
B R E H E I M E N - S T R Y N

H Y D R O L O G I

REGULERINGENS VIRKNING PÅ VANNFØRINGSFORHOLDENE OG
FLOMFORHOLDENE I LOEN- OG STRYNEVASSDRAGET.

Plan av januar 1985

INNHOLDSFORTEGNELSE		Side
	DEFINISJONER	4
1	INNLEDNING	5
2	NORMALVANNFØRING FØR OG ETTER REGULERING	7
3	KARAKTERISTISKE VANNFØRINGER FØR OG ETTER REGULERING	10
3.1	Datagrunnlag og beregningsmetode	10
3.1.1	Strynevassdraget	10
3.1.2	Loenvassdraget	12
3.2	Resultater	12
3.2.1	Strynevassdraget	12
3.2.2	Loenvassdraget	13
4	FLOMFORHOLD FØR OG ETTER REGULERING	13
4.1	Datagrunnlag og beregningsmetode	25
4.2	Resultater	26
	VEDLEGG	30

DEFINISJONER

Avløpsstasjon	: Målestasjon for vannstander som regnes om til vannføringer i et elveløp eller fra en innsjø.
Breprosent	: Breareal i prosent av totalarealet for et nedbørfelt.
Delfelt:	: Feltenhet fremkommet ved oppdeling av et område med tanke på prosjektering og hydrologiske analyser. Trenger ikke være et selvstendig nedbørfelt.
Korrelasjonsanalyse mellom to dataserier	: Statistisk metode til å bestemme hvor god samvariasjon det er mellom to dataserier.
Magasinprosent	: Magasinvolumet i prosent av normalt årstilsig.
Median for en dataserie	: 50 % av verdiene i serien er større enn og 50 % er mindre enn medianverdien.
Nedbørfelt til en avløpsstasjon	: Arealer som drenerer ned til avløpsstasjonen.
Nedre kvartil for en dataserie	: 75 % av verdiene i serien er større enn og 25 % er mindre enn denne verdien.
Normalvannføring	: Midlere vannføring over normalperioden (1.9.1930-31.8.1960)
Pentade	: 5 døgn.
Regresjonsanalyse for to el. flere dataserier	: Statistisk metode til å beskrive samvariasjonen mellom to eller flere dataserier.
Regresjonsligning	: Ligning som beskriver sammenhengen mellom to eller flere dataserier.
Restfelt	: Brukt som betegnelse på felter som ligger nedenfor de regulerte områdene. Restvannføringen i regulerte vassdrag kommer alt vesentlig fra restfeltene.
Ti(10)-persentil for en dataserie	: 90 % av verdiene i serien er større enn og 10 % er mindre enn denne verdien.
Tilsigsserie	: Serie av vannføringer beregnet på grunnlag av magasin vannstander, overløp og tapping fra et magasin og overføring til magasinet.
Øvre kvartil for en dataserie	: 25 % av verdiene i serien er større enn og 75 % er mindre enn denne verdien.

1 INNLEDNING

I denne utredningen behandles vannførings- og flomforholdene før og etter regulering etter en revidert teknisk/økonomisk plan av januar 1985. Planen gjelder Videsæter og Skåre kraftverk i Strynevassdraget og erstatter den tidligere planen av mars 1980 for Skåre kraftverk (alt. BCD). Det tidligere alternativet A er utgått. Figur 1.1 viser en skisse over utbyggingen etter den nye planen.

De vesentligste forandringene gjelder det som tidligere ble kalt "høyt fall". Dette er nå delt i to fall, et fra nivå Langvatn/Opljosvatn til nivå Sygneskardvatna og et fra nivå Sygneskardvatna til Strynevatn. Det siste fallet blir da identisk med det tidligere "lavt fall". Det må dessuten bygges to kraftstasjoner, en ved Videsæter for øvre fall og en ved Skåre for nedre fall. Den maksimale driftsvannføringen ved midlere fallhøyde er for Videsæter kraftstasjon 12 m³/s og for Skåre kraftstasjon 45.5 m³/s. Installasjonen ved Skåre kraftstasjon inkluderer et aggregat med driftsvannføring på 4.5 m³/s for slipping av minstevannføring i Hjelledøla.

Av størst betydning er imidlertid økningen i magasinprosent for nivå Langvatn/Opljosvatn. Ved Opljosvatn er LRV senket fra kote 1117 til 1100 og HRV økt fra kote 1143.3 til 1145 og ved Langvatn er HRV økt fra kote 1090 til 1118 mens LRV her er holdt uforandret ved kote 1070. Dette betyr en økning av magasinene fra 36.6 til 50 mill. m³ for Opljosvatn og fra 17.8 til 85 mill. m³ for Langvatn. Magasinprosenten er derved økt fra 39 % til 104 % for dette nivå.

Den praktiske konsekvensen av disse forandringene er at Opljosvatn og Langvatn nå vil få størst tapping i vinterhalvåret mot tidligere i sommerhalvåret. På grunn av den høyere reguleringsgraden vil også sannsynligheten for at Opljosvatn og Langvatn ikke er fulle om sommeren og begynnelsen av høsten være betydelig større etter den reviderte planen. Dette vil medføre en større flomdempning for denne delen av året også når magasinene manøvreres bare utfra økonomiske vurderinger.

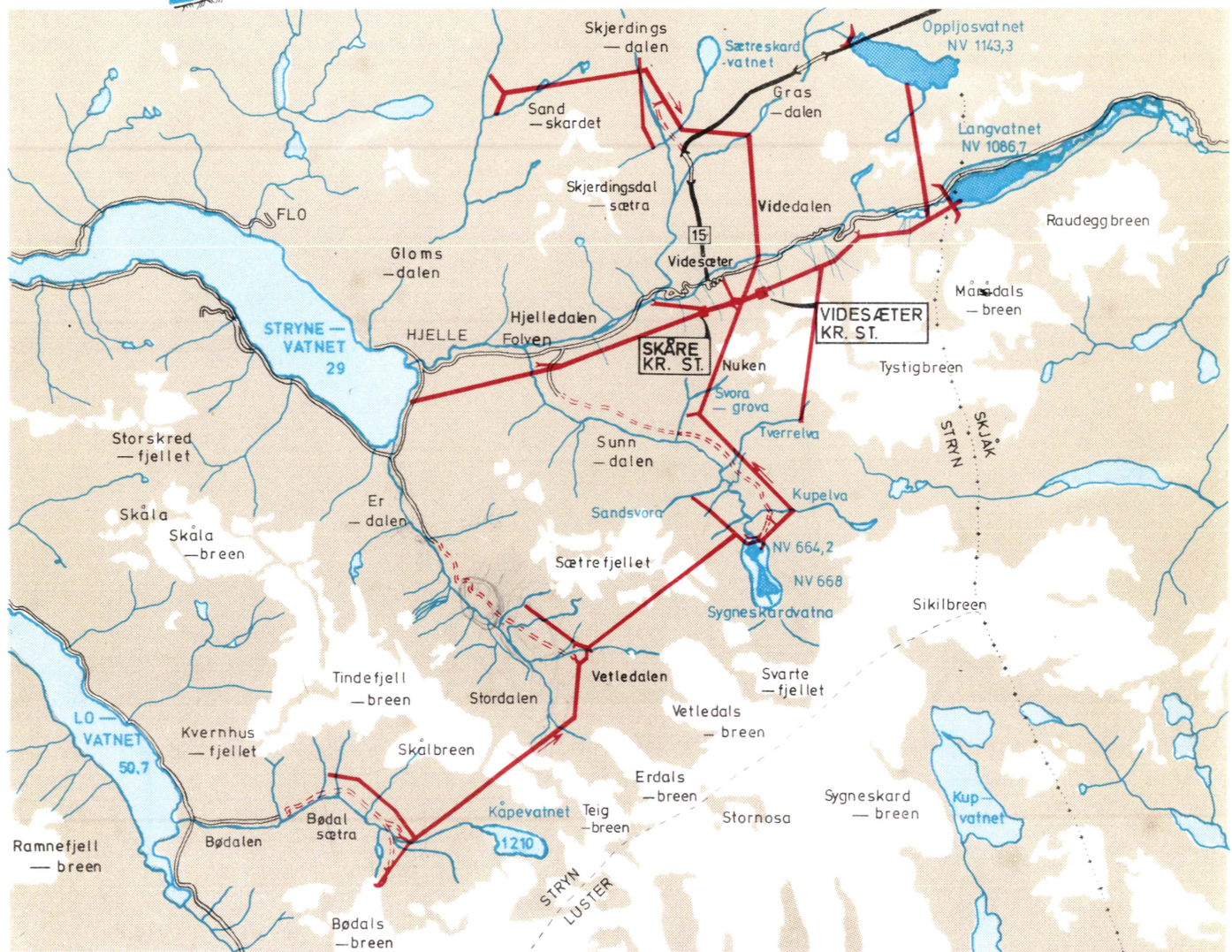
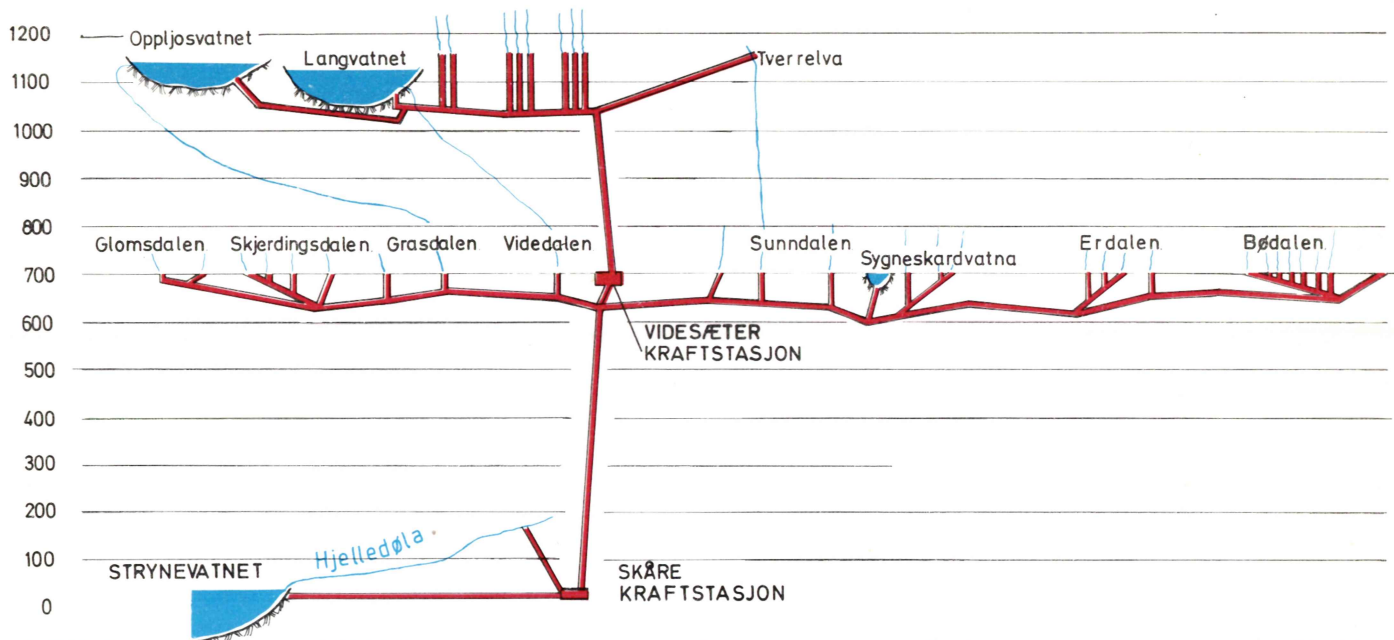
Når det gjelder en nærmere beskrivelse av de reviderte reguleringsplanene henvises til teknisk/økonomisk plan av januar 1985.

I utredningen behandles vannføringsforholdene før og etter regulering på valgte punkter i Stryne- og Loenvassdraget:

- Strynevassdraget:
- a I Hjelledøla ved utløpet i Strynevatn. Senere kalt Hjelledøla.
 - b I Erdalselva ved utløpet i Strynevatn. Senere kalt Erdalselva.
 - c I Glomsdøla ved utløpet i Strynevatn. Senere kalt Glomsdøla.
 - d I Stryneelva ved utløpet av Strynevatn. Senere kalt Stryneelva.
- Loenvassdraget:
- e I Loelva ved utløpet av Lovatn. Senere kalt Loelva.

Datagrunnlaget for denne utredningen er stort sett gitt i rapporten "Breheimutbyggingen. Hydrologi. Det hydrologiske grunnlaget i utbyggingsområdet. Mars 1980". Der hvor dette grunnlaget er blitt revidert, er dette påpekt i teksten. Spesielt gjelder dette kapitlet om normalvannføringer.

Figur 1.1



- Dam
- Regulert vatn
- Uregulert vatn
- Tunnel
- Kraftstasjon
- Eksisterende veg
- Planlagt veg

0 5000 m



NORGES VASSDRAGS- OG ELEKTRISITETSVESEN
STATSKRAFTVERKENE

SBG SBG 4 V31 Blad A
Jnr. 72158

**BREHEIMEN
STRYN**

Plan av januar 1985

Beregningene i denne utredningene er basert på observasjonsserier av begrenset lengde. Nye beregninger på grunnlag av lengre observasjonsserier kan senere medføre endringer i de resultater som her presenteres.

I utredningen er ord eller uttrykk som bør forklares nærmere, understreket første gang de forekommer, og definisjoner finnes på side 4.

Denne utredningen erstatter to tidligere utredninger:

- Breheimutbyggingen. Hydrologi. Regulerings virkning på vannføringsforholdene i Loen- og Strynevassdraget. Mars 1980.
- Breheimutbyggingen. Hydrologi. Regulerings virkning på flommene i Strynevassdraget. Mars 1980.

2 NORMALVANNFØRINGER FØR OG ETTER REGULERING

Normalvannføringen (dvs. midlere vannføring for perioden 1.9.1930-31.8.1960) for de enkelte delfelt i Stryne- og Loenvassdraget var tidligere gitt i tabell 5.1.1 i "Breheimutbyggingen. Hydrologi. Det hydrologiske grunnlaget i utbyggingsområdet. Mars 1980". Videre viser tabell 4.2.1 i samme utredning hvilke av feltene som tas inn i reguleringen og hvilke som er restfelt. Det hydrologiske grunnlaget for Breheimen er imidlertid senere som oppdrag fra Statskraftverkene blitt revidert av Hydrologisk avdeling ved NVE.

