

Sunnfjord Energi AS

# Jølstra frå Tongahølen til Reinene

## Hydrologi

2013-11-11 Oppdragsnr.: 5121153



F01	19.11.2013	Endelig rapport	Dan Lundquist	Torgeir Isdahl	Torgeir Isdahl
A01	13.3.2013	Førsteutkast	Dan Lundquist	Torgeir Isdahl	Torgeir Isdahl
Rev.	Dato:	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontroll	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

## Innhold

<b>1</b>	<b><i>Feltbeskrivelse</i></b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b><i>Reguleringsforutsetninger</i></b>	<b>7</b>
2.1	Eksisterende reguleringsanlegg	7
2.2	Historiske Lavvannføringer	9
2.3	Nytt kraftverk ved Kjøsnesfjorden	10
2.4	Planlagt nytt kraftverk i Jølstra	11
<b>3</b>	<b><i>Hydrologi</i></b>	<b>12</b>
3.1	Valg av sammenligningsstasjon	12
3.2	Egenskaper til vannføringsseriene for Jølstra	15
<b>4</b>	<b><i>Resultater</i></b>	<b>20</b>
4.1	Valg av referansepunkt	20
4.2	Vannføring før og etter utbygging	22
4.3	Lavvannføringer	23
4.4	Flom	24
4.5	Varighetskurver	26
<b>5</b>	<b><i>Vurdering av resultatene</i></b>	<b>28</b>
<b>6</b>	<b><i>Alternativ beregning</i></b>	<b>33</b>
6.1	Vannføring før og etter utbygging	33
6.2	Lavvannføringer	35
6.3	Flom	36
6.1	Varighetskurver	37
<b>7</b>	<b><i>Utvidet flomanalyse</i></b>	<b>38</b>

## Sammendrag

Det er utført hydrologiske vurderinger for et planlagt vannkraftverk til Sunnfjord Energi AS, som vil utnytte fallet mellom Tongahølen og Reinene nedstrøms Jølstravatnet i Jølstravassdraget. Vurderingene er foretatt i henhold til NVEs veileder om "Konsesjonsbehandling av vannkraftsaker" og er basert på bruk av NVEs programvare og databasen Hydra II.

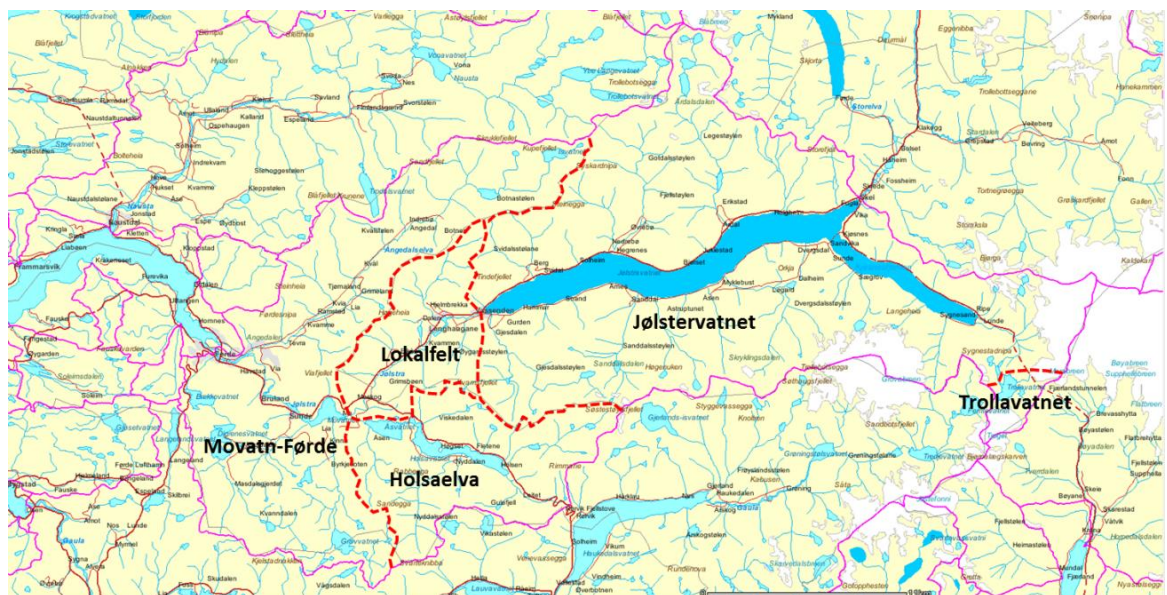
Datagrunnlaget til denne flomberegningen vurderes å ligge i kvalitetsklasse 1. I datamaterialet inngår måleserier i det aktuelle vassdraget og fra felt av relevant størrelse for lokalfeltet.

# 1 Feltbeskrivelse

Hovedparten av strekningen til Jølstra fra Vassenden til Movatn ligger i Jølster kommune i Sogn og Fjordane fylke, kun den aller nederste biten av denne elvestrekningen ligger i kommune. Det totale nedbørfeltet til Jølstravatnet har i henhold til NVE-atlas et areal på 384 km<sup>2</sup> (se Figur 1) og middeltilsiget er ifølge NVEs avrenningskart for 1961-1990 927 Mm<sup>3</sup>, som svarer til 29,4 m<sup>3</sup>/s, 77 l/s/km<sup>2</sup>, eller 2413 mm/år (se

Tabell 1). Høyden i nedbørfeltet til Jølstravatnet fordeler seg mellom 207 og 1648 moh med en median høyde på 748 moh (se Figur 2). Jølstravatnet har HRV på kote 207,35 med et areal på 39,25 km<sup>2</sup>, mens LRV vil ligge på kote 206,10. Ved Vassenden har Jølstravatnet avløp til elvestrekningen hvor kraftverket planlegges bygget. Det lokale nedbørfeltet til Jølstra mellom Vassenden og samløpet med Holsaelva bidrar i økende grad til vannføringen i den mest berørte elvestrekningen. Dette lokalfeltet har et areal på 50,4 km<sup>2</sup> og et middeltilsig på 95,0 Mm<sup>3</sup>, som svarer til 3,0 m<sup>3</sup>/s, 60 l/s/km<sup>2</sup>, eller 1885 mm/år. Høyden i dette feltet fordeler seg mellom 40 og 1083 moh med medianhøyde ca. 380 moh.

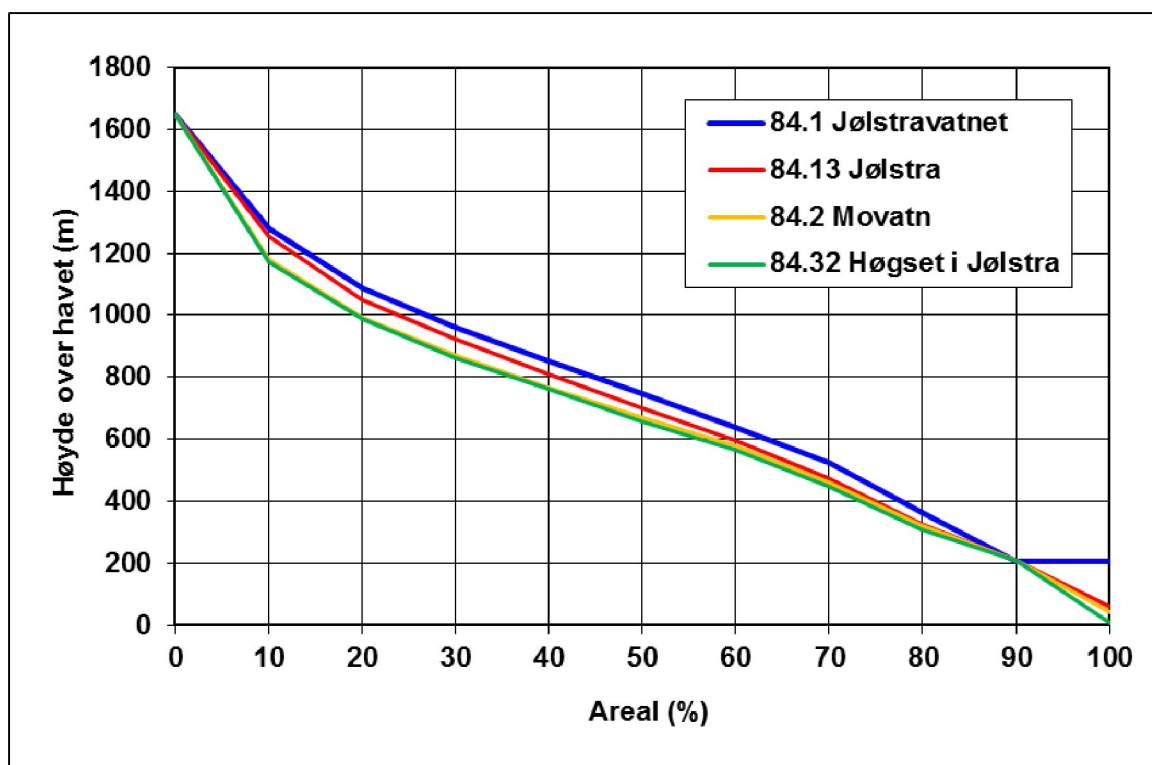
Det er ingen overføringer til eller fra Jølstravassdraget.



Figur 1. Nedbørfelt til Jølstra.

Tabell 1. Nedbørfelt til Jølstra.

Delfelt	Areal (km <sup>2</sup> )	Årstilsig (Mm <sup>3</sup> )	Årstilsig (m <sup>3</sup> /s)	Årstilsig (l/s/km <sup>2</sup> )	Årstilsig (mm)	Høyde (moh)
Jølstravatn	384,12	926,92	29,39	77	2413	207-1648
Lokalfelt	50,39	94,96	3,01	60	1885	40-1083
Holsaelva	84,19	194,62	6,17	73	2312	40-1425
Movatn-Førde	196,55	448,24	14,21	72	2281	0-1287
<i>Totalt</i>	<i>715,25</i>	<i>1664,74</i>	<i>52,79</i>	<i>74</i>	<i>2327</i>	<i>0-1648</i>
Trollavatnet lokalt	8,92	31,83	1,01	113	3568	1001-1565



Figur 2. Hypsografiske kurver for totalfelt til målestasjoner.

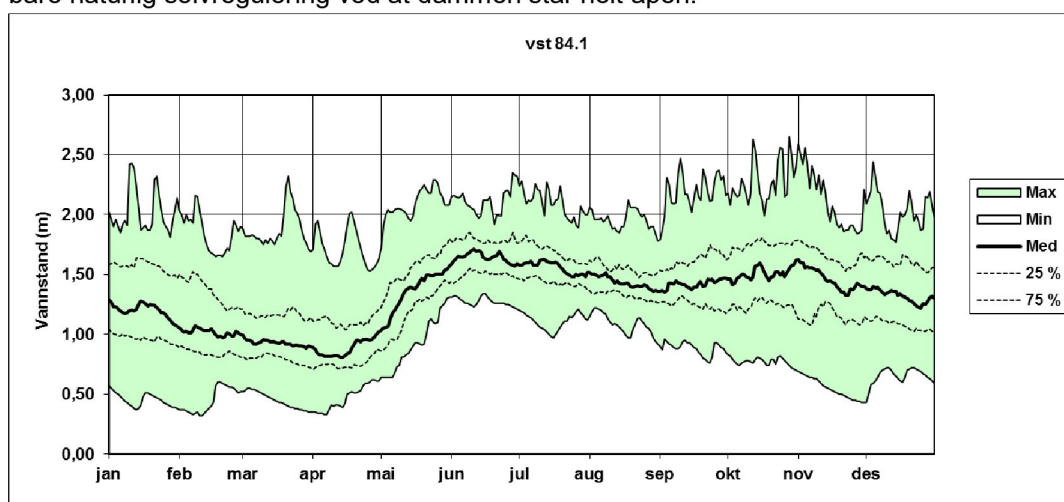
## 2 Reguleringsforutsetninger

### 2.1 EKSISTERENDE REGULERINGSANLEGG

Jølstravatnet reguleres i dag av en nåledam ved utløpet, som også har en reguleringsluke (se



Figur 3). Minstevannføring blir normalt sluppet i det sørlige nålefeltet, som også er tilpasset oppgang av fisk. Jølstravatnet er regulert med 1,25 m mellom kote 206,10 og 207,35 og med et regulert volum på 50 mill. m<sup>3</sup> (se Figur 4). I praksis består reguleringen av at noe vann holdes igjen om høsten for å tappes senere om vinteren. Den laveste delen av reguleringshøyden i Jølstervatnet kan tappes og fylles flere ganger gjennom vinteren i forbindelse med mildvær og snøsmelting. I perioden fra 15. april til 15. september har en bare naturlig selvregulering ved at dammen står helt åpen.



Figur 5 viser karakteriske verdier til sesongvariasjonen hos vannstanden i Jølstravatnet og Figur 6 karakteristiske vannføringer ut av Jølstravatnet.

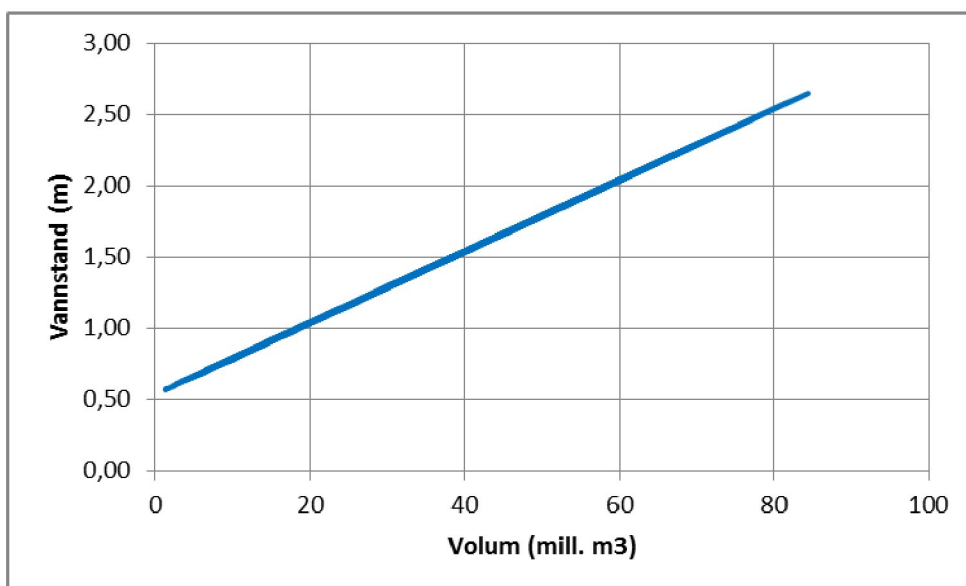
Basert på magasinkurven er magasinets areal ca. 40 km<sup>2</sup> både ved LRV og HRV, mens NVE-atlas oppgir arealet til 39,25 km<sup>2</sup> ved HRV. Ca. 1,6 km nedstrøm for damanlegget ved

Vassenden ligger Jølstrholmen minikraftverk med maksimal effekt 0,15 MW. Kraftverket, som ble satt i drift 2003, berører bare en sidegren av hovedelva. Det vil heller ikke bli berørt av det planlagte nye kraftverket. Ca. 8 km nedstrøms damanlegget ligger Stakaldefoss kraftverk, som utnytter et fall på 43,8 m og har maksimal effekt 10,5 MW med midlere årsproduksjon 56 GWh. Den berørte elvestrekningen er ca. 770 m lang, og kraftverket ble satt i drift 1953. Etter bygging av nytt kraftverk vil Stakaldefoss evt. bare produsere på flomvann, som renner forbi inntaket til det nye kraftverket, og minstevannføring (fordi det ikke er krav om minstevannføring ved Stakaldefoss).

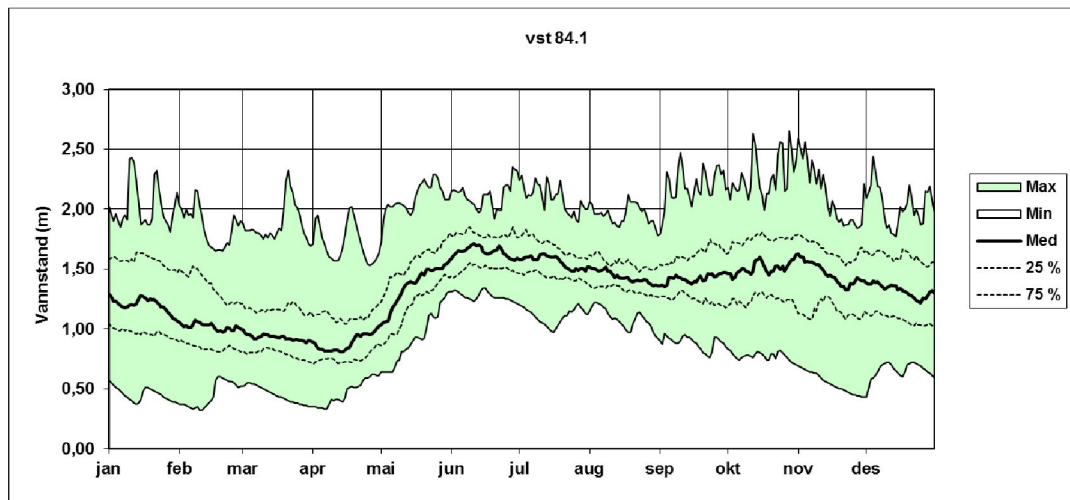




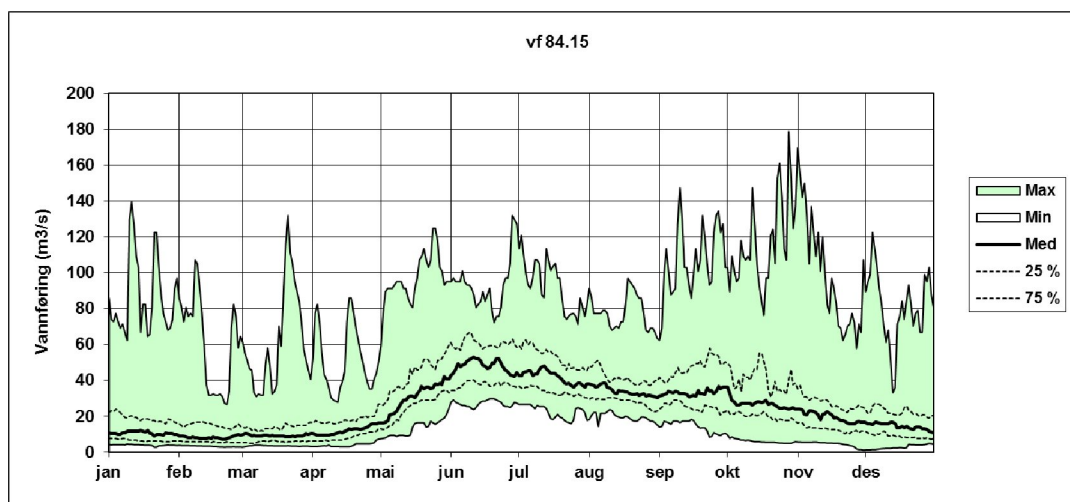
Figur 3. Damanlegg ved Jølstravatnet.



Figur 4. Magasinkurve for Jølstravatnet.



Figur 5. Karakteriske vannstander i Jølstravatnet 1952-1995.

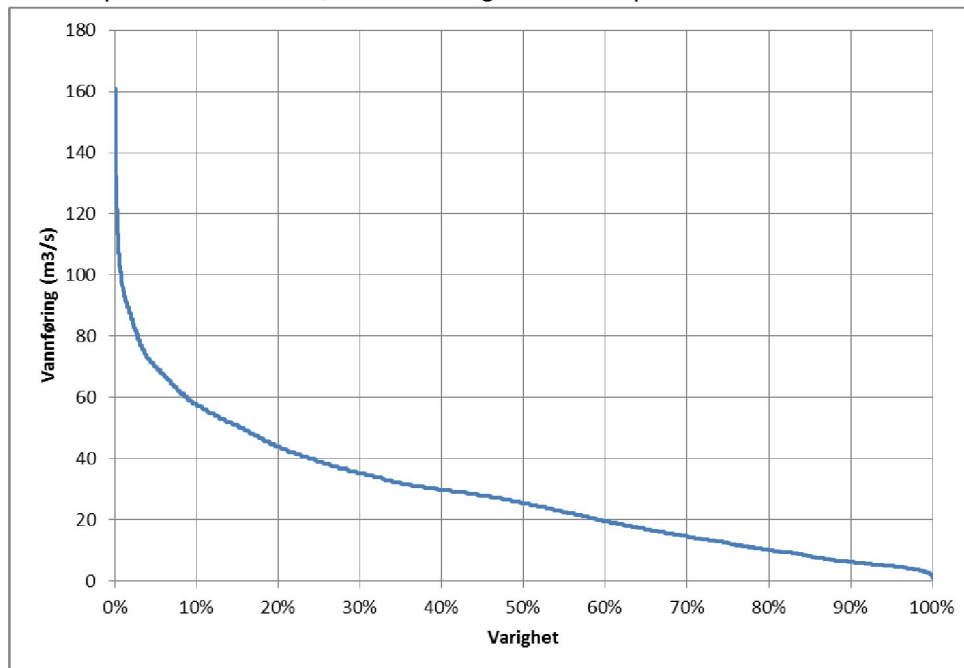


Figur 6. Karakteriske vannføringer ut av Jølstravatnet 1952-1995.

## 2.2 HISTORISKE LAVVANNFØRINGER

En analyse av observerte vannføringer ut av Jølstravatnet for perioden 1952-2011 viser at 5-persentilen i denne perioden har vært 19,05 m<sup>3</sup>/s om sommeren (01.05-30.09) og 4,14 m<sup>3</sup>/s om vinteren (01.10-30.04). På årsbasis har den vært 4,83 m<sup>3</sup>/s. Alminnelig lavvannføring i

samme periode har vært 4,48 m<sup>3</sup>/s. Varighetskurven på årsbasis er vist i

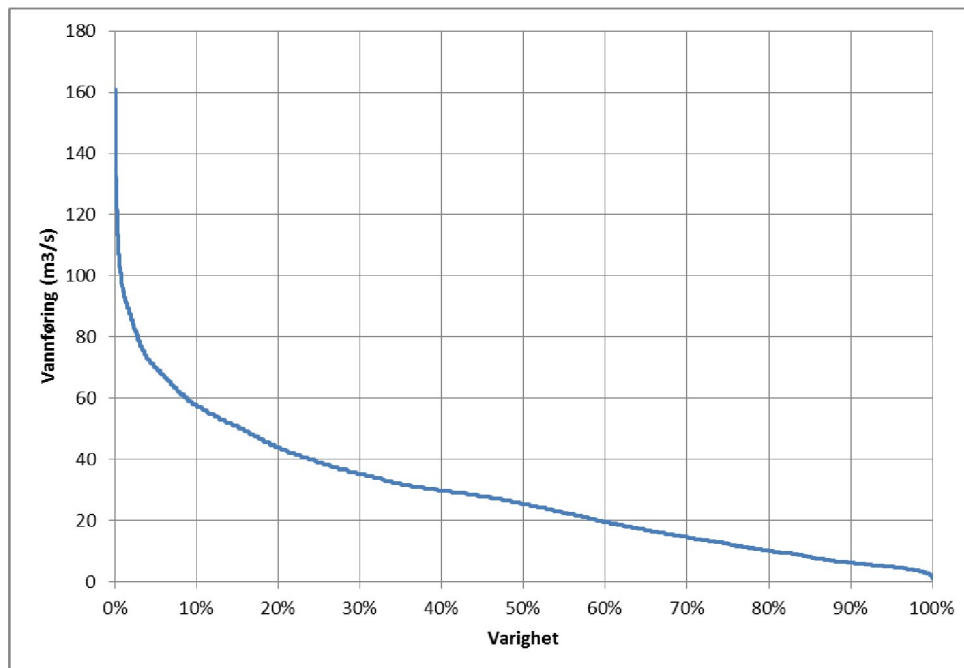


Figur 7.

