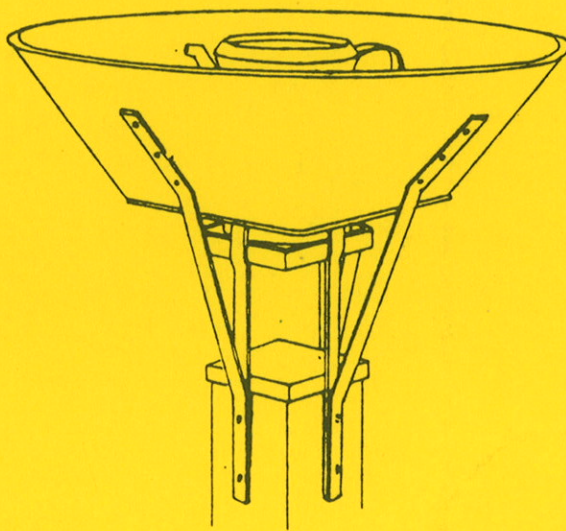


DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT

BEREGNING AV EKSTREM NEDBØR

AV

EIRIK J. FØRLAND



Fagrapport nr. 23/87 KLIMA

Oppdragsgiver : VASSDRAGSREGULANTENES FORENING
(Prosjekt A-143)

OSLO 1987

DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT

BEREGNING
AV
EKSTREM NEDBØR

av

Eirik J. Førland

DNMI Fagrapport nr. 23/87

Oppdragsgiver: Vassdragsregulantenenes Forening

Oslo, våren 1987

DNMI - RAPPORT

DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT
POSTBOKS 43 BLINDERN 0313 OSLO 3
TELEFON : (02) 60 50 90

ISBN

RAPPORT NR.

23/87 KLIMA

DATO

17.07.1987

TITTEL

BEREGNING AV EKSTREM NEDBØR

UTARBEIDET AV

EIRIK J. FØRLAND

OPPDRAKSGIVER

VASSDRAGSREGULANTENES FORENING

OPPDRAGSNR. A-143

SAMMENDRAG

Rapporten gir en videreutvikling og testing av "NERC-metoden" for beregning av påregnelige ekstreme nedbørverdier. NERC-metoden basert på M5-verdier gir en rimelig størrelsesorden på påregnelige ekstreme punktverdier i Norge.

Rapporten presenterer nye og detaljerte kart over M5(24t) og over forholdet M5(24t)/PN for Sør-Norge.

En del observerte episoder med store nedbørhøyder er analysert. Det er beregnet arealreduksjonskoeffisienter for de analyserte nedbørepisodene.

UNDERSKRIFT

Eirik J. Førland

Eirik J. Førland
SAKSBEHANDLER

Bjørn Aune

Bjørn Aune
FAGSJEF

FORORD

Denne rapporten er en oppsummering av arbeidet i prosjekt "A-143 Påregnelige Maksimale Nedbørverdier" som Det norske meteorologiske institutt (DNMI) har utført for Vassdragsregulantenens Forening (VR). Arbeidet med ulike beregningsmåter for påregnelig ekstrem nedbør, -bl.a. basert på teoretisk utfellbar nedbør fra atmosfæren, - vil fortsette i et nytt prosjekt for VR.

Samtidig med at arbeidet i prosjekt A-143 har pågått, har DNMI besvart en rekke forespørsler om påregnelig ekstrem nedbør i ulike felt. I løpet av 1985 og 1986 er det utført beregning av ekstrem nedbør for ca. 70 felt. De fleste av disse besvarelser er utgitt som DNMI KLIMA-Fagrapporter. Eksempel på opplysninger som gis i disse rapportene er gjengitt i Appendix 1.

INNHOLD

FORORD	1
1. INNLEDNING	3
2. EVALUERING AV NERC-METODEN FOR NORSKE FORHOLD	4
2.1 Innledning	4
2.2 NERC-metoden	5
2.3 Tilpasning av norske data i NERC-metoden	9
2.4 Samsvar mellom ekstremnedbør estimert ved NERC-metoden og andre metoder	15
2.5 Estimering av ekstremverdier for andre varigheter enn 24 - timer	18
3. KART OVER M5 (24t) OG M5 (24t)/PN FOR NORGE	21
4. OBSERVERTE EPISODER MED STORE NEDBØRHØYDER	28
4.1 Innledning	28
4.2 Årstidsfordeling	29
4.3 Tidsforløp av nedbørintensitet	33
4.4 Nedbør før og etter episoder med høy døgnnedbør	43
5. AREALNEDBØR	49
5.1 Innledning	49
5.2 Ulike metoder for beregning av arealreduksjons- faktor, ARF	49
5.3 Beregning av arealreduksjonsfaktor for norske forhold	53
5.4 Sammenligning av norske og internasjonale ARF-verdier	62
5.5 Bruk av ARF ved estimering av ekstrem nedbør	63
6. OPPSUMMERING OG KONKLUSJONER	65
7. EFTERORD	66
8. LITTERATUR	67
9. APPENDIKS	70

1. INNLEDNING

I "Forskrifter for dammer" [1] som ble gjort gjeldende fra 1. januar 1986, inngår bl.a. beregning av dimensjonerende flom og "påregnelig maksimal flom". Disse flom-estimat skal baseres på kombinasjoner av meteorologiske og hydrologiske forhold. Dette krever kjennskap til bl.a. observerte og påregnelige ekstreme nedbørverdier for ulike nedbørfelt. I de hydrologiske beregninger trengs opplysninger om årstidsverdier av påregnelige nedbørhøyder, nedbørverdier for ulike varigheter og med ulike gjentakstider, beskrivelse av nedbør forløp, m.m. Nedbørverdiene skal fortrinnsvis brukes til å gi arealestimat for bestemte nedbørfelt.

Det norske meteorologiske institutt (DNMI) har tidligere gitt ut endel rapporter om ekstrem nedbør [2], [3], [4] og [5]. I [5] ble det beskrevet en fremgangsmåte for beregning av påregnelige ekstreme nedbørverdier som tok utgangspunkt i en metode utviklet for Storbritannia [6]. Datamaterialet som DNMI's forrige rapport [5] bygget på var relativt sparsomt, og det ble påpekt at "det gjenstår ennå en del testing og raffinering før metoden kan tas rutinemessig i bruk". I det følgende vil metoden bli testet på et utvidet datamateriale, og det vil også bli gitt eksempler på bl.a. tidsforløp og arealfordeling i episoder med kraftig nedbør.

2. EVALUERING AV NERC-METODEN FOR NORSKE FORHOLD.

2.1 Innledning

Frengangsmåten for beregning av "påregnelige ekstreme nedbørverdier" for norske nedbørfelt, tar utgangspunkt i en metode utviklet for Storbritannia i regi av National Environment Research Council (NERC). I løpet av de 10 årene som er gått siden rapporten fra NERC ble publisert, har denne "NERC-metoden" blitt grundig diskutert i Storbritannia. En status etter 5 års erfaringer med metoden er gitt i [7].

Ved Meteorological Office i Storbritannia er det ikke gjort noen vesentlige endringer av metoden i forhold til det som ble presentert i [6]. Den viktigste videreutvikling er at kartfremstillingen i [6] er omgjort til gridpunkt-verdier; hele metoden er digitalisert og lagt inn i data-anlegget til Meteorological Office [8]. Ved å gi nøkkelverdier som koordinater, feltstørrelse osv. kan egne EDB-program regne ut påregnelige ekstreme nedbørverdier for ulike varigheter for vilkårlige nedbørfelt i Storbritannia.

I denne rapporten vil det bli benyttet endel forkortelser og definisjoner som er forklart i tabell 1.

Tab. 1 Forkortelser og definisjoner.

PN:	Normal årlig nedbørhøyde i perioden 1931 - 1960.
MT:	Nedbørverdi med gjennomsnittlig gjentakelsestid en gang i løpet av T år.
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.
MT(x):	Nedbørverdi MT for varighet på X timer
PMP:	Påregnelig maksimal nedbørverdi.

I [3] og [5] ble det påvist at for gitte M5-verdier for norske målestasjoner, ga NERC-metoden M100 og M1000 verdier som var i rimelig godt samsvar med tilsvarende verdier beregnet v.hj.a. Gumbels ekstremverdifordeling [9]. Eftersom det kun forelå lange datarekker med tilbakepunchede døgnlige nedbørverdier fra ca. 50 målesteder, var det idet [5] ble publisert ikke mulig å foreta noen detaljert testing av NERC-metoden. I det følgende vil NERC-metodens anvendelse for norske forhold bli vurdert ved hjelp av et utvidet datamateriale.

2.2 NERC-metoden

I følge NERC-metoden kan påregnelige ekstreme nedbørverdier med gjennomsnittlig gjentakstid på T år beskrives med god tilnærming med formelen:

$$(1) M_T = M_5 * e^{c * (\ln(T-0.5)-1.5)}$$

For M₅-verdier mellom 25 og 350 mm er det ved DNMI brukt følgende tilnærming for faktor c i lign.(1).

$$(2) c = 0.3584 - 0.0473 * \ln M_5$$

Avviket mellom c fra lign (2) og fra NERC-rapporten [6] er vist i tab. 2. Det største avviket forekommer for M₅=150 mm, og ville for en gjentakstid T=1000 år føre til et avvik i estimert M₁₀₀₀-verdi på ca. 4 mm. For norske målesteder varierer M_T(24) mellom 25 mm (1548 Skjåk II) og 160 mm (4790 Indre Matre), se fig. 8.

Tabell 2. Samsvar mellom NERC-verdi (C_{NERC}) og beregnet verdi (C_{DNMI}) (fra lign. (2)) for faktor C i lign.(1).

M ₅ (mm)	25	30	40	50	75	100	150	200
C_{NERC}^*	.205	.198	.185	.175	.155	.139	.119	.108
C_{DNMI}	.206	.198	.184	.173	.154	.140	.121	.108

*Verdier for Skotland og Nord-Irland

I [6] er det også gitt retningslinjer for ekstrapolering av ekstremverdier for vilkårlige varigheter. Disse retningslinjer er tatt med i tabell 2 i [5], og er gjengitt som stiplede linjer i figur 6 i kap. 2.5. Punktverdier må justeres med en "arealreduksjonsfaktor" dersom de skal brukes til å gi arealestimat for et nedbørfelt. Oversikt over arealreduksjonsfaktorer som brukes for Storbritannia er gjengitt i fig. 1.

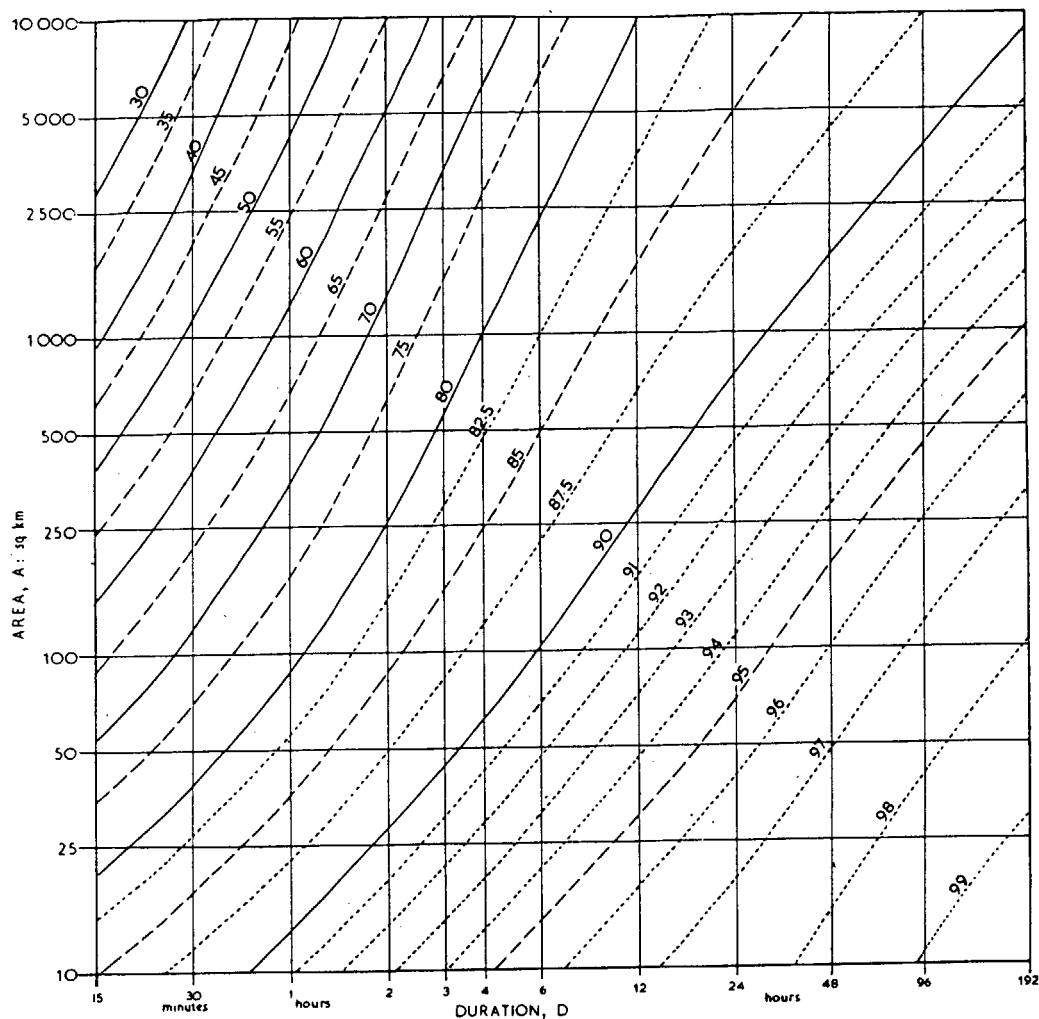


Fig. 1 Arealreduksjonsfaktor (ARF) i prosent, som funksjon av varighet (D) og arealstørrelse (A). (Fra fig. 5.1 i [6]).

For Storbritannia er verdiene for "påregnelig maksimal nedbør", PMP basert på studier av "storm efficiency" i episoder med kraftig nedbør. "Storm efficiency" er forholdet mellom målt nedbørmengde og mengde utfellbart vann i en representativ luftstøyle under en nedbørepisode. Estimaten av utfellbar vannmengde blir basert på observert duggpunkt i bakkenivå. Ved å sammenholde med duggpunkt som kan forventes til samme årstid, kan en maksimalverdi for utfellbart vann i atmosfæren estimeres. Verdier for "påregnelig maksimal nedbør" kan så beregnes ved å multiplisere maksimalverdi for utfellbar vannmengde med maksimalverdien for "storm efficiency". Slike beregninger er utført for endel områder i Storbritannia.

I NERC-metoden er "påregnelig maksimal nedbør" også estimert v.h.j.a. M5-verdien. Ligning (1) gir nemlig sammenhengen mellom M5 og MT for ulike verdier av gjentakstiden T. Ut fra de kurvesett over observerte nedbørverdier som lign. (1) er basert på, var det mulig å trekke opp omhyllingskurver. Det ble antatt at disse omhyllingskurvene ga et mål for påregnelige maksimale nedbørverdier. Disse PMP-verdiene lot seg beskrive som en funksjon av M5-verdien. Sammenhengen mellom M5 og PMP er vist i fig. 3.

For de områder i Storbritannia der PMP ble beregnet fra "storm efficiency" - metoden, ble disse PMP-verdier sammenlignet med PMP fra omhyllingskurver. Det ble i [6] konkludert med at "there was broad agreement between the estimated maxima (storm efficiency) for different regions for 24 hours and the corresponding estimated maxima from a consideration of the envelope of the growth curves". Ved hjelp av isohyet mønsteret på kart over M5-verdien, ble det konstruert kart over PMP for Storbritannia for ulike varigheter. Disse kartene er nå digitalisert i gridpunkt-verdier, og det er disse verdiene (og ikke omhyllingskurver) som danner basis for estimat av PMP for vilkårlige lokaliteter i Storbritannia [8].

For Norge har det hittil ikke vært mulig å gjøre systematiske estimat av PMP ut fra "storm efficiency"-metoden. Omhyllingskurven for PMP som funksjon av M5 (vist i fig. 3) kan beskrives ved hjelp av lign. (1), ved å benytte følgende verdier for gjentakstiden T (strengt tatt skal PMP representere MT verdien for en "uendelig" verdi av T):

- | | | | | |
|-----|--------------------------|----|-----------------------|------|
| | a) $M5 < 45$ (mm) | => | T = 36 000 | (år) |
| | b) $45 < M5 < 125$ (mm) | => | T = 47 829 - 262.9*M5 | (år) |
| (3) | c) $125 < M5 < 200$ (mm) | => | T = 22 503 - 62.4*M5 | (år) |
| | d) $M5 > 200$ (mm) | => | T = 10 000 | (år) |

Ved å benytte DNMI's tilnæringsformler for c (lign.(2)) og T (lign.(3)) fåes PMP verdier som angitt i tabell 3. Det fremgår at avviket fra NERC-verdiene stort sett er mindre enn + 5 mm.

Tabell 3. Samsvar mellom NERC-verdier (fra tab. 4.2 i [6]) og DNMI-verdier (fra lign.(1), (2) og (3)) for PMP som funksjon av M5.

M5 (mm)	25	30	40	50	75	100	150	200
PMP NERC*(mm)	158	178	212	241	280	326	388	460
PMP DNMI (mm)	159	178	209	236	288	328	394	460

*Verdier for Skotland og Nord-Irland

Ved hjelp av lign.(1) - (3) og fig. 6 er det mulig å gi grovestimat av MI-verdier for ulike gjentakstider (inklusive PMP) og for ulike varigheter. Et grovestimat for arealreduksjonsfaktoren kan fåes fra fig. 1. Det sentrale spørsmål er om denne metoden gir realistiske estimat også for norske forhold. Dette vil bli vurdert i de følgende kapitler.

2.3 Tilpasning av norske data i NERC-metoden.

Utviklingen av NERC-metoden i Storbritannia var basert på bl.a. døgnlige nedbørdata fra 600 stasjoner med gjennomsnittlig datarekke på 60 år, og 6000 stasjoner med 10 års serie av døgnerverdier. Datarekken fra en lokalitet og en varighet ble klassifisert etter M5-verdien. Datarekker med M5-verdier i samme intervall, - f.eks. 30-40 mm, 40-50 mm osv., - ble kombinert. Ved hjelp av en spesiell kvartilanalyse av de kombinerte datasett, ble det så for hvert M5-intervall beregnet relasjoner mellom T og MT for ulike gjentakstider. Det store datamaterialet som var tilgjengelig gjorde det mulig å estimere nedbørverdier med gjentakstider av størrelsesorden 10 000 år [6].

Da den forrige DNMI-rapporten om påregnelige maksimale nedbørverdier for Norge [5] ble utarbeidet, forelå det tilbakepunchede døgnlige nedbørverdier fra ca. år 1895 for ca. 50 målesteder. For de øvrige stasjoner er det bare punchet døgnlige nedbørdata fra og med 1957. Et eget datalager ("SEKEL") ved DNMI inneholder imidlertid punchede verdier av bl.a. enkeltmåneders høyeste døgnedbør tilbake til 1895, eller til stasjonsstart. Ved overgang til nye EDB-anlegg på DNMI har det oppstått endel feil i denne "SEKEL" - datarekken, men i regi av VR-prosjekt A-143 ble dataseriene for ca. 120 stasjoner rettet opp. Det ble tilstrebet å få en best mulig geografisk spredning på de stasjonsrekkene som ble rettet opp. Men p.g.a. mange feil og mangler (særlig fra krigsårene 1940- 1945) i dataene fra Nord-Norge, er denne landsdel underrepresentert. Østlandet er derimot relativt godt dekket med stasjoner.

En av innvendingene som er reist mot NERC-metoden, er at det ikke er tatt hensyn til om dataene er innbyrdes avhengige, - dvs. om maksimalverdien fra to eller flere stasjoner skyldes samme episode [7]. Jo tettere stasjonsnett er, desto større vil sannsynligheten for innbyrdes avhengighet være. I analysen av MT-verdi som funksjon av M5-verdi for Norge, har vi derfor valgt å ikke benytte det relativt tette stasjonsnett med døgnerverdier f.o.m. 1957. I stedet har vi konsentrert oss om dataseriene i "SEKEL"-rekken. Datamaterialet der (inkludert stasjoner med tilbakepunchede døgnerverdier) besto av maksimale 1-døgns verdier fra 166 nedbørstasjoner, med gjennomsnittlig datarekke på ca. 80 år.

Disse døgnlige nedbørverdier er behandlet på samme måte som dataene fra Storbritannia. Dataene ble inndelt i 6 grupper etter 1-døgns nedbørverdi, og for hver av disse gruppene ble påregnelige verdier for ulike gjentakstider regnet ut på samme måte som beskrevet i kap. 2 i [6]. (I Storbritannia ble mye av analysen basert på 2-døgns verdier. Dette er det ikke mulig å gjøre med "SEKEL"-rekken).

Resultatene fra analysen av de norske 1-døgns nedbørverdiene er vist grafisk i fig. 2. Punktene markerer målte verdier, mens kryssene (for $T > 100$ år) angir "normaliserte" verdier. Denne "normaliseringen" i NERC-metoden utføres for å tilnærme målte, ekstreme nedbørverdier fra en aktuell stasjon, til en "normalisert" stasjon med M5 lik median-verdien i gruppen. "Vekstfaktorene" $MT/M5$ som NERC-metoden angir for Storbritannia er basert på de normaliserte verdier. De heltrukne kurver i fig. 2 viser relasjoner mellom MT og T som ble funnet for Skotland og Nord-Irland [6]. MT -verdiene for disse kurvene er beregnet for M5 lik medianverdien i hver av M5-gruppene.

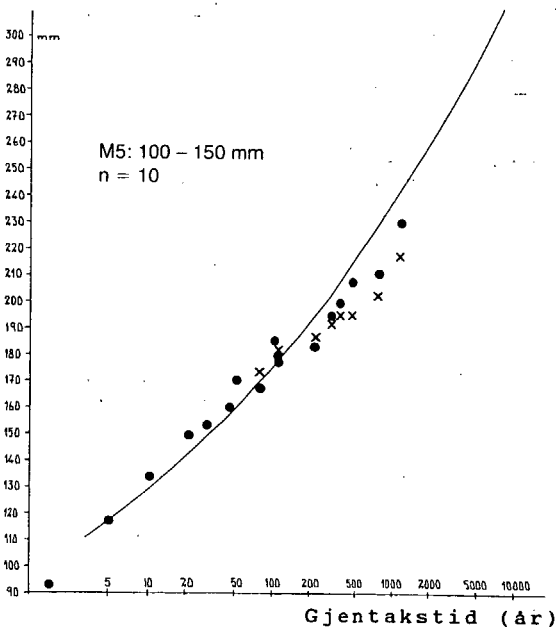
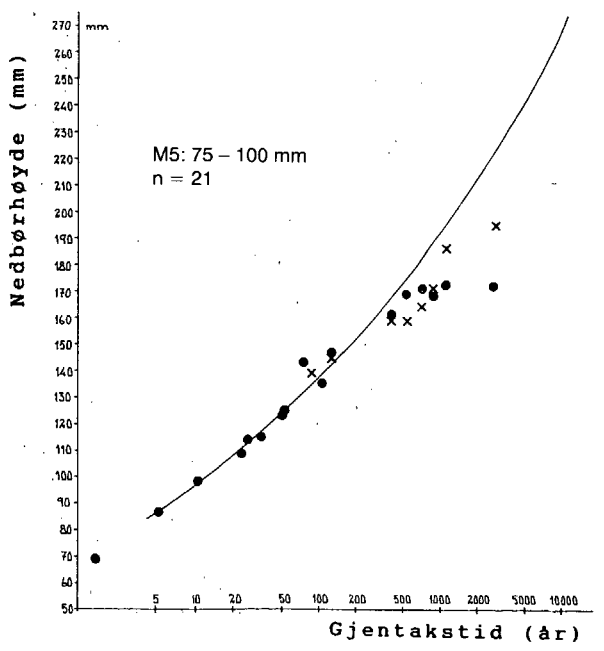
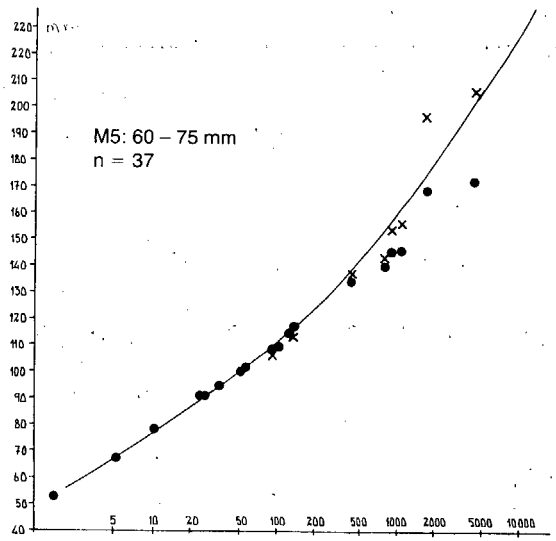
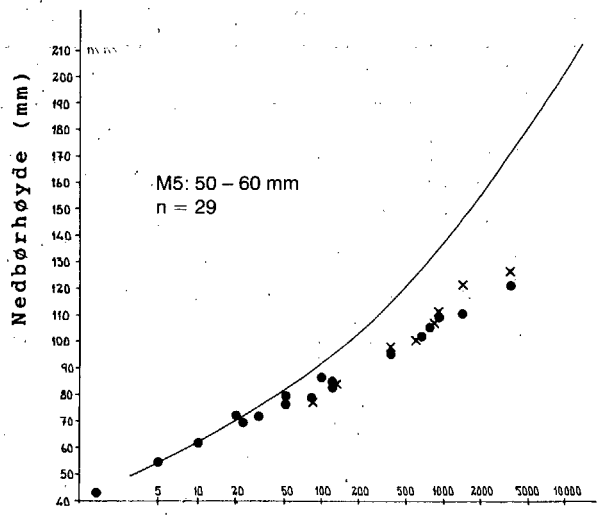
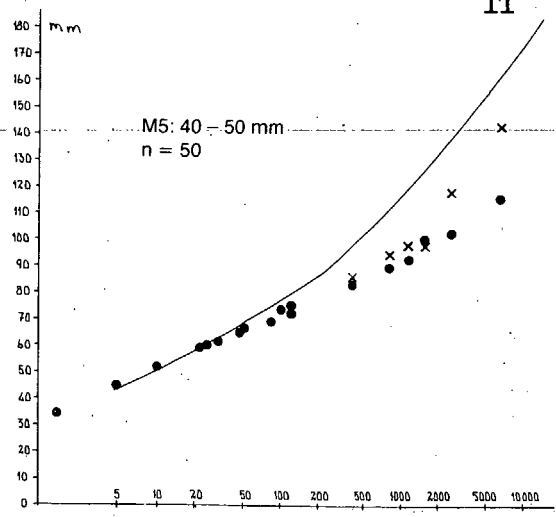
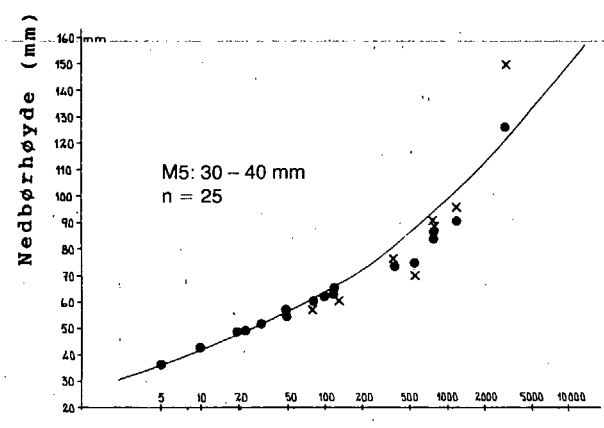


Fig. 2 Frekvensfordeling av norske 1-døgn nedbørverdier. De heltrukne kurver er tilsvarende fordeling fra Skotland/Nord-Irland (fra [6]). Fordelingene er basert på kvartilanalyse beskrevet i NERC-rapporten [6]. Datagrunnlag for Norge er maksimale døgnlige nedbørverdier for perioden ca. 1895-1985 for 166 målesteder; gruppert etter stasjonenes M5(24t)-verdi. ● angir målte verdier, mens X angir normaliserte verdier (se tekst). n er antall stasjoner i hver M5-gruppe.

