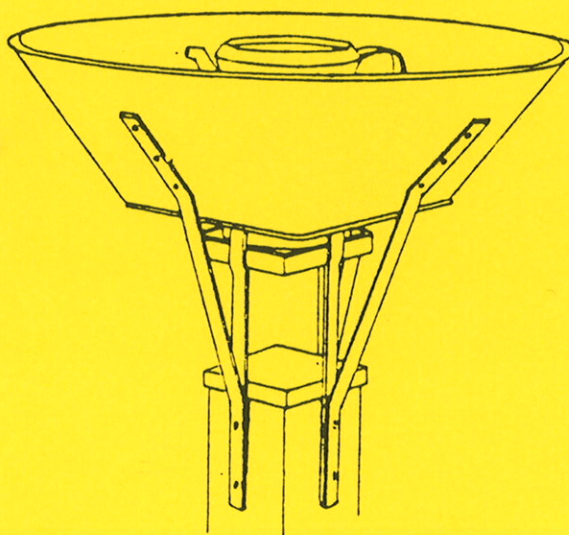


DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT

PÅREGNELIG MAKSIMAL NEDBØR BEREGNET MED ULIKE METODER

AV

EIRIK J. FØRLAND og DAG KRISTOFFERSEN



Fagrapport nr. 9/88 KLIMA

Oppdragsgiver : VASSDRAGSREGULANTENES FORENING
(Prosjekt A-143)

OSLO 1988

DNMI - RAPPORT

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

ISBN

RAPPORT NR.

9/88 KLIMA

DATO

02.05.1988

TITTEL

PAREGNELIG MAKSIMAL NEDBØR BEREGNET
MED ULIKE METODER

UTARBEIDET AV

EIRIK J. FØRLAND
DAG KRISTOFFERSEN

OPPDRAAGSGIVER

VASSDRAGSREGULANTENES FORENING

OPPDRAAGSNR. A - 143

SAMMENDRAG

Påregnelig maksimal nedbør (PMP) kan beregnes både ved dynamiske og statistiske metoder. Det blir gitt en kort beskrivelse av noen slike metoder, og disse metodene blir brukt til å beregne PMP i områder på Østlandet og i Vest-Norge. Stort sett er det god overensstemmelse mellom PMP-estimatene fra de ulike metodene.

Det blir også foretatt en sammenligning av maksimal observert punktnedbør og PMP, samt av "100 års verdi" og PMP. Resultatene er i godt samsvar med tilsvarende undersøkelser i USA.

UNDERSKRIFT

Eirik J. Førland

Eirik J. Førland
PROSJEKTLEDER

Bjørn Aune

Bjørn Aune
FAGSJEF

S A M M E N D R A G .

Denne rapporten er utarbeidet i regi av prosjekt A-143 "Påregnelige Maksimale Nedbørverdier" som Det norske meteorologiske institutt (DNMI) har utført for Vassdragsregulantenens Forening (VR). DNMI har tidligere publisert en rekke andre rapporter i forbindelse med dette prosjektarbeidet for VR, bl.a. rapportene <4>, <9>, <10>, <11> og <13>.

Internasjonalt er det i bruk en rekke metoder for estimering av "påregnelig maksimal nedbør" (PMP), og i denne rapporten gis det en kort oversikt over noen av disse metodene. Metodene er dels statistiske og dels fysisk-dynamiske. Estimering av så ekstreme begivenheter som en "påregnelig maksimal nedbørverdi" lar seg ikke beskrive med eksakte metoder. Ingen av de foreliggende metoder kan derfor gi noen endelig fasitverdi for PMP, - samtlige metoder har alvorlige svakheter. En ytterligere ulempe er at ingen av metodene gir noe mål for usikkerheten i PMP-estimatene.

For to punkt og fire felt på Vestlandet og Østlandet er det utført estimat av PMP med ulike metoder. Sammenligning av estimatene gir grunnlag for å antyde et mål for størrelsesorden av PMP og av usikkerheten i estimatene.

For feltene på Vestlandet var middelverdien av estimatene med de fire metodene a) - d) ca. 350 mm for felt A1 på 250 km² og ca. 315 mm for felt B1 på 3500 km². Variasjonskoeffisientene var h.h.v. 7 og 5 prosent. For de to feltene på Østlandet var middelverdien ca. 205 mm for felt A2 på 2000 km² og ca. 180 mm for felt B2 på 5250 km²; med variasjonskoeffisienter på h.h.v. 11 og 12 prosent. Punktestimatene for Samnanger og Gløtvola ga midlere 24-timers PMP-verdier på h.h.v. 405 og 285 mm, med variasjonskoeffisienter på h.h.v. 9 og 35 prosent.

Med de beregnede PMP-verdier for Norge blir forholdstallene PMP/M100 og maks.obs./PMP for 24-timers punktnedbør omlag de samme som i "beslektede områder" i USA. For 24-timers punktnedbør er det bare 11 målesteder i Norge som har målt nedbørverdier som utgjorde mer enn 60 % av PMP-verdien. Det høyeste forholdstall (69 %) hadde Mykland i Aust-Agder. Forholdstallene mellom PMP og "100 års verdi" varierer fra ca. 1.6 på Vestlandet til ca. 3.5 i indre strøk av Østlandet og Finnmarksvidda.

Til rutineberegninger av PMP har DNMI benyttet en modifisert versjon av en metode utviklet i Storbritannia. For de felt som er vurdert, viser resultatene i denne rapporten at estimatene med denne metoden er i rimelig godt samsvar med verdiene fra de øvrige metodene.

INNHOLDSFORTEGNELSE .

SAMMENDRAG

1 . INNLEDNING	1
2 . BEREGNING AV PMP VED MAKSIMERING AV UTFELLEBAR VANNMENGDE I ATMOSFÆREN ("WMO-METODEN")	3
2.1 Innledning	3
2.2 Datagrunnlag	3
2.3 Maksimeringsprosess	4
2.4 Generaliserte PMP-estimat	5
2.5 Svakheter ved WMO-metoden	5
3 . EKSEMPLER PÅ BEREGNING AV PMP I NORGE VED WMO-METODEN	8
3.1 Maksimering av ekstreme nedbørepisoder på Vestlandet ...	8
3.2 Maksimering av ekstreme nedbørepisoder på Østlandet	17
4 . STATISTISKE METODER FOR BEREGNING AV EKSTREM NEDBØR	24
4.1 Hershfields metode	24
4.2 "SMHI - metoden"	26
4.3 "DNMI - metoden"	27
5 . SAMMENLIGNING AV MAKSIMAL OBSERVERT NEDBØR OG 100-ÅRS NEDBØR MED PMP I USA OG NORGE	29
5.1 Innledning	29
5.2 USA øst for 105 ^{te} meridian	29
5.3 USA vest for kontinentalskillet	30
5.4 Sammenligning mellom PMP og 100 års verdi i USA	31
5.5 Sammenligning av PMP med maks. obs. og M100 i Norge	31
6 . SAMMENLIGNING AV ULIKE ESTIMAT AV PÅREGNELIGE NEDBØRVERDIER FOR TO OMRÅDER I NORGE	35
6.1 Innledning	35
6.2 Metoder	35
6.3 24 timers PMP estimat for Vestlandet	36
6.4 24 timers PMP estimat for Østlandet	38
6.4 Diskusjon	41
7 . LITTERATURLISTE	44
8 . APPENDIKS	46

1 . INNLEDNING .