Bl.a. er breenes innflytelse på vannføringsforholdene vurdert påny og avløpsstasjonene i området er kvalitetsvurdert. I tillegg er en ny avløpsstasjon benyttet i vurderingene. Det er også konstruert et nytt avløpskart (isohydatkart) for Stryne- og Loenvassdraget.

Tabell 2.1 viser resultatene av den foretatte revisjonen av data for avløpsstasjonene. Utfra det nye avløpskartet er også beregnet tilsvarende reviderte avløpstall for delfeltene i Stryne- og Loenvassdraget. Disse er vist i tabell 2.2.

Tabell 2.1 Reviderte normalavløp for avløpstasjoner i Breheimen, Strynesiden.

Avløpsstasjon	Areal (km ²)	Bre (%)	Normalavløp (m ³ /s)			Revisjon	
						(m ³ /s)	(%)
			Ikke brekorr	Brekorr	Brekorr		
			1979	1984	1984		
621 Oldev./Floen	214.	39	16.3	16.3	15.0	-1.3	-8.0
622 Lovatn	234.	36	16.5	16.5	15.2	-1.3	-7.9
630 Øye	140.	4	8.52	8.52	8.44	-0.08	-0.9
1654 Skjæringdøla	72.0	8	4.25	4.46	4.37	+0.12	+2.8
1655 Sunndøla	60.5	39	4.82	4.37	4.00	-0.82	-17.0
1656 Vetledalsv.	11.0	46	0.92	0.92	0.85	-0.07	-7.6
1678 Strynsvatn	482.	16	32.7	31.0	29.7	-3.0	-9.2
2286 Grasdøla	34.2		-	1.85	1.82	-	-

Tabell 2.2 Reviderte normalavløp for delfelter i Stryne- og Loenvassdraget.

Delfelt	Felt kode	Areal (km ²)	Bre (%)	Normalavløp(m ³ /s)		Revisjon (m ³ /s) (%)		Reg. (*)
				1979	1984			
Glomsdøla, øvre	s1	9.2	22	0.67	0.68	+0.01	+1.5	*
Bekk øst Glomsd.	s2	4.2	0	0.29	0.29	0.	0.	*
Glomsdøla, rest	s3	25.9	4	1.76	1.61	-0.15	-8.5	
Skjerdingsdøla, øv.	s4	14.5	8	0.95	0.99	+0.04	+4.2	*
Bekk fra Sætresk.	s5	4.7	6	0.30	0.31	+0.01	+3.3	*
Bekk 1 vest Skj.d.	s6	0.6	0	0.04	0.04	0.	0.	*
Bekk 2 vest Skj.d.	s7	2.7	35	0.18	0.20	+0.02	+11.1	*
Bekk 3 vest Skj.d.	s8	2.4	30	0.16	0.18	+0.02	+12.5	*
Oppljosvatn	s9	11.6	2	0.63	0.64	+0.01	+1.6	*
Grasdøla	s10	19.1	9	1.13	1.15	+0.02	+1.8	*
Skjerdingsdø., rest	s11	16.4	0	0.86	0.86	0.	0.	
1654 Skjæringdøla		72.0	8	4.25	4.37	+0.12	+2.8	
Langvatn	s12	28.9	30	1.93	1.63	-0.30	-15.5	*
Bekk 1 sør Vided.	s13	1.4	39	0.10	0.10	0.	0.	*
Bekk 2 sør Vided.	s14	4.9	53	0.38	0.40	+0.02	-5.3	*
Bekk 3 sør Vided.	s15	1.4	70	0.11	0.11	0.	0.	*
Bekk 4 sør Vided.	s16	0.9	42	0.07	0.07	0.	0.	*
Bekk 5 sør Vided.	s17	1.3	35	0.10	0.11	+0.01	+10.0	*
Videdøla, øvre	s18	14.6	3	0.99	0.90	-0.09	-9.1	*
Sygneskardvatna	s19	19.3	46	1.60	1.38	-0.22	-13.8	*
Kupelva	s20	4.9	17	0.42	0.31	-0.11	-26.2	*
Tverrelvsk., øvre	s21	13.2	78	1.12	1.07	-0.05	-4.5	*
Tverrelvsk., nedre	s22	3.8	5	0.30	0.23	-0.07	-23.3	*
Svoragrova	s23	2.5	4	0.19	0.16	-0.03	-15.8	*
Bekk 1 sør Sunnd.	s24	0.6	0	0.04	0.03	-0.01	-25.0	*
Bekk 2 sør Sunnd.	s25	0.4	0	0.03	0.02	-0.01	-33.3	*
Sandsvora	s26	3.4	45	0.28	0.26	-0.02	-7.1	*
Sunndøla, rest	s27	12.4	0	0.84	0.54	-0.30	-35.7	
1655 Sunndøla		60.5	39	4.82	4.00	-0.82	-17.0	
Hjelledøla, rest	s28	49.3	1	2.94	2.37	-0.57	-19.4	
Hjelledøla, utløp		235.2		15.69	14.06	-1.63	-10.4	
Erdal, Stordalen	s29	21.7	57	1.83	1.99	+0.16	+8.7	*
Erdal, Vetledalen	s30	14.4	38	1.18	1.20	+0.02	+1.7	*
Bekk 1 øst Erdal	s31	0.3	0	0.02	0.02	0.	0.	*
Bekk 2 øst Erdal	s32	2.2	13	0.18	0.18	0.	0.	*
Bekk 3 øst Erdal	s33	0.9	15	0.07	0.07	0.	0.	*
Erdalselva, rest	s34	40.7	11	3.09	2.76	-0.33	-10.7	
Erdalselva, utløp		80.2		6.37	6.23	-0.14	-2.2	
Strynevatn, rest	s35	127.3	4	7.92	6.84	-1.08	-13.6	
1678 Strynsvatn		482.0	16	32.70	29.70	-3.00	-9.2	
Bødalsbreen	11	12.0	77	1.01	0.97	-0.04	-4.0	*
Kupelva	12	16.8	32	1.33	1.27	-0.06	-4.5	*
Bekk sørøst Skålb.	13	1.2	0	0.09	0.08	-0.01	-11.1	*
Bekk fra Skålbreen	14	7.8	64	0.65	0.63	-0.02	-3.1	*
Bekk Tindfjellb. ø	15	2.2	48	0.17	0.17	0.	0.	*
Bekk Tindfjellb. v	17	2.4	48	0.19	0.18	-0.01	-5.3	*
Lovatn, rest 16,18-117		191.2		13.07	11.90	-1.17	-9.0	
622 Lovatn		233.6	36	16.51	15.20	-1.31	-7.9	

Beregningene gir en reduksjon av tilsiget til de regulerte delfeltene på ca. 4 %. Dette skyldes vesentlig reduksjonen i det oppgitte avløpstallet for stasjonen 1655 Sunndøla og at det nå er tatt større hensyn til breenes innflytelse på avløpsforholdene.

Utfra tabell 2.2 er normalvannføringene beregnet før og etter regulering ved de aktuelle punktene i vassdraget (tabell 2.3).

Flomtap ved inntakene og overløp fra magasinene er ikke tatt med i tabell 2.3. Beregninger med en samkjøringsmodell(JARSIM) gir et samlet flomtap fra reguleringen på ca. 25 mill. m³ pr. år, hvilket tilsvarer en midlere vannføring på ca. 0.8 m³/s. Denne samkjøringsmodellen beskriver ingen detaljer i reguleringsplanen, men vurderer den relativt til resten av samkjøringsnettet. Flomtapet vil derfor i virkeligheten sannsynligvis være vesentlig mindre, anslagsvis halvparten av dette, dvs. ca. 0.4 m³/s. Dette flomtapet fordeler seg med ca. 0.1 m³/s på Erdalselva, ca. 0.1 m³/s på Bødalselva og ca. 0.2 m³/s på Sygneskardvatna, dvs. Sunndøla/Hjelledøla.

Tabell 2.3 viser at reguleringen medfører en reduksjon av normalvannføringen på vel 70 % i Hjelledøla, vel 50 % i Erdalselva og nær 30 % i Glomsdøla. I Stryneelva er normalvannføringen gitt som en sum av to tall. Det første tilsvarer midlere vannføring for restfeltet og det andre midlere vannføring for de regulerte feltene. Tabell 2.3 viser at normalvannføringen i Stryneelva øker med ca. 10 %, noe som skyldes at øvre del av Bødalselva i Loenvassdraget overføres til Strynevassdraget. Av samme grunn minker normalvannføringen i Loelva med vel 20 %.

Tabell 2.3 Normalvannføringer før og etter regulering ved karakteristiske steder i Strynevassdraget.

Flomtap ved inntakene og overløp fra magasinene er ikke tatt med.

- 1) Normalvannføring (evt. areal) for restfeltet
- 2) Normalvannføring (evt. areal) for regulerte felter

Sted i vassdraget	Før regulering		Etter regulering		
	Feltareal (km ²)	Normalvf. (m ³ /s)	Feltareal (km ²)	Normalvf. (m ³ /s)	% av ureg.
Strynevassdraget:					
Erdalselva	80.2	6.2	40.7	2.8	45
Hjelledøla	235.2	14.1	78.1	3.8	27
Glomsdøla	39.3	2.6	25.9	1.6	62
1)			272.0	15.0	
2)			+252.4	+18.0	
Stryneelva	482.0	29.7	524.4	33.0	111
Loenvassdraget:					
Loelva	233.6	15.2	191.2	11.9	78

3 KARAKTERISTISKE VANNFØRINGER FØR OG ETTER REGULERING

3.1 Datagrunnlag og beregningsmetode

Vannføringen fra de enkelte delfelt i vassdragene beregnes ved at dataene fra en representativ avløpsstasjon multipliseres med forholdet mellom normalvannføringen for delfeltet og for avløpsstasjonens nedbørfelt.

3.1.1 Strynevassdraget

I Strynevassdraget finnes det kun avløpsstasjoner med forholdsvis korte observasjonsserier (se utredningen "Breheimutbyggingen. Hydrologi. Det hydrologiske grunnlaget i utbyggingsområdet"). Avløpsseriene til 1678 Strynsvatn, 1654 Skjæringsdøla og 1655 Sunndøla og en tilsigsserie beregnet ut fra 1678 Strynsvatn, ble derfor forsøkt utvidet ved en regresjonsanalyse mot 622 Lovatn og 630 Øye. Mellom seriene ble det beregnet regresjonsligninger som gjaldt for hele året, og regresjonsligninger som gjaldt for bestemte karakteristiske deler av året. Beregningene ble utført for 5-døgnsmidler av vannføringene. Hvilke regresjonsligninger som ble valgt, ble bestemt ut fra hvor god korrelasjonen var mellom beregnet og observert serie. Dessuten ble det lagt stor vekt på en visuell vurdering av hvor god beskrivelse regresjonsligningene ga av de observerte seriene. Observerte og beregnede serier ble i denne vurderingen plottet og sammenlignet. De valgte regresjonsligningene er gitt i tabell 3.1.1.1.

Ved å benytte disse ligningene ble det beregnet serier for disse avløpsstasjonene for perioden 1930-60.

Siden 1655 Sunndøla har en breprosent på 39, er den beregnede serien for denne avløpsstasjonen benyttet til å beskrive vannføringene fra delfelter i vassdraget med høy breprosent ($> 15\%$). Nedbørfeltet til 1654 Skjæringsdøla har 8 % bre, og regnes som representativt for delfelter med liten breprosent. For delfelter med ubetydelig breandel i feltet benyttes 630 Øye. Dessuten er den utvidede serien for 1678 Strynsvatn benyttet til å beskrive vannføringsforholdene i Stryneelva før regulering.

Hvilke kombinasjoner av de nevnte avløpsstasjonene som benyttes før og etter regulering på de tre stedene i vassdraget er gitt i tabell 3.1.1.2.

Etter regulering kommer i tillegg til restvannføringene også flomtap ved inntakene og driftsvannføringen gjennom kraftstasjonene. Det har i simuleringene med samkjøringsmodellen JARSIM ikke vært mulig å skille mellom vannføringene gjennom kraftstasjonene og flomtapene ved inntakene. De oppgitte vannføringene for Hjelledøla og Erdalselva vil derfor være for lave i perioder med flomtap (vesentlig juli-aug.). Vannføringene i Stryneelva vil derimot være noe for høye i slike perioder, da i tillegg til driftsvannføring og flomtap i Erdalselva og Hjelledøla også flomtap i Bødalen blir regnet som tilsig til Strynevatn.

I tabell 3.1.1.2 er det for Stryneelva etter regulering vist ligningen som beskriver tilsiget til Strynevatn. For å få avløpet er dempningen gjennom Strynevatn beregnet ved hjelp av en magasinkurve og en avløpskurve for Strynevatn.

Tabell 3.1.1.1 Regresjonsligninger mellom dataserier fra avløpsstasjoner i Strynevassdraget og avløpsstasjoner i nabovassdragene.

Indeksen t betegner tilsigsserien ved avløpsstasjonen.
Multippel korrelasjonskoeffisient mellom observert og beregnet serie og perioden som utgjør grunnlag for beregningene er oppgitt i tabellen.

Avløps- stasj.	Periode av året	Regresjonsligning for <u>pentadevannføringer</u> (5-døgnsmidler)	Mult. korr.	Beregn. grunnl.
1654	1.11-30.4 1.5 -31.8 1.9 -31.10	$q = 0.20 + 0.17*q(622t)$ $q = -1.95 + 0.12*q(622t) + 0.46*q(630)$ $q = -0.42 + 0.12*q(622t) + 0.24*q(630)$	0.80 0.91 0.83	1967-74
1655	1.11-30.4 1.5 -31.8 1.9 -31.10	$q = 0.19 + 0.21*q(622t)$ $q = 1.84 + 0.21*q(622t)$ $q = 0.34 + 0.22*q(622t)$	0.70 0.92 0.96	1967-72
1678	1.11-30.4 1.5 -31.8 1.9 -31.10	$q = -0.88 + 2.66*q(622)$ $q = -8.53 + 1.23*q(622) + 2.08*q(630)$ $q = -0.53 + 1.17*q(622) + 1.30*q(630)$	0.97 0.96 0.96	1967-74
1678t	1.11-30.4 1.5 -31.8 1.9 -31.10	$q = -0.69 + 2.59*q(622t)$ $q = -9.39 + 1.08*q(622t) + 2.49*q(630)$ $q = -2.33 + 1.06*q(622t) + 1.71*q(630)$	0.98 0.96 0.97	1967-74

Tabell 3.1.1.2 Ligninger benyttet til å beregne vannføringen før og etter regulering i Strynevassdraget.

q = beregnet vannføring ved oppgitt sted
q(xxxx) = vannføring ved avløpsstasjon nr. xxxx
q(f) = flomtap ved inntak og magasiner
q(d) = driftsvannføring gjennom kraftstasjon

Sted i vassdraget	Ligninger for beregning av pentadevannføringer(m ³ /s)
Hjelledøla, før reg: Hjelledøla, etter reg:	$q = 1.00*q(1654) + 1.61*q(1655) + 0.39*q(630)$ $q = 0.45*q(630)$
Erdalselva, før reg: Erdalselva, etter reg:	$q = 0.69*q(1654) + 0.80*q(1655)$ $q = 0.63*q(1654)$
Glomsdøla, før reg: Glomsdøla, etter reg:	$q = 0.17*q(1655) + 0.23*q(630)$ $q = 0.19*q(630)$
Stryneelva, før reg: Stryneelva, etter reg:	$q = 1.00*q(1678)$ $q = 0.63*q(1654) + 1.45*q(630) + q(f) + q(d)$

avløp
tilsig

Siden man benytter avløpsstasjoner med annen feltstørrelse og ikke nøyaktig de samme hydrologiske forhold som de feltene man ønsker å beskrive vannføringsforholdene for, må resultatene som er gitt i avsnitt 3.2.1 benyttes med en viss forsiktighet. Figurene beskriver kun grovt vannføringer før og etter regulering.