Fig. 2 viser at det for M5 gruppene 30-40 mm og 60-75 mm er meget godt samsvar mellom verdiene fra Norge og Storbritannia. For stasjoner med M5-verdi i intervallene 40-50 mm, 75-100 mm og 100-150 mm er det også ganske god overensstemmelse. For disse tre gruppene er maksimal observert verdi (med teoretisk gjentakstid $T \approx 1200-6000$ år) bare ca. 10% lavere enn det NERC-metoden gir. For M5-gruppen 50-60 mm er avvikene noe større. Observert maksimal nedbørverdi i denne gruppen er ca. 25% lavere enn NERC-verdien med samme teoretiske gjentakstid ($T = 3500$ år).

Bortsett fra de to gruppene med M5-verdi mellom 30-40 mm og 60-75 mm, er det en klar tendens i fig. 2 til at de norske verdier for gjentakstider på over ca. 200 år ligger systematisk lavere enn i Storbritannia. Dette er illustrert i tab. 4 som viser samhørende verdier av M50, M100, M1000 og M10 000 for de ulike M5-gruppene. Verdiene fra Skotland/Nord-Irland er hentet fra [6] (gjengitt som heltrukne linjer i fig. 2), mens verdiene for Norge er basert på subjektiv kurvetilpasning til de plottede verdier i fig. 2. På grunn av det relativt sparsomme datamateriale fra Norge, blir verdiene usikre for lange gjentakstider, - og spesielt for M10 000.

Tabell 4. M50, M100, M1000 og M10 000 for ulike M5-intervall for Norge (N) og Skotland/Nord-Irland (S). Alle verdiene er i millimeter.

M5-verdi		M50		M100		M1000		M10 000	
		N	S	N	S	N	S	N	S
Intervall	Median								
30-40	36.2	57	57	64	64	99	99	151	151
40-50	44.6	66	68	75	78	107	117	152	177
50-60	54.3	80	82	86	92	115	137	163	203
60-75	68.1	100	100	112	112	161	161	232	232
75-100	87.1	125	124	136	138	188	194	251	273
100-150	117.4	162	161	175	177	228	240	301	325

Ut fra verdiene i tab. 4 synes M1000 og M10 000 verdiene for Norge å være 0-8% lavere enn NERC-verdien for de fleste M5-gruppene. For M5-intervallet 50-60 mm er imidlertid avviket vesentlig større, - med ca. 20% lavere M10 000 verdi i Norge enn i Storbritannia.

Forholdstallene mellom MT og medianverdi av M5 for hver av gruppene er plottet i fig.3. De heltrukne kurver viser tilsvarende forholdstall ("growth factor") for Skotland/Nord-Irland. Det er slike forholdstall som er grunnlaget for lign.(1). Fra fig. 3 kan det synes som om "growth factor" er lavere i Norge enn i Storbritannia for de fleste M5-verdier. Avviket er spesielt stort for lange gjentakstider og for M5-verdier i intervallet 40-60 mm.

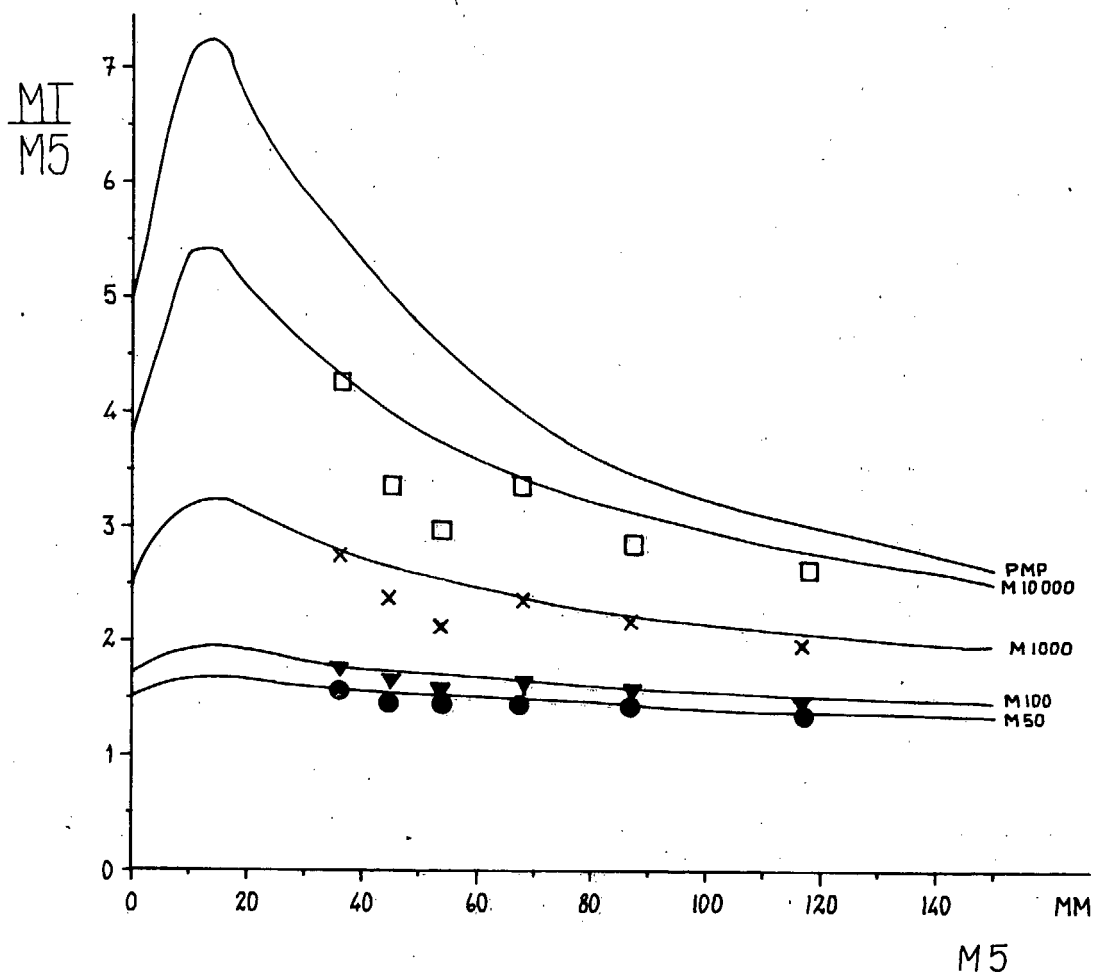


Fig. 3 Forholdstall $MT/M5$ ("growth factor") som funksjon av $M5$ -verdi.

De heltrukne kurver viser forholdstall fra Skotland/Nord-Irland (fra tab. 2.9 i [6]), mens punkt-verdiene markerer tilsvarende norske verdier (fra tab. 4) for T lik h.h.v. 50 (●), 100 (▼), 1000 (x) og 10000 (□) år.

Et forhold som kompliserer tolkningen av fig. 2 og 3 er at NERC-metoden forutsetter uavhengige data. Ved avhengighet, - dvs. dersom flere av stasjonene har hatt maksimumsverdier i samme nedbør-episode, - bør datamaterialet reduseres. Dette er ikke gjort i NERC-rapporten, og kan føre til at NERC-metoden gir et overestimat av gjentakstiden [7]. Eftersom det ikke finnes noen entydig metodikk for å kvantifisere innvirkning fra slik innbyrdes avhengighet i data, er det heller ikke for de norske datasett tatt hensyn til eventuell innbyrdes avhengighet. Det er imidlertid klart at for begge M5-gruppene 40-50 mm og 50-60 mm, ligger 60-70% av stasjonene i et begrenset område på Østlandet. Sannsynligheten for at samme nedbør-episode kan gi maksimalverdi på mer enn en stasjon er derfor relativt stor. Av de absolutte maksimalverdiene for hver av de femti stasjonene med M5-verdi i intervallet 40-50 mm, var det således 6 nedbørepisoder som hadde gitt maksimalverdi på 2 - 3 stasjoner samtidig.

Innbyrdes avhengighet i dataene vil føre til at gjentakstiden overestimeres, - dvs. at punktene (og kurvene) i fig. 2 skal forskyves mot y-aksen. Hvorvidt dette ville føre til bedre overensstemmelse mellom verdiene fra [6] og de norske verdier, vil bestemmes av om den innbyrdes avhengighet er størst i de norske eller britiske datasett.

Av fig. 2 og 3, samt tab. 4 fremgår det at norske "growth-factor"-verdier med gjentakstider på opptil 10 000 år tilsynelatende ikke avviker mer enn ca. 10% fra de britiske verdier. Et unntak er stasjoner med M5-verdi mellom 40 og 60 mm. Denne tilsynelatende "bølgedal" i "growth-factor" for norske M5-verdier mellom 40 og 60 mm lar seg vanskelig forklare rent fysisk. Dersom det antas at denne "bølgedalen" skyldes den større innbyrdes avhengighet i disse to M5-gruppene enn i de øvrige gruppene, vil det fremgå at omhyllingskurvene basert på de øvrige gruppeverdiene viser godt samsvar med de tilsvarende britiske kurvene. I det følgende vil vi derfor anta at MT/M5-verdiene for Skotland/Nord-Irland også kan anvendes for norske forhold.

2.4 Samsvar mellom ekstremnedbør estimert ved NERC-metoden og andre metoder.

Det finnes en rekke fordelingsfunksjoner som kan brukes til å estimere ekstreme nedbørverdier. En oversikt og kort beskrivelse av disse er gitt i en WMO-rapport [10]. I regi av WMO er det undersøkt hvilke fordelingsfunksjoner som er mest i bruk internasjonalt. Denne undersøkelsen [11] viste at som "recommended or standard distribution" for nedbørdata kom "I Extremal" (Gumbel og Fisher-Tippet I) på topp i 42% av besvarelsene, med "Log-normal" som nr. 2 med 13%. For avløps-serier var "I Extremal" og "Log-Pearson III" de mest brukte, med h.h.v. 27% og 24%.

I tidligere ekstremverdi-beregninger har DNMI benyttet Gumbel-fordelingen [2], [4]. Ved å bruke data-serier på 50-100 år, bør en være forsiktig med å ekstrapolere disse fordelingsfunksjonene til å gi estimat for gjentakstider som er vesentlig lenger enn måleserien. Men eftersom Gumbel-fordelingen er mye brukt også internasjonalt, kan det ha interesse å se på samsvaret mellom estimat med denne metoden og med NERC-metoden.

Spredningsdiagram for 24-timers nedbørverdier med gjentakstider på h.h.v. 100 og 1000 år, er vist i fig. 4. Datagrunnlag er 50 målestasjoner med tilbakepunchet dataserie. For 100 års-verdiene (fig. 4 a), er det bra overensstemmelse mellom de to metodene. For M1000-verdiene (fig. 4 b) gir NERC-metoden stort sett litt høyere estimat enn Gumbel-fordelingen. For 8 av stasjonene er avviket 20-30 mm. Relativt sett er avviket størst for Geilo og Skjåk, - der Gumbel-verdien bare utgjør ca. 77% av NERC-verdien for 1000 års gjentakstid.

Det er således klart at sammenligningen med Gumbel-estimatene peker i samme retning som resultatene i kap. 2.3. Dvs. at NERC-relasjonene fra Storbritannia stort sett gir litt høyere verdier enn Gumbel-estimat for norske forhold. Forskjellene er imidlertid små sammenlignet med usikkerheten i estimatene, og det er også stor usikkerhet forbundet med å ekstrapolere Gumbel-fordelingen til å gi estimat for gjentakstider på 1000 år.

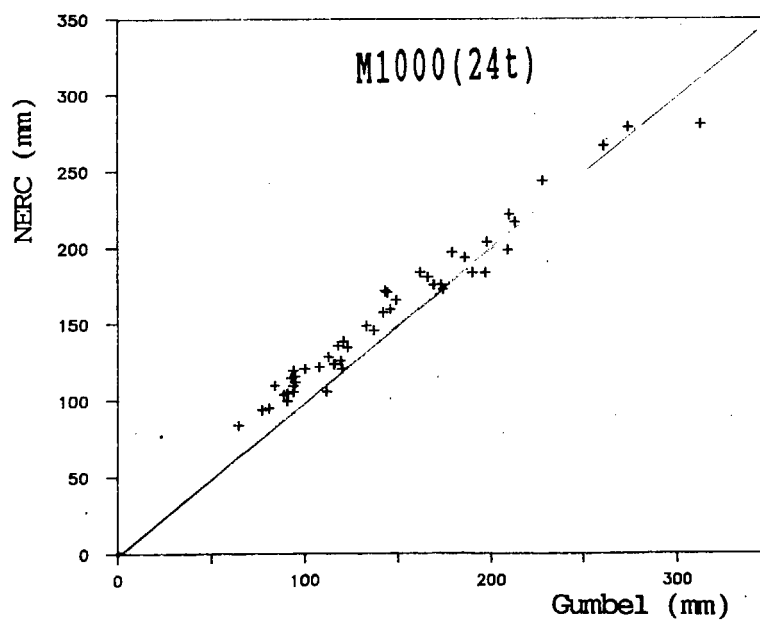
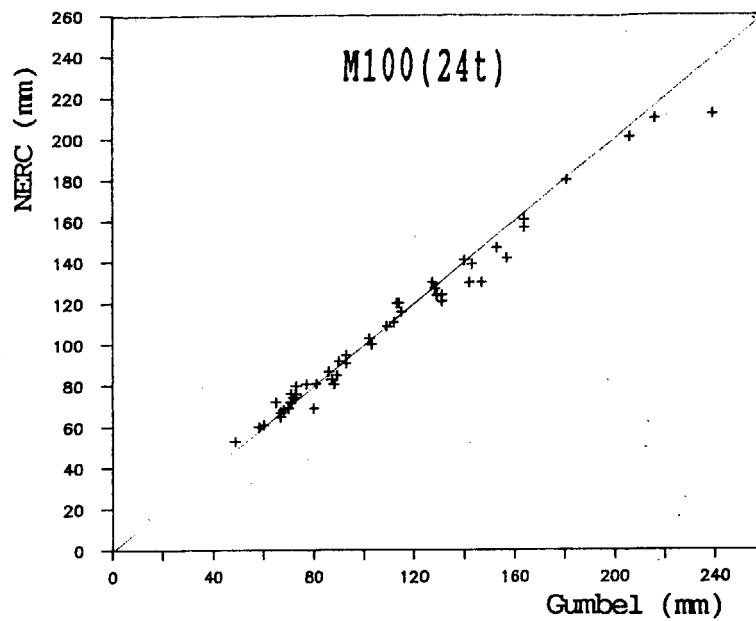


Fig. 4 Samsvar mellom M100 (24t) og M1000 (24t) beregnet h.h.v. ved NERC- og GUMBEL-metoden.
Datagrunnlag: 1-døgns nedbørverdier fra 50 målesteder for perioden ca. 1895-1985.

Fig. 4 a og b antyder en tendens til at avvikene mellom NERC- og Gumbel-metodene øker med økende gjentakstid. Dersom denne tendens er reell, kan det tenkes at NERC-metoden gir helt urealistiske estimat for PMP og nedbørverdier med lange gjentakstider. Fig. 5 viser forskjellen mellom PMP beregnet h.h.v. ved NERC-metoden og Hershfields metode [12]. Det fremgår av fig. 5 at bortsett fra stasjoner med PMP lavere enn ca. 250 mm, gir Hershfield-metoden stort sett høyere (og tildels betydelig høyere) PMP-estimat enn NERC-metoden. Avviket er spesielt stort for 8020 Lurøy, der NERC gir $PMP(24t) = 390$ mm, mens Hershfield gir $PMP(24t) = 555$ mm. Ettersom Hershfields metode er en statistisk metode for PMP-beregning som ble anbefalt av WMO [12], tyder fig. 5 på at NERC-metoden ikke gir noe overestimat av PMP-verdien på de fleste norske stasjonene.

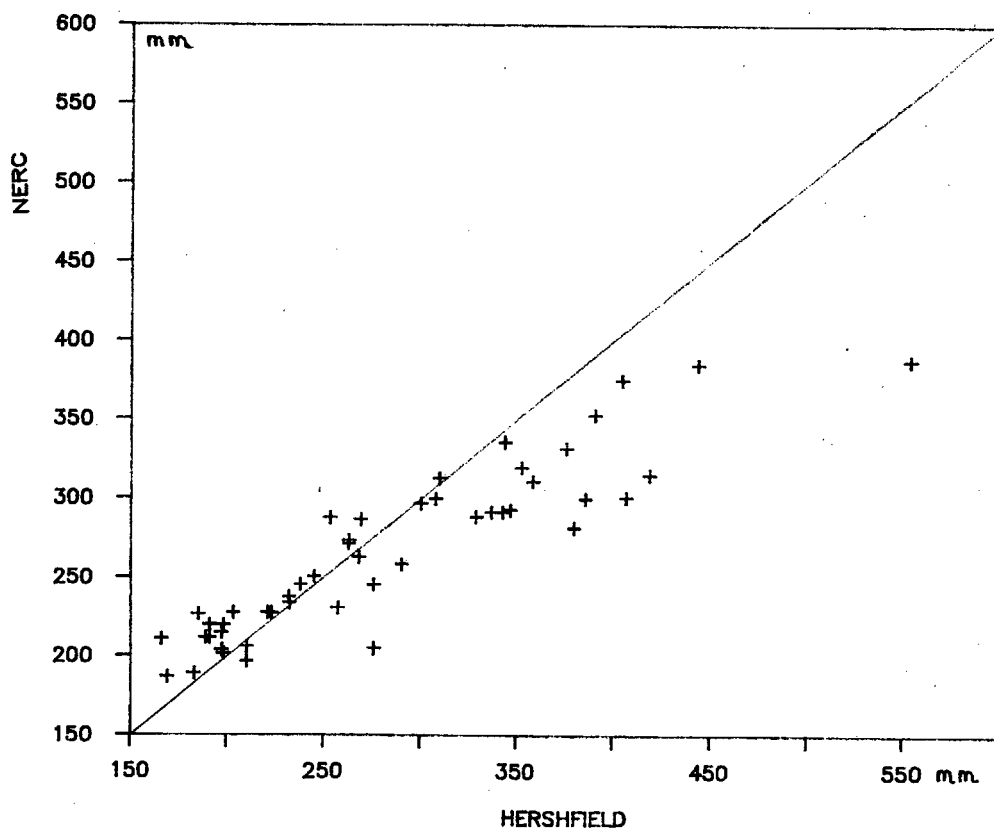


Fig. 5 Samsvar mellom PMP (24t) beregnet ved h.h.v. NERC- og Hershfield-metodene.

2.5 Estimering av ekstremverdier for andre varigheter enn 24 timer.

Basisverdiene for de norske beregninger av påregnelige ekstreme nedbørverdier er M5-verdien for 1 døgns nedbør. Disse 1-døgns verdiene er basert på et fiksert "nedbørdøgn" fra kl 08-08. De beregnede M5-verdier blir derfor multiplisert med en justeringsfaktor på 1.13 for at de skal gi et estimat for en vilkårlig 24-timers periode. Denne justeringsfaktoren på 1.13 er anbefalt av WMO [13].

Når M5(24t)-verdien er kjent, kan MT(24t) beregnes for vilkårlige gjentakstider etter frengangsmåten beskrevet i kap. 2.2. Verdiene for MT og PMP for andre varigheter enn 24-timer kan i NERC-metoden estimeres ved å bruke skaleringsfaktorer som avhenger av normal årsnedbør. Disse skaleringsfaktorer er gjengitt i tab. 2 i [5], og har hittil også vært brukt ved DNMI for norske forhold. I Storbritannia blir skaleringsfaktoren for en varighet på x timer benyttet på verdien for M5(24t), og MT(x timer) beregnes så fra den justerte M5(x timer)-verdien. Denne metoden ga for høye estimat for norske forhold [5]. Ved beregningene ved DNMI beregnes derfor først 24 timers verdier av M5, MT og PMP. Derefter brukes skaleringsfaktorene i NERC-metoden direkte på disse estimatene for å finne påregnelige verdier for andre varigheter enn 24 timer.

Overensstemmelsen mellom skaleringsfaktorene for varigheter over 24 timer for britiske og norske nedbørdata er vist i fig. 14 i [5]. Disse verdiene er gjengitt i fig. 6. De norske verdiene er basert på M100 verdier fra femti stasjoner med tilbakepunchede døgnverdier. Det fremgår av fig. 6 at overensstemmelsen for varigheter over 24 timer er ganske god, men at tendensen til økende skaleringsfaktor med økende årsnormal tilsynelatende ikke er like sterk for norske som for britiske data.

For å kunne studere norske skaleringsfaktorer for kortere varigheter enn 24 timer, har vi benyttet data fra 59 stasjoner med Plumatic vippepluviograf. De eldste av disse stasjonene har vært i drift i ca. 20 år. For hver av stasjonene er det beregnet forholdstall mellom høyeste observerte nedbørverdi i løpet av n timer ($n=1, 2, 6$ og 12) og 24 timer. Disse forholdstall er plottet i nedre del av fig. 6. Dersom det antas at disse forholdstallene gir et estimat av $MT(n \text{ timer})/MT(24 \text{ timer})$, fremgår det av fig. 6 at det også for kortere varigheter synes å være rimelig godt samsvar mellom norske og britiske verdier.

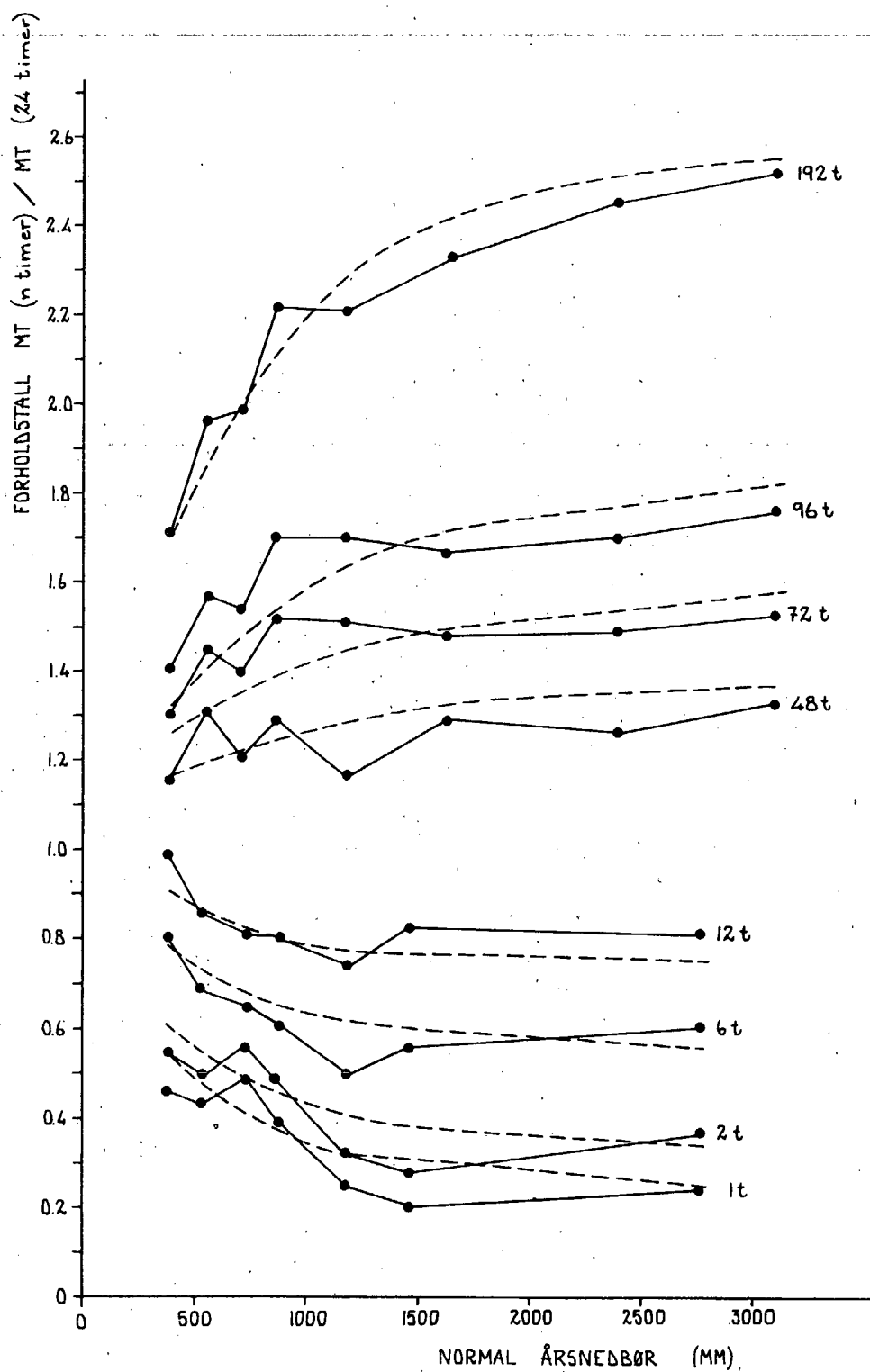


Fig. 6 Forholdstall mellom MT (n timer) og MT (24 timer) som funksjon av normal årsnedbør.

Heltrukne kurver viser norske verdier. For varighet over 24 timer er disse basert på M100-verdier for 50 manuelle nedbørstasjoner, mens verdiene for varigheter under 24 timer er basert på høyeste registrerte verdi fra 59 Plumatic vippepluviografstasjoner.

Stiplede kurver viser tilsvarende relasjoner for M5-verdier fra Storbritannia [6].

Ved tolkning av fig. 6 er det viktig å være oppmerksom på at kurvene for norske data er basert på et vesentlig mindre datamateriale enn de britiske. I tillegg har det for de britiske verdier trolig vært utstrakt bruk av "smoothing" for å få kurvene mest mulig konsistente. Dette er trolig hovedårsaken til det mer ujevne kurveforløp for de norske verdiene.

De kvalitative trekk i fig. 6 samsvarer bra med det nedbørsmønster vi finner i Norge. I områder med liten årsnedbør er ekstreme nedbørepisoder karakterisert ved høy intensitet og relativt kort varighet. Fig. 6 viser at for målesteder med årsnedbør på 400 mm, utgjør 1-times nedbørverdien mer enn halvparten av 24-timers verdien. Verdien for nedbør i løpet av 8 døgn er ca. 1.7 ganger større enn 24-timers verdien. For et målested med årsnedbør på 2500 mm, utgjør 1-times verdien bare 25% av 24-timers verdien. Påregnelig nedbør i løpet av 8 døgn er 2.5 ganger større enn 24-timers verdien.

Ut fra det foreliggende datamateriale synes derfor konklusjonen å være at kurveforløpet for forholdstallet $MT(n \text{ timer}) / MT(24 \text{ timer})$ som funksjon av normal årsnedbør, er omlag det samme i Norge som i Storbritannia. I beregningene fra DNMI vil derfor de utjevnedde justeringsfaktorer fra Storbritannia fortsatt bli benyttet.

Det er viktig å være oppmerksom på at justeringsfaktorene $MT(n \text{ timer}) / MT(24 \text{ timer})$ gir estimat av maksimal nedbør i løpet av n timer. Spesielt for $n < 24$ timer trenger ikke denne maksimalverdien nødvendigvis å inntreffe i samme episode som gir maksimal 24-timers nedbør. Eksempelvis vil høye 1-times verdier på Vestlandet vanligvis være knyttet til kraftige byger, mens høye 24-timers verdier forekommer ved vedvarende kraftig pålandsvind og front/orografisk nedbør. For å finne et realistisk tidsforløp for nedbørfordeling i en ekstrem 24-timers nedbørepisode, bør en basere seg på observerte nedbørforløp i det aktuelle felt for noen situasjoner med høy døgnnedbør. Eksempler på slike nedbørfordelinger er gitt i kap. 4.3.

3. KART OVER M5(24t) OG M5(24t)/PN FOR NORGE.

I en tidligere DNMI-rapport ble det presentert kart som viste fordelingen av M5(24t) og over forholdstallet mellom M5(24t) og normalårsnedbør i Norge. Kartfremstillingen var basert på datarekker på ca. 80 år for døgnlige nedbørverdier ved 49 målesteder. Selv om det var relativt god geografisk spredning i de tilbakepunchede stasjonsrekker, er det klart at en ikke kan få en detaljert kartlegning av nedbørforholdene i Norge ved hjelp av kun ca. 50 stasjoner.

I denne rapporten har vi prøvd å utvide datagrunnlaget. For det første er det beregnet M5-verdier for dataene i "SEKEL"-rekken (se kap. 2.3). Sammen med de tilbakepunchede stasjoner forelå det dermed dataserier for maksimal 1-døgns nedbør tilbake til århundreskiftet for ca. 170 stasjoner.

Fra og med 1957 foreligger det punchede døgnerverdier fra alle DNMI's målestasjoner for nedbør. For denne dataserien ble det beregnet M5-verdier for alle stasjoner som hadde vært i drift i minst 20 år i perioden 1957-1985. I alt var det 440 stasjoner som oppfylte dette kravet. Av disse lå 366 i Sør-Norge.

