



NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIVERK
VASSDRAGSDIREKTORATET
HYDROLOGISK AVDELING

DAM MOLDEVATN

Beregning av dimensjonerende avløpsflom
og påregnelig maksimal avløpsflom

OPPDRAGSRAPPORT

9 - 86

NORGES
VASSDRAGS- OG ENERGIVERK
BIBLIOTEK

Rapportens tittel: <i>DAM MOLDEVATN Beregning av dimensjonerende avløpsflom og påregnelig maksimal avløpsflom</i>	Dato: 1986-08-25 Rapporten er: Åpen Opplag: 20
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------

Saksbehandler/Forfatter: Erik Hansen Datakontoret	Ansvarlig: <i>Nils Roar Sæthun</i> Nils Roar Sæthun
---------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------

Oppdragsgiver: <i>Molde kommune, Byingeniøren</i>

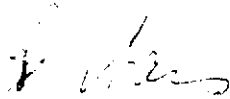
<p>Sammendrag:</p> <p>Det er foretatt beregninger av dimensjonerende flømvannføring og flømvannstand samt påregnelig maksimal flømvannføring og maksimal flømvannstand for Moldevatn. Beregningene er utført for to alternative overløpslengder. Arbeidet er utført på oppdrag fra Molde kommune.</p> <p>Beregningene av påregnelig maksimal tilløpsflom er basert på påregnelig maksimalt nedbørforløp. Dette er tatt fra "Påregnelige ekstreme nedbørverdier" utarbeidet av DNMI. Beregningene tilfredsstiller de krav som er gitt i damforskriftene.</p> <p>For overløpslengde 8 m er toppverdiene for dimensjonerende avløpsflom og påregnelig maksimal avløpsflom beregnet til henholdsvis 3.4 m³/s og 11.5 m³/s og tilhørende vannstandsstigning til henholdsvis 0.35 m og 0.80 m.</p> <p>For overløpslengde 10 m er tilsvarende avløpsverdier beregnet til henholdsvis 3.5 m³/s og 12.0 m³/s og tilhørende vannstandsstigning til henholdsvis 0.32 m og 0.71 m.</p>

FORORD

Flomberegningene er basert på de retningslinjer som er gitt i "Forskrifter for dammer" (NVE, 1981) og "Beregning av dimensjonerende og påregnelig maksimal flom. Retningslinjer." (NVE, 1986). Opplysninger forøvrig er gitt i flomforespørsel til VHO fra VVT av 10.10.84.

Beregningene er utført ved hjelp av Hydrologisk avdelings standard programmer.

Oslo, august 1986



Ø. Aars
fung. avd.direktør

INNHOOLD

	Side
1. INNLEDNING	3
2. OMRÅDEBESKRIVELSE	3
3. BEREGNING AV FLOMMER OG FLOMVANNSTANDER	4
3.1 Beregning av dimensjonerende tilløpsflom	4
3.1.1 Datagrunnlag	4
3.1.2 Flomfrekvensanalyse	5
3.1.3 Forløpet av dimensjonerende tilløpsflom	9
3.2 Beregning av dimensjonerende avløpsflom og tilhørende flomvannstand	10
3.3 Beregning av påregnelig maksimal tilløpsflom	12
3.3.1 Påregnelig maksimal nedbør (PMP)	12
3.3.2 Påregnelig maksimal tilløpsflom	14
3.4 Beregning av påregnelig maksimal avløpsflom og tilhørende flomvannstand	15
4. REFERANSER	18

1. INNLEDNING

Ved planlegging av damkonstruksjoner skal det klarlegges hvilke vannføringer, vannstander og belastninger som vil opptre. Denne rapporten inneholder resultat av beregninger for fastsettelse av dimensjonerende avløpsflom, påregnelig maksimal avløpsflom og tilhørende flomvannstander for Moldevatn, Molde Kommune. Beregningene tilfredsstiller de krav som er gitt i "Forskrifter for dammer". (NVE, 1981).

Flomberegningene er gjort ved hjelp av Hydrologisk avdelingsprogrampakker EKSTREM og PQRUT, og er i samsvar med "Beregning av dimensjonerende og påregnelig maksimal flom. Retningslinjer". (NVE, 1986).

2. OMRÅDEBESKRIVELSE

Moldevatn fig. 1. ligger ca. 4 km N for Molde og er utspring for en av de øvre grenene av Moldeelva som renner gjennom sentrum i byen.

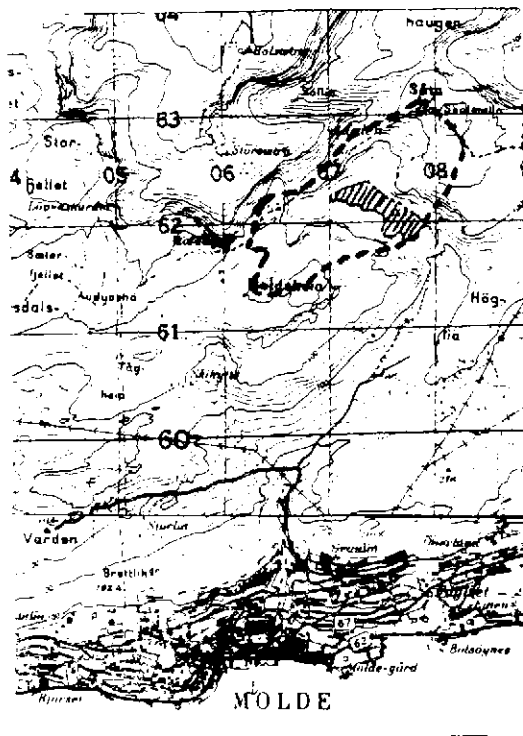


Fig. 1. Moldevatn med nedslagsfelt.