I førhåndsmelding om utbyggingsplaner i Jølstra er alminnelig lavvannføring ved inntak Tongahølen oppgitt til 4,6 m<sup>3</sup>/s og 5-persentilen til 21,5 m<sup>3</sup>/s om sommeren og 5,8 m<sup>3</sup>/s om vinteren. Vi ser at disse verdiene stemmer godt overens med hva vi har beregnet for avløpet fra Jølstravatnet.

Det er pr. i dag ingen bestemmelser vedrørende minstevannføring ut av Jølstravatnet, men det ble under konsesjonsbehandlingen foreslått at vannføringen ikke noen gang i døgnet skulle være mindre enn 5 m<sup>3</sup>/s.

I våre beregninger har vi benyttet to alternative minstevannføringsregimer 12,0 og 4,0 m<sup>3</sup>/s alternativt 19,0 og 4,0 m<sup>3</sup>/s for sommer (01.05-30.09) og vinter (01.10-30.04).



Figur 7

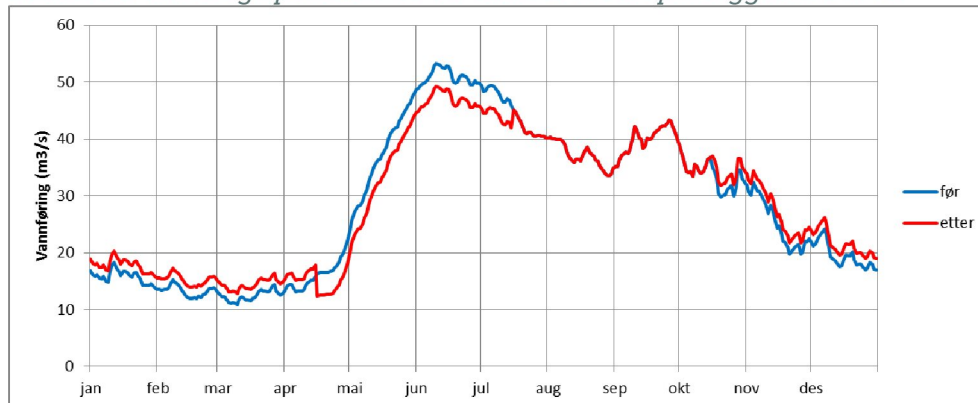
Varighetskurve for vannføring ut av Jølstravatnet 1952-2011.

### 2.3 NYTT KRAFTVERK VED KJØSNESFJORDEN

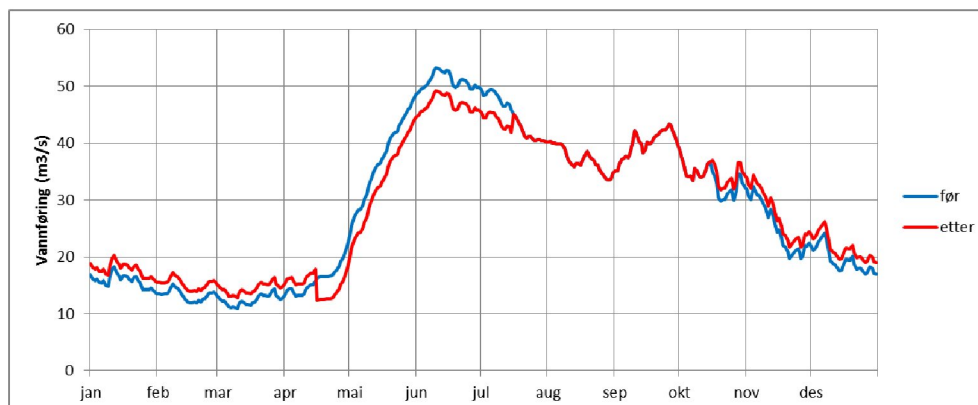
Kjøsnesfjorden kraftverk øverst i Jølstravassdraget ble satt i drift i 2010. Kraftverket utnytter det ca. 800 m høye fallet fra Trollavatn ned til Jølstravatnet. Det har en slukeevne på 12 m<sup>3</sup>/s og yter 84 MW. Reguleringen har kun et magasin, Trollavatnet, med HRV på kote 1001,40 og LRV på kote 968,4. Regulert magasinivolum er 32 mill.m<sup>3</sup> og nedslagsfeltet 32km<sup>2</sup>. Før regulering låg Trollavatn på kote 988 og hadde et areal på 1,0853 km<sup>2</sup>. Lokalfeltet til Trollavatn er 8,92 km<sup>2</sup>. I tillegg overføres det vann fra totalt 12 bekkeinntak med et samlet tilleggsareal på ca. 21 km<sup>2</sup>.

I praksis drives kraftverket med tre regimer i løpet av året. Den 15. april begynner man å fylle magasinet og kan da bare nytte vatnet fra den vestre takrenna (1/3 av tilsiget) til produksjon. Ca. 15. juli er magasinet fylt opp til sommer-LRV og man produserer da for fullt (12 m<sup>3</sup>/s) frem til 1. oktober. Omtrent ved 1. oktober avtar tilsiget og man starter å tappe ned litt for å sikre at man ikke får overløp i de første ukene i denne perioden. Man vil deretter disponere vatnet ut over vinteren frem mot 15. april da det normalt vil vere tomt.

*Effekten på Jølstravatnet kan forenklet beskrives ved at det i perioden fra 15. april til 15. juli trekkes fra 4 m<sup>3</sup>/s og i perioden fra 15. oktober til 15. april legges til 2 m<sup>3</sup>/s.*



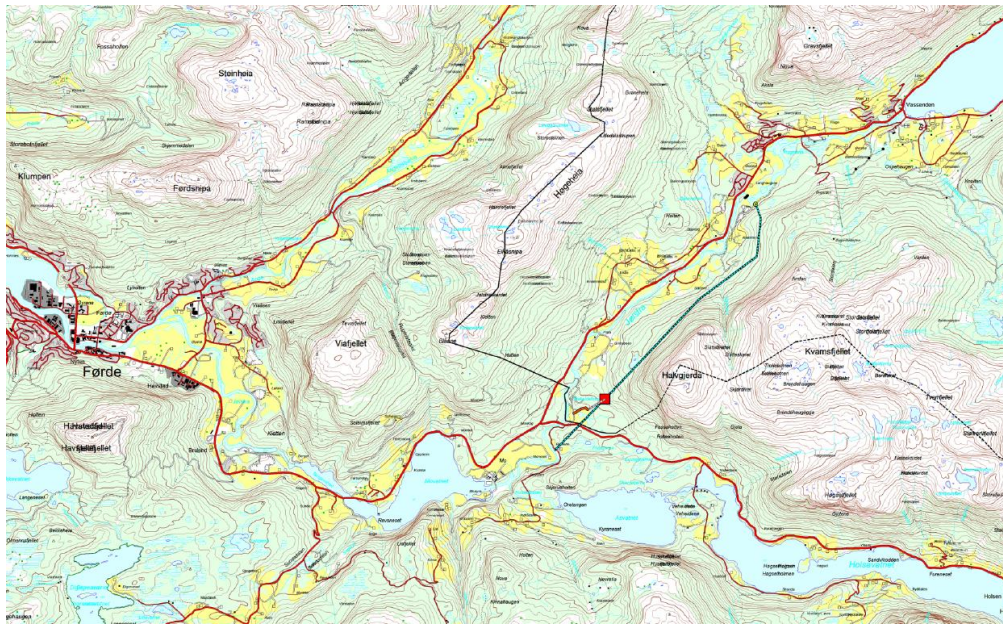
Figur 8. viser hvordan dette vil slå ut på det midlere avløpet fra Jølstravatnet i perioden 1952-2009.



Figur 8. Effekt av Kjosnesfjorden kraftverk på vannføringen ut av Jølstravatnet.

## 2.4 PLANLAGT NYTT KRAFTVERK I JØLSTRA

Det planlagte kraftverket vil utnytte et fall på 131 m og få en samlet installert effekt på 46 MW med midlere årsproduksjon 173 GWh. Maksimal slukeevne vil bli 55 m<sup>3</sup>/s og minste slukeevne 3,6 m<sup>3</sup>/s, og den berørte elvestrekningen vil være 5,6 km lang (se Figur 9). Det er forutsatt at det nye kraftverket skal kjøres innenfor gjeldende konsesjon for regulering av Jølstravatnet, og at tapperegimet ikke vil endres i forhold til dagens praksis.



Figur 9. Lokalisering av inntak og utløp fra kraftverket.

# 3 Hydrologi

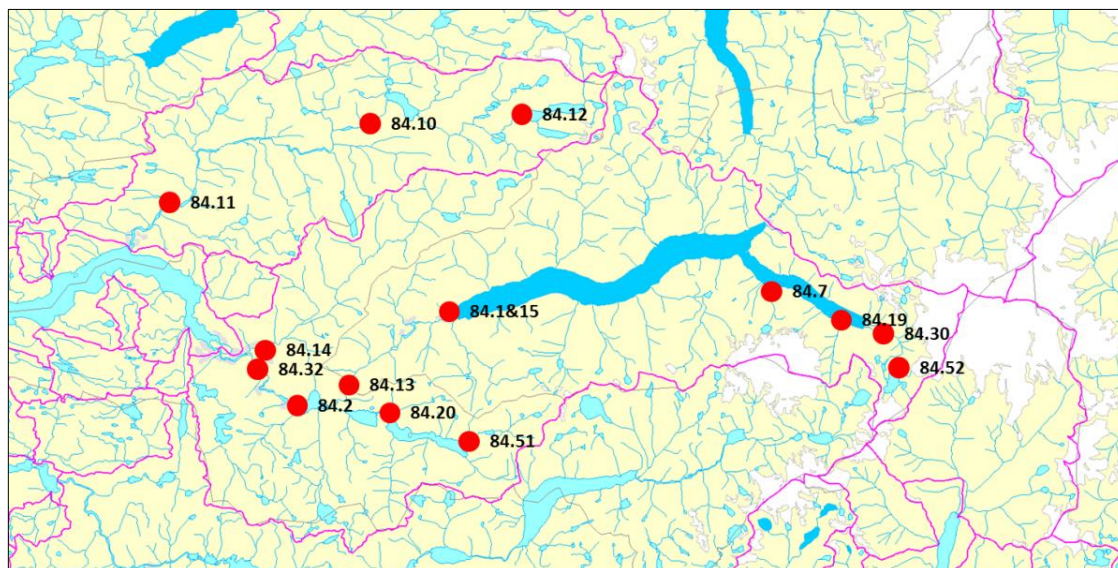
## 3.1 VALG AV SAMMENLIGNINGSSTASJON

*Flere vannføringsstasjoner er vurdert brukt i denne utredningen (*



*Figur 10 og*

Tabell 2), og av størst interesse er 84.15 Jølstravatnet ndf og 84.14 Prestfossen (uthevet i tabellen). Til sammenligning er også feltegenskapene til det sentrale lokalfeltet, vist i kursiv.



Figur 10. Vurderte målestasjoner.

Kommentarer fra NVE til de enkelte målestasjoner:

- 84.1 Jølstravatn er regulert fra 01.11.1951.
- 84.13 Jølstra: Målestedets beliggenhet ca. 500 m ndf. VM må fastsettes og målingen korrigeres mht. areal før kurve utarbeides. Den foreløpige kurven utarbeidet i des 79 er trolig ikke korrigert mht. areal.
- 84.15 Jølstravatn ndf er regulert fra 01.11.1951.
- 84.32 Høgset i Jølstra er regulert fra 1934.
- 84.51 Norddøla v/Holsen har ikke data.
- 84.52 Trollavatn måler kun vannstand.

Tabell 2. Vurderte målestasjoner.

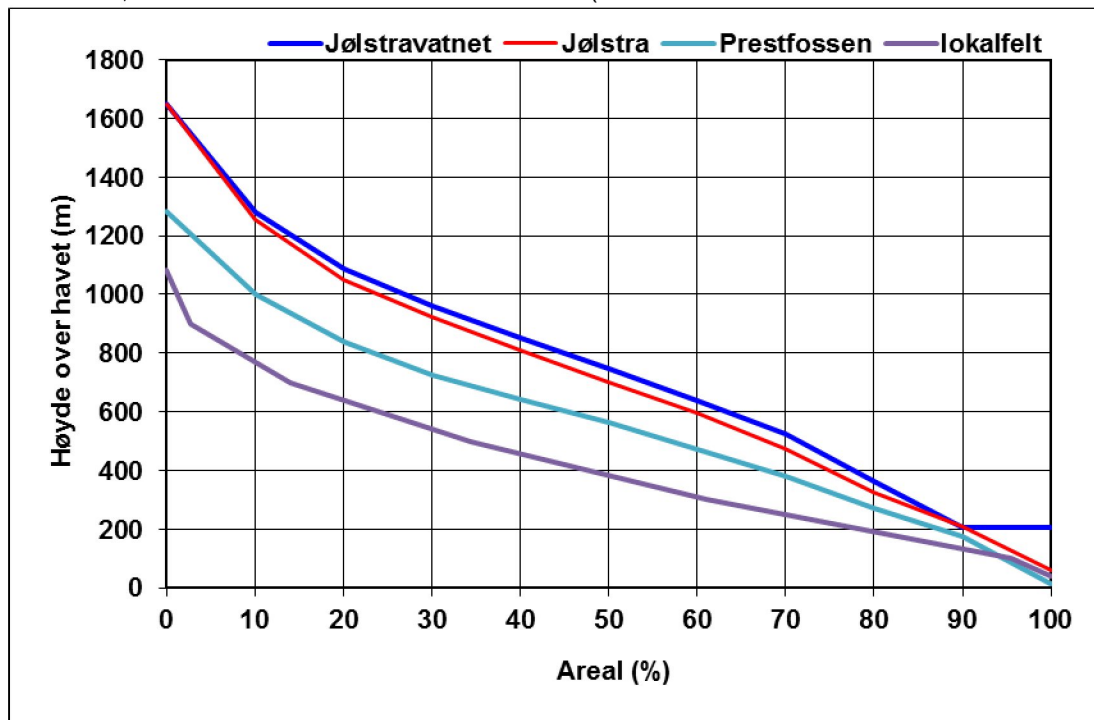
Målestasjon	Periode	Areal (km <sup>2</sup> )	Høyde moh (min-med-max)	Årsavløp (l/s/km <sup>2</sup> )	Eff. sjø (%)	Bre (%)
<b>84.1 Jølstravatn</b>	<b>1902-2010</b>	<b>384,82</b>	<b>207-748-1648</b>	<b>75,5</b>	<b>10,24</b>	<b>6,81</b>
84.2 Movatn	1900-1914	568,01	40-669-1648	73,6	5,1	4,61
84.7 Sægrova	1996-2005	8,14	237-1154-1610	87,6	1,18	28,75
84.10 Nesvatn	1996-2005	96,07	319-807-1469	91,9	2,49	0,06
84.11 Hovefoss	1963-2011	232	-	88,6	-	-
84.12 Ytste Langvatn	1964-1993	20,88	748-961-1469	94,5	10,19	
84.13 Jølstra	1973-1987	431,30	59-702-1648	74,6	8,16	6,64
<b>84.14 Prestfossen</b>	<b>1975-1988</b>	<b>92,5</b>	<b>15-563-1284</b>	<b>80,0</b>	<b>0,13</b>	<b>0</b>
84.15 Jølstravatn ndf	1951-2011	385,15	200-748-1648	75,5	10,22	6,8
84.19 Sygnesandselva	1997-2010	10,51	212-1196-1634	87,6	0,01	30,26
84.20 Holsenvatn	1983-2011	71,48	131-674-1425	75,1	4,94	0
84.30 Lunde	1996-2011	34,37	259-1305-1648	104,2	0,89	46,01



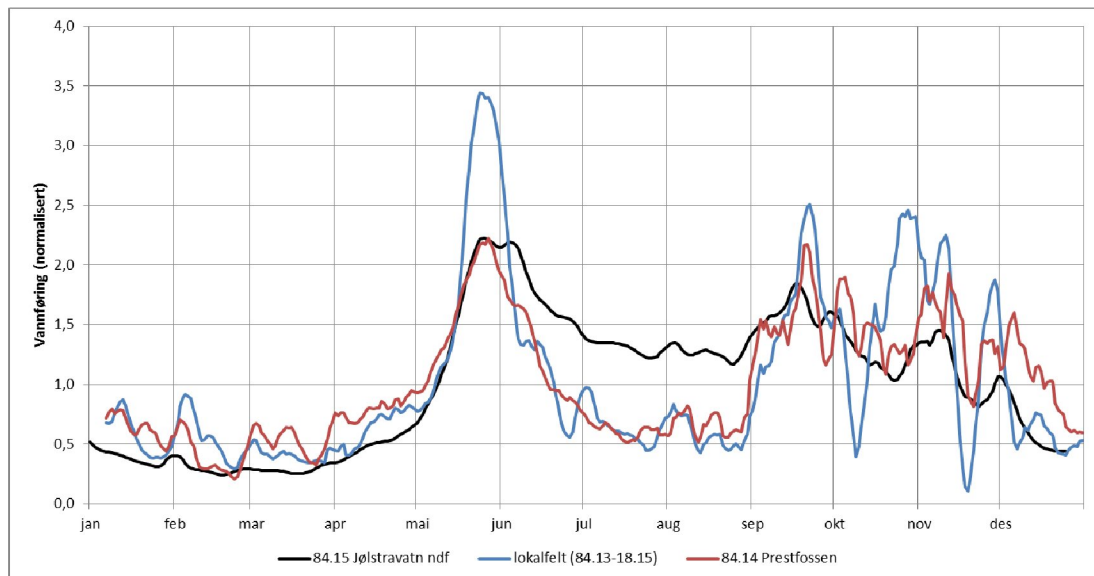
84.32 Høgset i Jølstra	1999-2011	578,87	9-659-1648	75,8	4,9	4,52
84.51 Norddøla v/Holsen	-	14,71	152-915-1425	99,4	1,22	0
84.52 Trollavatn	-	-	-	113,2	-	-
Lokalfelt ndf Jølstravatnet	-	50,39	40-380-1083	59,8	0,01	0

Avløpet fra Jølstravatnet har vi allerede godt beskrevet av måleserien 84.15 Jølstravatnet ndf. Det vi mangler er en god representasjon av avløpet fra lokalfeltet mellom Jølstravatnet og samløpet med Holsaelva, fordi det er på denne strekningen av Jølstra, som de aktuelle tiltakene er lokaliserte. Forutsatt at manøvreringen av Jølstravatn ikke endres vesentlig i forhold til dagens praksis, vil vannføringer og vannstander i Jølstra nedstrøms Holsenvatn ikke endres merkbart, med unntak for større variabilitet i forbindelse med korttidsregulering. For å finne en representativ serie for det aktuelle lokalfeltet har vi først beregnet differensen mellom de to måleseriene 84.15 Jølstravatnet ndf og 84.13 Jølstra. Deretter har vi sammenlignet denne serien med de andre seriene listet opp i

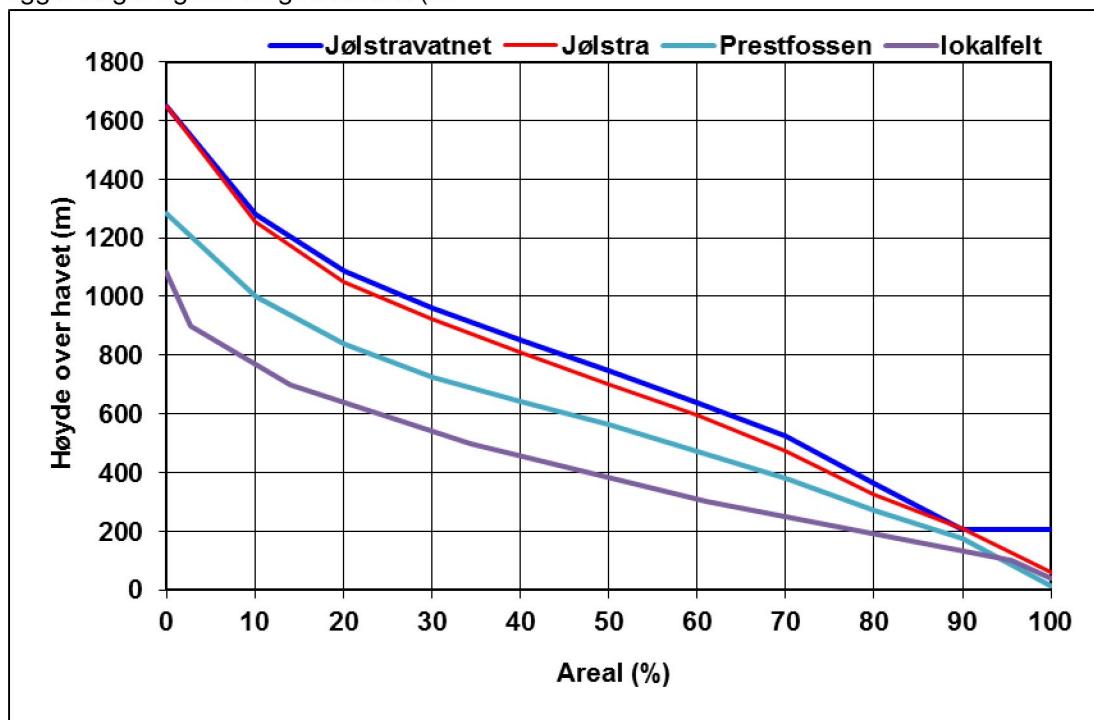
Tabell 2. Det viste seg da at den mest representative serien for lokalfeltet er 84.14 Prestfossen. Dette er ikke overaskende, siden dette feltet grenser direkte til lokalfeltet, og har den laveste hypsografiske kurven. Medianhøyde er også den som ligger nærmest lokalfeltet, enda avviket er så stort som 180 moh (se



Figur 11).