3.1.2 Loenvassdraget

Vannføringsforholdene før regulering i Loelva ved utløpet av Lovatn beskrives ved hjelp av 622 Lovatn. Siden denne avløpsstasjonen dekker hele nedbørfeltet, har lang observasjonsserie og regnes for å være en god målestasjon, gir dette en meget god beskrivelse av vannføringen i naturlig tilstand.

Etter regulering beskrives tilsiget til Lovatn ved en skalering av en beregnet tilsigsserie til Lovatn. Denne tilsigsserien er beregnet ut fra dataserien til 622 Lovatn ved at dempningen i Lovatn er fjernet. Den utførte skaleringen tar hensyn til at de øvre delene av Bødalselva overføres til Strynevassdraget. For å få vannføringen i Loelva ved utløpet av Lovatn etter regulering er dempningen av den skalerte tilsigsserien gjennom Lovatn beregnet ved hjelp av en magasinkurve og en avløpskurve. Siden den overførte delen av vassdraget bare utgjør ca. 20 % av tilsiget til Lovatn, vil en slik skalering av tilsigsserien gi en brukbar beskrivelse av vannføringsforholdene etter regulering.

3.2 Resultater

Ved hjelp av metodene beskrevet i avsnitt 3.1, er vannføringsforholdene før og etter regulering beregnet i Stryne- og Loenvassdraget. Karakteristiske vannføringer blir fremstilt ved kurver for maksimum, øvre kvartil, median, nedre kvartil og minimum for 5-døgnsmidler av vannføringen. Kurvene for 10-persentil av vannføringen er også vist i separate figurer siden de ofte benyttes ved vurdering av minstevannføringskrav etter regulering. Samtlige figurer viser vannføringer uten tapping til evt. minstevannføring.

3.2.1 Strynevassdraget

Figur 3.2.1.1 viser vannføringsforholdene i Hjelledøla ved utløpet i Strynevatn før regulering. Vannføringsforholdene etter regulering er vist i figur 3.2.1.2.

I figurene 3.2.1.3 og 3.2.1.4 er henholdsvis medianverdier og 10-persentilverdier for vannføringen før og etter regulering sammenlignet. Medianvannføringene i figur 3.2.1.3 viser at vannføringen blir vesentlig redusert over hele året etter regulering. Tyngdepunktet i vårflommen etter regulering oppnås nå tidligere siden de øvre feltene med bretilsig og senere snøsmelting tas inn i reguleringen.

Figur 3.2.1.5 viser vannføringsforholdene i Erdalselva ved utløpet i Strynevatn før regulering. Vannføringsforholdene etter regulering er vist i figur 3.2.1.6.

I figurene 3.2.1.7 og 3.2.1.8 er henholdsvis medianverdier og 10-persentilverdier for vannføringen før og etter regulering sammenlignet.

Også i Erdalselva blir vannføringen vesentlig redusert over hele året etter regulering. Reduksjonen er størst på ettersommeren, siden en del av de brerike feltene som gir vesentlige bidrag til vannføringen i denne perioden, tas inn i reguleringen.

Figur 3.2.1.9 viser vannføringsforholdene i Glomsdøla ved utløpet i Strynevatn før regulering. Vannføringsforholdene etter regulering er vist i figur 3.2.1.10.

I figurene 3.2.1.11 og 3.2.1.12 er henholdsvis medianverdier og 10-persentilverdier for vannføringen før og etter regulering sammenlignet. Medianverdiene viser at vannføringen blir nær halvert og at tyngdepunktet i vårflommen oppnås tidligere etter regulering.

Figur 3.2.1.13 viser vannføringsforholdene i Stryneelva ved utløpet fra Strynevatn før regulering. Vannføringsforholdene etter regulering er vist i figur 3.2.1.14.

I figurene 3.2.1.15 og 3.2.1.16 er henholdsvis medianverdier og 10-persentilverdier for vannføringen før og etter regulering sammenlignet. Mediankurven viser at vintervannføringen i Stryneelva vil øke kraftig (100-200 %) mens sommervannføringen minker noe (10-20%). Dette skyldes dels tappingen fra Oppljosvatn og Langvatn vinterstid men også overføringen av vann fra Bødalen. 10-persentilkurvene gir også en slik økning av vintervannføringene men uten en reduksjon av sommervannføringene av tilsvarende størrelse.

Figur 3.2.1.17 viser tilsig til og avløp fra Strynevatn etter regulering, som middelverdier for perioden 1930-60. Figuren viser også driftvannføring og flomtap fra reguleringen og restvannføring fra uregulert felt, som tilsammen utgjør totalt tilsig til Strynevatn. En kan av figuren se at restfeltet har tidligere vårflom enn det regulerte feltet. Det fremgår også at selvreguleringen i Strynevatn holder igjen noe vann om våren, som senere tappes om høsten.

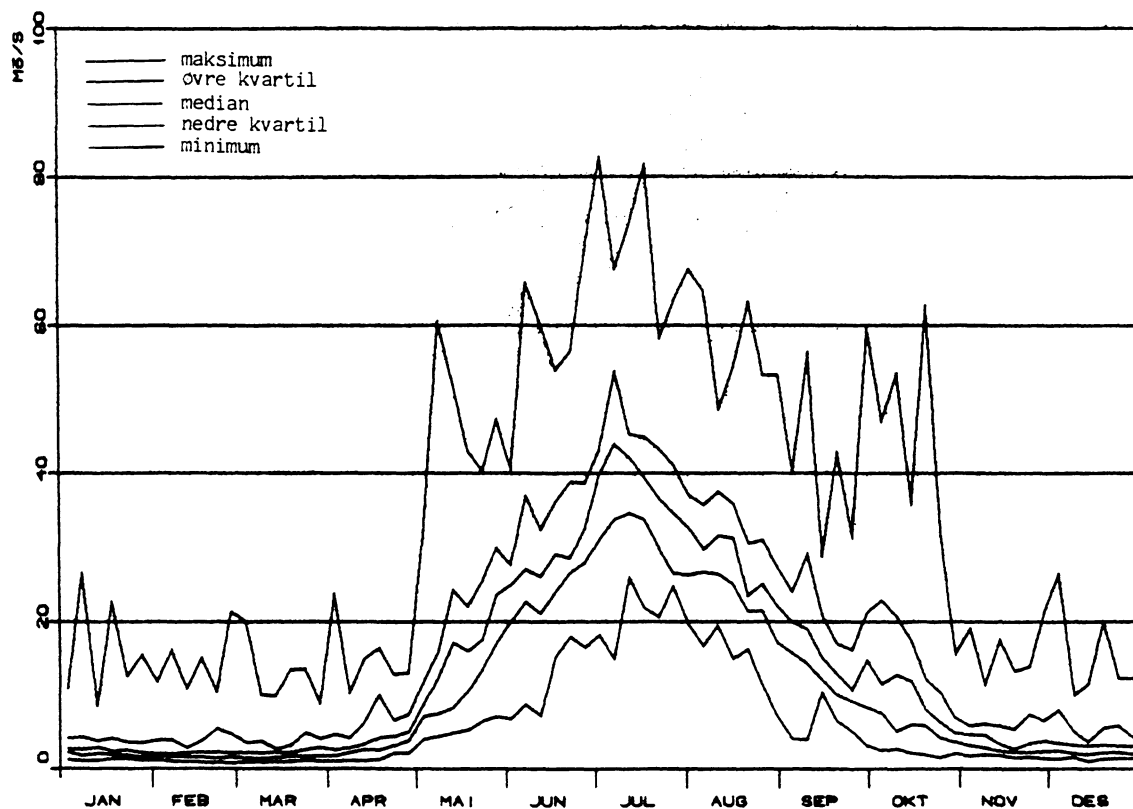
3.2.2 Loenvassdraget

Figur 3.2.2.1 viser vannføringsforholdene i Loelva ved utløpet fra Lovatn før regulering. Vintervannføringen er vanligvis lav (under 5 m³/s), men kan i enkelte perioder komme opp mot 20 m³/s. Vårflommen starter som oftest i løpet mai og kulminerer først i juli. Vannføringsforholdene etter regulering er vist i figur 3.2.2.2.

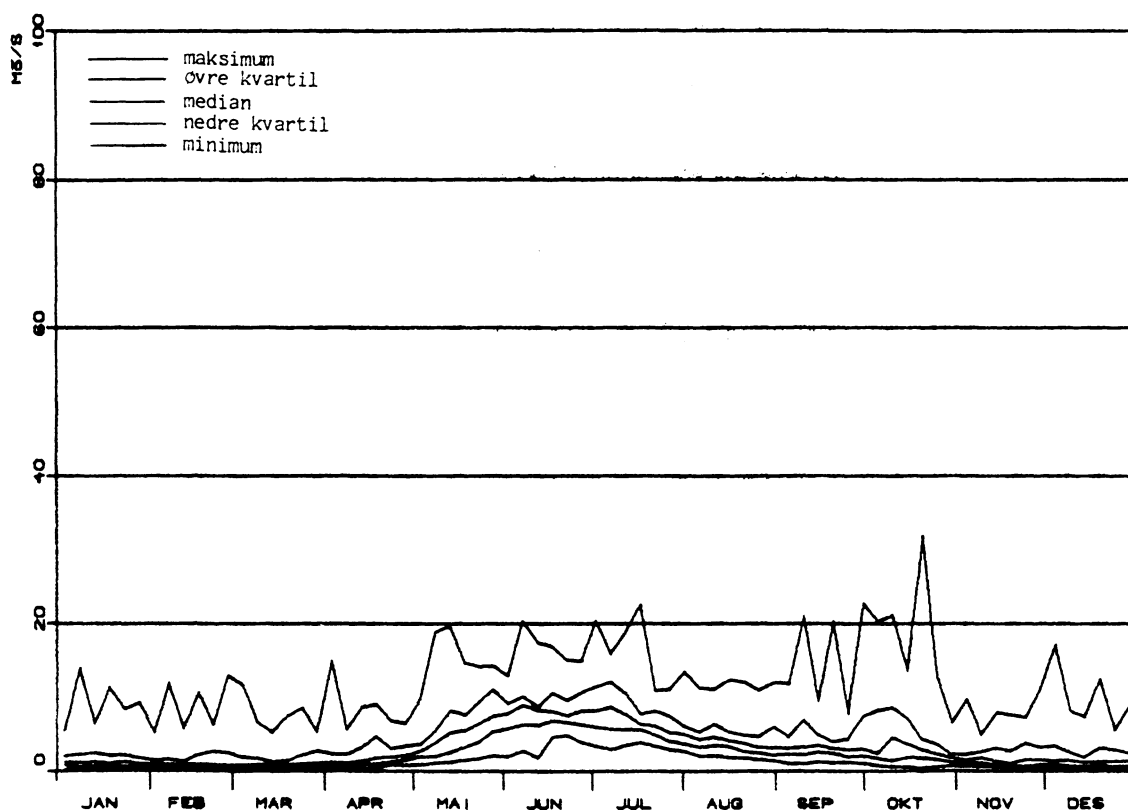
I figurene 3.2.2.3 og 3.2.2.4 er henholdsvis medianverdier og 10-persentilverdier for vannføringen før og etter regulering sammenlignet. Figurene viser at vannføringen reduseres noe (ca. 20 %) gjennom hele året.

