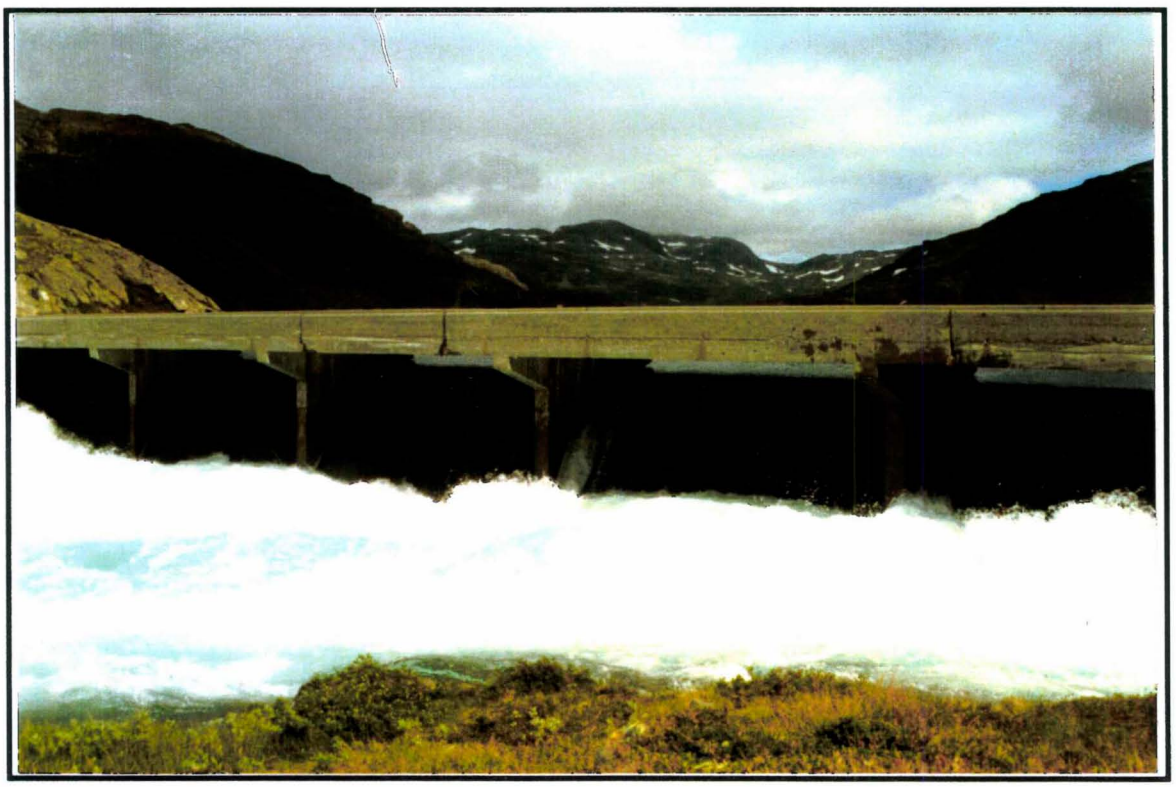
RAPPORT

28 1995

NVE
NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIVERK

Bjarne Krokli

FLOMBEREGNING FOR VOTNAMAGASINET (036.F)



HYDROLOGISK AVDELING

NORGES
VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT
BIBLIOTEK

NVE
NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIVERK

TITTEL FLOMBEREGNING FOR VOTNAMAGASINET (036.F)	**RAPPORT** 28 -1995
SAKSBEHANDLER Bjarne Krokli Seksjon Vannbalanse	DATO 11.10.95 RAPPORTEN ER ÅPEN
OPPDRAGSGIVER HYDRO ENERGI, RØLDAL-SULDAL	OPPLAG 20

SAMMENDRAG

Flomberegning etter bestemmelsene i "Forskrifter for dammer" (1) er utført for Votnamagasinet, under forutsetning om at overløpet bygges om slik som beskrevet i kapittel 7.

Resultatet av beregningen ble:

	Avløpsflom (m^3/s)	Flomvann-stand (m o.h.)	Flomstigning over HRV (m)
Dimensjonerende flom:	97.4	1020.95	0.95
Påregnelig maksimal flom:	184	1021.32	1.32

Verdiene for avløpsflommene refererer seg til flomtoppene.

Det er påvist at reguleringen ikke forøker naturlige flommer.

EMNEORD/SUBJECT TERMS

OPPDRAGSRAPPORT
Q1000
PMF
NATURLIGE FLOMMER

ANSVARLIG UNDERSKRIFT

Kjell Repp
fung. avd.direktør

NORGES
VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT
BIBLIOTEK

Kontoradresse: Middelthunsgate 29
Postadresse: Postboks 5091 Maj
0301 Oslo

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

Postgiro: 0803 5052055

556(05)
ex 2

Omslagsbilde: Overløp Votnamagasinet
Foto: Hydro Energi, Røldal-Suldal

FORORD

"Forskrifter for dammer" (1) 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.

Hydrologisk avdeling utfører selv slike flomberegninger, og kontrollerer og godkjenner flomberegninger som er utført av andre.

Foreliggende rapport beskriver framgangsmåten og gir resultatene av en flomberegning bestilt av Hydro Energi, Norsk Hydro a/s, Røldal-Suldal. Beregningen gjelder Votnamagasinet (036.F) som er magasin til Novle kraftverk. Det ble tidligere i år gjort beregninger som viste at magasinets overløp ikke har tilstrekkelig avløpskapasitet. Ut fra disse beregningene er det foreslått ombygging av overløpet slik at det får tilstrekkelig kapasitet. Rapporten beskriver forløpet av dimensjonerende flom og påregnelig maksimal flom. Det er også påvist at "naturlig flom" (flom med gjentaksintervall 10 år) ikke forøkes av reguleringen.