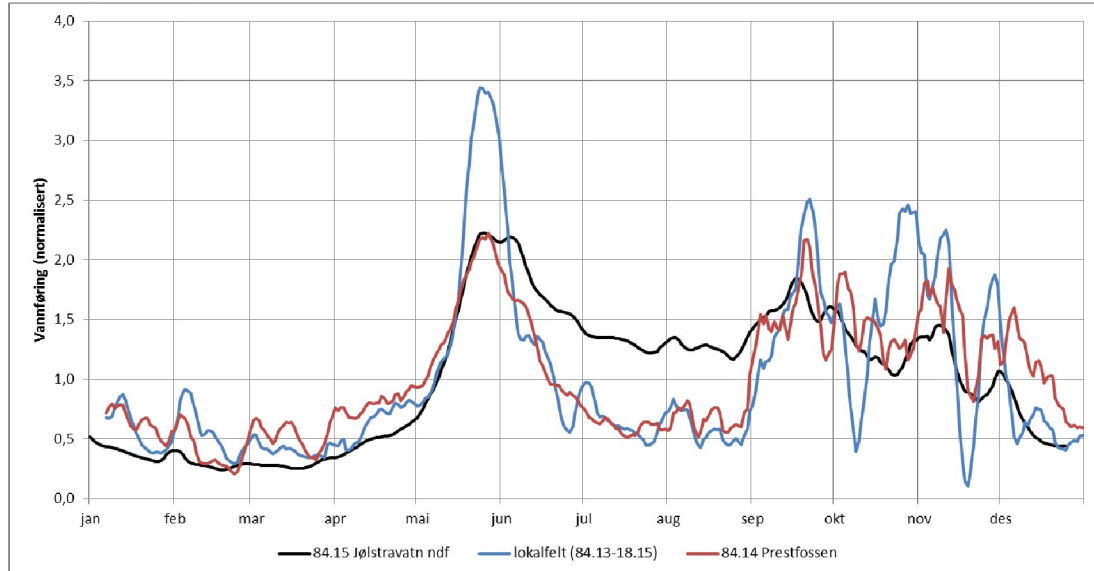
Figur 12 viser en sammenligning av midlere sesongforløp til avløpene fra Jølstravatnet, lokalfeltet og 84.14 Prestfossen. For sammenligningens skyld er kurvene vist som normaliserte verdier, hvor verdien 1 tilsvarer middelvannføringen til den enkelte serie for den angitte perioden. For å glatte ut de raske variasjonene i differanseserien for lokalfeltet har vi valgt å vise verdiene som glidende 7-dagers verdier. Figuren viser at vårfloppen kulminerer mer eller mindre samtidig i feltet til Jølstravatnet og lokalfeltet nedenfor, men at floppen i feltet til Jølstravatnet har en lengre varighet. Dette skyldes vesentlig at feltet til Jølstravatnet ligger høyre og har en god del bre (se



Figur 11 og

Tabell 3). Vi ser også at vannføringen om sommeren holder seg mye høyere i feltet til Jølstravatnet enn i lokalfeltet. Om vinteren er imidlertid vannføringen i lokalfeltet høyere.

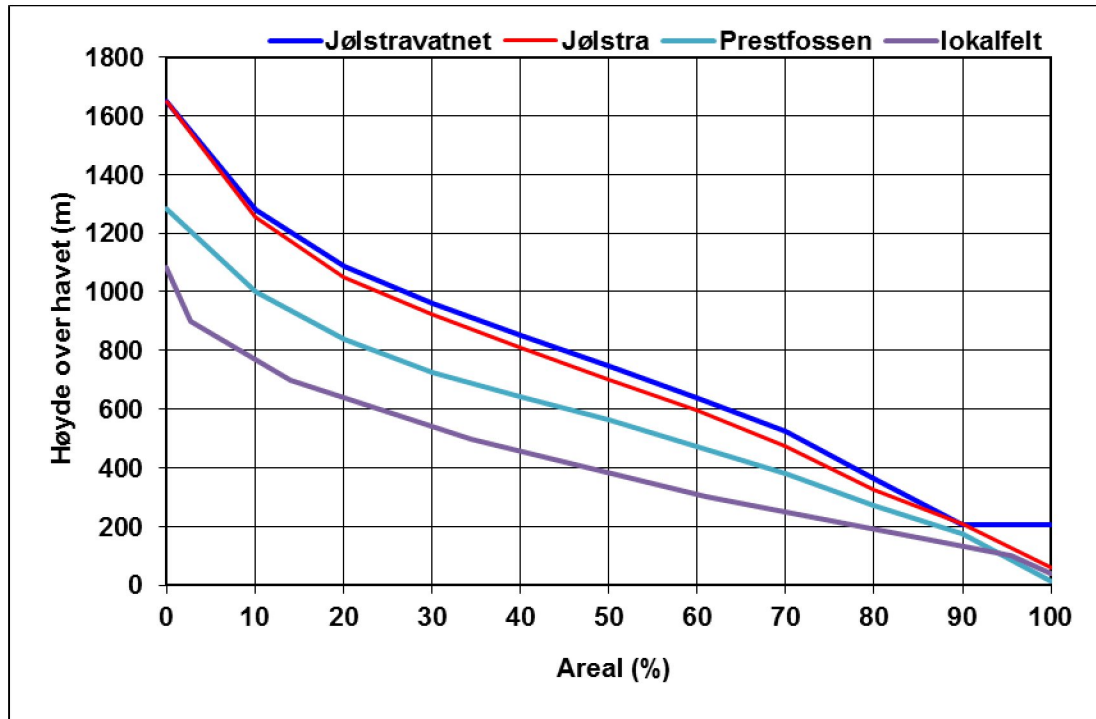
Som også fremgår av



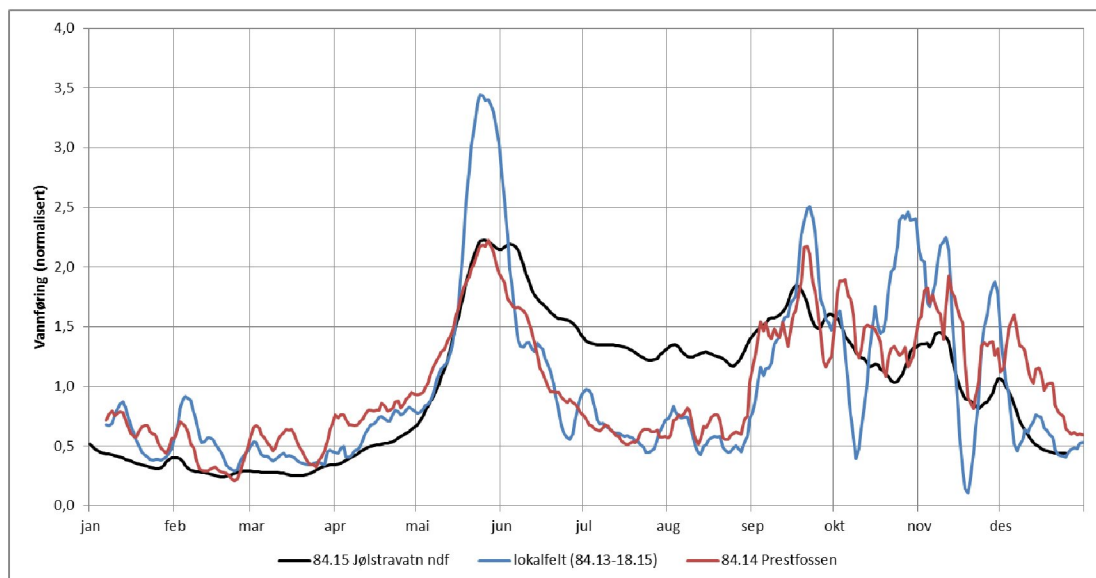
Figur 12 har lokalfeltet en vesentlig mer markert vårflokk enn serien 84.14 Prestfossen. En nærmere vurdering av dataserien for lokalfeltet antyder at dette i stor

grad beror på uryddige data, fordi denne serien er beregnet som differansen mellom to relativt store verdier. Utfra dette har vi valgt å benytte data fra 84.14 Prestfossen (uten noen korleksjoner) for å beskrive tilsiget til lokalfeltet (se

Tabell 3).



Figur 11. Hypsografiske kurver.



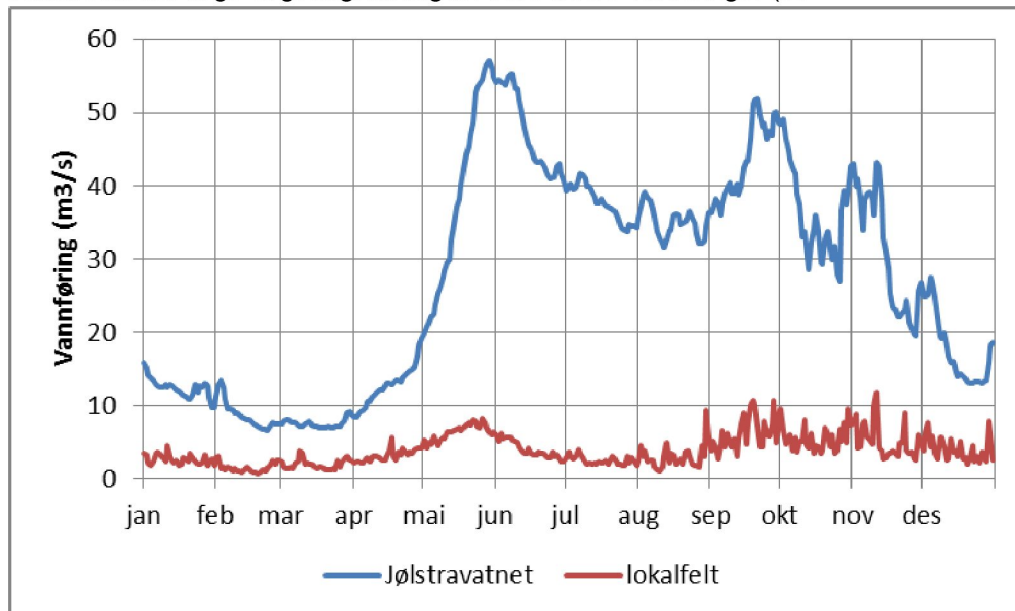
Figur 12 Midlere sesongvariasjon 1976-1986 (unntatt 1983) - glidende 7-døgnsmidler.

Tabell 3. Sammenlikning av høydeforhold, årsavløp og breprosent.

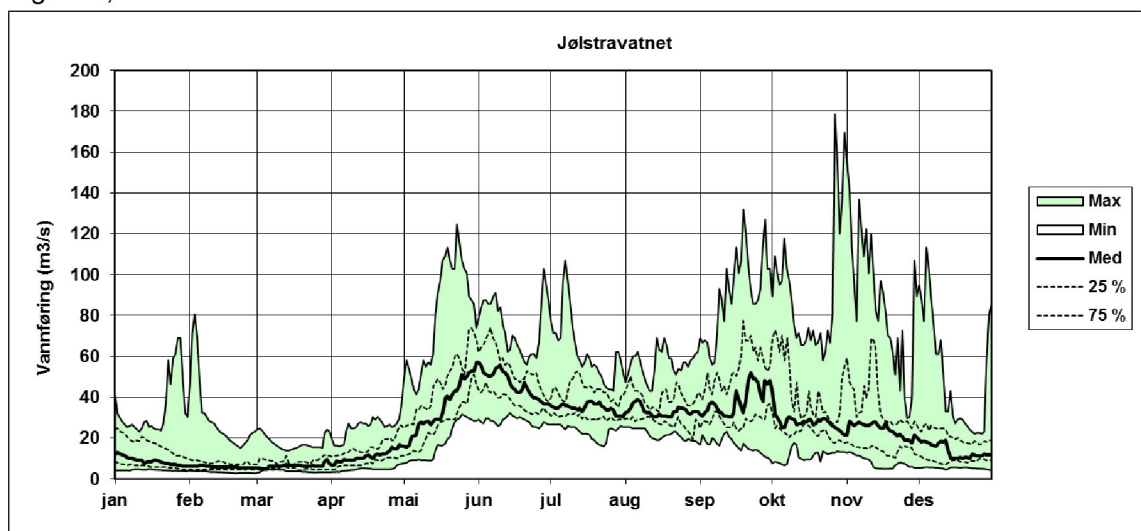
Felt	Areal (km <sup>2</sup> )	Høyde min-med-maks (moh)	Årsavløp (l/s/km <sup>2</sup> )	Bre (%)
Lokalfelt	50,4	40-380-1083	59,8	0
84.14 Prestfossen	92,5	15-563-1284	80,0	0

### 3.2 EGENSKAPER TIL VANNFØRINGSSERIENE FOR JØLSTRA

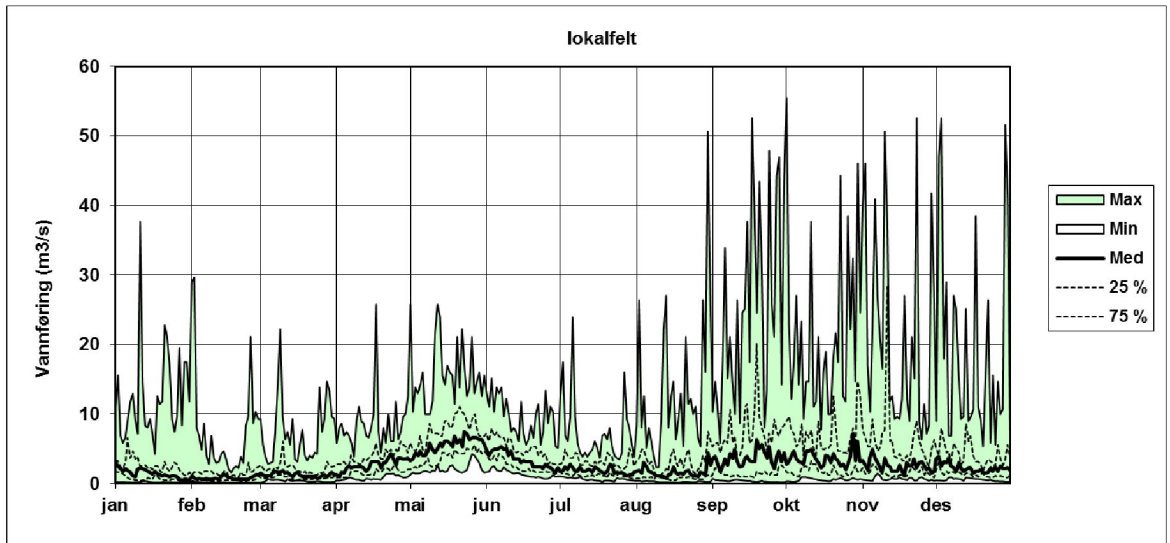
Som representativ avløpsserie for Jølstravatnet har vi benyttet den observerte serien 84.15 Jølstravatnet ndf (uten skalering). Som representativ serie for lokaltilsiget mellom Vassenden og samløpet med Holsaelva er serien for 84.14 Prestfossen skalert til å tilsvare et areal på 50,4 km<sup>2</sup> og et årsavløp på 59,8 l/s/km<sup>2</sup>, dvs. 3,01 m<sup>3</sup>/s (skaleringsfaktor 0,407). Disse to seriene mener vi gir et godt grunnlag for våre videre vurderinger (se



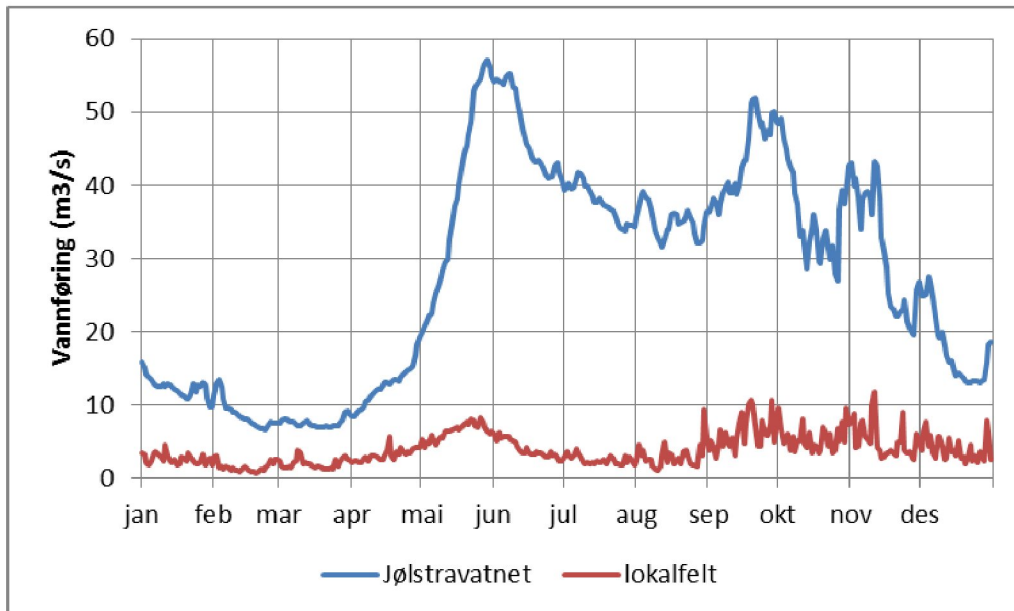
Figur 13,



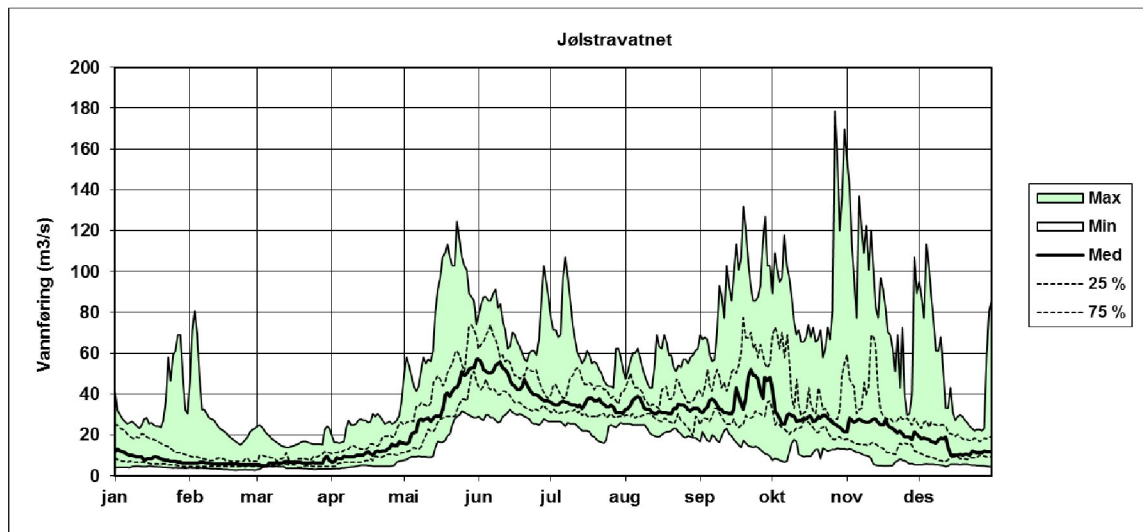
Figur 14 og



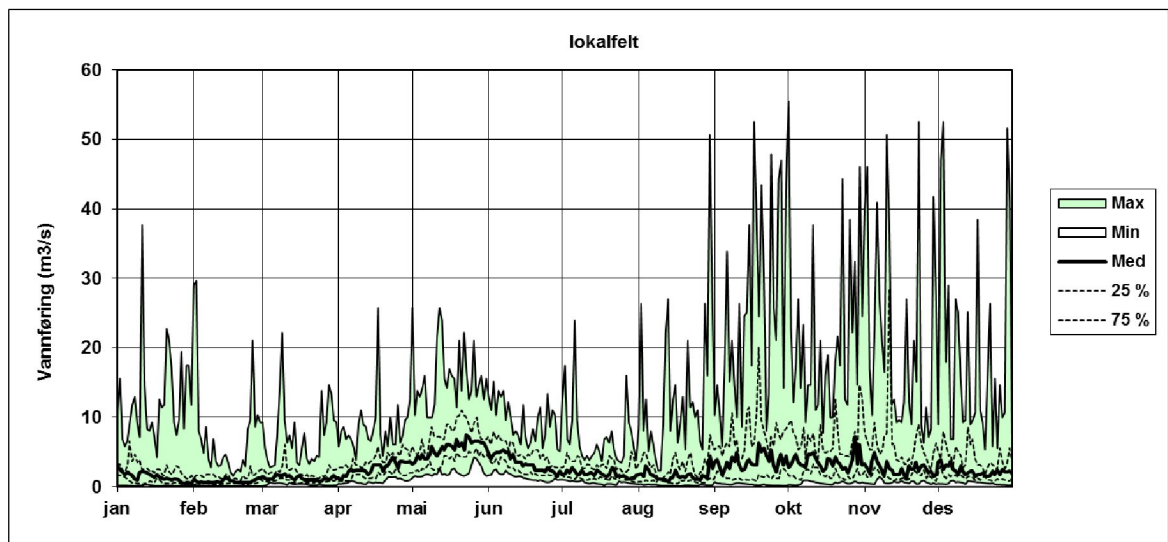
Figur 15).



Figur 13. Midlere sesongvariasjon for de benyttede avløpseriene 1976-1988.

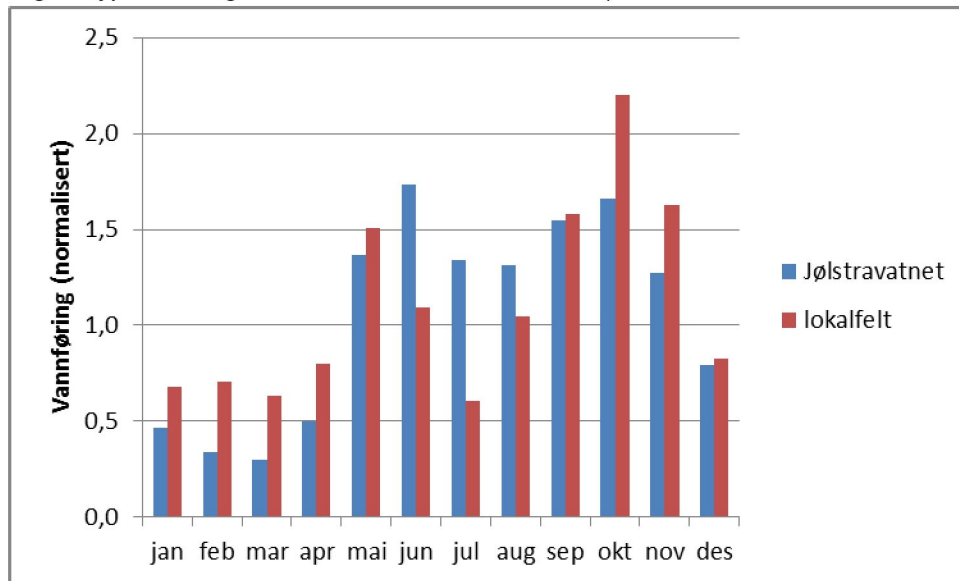


Figur 14. Karakteristiske vannføringer for Jølstravatnet 1976-1988.



