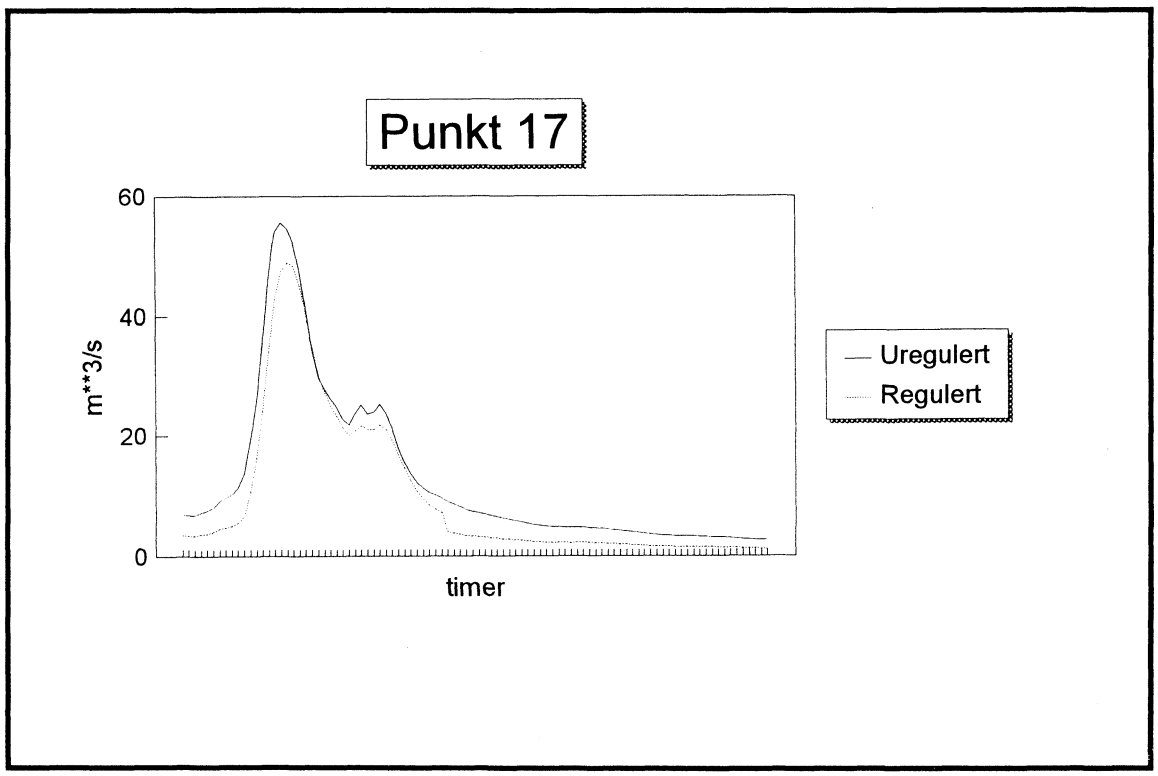
RAPPORT

11 1996

NVE
NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIVERK

Bredo Erichsen
Erik Holmquist

FLOMMEN I VIK I SOGN, UKE 43



HYDROLOGISK AVDELING

NVE
NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIVERK

TITTEL Flommen i Vik i Sogn, uke 43	**RAPPORT** 11-96
SAKSBEHANDLERE Bredo Erichsen, NVE og Erik Holmquist, Statkraft Engineering as	DATO 30.01.96 RAPPORTEN ER Åpen
OPPDRAGSGIVER Statkraft SF	OPPLAG 20

SAMMENDRAG

Denne rapporten beskriver de analyser som er gjort av flommen i Vik i Sogn i uke 43 1995. Analysene er gjort i samarbeid mellom NVE og Statkraft Engineering as.

Flommen kom etter en høst med mye nedbør og hvor de fleste magasinene var fylt opp til nær HRV.

Resultatene viser at reguleringene har ført til en reduksjon av flomvannføringen i en del av reguleringsområdet, mens det er en økning i andre deler av området. Økningen er kommet i Dalselv. Her er det en netto tilførsel av vann fra andre deler av reguleringsområdet, fra området som naturlig drenerer til elvene Vikja og Seljedalselv. I Vikja er derfor flomtoppen noe redusert, men varigheten av flommen er i enkelte punkter økt.

Usikkerheten i slike beregninger gjør at man vanskelig kan gi noen eksakte tall for økning og reduksjon, men forskjellene mellom regulert og uregulert tilstand i Dalselva er så store at konklusjonene er entydige.

EMNEORD/SUBJECT TERMS
Flom
Reguleringer
Konsekvenser

ANSVARLIG UNDERSKRIFT

Arne Tollan
Avdelingsdirektør

Kontoradresse: Middelthunsgate 29
Postadresse: Postboks 5091, Maj.
0301 Oslo

Telefon: 22 95 95 95
Telefax: 22 95 90 00

Postgiro: 0803 5052055

FORORD

Etter bestilling fra Statkraft SF er det utført en analyse av flommen i Vik i Sogn i uke 43, 1995. Analysen er utført som et samarbeidsprosjekt mellom NVE, Hydrologisk avdeling og Statkraft Engineering as.

Denne rapporten beskriver de analyser som er gjort for å sammenlikne flomforløpet slik det ble med eksisterende reguleringer, og slik det ville vært under uregulerte forhold.

Oslo, februar 1996

Kjell Repp
seksjonssjef

1 Innledning

I Uke 43 1995 var det en stor flom i Vik i Sogn og Fjordane. Denne flommen forvoldte skader på flere steder. Det har derfor vært ønskelig fra Statkraft SF sin side å få foretatt en hydrologisk gjennomgang av flommen og få beregnet flomforløpet både i naturlig tilstand og med dagens reguleringer ved 17 angitte punkter (figur 1). Det er i rapporten etterstrebet å benytte de data som er målt i reguleringsområdet i størst mulig grad.

Denne rapporten beskriver det arbeidet som har blitt utført av Hydrologisk avdeling ved NVE og Statkraft Engineering as i samarbeid. Statkraft Engineering as har utført frekvensanalysene samt beregninger av vanntransporten i overføringssystemet. De resterende beregningene er utført av Hydrologisk avdeling, NVE.

2 Tidligere arbeid

Det er innenfor reguleringsområdet tidligere utført seks ulike flomanalyser.

NVE (1979) foretok en flomfrekvensanalyse for Vikja ved Refsdal og ved utløpet til fjorden før og etter regulering. Analysen bygger på vannføringsobservasjoner i nærliggende vassdrag.

Lysne (1983) har i en foreløpig rapport vurdert flomforholdene ved Muravatn og Refsdal - inntak Hove i elven Vikja. Rapporten bygger på tre befaringer og gir forslag til utbedringer av flomavlednings systemet på de to stedene. Videre diskuterer Lysne (1983) hvilken økning som kan forventes av flommer som et resultat av overføringssystemet.

NVE (1983) har foretatt en flombergning for Muravatn. Både Q1000 og PMF er beregnet ved hjelp av en flommodell.

NVE (1989) har beregnet flomforholdene før og etter regulering fem steder i reguleringsområdet. Dette ble gjort for Muravatns lokalfelt, Refsdal lokalfelt, Hugla bru, Hove bru og Vikja totalfelt.

Berdal Strømme (1992) har foretatt flomberegninger i Årebotnvatn, Målsetvatn, Skjellingavatn og Kvilsteinvatn. Her ble både dimensjonerende-, påregnelig maksimal- og begynnende skadeflom beregnet.

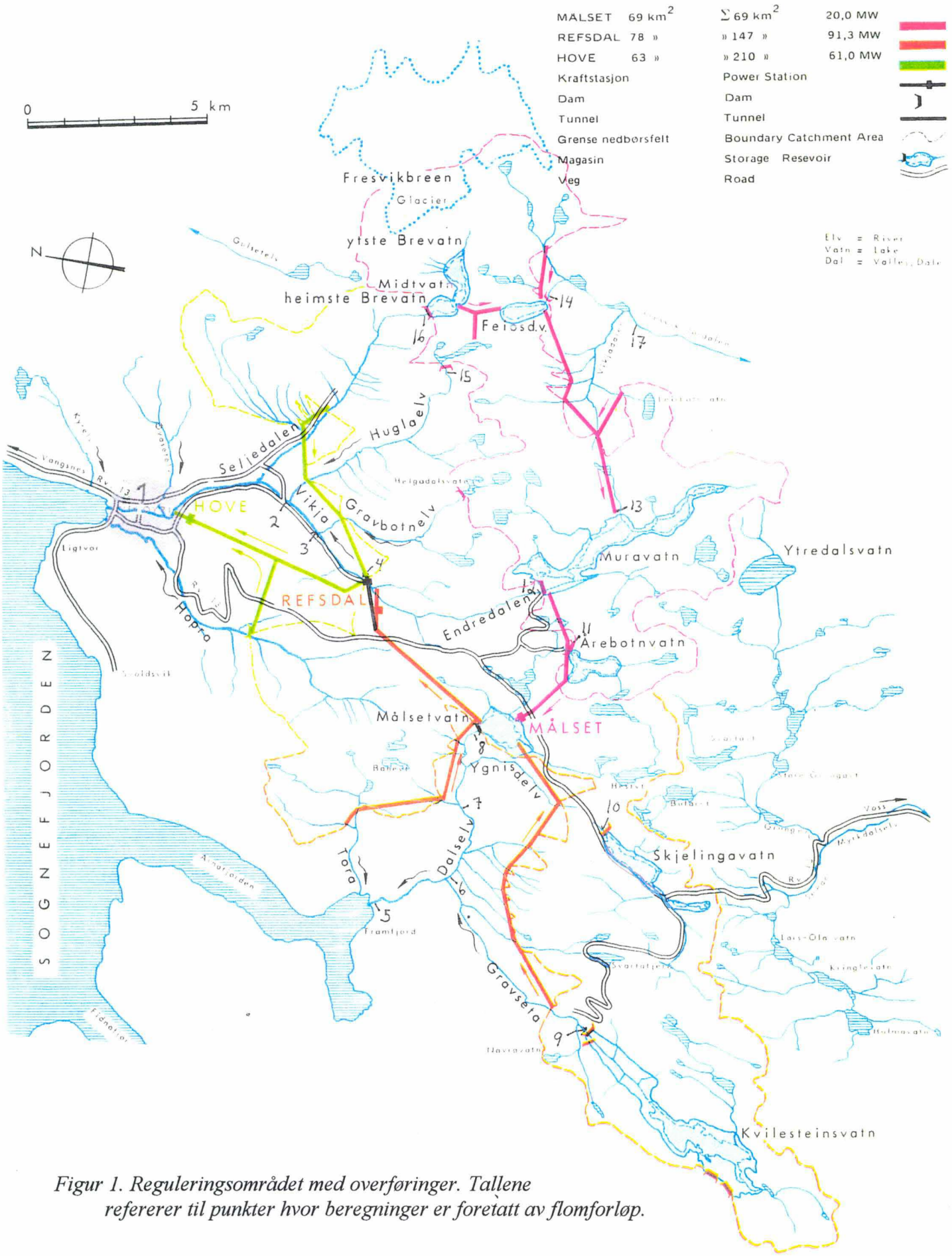
Statkraft Engineering as (1994) har foretatt flomberegninger for Brevatna og Feiosdalsvatn. Her ble både dimensjonerende-, påregnelig maksimal- og begynnende skadeflom beregnet.

3 Feltbeskrivelse

Reguleringsområdet ligger i Vik kommune i Sogn og Fjordane. Området strekker seg fra havnivå og opp til 1648 moh. Det er en bre i området, Fresvikbreen. Området dreneres av to vassdrag mot nord; Vikja og Dalselv, og en mot syd i Jordalen.

Reguleringsområdet med reguleringer og overføringer er vist i figur 1. Totalarealet til Hove kraftverk er 207 km^2. Hele området som omtales i denne rapporten er på rundt 250 km^2.

GENERALPLAN



Figur 1. Reguleringsområdet med overføringer. Tallene refererer til punkter hvor beregninger er foretatt av flomforløp.

4 Datamaterialet

Det er oversendt magasinvannstander, magasinkurver og overløpskurver fra Statkraft SF. Dette gjelder Målsetvatn, inntak Hove, Muravatn,Kvilsteinvatn, Skjelingavatn og Årbotnvatn.

4.1 Hydrometriske stasjoner

I reguleringsområdet er det en målestasjon i drift. Det er Målset (70.8) som er et uregulert lokalfelt på 7.65km^2, som drenerer ned til Målsetvatn. I tillegg er det en stasjon nær feltet, Hielva (62.12) på 7.21 km^2 som drenerer til Myrkdalsvatn ca 10 km syd for reguleringsområdet. Flomforløpet ved disse stasjonene er vist i figur 2. Disse to stasjonene antas å dekke variasjonen i feltet. Det ene feltet har en raskere reaksjon pga liten sjøprosent og derved liten dempning.

4.2 Magasinvannstander

Magasinvannstandene er gitt med en tidsoppløsning på ett døgn frem til 26.10.95 og med en tidsoppløsning på en time fra 26.10-29.10.95 Den vertikale oppløsningen er på 3 cm. Med sin grove vertikal oppløsning, er de originale magasindatene preget av at vannføringen avtar og øker trinnvis. Ved beregning av tilsig gir dette negative verdier i enkelte tidsskritt, selv under flom. For å kunne benytte magasinvannstandene er disse derfor glattet (figur 3). Glattingen som er foretatt er enkel interpolasjon mellom de observasjonene hvor man har hatt endring fra tidsskrittet før. Det kunne med fordel ha vært utviklet en mer avansert metode for glatting, men dette har ikke vært mulig innenfor rammen av dette prosjektet.

4.3 Magasinkurver

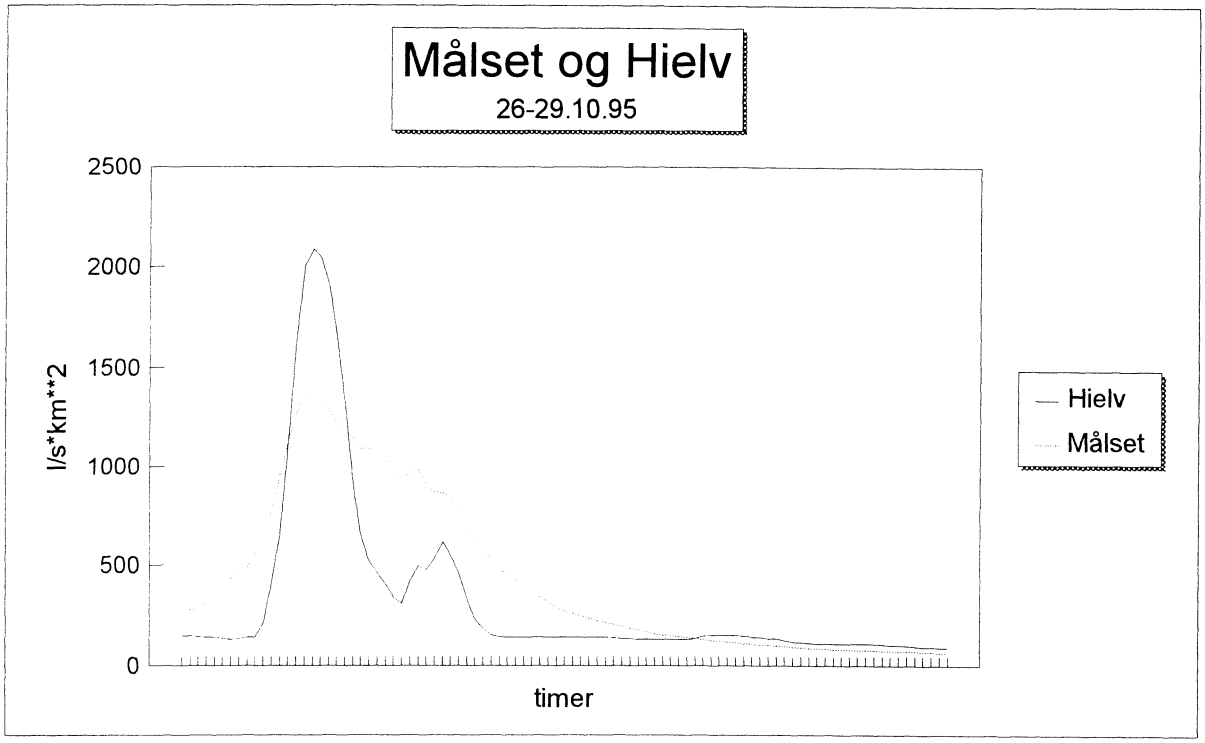
Magasinkurvene er benyttet slik de er tilsendt. Der det har vært nødvendig å interpolere eller ekstrapolere, eller benytte likning for magasinkurven, har regresjonslikningen blitt funnet ved regresjon. Magasintabellene er gjengitt i vedlegg 1.

4.4 Overløpskurver

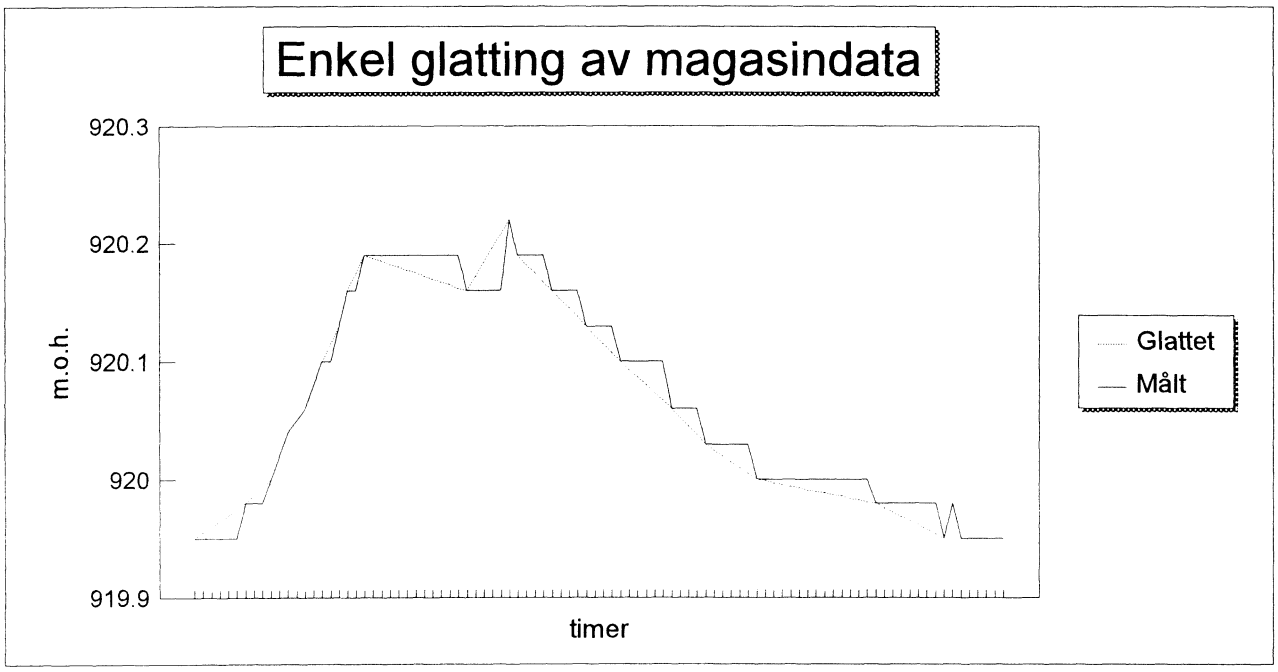
Overløpskurvene er benyttet slik de er tilsendt. Der det har vært nødvendig å interpolere eller ekstrapolere, eller benytte likning for overløpskurven, har regresjonslikningen blitt funnet ved regresjon. Likningene for overløpskurvene er gjengitt i vedlegg 2.

4.5 Naturlige avløpskurver

I forbindelse med tidligere flomanalyser er det fremstilt naturlige avløpskurver for de vann som eksisterte før reguleringen. Fremgangsmåten ved fremstilling av disse er gjennomgått ut fra tilsendt materiale fra Berdal Strømme og Statkraft Engineeering as. Kurvene er funnet tilfredstillende ut fra det eksisterende datagrunnlag. De naturlige avløpskurvene som er benyttet videre i dette arbeidet, er derfor de samme som tidligere har vært benyttet (Berdal Strømme, 1992; Statkraft Engineering, 1994). Likningene for avløpskurvene er gjengitt i vedlegg 3.