Ved dimensjonering av damanlegg skal "påregnelig maksimal tilløpsflom legges til grunn for beregningene ved kontroll av dammens sikkerhet mot brudd " < 1> . Denne maksimale tilløpsflom skal være forårsaket av en påregnelig maksimal nedbørhøyde (PMP) og tillagt eventuell snøsmelting . Påregnelig maksimal flom skal fastsettes på grunnlag av en analyse av ugunstigste kombinasjoner av meteorologiske og hydrologiske forhold . Det er derfor klart at PMP er en viktig størrelse ved estimering av flommer og flomvannstander .

Påregnelig maksimal nedbør er definert som "den teoretisk største nedbørmengde som for en gitt varighet er fysikalsk mulig over et gitt nedbørfelt til en gitt tid av året " < 2> . Internasjonalt blir det brukt to vidt forskjellige strategier for beregning av PMP :

- a) . STATISTISKE METODER BASERT PÅ MÅLTE NEDBØRVERDIER .
- b) . MAKSIMERING AV TEORETISK UTFELLBAR NEDBØR FRA ATMOSFÆREN .

Det norske meteorologiske institutt (DNMI) har tidligere publisert endel rapporter om både observerte og påregnelige ekstreme nedbørverdier . Ved DNMI blir PMP beregnet ved en statistisk metode utviklet i Storbritannia < 3> . En oppsummering av norske erfaringer med denne metoden er gitt i < 4> , og eksempler på bruk av metoden er gitt i en rekke DNMI-Fagrappporter , f.eks. < 5> , < 6> og < 7> .

I denne rapporten vil hovedvekten bli lagt på beskrivelse av metoder og eksempler på beregning av PMP ved maksimering av atmosfærens fuktighetsinnhold . I kapittel 2 blir det gitt en kort beskrivelse av metoden som brukes i USA for beregning av PMP . Denne metoden ("WMO-metoden") er utførlig beskrevet i to manualer fra WMO < 2> og < 8> , og er oppsummert i en DNMI-rapport < 9> .

I kapittel 3 presenteres forsøk med WMO-metoden i to felt i Norge . Det gis også en kort oppsummering av tre statistiske metoder for estimering av ekstrem-nedbør (kapittel 4) , og i kapittel 5 og 6 er det gjort forskjellige sammenligninger av PMP beregnet ved "WMO-metoden" og ulike andre estimat av ekstremnedbør .

2. BEREGNING AV PMP VED MAKSIMERING AV UTFELLBAR VANNMENNGDE I ATMOSFÆREN ("WMO-METODEN") .

2.1 Innledning.

Kapittelet vil gi en detaljert beskrivelse av hvordan PMP beregnes etter WMO's metode <2> , <8> . Dette innebærer å skissere nødvendig datagrunnlag og maksimeringsprosessen . Det vil bli gitt flere kommentarer spesifikke for våre beregninger av 24 timers PMP på Vestlandet og Østlandet (kapitlene 3.1 og 3.2) . Vi henviser til rapporten <9> for fler illustrasjoner og informasjon om metoden . Kapittelet avsluttes med drøfting av metodens svakheter .

2.2 Datagrunnlag .

Utgangspunktet for DNMI's beregninger av PMP ved WMO-metoden er et spesifisert nedbørfelt med gitt arealstørrelse , høydefordeling i feltet , avløpsverdier og eventuelle tilleggs-data .

Feltet avtegnes på et stasjonskart og man får avgjort hvilke nedbør- , klima - og automatstasjoner samt kontinuerlige nedbørskrivere (i eller nær feltet) som kan gi data ved beregningene (se stasjonskart og feltmarkering i figur 3.1) .

Neste steg er å undersøke data for stasjonene for å plukke ut episoder med store nedbørmengder . Forut for beregningene gjengitt i kapitlene 3.1 og 3.2 ble det benyttet oversikter over maksimale observerte 1 og 2 døgns nedbørsummer . Når de ekstreme episoder er datert , må alle tilgjengelige stasjonsdata finnes for hver episode . Slike data er stasjonshøyde , duggpunkt-temperatur TD , vind og nedbørhøyder R for flere varigheter og areal .

Maksimal observert n timers arealnedbør ($n=1,6,12,24,\dots$ timer) må fastsettes ved bruk av kontinuerlige nedbørregistreringer som pluviogrammer eller Plumatic - data . Værstasjonenes observasjoner av 12-timers og 1 døgns nedbørsummer anvendes når registreringer ikke er mulig å benytte . I kapitlene 3.1 og 3.2 ble 24 timers nedbørsum fastsatt vha. 1 og 2 døgns nedbørsummer (se kolonnene for OBS24 i tabellene 3.2-3.4 , 3.8-3.10) .

I hver nedbørepisode skal i hht. WMO-metoden <2> , <8> representativ maksimal 12 timers persistent duggpunkt TD1 beregnes i feltets innstrømningsområde . Dette innebærer å beregne et middel av flere stasjoners duggpunkt (reduserte til havnivå før midling) og denne middelverdien må ha vært vedvarende i minst 12 timer i episoden . Beregningene i kapitlene 3.1 og 3.2 ble basert på døgnmidler av duggpunkt og middelet ble beregnet innenfor den 24 timers periode som hadde størst nedbørintensitet .

Ifølge WMO skal klimadata for en lang periode (helst opptil 100 års data) undersøkes for å gi månedsvise maksimalt observerte 12 timers persistente duggpunkt TD2 i feltet . Observasjoner fra typiske godværssituasjoner må elimineres . Datarekker på 30 år (1957-1986) ble brukt til å bestemme TD2 som oppgitt i kapitlene 3.1 og 3.2 . Ved fastsettelse av TD2 ble det anvendt krav om at midlere døgnlige skydekke skulle overstige 6-8/8 og at 1 døgns nedbørsum skulle være over 1 mm . Flere av de fastsatte verdier er underestimert som følge av at det er brukt kun 30 års dataserier . Stasjonsverdiene av TD2 ble reduserte til havnivå og deretter plottet inn i diagram .

Årstidsvariasjon i maksimal duggpunkttemperatur for en stasjon og et felt er gitt i figurene 3.2 og 3.4 .

Reduksjon av duggpunkttemperaturer til 1000 hPa-nivå er foretatt etter diagram gitt i figur 2.1 i WMO-manualen < 8 > . For felter (med middelhøyde H) mellom havnivå og 1000 meters høyde over havet betyr dette temperaturendring 0.5 - 0.65 grader Celsius per 100m , avhengig av temperatur i nivået H .

2.3 Maksimeringsprosessen .

Representativt duggpunkt TD1 og maksimalt duggpunkt TD2 (reduserte til 1000 hPa-nivå) for nedbørfeltet omregnes til vanninnhold W1 og W2 (se kolonnene W1 og W2 i tabellene 3.2-3.4 og 3.8-3.10) . Tabellene A.1.1 og A.1.2 i WMO-manualen < 8 > gir vanninnhold som antall mm utfellbart vann i mettet pseudo-adiabatisk atmosfære fra 1000hPa -nivå (nær havnivå) opptil 300 hPa-nivå (ca. 8500 moh) . Når W for et felt er bestemt ved gitt TD , må W reduseres med vanninnholdet i den fiktive luftsoylen fra havnivå opp til feltets høydenivå . Dette skyldes at tabellene gir vanninnhold i luftsoyler fra havnivå og opp til en gitt høyde .

