NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIVERK
VASSDRAGSDIREKTORATET
HYDROLOGISK AVDELING

FLOMBEREGNING FOR BLÅSJØMAGASINET

OPPDRAGSRAPPORT
6 - 87

NORGES
VASSDRAGS- OG ENERGIVERK
BIBLIOTEK

OPPDRAGSRAPPORT 6-87

Rapportens tittel:	Dato: 1987-01-30
FLOMBEREGNING FOR BLÅSJØMAGASINET	Rapporten er: Åpen
	Opplag: 30

Saksbehandler/Forfatter:	Ansvarlig:
Dan Lundquist Kontoret for overflatehydrologi	K. Hegge K. Hegge.

Oppdragsgiver:

STATKRAFT

Sammendrag:

Flomberegning er utført for Blåsjømagasinet (Ulla-Førre).

Resultatet av flomberegningen ble:

	Dimensjonerende flom		Påregnelig maksimal flom	
	Avløpsflom (m^3/s)	Flomstigning (m)	Avløpsflom (m^3/s)	Flomstigning (m)
Uten begrensning i Grotdals-tunnelen	385	0.87	671	1.26
Med begrensning i Grotdals-tunnelen:				
- Storvassdelen	-	1.07	-	1.73
- Førrevassdelen	331	0.77	541	1.06

FORORD

"Forskrifter for dammer" ble fastsatt ved kongelig resolusjon av 14. november 1980 og gjort gjeldende fra 1. januar 1981. Kapittel 7 i forskriftene beskriver de flomberegninger som skal utføres i forbindelse med dammer. Det er Hydrologisk avdeling som utfører de fleste slike flomberegninger. Hydrologisk avdeling vil også kontrollere og godkjenne flomberegninger som er utført av andre.

Foreliggende rapport beskriver fremgangsmåten og gir resultatene av en flomberegning bestilt av Statkraft for Blåsjømagasinet (Ulla-Førre).

Oslo, januar 1987

Arne Tollan
avdelingsdirektør

INNHOLD

		Side
1.	INNLEDNING	3
2.	FELTBESKRIVELSE	4
3.	DIMENSJONERENDE TILLØPSFLOM	6
4.	DIMENSJONERENDE AVLØPSFLOM	10
5.	PÅREGNELIG MAKSIMAL FLOM	12
6.	VURDERING AV GROTDALSTUNNELENS KAPASITET	17
7.	LITTERATUR	19

VEDLEGG 1: PÅREGNELIG EKSTREM NEDBØR
VEDLEGG 2: BEREGNEDE NEDBØR- OG FLOMFORLØP

1. INNLEDNING

I 1980 ble 1000-års tilløpsflom (Q1000) og påregnelig maksimal tilløpsflom (PMF) beregnet for Blåsjømagasinet. De naturlige flomforløpene ble tillagt 60 m^3/s som tilsvarer overførings-kapasiteten i tunnelen fra Skorpvadhøl. Disse tilløpsflommene ble deretter routet gjennom Blåsjømagasinet for forskjellige over-løpslengder ved Førrevassdammen (175-325 m med intervall 25 m). Det ble også antydet at ytterligere dimensjoneringsberegninger for det innsnevrede parti i Blåsjømagasinet var nødvendig, da en forutsatte at dette ikke medførte begrensninger i kommunikasjonen mellom de to delene av magasinet. Overløpslengden ble utfra disse beregningene fastlagt til 250 m. Resultatene er gjengitt i tabell 1.1.

Naturlig tilløpsflom			Overføring Skorpevadhøl	Overløpslengde 250 m	
Døgnmiddelverdi	Momentanverdi			Avløp	Flomstigning
$l/s \cdot km^2$	$(l/s \cdot km^2)$	(m^3/s)	(m^3/s)	(m^3/s)	(m)
Q1000: 1300	1420	426	60	358	0.83
PMF: 2600	2760	827	60	678	1.29

Tabell 1.1. Resultater av VH´s flomberegning i 1980.

I 1982 analyserte så Grøner (Rådgivende ingeniører) vannstands-forholdene i Blåsjømagasinet når begrensningene i overførings-tunnelen i Grotdalen også ble tatt hensyn til. En fant da at flomstigningen i Storvassdelen av Blåsjømagasinet var vesentlig større enn i Førrevassdelen pga. denne begrensningen. Beregningen er foretatt med samme tilløpsflommer som de VH benyttet i 1980, med den forskjellen at overføringen fra Skorpevadhøl er beregnet ved hjelp av vannstandsdifferansen mellom Skorpevadhøl og Storvassdelen av Blåsjømagasinet, i steden for som tidligere konstant lik 60 m^3/s. Resultatene er gjengitt i tabell 1.2.

Tilløpsflom	Flomstigning (m)	
	Storvassdelen	Førrevassdelen
Q1000	1.05	0.73
PMF	1.91	1.03

Tabell 1.2. Resultater av Grøner´s flomanalyse i 1982.

Med forskrifter for dammer (OED/NVE, 1981) ble det innført nye retningslinjer for beregning av påregnelig maksimal tilløpsflom

(PMF) som nå skal beregnes ved hjelp av påregnelig maksimal nedbør (PMP). Det ble derfor av VH foreslått at både dimensjonerende flom (Q1000) og PMF med tilhørende flomstigning beregnes på ny etter dagens metodikk (pkt. 8 i prosjektforslag fra VH datert 13.03.85). Dette ble deretter bestilt som oppdrag fra Statskraftverkene til VH 26.03.85. Det er senere uttrykt ønske om at VH også vurderer betydningen av Grodalstunnelen for vannstandsdifferansen mellom Førrevassdelen og Storvassdelen.

Disse beregningene er utført etter gjeldende retningslinjer (NVE, 1986).

2. FELTBESKRIVELSE

Lokalfeltet til Blåsjømagasinet har et areal på 299.7 km^2. Dette feltet er et resultatet av oppdemning av de øverste delene av fire ulike vassdrag (figur 2.1). Førrevassdraget er demmet opp ved Førrevatn, Ullavassdraget er demmet opp ved Oddatjørn og Otravassdraget er demmet opp Storvatnet. Denne oppdemningen til HRV ved kote 1055 skaper et sammenhengende magasin med et areal på 81.23 km^2. I tillegg til dette er Årdalselv demmet opp ved Årdals Krymlevatn og kanalisert over til Førrevassdelen av Blåsjømagasinet. Tilsammen er det bygget 11 stk dammer/sperredammer rundt magasinet.

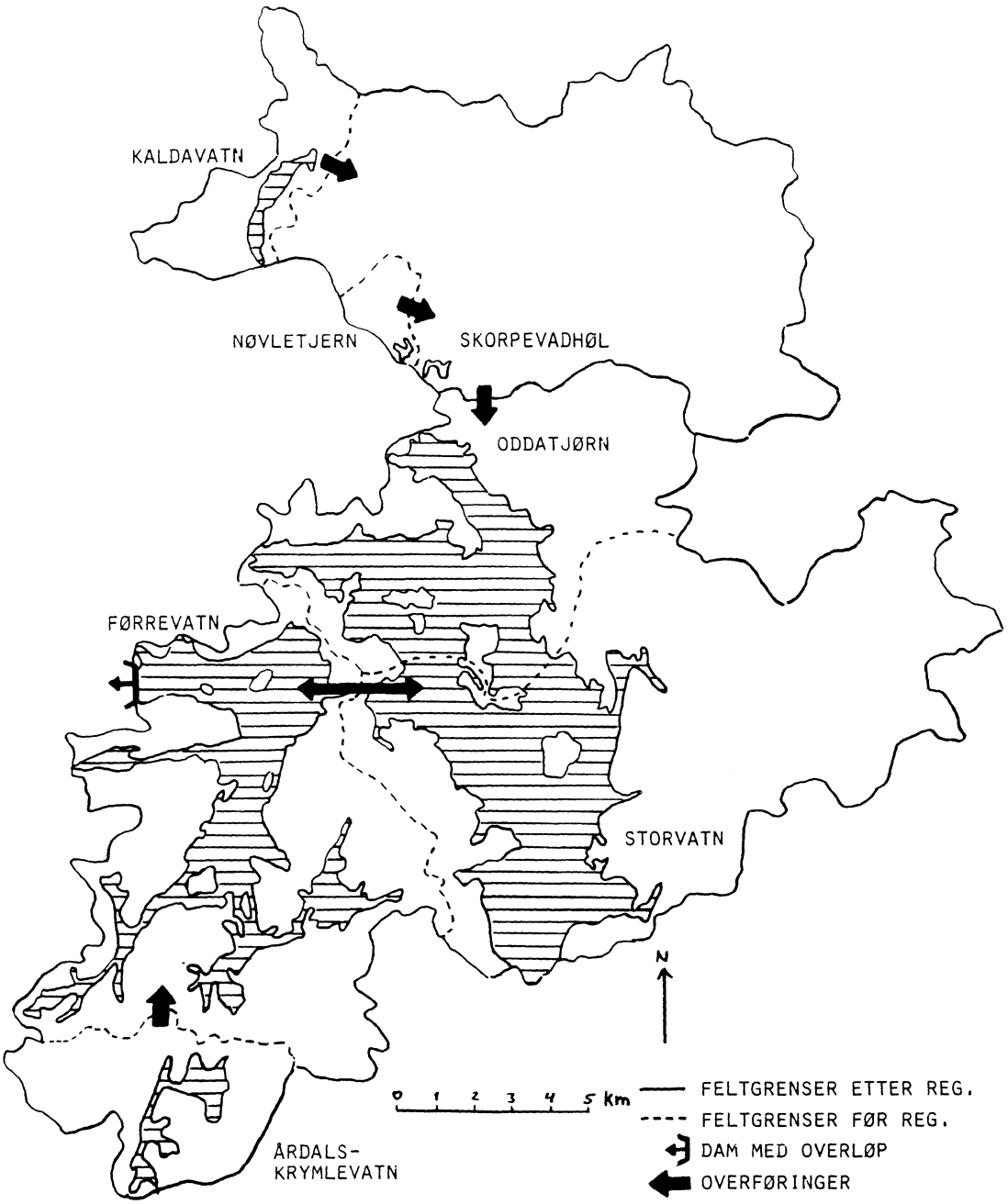
Blåsjømagasinet får dessuten tilsig fra Kaldavatn, Nøvletjern og Skorpevadhøl med en samlet overføringskapasitet begrenset til 60 m^3/s.

