenligne med frekvensanalyser fra stasjoner i flere nærliggende vassdrag, for å få et inntrykk av Viksvatns representativitet i en regional sammenheng. For observerte data velges i hvert tilfelle den frekvensfordelingen som vurderes best tilpasset de observerte årsflommene, med bakgrunn i de frekvensfordelingene som er tilgjengelige i programmet for ekstremverdianalyse i NVEs hydrologiske analyseprogram DAGUT. De endelige frekvensanalysene for de ulike stasjonene er sammenlignet, og antatt representativ fordelingsfunksjon for Gaula er valgt. Frekvensfordelingene for de ulike stasjonene er presentert i tabell 4, med midlere flom ( $Q_M$ ) i absolutte og spesifikke verdier og flommer med forskjellige gjentaksintervall ( $Q_T$ ) som en faktor i forhold til midlere flom, og er også illustrert i figur 11. I tabell 5 er flomverdiene for forskjellige gjentaksintervall,  $Q_T$ , presentert i absolutte verdier. Tross til dels betydelig usikkerhet i valgte frekvensfaktorer for enkelte av stasjonene presenteres disse med en nøyaktighet på to desimaler, for å unngå uoverensstemmelser i flomverdier når disse presenteres for flere gjentaksintervall.

Flomforholdene i et nedbørfelt påvirkes både av klimatiske og fysiografiske forhold. I forbindelse med frekvensanalyse ( $Q_T/Q_M$ ) er det antatt at klimaforhold har størst betydning. Av stasjonene det er valgt å sammenligne med (tabell 4 og figur 9), antas de tre stasjonene i Gaularvassdraget, og Nautsundvatn og Blåmannsvatn å ha omtrent samme eksponering med hensyn på nedbørforhold. Sogndalsvatn, Veitestrandsvatn og til dels Lovatn ligger noe lenger inn i landet og mer i le for Jostedalsbreen. De tre sistnevnte har årsmiddelavrenning i underkant av avrenningen ved Viksvatn. Frekvensfaktorene beregnet for Viksvatn er lave sammenlignet med de fleste av de nevnte stasjoner, men samsvarer rimelig bra med faktorer beregnet for Lovatn og Veitestrandsvatn, som kan ha noe avvikende klimatiske forhold. Disse stasjonene har  $Q_{500}/Q_M$  på 1,72 og 1,95, mens den ved Viksvatn er 1,77. Viksvatn avviker i stor grad fra de to andre stasjonene i Gaularvassdraget, som har brattere frekvenskurver og  $Q_{500}/Q_M$  på 2,23 og 2,66. Viksvatn avviker også fra Nautsundvatn, Blåmannsvatn og Sogndalsvatn, som også har brattere frekvenskurver. Flomberegning for Daleelva i Høyanger (Drageset, 2000), rett sør for Viksdalsvatn, ga også noe høyere frekvensfaktorer med  $Q_{500}/Q_M$ -verdier på 2,37, men denne beregningen er meget usikker. Dette kan bety at fysiografiske forhold har betydning for frekvensfaktorene i området. Breandelen har i flere tilfeller vist seg å ha stor betydning for frekvenskurven. I brevassdrag er flomvariabiliteten lav ved at det ofte er store flomepisoder, slik at frekvenskurven blir slak. Breandelen (tabell 3) er imidlertid langt større i de to vassdragene som her samsvarer godt med hensyn på frekvensfaktorer (Veitestrandsvatn og Lovatn), samtidig som breandelen også er større i noen av vassdragene som ikke samsvarer godt med Viksvatn (Haukedalsvatn og Sogndalsvatn). Det later derfor i dette tilfellet ikke til at det er noe mønster i breandelens innvirkning på frekvensfaktorene. Det samme er tilfellet med hensyn på sjøandelen. Det er ikke noe mønster i frekvensfaktorenes variasjon tatt i betraktning feltenes effektive sjøprosent, som påvirker selvreguleringsevnen i et nedbørfelt. Med bakgrunn i det ovenstående er det ingen åpenbar forklaring på Viksvatns relativt lave frekvensfaktorer sett i en regional

sammenheng, annet enn at faktorene samsvarer noenlunde med et par andre felt noe lenger fra kysten med stor breandel og stor sjøandel. Til tross for noe avvikende faktorer i regionsammenheng er kvaliteten på den 100 år lange observerte dataserien ved Viksvatn antatt å være bra. Med hensyn til dette antas det at frekvensfordelingen beregnet av dataserien ved Viksvatn er representativ for den flomutsatte elvestrekningen ved Sande i Gaula. Andre flomanalyser både lenger nord og lenger sør på Vestlandet viser at det ikke er unormalt med lave frekvensfaktorer i området. I flomberegning for Batnfjordøra (Drageset, 2003) på Nordvestlandet fremgår det at  $Q_{500}/Q_M$  for målestasjonen 107.3 Farstad og 111.9 Søya er på 1,43 og 1,57, og i flomberegning for Vosso (Holmqvist, 2003) er det vist at  $Q_{500}/Q_M$  for avløpet fra Vangsvatnet (62.5 Bulken) er 1,87. Feltkarakteristika og frekvensfaktorer for Bulken er presentert i tabell 3 og tabell 4. Bulken har både liten sjøandel og liten breandel sammenlignet med Viksvatn.