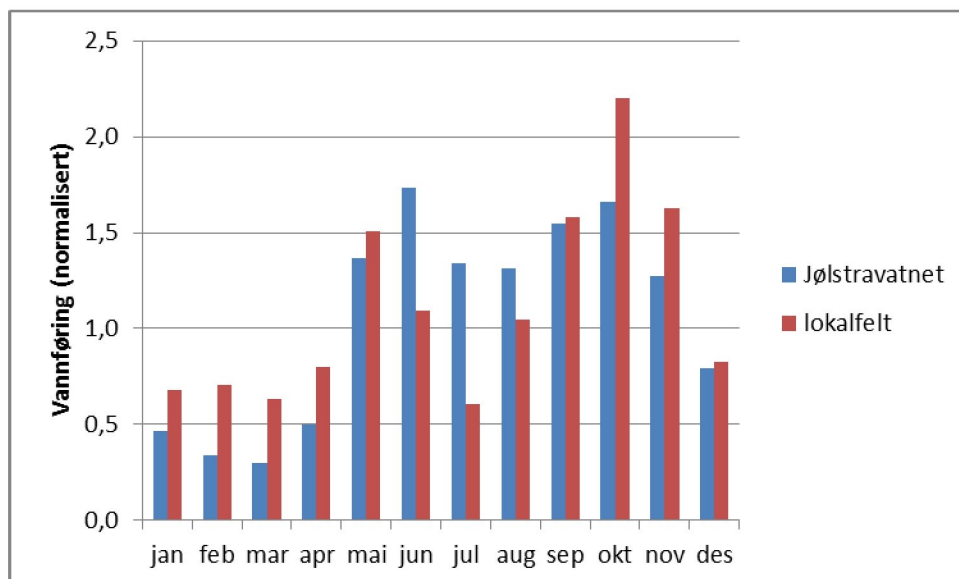
Figur 15. Karakteristiske sesongvariasjoner for lokalfeltet 1976-1988.

Ut fra midlere månedsvannføring er det klart at vannføringsserien for Jølstravatnet tilhører regimetype H<sub>2</sub>L<sub>1</sub> og tilsvarende for lokalfeltet H<sub>3</sub>L<sub>2</sub> (



Figur 16). Disse begrepene er nærmere beskrevet i tekstboksen nedenfor.

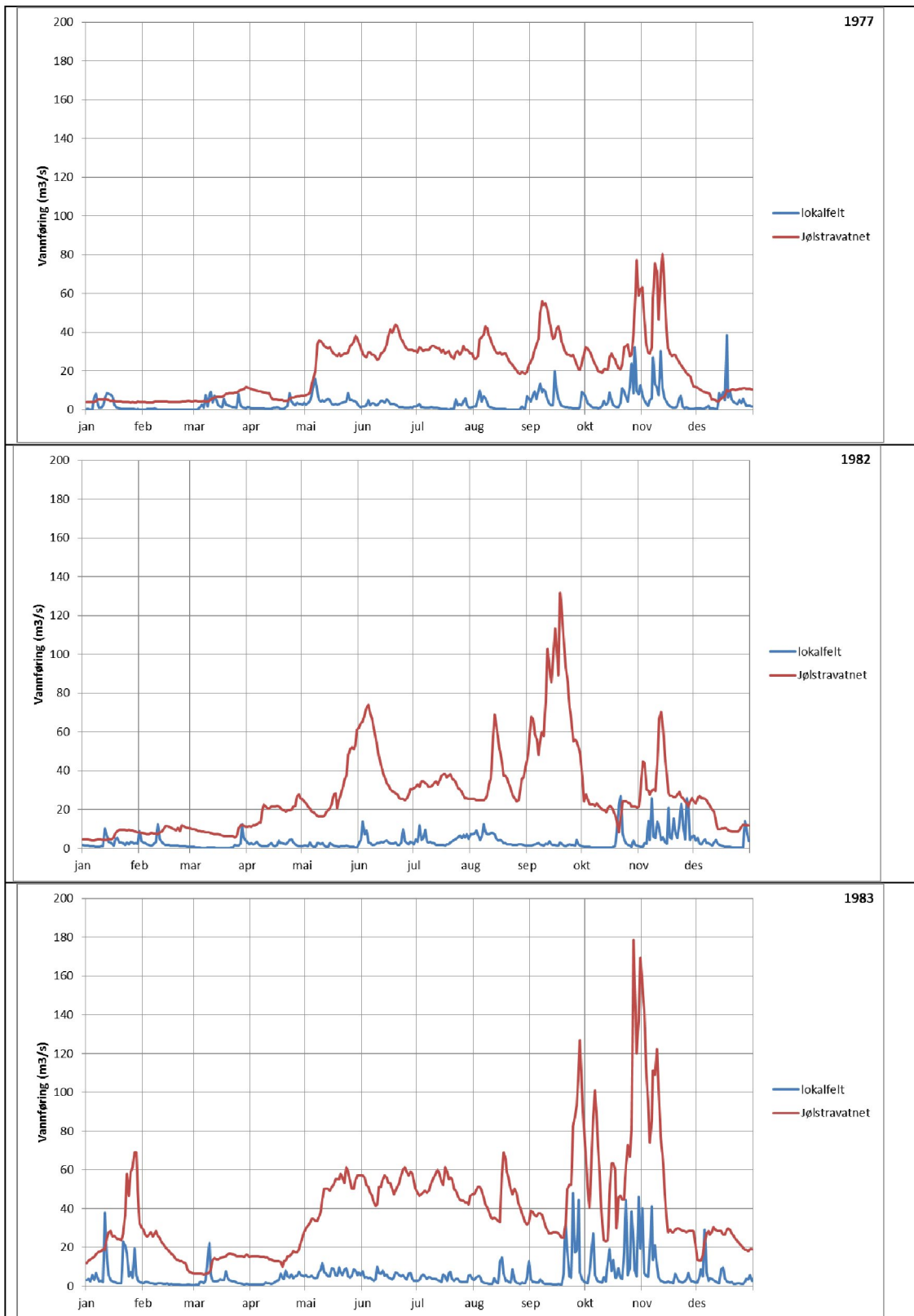
H1 – De tre månedene med høyest middelvannføring opptrer alle om våren eller tidlig sommer
H2 – Måneden med 2. eller 3. høyeste middelvannføring opptrer om høsten
H3 – Måneden med høyest middelvannføring opptrer om høsten eller tidlig vinter
L1 – De to månedene med lavest middelvannføring opptrer begge om vinteren eller tidlig vår
L2 – De to månedene med lavest middelvannføring opptrer i ulike sesonger
L3 – De to månedene med lavest middelvannføring opptrer begge om sommeren eller tidlig høst



Figur 16. Normaliserte månedsmiddelvannføringer for Jølstravatnet og lokalfeltet.



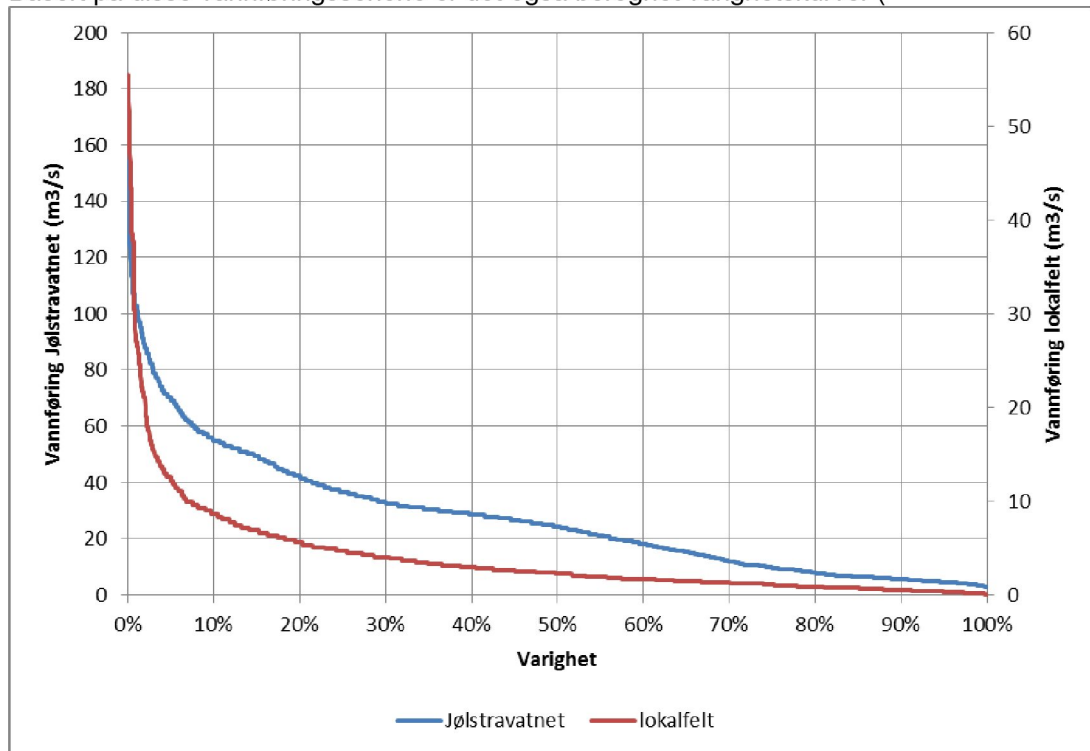
Ut fra de benyttede vannføringsseriene for Jølstravatnet og lokalfeltet er det valgt et tørt, et middels og et vått år (Figur 17). Vi har valgt disse slik at samme år kan benyttes for begge seriene.



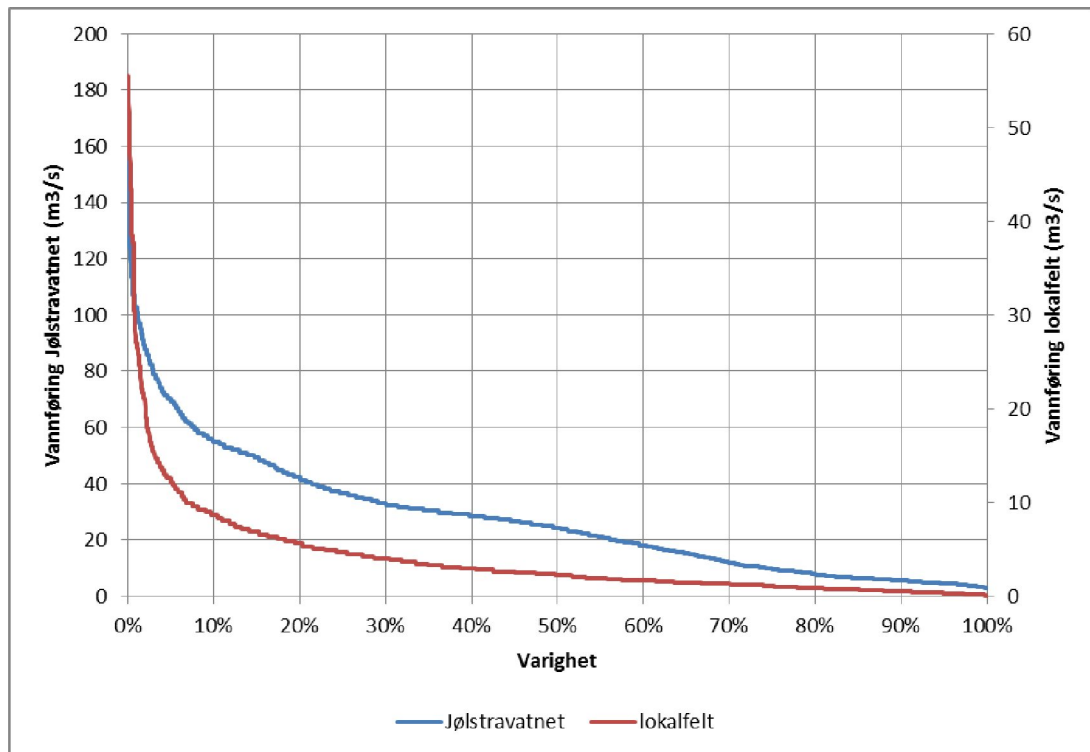
Figur 17. Et tørt (1977), et middels (1982) og et vått (1983) år ved Jølstravassdraget.



Basert på disse vannføringsseriene er det også beregnet varighetskurver (



Figur 189).



Figur 18. Varighetskurver for Jølstravatnet og lokalfeltet (hele året), periode 1976-1988.

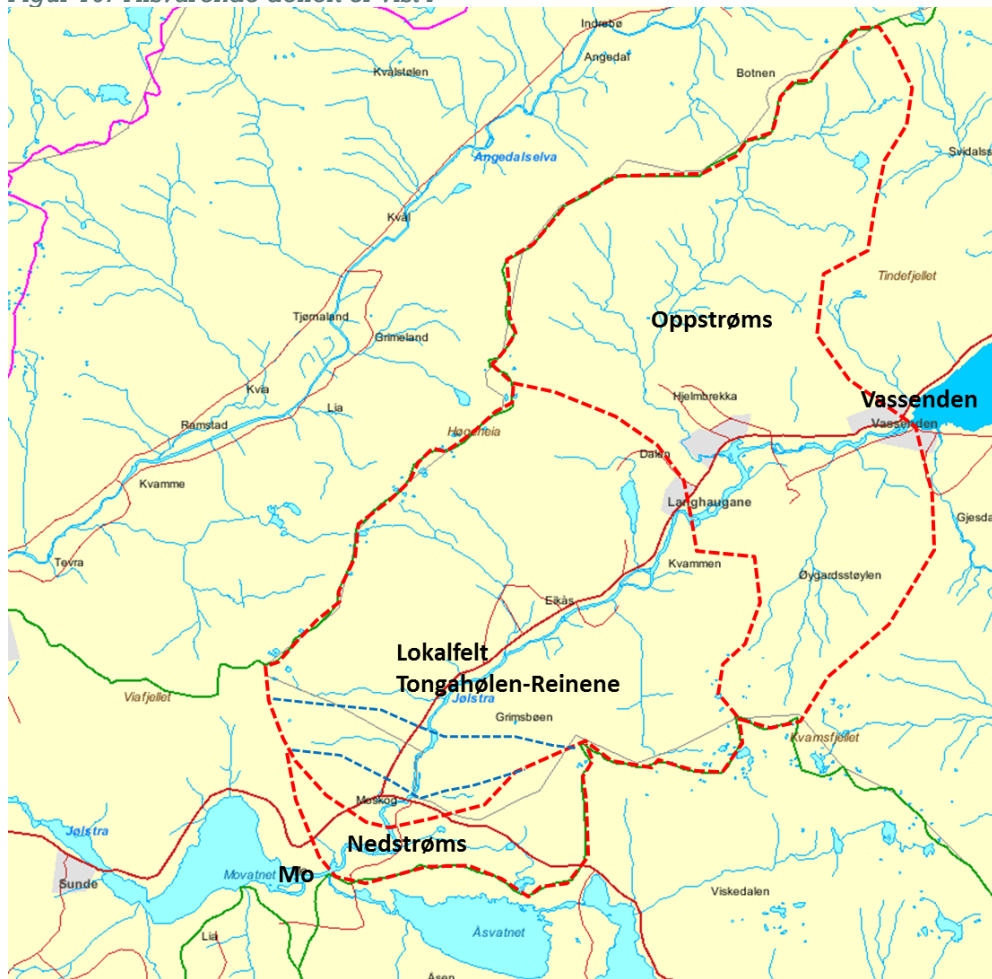
# 4 Resultater

## 4.1 VALG AV REFERANSEPUNKT

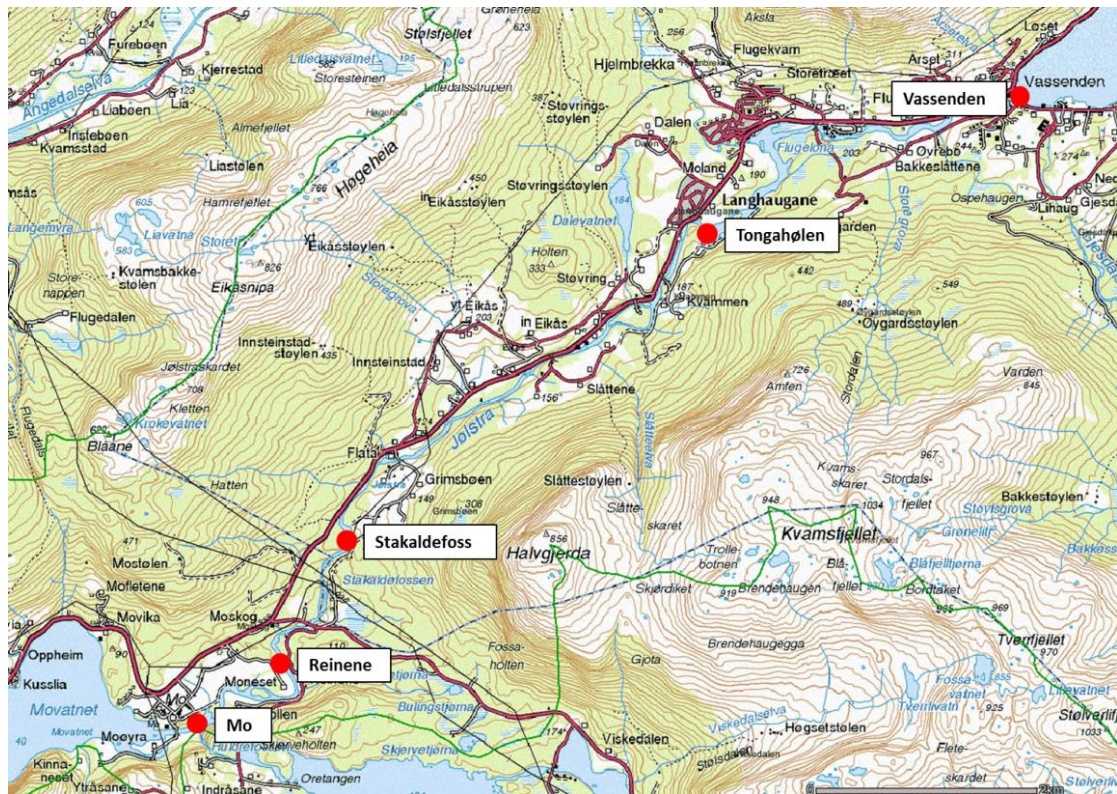
*Vi har sett på endringene i vannføring i den berørte elvestrekningen vist i*



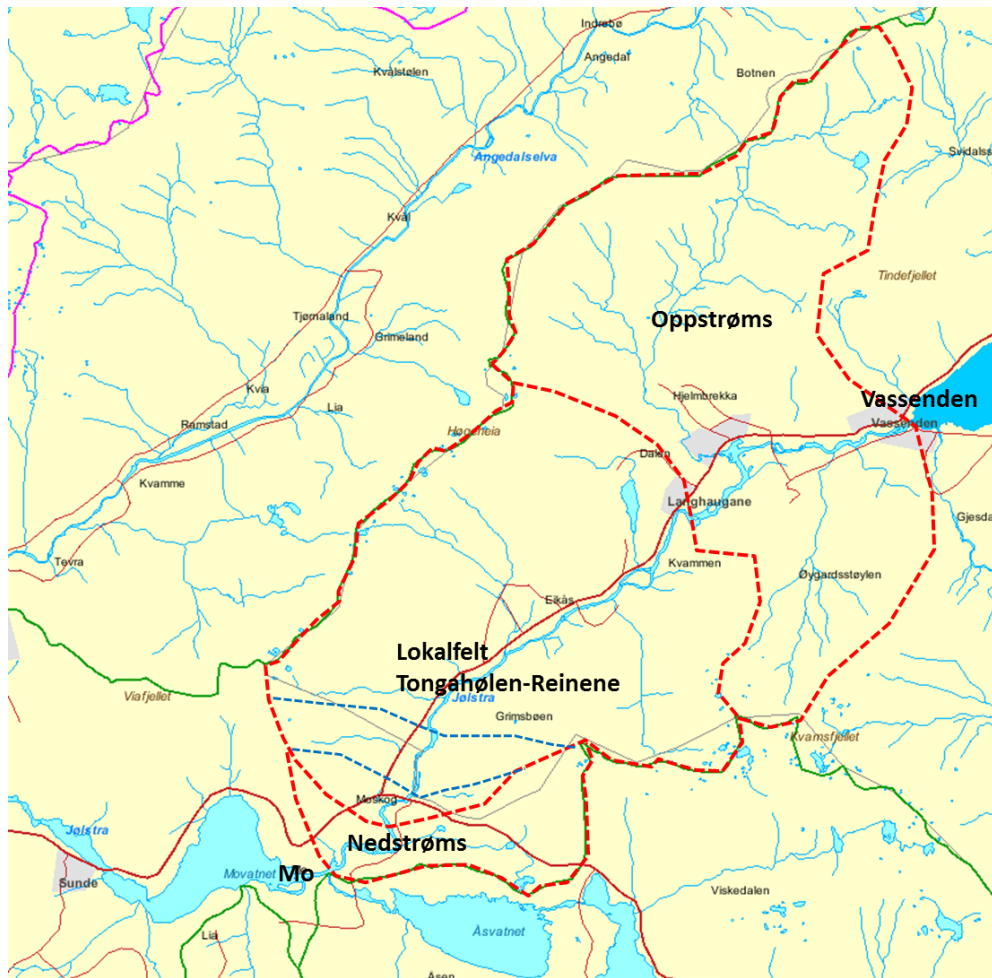
Figur 19. Tilsvarende delfelt er vist i



Figur 20 og nøkkeltall gitt i Tabell 4. I utgangspunktet har vi sett på vannføringen før og etter inntakene og utløpene til begge kraftverkene, Jølstra og Stakaldefoss. Mellom Vassenden og inntak Jølstra kraftverk ved Tongahølen og nedstrøms utløpet fra samme kraftverk vil det ikke være endringer. Det generelle bildet mellom disse to stedene illustreres godt av forholdene før inntak Stakaldefoss.



Figur 19. Elvestrengen fra Vassenden til Mo.



