

NORGES VASSDRAGS-OG ELEKTRISITETSVESEN



EN VURDERING AV FLOMFORHOLDENE  
I TOKKEVASSDRAGET

RAPPORT NR 2-75

---

VASSDRAGSDIREKTORATET  
HYDROLOGISK AVDELING



NORGES VASSDRAGS-OG ELEKTRISITETSVESEN



EN VURDERING AV FLOMFORHOLDENE  
I TOKKEVASSDRAGET

Bo Wingård

RAPPORT NR 2-75

---

VASSDRAGSDIREKTORATET  
HYDROLOGISK AVDELING

## FORORD

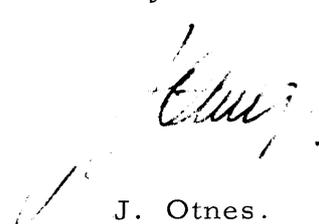
På oppdrag fra Direktoratet for Statskraftverkene, Produksjonsavdelingen, ble det i januar 1974 igangsatt en analyse av flomforholdene i Tokkevassdraget. Analysen skulle omfatte en simulering av forholdene i en del typiske flomperioder under både vår- og høstforhold. Vårflommen representerer oftest snøflommer, i enkelte tilfeller kombinert med regn. Om høsten er det vesentlig regnflommer som forekommer. Undersøkelsen skulle omfatte en simulering av både uregulerte og regulerte forhold.

De to regnemodellene som ble laget for dette formål er på grunn av arbeidets omfang utarbeidet med konsulenthjelp fra Norsk Regnesentral ved cand. real. Jens Olav Tveter. Alle regnemaskinkjøring er foretatt på NVE's eget regneanlegg, CDC 3200.

Resultatene er også fremlagt som skjønnsmateriale i overskjønnet for reguleringene i Skiensvassdraget i januar 1975. Arbeidet vil trolig resultere i videre undersøkelser av en fremtidig manøvreringsprosedyre under flomforhold i Tokkevassdraget.

Rapporten er maskinskrevet av kontroassistent Unni Geier.

Oslo, januar 1975.



J. Otnes.

## INNHOOLD

1.	Innledning	s.	3
2.	Beskrivelse og simulering av det uregulerte systemet	"	5
	2.1 Prinsipper for simulering av tilsigsserier	"	5
	2.2 Resultater fra simuleringen i Tokkevassdraget	"	7
3.	Beskrivelse og simulering av det regulerte systemet	"	19
4.	Sammendrag og konklusjon	"	29
	Vedlegg I	"	30
	Vedlegg II	"	34

## 1 INNLEDNING

På oppdrag fra Statskraftverkene ble det i januar 1974 igangsatt en analyse av flomforholdene i Tokkevassdraget. Analysen skulle omfatte en simulering av flomforholdene i en del typiske flomperioder under uregulerte og regulerte forhold.

På grunn av arbeidets omfang var det nødvendig å benytte ekstern konsulenthjelp. Den assistanse som på denne måten er gitt av Norsk Regnesentral både når det gjelder utarbeidelse og tilrettelegging av problemet for EDB, samt vurdering av resultater, har vært av den største betydning for oppdragets fullføring. Hydrologisk avdeling har ledet arbeidet. Hovedmengden av de dataene som er brukt er hentet fra egne arkiver. Spesielle data vedrørende manøvreringen av magasiner og kraftstasjoner ble stilt til disposisjon av Statskraftverkene. De to simuleringsmodellene som er laget for uregulerte og regulerte forhold er kontrollerte mot observasjoner av vannføringer og magasin vannstander.

Utgangspunktet har vært: Kan man på grunnlag av avløpsobservasjoner ved Totak, Vinjevatn og Strengen-Hogga simulere uregulerte og regulerte vannføringsforhold i forskjellige deler av Tokkefeltet? Kan disse simuleringene brukes til å uttale seg om reguleringens innvirkning på kraftige flommer i vassdraget? Vil reguleringen forårsake en senkning eller økning av slike flommer ved Strengen-Hogga? Man ønsket altså et hjelpemiddel for å undersøke hydrologiske og driftsmessige virkninger av kraftige flommer i Tokkevassdraget. Til bruk i dette arbeidet ble det laget to regnemaskinprogrammer. Det ene simulerer flomforholdene i det uregulerte vassdraget, og er behandlet under avsnitt 2. Det andre simulerer forholdene slik de ville ha vært med det nåværende manøvreringsreglementet iverksatt, se avsnitt 3. Programmene er utformet med tanke på generell bruk også i andre vassdrag.

Regnemodellen i det uregulerte tilfellet er modulært oppbygget av elementer som beskriver sidevassdrag med innsjøer. De hydrologiske forholdene er karakterisert ved flateinnhold, midlere årsavløp, midlere årsflom, vannføringsfunksjon i utløpet av eventuell innsjø, samt dennes arealkurve.

I det regulerte tilfellet er det fysiske systemet erstattet med elementer som beskriver sidevassdragene med magasiner, kraftverker og overføringer. Hvert element kan bestå av et magasin med tappeluke, tunnel, flomoverløp og kraftverk. Driften styres av en fast strategi for fylling/tømming av de enkelte magasiner, en strategi som oppgis individuelt

for hvert enkelt magasin. Programmet skulle egne seg godt for en gjennomgåelse av et manøvreringsreglement under flomforhold, og dessuten være egnet for aktuell drift av reguleringsanlegget i slike tilfeller.

## 2 BESKRIVELSE OG SIMULERING AV DET UREGULERTE SYSTEMET

Et vassdrag kan deles opp i en rekke mindre enheter ( sidevassdrag, felter ) som hver kan karakteriseres ved en innsjø med arealkurve og vannføringsfunksjon. Feltenes hydrologiske forhold beskrives ved feltstørrelsen, midlere årsavløp og midlere flomavløp. De er koplet sammen ved elvestrekninger. Et felt kan få tilsig fra flere ovenforliggende, men kan bare renne ut i et nedenforliggende. Fig.1 viser et vassdrag med oppdelinger i mindre felter. Oppdelingen er gjort med tanke på aktuelle reguleringer, og med tanke på å beskrive vannføringsforholdene på karakteristiske steder i vassdraget. Fig.2 viser et systemkart over samme vassdrag.

### 2.1 Prinsipper for simulering av tilsigsserier

Et felt kan få tilsig fra ovenforliggende felter, og fra nedbør i form av regn eller snø. Tilsiget fra ovenforliggende felter foregår i elvestrekninger. En elv vil normalt virke forsinkende inn på flombølgen, uten å deformere den særlig. I det aktuelle tilfellet som ble undersøkt - Tokkefeltet - er elvene såpass korte at en tidsforsinkelse bare er brøkdeler av det simuleringsintervallet på 1 døgn som ble brukt. Begrepet "elv" er derfor utelatt i dette programmet, men kan legges inn hvis det skulle bli behov for det. En elv kan eventuelt simuleres ved spesielle metoder utviklet bl.a. i USA ( routing-metoder ).

Tilsigene kan beregnes ut fra vannføringsforholdene ved et eller flere vannmerker i vassdraget. Disse vannføringsforholdene kan være observert eller beregnet ut fra forskjellige prinsipper, men vil i det senere bli betegnet " observert vannføringer "

Problemet med å overføre observert vannføringer fra et felt til et annet er søkt løst ved følgende to prinsipper: Volumvekter og Tidsvekter.

#### a) Volumvekter.

Forholdet mellom avløpet fra to felter kan settes lik forholdet mellom deres feltarealer, deres spesifikke årsavløp, eller deres spesifikke, midlere flomavløp. Det siste forholdstallet skulle gi det riktige resultatet under de hydrologiske forholdene som analyseres her.

#### b) Tidsvekter.

Under simuleringene tilstrebes en minst mulig forskjell mellom observert

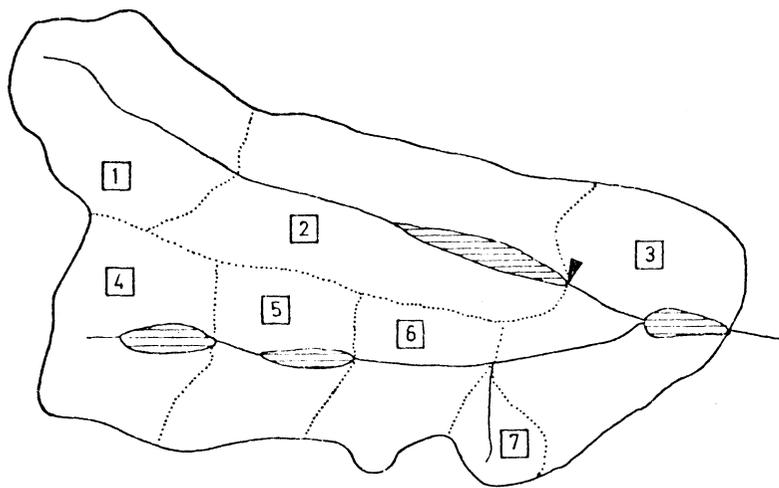


Fig. 1 Oversiktskart over et vassdrag med inndelinger i sidevassdrager.

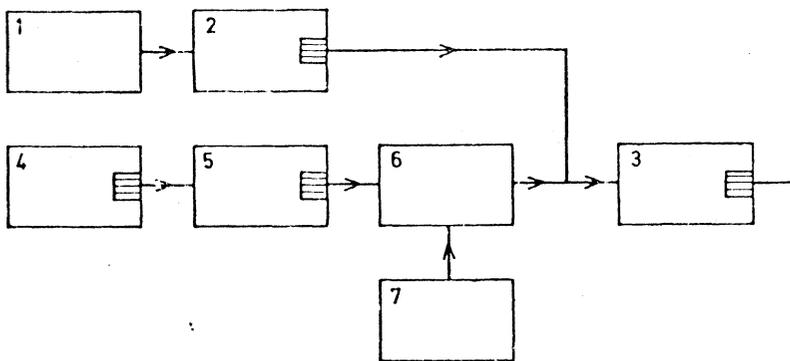


Fig. 2 Systemkart over vassdraget i fig. 1.

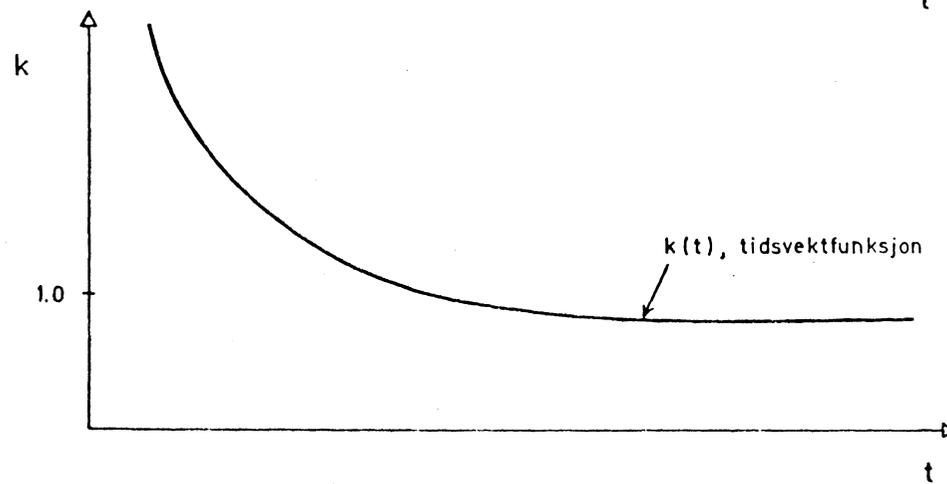
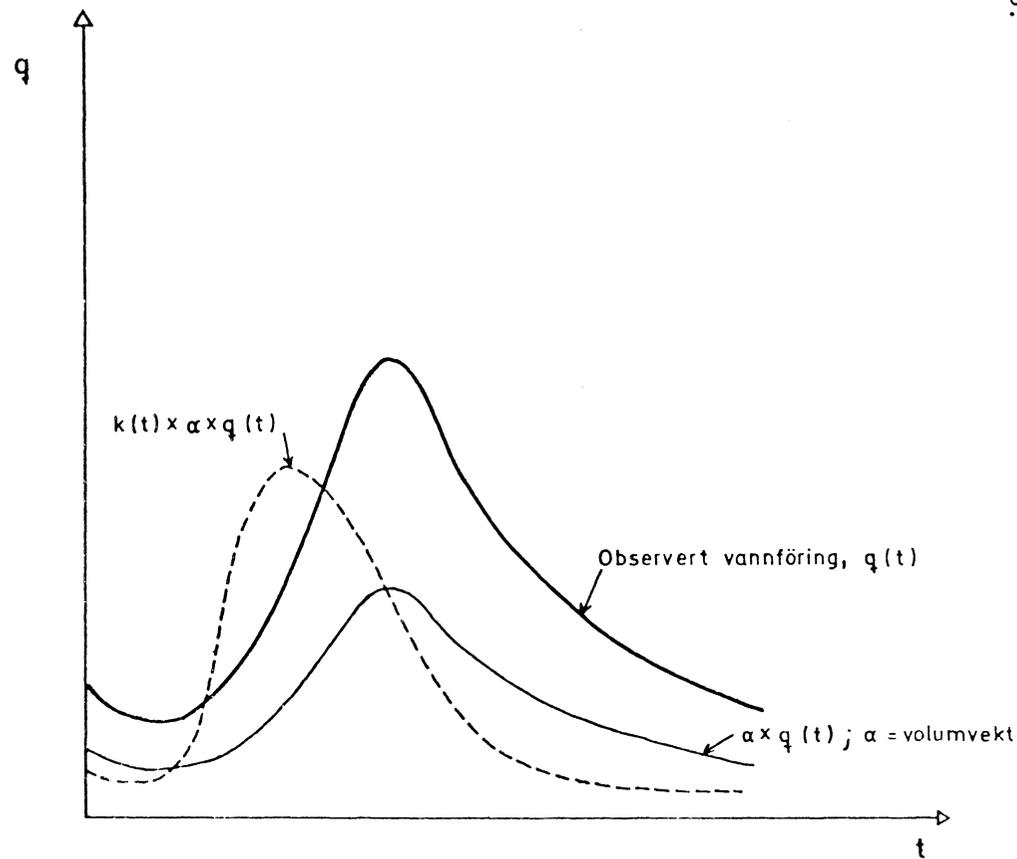


Fig. 3 Prinsippskisse for volumvekt og tidsvektfunksjon

vannføring og vannføring beregnet fra de ovenforliggende felter ut fra den definerte avløpsstrukturen i fig. 2. Multipliseres de vannføringene man har observert ved referansefeltet med forholdstallet fra a) ovenfor vil man få beregnet vannføringer som har samme middelvei ( eller volum ) som de man ville ha observert fra det aktuelle feltet, men som har et langt flatere forløp. Dette kommer av at innsjøer, myrer etc. virker dempende på flomforholdene. Det ble derfor innført en tidsvektfunksjon som under beregningene blir tilpasset de observerte verdiene. I begynnelsen av flommen- før kulminasjonen- får funksjonen verdier større enn 1.0, ved slutten av flommen verdier mindre enn 1.0. Dette vil bety at et mindre felt har høyere flomavløp enn det forholdstallet mellom midlere flom skulle tilsi før flommen kulminerer, og omvendt etter kulminasjon. For å unngå ekstremt høye flommer i de mindre feltene er øvre grense for høyeste flomverdi satt lik en flom med samme gjentagelsesintervall som den observerte. En prinsippskisse for beregningene er vist i fig. 3.

For å oppnå en størst mulig grad av realistiske beregninger kan de observerte vannføringene tidsforskyves i positiv eller negativ retning etter som de aktuelle feltene ligger ovenfor eller nedenfor. Tidsforskyvningen skjer forut for en multiplisering med volum- og tidsvekter.

Den tidsvektfunksjonen man på denne måten får etablert gjelder bare for de feltene som samlet renner ut ved vannmerket, og bare for den aktuelle flomperioden.

For nedenforliggende felter, og for alle de felter som bruker data fra dette vannmerket som referansedata er det antatt at den etablerte tidsvektfunksjonen gjelder, sammen med volumvektene som bestemmes for hvert enkelt felt.

En ny tidsvektfunksjon blir beregnet for hver ny flomperiode. Et vassdrags avløpsforhold blir dermed bestemt av observerte vannføringer ved et eller flere vannmerker i vassdraget.