Figur 2. Vannføring ved målestasjon Målset og Hielv 26-29.10.1995



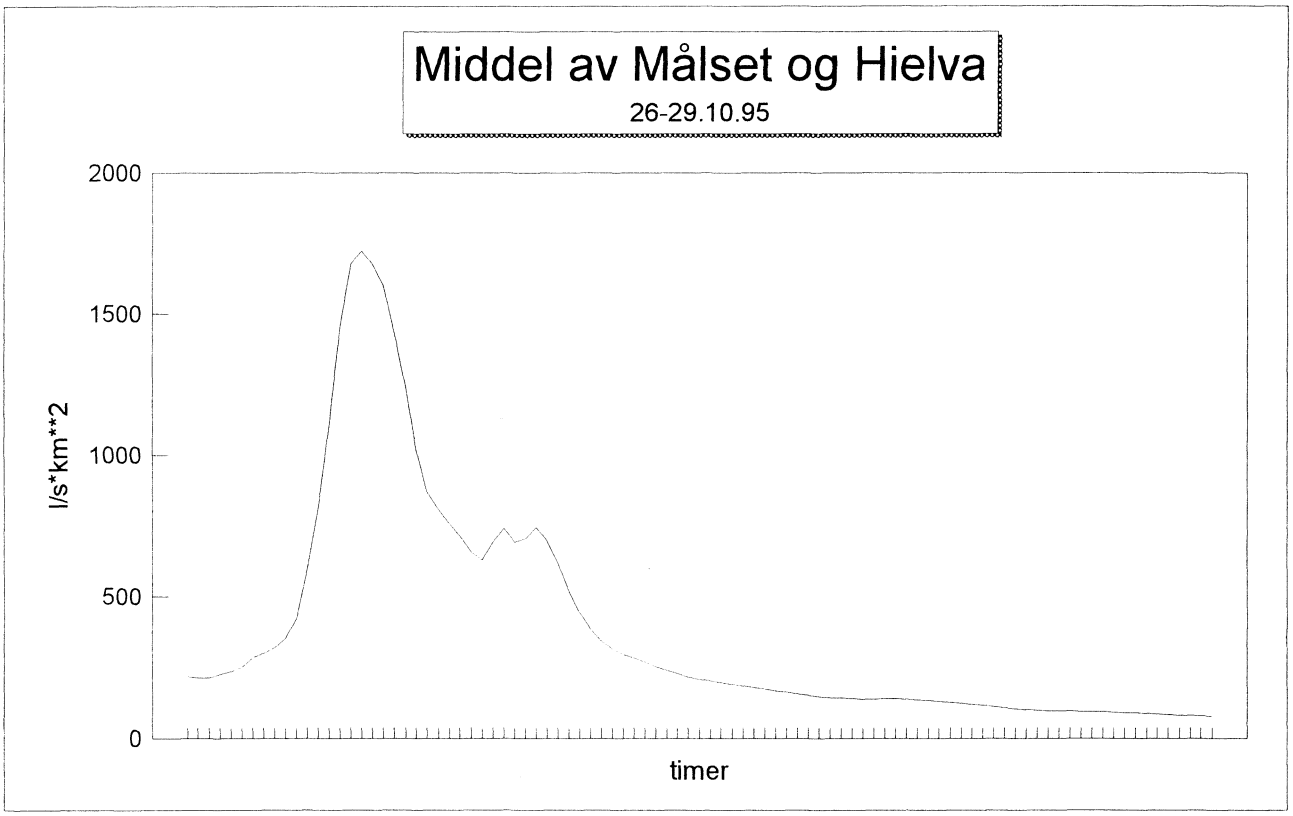
Figur 3. Eksempel på målte og glattede verdier for magasinvannstand.

5 Metoder

5.1 Modellflom uregulerte felt og uregulerte delfelt

Modellflommen er fremstilt som midlet av flommen ved Målset og i Hielva (figur 2). Disse to stasjonene antas å dekke variasjonen i feltet. Det ene feltet har en raskere reaksjon pga liten sjøprosent og derved liten dempning. Det er ikke skilt mellom ulike felttyper i det videre arbeidet. Samme modellflom (figur 4) er benyttet og bare skalert opp med hensyn til feltareal. Noe annet kan ikke forsvares ut fra datagrunnlaget. For de punktene som drenerer Fresvikbreen er det gjort en egen vurdering av snø- og bresmelting under flommen (se avsnitt 7.1). Disse faktorene var under flommen av uvesentlig betydning.

Volumet av avrenningen i modellflommen viser god overenstemmelse med nedbørobservasjoner; 131.6 mm avrenning mot 141.9 mm nedbør i perioden 26-29.10.95



Figur 4. Modellflommen som er benyttet. Middel av målestasjonene Målset og Hielv.

5.2 Tilsigsflom til magasiner

Tilsigsflommen til magasiner der det foreligger tilstrekkelige data er beregnet som:

Tilsig = Tapping + Overløp ± Magasinendring ± Overføringer

De beregnede tilsigsflommene var av samme størrelsesorden som modellflommen. Dette viser at målingene av magasinvannstand er korrekte, men for mange negative verdier førte imidlertid til at det ble besluttet å bare benytte modellflom ved beregning av uregulerte forhold og i uregulerte lokalfelter.

5.3 Avløpsflommer fra magasiner

Overløp fra reguleringsmagasinene ble beregnet ut fra magasindata og overløpskurver. Avløpsflommen ble satt lik summen av overløp og tapping/produksjon fra magasinet.

5.4 Ruting gjennom sjøer og magasiner

Ruting av tilsigsflommen gjennom naturlige sjøer og regulerte magasin er gjort ved hjelp av programmet PQRUT (Andersen et al, 1983). Dette programmet beregner avløpet fra et magasin eller en sjø med utgangspunkt i en tilløpsflom, magasinendringer, overløpskurver og magasinkurver.

6 Usikkerhet

I beregninger av denne typen er det en rekke usikkerheter. Det er derfor vesentlig å identifisere de faktorer som er av størst betydning for bergningene totalt sett. Følgende punkter medfører usikkerheter i beregningene:

- Vannføringsverdier
- Magasindata
- Overløpskurver
- Modellverktøy
- Initialtilstander

En enkel form for sensitivitetsanalyse er gjennomført for å belyse hvordan enkelte av disse punktene påvirker totalberegningene. I det etterfølgende blir noen av disse punktene diskutert nærmere.

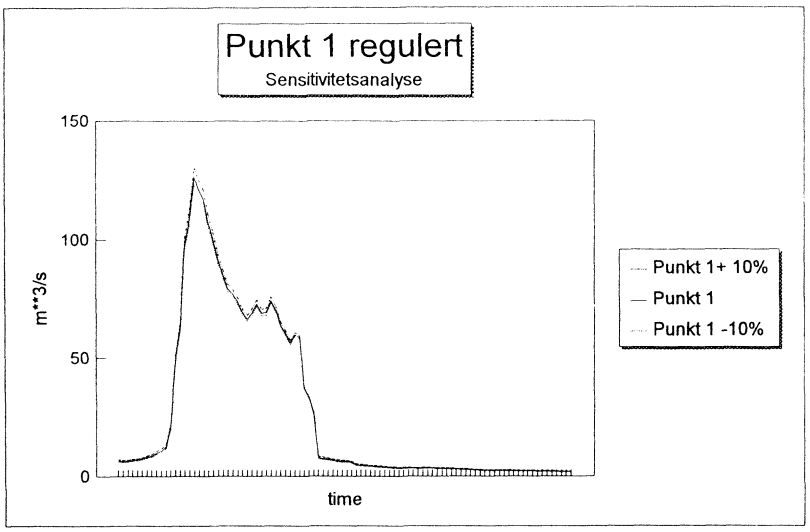
6.1 Vannføringsverdier

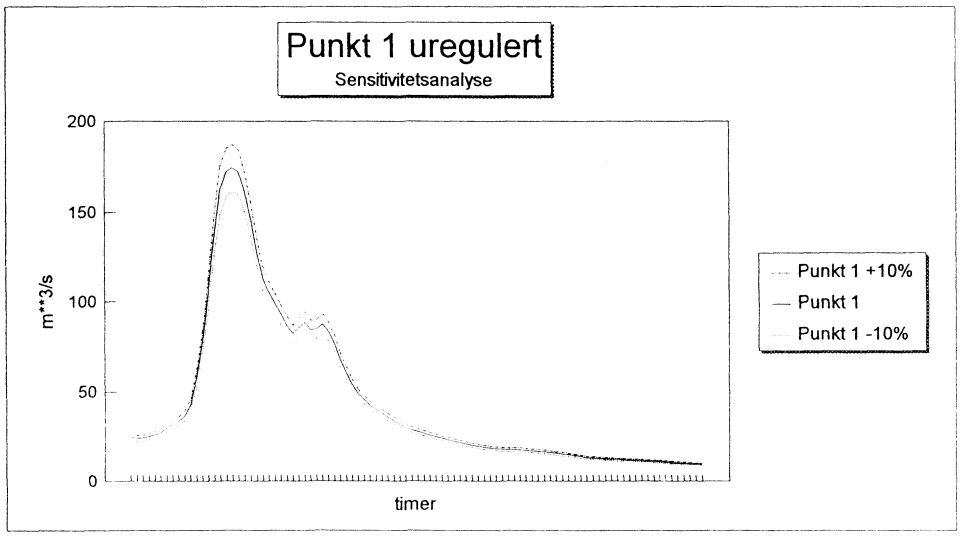
I dette arbeidet er det valgt å benytte en modellflom som skaleres for å beregne tilløpsflommer fra uregulerte deler av området og flommer før reguleringen. De to vannføringsstasjonene i området har et noe forskjellig hydrogram fra dagene 26-29.10.95. De er derfor midlet og en modellflom fremkommer. Vannføringskurver er i tillegg ofte usikre på høye vannstander. For å se hvilken betydning disse faktorene har for flomforløpet har det blitt gjort beregninger der modellflommen er økt med 10% og redusert med 10% både for regulert og uregulert tilstand. Resultatene av disse beregningene er vist i figur 5. Av figuren fremgår det at effekten av en slik endring er størst under uregulerte forhold. Dette er ikke overaskende da hele det uregulerte systemet påvirkes av en slik endring, mens det under regulerte forhold bare er uregulert lokaltilløp som påvirkes.

Konstruksjon av avløpskurver for naturlige forhold, i nåværende reguleringsmagasin, medfører også usikkerhet. Denne usikkerheten vil være av samme størrelsesorden som for vannføringskurver i uregulerte vassdrag.

6.2 Magasindata

Data fra magasiner har innebygget to usikkerheter. Den ene er registrering av magasinvannstand. I reguleringsområdet til Vik er den vertikale oppløsningen på 3 cm. Disse verdiene er derfor interpolert noe som medfører usikkerhet. Den andre usikkerheten i magasindata er magasinkurven. Den er lineært interpolert. Noe som kan gi feil.





Figur 5. Effekten av endring i modellflom på ± 10% for flomforløpet ved punkt 1 (Vik sentrum) i regulert og uregulert tilstand.

6.3 Overløpskurver

Ved beregning av avløpsflommer fra magasiner er det tatt utgangspunkt i overløpskurver. Formelen for overløpskurven er av typen:

$$Q = A * H^{B}$$

der Q er vannføring, H er magasinvannstand, A og B er konstanter.

Ved å endre B i en av overløpskurvene ble sensitiviteten for flomforløpet testet. Overløpskurven som ble benyttet var:

$$Q = 183.1704 * H^{B}$$

der B ble satt til enten 1.4988, 1.5988 eller 1.6988. Resultatet er gjengitt i figur 6 . Figuren viser at det kan gi store feil hvis eksponenten for overløpskurven er gal.

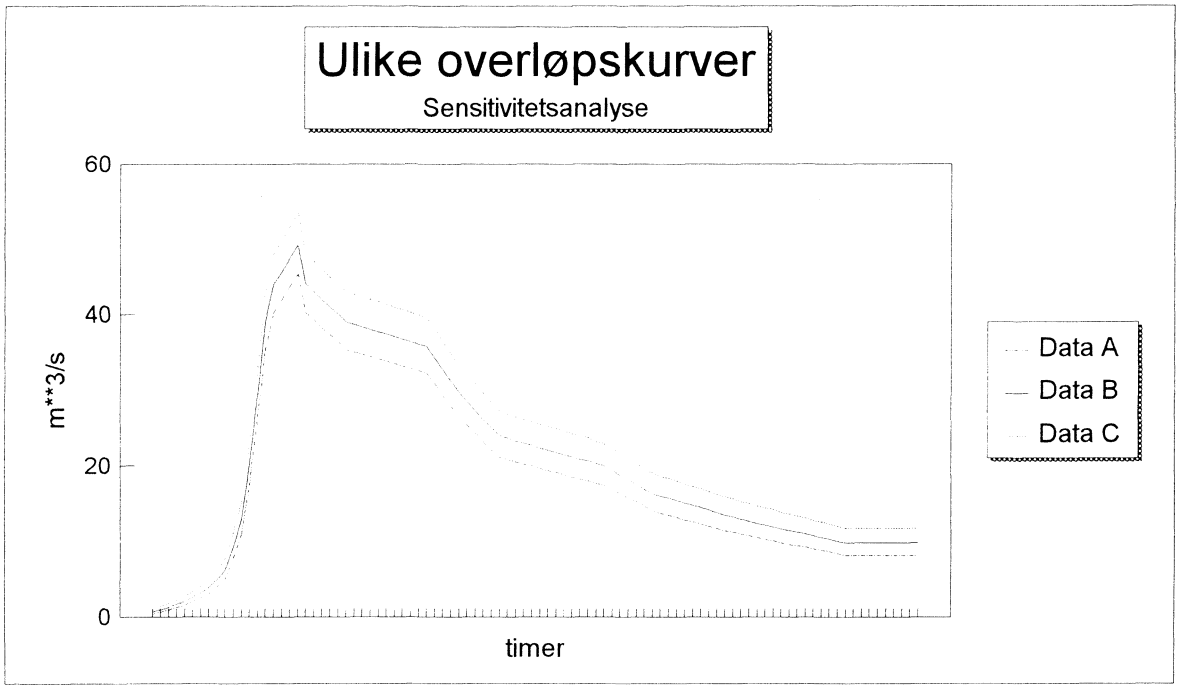
6.4 Modellverktøy

PQRUT er en modell som er utviklet for beregning av flom i vassdrag og for ruting av flommer gjennom sjøer og magasiner. Det er vanskelig å drive en full sensitivitetsanalyse av hele modellen. Modellen er imidlertid avhengig av riktige overløp- og magasinkurver for at den skal gi riktige resultat.

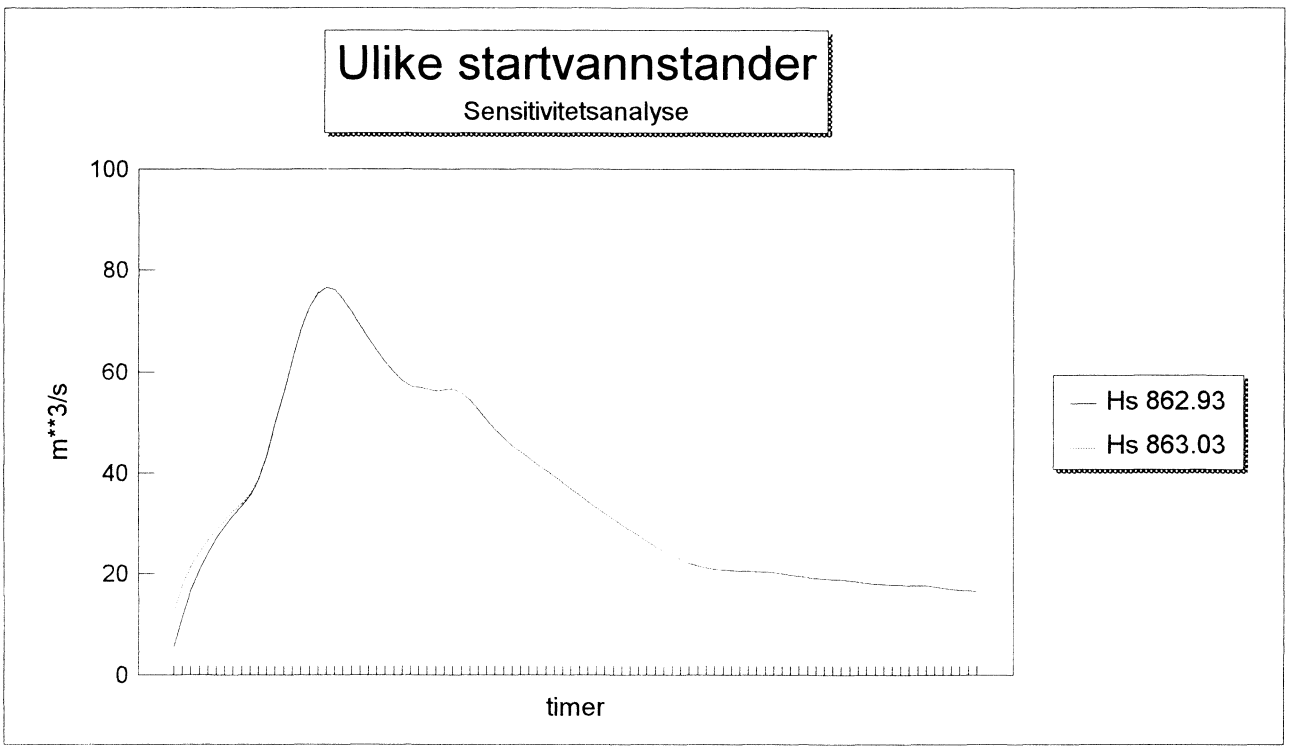
Overføringsberegningene er gjort for 3 ulike vannføringer; 500, 1000 og 1500 $l/s \cdot km^2$ (se kapittel 7.1). Ved beregningene har det derfor vært nødvendig å interpolere mellom disse verdiene. Denne feilen er imidlertid av mindre betydning fordi man har beregnet verdier nær kulminasjonsverdien for flommen, som var rundt 1500 $l/s \cdot km^2$.

6.5 Initialtilstander

Ved beregninger med PQRUT kreves initialbetingelser for vannstand i magasiner eller vannføring. Hvordan dette påvirker flomforløpet er vist for et punkt i figur 7.Som det fremgår av figuren er modellen robust og gir bare minimale avvik til å begynne med for siden å gi et identisk flomforløp.



Figur 6. Effekten av ulike eksponeneter i overløpskurven. Endringen er på ± 0.1 i eksponeneten.



Figur 7. Effekten av ulike startvannstander ved flomruting med modellen PQRUT.

7 Resultat

I dette kapittelet blir de regionale analysene av nedbør og avløp presentert. Videre blir bergningene av vannføringer i overføringssystemet presentert. Til slutt blir beregningene av flomforløpet ved 17 punkter beskrevet for uregulerte og regulerte forhold. Resultatene presenteres som en sammenlikning av flomforløpet til slutt i dette kapittelet.

7.1 Regional analyse av nedbør, temperatur og avrenning.

Meteorologiske data fra DNMI er innhentet for september og oktober 1995 for følgende stasjoner (tabell 1):

Tabell 1

Meteorologiske stasjoner i "nærheten" av Vik-reguleringen.

Stasjonsnr.	Navn	Nedbør	Temperatur	Høyde (m.o.h.)
5286	Takle	x	x	38
5299	Ortnevik	x		4
5307	Vik	x		65
5316	Jorddalen	x		614
5222	Gullbrå	x		522
5229	Modalen	x	x	114

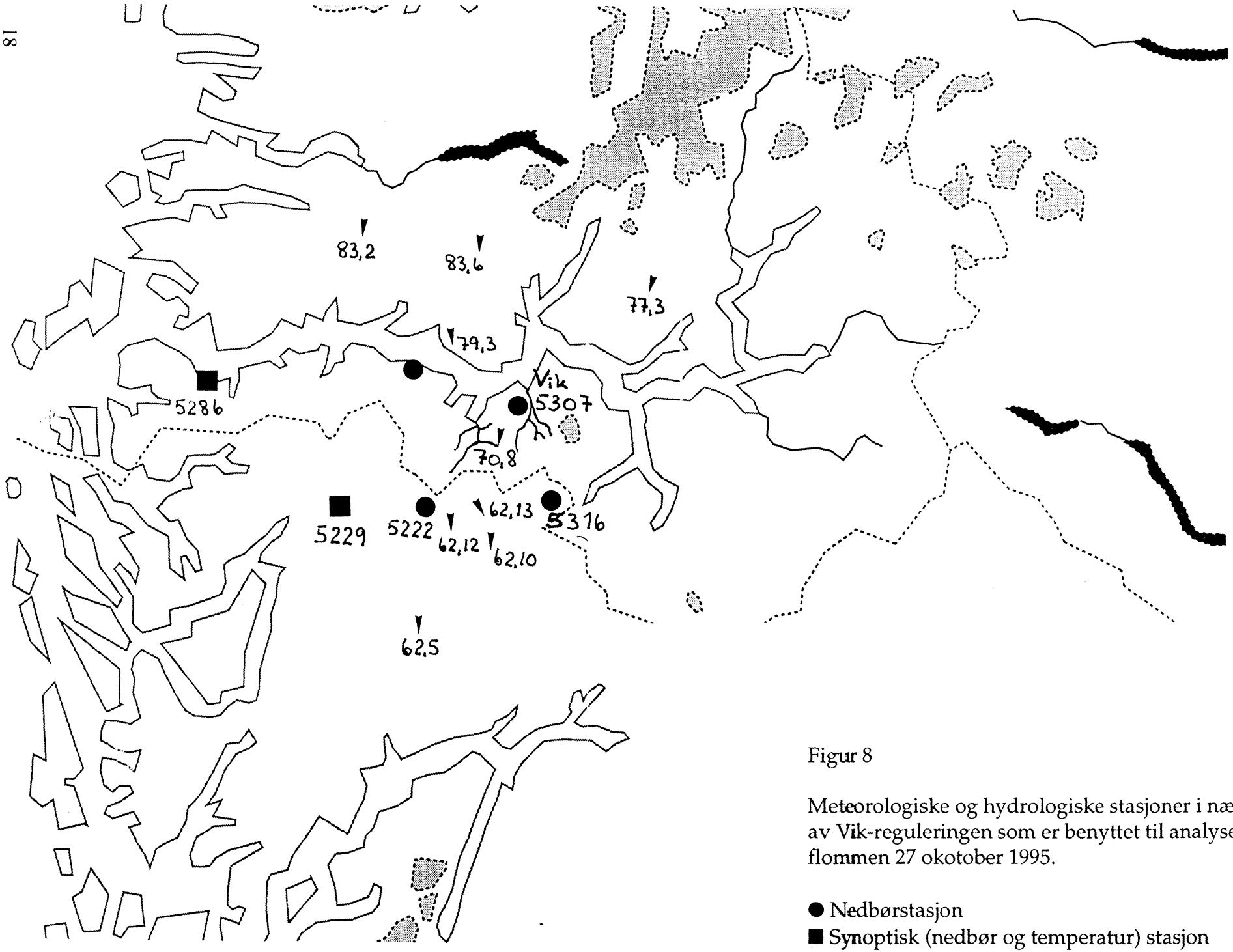
Stasjonen 5310 Vangsnes, som er omtalt i vårt tilbud, er dessverre nedlagt. Geografisk plassering av stasjonene er vist på figur 8.