Følgende eksempel vil belyse det ovenstående . Et felt med midlere duggpunkttemperatur 17.0 (redusert til 1000hPa-nivå) vil ha vanninnhold 40 mm i en mettet luftsoyle mellom 1000hPa og 300hPa . Feltets middelhøyde 800 m gjør at vi må redusere for vanninnholdet i soylen fra havnivå til 800 moh , her 10 mm . Vanninnholdet fra felthøyden 800m og opp til 300hPa er 30 mm .

Observert nedbør R av varighet n timer blir multiplisert med forholdstallet W2/W1 og gir maksimalt nedbørhøyde Rm . Vi har i kapittel 3 konsentrert oss om å maksimere 24 timers observert nedbør for å få anslag for 24 timers PMP .

Dersom WMO-metoden skal følges helt ut , skal det også maksimeres for vind . Man må fastsette representativ midlere 24 timers vind V1 i feltet i hver episode og maksimal observert 24 timers middelvind V2 . Verdien V1 vil som regel være en av flere mulige innstrømningsretninger for fuktighet . Separate maksimal-vindverdier avhengig av innstrømningsretning må fastsettes . Rm multipliseres med forholdstallet V2/V1 og man får et endelig anslag på PMP .

I praksis blir vindmaksimering ofte utelatt på grunn av problemer med å få gode estimater for V1 og V2 (se < 8 >) . Man bør kjenne vindfordeling mellom bakkenivå og 1000 - 1500m over bakken da man vil unngå å benytte bakkevind i estimatene . Svekkelse eller intensivering pga orografi er også vrient å inkorporere i V1 og V2 . I mange situasjoner vil vind - og fuktighetsmaksimering tilsammen gi et over -maksimert resultat .

I kystnære felt kan man forsøke å beregne førstetilnæringer av V2/V1 ved vinddata fra fyrstasjoner (3-8 observasjoner per døgn) eller eksponerte flyplasser (1 times observasjoner) samt radiosonde-data (2 sonderinger per døgn) . Slike data alene gir ingen justering for topografiske virkninger i feltet men vil gi et tilnærmet forholdstall mellom episodens storstilte vindfelt og et maksimalt observert vindfelt av samme retning . I Norge må maksimal vind plukkes ut fra 30-40 års serier , hvilket svekker muligheten for å finne den maksimale verdi .

2.4 Generaliserte PMP-estimat .

I USA blir metoden som er beskrevet i 2.2 og 2.3 benyttet til å beregne PMP for individuelle nedbørfelt og til å fastsette PMP - estimat for store områder som omfatter tallrike nedbørfelt av ulik størrelse . De sistnevnte estimat blir referert til som "generalized" eller "regional estimates" . Resultatene fra slike regionale analyser kan fremstilles på to måter .

Den ene går ut på å presentere en rekke isohyetkart for PMP for ulike varigheter og ulike arealstørrelser , såkalte generaliserte PMP-kart . Den andre måten er å gi en rekke relasjoner som muliggjør beregning av PMP for en gitt lokalitet . Ett eller flere indeks-kart blir brukt for å fremstille geografisk variasjon til de nødvendige parametre for ulike arealstørrelser og varigheter . Den førstnevnte metode er hyppig brukt i ikke-orografiske områder , mens den siste er vanlig i områder hvor topografien spiller en viktig rolle i nedbør - prosessen .

En vanlig fremgangsmåte er å utarbeide generaliserte PMP-estimat for store regioner og deretter bruke disse analysene til PMP - beregning for individuelle nedbørfelt . En omfattende redegjørelse for beregningsmetodikken er gitt i kapittel 5 i WMO-manualen < 8 > . Det påpekes at slike generaliserte analyser gir en rekke fordeler , men at de "require a considerable investment of time" !

En vurdering av nødvendige bakgrunnsdata som trengs for å utarbeide generaliserte PMP-oversikter for Norge basert på WMO-metoden er gitt i en DNMI-Fagrapport <10> .

2.5 Svakheter ved WMO-metoden .

WMO-metoden gir en fysisk-dynamisk mulighet til å finne PMP ut fra observerte nedbørhøyder i situasjoner med tilnærmet kjent fuktighet og vind (uttrykket "tilnærmet" henspeiler på den relativt svake oppløsning i tid og rom av observert fuktighet og vind) .

En fundamental innvending mot metoden , er den subjektivt betingede fastsettelse av maksimale duggpunkttemperaturer . I USA eliminerer man høye duggpunkt som er observert på typiske godværsdager . Man forsøker å plukke ut verdier som er observert under sirkulasjonsmønster nær identisk med sirkulasjonen under ekstremepisoden . I våre beregninger er TD2 fastsatt uten å sortere for sirkulasjonsretninger men det er satt krav om et døgnmidlet skydekke på 6-8/8 samt 1 døgns nedbørsum over 1 mm . Vi benyttet dataserier på 30 år til fastsettelse av TD2 . Et strengere utvalgskrav , for eksempel 8/8 skydekke og 1 døgns nedbørsum over 30 mm , ville ha redusert det eksisterende materiale for mye .

Et for svakt kriterium for fastsettelse av maksimale duggpunkt vil lett gi for høye maksimale duggpunkt TD2 og dermed for høye anslag på PMP . Det er nærliggende å sortere duggpunktdata ut fra flere sirkulasjonsretninger og samtidig sette krav om 8/8 skydekke og en "stor" 1 døgns nedbørsum . En slik sortering fører til at det statistiske materialet reduseres så mye at vi kan risikere å fastsette for lave TD2 .

Et godt eksempel på motsetning mellom ekstremepisoder og situasjoner som gir maksimale duggpunkt har vi fra felt nær Stølsheimen på Vestlandet . 1 døgn punktnedbørsummer over 100 mm i juli til september observeres i kraftige SV - V luftstrømmer . Det skjer en betydelig orografisk intensivering av nedbør og de typiske duggpunkttemperaturer er 4-10 grader Celsius (reduisert til havnivå) . De observerte maksimale duggpunkt , 16 - 18 grader Celsius , er observert i svake S-SØ luftstrømmer med tilnærmet ingen orografisk intensivering (stedvis svekkelse) av nedbør . 1 døgn nedbørsummer er sjelden over 15 mm .

I metoden inngår bakke-data til å fastsette duggpunkttemperaturer . I mange vær-situasjoner (især høst-vinter-vår) vil deler av nedbørfeltet og innstrømningsområdet ligge i kalde bunnskikt pga. at stagnant kald luft ikke blir omrørt eller forflyttet før og under varmluftspassasjer . Som et eksempel kan man ha duggpunkt -5 grader Celsius ved bakken mens varmluften 500 m lenger oppe har et duggpunkt på +5 grader C . Bakke-data fra kalde bunnskikt er lite representative for fuktigheten i en luftstøyle over feltet . De vil medføre at midlere duggpunkt TD1 og dermed vanninnholdet W1 i en nedbørepisode blir satt for lavt slik at W2/W1 samt maksimeringsresultatet Rm blir for høyt .