Oslo, oktober 1995

Kjell Repp
seksjonssjef

INNHOLD

		Side
1.	INNLEDNING	3
2.	BELIGGENHET	3
3.	BEREGNING AV FLOMMER	4
4.	OVERFØRINGER	4
5.	NEDBØRFELTET	5
6.	NEDBØR	6
7.	VOTNAMAGASINET	6
8.	FLOMMER	7
8.1	Tilløpsflommer	7
8.2	Avløpsflommer	9
9.	OVERLØPETS INNVIRKNING PÅ FLOMMER	11
10.	KONKLUSJON	11
11.	LITTERATUR	12

1. INNLEDNING

Hydrologisk avdeling utførte i januar 1995 en foreløpig flomberegning for Votnamagasinet(036.F). Det ble da påvist at overløpet hadde for liten kapasitet til å avlede flommene. Beregningene i denne rapporten er utført med ny utforming av overløpet og gir forløpet av dimensjonerende flom, påregnelig maksimal flom og flom med gjentaksintervall 10 år.

2. BELIGGENHET

Feltet ligger nordøst for Røldalsvatn og drenerer naturlig til dette. Beliggenhet og feltgrenser er vist på kartskisse i figur 1.

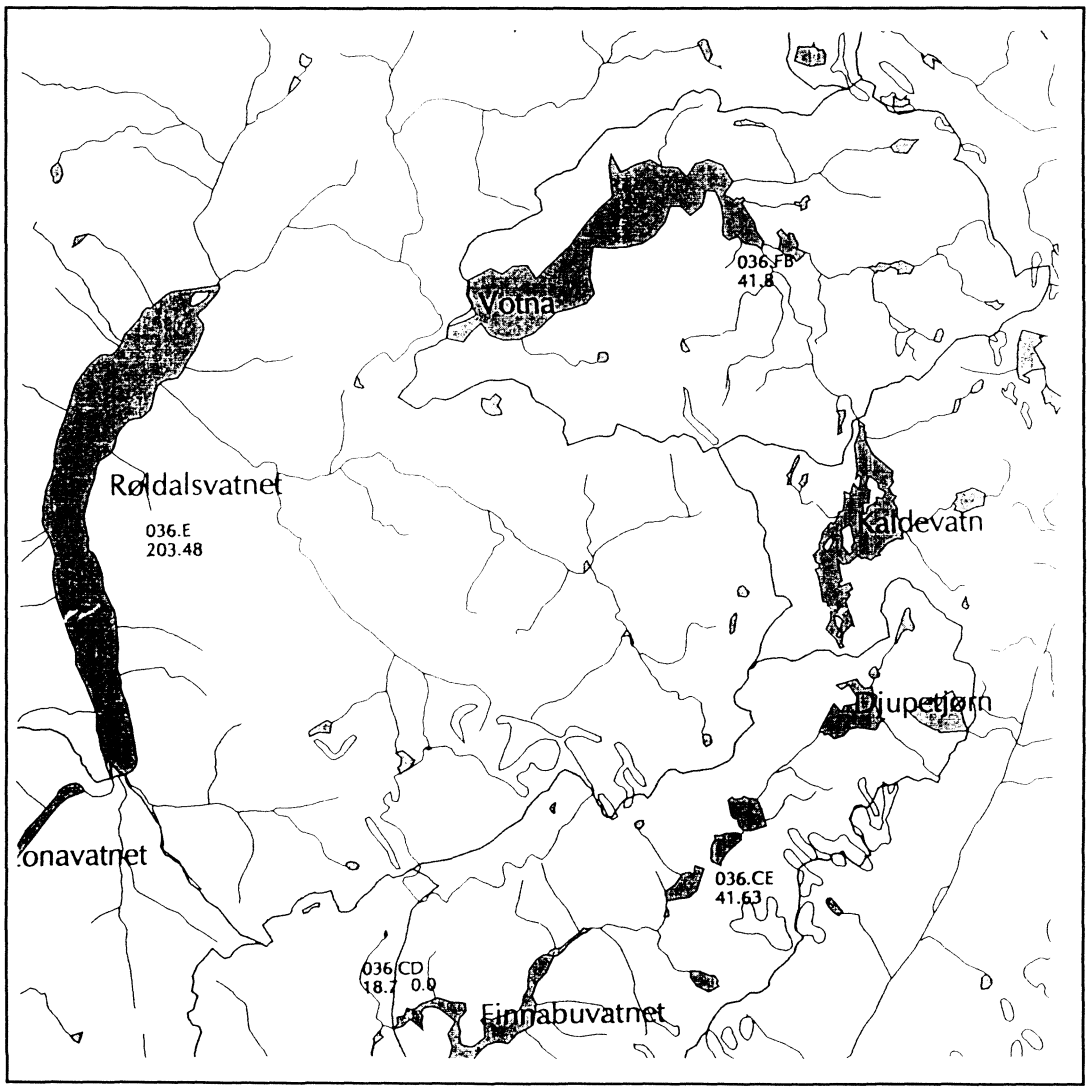


Fig. 1. Nedbørfeltets beliggenhet.

3. BEREGNING AV FLOMMER

Det foreligger ikke avløpsregistreringer fra feltet. Flomberegningene er utført ved å benytte flommodell (2) til å beregne tilløpsflom for nedbørfeltet ved hjelp av M1000- og PMP-estimater (nedbørforløp med 1000-års gjentaksintervall og påregnelig maksimal nedbør). Tilløpsflom med tillegg av oppstrøms overløp og overføringer ble så rutet gjennom magasinet.