Nedbør
Data fra disse stasjonene (figur 9) viser at det var kraftig nedbør i området også i periodene 18-20 oktober og 23-24 oktober. For alle de undersøkte stasjonene var nedbøren høyest 27 oktober. Utfra de meteorologiske dataene er det rimelig å anta at myrer etc. har vært mettet av vann i forkant av flommen.

Variasjonen i nedbør under flommen synes å følge et "normalt" mønster. Nedbørintensiteten avtok innover Sognefjorden (185 mm ved Takle og 54 mm i Vik) og økte med høyden (orografisk effekt). Jorddalen som ligger omtrent like langt øst som Vik, men 549 meter høyere, fikk 27 oktober nesten 70 % mer nedbør enn stasjonen i Vik (figur 10 og tabell 2).

Tabell 2
Nedbør 27 oktober 1995 for utvalgte meteorologiske stasjoner.

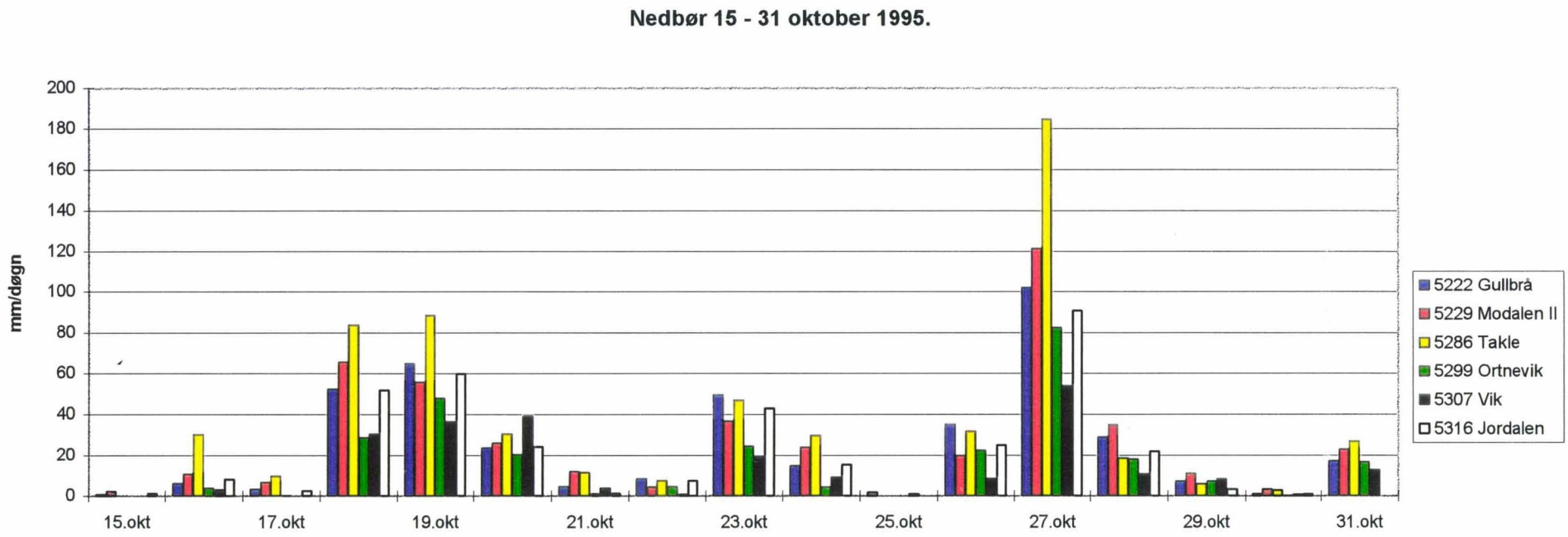
Stasjonsnr.	Navn	Nedbør mm	Gjentaks-intervall (år)	Høyde (m.o.h.)
5286	Takle	185	>100	38
5299	Ortnevik	83	50-100	4
5307	Vik	54	10	65
5316	Jorddalen	91	10	614
5222	Gullbrå	102	50	522
5229	Modalen	122	10-50	114



Figur 8

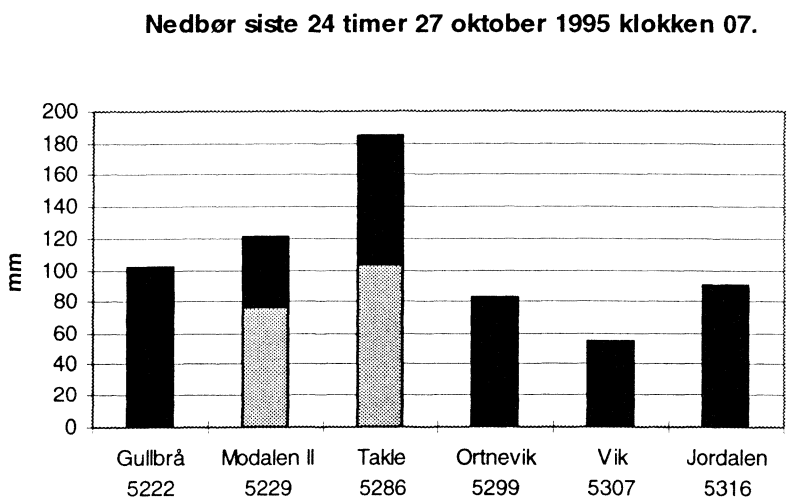
Meteorologiske og hydrologiske stasjoner i nærheten av Vik-reguleringen som er benyttet til analyser av flommen 27 okotober 1995.

● Nedbørstasjon
■ Synoptisk (nedbør og temperatur) stasjon
↘ Avløpsstasjon



Figur 9.

Søylene viser 24 timers nedbør for stasjoner i nærheten av Vik-reguleringen i perioden 15 - 31 okotober 1995. En ser at det har vært flere kraftige regnvær i forkant av nedbøren som forårsaket flomvannføringer i området 26 og 27 oktober.



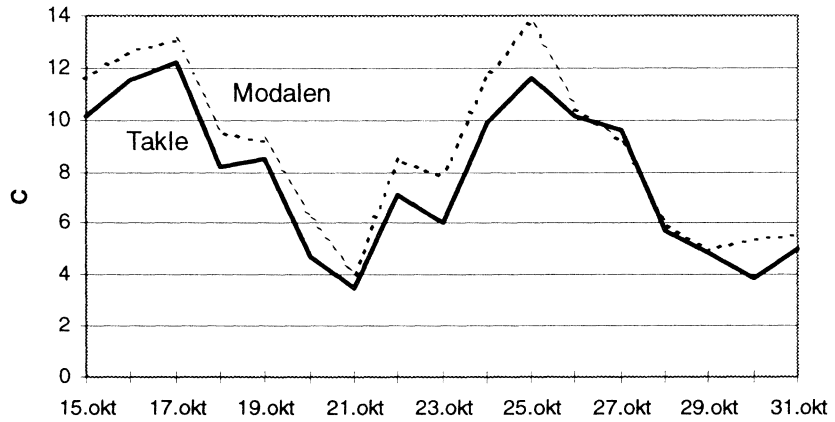
Figur 10.

Søylene viser nedbør siste 24 timer for stasjoner i nærheten av Vik-reguleringen 27 oktober 1995 kl 07:00. For Modalen og Takle avleses nedbøren 2 ganger pr. døgn.

Gjentaksintervall for de ulike nedbørmengdene er berenget med utgangspunkt i retningslinjer gitt i DNMI-rapport 21/92. Utfra en sammenheng mellom en stasjons normalnedbør og forventet nedbørmengde i løpet av en gitt tid (her 1 døgn) og sesong (her høst), beregnes gjentaksintervall for de aktuelle nedbørmengdene.

Analysene viser at det i området har vært en del lokale forskjeller. I Vik-området er det sannsynlig at nedbøren hadde et gjentaksintervall på 10 til 50 år. Fordi bakken var godt fukta også før regnværet 27 okotober, er det sannsynlig at avrenningen i området hadde noe større gjentaksintervall. Lenger vest i Sognefjorden var nedbøren mer intens med gjentaksintervall fra 50 til over 100 år.

Temperatur og snøforhold
Det er kun 2 av stasjonene det er hentet data fra som har temperaturregistreringer, Takle og Modalen. Figur 11 viser at det var mildt under og i forkant av flommen. Videre ser en at temperaturen ved de to stasjonene varierer nokså likt, og at den høyestliggende stasjonen stort sett har litt lavere temperatur. Stasjonene ligger et stykke vest for Vik, men antas likevel å representere området godt.



Figur 11.

Døgnmiddeltemperatur ved Modalen (114 m.o.h.) og Takle (38 m.o.h.) i perioden 15 - 31 oktober 1995.

I henhold til notat av Roar Lund datert 20.12.95 var snøen som kom tidligere på høsten smeltet før flommen satte inn. Dette harmonerer godt med foreliggende temperaturdata.

I Brevatna og Feiosdalsvatn har en ingen vannstandsregistreringer, og følgelig kan en heller ikke beregne tilsig til magasinene ved hjelp av magasindata. For å vurdere avrenningen fra Fresvikbre-området ble det derfor gjort en enkel analyse av snø-/ smelteforholdene fra breen for september og oktober 1995.

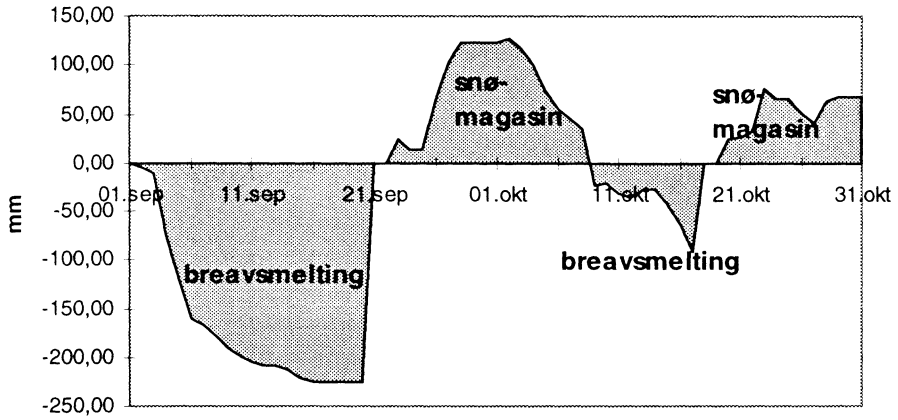
En ønsket følgende besvart:

- Bidro breen med smeltevann av betydning under flommen?
- Var det et snømagasin på breen, og hadde det eventuelt noen betydning for avrenningsforholdene?

Til denne analysen ble nedbørdata fra Jorddalen og temperaturdata fra Modalen (114 m.o.h.) benyttet. I følge breatlas over sør-Norge (NVE 1988) er normalnedbøren i Jordalen og for Fresvikbreen omtrent den samme. Dataene fra Jordalen ble derfor benyttet direkte.Ved å anta en temperaturgradient på -0,6 °C/100 m under nedbør og -0,9 °C/100 m i oppholdsvær ble

snøakkumulering/ snøsmelting eventuelt bresmelting beregnet. Midlere høyde for aktuell del av Fresvikbreen er 1480 m.o.h. Resultatene av beregningene ser en av figur 12.

Fresvikbreen, utvikling av snømagasin i september og oktober 1995.



Figur 12.

Beregnet snømagasinering/ breavsmelting for Fresvikbreen i 1500 meters høyde for perioden 1 september - 31 oktober 1995. En ser at det var ubetydelig snøsmelting 26 og 27 oktober.

Analysene viser at det sannsynligvis var et snømagasin på drøyt 60 mm på breen i forkant av flommen. Men selv om det var mildt, var temperaturen i 1500-meters høyde ikke høyere enn 1-2 °C. Det betyr at det var relativt lite snøsmelting fra breen under flommen (10-15 mm smelting 26 og 27 oktober).

En regner videre at et snømagasin kan ta opp 5-10 % vann før det mettes av fuktighet. Det betyr at et snømagasin på 60 mm har marginal betydning ved store nedbørmengder m.h.p. magasinering av regnvann. Snømagasinet på Feisodalsbreen har altså ikke noen avgjørende innflytelse på flomforløpet for Brevatna.

Avrenning
Det er innhentet data fra følgende stasjoner (tabell 3):

Tabell 3

Avløpsstasjoner i "nærheten" av Vik-reguleringen.

Stasjons nr.	Gammelt nr.	Stasjon	Vassdrag	Obs.periode	Feltareal (km^2)
62.10	1734	Myrkdalsvatn	Vossa	1970-dd	156
62.12	1794	Hielva	Vossa	1970-dd	7,21
62.13	1985	Årmot	Vossa	1972-dd	88,1
62.5	598	Bulken	Vossa	1892-dd	1102
70.8	2500	Målset	Dalselv	1969-70 1987-dd	7,65
77.3	1389	Sogndalsvatn	Sogndalselv	1962-dd	111
79.3	2549	Nessedalselv	Nessedalselv	1983-dd	29,8
83.2	615	Viksvatn	Gaula	1902-dd	505
83.6	1504	Byttevatn	Gaula	1965-71 1977-dd	104

Stasjonenes geografiske plassering er vist i figur 8. Data fra disse stasjonene viser at flommen i området kulminerte med vannføringer i løpet av 1 døgn på mellom 450 og 1750 l/s km^2 (tabell 4).

Tabell 4

Flomforhold for vassdrag i/ nær Vik-reguleringen 26-28 oktober 1995.

Stasjons nr.	Stasjon	Maksimal døgnvannføring m^3/s	Maksimal døgnvannføring l/s km^2	Gjentaksintervall år
62.10	Myrkdalsvatn	127	814	10
62.12	Hielva	7,2	771	50
62.13	Årmot	153	1741	100
62.5	Bulken	561	509	100
70.8	Målset	6,2	816	Kort serie
77.3	Sogndalsvatn	125	1126	50-100
79.3	Nessedalselv	13,0	437	2
83.2	Viksvatn	236	467	40-50
83.6	Byttevatn	126,3	1214	20-50

Nedenfor følger en kort kommentar til flom-størrelsen ved de enkelte avløpsstasjonene.

62.10 Myrkdalsvatn
Stasjonen ble opprettet i 1972. Vannføringen 27 okotober 1995 (127 m^3/s) var den nest-høyeste høstflommen som er registrert. Som for Hielva var det i begynnelsen av november 1971 en større flom (189 m^3/s). 1995-flommen hadde et gjentaksintervall på ca. 10 år.

62.12 Hielva
Stasjonen ble opprettet i 1970. Vannføringen 26 oktober 1995 (7,2 m^3/s) var den nest-høyeste høstflommen som er registrert. Ifølge NVE's data var det 2 november 1971 en flom med et døgnmiddel på over 56 m^3/s eller ca 8000 $l/s\ km^2$. Den flomverdien virker usannsynlig høy, og er derfor utelatt ved beregning av gjentaksintervall for 1995-flommen. 1995 flommen får da et gjentaksintervall på ca. 50 år.

62.13 Årmot
Stasjonen ble opprettet i 1973. Både 4 og 27 oktober 1995 ble det registrert vannføringer på 153 m^3/s ved stasjonen. Dette er de høyeste høstflommene siden observasjonene startet. Utfra 22 år med data er det beregnet et gjentaksintervall for 1995-flommen på ca. 100 år.

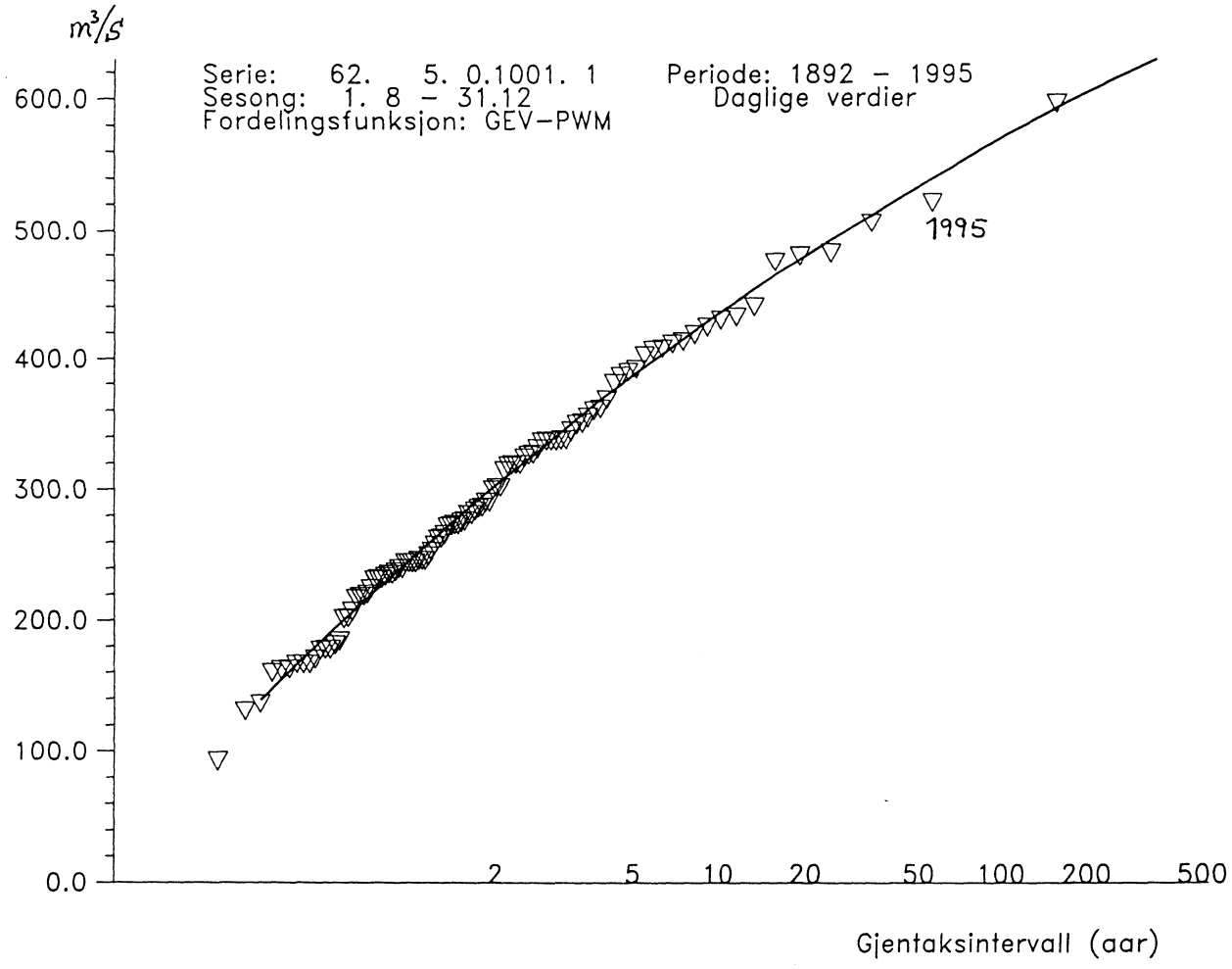
62.5 Bulken
Denne stasjonen ble opprettet i 1892, og har dermed mer enn 100 år med data som sammenligningsgrunnlag. Dataene viser at 1995-flommen (561 m^3/s) er den nest-største høstflommen som er registrert. Største høstflom hadde en 10 okotober 1918 da vannføringen var nær 600 m^3/s. Fra figur 12 ser en at de observerte flommene er godt tilpasset en GEV-fordeling. Denne fordelingen gir en 100-års flom på 562 m^3/s, dvs nær identisk den vannføringen som ble registrert i oktober 1995.

70.8 Målset
Stasjonen ble opprettet i 1969, men har kun 10 år med data tilgjengelig for analyse. Årene 1971-86 mangler. Foreliggende data viser at høstflommen 1995 er den høyest registrerte i datamaterialet.

77.3 Sogndalsvatn
Stasjonen ble opprettet i 1962. Også her er flommen i oktober 1995 den største høstflom siden observasjonene startet. Men 1 oktober 1985 var vannføringen omtrent som i 1995. Utfra foreliggende data hadde 1995-flommen et gjentaksintervall på 50-100 år.

79,3 Nessedalselv
Stasjonen ble opprettet i 1983. I Nessedalselv var vannføringen 27 oktober 1995 13 m^3/s, det tilsvarer midlere høstflom ved stasjonen. Imidlertid var vannføringen betydelig høyere en uke tidligere, med nesten 20 m^3/s den 19 oktober. Denne høstflommen er den størst registrerte ved stasjonen og hadde et gjentaksintervall på 10-20 år.

83.2 Viksvatn
Stasjonen ble opprettet i 1903. 1995-flommen (236 m^3/s) er den tredje største høstflommen i datamaterialet. 29 september 1917 og 19 oktober 1913 hadde en høstflommer på ca. 250 m^3/s. Også for denne stasjonen gir GEV-fordelingen en god tilpasning til de observerte flomverdiene. Denne fordelingen gir en 50-årsflom på 242 m^3/s, eller omtrent som 1995-flommen i vassdraget.



Figur 12

Frekvensanalyse av høstflommer for avløpsstasjonen 62,5 Bulken i Vosso. Stasjonen har en serie på over 100 år. En ser at 1995-flommen har et gjentaksintervall på ca. 100 år, og at den var den nest største som er registrert ved stasjonen. Analysen er utført med General Extreme Value (GEV)- fordelingen.

83.6 Byttevatn
Stasjonen ble opprettet i 1965, men årene 1972-76 mangler i datamateriale. Vannføringen som ble registrert i oktober 1995 (126 m^3/s) er den nest høyeste høstflom ved stasjonen. 27 oktober 1983 var vannføringen oppe i 138 m^3/s. Utfra foreliggende data hadde 1995-flommen et gjentaksintervall på 20-50 år.