I nedbørepisoder med kalde bunnskikt vil det være best å fastsette TD1 for et nivå over det kalde skiktet og deretter redusere TD1-verdien til havnivå . Dette krever tilgang på radiosondedata hvilket er urealistisk for mange felt . Data fra nærliggende værstasjoner som ligger over kaldluften kan i noen tilfeller brukes til å fastsette TD1 .

Verdiene for vanninnholdene W1 og W2 er basert på en mettet pseudo-adiabatisk atmosfære mellom havnivå og 300hPa (ca.8500moh) . I flere situasjoner vil nedbørutfelling komme fra skikt med mindre vertikal utstrekning samt at utfellingen kan variere betydelig gjennom skiktet . I maksimalsonen for nedbør på Vestlandet , er en stor del av nedbøren rent orografisk betinget . Dette skyldes i høy grad utfelling fra orografiske skyer på fjellenes loside . Ved "seeder-feeder effekten" foregår utfelling fra et øvre skylag og nedbøren vil på sin vei ned svært effektivt fange opp skydråper i underliggende orografiske skyer . Følgelig kan et skikt som utgjør en liten del av luftstøylene mellom havnivå og 8500 moh bidra med en stor del av den utfellbare vannmengde i en nedbørepisode .

Mer spesielt vil metoden feile på steder der høy nedbør kan skyldes "spillover"-effekt , dvs. der nedbør som felles ut på losiden av et fjell forskyves mot fjellets leside . Duggpunkttemperatur fra lesiden vil være lite representativ for fuktigheten i den luft som strømmer mot fjellets loside .

I de tilfeller midlere 24 timers vind beregnes er det liten døgnlig tetthet av observasjoner til å fastsette pålitelig 24 timers verdier . Radiosonder gir data 2 ganger døgnlig , mer uvanlig 4 ganger døgnlig . Bakkestasjoner observerer 3-4 ganger per døgn , mens flyplasser har timesvise observasjoner (noen observerer ikke fra sent kveld til tidlig morgen) . Bakkevindsdata fra kyststrøk kan i noen grad anvendes mens data fra innland ofte må unngås ved estimering av 24 timers vind . Unntak må være særlig godt eksponerte steder ,

helst i høyreliggende strøk av innlandet . Justering for orografisk svekkelse eller intensivering av vinden gjør estimeringene ytterligere kompliserte .

Metoden er avhengig av at observerte 24 timers nedbørsummer er bestemt så nøyaktig som mulig . Oftest foreligger det ikke kontinuerlige nedbørregistreringer fra et felt og værstasjonenes 12 timers og 1 døgn nedbørsummer blir for dårlig grunnlag til å gi gode 24 timers nedbørsummer .

3. EKSEMPLER PÅ BEREGNING AV PMP I NORGE VED "WMO-METODEN" .

3.1 Maksimering av ekstreme nedbørepisoder på Vestlandet .

3.1.1 Innledning.

I kapittel 2 ble "WMO-metoden" beskrevet . Vi testet denne metoden ved å beregne maksimert 24 timers punkt- og arealnedbør i maksimumssonen for nedbør på Vestlandet . Maksimering mht. fuktighet ble utført for et punkt (stasjon 5035 Samnanger) og for to felt spesifiserte som A1/B1 i figur 3.1 . Det ble beregnet arealreduksjonsfaktorer for de to felt og vi undersøkte årstidsfordelingen av de observerte ekstreme nedbørepisodene .

3.1.2 Observerte 24 timers nedbør .

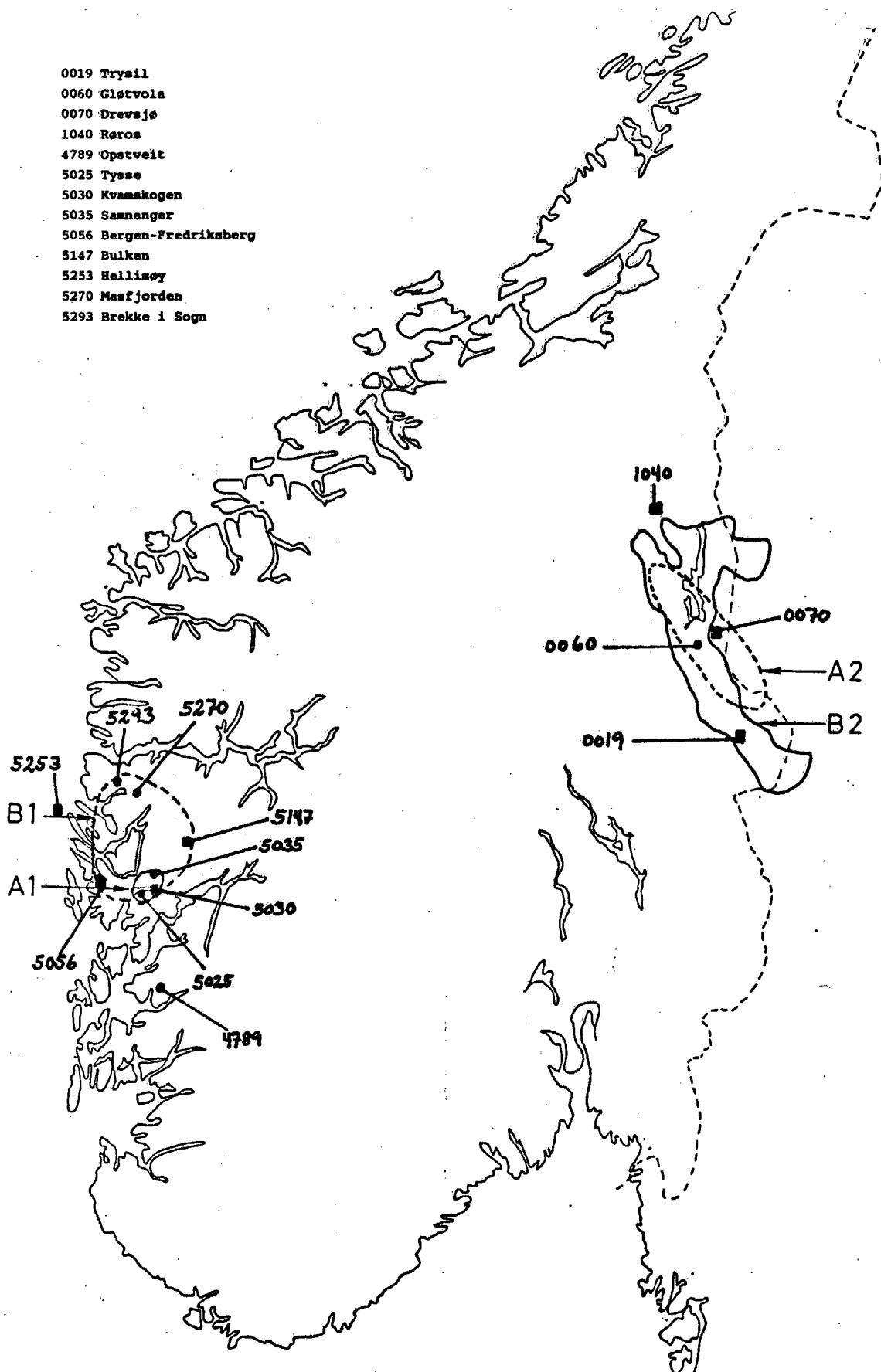
Første steg i maksimeringsprosessen (se kapittel 2) er å fastsette observerte maksimal 24 timers nedbør (OBS24) i hver nedbørepisode . Vi fastsatte OBS24 ved hjelp av pluviogrammer fra stasjon 5056 Bergen-Fredriksberg for nedbørepisoder fra årene 1940 - 1978 og benyttet Plumatic-data fra 4789 Opstveit i episoder etter 1978 .