Flommodellen er kalibrert ved å benytte feltparametre (H_L fra hypsografisk kurve) for feltet.

Øvre tømmekonstant: $K_1=0.0135+0.00268*H_L-0.01665*\ln(A_{SE})$

Nedre tømmekonstant: $K_2=0.009+0.21*K_1-0.00021*H_L$

Terskelverdi: $T=-9.0+4.4*K_1\exp(-0.6)+0.28Q_n$

Her er A_{SE} effektiv sjøprosent i feltet og Q_n er normalt spesifikt avløp som tas ut fra isohydatkart.

I relieff-forholdet, $H_L=H_{50}/L$, er L feltaksens lengde i km og H_{50} er høydeforskjellen i meter mellom 25% og 75% passasjen på feltets hypsografiske kurve. Se figur 2.

4. OVERFØRINGER

Foruten lokalfeltet til Votna, er det to overføringer i tillegg til overløp fra Kaldevatn som bidrar til tilløpsflommen.

Når Svandalsflona kraftverk er i drift blir det overført vann fra Middyrvotna. Dette bidraget er beregnet til 11 m^3/s. Siden det er lett adkomst til kraftstasjonen, er det i beregningene antatt at krafverket er stoppet slik at dette bidraget faller bort.

Via overføringstunnel blir vann fra Kvanndalstjørn, Djupetjørn, Indre - og Midtre Grubbedalstjørn overført til feltet. På denne overføringstunnelen er det tre bekkeinntak. Total kapasitet er satt til 25 m^3/s.

I 1987 ble det beregnet dimensjonerende - og påregnelig maksimal flom for Kaldevatn. Disse flommene er dokumentert i "Flomberegning for Kaldevatn, Røldal (5).

Flommene fra Kaldevatn er gitt en tidsforsinkelse på 3 timer i forhold til tilløpsflommen fra lokalfeltet.

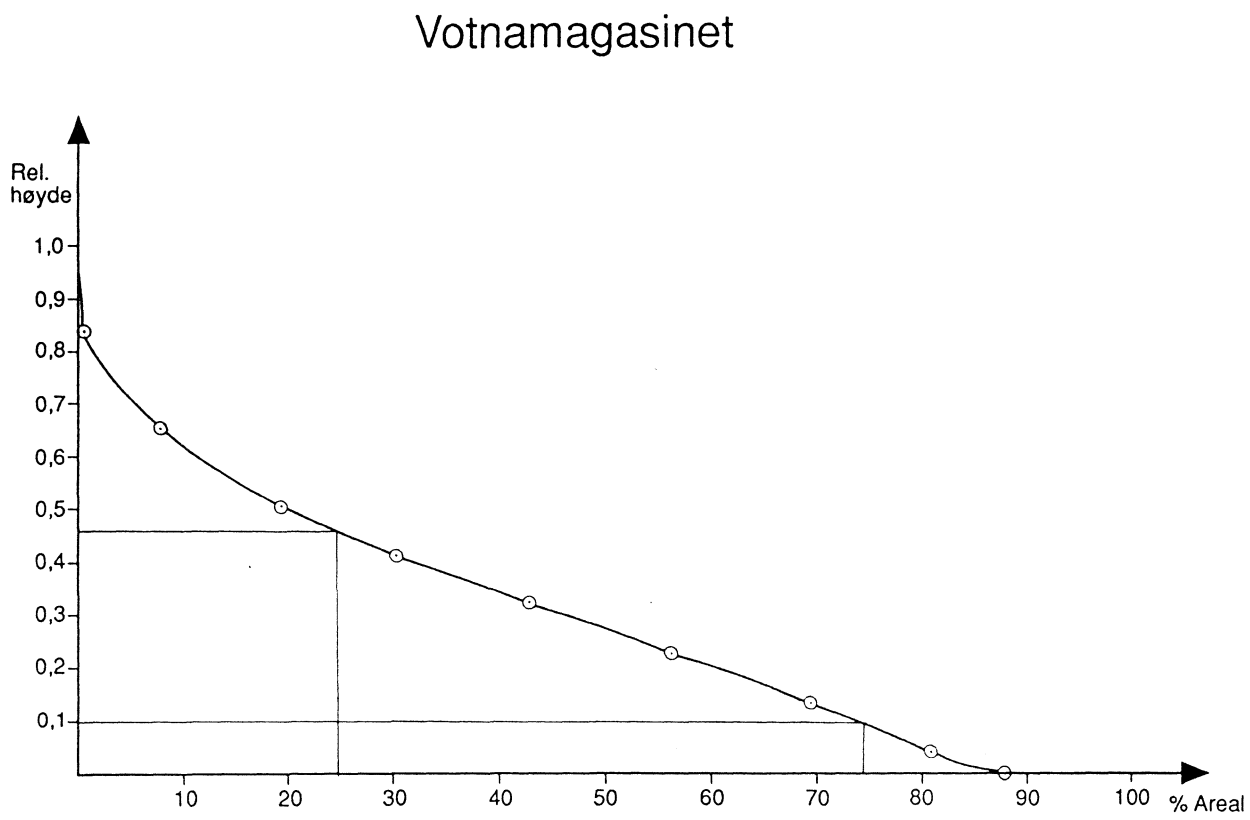


Fig. 2. Hypsografisk kurve.

5. NEDBØRFELTET

Votnas nedbørfelt (lokalfeltet) er planimetrert på kart i målestokk 1:50000 (serie M711) til 41.1 km^2.