## 2.2 Resultater fra simuleringene i Tokkevassdraget

Tokkevassdraget har ved utløpet av Vestvannene et flateinnhold på 3231 km<sup>2</sup>. I simuleringsmodellen er det brukt vannføringsobservasjoner fra Totak ( 838 km<sup>2</sup> ) og Vinjevatn ( 894 km<sup>2</sup> ). Til kontroll av modellen er det brukt vannføringsobservasjoner fra Songa ( 374 km<sup>2</sup> ), Bordalsvatn ( 177 km<sup>2</sup> )

Hyljelihyl ( 270 km<sup>2</sup> ) og Strengen-Hogga ( 3231 km<sup>2</sup> ). Et kart over området er vist i fig. 4, og et systemkart i fig. 5.

Endel mellomregninger som er foretatt, særlig vedrørende vannføringsfunksjoner, er omtalt i vedlegg I. I vedlegg I er det også nærmere omtalt de feltenhetene Tokkefeltet er oppdelt i for det uregulerte tilfellet.

Det er mulig å kontrollere den uregulerte modellen med samhørende observasjoner fra Songa ( simulert ved Totak ) og Bordalsvatn/Hyljelihyl ( simulert ved Vinjevatn ) for årene 1956, 1957 og 1958. Resultater fra beregnet vannføring er sammenlignet med observert vannføring i fig. 6-12. På bakgrunn av den enkle modellformuleringen må simuleringen kunne karakteriseres som tilfredsstillende.

I fig. 13-17 er det vist beregnet og observert vannføring ved Strengen-Hogga. Samhørende observasjoner er her foretatt over en meget lengre periode, slik at det har vært mulig å forta simuleringen for de kraftigste observerte vår- og høstflommene. Totak og Vinjevatn vannmerker viste seg å være langt mindre representative for de nedenforliggende feltene. Volumvektene måtte derfor justeres 60 % ned i vårflomperioden ( før 1/8 ) og opp 60 % i høstflomperioden ( etter 1/8 ).

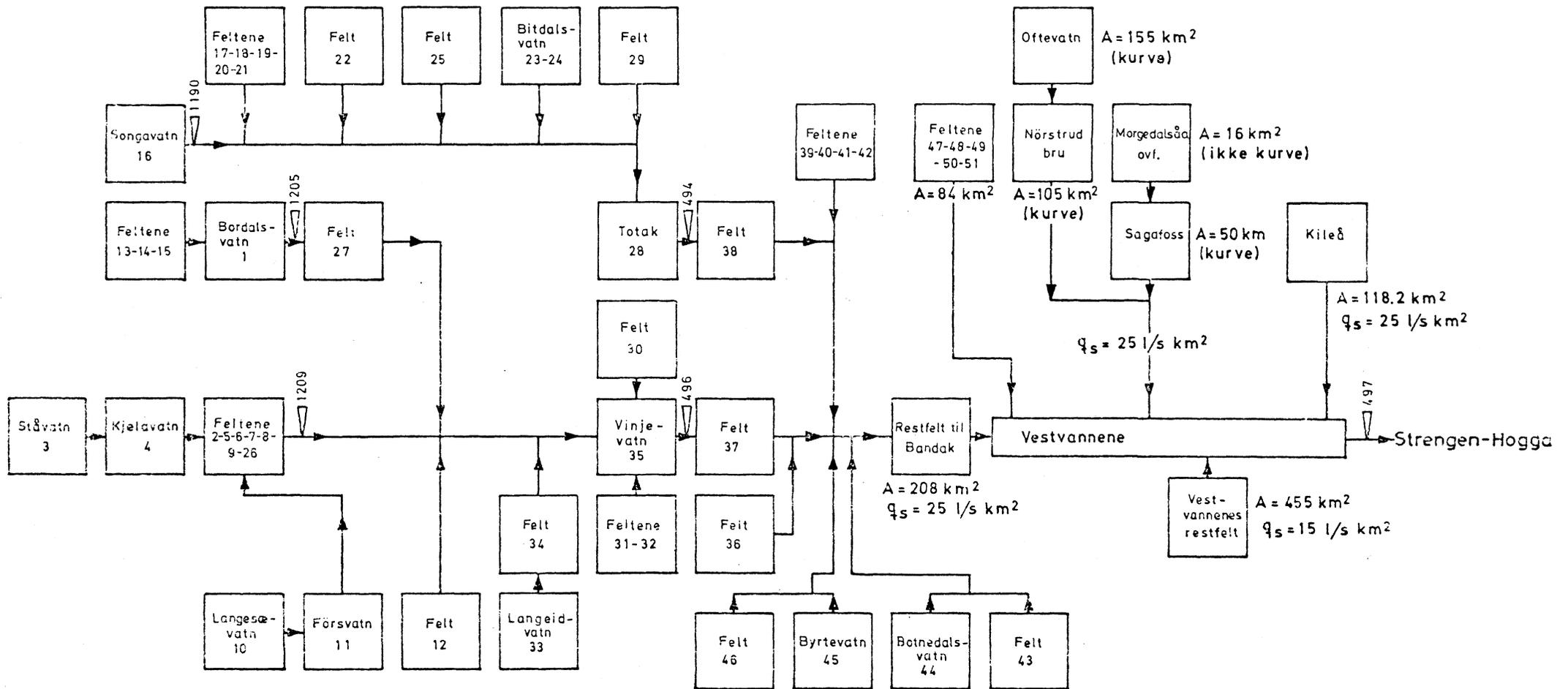
De flommene som er simulert i fig. 13-17 er valgt til å representere kraftige flommer ved Strengen-Hogga, Vinjevatn og Totak. To av dem, 1927- og 1931 flommene er vårflommer. 1934-, 1938- og 1950 flommene er høstflommer. Hvis man fortar en flomfrekvensanalyse kan man finne at maksimumsflommene ved Strengen-Hogga har gjentagelsesintervall som gjengitt nedenfor, basert på observasjonsperioden 1910-61:

1927-flommen,	gjentagelsesintervall ca.	250 år.
1931-flommen,	"	15 år.
1934-flommen,	"	75 år.
1938-flommen,	"	15 år.
1950-flommen,	"	15 år.

1927-flommen er den høyest observerte vårflommen. 1931-flommen er den tredje høyeste. Der nest høyeste, i 1933, har et gjentagelsesintervall på ca. 20 år, men har et betydelig mindre volum enn 1931-flommen. 1934-flommen er den høyest observerte høstflommen. Forøvrig er høstflommer vanskelig å frekvensanalysere p.g.a. reguleringsvirkningene i Vestvannene. Den etablerte modellen for Tokkefeltet ovenfor Strengen-Hogga gir tilfredsstillende resultater under flomforhold, og vil bli brukt i de senere beregningene av regulerte forhold.

# Oversikt over avløpssystemet til Eidselv ovf. Strengen-Hogga

## Del 1: Uregulerte forhold



Oversikten er basert på isohydokartet for Tokkefeltet

▽---vannmerker

Fig. 5

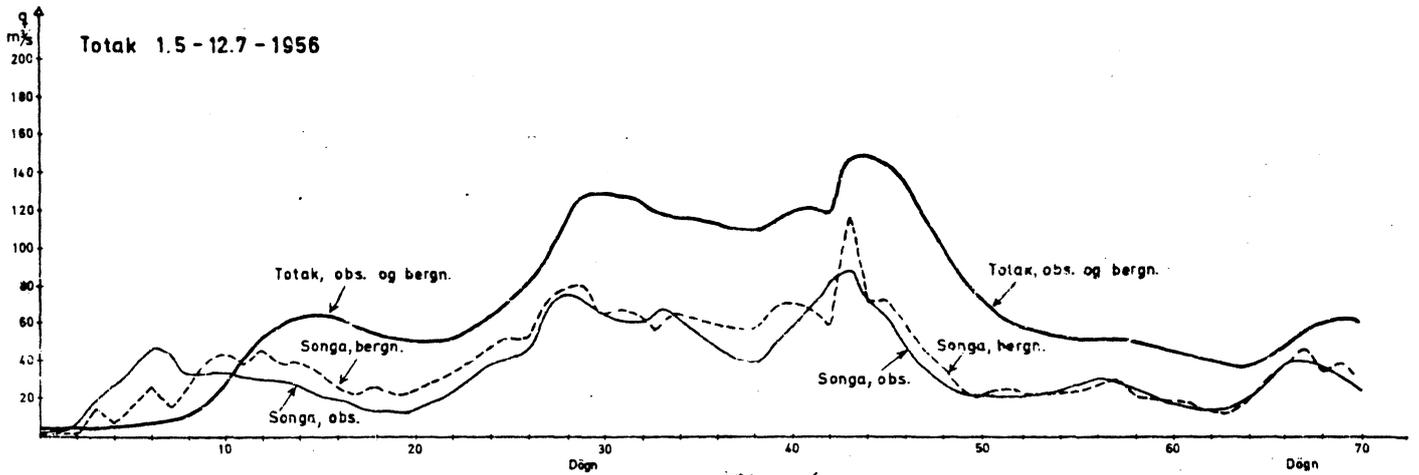


Fig. 6

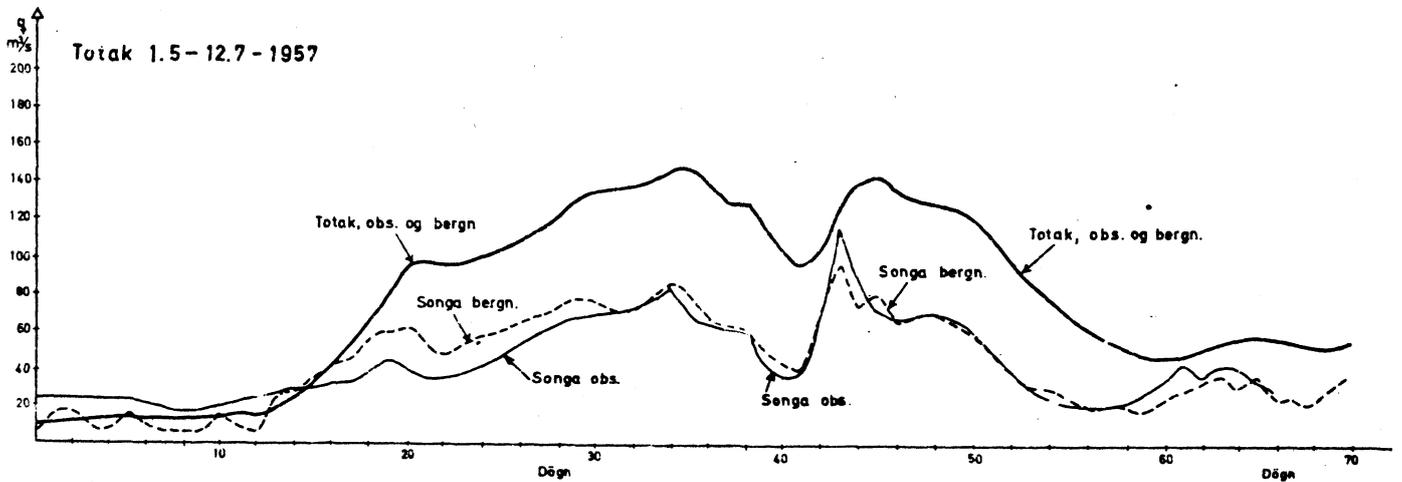


Fig. 7

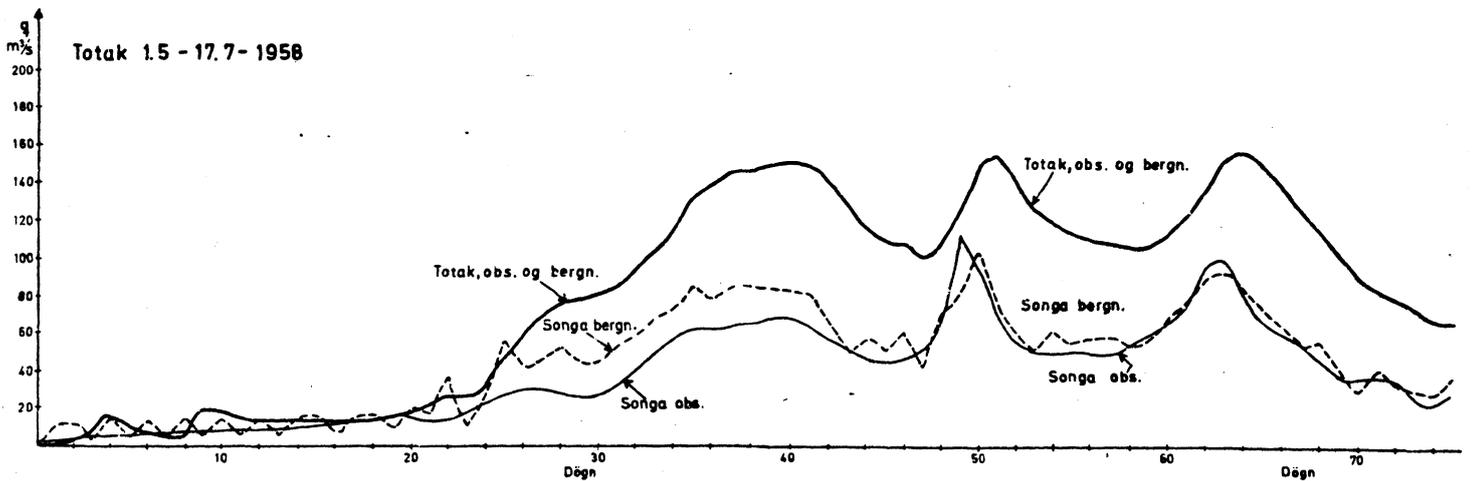


Fig. 8

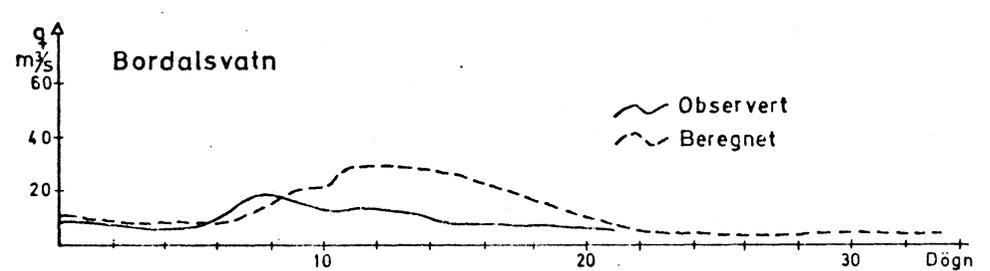
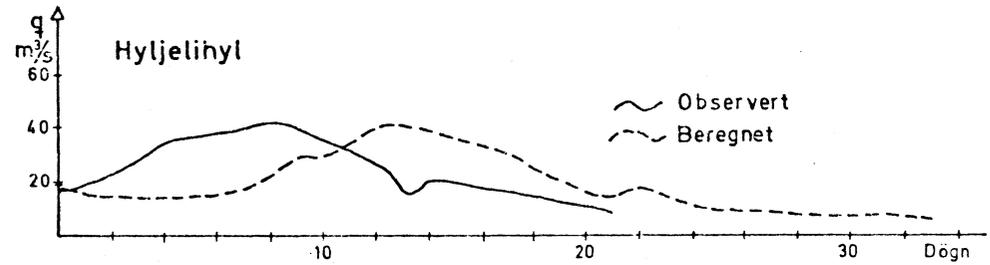
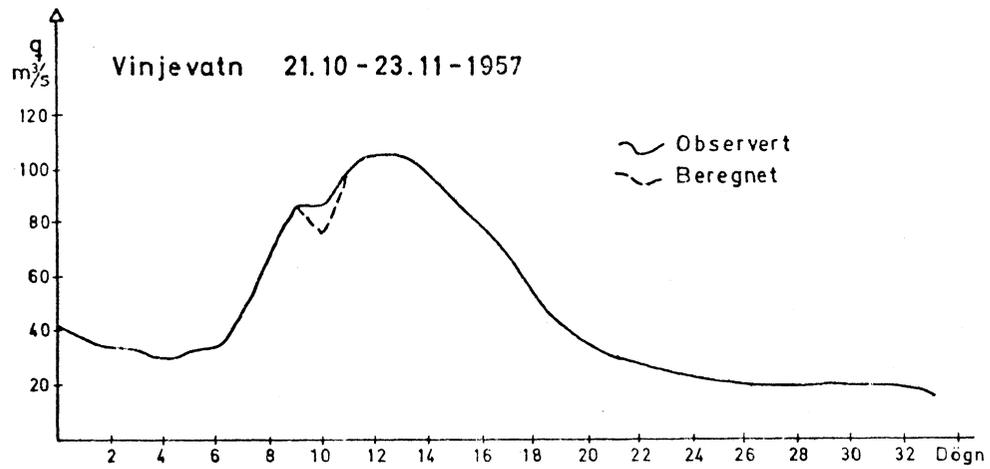