Som en støtte ved valg av representative frekvensfaktorer kan det ofte være greit å foreta en sammenligning med tidligere beregnede regionale flomfrekvenskurver (Sælthun 1997, Wingård 1978). Gaula ligger i en overgangssone mellom både kystregion med dominerende årsflommer og innlandsregion med vår- og høstflommer, og er i tillegg et felt med betydelig breandel. Det blir dermed mange ulike regioner og formler å forholde seg til. For Gaulas tilfelle gir alle disse formlene langt brattere frekvenskurver enn den observerte dataserien ved Viksvatn, og det er i dette tilfellet valgt å ikke ta hensyn til de regionale kurvene.

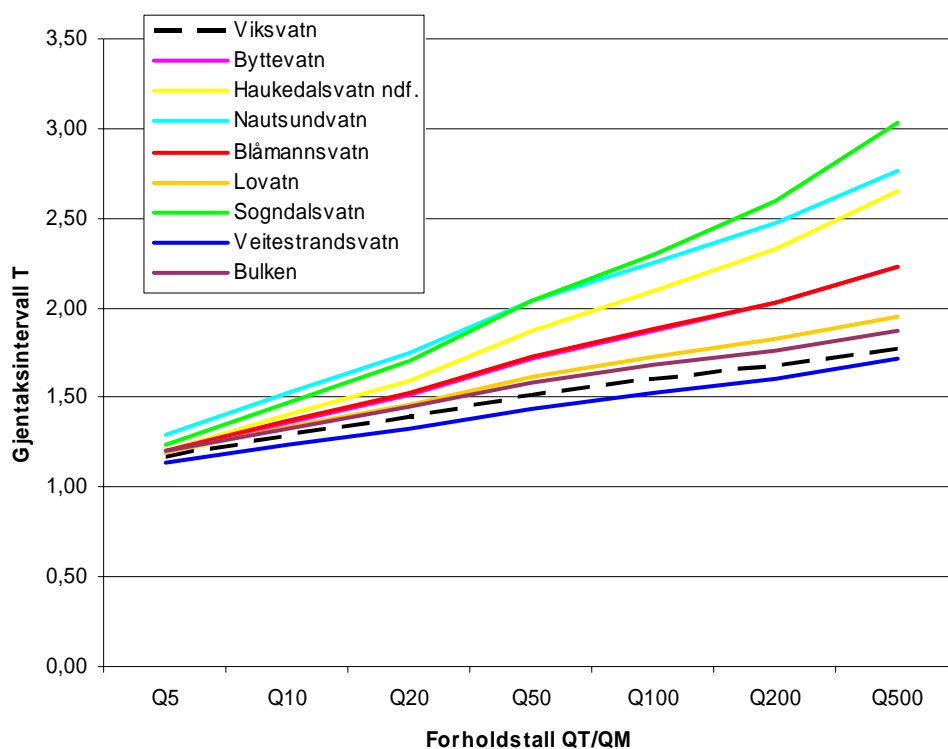
Figur 12 viser den statistiske fordelingsfunksjonen som synes å være best tilpasset de observerte flommene ved 83.2 Viksvatn. De ulike frekvensfordelingene som er testet er generelt godt tilpasset opp til omkring 10- års gjentaksintervall. Deretter er det større sprik i de ulike frekvensfordelingenes tilpasning til de observerte flommene, og spredningen øker med økende gjentaksintervall. Avhengig av hvilken frekvensfordeling som tilpasses de observerte årsflommene ved Viksvatn er det variasjon i  $Q_{500}/Q_M$  på  $\pm 0,15$ , en relativt liten variasjon. Sammenlignet med de største observerte flommer ved Viksvatn, ser det ut til at valgt frekvensfordeling overestimerer noe på store gjentaksintervall (figur 12). Valgt frekvensfordeling fører dermed til at de største flommene får relativt lave gjentaksintervall sett i forhold til den lange observasjonsperioden. For enkelte av observasjonsseriene i tabell 4 er det stor usikkerhet i valgte frekvensfaktorer.