M5-verdiene for perioden 1957-1985 ("kort serie") kan ikke uten videre sammenstilles med verdiene fra dataserien 1895-1985 ("lang serie"). For de 170 stasjonene med både "kort" og "lang" serie, ble det beregnet forholdstall mellom M5(24t)-verdiene fra de to seriene. Disse forholdstallene ble plottet inn på kart, og i fig. 7 er det vist hvordan forholdstallene varierte over Sør-Norge. For Nord-Norge forelå det for få data til at sikre isohyeter kunne trekkes.

Fig. 7 viser at for mesteparten av Sør-Norge er avviket mellom M5(24t) for lang og kort serie mindre enn + 10%. Men i noen begrensede områder er M5-verdiene for den lange serien 10-20% høyere enn for perioden 1957-1985. Dette gjelder et lite område i Telemark, samt indre deler av Østlandet. (Stasjonene i Hedmark/Oppland har lave M5-verdier, slik at små absolute avvik i mm vil føre til forholdsvis store relative avvik). I Stavanger-området og i sørlige deler av Agder er verdiene fra den lange serien 10-12% lavere enn fra den korte serien.

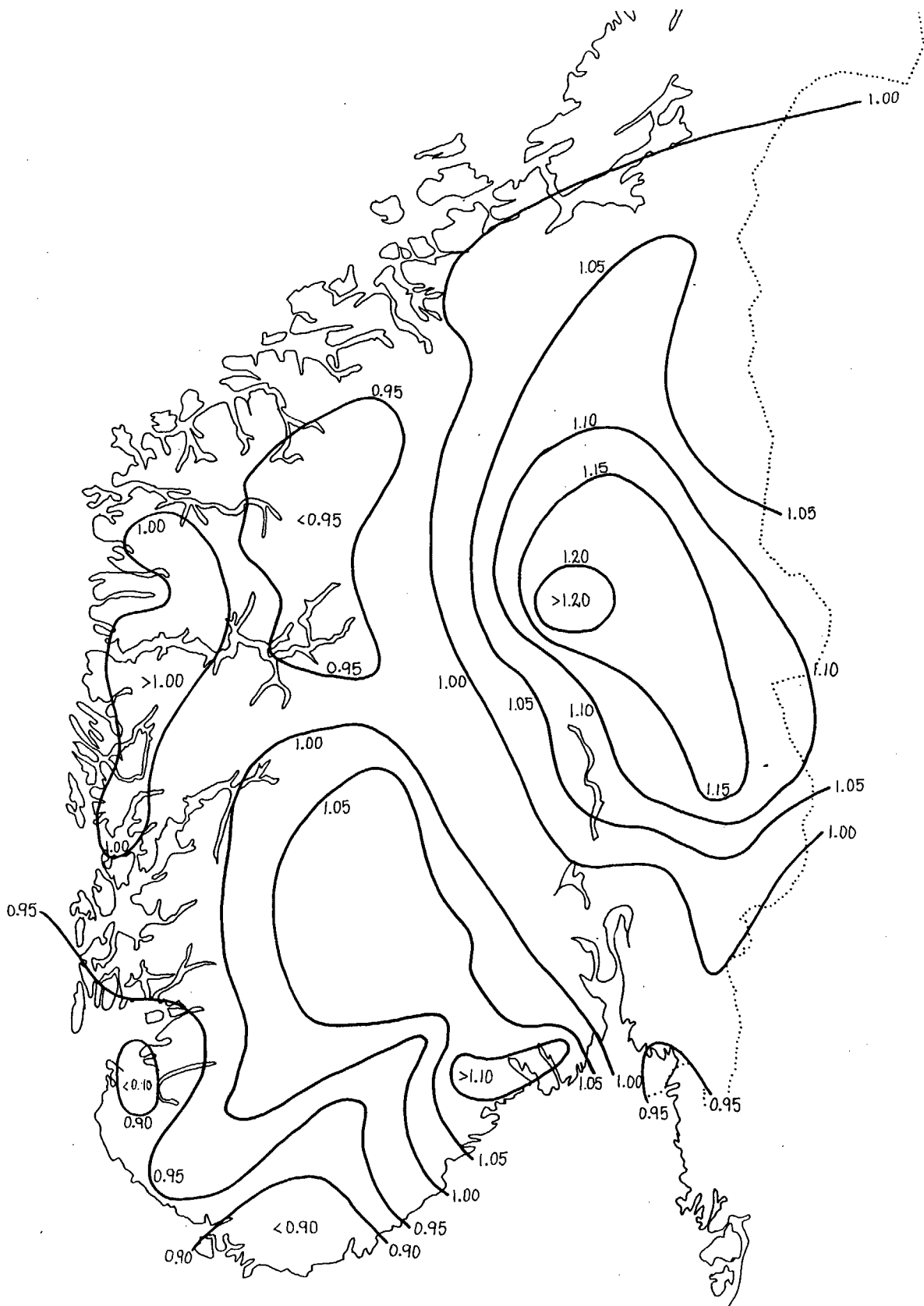


Fig. 7 Forholdstall LANG/KORT mellom M5(24t)-verdi basert på h.h.v. LANG dataserie (ca. 1895-1985) og KORT dataserie (1957-1985).

Det fremgår av fig. 7 at forholdstallet mellom $M5(24t)$ beregnet ved h.h.v. lang og kort dataserie synes å ha et regionalt mønster. (Noen få stasjoner med avvikende verdier er utelatt i analysen i fig. 7). Ved hjelp av isolinjemønsteret i fig. 7 kan en for en vilkårlig stasjon interpolere en skaleringsfaktor for omregning av $M5(24t)$ -verdi fra perioden 1957-1985 til perioden 1895-1985. Slike interpolerte skaleringsfaktorer er benyttet på $M5$ -verdiene fra perioden 1957-1985, og for Sør-Norge får vi dermed $M5(24t)$ for i alt 366 stasjoner.

Fig. 8 viser den geografiske fordeling av $M5(24t)$ over Sør-Norge. Kartet er basert på målte og skalerte verdier for 366 målesteder. $M5(24t)$ -verdien varierer fra 25 mm ved 1548 Skjåk II til over 150 mm ved 4790 Indre Matre og 5260 Haukeland. I store deler av Østlandsområdet er $M5$ verdien 45-60 mm. På Vestlandet er det en kraftig gradient, - fra under 60 mm ytterst på kysten, til over 150 mm enkelte steder i maksimumssonen for årsnedbør. I fig. 8 har det bare i liten grad vært mulig å ta hensyn til terrengets innvirkning på $M5$ -verdiene. Isolinjemønsteret er derfor trolig vesentlig mer komplisert og med flere detaljer enn det fig. 8 viser.

Isolinjemønsteret i fig. 8 har mange likhetstrekk med isohyetmønsteret til normal årlig nedbørhøyde, PN. Kart over normal årsnedbør er gjengitt bl.a. i [5]. Isohyetene på normalkartet er basert på et stort antall målepunkter, og tar også i stor grad hensyn til terrengets innvirkning på nedbørfordelingen. Isolinjene på normalkartet kan derfor trekkes med større nøyaktighet, og gi større detaljrikdom enn isolinjene for $M5(24t)$. Dette er utnyttet i fig. 9, som viser isolinjemønsteret for forholdstallet $M5(24t)/PN$.

Det fremgår at den kraftige gradienten på Vestlandet fra fig. 8 er nærmest eliminert i fig. 9. Derimot er det blitt sterke gradienter i Østlandsområdet i fig. 9. Men på grunn av de lave nedbørnormaler i dette området betyr en forskjell i $M5/PN$ -verdien på 1 prosent-enhet en forskjell i $M5$ verdi på ca. 5 mm. Det "uryddige" isolinje-mønster i fig. 9 skyldes at det i analysen er tatt hensyn til praktisk talt samtlige 366 stasjons-verdier av $M5/PN$. Men hovedtrekkene er de samme som i det tidligere presenterte kart (fig. 7 i [5]), nemlig at $M5(24t)/PN$ varierer fra ca. 4% på Vestlandskysten, til 10-11% i nordlige deler av Østlandet. Dvs. at i indre områder på Østlandet utgjør "5 års-verdien" for 24 timers nedbør ca. 10% av normal årsnedbør.

Ved hjelp av fig. 9 og kart over normal årsnedbør er det mulig å estimere $M5(24t)$ for et vilkårlig punkt i Norge. Påregnelige verdier for $M100$, $M1000$ og PMP kan så estimeres som beskrevet i kap. 2.2.

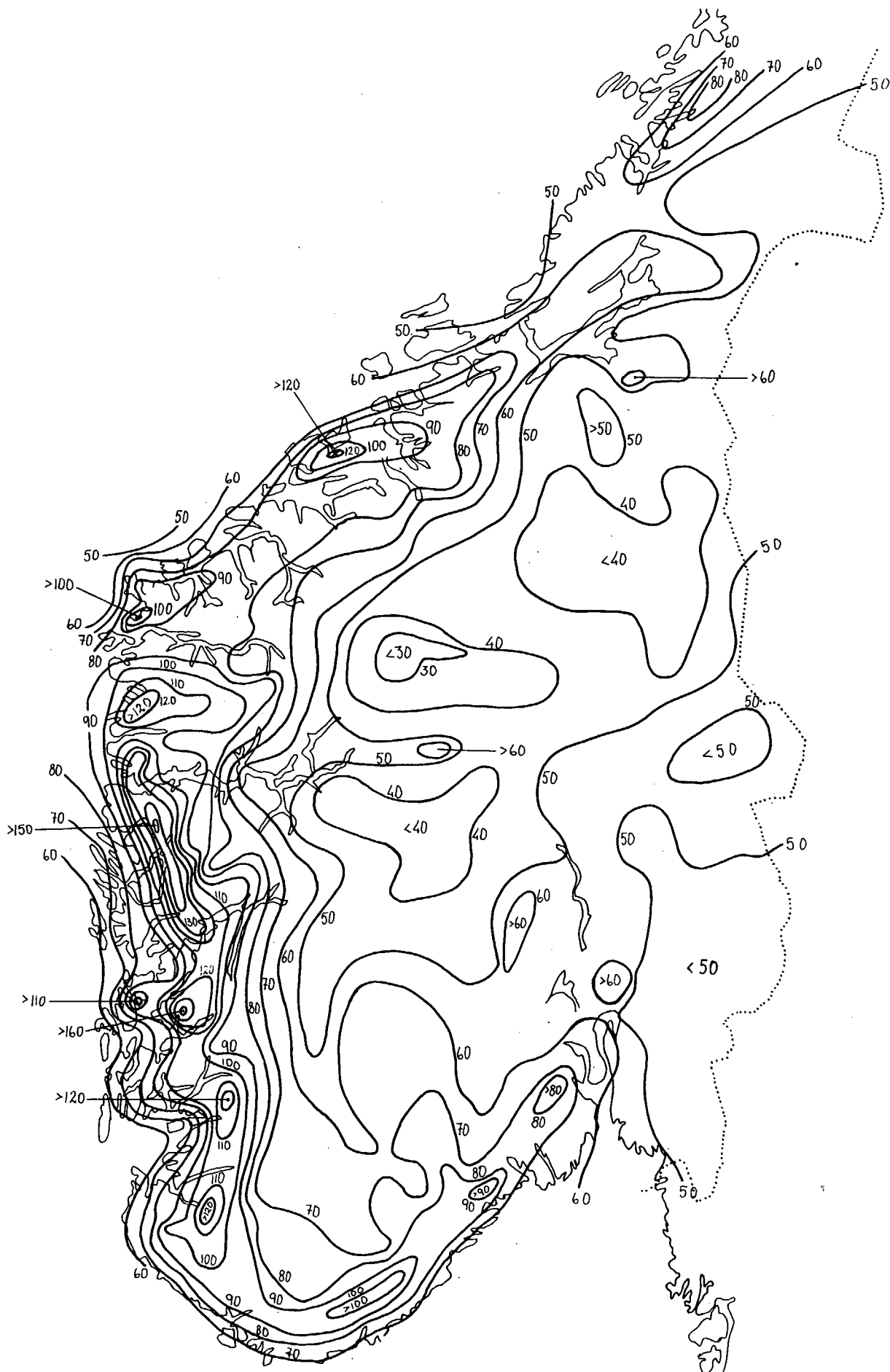


Fig. 8 M5(24t)-verdier for Sør-Norge.
 Datagrunnlag: Registrerte og justerte (iflg. fig. 7) verdier
 fra 366 målestasjoner for perioden ca. 1895-1985.

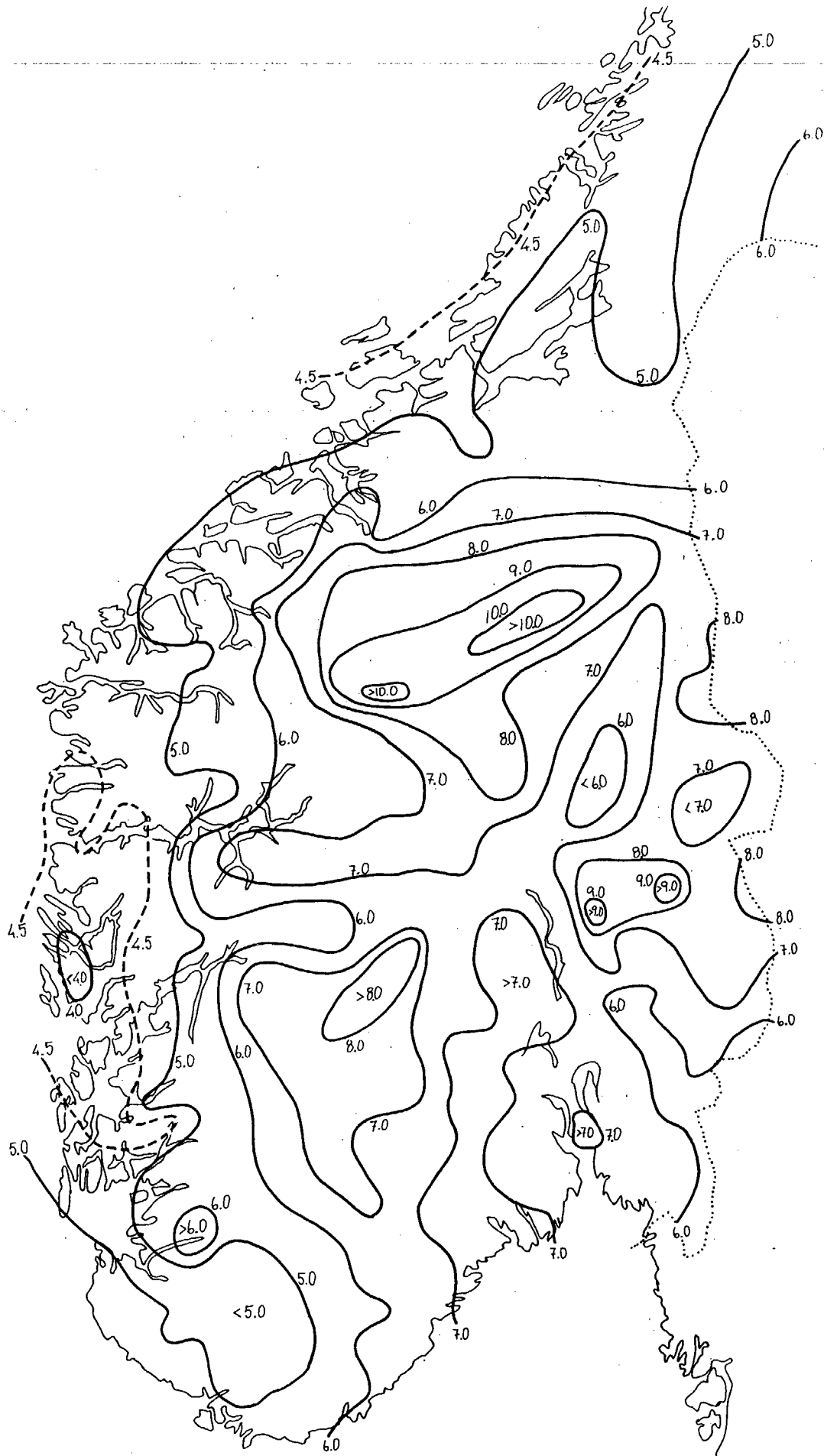


Fig. 9 Forholdstall (i prosent) mellom M5(24t) og normal årsnedbør.

I tillegg til de storstilte regionale variasjoner i M5(24t)-verdi (fig. 8) og i forholdstallet M5(24t)/PN, vil det også være lokale forskjeller. Et viktig forhold er hvorvidt store døgnlige nedbørverdier har samme høydevariasjon som normal årsnedbør. For å belyse dette er det i fig. 10 vist samvariasjon mellom maksimal observert døgnedbør og normal årsnedbør (fig. 10 a) og samvariasjon mellom M5(24t) og normal årsnedbør (fig. 10 b) i Oslo-området. Dette området er valgt fordi stasjonstettheten er stor, og med god spredning i stasjonenes høyde over havet.

Det vil fremgå at det selv i Østlandsområdet (med mye byggedbør) er en klar tendens til at både maksimal observert punktnedbør og M5(24t)-verdi øker med økende normal årsnedbør. Men et viktig spørsmål er om disse øker like sterkt som årsnedbøren.

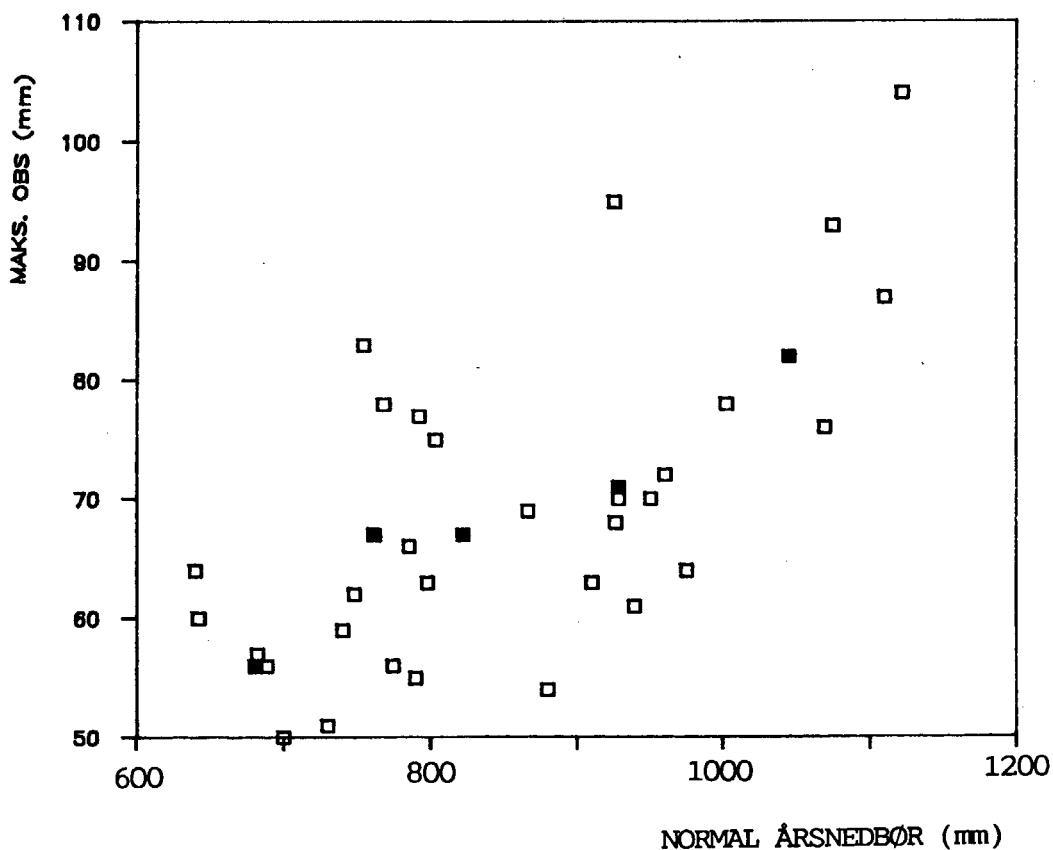


Fig. 10a Samvariasjon mellom maksimal observert 1-døgns nedbør og normal årsnedbør (PN).

Datagrunnlag: 32 stasjoner i Oslo-området.

■ Gruppeverdier (sortert etter årsnedbør).

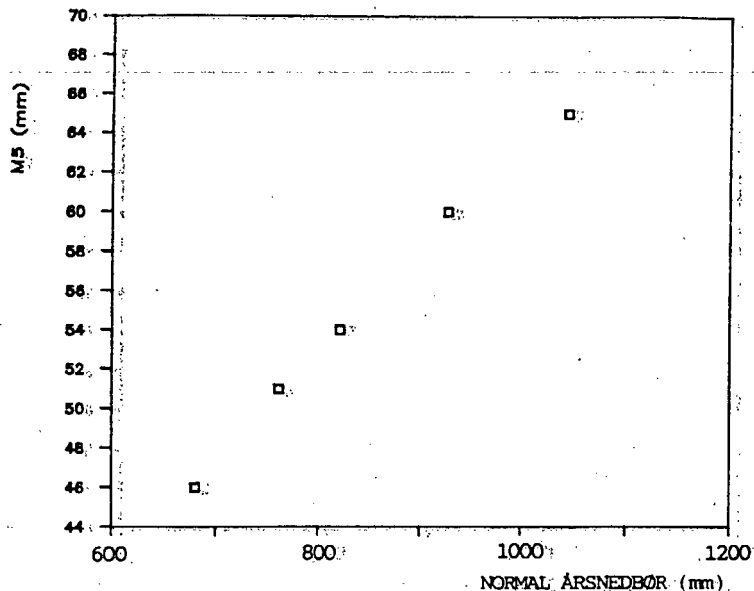


Fig. 10b Samvariasjon mellom M5(24t) og normal årsnedbør (PN) for 32 stasjoner i Oslo-området.
Figuren viser gruppemiddelværdier, sortert etter normal årsnedbør.

Dette er illustrert på fig. 11, som viser forholdstallet $M5(24t)/PN$ som funksjon av normal årsnedbør for de samme stasjonene. Det er her en klar tendens til at forholdstallet $M5(24t)/PN$ i Oslo-området avtar med økende årsnedbør, - fra ca. 6.8% for $PN = 700$ mm/år til ca. 6.3% for $PN = 1100$ mm.

Fig. 11 tyder altså på at forholdstallet $M5(24t)/PN$ på lokal skala avtar med økende årsnedbør. I felt der stasjonsdekningen er god, blir ved DNMI estimat av $M5(24t)$ og $M5(24t)/PN$ basert på observerte verdier. Men i høyere- liggende felt med få eller ingen nedbørdata fra selve feltet, må det tas hensyn til denne lokale variasjonen i $M5(24t)/PN$ dersom felt- verdiene ekstrapoleres fra lavereliggende stasjoner nær feltet.

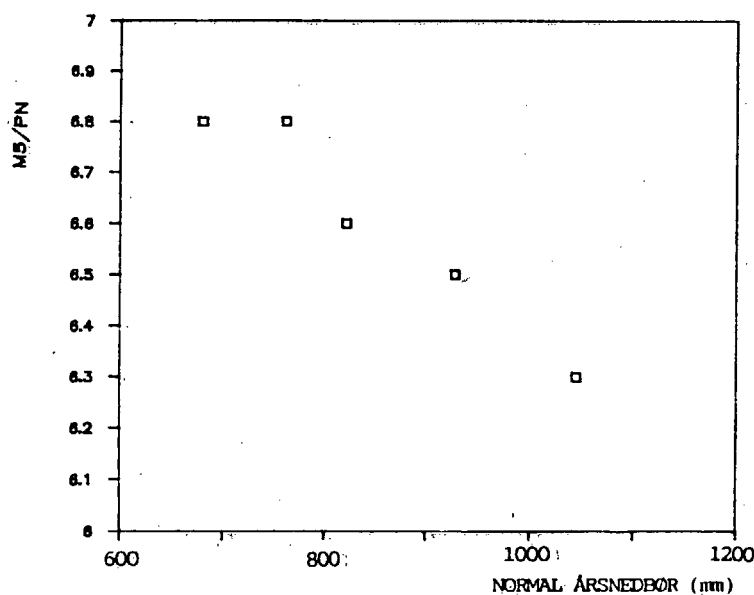


Fig. 11 Samvariasjon mellom forholdstallet $M5(24t)/PN$ og normal årsnedbør (PN).
Figuren viser gruppemiddelværdier, sortert etter normal årsnedbør.

4. OBSERVERTE EPISODER MED STORE NEDBØRHØYDER.

4.1 Innledning

I kap. 2 og 3 er NERC-metoden blitt beskrevet, og tilpasningen til norske forhold er blitt vurdert. Det vil fremgå at det ved hjelp av denne metoden er mulig å estimere påregnelige nedbørverdier for ulike varigheter (2-192 timer) og ulike gjentakstider for vilkårlige punkter i Norge. Hvorvidt en ekstrem nedbørverdi i et punkt vil føre til ekstrem flom i et vassdrag avhenger imidlertid også av endel andre meteorologiske og hydrologiske forhold:

a). Årstid

Vår og høst kan en nedbør-flom få betydelige tilskudd fra snøsmelting.

b). Nedbørforløp

De største nedbørflommer forekommer når jordsmonnet er mettet med vann, - f.eks. når det har vært rikelig med nedbør i dagene før en kraftig nedbørepisode. For små felt spiller dessuten nedbørforløpet under nedbørepisoden en stor rolle, - dvs. om nedbørintensiteten har vært jevn under hele episoden eller om en stor del av nedbøren har kommet i løpet av noen få timer.

c). Arealfordeling

En viktig forutsetning for ekstreme nedbørflommer er at en ekstrem nedbørepisode dekker store deler av nedslagsfeltet. Det er altså ikke tilstrekkelig med ekstrem nedbør kun i en begrenset del av feltet, f.eks. p.g.a. en kraftig lokal regnbyge.

Ved flomberegninger for et konkret vassdrag bør disse forhold utredes ved hjelp av studier av observerte ekstreme nedbør- og flom-episoder i det aktuelle nedbørfelt. Slike undersøkelser er tidkrevende, og kompliseres av at datatilfanget oftest er for lite til at f.eks. orografiske effekter kan kartlegges nøyaktig. I det følgende vil pkt. a) - c) bli belyst for tre områder, ett på h.h.v. Østlandet, Vestlandet og i Trøndelag. I de fleste deler av Nord-Norge er data-grunlaget i minste laget for slike analyser.

4.2 Årstidsfordeling.

Ved bruk av nedbørdata til flomberegninger er det viktig å vite hvilken årstid de ekstreme nedbørepisoder forekommer. Dette er illustrert i fig. 12 a) - c). For varigheter fra 1 minutt til 24 timer er figurene basert på data fra Plumatic vippepluviograf ved Gardermoen, Opstveit og Trondheim-Tyholt, mens 1-døgns verdien (kl. 07-07) er fra de manuelle nedbørmålere samme sted. For hver av varighetene er dato for de 25 episodene med høyest nedbørverdi angitt med punkter. På Gardermoen og Opstveit er grensene for målesesongen til Plumatic (april/mai - november/desember) angitt med stiplede linjer. (I enkelte sesonger har pluviografen på Opstveit vært i drift også i desember). I de fleste år var vippepluviografen ved Trondheim-Tyholt i drift også om vinteren. De fleste episoder med snøsmelting i målertrakten er ekskludert fra materialet. Nedbørverdiene i parentes til venstre i diagrammet angir maksimal observert nedbørverdi for de ulike varigheter.

For Gardermoen (fig. 12 a) har de fleste episoder med kraftig nedbør med varighet mindre enn 30 minutt forekommet i tidsrommet 20/6-10/8. Det er en klar tendens til forskyvning mot høsten med økende nedbørvarighet. Kraftige nedbørepisoder i mai og begynnelsen av juni er sjeldne, men kan forekomme. Figur 12 a tyder på at Plumatic-sesongen dekker årstidene med kraftige nedbørepisoder. Bare 3 av de 25 høyeste 1-døgnsverdiene forekom i tidsrommet 20/10-1/6, og ingen i perioden 1/1-1/6.

Ved Opstveit i Sunnhordland (fig. 12 b) er det august som har de fleste episoder med høy nedbørintensitet ved kort varighet (< 3 timer). Også ved Opstveit er det en tydelig tidsforskyvning mot høst med økende nedbørvarighet. For 1-døgnsnedbør er det størst hyppighet av store nedbørhøyder i januar, oktober og november. Et bemerkelsesverdige trekk er at det svært sjelden er store nedbørhøyder med varighet over 1 time i tidsrommet 1/4-1/8.