Analysene av avløpsstasjoner i området viser at flommen som inntraff i Vik-området 26 og 27 oktober hadde gjentaksintervall på mellom 20 og 100 år. For en rekke av de "nyere" observasjonsseriene (< 30 år), var flommen i oktober 1995 den største registrerte høstflom ved målepunktet. Det er videre verdt å merke seg at også for de to lengste dataseriene Bulken og Viksvatn er oktober-flommen i 1995 blant de høyest registrerte. Ved disse stasjonene hadde flommen et gjentaksintervall på henholdsvis 100 og 50 år.

7,2 Vanntransporten i tunnelsystemet under flommen

Til å beregne vanntranporten i tunnelsystemet under flommen er det benyttet et hydraulisk program utviklet av Roald Njå, Statkraft Engineering as.

Som inngangsdata til modellen må en ha tunnel og sjakt-karakteristika (terskelnivåer, lengde, tverrsnitt, friksjon). Beregningene forutsetter at tunnelsystemet er dykket. Programmet beregner tunnelvannføringer og trykklinjer ved de aktuelle magasinnivå, tilløp og driftsvannføringer gjennom turbin. En kan og beregne maksimal overføringskapasitet og flomtap under flom.

For Vik-reguleringen er det gjort beregninger med følgende forutsetninger:

- driftsvannføring Målset kraftverk	12,5 m^3/s
- driftsvannføring Refsdal kraftverk	2 m^3/s
- driftsvannføring Hove kraftverk	0 m^3/s
- ventil Skjelingavatn, 10 % åpning	2 m^3/s
- ventil Kvilesteinsvatn, 40 % åpning	4 m^3/s

Bortsett fra Brevatna, er det forutsatt at det er inntakssjakter/ tunneltverrsnitt som er begrensende på overføringskapasiteten og ikke inntakskonstruksjoner/ rusk og rask på varegrinder e.l. Det er utført beregninger for tilsig tilsvarende 500, 1000 og 1500 l/s km^2. Nedenfor følger kommentarer til beregningene for de enkelte tunnelstrekningene.

Brevatna/ Vassdalsvatn til Feiosdalsvatn
Flomavledning fra Heimste Brevatn skjer dels via overløp som går inn på overføringstunnelen til Feiosdalsvatn og dels via overløp med avløp til Seljedalen.

Kapasiteten på overføringen fra Brevatna/ Feiosdalsvatn er 30 m^3/s forutsatt at alle luker står åpne. Det tilsvarer et tilsig på 2150 l/s km^2. I den aktuelle situasjonen var imidlertid bunninntaket i Brevatna stengt, og da vil overføringskapasiteten begrenses av inntakskonstruksjonen og ikke tunneltversnitt etc.

Overløpet som går inn på tunnelen er 8 meter bredt og ligger på kote 1148,8 (HRV). Dette overløpet kan utvides til 12 meter ved å fjerne et bjelkestengsel, det ble imidlertid ikke gjort under høstens flom. Overløpet med avløp til Seljedalen ligger på kote 1149,3. Dette er 62 meter bredt. For begge overløp regnes en C-faktor på 1,9. Dette fører til at ved et tilsig/ avløp på 500 l/s km^2, vil nesten alt vann overføres Feiosdalsvatn. Mens ved et tilsig tilsvarende 1500 l/s km^2 vil flomtap til Seljedalen og overføring til Feiosdalsvatn fra Brevatna være omtrent like store (jmf. tabell 5).

Tabell 5

Utfra tilsig i tre nivåer 500, 1000 og 1500 l/s km^2 viser tabellen tilsig i m^3/s for delfeltene på overføringen fra Brevatna/ Vassdalsvatn, hvor stor andel av dette som overføres, eventuelt som går i flomtap ved det enkelte inntak. Tunnelens kapasitet er 30 m^3/s.

Delfelt	**Tilsig**	**Over-ført**	**Flom-tap**	**Tilsig**	**Over-ført**	**Flom-tap**	**Tilsig**	**Over-ført**	**Flom-tap**
	500 l/s*km²			**1000 l/s*km²**			**1500 l/s*km²**		
	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s
9 Ytste, Midtre og 11 Heimste Brevatn	5,6	**5,5**	0,1	11,2	**7,1**	4,1	16,9	**8,4**	8,5
13 Vassdalsvatn	1,4	**1,4**	0,0	2,7	**2,7**	0,0	4,1	**4,1**	0,0
Overført Feiosdalsvatn		**6,9**			**9,8**			**12,5**	

Breelvi, Styggedalsbekken til Feiosdalsvatn.
Denne overføringen har en svært god kapasitet, 36 m^3/s. Det tilsvarer et tilsig på ca. 4400 l/s km^2. Det er derfor sannsynlig at alt tilsig fra disse delfeltene ble overført Feisodalsvatn under flommen.

Tabell 6

Utfra tilsig i tre nivåer 500, 1000 og 1500 l/s km² viser tabellen tilsig i m³/s for delfeltene på overføringen fra Breelvi/ Styggedalsbekken, hvor stor andel av dette som overføres, eventuelt som går i flomtap ved det enkelte inntak. Tunnelens kapasitet er ca. 36 m³/s.

Delfelt	Tilsig	Over-ført	Flom-tap	Tilsig	Over-ført	Flom-tap	Tilsig	Over-ført	Flom-tap
	500 l/s*km²			1000 l/s*km²			1500 l/s*km²		
	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s
18 Breelvi	2,9	2,9	0,0	5,9	5,9	0,0	8,8	8,8	0,0
20 Styggedalsbekken	1,2	1,2	0,0	2,4	2,4	0,0	3,5	3,5	0,0
Overført Feiosdalsvatn		**4,1**			**8,2**			**12,3**	

Feiosdalsvatn til Muravatn

Under flommen høsten 1995 var luka fra Feiosdalsvatn stengt. Som for Heimste Brevatn skjer flomavledning dels via et flomløp (30 meter bredt, kote 1073) som drenerer til overføringssystemet (tunnelen til Muravatn) og dels via et overløp (ca. 50 meter bredt, kote 1073,5) med avløp til det naturlige bekkefaret (Jorddalen). Her er det imidlertid tunnelen og ikke inntakskonstruksjonen som er begrensende for overføringskapasiteten. For eksempel er kapasiteten til flomoverløpet ved vannstand 1073,5 i Feiosdalsvatn 20 m³/s, mens tunnelens kapasitet er ca. 10 m³/s (jmf. "overført" fra Feiosdalsvatn i tabell 7).

Tunnelens totale overføringskapasitet øker noe med økende tilsig på grunn av et stadig økende trykknivå i bekkeinntakene. Imidlertid vil andelen vann fra Feiosdalsvatn bli stadig mindre. Ved et tilsig på 500 l/s km², vil en få overført 15 m³/s til Muravatn. Av dette vil ca 11 m³/s komme fra Feiosdalsvatn og 4 m³/s fra bekkeinntakene. Hvis tilsiget tre-dobles vil en få 17 m³/s til Muravatn, men kun 6,5 m³/s fra Feiosdalsvatn og nesten 11 m³/s fra bekkeinntakene.

Tabell 7

Utfra tilsig i tre nivåer 500, 1000 og 1500 l/s km² viser tabellen tilsig i m³/s for delfeltene på overføringen fra Feiosdalsvatn til Muravatn, hvor stor andel av dette som overføres, eventuelt som går i flomtap ved det enkelte inntak. For Feiosdalsvatn inkluderer beregnet tilsig overførte vannmengder fra Brevatna og Breelvi/ Styggedalsbekken.

Delfelt	Tilsig	Over-ført	Flom-tap	Tilsig	Over-ført	Flom-tap	Tilsig	Over-ført	Flom-tap
	500 l/s*km²			1000 l/s*km²			1500 l/s*km²		
	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s
19 Feiosdalsvatn	12,2	11,0	1,2	24,4	9,0	15,4	36,5	6,5	30,0
21 Steinbotnelvi mm	2,0	2,0	0,0	4,1	4,1	0,0	6,1	6,1	0,0
24 Vikjadalen,hull 4	0,1	0,1	0,0	0,2	0,2	0,0	0,4	0,4	0,0
25 Vikjadalen,hull 5	0,2	0,2	0,0	0,3	0,3	0,0	0,5	0,5	0,0
32 Kambabekken	0,4	0,4	0,0	0,7	0,7	0,0	1,1	1,1	0,0
39 Leirbotnvatn	0,8	0,8	0,0	1,7	1,7	0,0	2,5	2,5	0,0
Overført Muravatn		14,5			16,0			17,0	

Muravatn-Årebotnvatn til Målset kraftverk/ Målsetvatn
Under flommen ble driftsvannføringen for Målset kraftverk (12,5 m^3/s) tappet fra Muravatn. Luka ved inntak til Årebotnvatn var stengt. Fra Muravatn var det betydelig overløp under flommen, mens i Årebotnvatn nådde vannstanden ikke HRV før i bakkant av flomepisoden.

Med åpen luke til Årebotnvatn og drift av Målset kraftverk, er det teoretisk mulig å overføre ca. 22 m^3/s fra Muravatn til Årebotnvatn. Ved stans av Målset kraftverk, kan det teoretisk overføres ca. 32 m^3/s. Men det er usikkert om tunnelsystemet tåler en slik manøvrering. Store vannhastigheter og høyt trykk kan føre til ras i tunnelen eller at luka til Årebotnvatn blir skadet (Roar Lund).

Kvilesteinsvatn - Skjelingavatn - inntak Dalselv til Målsetvatn
Kapasiteten på denne tunnelen er ca. 14 m^3/s. Allerede ved et tilsig på 280 l/s km^2 er kapasiteten nådd. Kapasiteten øker ikke nevneverdig med økende tilsig. Ved et tilsig på 1500 l/s km^2 vil nesten alt vann renne over det øvre og nedre inntaket, også på de mellomliggende inntak vil en få noe flomtap. Totalt vil en ved et slikt tilsig ha drøyt 80 % flomtap på denne del av overføringssystemet.

At ventilene på Skjelingavatn og Kvilesteinsvatn har stått delvis åpne (10 % og 40 %) har medført en viss "forhåndstapping" av disse magasinene. Ventilstillingene betyr ingenting for beregning av kapasiteten til den aktuell tunnel.

Tabell 8

Utfra tilsig i tre nivåer 500, 1000 og 1500 l/s km^2 viser tabellen tilsig i m^3/s for delfeltene på overføringen fra Kvilesteinsvatn m.fl. til Målsetvatn, hvor stor andel av dette som overføres, eventuelt som går i flomtap ved det enkelte inntak. Tunnelens kapasitet er ca. 14 m^3/s.

Delfelt	Tilsig	Over-ført	Flom-tap	Tilsig	Over-ført	Flom-tap	Tilsig	Over-ført	Flom-tap
	500 l/s*km²			1000 l/s*km²			1500 l/s*km²		
	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s
40 Kvilesteinsvatn + Navrabekken	12,1	6,2	5,9	24,2	2,2	22,0	36,3	1,3	35,0
26 Kjosgrovi1+ kanal	0,4	0,4	0,0	0,9	0,9	0,0	1,4	1,4	0,0
27 Kjosgrovi 2	0,5	0,5	0,0	1,0	1,0	0,0	1,6	1,4	0,2
29 Nonhaugen	2,0	2,0	0,0	4,1	4,1	0,0	6,1	5,0	1,1
31 Siskargrovi+kanal	0,7	0,7	0,0	1,3	1,3	0,0	2,0	2,0	0,0
33 Bjergaden	1,3	1,3	0,0	2,6	2,6	0,0	3,9	1,6	2,3
38 Skjellingavatn + Ygnesdalen	7,5	2,8	4,7	15,0	2,1	12,9	22,4	1,6	20,8
Overført Målsetvatn		14,0			14,2			14,3	

Tora m.fl. til Målsetvatn
Kapasiteten på denne tunnelen øker noe med økende tilsig på grunn av økt trykknivå i de forskjellige bekkeinntakene. Med et tilsig på 1000 l/s km² overføres ca. 10 m³/s og med et tilsig på 1500 l/s km² ca. 11 m³/s. Det er kun ved inntaket i Tora at en får flomtap ved slike tilsig.

Tabell 9

Utfra tilsig i tre nivåer 500, 1000 og 1500 l/s km² viser tabellen tilsig i m³/s for delfeltene på overføringen fra Tora m.fl. til Målsetvatn, hvor stor andel av dette som overføres, eventuelt som går i flomtap ved det enkelte inntak.

Delfelt	Tilsig	Over-ført	Flom-tap	Tilsig	Over-ført	Flom-tap	Tilsig	Over-ført	Flom-tap
	500 l/s*km²			1000 l/s*km²			1500 l/s*km²		
	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s
4 Tora+Tverrelvi	3,3	3,3	0,0	6,7	6,4	0,3	10,0	5,9	4,1
12 Rivedalselvi	0,9	0,9	0,0	1,8	1,8	0,0	2,7	2,7	0,0
15 Pyttane 1	0,7	0,7	0,0	1,4	1,4	0,0	2,0	2,0	0,0
16 Pyttane 2	0,1	0,1	0,0	0,3	0,3	0,0	0,4	0,4	0,0
37 navnlaust inntak	0,01	0,0	0,0	0,03	0,0	0,0	0,04	0,0	0,0
Overført Målsetvatn		5,0			9,9			11,1	

Målsetvatn til Refsdal kraftverk/ inntak Hove
Under flommen ble driftsvannføringen i Refsdal kraftverk redusert til ca 1,5 m³/s. Maksimal kapasitet ved full drift av Refsdal kraftverk er 20 m³/s.

Seljedalen m.fl. til inntak Hove
Kapasiteten på denne overføringen øker med økende tilsig. Ved et tilsig på 500 l/s km² overføres ca. 16 m³/s til inntak Hove, mens ved et tilsig på 1500 l/s km² overføres ca. 20 m³/s. Inntakene i Seljedalen og Turvoll har imidlertid mindre kapasitet enn de øvrige, slik at her har en flomtap allerede ved tilsig på 500 l/s km². Ved et slikt tilsig vil en begynne å få flomtap fra Brevatna til Seljedalen (se tabell 5).

Det er verdt å legge merke til at inntaket i Seljedalen ligger 13 og 17 meter lavere enn inntakene i Hugla og Turvoll. Det medfører at ved store tilsig vil vann presses fra Hugla/ Turvoll til Seljedalen. Ved et tilsig på 1500 l/s km² vil 7 m³/s presses opp av inntaket, slik at vannføringen nedenfor inntaket blir 30 m³/s, mens den oppstrøms er 23 m³/s.

Tabell 10

Utfra tilsig i tre nivåer 500, 1000 og 1500 l/s km² viser tabellen tilsig i m³/s for delfeltene på overføringen fra Tura/ Seljedalen m.fl. til inntak Hove, hvor stor andel av dette som overføres, eventuelt som går i flomtap ved det enkelte inntak. Tallene for Seljedalselvi inkluderer flomtap fra Brevatna.

Delfelt	Tilsig 500 l/s*km²	Over-ført	Flom-tap	Tilsig 1000 l/s*km²	Over-ført	Flom-tap	Tilsig 1500 l/s*km²	Over-ført	Flom-tap
	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s
2 Tura	3,3	1,5	1,8	6,6	1,4	5,2	9,9	1,2	8,7
6 Seljdalselvi	5,1	4,6	0,5	14,0	-2,7	16,7	23,4	-7,1	30,4
7 Hugla	6,1	6,1	0,0	12,2	12,2	0,0	18,3	17,9	0,4
10 Gravbotnelva	3,7	3,7	0,0	7,3	7,3	0,0	11,0	8,5	2,5
Overført inntak Hove		15,9			15,5			13,4	

Hopra til inntak Hove

Fordi Hove kraftstasjon ble stanset under flommen vil vann fra inntaket i Hopra overføres til inntaksmagasinet for kraftverket. Ved et tilsig på 500 m³/s vil ca 5 m³/s overføres og 3 m³/s gå i flomtap. Med et tilsig på 1500 l/s km² øker overføringskapasiteten til 6 m³/s, mens flomtapet øker til ca. 18 m³/s.

Ved full drift av Hove kraftstasjon (20 m³/s) vil inntil 7,5 m³/s kunne slukes av inntaket til Hopra. En får da flomtap her for tilsig større enn 460 l/s km².

Tabell 11

Utfra tilsig i tre nivåer 500, 1000 og 1500 l/s km² viser tabellen tilsig i m³/s for Hopra, hvor stor andel av dette som overføres til inntak Hove, eventuelt som går i flomtap ved det enkelte inntak.

Delfelt	Tilsig 500 l/s*km²	Over-ført	Flom-tap	Tilsig 1000 l/s*km²	Over-ført	Flom-tap	Tilsig 1500 l/s*km²	Over-ført	Flom-tap
	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s
3 Hopra	8,2	5,3	2,9	16,3	5,8	10,5	24,5	6,1	18,4
Overført inntak Hove		5,3			5,8			6,1	

7.3 Uregulert flom

Flomforløpet for uregulerte forhold er beregnet for 16 punkter, det 17. punktet (punkt 13) er i overføringssystemet og det er derfor ikke mulig å beregne uregulert vannføring i dette punktet.

Til hvert av vannene er det beregnet en tilløpsflom. Tilløpsflommen er så rutet gjennom vannet og avløpsflom beregnet. Til dette er programmet PQRUT benyttet, sammen med naturlige avløpskurver for vannene og med uregulert sjøareal.

Tilløpsflommer til hver enkelt punkt er så satt sammen av avløpsflommer fra ovenforliggende sjø samt tilløpsflommer fra lokalfelt. Nedover i vassdragene er så nye punkter beregnet som ovenforliggende avløpsflom med et tillegg fra lokalfeltet.

En beskrivelse av beregningen av tilløpsflom i hvert enkelt punkt er gitt i tabell 12.

Tabell 12. Beskrivelse av beregning av uregulert flomforløp ved hvert av de 17 punktene.

Punkt	Beskrivelse	Areal lokalfelt
1	Avløpsflom punkt 2 + avløpsflom punkt 16 + lokalfelt	37.2
2	Avløpsflom punkt 3 + avløpsflom punkt 15 + lokalfelt	16.6
3	Avløpsflom punkt 4 + lokalfelt	11.4
4	Avløpsflom punkt 12 + lokalfelt	10.9
5	Avløpsflom punkt 6 og 9 + lokalfelt	20.9
6	Avløpsflom punkt 7 + lokalfelt	12.2
7	Avløpsflom punkt 8 og 10 samt lokalfelt	10.3
8	Avløpsflom punkt 11 + lokalfelt (rutet gjennom Målsetvatn)	17.5
9	Tilløpsflom lokalfelt rutet gjennom Kvilsteinsvatn	22.9
10	Tilløpsflom lokalfelt rutet gjennom Skjelingavatn	13.7
11	Tilløpsflom lokalfelt rutet gjennom Årebotnvatn	8.3
12	Tilløpsflom lokalfelt rutet gjennom Muravatn	25.9
13	Bare regulert	-
14	Tilløpsflom lokalfelt rutet gjennom Feiosdalsvatn	2.2
15	Tilløpsflom lokalfelt rutet gjennom Vassdalsvatn	2.7
16	Tilløpsflom lokalfelt rutet gjennom Heimste Brevatn	11.2
17	Tilløpsflom rutet gjennom Feiosvatn + lokaltilsig	33.7

7.4 Regulert flom

I tabell 13 er reguleringsforholdene under flommen gjengitt.

Tabell 13 Tappeforhold i ulike magasin under flommen 26-29.10.95. Opplysningene er fra Lund (1995).

Magasin	Lukestilling	Vannføring
Kvilsteinsvann	40 % åpning	4 m^3/s
Skjelingavatn	10 % åpning	2 m^3/s
Feiosdalsvann -> Muravann	-	Avhengig av bekkeinntak
Hopra luke	-	4 m^3/s

Avløpsflommer fra magasinene er beregnet som summen av tapping og overløp.

Tilløpsflommer til hvert punkt er beregnet som avløpsflommer fra overforliggende punkter pluss lokale tilløpsflommer minus vann som går inn i overføringene. Hvor mye vann som går inn i overføringene i hvert bekkeinntak er beregnet av Statkraft Engineering as. Dette er beskrevet i kapittel 7.2.

I tabell 14 er beregningsopplegget for tilløpsflom i hvert enkelt punkt gitt.

Tabell 14. Beskrivelse av beregning av regulert flomforløp ved hvert av de 17 punktene.

Punkt	Beskrivelse
1	Avløpsflom punkt 2 og 16 + lokalfelt -overføring til inntak Hove(<-Seljedalen) +drift
2	Avløpsflom punkt 3 og 15 + lokalfelt - overføring til inntak Hove (<-Seljedalen)
3	Avløpsflom punkt 4 + lokalfelt - overføring til inntak Hove (<-Seljedalen)
4	Avløpsflom inntak Hove
5	Avløpsflom punkt 6 og 9 + lokalfelt - overføring til Målset (<-Kvilstein)
6	Avløpsflom punkt 7 + lokalfelt - overføring til Målset (<- Kvilstein)
7	Avløpsflom punkt 8 og 10 + lokalfelt - overføring til Målset (<-Kvilstein)
8	Overløp og tapping fra Målsetvatn
9	Overløp og tapping i Kvilsteinvatn
10	Overløp og tapping i Skjelingavatn
11	Overløp Årebotnvatn
12	Overløp og tapping i Muravatn
13	Overføring fra bekkeinntak
14	Overløp og tapping av Feiosdalsvatn
15	Overløp Vassdalsvatn
16	Overløp Heimste Brevatn
17	Avløpsflom Feiosdalsvatn + lokaltilsig - overføringer

8 Diskusjon

I reguleringsområdet er det svært varierende hvilken effekt reguleringene har hatt på flomforløpet. I enkelte deler av vassdraget er flommen helt eller delvis fjernet ved at vann er overført til andre deler av reguleringsområdet eller er ført ut av reguleringsområdet. I andre deler av reguleringsområdet er flommen forøket ved tilføring fra andre vassdrag.