4 FLOMFORHOLD FØR OG ETTER REGULERING

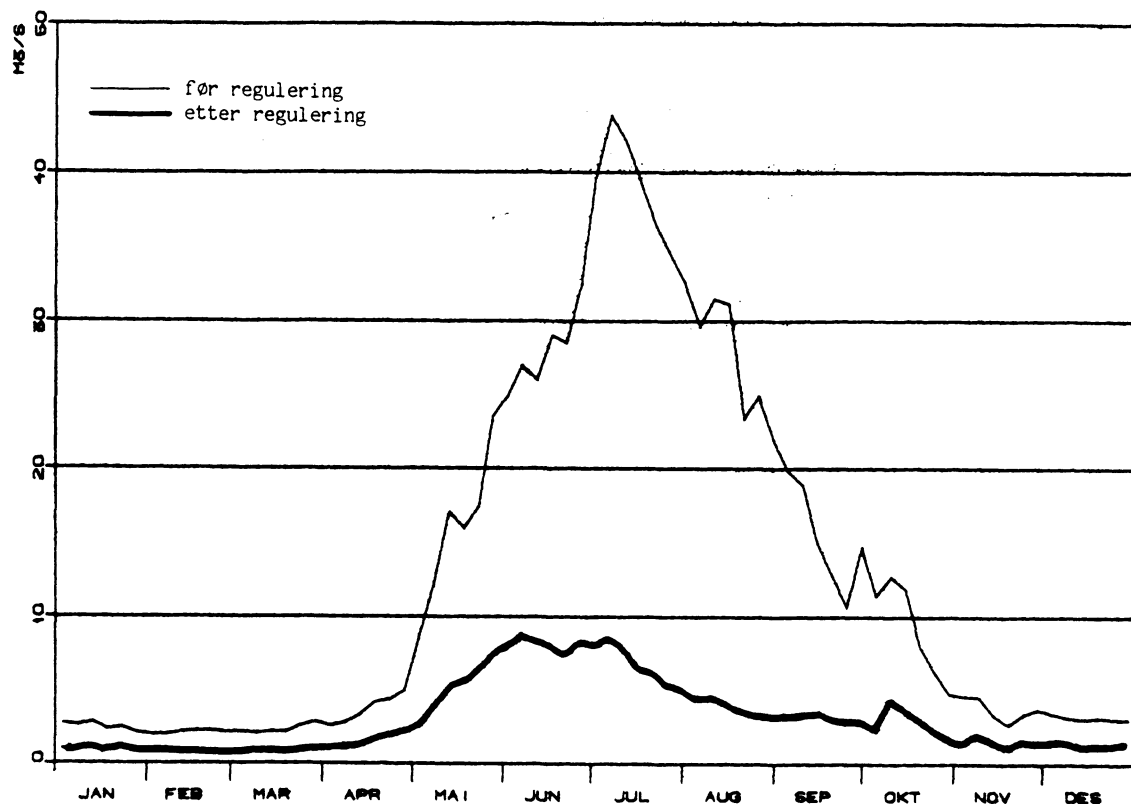
Som tidligere påpekt vil den reviderte planen gi større sannsynlighet for at Oppljosvatn og Langvatn ikke er fulle om sommeren og begynnelsen



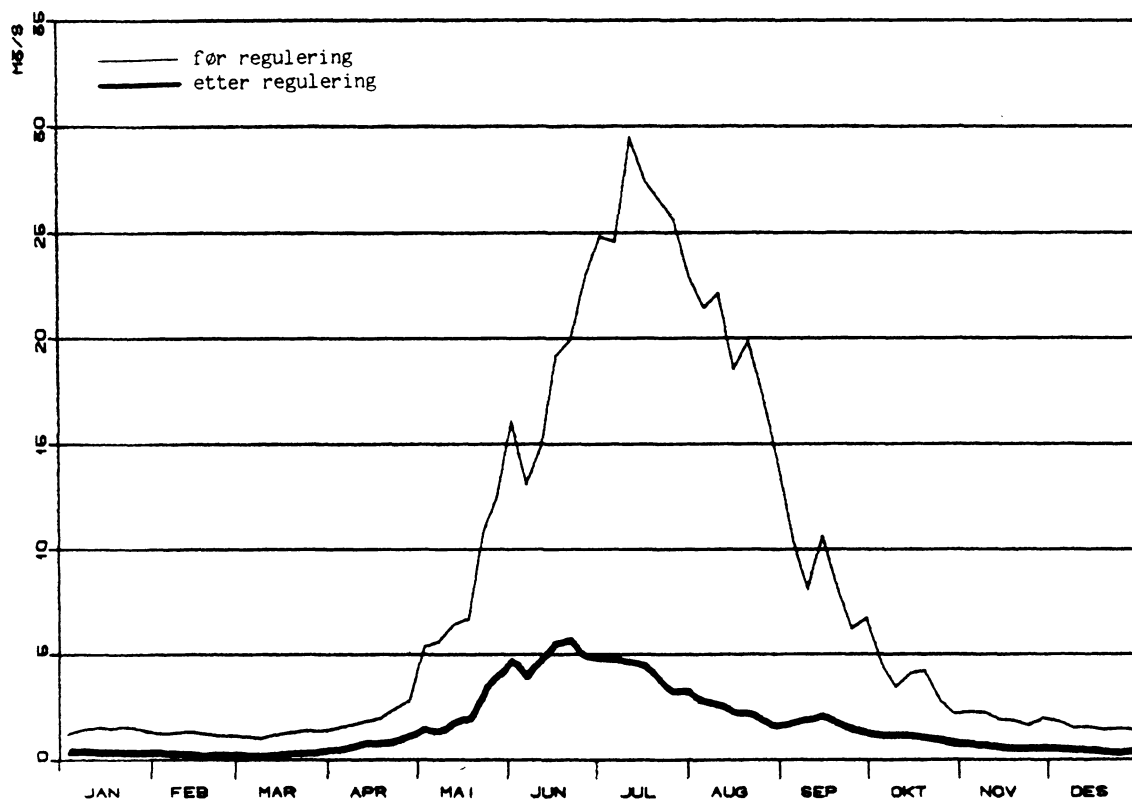
Figur 3.2.1.1 Karakteristiske vannføringsverdier for perioden 1930-60. Hjelledøla før regulering (5-døgnsmidler).



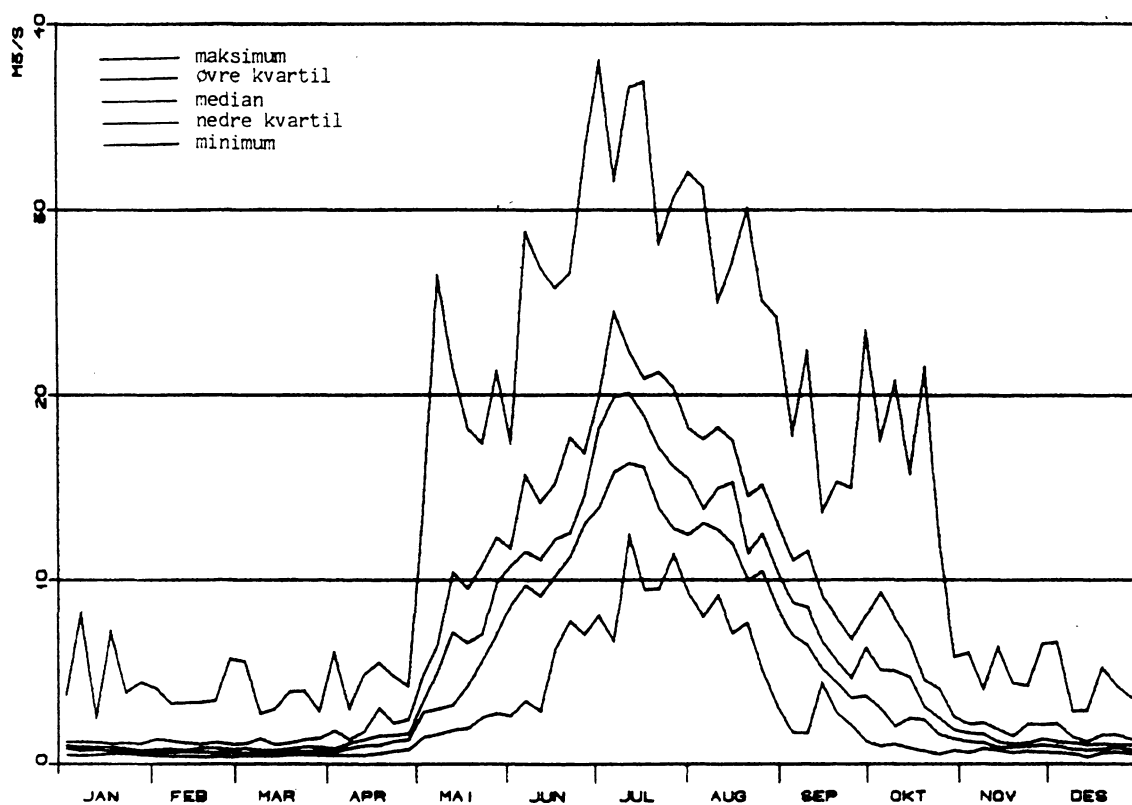
Figur 3.2.1.2 Karakteristiske vannføringsverdier for perioden 1930-60. Hjelledøla etter regulering (5-døgnsmidler).



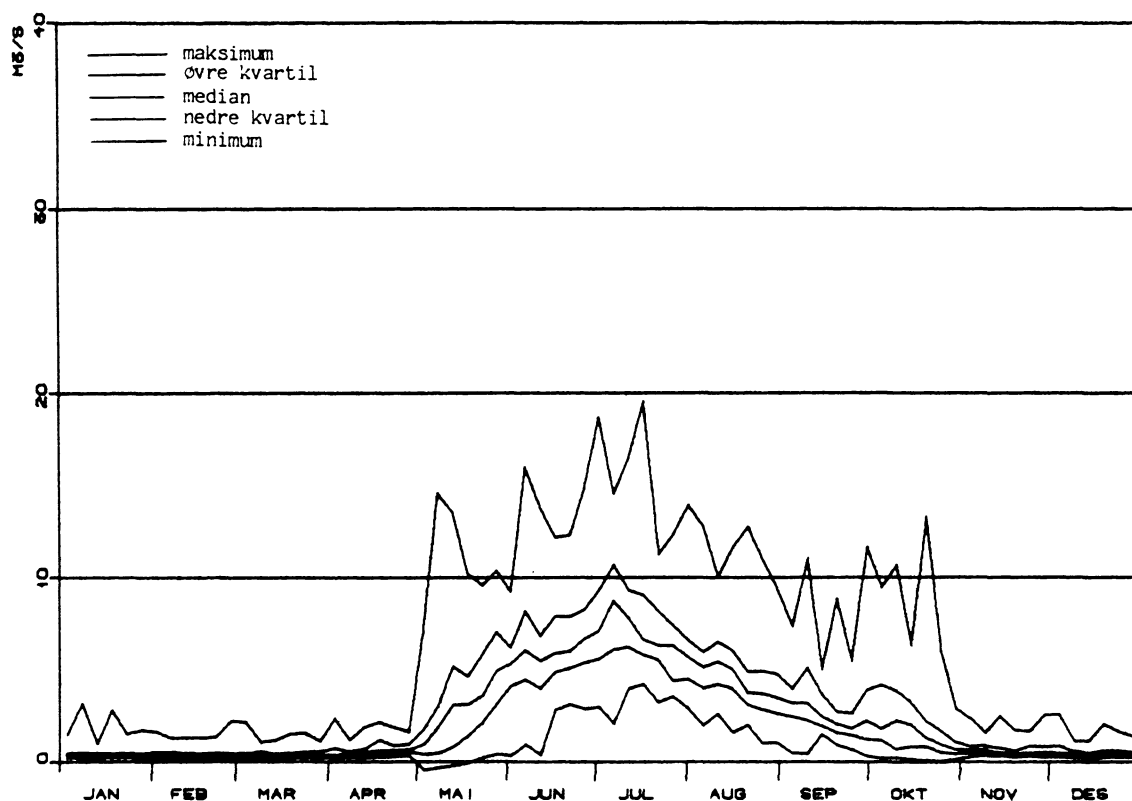
Figur 3.2.1.3 Medianvannføringer for perioden 1930-60 (5-døgnsmidler). Hjelledøla før og etter regulering.



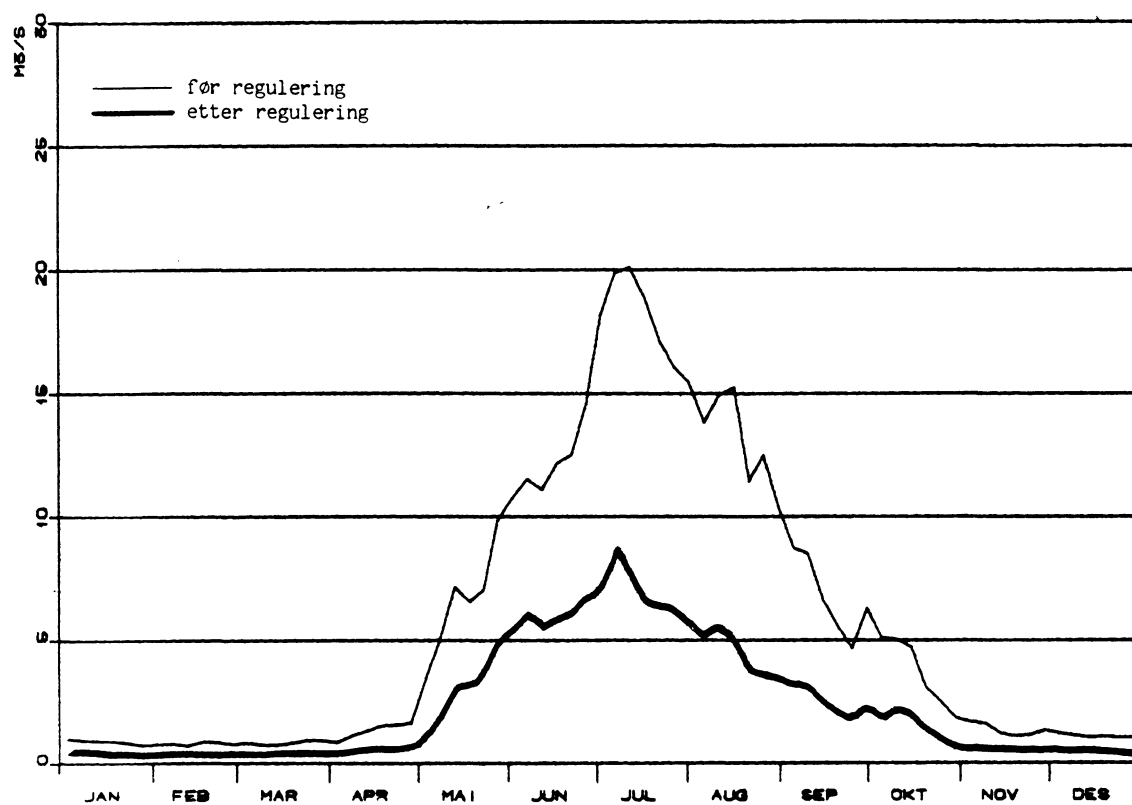
Figur 3.2.1.4 10-persentilvannføringer for perioden 1930-60 (5-døgnsmidler). Hjelledøla før og etter regulering.