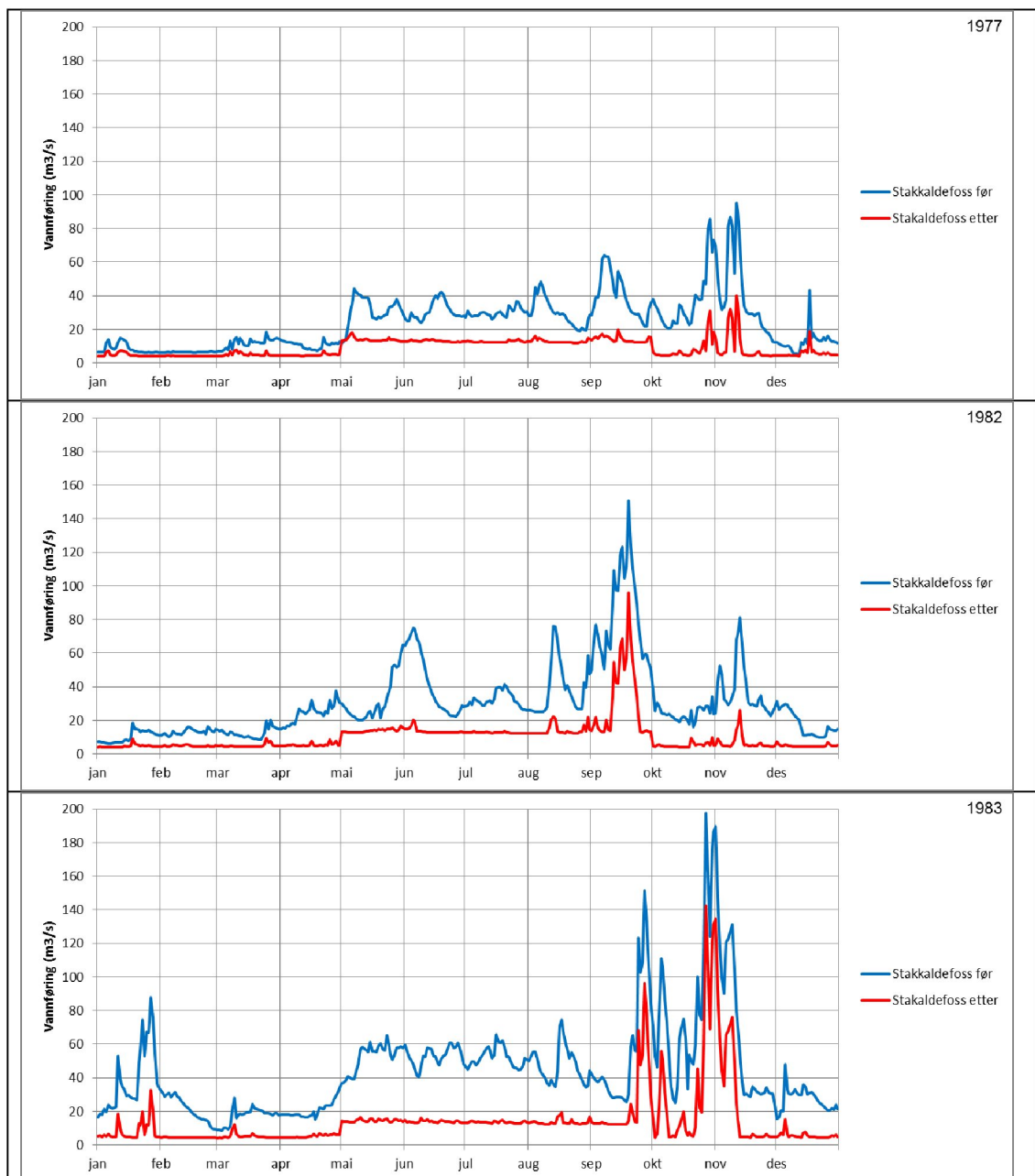
Figur 20. Lokale nedbørfelt fra Vassenden til Mo (felt til Stakaldefoss med stiplede blå linjer).

Tabell 4 Elvestrekninger og viktige kontrollpunkt.

Sted	Areal (km <sup>2</sup> )		Avstand (km)	
	Lokalfelt	Totalfelt	Fra forrige sted	Fra Vassenden
Vassenden	384,12	384,12	0,0	0,0
Tongahølen før	24,00	408,12	3,7	3,7
Tongahølen etter	-	-	-	-
Stakaldefoss før	19,27	427,39	4,9	8,6
Stakaldefoss etter	2,29	429,68	0,7	9,3
Reinene før	1,13	430,81	0,7	10,0
Reinene etter	-	-	-	-
Mo før samløp	3,70	434,51	1,5	11,5
Mo etter samløp	84,19	518,70	-	-
Førde	196,55	715,25	11,8	23,3

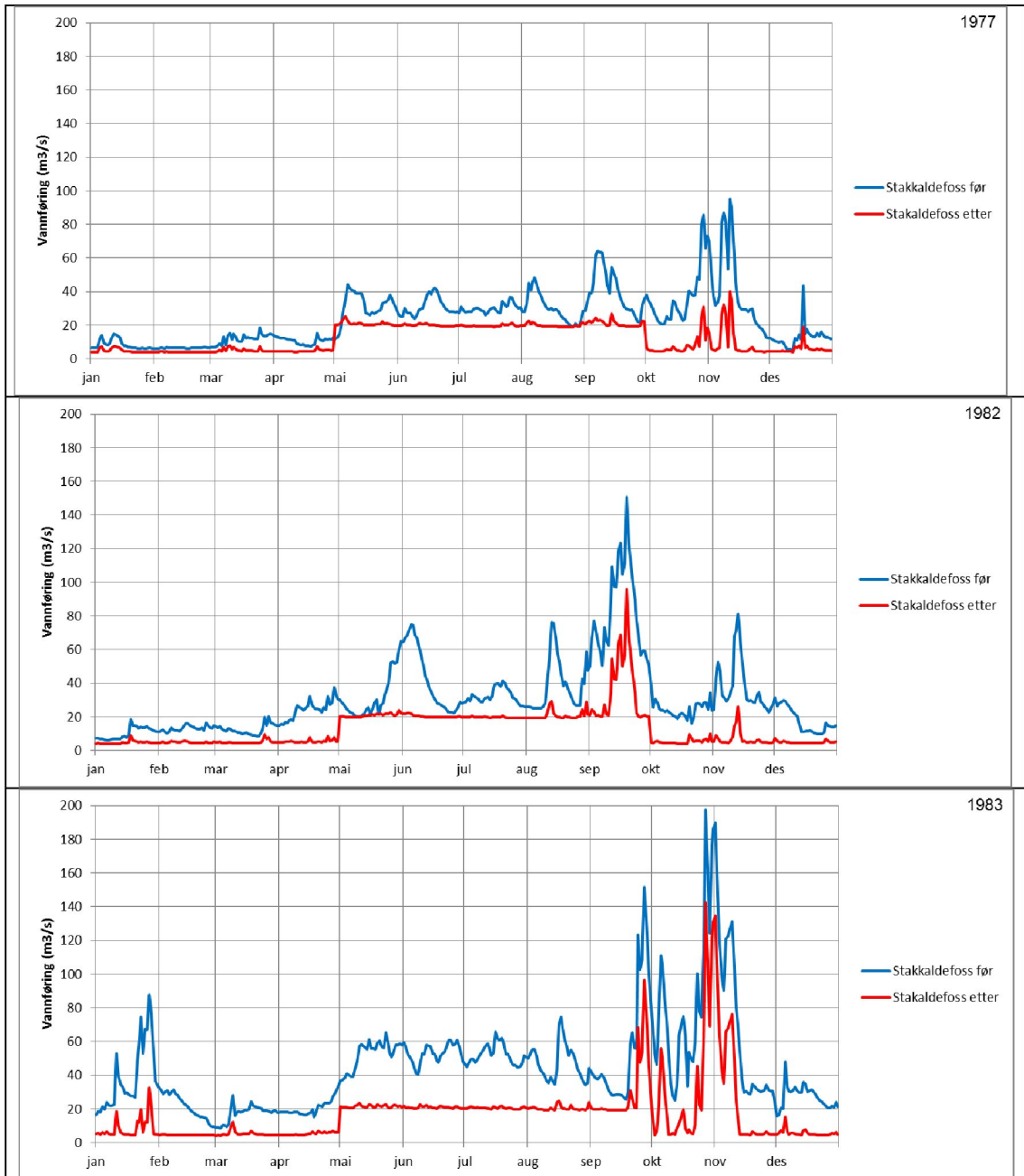
## 4.2 VANNFØRING FØR OG ETTER UTBYGGING

Figur 22 og Figur 21 viser vannføring før inntak Stakkaldefoss før og etter bygging av Jølstra kraftverk for et tørt, normalt og vått år. I disse sammenligningene er avløp Jølstravatn korrigert for innflytelsen av Kjøsnesfjorden i henhold til hva som er beskrevet i kapittel 2.3 (både for før- og etter-situasjonen). Alternativ 1 henviser minstevannføringer 12,0 og 4,0 m<sup>3</sup>/s for sommer (01.05-30.09) resp. vinter (01.10-30.04) og alternativ 2 til 19,0 og 4,0 m<sup>3</sup>/s.



Figur 21 Vannføringer før inntak Stakkaldefoss før og etter Jølstra kraftverk (alternativ 1).

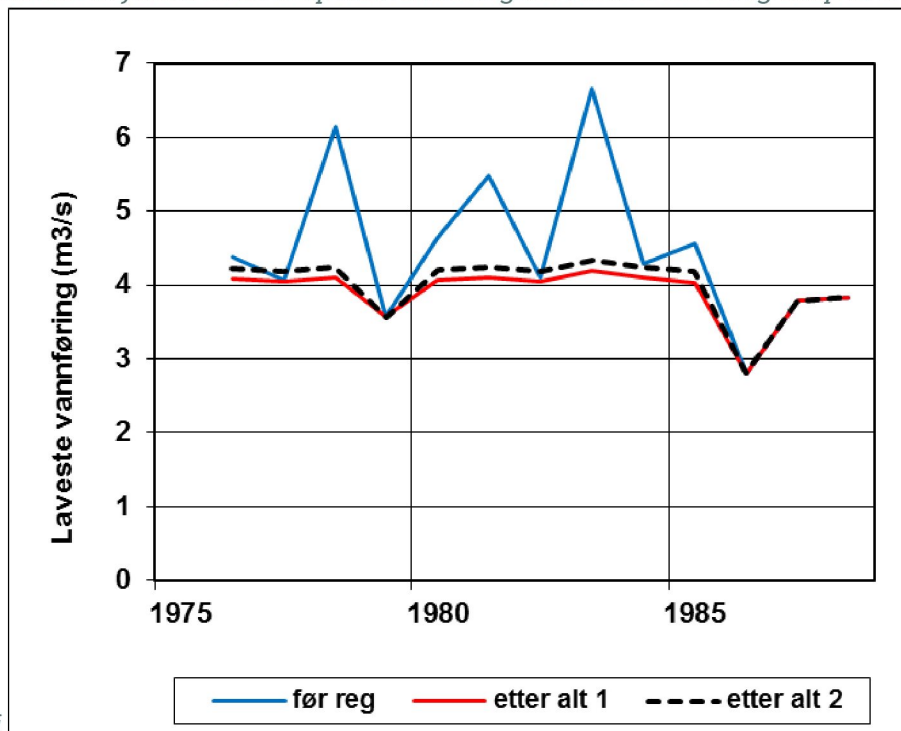




Figur 22 Vannføringer før inntak Stakkaldefoss før og etter Jølstra kraftverk (alternativ 2).

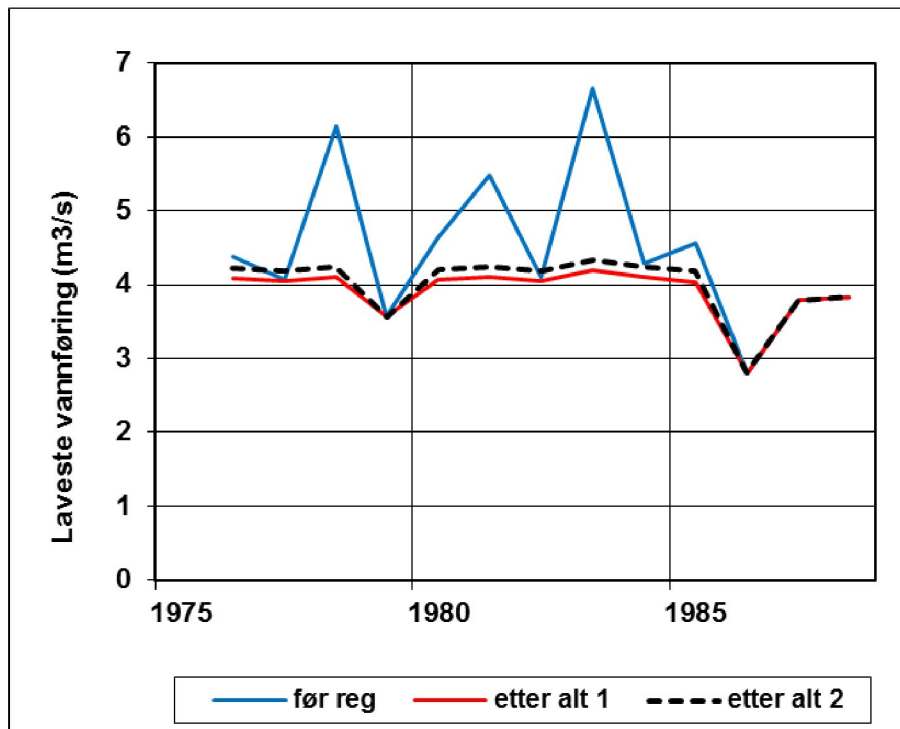
### 4.3 LAVVANNFØRINGER

*Konsekvensen av Jølstra kraftverk på lavvannføringene mellom inntak og utløp til kraftverket*



er vist i

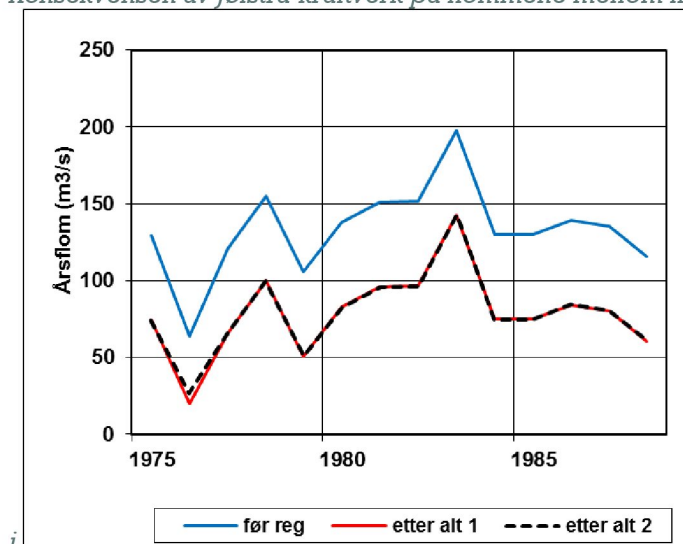
Figur 23. Midlere lavvannføring over 1 døgn reduseres fra 4,5 til 3,9-4,0 m<sup>3</sup>/s og den laveste observerte lavvannføringen i perioden 1976-1988 er uendret på 2,8 m<sup>3</sup>/s. Disse reduksjonene forekommer kun i år med lavvannføringer større enn den antatte minstevannføringen om vinteren på 4,0 m<sup>3</sup>/s.



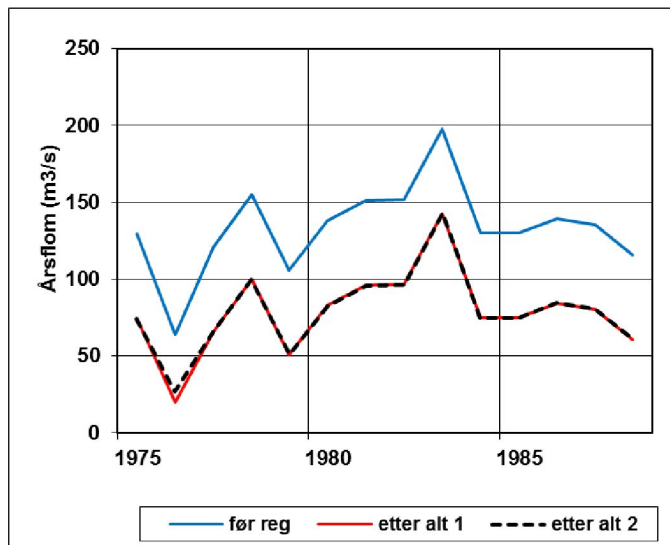
Figur 23 Laveste vannføring i året før inntak Stakaldefoss før og etter Jølstra kraftverk.

#### 4.4 FLOM

Konsekvensen av Jølstra kraftverk på flommene mellom inntak og utløp til kraftverket er vist

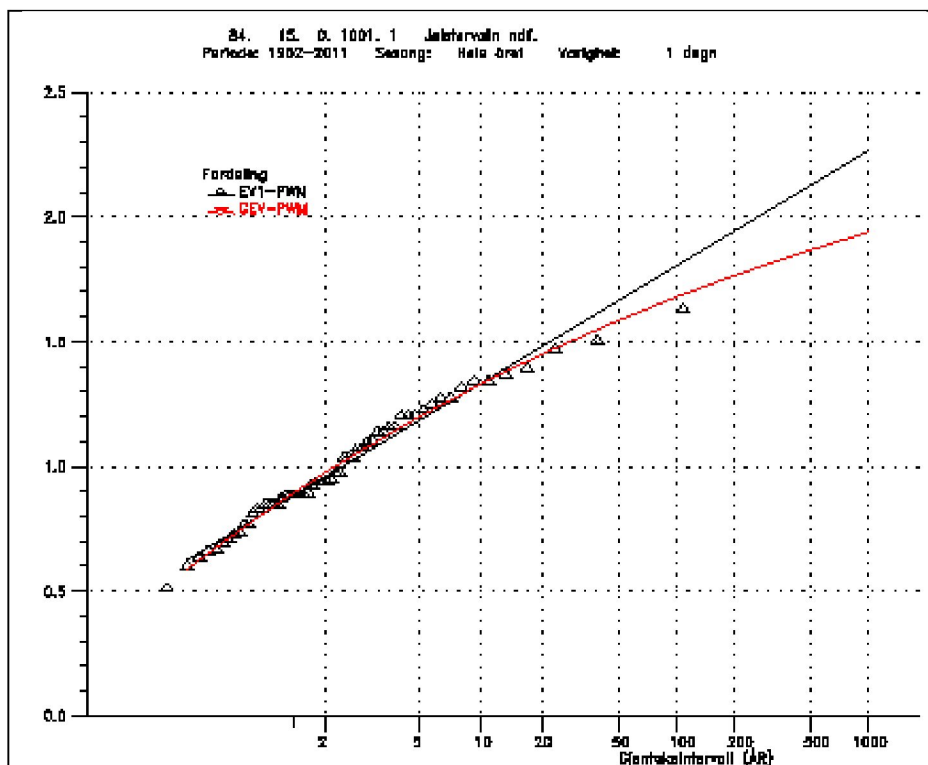


Figur 24. Middelflommen reduseres fra 133 til 79 m³/s og den største observerte flommen i perioden 1976-1988 fra 198 til 143 m³/s. Begge reduksjonene tilsvarer kraftverkets slukeevne på 55 m³/s.



Figur 24. Årsflommer før inntak Stakaldefoss før og etter Jølstra kraftverk.

Det er også foretatt en flomfrekvensanalyse for avløpsserien til Jølstervatnet for perioden 1952-2011 (se Figur 25). Resultatet er også vist i Tabell 5, som også viser den effektive reduksjonen av flomverdier mellom inntak og utløp til Jølstra kraftverk når det er i drift med 55 m<sup>3</sup>/s. Det er her benyttet Gumbelfordelingen (EV1).



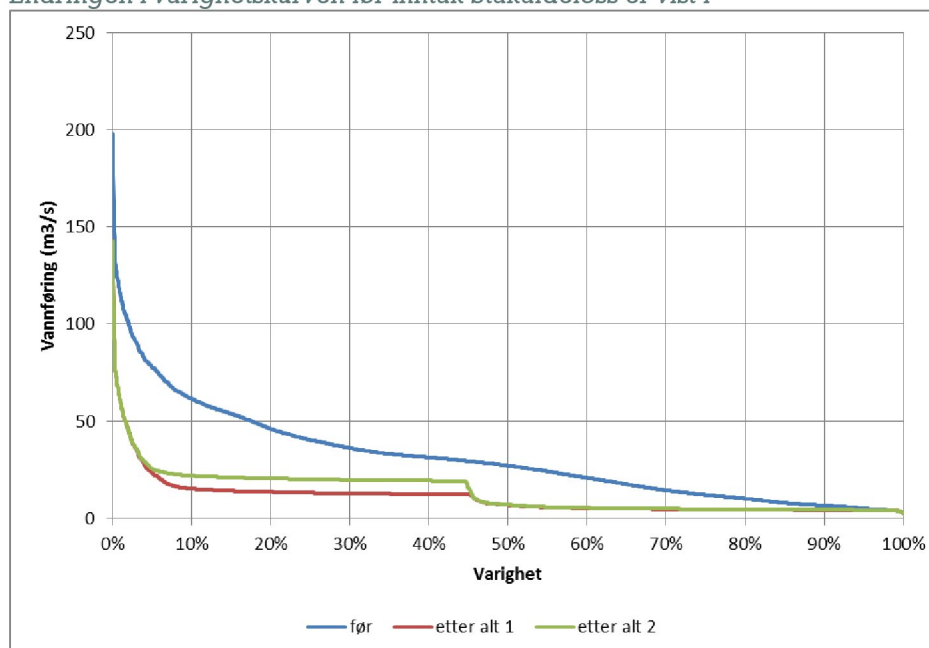
Figur 25. Flomfrekvensanalyse.

Tabell 5. Flomfrekvensanalyse.

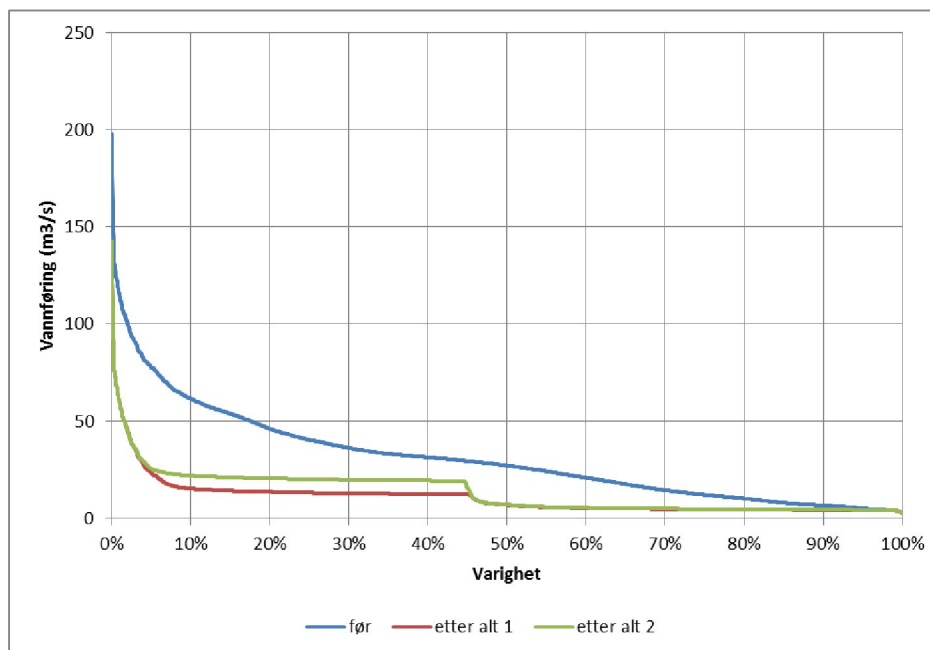
Gjentaksintervall (år)	Før Jølstra kvv (m <sup>3</sup> /s)	Etter Jølstra kvv (m <sup>3</sup> /s)
Middelflom	110	55
5	130	75
10	146	91
20	162	107
50	183	128
100	198	143
200	213	158
500	233	178
1000	249	194

## 4.5 VARIGHETSKURVER

Endringen i varighetskurven før inntak Stakaldefoss er vist i

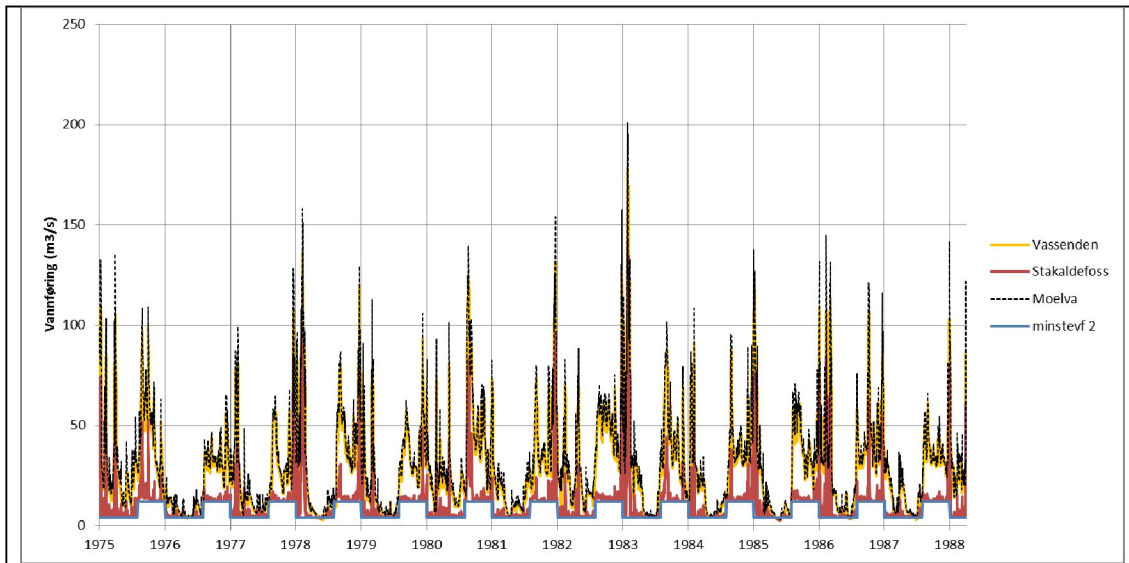


Figur 26. 5-percentilen før regulering på 5,0 m<sup>3</sup>/s blir redusert til 4,3 resp. 4,1 etter alternativ 1 og 2.