I det etterfølgende blir hvert enkelt punkt diskutert separat. Enkelte vesentlige punkter er vist som figurer i teksten, for andre punkter er figurene gjengitt i et eget vedlegg for å øke lesligheten.

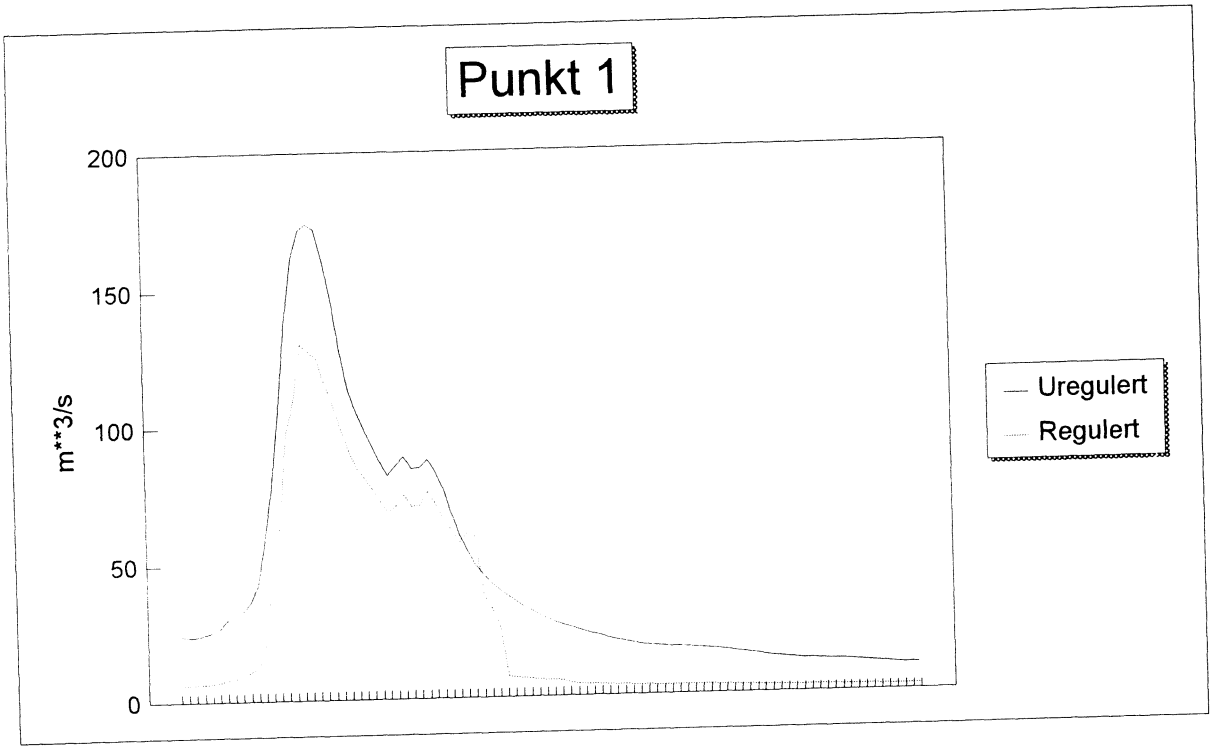
Punktene 1 til 4 er langs Vikkja fra fjorden og opp til inntak Hove kraftverk. På denne strekningen er

flommens kulminasjonsverdi redusert mens varigheten på store vannføringer har økt.

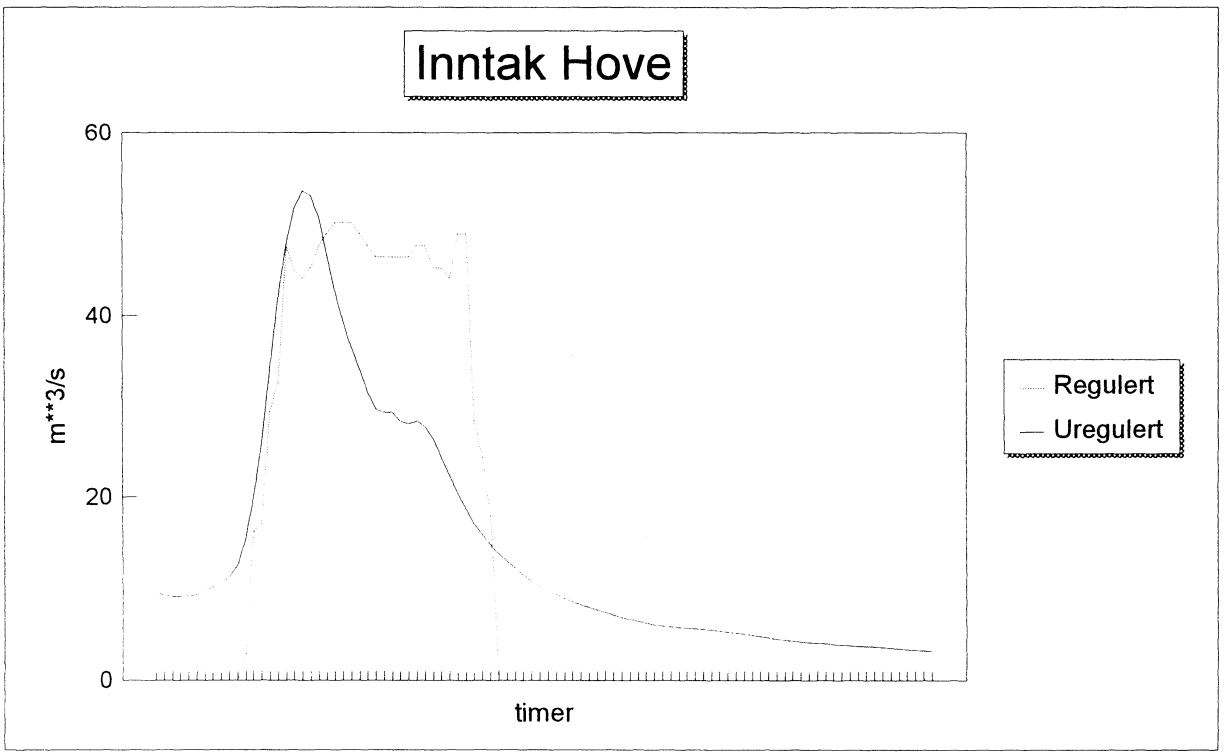
1. I punkt 1, i Vik sentrum før utløpet av Vikkja i fjorden, er flommen redusert i forhold til naturlig tilstand. Maksimalverdien som er beregnet er på 132 m^3/s (figur 13), noe som stemmer godt overens med det grove anslaget som er gjort etter flommen ved Hove bru. Der kom man frem til at maksimalvannføringen grovt kunne anslås til 100 - 150 m^3/s ut fra oppmålinger av tverrsnitt og antagelse om vannhastigheter (Lund, 1995).
2. Ved dette punktet er flomtoppen redusert i regulert tilstand, mens varigheten på vannføringer over 40 m^3/s har økt.
3. Ved dette punktet er flomtoppen redusert i regulert tilstand, mens varigheten på vannføringer over 40 m^3/s har økt.
4. Flomforløpet ved Refsdal, nedenfor inntaket til Hove er vist i figur 14. Som det fremgår av figuren er ikke flomtoppen økt vesentlig, men varigheten av flommen og flomvolumet har økt som et resultat av overføringer.

Punktene 5 til 8 er i Dalselv fra fjorden og opp til Målsetvatn. I denne delen av reguleringsområdet er kulminasjonsverdiene økt som et resultat av overføringer fra andre deler av reguleringsområdet.

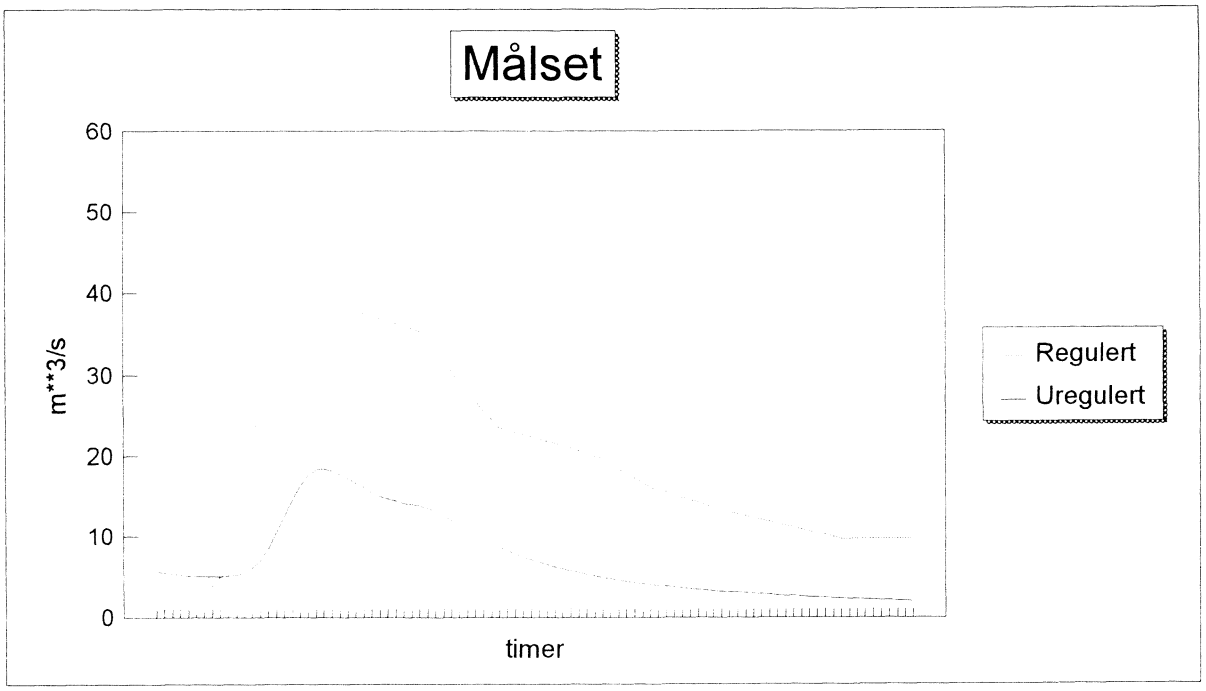
5. Kulminasjonsvannføringen har økt i forhold til uregulerte forhold.
6. Kulminasjonsvannføringen har økt i forhold til uregulerte forhold.
7. Kulminasjonsvannføringen har økt i forhold til uregulerte forhold.
8. Nedstrøms dammen i Målset har flommen økt (figur 15). Kulminasjonsverdien av flommen har økt og flomvolumet har økt som et resultat av overføringer.
9. Nedstrøms dammen i Kvilsteinsvann har flommen blitt redusert(figur 16). Dette skyldes trolig endringer i overløpet i forhold til naturlig tilstand samt endret magasinering.
10. Nedstrøms Skjelingavatn har også flommen blitt redusert. Dette skyldes trolig endringer i overløpet i forhold til naturlig tilstand samt endret magasinering.
11. Årebotnvatn var ikke fyllt opp ved starten av flommen. Dette magasinet nådde knapt opp til HRV gjennom flommen og flommen ble derfor sterkt dempet i dette magasinet (figur 17)
12. På tross av økende vannføring til Muravatn pga overføringer, er flommen dempet og forsinket i Muravatn i forhold til naturlig avløp (figur 18). Dette skyldes overføringer av vann til Målset samt endret magasinkapasitet.
13. Punkt i reguleringssystemet. Bare beregnet under regulerte forhold.
14. Flommen i Feiosdalsvatn ble sterkt økt på grunn av overføringer fra Brevatna og Vassdalsvatn (figur 19). Lenger nede i vassdraget har overføringene gjort at endringene i forhold til naturlig tilstand er minimale (se punkt 17).
15. Fra Vassdalsvatn er overføringskapasiteten til Feios så god at det ikke er regnet med at det gikk noe vann i overløp fra Vassdalsvatn (se kap. 7.1).
16. Fra Brevatna går alt overløp til Feios inntil kote 1149.3 nåes, da går det også overløp til Seljedalen.
17. Flomforløpet er nær identisk før og etter regulering(figur 20). Det vannet som tilføres Feiosdalsvann blir i like stor grad fraført området når vi betrakter et større felt, som felt 17 i forhold til punkt 14.



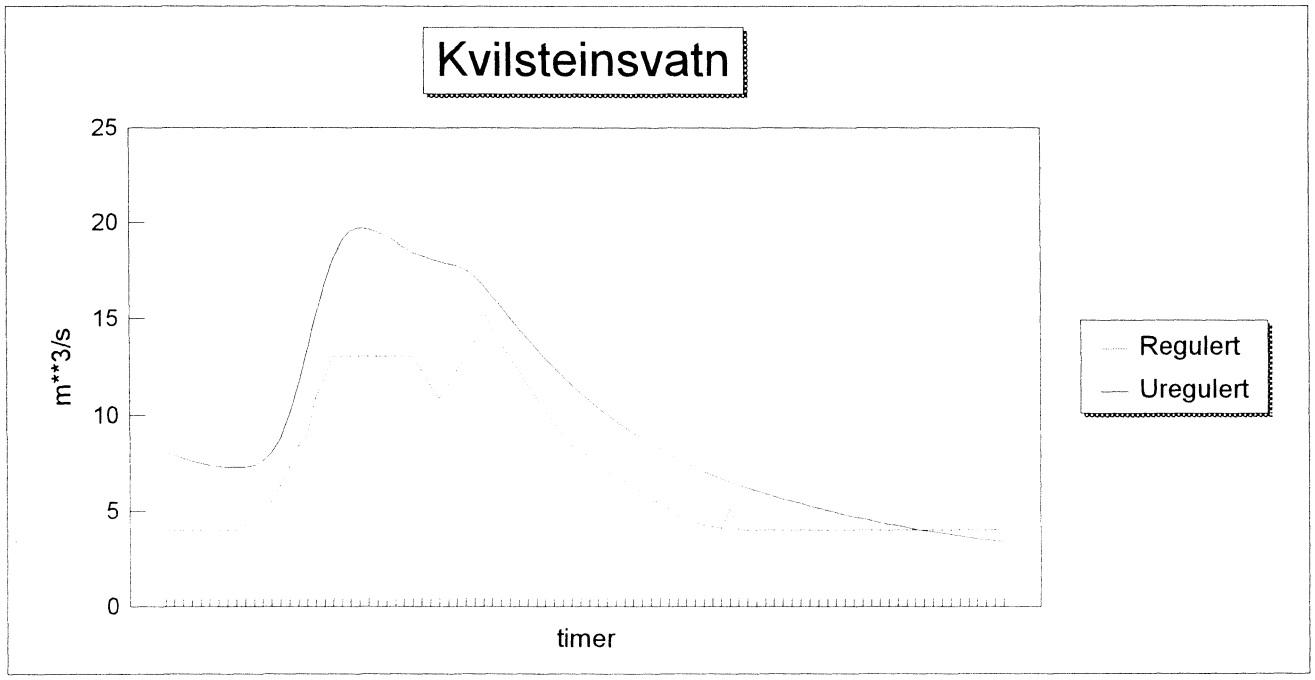
Figur 13. Flomforløpet ved punkt 1, Vik sentrum.



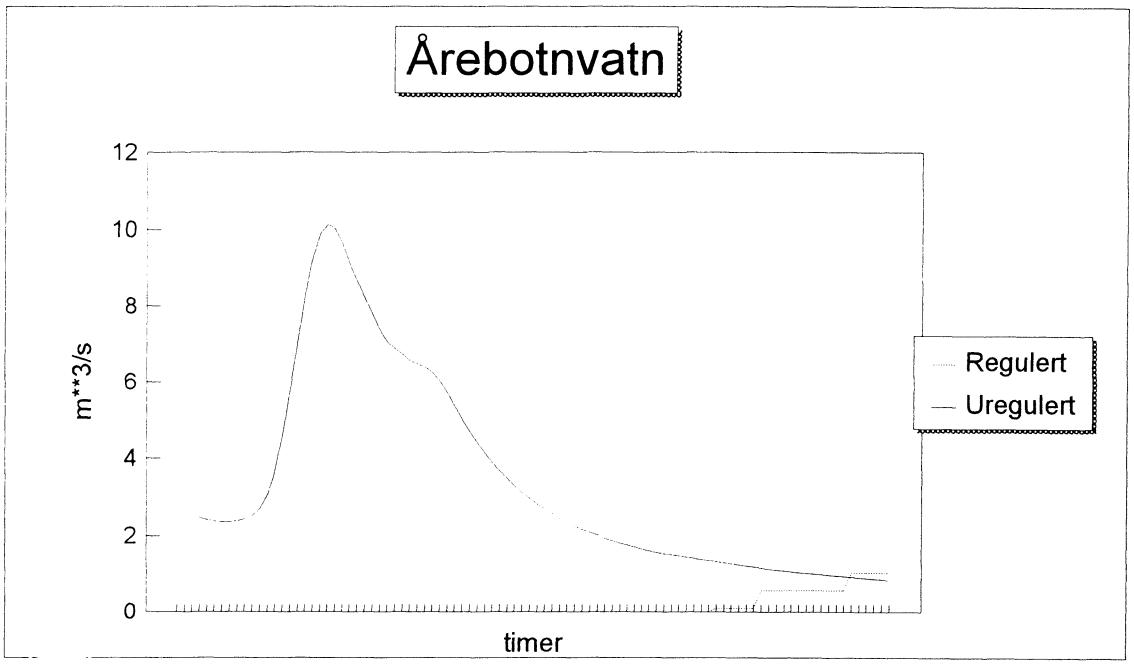
Figur 14. Flomforløpet ved punkt 4, nedstrøms Inntak Hove kraftverk



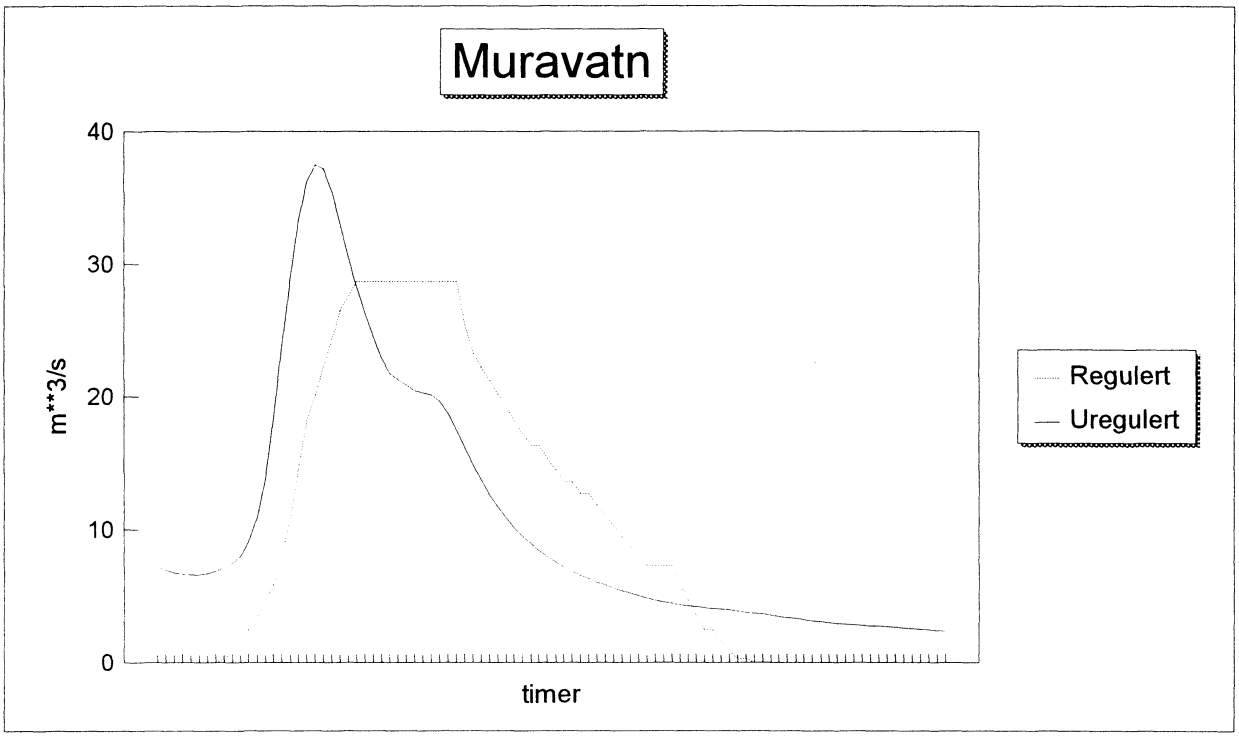
Figur 15. Flomforløpet ved punkt 8, nedstøms Målsetvatn.