Nedenfor er listet opp endel informasjon som benyttes i beregningene:

Laveste punkt i feltet (Moldevatn's h o.h.):

$$H_1 = 345 \text{ m o.h.}$$

Høyeste punkt i feltet:

$$H_2 = 630 \text{ m o.h.}$$

Nedbørfeltets areal:

$$A = 2.1 \text{ km}^2$$

Areal av Moldevatn:

$$A_M = 0.22 \text{ km}^2$$

Effektiv sjøprosent:

$$A_{SE} = 1$$

Feltaksens lengde:

$$L_F = 1 \text{ km}$$

Relieff - forhold:

$$H_L = H_{50}/L_F = (460-350)/1 = 110 \text{ m/km}$$

hvor H_{50} er høydeforskjellen i meter mellom 25 og 75% passasjen på feltets hypsografiske kurve.

Midlere spes. avløp for feltet:

$$Q_N = 50 \text{ l/s/km}^2$$

Flommessig regner vi området å høre til den såkalte kystregionen. Nedbørmessig befinner området seg i en lokal maksimalzone med årsnedbør ca 2000 mm.

3. BEREGNING AV FLOMMER OG FLOMVANNSTANDER

3.1. Beregning av dimensjonerende tilløpsflom

Dimensjonerende tilløpsflom er bestemt gjennom den risiko for overskridelse en velger å ta i det enkelte tilfelle, samt det tidsrom en betrakter. Dimensjonerende tilløpsflom med et gjentaksintervall på 1000 år har en sannsynlighet på 18% for å bli overskredet i løpet av en periode på 200 år. I "Forskrifter for dammer" er gjentaksintervallet for dimensjonerende tilløpsflom for dammer generelt satt til 1000 år.

3.1.1 Datagrunnlag

Det finnes ikke avløpsregistreringer i lokalfeltet til Moldevatn eller i umiddelbar nærhet. Vi har derfor benyttet følgende hydrologiske måleserier ved beregning av dimensjonerende tilløpsflom, tabell 1.

Serie	Kode	Navn	Feltareal	Obs.periode
634	21	Engesetvatn	41.7	1924-69
642	0	Øren	139.0	1924-84
643	0	Nåsvatn	55.2	1917-47
1118	0	Hustad	42.5	1949-65

Tabell 1. Oversikt over benyttede måleserier.

Vannmerker og felt svarende til disse seriene er vist i fig. 2.

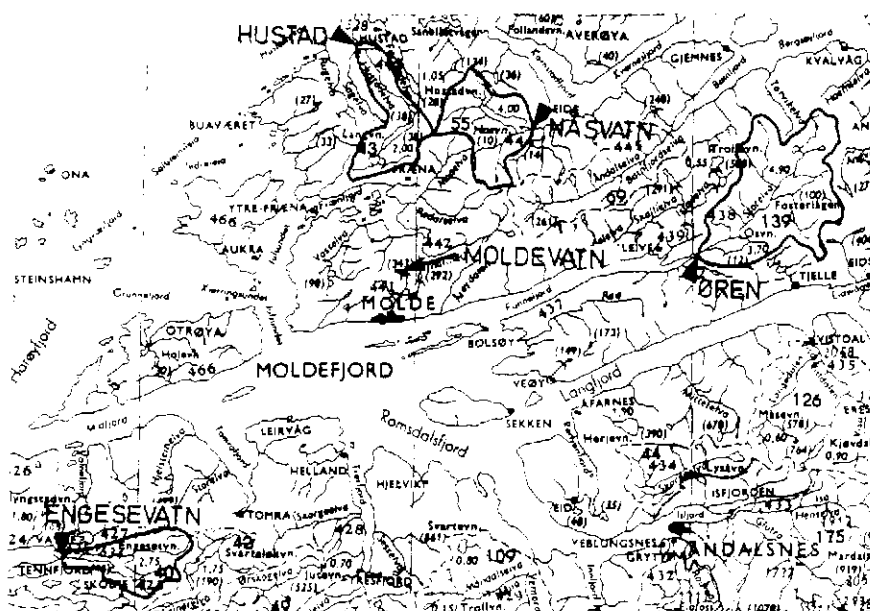


Fig. 2. Oversikt over benyttede vannmerker.

Serie 634-21 inneholder beregnet tilsig til Engesetvatn, de øvrige serier er avløpsserier. Avløpseriene vil være noe dempet pga. naturlig selvregulering. Dette er det tatt hensyn til i den videre bruk av dataene. Det er også tatt hensyn til at alle disse feltene er vesentlig større enn tilsigsfeltet til Moldevatn. I små felt er flommene ofte kortvarige og intense.

3.1.2 Flomfrekvensanalyse

En flomfrekvensanalyse er utført for å finne sammenhengen mellom flommens størrelse og deres sannsynlighet for å inntreffe. De forskjellige flomfordelingsfunksjonene er beregnet direkte ut fra observerte flommer. For de forskjellige seriene som er analysert har vi beregnet forholdet (K) mellom en flom med midlere gjentaksintervall på 1000 år (Q_{1000}) og middelflommen (Q_M). Moldevatn ligger når det gjelder flommer i den såkalte

kystregionene. I dette området skilles ikke mellom vår- og høst-flommer. Det er derfor bare de høyeste vannføringene hvert år som brukes, årsflommen.

I forbindelse med flomberegninger er det også av interesse å vite hvilke varigheter som er kritiske for det aktuelle prosjekt. Vi velger den tiden (T_M) det tar før avløpet er 80% av tilløpet som en karakteristisk verdi for forsinkelsen i et magasin.