Fig. 10

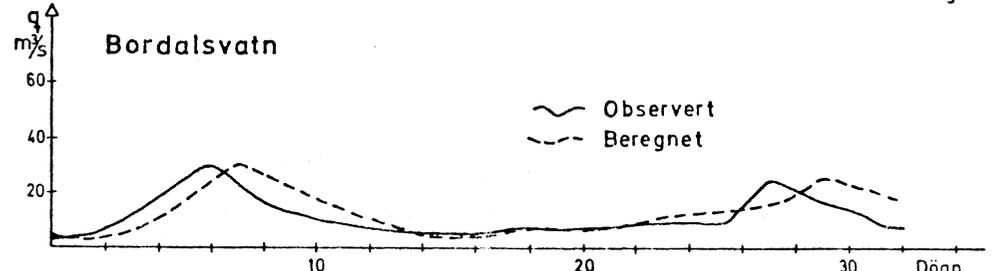
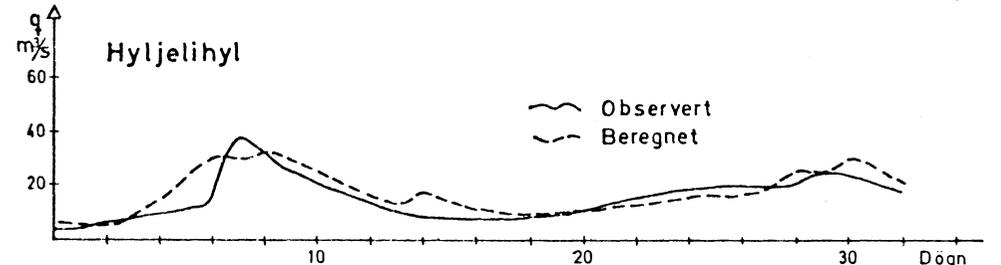
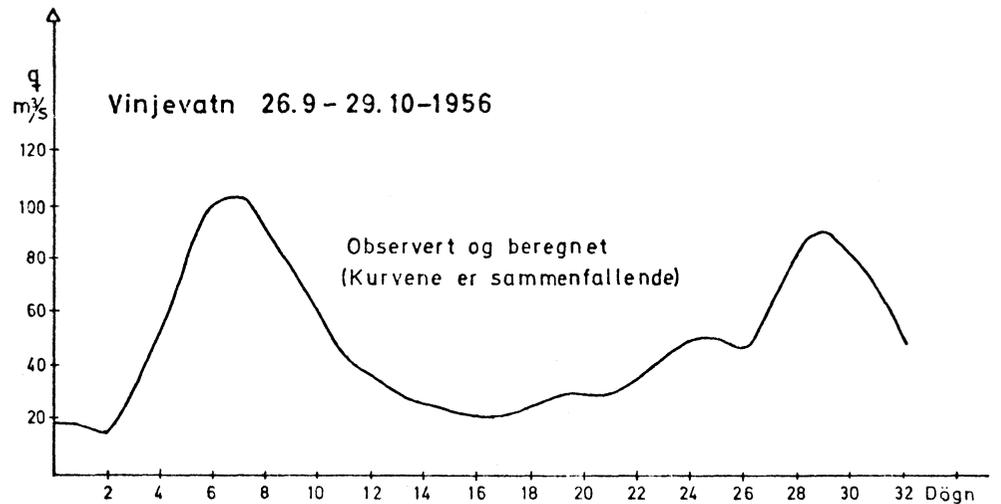


Fig. 9

14.

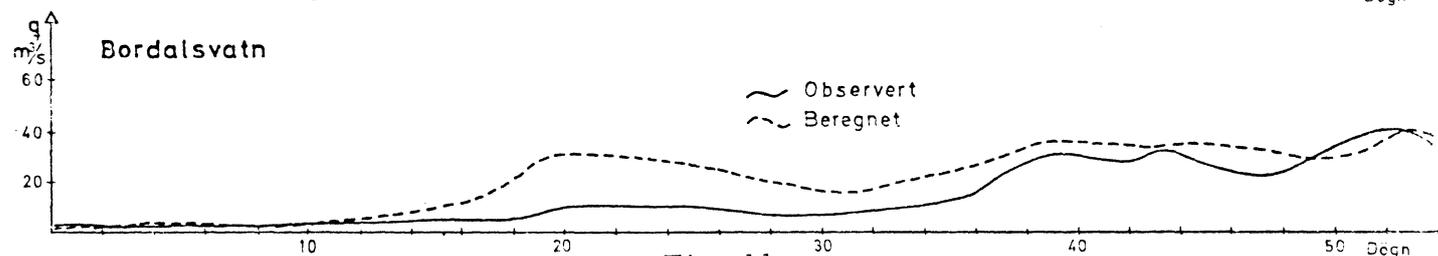
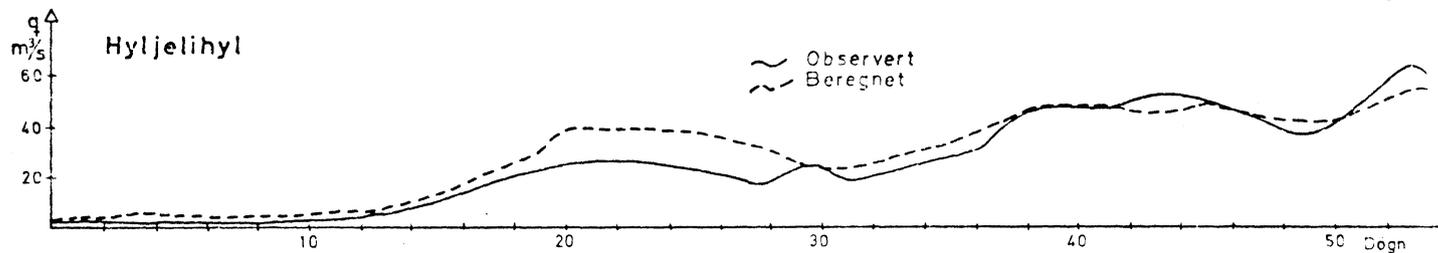
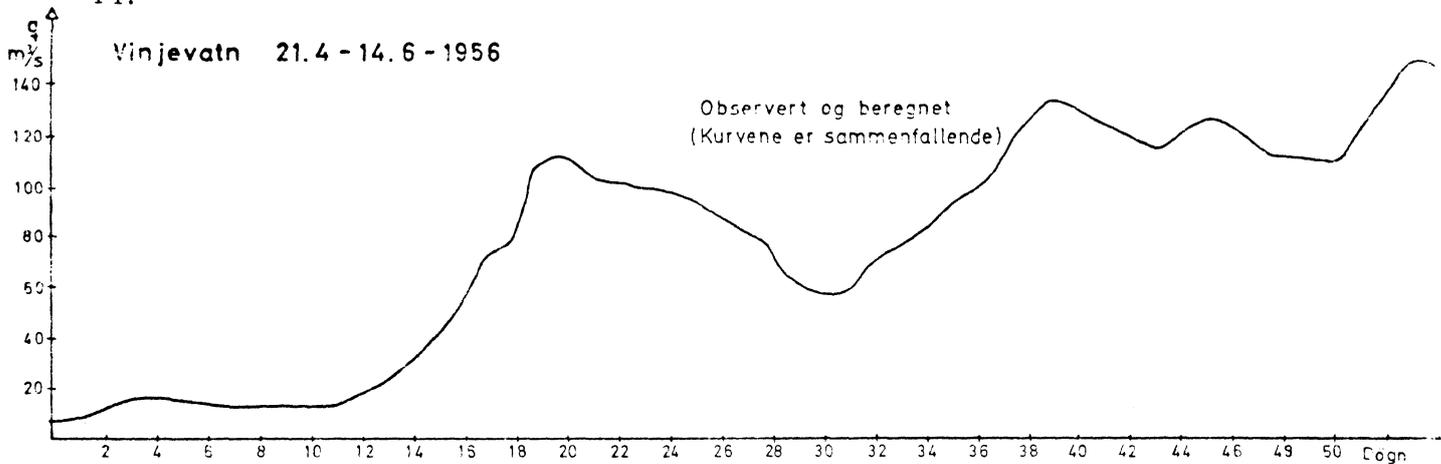


Fig. 11

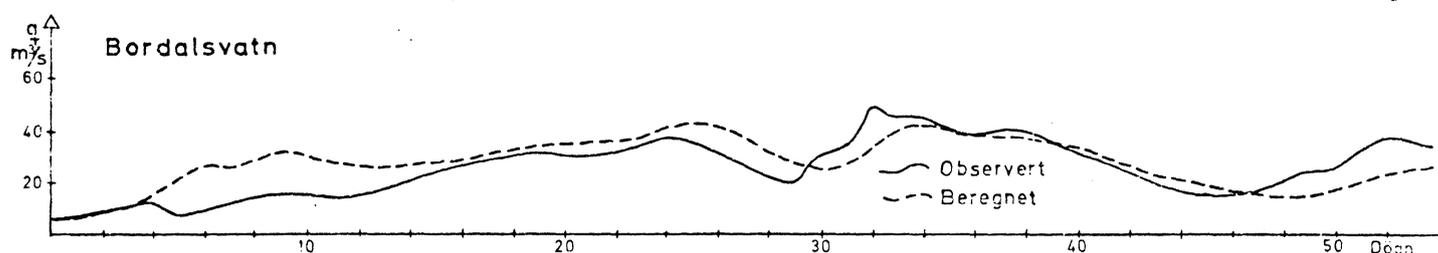
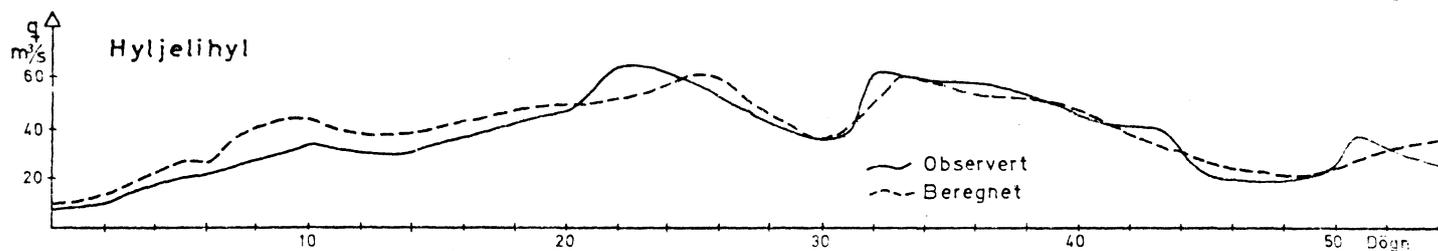
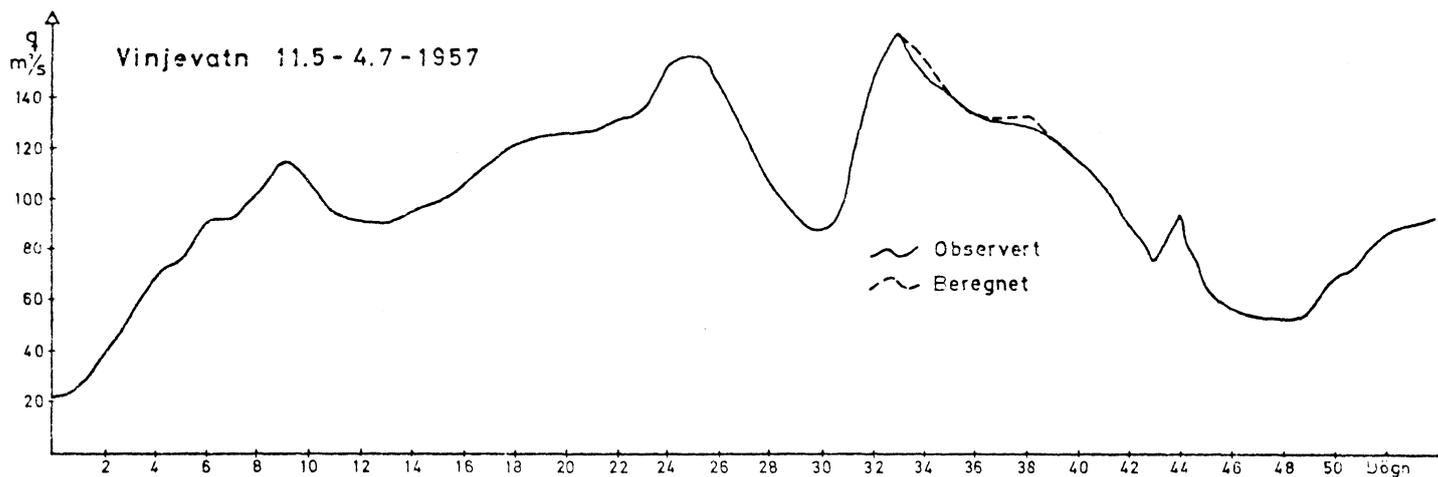