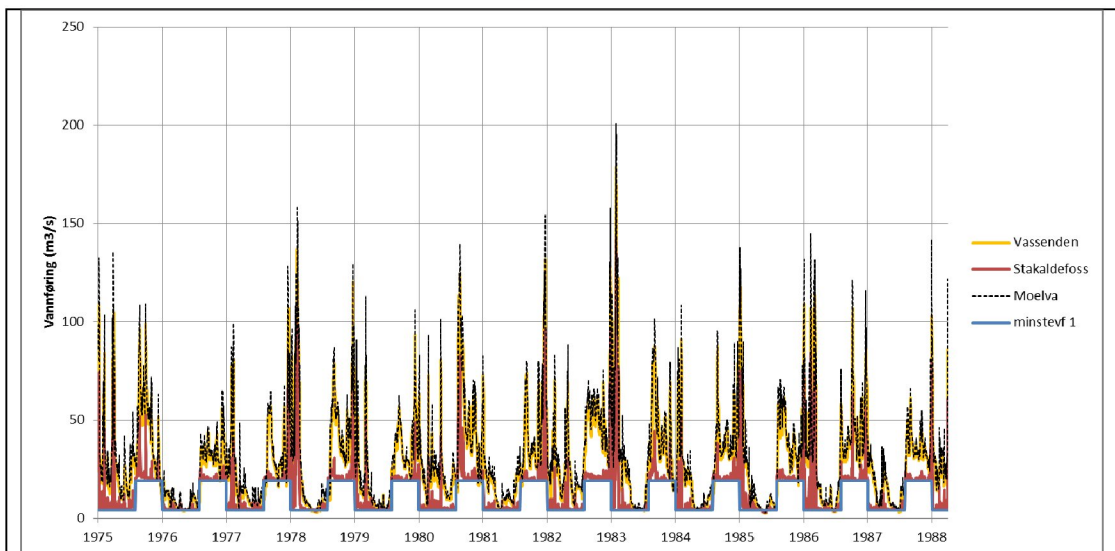


Figur 26. Varighetskurver før inntak Stakaldefoss før og etter Jølstra kraftverk.

Forklaringen på at de minste vannføringene er lavere en antatt minstevannføring er at det i den historiske avløpsserien fra Jølstervatnet forekommer lavere vannføringer enn dette (se Figur 27). Grunnet lokaltilsiget nedstrøms Vassenden er alle vannføringer nedstrøms dette punkt større enn avløpet fra Jølstervatnet. Hvis man i fremtiden vil praktisere en minstetapping fra Jølstervatnet på f.eks. 4 m<sup>3</sup>/s vil vannføringene mellom inntak og utløp til Jølstra kraftverk heller ikke bli lavere enn dette.



Figur 27 Simulerte vannføringer sammenlignet med antatt minstevannføring (alternativ 1).

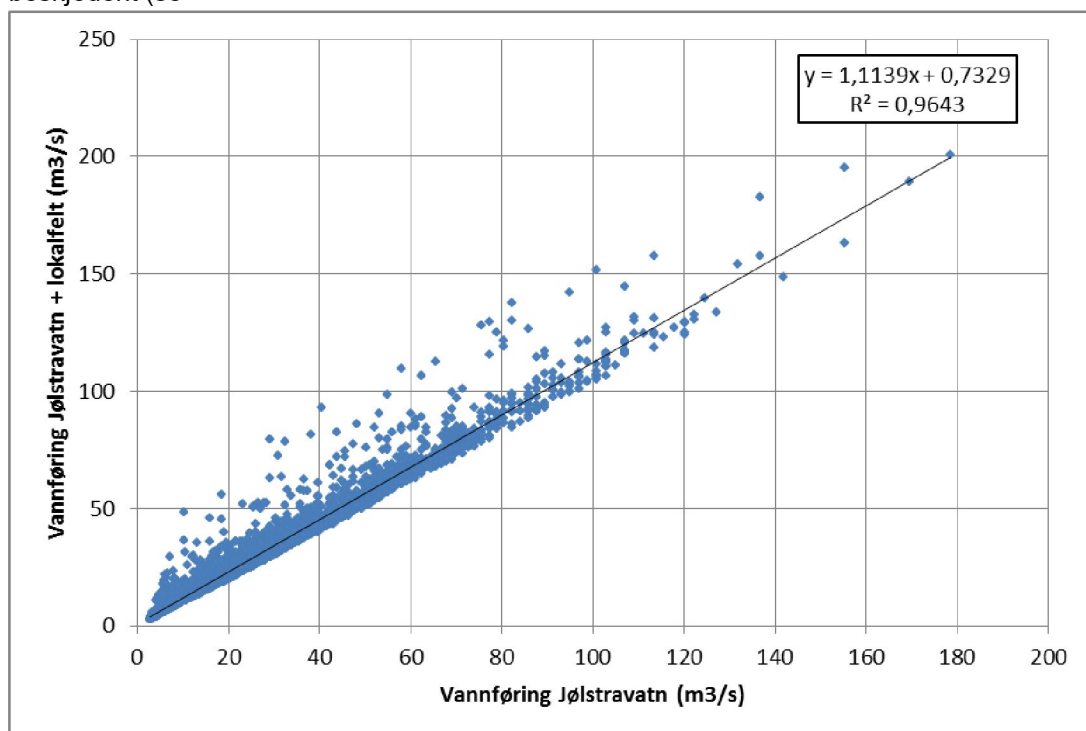


Figur 28 Simulerte vannføringer sammenlignet med antatt minstevannføring (alternativ 2).

## 5 Vurdering av resultatene

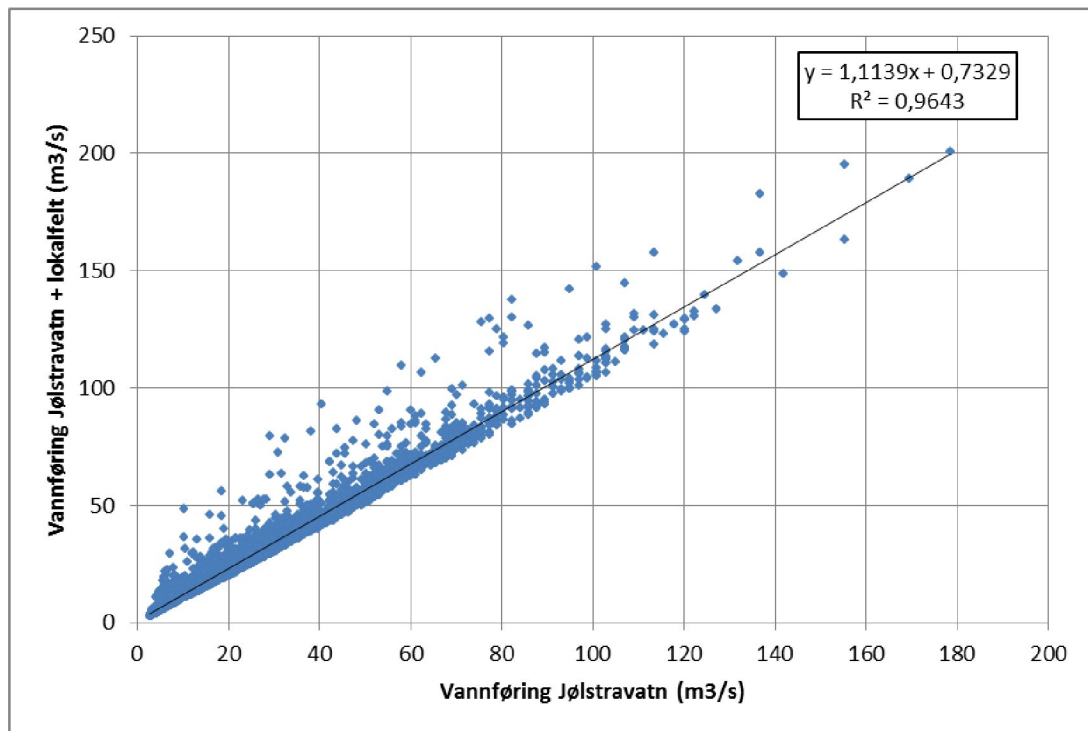
Datagrunnlaget til beregningene vurderes å ligge i kvalitetsklasse 1 (godt hydrologisk datagrunnlag, med observasjoner i vassdraget). I datamaterialet inngår flere måleserier i vassdraget og fra felt av relevant størrelse for lokalfeltet.

Det kan argumenteres for at en lenger vannføringsserie skulle ha vært benyttet for å beskrive lokalfeltet nedstrøms Vassenden. Vi mener imidlertid at dette ville ha gitt dårligere representativitet til denne serien. Som alternativ kunne en ha benyttet en ren opp-skalering av avløpsserien fra Jølstervatnet. Dette hadde imidlertid gitt stor unøyaktighet i beskrivelsen av lokaltilsiget, fordi lokalfeltet ofte har store vannføringer når avløpet fra Jølstervatnet er beskjedent (se



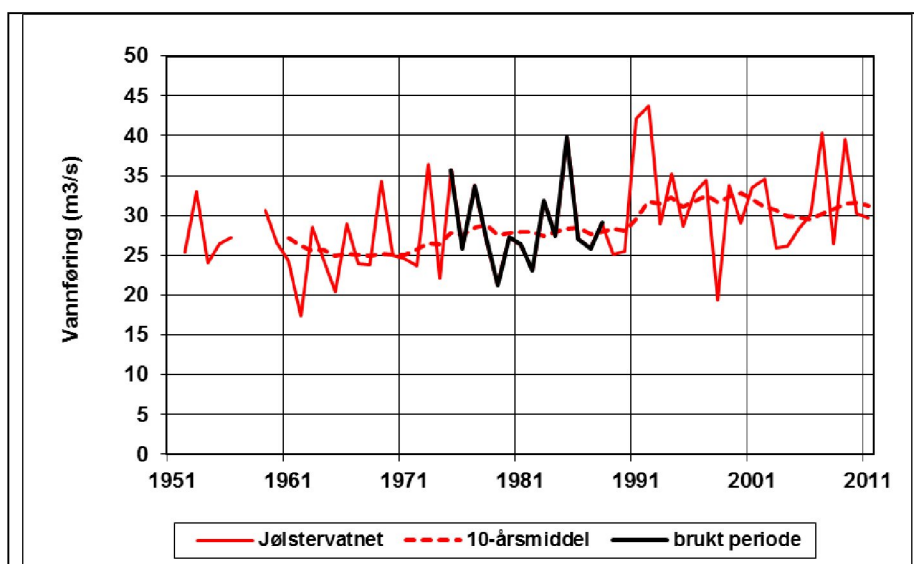
Figur 29). I figuren er vannføringen ut av Jølstervatnet sammenlignet med summen av denne serien og lokalavløpet beskrevet ved bruk av vannføringsdata fra Prestfossen.



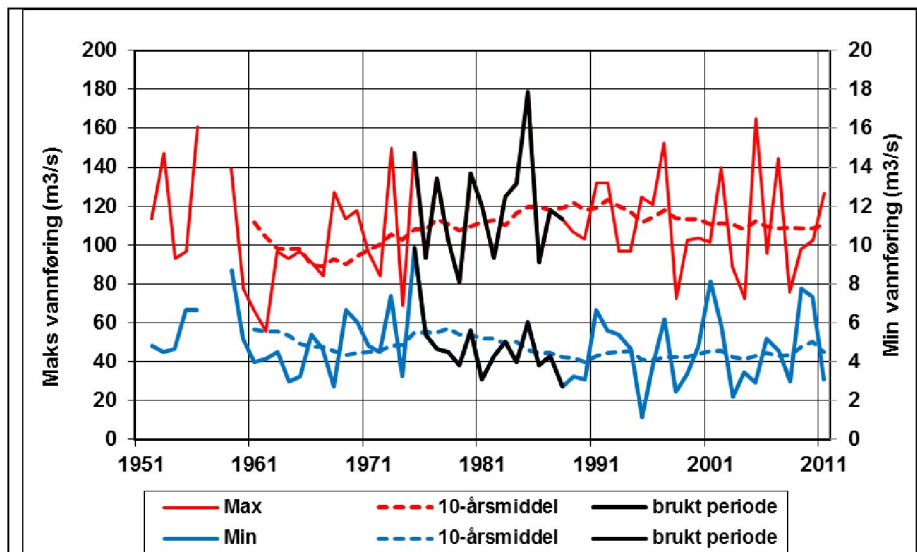


Figur 29 Regresjonsanalyse for fellesperioden 1976-1988.

Figur 30 og Figur 31 viser hvordan årsmiddelvannføring, årsmiddelflom og laveste døgnmiddelvannføring har vært i den benyttede serien sammenlignet med forholdene i den maksimale avløpsserien fra Jølstervatnet 1952-2011.



Figur 30 Årsmiddelvannføringer ut av Jølstervatnet.



Figur 31 Største og minste døgnmiddelvannføring ut av Jølstervatnet.

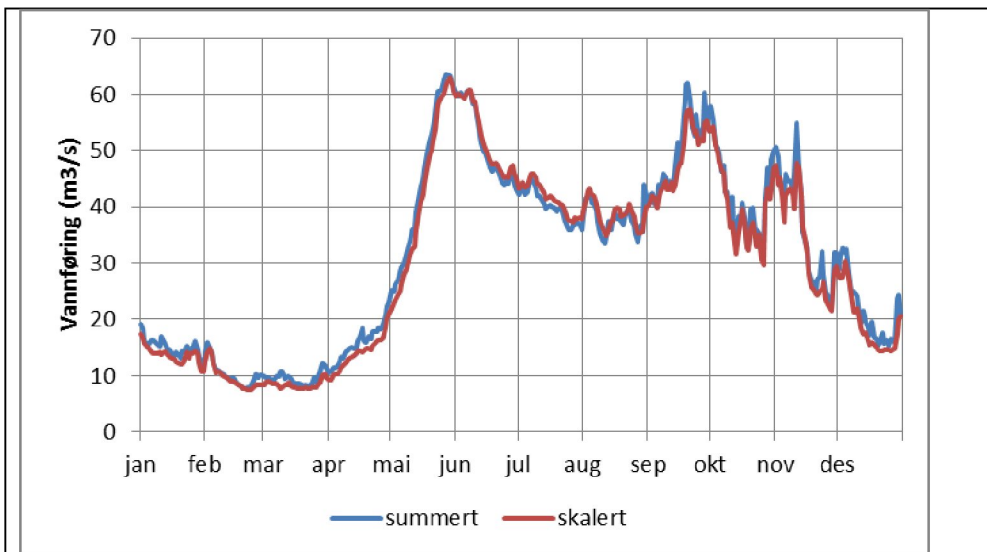
Fordelen med å beregne lokaltilsiget nedenfor Jølstervatnet som en summering av to ulike serier (observert Jølstervatn og skalert Prestfossen) i stedet for en ren skalering av observerte data for Jølstervatn er eksemplifisert i ytterligere tre figurer.

#### Lokalfelt og minstevannføring ved Stakkaldefoss inntak

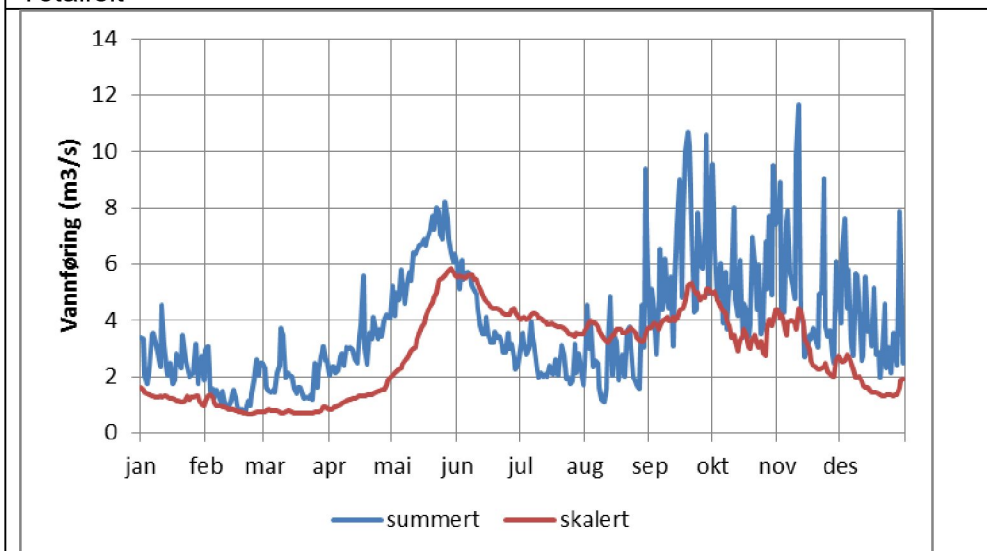
Figur 32 viser forskjellen i sesongvariasjon for totalfelt ved utløp i Movatn og totalfeltet mellom Jølstervatn og Movatn. Tilsynelatende er det ikke store forskjeller i totalvannføringen, men meget signifikante forskjeller i lokalvannføringen. Fordi det er lokalvannføringen som i stor del av tiden vil prege forholdene mellom inntak og utløp til kraftverket (i tillegg til minstevannføringen), mener vi den summerte beskrivelsen vil være klart å foretrekke, enda serien da blir veldig kort (kun 13 år).

#### Lokalfelt og minstevannføring ved Stakkaldefoss inntak

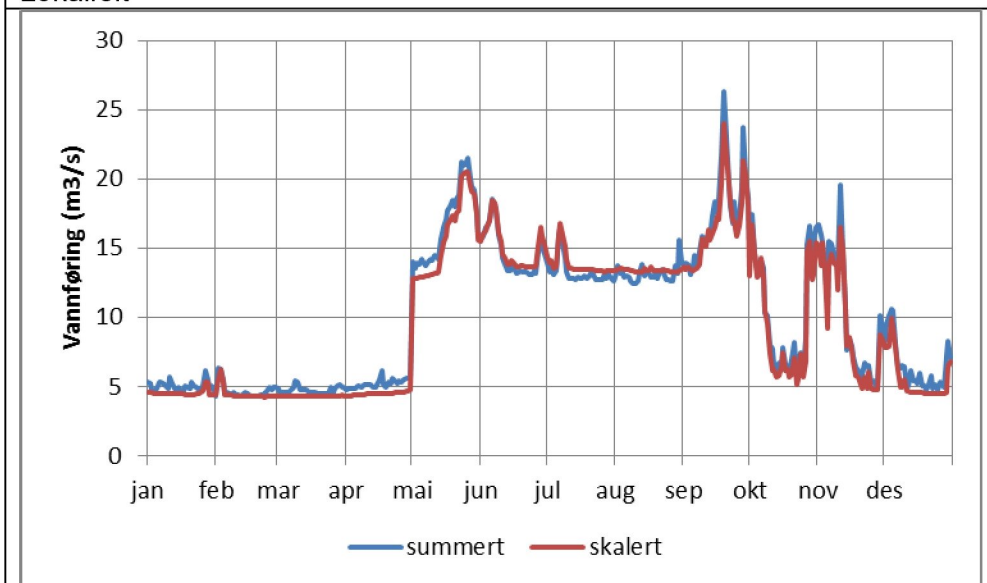
Figur 33 og Figur 34 viser hvordan dette slår ut på enkeltår og varighetskurver. Det er vert å merke seg at lokaltilsiget beregnet ved summering også gir høyere vannføringer, fordi Prestfossen har høyere middelvannføring i perioden 1976-1988 enn i normalperioden 1961-1990, mens det omvendte er forholdet for Jølstervatn ndf. Dette gir i middel en 1,05 m<sup>3</sup>/s høyere vannføring ved bruk av summering enn ved bruk av enkel skalering.