Tabell 4. Flomfrekvensanalyser (døgnmiddel av årsflommer),  $Q_T/Q_M$ , for aktuelle målestasjoner.

Stasjon	Periode	Ant. år	Areal km <sup>2</sup>	Q <sub>M</sub>		Q <sub>5</sub> /Q <sub>M</sub>	Q <sub>10</sub> /Q <sub>M</sub>	Q <sub>20</sub> /Q <sub>M</sub>	Q <sub>50</sub> /Q <sub>M</sub>	Q <sub>100</sub> /Q <sub>M</sub>	Q <sub>200</sub> /Q <sub>M</sub>	Q <sub>500</sub> /Q <sub>M</sub>
				l/s·km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s							
83.2 Viksvatn	02-02	100	507	337	171	1,17	1,29	1,39	1,52	1,61	1,69	1,77
83.6 Byttevatn	78-01	24	104	764	79,5	1,20	1,36	1,51	1,72	1,87	2,03	2,23
83.12 Haukedalsvatn ndf.	35-02	62	205	488	100	1,21	1,40	1,60	1,87	2,09	2,33	2,66
82.4 Nautsundvatn	08-03	96	220	933	205	1,29	1,52	1,75	2,04	2,26	2,47	2,76
85.2 Blåmannsvatn	29-86	58	226	430	97,1	1,20	1,37	1,53	1,73	1,88	2,03	2,23
88.4 Lovatn	00-02	103	235	346	81,3	1,20	1,34	1,46	1,62	1,72	1,83	1,95
77.3 Sogndalsvatn	63-01	40	110	535	58,9	1,24	1,47	1,70	2,04	2,30	2,60	3,03
77.2 Veitestrandvatn	00-82	83	386	288	111	1,13	1,23	1,33	1,44	1,53	1,61	1,72
62.5 Bulken*	92-01	110	1094	310	339	1,20	1,33	1,45	1,58	1,68	1,76	1,87
<b>Gaula ved Sandefossen</b>						<b>1,17</b>	<b>1,29</b>	<b>1,39</b>	<b>1,52</b>	<b>1,61</b>	<b>1,69</b>	<b>1,77</b>

\*Analyseresultater er hentet fra rapporten "Flomberegninger i Vosso" (Holmqvist 2003).