I de fleste tilfeller var nedbørhøyden for OBS24 høyere enn i det faste nedbørdøgnet (som går fra kl07 (08) en dag til kl07 (08) neste dag) . Som mål for forskyvningen brukte vi forholdstallet F1 mellom OBS24 og 1 døgns nedbørsum, samt forholdstallet F2 mellom OBS24 og 2 døgns nedbørsum . F1 og F2 ble estimert for hhv. 32 og 27 tilfeller . I tabell 3.1 er tilfellene oppsummert ved dato for nedbørepisoden samt verdi på forholdstallene F1 og F2 . Middelerdien av F1 ble 1.148 med standardavvik 0.135 og spredningsområde 1.000 - 1.506 . Denne midlere F1 ligger nær faktoren 1.13 som WMO anbefaler til å skalere opp 1 døgns nedbørsummer til vilkårlige 24 timers verdier . Middelerdien av F2 ble 0.802 med standardavvik 0.111 og spredningsområde 0.610 - 0.965 . Midlere F2 er i godt samsvar med forholdstallet 0.79 mellom M5(24t) og M5(2d) for stasjoner med årsnedbør 2000-2800 mm fra tabell 2 i <11> (M5 er nedbørsum med gjennomsnittlig 5 års gjentakstid) .

3.1.3 Maksimering av 24 timers punktnedbør på Samnanger .

Observasjoner i perioden 1901 - 1987 på stasjon 5035 Samnanger viser at det er 87 tilfeller med 1 døgns nedbørsum over 100 mm og 43 tilfeller med 2 døgns nedbørsum over 175 mm . Maksimal 1 døgns nedbørsum 195.0 mm ble observert 26.11.1940 og maksimal 2 døgns nedbørsum 310.6 mm ble observert 11.10.1953 . Vi har maksimert alle tilfeller med 1 døgns nedbørsum over 100 mm etter 1957 samt nedbørepisoder i november 1940 , oktober 1953 , desember 1953 og desember 1955 . Det må understrekes at WMO-metoden ikke skal anvendes til å maksimere punktnedbør , men vi gjorde beregninger for å se hva den ville gi for et punkt .

Representative (TD1) og maksimale (TD2) duggpunkttemperaturer fra stasjon 5030 Kvamskogen ble benyttet ved maksimering av fuktighetsinnhold (se kapittel 2) . TD2 ble plukket ut etter kriteriet dag med midlere skydekke 6 - 8/8 og nedbør større enn 1 mm (godværsdager eliminert) . Årstidsvariasjon i maksimalt duggpunkt på



FIGUR 3.1 Nedbørmaksimering er foretatt i feltene :
 A1 (250 km²) og B1 (3500 km²) på Vestlandet ;
 A2 (2000 km²) og B2 (5250 km²) på Østlandet .
 Tabellen gir stasjonsnummer og -navn referert til i tekst .

TABELL 3.1

DATO	F1	F2	DATO	F1	F2
27.11.1940	1.010	0.688	17.10.1969	1.088	-
10.10.1953	1.149	0.638	02.10.1971	1.428	0.956
03.12.1953	1.054	0.656	21.02.1973	1.344	0.844
06.12.1955	1.178	0.875	25.10.1973	1.010	-
25.10.1958	1.038	-	07.10.1975	1.132	0.747
18.10.1962	1.056	-	28.12.1975	1.506	0.660
27.09.1963	1.112	0.893	26.02.1976	1.437	0.809
29.07.1964	1.148	0.960	28.03.1976	1.000	0.851
07.09.1966	1.025	0.771	21.11.1980	1.018	0.845
18.12.1966	1.200	0.961	09.12.1980	1.175	0.652
06.02.1967	1.223	0.871	01.02.1981	1.170	0.610
15.03.1967	1.102	0.851	21.01.1983	1.100	0.786
18.11.1967	1.017	0.965	09.03.1983	1.050	0.785
15.12.1967	1.021	-	26.10.1983	1.038	0.697
26.10.1968	1.164	0.935	30.10.1983	1.172	0.642
29.09.1963	1.211	0.806	30.08.1984	1.330	0.943
			MIDDEL	1.148	0.802
			STD. AVVIK	0.135	0.111
			MAKSIMUM	1.506	0.965
			MINIMUM	1.000	0.610

Forholdstall F1 og F2 mellom observert 24 timers nedbør og hhv. 1- og 2 døgns nedbørsummer på Vestlandet . Middell , std.avvik , maksimum og minimum er basert på de 32 nedbørepisoder ovenfor .

TABELL 3.2

DATO	R1 (mm)	R2 (mm)	O24 (mm)	TD1 Cel.	TD2 Cel.	KONV. (m)	W1 (mm)	W2 (mm)	W2/W1	Rm (mm)
27-29.07.64	134.4	154.4	154	9.9	18.0		16.9	37.4	2.21	340
29-31.08.84	123.0	214.3	202	12.4	18.0		23.1	37.4	1.62	328
05-07.10.75	109.3	190.5	142	5.6	14.3		11.9	26.3	2.21	314
26-28.09.63	117.0	163.9	146	7.2	15.5		14.1	29.9	2.12	310
25-27.11.40	195.0	301.0	207	6.5	10.0		12.8	17.3	1.35	280
06-08.09.66	153.7	201.7	158	11.7	18.0		21.4	37.4	1.75	276
09-11.10.53	155.6	310.6	198	10.7	13.4	8500	18.4	25.0	1.36	269
17-19.12.66	156.0	192.4	187	5.5	8.5		11.8	15.6	1.32	247
20-22.01.83	140.2	189.5	154	3.6	8.3		9.7	15.4	1.59	244
04-06.02.67	155.5	190.9	190	5.2	7.6		11.5	14.3	1.24	236
04-06.12.55	149.0	179.8	176	5.9	9.4		13.2	16.6	1.26	221
08-10.03.83	172.8	215.1	181	6.4	6.4		12.7	12.7	1.00	181
01-03.12.53	113.6	218.1	143	9.3	9.6		16.5	16.8	1.02	146

Maksimert punktnebbør på Vestlandet ved stasjon 5035 Samnanger , 370 moh .

R1 og R2 er hhv.1- og 2 døgns nedbørsummer , O24 er største observerte 24 timers nedbørsum , TD1 og TD2 er hhv. representativt og maksimalt duggpunkt i havnivå med tilhørende vanninnhold W1 og W2 over nivå 370 moh , W2/W1 er maksimeringsfaktor og Rm er maksimert 24 timers nedbør .

KONV. gir øvre nivå i en mettet pseudoadiabatisk luftsøyle .