Totalfelt

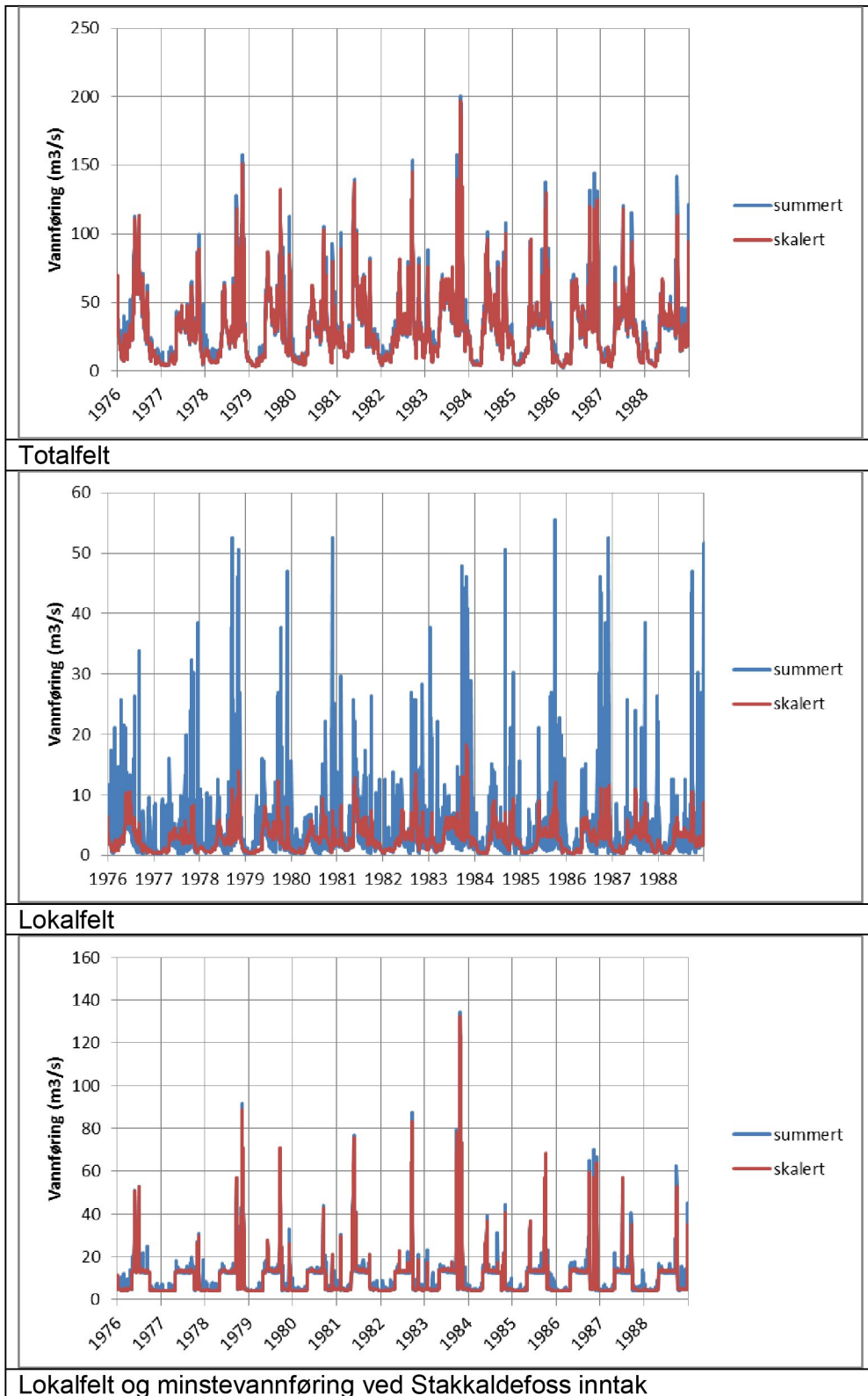


Lokalfelt

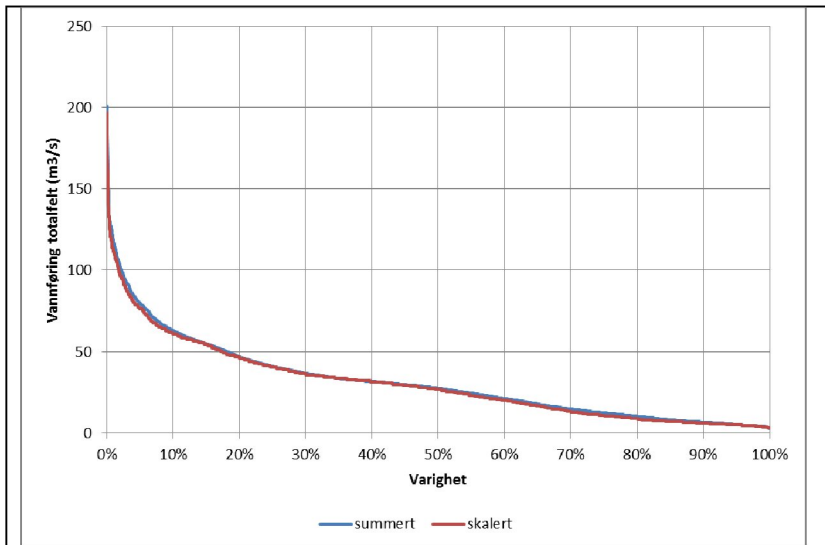


Lokalfelt og minstevannføring ved Stakkaldefoss inntak

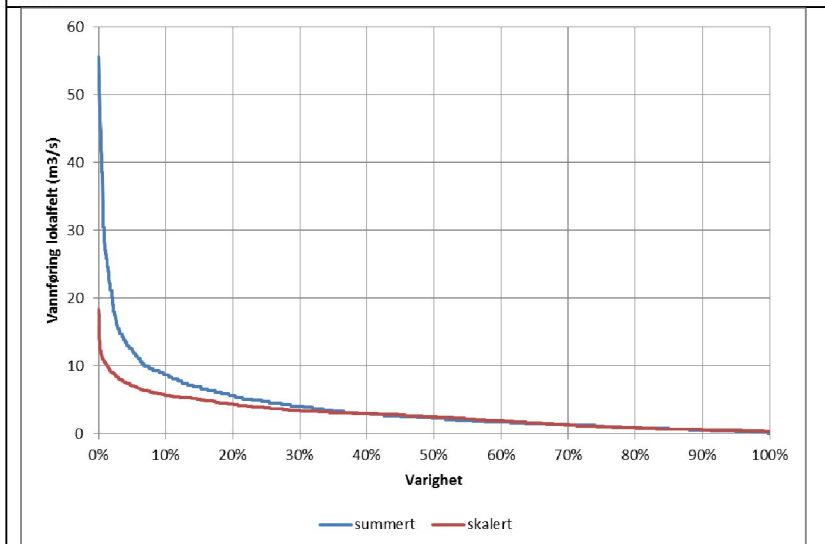
Figur 32. Sammenligning av sesongvariasjon til sommert og skalert vannføringsserie.



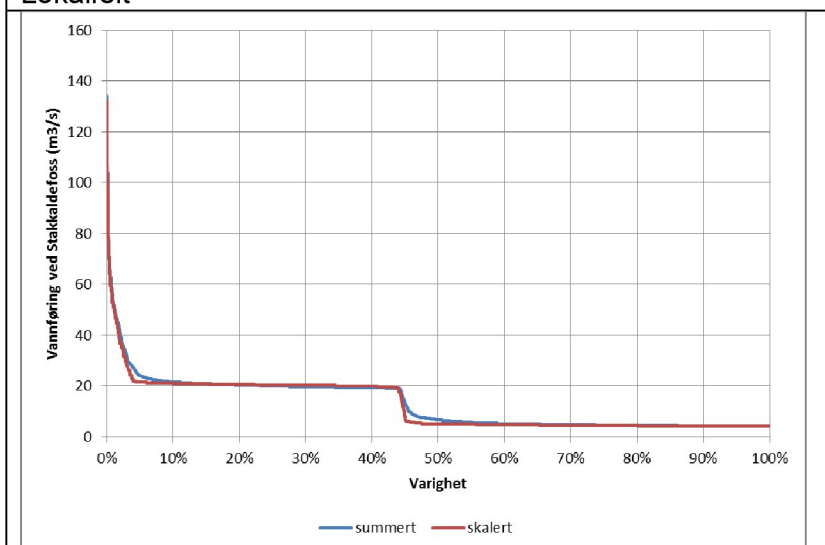
Figur 33. Sammenligning av sommert og skalert vannføringsserie.



**Totalfelt**



**Lokalfelt**



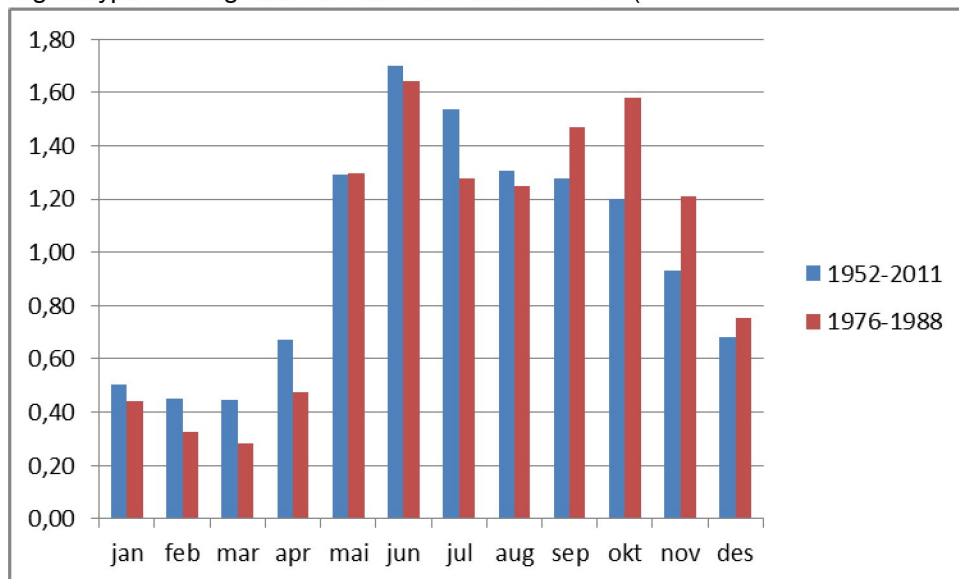
**Lokalfelt og minstevannføring ved Stakkaldefoss inntak**

Figur 34. Sammenligning av varighetskurver til sommert og skalert vannføringsserie.

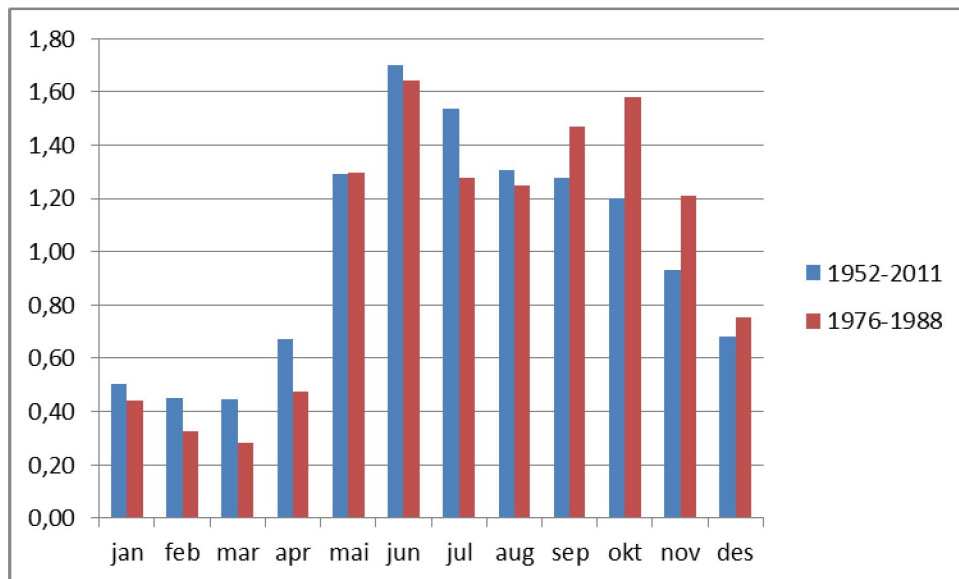
## 6 Alternativ beregning

Vannføringsserien benyttet til å beskrive forholdene før og etter utbygging er som allerede omtalt meget kort (kun 13 år). Som et supplement har vi derfor valgt å foreta slike vurderinger også basert på enkel oppskalering av dataene fra 84.15 Jølstervatn ndf. Vi får da en serie på totalt 60 år (1952-2011), men lokaltilsiget nedstrøms Vassenden blir da ikke like godt beskrevet. Som vi vist i forrige kapittel betyr dette imidlertid ikke så mye, siden de foreslåtte minstevannføringene oftest dominerer. Oppskaleringsfaktoren for inntaket til Jølster kraftverk har da vært 1,047. Resultatet av denne analysen er videre beskrevet i dette kapittel.

Midlere månedsvannføring for den lengre vannføringsserien for Jølstravatnet tilhører regimetype H<sub>1</sub>L<sub>1</sub> og ikke H<sub>2</sub>L<sub>1</sub> som den kortere serien(



Figur 35).

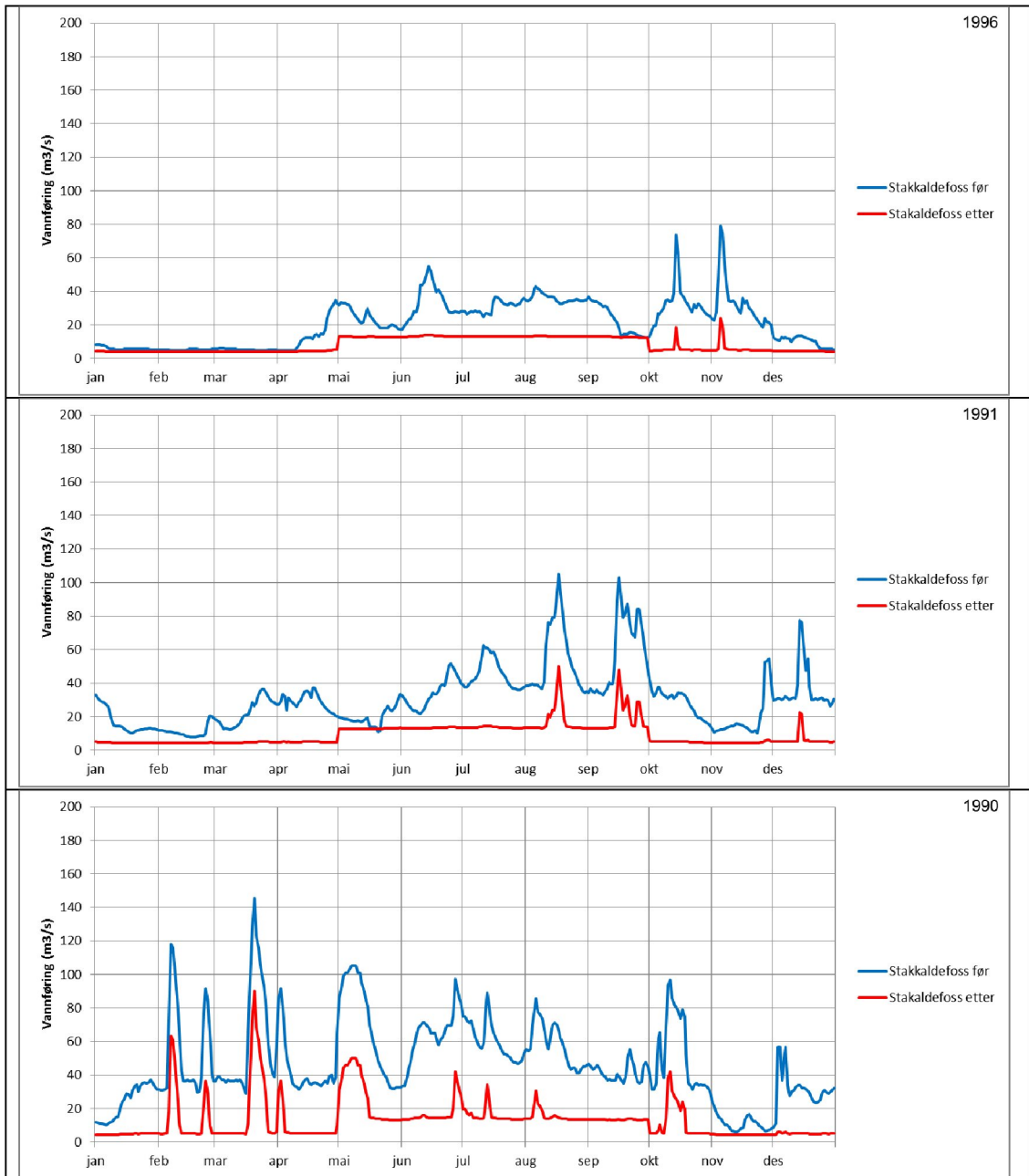


Figur 35.

Normaliserte månedsmiddelvannføringer for lang og kort serie Jølstravatn.

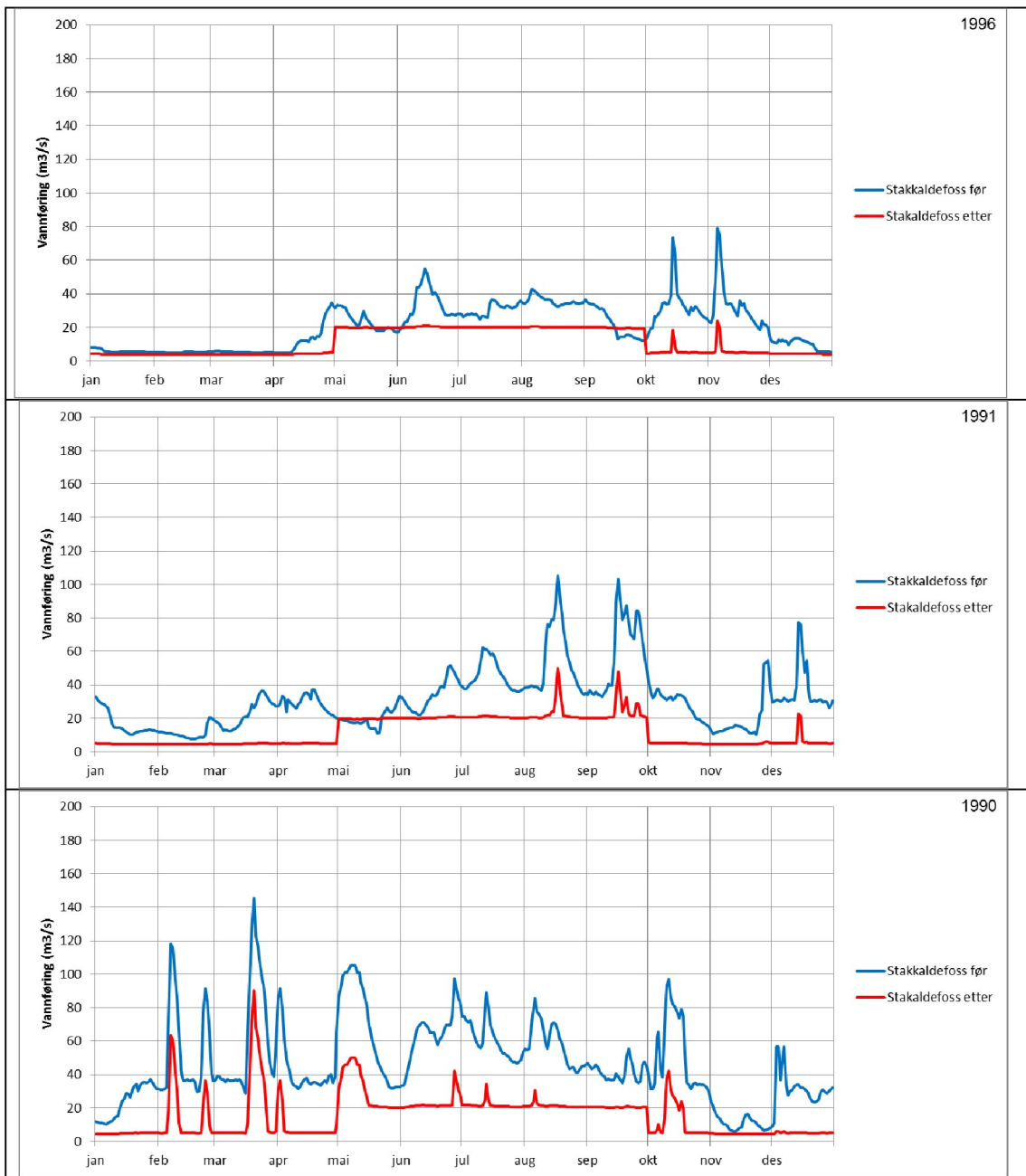
## 6.1 VANNFØRING FØR OG ETTER UTBYGGING

Figur 37 og Figur 36 og viser vannføring før inntak Stakaldefoss før og etter bygging av Jølstra kraftverk for et tørt, normalt og vått år. I disse sammenligningene er avløp Jølstravatn korrigert for innflytelsen av Kjøsnesfjorden i henhold til hva som er beskrevet i kapittel 2.3 (både for før- og etter-situasjonen). Alternativ 1 henviser minstevannføringer 12,0 og 4,0 m<sup>3</sup>/s for sommer (01.05-30.09) resp. vinter (01.10-30.04) og alternativ 2 til 19,0 og 4,0 m<sup>3</sup>/s.



Figur 36. Vannføringer før inntak Stakkaldefoss før og etter Jølstra kraftverk (alternativ 1).

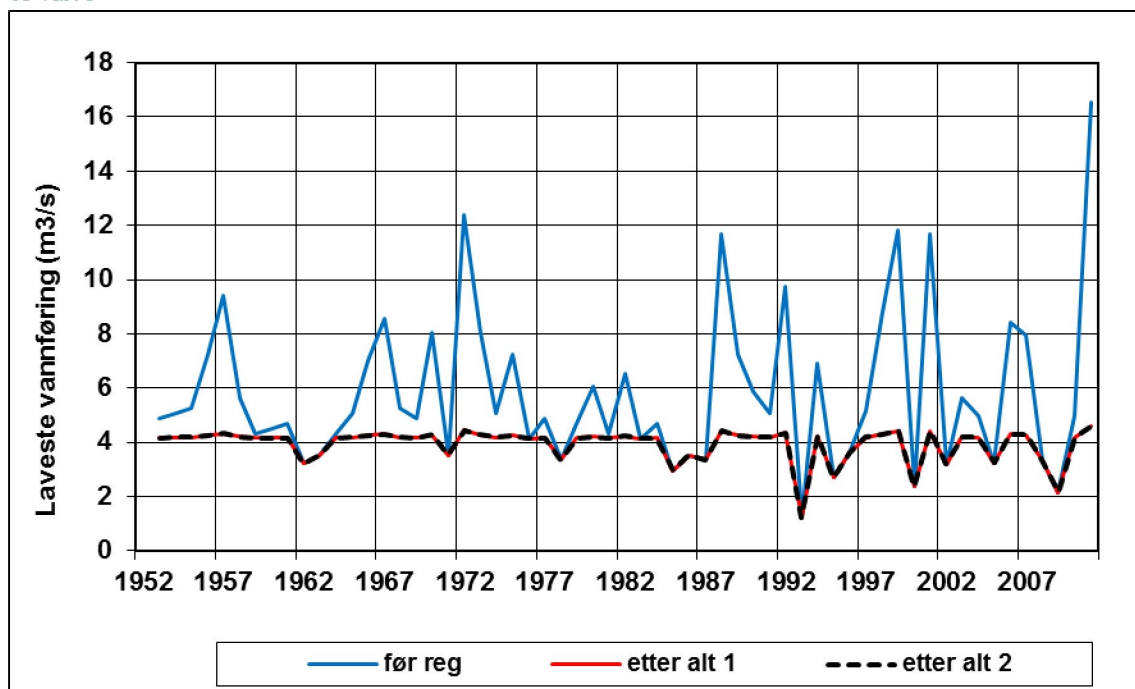




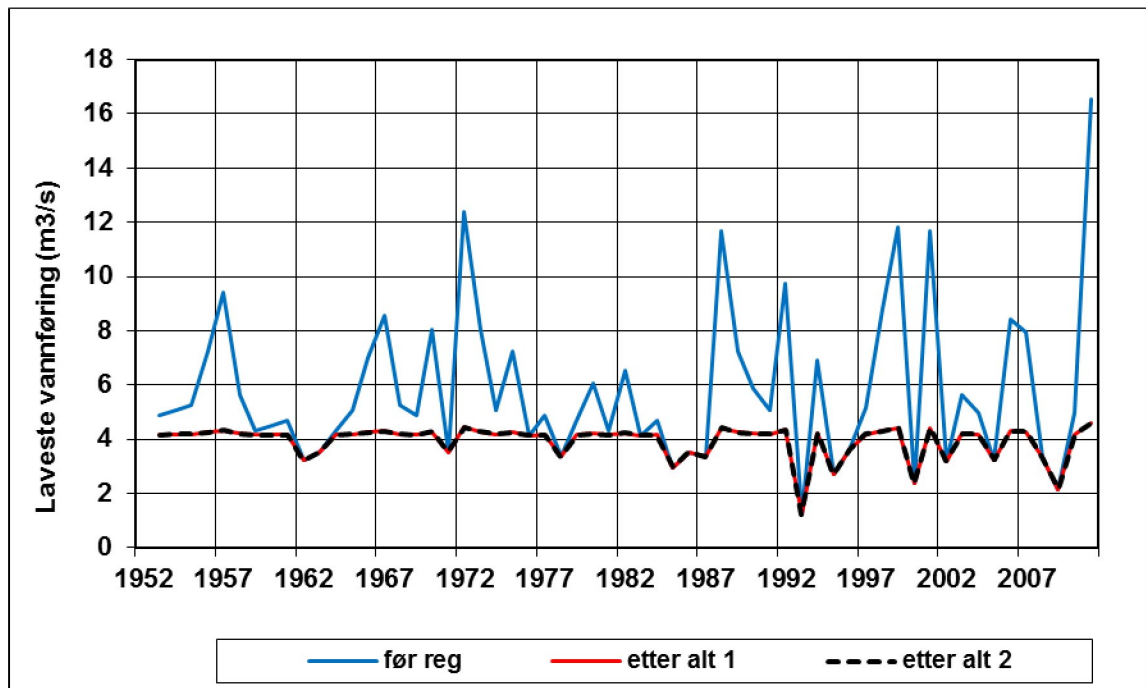
Figur 37. Vannføringer før inntak Stakkaldefoss før og etter Jølstra kraftverk (alternativ 2).