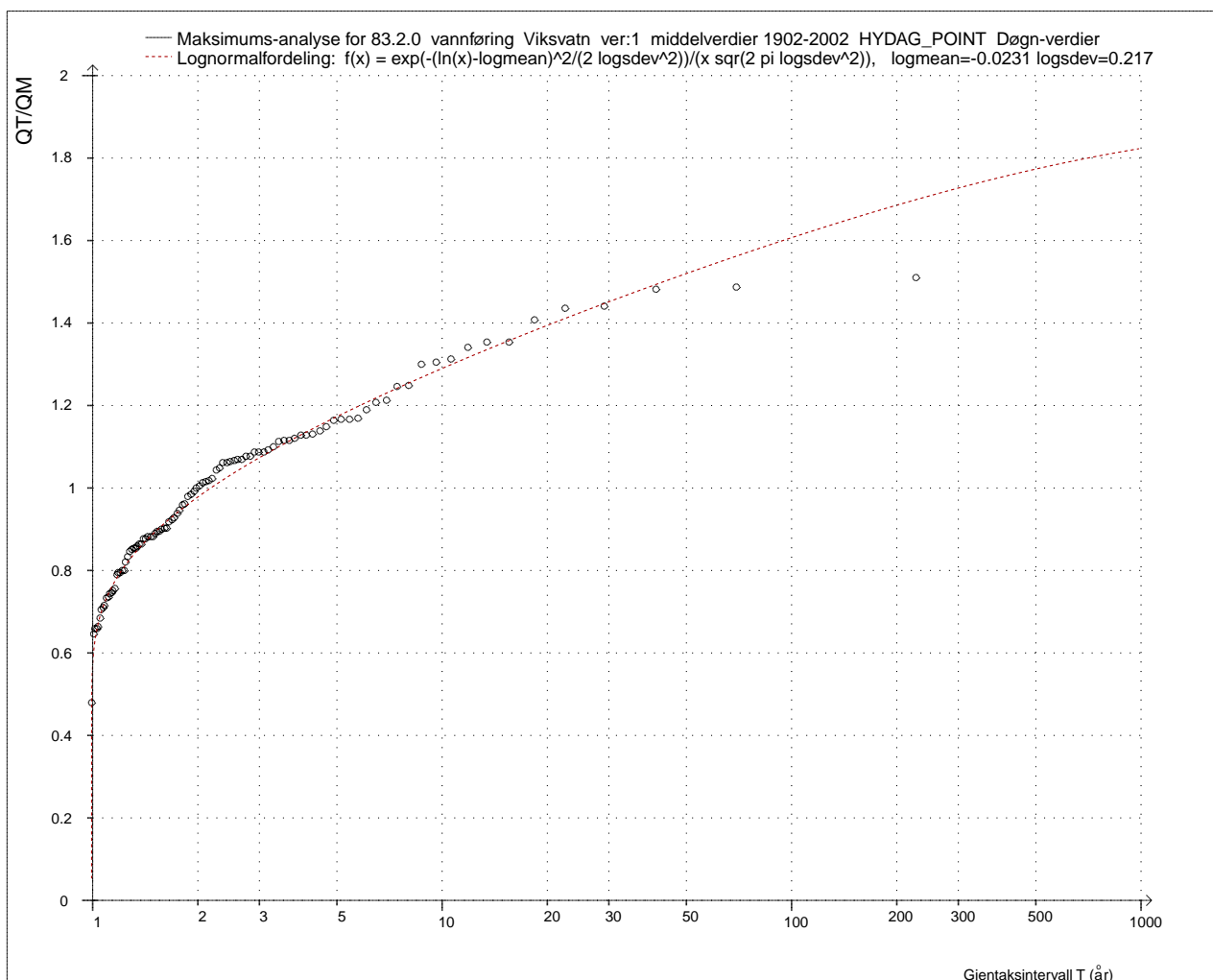


Figur 11. Flomfrekvenskurver (døgnmidler av årsflommer) for aktuelle målestasjoner. Valgt frekvenskurve for Gaula ved Sande sammenfaller med frekvenskurven for Viksvatn.

Tabell 5. Flomfrekvensanalyser på årsflommer i m<sup>3</sup>/s (døgnmiddelverdier) for de aktuelle målestasjonene.

Stasjon	Periode	Ant. år	Areal km <sup>2</sup>	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
83.2 Viksvatn	02-02	100	507	171	201	221	238	260	275	288	303
83.6 Byttevatn	78-01	24	104	79,5	95	108	120	136	149	161	177
83.12 Haukedalsvatn	35-02	62	205	100	121	140	160	187	209	232	266
82.4 Nautsundvatn	08-03	96	220	205	264	312	358	418	463	507	566
85.2 Blåmannsvatn	29-86	58	226	97,1	117	133	148	168	183	197	216
88.4 Lovatn	00-02	103	235	81,3	97	108	119	131	140	148	159
77.3 Sogndalsvatn	63-01	40	110	58,9	73	87	100	120	135	153	178
77.2 Veitestrandsvatn	00-82	83	386	111	126	137	148	160	170	179	191
62.5 Bulken*	92-01	110	1094	339	419	452	491	537	569	598	633

\*Analyseresultater er hentet fra rapporten "Flomberegninger i Vosso" (Holmqvist 2003).



Figur 12. Flomfrekvensanalyse Q<sub>T</sub>/Q<sub>M</sub> for 83.2 Viksvatn, døgnmiddel av årsflommer.

## 5. Beregning av flomverdier

Flomsonekart skal konstrueres for en om lag 3 km lang elvestrekning i Gaula fra Gryvlebakken oppstrøms Sande sentrum til Sandefossen nedstrøms sentrum. På denne elvestrekningen er det kun tilløp fra små sidebekker som relativt sett gir lite bidrag til Gaula ved flom. De to største tilløpsbekkene er Gryvla, som tilløper Gaula ved Gryvlebakken, og Løfallelva, som tilløper ved Sandefossen. Til tross for at disse sidebekkene er antatt å gi lite bidrag til Gaula ved flom er det valgt å beregne flomstørrelser i to punkter, øverst på strekningen ved Gryvlebakken rett oppstrøms tilløpet fra Gryvla og nederst på strekningen ved Sandefossen rett nedstrøms tilløpet fra Løfallelva. Dette vil gi et inntrykk av tilløpsbakkens samlede innvirkning på avrenningen på strekningen. Areal, spesifikk avrenning og høydeforhold i disse punktene, og for delfelt, er presentert i tabell 6.