Effektiv sjøprosent i feltet (A_{SE}) er 11.4 og settes til 0.13 (uten magasin) når tilløpsflom til magasinet beregnes.

Feltaksens lengde, L, er 10.1 km.

Relieff-forholdet, H_L, er beregnet til 23.5 m/km.

Øvre tømmekonstant, K_1, er beregnet til 0.110 $time^{-1}$,

nedre tømmekonstant, K_2, er beregnet til 0.027 $time^{-1}$

og terskelverdien, T, er beregnet til 29.6 mm.

Normalt spesifikt avløp, Q_n, settes til 79.0 l/skm^2.

6. NEDBØR

Det norske meteorologiske institutt gir i rapporten "Påregnelige ekstreme nedbørverdier for Kaldevatn, Røldal",(3), påregnelige nedbørverdier for Kaldevatn. De samme nedbørverdiene er benyttet for Votna, men med andre tall for arealreduksjon.

Beregningen gir følgende tabell dersom en tar arealreduksjon med i beregningene, og baserer seg på september- oktober som flomskapende sesong:

Antall timer	6	12	24	48	72	96	120	144
M1000	82	107	142	180	210	245	274	300
PMP	150	196	256	340	380	454	495	540
PMP+snøsmelt	158	211	286	400	470	564	645	720

Snøsmelting: $S=C_S*T_L=5.0*6.0$ mm/døgn= 30 mm/døgn.
C_S=5 mm/°Cdøgn er hentet fra NVEs publikasjon "Beregning av dimensjonerende og påregnelig maksimal flom. Retningslinjer." (4) og gjelder snaufjell.

T_L=6.0 °C er en temperatur som kan påvises flere steder på Vestlandet i situasjoner med sterk nedbør og snøsmelting om høsten.

7. VOTNAMAGASINET

Votnamagasinet har tre betongdammer. Topp brystning for dam I (hvelvdam) er kote 1021.70 og for dam II (platedam) kote 1021.30 i følge tegningene. Dam III er overløpsdam med 6 pilarer. Overløpsterskler er på kote 1020.00, veibanens underside på kote 1020.90 og topp brystning på kote 1021.55.

På grunnlag av de foreløpige beregningene som ble gjort tidligere i år, er det i denne beregningen antatt at veibanen heves 0.5 m og at det i tillegg bygges et fast overløp ved siden av det eksisterende overløpet. Dette får terskel på kote 1020.50, lengde 50 m og overløpskoeffesient 2.10.

Det er beregnet avløpsformel for det kombinerte overløpet.

Ved beregningen av lengden er det tatt hensyn til sidekontraksjon (6 pilarer) ved det gamle overløpet.

Gammelt: $Q=2.05*36.65(H-1020.00)^{1.5}, 1020.00<H<1020.50$

Nytt: $Q=2.10*50.00(H-1020.50)^{1.5}$, $H>1020.50$

Kombinert: $Q=93.0551(H-1019.93)^{2.0842}$, $H>1020.00$

Magasintabell for aktuelt område er gitt ved:

(1018.00, 110.00), (1020.00, 119.00) (kotehøyde, 10^6 m^3).

8. FLOMMER

8.1 Tilløpsflommer

Med estimerte verdier for M1000 og kalibrerte verdier for avløpsparametrene ble det beregnet dimensjonerende tilløpsflom for Votna lokalfelt.

Dimensjonerende tilløpsflom,	flomtopp:	84.2 m^3/s.
	døgnmiddel:	60.0 m^3/s.
	eller:	1464 l/skm^2

Flomforløpet er vist i figur 3.