Lokalfeltet ligger helt og holden over tregrensa med laveste kotehøyde 1055 m (HRV) og høyeste fjelltopp på 1405 m o.h. Den aller vesentligste del av feltet (ca 90%) ligger lavere enn 1200 m o.h. slik at høydeforskjellene må karakteriseres som små i et så pass stort felt. Hypsografisk kurve er vist i figur 2.2.

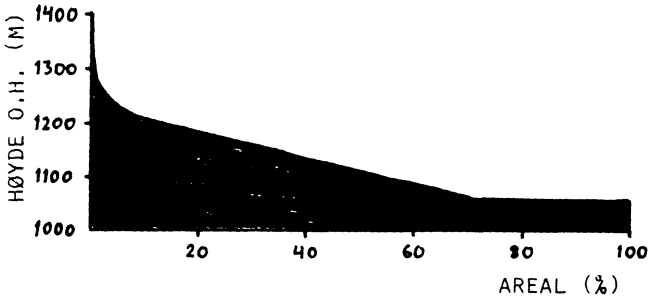
Før regulering er området karakterisert ved et stort antall mindre vatn og tjern samt noen få større vatn. Etter regulering domineres bildet av mange små tjern og noen få mellomstore vatn. Effekten av alle disse tjern og vatn på flomforholdene er så kompleks at flomanalyser på data fra de avløpsstasjoner som lå i feltet før regulering, ikke uten videre lar seg overføre til forholdene etter regulering.

Nedenfor er listet en del feltparametre som benyttes i de regionale flomformler og ved fastsettelse av parametreverdier til flommodellen.

Feltareal (A)	:	299.7 km^2
Normalavløp (Q_N)	:	73 $l/s \cdot km^2$
Effektiv sjøprosent (A_{SE})	ca:	0.2%
Feltlengde (L_F)	:	23 km
Snaufjellprosent (A_S)	:	100%
Relieff-forhold (H_L)	:	4 m/km



Figur 2.1. Blåsjømagasinet. Oversikt over reguleringsinngrep.



Figur 2.2. Hypsografisk kurve for Blåsjømagasinets lokalfelt.

3. DIMENSJONERENDE TILLØPSFLOM

Det er foretatt flomfrekvensanalyser for fem avløpsstasjoner i umiddelbar nærhet av Blåsjømagasinet (figur 3.1). Disse analysene er foretatt for både vår- og høstflommer.

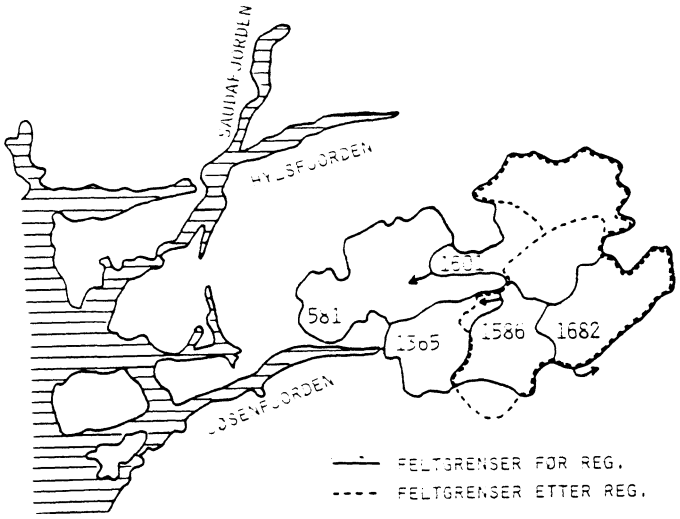


Fig. 3.1. Avløpsstasjoner i umiddelbar nærhet av Blåsjømagasinet.

Skilledato mellom vår og høst er analysert ved at frekvens-analyser for flommer med varighet 1 døgn er foretatt med skille-dato satt til 01.07, 01.08 og 01.09. Resultatene indikerer at lognormal-2 parameterfordelingen (LN2) gir brukbar tilpasning for de fleste avløpsstasjonene. Resultatene av disse analysene er vist i tabell 3.1. Konklusjonen av analysen er at 1. august i de videre beregningene velges som skilledato mellom vår og høst.

Avløpsstasjon	Felt	Antall	Skille	Vårflommer		Høstflommer	
	(km^2)	år	dato	QM	Q1000/QM	QM	Q1000/QM
1365-0 Førre	164	19	1.7	390	3.0	480	2.1
			1.8	409	2.8	461	2.6
			1.9	423	2.4	446	2.9
1586-0 Undeknut	78	13	1.7	333	1.6	324	1.8
			1.8	340	1.6	286	2.1
			1.9	340	1.6	278	3.4
1682-0 Storvatn	117	8	1.7	492	3.0	357	3.5
			1.8	499	3.0	307	3.6
			1.9	499	3.0	295	4.5
581-0 Hauge bru	385	78	1.7	367	2.4	497	2.8
			1.8	388	2.4	478	3.2
			1.9	405	2.6	454	4.0
1601-0 Moavatn	225	11	1.7	427	1.9	425	2.4
			1.8	473	2.2	326	2.4
			1.9	473	2.2	322	3.5

QM = Observert midlere flom (l/s • km^2).
Q1000/QM = Forholdstall mellom 1000-årsflom og midlere flom ved LN2-fordeling.

Tabell 3.1. Flomfrekvensanalyse (varighet 1 døgn) med ulike skilledato mellom vår og høst.

Som fremgår av tabell 3.1 er det kun en avløpsstasjon, 581-0 Hauge bru, som har en observasjonsserie som er lang nok for en meningsfull frekvensanalyse. Denne stasjonen viser også at høstflommene i periode etter 1955 er vært gjennomgående lavere enn i perioden før. De andre avløpsstasjonene i tabell 3.1 har kun vært i drift etter 1955, og gir derfor sannsynligvis for lave verdier for midlere høstflom. Tabell 3.2 viser en sammenlikning av midlere vår- og høstflommer for tre avløpsstasjoner i regionen med lange observasjonsserier for hele perioden 1906-80 og for den senere delperioden 1956-80.

Avløpsstasjon	Midlere vårflom		Diff.	Midlere høstflom		Diff.
	1906-80	1956-80	(%)	1906-80	1956-80	(%)
581-0 Hauge bru	389	390	±0	478	401	+19
580-0 Tveid	321	246	+30	451	338	+33
582-0 Suldalsoset	279	229	+22	260	220	+18

Tabell 3.2. Sammenligning av midlere vår- og høstflommer i perioden 1906-80 og 1956-80 (varighet 1 døgn).

Med denne analysen som bakgrunn er der for midlere høstflomverdier for de korte observasjonsserien oppskalert med 19%. Da vårflommen ved 581-0 Hauge bru ikke viser samme egenskaper som ved de to andre stasjonene er en valgt å la vårflomverdiene være uforandret.

Det er også foretatt beregninger ved de regionale flomformlene (NVE, 1978) med følgende resultater:

Vårflom (V2):

$$QM = 51.5 \cdot 73^{0.451} \cdot 23^{-0.233} \cdot 100^{0.197} \cdot 0.2^{-0.107} = 522 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$$

Høstflom (H2):

$$QM = 0.844 \cdot 73^{1.405} \cdot 0.2^{-0.086} = 402 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$$

Forholdstall Q1000/QM fra områdekurvene (NVE, 1978) er:

Vårflom (V2): Q1000/QM = 2.7

Høstflom (H2): Q1000/QM = 4.2

Som en alternativ beregningsmåte for Q1000 er også verdier for 1000-års nedbør benyttet sammen med en nedbør-avløpsmodell. Nedbørdataene og modellen er nærmere omtalt i kapittel 5. Vi vil her bare bruke resultatene fra denne simuleringen som et uavhengig sammenligningsgrunnlag ved siden av flomfrekvensanalysen og flomformlene. Det er ikke regnet med snøsmelting i tillegg til 1000-års nedbør.

Tabell 3.3 viser en sammenligning av de ulike resultatene ved bruk av flomfrekvensanalyse, flomformler og nedbørdata.

Tabellen viser at midlere vår- og høstflommer er av samme størrelsesorden, 350-550 l/s • km^2. Den antyder imidlertid også at de sjeldne flommene (Q1000) nok er vesentlig større om høsten enn om våren. Dette gjelder for varigheter 1 døgn.