For magasiner med fast overløp kan kritisk varighet finnes tilnærmet ved følgende formel:

$$T_M = 480 \cdot A_M \cdot Q_1^{-1/3} \cdot (C \cdot B)^{-2/3} \quad (\text{timer})$$

hvor A_M : magasinets areal i km^2
 Q_1 : tilløpsflom midlet over T_M , m^3/s
 C : overløpskoeffisienten
 B : overløpets bredde i m

Vi har satt:

$Q_1 = 4.5 \text{ m}^3/\text{s}$ (4 midlere årsflom)
 $C = 2$
 $B = 8$ eventuelt 10 m

Dette gir:

$T_M = 9-11$ timer.

For Moldevatn behøver vi således ikke analysere flommer med lenger varighet enn et døgn.

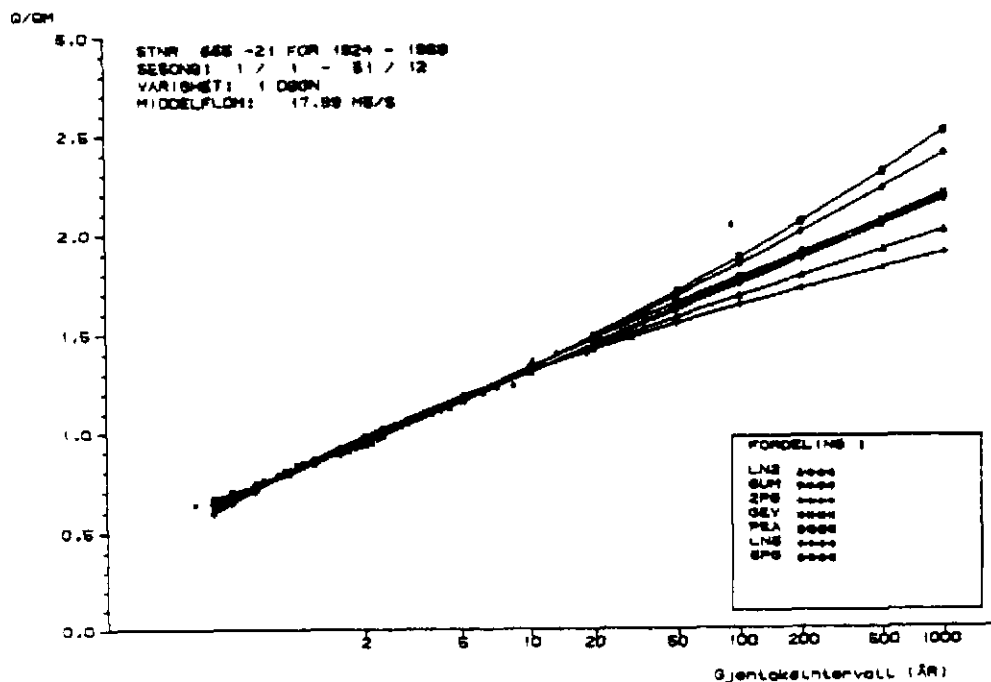


Fig. 3. Flomfrekvensanalyse for serie 635 - 21.

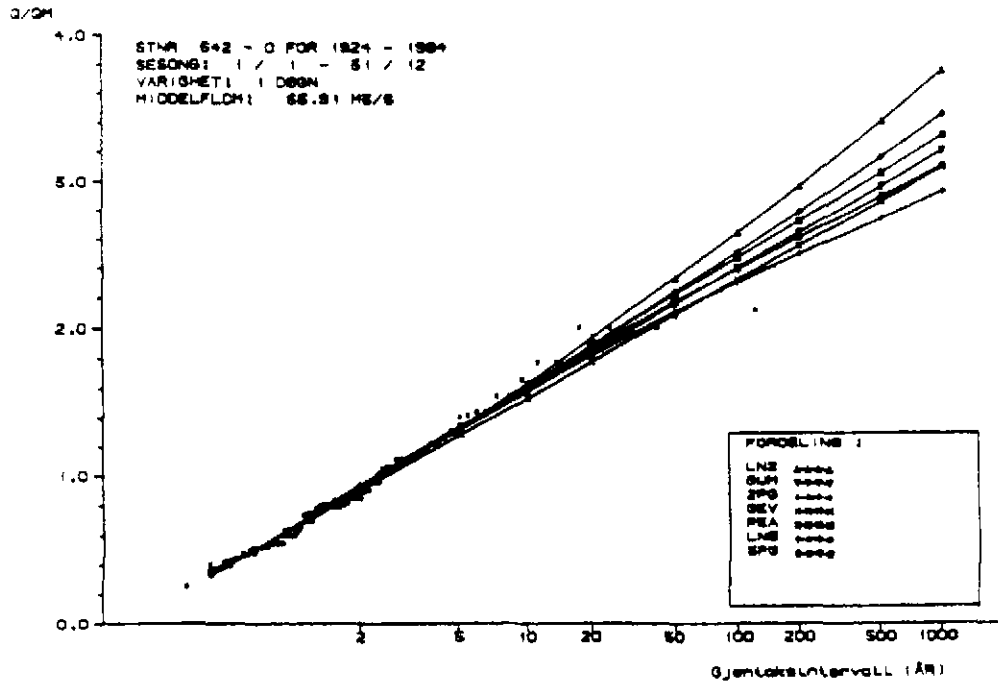


Fig. 4. Flomfrekvensanalyse for serie 642 - 0.