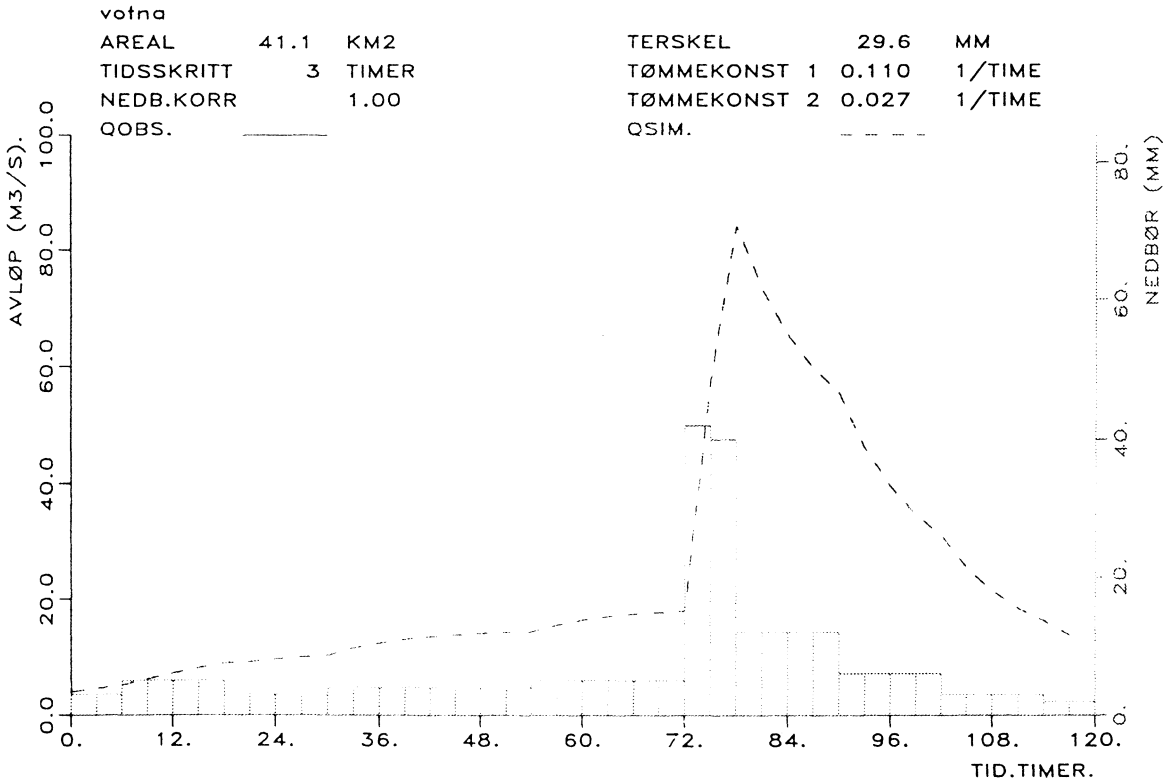


Fig. 3. Dimensjonerende tilløpsflom Votna lokalfelt.

På tilsvarende måte ble det ut fra PMP-verdier beregnet påregnelig maksimal tilløpsflom for lokalfeltet.

Påregnelig maksimal tilløpsflom (flomtopp): 176 m^3/s.

Flomforløpet er vist i figur 4.

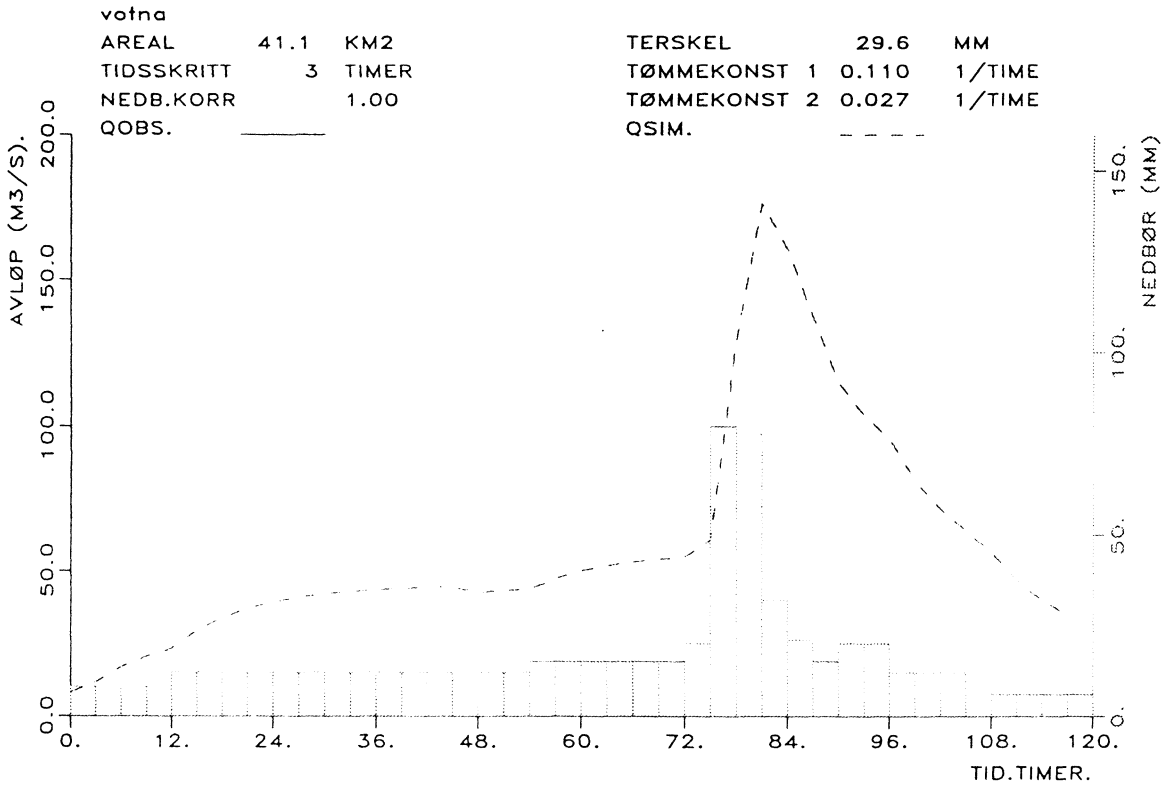


Fig. 4. Påregnelig maksimal tilløpsflom for Votna lokalfelt.