Datagrunnlag/metode	Vårflommer (l/s • km^2)			Høstflommer (l/s • km^2)		
	QM	Q1000/QM	Q1000	QM	Q1000/QM	Q1000
Frekvensanalyse:						
581-0 Hauge bru	388	2.4	931	478	3.2	1530
1365-0 Førre[1)]	409	2.4	982	549	3.2	1757
1586-0 Undeknut[1)]	340	2.4	816	341	3.2	1091
1682-0 Storvatn[1)]	499	2.4	1198	366	3.2	1171
1601-0 Moavatn[1)]	473	2.4	1135	389	3.2	1245
Flomformler	522	2.7	1409	402	4.2	1688
Nedbørdata						1840

1) Midlere høstflom er oppskalert med 19% og forholdstallet Q1000/QM for 581-0 Hauge bru er benyttet ved omregning fra QM til Q1000.

Tabell 3.3. Vår- og høstflommer som 1-døgnsverdier ved bruk av ulike datagrunnlag og beregningsmetoder.

Det er også foretatt flomfrekvensanalyser for varigheter på 2, 3, 4, 5 og 6 døgn. Resultatene er i figur 3.2 vist som flomreduksjonskurver for midlere flom for samtlige fem avløpsstasjoner i området. For 581-0 Hauge bru er også vist flomreduksjonskurven for 1000-årsflommer beregnet ved LN2-fordelingen. Figuren antyder lite selvregulering for høstflommer ved 581-0 Hauge bru og 1365-0 Førre i forhold til de 3 andre stasjonene. Dette er nok en av grunnene til at disse to stasjonene viser større høstflommer med varighet 1 døgn enn de andre tre stasjonene. Figuren viser også at flomreduksjonskurven for 581-0 Hauge bru er brattere for 1000-årsflom enn for midlere flom.

For vårflommene er kurvene mer samlet, med unntak av kurven for 1586-0 Undeknut. Dette kan tolkes slik at selvreguleringen betyr mindre i vårflommen enn selve smelteforløpet.

Figur 3.3 viser de absolutte flomreduksjonskurvene for 1000-års vår- og høstflommer ved 581-0 Hauge bru. Det fremgår her at de sjeldne høstflommene også vil være dominerende ved lengre varigheter. I figuren er også markert den vårflomverdi som erholdes hvis den høyeste midlere vårflomverdien med varighet 6 døgn for alle de fem stasjonene skaleres med forholdstallet for Q1000(6d)/QM(6d) for 581-0 Hauge bru.

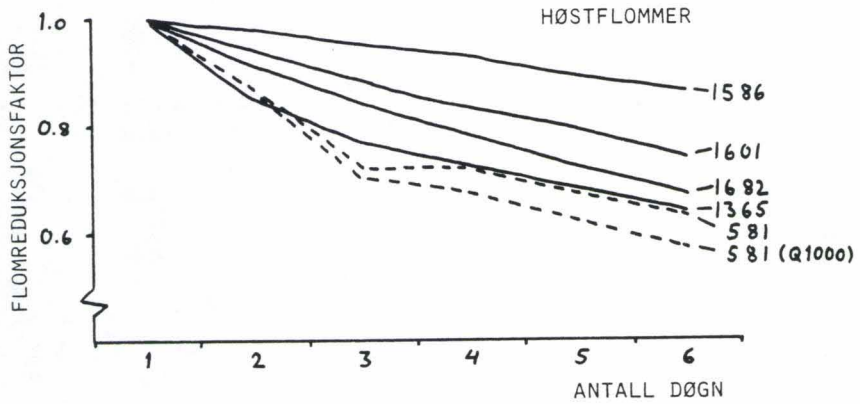
En endelig vurdering av tabell 3.3 gir nå at høstflommene må anses å være de største. Valget av flomverdi for varighet 1 døgn bør ligge mellom 1500 og 1800 l/s • km^2. Flomforløpet bør i tillegg kunne konstrueres ved hjelp av flomreduksjonskurven for 581-0 Hauge bru.

Det er i de videre beregninger benyttet tre alternative høstflom-forløp (se figur 3.4):

a) Flomforløp beregnet utfra flomreduksjonskurven for Hauge bru med flomverdi for varighet 1 døgn lik 1500 l/s • km^2.

b) Flomforløp beregnet ut fra flomreduksjonskurve for 581-0 Hauge bru med flomverdi for varighet 1 døgn lik 1800 l/s • km^2.

c) Flomforløp fra 1000-års nedbør og modellsimulering.



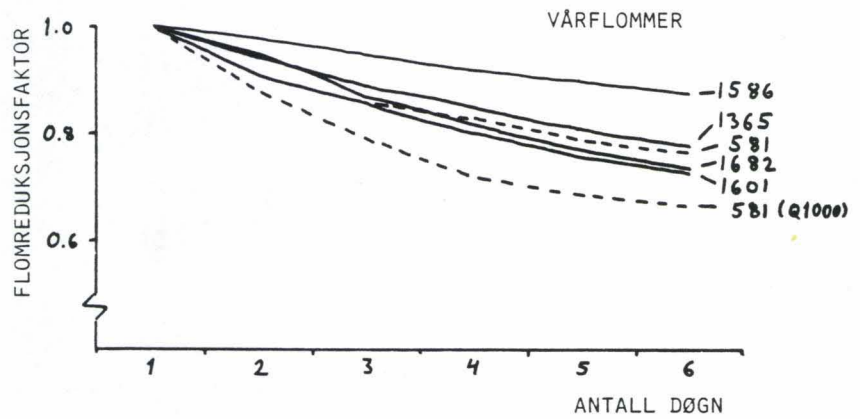


Fig. 3.2. Flomreduksjonskurver for midlere flom ved noen avløpsstasjoner i området og for 1000-årsflom ved 581-0 Hauge bru.

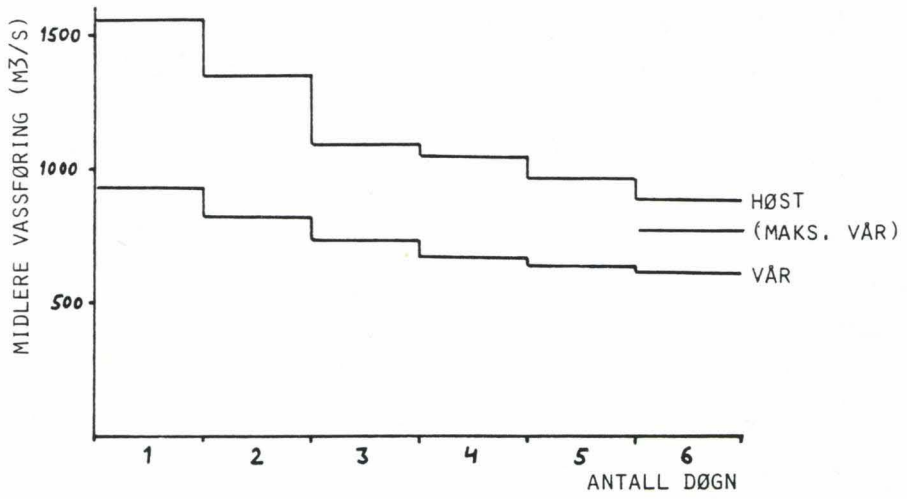


Fig. 3.3. Flomreduksjonskurver for 1000-års vår- og høstflom ved 581-0 Hauge bru.

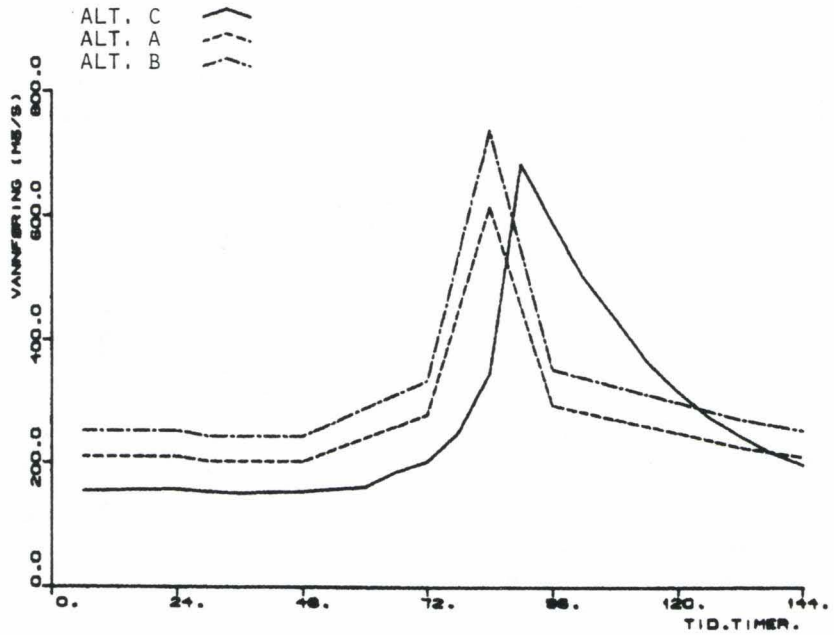


Fig. 3.4. Alternative forløp for 1000-års høstflom.

4. DIMENSJONERENDE AVLØPSFLOM

Routing av tilløpsflommen gjennom Blåsjømagasinet er i første omgang utført under forutsetning av at Grotdalstunnelen ikke medfører noen begrensninger for kommunikasjonen mellom Storvassdelen og Førrevassdelen av magasinet. Dette betyr at en hele tiden regner med samme vannstand i begge disse delene.

Magasinkurven er konstruert utfra magasinets areal ved HRV, hvilket betyr at en vannstandsstigning på en m tilsvarer en økning av magasinvolumet med 81.23 mill.m^3.

Overløpskurven har forutsatt 250 m effektiv bredde på overløpet ved Førrevassdammen og en overløpskoeffisient lik 1.9 slik at denne får følgende utseende:

$$Q = 475\ (H - 1055)^{1.5}$$

hvor Q = avløp (m^3/s)
H = vannstand (m)

Det er ved flommens begynnelse forutsatt at magasinet ligger på HRV (1055m) og at initialvannføringen har samme størrelse som begynnelsen av flomforløpet. Det er også regnet med en konstant overføring fra Skorpevadhøl lik 60 m^3/s.