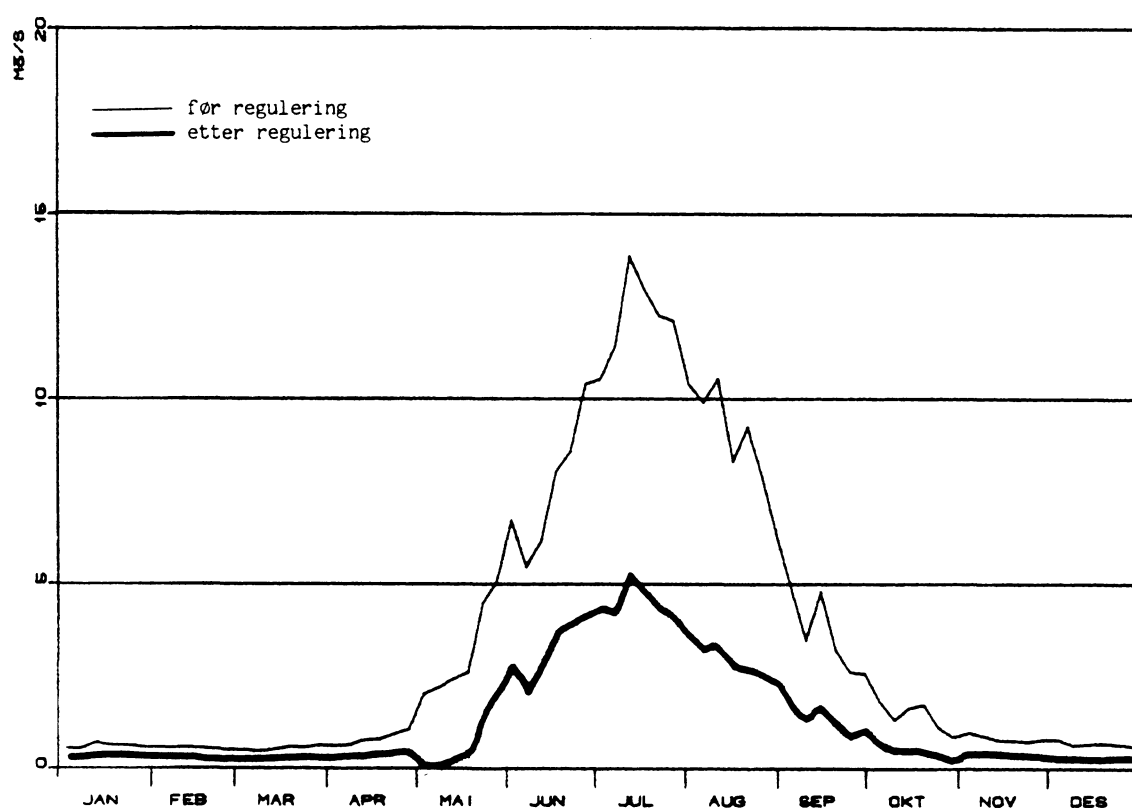
Figur 3.2.1.5 Karakteristiske vannføringsverdier for perioden 1930-60. Erdalselva før regulering (5-døgnsmidler).



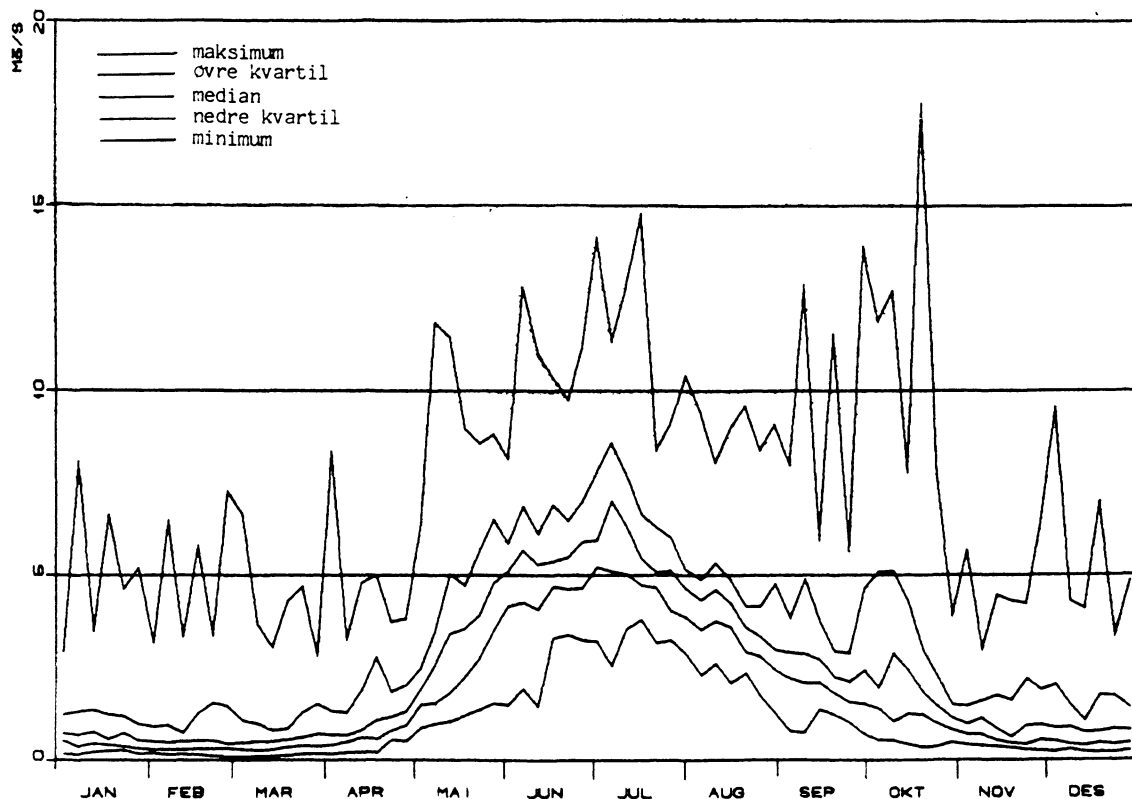
Figur 3.2.1.6 Karakteristiske vannføringsverdier for perioden 1930-60. Erdalselva etter regulering (5-døgnsmidler).



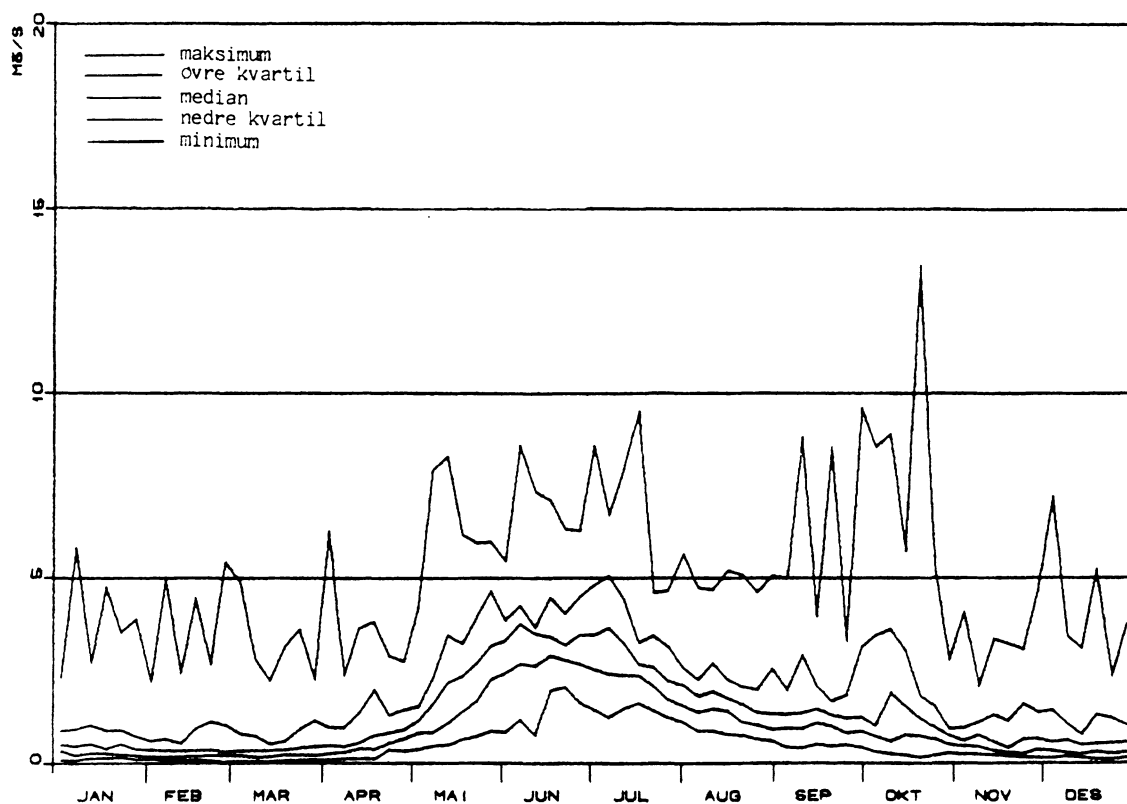
Figur 3.2.1.7 Medianvannføringer for perioden 1930-60 (5-døgnsmidler). Erdalselva før og etter regulering.



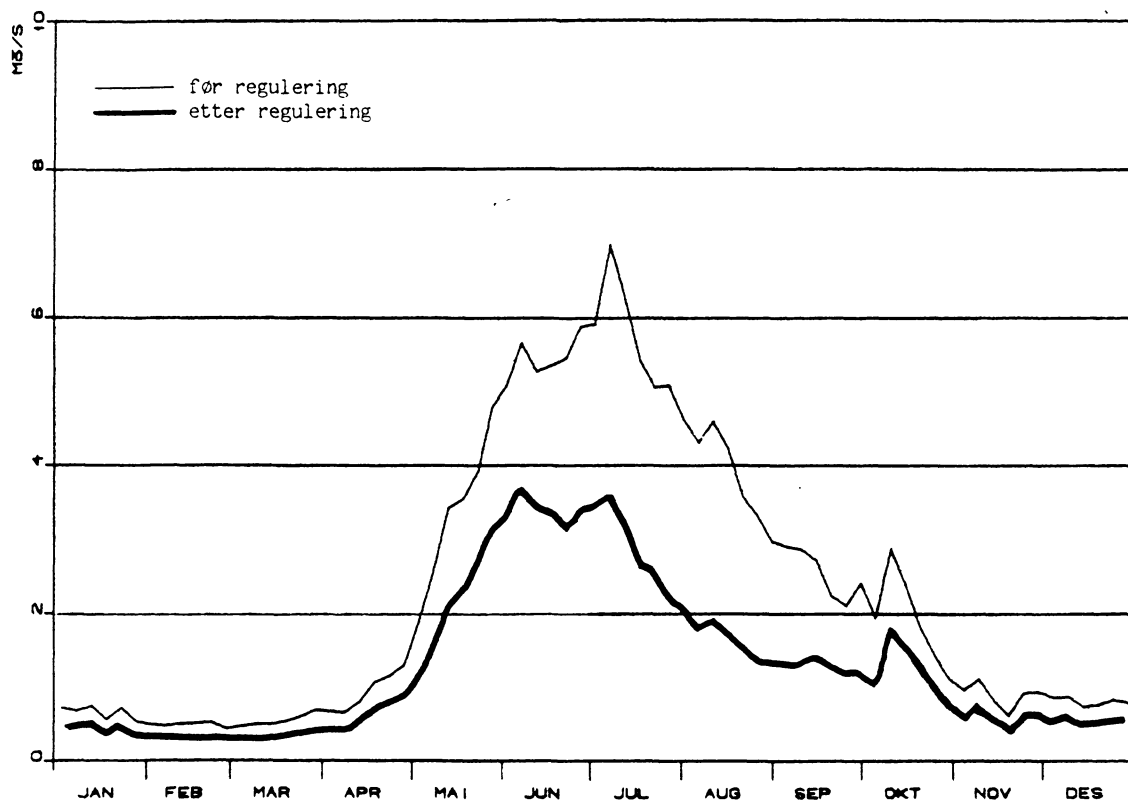
Figur 3.2.1.8 10-persentilvannføringer for perioden 1930-60 (5-døgnsmidler). Erdalselva før og etter regulering.



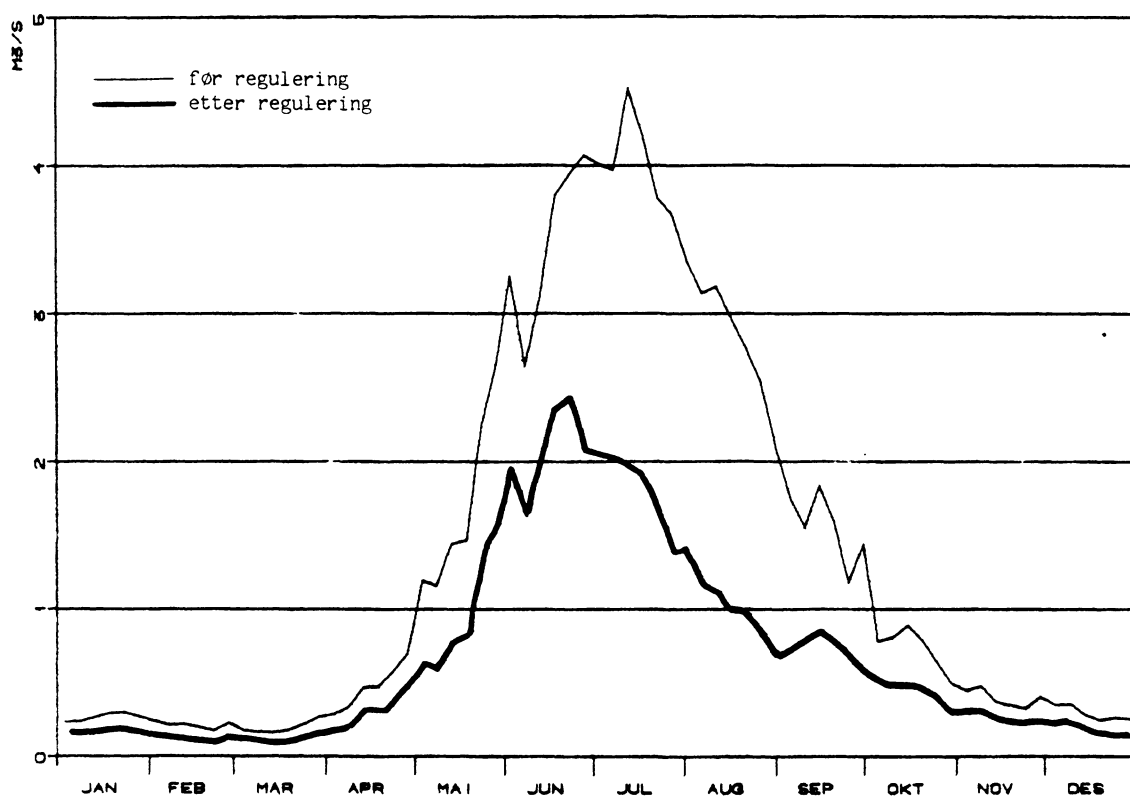
Figur 3.2.1.9 Karakteristiske vannføringsverdier for perioden 1930-60. Glomsdøla før regulering (5-døgnsmidler).