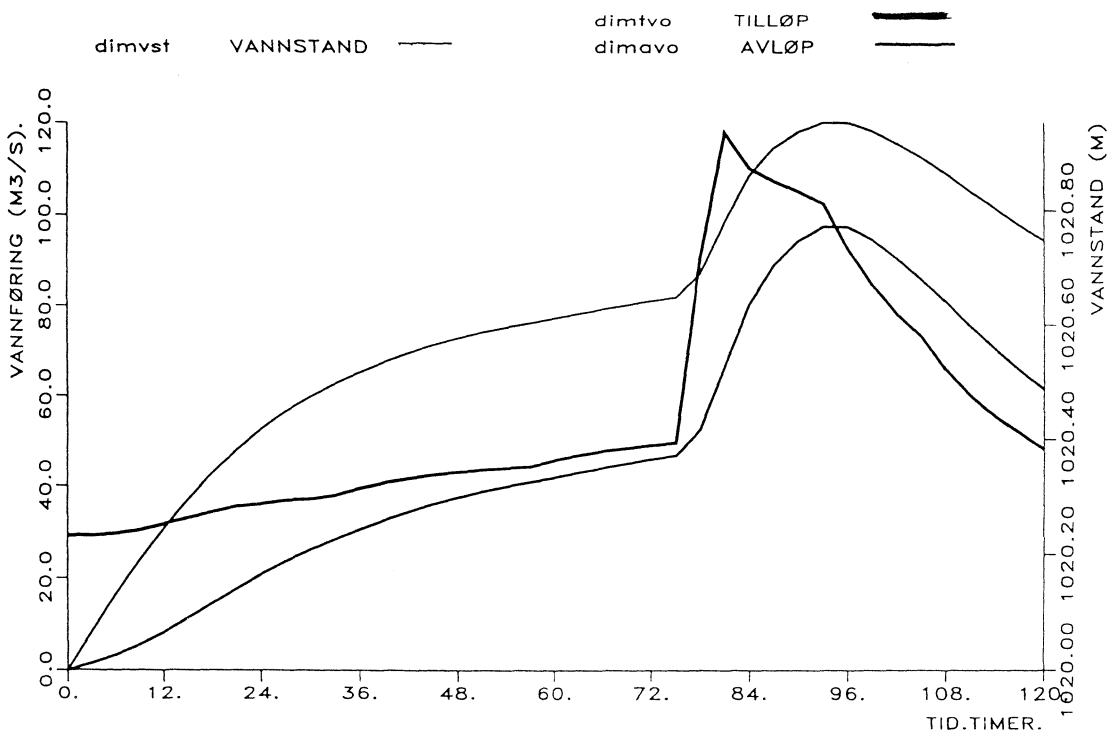
Tilløpsflommene fra lokalfeltet ble deretter tillagt avløpsflommene fra Kaldevatn og overført volum (25 m^3) før ruting gjennom magasinet. Det er antatt at magasinet er på HRV ved flomstart.

8.2 Avløpsflommer

Q1000 total tilløpsflom ble rutet gjennom magasinet. Rutingen ga følgende resultat:

Flomtopp:	97.4 m^3/s
Døgnmiddel:	90.0 "
Flomstigning:	0.95 m

Rutingen er vist i figur 5.



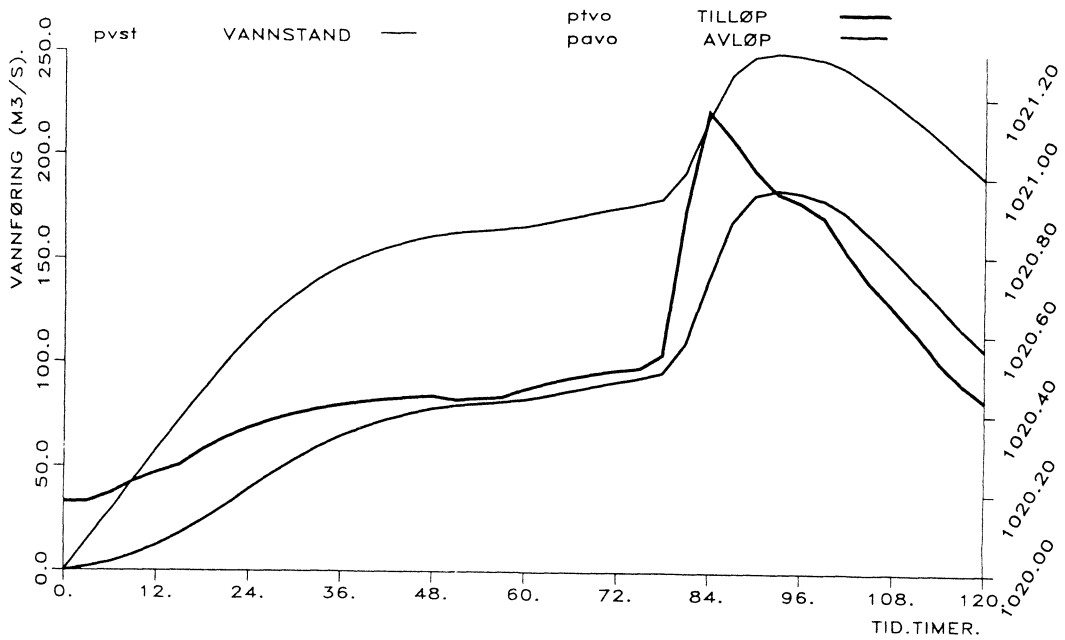
40dimvst	40dimavo
1020.067	1.471
1020.130	3.238
1020.188	5.545
1020.243	8.270
1020.294	11.297
1020.340	14.482
1020.381	17.704
1020.417	20.794
1020.448	23.647
1020.474	26.206
1020.496	28.465
1020.516	30.568
1020.534	32.579
1020.551	34.436
1020.565	36.116
1020.577	37.600
1020.588	38.889
1020.597	40.003
1020.604	40.955
1020.612	41.895
1020.620	42.933
1020.628	43.977
1020.635	44.976
1020.642	45.898
1020.649	46.746
1020.690	52.549
1020.780	66.364
1020.861	80.200
1020.909	88.937
1020.937	94.386
1020.952	97.379
1020.952	97.416
1020.938	94.600
1020.916	90.411
1020.892	85.787
1020.864	80.759
1020.834	75.412
1020.804	70.254
1020.775	65.553
1020.748	61.268

Fig. 5. Q1000 avløpsflom for Votnamagasinet.

Total påregnelig maksimal tilløpsflom ble så rutet gjennom magasinet. Rutingen ga følgende resultat:

Flomtopp:	184 m^3/s
Døgnmiddel:	169 "
Flomstigning:	1.32 m

Rutingen er vist i figur 6.