Fig. 12

TOKKEFELTET - UREGULERT  
Vårflom 1/5 - 28/8 1927

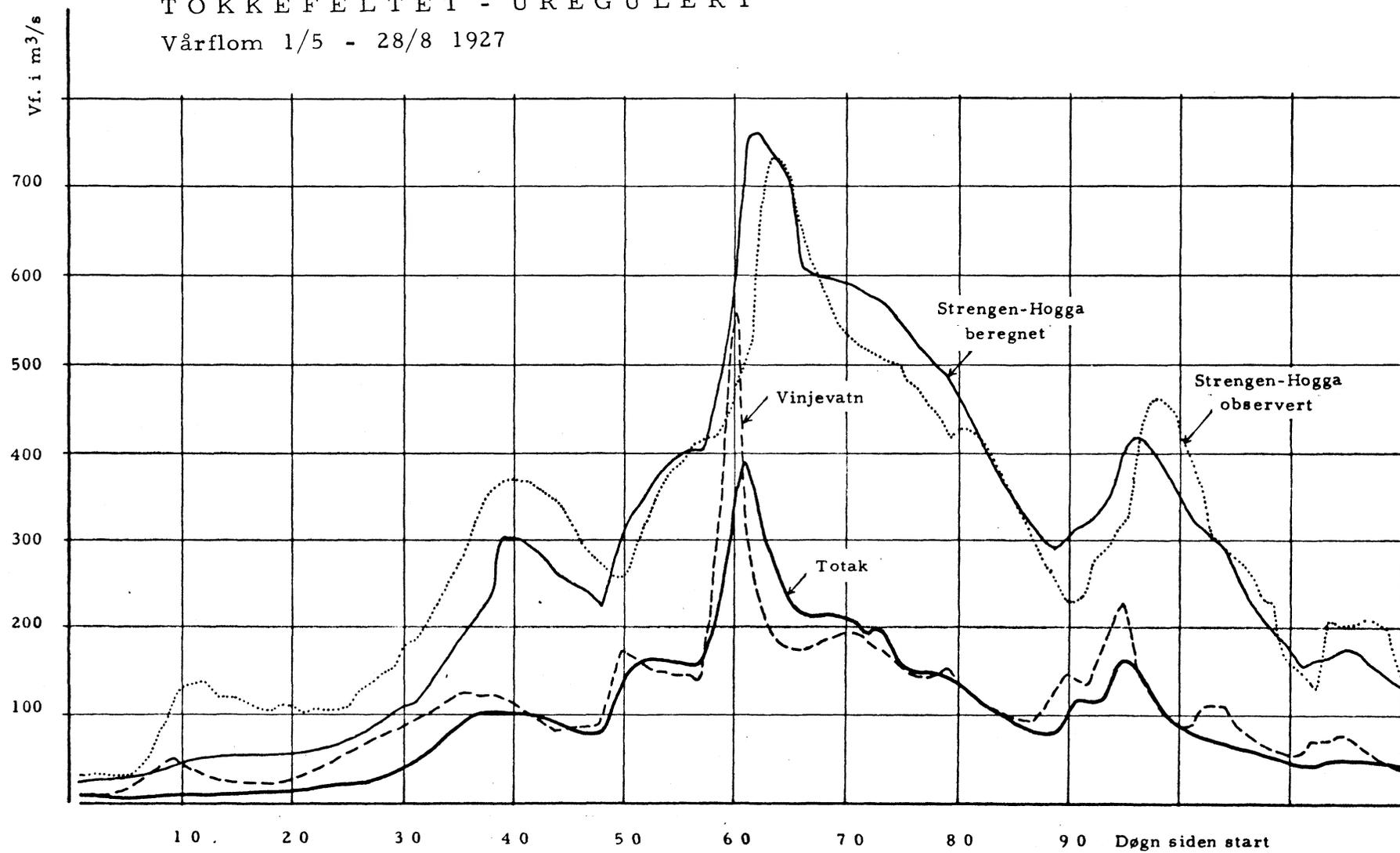


Fig. 13

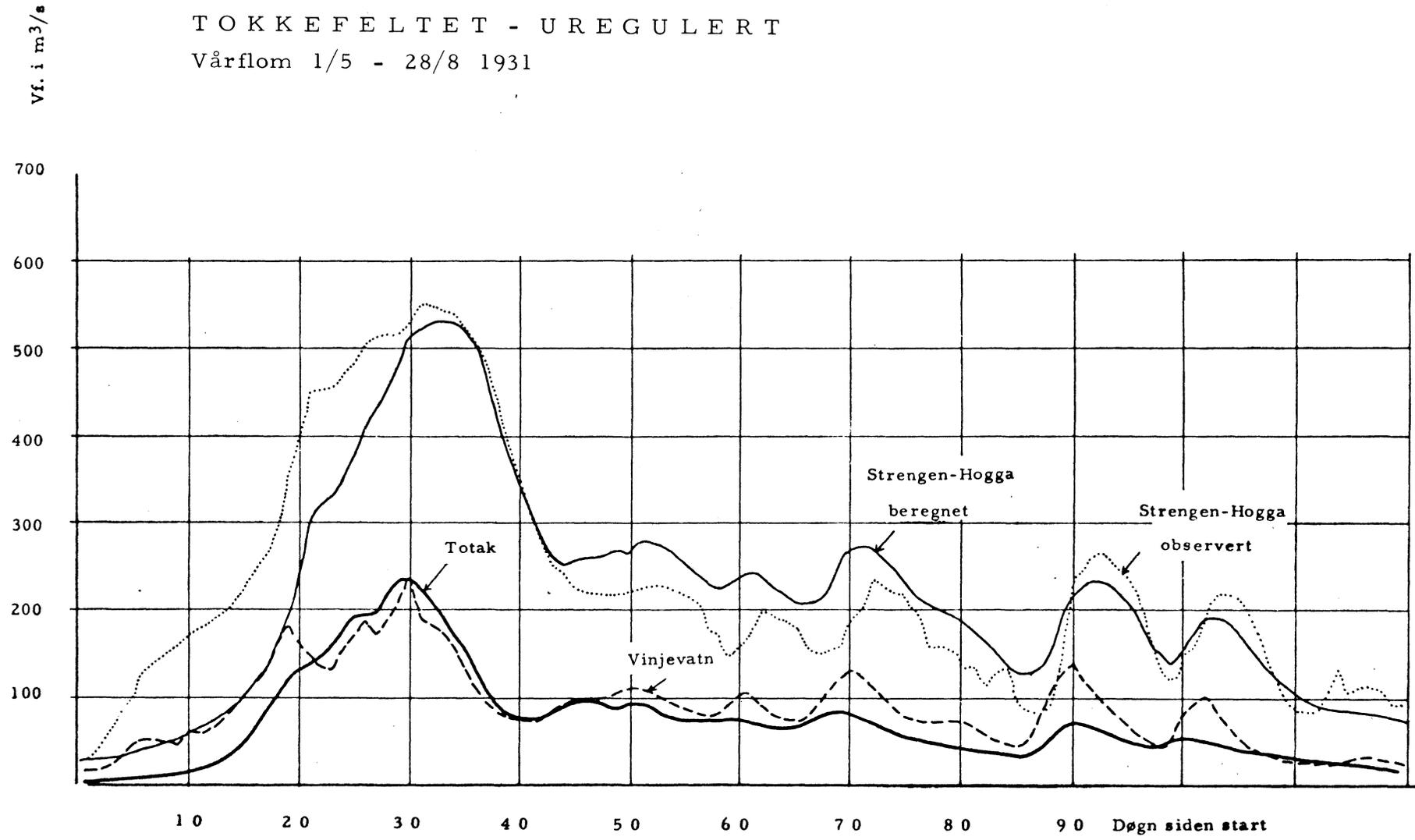


Fig. 14

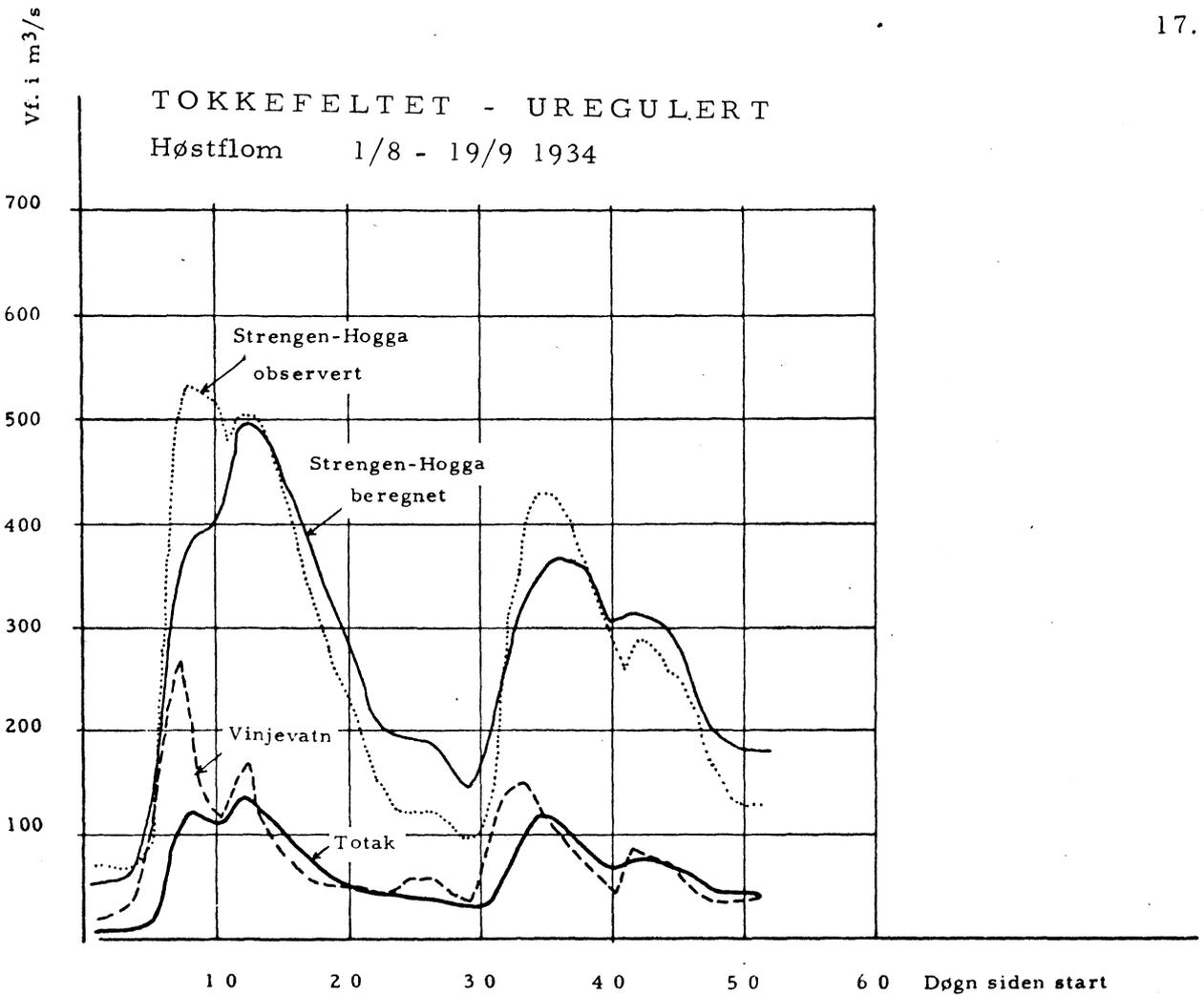


Fig. 15

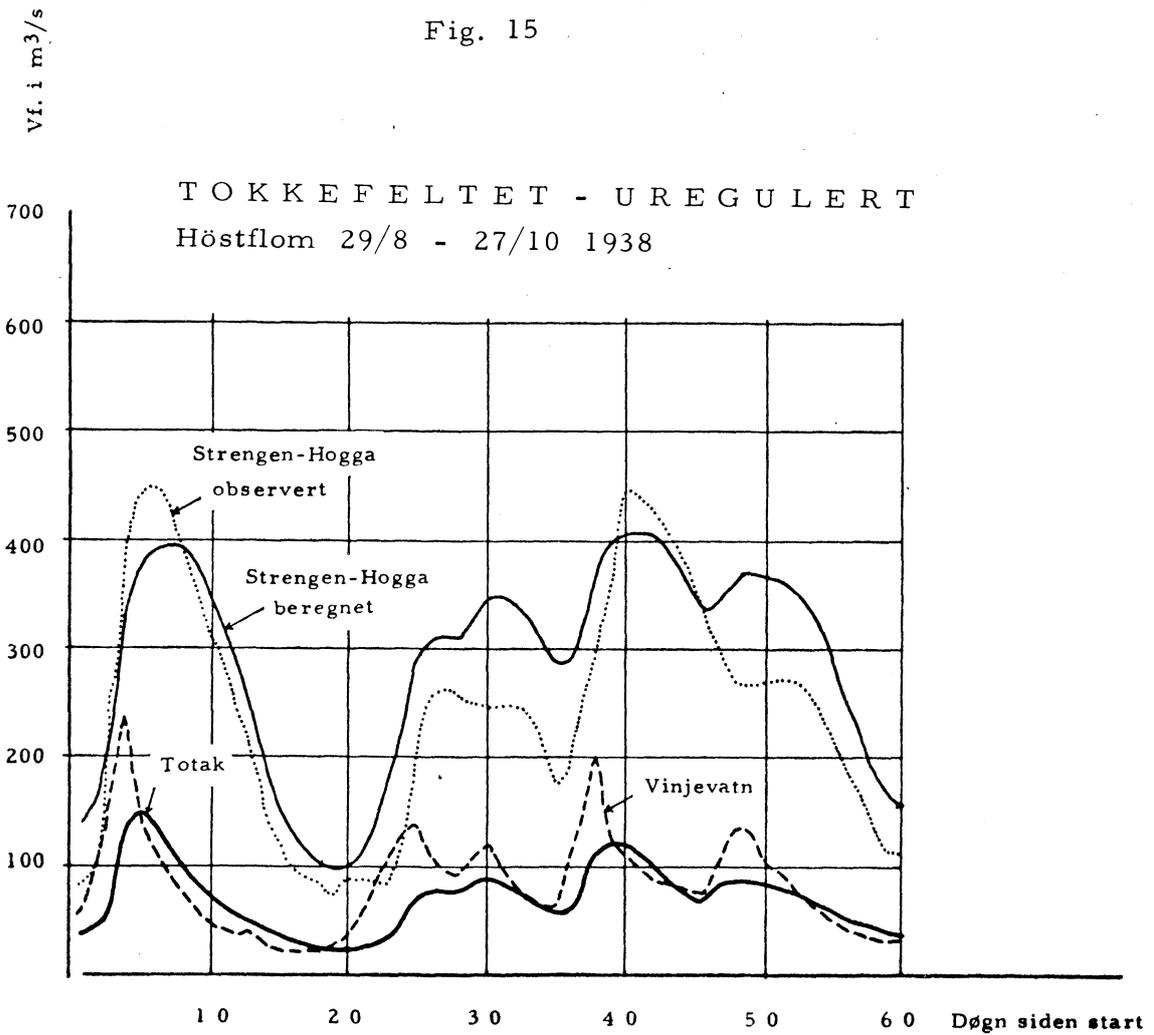


Fig. 16

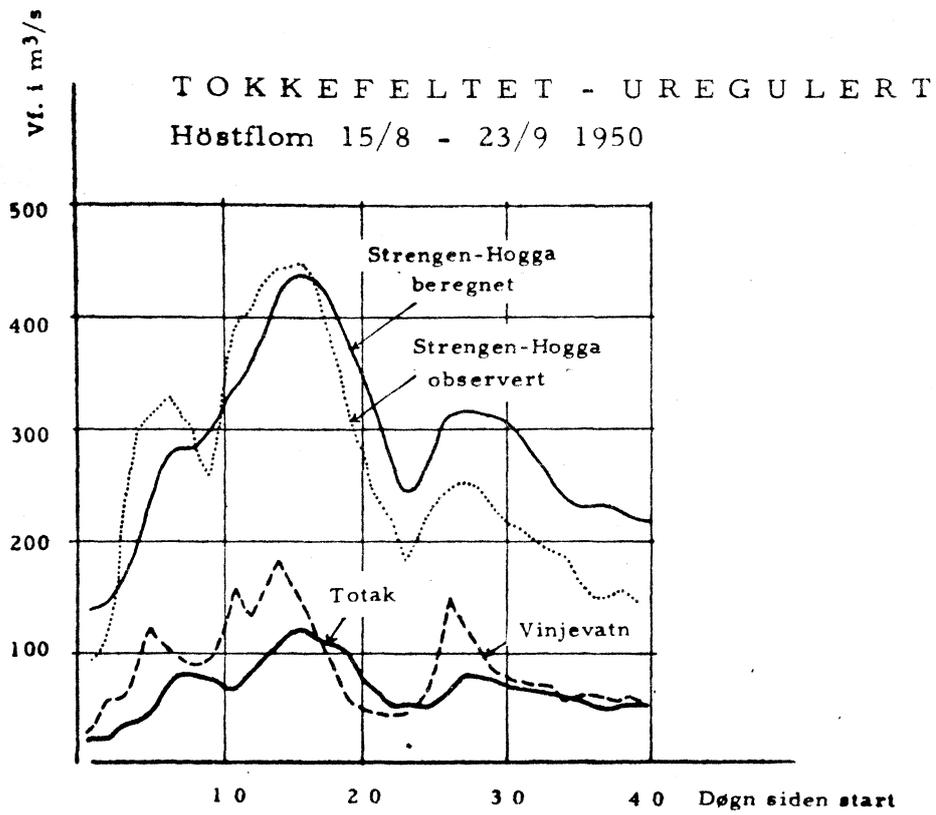


Fig. 17

### 3. BESKRIVELSE OG SIMULERING AV DET REGULERTE SYSTEMET

Som i det uregulerte systemet er området delt inn i mindre enheter som hver har sine karakteristiske egenskaper. En enhet kan bestå av et reguleringsmagasin med et tilhørende nedslagsfelt. En enhet kan få tilsig fra ovenforliggende enheter enten via et fiktivt elveleie eller en tunnell. Fra en enhet kan vannet renne ut i en annen enhet via et fiktivt elveleie, eller en tunnell som kan være tilknyttet en kraftstasjon. Både tunnellens og kraftstasjonens belastninger kan varieres. Et systemkart over Tokkefeltet er vist i fig. 18.