Routing av de tre flomforløpene gjennom magasinet gir flomstigninger som vist i tabell 4.1.

Alternativ	Kulminasjonsverdier (m^3/s og m)		
	Tilløpsflom	Avløpsflom	Flomstigning
A	674	337	0.80
B	797	403	0.90
C	744	385	0.87

Tabell 4.1. Dimensjonerende vannføringer og vannstander i Blåsjø-magasinet.

Alternativ C, basert på 1000-årsnedbør, faller pent inn mellom de to grensealternativene fra flomfrekvensanalysen. Dette må anses å være en gjensidig bekreftelse på de to metodene og det benyttede datagrunnlaget. Da alternativene A og B utgjør grenser for hva vi vil tillate oss å bruke velger vi alternativ C som endelig grunnlag for beregning av dimensjonerende flom. Figur 4.1 viser forløpene for tilløps- og avløpsflommen og tilsvarende magasinvannstander for alternativ C (se også vedlegg 2).

Da det ikke er gitt en endelig verdi for overløpskoeffisienten ved Førrevassdammen er det også foretatt en routing av tilløpsflommen (alt. C) med overløpskoeffisient lik 2.15. Flomstigningen blir da ca 5 cm lavere enn vist i tabell 4.1.

For en vurdering av Grotdalstunnelens kapasitet henvises til kapittel 6.

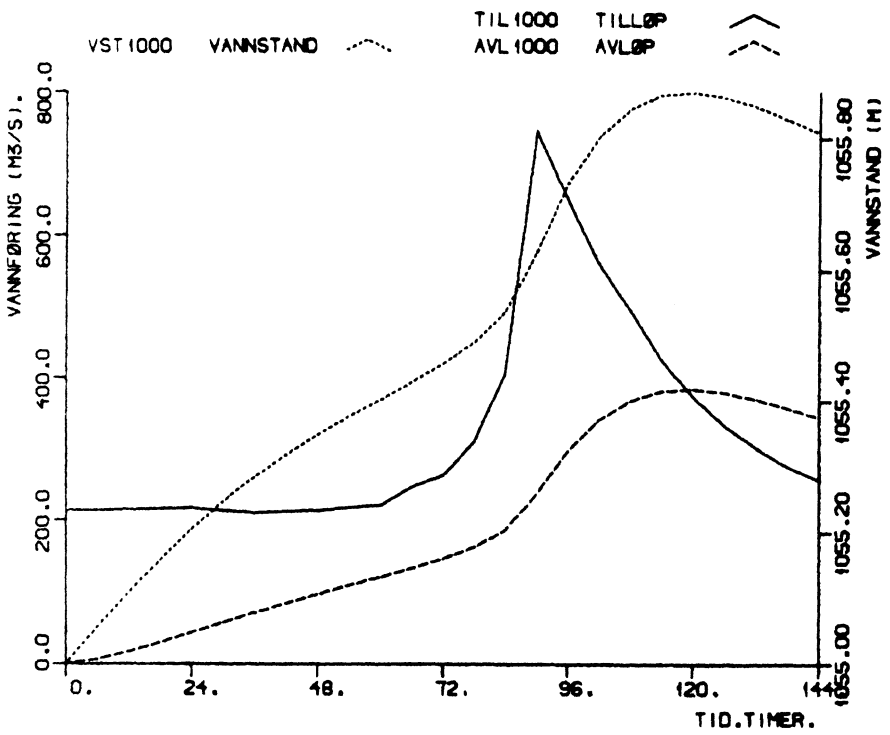


Fig. 4.1. Routing av 1000-års høstflom (alt. C) gjennom Blåsjømagasinet.

5. PÅREGNELIG MAKSIMAL FLOM

I henhold til Forskrifter for dammer skal påregnelig maksimal flom beregnes med utgangspunkt i estimater for påregnlig maksimal nedbør (se DNMI, 2984). Påregnelige ekstreme nedbørhøyder for Blåsjømagasinet, delfelt I og II og delfelt III er gitt i to oppdragsrapporter fra DNMI (1986^{I}, 1986^{II}). Sammendrag av disse to rapportene er vist i vedlegg 1 til denne rapporten.

For å forenkle beregningene og med hensyn tatt til alle andre usikkerheter i en PMP-beregning er hele lokalfeltet til Blåsjø-magasinet behandlet undet ett. Dette betyr at nedbørvolumene for delfeltene I, II og III i DNMI´s rapporter er slått sammen og jevnt fordelt over hele lokalfeltet.

Nedbørforløp for både 1000-årsnedbør (P1000) og PMP er stort sett symmetrisk konstruert med tyngdepunktet forskjøvet til det 4. døgnet av 6 (se figur 5.1). Nedbørforløpene er også gitt i vedlegg 2. Dette nedbørforløpet samsvarer godt med de utfra flom-reduksjonskurvene konstruerte flomforløpene i figur 3.3.

En innvending mot en slik fremgangsmåte er at forløpet for P1000 inneholder nedbørverdier med gjentaksintervaller på 1000 år for samtlige varigheter. Da det resulterende flomforløpet fra dette

nedbørforløpet sammenlignes med resultatene fra flomfrekvens-analysen og det endelige valg av 1000-års tilløpsflom blir vurdert på bred basis vurderes denne innvendingen å ha liten betydning.

På grunn av den varierende graden av selvregulering før og etter regulering og kompleksiteten av dette problemet er det ikke vurdert som mulig å foreta en meningsfull kalibrering av flom-modellen på observerte data fra området. Modellparametre er derfor bestemt ved ligninger (NVE, 1983).

$$K1 = 0.0135 + 0.00268 \cdot 4 - 0.01665 \cdot \ln(0.2) \sim 0.05$$
$$K2 = 0.009 + 0.21 \cdot K1 - 0.00021 \cdot 4 \sim 0.02$$
$$T = -9.0 + 4.4 \cdot K1^{-0.6} + 0.28 \cdot 73 \sim 40$$

For en nærmere beskrivelse av modellen henvises til rapport vedrørende denne utgitt av NVE (1983).

Da magasinet utgjør en såvidt stor andel av lokalfeltet til Blåsjø er modellen benyttet til å beregne tilløpsflommen fra feltet eksklusive magasin. Nedbør som faller over selve magasinet er deretter addert til tilløpsflommen for å gi totalt tilført vannvolum til magasinet.

For Q1000 er det ikke regnet med snøsmelting i tillegg til P1000. PMF-beregningen inkluderer derimot konstant smelting med 24 mm pr dag under hele flomforløpet. Dette tilsvarer en døgnmiddel-temperatur på + 5°C og en grad-dag-faktor på ca 5 mm pr grad og dag. Snømagasinet er forutsatt stort nok til å gi smelting fra hele feltet under hele flomforløpet.

Det er ikke regnet med noen temperaturgradient i feltet da høyde-forskjellene er små (maks. 150 m i ca 90% av feltet). Selve magasinet er antatt isfritt og snøbart.

Beregningen av Q1000 og PMF fra feltet eksklusive magasin er vist i figurene 5.2 og 5.3 mens figurene 5.4 og 5.5 viser oppsummer-ingen av disse med nedbør over selve magasinet. Den videre analyse av flomforløpet fra P1000 er beskrevet i kapittel 3.

Flomforløpet for PMF er så routet gjennom magasinet på samme måte som beskrevet i kapittel 4 for Q1000. Resultatet er gjengitt i tabell 5.1 og figur 5.6.

Tilløpsflom:	1187 m^3/s
Avløpsflom:	671 "
Flomstigning:	1.26 m

Tabell 5.1. Påregnelige maksimale vannføringer og vannstander i Blåsjømagasinet som kulminasjonsverdier.

Det faktum at P1000 gir en rimelig verdi for Q1000 vurderes som en bekreftelse på at nedbøranalysen for området har gitt

realistiske nedbørverdier. Det er derfor liten grunn til å trekke PMP-estimatene i tvil. Tilløpsflommen som erholdes utfra PMP eksklusive overført vann har en kulminasjonsverdi på 3756 l/s • km^2 hvilket tilsvarer en økning med 65% fra tilsvarende verdi for Q1000. Største døgnmiddelverdi for PMF ekslusive overført vann er 3103 l/s • km^2 hvilket er 69% større enn tilsvarende verdi for Q1000. Disse forholdstallene vurderes også som rimelige.

For en vurdering av Grotdalstunnelens kapasitet henvises til kapittel 6.

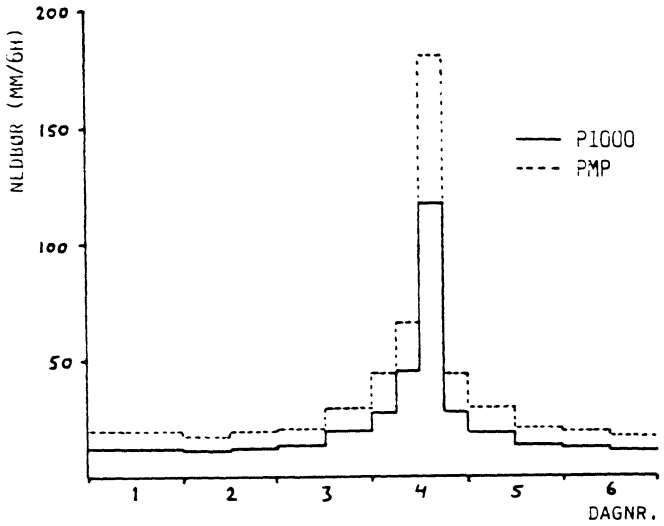


Fig. 5.1. Forløp for 1000-års nedbør og påregnelig maksimal nedbør.