40pvst	40pavo
1020.075	1.671
1020.150	3.954
1020.227	7.417
1020.305	12.081
1020.380	17.629
1020.452	24.050
1020.523	31.336
1020.588	38.934
1020.646	46.358
1020.695	53.228
1020.736	59.341
1020.769	64.599
1020.796	69.012
1020.818	72.648
1020.835	75.592
1020.848	77.927
1020.857	79.402
1020.862	80.298
1020.866	81.145
1020.873	82.429
1020.884	84.419
1020.897	86.697
1020.909	89.006
1020.920	91.183
1020.930	93.126
1020.943	95.666
1021.013	109.816
1021.149	140.556
1021.260	168.578
1021.307	181.265
1021.316	183.854
1021.311	182.272
1021.299	179.095
1021.275	172.536
1021.237	162.508
1021.193	151.447
1021.148	140.336
1021.099	128.892
1021.048	117.472
1021.000	107.047

Fig. 6. Påregnelig maksimal avløpsflom for Votnamagasinet.

9. OVERLØPETS INNVIRKNING PÅ FLOMMER

I "Forskrifter for dammer" (3) står det i kapittel 7.1:

"Flomløpenes utforming og manøvrering må ikke være slik at bare ekstreme flommer blir dempet, mens flommer med større sannsynlighet for å inntreffe blir økt til nivå over det som kan aksepteres.

- Oppdemming av et område med liten eller ingen naturlig flomdempning og hvor det ikke er overføring til feltet: I dette tilfelle kan faste overløps karakteristikk ikke forverre flomforholdene uansett utforming. De kan derfor konstrueres med stor kapasitet uten øket flomfare for nedenforliggende områder.

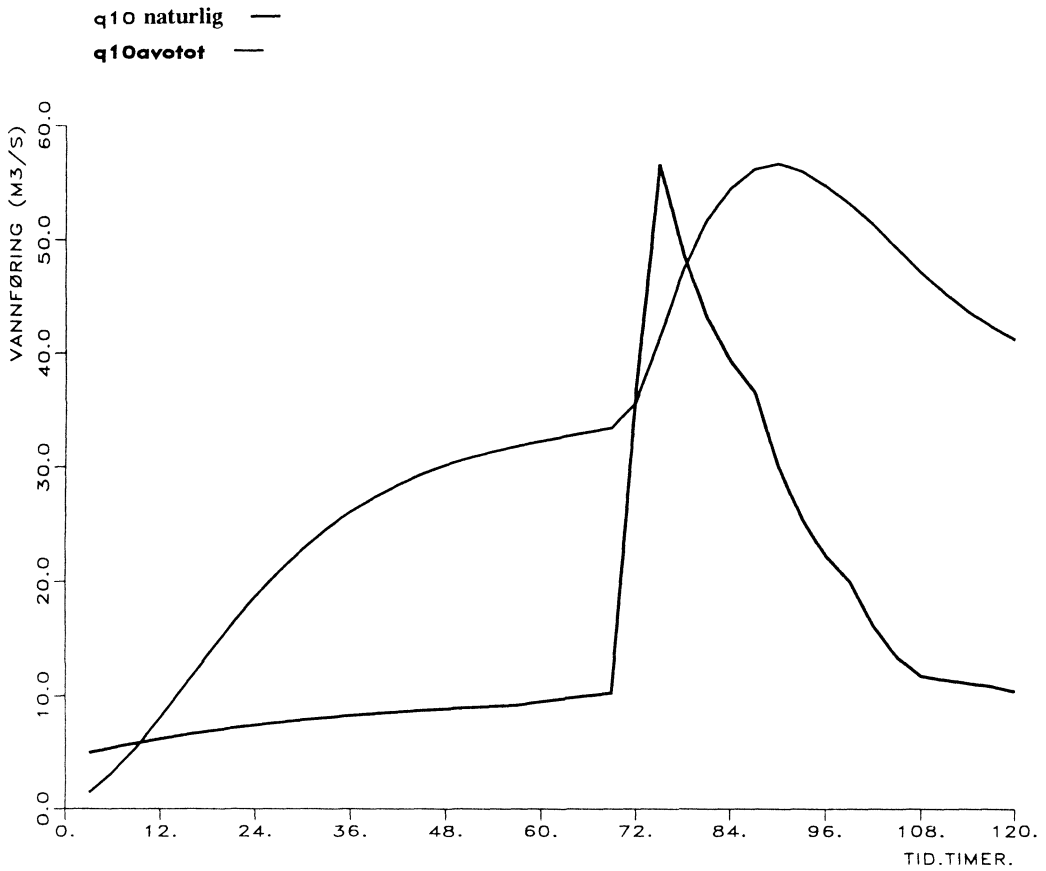
- Oppdemming av områder med betydelig naturlig flomdempning, for eks. innsjøer eller større myrområder, eller når det er overføringer til feltet. I slike tilfeller må de faste overløp utformes slik at reguleringen såvidt mulig ikke medfører økning av de naturlige flommer."

Da Votna hadde ubetydelig magasinkapasitet før reguleringen, ville reguleringen virket flomdempende dersom det ikke hadde vært overføringer. På grunn av at overføringstunnelen bidrar med 25 m^3/s ble det derfor beregnet naturlig flom på grunnlag av nedbørforløp med gjentaksintervall 10 år for det totale feltet (Votnas lokalfelt + Kaldevatnets lokalfelt). En regner her med at tilløpsflom og avløpsflom er lik pga. manglende magasin.

Det ble deretter beregnet total tilløpsflom med gjentaksintervall 10 år (lokalflom Votna + avløpsflom Kaldevatn + overføring 25 m^3/s). Denne tilløpsflommen ble så rutet gjennom magasinet. Figur 7 viser naturlig flom og regulert flom med gjentaksintervall 10 år. Vi ser her at den reguleerte flommen har større volum, men toppene er like og da er flommen ikke forøket etter forskriftene.