**Tabell 6. Areal, spesifikk avrenning og høydeforhold for aktuelle delfelt i Gaularvassdraget. Arealene er fremkommet ved digitalisering av feltgrensene i NVEs kartverktøy Kartulf. Spesifikk avrenning er hentet fra NVEs digitale versjon av avrenningskart for perioden 1961-1990.**

	Areal km <sup>2</sup>	Spesifikk avrenning, 61-90 l/s·km <sup>2</sup>	Høyde moh.
Utløp Hestadjorden/Viksdalsvatn (83.2 Viksvatn)	507	84,3	145-1636
Gaula oppstrøms tilløp fra Gryvla	523	83,1	~110-1636
Delfelt Gaula fra Viksvatn-oppstrøms Gryvla	16	57,1	~110-1030
Gaula ved Sandefossen	545	82,2	72-1636
Delfelt Gaula fra oppstrøms Gryvla -Sandefossen	22	57,1	72-909
Sidebekk Gryvla	6,1	67,1	~110-817
Sidebekk Løfallelva	8,4	64,1	~72-909

Middelflommens størrelse styres dels av feltets beliggenhet i forhold til hvor eksponert det er for nedbør, og dels feltets karakter (feltstørrelse, effektiv sjøprosent, helningsforhold etc.), og varierer fra punkt til punkt i vassdraget. Små felt, innsjøfattige felt og bratte felt gir større spesifikke flommer enn store felt, innsjørike felt og felt uten store høydegradienter.

Spesifikk middelflom på 337 l/s·km<sup>2</sup> beregnet for dataserien ved 83.2 Viksvatn stemmer relativt godt overens sammenlignet med tilsvarende beregnet for de vassdrag i nærheten som også stemmer bra mhp. frekvensfaktorer (tabell 4), spesielt sammenlignet med Lovatn og Bulken. Middelflom kan også estimeres vha. regionale flomformler som tar utgangspunkt i feltkarakterisitika (Wingård 1978 og Sælthun 1997). I denne forbindelse ligger Gaula i en overgangssone mellom flere regioner, som tidligere beskrevet. Formlene gir svært forskjellige estimat for middelflom i Gaula, og det er i dette tilfellet valgt å se bort fra disse estimatene. Det vektlegges at observasjonsserien ved Viksvatn er lang, har god datakvalitet. Det er derfor valgt å benytte beregnet observert middelflom ved Viksvatn som utgangspunkt for beregning av middelflom på den flomutsatte elvestrekningen ved Sande.

Spesifikk middelflom er avhengig av nedbørfeltets størrelse, og vil som oftest avta med økende areal. Arealforskjellen mellom målestasjonen 83.2 Viksvatn og de to punktene der flomverdiene skal gjelde, er ved Gryvlebakken 16 km<sup>2</sup> (3 %) og ved Sandefossen 38 km<sup>2</sup> (7 %). På strekningen mellom Viksvatn og Sandefossen antas en liten reduksjon i spesifikk middelflom nedover i vassdraget. Bakgrunnen for dette er at flommens bidrag fra de lavereliggende delene av vassdraget i mange tilfeller vil ha passert hovedelva før flommen fra de øvre deler av vassdraget når så langt ned i vassdraget. Dette skyldes en kombinasjon av at innsjøene i hovedvassdraget vil forsinke flommene ovenfra, og at de høyereliggende arealene i sidebekkene er så små at de gir relativt lite bidrag til hovedelva. Det antas at dette er tilfellet både ved vårflom, der avsmeltingen i de nedre deler stort sett er over før vårflommen starter i høyereliggende områder, og ved høstflom da nedbørintensiteten er størst i de høyereliggende områdene, slik det fremgår av NVEs avrenningskart (NVE, 2002). For å få et estimat på spesifikk middelflom ved Gryvlebakken og Sandefossen er spesifikk middelflom ved 83.2 Viksvatn redusert med en faktor tilsvarende forskjellen i beregnet spesifikk årsmiddelavrenning (tabell 6). Spesifikk middelflom i Gaula ved Gryvlebakken er beregnet til 332 l/s·km<sup>2</sup>, og ved Sandefossen til 329 l/s·km<sup>2</sup>.

Med valgt spesifikk middelflom, og flomfrekvensfordelingen som antas representativ for Gaula (tabell 4), blir de resulterende flomverdiene som vist i tabell 7. Som det fremgår av tabellen er beregnet bidrag fra sidebekkene på strekningen mellom Gryvlebakken og Sandefossen svært lite ved alle gjentaksintervall.