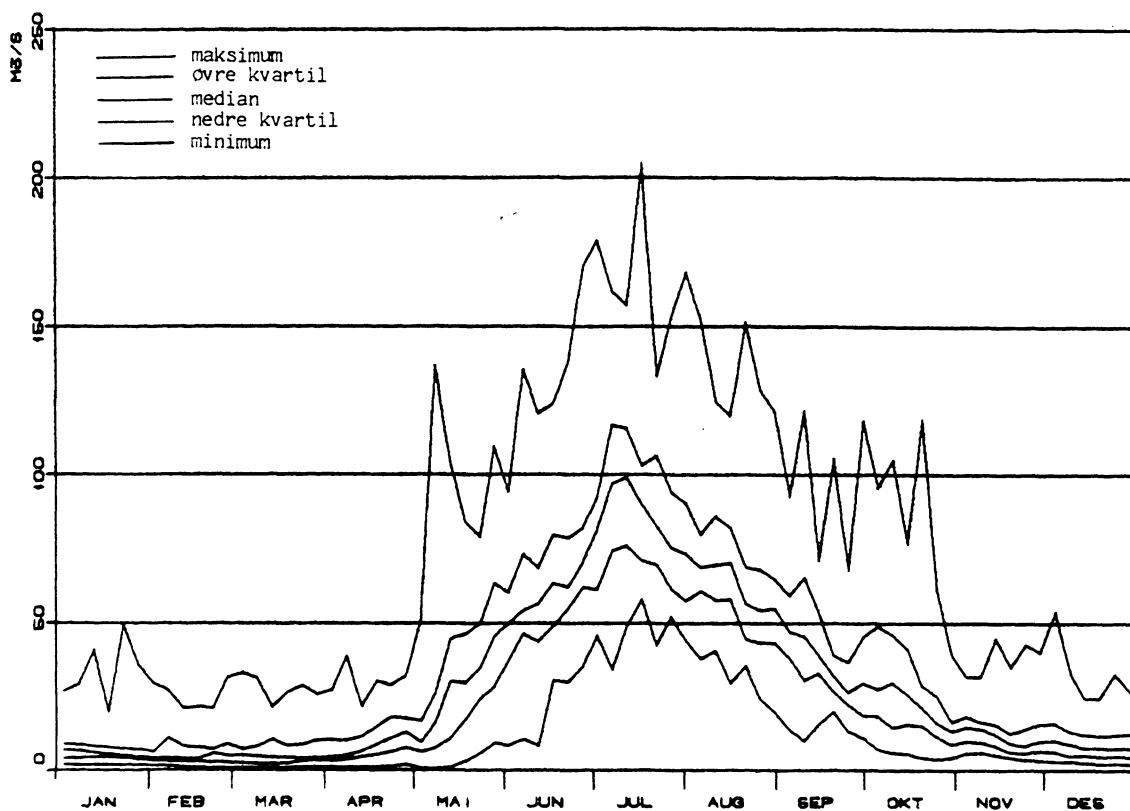
Figur 3.2.1.10 Karakteristiske vannføringsverdier for perioden 1930-60. Glomsdøla etter regulering (5-døgnsmidler).



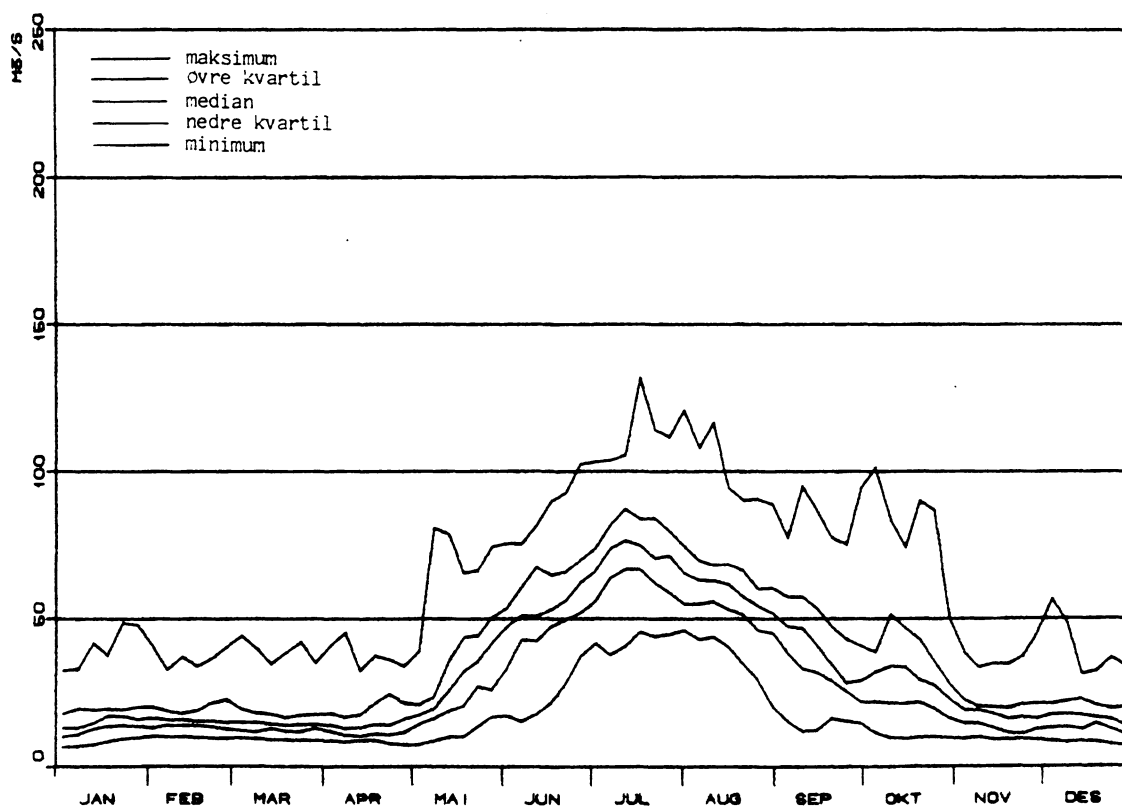
Figur 3.2.1.11 Medianvannføringer for perioden 1930-60 (5-døgnsmidler). Glomsdøla før og etter regulering.



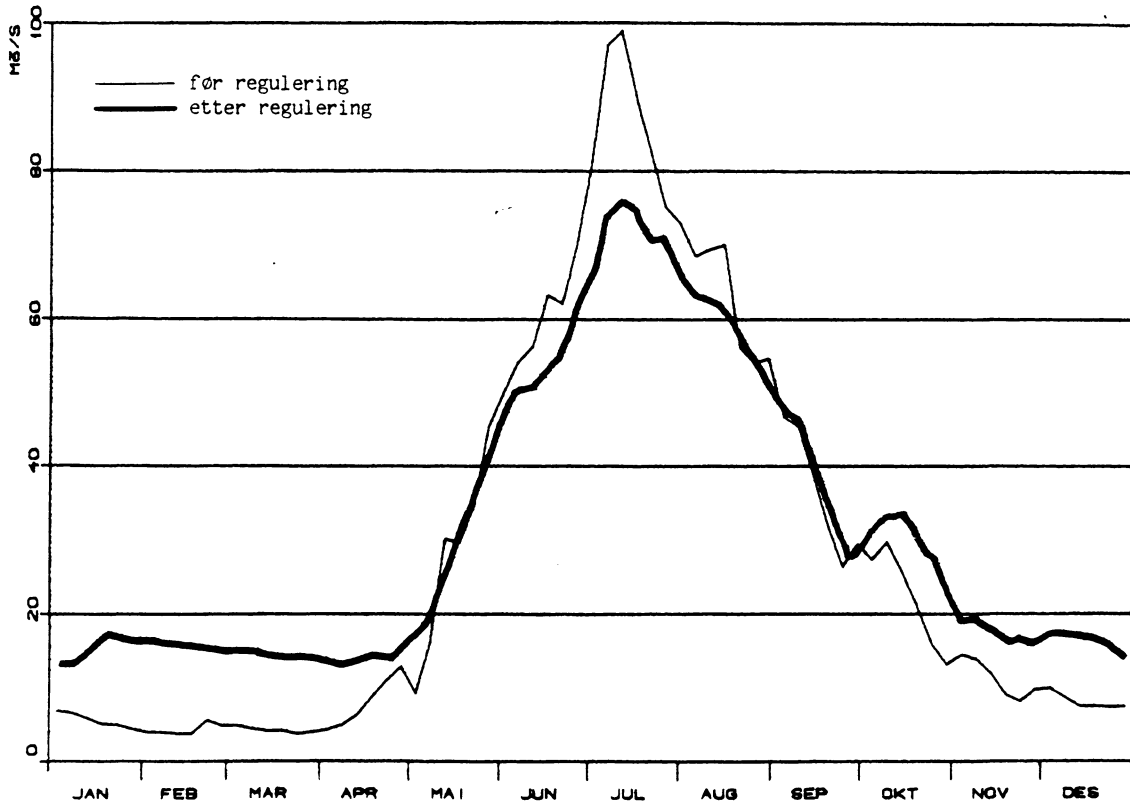
Figur 3.2.1.12 10-persentilvannføringer for perioden 1930-60(5-døgnsmidler). Glomsdøla før og etter regulering.



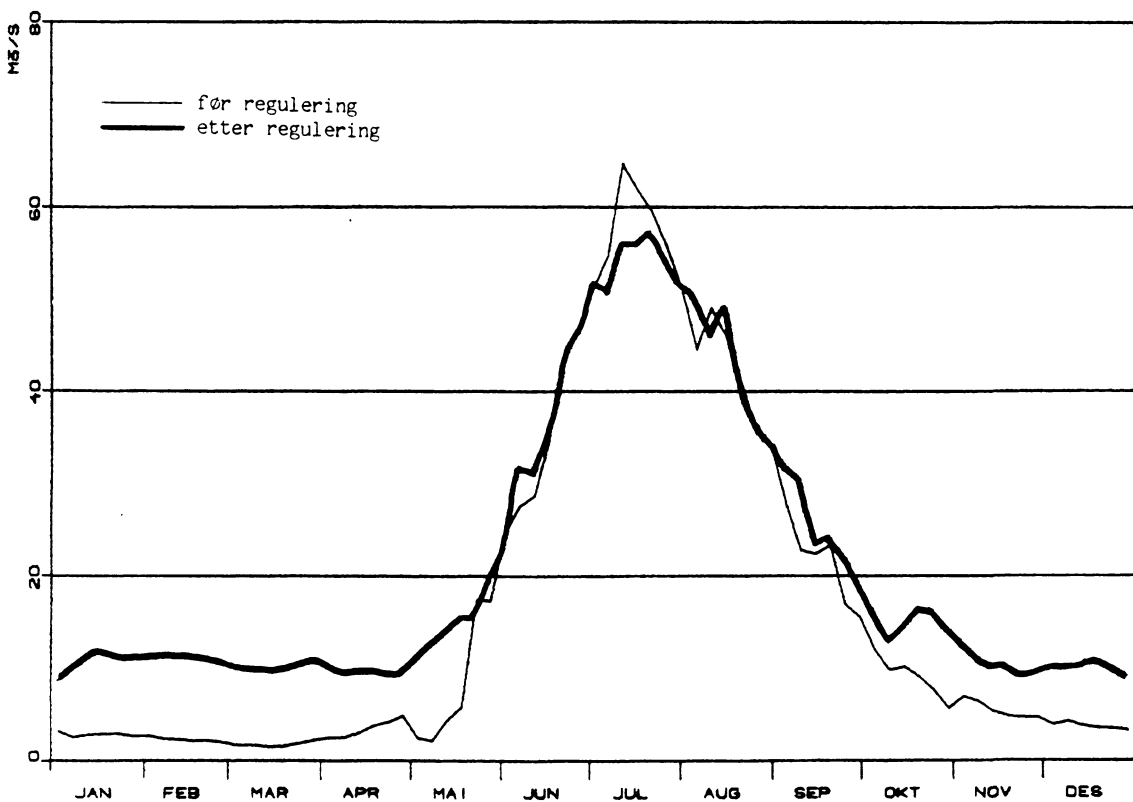
Figur 3.2.1.13 Karakteristiske vannføringsverdier for perioden 1930-60. Stryneelva før regulering (5-døgnsmidler).



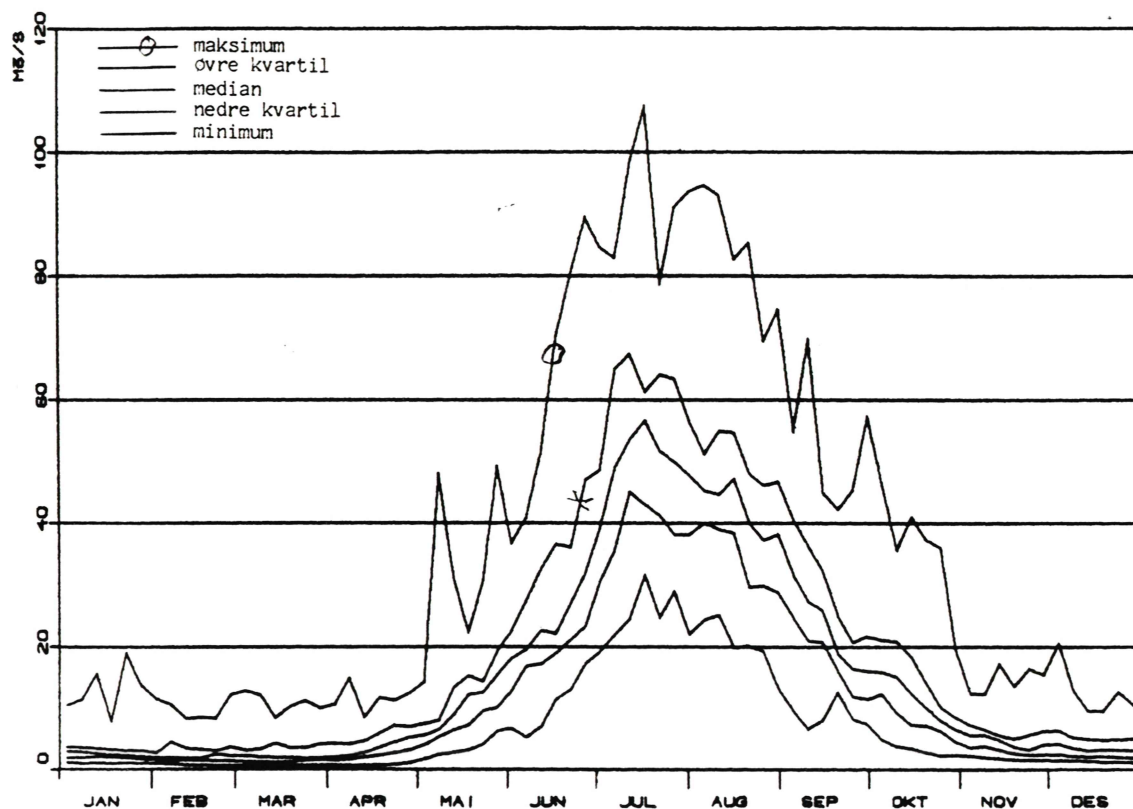
Figur 3.2.1.14 Karakteristiske vannføringsverdier for perioden 1930-60. Stryneelva etter regulering (5-døgnsmidler).