Kvamskogen kan sees av den stiplede kurven i figur 3.2 (temperatur-reduksjon til havnivå er foretatt). De maksimale duggpunkt når et maksimum på ca. 18 grader Celsius i august og september og et minimum på ca. 6 grader C i februar.

Det er interessant at TD2 i første halvdel av januar og i siste halvdel av desember synes tilnærmet like store, men dette kan skyldes at vi kun har benyttet 30 års dataserie (1957 - 86) til å fastsette TD2. Duggpunktverdiene på Vestlandet vil stort sett følge de samme årlige endringer som sjøtemperaturnormalene langs kysten. I figur 3.2 viser hel kurve (med trekanter) månedsvise normaler av sjøtemperatur for Hellisøy fyr (nord-nordvest av Bergen) og de er jevnt avtagende fra desember til januar. Månedsvise maksimale middel av sjøtemperatur er avtegnet med kryss (X). Det er godt samsvar mellom duggpunktverdier og sjøtemperaturverdier (normaler eller maksimale midler), WMO anbefaler også at slike sammenligninger benyttes, <2>.

Det er et faktum at flere stasjoner i området har observert minst like høye nedbørsummer i januar som i desember. Samnanger har observert 1 døgnssummen 156.7 mm i januar mot 156.0 mm i desember (etter 1900) mens Kvamskogen har observert 105.4 mm i januar mot 86.5 mm i desember (etter 1947).

Resultater av beregningene er vist for 13 nedbørtilfeller i tabell 3.2 der de 7 første nedbørepisoder ga de 7 høyeste maksimeringsresultat (over 260 mm). De neste episoder i tabellen hadde høy observert nedbør men gjennomgående lavere maksimeringsfaktorer hvilket lettest sees på de to nederste episoder i tabellen. De avleste duggpunktdata for Kvamskogen fra figur 3.2 ble forskjøvet 10-15 dager mot varmere sesong i tråd med WMO's anbefalinger <2>. Maksimering mht. fuktighet ga 340 mm som maksimal påregnelig 24 timers nedbørsum for Samnanger (episoden 29.07.64). Som en grov vindmaksimering, benyttet vi vinddata fra Hellisøy fyr (100 km nordvest av Samnanger). Situasjonen 28.-29.07.64 ga midlere 24 timers vind 220-250 grader og 15 m/s (fra 28. kl05 til 29. kl05) mens maksimal observert 24 timers vind for ultimo juli og den samme vindretning er 17 m/s (datarekke 1957-1987). Dette gir vindmaksimeringsfaktor 1.13 og multiplisert med 340 mm fåes 384 mm som et "endelig" resultat.

Middelverdi for faktoren $W2/W1$ ble 1.55 med standardavvik 0.40 og maksimal verdi var 2.21, oppnådd juli 1964 og oktober 1975.

3.1.4 Maksimering av 24 timers arealnedbør i felt A1.

Observasjoner i perioden 1947-87 fra stasjonene 5025 Tysse, 5030 Kvamskogen og 5035 Samnanger har gitt 40 tilfeller med beregnet 1 døgn arealnedbør over 80 mm og 35 tilfeller med 2 døgn arealnedbør over 130 mm i felt A1 (ca. 250 kv.km). De maksimale verdier er hhv. 159 mm (1 døgn, 27.11.1940) og 234 mm (2 døgn, 27.11.1940). Arealverdiene er beregnet ved vekting av stasjoner. Vektene ble fastsatt etter opptegning av Thiessen-polygoner på stasjonskart og de er gjengitt i appendix A. Det ble ikke foretatt korreksjon for høydeavhengighet på arealverdiene.

Resultater av maksimeringen i felt A1 er gitt i tabell 3.3 og den inneholder de samme nedbørepisoder som tabell 3.2, men rekkefølgen blant episodene er forskjellig. Maksimering mht. fuktighet ga 308 mm som maksimal påregnelig 24 timers nedbørsum i felt A1 (episoden 27.09.63). Observert middel av 24 timers vind på Hellisøy fyr

TABELL 3.3

DATO	RA1 (mm)	TH.1 (mm)	RA2 (mm)	TH.2 (mm)	O24 (mm)	TD1 Cel	TD2 Cel	KONV (m)	W1 (mm)	W2 (mm)	W2/W1	RAm (mm)
26-28.09.63	124.0	124.0	158.0	158.0	141	7.2	15.5		14.1	30.8	2.18	308
28-30.09.69	115.3	111.6	182.4	176.9	143	7.5	15.5		14.7	30.8	2.10	300
29-31.08.84	92.1	98.2	165.8	177.4	167	12.4	18.0		24.0	39.0	1.63	271
27-29.07.64	98.0	104.0	111.3	119.0	119	9.9	18.0		18.0	39.0	2.17	258
05-07.10.75	71.5	76.5	140.6	149.9	112	5.6	14.3		12.9	27.8	2.16	241
25-27.11.40	151.0	159.2	226.0	234.0	161	5.6	10.0		12.9	18.3	1.42	228
06-08.09.66	105.5	114.9	139.8	152.4	118	11.7	18.0	8500	22.3	39.0	1.75	206
09-11.10.53	102.8	112.5	200.8	218.9	140	10.7	14.2		19.7	27.5	1.40	195
20-22.01.83	105.3	112.2	142.2	152.2	123	3.6	8.3		10.2	16.0	1.57	193
04-06.12.55	114.5	120.8	143.0	151.6	142	5.9	9.4		13.2	17.3	1.31	186
17-19.12.66	100.1	110.3	135.4	148.9	143	5.5	8.5		12.7	16.2	1.28	182
04-06.02.67	99.1	109.9	129.8	144.1	134	5.2	7.6		12.5	15.8	1.26	169
08-10.03.83	124.7	136.0	161.4	175.9	143	6.4	6.4		13.5	13.5	1.00	143
01-03.12.53	78.5	84.0	148.9	159.3	105	9.3	9.6		17.5	17.8	1.02	107

Maksimert arealnedbør i felt A1 på Vestlandet . Feltareal ca. 250 km² .
Midlere stasjonshøyde over havet er 273 m .

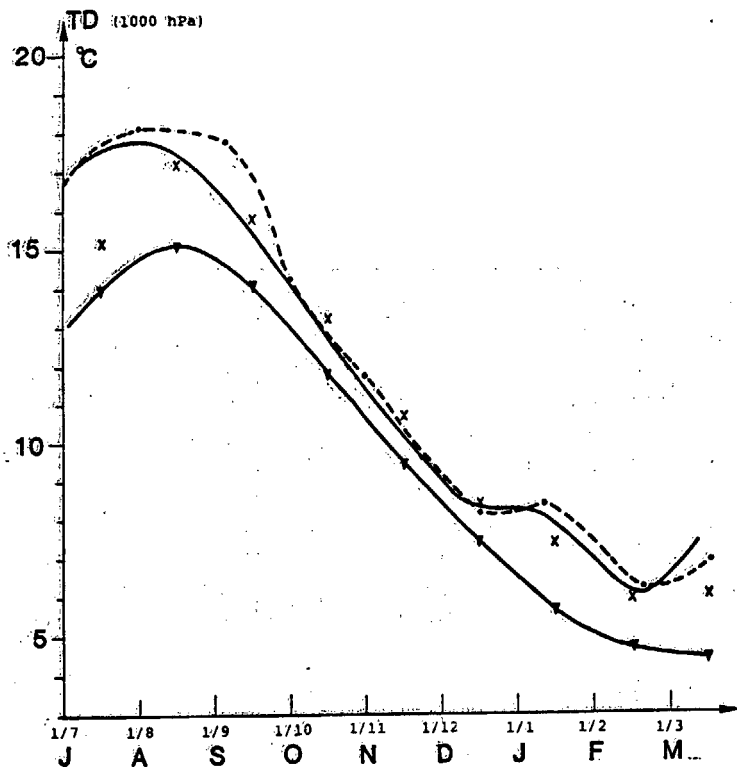
Tabellen gir samme type data som i tabell 3.2 , men nå for et felt (derav RA1, RA2 og RAm) . Kolonner for arealnedbør beregnet ved Thiessen-polygoner er TH.1 og TH.2 . Stasjonsvekter ved Thiessen-metoden er gitt i appendix A .