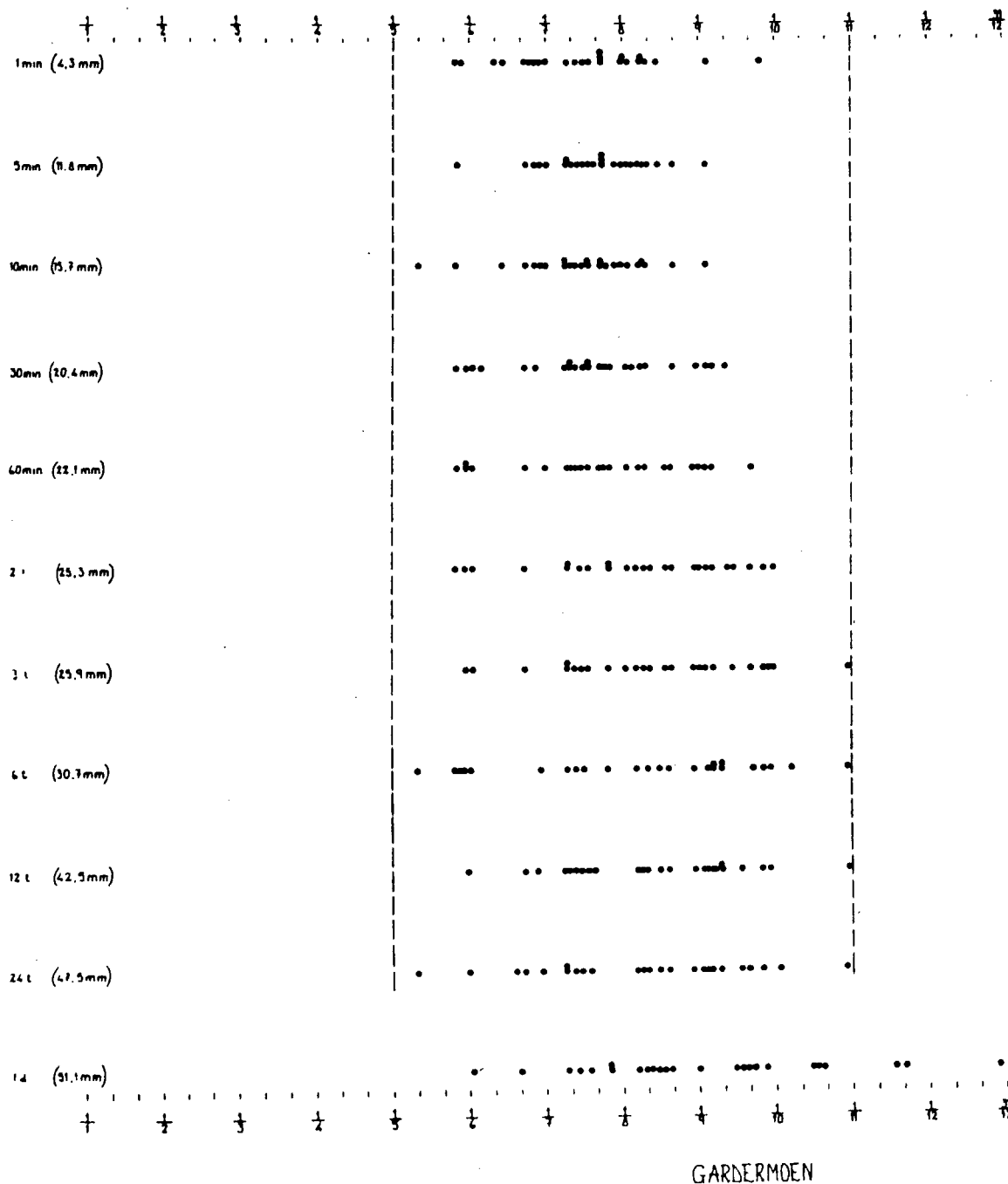


Fig. 12a Årstidsfordeling av 25 største nedbørepisoder for ulike varigheter ved GARDERMOEN.
 Verdier i parentes er høyest målte verdi for hver varighet.
 Datagrunnlag: Plumatic vippepluviograf (≤24t), manuell nedbørmåler (1 døgn).

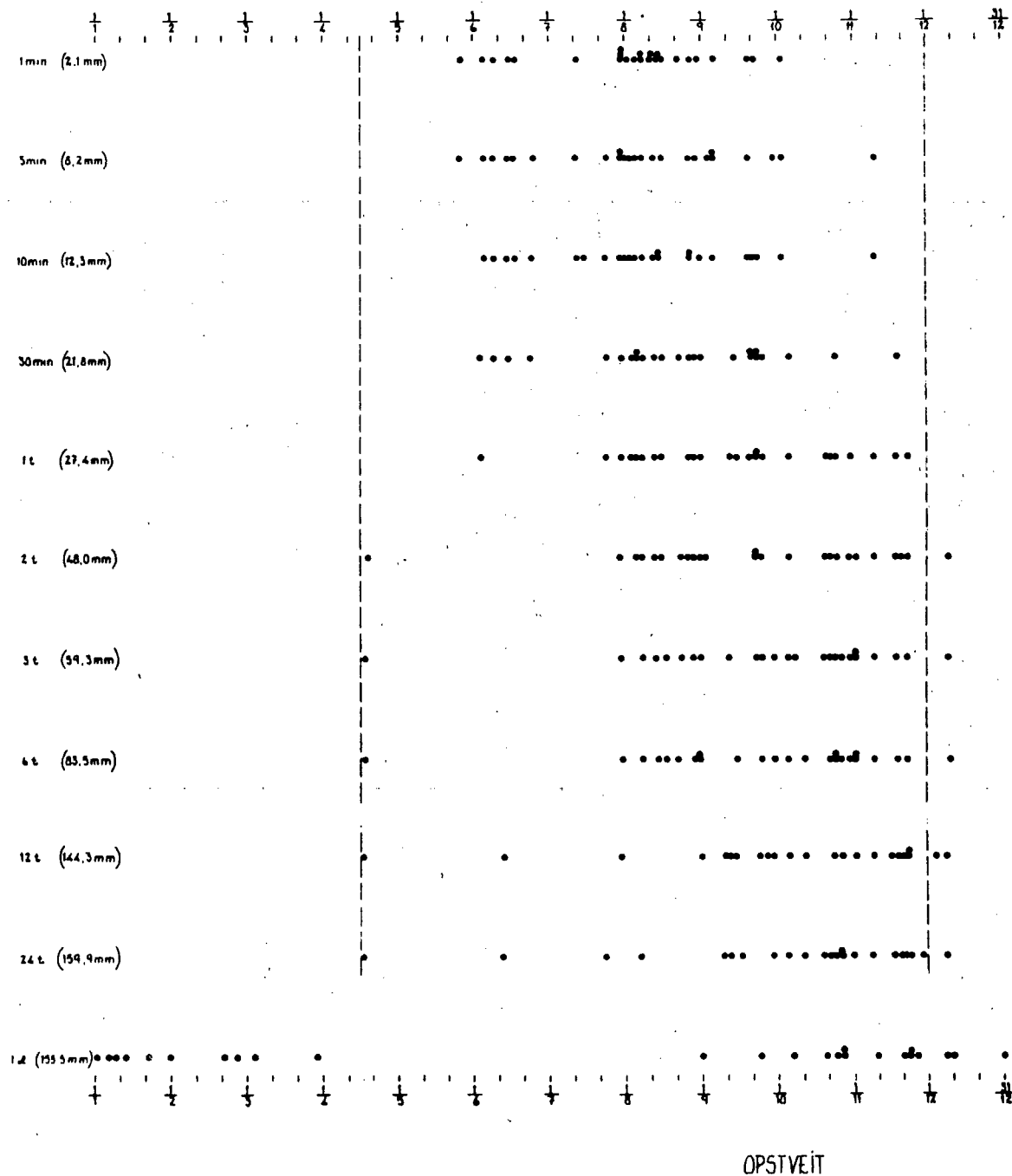


Fig. 12b Årstidsfordeling av 25 største nedbørepisoder for ulike varigheter ved OPSTVEIT I SUNNHORDLAND. Verdier i parentes er høyest målte verdi for hver varighet. Datagrunnlag: Plumatic vippepluviograf (Σ24t), manuell nedbørmåler (1 døgn).

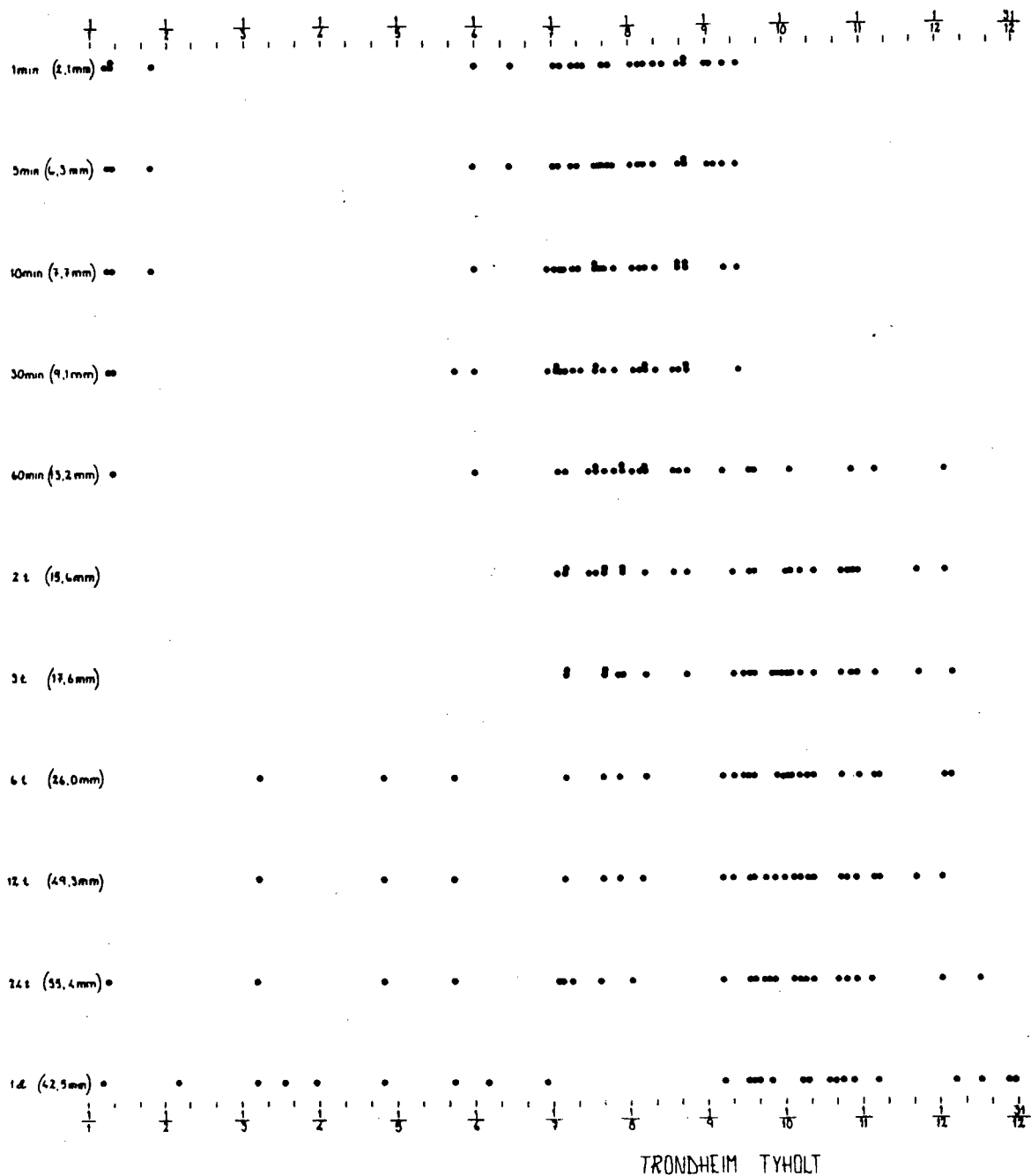


Fig. 12c Årstidsfordeling av 25 største nedbørepisoder for ulike varigheter ved TRONDHEIM - TYHOLT. Verdier i parentes er høyest målte verdi for hver varighet. Datagrunnlag: Plumatic vippepluviograf (Σ24t), manuell nedbørmåler (1 døgn).

Ved Trondheim-Tyholt (fig. 12 c) har de fleste episoder med høy nedbørintensitet over kort varighet (<1 time) forekommet i juli og august. Episodene med høy intensitet over kort varighet i januar skyldes trolig tilskudd fra smelting av oppsamlet snø i trakten på pluviografen. For varigheter over 2 timer er det størst hyppighet av episoder med høy nedbør i månedene september og oktober. Forskyvningen mot høst med økende nedbørvarighet er tydelig også ved denne stasjonen, og for 1-døgns nedbør har ingen av de 25 maksimalepisodene forekommet i juli eller august.

4.3 Tidsforløp av nedbørintensitet.

Som generelle retningslinjer for modellering av nedbørforløp ved flomberegninger, anvender NVE "en tilnærmet symmetrisk fordeling omkring høyeste nedbørintensitet dersom kritisk varighet er mindre enn eller lik 2 døgn. Dersom den kritiske varighet er mer enn to døgn, benyttes et observert forløp med hovedtyngden av nedbøren sist i perioden" [14].

Slike modeller for nedbørforløp er nyttige og nødvendige for flomberegninger, men spørsmålet er hvor realistiske de er. Det er også sannsynlig at "typisk" nedbørforløp vil variere med årstid og med geografisk lokalitet. Ideelt sett bør derfor modeller for nedbørforløp i et vassdrag baseres på nedbørregistreringer fra målesteder i selve nedbørfeltet. Imidlertid er det så få registrerende nedbørmålere i drift utenom tettbygde strøk i Norge, at det bare unntaksvis vil foreligge representative data for et aktuelt nedbørfelt.

For å illustrere nedbørforløp i episoder med høy døgnnedbør har vi valgt ut de 10 døgn med høyest 24-timers nedbør ved en vippepluviograf-stasjon i hver av landsdelene Østlandet, Vestlandet og Trøndelag. Dataene er hentet fra måleseriene 1967-1985 ved Plumatic-stasjonene på Gardermoen, Opstveit og i Trondheim. Fig. 13-15 viser tidsforløp av nedbør for 24-timers periodene med høyest nedbørsum. Hver timeverdi angir timesum i prosent av døgnsum.

Fig. 13-15 viser at det ikke opptrer noe "typisk mønster" for nedbørfordeling i maksimalepisoder. Timeverdien med høyest nedbør kan forekomme når som helst i 24-timers perioden, og det er bare unntaksvis symmetri om høyeste timeverdi. Både ved Opstveit og Trondheim er det i praktisk talt samtlige episoder nedbør i mer enn 20 av de 24 timene. Bare i h.h.v. 1 og 2 tilfeller utgjør høyeste timeverdi mer enn 15% av 24-timers nedbørsum. De fleste av episodene med høy 1 døgns nedbør ved Opstveit og Trondheim er således karakterisert ved relativt høy nedbørintensitet over store deler av døgnet.

Ved Gardermoen er forholdene annerledes. Riktignok er det også her noen episoder med lang varighet og relativt jevn nedbørintensitet (bl.a. 5/9-85, 10/8-86, 28/10-67 og 17/9-80). Men i halvparten av episodene kom mer enn 25% av 24-timers nedbøren i løpet av en time. Og i en episode (8/7-73) kom nesten halvparten av døgnedbøren i løpet av en time.

Selv om det ikke er mulig å trekke endelige konklusjoner på grunnlag av de få episodene i fig. 13-15, synes det som om det for norske forhold ikke finnes noe "typisk mønster" for nedbørforløp i døgn med store nedbørhøyder. (Tilsvarende konklusjoner er også trukket i USA [15]). På Vestlandet og i Trøndelag er nedbørforløpet i slike døgn oftest karakterisert ved relativt høy nedbørintensitet gjennom store deler av døgnet, mens det på Østlandet i tillegg er endel episoder der mesteparten av døgnedbøren kommer i løpet av noen få timer.

GARDERMOEN

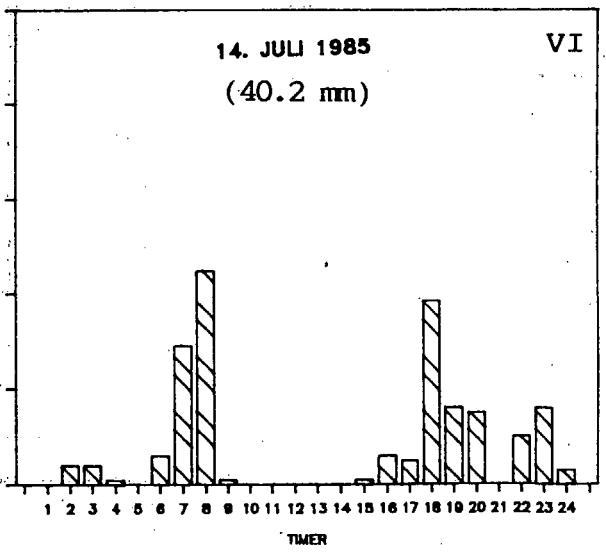
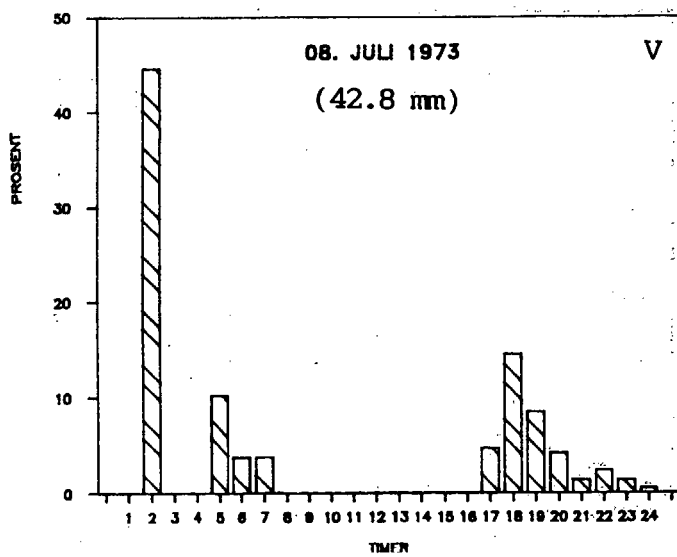
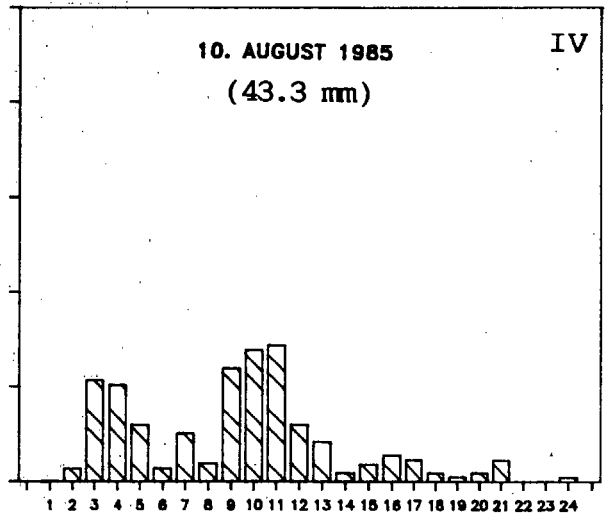
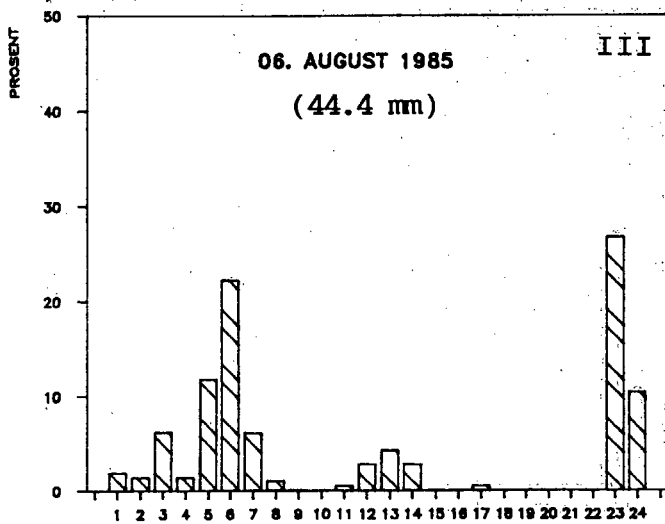
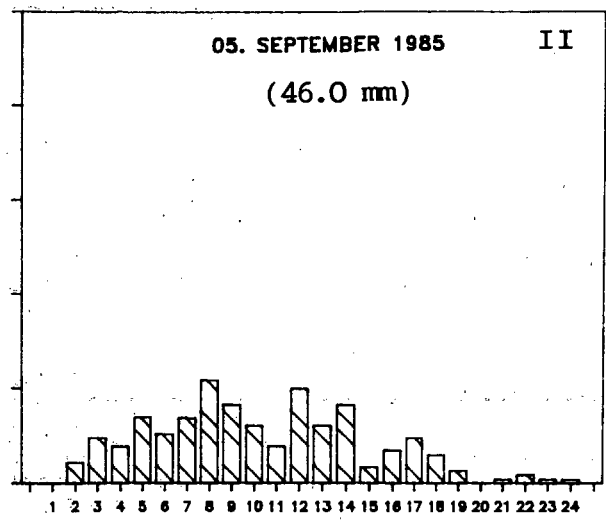
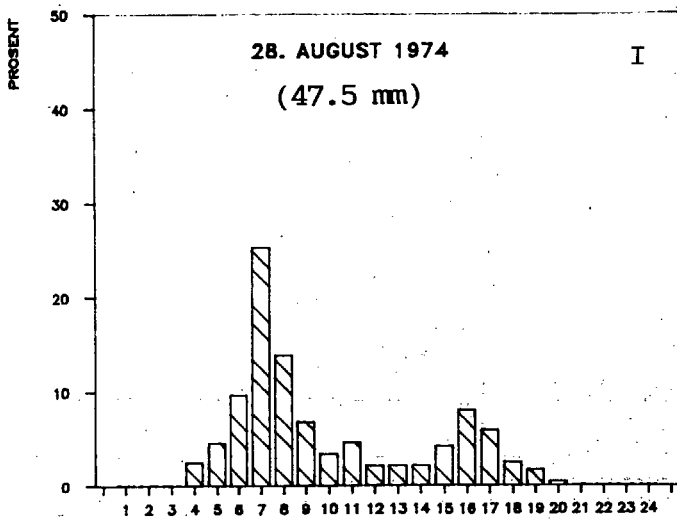


Fig. 13

forts. neste side

GARDERMOEN

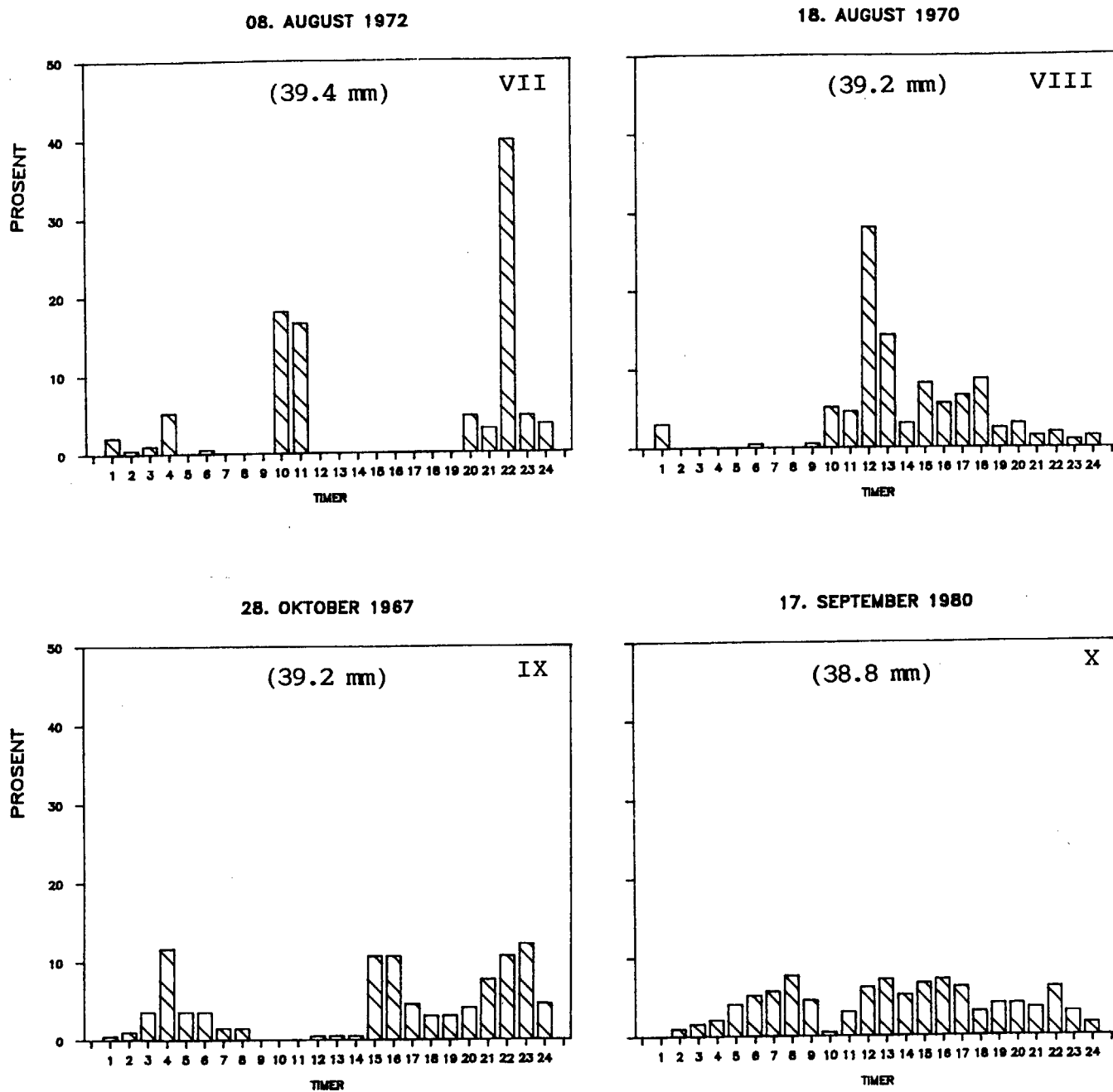


Fig. 13 Nedbørforløp i 10 døg med høy 24 timers nedbørverdi.
 Målested: GARDERMOEN.
 Kurvene viser timeverdi i prosent av 24-timers nedbørsum
 (i parentes).