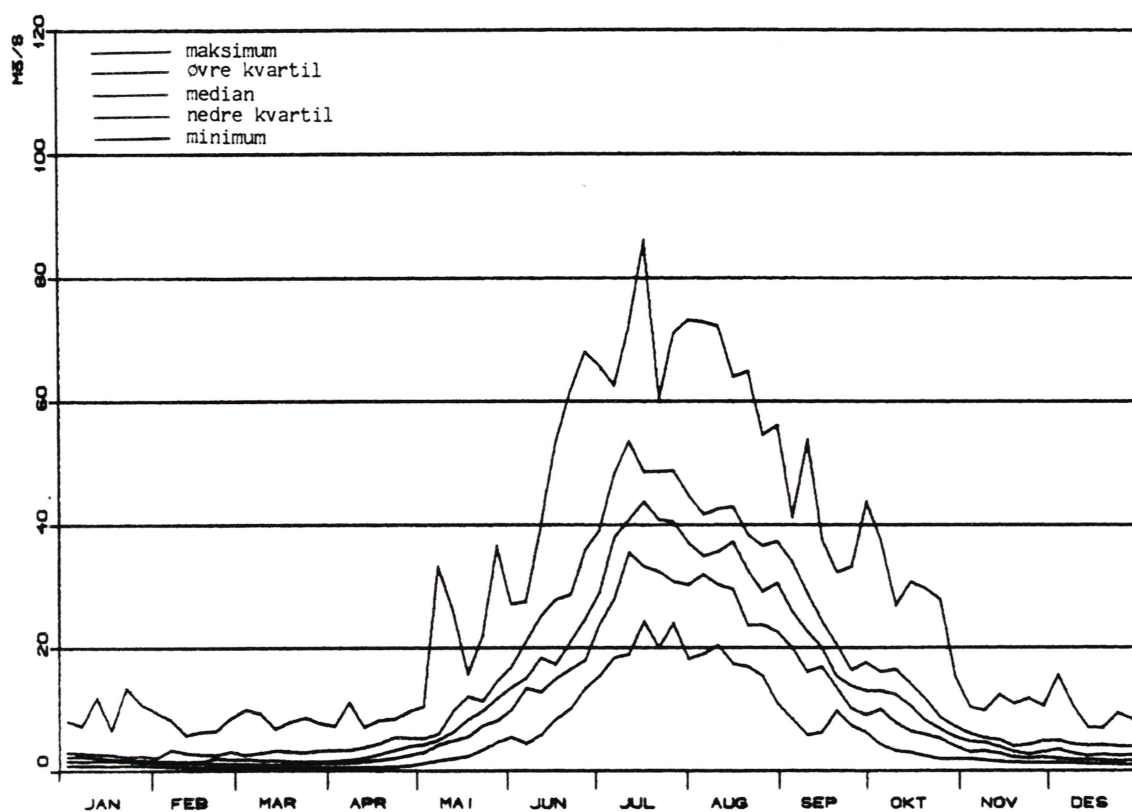
Figur 3.2.1.15 Medianvannføringer for perioden 1930-60 (5-døgnsmidler). Stryneelva før og etter regulering.



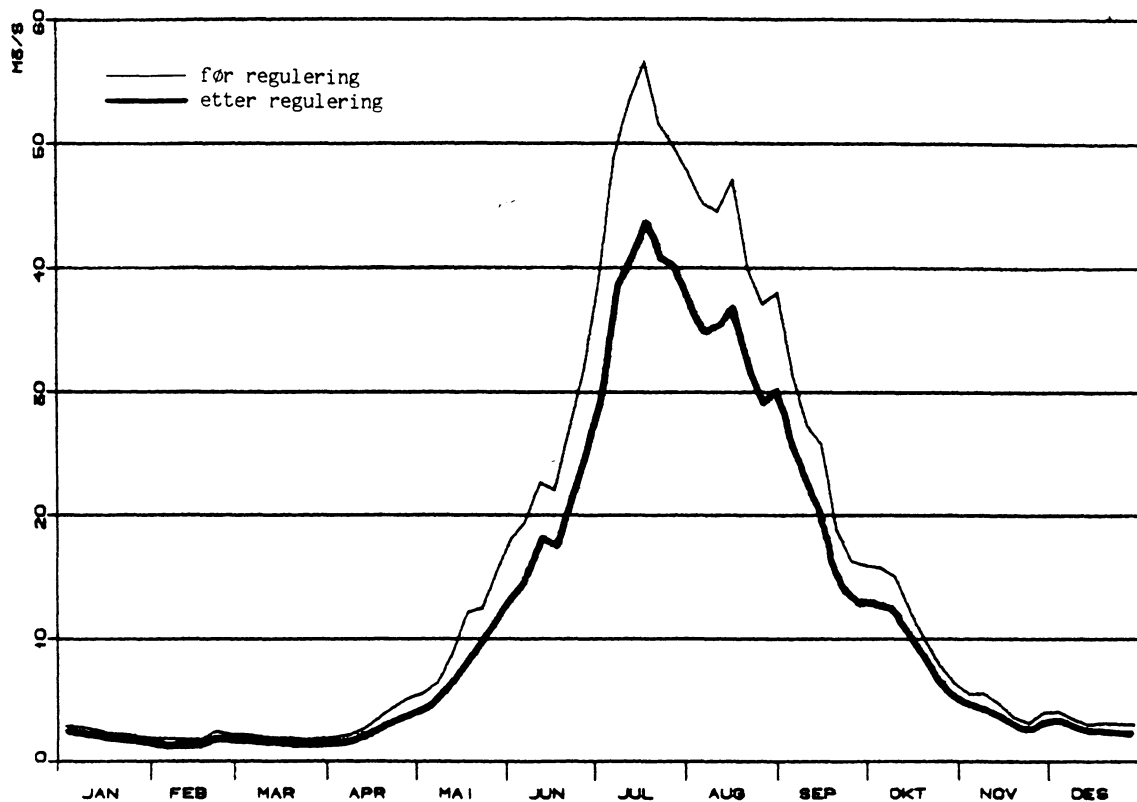
Figur 3.2.1.16 10-persentilvannføringer for perioden 1930-60(5-døgnsmidler). Stryneelva før og etter regulering.



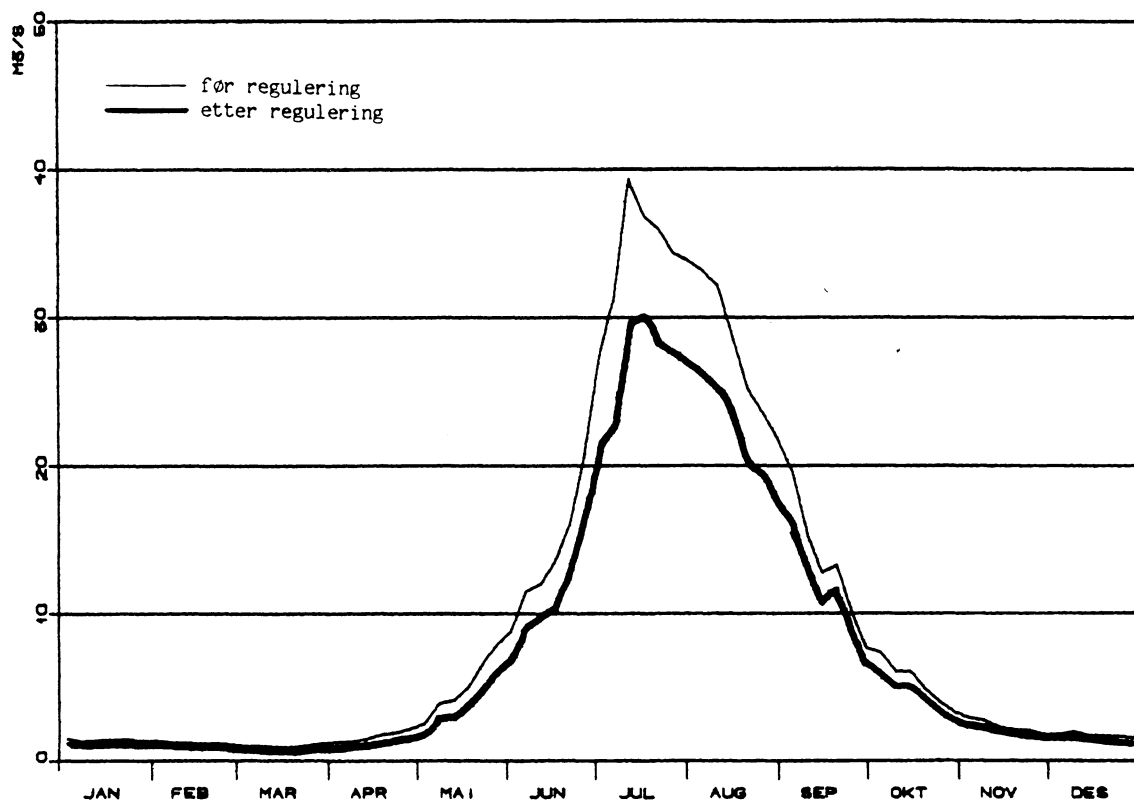
Figur 3.2.2.1 Karakteristiske vannføringsverdier for perioden 1930-60. Loelva før regulering (5-døgnsmidler).



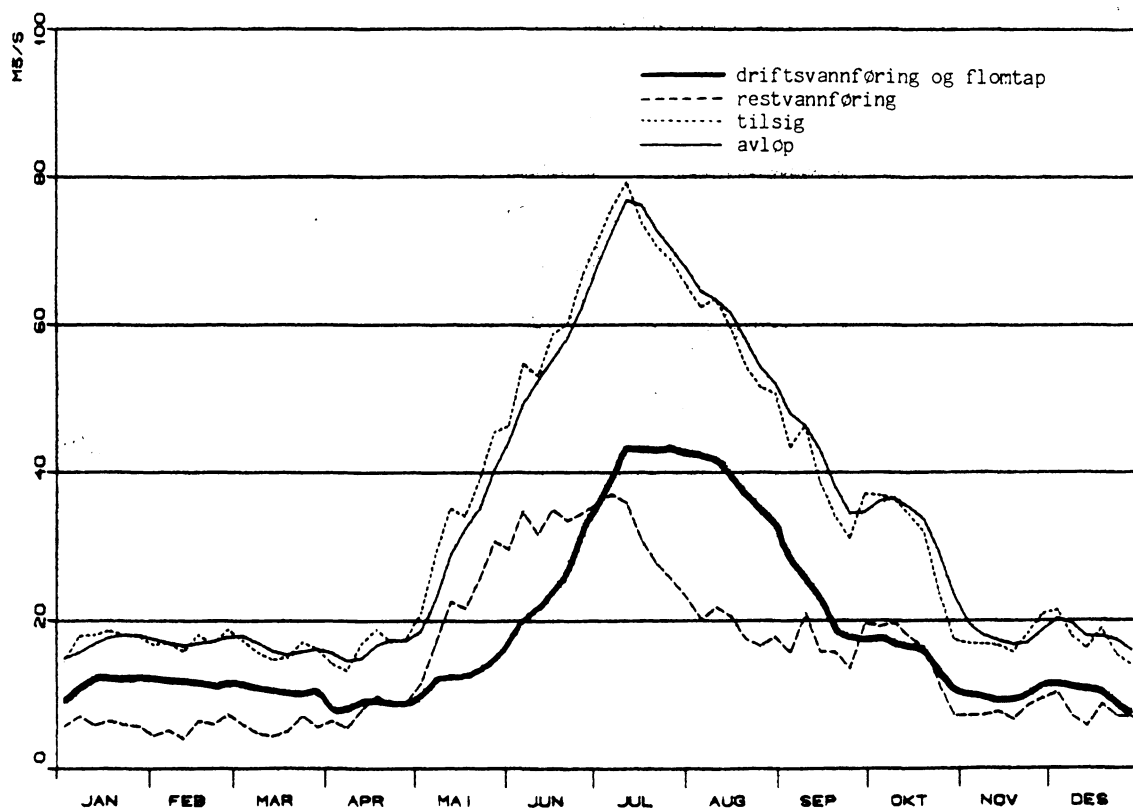
Figur 3.2.2.2 Karakteristiske vannføringsverdier for perioden 1930-60. Loelva etter regulering (5-døgnsmidler).



Figur 3.2.2.3 Medianvannføringer for perioden 1930-60 (5-døgnsmidler).
Loelva før og etter regulering.



Figur 3.2.2.4 10-persentilvannføringer for perioden 1930-60 (5-døgnsmidler).
Loelva før og etter regulering.



Figur 3.2.1.17 Tilsigs- og avløpsforhold ved Strynevatn. Midlere vannføringer for perioden 1930-60.
(Tilsig = Driftvannføring/Flømtap + Restvannføring.)

av høsten. Dette fordi begge magasinene tappes ned om vinteren og til- sammen har en reguleringsgrad på over 100 %. Dessuten vil selvreguleringen i Langvatn ved fullt magasin øke betraktelig p.g.a. et større overflate- areal. I denne flomanalysen er også effekten av et flomdempningsmagasin i Langvatn vurdert.

4.1 Datagrunnlag og beregningsmetode

Datagrunnlaget for flomanalysen er vesentlig gitt i avsnittene 2.1-2.3 i "Breheimutbyggingen. Hydrologi. Reguleringens virkning på flommene i Strynevassdraget" og i avsnitt 3.9.1.2 i "Breheimutbyggingen. Hydrologi. Det hydrologiske grunnlaget i utbyggingsområdet". Det er i denne reviderte flomanalysen brukt de samme flomstørrelser og flomforløp som i den tidligere analysen. Forskjellen mellom de to analysene har bakgrunn i den reviderte planen for selve reguleringen og en modifisering av beregnings- metoden.

Analysen er foretatt ved hjelp av en matematisk vassdragsmodell. Denne modellen beskriver alle Strynevassdragets deler, dvs. magasiner, inntak, overføringstunneler og kraftstasjoner samt uregulerte delfelter og vatn. Ved hjelp av modellen skaleres flomhydrogrammene for 17 delfelter. Hydro- grammene føres så gjennom aktuelle beregningsprosedyrer og summeres nedover i vassdraget helt til utløpet av Strynevatn. Det skilles her mellom flom- hydrogrammer for delfelter med mer enn og mindre enn 15 % bre. De to vesentligste beregningsprosedyrene er routing(dempning) gjennom et vatn og simulering av kraftverk med magasin og overføringer.