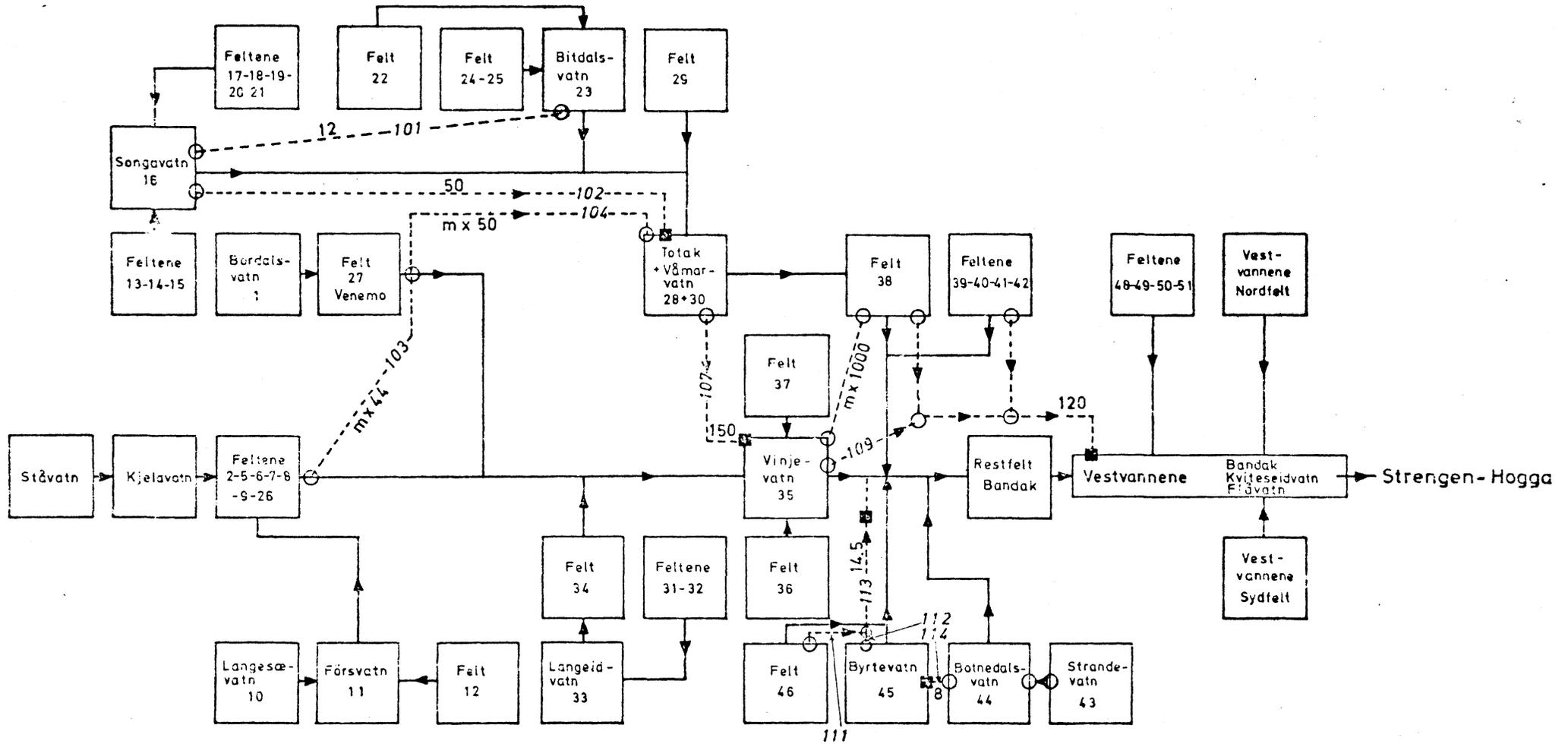
Reguleringsmagasinene kan ha et rektangulært overløp med fast overløpslengde. De kan også være påmontert en lukeanordning med variabel åpningshøyde. Et hvert magasin er underlagt en reguleringsstrategi. Vanligvis defineres denne ved hjelp av størrelser som flomdempningsmagasin og høyeste regulerte vannstand. En oversikt over den reguleringsstrategien som er benyttet her er gitt i Vedlegg II. Den er basert på oppgaver fra Statskraftverkene som igjen bygger på erfaringer fra reguleringsperioden 1966-74. Vedlegg II gir også en oversikt over maksimale belastninger i tunneller og kraftstasjoner.

Den innbyrdes beliggenhet av feltene er stort sett den samme som i det uregulerte tilfellet. De fem feltene som avviker er avmerket spesielt i tabell B i Vedlegg II. Det naturlige tilsiget beregnes som i det uregulerte tilfellet.

De fem flommene som er simulert i det uregulerte tilfellet er også behandlet for regulerte forhold. Det som kompliserer noe nå er valget av startmagasiner, belastning i kraftstasjoner samt valget av maksimalvannføringer i spesielle elveleier. Stort sett ble simuleringene foretatt med to alternative valg: Alternativ A, som forøvrig er det mest realistiske, har som startmagasin det som i middel for perioden 1966-74 er observert ved det tidspunktet flommen starter. Belastningen i kraftstasjonene er det maksimalt mulige ( forøvrig med kravet om at man skal kjøre med balanse ). Alternativ B har som startmagasin høyeste regulerte vannstand, HRV, for alle magasiner unntatt Totak. Her er startmagasinet 687.0 m. Belastningen i kraftstasjonene er det maksimalt mulige. Dette alternativet er lite realistisk fordi sannsynligheten for at man har regulert slik at magasinene har slike små flomdempningsmuligheter ved starten av en flom er svært liten. Det er allikevel tatt med fordi det viser hvordan det regulerte feltet i mettet tilstand reagerer i forhold til det uregulerte feltet under samme forhold. I tillegg til disse to alternativene, som er kjørt for flommene i 1931, 1934, 1938 og

# Oversikt over avløpssystemet til Eidselv ovf. Strengen-Hogga

## Del 2: Regulerte forhold



Oversikten er basert på isohydatere for Tokkefeltet

- alveleier
- 120 - tunneller, med angivelse av kapasitet
- tunnelinntak
- kraftstasjon
- 101--tunnel nr

Anm:

- Vestvannene nordfelt:  $A = 444 \text{ km}^2, q_s = 25 \frac{1}{3} \text{ km}^2$
- Vestvannene sydfelt:  $A = 455 \text{ km}^2, q_s = 15 \frac{1}{3} \text{ km}^2$
- Restfelt Bandak:  $A = 208 \text{ km}^2, q_s = 25 \frac{1}{3} \text{ km}^2$

Fig. 18

1950, er 1927-flommen kjørt for ytterligere tre alternativer: Alternativ C, startmagasiner som middelet pr. 1.mai for perioden 1966-74, flommen starter 1.mai, belastning som midlere belastning i månedene mai-august for perioden 1966-74. Alternativ D, startmagasiner lik det høyeste observerte pr. 19.juni for perioden 1966-74, start 19.juni, maksimal belastning. Alternativ E, startmagasiner lik de observerte magasiner pr. 19.juni 1967, start 19.juni, maksimal belastning. 1967 er det året hvor det i gjennomsnitt er observert høyest vannstand i alle magasinene. Alternativene D og E er kanskje de mest realistiske i en aktuell flomsituasjon av denne typen. Alle alternativene er vist i vedlegg D1, tabell DIV.

Resultatene fra disse simuleringene er vist i figurene 19-25. Man vil se at starttidspunktet er noe forskjøvet fra det uregulerte tilfellet. Dette kommer av at tilsigene i begynnelsen av de valgte flommene er små. De fleste magasinene vil da få en synkende vannstand på grunn av at systemet vil søke å holde en vannstand nærmest mulig ned mot flomdemningsgrensen. Det ble derfor valgt et tidspunkt for flommens begynnelse som ga en ikke-synkende vannstand.

I figurene er det vist vannføringen ved Strengen-Hogga, vannføringen ved vannmerke nr. 216 ( ved Dalen ) samt vannstanden i Totak. Begge alternativene er vist i samme figur for å lette sammenligningen. Videre er den observerte ( uregulerte ) vannføringen ved Strengen-Hogga også inntegnet.

Figurene viser at for både høstflommer og vårflommer vil reguleringen ha en tildels sterk dempende effekt på flommene slik som systemet er formulert her. Dette gjelder selv om alle magasinene er fulle ved flommens begynnelse. Grunnen til dette mener vi kommer av at i det uregulerte tilfellet var også feltet mettet med vann ved flommens begynnelse når kraftige flommer ble observert. Magasineringseffekten var derfor liten. I det regulerte tilfellet har man fått en rekke magasiner som selv om de er fulle allikevel har en bedre flomdempende virkning på grunn av deres store overflate.

Konklusjonen blir derfor: Antar man at de tre forutsetningene 1, 2 og 3 nedenfor er gyldige vil ikke reguleringen i Tokkefeltet øke de naturlige kraftige flommene ved Strengen-Hogga. Forutsetning 1: De antagelsene og forenklingene som er foretatt for å få en matematisk beskrivelse av feltet er nødvendige og tilstrekkelige. Forutsetning 2: Flommene manøvreres i henhold til de reglene som er nevnt i Vedlegg II.

Forutsetning 3: De fem valgte flommene er representative for kraftige flommer.