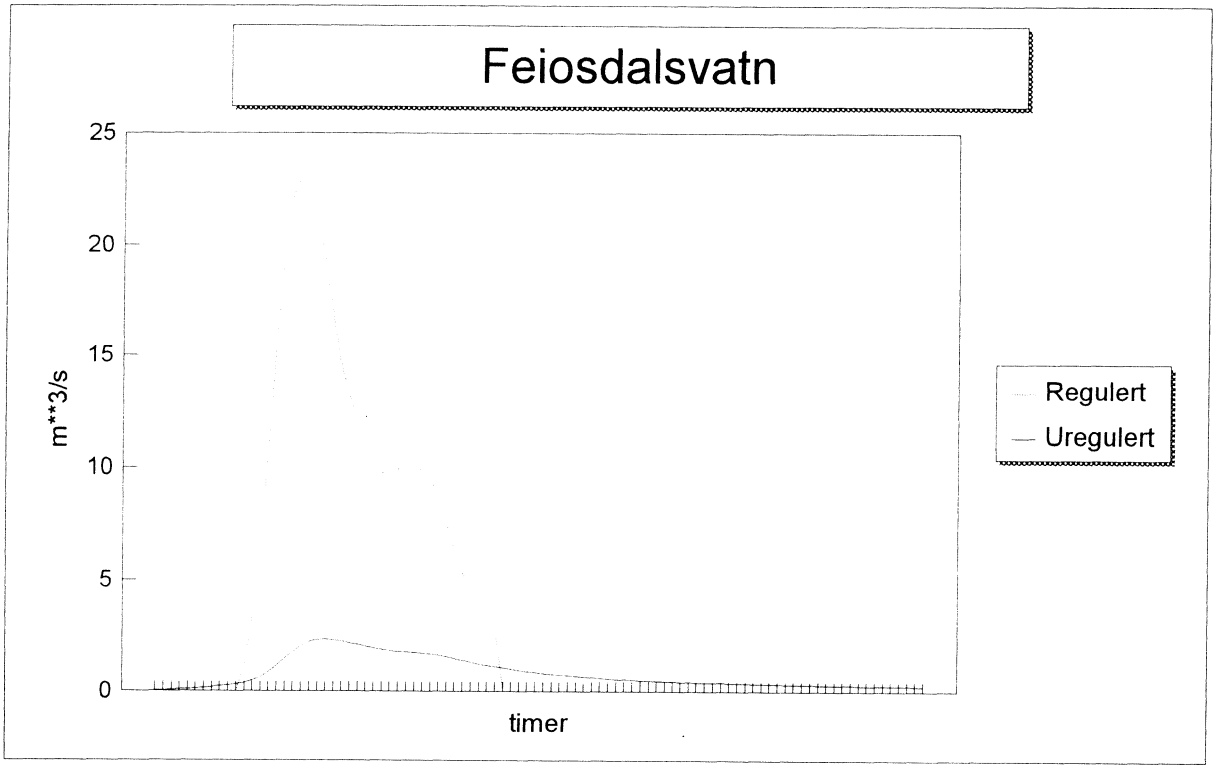
Figur 16. Flomforløpet ved punkt 9, nedstrøms Kvilsteinsvatn.



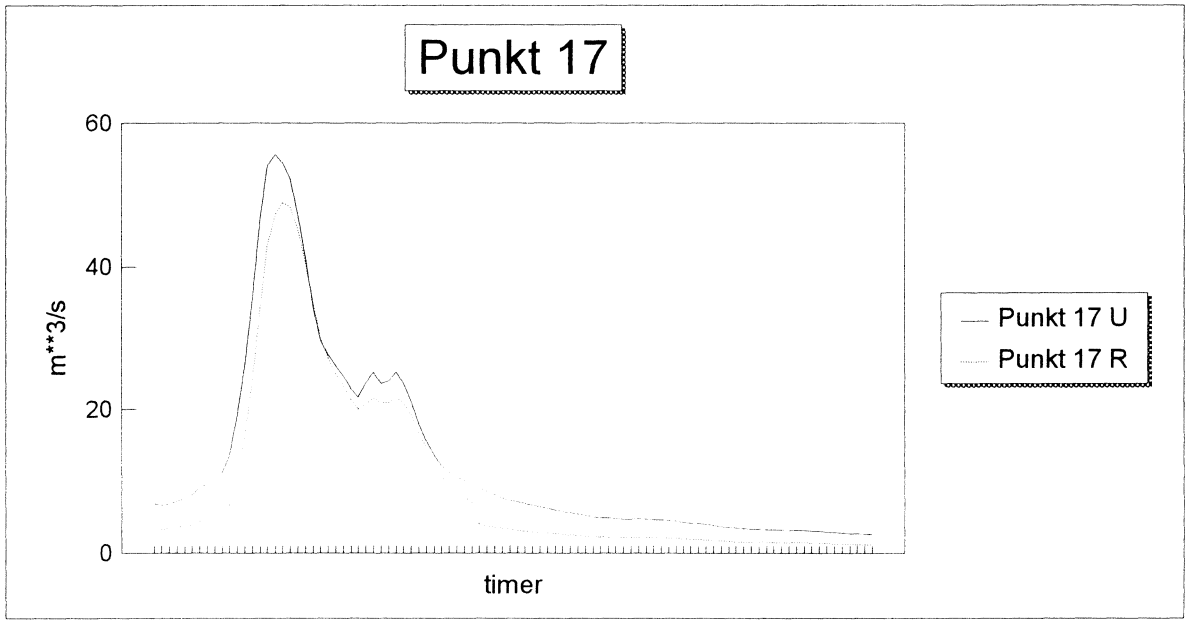
Figur 17. Flomforløpet ved punkt 11, nedstrøms Årebotnvatn.



Figur 18. Flomforløpet ved punkt 12, nedstrøms Muravatn.

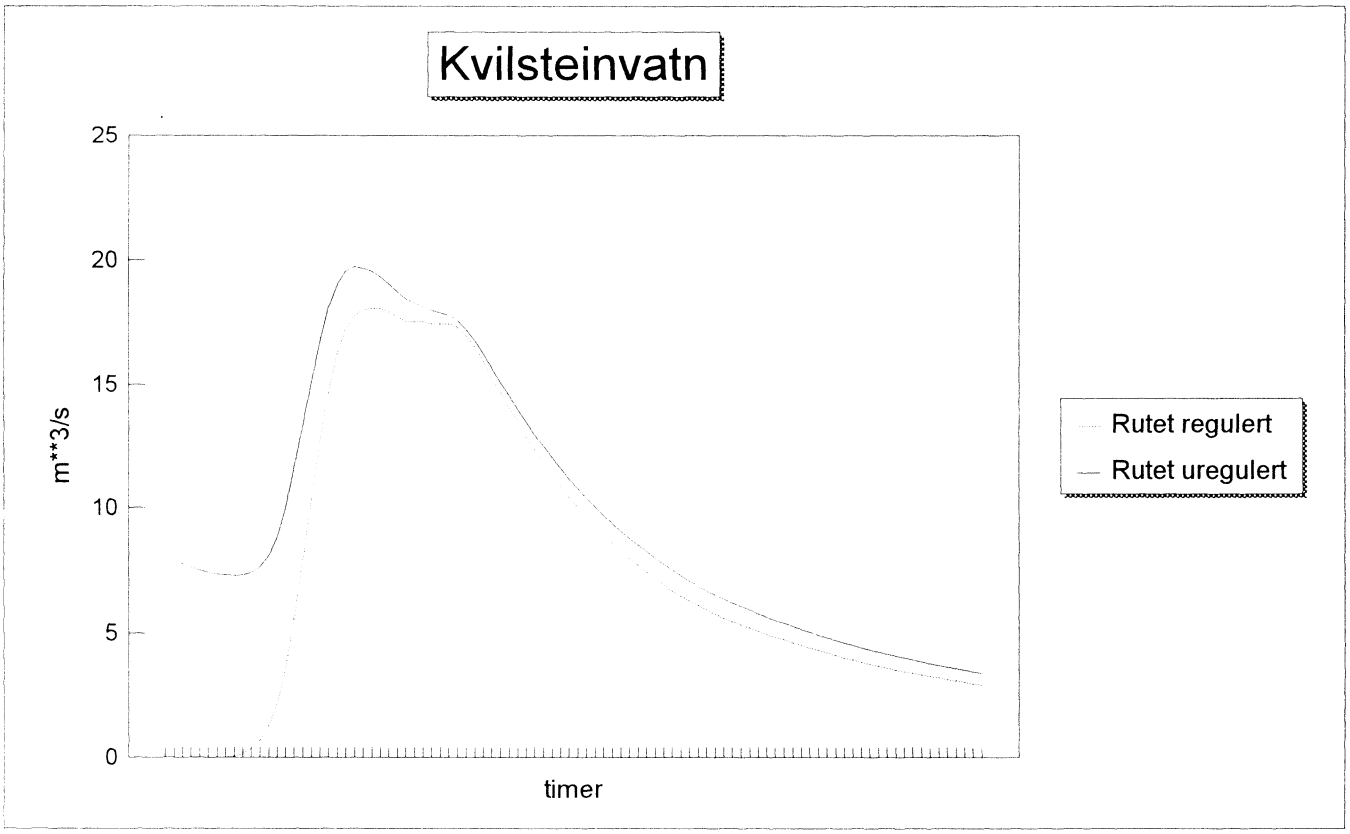


Figur 19. Flomforløpet ved punkt 14, nedstrøms Feiosdalsvatn.

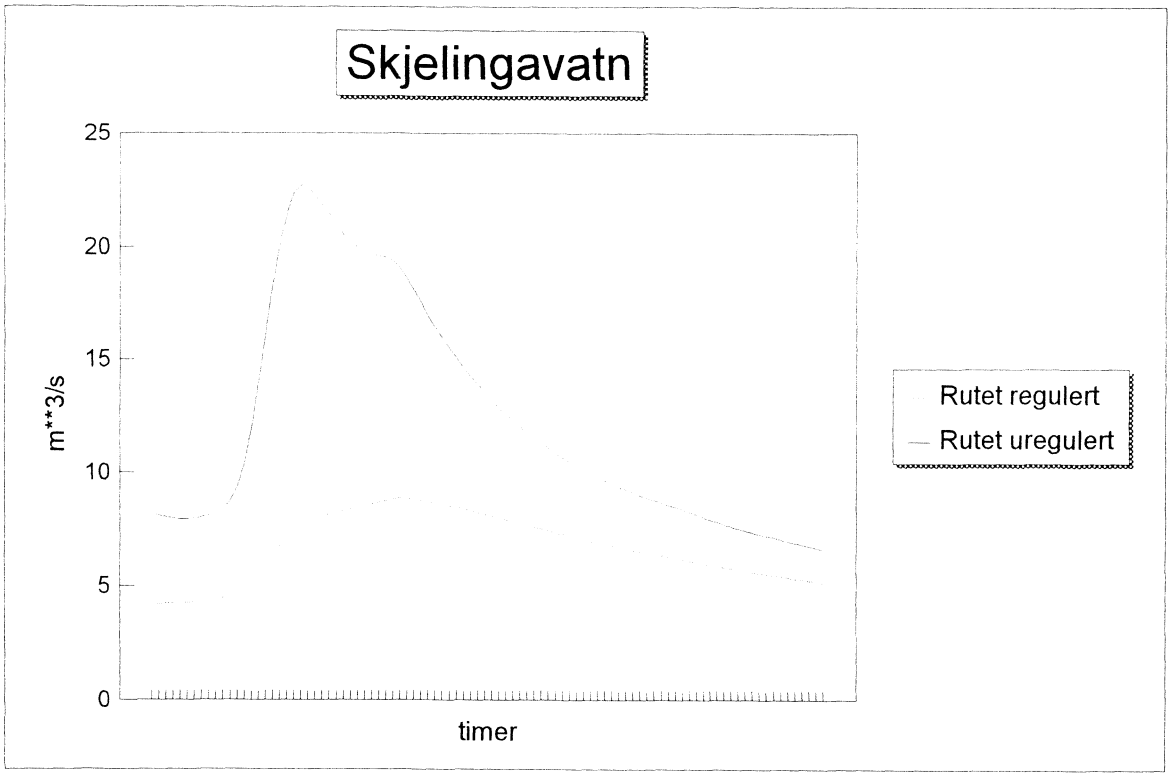


Figur 20. Flomforløpet ved punkt 17, i Joradalen.

Vi har i dette arbeidet benyttet mest mulig av de observerte dataene. Dette gjør at man sammenlikner en avløpsflom fra enkelte magasiner beregnet som summen av overløp og tapping, med en modellflom som rutes gjennom et naturlig magasin. For å se effekten av magasinene direkte ville det vært ønskelig å benytte samme flom gjennom ethvert magasin og tilsvarende uregulerte sjø. Da ville man imidlertid ikke kunnet utnytte de observasjoner som er gjort i feltet. For å sikre at ikke forskjellen i flommen er det som avgjør, har vi rutet samme flom gjennom noen av magasinene og gjennom tilsvarende uregulerte sjø. I figur 21 og figur 22 er resultatene fra to av disse beregningene vist. Som vi ser av figuren er den regulerte flommen redusert i begge tilfellene. Dette stemmer godt overens med bergningene gjort i de samme magasinene, men da ved bruk av direkte beregnet avløpsflom i regulert tilstand. Vi konkluderer derfor med at forskjellen i regulerte flommer, enten som beregnet fra magasindata eller rutet gjennom magasinet er uvesentlig for konklusjonene.



Figur 21. Samme flom rutet gjennom Kvilsteivatn ved regulert og uregulert tilstand.



Figur 22. Samme flom rutet gjennom Skjelingavatn ved regulert og uregulert tilstand.

9 Konklusjon

De skader som ble forvoldt i Vik skyldtes en stor flom som i hovedsak hadde sitt opphav i ekstremt store nedbørsmengder på et tidspunkt da alle naturlige magasin; markvann- og grunnvannsmagasin, var fulle. Den naturlige magasineringsevnen var minimal.

Ved beregninger av denne typen er det mange beeslutninger som må tas og avveininger som må gjøres, samt at det er usikkerheter i datamaterialet. Dette gjør at man vanskelig kan trekke absolutte konklusjoner om feks prosentvis økning eller reduksjon i flommen. Men man kan konkludere med at i Dalselv er flommen blitt forverret pga overføringer av vann mens den i Vikja er redusert mht kulminasjonsverdi.

Litteratur

Andersen, J.H., Hjukse, T., Roald, L. & Sælthun, N. R., 1983. Hydrologisk modell for flomberegninger. NVE rapport 2-83.

Berdal Strømme, 1992. Flomberegning Vik kraftverk. Rapport.

Lund, R., 1995. Flaumen i Vik veke 43/95. Notat Statkraft SF.

Lysne, D.K., 1983. Vurdering av flomforholdene ved Muravatn og Refsdal inntak Hove i elva Vikja. Foreløpig rapport.

NVE, 1979. Flomanalyse for Vikja. Internnotat NVE.

NVE, 1983. Flomberegning Vikfalli. Internnotat NVE.

NVE, 1989. Flomberegning Vikja-vassdraget. Internnotat NVE.

Statkraft Engineering as, 1994. Flombergninger for Yste og Midtre Brevatn, Heimste Brevatn og Feiosdalsvatn. Rapport. Saknr 94/102.

Vedlegg 1. Magasintabeller. [Vannstand / Magasinvolum]

Uregulerte

Skjelingavatn : 958/0 961/1.5

Muravatn : 1025/0 1026/0.65

Målsetvatn : 844/0 864/1.2

Kvilsteinsvatn: 895.5/0 898/3

Heimste Brevatn : 1144.9/0 1145.9/0.21

Årebotnvatn : 991/0 993/0.8

Feiosdalsvatn : 1070.9/0 1071.9/0.24

Regulert

Skjelingavatn : 968/7.95 969/9.1 970/10.3

Målsetvatn : 858/15.5 862.9/20.41 864/21.56

Kvilsteinsvatn : 918/53.85 920/60.80 922/68.15

Feiosdalsvatn : 1073.5/0 1074.5/0.24

Årebotnvatn : 994/3.40 996/4.50

Muravatn : 1056/65.8 1060/78.8 1063/89.5

Inntak Hove : 339/0.22 341/0.42

Heimste Brevatn : 1148.8/0 1149.8/0.21

Vedlegg 2. Overløpskurver

Målsetvatn : Q = 183.1704 * (H - 862.90) ** 1.5988

Skjelingavatn : Q = 17.48 * (H - 969) ** 1.5

Kvilsteinvatn : Q = 122.2602 * (H - 920) ** 1.5676

Heimste Brevatn : Q = 1.9 * 62 * (H - 1149.3) ** 1.5 + 1.9*8 (H-1148.8)**1.5

Feiosdalsvatn : Q = 95 * (H - 1073.5) ** 1.5

Vedlegg 3. Naturlige avløpskurver

Målsetvatn : Q = 11.1224 * (H - 884) ** 1.8076

Skjelingavatn : Q = 13.1143 * (H - 958) ** 1.6971

Kvilsteinvatn : Q = 12.4734 (H - 895.5)** 1.8529

Årebotnvatn Q = 17.6040 * (H - 991) ** 1.9722

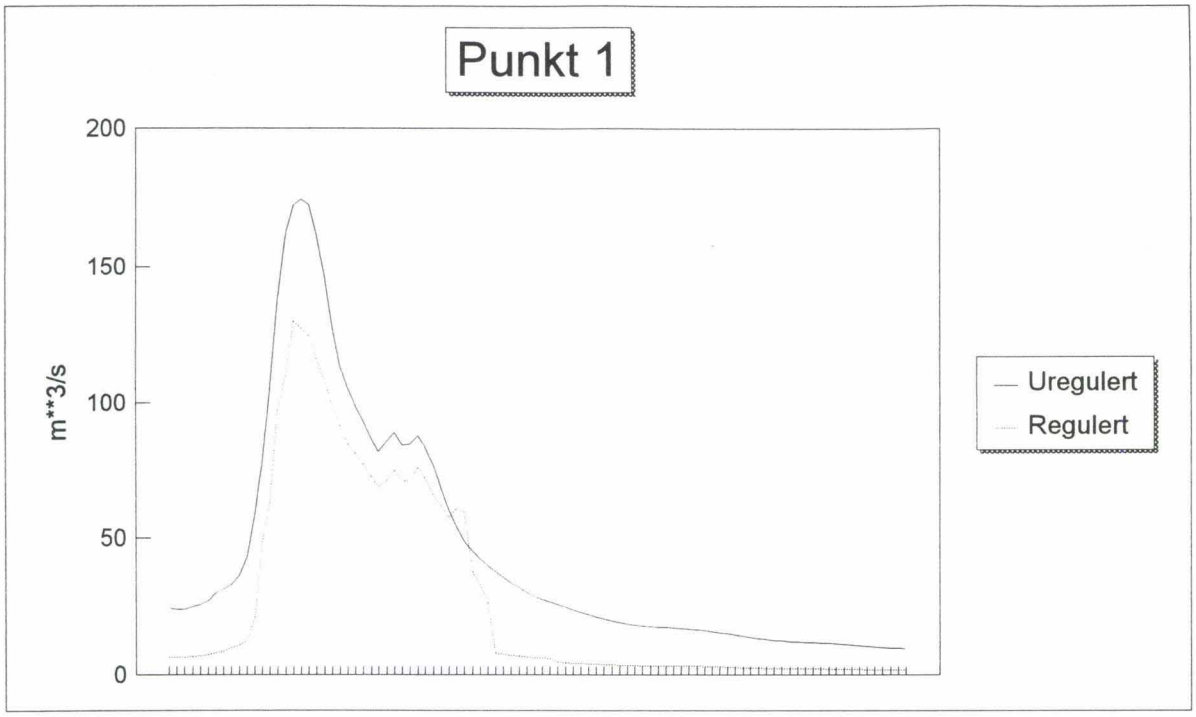
Heimste Brevatn : Q = 4.9 * (H - 1144.9) ** 1.5

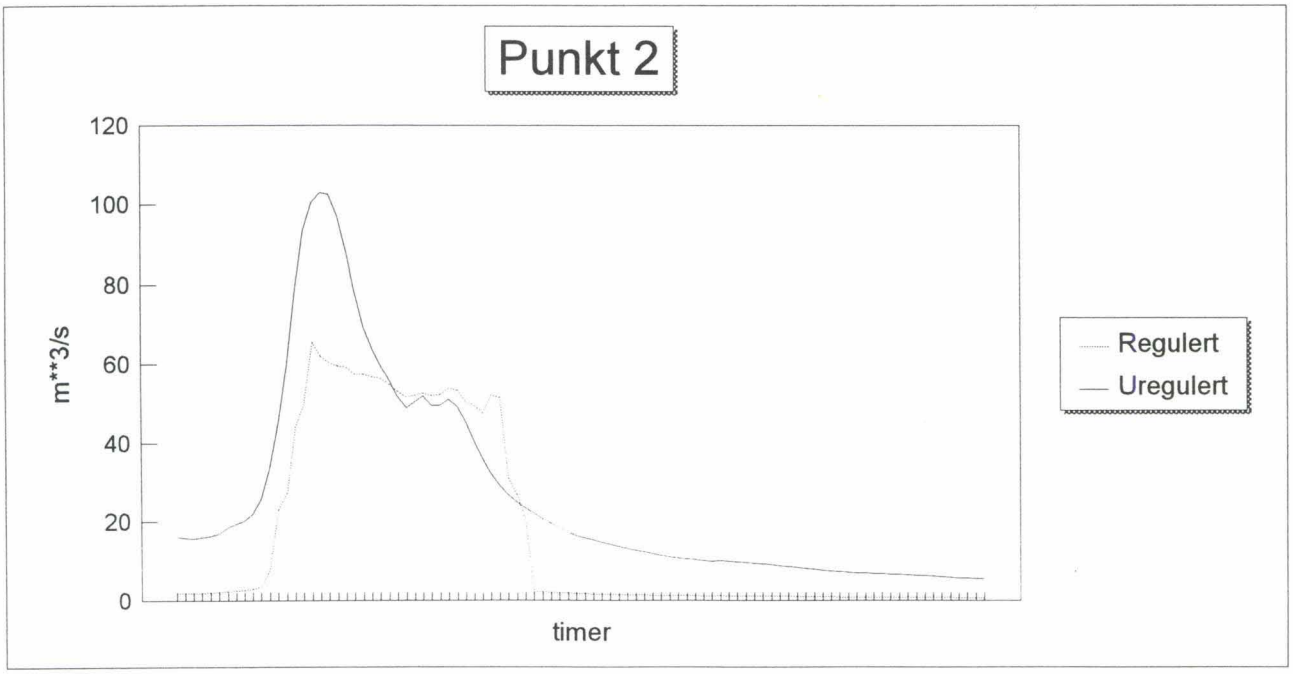
Feiosdalsvatn : Q = 13.6 * (H - 1070.9) ** 1.5