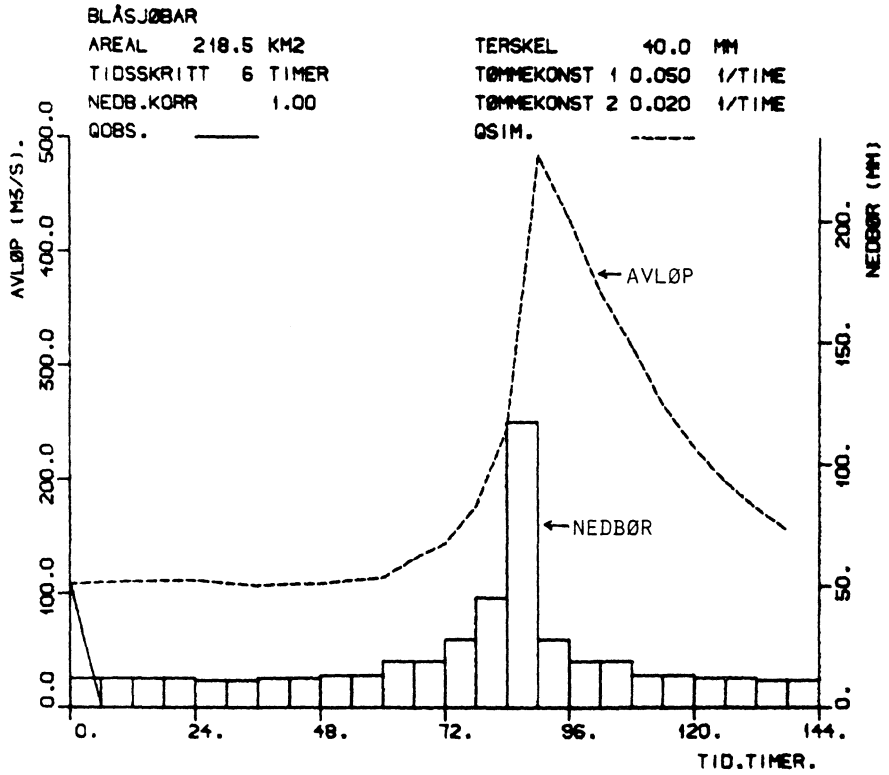


Fig. 5.2. Beregning av 1000-års tilløpsflom fra felt eksl. magasin.

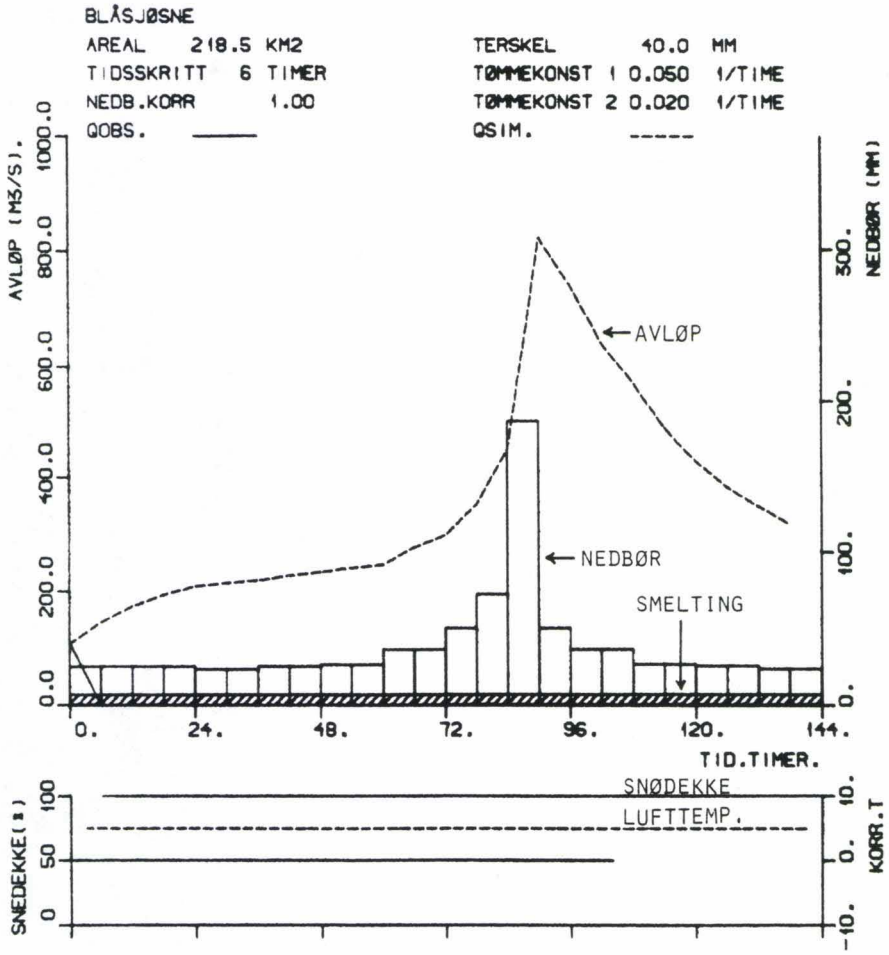


Fig. 5.3. Beregning av påregnelig maksimal tilløpsflom fra felt eksl. magasin.

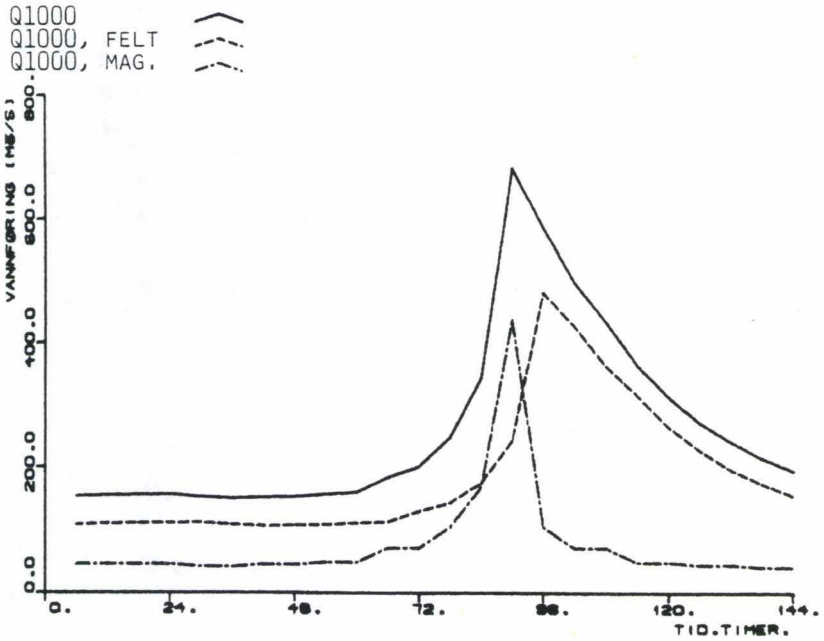


Fig. 5.4. Beregning av 1000-års tilløpsflom fra felt inkl. magasin.

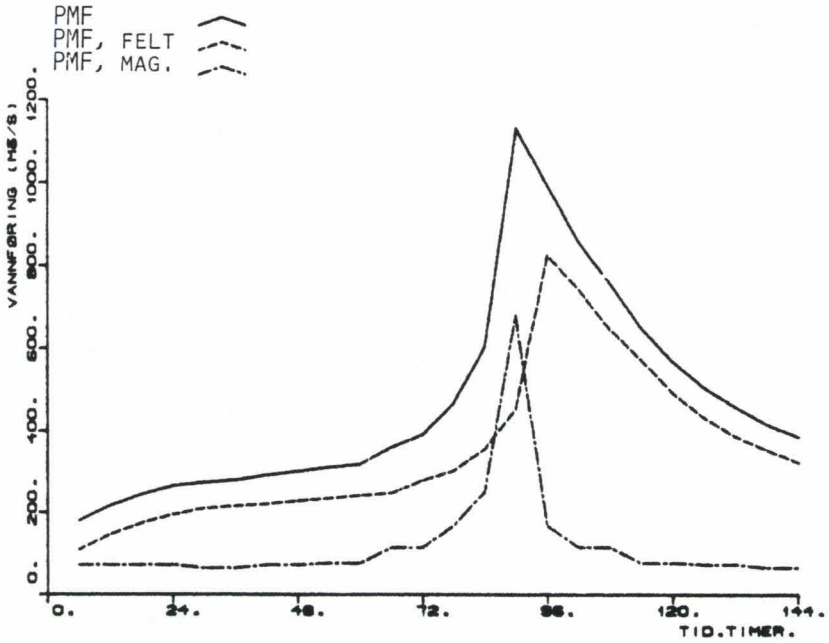


Fig. 5.5. Beregning av påregnelig maksimal tilløpsflom fra felt inkl. magasin.