**Tabell 7. Beregnet middelflomverdi (Q<sub>M</sub>), frekvensfaktorer (Q<sub>T</sub>/Q<sub>M</sub>) og resulterende flomverdier ved ulike gjentaksintervall i Gaula, døgnmiddelvannføringer.**

	Areal km <sup>2</sup>	Q <sub>M</sub>		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
		l/s·km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s							
Q <sub>T</sub> /Q <sub>M</sub>				1,17	1,29	1,39	1,52	1,61	1,69	1,77
Gaula ved 83.2 Viksvatn	507	337	171	201	221	238	260	275	288	303
Gaula ved Gryvlebakken	523	332	174	204	224	242	264	279	293	308
Gaula ved Sandefossen	545	329	179	210	231	250	272	288	302	318

Flomverdiene som hittil er presentert representerer døgnmidler. Kulminasjonsvannføringen (momentanvannføringen) kan være atskillig større enn døgnmiddelvannføringen. Dette er spesielt karakteristisk for små vassdrag med rask flomstigning og spisse flomforløp. Smelteflommer, som er vanlig i Gaula om våren, har oftest relativt lang varighet og stort volum. Dette gir normalt en mer moderat forskjell mellom momentan- og døgnmiddelflommen enn for høstflommer. For høstflommer, som er dominert av regn, er avrenningen til elva raskere og forløpet spissere, og dermed blir forholdstallet normalt større. Andelen sjøareal i et vassdrag påvirker også i stor grad dette forholdet. I vassdrag med stor effektiv sjøprosent er flomdempningen stor i forhold til i vassdrag med lite sjøareal. Forholdet mellom momentan- og døgnmiddelflom er derfor oftest atskillig mindre i slike vassdrag enn i felt med liten effektiv sjøprosent. I Gaula nedstrøms Hestadfjorden/Viksdalsvatn, der flomepisoder opptrer både vår og høst og er forårsaket av enten snøsmelting, regn eller en kombinasjon av disse, skulle en på bakgrunn av dette anta at forholdstallet mellom kulminasjonsvannføring og

døgnmiddelvanntføring varierer i stor grad fra flomepisode til flomepisode. Analyse av noen store flommer antyder at dette ikke er tilfellet. Dette er nærmere beskrevet under. Lave og lite varierende forholdstall i Gaula har antagelig forklaring i at det er et relativt stort og forgrenet vassdrag med en del sjøer. Til sammen vil disse forgreningene og innsjøene gi stor flomdempning både vår og høst.

Kulminasjonsvanntføringen anslås fortrinnsvis ved å analysere de største observerte flommene i vassdraget. Forholdstallet ( $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}}$ ) mellom observert momentanvanntføring og døgnmiddelvanntføring beregnes da for én eller flere av de større flommene ved målestasjoner i vassdraget, og/eller eventuelt i nærliggende vassdrag, avhengig av hvor og når det finnes data med fin tidsoppløsning (timesverdier). Tabell 8 viser observert  $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}}$  for fem av de ti største årsflommene ved 83.2 Viksvatn der det finnes data med timesoppløsning. Siden forholdstallet tilsynelatende varierer i liten grad, er det knyttet relativt liten usikkerhet i å velge ett forholdstall som skal gjelde for alle gjentaksintervall.

**Tabell 8. Forholdstall  $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}}$  for fem av de ti største årsflommene ved 83.2 Viksvatn i observasjonsperioden 1963-2001. Kilde er NVEs dataarkiv Hydrall eller limnigrafskjema.**

Rang*	År	Dato	Døgnmiddel- vanntføring, m <sup>3</sup> /s	Kulminasjons- vanntføring, m <sup>3</sup> /s	$Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}}$
1.	1995	28/10	258	266	1,03
3.	1983	28/10	253	268	1,06
4.	2000	15/6	246	253	1,03
9.	1981	15/5	229	230	1,00
10.	1989	29/6	224	227	1,01
Gjennomsnitt:					1,03

\* Rang angir hvilket nummer årsflommen har i rekken av alle observerte årsflommer, sortert fra størst til minst.

Observerte data fra flere store flommer viser som nevnt at forholdstallet  $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}}$  varierer i liten grad fra flomepisode til flomepisode. For sammenligning er tilsvarende forholdstall også beregnet med utgangspunkt i eksisterende formelverk. I ”Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag” (Sælthun 1997) er det utarbeidet ligninger som uttrykker en sammenheng mellom forholdet  $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}}$  og feltkarakteristika (feltareal og effektiv sjøprosent) for vår- og høstsesong.

For vårflokker gjelder formelen

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

mens formelen for høstflokker er:

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

hvor A er feltareal og  $A_{\text{SE}}$  er effektiv sjøprosent. For Gaula gjøres estimatet både for vår- og høstflokker. Formlene gav et forholdstall på 1,03 for vårflokk og 1,00 for høstflokk ved målestasjon 83.2 Viksvatn. Dette stemmer bra overens med gjennomsnittet på 1,03 for de fem observerte flommene i tabell 8. For Gaula på strekningen mellom Gryvlebakken og Sandefossen



benyttes forholdstallet 1,03, til tross for at det i noen flomtilfeller kan være større og i andre tilfeller mindre.