OPSTVEIT

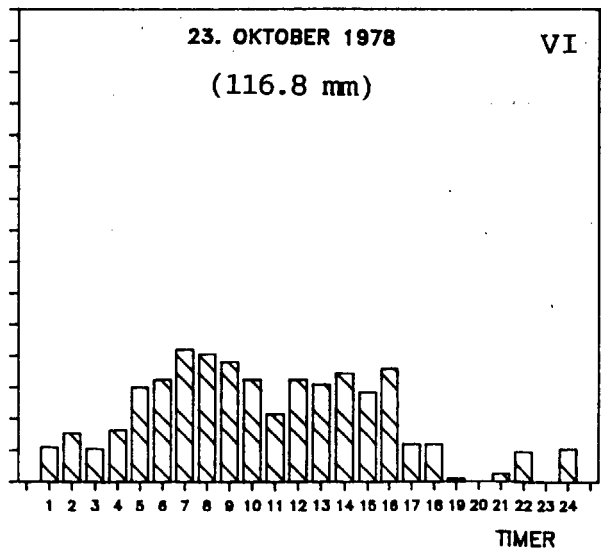
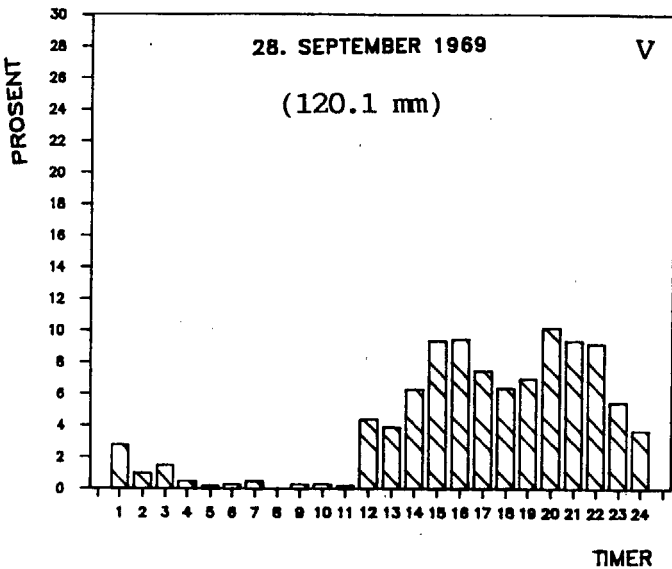
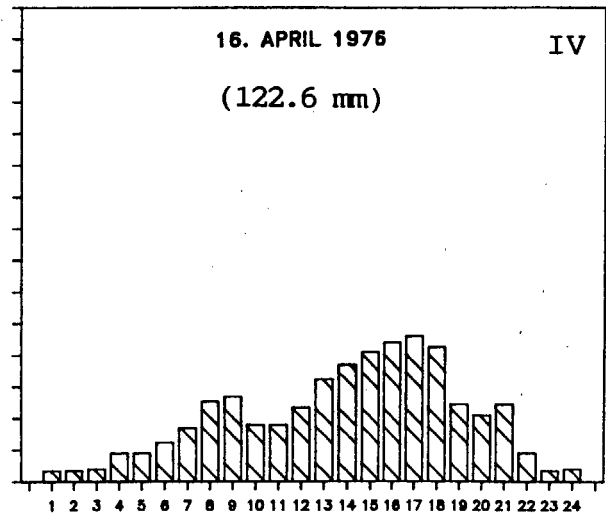
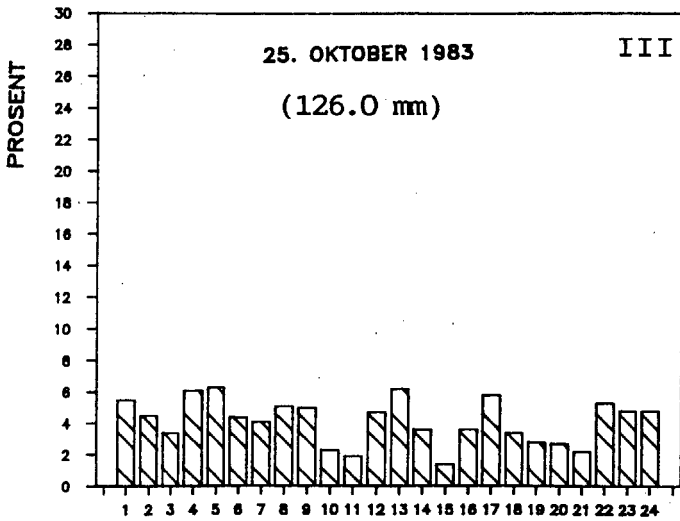
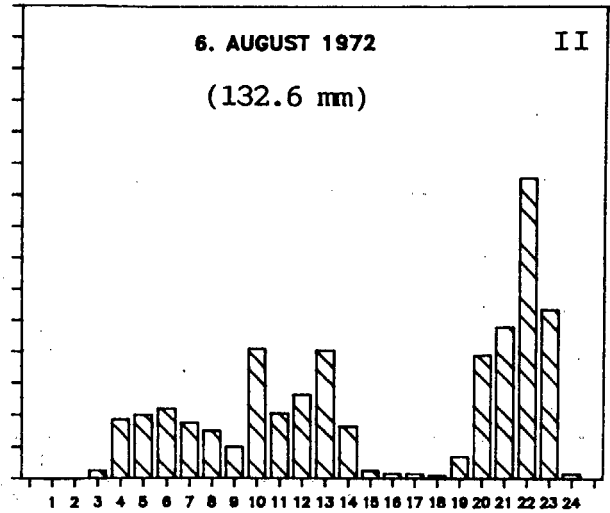
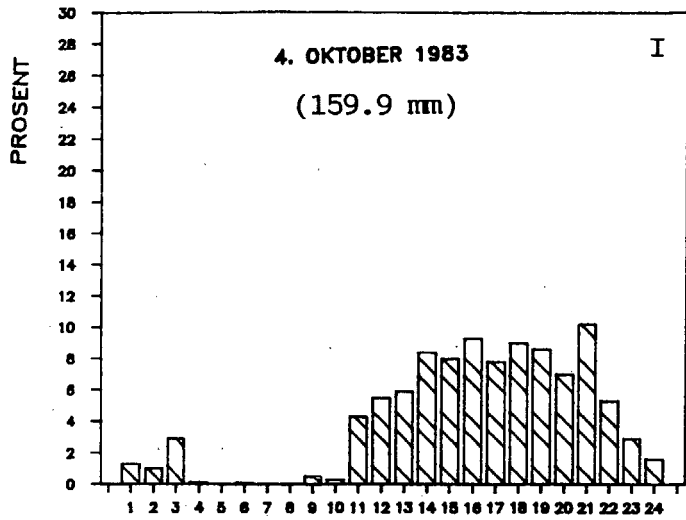
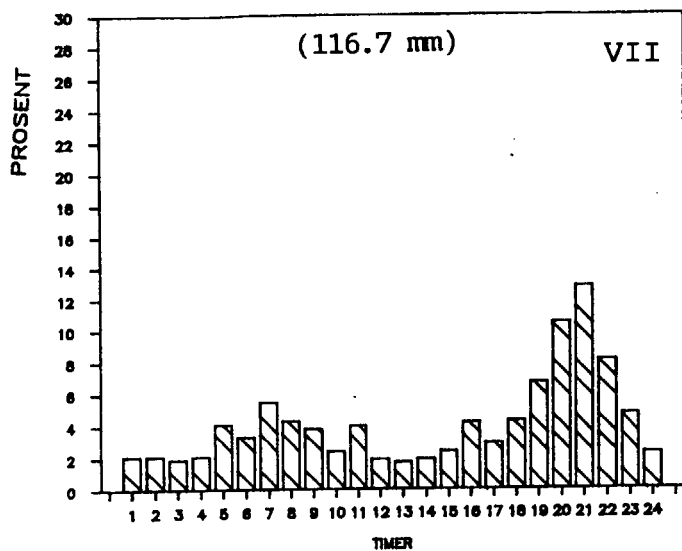


Fig. 14

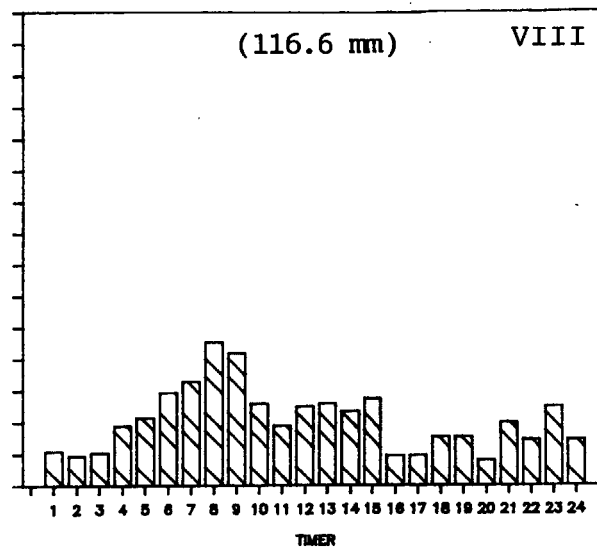
forts. neste side

OPSTVEIT

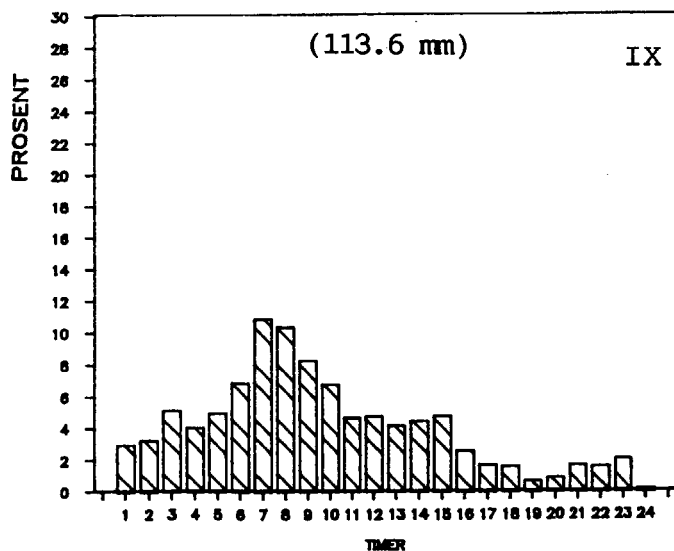
21. NOVEMBER 1973



22. NOVEMBER 1981



25. OKTOBER 1972



11. SEPTEMBER 1969

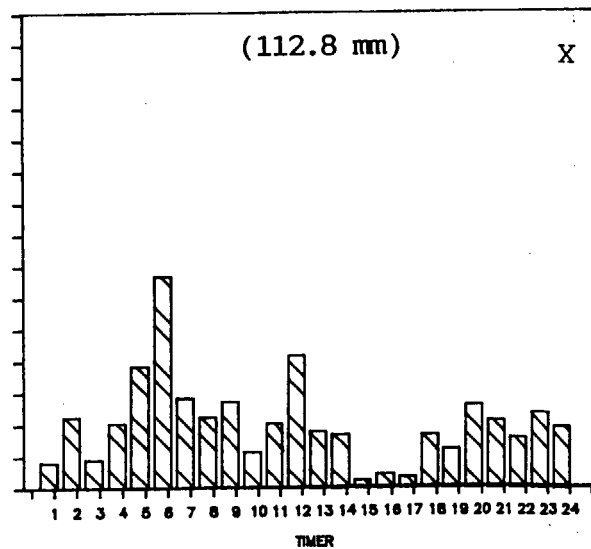


Fig. 14 Nedbørforløp i 10 døg med høy 24 timers nedbørverdi.
 Målested: OPSTVEIT I SUNNHORDLAND.
 Kurvene viser timeverdi i prosent av 24-timers nedbørsum
 (i parentes).

TRONDHEIM

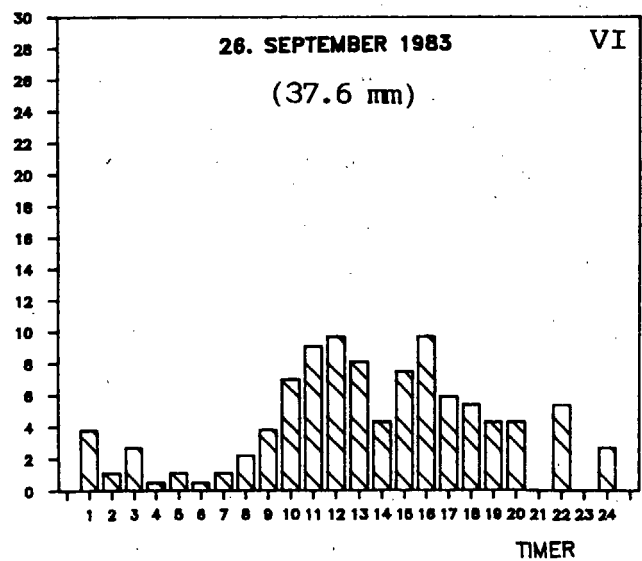
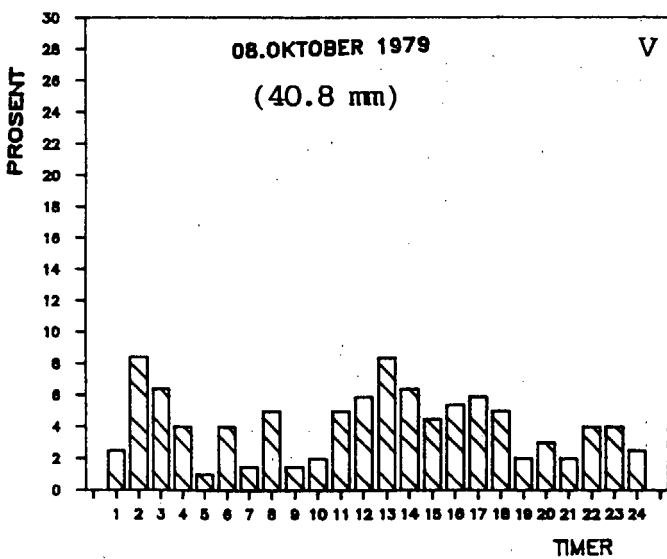
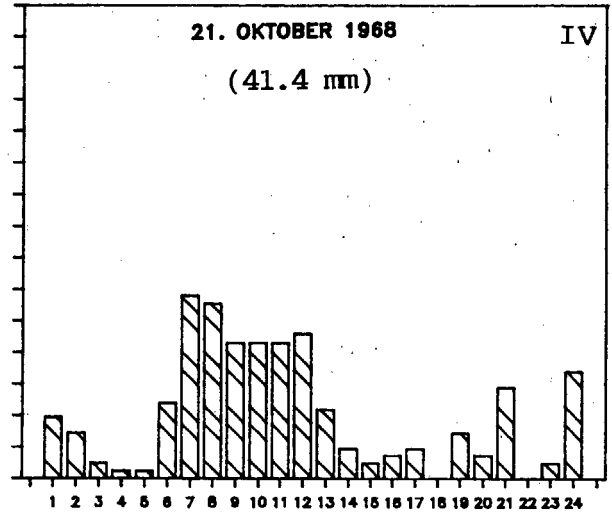
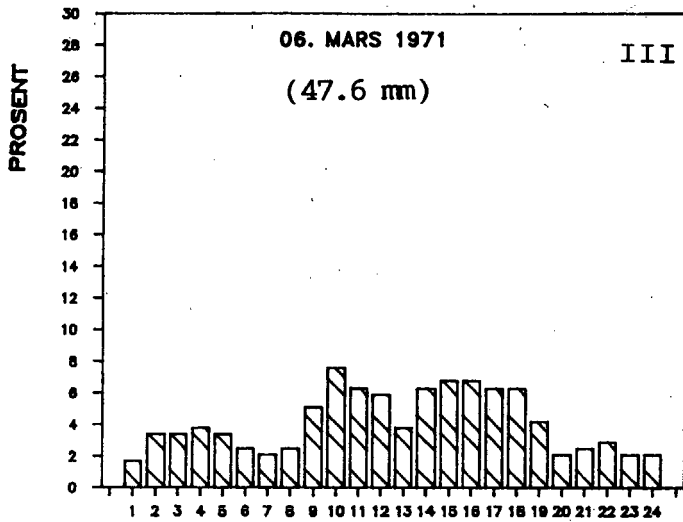
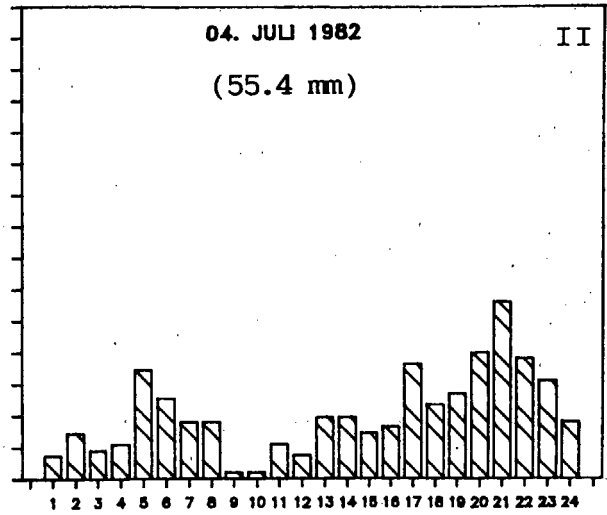
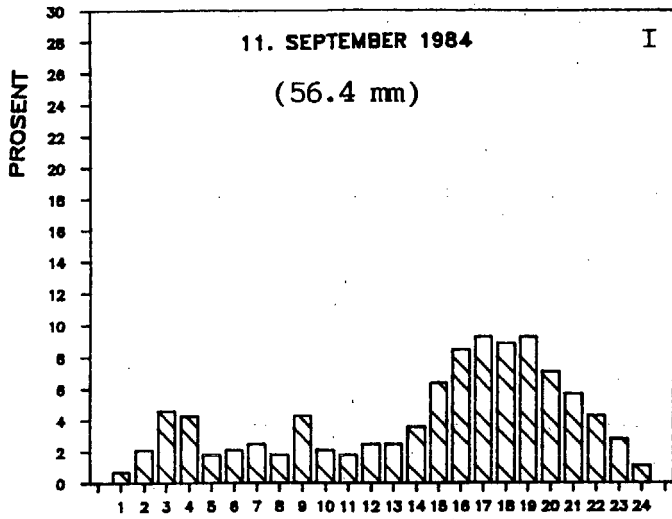
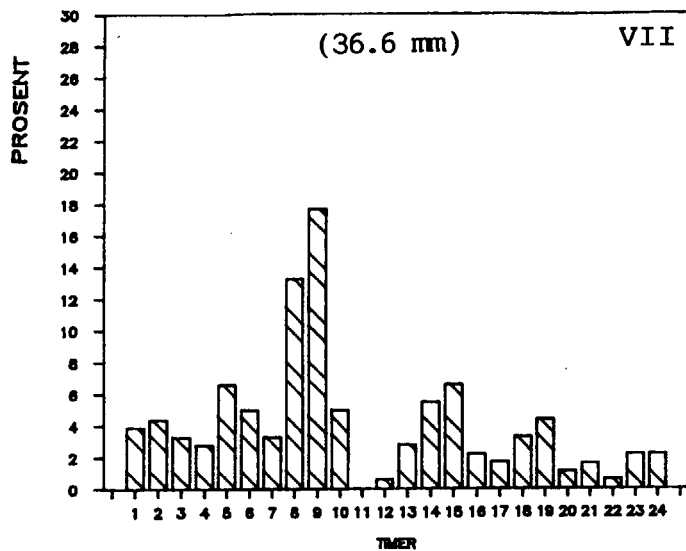


Fig. 15

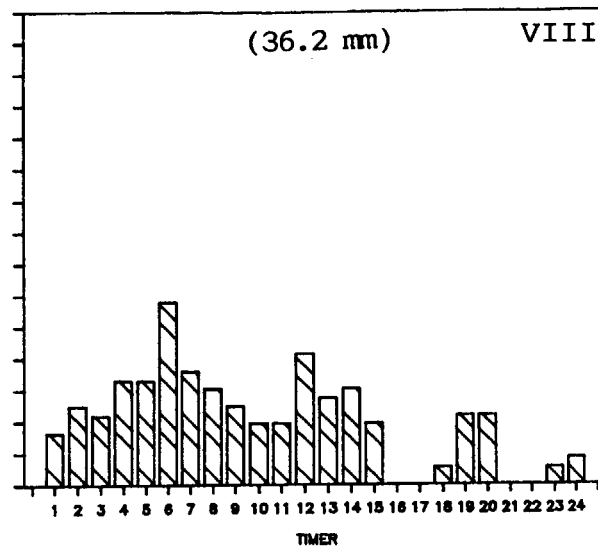
forts. neste side

TRONDHEIM

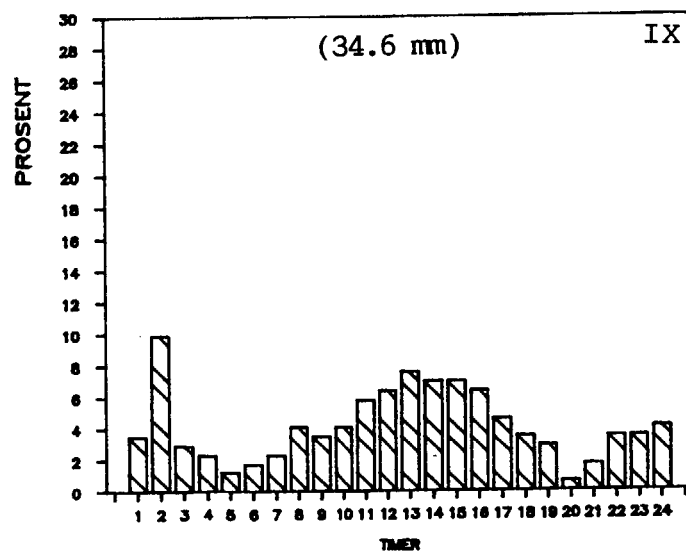
17. SEPTEMBER 1978



25. APRIL 1972



24. SEPTEMBER 1971



30. OKTOBER 1985

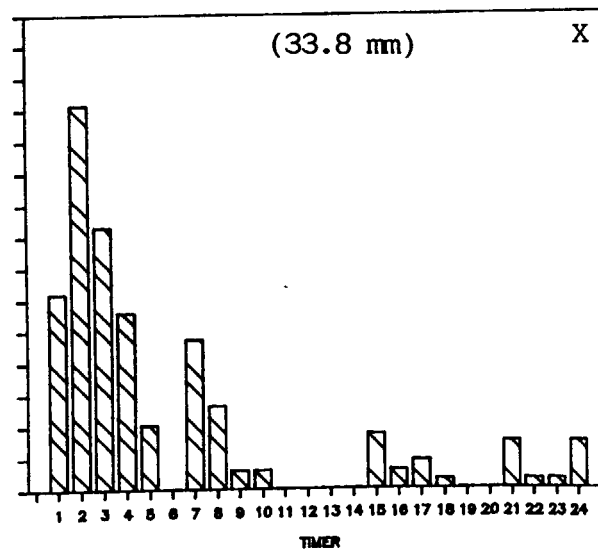


Fig. 15 Nedbørforløp i 10 døgn med høy 24 timers nedbørverdi.
Målested: TRONDHEIM.
Kurvne viser timeverdi i prosent av 24-timers nedbørsum
(i parentes).

Metodikken med "tilnærmet symmetrisk fordeling omkring høyeste nedbørintensitet" er imidlertid en vanlig brukt fremgangsmåte også internasjonalt, bl.a. i USA [15], [16]. For å belyse nedbørforløpet i ekstreme nedbørepisoder, ble derfor timeverdiene for episodene i fig. 13-15 sortert etter fallende verdier. Resultatene er gjengitt i fig. 16 og tab. 5.

Av fig. 16 fremgår det f.eks. at ved Gardemoen kom i middel 23% av døgnet nedbøren i løpet av timen med høyest intensitet, 15% i løpet av timen med nest høyest intensitet, 11% i timen med tredje høyeste intensitet osv. Tilsvarende kurver er vist også for Opstveit og Trondheim.

Ved hjelp av fig. 16 er det mulig å konstruere et teoretisk nedbørforløp for døgnet med stor nedbørhøyde. Timeverdiene kan enten fordeles tilnærmet symmetrisk om maksimalverdien, eller ordnes med hovedtyngden av nedbør sist i nedbørdøgnet (se f.eks. fig. 3 i [15]).

Ved vurdering av nedbørforløp ved flomestimering er det viktig å vite hvor stor del av døgnet nedbøren som kan ventes i løpet av bestemte tidsintervall. For hver av de ti episodene i fig. 13-15 er det derfor beregnet høyeste nedbørsum i løpet av 1, 2, 3, 6 og 12 timer. Resultatene er gjengitt i Appendix 2, og en oppsummering er gitt i tab.5.

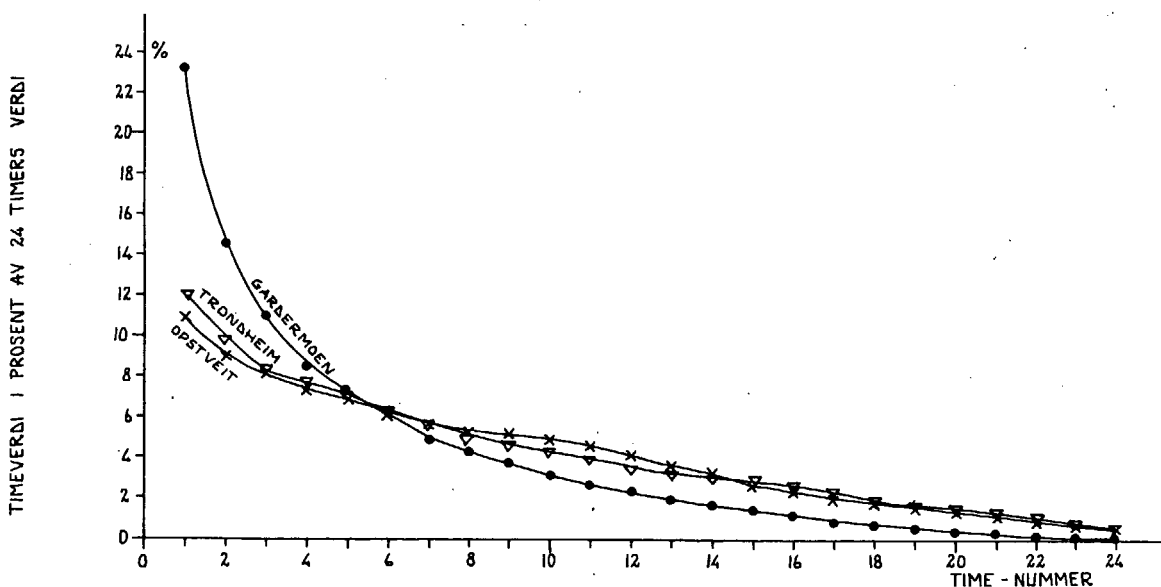


Fig. 16 Midlere timevis nedbørandel* (%) for 10 døgnet med høy 24 timers nedbørverdi på Plumatic-stasjonene Gardemoen, Opstveit og Trondheim.

(* Ordnet etter fallende verdier).

Tab. 5 Forholdstall (%) mellom nedbørmengde i løpet av n timer og 24 timer i 10 døgn med høy 24 timers nedbør på Plumatic-stasjonene Gardermoen, Opstveit og Trondheim.

		Maksimal nedbørandel (%) i løpet av				
		1t	2t	3t	6t	12t
GARDERMOEN	Maksimum	44.6	44.6	49.3	65.9	91.4
	Minimum	7.7	13.9	20.1	38.7	55.2
	Middel	23.2	32.9	38.7	52.5	72.7
	Standardavvik	12.3	11.1	10.0	9.4	13.3
OPSTVEIT	Maksimum	19.1	29.8	39.4	51.9	89.3
	Minimum	6.3	12.4	16.8	31.0	54.0
	Middel	11.0	19.7	27.4	44.9	72.5
	Standardavvik	3.5	4.7	5.8	6.4	11.5
TRONDHEIM	Maksimum	24.3	40.9	53.3	68.6	85.8
	Minimum	7.6	13.9	19.9	36.5	57.0
	Middel	12.1	21.3	29.0	47.6	69.7
	Standardavvik	5.1	8.5	9.9	10.0	9.1

Tab. 5 viser at ved Opstveit og i Trondheim utgjorde høyeste 1 times-verdi i episodene maksimalt h.h.v. 19 og 24% av 24 timers-verdien, og i middel 11-12%. Ved Gardermoen var maksimalverdien 45%, og middelverdien 23%. I døgnene med jevnest nedbørintensitet utgjorde maksimal timeverdi 6-8% ved de tre stasjonene.

Det er viktig å være oppmerksom på at det er forskjell mellom verdiene i tab. 5 og verdiene i fig. 6. Verdiene i fig. 6 gir nemlig estimat av maksimal 1-times nedbør som kan inntreffe på målestedet, mens verdien i tab. 5 gir maksimal 1 times nedbørverdi i episoder med høy døgnnedbør. For Gardermoen (PN=825 mm/år), Opstveit (PN=2720 mm/år) og Trondheim-Tyholt (PN=857 mm/år) gir fig. 6 nedbørforholdstall mellom nedbør i løpet av 1t og 24t på h.h.v. 38%, 27% og 36%.

Både for Opstveit og Trondheim er disse verdiene vesentlig høyere enn maksimal timeverdi i episoder med høy døgnedbør.

Tab. 5 viser at i middel for de ti episodene ved Gardermoen kom 53% av nedbøren i løpet av en 6-timers periode. Tilsvarende tall for Opstveit og Trondheim var h.h.v. 45 og 48%. Ved alle tre stasjoner var det episoder der ca. 90% av nedbøren kom i løpet av 12 timer; - og episoder der nedbøren var mer jevnt fordelt over døgnet, med ca. 55% av 24-timers nedbør i løpet av 12 timer.

4.4. Nedbør før og etter episoder med høy døgnedbør.

En av forutsetningene for at en kraftig nedbørepisode skal føre til flom i et vassdrag, er at lite av nedbøren magasineres i nedslagsfeltet (i jordsmonn, innsjøer, snømagasin). Dette forekommer f.eks. når det er barfrost, eller når jordsmonnet er mettet med vann fra foregående regnvær eller p.g.a. snøsmelting.

I større nedslagsfelt vil en regnflom kunne forsterkes dersom det fortsetter å regne i nedre del av feltet i tiden etter en episode med kraftig døgnedbør.