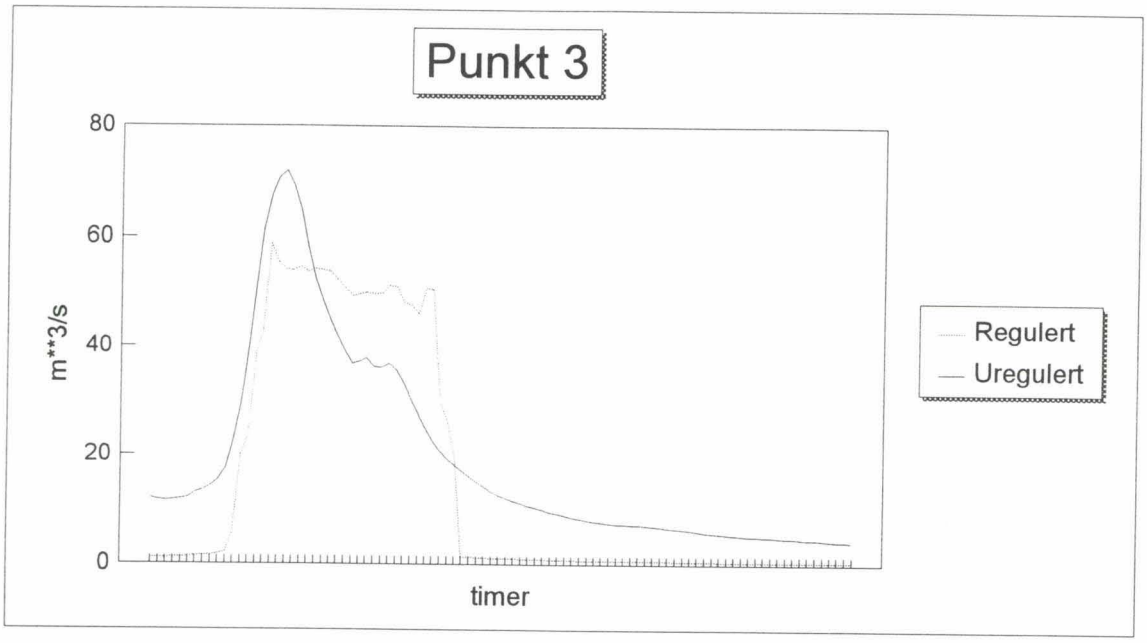
Muravatn : Q = 45 * (H - 1025) ** 1.5

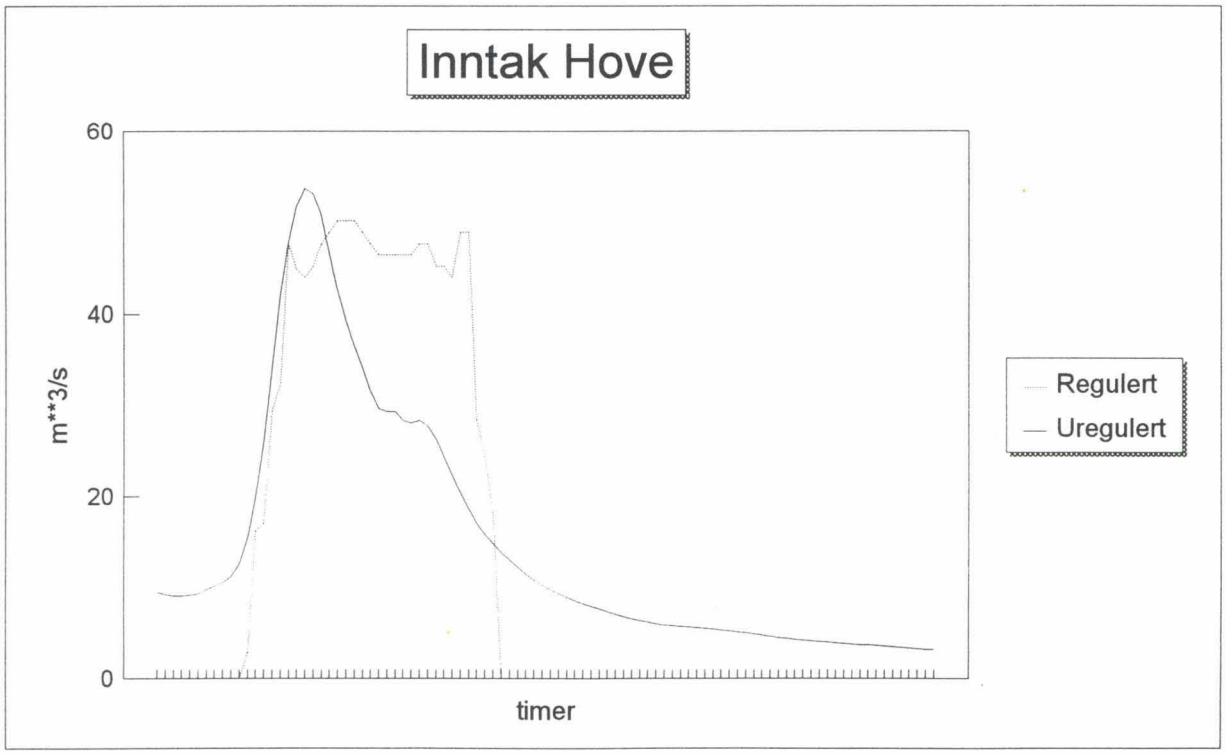
Vedlegg 4. Regulert og uregulert flom i samtlige punkter.

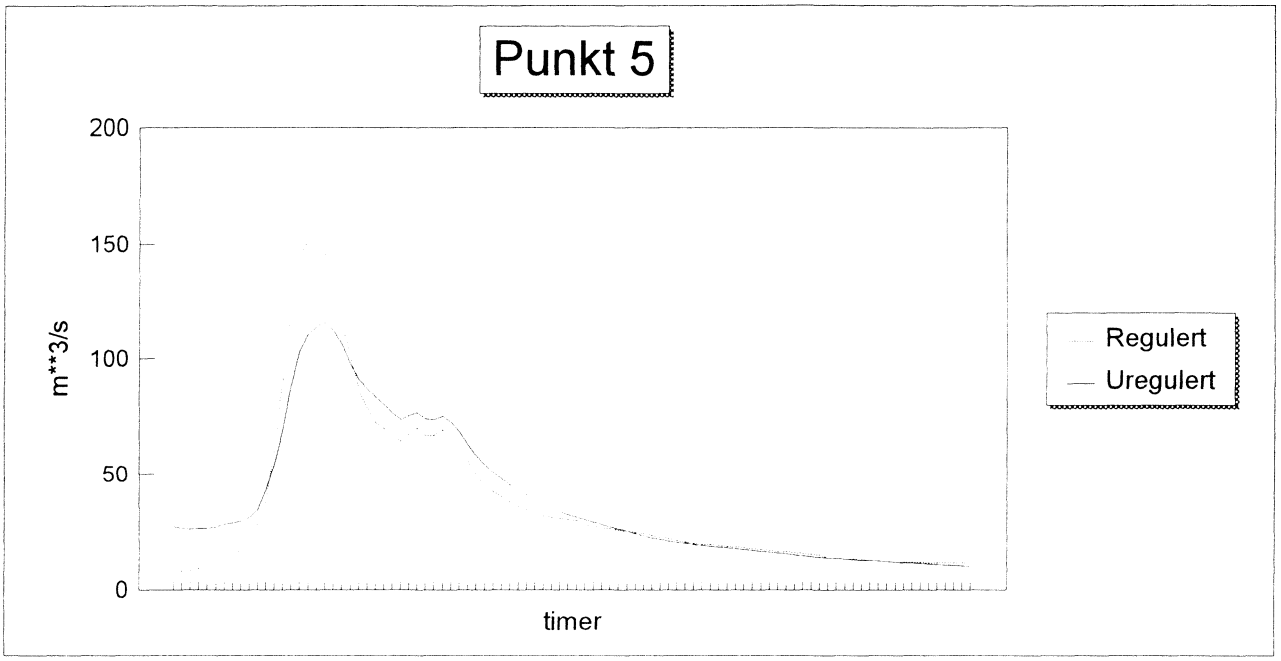
Dette vedlegget viser flomforløpet ved samtlige 17 punkter.