10. KONKLUSJON

Rutingen viser at en ombygging av overløpet til Votnamagasinet slik som beskrevet i kapittel 7 vil gi avløpskarakteristikk som tilfredsstiller forskriftene.



40q10	40q10avotot
5.000	1.460
5.432	3.206
5.829	5.461
6.195	8.050
6.531	10.797
6.839	13.549
7.123	16.191
7.384	18.651
7.625	20.876
7.845	22.853
8.048	24.586
8.235	26.083
8.406	27.370
8.564	28.465
8.709	29.399
8.842	30.191
8.965	30.861
9.078	31.430
9.181	31.917
9.486	32.346
9.766	32.743
10.023	33.123
10.260	33.476
36.441	35.683
56.631	41.287
48.704	47.469
43.175	51.734
39.319	54.511
36.631	56.191
30.040	56.675
25.443	56.000
22.238	54.699
20.003	53.131
16.086	51.290
13.354	49.203
11.714	47.111
11.390	45.228
11.098	43.657
10.830	42.326
10.374	41.179

Fig. 7. Naturlig - og regulert flom med gjentaksintervall 10 år.

11. LITTERATUR

(1) OED/NVE:
1981: Forskrifter for dammer.

(2) Andersen,J. m.fl.:
1983: Hydrologisk modell for flomberegninger.

(3) Kristoffersen D.:
1986: Påregnelige ekstreme nedbørverdier for Kaldevatn, Røldal
Rapport nr. 63/86. Klima DNMI.

(4) NVE/V- informasjon:
1986: Beregning av dimensjonerende og påregnelig maksimal flom. Retningslinjer
V-informasjon nr. 1 1986. NVE.

(5) NVE/H - Oppdragsrapport
1986: Flomberegning for Kaldevatn, Røldal.
Oppdragsrapport 63-86.

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

I 1995 ER FØLGENDE RAPPORTER UTGITT:

Nr 1 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning Fossheimselva (087.B1Z). (11 s.)

Nr 2 Jim Bogen og Rolf Tore Ottesen: Suldalslågens sedimentkilder. (17 s.)

Nr 3 Lars-Evan Pettersson: Flomfrekvensanalyser for Vestlandet. (15 s.)

Nr 4 Bjarne Krokli: Flomberegning for Finnbuavatn (036.CE) og Vasstølvatn (036.CC). (19 s.)

Nr 5 Randi Pytte Asvall: Mel kraftverk. Vanntemperatur i Vetlefjordelva etter utbygging. (17 s.)

Nr 6 Bjarne Krokli: Flomberegning for Austre og Vestre Middyrvatn (036.G). (19 s.)

Nr 7 Bjarne Krokli: Flomberegning for Votnamagasinet (036.F). Foreløpig rapport. (12 s.)

Nr 8 Leif J. Bogetveit: Vannføringsobservasjoner i Holobekken. (3 s.)

Nr 9 Ole Einar Tveito og Hege Hisdal: Disaggregation of large scale climatological information. (14 s.)

Nr 10 Einar Sæterbø: Fisketiltak i Litledalselva. (10 s.)

Nr 11 Rune Dahl, Hans Otnes og Frode Trengereid: Årsrapport for Norges vassdrags- og energiverks (NVEs) havarigruppe. (19 s.)

Nr 12 Truls Erik Bønsnes og Jim Bogen: Sedimenttransport i Sogna, Vikka og Risa ved Gardermoen hovedflyplass i 1994. (23 s.)

Nr 13 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning Sviland Kraftverk (029.2Z). (16 s.)

Nr 14 Bjarne Kjøllmoen: Massebalansemålinger Trollbergdalsbreen (161.F) 1990-94. Sluttrapport. (27 s.)

Nr 15 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning Råsjøen (002.CABB). (16 s.)

Nr 16 Joar Skauge og Einar Sæterbø: Erosjon i Orkla ved Ekli. (18 s.)

Nr 17 Bjarne Kjøllmoen og Mike Kennett: Breundersøkelser på Svartisheibreen 1988-94. (35 s.)

Nr 18 Knut Hofstad (red.): Distribusjonsnett i grisgrendte områder - investeringsbehov. (16 s.)

Nr 19 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning Maudal Kraftverk (027.F). (14 s.)

Nr 20 Olav Vestrheim (red.): Vassdragstilsynet. Årsoversikt 1994. (29 s.)

Nr 21 Ingebrigt Bævre: Trollheim-reguleringens innvirkning på elveløp og hydrologi i Surna (112.Z) på strekningen Bulu-Harang. (39 s.)

Nr 22 Mike Kennett og Hallgeir Elvehøy: Bestemmelse av dreneringsgrenser for inntak til Svartisen Kraftverk. (18 s.)

Nr 23 Halvard Berg Eirik Smidt Eriksen : Vassdragsteknisk seksjon 1994. (15 s.)

Nr 24 Steinar Myrabø: Urban avrenning - Oslo. (14 s.)

Nr 25 Grzegorz Perzyna: Flomberegning for Åskåravassdraget (086.6Z). (16 s.)

Nr 26 Grzegorz Perzyna: Flomberegning for Hoplavassdraget (125.4Z). (13 s.)

Nr 27 Arve M. Tvede: Staffivatn kraftverk i Blådalsvassdraget (042.Z). (13 s.)

Nr 28 Bjarne Krokli: Flomberegning for Votnamagasinet (036.F). (12 s.)