# TOKKEFELTET - REGULERT

Vårflom 19/6 - 28/8 1927

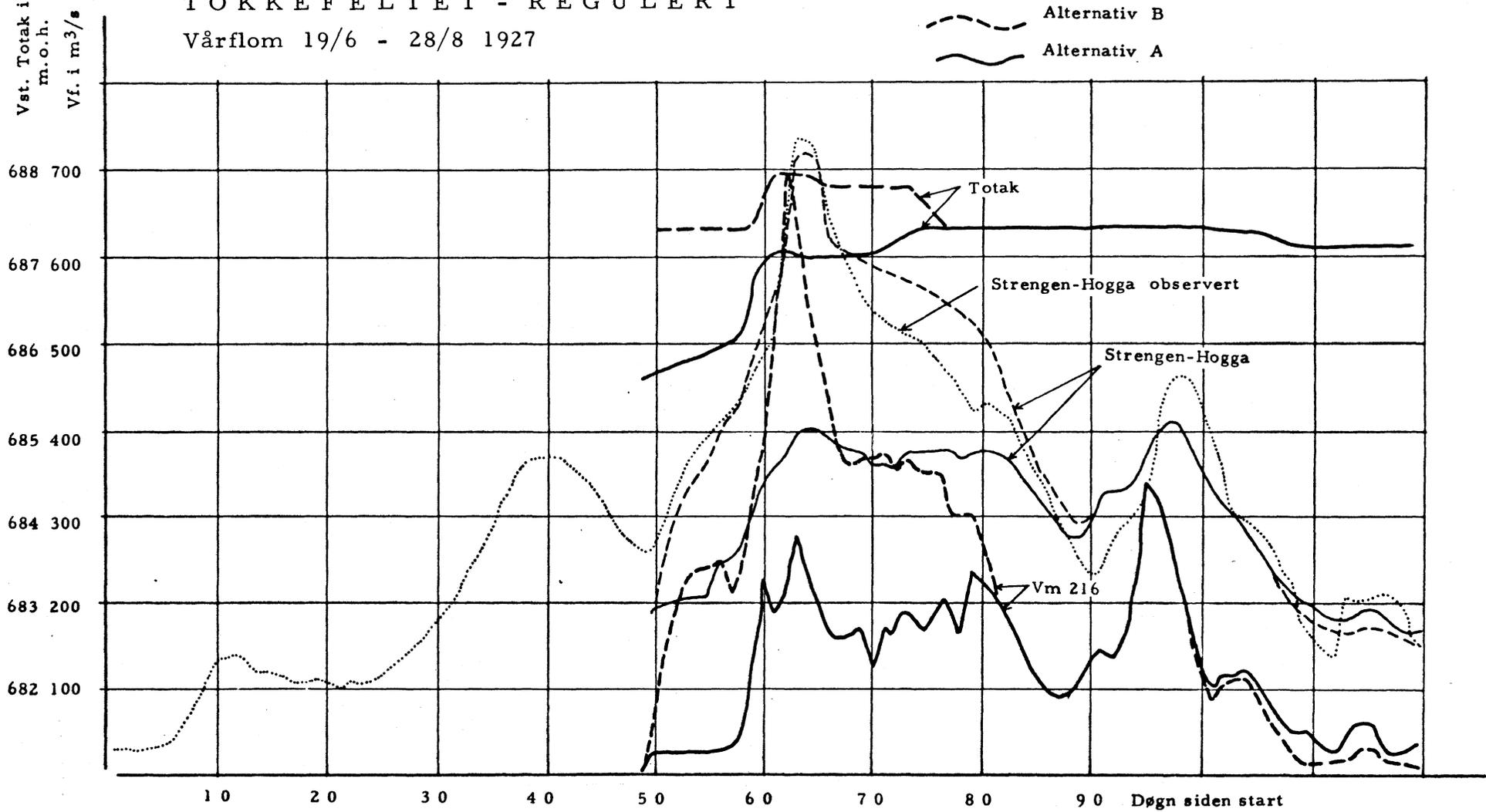


Fig. 19

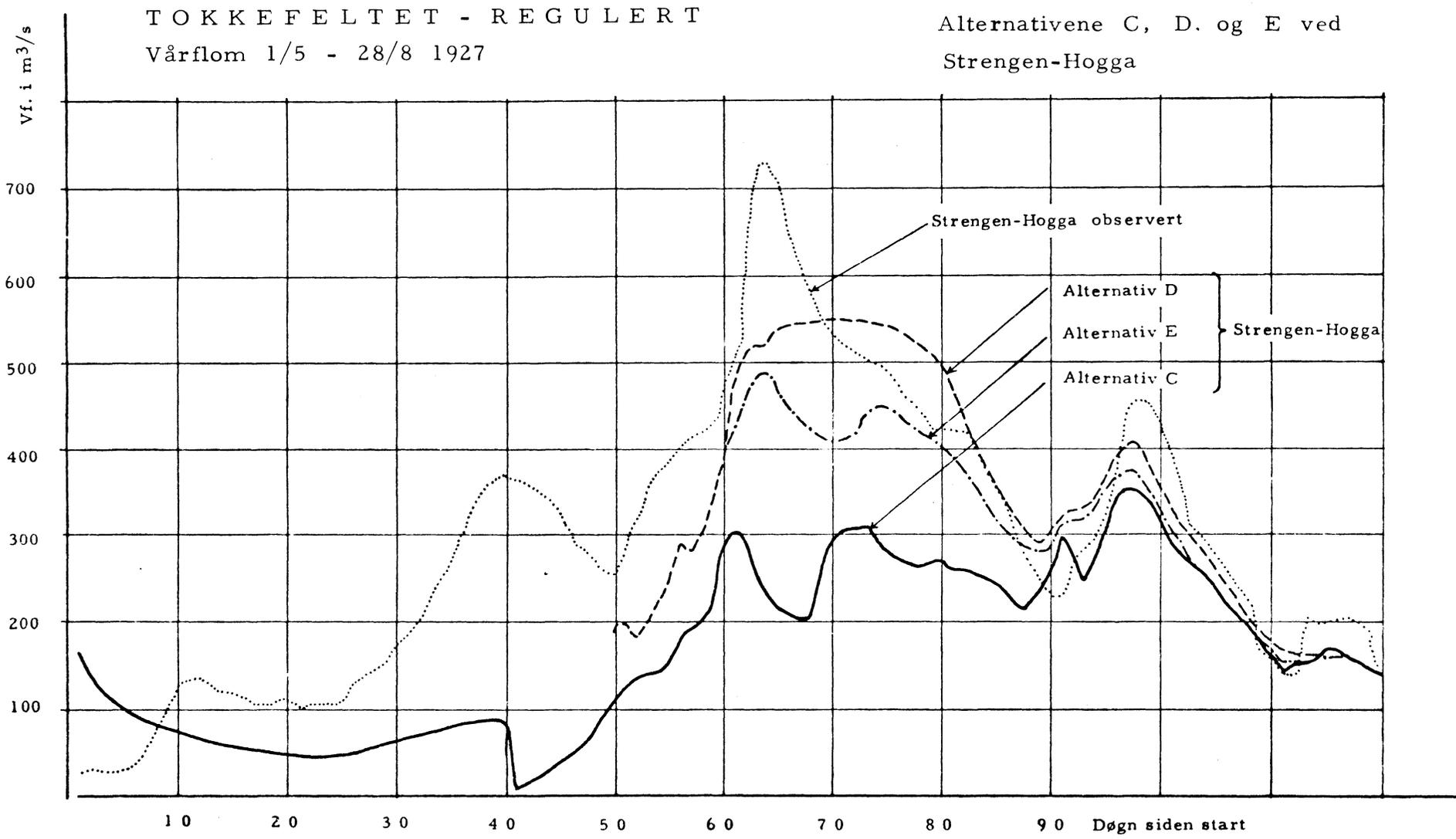


Fig. 20

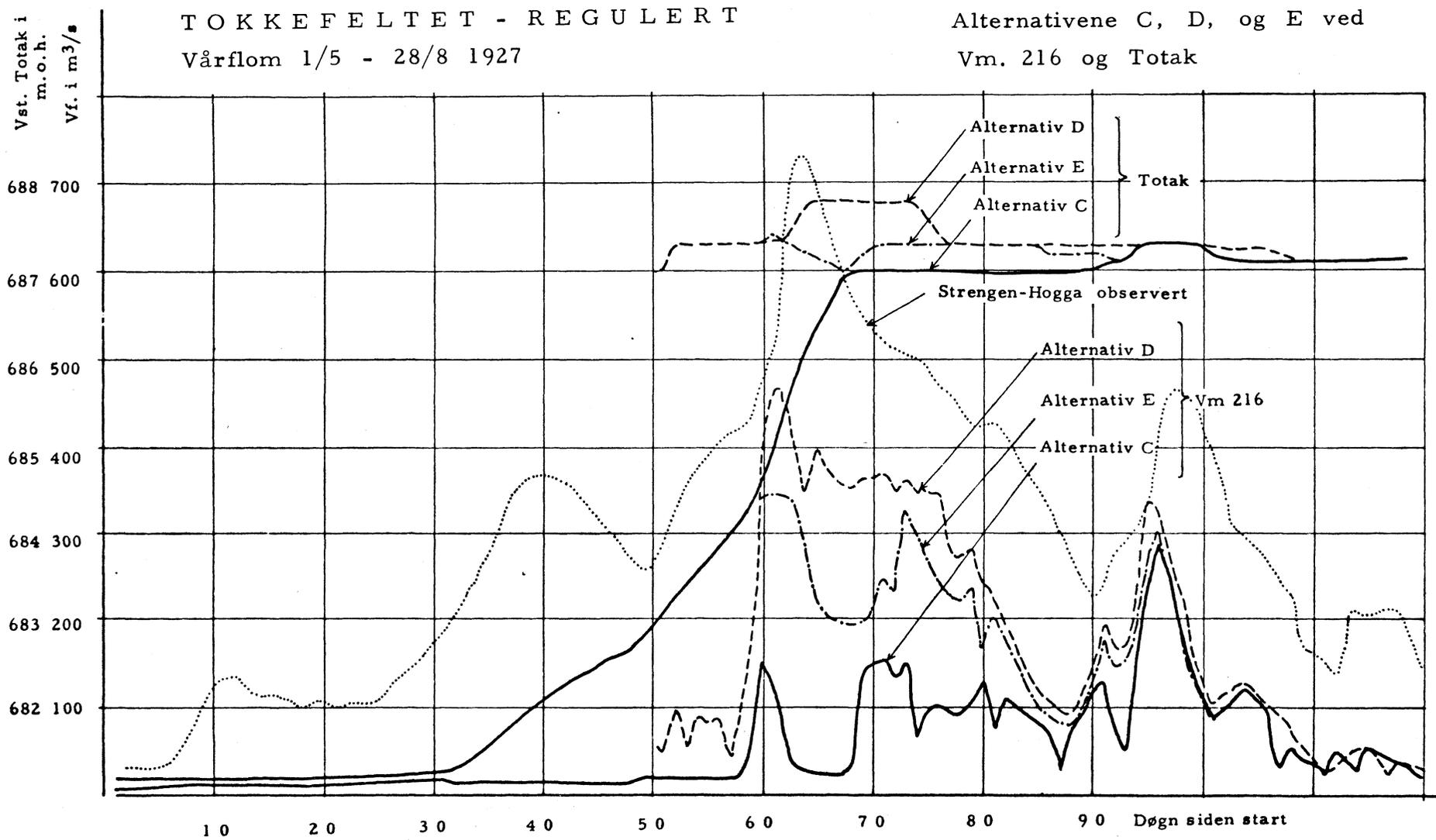


Fig. 21

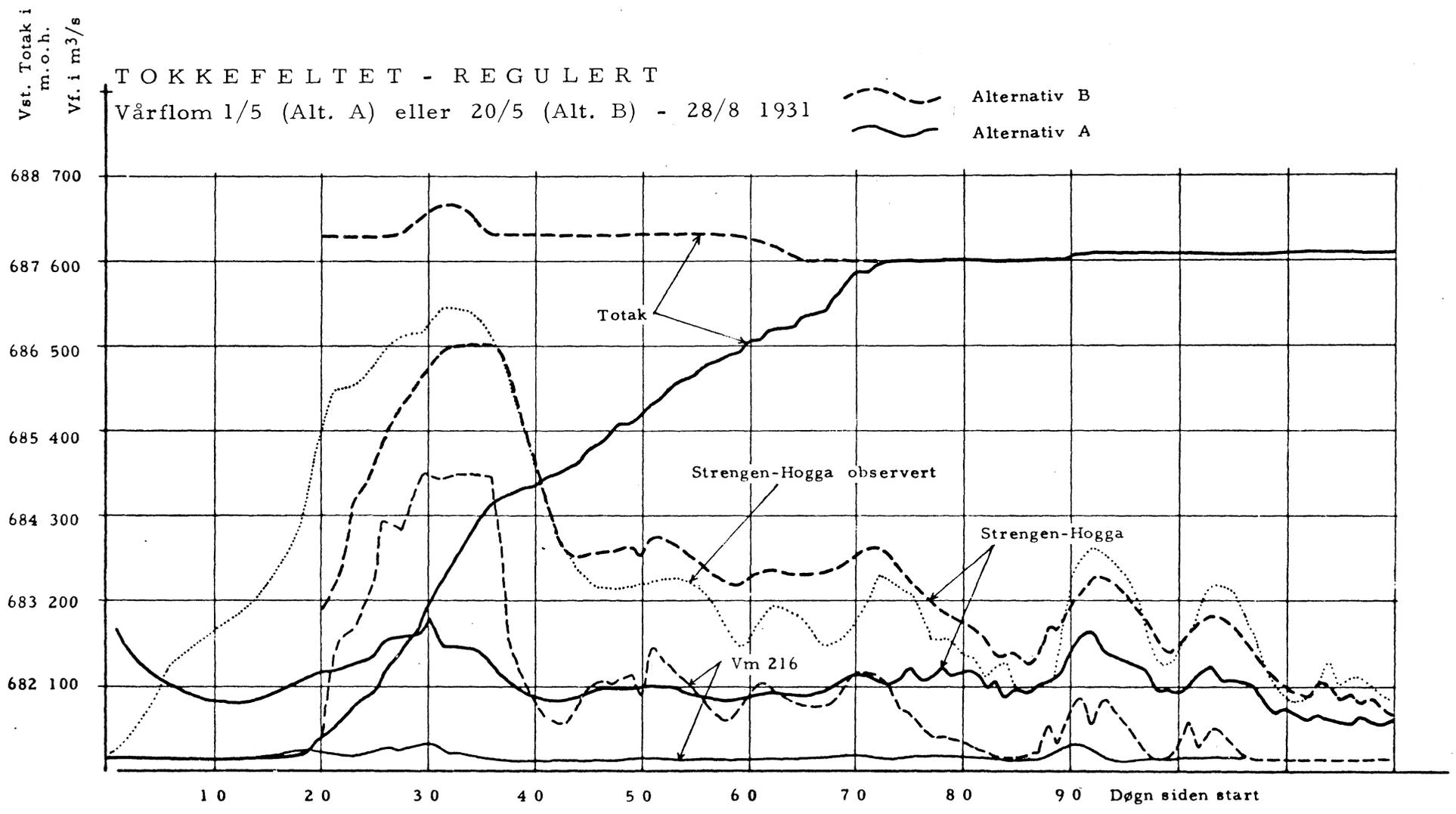


Fig. 22

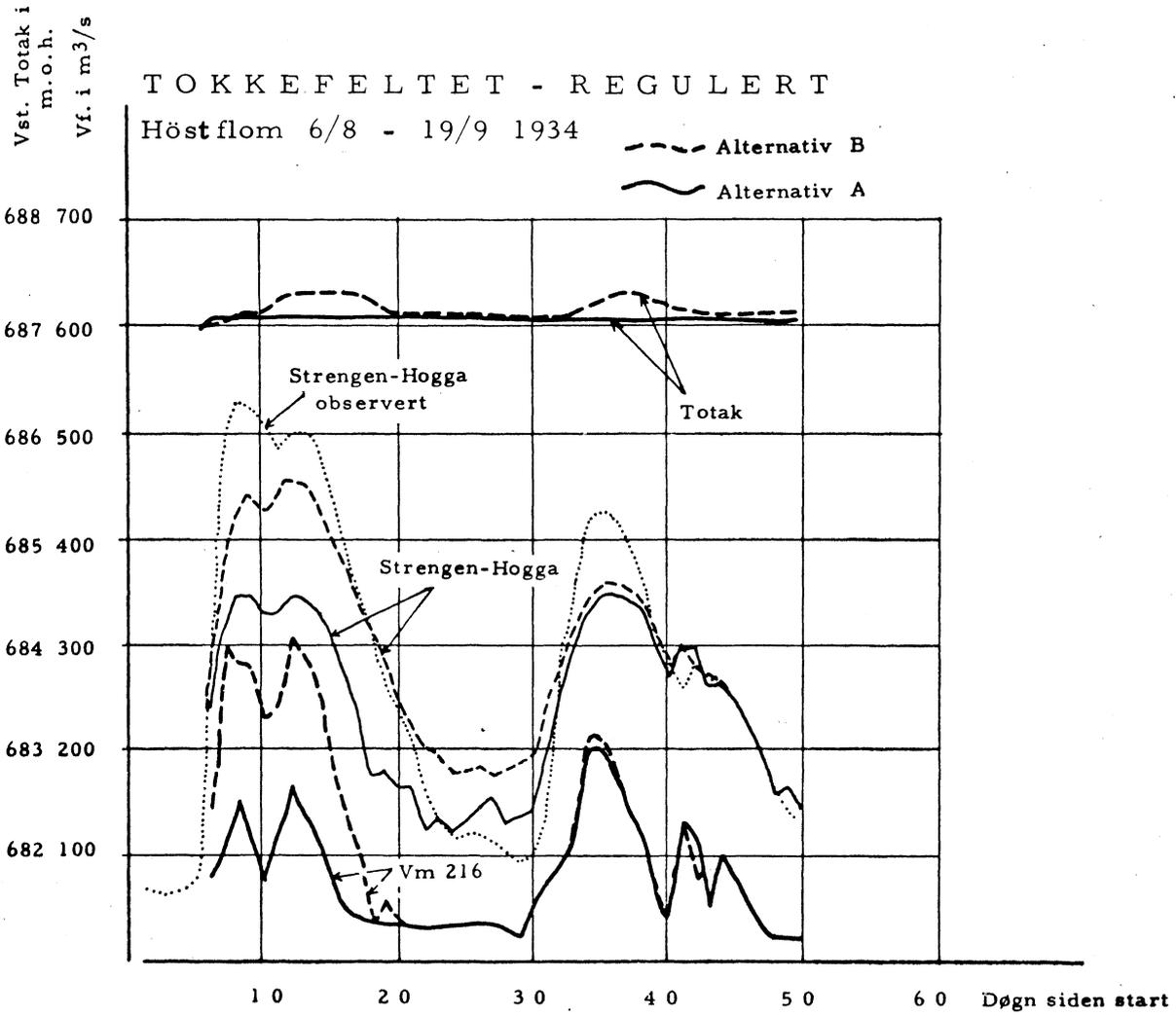


Fig. 23

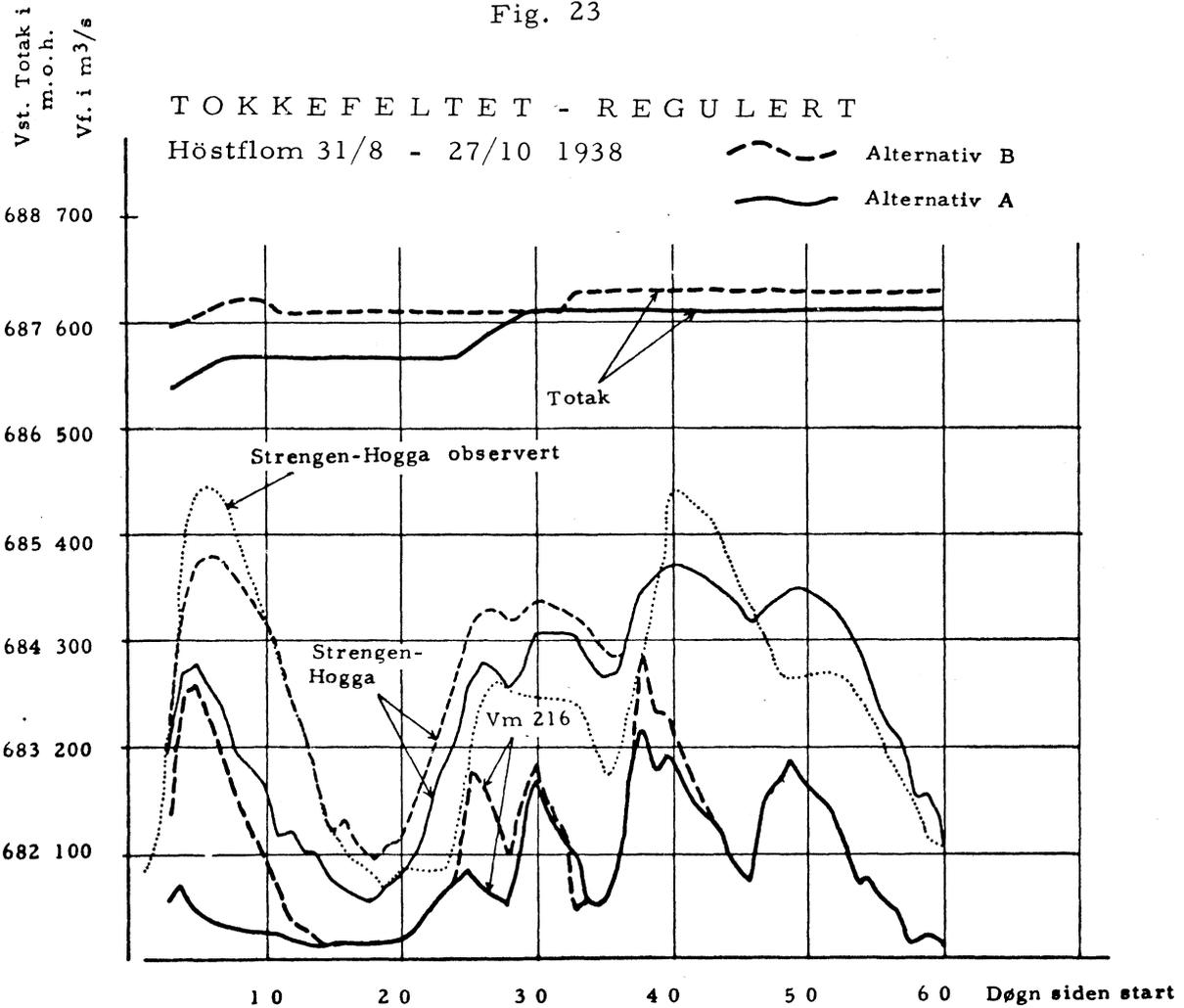


Fig. 24

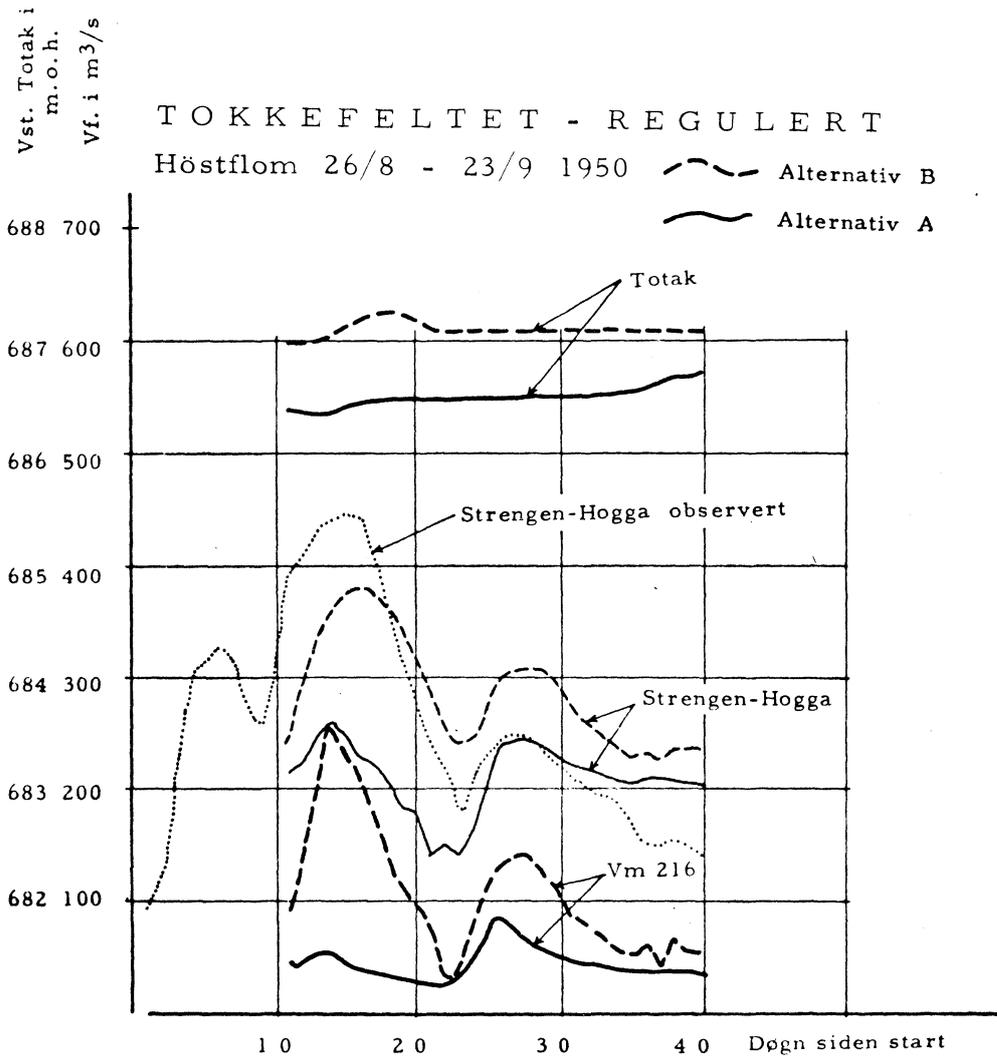


Fig. 25

#### 4. SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Det er foretatt en matematisk beskrivelse av Tokkevassdraget som gjør det mulig å simulere vassdraget under forskjellige flomforhold ved hjelp av EDB. Hensikten har vært å finne ut om forholdene under kraftige flommer er forskjellige under regulerte og uregulerte forhold.

Arbeidet har vært utført under ledelse av Hydrologisk avdeling. Det har vært benyttet konsulenthjelp fra Norsk Regnesentral. Alle simuleringer er utført ved NVE's EDB-anlegg.

Vannføringsgrensene ved Vm. 216 Dalen og vannstandene i Totak styrer systemet i meget stor grad. De maksimalgrensene som velges er avgjørende for systemets flomdempende effekt. Mellom vst. 687.00 og 687.30 i Totak vil man tillate overløp slik at man får inntil 300 m<sup>3</sup>/s ved Vm. 216. Hensikten med å tappe over Tveito er å holde Totak lavest mulig ned mot dempningsgrensen. Er tilsiget til Totak så stort at vannstanden stiger over 687.30, tillates tapping over Tveito slik at vannføringen ved Vm. 216 blir maksimalt 350 m<sup>3</sup>/s. Hvis vannstanden kommer over 687.80 kan vannføringen ved Vm. 216 maksimalt bli 490 m<sup>3</sup>/s. Dersom vannstanden i Totak stiger over 687.94, som er den største observerte vannstanden, slippes så meget vann ut at denne grensen holdes, uavhengig av vannføringsgrenser ved Vm. 216.

Totak stiger når totaltilsiget øker over det som tappes gjennom Vinje kraftstasjon. Totaltilsiget vil normalt være stort når de regulerte magasinene som ligger ovenfor får overløp. I de hypotetiske tilfellene da man simulerte f.eks. 1927-flommen og startet med helt fulle magasiner fikk man tildels store tilsig. Det viste seg da at systemet fikk omtrent samme flomdempende virkning som i det uregulerte tilfellet, bortsett fra at begynnelsen av flommen ble noe redusert. Man kan derfor konkludere med at man slik som systemet her er definert ikke får høyere flommer ved Strengen-Hogga enn de man hadde i det uregulerte tilfellet. Dette gjelder både for høstflommer og vårflommer. I et mere normalt tilfelle, f.eks. der magasinene i startfasen blir lagt på det som er nær det maksimale for årstiden ( alt. D eller E for 1927-flommen ) blir de regulerte flommene betydelig reduserte.

## Vedlegg I

Ved 5 innsjøer var det ikke etablert noen vannføringsfunksjon før reguleringen startet. Ved disse måtte man derfor konstruere en sannsynlig funksjon. Denne ble basert på en antatt null-punkts høyde ut fra eksisterende karter over damprofilene, antatt midlere vannstand samt beregnet midlere spesifikke flom ut fra Søgnens formelverk og tilsvarende vannstand ut fra en antatt middelhastighet på 1,5 m/s i flomsituasjon i utløpsprofilet. Vannføringskurvene for Botnedalsvatn, Ståvatn, Kjela, Førsvatn og Langesvatn er vist i fig. A.

Det eksisterende reguleringsreglementet for Vestvannene (Bandak, Kviteseidvatn, Flåvatn) er bestemmende for tappingen av vann ved Hogga dam. Det er etablert en vannføringsfunksjon for 2-skala vannmerkene Strengen og Hogga, slik at vannføringen kan bestemmes hvis vannstandene er kjent. Siden vannstandene er avhengig av reguleringer, var det derfor nødvendig å lage en ny vannføringsfunksjon der reguleringen inngår. Samhørende verdier av vannføringen ved Strengen-Hogga og vannstander ved Strengen ble plottet for endel flommer. I fig. A er det vist den resulterende vannføringskurven. Man får to adskilte kurver, en som gjelder før og en som gjelder etter at maksimalvannføringen har inntrått.