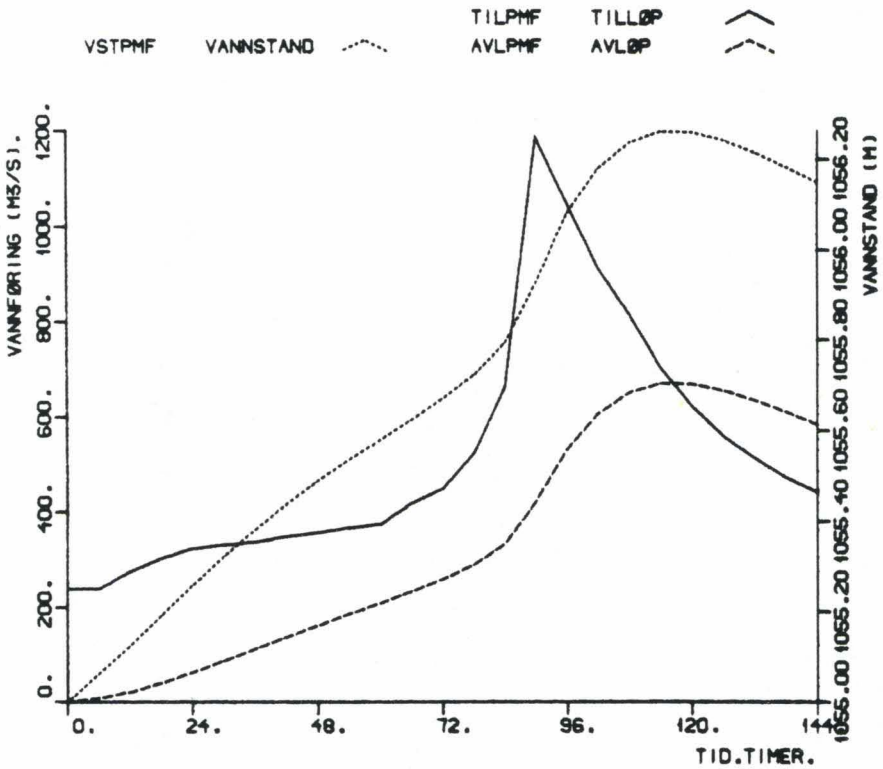


Fig. 5.6. Routing av påregnelig maksimal flom gjennom Blåsjømagasinet.

6. VURDERING AV GROTDALSTUNNELENS KAPASITET

For å belyse denne problemstillingen er det laget et enkelt simuleringsprogram, PQSPES. Programmet fordeler et oppgitt flomforløp på de begge delene av Blåsjømagasinet utfra tilsigsfeltenes relative størrelse. Deretter beregnes den resulterende flomstigningen i de to magasindelene. Overført vannvolum fra Storvassdelen til Førrevassdelen beregnes så som en funksjon av vannstandsdifferansen mellom de begge magasindelene (Grøner, 1982):

$$Q = 407.72 \cdot \Delta H^{0.05}$$

hvor Q = overført vann (m^3/s)
ΔH = vannstandsdifferansen (m)

Overløpet ved Førrevassdammen beregnes på vanlig måte som funksjon av vannstanden (i Førrevassdelen):

$$Q = 475 \cdot (H - 1055)^{1.5}$$

hvor Q = overløp (m^3/s)
H = vannstand (m)

Til slutt korrigeres vannstanden i begge magasindelene før neste tidsskritt behandles.

Data til og fra programmet har vært 6-timersverdier mens de interne beregningene er utført for hver time. Det antas da at tilløpet er konstant i 6-timersperioden mens avløpet beregnes som summen av avløpene i hver enkelt time.

Resultatene fra disse beregningene for Q1000 og PMF er vist i figur 6.1 og 6.2 samt i tabell 6.1. I figurene er også vannstandsforløpene fra kapittel 4 og 5 markerte.

Flomforløp	Kapasitet Grotdalen	Flomstigning (m)	
		Storvassdelen	Førrevassdelen
Q1000	begrenset	1.07	0.77
	ubegrenset	0.87	0.87
PMF	begrenset	1.73	1.06
	ubegrenset	1.26	1.26

Tabell 6.1. Flomstigning i Storvassdelen og Førrevassdelen med og uten begrenset kapasitet i Grotdalstunnelen.

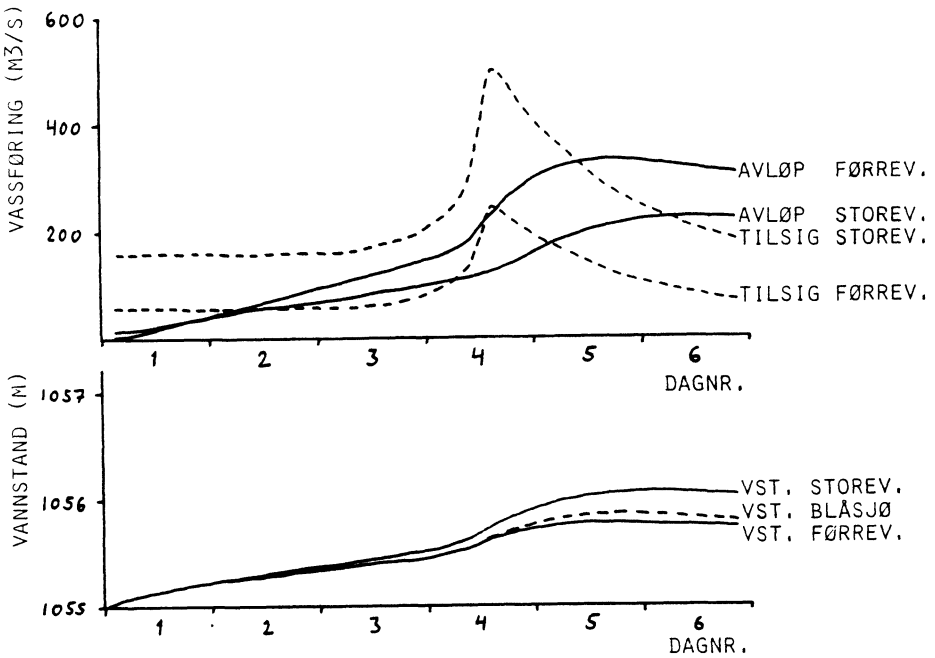


Fig. 6.1. Routing av 1000-årsflom gjennom Blåsjømagasinet med begrenset kapasitet i Grotdalstunnelen. (VST. BLÅSJØ angir vannstanden uten begrensning i Grotdalstunnelen).

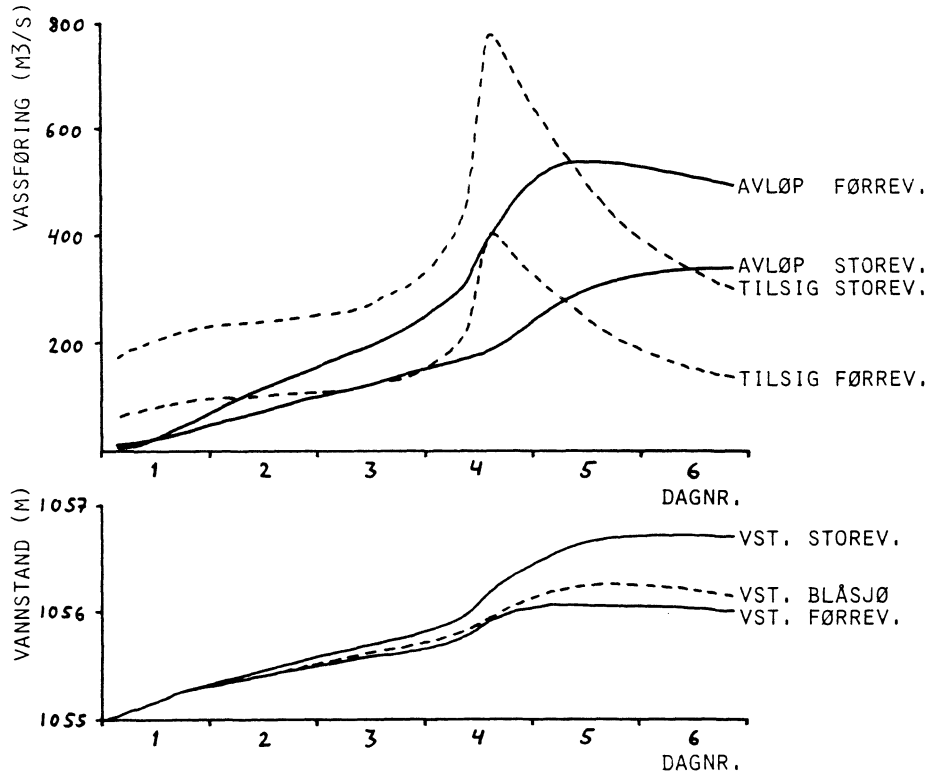


Fig. 6.2. Routing av påregnelig maksimal flom gjennom Blåsjø-magasinet med begrenset kapasitet i Grotdalstunnelen. (VST. BLÅSJØ angir vannstanden uten begrensning i Grotdalstunnelen).

7. LITTERATUR

OED/NVE

1981: Forskrifter for dammer. Universitetsforlaget.

NVE

1978: Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag. Rapport nr 2-78, Hydrologisk avdeling.

NVE

1983: Hydrologisk modell for flomberegninger. Rapport nr 2-83, Hydrologisk avdeling.

NVE

1986: Beregning av dimensjonerende og påregnelig maksimal flom. Retningslinjer. V-informasjon nr 1, Vassdragsdirektoratet.

DNMI

1984: Påregnelige ekstreme nedbørverdier. Fagrapport nr 3/84 KLIMA, DNMI.

DNMI

1986[I]: Påregnelige ekstreme nedbørhøyder for Blåsjømagasinet, delfelt I og II (Ulla-Førre). Rapport nr 38/86 KLIMA.

DNMI

1986[II]: Påregnelige ekstreme nedbørhøyder for Blåsjømagasinet, delfelt III (Ulla-Førre). Rapport nr 40/86 KLIMA.