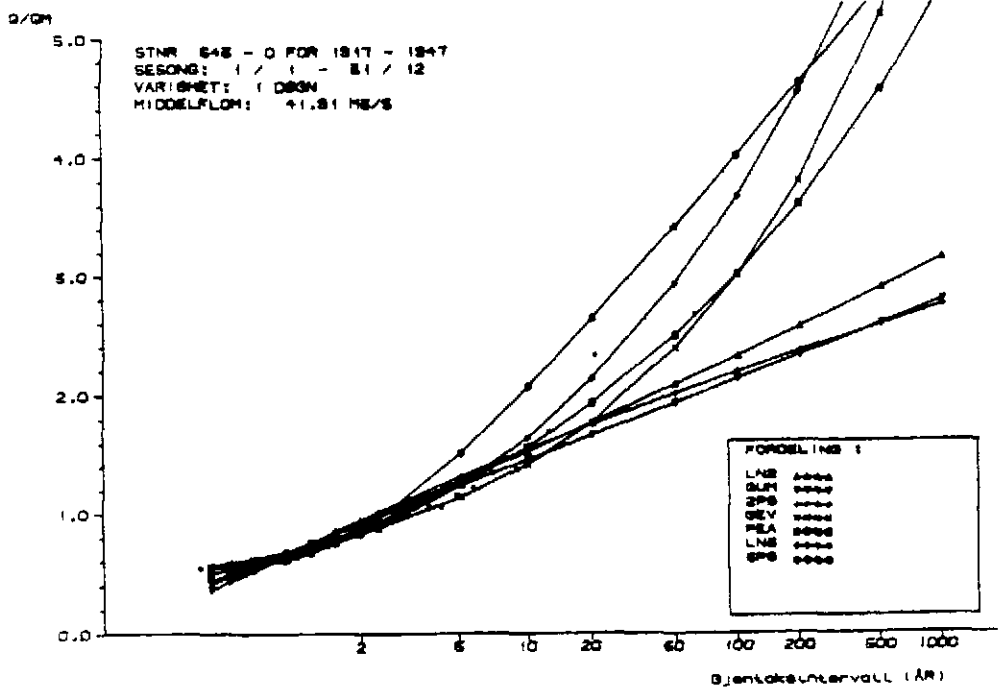


Fig. 5. Flomfrekvensanalyse for serie 643 - 0.

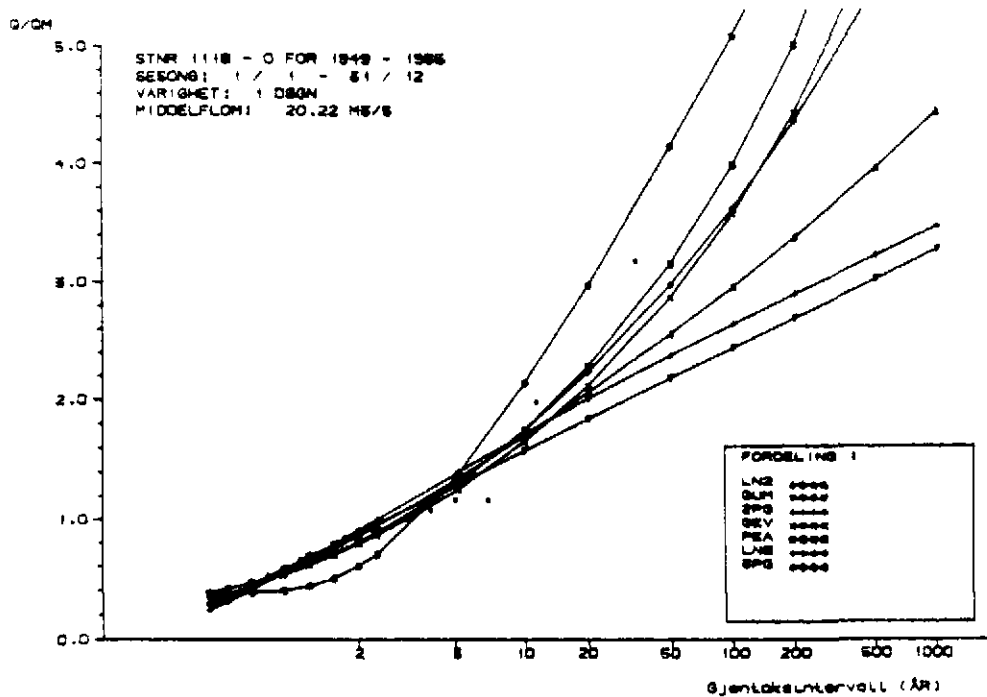


Fig. 6. Flomfrekvensanalyse for serie 1118 - 0

Fig. 3.-6. viser normaliserte flomverdier (Q/Q_M) som funksjon av ulike gjentakintervaller. For alle de fire seriene har vi valgt å bruke Gumbelfordelingen for å ekstrapolere til en 1000-årsflom ($K = Q_{1000}/Q_M$). En oversikt med kommentarer er vist i tabell 2.

Vi ser at midlere spesifikk flom er mye større serie 634 - 0. Dette har sammenheng med at dette feltet ligger mye nærmere den maksimale nedbørsonen vi har mellom Molde og Kristiansund. Midlere spesifikk flom for de fire feltene blir:

$$Q_M = 530 \text{ l/s/km}^2$$

Midlere K - verdi blir:

$$K = 2.9$$

Det er vanskelig å vekte riktig for å få en representativ spesifikk 1000-årsflom som kan overføres til Moldevatn. Fordi verdien for Engesetvatn synes noen for lav, har vi økt K til 3.0. Dette gir for døgnmiddelflommen:

$$Q_{1000}(\text{døgn}) = 3 \cdot 530 = 1590 \text{ l/s/km}^2$$

For å kunne beregne forløpet av den dimensjonerende tilløpsflom er det også nødvendig å kjenne momentanverdien i tillegg til døgnmidlet.