Resulterende kulminasjonsvannføringer ved flommer med forskjellige gjentaksintervall i Gaula er vist i tabell 9. Flomverdiene er presentert med en nøyaktighet på 1 m<sup>3</sup>/s til tross for usikkerhet i beregningene. Dette er gjort for å unngå uoverensstemmelser i flomverdier når disse presenteres for flere punkter i vassdraget og for flere gjentaksintervall.

**Tabell 9. Flomverdier i Gaula, kulminasjonsvannføringer i m<sup>3</sup>/s.**

	Areal km <sup>2</sup>	Q <sub>mom</sub> / Q <sub>mid</sub>	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
Gaula ved 83.2 Viksvatn	507	1,03	176	207	227	245	268	283	297	312
Gaula ved Gryvlebakken	523	1,03	179	210	231	249	272	287	301	317
Gaula ved Sandefossen	545	1,03	185	216	238	257	281	297	311	327

## 6. Kalibreringsdata til hydraulisk modell

Til kalibrering av hydraulisk modell for Gaula er det håp om å anskaffe vannstandsobservasjoner på den aktuelle strekningen ved kulminasjonstidspunktet for flommen den 28.oktober 1983. Kulminasjonen skjedde omkring midnatt. Basert på observasjoner ved målestasjon 83.2 Viksvatn er kulminasjonsvannføringen dette døgnet beregnet i Gaula ved Gryvlebakken og Sandefossen.

Observert døgnmiddelvannføring og kulminasjonsvannføring ved 83.2 Viksvatn den 28. oktober 1983 fremgår av tabell 8. Høyeste vannstand (kulminasjon) ved denne flomepisoden ble avmerket på en låvevegg. Vannlinjen ble siden nivellert til 3,758 m relatert til den lokale vannstandsskalaen ved målestasjonen (kilde: limnigrafskjema i NVEs arkiv). Omregnet via vannføringskurven gir dette en kulminasjonsvannføring på 268,4 m<sup>3</sup>/s, som tilsvarer en 50-års flom (tabell 9). Det antas at flommen har samme gjentaksintervall litt lenger ned i Gaula ved Gryvlebakken og Sandefossen. Tabell 9 viser at kulminasjonsvannføring ved 50-års flom ved Gryvlebakken er estimert til 272 m<sup>3</sup>/s og ved Sandefossen til 281 m<sup>3</sup>/s. Kulminasjonsvannføring i Gaula på den aktuelle strekningen under flommen i 1983 er oppsummert i tabell 10.

**Tabell 10. Kulminasjonsvannføring ved flommen i Gaula ved midnatt den 28/10-1983.**

	Kulm. vannf. 28/10-1983 m <sup>3</sup> /s
Gaula ved 83.2 Viksvatn	268
Gaula ved Gryvlebakken	272
Gaula ved Sandefossen	281

## 7. Observerte flommer

De fem største observerte flommene ved målestasjonen 82.3 Viksvatn er vist i tabell 3. Av de tretti største observerte årsflommene ved Viksvatn i perioden 1902-2002 har omtrent halvparten vært vårflommer i månedene mai, juni og juli og den andre halvpart i månedene september og oktober. De tre største observerte årsflommene i Gaula ved utløpet av

Hestadfjorden/Viksdalsvatn, 28. oktober 1995, 29. september 1917 og 28. oktober 1983, hadde døgnmiddelvannføring på henholdsvis 258 m<sup>3</sup>/s, 254 m<sup>3</sup>/s og 253 m<sup>3</sup>/s. Tabell 7 viser at disse flommene er estimert til henholdsvis en 50-årsflom og to tilnærmede 40-årsflommer.

Kulminasjonsvannføringen kan ha et annet gjentaksintervall enn døgnmiddelvannføringen, fordi gjentaksintervall på flommer er avhengig av hvilken varighet som betraktes. Observert kulminasjonsvannføring for flommen i 1995 og 1983 var på henholdsvis 266 m<sup>3</sup>/s og 268 m<sup>3</sup>/s, som i henhold til tabell 9 tilsvarer to 50-årsflommer.