For å kunne vurdere disse forhold er det derfor viktig å kjenne nedbørforløpet i dagene før og etter døgn med stor nedbørhøyde. Dette er illustrert i fig. 17-19 for noen episoder med høy døgnedbør ved Gardermoen, Opstveit og Lien i Selbu. For hver av de tre stasjonene er det valgt ut de 10 episodene som hadde høyest målt 1-døgns nedbør (kl 08-08). (Dette er derfor ikke nødvendigvis de samme episoder som ble behandlet i kap. 4.3 og 4.4). Endel nøkkeldata for episodene er gitt i tab. 6 i kap. 5.

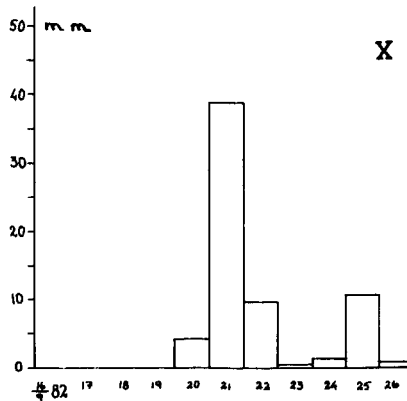
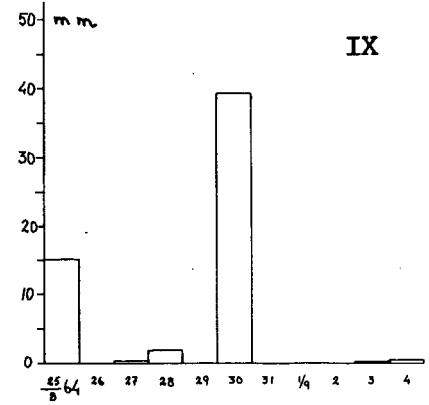
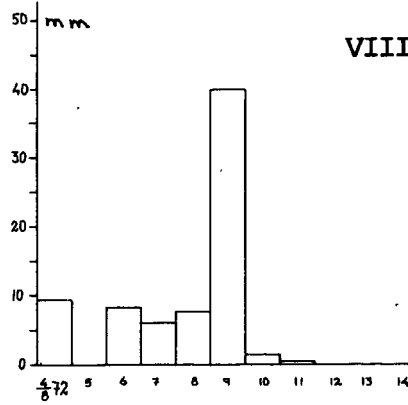
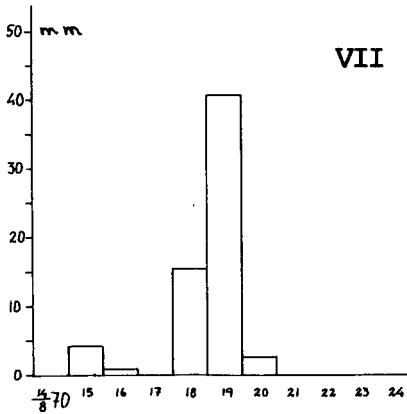
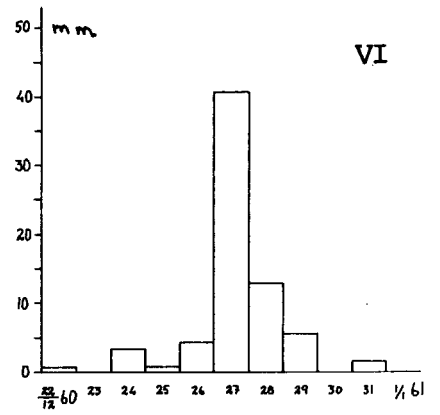
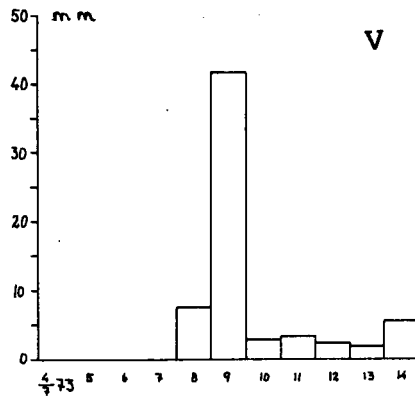
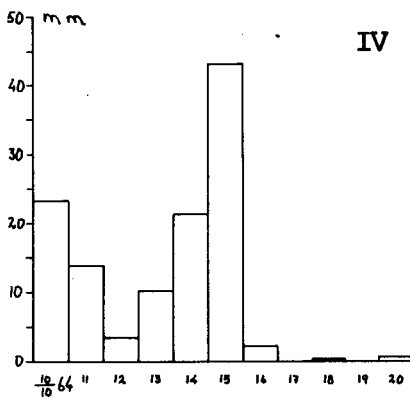
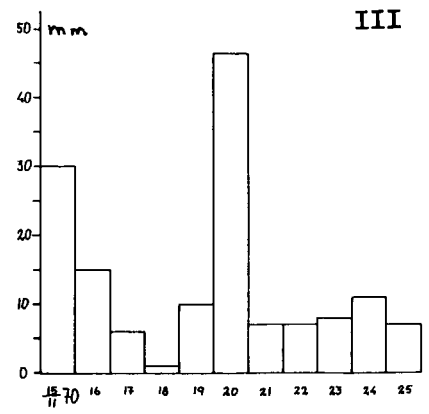
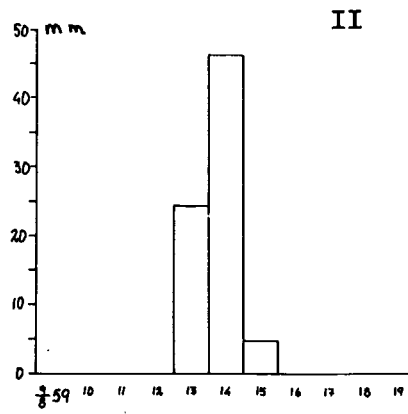
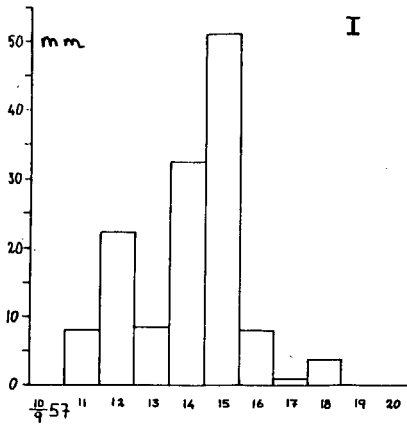
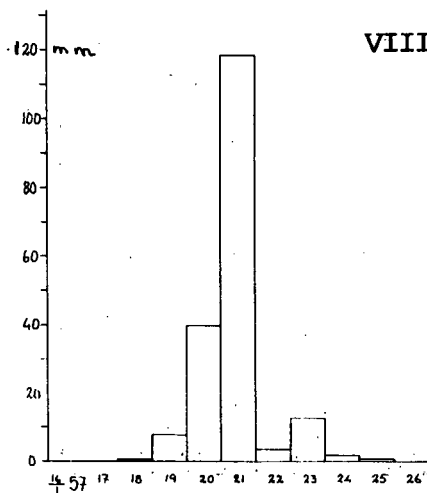
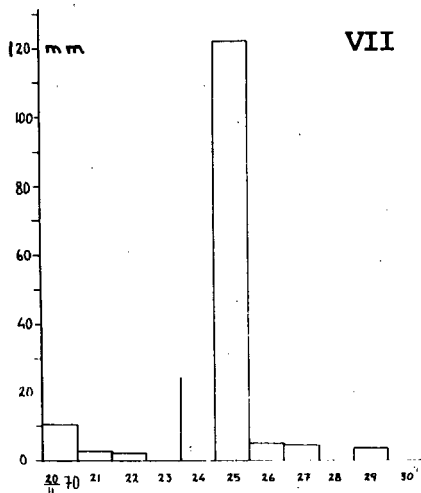
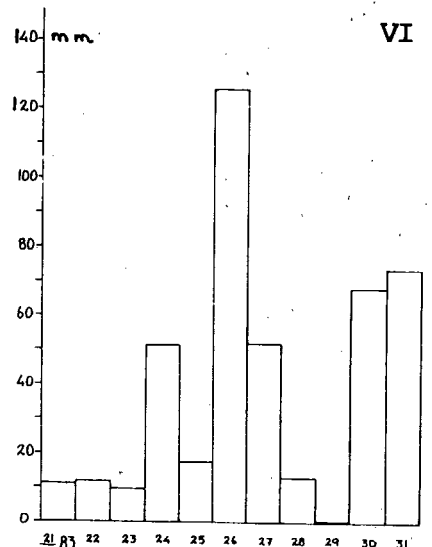
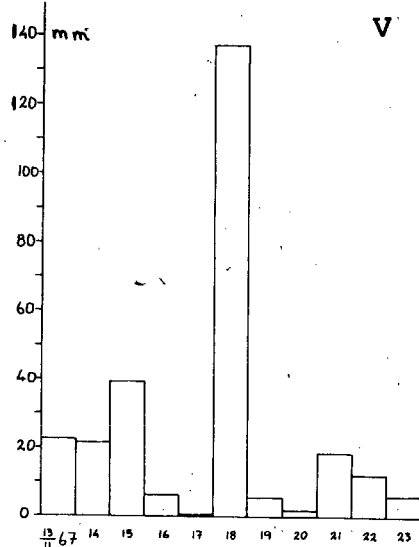
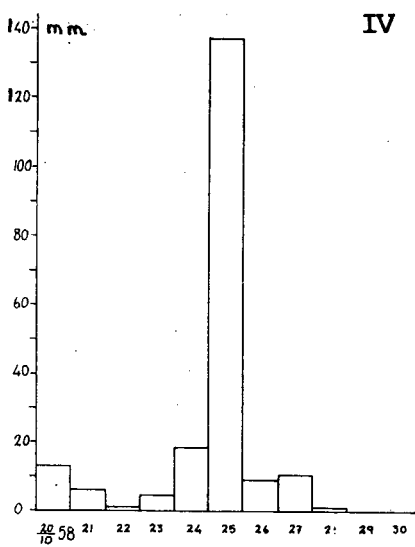
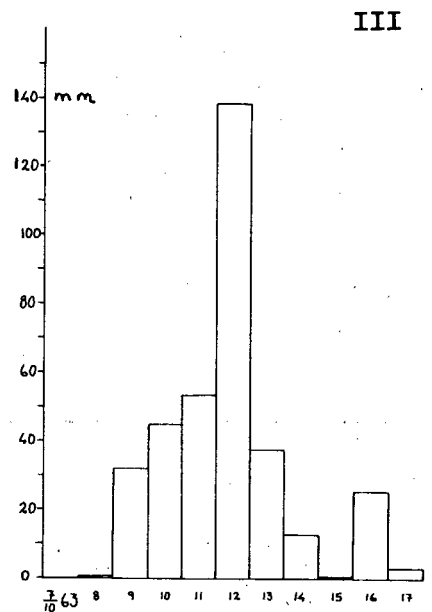
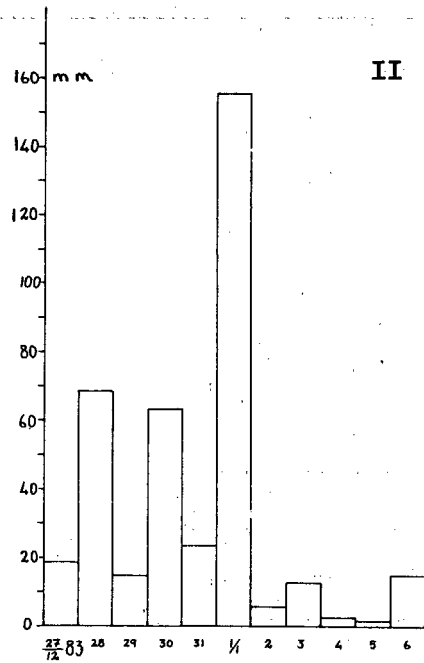
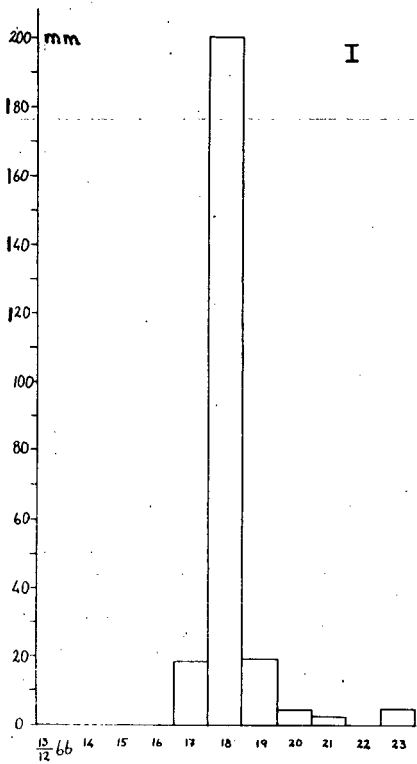


Fig. 17 Døgnlige nedbørmengder før og etter døgn med store nedbørshøyder. Målested: GARDERMOEN.

OPSTVEIT



forts. neste side

OPSTVEIT

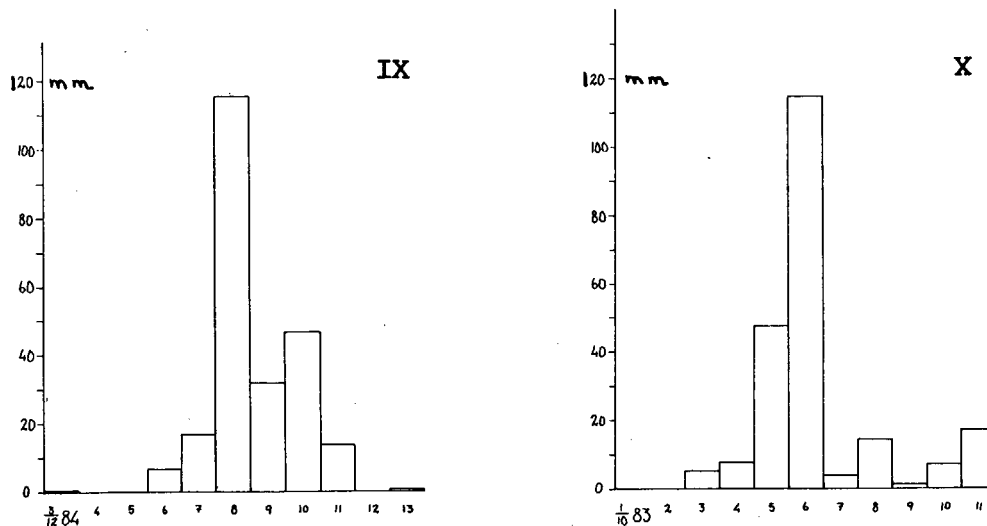
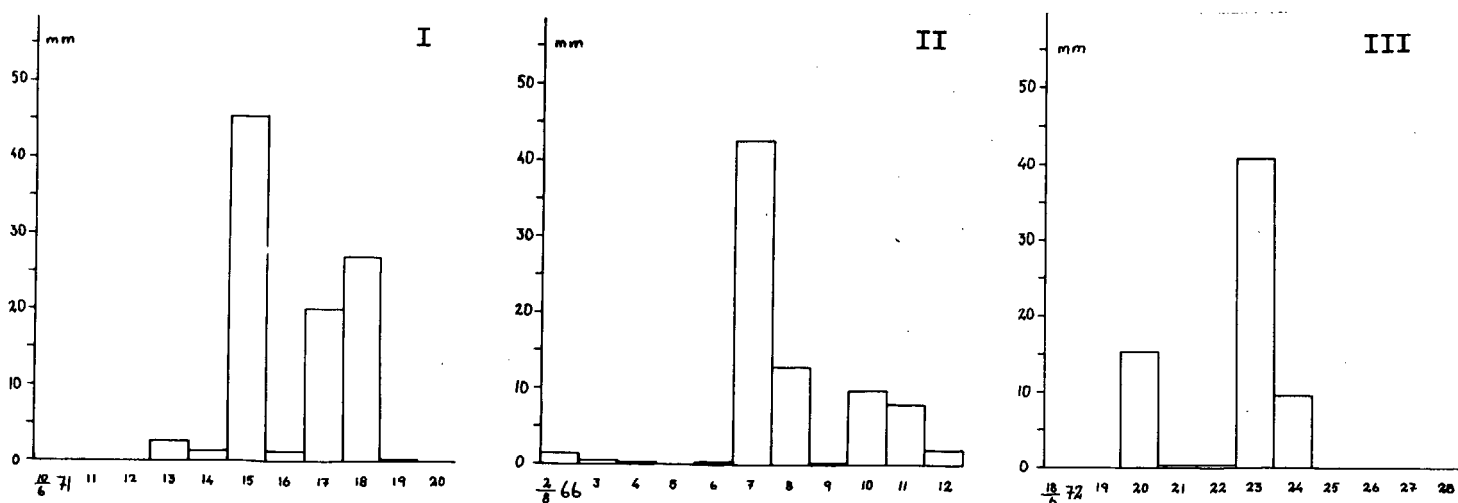


Fig. 18 Døgnlige nedbørmengder før og etter døgn med store nedbørhøyder. Målested: OPSTVEIT/INDRE MATRE I SUNNHORDLAND.

LIEN I SELBU



forts. neste side

LIEN I SELBU

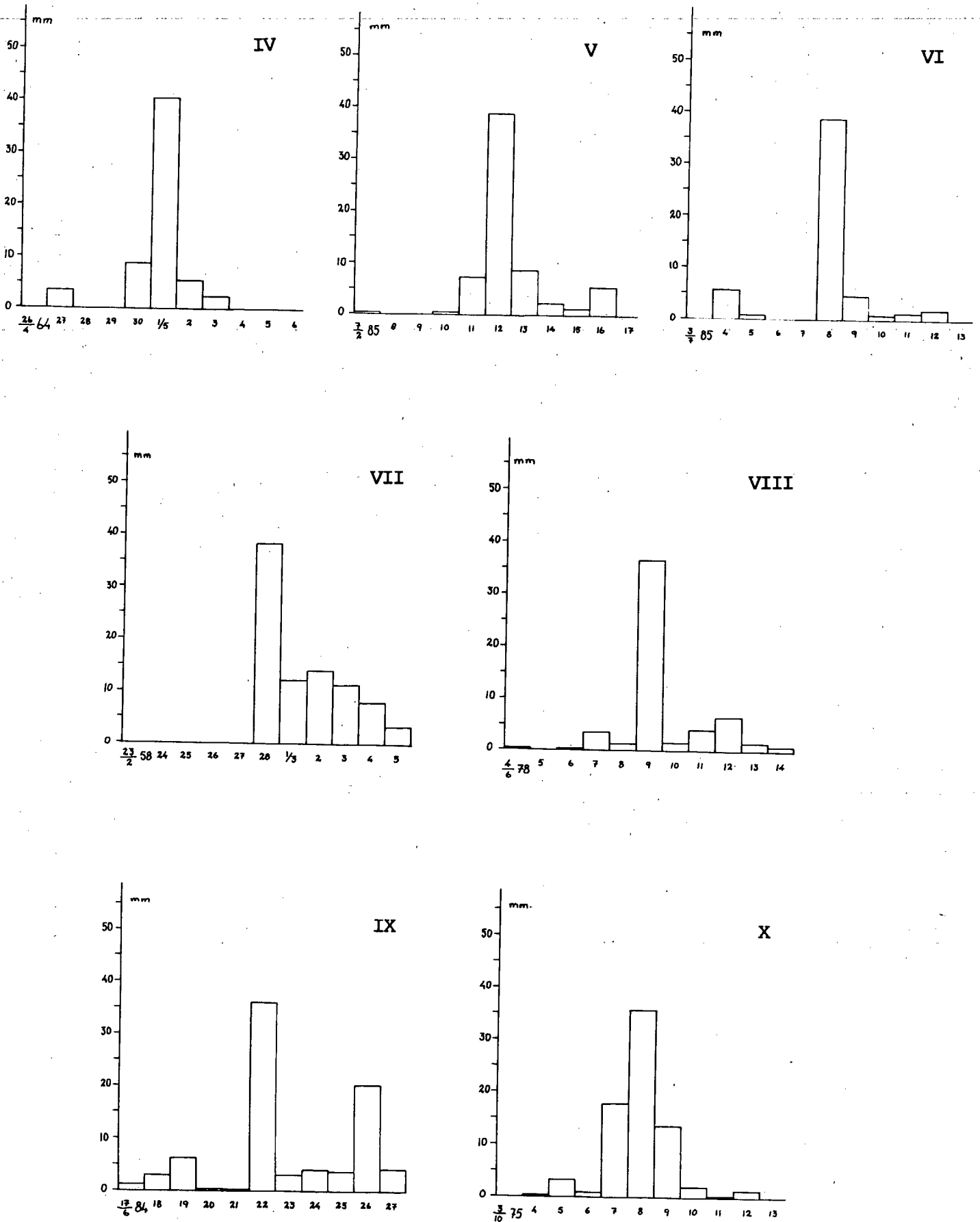


Fig. 19 Døgnlige nedbørmengder før og etter døgn med store nedbørshøyder. Målested: LIEN I SELBU.

På Gardermoen ble det i 7 av de 10 episodene målt mer enn 20 mm nedbør i løpet av de fem døgnene før den maksimale nedbørepisoden, og i to av tilfellene ca. 70 mm. Ved Opstveit falt det i samtlige episoder mer enn 20 mm nedbør i løpet av de fem døgn før maksimaldøgnet. Ved Lien i Selbu derimot var det bare i en episode (3/10-75) mer enn 20 mm nedbør i løpet av de fem døgnene før maksimaldøgnet.

Det er ikke mulig å trekke noen almenyldige konklusjoner på grunnlag av så få episoder. Ved grundige flomberegninger bør imidlertid slike studier utføres for det aktuelle nedslagsfelt, for å kunne vurdere sannsynlighet for nedbør før og etter kraftige nedbørepisoder. Et interessant trekk ved fig. 17 er at det endog i Østlandsområdet relativt ofte faller betydelige nedbørmengder i døgnene før en kraftig nedbørepisode.

5. AREAL NEDBØR

5.1 Innledning.

De foregående kapitler omhandler hvordan en kan estimere nedbør i et punkt for en gitt varighet og en gitt gjentakstid. I de fleste praktiske anvendelser er det nødvendig å gi et estimat av arealnedbør for et nedslagsfelt med en gitt størrelse. Denne arealnedbøren vil være mindre enn høyeste punktnedbør i feltet. Det er derfor vanlig å uttrykke arealnedbøren som en prosentandel av den "representative" punktnedbøren [6]. Denne prosentandel eller forholdstall kalles "Areal Reduksjons Faktoren", ARF.

For et gitt nedslagsfelt med areal A, og for en gitt gjentakstid T, vil ARF øke med økende varighet D. For en gitt D og T vil ARF avta med økende A.

Derimot er det ikke selvnlysende hvordan ARF for gitt A og D vil variere med gjentakstid T. For Storbritannia ble det i NERC-rapporten [6] konkludert med at denne variasjon var svak, og kunne ignoreres ved praktiske beregninger. Videre viste undersøkelsene i Storbritannia at variasjonen i ARF med arealstørrelse og varighet var den samme for hele landet. Ut fra dette ble det ved hjelp av data for felt med ulik størrelse i NERC-rapporten [6] gitt et diagram for hvorledes ARF i Storbritannia varierer med varighet og arealstørrelse. Dette diagram er gjengitt i fig. 1 i kap. 2.2.

5.2 Ulike metoder for beregning av arealreduksjonsfaktor, ARF.

Definisjonen av ARF er ikke entydig, og en stor del av forvirringen m.h.t. omregning fra punkt - til areal-verdi, skyldes at en har prøvd å sammenligne ARF-verdier beregnet på vidt forskjellige måter. Det er nemlig en rekke forskjellige beregningsmåter for både "representativ" punktnedbør og arealnedbør, og på hvordan disse blir kombinert ved beregning av ARF.

Det er to hovedtyper ARF-verdier, nemlig "nedbørområde - sentrerte" (storm - centred) og verdier basert på data fra et gitt, fiksert område (fixed-area). Ifølge [17] blir "storm-centred" ARF-verdier hovedsakelig benyttet for å omgjøre punktverdier av PMP til arealverdier, mens de ikke anbefales brukt ved frekvens-estimat, dvs. når en bestemt gjentakstid er involvert. I slike tilfeller brukes ofte "fixed-area" ARF, og det er denne type ARF-verdier som er presentert i NERC-rapporten, og gjengitt i fig. 1.

Nedenunder følger en beskrivelse av fremgangsmåten for beregning av "storm-centred" og "fixed area" ARF-verdier. Denne beskrivelsen er i hovedsak hentet fra [17].

"Storm-centred" ARF

"Storm-centred" ARF beregnes for individuelle nedbørepisoder fra forholdstallet $R1/R2$, hvor

$R1$ = Maksimal arealnedbør innen nedbørområdet for det gitte område og gitt varighet.

$R2$ = Maksimal punktnedbør innen samme nedbørområde og samme varighet.

Generelt er beliggenheten for det gitte område $R1$ beregnes for, bestemt av isohyetmønsteret. Området vil derfor variere fra nedbørepisode til nedbørepisode. Området velges vanligvis slik at det er sentrert om den høyeste punktverdi $R2$, og med grenser som svarer til en bestemt isohyet. Metoden er beskrevet i fig. 20.

Middelverdier av "storm-centred" ARF er blitt beregnet på regional basis i USA. En illustrasjon av spennvidden i slike verdier for en varighet på 24 timer er vist i fig. 22.

"Fixed area" ARF

De "fixed-area" ARF-verdier som brukes i USA ble opprinnelig utledet fra 10-15 års dataserier for et antall områder med stor tetthet av nedbørstasjoner. I beregningsmetoden (gjengitt i [17]) ble det antatt at ARF var uavhengig av gjentakstid, og lik forholdstallet $R3/R4$, der

$R3$ = Middel av årlig maksimal arealnedbør for den gitte varighet og det gitte område

$R4$ = Middel av årlige maksimale punktverdier for den samme varighet, og for et antall punkter i det samme område.

Eftersom regionale variasjoner i forholdstallet $R3/R4$ generelt var mindre enn fem prosent, ble det samme sett av ARF-verdier benyttet for hele USA. I de fleste tilfeller er disse "fixed area" ARF høyere (dvs. mindre areal-reduksjon) enn de "storm-centred" ARF. Dette er f.eks. illustrert ved 24 timers verdiene i fig. 22.

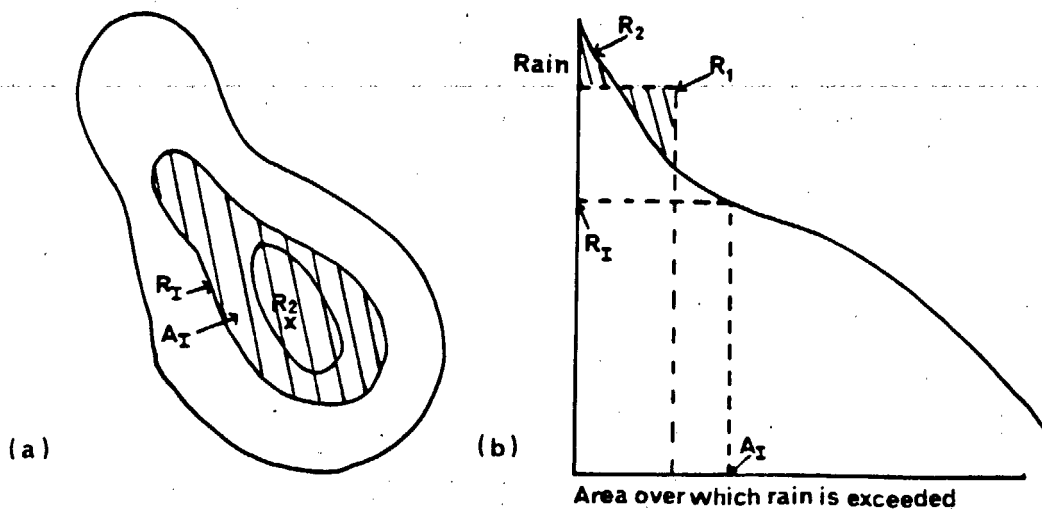


Fig. 20 Beregning av "storm-centred" ARF

1. For hver varighet og nedbør-episode plottes isohyet-kart (a)
2. Planimetrer området som dekkes av hver isohyet, og trekk kurven i (b)
3. Beregn arealnedbør R_1 for gitt areal ved å interpolere i fig. (b)
4. Beregn episodens ARF = R_1/R_2 , der R_2 er maksimal punktverdi (fig. a)
5. Beregn middel for mange episoder for å finne $\overline{R_1/R_2}$.