Vi har forholdsvis få analyser av momentanflommer. Her har vi valgt å bruke Vm 931-0 Hersvikvatn, hvor det er tatt ut endel

momentanverdier. Feltarealet er 7 km^2 . Til tross for at denne serien er kort har vi valgt å bruke resultatet og får:

$$\frac{Q(\text{momentan})}{Q(\text{døgn})} \sim 1.4$$

dette gir:

$$Q_{1000}(\text{momentan}) = 2230 \text{ l/s/km}^2$$

Regner vi nå disse verdiene om til Moldevatn, hvor feltarealet er 2.1 km^2 , får vi:

$$Q_{1000}(\text{døgn}) = 3.3 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{1000}(\text{momentan}) = 4.7 \text{ m}^3/\text{s}$$

Serie	Kode	K	QM (m^3/s)	QM (spes) (l/s/km^2)	Merknad
635	21	2.2	18.0	430	Forholdsvis liten spredning. Gumbelfordelingen ligger omtrent midt i kurveskaren.
642	0	3.2	63.9	460	Forholdsvis liten spredning. Gumbelfordelingen ligger omtrent midt i kurveskaren.
643	0	2.8	41.9	760	Et par av flomverdiene trekker 3-parameterfordelingene altfor høyt opp.
1118	0	3.3	20.2	470	Et par av flomverdiene trekker 3-parameterfordelingene altfor høyt opp.

Tabell 2. Resultater av flomfrekvensanalysen.

3.1.3 Forløpet av dimensjonerende tilløpsflom

For å kunne finne forløpet av avløpsflommen og vannstandsstigningen i magasinet, må vi kjenne forløpet av

tilløpsflommen. Den metoden vi har laget er basert på anvendelsen av et såkalt modellhydrogram ("Forskrifter for dammer", s. 73). Modellhydrogrammet vi har laget er basert på et observert flomforløp i Farstadelv 23.10. 1983 (flomtoppen er laget noe spissere enn i det observerte forløpet). Dette forløpet er så skalert slik at maksimal vannføring og middelveidien over et døgn svarer til de verdier vi beregnet i forrige avsnitt.

Konstruksjon av tidsforløpet av dimensjonerende tilløpsflom er gjort ved hjelp av programpakken PQRUT.

Forløpet av dimensjonerende tilløpsflom for Moldevatn er vist i fig. 7.

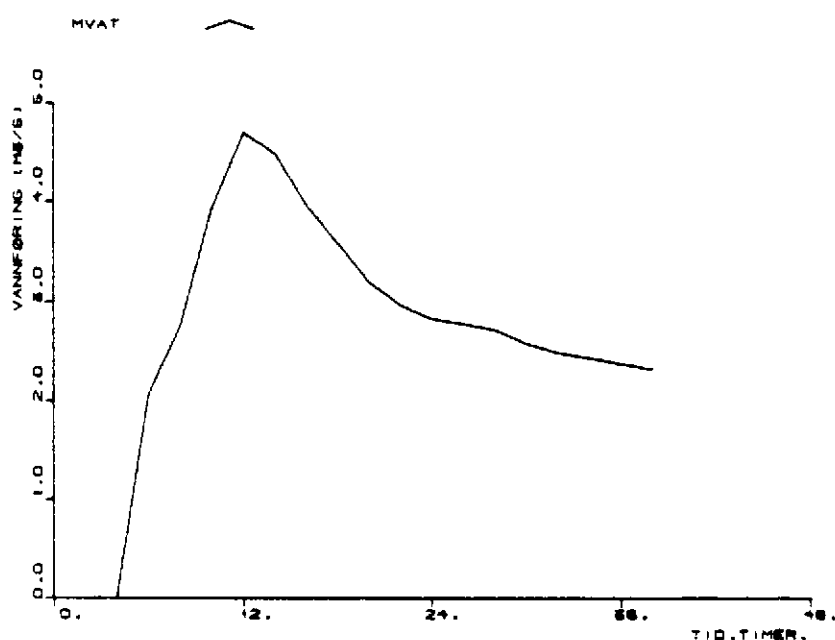


Fig. 7. Dimensjonerende tilløpsflom Moldevatn.

3.2 Beregning av dimensjonerende avløpsflom og tilhørende flomvannstand.

Tilløpsflommen beregnet i forrige avsnitt er ved hjelp av programmet PQRUT rutet gjennom Moldevatn. Følgende forutsetninger er lagt til grunn:

Vannstand ved flommens begynnelse: 343 m

Overløpsformel: $Q = C \cdot L \cdot H^{1.5}$

Overløpskoeffisient C: 2.0

Overløpets bredde L: 8 evt. 10 m

Resultatet av beregningene er vist i fig. 8. og fig. 9.