Routing gjennom sjøer beregnes ved hjelp av en magasinkurve, en avløps- kurve og kontinuitetsligningen. Resultatene fra denne beregningen er vann- stand i og avløp fra vatnet. Beregningen kan beskrives ved følgende ligning:

$$Q = T - dM/dt$$

hvor Q = avløp(m³/s)
 T = tilsig(m³/s)
 dM = magasinforandring(m³)
 dt = tidsintervall(s)

Ved simulering av et kraftverk med magasin og inntak beregnes vannføringen i en tunneloverføring som forbinder flere magasiner og inntak med kraft- verket. Kraftverkets driftsvannføring kan variere over tid. Vannføringer og overførte vannmengder beregnes utfra trykkehøydedifferenser mellom magasin og inntak samt falltapsparametre. Overløp og luketapping beregnes utfra ligninger av typen:

$$Q = K * B * (H-dH)**n$$

hvor Q = overløp/tapping(m³/s)
 K = overløpskoeffisient
 B = overløpets bredde eller lukeareal(m. el. m²)
 H = aktuell vannstand(m)
 dH = overløpstørskelns høyde(m)
 n = eksponent

Analysen er utført for midlere årsflom og for flom med gjentakintervall 1000 år (1000-årsflom). Beregningene er utført med s.k. "oppsummerte flommer". Dette betyr at flomverdiene er beregnet for hvert enkelt delfelt i reguleringen, og deretter oppsummerte nedover i vassdraget. Effekten av denne oppsummeringen er at flommene lenger nede i vassdraget egentlig tilsvarer flommer med høyere gjentakintervall enn de oppgitte, fordi flommenes spesifikke verdier (vannføring pr. arealenhet) avtar med økende feltarealer. Dette har imidlertid liten betydning for vurderingen av de relative forskjeller mellom forholdene før og etter regulering.

De to flomsituasjonene er beskrevet for 9 forskjellige steder i vassdraget:

- nedenfor dammen ved Oppljosvatn
- nedenfor dammen ved Langvatn
- nedenfor dammen ved Sygneskardvatna
- Skjerdingsdøla ved samløp med Videdøla
- Sunndøla ved avløpsstasjonen 1546 Sunndøla
- Hjelledøla ved utløp i Strynevatn
- Erdalselva ved utløp i Strynevatn
- Strynevatn, totalt tilsig
- Strynevatn, avløp

For alle simuleringene er startvolumene i uregulerte vann satt slik at avløp er lik tilsig når flommen begynner og reguleringsmagasinene er fulle, dvs. vannstanden ligger ved HRV. For Strynevatn er startvannstanden satt fast lik 1.65 m på Hydrologisk avdelings vannstandsskala i vatnet. Skaleringsfaktorer for delfelttilsig er beregnet som forholdet mellom døgnmiddelflommen for delfeltet og det valgte flomforløpet (se tabell 2.2.2 i "Breheimutbyggingen. Hydrologi. Reguleringens virkning på flommene i Strynevassdraget"). Avløpskurver for Oppljosvatn, Langvatn og Sygneskardvatna i uregulert tilstand er beregnet ut fra modellforsøk ved Vassdrags- og havnelaboratoriet i Trondheim.

I simuleringene antas tilløpstunnelen fra Oppljosvatn å være stengt slik at en kun har overløp fra Oppljosvatn's eget felt til Grasdøla og videre til Skjerdingsdøla.

Simuleringene er foretatt for både midlere flom og 1000-årsflom og for en rekke forskjellige situasjoner slik at reguleringens flomdempningsmuligheter skal være klarlagt. I tillegg til situasjonen før regulering er det derfor utført simuleringer for:

- Kraftstasjonene står eller går
- Langvatnmagasinet fullt og med dempning (0.5, 1.0 og 2.0 m lavere enn HRV)
- Sygneskardmagasinet fullt og med dempning (10.0 m lavere enn HRV)
- Luker på overføringene til Sygneskardvatna åpne og lukket
- Langvatn med ulike overløpsbredder (30, 50 og 70 m)

4.2 Resultater

Tabell 4.2.1 viser kulminasjonsvannføringer i Strynevassdraget før og etter regulering med kraftstasjonene av og på og med luker åpne og lukket.

Det er kun Skåre kraftstasjon(nedre fall) som slås på fordi Videsøter kraftstasjon(øvre fall) vil øke belastningen på Sygneskardvatna når denne slås på. De luker som det refereres til, er luker som stenger overførings-tunnelen på begge sider av Sunndalen. Når disse er lukket, vil Sygneskardvatna kun motta tilsig fra eget felt og fra inntakene i Sunndalen. De andre inntakene på denne tunnelen vil derfor slippe alt tilsig forbi inntakene fordi alle har samme inntakshøyde. Det forutsettes fulle magasiner ved flommens begynnelse og overløpsbredden ved Langvatn er satt lik 50 m.

En kan av tabellen se at Oppljosvatn vil få en økt selvregulering etter regulering. Flomvannføringen vil bli ca. 70 % av hva den var før regulering. Langvatn vil også få en økt selvregulering, men p.g.a. overføringene vil flommene allikevel forverres her, slik at flomvannføringene ut av Langvatn blir ca 80 % større enn før regulering. Ved Sygneskardvatna vil flomvannføringene øke meget kraftig når kraftstasjonen står og lukene er åpne. Denne økningen vil bli ca. 400 % for midlere flom og ca. 200 % for 1000-årsflommen. Lukene på begge sider om Sunndalen vil imidlertid kunne redusere denne økningen til et moderat nivå (ca. 60 % økning).

Tabell 4.2.1 Kulminasjonsvannføringer(m³/s) i Strynevassdraget før og etter regulering med kraftstasjonene av og på og med luker åpne og lukket. Midlere flom og 1000-årsflom. (Tall i parenteser viser regulert vannføring som prosent av uregulert).

Sted i vassdraget	Før reg.	Etter reg.		
		Krst. av Luker åpne	Krst. på 1) Luker åpne	Krst. av Luker lukket
Midlere flom				
Oppljosvatn	7	5 (71)	5 (71)	5 (71)
Langvatn	16	29 (181)	29 (181)	29 (181)
Sygneskardvatna	12	62 (517)	30 (250)	19 (158)
Skjerdingsdøla	46	36 (78)	31 (67)	43 (93)
Sunndøla	37	71 (192)	39 (105)	28 (76)
Hjelledøla	143	157 (110)	112 (78)	136 (95)
Erdalselva	49	32 (65)	32 (65)	49 (100)
Strynevatn, tilsig	276	272 (99)	272 (99)	269 (97)
Strynevatn, avløp	196	191 (97)	192 (98)	189 (96)
1000-årsflom				
Oppljosvatn	31	22 (66)	22 (66)	22 (66)
Langvatn	44	76 (173)	76 (173)	76 (173)
Sygneskardvatna	37	103 (278)	70 (189)	60 (162)
Skjerdingsdøla	316	300 (95)	296 (94)	309 (98)
Sunndøla	153	170 (111)	138 (90)	128 (84)
Hjelledøla	815	809 (99)	765 (94)	789 (97)
Erdalselva	256	240 (94)	240 (94)	256 (100)
Strynevatn, tilsig	1699	1677 (99)	1677 (99)	1674 (99)
Strynevatn, avløp	564	545 (97)	545 (97)	543 (96)

1) Gjelder kun Skåre kraftstasjon(nedre fall)

På grunn av at flomkulminasjonen forskyves i tid i magasinene vil økningen av flommene bli mindre lenger nede i vassdraget. Bekkeinntakene vil også redusere tilsiget på enkelte strekninger av elvene. Spesielt gjelder dette inntaket av Tverrelva i øvre nivå, som vil redusere flomtilsiget til Sunndalen. Tabellen viser også at flommene alltid vil reduseres noe i Skjerdingsdøla og Erdalselva, og at de også vil kunne reduseres i Sunndøla og Hjelledøla. Flommene i Stryneelva ved utløpet fra Strynevatn vil reduseres med 2-4 % både for midlere flom og 1000-årsflommen. Ved midlere flom vil avløpet fra Strynevatn kulminere ca. 1 døgn etter tilsiget, og ved 1000-årsflommen ca. et 1/2 døgn etter.

Tabell 4.2.2 viser kulminasjonsvannføringer i Strynevassdraget før og etter regulering med dempningsmagasin enten i Langvatn eller i Sygneskardvatna. I disse simuleringene går Skåre kraftstasjon og lukene ved Sunndalen er åpne for midlere flom, mens Skåre kraftstasjon står og lukene ved Sunndalen er lukket for 1000-årsflom.

Tabellen viser at allerede ved 1.0 m dempningsmagasin i Langvatn er midlere flom redusert med ca. 40 % i Hjelledøla. Flomdemping av samme størrelsesorden har en også i Skjerdingsdøla og Erdalselva, mens flommen i Sunndøla og Stryneelva reduseres med ca. 10 %. Et dempningsmagasin på 10.0 m i Sygneskardvatna vil gi noe større flomreduksjoner for midlere flom i vassdraget, unntatt for Skjerdingsdøla.

Tabell 4.2.2 Kulminasjonsvannføringer(m³/s) i Strynevassdraget før og etter regulering med dempningsmagasin i Langvatn eller i Sygneskardvatn. Midlere flom og 1000-årsflom.

Sted i vassdraget	Før reg.	Etter reg.				
		Dempningsmagasin i Langvatn				Sygnesk.
		0.0 m	0.5 m	1.0 m	2.0 m	10.0 m
Midlere flom (kraftstasjon går og åpne luker)						
Oppljosvatn	7	5	5	5	5	5
Langvatn	16	29	26	22	0	29
Sygneskardvatna	12	30	30	28	25	26
Skjerdingsdøla	46	31	31	25	25	29
Sunndøla	37	39	39	34	34	31
Hjelledøla	143	112	101	87	87	77
Erdalselva	49	32	32	32	32	29
Strynevatn, tilsig	276	272	260	246	246	235
Strynevatn, avløp	196	192	185	178	174	171
1000-årsflom (kraftstasjon står og lukkede luker)						
Oppljosvatn	31	22	22	22	22	22
Langvatn	44	76	69	63	53	76
Sygneskardvatna	37	60	60	60	60	35
Skjerdingsdøla	316	309	309	309	309	309
Sunndøla	153	128	128	128	127	68
Hjelledøla	815	789	771	742	721	729
Erdalselva	256	256	256	256	256	256
Strynevatn, tilsig	1699	1674	1656	1627	1606	1614
Strynevatn, avløp	564	543	532	521	501	505

For 1000-årsflom får en ca. 10 % flomreduksjon i Hjelledøla og Stryneelva med 2.0 m dempningsmagasin i Langvatn eller 10.0 m dempningsmagasin i Sygneskardvatna. Flommene i Skjerdingsdøla og Erdalselva blir tilnærmet lik flommene før regulering. I Sunndøla vil 2.0 m dempningsmagasin i Langvatn gi en reduksjon på nær 20 %, mens 10.0 m i Sygneskardvatna vil gi en flomreduksjon på nær 60 %.

Tabell 4.2.3 viser kulminasjonsvannføringer i Strynevassdraget før og etter regulering med ulike overløpsbredder ved Langvatn. I disse simuleringene står kraftstasjonene og lukene ved Sunndalen er åpne. Dessuten forutsettes fulle magasiner ved flommens begynnelse.

Tabellen viser at overløpsbredden kan ha en viss betydning for flomforholdene like nedenfor Langvatn (ved 1000-årsflom), men har liten relativ innvirkning på resten av vassdraget.

Tabell 4.2.3 Kulminasjonsvannføringer(m³/s) i Strynevassdraget før og etter regulering med ulike overløpsbredder ved Langvatn. Midlere flom og 1000-årsflom.

Sted i vassdraget	Før reg.	Etter reg.		
		Overløpsbredde i Langvatn		
		30 m	50 m	70 m
Midlere flom				
Oppljosvatn	7	5	5	5
Langvatn	16	27	29	29
Sygneskardvatna	12	62	62	62
Skjerdingsdøla	46	36	36	36
Sunndøla	37	71	71	71
Hjelledøla	143	153	157	159
Erdalselva	49	32	32	32
Strynevatn, tilsig	276	267	272	274
Strynevatn, avløp	196	189	191	192
1000-årsflom				
Oppljosvatn	31	22	22	22
Langvatn	44	67	76	82
Sygneskardvatna	37	103	103	103
Skjerdingsdøla	316	301	300	301
Sunndøla	153	170	170	170
Hjelledøla	815	795	809	818
Erdalselva	256	240	240	240
Strynevatn, tilsig	1699	1662	1677	1686
Strynevatn, avløp	564	536	545	549

VEDLEGG

Generelt om vassdragsreguleringers virkning på flomforhold.

En vassdragsregulerings innvirkning på flomforholdene vil være svært avhengig av hvordan reguleringen utføres, hvordan enkelte deler av reguleringen utformes/dimensjoneres og hvordan muligheten til flomdempning utnyttes. Med utgangspunkt i figuren skal her skisseres hvilke faktorer som kan ha vesentlig betydning for flomreguleringen i et vassdrag.

Høyeste regulerte vannstand(HRV) defineres her som det nivå i magasinet hvor flomoverløpet trer i funksjon. Hvis HRV ligger vesentlig høyere enn naturlig vannstand vil utvidelsen av magasinet overflateareal øke selvreguleringen i magasinet i forhold til det uregulerte vannet og derved også dempe flommene. Hvis det ikke var et vatn det fra før vil denne effekten kunne bli meget merkbar.

Overløpets bredde vil ha en vesentlig betydning for flommene. Hvis bredden er for stor vil selvreguleringen i magasinet svekkes og flommene forverres. Hvis bredden er for liten vil flomstigningen i magasinet kanskje bli for stor og faren for overløp langs hele dammen øke. Faren for skader rundt magasinet vil da også øke.

Dempningsmagasin(ledig kapasitet i magasinet) vil som regel alltid virke flomdempende. Det er imidlertid viktig at denne kapasiteten er stor nok for de virkelige skadeflommene og at den er tilgjengelig på den riktige tiden av året.

Kraftstasjonen vil, når den går, redusere flommene på strekningen mellom magasinet og utløpet fra kraftstasjonen. Denne effekten vil imidlertid ikke bli større enn hva vannstandssenkningen i magasinet (tilsvarende driftsvannføringen) indirekte medfører i redusert overløpsvannføring. Overløpets varighet vil imidlertid bli kortere.

Overføringer til magasinet vil øke tilsiget, flomstigningen i magasinet og overløpsvannføringen. Hvis ikke overløpets bredde og høyde dimensjoneres deretter vil flommene forverres. Som regel dempes flommene vesentlig nedenfor inntakene i de overførte elvene.