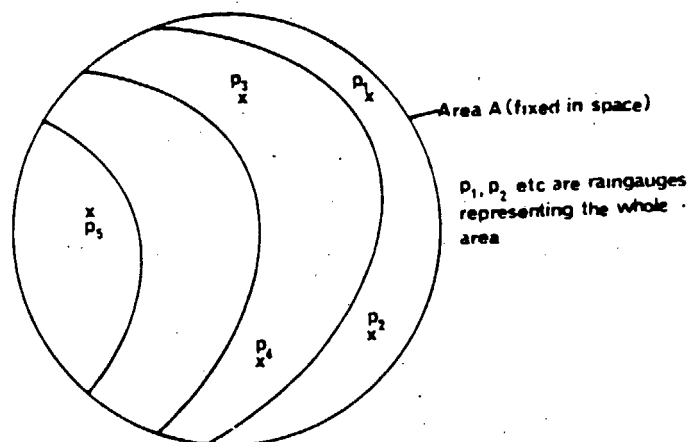


Fig. 21 Beregning av "fixed-area" ARF ved NERC-metoden [6].

1. Beregn midlere areal nedbør r innen det faste område A for episoder med mye nedbør^a
2. Noter den årlige maksimumsverdi for r og hvilken dato den inntreffer.
3. Noter verdiene for punktnedbør for denne dato, dvs. $R_5(P_1)$, $R_5(P_2)$ osv.
4. For det samme årstall noteres maksimal nedbørhøyde i hvert punkt, dvs. $R_6(P_1)$, $R_6(P_2)$ osv. I noen tilfeller vil R_5 og R_6 være sammenfallende mens i andre vil $R_6 > R_5$.
5. For hvert målepunkt og år beregnes R_5/R_6 .
6. ARF beregnes som middelvei av R_5/R_6 for alle målepunkt og hele måleserien.
7. Prosedyren gjentas dersom det ønskes verdier for flere varigheter.

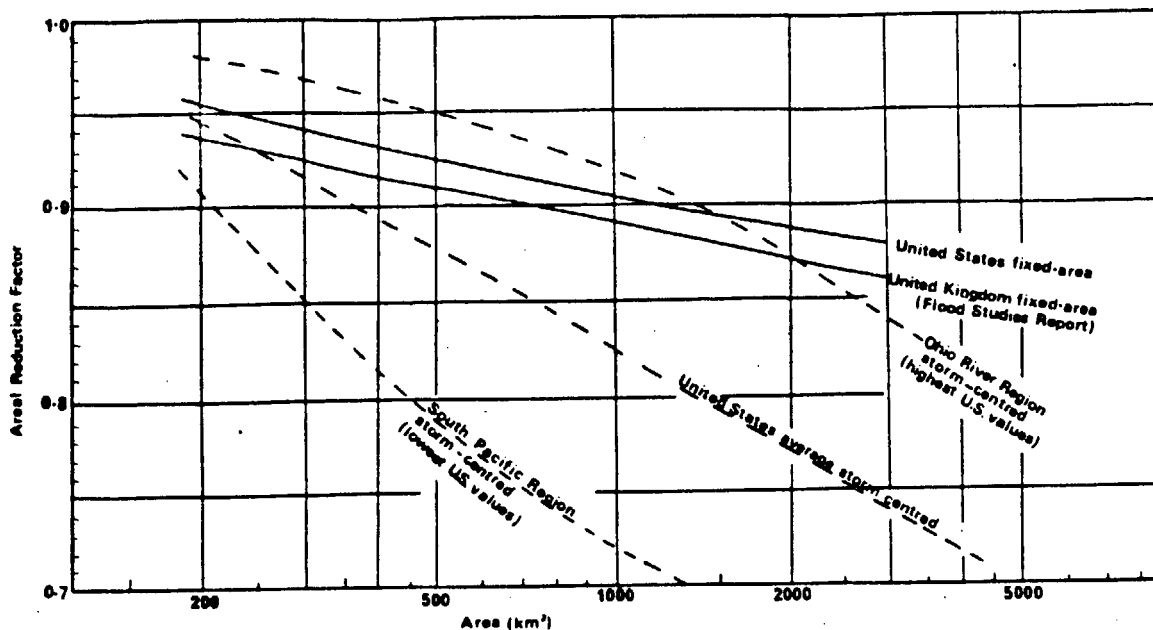


Fig. 22 Sammenligning av ARF-verdier fra Storbritannia og USA (Figuren er hentet fra [17]).

I fig. 22 er det også gjengitt 24-timers "fixed-area" ARF for Storbritannia hentet fra NERC-rapporten [6]. Disse avviker bare ubetydelig fra USA-verdiene. Beregningsmåten for ARF i NERC-metoden er vist i fig. 21. Det ble her forutsatt at ARF er lik middel av sampeleverdiene av forholdstallet $R5/R6$, der:

- R5 = Nedbør i et vilkårlig punkt innen det gitte område i episoden med årlig maksimal arealnedbør.
- R6 = Årlig maksimal nedbørhøyde for det samme punkt og for den samme varighet og år som R5.

Etttersom det ikke var noen signifikant korrelasjon mellom forholdstallet $R5/R6$ og verdien for R6, ble det i NERC-rapporten antatt at ARF er uavhengig av gjentakstiden [17]. Da det heller ikke ble funnet noen klare regionale variasjoner i ARF, og da ARF-verdiene for Storbritannia viste nært samsvar med verdier fra USA (kfr. fig 22) ble det i NERC-rapporten også antatt at ARF ikke varierte noe vesentlig med geografisk beliggenhet i Storbritannia.

"Fixed-area" ARF kan ikke direkte anvendes som forholdstall mellom areal- og punkt-nedbør i en bestemt nedbørepisode eller i noen hypotetisk modell-episode for påregnelig nedbør [17]. Derimot kan denne beregningsmåten benyttes til å studere hvorvidt ARF varierer med gjentakstid. Dette er belyst i [17], der det ble påvist en tendens til at ARF avtok med økende gjentakstid. For 24-timers verdiene var avvikene opptil 5%. Det ble imidlertid presisert at forskjellene var små når de ble sammenholdt med usikkerheten i beregningsmetodene, og at det burde foretas ytterligere undersøkelser før endelige konklusjoner kunne trekkes.

5.3 Beregning av arealreduksjonsfaktor for norske forhold.

Beregning av "fixed area" ARF krever tett stasjonsnett og lange dataserier både for punkt- og areal-nedbør. Kravet til datatilfang er ikke så kritisk for "storm-centred" ARF. For å illustrere størrelsesorden av ARF-verdier i Norge, har vi beregnet 24-timers "storm centred" ARF for noen ekstreme nedbørepisoder. Episodene er de samme som er omtalt i kap. 4.4, og endel nøkkeltall for episodene er gitt i tab. 6. (Flere detaljer er gitt i Appendix 3.)

Isohyetmønstrene for de utvalgte episodene er vist i fig. 23-25. Episodene er plukket ut på grunnlag av de 10 høyeste døgn-verdiene på h.h.v. Gardemoen, Opstveit og Lien i Selbu i perioden 1957-1985, og gir derfor ikke nødvendigvis de ti episodene med høyest areal-nedbør i dette tidsrommet. "Storm-centred" ARF-verdier er beregnet som forholdstall mellom midlere arealnedbør og høyeste målte punktnedbør i området på omlag samme måte som vist i fig. 20. Høyeste observerte punktnedbør er gitt i kolonne RRmax. På grunn av dårlig stasjonsdekning, er trekkingen av isohyeter forbundet med endel usikkerhet, - spesielt i høyereliggende terreng.

Isohyetmønstrene i fig. 23 viser at det på Østlandet er stor variasjon i nedbørfordeling fra episode til episode. Bare unntaksvis (bl.a. Episode II (14/8-1959)) skyldes høye 1-døgnsverdier på Gardemoen isolerte, lokale byger. Selv om høy 1-døgns nedbør på Gardemoen er sorteringskriterium, har ofte andre deler av Østlandet vesentlig høyere 1-døgns nedbør enn Gardemoen. Tab. 6 viser at bortsett fra episode II er det stort sett forholdsvis små avvik i ARF fra episode til episode. For areal på 1000 km² varierer således ARF i de ni øvrige episoder mellom 0.76 og 0.96. Middelerdien er 0.84. På Vestlandet (fig. 24) er det i samtlige episoder "maksimumssonen" for normal årsnedbør som også har de høyeste 1-døgns verdier. Nedbørgradienten fra kysten er meget stor; - mens kystområdene har 1-døgns nedbør på 10-20 mm, har områdene ved Indre Matre/ Opstveit 120-200 mm. Det er i fig. 24 til en viss grad tatt hensyn til topografiens innvirkning på nedbørfordelingen. Men p.g.a. at det er svært få måledata fra høyereliggende områder, vil den virkelige nedbørfordelingen være langt mer komplisert enn fig. 24 antyder. Tab. 6 viser at for 1000 km² ligger samtlige ARF-verdier i intervallet 0.78-0.96, med middelerdi på 0.84. I Trøndelag (fig. 25) er det stor variasjon i isohyetmønster fra episode til episode. Ikke noen av episodene i fig. 25 skyldes lokale byger som kun omfatter Lien i Selbu, men i endel episoder er det lokale nedbørmaksima nær Lien. I episode V er det et lokalt

Tab. 6. Punktnedbør (RR) og arealreduksjonsfaktor (ARF) for 10 episoder med høy 1 døgns nedbør på Østlandet, Vestlandet og Trøndelag.

ØSTLANDET (Basis-stasjon: Gardermoen)

		RR GARD	RR MAX	ARF for areal på x km ²				
				100	500	1000	5000	10 000
I	15.09.1957	51.1	51.1	.98	.91	.86	.71	.63
II	14.08.1959	46.3	46.3	.81	.67	.59	.42	.34
III	20.11.1970	46.3	61.4	.98	.93	.91	.77	.67
IV	15.10.1964	43.2	61.0	.98	.93	.91	.77	.71
V	09.07.1973	41.6	88.1	.88	.80	.76	.67	.61
VI	27.12.1960	40.6	46.5	.95	.88	.84	.74	.65
VII	19.08.1970	40.6	45.4	.97	.95	.94	.86	.80
VIII	09.08.1972	39.9	42.7	.93	.87	.85	.76	.68
IX	30.08.1964	39.1	53.8	.98	.97	.96	.85	.75
X	21.09.1982	38.6	55.8	.93	.85	.81	.71	.66
MIDDEL		42.7	55.2	.94	.88	.84	.73	.65
STANDARD AVVIK		4.0	13.3	.06	.09	.11	.12	.12

VESTLANDET (Basis-stasjon: Opstveit/Indre Matre)

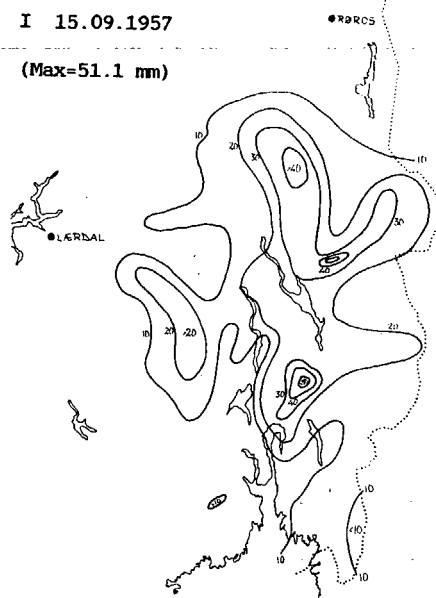
		RR OPS	RR MAX	ARF for areal på x km ²				
				100	500	1000	5000	10 000
I	18.12.1966	200.9	200.9	.94	.83	.78	.66	.60
II	01.01.1984	155.5	156.2	.98	.93	.88	.69	.62
III	12.10.1963	138.3	138.3	.95	.86	.82	.69	.62
IV	25.10.1958	137.4	137.4	.96	.86	.79	.62	.53
V	18.11.1967	137.0	137.0	.91	.85	.82	.69	.62
VI	26.10.1983	125.4	163.8	.99	.96	.94	.80	.71
VII	25.11.1970	122.1	122.1	.99	.85	.78	.62	.54
VIII	21.01.1957	118.8	132.8	.99	.98	.96	.79	.71
IX	08.12.1984	115.0	115.0	.97	.91	.86	.72	.63
X	06.10.1983	114.2	114.2	.95	.86	.79	.59	.49
MIDDEL		136.5	141.8	.96	.89	.84	.69	.61
STANDARD AVVIK		26.1	26.2	.03	.06	.07	.07	.07

TRØNDELAG (Basis-stasjon: Lien i Selbu)

		RR LIEN	RR MAX	ARF for areal på x km ²				
				100	500	1000	5000	10 000
I	15.06.1971	45.3	45.3	.97	.95	.94	.82	.73
II	07.08.1966	42.5	43.3	.98	.97	.93	.82	.71
III	23.06.1972	40.6	60.1	.99	.94	.89	.74	.64
IV	01.05.1964	40.4	49.2	.95	.92	.91	.75	.65
V	12.02.1985	38.8	90.8	.83	.63	.59	.50	.44
VI	08.07.1985	38.8	41.4	.95	.88	.84	.66	.57
VII	28.02.1958	38.2	55.1	.97	.87	.83	.68	.61
VIII	09.06.1978	36.5	44.3	.97	.96	.95	.87	.81
IX	22.06.1984	36.0	45.2	.97	.95	.93	.83	.79
X	08.10.1975	35.7	57.1	.96	.92	.87	.74	.67
MIDDEL		39.3	53.2	.95	.90	.87	.74	.66
STANDARD AVVIK		3.0	14.7	.05	.10	.11	.11	.11

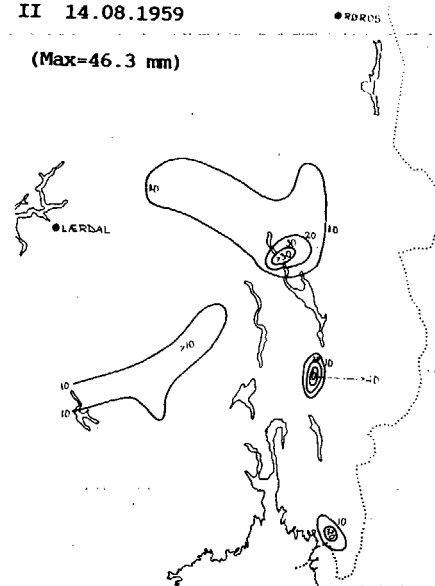
I 15.09.1957

(Max=51.1 mm)



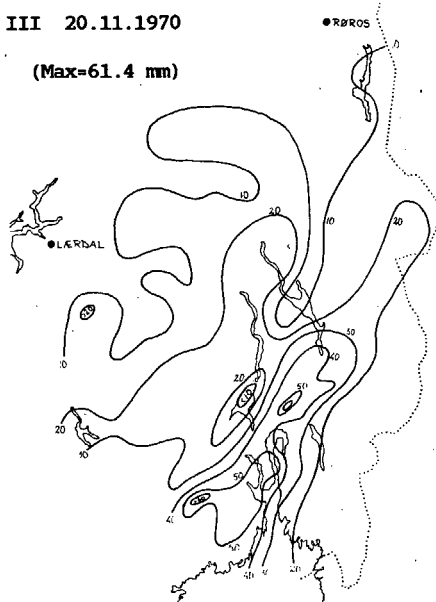
II 14.08.1959

(Max=46.3 mm)



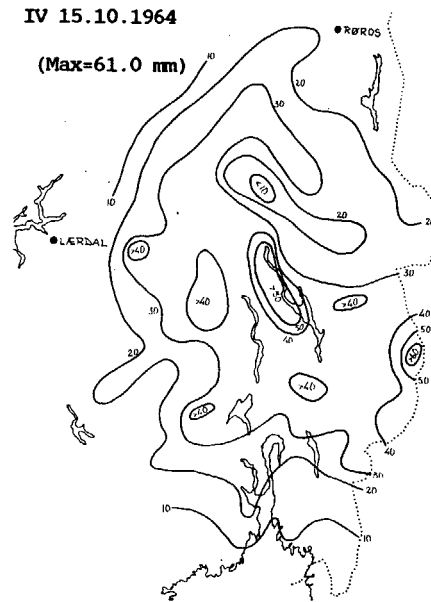
III 20.11.1970

(Max=61.4 mm)



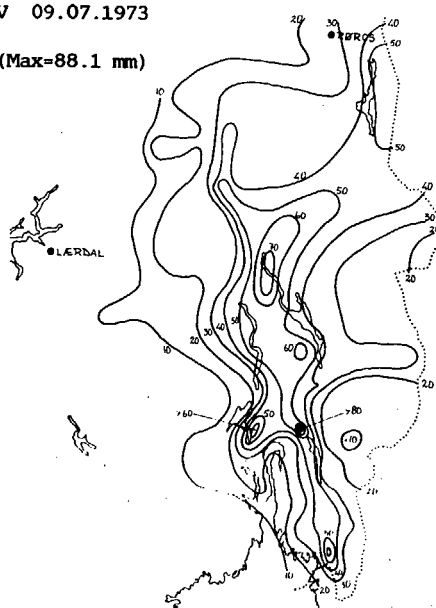
IV 15.10.1964

(Max=61.0 mm)



V 09.07.1973

(Max=88.1 mm)



VI 27.12.1960

(Max=40.6 mm)

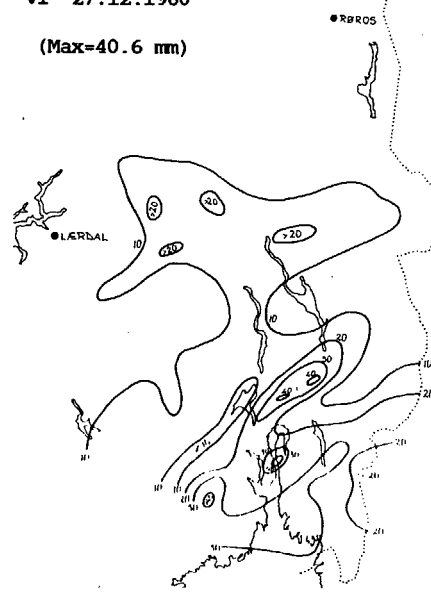
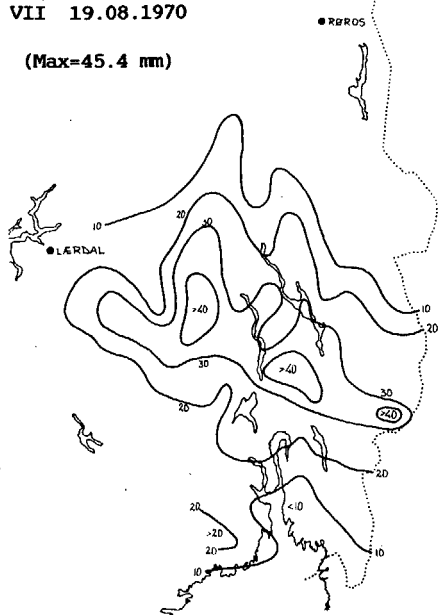


Fig. 23

forts. neste side

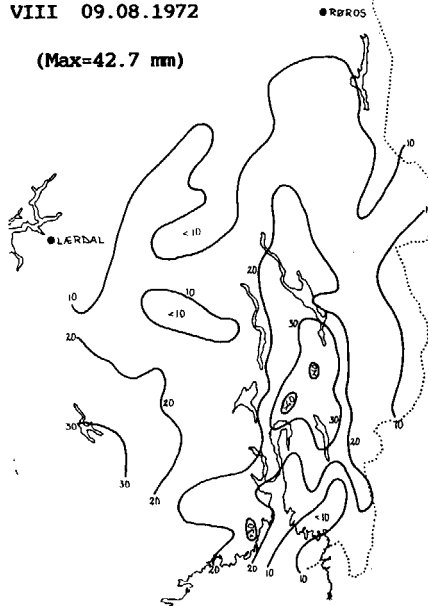
VII 19.08.1970

(Max=45.4 mm)



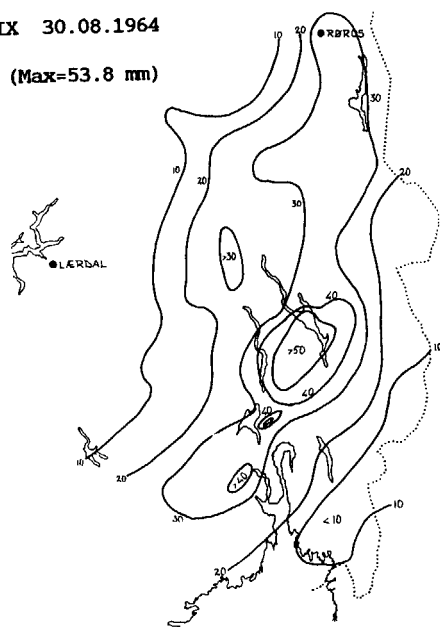
VIII 09.08.1972

(Max=42.7 mm)



IX 30.08.1964

(Max=53.8 mm)



X 21.09.1982

(Max=55.8 mm)

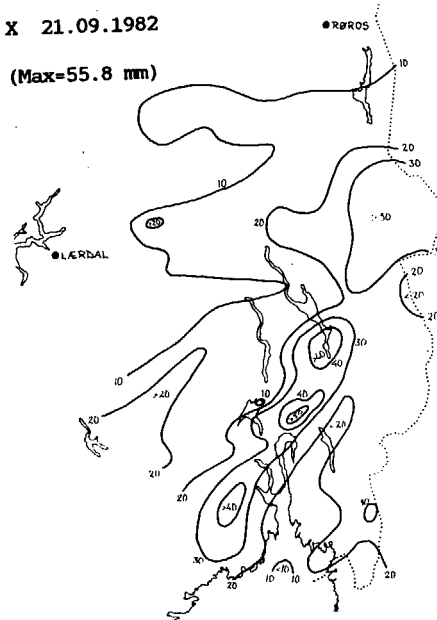
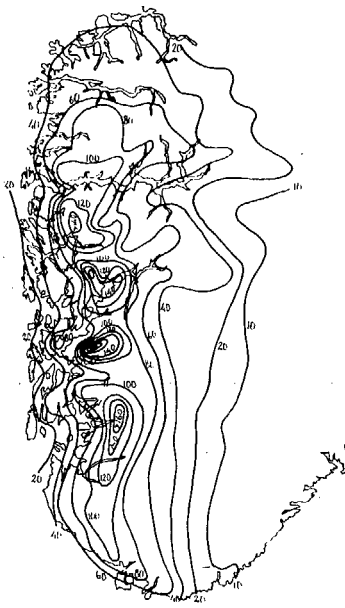


Fig. 23 Isohyetmønstre på Østlandet i 10 episoder med stor døgnnedbør på Gardermoen. Nedbørverdiene er gitt i millimeter og er målt kl. 08 på datoen angitt i figuren.



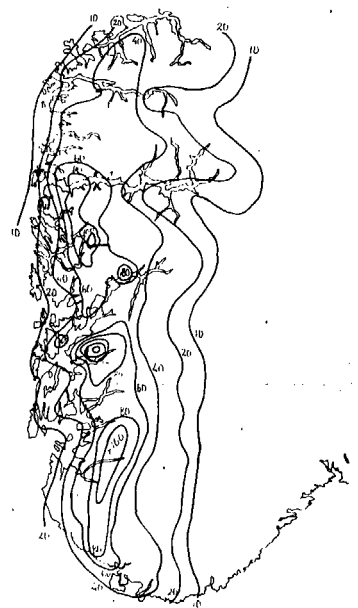
I 18.12.1966

(Max=200.9 mm)



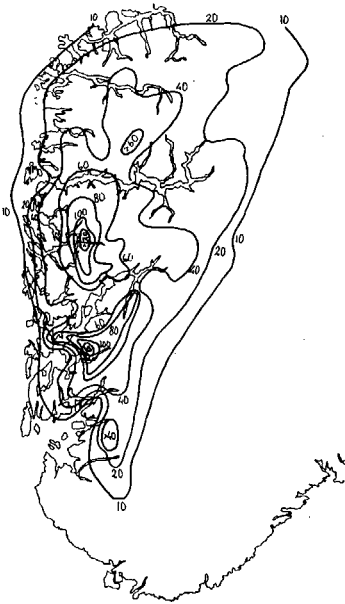
II 01.01.1984

(Max=156.2 mm)



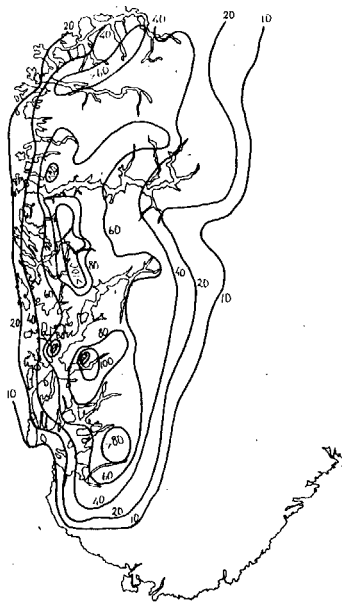
III 12.10.1963

(Max=138.3 mm)



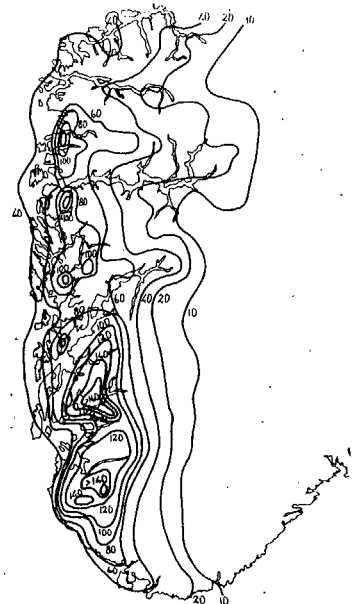
IV 25.10.1958

(Max=137.4 mm)



V 18.11.1967

(Max=137.0 mm)

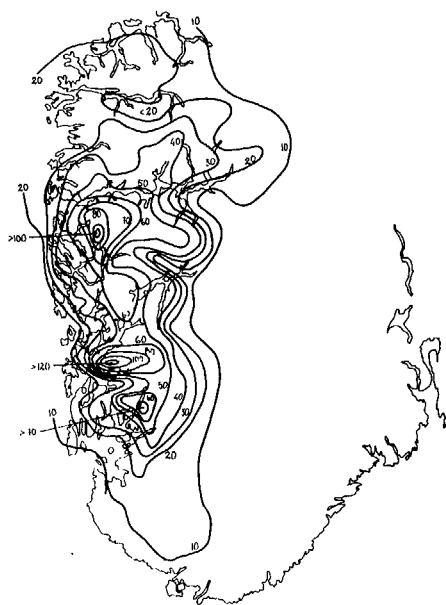


VI 26.10.1983

(Max=163.8 mm)

Fig.24

forts. neste side



VII 25.11.1970

(Max=122.1 mm)



VIII 21.01.1957

(Max=132.8 mm)



IX 08.12.1984

(Max=115.0 mm)



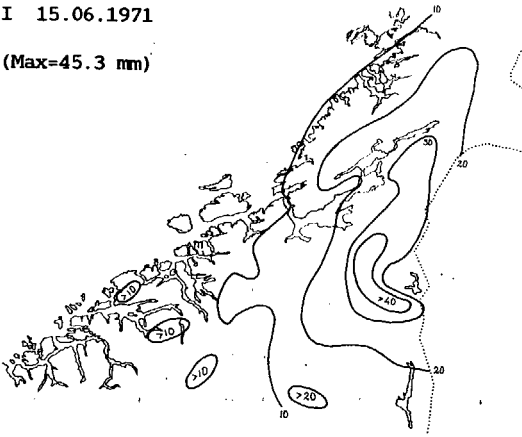
X 06.10.1983

(Max=114.2 mm)

Fig. 24 Isohyetmønster på Vestlandet i 10 episoder med stor døgn-døgnnedbør på Opstveit/Indre Matre. Nedbørverdiene er gitt i millimeter og er målt kl. 08 på datoen angitt i figuren.