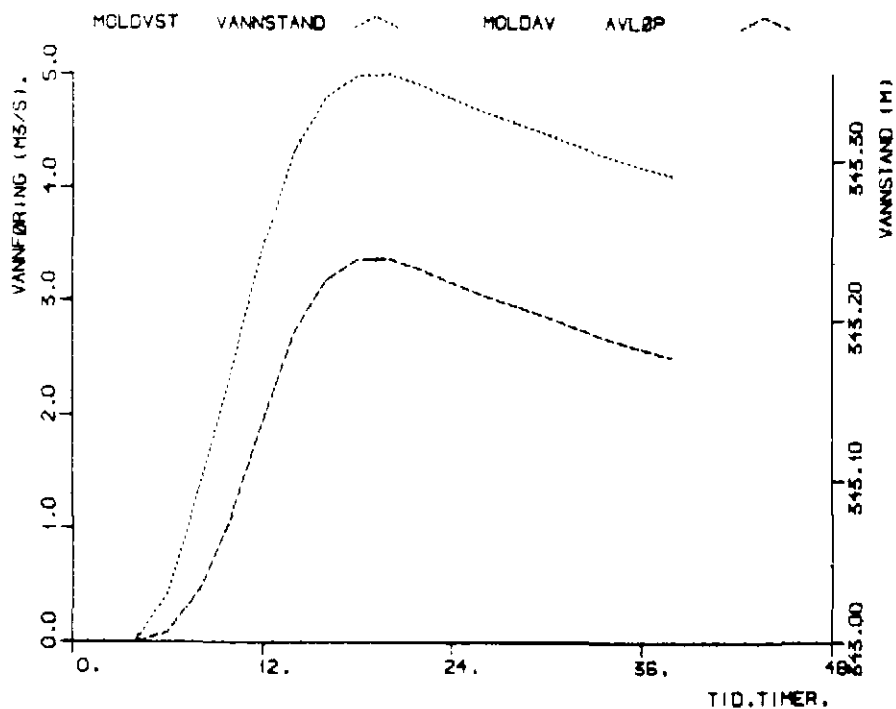


Fig. 8. Dimensjonerende avløpsflom med tilhørende vannstandsstigning. L=8m.

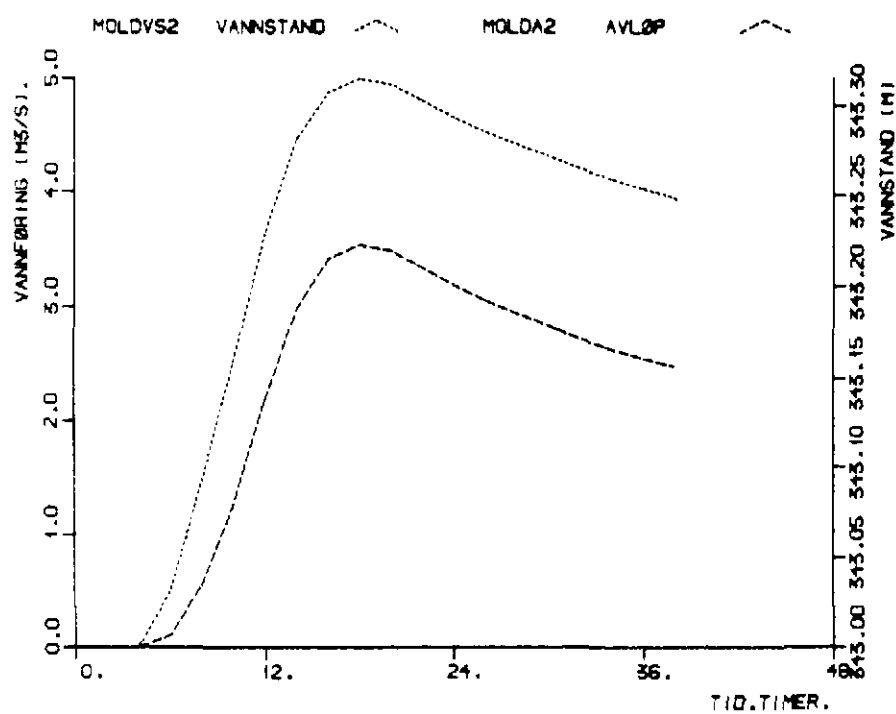


Fig. 9. Dimensjonerende avløpsflom med tilhørende vannstandsstigning. L=10 m.

Resultatene er sammenfattet i tabell 3.

Overløpsbredde (m)	Tilløpsflom (m ³ /s)	Avløpsflom (m ³ /s)	Vannstandsstigning (m)
8	4.7	3.4	0.35
10	4.7	3.5	0.32

Tabell 3. Resultater fra flomanalyse av dimensjonerende flom (Q1000) til Moldevatn.

3.3. Beregning av påregnelig maksimal tilløpsflom

Påregnelig maksimal tilløpsflom er den største tilløpsflom som kan opptre fra et uregulert felt, tillagt påregnelig maksimal avløpsflom fra ovenforliggende magasiner og overføringer. Den skal fastsettes på grunnlag av en analyse av de ugunstigste mulige kombinasjoner av meteorologiske og hydrologiske forhold. Framgangsmåten vil bestå i å framskaffe påregnelig maksimal nedbør, finne det avløp denne nedbøren vil gi ved å bruke en nedbør- avløpsmodell og vurdere om snøsmelting skal inkluderes.

3.3.1 Påregnelig maksimal nedbør (PMP)

Påregnelig maksimal nedbør er beregnet med utgangspunkt i data og framgangsmåte angitt av Meteorologisk institutt (DNMI, 1984). Vi får da følgende resultat:

PN ~ 2000 mm

M5(24)/PN ~ 4.8% dvs. M5(24)=96 mm

	År	Sommer (J,J,A)	Høst (S,O,N,D)	Vinter (J,F,M)	Vår (A,M)
M5(årstid)/M5(år)	1.00	0.58	0.92	0.80	0.55
M5 (mm)	96	56	88	77	53
M100 (mm)	148	86	136	118	81
M1000 (mm)	208	128	191	166	114
PMP (mm)	318	184	293	254	175

Tabell 4. Påregnelige 24 timers nedbørverdier.