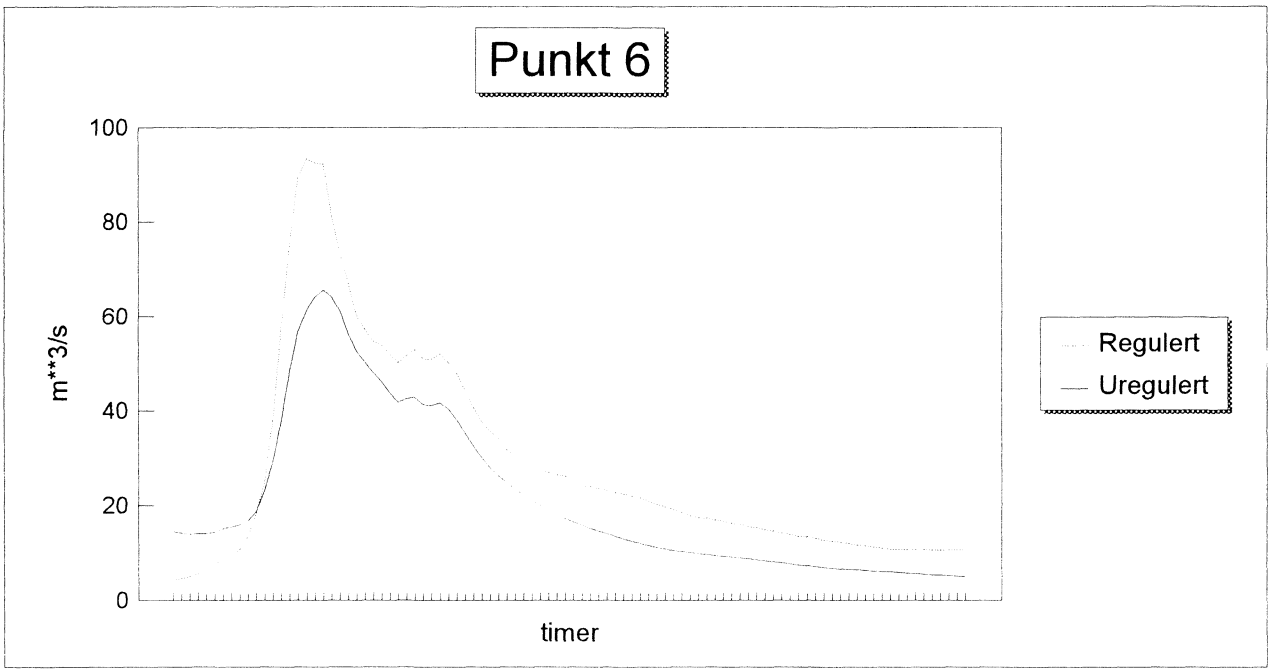

Punkt 1
200
150
100
50
0
m**3/s
Uregulert
Regulert

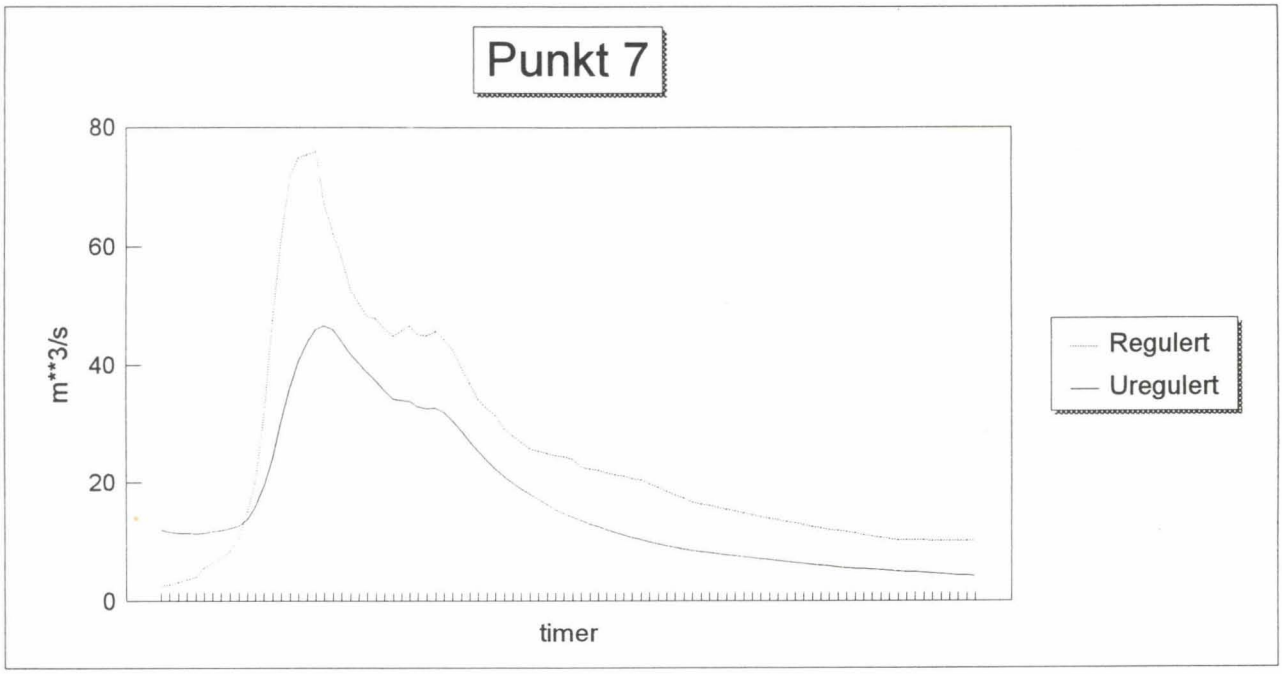

Punkt 2
120
100
80
60
40
20
0
m**3/s
timer
Regulert
Uregulert

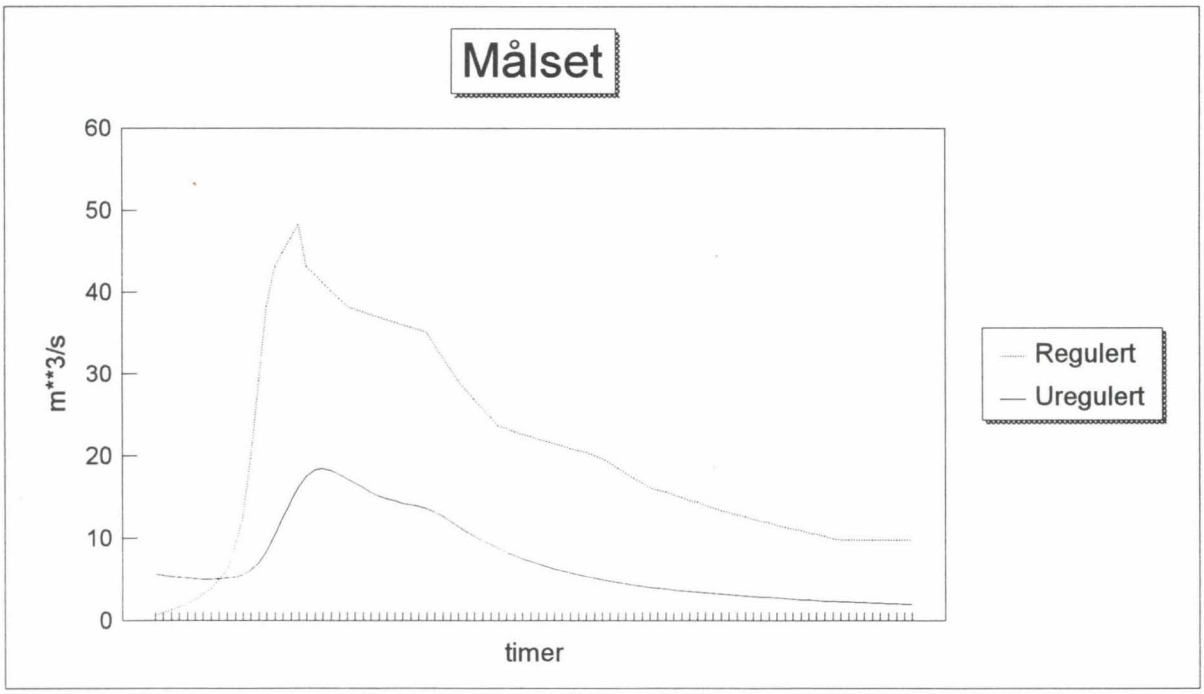

Punkt 3
80
60
40
20
0
m**3/s
timer
Regulert
Uregulert

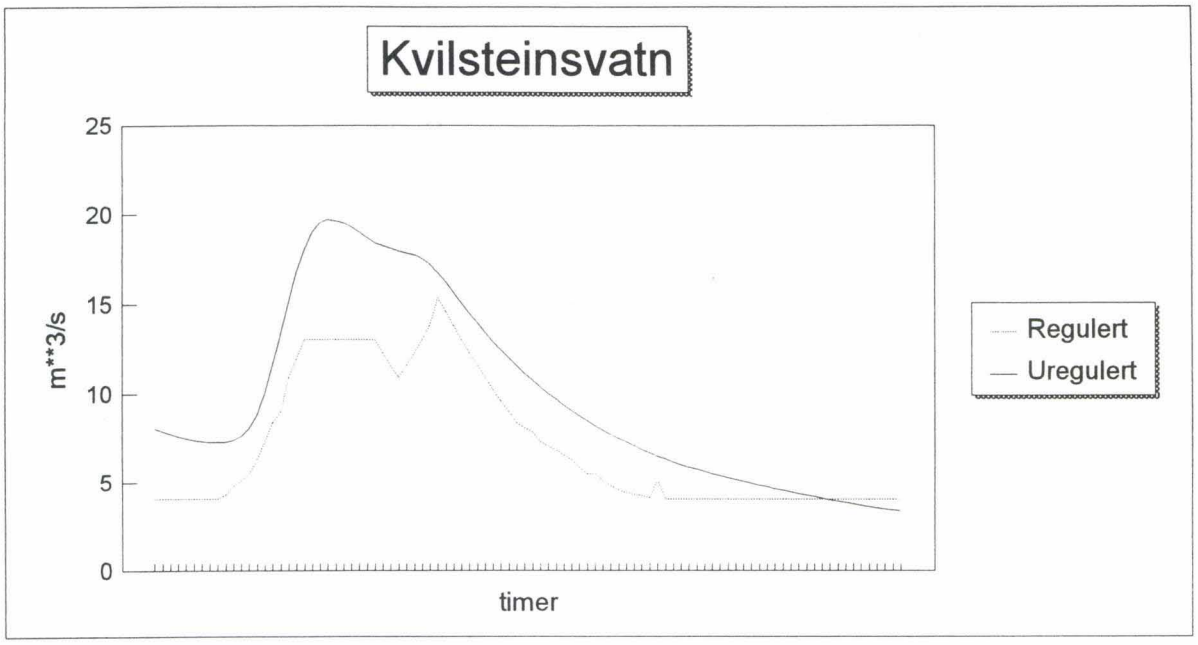

Inntak Hove
60
40
20
0
m**3/s
timer
Regulert
Uregulert

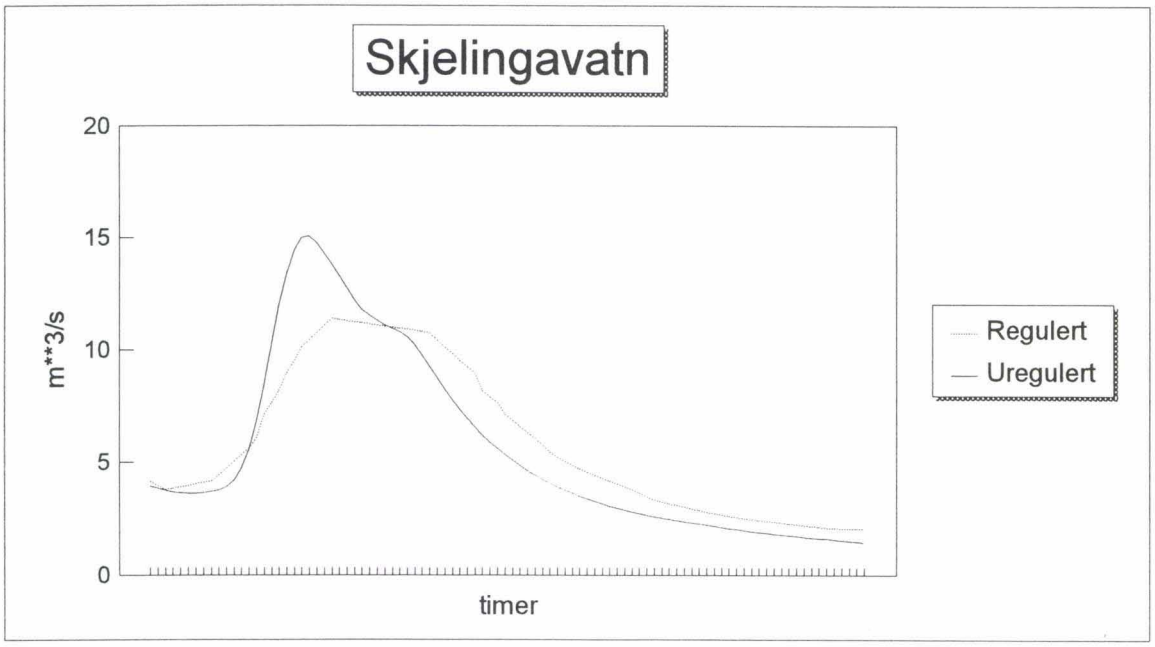

Punkt 5
200
150
100
50
0
m**3/s
timer
Regulert
Uregulert

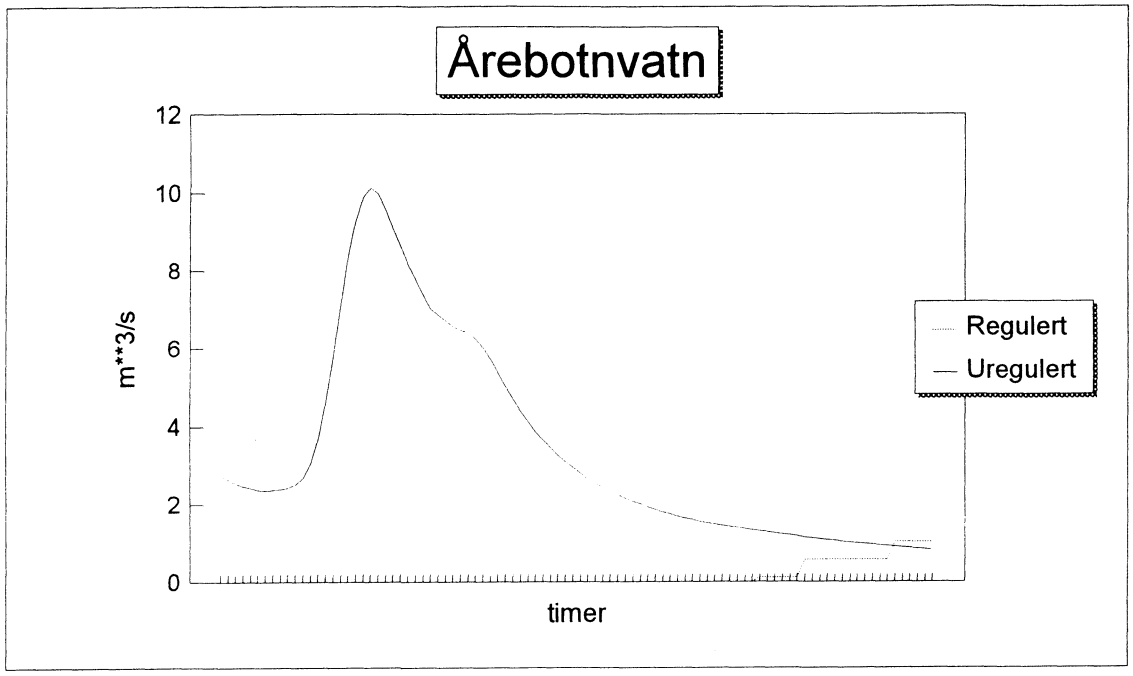

Punkt 6
100
80
60
40
20
0
m**3/s
timer
Regulert
Uregulert

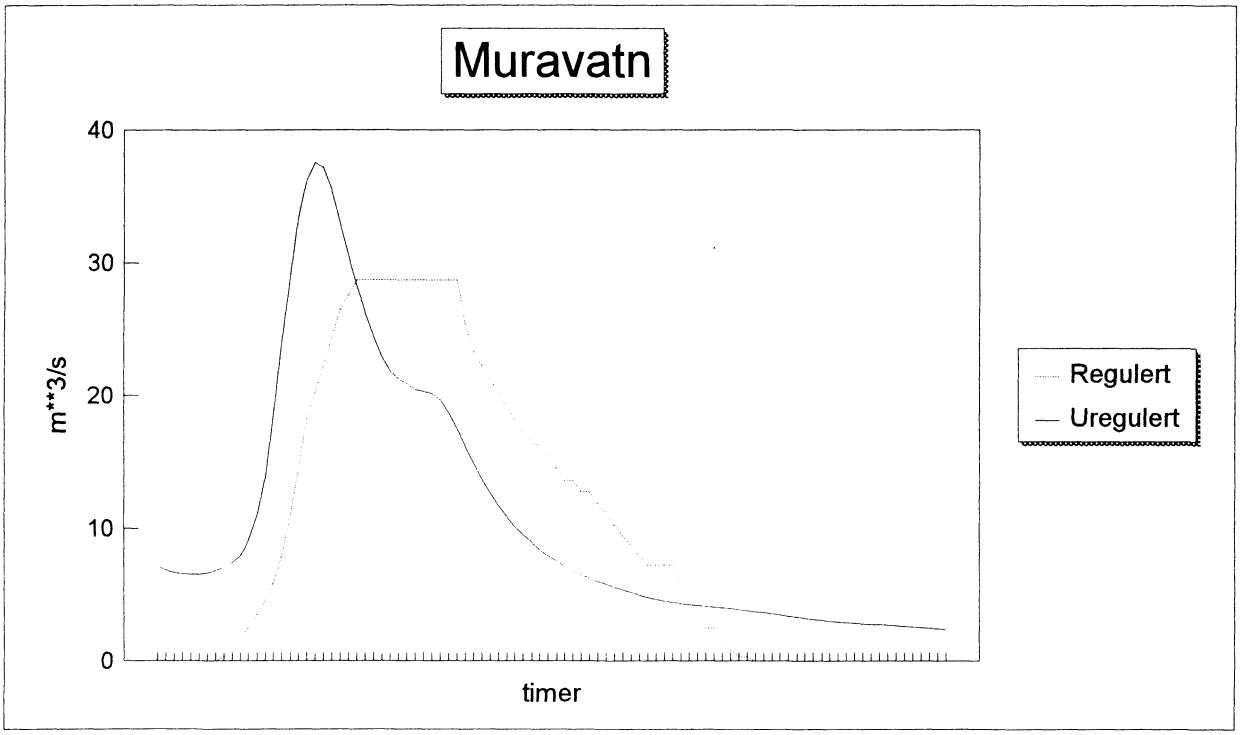

Punkt 7
80
60
40
20
0
m**3/s
timer
Regulert
Uregulert

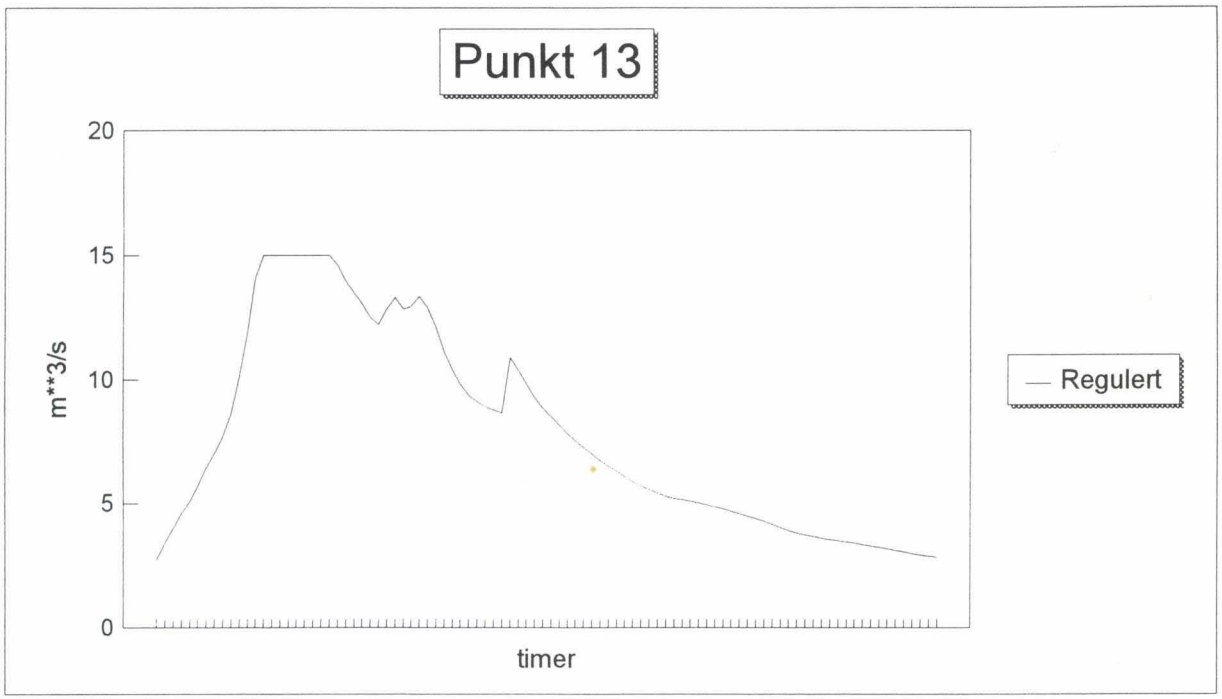

Målset
60
50
40
30
20
10
0
m**3/s
timer
Regulert
Uregulert

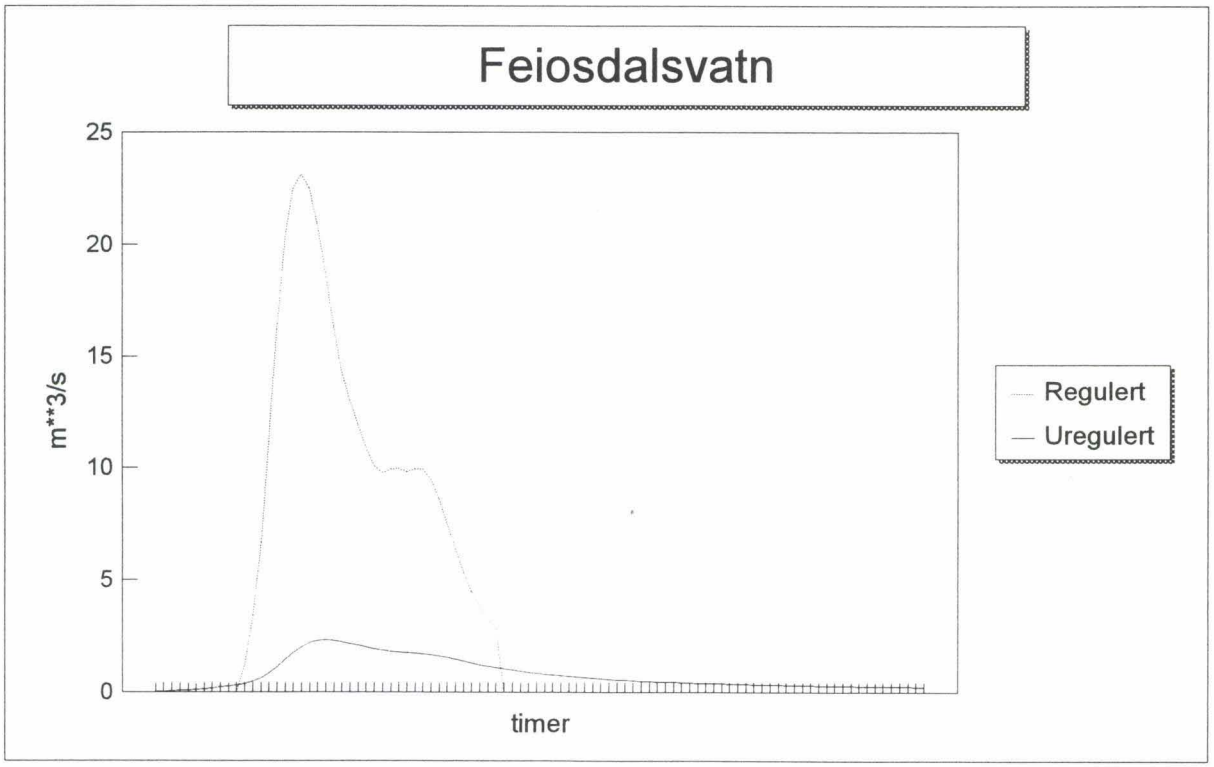

Kvilsteinsvatn
25
20
15
10
5
0
m**3/s
timer
Regulert
Uregulert

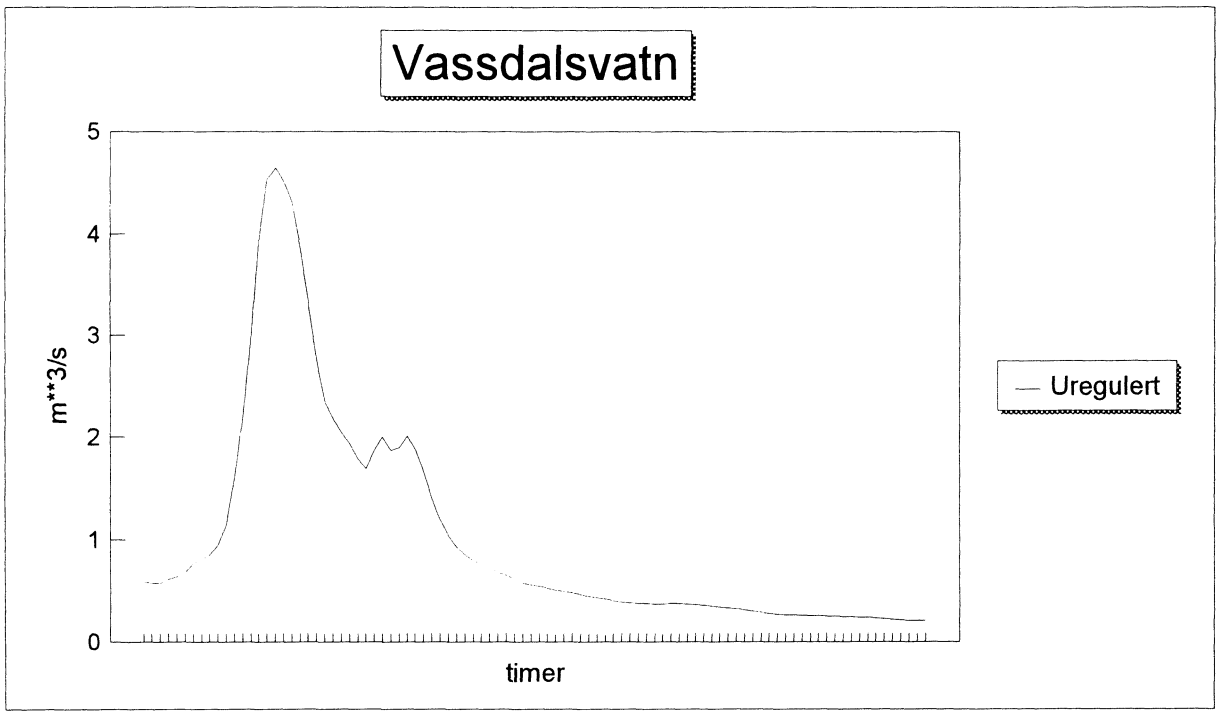

Skjelingavatn
20
15
10
5
0
m**3/s
timer
Regulert
Uregulert

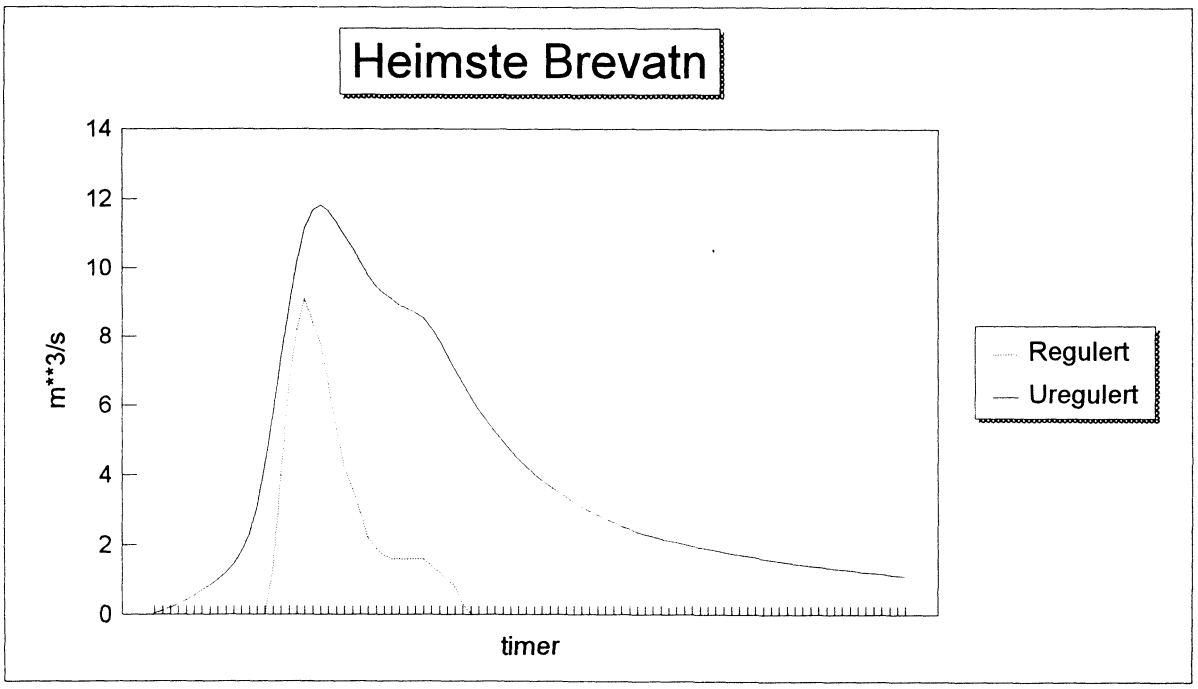

Årebotnvatn
12
10
8
6
4
2
0
m**3/s
timer
Regulert
Uregulert

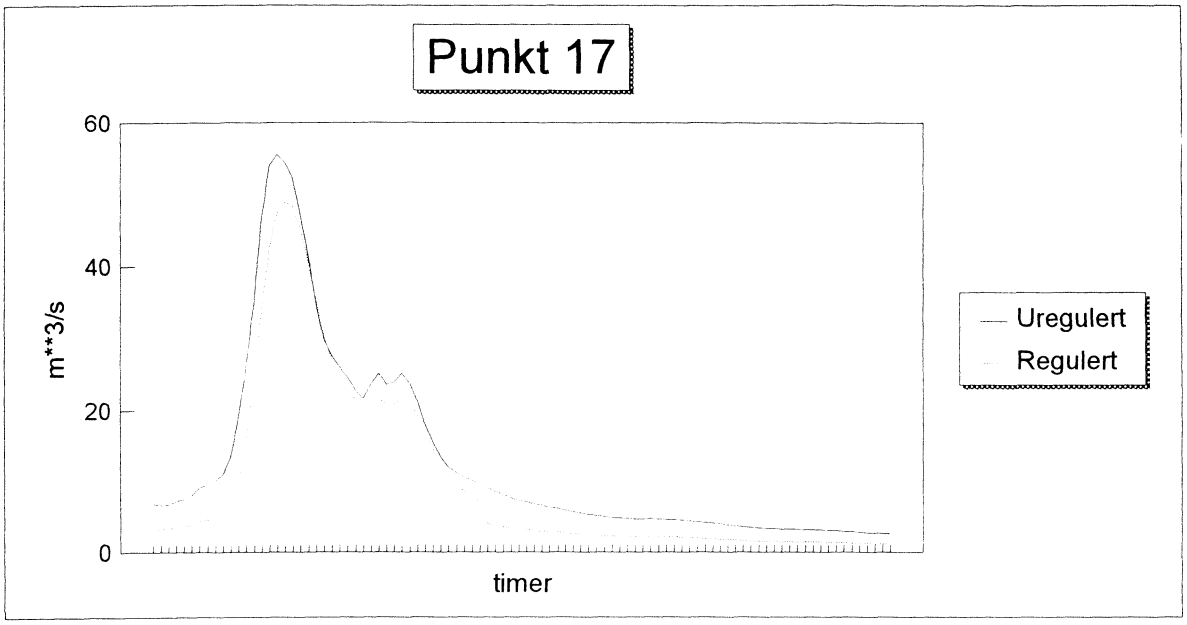

Muravatn
40
30
20
10
0
m**3/s
timer
Regulert
Uregulert


Punkt 13
20
15
10
5
0
m**3/s
timer
Regulert


Feiosdalsvatn
25
20
15
10
5
0
m**3/s
timer
Regulert
Uregulert


Vassdalsvatn
5
4
3
2
1
0
m**3/s
timer
Uregulert


Heimste Brevatn
14
12
10
8
6
4
2
0
m**3/s
timer
Regulert
Uregulert


Punkt 17
60
40
20
0
m**3/s
timer
Uregulert
Regulert

Denne serie utgis av Norges vassdrags- og energiverk (NVE)
Adresse: Postboks 5091 Majorstua, 0301 OSLO

I 1996 ER FØLGENDE RAPPORTER UTGITT:

Nr 1 Ole Einar Tveito og Hege Hisdal: Forbedring av ekstrapolasjonsrutinen i KOFOT. (31 s)

Nr 2 Sylvia Smith-Meyer og Truls Erik Bønsnes: Erosjonsutsatte områder langs Sogna, Gardermoen. Fotoregistrering 20.-22.nov. 1995. (89 s.)

Nr 3 Leif J. Bogetveit: Flomvannstander Sarpsfossen-Rakkestadelva juni-95, (002.A0). (10 s.)

Nr 4 Heidrun Kårstein: Sluttrapport for grunnvannsundersøkelser i Jostedalen. (24 s.)

Nr 5 Bjarne Kjøllmoen: Massebalansemålinger. Storsteinsfjellbreen (173.AB6Z) 1991-95. Sluttrapport. (23 s.)

Nr 6 Ingjerd Haddeland: Beregning av flomvannstand ved Åmot bru. (9 s.)

Nr 7 Roger Sværd: Longyearbyen - Elvesletta. Preliminær flomberegning. (26 s.)

Nr 8 Knut Aune Hoseth (red.) og Tuva Cathrine Daae: Longyearbyen - Elvesletta. Vassdragstekniske vurderinger (34 s.)

Nr 9 Arve M. Tvede: Overføring av Erdalselva (073.27) til Aurland. Konsekvenser for is- og vanntemperaturforhold. (20 s.)

Nr 10 Jim Bogen og Truls Erik Bønsnes: Flomtunnel Øyeren - Oslofjorden. En vurdering av konsekvensene for erosjon i deltaet i nordre Øyeren. (15 s.)

Nr 11 Bredo Erichsen og Erik Holmquist: Flommen i Vik i Sogn, uke 43. (42 s.)