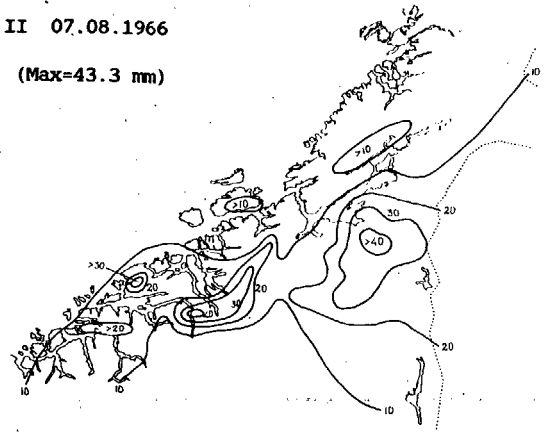
I 15.06.1971

(Max=45.3 mm)



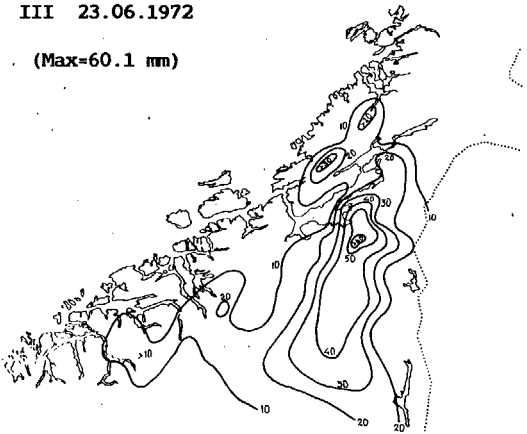
II 07.08.1966

(Max=43.3 mm)



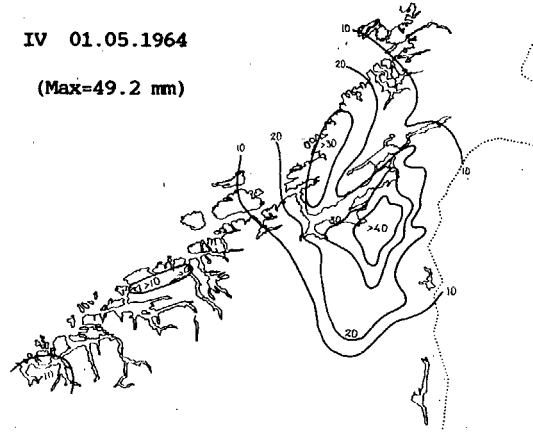
III 23.06.1972

(Max=60.1 mm)



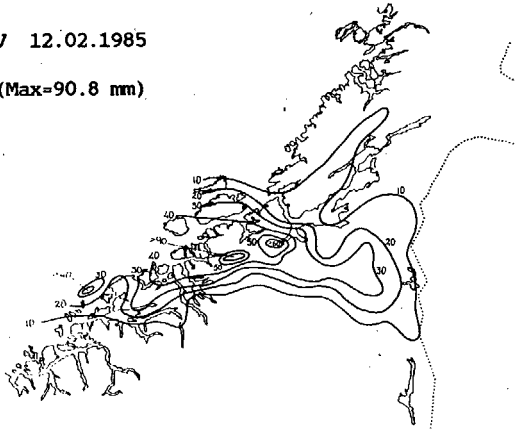
IV 01.05.1964

(Max=49.2 mm)



V 12.02.1985

(Max=90.8 mm)



VI 08.07.1985

(Max=41.4 mm)

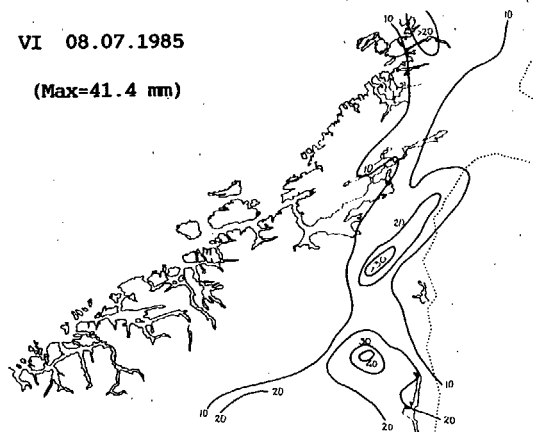
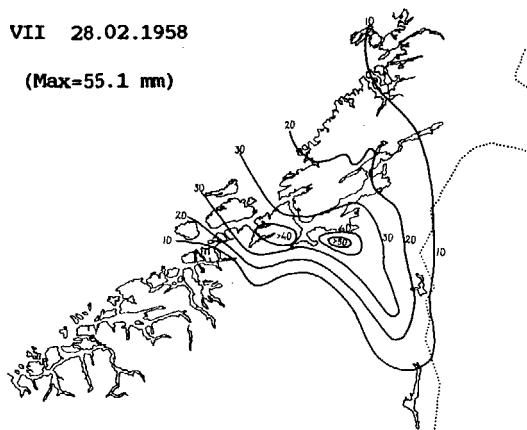


Fig.25

forts. neste side

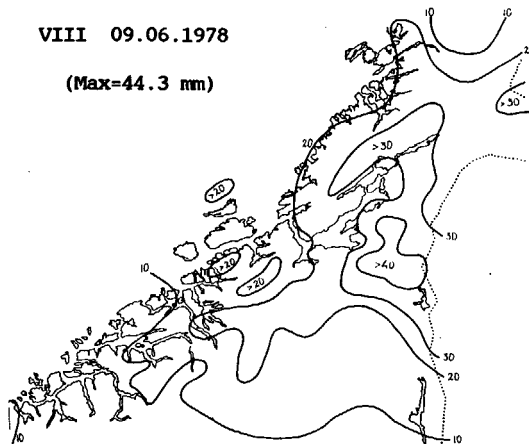
VII 28.02.1958

(Max=55.1 mm)



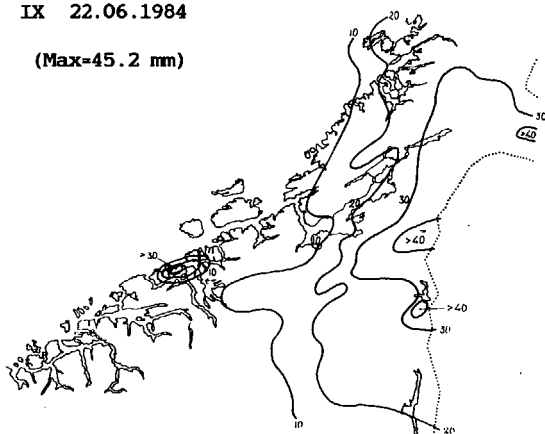
VIII 09.06.1978

(Max=44.3 mm)



IX 22.06.1984

(Max=45.2 mm)



X 08.10.1975

(Max=57.1 mm)

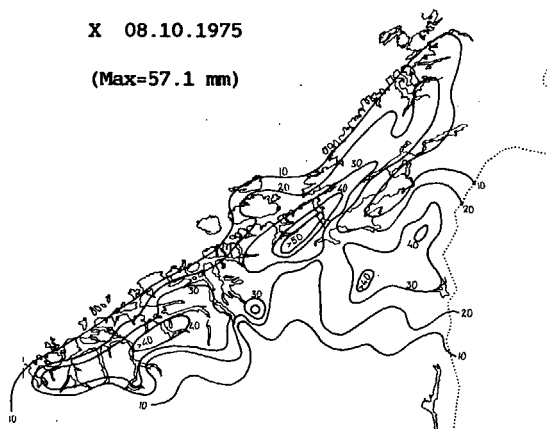


Fig. 25 Isohyetmønster i Trøndelag i 10 episoder med stor døgn-døgnnedbør på Lién i Selbu. Nedbørverdiene er gitt i millimeter og er målt kl. 08 på datoen angitt i figuren.

5.5 Bruk av arealreduksjons-faktor ARF ved estimering av ekstrem nedbør

ARF-verdiene i de foregående kapitler er basert på analyser av aktuelle nedbørepisoder, og det er ikke selvvinnlysende hvorledes de skal anvendes for å omgjøre punkttestimat av påregnelig nedbør til arealestimat. I USA foreligger det et stort datalager over observert areal-nedbør for ulike varigheter og områdestørrelser, såkalte D-A-D-verdier (Depth-Area-Duration) [19]. Dermed kan det foretas analyser direkte av arealnedbør, uten å gå veien om punktnedbør. Fra diverse kartoversikter er det for USA mulig å interpolere grovestimat av påregnelig arealnedbør for gitt varighet og områdestørrelse. For påregnelig maksimal nedbør er det f.eks. i [20] publisert slike kart for USA øst for den 105^{te} meridian for varigheter fra 6 til 72 timer, og for områdestørrelser fra 25 km² til 50 000 km².

For Norge foreligger det svært få beregninger av arealnedbør i ekstreme nedbørepisoder. Estimering av påregnelig arealnedbør må derfor foreløpig baseres på punktverdier. I de beregninger DNMI foretar, estimeres påregnelige nedbørverdier for et imaginært punkt som har årsnedbør lik feltets areale årsnedbør. Dersom det ikke fantes systematiske nedbørgradienter i feltet, f.eks. forårsaket av orografisk nedbør, - ville trolig "storm-centred" ARF-verdier gi et realistisk anslag av sammenhengen punkt-/areal-nedbør.

Men i praktisk talt samtlige områder i Norge vil nedbørfordelingen påvirkes av orografiske effekter. (Dette vil til en viss grad også gjelde konvektiv nedbør). Dersom "storm-centred" ARF-verdier skal kunne brukes i slike tilfeller, må det beregnes påregnelig ekstremnedbør for det punkt i feltet som kan ventes å få mest nedbør og ikke for et punkt med nedbør lik feltes midlere arealnedbør. Men med den stasjonsdekning det er i Norge er det i de fleste områder svært vanskelig å gi estimat av absolutt høyeste påregnelige punktverdi innen området. Dette er årsaken til at DNMI har valgt å gi estimat for et imaginært punkt med årsnedbør lik feltets areale årsnedbør.

Denne punktverdi vil være lavere enn verdien for det punkt i feltet som har høyest punktverdi, og følgelig vil arealreduksjonen ikke være så stor som de "storm-centred" ARF-verdier antyder. Selv om beregningsmetoden ikke er den samme som for "fixed-area" ARF, har vi valgt å benytte ARF-verdiene fra NERC-metoden gjengitt i fig. 1 som beregningsgrunnlag. Fig 22 og 26 viser at det for felt på mindre enn 500-1000 km² er forholdsvis små forskjeller mellom "storm-centred" og "fixed-area" ARF-verdier.

For grundige fløimestimat for store nedbørfelt bør arealverdiene ikke baseres på skjematisk omregning fra punkt - til arealverdier. For slike felt bør det beregnes arealnedbør for en rekke episoder med kraftig nedbør. Beregning av påregnelige arealverdier bør så baseres på analyser av disse areale nedbørverdier i tillegg til punktverdier. Men det kan ikke legges skjul på at slike beregninger vil bli relativt tidkrevende.

6. OPPSUMMERING OG KONKLUSJONER

Rapporten gir en videreutvikling og testing av en metode ("NERC-metoden") for beregning av påregnelige ekstreme nedbørverdier. I en tidligere rapport [5] er det gitt en detaljert beskrivelse av metoden, og av hvordan den kan brukes til å gi estimat av ekstreme nedbørverdier for norske nedbørfelt.

Det er vist (kap. 2.2) at frekvensfordelingen av norske ekstreme nedbørverdier har mange likhetstrekk med tilsvarende fordelinger fra Storbritannia. Fig. 3 viser at norske verdier av forholdstallet $MT/M5$ har godt samsvar med tilsvarende kurver for Skotland og Nord-Irland. Det synes også som om NERC-metoden gir rimelig godt samsvar med tilsvarende estimat basert på Gumbelfordelingen (fig. 4). For lange gjentakstider ($T_N \approx 1000$ år) gir NERC-metoden stort sett litt høyere verdier enn Gumbel (fig. 4). Derimot viser fig. 5 at PMP beregnet ved Hershfield's metode stort sett gir høyere (og tildels betydelig høyere) nedbørverdier enn NERC-metoden. Det synes derfor som om NERC-metoden basert på $M5$ -verdier gir en rimelig størrelsesorden av påregnelige ekstreme 24-timers punktverdier av nedbør også for norske forhold.

Også for andre varigheter enn 24-timer synes det som om norske nedbørverdier har samme hovedtrekk som de britiske verdier, og at forholdstallet mellom nedbør av varighet x timer og 24 timer ($x = 1-192$ timer) kan beskrives som en funksjon av normal årsnedbør (fig. 6).

Ved hjelp av et utvidet datagrunnlag blir det i kap. 3 presentert nye og detaljerte kart over $M5(24t)$ og $M5(24t)/PN$ for Sør-Norge. Tilsvarende kart for Nord-Norge vil bli utarbeidet siden, når datagrunnlaget er utvidet.

Opplysninger om årstidsfordeling, nedbørforløp og areal nedbørfordeling i endel episoder med ekstrem 24-timers nedbør er presentert i kap. 4 og 5. I de fleste av episodene ble det målt store nedbørhøyder over store områder; - det var ofte nedbør både før og etter døgnet med mest nedbør, og nedbørintensiteten var ofte jevnt fordelt over hele nedbørdøgnet. Bare på Østlandet var noen få av de ekstreme 24-timers nedbørepisoder karakterisert ved lokale byer med liten utstrekning i tid og rom.

For de analyserte nedbørepisodene er det beregnet arealreduksjonsfaktorer (ARF). Det vil fremgå av fig. 26 at det er meget godt samsvar mellom ARF-verdier fra de analyserte episoder i Norge, og tilsvarende verdier fra USA, Sverige og Storbritannia. De regionale forskjeller i ARF-verdier i Norge synes å være små.

For estimat av påregnelige nedbørverdier blir arealreduksjonen svakere enn de "storm-centred" ARF-verdier i fig. 26. Vi har derfor valgt å benytte "fixed-area" ARF-verdier (fig. 1) fra NERC-rapporten til de norske estimat av påregnelige ekstreme nedbørverdier. For felt på mindre enn 500 - 1000 km² er det forholdsvis små forskjeller mellom "storm-centred" og "fixed-area" ARF-verdier. Ved grundige flønestimat for store nedbørfelt bør areale nedbørverdier baseres på analyser av observerte episoder med stor nedbør.

7. EFTERORD

En hjertelig takk rettes til Ruth Arntzen som har lagt ned et stort arbeide med tilrettelegging av data og beregning av arealnedbør, og til Kolbrun Jonsdottir som har rentegnet og finpusset figurene. En spesiell takk går til Ole-Jakob Olsen og Sofus L. Lystad, for deres flotte innsats med å klargjøre manuskriptet til DNMI's tekstbehandlings- og utskriftsutstyr.

8. LITTERATUR

- [1] NVE 1981 Forskrifter for dammer.
Universitetsforlaget
- [2] Aune, B 1981 Ekstrem nedbør. Observerte og beregnede
Iden, K. verdier for 23 stasjoner. DNMI, Oslo 156s.
- [3] Førland, E.J. 1983 Beregning av "påregnelig maksimal nedbør"
DNMI - Arbeidsnotat, KLIMA 20/83. 5s.
- [4] Førland, E.J. 1984 Ekstrem nedbør i løpet av 1-30 døgn.
Iden, K.A. DNMI-Fagrappport nr. 4/84 KLIMA.
- [5] Førland, E.J. 1984 Påregnelige ekstreme nedbørverdier
DNMI-Fagrappport nr. 3/84 KLIMA.
- [6] NERC 1975 Flood Studies Report, Vol II:
Meteorological Studies.
Natural Environment Research Council,
London.
- [7] ICE 1981 Flood Studies Report - Five years on
Institution of Civil Engineers, London
159s.
- [8] Met. Office 1985 Pers. komm. med British Met. Office,
Bracknell.
- [9] Nemeč, J. 1972 Engineering Hydrology.
Mc Graw-Hill Publishing Company Ltd,
England.
- [10] Sevruk, B. 1981 Selection of distribution types of
Geiger, H. extremes of precipitation.
WMO-No 560, Operational Hydrology Report
no. 15

- [11] Sevruk, B. 1985 Distribution types currently in use for frequency analysis of extremes of precipitation and floods by hydrological and other services. (stensil)
Geiger, H.
- [12] WMO 1973 Manual for estimation of probable maximum precipitation. WMO-No. 332, Operational Hydrology Rep. no. 1
- [13] WMO 1974 Guide to Hydrological Practices
WMO, Geneve.
- [14] NVE 1986 Beregning av dimensjonerende og påregnelig maksimal flom. Retningslinjer. V-informasjon, nr. 1, NVE, Oslo, mars 1986.
- [15] NOAA 1982 Application of Probable Maximum Precipitation Estimates, U.S. East of 105th Meridian. NOAA, Hydrometeorological Report No. 52 Washington, D.C. August 1982
- [16] ACE 1984 Probable Maximum Storm (Eastern U.S.)
U.S. Army Corps of Engineers, Water Resources Support Center, Davis, CA, USA
- [17] Bell, F.C. 1976 The areal reduction factor in rainfall frequency estimation.
Inst. of Hydrology, Rep. no. 35, Wallingford, England.
- [18] Bergström, S. 1986 Analys av extrem nederbörd
Vedin, H. för dimensjonering av
Lindström, G. vattenkraftsystem.
Nordisk Hydrologisk Konferens, Reykjavik, 1986.

- [19] WMO 1969 Manual for Depth-Area-Duration Analysis
of storm precipitation.
WMO-No. 237. TP. 129, Geneve, Sveits.
- [20] Schreiner, L.C. 1980 Probable Maximum Precipitation Estimates,
Riedel, J.T. U.S. East of the 105th Meridian
U.S. Department of the Army, Corps of
Engineers. Hydromet. Rep. no. 51,
Washington D.C.

APPENDIX 1 : EKSEMPEL PÅ PMP-BEREGNING FRA DNMI

Det Norske Meteorologiske Institutt

PÅREGNELIG EKSTREMNEDBØR .

Nedbørfelt : LANGÅSDAMMEN (Levangerelv)

1). Normal årsnedbør (basert på verdier fra normalkart): PN = 950 mm

2). M5(24t) / PN = 4.8 * ---> M5(24t) = 46 mm

3). Påregnelige 24 timers nedbørverdier :

	ÅR	SOMMER (J.J.A)	HØST (S.O.N.D)	VINTER (J.F.M)	VAR (A.M)
M5(årstid)/M5(år)	1.00	0.80	0.83	0.75	0.55
M5 (mm)	46	36	38	34	25
M50 (mm)	70	55	60	55	40
M100 (mm)	80	65	65	60	45
M1000 (mm)	120	100	105	95	75
PMP (mm)	225	200	200->225	190	160

4). Påregnelige n-timers nedbørverdier

Antall timer (n)	6	12	24	48	72	96	120	144
Nedbørforholdstall								
n timer / 24 timer	0.65	0.80	1.00	1.25	1.41	1.58	1.73	1.88
M100 (mm)	50	65	80	100	115	125	140	150
M1000 (mm)	80	95	120	150	170	190	210	225
PMP (mm)	145	180	225	280	315	355	390	425

5). Justering fra punkt til areal-verdi.

De gitte verdier gir punktnedbør for et "representativt" fiktivt punkt i feltet. For felt på ca. 30 kv.km. fåes et grovestimat av arealnedbør ved å multiplisere punktverdiene med en "arealreduksjonsfaktor" ARF:

Antall timer :	6	12	24	48	72	96	120	144
ARF(30 kv.km.):	0.93	0.95	0.97	0.98	0.98	0.98	0.99	0.99

M5(24t)-verdi basert på midlere døgnnedbør på de tre stasjonene 6955, 6976 og 6996 er estimert til 44 mm (se Vedlegg 1) .

6). Nærmeste målestasjon : 6976 Levanger-Eggen (PN= 810 mm/år)
 6996 Buran (PN= 860 mm/år)
 6955 Østås i Hegra (PN=1189 mm/år)

7). Maksimal observert nedbør i området:

Punktnedbør i løpet av 1 døgn : 102 mm ved 6955 Østås i Hegra 14.08.1934

Arealverdi (middel av stasjonene 6955, 6976 og 6996) i perioden 1957-1986

1-døgns nedbør : 48 mm målt 01.03.1975

2-døgns nedbør : 69 mm målt 31.08.1964

(Liste over store "arealnedbør-verdier" for 1 og 2 døgn er gitt i Vedlegg

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 et grovestimat.

APPENDIX 2 : NEDBØRFORLØP I EPISODENE I KAP. 4.3

Stasjon : 0478 GARDERMOEN

	Starttidspunkt		24 timers nedbørsum (mm)	Maksimal nedbørandel (i prosent av 24 timers verdi) i løpet av n timer				
	Dato	Ar KL		n = 1	2	3	6	12
I	28.08.74	1503	47.5	25.3	39.2	48.9	63.7	88.1
II	05.09.85	1923	46.0	10.9	19.2	26.1	46.1	81.4
III	06.08.85	1507	44.4	26.7	37.1	40.1	49.1	59.1
IV	10.08.85	1748	43.3	14.4	28.3	40.3	53.3	87.2
V	08.07.73	0708	42.8	44.6	44.6	44.6	62.5	62.5
VI	14.07.85	1122	40.2	22.4	36.9	39.9	47.7	55.2
VII	08.08.72	0715	39.4	39.9	44.6	49.3	56.0	64.3
VIII	18.08.70	0016	39.2	28.1	42.4	47.0	65.9	91.4
IX	28.10.67	1533	39.2	12.2	22.9	30.6	42.4	72.5
X	17.09.80	0231	38.8	7.7	13.9	20.1	38.7	65.5
MIDDEL			42.1	23.2	32.9	38.7	52.5	72.7
STANDARDVAVIK			3.2	12.3	11.1	10.0	9.4	13.3
MAKS			47.5	44.6	44.6	49.3	65.9	91.4
MIN			38.8	7.7	13.9	20.1	38.7	55.2

Stasjon : 4789 OPSTVEIT

	Starttidspunkt		24 timers nedbørsum (mm)	Maksimal nedbørandel (i prosent av 24 timers verdi) i løpet av n timer				
	Dato	Ar KL		n = 1	2	3	6	12
I	04.10.83	1813	159.9	10.2	17.6	26.1	51.9	89.3
II	06.08.72	1832	132.6	19.1	29.8	39.4	48.9	66.6
III	25.10.83	0801	126.0	6.3	12.4	16.8	31.0	54.0
IV	16.04.76	1524	122.6	9.2	18.0	26.5	48.6	75.9
V	28.09.69	1409	120.1	10.2	19.6	28.8	50.0	88.7
VI	23.10.78	1035	116.8	8.4	16.5	24.1	43.1	79.9
VII	21.11.73	2211	116.7	12.8	23.3	31.4	47.1	62.1
VIII	22.11.81	1607	116.6	9.1	17.5	24.1	39.5	67.5
IX	25.10.72	1222	113.6	10.9	21.3	29.6	48.3	75.8
X	11.09.69	2048	112.8	13.4	21.1	26.8	40.9	65.6
MIDDEL			123.8	11.0	19.7	27.4	44.9	72.5
STANDARDVAVIK			14.1	3.5	4.7	5.8	6.4	11.5
MAKS			159.9	19.1	29.8	39.4	51.9	89.3
MIN			116.6	6.3	12.4	16.8	31.0	54.0

Stasjon : TRONDHEIM (6817 Tyholt og 6819 Blakli)

	Starttidspunkt		24 timers nedbørsum (mm)	Maksimal nedbørandel (i prosent av 24 timers verdi) i løpet av n timer				
	Dato	Ar KL		n = 1	2	3	6	12
I	11.09.84	1112	56.4	9.3	18.2	27.5	49.5	58.1
II	04.07.82	1458	55.4	11.2	19.2	26.8	44.2	68.2
III	06.03.71	1749	47.6	7.6	13.9	19.9	36.7	67.9
IV	21.10.68	2253	41.4	11.6	22.7	31.4	58.0	73.5
V	08.10.79	1620	40.8	8.4	14.8	20.7	36.5	57.0
VI	26.09.83	1439	37.6	9.7	18.8	26.9	48.4	79.1
VII	17.09.78	0829	36.6	17.7	31.0	36.0	50.9	69.2
VIII	25.04.72	0641	36.2	11.6	18.8	25.4	43.1	75.2
IX	24.09.71	1648	34.6	9.9	14.6	21.6	40.2	62.9
X	30.10.85	0200	33.8	24.3	40.9	53.3	68.6	85.8
MIDDEL			42.0	12.1	21.3	29.0	47.6	69.7
STANDARDVAVIK			8.3	5.1	8.5	9.9	10.0	9.1
MAKS			56.4	24.3	40.9	53.3	68.6	85.8
MIN			33.8	7.6	13.9	19.9	36.5	57.0

APPENDIKS 3 : AREALREDUKSJONSFAKTOR FOR EPISODENE I KAP. 5

ØSTLANDET		(Basisstasjon : Gardermoen)								
DATO	Obs. Max (mm)	AREALSTØRRELSE (km ²)								
		10	100	300	500	1000	3000	5000	10000	
I	15.09.1957	51.1	1.00	0.98	0.93	0.91	0.86	0.76	0.71	0.63
II	14.08.1959	46.3	1.00	0.81	0.73	0.67	0.59	0.47	0.42	0.34
III	20.11.1970	61.4	1.00	0.98	0.95	0.93	0.91	0.83	0.77	0.67
IV	15.10.1964	61.0	1.00	0.98	0.95	0.93	0.91	0.82	0.77	0.71
V	09.07.1973	88.1	1.00	0.88	0.83	0.80	0.76	0.70	0.67	0.61
VI	27.12.1960	46.5	1.00	0.95	0.91	0.88	0.84	0.78	0.74	0.65
VII	19.08.1970	45.4	1.00	0.97	0.96	0.95	0.94	0.90	0.86	0.80
VIII	09.09.1972	42.7	1.00	0.93	0.89	0.87	0.85	0.81	0.76	0.68
IX	30.08.1964	53.8	1.00	0.98	0.97	0.97	0.96	0.90	0.85	0.75
X	21.09.1982	55.8	1.00	0.97	0.87	0.85	0.81	0.75	0.71	0.66
MID		55.2	1.00	0.94	0.90	0.88	0.84	0.77	0.73	0.65
ST.DEV.		13.3	-	0.06	0.07	0.09	0.11	0.12	0.12	0.12

VESTLANDET		(Basisstasjon : Opstveit / Indre Matre)								
DATO	Obs. Max (mm)	AREALSTØRRELSE (km ²)								
		10	100	300	500	1000	3000	5000	10000	
I	18.12.1966	200.9	1.00	0.94	0.87	0.83	0.78	0.70	0.66	0.60
II	01.01.1984	156.2	1.00	0.98	0.97	0.93	0.88	0.75	0.69	0.62
III	12.10.1963	138.3	1.00	0.95	0.89	0.86	0.82	0.73	0.69	0.62
IV	25.10.1958	137.4	1.00	0.96	0.91	0.86	0.79	0.69	0.62	0.53
V	18.11.1967	137.0	1.00	0.91	0.87	0.85	0.82	0.73	0.69	0.62
VI	26.10.1983	163.8	1.00	0.99	0.98	0.96	0.94	0.85	0.80	0.71
VII	25.01.1970	122.1	1.00	0.99	0.90	0.85	0.78	0.67	0.62	0.54
VIII	21.01.1957	132.8	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.85	0.79	0.71
IX	08.12.1984	115.0	1.00	0.97	0.94	0.91	0.86	0.78	0.72	0.63
X	06.10.1983	114.2	1.00	0.95	0.90	0.86	0.79	0.66	0.59	0.49
MIDDEL		141.8	1.00	0.96	0.92	0.89	0.84	0.74	0.69	0.61
ST.DEV.		26.2	-	0.03	0.05	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07

TRØNDELAG		(Basisstasjon : Lien i Selbu)								
DATO	Obs. Max (mm)	AREALSTØRRELSE (km ²)								
		10	100	300	500	1000	3000	5000	10000	
I	15.06.1971	45.3	1.00	0.97	0.95	0.95	0.94	0.86	0.82	0.73
II	07.08.1966	43.3	1.00	0.98	0.98	0.97	0.93	0.86	0.82	0.71
III	23.06.1972	60.1	1.00	0.99	0.96	0.94	0.89	0.80	0.74	0.64
IV	01.05.1964	49.2	1.00	0.95	0.93	0.92	0.91	0.81	0.75	0.65
V	12.02.1985	90.8	1.00	0.83	0.67	0.63	0.59	0.53	0.50	0.44
VI	08.07.1985	41.4	1.00	0.95	0.90	0.88	0.84	0.71	0.66	0.57
VII	28.02.1958	55.1	1.00	0.97	0.90	0.87	0.83	0.73	0.68	0.61
VIII	09.06.1978	44.3	1.00	0.97	0.96	0.96	0.95	0.91	0.87	0.81
IX	22.06.1984	45.2	1.00	0.97	0.95	0.95	0.93	0.86	0.83	0.79
X	08.10.1975	57.1	1.00	0.97	0.96	0.94	0.92	0.87	0.78	0.74
MIDDEL		53.2	1.00	0.95	0.91	0.90	0.87	0.79	0.74	0.67
ST.DEV.		14.7	-	0.05	0.09	0.10	0.11	0.11	0.11	0.11