Antall timer (n)	2	6	12	24	48
Nedbørforholdstall					
n timer/24 timer	0.38	0.60	0.77	1.00	1.33
M100 (mm)	56	89	114	148	197
M1000 (mm)	79	125	160	208	277
PMP (mm)	121	191	244	318	423

Tabell 5. Påregnelige n-timers nedbørverdier

Forkortelser og definisjoner som er brukt er vist i tabell 6.

PN:	Normal årlig nedbørhøyde i perioden 1931-1960
M5:	Nedbørverdi med gjennomsnittlig gjentakelsestid en gang i løpet av 5 år.
M100:	Nedbørverdi med gjennomsnittlig gjentakelsestid en gang i løpet av 100 år.
M1000:	Nedbørverdi med gjennomsnittlig gjentakelsestid en gang i løpet av 1000 år.
PMP:	Påregnelig maksimal nedbørverdi.

Tabell 6. Forkortelser og definisjoner

Av tabell 4. framgår det at det er høstperioden som er kritisk. Vi lager oss derfor et 24 timers nedbørforløp ved å fordele noenlunde symmetrisk 6, 12 og 24 timers verdiene i tabell 5. Siden det er høstnedbør vi vurderer benytter vi ikke 2-timersverdiene, men vi har forutsatt at det i tillegg til nedbøren smelter snø tilsvarende 60 mm over 24 timer. Nedbørverdier korrigert for snøsmelting fordelt på to-timers intervaller er vist i tabell 7.

Intervall	Nedbør (mm)	Smelting (mm)	Sum (mm)
1	12	5	17
2	12	5	17
3	13	5	18
4	17	5	22
5	17	5	22
6	63	5	68
7	65	5	70
8	63	5	68
9	19	5	24
10	13	5	18
11	12	5	17
12	12	5	17

Tabell 7. Tidsfordeling av PMP.

3.3.2 Påregnelig maksimal tilløpsflom

For å beregne tilløpsflommen ut fra nedbørforløpet i forrige avsnitt bruker vi en nedbør-avløp modell. Modellen som benyttes er en karmodell med to utløp (NVE, Hydrologisk avdeling, 1983). Modellen som er inkludert i programpakken PQRUT forutsetter at vi bestemmer tømmekonstantene K_1 og K_2 , samt terskelverdien T .

Ligningen for disse parametrene er:

$$K_1 = 0.0135 + 0.00268 \cdot H_L - 0.01665 \cdot \ln(A_{sg})$$

$$K_2 = 0.009 + 0.21 \cdot K_1 - 0.00021 \cdot H_L$$

$$T = -9.0 + 4.4 \cdot K_1^{-0.6} + 0.28 \cdot Q_N$$

Innsatt for Moldevatn gir dette:

$$K_1 = 0.3 \text{ 1/time}$$

$$K_2 = 0.05 \text{ 1/time}$$

$$T = 14 \text{ mm}$$

Beregnet tilløpsflom er vist fig. 10.

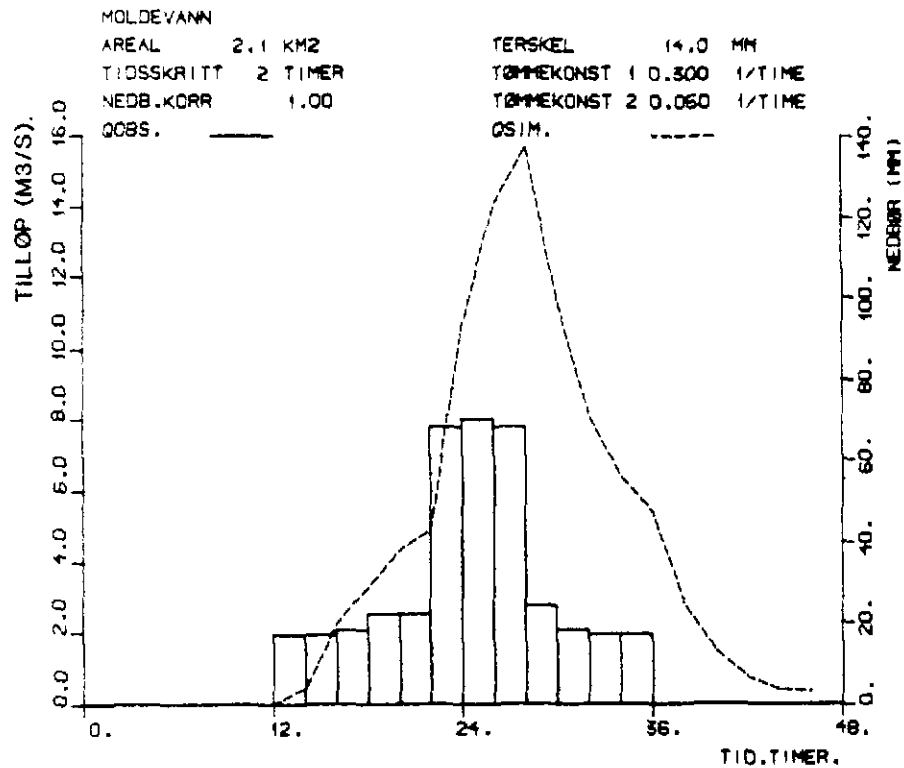


Fig. 10. Påregnelig maksimal nedbør og tilhørende tilløpsflom.

Kulminasjonsverdien for flommen er $15.7 \text{ m}^3/\text{s}$.

3.4 Beregning av påregnelig maksimal avløpsflom og tilhørende flomvannstand

På samme måte som i avsnitt 3.2. er nå tilløpsflommen rutet gjennom magasinet ved hjelp av PQRUT. Forutsetningen er også de samme som i avsnitt 3.2. Resultatet av beregningene er vist i fig. 11. og fig. 12.