Tabell A gir en oversikt over de feltenhetene Tokkefeltet er oppdelt i for det uregulerte tilfellet.

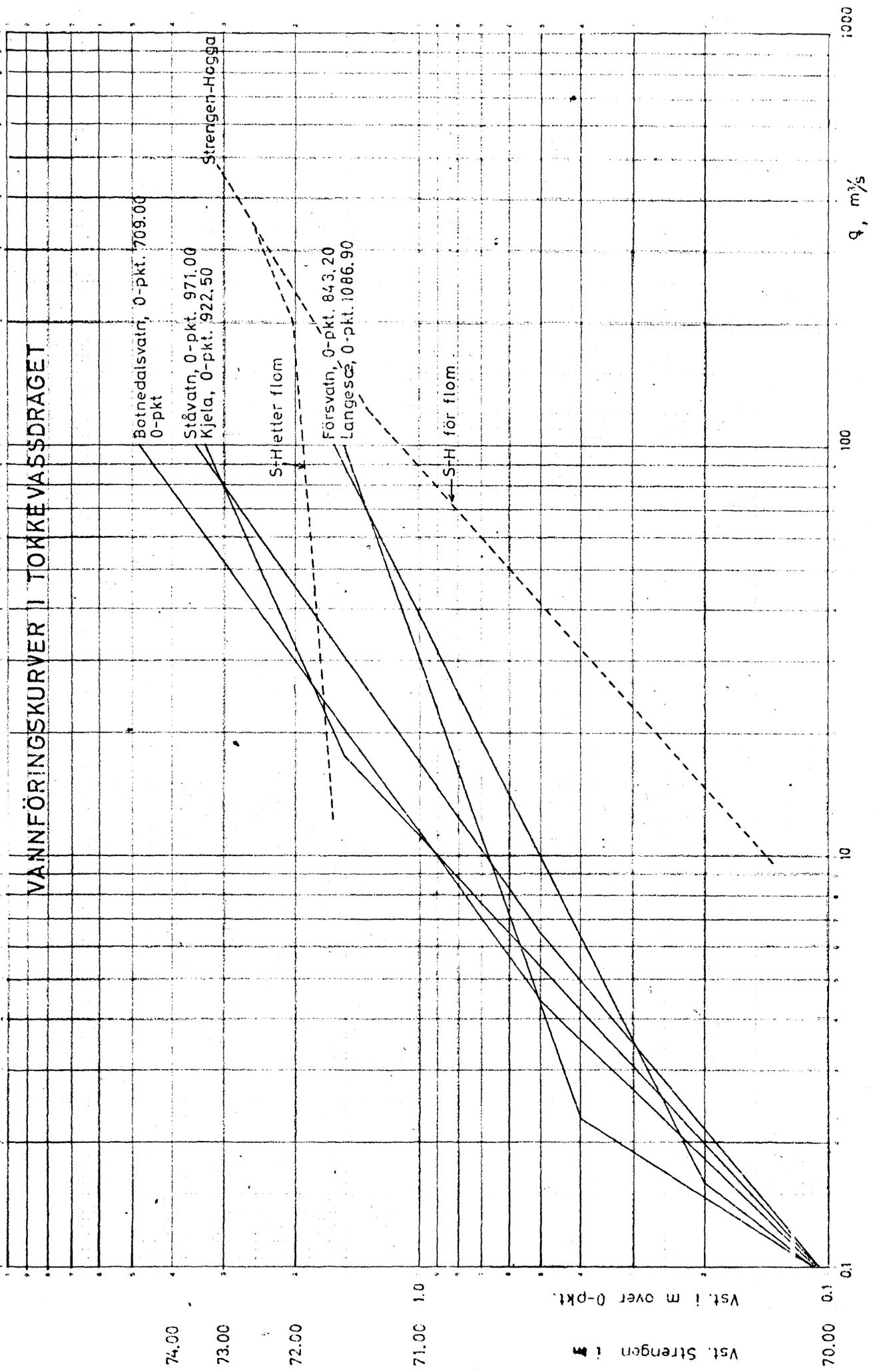


Fig. A

TABELL A

Oversikt over feltenhetene i Tokkefeltet i det uregulerte tilfellet.

Felt int. nr.	Feltets navn	Areal km <sup>2</sup>	Midl. flom m <sup>3</sup> /s	Årsavløp i mill. m <sup>3</sup>	Tilsig fra felt/tunnel	Avløp til felt/tunnel	Tilsigsbeskrivelse	
							Obs. for felt nr.	Tidsforsk. i døgn.
1	Vestvannene	-	-	-	2, 3, 4, 5	-	-	-
2	Vest. sydfelt	455.	72.	215.	-	1	26	4
3	Vest. nordfelt	443.	96.	350.	-	1	36	4
4	Felt 47, 48, 49 50, 51.	84.	25.	73.	-	1	36	1
5	Vm. 216	-	-	-	6	1	-	-
6	Restfelt. Bandak	208.	51.	164.	7, 8, 9, 10, 12, 20, 21, 24.	5	26	1
7	Strandevatn	55.	26.	92.	-	6	26	1
8	Botnedalsvatn	79.	36.	139.	-	6	26	1
9	Byrtevatn	98.	40.	151.	-	6	26	0
10	Felt 46	18.	8.	19.	-	6	26	0
12	Felt 36	12.	2.	13.	-	6	26	0
13.	Felt 31-32	9.	3.	8.	-	26	26	0
14	Felt 34	5.	2.	4.	15	26	26	-1
15	Langeidvatn	55.	16.	63.	-	14	26	-1
16	Felt 12	9.	4.	13.	-	26	26	-1
17	Førsvatn	17.	6.	22.	18	32	26	-1
18	Langesævatn	29.	12.	51.	-	17	26	-1
20	Felt 39, 40, 41, 42	51.	15.	36.	-	6	36	0
21	Felt 38	71.	17.	40.	36	6	36	0

TABELL A ( forts. )

Oversikt over feltenhetene i Tokkefeltet i det uregulerte tilfellet.

Felt int. nr.	Feltets navn	Areal km <sup>2</sup>	Midl. flom m <sup>3</sup> /s	Årsavløp i mill. m <sup>3</sup>	Tilsig fra felt/tunnel	Avløp til felt/tunnel	Tilsigsbeskrivelse	
							Obs. for felt nr.	Tidsforsk. i døgn.
23	Felt 30	26.	6.	16.	-	26	26	0
24	Felt 37	8.	2.	6.	26	6	26	0
26	Vinjevatn	290.	53.	249.	13,14,16,23,32,39	24	26	0
27	Songavatn	374.	90.	545.	-	36	36	-2
28	Felt 13,14,15	38.	31.	171.	-	29	26	-2
29	Bordalsvatn	94.	32.	164.	28	39	26	-1
30	Ståvatn	85.	35.	206.	-	31	26	-2
31	Kjelavatn	50.	22.	114.	30	32	26	-1
32	Felt 2,5,6,7,8,9,26	87.	26.	123.	17,31	26	26	-1
33	Felt 17,18,19,20,21	12.	4.	11.	-	36	36	-1
34	Felt 22	10.	4.	13.	-	36	36	-1
35	Felt 24-25	25.	8.	28.	-	36	36	-1
36	Totak	231.	45.	222.	27,33,34,35,37,38	21	36	0
37	Bitdalsvatn	72.	22.	100.	-	36	36	-1
38	Felt 29	116.	23.	92.	-	36	36	-1
39	Felt 27	56.	11.	34.	29	26	26	-1

## VEDLEGG II

Tabell B gir en oversikt over de feltenhetene Tokkefeltet er oppdelt i for det regulerte tilfellet.

Tabell C gir en oversikt over de tunnellene som inngår i det regulerte Tokkefeltet.

Tabell D gir en oversikt over den spesialbehandlingen enkelte feltenheter er underlagt. Denne spesialbehandlingen innbefatter den reguleringsstrategien som er benyttet.

Tabell E viser startmagasiner og belastning i kraftstasjonene for ialt 5 alternative simuleringer.

TABELL B

Oversikt over feltenhetene i Tokkefeltet i  
det regulerte tilfellet.

Feltets navn	Int. nr.	Mag. Ja/Nei	Overløps- bredde i m	Terskel- høyde i m.o.h.	Luke Ja/Nei Kapasi- i m <sup>3</sup> /s	Flomdemp- ning i m under HRV	HRV i m.o.h.
Vestvannene. (Avløp beregnes spesielt).	1	Nei					
Vestvannenes syd- felt.	2	Nei					
Vestvannenes nord- felt.	3	Nei					
Feltene 47, 48, 49, 50, 51.	4	Nei					
Vm. 216	5	Nei					
Restfelt Bandak	6	Nei					
Strandevatn (Renner ut i felt nr. 8 ).	7	Ja	-	-		-	-
Botnedalsvatn	8	Ja	30.0	740.0	Nei	0	740.0
Byrtevatn	9	Ja	30.0	445.6	Nei		445.6
Felt 46	10	Nei					
Knutepunkt 111-112 (Renner ut i område nr. 19 )	11	Nei					
Felt 36	12	Nei					
Feltene 31, 32	13	Nei					
Felt 34	14	Nei					
Langeidvatn	15	Ja	17.6	885.5	Nei	0	885.5
Felt 12	16	Nei					
Førsvatn	17	Ja	50.0	846.5	Nei	0	846.5
Langesævatn	18	Ja	110.0	1090.0	Nei	0	1090.0
Dummy Bandak (Renner ut i område nr. 6 ).	19	Nei					
Feltene 39, 40, 41, 42	20	Nei					
Felt 38	21	Nei					
Knutepunkt 101-102 ( utgått .)	22	Nei					
(Våmarvatn, utgått)	23						
Felt 37	24	Nei					

TABELL B ( forts. )  
Oversikt over feltenhetene i Tokkefeltet i  
det regulerte tilfellet.