Grøner

1982: Ulla-Førre anleggene. Vannstand i Blåsjømagasinet. Notat 23.09.82.

Det norske meteorologiske institutt

PÅREGNELIG EKSTREMNEDBØR .

Nedbørfelt : ULLA-FØRRE , Delfelt 1 og 2 .

1). Normal årsnedbør (basert på verdier fra normalkart): PN ~ 1900 mm

2). M5(24t) / PN ~ 5.9 % M5(24t) ~ 112 mm

3). Påregnelige 24 timers nedbørverdier :

	ÅR	SOMMER (J,J,A)	HØST (SOND)	VINTER (J,F,M)	VÅR (A,M)
M5(årstid)/M5(år)	1.00	0.64	0.91	0.81	0.47
M5 (mm)	112	72	102	91	53
M100 (mm)	170	115	155	140	90
M1000 (mm)	230	170	215	200	135
PMP (mm)	345	275	330→345	310	245

4). Påregnelige n-timers nedbørverdier

4.1) Årsverdier

Antall timer (n)	6	12	24	48	72	96	120	144
Nedbørforholdstall n timer / 24 timer	0.58	0.76	1.00	1.34	1.54	1.73	1.92	2.10
M100 (mm)	100	130	170	225	260	295	325	355
M1000 (mm)	135	175	230	305	355	400	440	480
PMP (mm)	200	260	345	460	530	595	660	725

4.2) Årstidsverdier : HØST

Antall timer (n)	6	12	24	48	72	96	120	144
Nedbørforholdstall n timer / 24 timer	0.58	0.76	1.00	1.34	1.54	1.73	1.92	2.10
M100 (mm)	90	120	155	205	240	270	300	325
M1000 (mm)	125	165	215	285	330	370	410	450
PMP (mm)	200	260	345	460	530	595	660	725

5). Justering fra punkt til areal-verdi.

De gitte verdier gir punktnedbør for et fiktivt "representativt" punkt i feltet . Grovestimat av arealnedbør for felt på hhv. 105 og 190 km² fåes ved å multiplisere punktverdiene med en "arealreduksjonsfaktor" ARF :

Antall timer	6	12	24	48	72	96	120	144
ARF (105 km²)	0.90	0.92	0.94	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98
ARF (190 km²)	0.88	0.91	0.93	0.95	0.96	0.96	0.97	0.97

6). Nærmeste målestasjoner : 4605 Ulla (PN = 2016 mm/år)
4630 Suldalsvatn (PN = 1646 mm/år)

7). Maksimal observert døgnnedbør i området : 164 mm (målt ved 4603 Ulladal-Fjellberg 26/10 1983) .

8). Kommentarer
Det må presiseres at de gitte verdier for MT og PMP er basert på et relativt sparsomt datagrunnlag . Verdiene må derfor bare betraktes som grovestimat .

Det norske meteorologiske institutt

PÅREGNELIG EKSTREMNEDBØR .

Nedbørfelt : ULLA-FØRRE , Delfelt 3 .

1). Normal årsnedbør (basert på verdier fra normalkart): PN ~ 2500 mm

2). M5(24t) / PN ~ 6.2 % M5(24t) ~ 155 mm

3). Påregnelige 24 timers nedbørverdier :

	AR	SOMMER (J,J,A)	HØST (SOND)	VINTER (J,F,M)	VÅR (A,M)
M5(årstid)/M5(år)	1.00	0.62	0.92	0.77	0.45
M5 (mm)	155	96	143	119	70
M100 (mm)	225	150	210	180	115
M1000 (mm)	295	205	280	240	165
PMP (mm)	400	320	385→400	355	275

4). Påregnelige n-timers nedbørverdier

4.1) Årsverdier

Antall timer (n)	6	12	24	48	72	96	120	144
Nedbørforholdstall n timer / 24 timer	0.55	0.75	1.00	1.32	1.55	1.76	1.96	2.17
M100 (mm)	125	170	225	295	350	395	440	490
M1000 (mm)	160	220	295	390	455	520	580	640
PMP (mm)	220	300	400	530	620	705	785	870

4.2) Årstidsverdier : HØST

Antall timer (n)	6	12	24	48	72	96	120	144
Nedbørforholdstall n timer / 24 timer	0.55	0.75	1.00	1.32	1.55	1.76	1.96	2.17
M100 (mm)	115	160	210	275	325	370	410	455
M1000 (mm)	155	210	280	370	435	495	550	605
PMP (mm)	220	300	400	530	620	705	785	870

5). Justering fra punkt til areal-verdi.

De gitte verdier gir punktnedbør for et fiktivt "representativt" punkt i feltet . Grovestimat av arealnedbør for felt på 105 km² fåes ved å multiplisere punktverdiene med en "arealreduksjonsfaktor" ARF :

Antall timer	6	12	24	48	72	96	120	144
ARF (105 km²)	0.90	0.92	0.94	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98

6). Nærmeste målestasjoner : 4605 Ulla (PN = 2016 mm/år)

7). Maksimal observert døgnnedbør i området : 164 mm (målt ved 4603 Ulladal-Fjellberg 26/10 1983) .

8). Kommentarer

Det må presiseres at de gitte verdier for MT og PMP er basert på et relativt sparsomt datagrunnlag . Verdiene må derfor bare betraktes som grovestimat .

BEREGNINGSRESULTATER UTEN BEGRENSET KAPASITET I GROTDALEN

Q1000, 1000-årsflom (6 tim. verdier)

24P1000	24Q1000MAG	24Q1000FELT	24Q1000	24TIL1000	24VST1000	24AVL1000
12.000	45.132	108.333	153.465	213.465	1055.055	6.148
12.000	45.132	109.835	154.967	214.967	1055.108	16.772
12.000	45.132	110.749	155.881	215.881	1055.157	29.564
12.000	45.132	111.259	156.391	216.391	1055.203	43.437
11.000	41.371	111.495	152.866	212.866	1055.245	57.516
11.000	41.371	108.960	150.331	210.331	1055.282	71.169
12.000	45.132	106.987	152.119	212.119	1055.316	84.314
12.000	45.132	108.018	153.150	213.150	1055.347	96.929
13.000	48.893	108.709	157.602	217.602	1055.375	109.030
13.000	48.893	111.726	160.619	220.619	1055.401	120.649
19.000	71.459	113.913	185.372	245.372	1055.428	132.861
19.000	71.459	130.875	202.334	262.334	1055.456	146.396
28.000	105.308	143.468	248.776	308.776	1055.489	162.432
45.000	169.245	175.997	345.242	405.242	1055.535	185.656
117.000	440.037	244.311	684.348	744.348	1055.625	234.706
28.000	105.308	483.848	589.156	649.156	1055.731	297.052
19.000	71.459	428.904	500.363	560.363	1055.801	340.825
19.000	71.459	364.607	436.066	496.066	1055.844	368.305
13.000	48.893	316.934	365.827	425.827	1055.865	382.111
13.000	48.893	266.012	314.905	374.905	1055.869	384.849
12.000	45.132	228.269	273.401	333.401	1055.862	380.249
12.000	45.132	197.705	242.837	302.837	1055.848	370.986
11.000	41.371	175.037	216.408	276.408	1055.830	358.955
11.000	41.371	155.650	197.021	257.021	1055.809	345.453

PMF, Påregnelig maksimal flom (6 tim. verdier)

24PMP	24QPMFMAG	24QPMFFELT	24PMF	24TILPMF	24VSTPMF	24AVLPMF
19.000	71.459	108.333	179.792	239.792	1055.062	7.301
19.000	71.459	145.719	217.178	277.178	1055.125	20.986
19.000	71.459	173.352	244.811	304.811	1055.192	39.883
19.000	71.459	193.776	265.235	325.235	1055.259	62.566
17.000	63.937	208.872	272.809	332.809	1055.323	87.264
17.000	63.937	214.753	278.690	338.690	1055.383	112.394
19.000	71.459	219.100	290.559	350.559	1055.438	137.517
19.000	71.459	227.590	299.049	359.049	1055.489	162.333
20.000	75.220	233.865	309.085	369.085	1055.536	186.424
20.000	75.220	241.142	316.362	376.362	1055.579	209.515
30.000	112.830	246.521	359.351	419.351	1055.623	233.640
30.000	112.830	276.881	389.711	449.711	1055.669	260.192
44.000	165.484	299.322	464.806	524.806	1055.722	291.174
66.000	248.226	352.847	601.073	661.073	1055.791	333.852
180.000	676.980	450.458	1127.438	1187.438	1055.924	421.947
44.000	165.484	823.396	988.880	1048.880	1056.080	532.907
30.000	112.830	740.207	853.037	913.037	1056.179	607.993
30.000	112.830	641.780	754.610	814.610	1056.235	652.069
20.000	75.220	569.029	644.249	704.249	1056.259	670.817
20.000	75.220	488.872	564.092	624.092	1056.257	669.652
19.000	71.459	429.625	501.084	561.084	1056.240	656.186
19.000	71.459	383.196	454.655	514.655	1056.214	635.660
17.000	63.937	348.878	412.815	472.815	1056.183	611.278
17.000	63.937	318.236	382.173	442.173	1056.149	585.158

Kolonne 1. Nedbørforløp (mm)
" 2. Nedbør direkte på magasin (m3/s)
" 3. Tilsig fra felt eks. magasin, fra flommodellen (m3/s)
" 4. Totalt tilsig, kol. 2+3 (m3/s)
" 5. Totalt tilsig + overført fra Skorpevadhøl (m3/s)
" 6. Vannstand i magasin (m over HRV)
" 7. Overløp ved Førrevassdammen (m3/s)