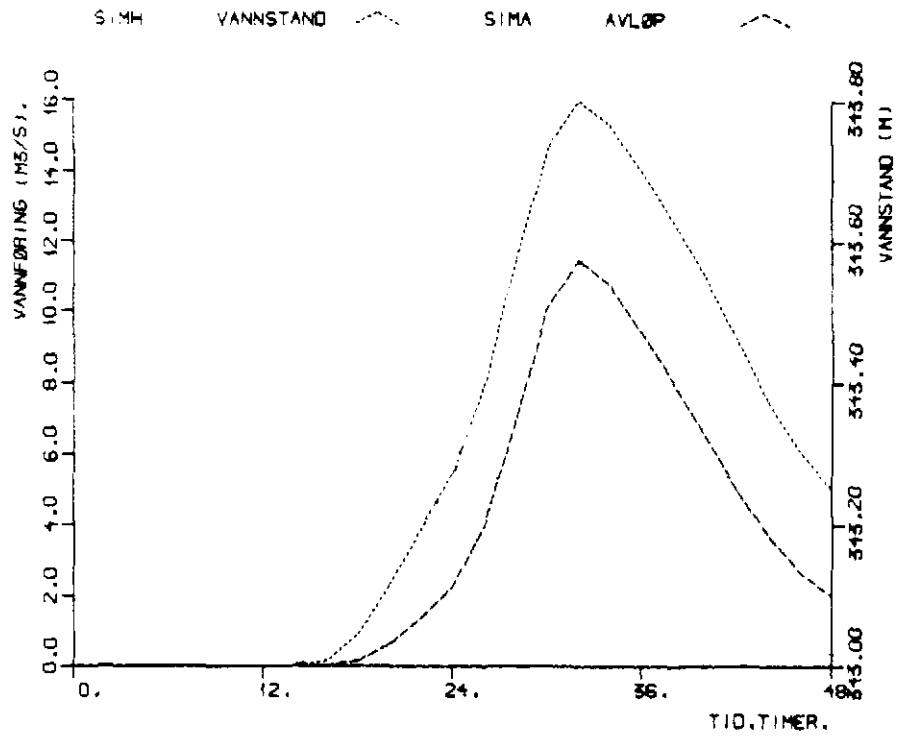


Fig. 11. Påregnelig maksimal avløpsflom med tilhørende vannstandsstigning. L=8 m.

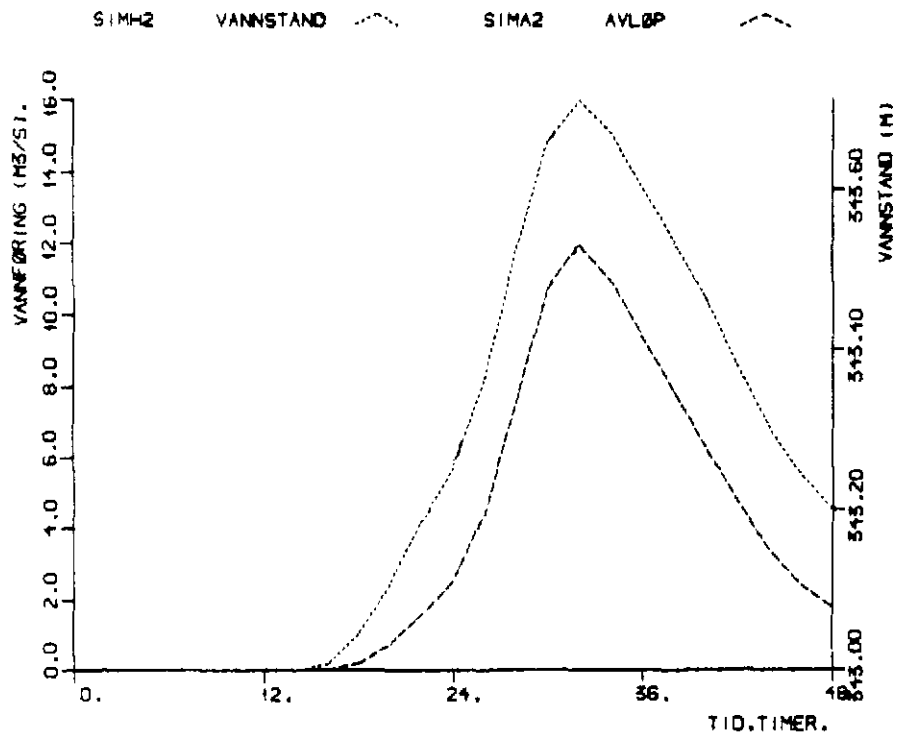


Fig. 12. Påregnelig maksimal avløpsflom med tilhørende vannstandsstigning. L=10 m.

Resultatene er sammenfattet i tabell 8.

Overløpsbredde (m)	Tilløpsflom (m ³ /s)	Avløpsflom (m ³ /s)	Vannstandsstigning (m)
8	15.7	11.5	0.80
10	15.7	12.0	0.71

Tabell 8. Resultater fra beregning av påregnelig maksimal flom
(PMF) til Moldevatn.

4. REFERANSER

NVE:

Forskrifter for dammer.

Universitetsforlaget, 1981.

NVE, Hydrologisk avdeling:

Hydrologisk modell for flomberegninger.

Rapport nr 2-1983.

DNMI:

Påregnelige ekstreme nedbørverdier.

Fagrappport nr 3/84 KLIMA.

NVE:

Beregning av dimensjonerende og påregnelig maksimal flom.
Retningslinjer.

V-informasjon nr 1, 1986.