TABELL 3.4

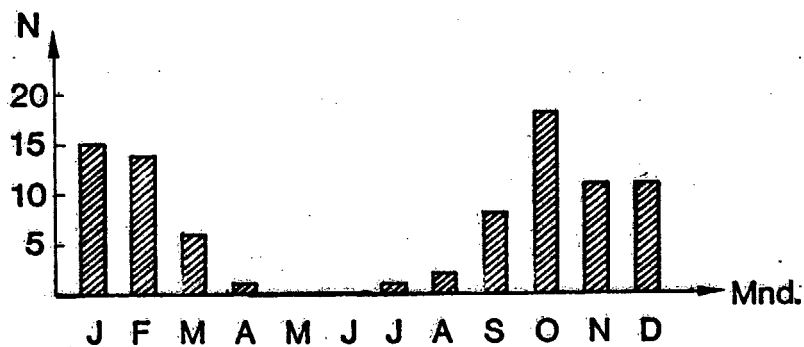
DATO	RA1 (mm)	TH.1 (mm)	RA2 (mm)	TH.2 (mm)	O24 (mm)	TD1 Cel.	TD2 Cel.	KONV (m)	W1 (mm)	W2 (mm)	W2/W1	RAm (mm)
26-28.09.63	98.3	101.1	131.6	135.5	121	6.8	14.8		13.9	30.0	2.16	261
28-29.07.64	94.8	93.3	108.0	107.4	107	9.8	17.7		18.5	38.7	2.09	224
29-31.08.84	70.5	83.3	138.0	147.0	139	12.2	17.1		24.3	37.0	1.52	212
25-27.10.83	90.4	85.1	158.4	149.1	104	5.2	12.4		13.1	24.5	1.87	195
25-27.11.40	131.9	132.7	181.8	183.6	134	5.8	9.9		13.5	18.5	1.37	184
09-11.10.53	102.6	102.3	202.2	208.2	133	10.8	14.2	8500	20.4	28.2	1.38	184
17-19.12.66	96.5	98.7	124.0	126.8	122	5.0	8.4		12.8	16.3	1.27	155
04-06.12.55	104.3	103.8	131.9	131.2	122	5.6	9.3		13.8	17.4	1.26	154
06-08.09.66	88.0	88.2	117.6	117.9	91	11.5	16.6		22.3	35.1	1.57	143
04-06.02.67	91.1	93.0	117.0	119.4	114	4.7	7.2		12.2	14.1	1.16	132
08-10.03.83	96.7	115.5	122.1	145.8	121	5.1	6.6		13.0	14.3	1.10	133

Maksimert arealnedbør i felt B1 på Vestlandet . Feltareal 3500 km² .
Midlere stasjonshøyde 229 m .

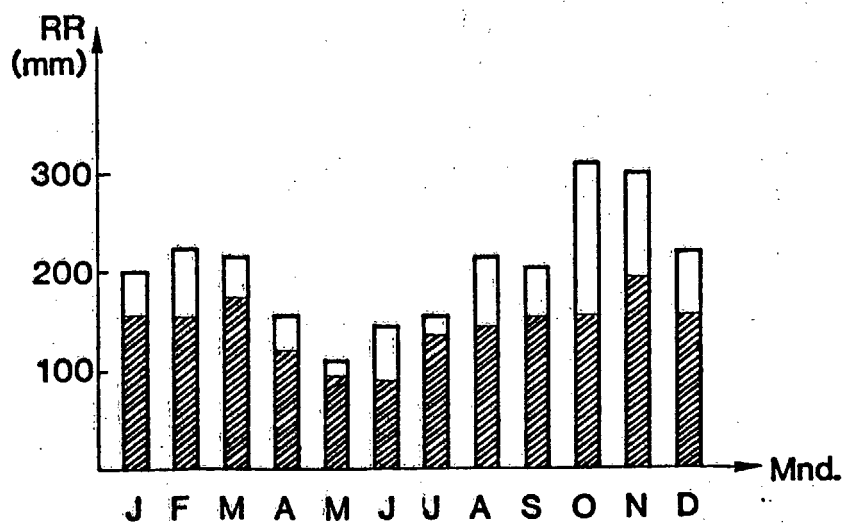
Tabellen gir samme type data som i tabell 3.3 . Stasjonsvekter benyttet ved Thiessen-metoden er gitt i appendix A .



FIGUR 3.2 Maksimale døgnmiddel av duggpunkttemperatur (°C) benyttet for Samnanger og felt A1 (stiplet kurve), felt B1 (hel kurve). Sjøtemperaturnormaler for Slätterøy fyr (hel kurve med trekanter) og maksimale månedsmiddel av sjøtemperatur (kryss) er inntegnet.



FIGUR 3.3A Hyppighetsfordeling av observerte ekstreme nedbørepisoder der 1 døgns nedbørsom på Samnanger er større/lik 100 mm. Totalt 87 nedbørepisoder.



FIGUR 3.3B Største månedsvise 1- og 2 døgns nedbørsommer (mm) på Samnanger i perioden 1900 - 1987.

27.09.63 var 220-250 grader og 16 m/s (fra 26. kl13 til 27. kl13) mens datarekken 1957-87 gir 20 m/s som maksimal 24 timers vind for ultimo september og samme vindretning .
 Dersom vindmaksimeringsfaktor 1.25 for Hellisøy fyr godtas som første tilnærming , får vi 385 mm som "endelig" resultat . Vi understreker at denne vindmaksimering er grov og kanhende lite representativ i felt A1 .

Middelverdi for faktoren W_2/W_1 var 1.59 med standardavvik 0.41 og maksimal verdi 2.18 , oppnådd september 1963 .

3.1.5 Maksimering av 24 timers arealnedbør i felt B1 .

Det er beregnet arealnedbør for felt B1 (3500 kv.km) i perioden 1900-1986 ved aritmetisk midling av nedbør fra stasjon 5025 Tysse, 5035 Samnanger, 5056 Bergen-Fredriksberg, 5147 Bulken, 5270 Masfjorden og 5293 Brekke i Sogn . Beregnet arealnedbør ved vekting basert på Thiessen-polygoner ble utført for 22 tilfeller og økte arealnedbørsummene med ca. 7 % i middel i forhold til de aritmetiske middel . Det ble ikke foretatt korreksjon for høydeavhengighet . Vektene anvendt på de ulike stasjoner er gitt i appendix A . 40 tilfeller ga 1 døgns arealnedbør over 80 mm mens 20 tilfeller ga 2 døgns arealnedbør over 130mm . De maksimale verdier er 133 mm (1 døgn , 27.11.1940) og 202 mm (2 døgn , 11.10.1953).