## 6.2 LAVVANNFØRINGER

*Konsekvensen av Jølstra kraftverk på lavvannføringene mellom inntak og utløp til kraftverket er vist i*



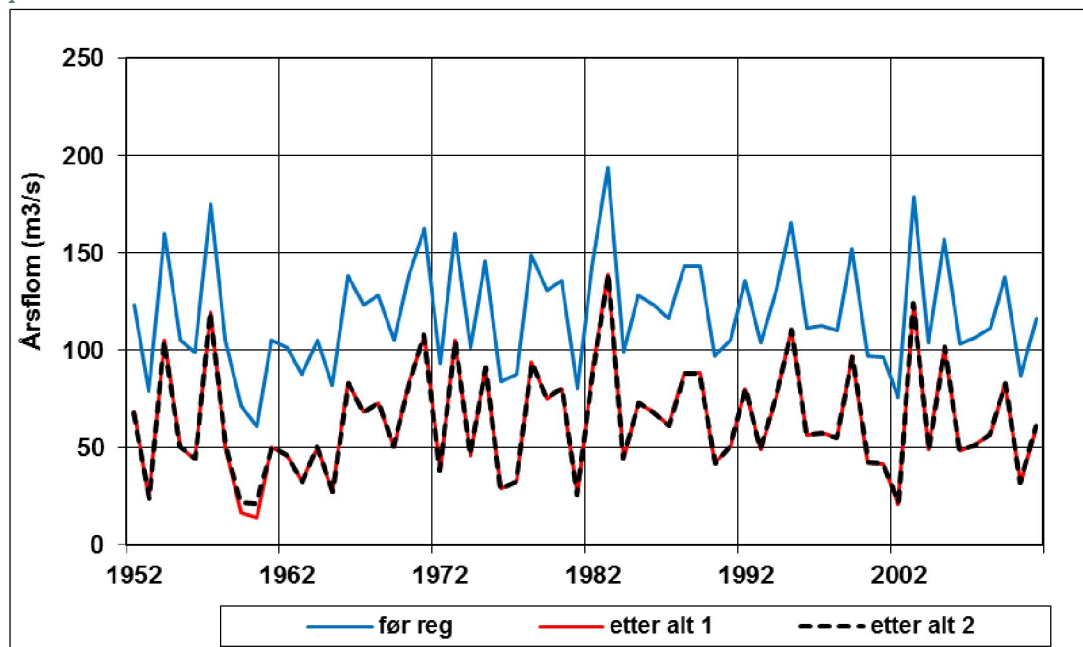
Figur 38. Midlere lavvannføring over 1 døgn reduseres fra 5,8 til 3,9 m<sup>3</sup>/s og den laveste observerte lavvannføringen i perioden 1952-2011 er uendret på 1,2 m<sup>3</sup>/s. Disse reduksjonene forekommer kun i år med lavvannføringer større enn den antatte minstevannføringen om vinteren på 4,0 m<sup>3</sup>/s.



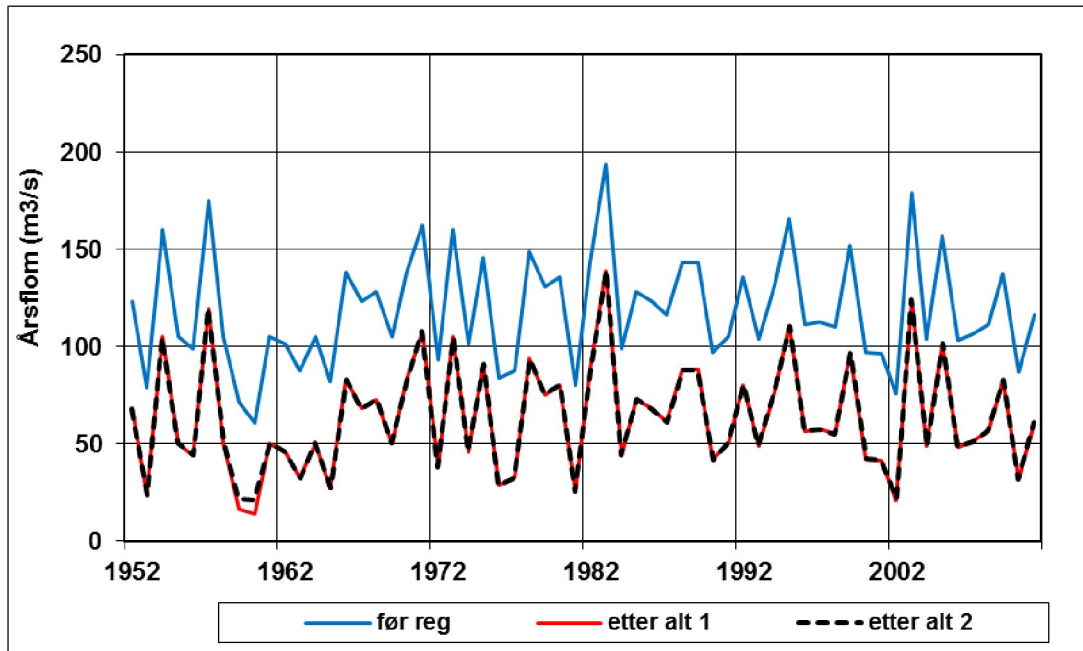
Figur 38. Laveste vannføring i året før inntak Stakaldefoss før og etter Jølstra kraftverk.

### 6.3 FLOM

Konsekvensen av Jølstra kraftverk på flommene mellom inntak og utløp til kraftverket er vist i



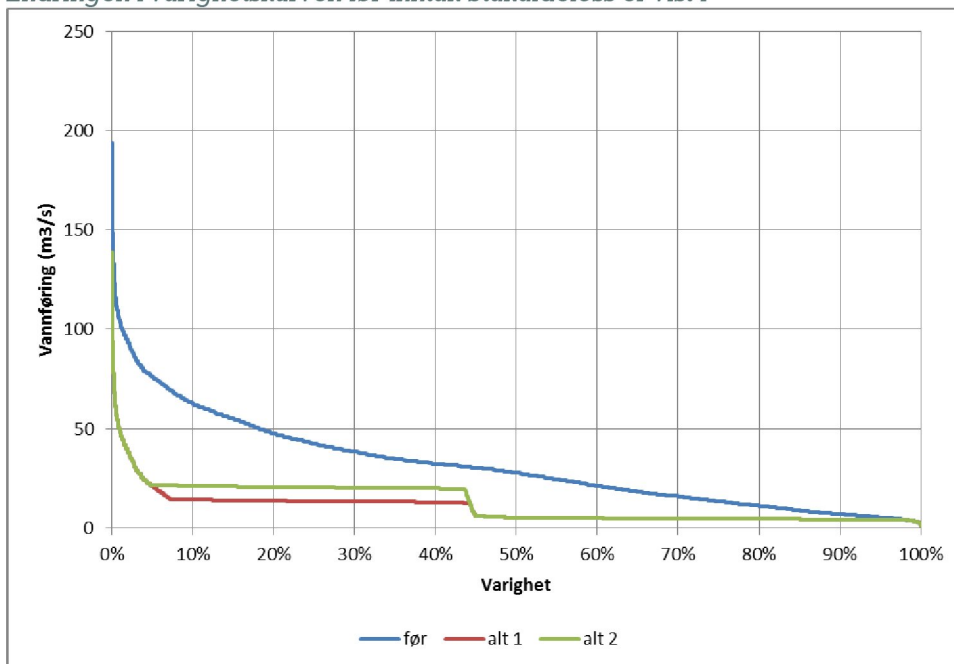
Figur 39. Middelflommen reduseres fra 118 til 64 m<sup>3</sup>/s og den største observerte flommen i perioden 1952-2011 fra 194 til 139 m<sup>3</sup>/s. Begge reduksjonene tilsvarer kraftverkets slukeevne på 55 m<sup>3</sup>/s.



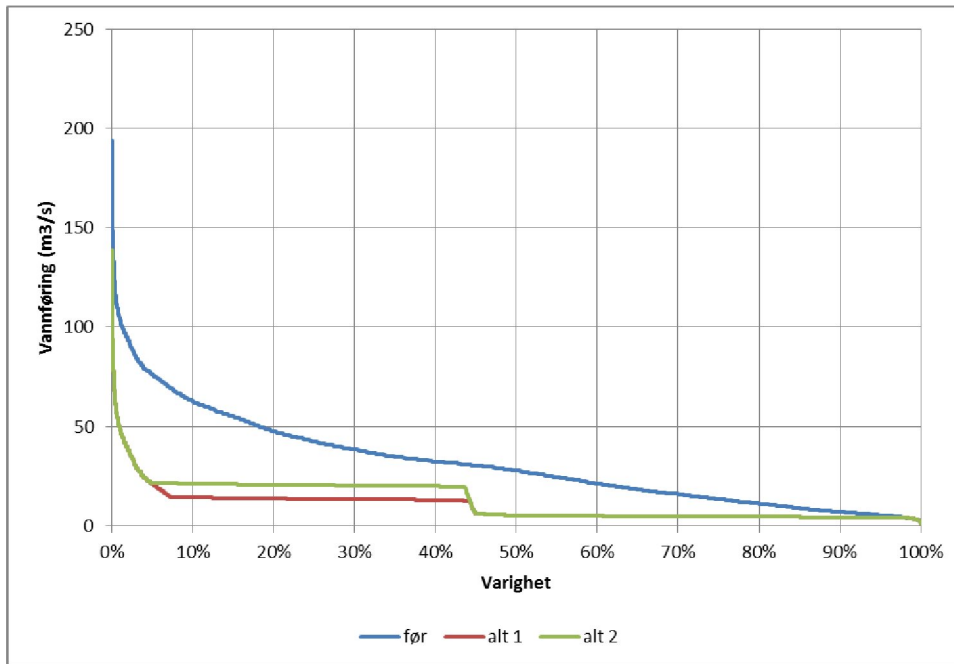
Figur 39. Årsflommer før inntak Stakaldefoss før og etter Jølstra kraftverk.

## 6.1 VARIGHETSKURVER

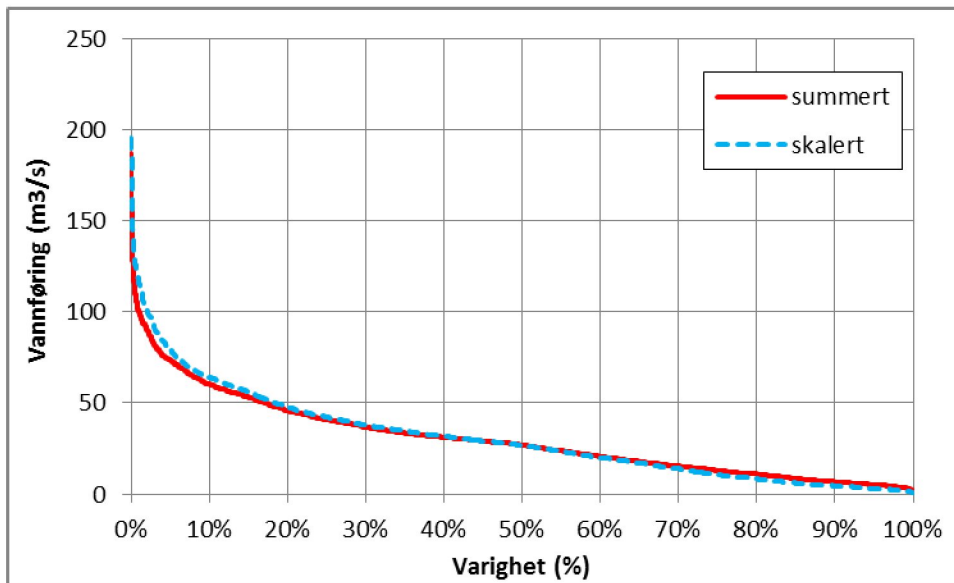
Endringen i varighetskurven før inntak Stakaldefoss er vist i



Figur 40. 5-percentilen før regulering på 5,2 m<sup>3</sup>/s blir redusert til 4,2 l etter både alternativ 1 og 2. Figur 41 viser at det ikke er veldig store forskjeller mellom varighetskurvene basert på summering alternativt skalering. Det må imidlertid antas at summeringen, hvor det benyttes en mye mer representativ måleserie til å beskrive lokalfeltet nedstrøms Vassenden, er mer korrekt. Det faktum at varighetskurvene ikke skiller seg markert åt, tilsier at den kortere summerte serien kan velges uten å miste noe av variasjonsområdet i den lengre serien.



Figur 40. Varighetskurver før inntak Stakaldefoss før og etter Jølstra kraftverk.



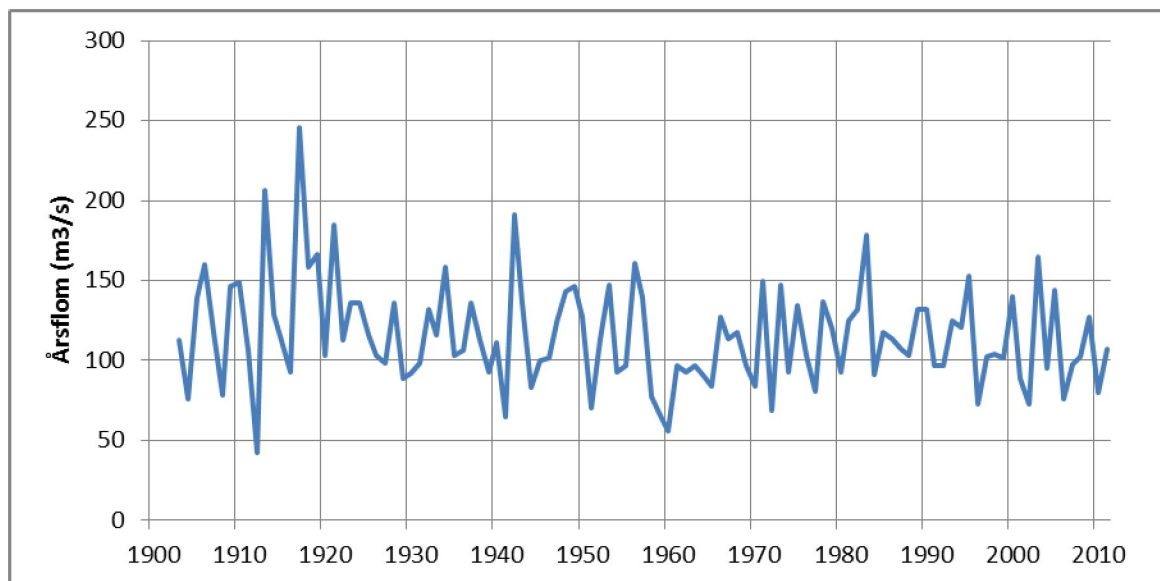
Figur 41. Varighetskurver for inntak Jølstra kraftverk basert på summert og skalert serie.

# 7 Utvidet flomanalyse

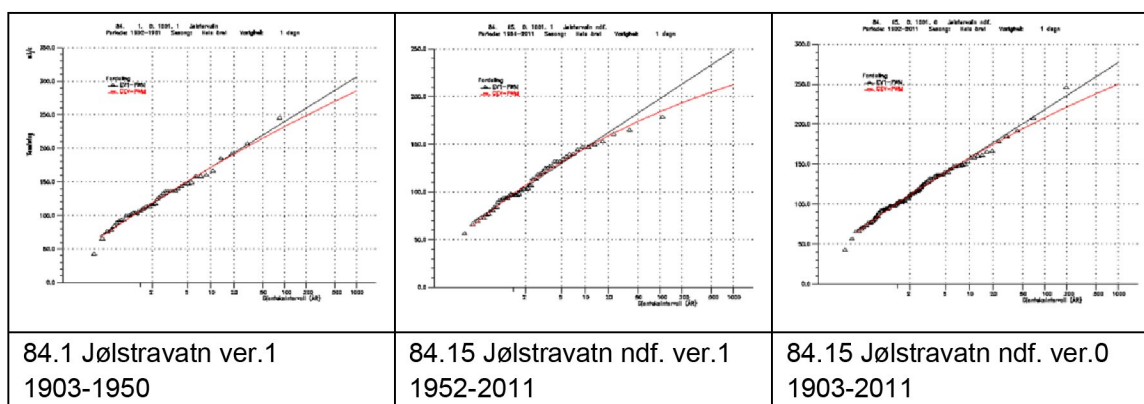
Det er utført frekvensanalyse på årsflommene ut av Jølstravatn for tre ulike perioder (se Figur 43):

- 1903-1950 84.1 Jølstervatn før regulering
- 1952-2011 84.15 Jølstervatn ndf. etter regulering
- 1903-2011 84.14 Jølstervatn ndf. ver.0 satt saman av data før og etter regulering

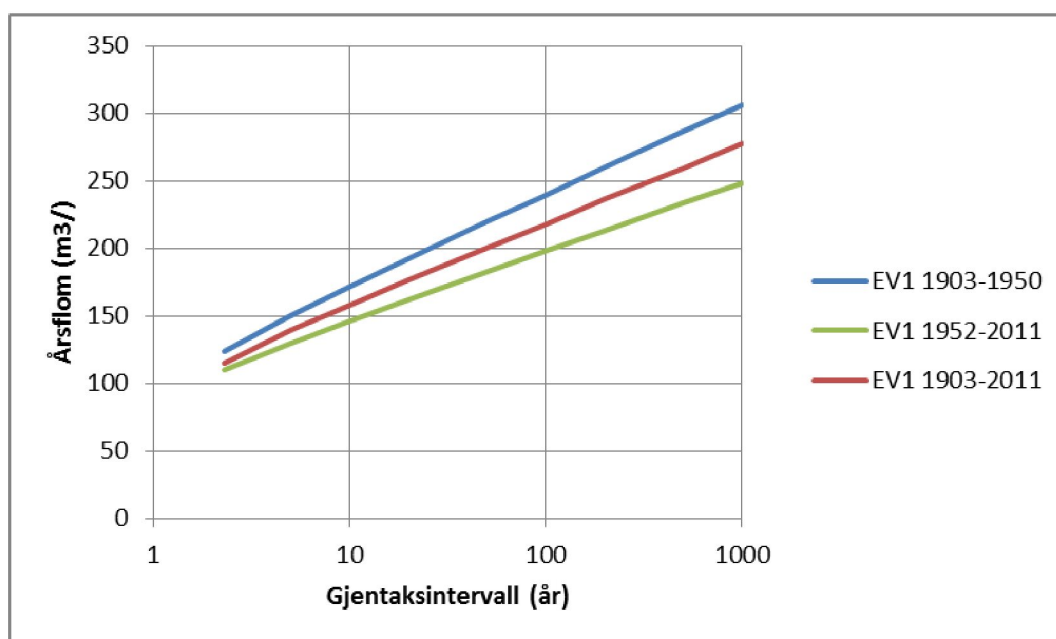
Årsflommene til den totale observasjonsserien er vist i Figur 42, hvor det fremgår at flomvannføringene er blitt klart redusert etter regulering. Figur 44 viser en sammenligning av frekvenskurvene for de ulike periodene. Vi har valgt å bruke to-parameterfordelingen til Gumbel (EV1) fordi den gir noe mer konservative estimater på flommer med høyere gjentaksintervall. Se også frekvenskurver i Vedlegg 1, hvor kurvene til General Extreme Value fordelingen (GEV) også er vist.



Figur 42. Årsflommer ut av Jølstervatn 1903-+2011.



Figur 43. Flomfrekvensanalyser (EV1 og GEV).



Figur 44. Flomfrekvenskurver for ulike perioder ved Jølstervatn (EV1).

Vi mener det er riktig å bruke frekvenskurven etter regulering (1952-2011) og har derfor oppskalert denne til å representere inntaksstedet til Jølstra kraftverk. Vi har da benyttet en enkel arealskalering basert på forholdstallet mellom feltarealene, dvs.  $408,12 / 384,12 = 1,06$ . En tilsvarende skalering basert på forholdstallet mellom årsavløpene hadde gitt skaleringsfaktoren 1,05, dvs. nær det samme. Basert på arealskalering får vi flomvannføringer flomvannføringer for inntaksstedet til Jølstra kraftverk som vist i

Tabell 6. Kulminasjonsverdiene i tabellen er beregnet ut fra en kulminasjonsfaktor 1,03, som tilsvarer den midlere kulminasjonsverdien for årsflommene 2004-2011. Det har ikke vært mulig å beregne kulminasjonsverdiene ut fra formelverket i «Retningslinjer for flomberegninger» utgitt av NVE i 2011, fordi dette gir verdier mindre enn 1.0.

*Tabell 6 Flomvannføringer ved inntaket for ulike gjentaksintervall.*

Gj. int. (år)	Døgnmiddel (m <sup>3</sup> /s)	Kulminasjonsverdi (m <sup>3</sup> /s)
Middelflom	116	120
5	138	142
10	155	160
20	172	177
50	194	199
100	210	216
200	226	233
500	247	255
1000	264	271