Magasintabell, vannføringskurve og modellparametre

```
6.  TIDSSKRITTET I BEREGNINGENE (TIMER)

0   ANTALL ELVEKANALER.

1  ANTALL MAGASINER.

  MAGASINTABELL: MAGTOTAL     2
 VST.(METER)    1055.00 1057.00
 VOL.(MILL.M3)      .000 162.460

1   ANTALL VANNFØRINGSKURVER.

  VANNFØRINGSKURVE: VFFØRRE      1
 Q=  475.000 ( H+ -1055.00 )**    1.5000  H >1055.000

2    ANTALL FELT.

FELTPARAMETRE ETC. FOR FELTET.: BLÅSJØSNE
   HØYDE(M) 1055. 1055. 1055. 1060. 1085. 1110. 1135. 1160. 1185. 1210. 1300.
VANNEKVIV.(MM)  200.  200.  200.  200.  200.  200.  200.  200.  200.  200.
MODELLPARAMETRE:
FELTAREAL                    218.470  KM2
SJØAREAL                        .000  KM2
AREAL AV REGULERINGSMAG         .000  KM2
ROTSONEKAPASITET             150.000  MM
ØVRE TØMMEKONSTANT              .050  1/TIME
NEDRE TØMMEKONSTANT             .020  1/TIME
TERSKELVERDI                  40.000  MM
KONSENTRASJONSTIDEN            1.000  TIDSSKRITT
KORR.FAKTOR FOR NEDBØR         1.000
GRADDAGSFAKTOR. P< 1MM          .100  MM/TIME GRAD
 ------------   P> 1MM         .200  ------------
NEDBØRENS HØYDEKORR.            .000  MM/100 METER
TEMP.HOYDEKORR. P < 1MM         .000  GRAD/100 METER
--------------  P > 1MM         .000  --------------
NEDBØRSTASJONENS HØYDE          .000  METER OVER HAVET
TEMP.STASJONENS HØYDE           .000  METER OVER HAVET
2. TEMPSTASJONS  HOYDE          .000  ----------------
TERSKELVERDI REGN/SNØ           .000  GRAD

FELTPARAMETRE ETC. FOR FELTET.: BLÅSJØBAR
   HØYDE(M)    0.    0.    0.    0.    0.    0.    0.    0.    0.    0.    0.
VANNEKVIV.(MM)    0.    0.    0.    0.    0.    0.    0.    0.    0.    0.
MODELLPARAMETRE:
FELTAREAL                    218.470  KM2
SJØAREAL                        .000  KM2
AREAL AV REGULERINGSMAG         .000  KM2
ROTSONEKAPASITET                .000  MM
ØVRE TØMMEKONSTANT              .050  1/TIME
NEDRE TØMMEKONSTANT             .020  1/TIME
TERSKELVERDI                  40.000  MM
KONSENTRASJONSTIDEN            1.000  TIDSSKRITT
KORR.FAKTOR FOR NEDBØR         1.000
GRADDAGSFAKTOR. P< 1MM          .100  MM/TIME GRAD
 ------------   P> 1MM         .200  ------------
NEDBØRENS HØYDEKORR.            .000  MM/100 METER
TEMP.HOYDEKORR. P < 1MM         .000  GRAD/100 METER
--------------  P > 1MM         .000  --------------
NEDBØRSTASJONENS HØYDE          .000  METER OVER HAVET
TEMP.STASJONENS HØYDE           .000  METER OVER HAVET
2. TEMPSTASJONS  HOYDE          .000  ----------------
TERSKELVERDI REGN/SNØ           .000  GRAD
```

Flommodell med snømagasin (brukt for PMF)

Flommodell uten snømagasin (brukt for Q1000)

BEREGNINGSRESULTATER MED BEGRENSET KAPASITET I GROTDALEN

Q1000, 1000-årsflom (6 tim. verdier)

TID	TILSIG1	VANNST1	MAGVOL1	AVLOP1	TILSIG2	VANNST2	MAGVOL2	AVLOP2
1	98.10	1055.06	3.10	14.66	55.36	1055.06	1.45	2.99
2	99.06	1055.11	6.13	18.91	55.91	1055.11	2.80	12.27
3	99.65	1055.16	9.00	26.39	56.24	1055.16	4.06	24.46
4	99.97	1055.21	11.71	34.78	56.42	1055.20	5.20	37.99
5	97.72	1055.25	14.17	43.60	55.15	1055.24	6.22	51.74
6	96.10	1055.30	16.42	52.24	54.23	1055.28	7.12	65.01
7	97.24	1055.33	18.51	60.44	54.88	1055.31	7.93	77.76
8	97.90	1055.37	20.44	68.31	55.25	1055.34	8.65	89.88
9	100.75	1055.40	22.28	75.76	56.86	1055.36	9.33	101.46
10	102.67	1055.43	24.00	82.92	57.95	1055.39	9.94	112.48
11	118.50	1055.47	25.92	89.54	66.88	1055.42	10.63	124.42
12	129.34	1055.50	27.92	96.62	72.99	1055.44	11.33	137.37
13	159.03	1055.55	30.41	103.93	89.75	1055.48	12.21	153.08
14	220.69	1055.61	34.05	112.22	124.55	1055.53	13.51	176.43
15	437.46	1055.76	42.15	122.49	246.89	1055.65	16.53	229.40
16	376.61	1055.87	48.41	146.55	212.54	1055.71	18.22	280.75
17	319.85	1055.95	52.91	171.51	180.51	1055.75	19.14	309.83
18	278.75	1056.01	56.10	191.24	157.32	1055.77	19.63	325.57
19	233.85	1056.04	58.00	205.89	131.98	1055.77	19.77	331.64
20	201.30	1056.06	58.98	215.87	113.61	1055.77	19.72	331.49
21	174.77	1056.07	59.26	222.01	98.63	1055.76	19.57	327.94
22	155.23	1056.06	59.04	225.15	87.61	1055.76	19.35	322.60
23	138.34	1056.05	58.44	226.06	78.07	1055.75	19.09	316.14
24	125.94	1056.04	57.60	225.26	71.08	1055.74	18.82	309.13

PMF, Påregnelig maksimal flom (6 tim. verdier)

TID	TILSIG1	VANNST1	MAGVOL1	AVLOP1	TILSIG2	VANNST2	MAGVOL2	AVLOP2
1	114.93	1055.06	3.48	13.72	64.86	1055.06	1.62	3.58
2	138.83	1055.13	7.39	18.07	78.35	1055.13	3.36	15.91
3	156.49	1055.21	11.46	27.82	88.32	1055.20	5.13	34.34
4	169.55	1055.28	15.55	40.15	95.69	1055.27	6.83	56.74
5	174.39	1055.35	19.45	54.06	98.42	1055.33	8.38	80.77
6	178.15	1055.42	23.12	68.29	100.54	1055.38	9.77	104.72
7	185.74	1055.48	26.65	82.20	104.82	1055.43	11.04	128.24
8	191.16	1055.54	30.00	95.86	107.89	1055.48	12.18	150.90
9	197.58	1055.60	33.21	109.03	111.51	1055.52	13.22	172.46
10	202.23	1055.65	36.25	121.68	114.13	1055.55	14.15	192.71
11	229.71	1055.71	39.62	133.51	129.64	1055.59	15.20	214.59
12	249.12	1055.78	43.15	145.81	140.59	1055.63	16.24	238.17
13	297.12	1055.85	47.44	158.53	167.68	1055.68	17.53	266.44
14	384.23	1055.96	53.30	172.71	216.84	1055.75	19.33	306.39
15	720.70	1056.19	66.07	189.78	406.74	1055.92	23.61	398.03
16	632.13	1056.37	76.20	223.28	356.75	1056.01	25.74	481.44
17	545.29	1056.50	83.69	258.27	307.74	1056.04	26.70	521.51
18	482.38	1056.60	89.22	286.51	272.23	1056.06	27.14	538.77
19	411.83	1056.67	92.76	307.88	232.42	1056.06	27.11	541.30
20	360.59	1056.71	94.87	322.96	203.50	1056.05	26.92	535.57
21	320.31	1056.72	95.89	332.89	180.77	1056.04	26.64	526.63
22	290.63	1056.73	96.15	338.84	164.02	1056.03	26.34	516.77
23	263.89	1056.72	95.76	341.84	148.93	1056.02	26.00	506.31
24	244.30	1056.71	94.93	342.54	137.87	1056.00	25.67	495.82

TILSIG1, VANNST1, MAGVOL1 og AVLOP1 gjelder for Storvassdelen
- Til TILSIG1 skal adderes overføringen fra Skorpevadhøl, 60 m3/s

TILSIG2, VANNST2, MAGVOL2 og AVLOP2 gjelder for Førrevassdelen
- til TILSIG2 skal adderes AVLOP1

Tilsig og avløp i m3/s
Vannstand i m over HRV
Magasinvolum i mill. m3 over HRV

Feltstørrelser, magasintabeller og vannføringskurver

Felt Storevassdelen: 188.00 km2
Felt Førrevassdelen: 106.10 km2

Magasintabell Storevassdelen:

Vst.(meter)	1055.00	1056.00
Vol.(mill. m3)	0.00	55.63

Magasintabell Førrevassdelen:

Vst.(meter)	1055.00	1056.00
Vol.(mill. m3)	0.00	25.60

Vannføringskurve Grotdalstunnelen:

Q = 407.720 * H ** 0.5000 H > 0.00

Vannføringskurve overløp Førrevassdammen:

Q = 475.000 * (H - 1055.00) ** 1.5000 H > 1055.00