Feltets navn	Int. nr.	Mag. Ja/Nei	Overløps- bredde i m	Terskel- høyde i m.o.h.	Luke Ja/Nei Kapasi- i m <sup>3</sup> /s	Flomdemp- ning i m under HRV	HRV i m.o.h.
Dummy Vinje (Renner ut i område 26 )	25	Nei					
Vinjevatn	26	Ja	-	-	Nei	-	465.5
Songavatn	27	Ja	150.0	974.0	Nei	0.5	974.0
Feltene 13, 14, 15	28	Nei					
Bordalsvatn	29	Ja	60.0	891.0	Nei	0	891.0
Ståvatn	30	Ja	65.0	978.5	Nei	0	978.5
Kjelavatn	31	Ja	90.0	944.0	Ja-30.0	0.5	944.0
Hyljelihyl (Avløp til tunnell 103 )	32	Ja	-	-	-	-	-
Feltene 17, 18, 19 20, 21	33	Nei					
Felt 22	34	Nei					
Bitdalsvatn	35	Ja	40.0	974.0	Nei	0	974.0
Totak (inkl. Våmarvatn. )	36	Ja	-	-	Nei	Variabelt	687.3
Felt 24-25	37	Nei					
Felt 29	38	Nei					
Venemo	39	Ja	53.5	703.0	Nei	3.0	703.0
Dummy Totak (Renner ut i område 36 )	40	Nei					

## TABELL C

Oversikt over tunneller i Tokkefeltet.

INTERNT NR. 101 EVT. KRAFTSTASJON Nei  
 RENNER FRA OMRÅDE (INTERNT NR, NAVN) 37 - Bitdalsvatn  
 RENNER TIL OMRÅDE (INTERNT NR, NAVN) 27 - Songavatn  
 MAKSIMAL KAPASITET 12 M<sup>3</sup>/S  
 BELASTNING I % AV MAKS. KAPASITET 100  
 RESTRIKSJONER To veis tunnel. Skal balansere vannstandene i  
Songavatn og Bitdalsvatn.

INTERNT NR. 102 EVT. KRAFTSTASJON Ja  
 RENNER FRA OMRÅDE (INTERNT NR, NAVN) 27 - Songavatn  
 RENNER TIL OMRÅDE (INTERNT NR, NAVN) 36 - Totak  
 MAKSIMAL KAPASITET 43 M<sup>3</sup>/S  
 BELASTNING I % AV MAKS. KAPASITET 100  
 RESTRIKSJONER Stenges når TOTAK over HRV.

INTERNT NR. 103 EVT. KRAFTSTASJON Nei  
 RENNER FRA OMRÅDE (INTERNT NR, NAVN) 32 - Hyljelikyl  
 RENNER TIL OMRÅDE (INTERNT NR, NAVN) 39 - Venemo  
 MAKSIMAL KAPASITET 40<sup>+</sup> M<sup>3</sup>/S  
 BELASTNING I % AV MAKS. KAPASITET 100  
 RESTRIKSJONER +<sup>1</sup>) Kapasiteten avhengig av vannstanden i Venemo.

INTERNT NR. 104 EVT. KRAFTSTASJON Nei  
 RENNER FRA OMRÅDE (INTERNT NR, NAVN) 39 - Venemo  
 RENNER TIL OMRÅDE (INTERNT NR, NAVN) 36 - Totak  
 MAKSIMAL KAPASITET 50<sup>+</sup> M<sup>3</sup>/S  
 BELASTNING I % AV MAKS. KAPASITET 100  
 RESTRIKSJONER +<sup>1</sup>) Kapasitet avhengig av vannstandene i magasinene  
Venemo og Totak.

## TABELL C ( forts. )

Oversikt over tunneller i Tokkefeltet.

INTERNT NR. 107 EVT. KRAFTSTASJON Ja  
 RENNER FRA OMRÅDE (INTERNT NR, NAVN) 36 - Totak  
 RENNER TIL OMRÅDE (INTERNT NR, NAVN) 26 - Vinjevatn  
 MAKSIMAL KAPASITET 150 M<sup>3</sup>/S  
 BELASTNING I % AV MAKS. KAPASITET 100+)  
 RESTRIKSJONER +) Belastningen avhenger av øvrige tilsig Vinjevatn, samt  
 vannstanden i Totak. Se skjema om spesialbehandling Vinjevatn.  
Vannføring begrenset av tilsig Totak.

INTERNT NR. 108 EVT. KRAFTSTASJON Nei  
 RENNER FRA OMRÅDE (INTERNT NR, NAVN) 21 - Felt 38  
 RENNER TIL OMRÅDE (INTERNT NR, NAVN) 26 - Vinjevatn  
 MAKSIMAL KAPASITET 1000 M<sup>3</sup>/S  
 BELASTNING I % AV MAKS. KAPASITET +)  
 RESTRIKSJONER +) Dette er å betrakte som en tunnel med ubegrenset  
 kapasitet, brukes når Totak ellers vil gå over 687,94 eller for å oppfylle  
 max. overløp Tveito når Totak ligger høyt.

TABELL C ( forts. )  
Oversikt over tunneller i Tokkefeltet.

INTERNT NR. 109 EVT. KRAFTSTASJON Ja  
 RENNER FRA OMRÅDE (INTERNT NR, NAVN) 26 - Vinjevatn  
 RENNER TIL OMRÅDE (INTERNT NR, NAVN): 1 - Vestvannene  
 MAKSIMAL KAPASITET 120 M<sup>3</sup>/S  
 BELASTNING I % AV MAKS. KAPASITET 100  
 RESTRIKSJONER Vannføring begrenset av tilsig Vinjevatn.

INTERNT NR. 111 EVT. KRAFTSTASJON Nei  
 RENNER FRA OMRÅDE (INTERNT NR, NAVN) 10 - Felt 46  
 RENNER TIL OMRÅDE (INTERNT NR, NAVN): 11 - Knutepunkt 111-112  
 MAKSIMAL KAPASITET 1.8 M<sup>3</sup>/S  
 BELASTNING I % AV MAKS. KAPASITET 100  
 RESTRIKSJONER \_\_\_\_\_

INTERNT NR. 112 EVT. KRAFTSTASJON Nei  
 RENNER FRA OMRÅDE (INTERNT NR, NAVN) 9 - Byrtevatn  
 RENNER TIL OMRÅDE (INTERNT NR, NAVN): 11 - Knutepunkt 111-112  
 MAKSIMAL KAPASITET 12.7 M<sup>3</sup>/S  
 BELASTNING I % AV MAKS. KAPASITET 100  
 RESTRIKSJONER \_\_\_\_\_

## TABELL C ( forts. )

Oversikt over tunneller i Tokkefeltet.

INTERNT NR. 113 EVT. KRAFTSTASJON Ja  
 RENNER FRA OMRÅDE (INTERNT NR, NAVN) 11 - Knutepunkt 111-112  
 RENNER TIL OMRÅDE (INTERNT NR, NAVN) 19 - Dummy Bandak  
 MAKSIMAL KAPASITET 14.5 M<sup>3</sup>/S  
 BELASTNING I % AV MAKS. KAPASITET 100  
 RESTRIKSJONER \_\_\_\_\_

INTERNT NR. 114 EVT. KRAFTSTASJON Ja  
 RENNER FRA OMRÅDE (INTERNT NR, NAVN) 8 - Botnedalsvatn  
 RENNER TIL OMRÅDE (INTERNT NR, NAVN) 9 - Byrtevatn  
 MAKSIMAL KAPASITET 8 M<sup>3</sup>/S  
 BELASTNING I % AV MAKS. KAPASITET 100<sup>+</sup>)  
 RESTRIKSJONER + ) Begrenset av tilsig Botnedalsvatn.

## TABELL D

Oversikt over manøvreringsstrategien

( Spesialbehandling av enkelte feltenheter ).

OMRÅDETS NAVN Vinjevatn INTERNT NR. 26

BESKRIVELSE: Samspillet mellom Totak, Vinjevatn og vannføringen ved Vm. 216 er den sentrale reguleringsmekanisme. Av tekniske grunner hører spesialbehandlingen under Vinjevatn. Avhengig av vannstanden i Totak, settes følgende maksimalgrenser for vannføringen ved Vm.216.

- |               |                |  |
|---------------|----------------|--|
| 1. Totak      | 680. - 687.0   | ( ingen bestemmelser, men søker å hindre overløp ved Tveito. ) |
| 2. Totak      | 687.0 - 687.3  | max. 300 m <sup>3</sup> /s.                                    |
| 3. Totak      | 687.3 - 687.8  | max. 350 m <sup>3</sup> /s.                                    |
| 4. Totak      | 687.8 - 687.94 | max. 490 m <sup>3</sup> /s.                                    |
| 5. Totak over | 687.94         | ubegrenset.  |

Videre gjelder at Totak skal ha dempningsmagasin i juli, august og september h.h.vis 30, 20 og 20 cm.

Når Totak er under HRV skal en søke å hindre overløp over Tveito ved at tilsig Vinjevatn = produksjon i Tokke k.v. Overskytende vann holdes igjen i Totak.

Når Totak er over HRV, vil en slippe så meget vann som mulig relativt til begrensningene ved Vm. 216. Om nødvendig slippes vann over Vågi dam.

Hvis Totak når 687.94, skal alt overskytende vann slippes, uansett begrensningen i vannføringen ved Vm. 216. Totak får under ingen omstendighet stige over 687.94.

Vinjevatn får ikke stige over HRV. Den nødvendige vannmengde slippes over Tveito dam.

## TABELL D ( forts. )

Oversikt over manøvreringsstrategien  
( Spesialbehandling av enkelte feltenheter ).

OMRÅDETS NAVN                     Songavatn                     INTERNT NR.           27          

BESKRIVELSE:     Magasinet reguleres av s.k. nedbørstrategi. Dette vil si at følgende regler gjelder:

1. Vannstand under demp. magasin, luke/tunnel stengt.
  2. Vannstand = demp. magasin, avløp = tilsig.
  3. Når tilsig på et tidspunkt er større enn 150 % av gj. tilsig de 3 foregående dager, lukkes luken. Verdien av 1.5 \* gj. tilsig de siste 3 dager spares.
  4. Når tilsiget igjen blir mindre enn den nevnte verdi i pkt. 3, skal luke/tunnel være stengt enda i 7 døgn.
  5. Når de 7 døgn under pkt. 4 har gått, uten at kriteriet i pkt. 3 igjen er oppfylt, åpnes tunnel/luke og avløp settes til 1.5 \* tilsig.
- I motsatt fall fortsette en til pkt. 3.

Det som gjøres i programmet er å sette NB = 1. Dette signaliserer nedbørstrategi.

OMRÅDETS NAVN                     Kjelavatn                     INTERNT NR.           31          

BESKRIVELSE:     Nedbørstrategi ( se område nr. 27 Songavatn ).

TABELL. D ( forts. )  
 Oversikt over manøvreringsstrategien  
 ( Spesialbehandling av enkelte feltenheter ).

OMRÅDETS NAVN Hyljelihyl INTERNT NR. 32

BESKRIVELSE: 1. Maksimal vannføring i tunnel Hyljelihyl - Venemo  
 beregnes ut fra formelen:

$$q_t = \min ( q_1, q_2 ) \quad ,$$

hvor

$$q_1 = \frac{h_{\text{Hyl}} - h_{\text{Ven}}}{0.00529}$$

$$q_2 = 11.1567 \cdot ( h_{\text{Hyl}} - 702.4 )$$

$$h_{\text{Hyl}} = 706 \text{ m} = \text{vannst. Hyljelihyl}$$

$$h_{\text{Ven}} = \text{vannstand Venemo}$$

En øvre skranke på  $q_t$  er den innleste maks. kap.  $40 \text{ m}^3/\text{s}$ .

2. Hvis tilsig Hyljelihyl  $>$  max. kap. tunnel Hyljelihyl-Venemo, går differansen som overløp. Da skal luke Kjela stenges. Luken åpnes igjen så snart overløpet opphører ( men kan umiddelbart stenges igjen p.g.a. nedbørstrategi Kjelavatn ).

OMRÅDETS NAVN Totak INTERNT NR. 36

BESKRIVELSE: For regulering se spesialbehandling for område 26-  
 Vinjevatn.

Når TOTAK ligger over HRV skal Songa og Kjela stenges. De åpnes igjen når TOTAK kommer under HRV ( begge kan umiddelbart stenges igjen p.g.a. nedbørstrategi. )

TABELL D ( forts. )  
Oversikt over manøvreringsstrategien  
( Spesialbehandling av enkelte feltenheter ).

OMRÅDETS NAVN           Venemo           INTERNT NR.           39          

BESKRIVELSE: Beregne maksimalkapasitet for vannføring tunnel  
Venemo - Totak ut fra formelen

$$q_t = 13.41 \cdot \sqrt{h_{Ven} - h_{Tot}}$$

hvor

$h_{Ven}$  = vannstand Venemo

$h_{Tot}$  = vannstand Totak

En øvre begrensning for  $q_t$  er selvsagt den innleste maks. kapasitet på  
50 m<sup>3</sup>/s.

TABELL E - 1

Startmagasiner og kraftstasjonsbelastninger i % av full last under de simulerte flomsituasjoner, Alternativ A

Alternativ B - Se Alternativ B for 1927, Tabell DIV-2.

Magasin eller kraftstasjon	1931		1934		1938		1950	
	Magasin m. o. h.	Last %						
Botnedalsvatn	715.8		736.1		735.0		735.0	
Byrtevatn	430.9		443.9		443.5		443.5	
Langeidvatn	882.2		884.6		884.4		884.4	
Førsvatn	832.5		845.0		844.7		844.7	
Langesævatn	1080.9		1088.2		1088.1		1088.1	
Vinjevatn	464.4		464.7		464.6		464.6	
Sorgavatn	953.5		970.2		970.7		970.7	
Bordalsvatn	867.6		888.2		882.2		882.2	
Ståvatn	967.8		978.5		978.3		978.3	
Kjelavatn	919.8		943.4		941.6		941.6	
Hyljelikyl	706.0		706.0		706.0		706.0	
Totak	681.2		686.85		686.4		686.4	
Bitdalsvatn	954.7		969.7		970.2		970.2	
Venemo	685.6		700.1		697.6		697.6	
Songa		+++)		100,++)		100,++)		100,++)
Vinje		+++)		100,+)		100,+)		100,+)
Byrte		+++)		100,		100,		100,
Lio		+++)		100,+)		100,+)		100,+)
Tokke		+++)		100,+)		100,+)		100,+)

+) Full belastning hvis mulig, ellers begrenset av tilsig + reguleringsbestemmelser TOTAK, Vm. 216.

++) Som +) men med nedbørstrategi. +++) Belastning avhengig av måned ( se tabell DIV-3 ).

TABELL E - 2

Startmagasiner og kraftsasjonsbelastninger  
under de simulerte flomsituasjonene - 1927.

Magasin eller kraftstasjon	Alternativ A		Alternativ B		Alternativ C		Alternativ D		Alternativ E	
	Magasin m.o.h.	Last %								
Botnedalsvatn	739.0		740.0		715.8		740.0		740.0	
Byrtevatn	444.6		445.6		430.9		445.6		445.6	
Langeidvatn	884.9		885.5		882.2		885.62		885.4	
Førsvatn	844.8		846.5		832.5		846.48		846.48	
Langesævatn	1084.5		1090.0		1080.9		1088.34		1087.77	
Vinjevatn	465.5		465.5		464.4		465.5		465.5	
Songavatn	963.3		974.0		953.5		969.02		965.28	
Bordalsvatn	880.6		891.0		867.6		890.06		872.56	
Ståvatn	978.5		978.5		967.8		978.84		978.73	
Kjelavatn	933.0		944.0		919.8		936.02		934.06	
Hyljelikyl	706.0		706.0		706.0		706.0		706.0	
Totak	685.6		687.0		681.2		687.01		687.01	
Bitdalsvatn	963.3		974.0		954.7		969.02		965.28	
Venemo	697.0		697.0		685.6		697.0		697.0	
Songa		100,++)		100,++)		+++)		100,++)		100,++)
Vinje		100,+)		100,+)		+++)		100,+)		100,+)
Byrte		100,		100,		+++)		100,		100,
Lio		100,+)		100,+)		+++)		100,+)		100,+)
Tokke		100,+)		100,+)		+++)		100,+)		100,+)

+) Full belastning hvis mulig, ellers begrenset av tilsig + reg.best. Totak/Vm. 216.

++) Som +) men ved nedbørstrategi, +++) Belastning avhengig av måned ( se tabell DIV-3 ).

TABELL E - 3

Midlere belastninger i % av full last i kraftverk i forskjellig måneder.

Kraftverk	Belastning Mai	Belastning Juni	Belastning Juli	Belastning August.
Songa	8.	1.6	1.6	16.0
Vinje	14.	7.33	10.67	30.0
Byrte	62.5	100.	87.5	75.0
Lio	62.07	27.59	55.17	58.6
Tokke	46.67	27.5	20.83	40.83