## 8. Usikkerhet

Datagrunnlaget for flomberegning for Gaula ved Sande kan karakteriseres som bra. Lang dataserie med observert vannstand og vannføring finnes rett oppstrøms den strekningen som skal flomberegnes. Dataene antas å ha god kvalitet på stor vannføring, og det er godt oppmålt vannføringskurve. Resultatene fra frekvensanalysen avviker noe fra flere andre stasjoner i nærliggende vassdrag som det er naturlig å sammenligne med. Det forekommer imidlertid tilsvarende slake frekvenskurver i enkelte vassdrag i omegnen. På store gjentaksintervall er det imidlertid knyttet noe usikkerhet til valgt frekvensfordeling som er tilpasset observerte årsflommer, fordi denne overestimerer de største flommene slik at disse får relativt lave gjentaksintervall i forhold til lengden på observasjonsserien. Det er gode opplysninger om forholdet mellom kulminasjonsvannføring og døgnmiddelvannføring, og siden dette forholdet varierer i liten grad fra flomepisode til flomepisode ved Viksvatn er det ikke knyttet stor usikkerhet i det å velge ett forholdstall som skal gjelde for alle årsflommer ved estimering av kulminasjonsvannføring. Sidebekkene på strekningen antas å gi lite bidrag til hovedelva ved flom, og det er ingen vassdragsreguleringer som påvirker flomforholdene.

Til tross for et antatt godt datagrunnlag, er det en hel del usikkerheter knyttet til slike flomberegninger. De observasjoner som foreligger er av vannstander. Disse omregnes ut fra en vannføringskurve til vannføringsverdier. Vannføringskurven er basert på et antall samtidige observasjoner av vannstander og målinger av vannføring i elven. Men disse direkte målinger er ikke 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 stor grad av usikkerhet.

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

En annen faktor som fører til usikkerhet i data, er at de eldste dataene i databasen er basert på én daglig observasjon av vannstand inntil registrerende utstyr ble tatt i bruk. Disse daglige

vannstandsavlesninger betraktes å representere et døgnmiddel, men kan selvfølgelig avvike i større eller mindre grad fra det reelle døgnmidlet.

I tillegg er dataene med fin tidsoppløsning 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 cirka 10–15 år tilbake. Det er derfor ikke mulig å utføre flomberegninger direkte på kulminasjonsvannføringer.

Å kvantifisere usikkerhet i hydrologiske data er meget vanskelig. Det er mange faktorer som spiller inn, særlig for å anslå usikkerhet i ekstreme vannføringsdata. Konklusjonen for denne beregning er kun den at datagrunnlaget er bra, og klassifiseres ut fra dette kriterie i klasse 1, i en skala fra 1 til 3 hvor 1 tilsvarer beste klasse.

## Referanser

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

Astrup, M. 2001: Avløpsnormaler. Normalperioden 1961-1990. Rapport nr. 2-2001, NVE.

Drageset, T.-A. 2000: Flomberegning for Daleelva i Høyanger. Flomsonekartprosjektet. Dokument nr. 9-2002. NVE.

Drageset, T.-A. 2003: Flomberegning for Batnfjordøra. Flomsonekartprosjektet. Dokument nr. 5-2003. NVE.

Førland, E. J. 1993: Nedbørnormaler, normalperiode 1961-1990. DNMI-rapport nr. 39/93  
Klima.

Holmqvist, E. 2003: Flomberegninger i Vosso. Flomsonekartprosjektet. Dokument nr. 1-2003, NVE.

NVE 2002: Avrenningkart for Norge 1961-1990, 1:500 000. Hydrologisk avdeling.

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

Sælthun, N. R. 1997: Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag. Rapport nr. 14-97, NVE.

Wingård, B. 1978: Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag. Rapport nr. 2-78, NVE.



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

### **Utgitt i Dokumentserien i 2003**

- Nr. 1 Erik Holmqvist: Flomberegninger i Vosso (062.Z) Flomsonekartprosjektet. (37 s.)
- Nr. 2 Lars-Evan Pettersson: Flomberegninger for Lakselva i Misvær. Flomsonekartprosjektet (16 s.)
- Nr. 3 Eirik Traae, Anette Werkland: Program for økt sikkerhet mot leirskred. Risiko for kvikkleireskred i Skienselva – forslag til tiltak (18 s.)
- Nr. 4 Inger Sætrang: Statistikk over tariffer i distribusjonsnettet 2003 (39 s.)
- Nr. 5 Turid-Anne Drageset: Flomberegning for Batnfjordelva (108.3Z). Flomsonekartprosjektet (22 s.)
- Nr. 6 Turid-Anne Drageset: Flomberegning for Sogndalselvi (077.3Z). Flomsonekartprosjektet (25 s)
- Nr. 7 Inger Sætrang: Oversikt over vedtak og utvalgte saker. Tariffer og vilkår for overføring av kraft 2002 (16 s.)
- Nr. 8 Thomas Væringstad: Flomberegning for Sandvikselva (008.Z)Flomsonekartprosjektet. (21 s.)
- Nr. 9 Turid-Anne Drageset: Flomberegning for Gaula i Sogn og Fjordane (083.B) Flomsonekartprosjektet (25 s)