Maksimale duggpunktdata er avlest fra hel kurve i figur 3.2 , forskjøvet 10 - 15 dager mot varmere årstid . Kurven er opptegnet på grunnlag av månedlige maksimale duggpunkttemperaturer fra 6 stasjoner i eller nær felt B1 . Maksimering mht. fuktighet resulterte i 261 mm som maksimal påregnelig 24 timers nedbørsum i felt B1 (se tabell 3.4) . Nedbørepisoden 27.09.1963 er identisk for felt A1 og felt B1 . Dersom vindmaksimeringsfaktoren 1.25 fra Hellisøy fyr (se kapittel 3.1.4) godtas som første tilnærming , får vi maksimal påregnelig 24 timers nedbørsum lik 326 mm .

Middelverdi for faktoren W_2/W_1 var 1.52 med standardavvik 0.35 og maksimal verdi 2.16 , fra september 1963 .

3.1.6 Årstidsfordeling av ekstreme nedbørepisoder .

87 nedbørepisoder i perioden 1900 - 1987 har gitt observert 1 døgns nedbørsum over 100 mm på Samnanger . Årstidsfordelingen av de 87 episoder bør være svært representativ for felt A1 og rimelig godt representativ for felt B1 . Hyppighetsfordelingen i figur 3.3A viser et maksimum i oktober med 18 av 87 episoder , fulgt av januar (15) og februar (14) . Det er ikke observert døgnssummer over 100 mm i mai og juni på Samnanger . De høyeste observerte 1- og 2 døgnssummer i hver måned er gitt i figur 3.3B (skraverte 1 døgnssummer). Årstall for de høyeste observasjoner er notert månedsvis under stolpediagrammet .

Anvendelse av NERC-metoden (se <4> , <11>) på ekstreme nedbørdata i hver enkelt måned , viser at oktober har høyest M5-verdi og dermed høyest 24 timers PMP i felt A1 og felt B1 . September , november og januar har nær de samme 24 timers PMP-verdier mens vesentlig lavere PMP-verdier gjelder fra mars til august .

Resultatene ved maksimering i punkt 3.1.3 viste imidlertid at de maksimale påregnelige 24 timers nedbørsummer ble oppnådd ved nedbør-episoder ultimo juli eller august på Samnanger . Dette kan tyde på at WMO-metoden gir overmaksimering i juli og august . Vi bemerket i punkt 3.1.3 at WMO-metoden er lite egnet til å maksimere punktnedbør . Resultatene i punktene 3.1.4 og 3.1.5 viste at maksimal påregnelig 24 timers nedbør ble oppnådd ultimo september i felt A1 og B1 hvilket er i tråd med resultater fra NERC-metoden .

3.1.7 Arealreduksjonsfaktorer (ARF) .

Det ble beregnet ARF for 26 nedbørepisoder i felt A1 (250 kv.km) og 22 episoder i felt B1 (3500 kv.km). Arealnedbøren i samtlige episoder ble beregnet ved vektning av nedbørstasjonene i eller nær det spesifiserte felt ut fra opptegning av Thiessen-polygoner i feltet (se vektene i appendix A) . ARF ble fastsatt som forholdstallet mellom 1 døgns arealnedbørsum for feltet og den høyeste observerte 1 døgns nedbørsum for stasjon i feltet . Dette ga en slags "fixed area" ARF (se f.eks. kapittel 5 i <4>) . Den beregnede arealnedbør og i enda større grad høyeste punktnedbør er underestimert av de "virkelige" nedbørverdier fordi lavtliggende stasjoner ikke gjengir orografiens nedbørintensivering godt nok .

I felt A1 (250 kv.km) ga 26 nedbørepisoder midlere ARF lik 0.79 med standardavvik 0.06 og spredningsområde 0.63 - 0.90 (se tabell 3.5) . Dette er i nær overensstemmelse med midlere "storm centred" ARF funnet på Vestlandet i rapporten <4> , nemlig 0.84 med standardavvik 0.07 (10 episoder) . I felt B1 (3500 kv.km) ga 22 nedbørepisoder midlere ARF lik 0.66 med standardavvik 0.08 og spredningsområde 0.54-0.80 (se tabell 3.6) . I <4> ble det funnet ARF tilnærmet lik 0.73 med standardavvik 0.07 (10 episoder) . De to metodene til å beregne ARF er vesentlig forskjellige og verdiene er ikke direkte sammenlignbare , men vi får en test på at de beregnede ARF i dette kapittel gir fornuftige verdier .

TABELL 3.5

DATO	AM	THP	MAKSP	ARF		DATO	AM	THP	MAKSP	ARF	
26.11.1940	151.0	159.2	195.0	0.82		18.11.1967	98.0	102.3	117.2	0.87	
10.10.1953	98.2	107.8	155.6	0.69		29.09.1969	115.3	111.6	178.0	0.63	
11.10.1953	102.8	112.5	155.0	0.73		17.10.1969	89.6	92.9	111.0	0.84	
03.12.1953	78.5	84.0	113.6	0.74		25.10.1973	78.2	85.9	121.3	0.71	
06.12.1955	114.5	120.8	149.0	0.81		07.10.1975	67.5	76.5	109.3	0.70	
21.01.1957	90.8	89.7	99.8	0.90		21.11.1980	108.3	111.8	129.7	0.86	
25.10.1958	84.9	90.2	109.8	0.82		09.12.1980	85.1	91.3	117.2	0.78	
18.10.1962	86.9	90.3	105.0	0.86		21.01.1983	105.3	112.2	140.2	0.80	
27.09.1963	124.0	124.0	150.5	0.82		09.03.1983	124.7	136.0	172.8	0.79	
29.07.1964	98.0	104.0	134.4	0.77		26.10.1983	81.8	85.5	103.2	0.83	
07.09.1966	105.5	114.9	153.7	0.75		30.10.1983	78.8	82.7	103.7	0.80	
18.12.1966	100.1	110.3	156.0	0.71		01.01.1984	92.2	96.2	116.7	0.82	
06.02.1967	99.1	109.9	155.5	0.71		31.08.1984	92.1	98.2	123.0	0.80	
15.03.1967	101.4	104.5	120.2	0.87							
										MIDDEL	0.79
										STD.AVVIK	0.06

Arealreduksjonsfaktorer i felt A1 på Vestlandet . Feltareal 250 km² .

AM gir aritmetisk middel av 3 stasjoner i feltet , THP gir arealnedbør beregnet etter vekting ved Thiessen-polygoner , MAKSP gir høyeste observerte punktnedbør i feltet i hver episode og ARF er beregnet arealreduksjonsfaktor der $ARF = THP/MAKSP$. Stasjonsvekter er gitt i appendix A .

TABELL 3.6

DATO	AM	THP	MAKSP	ARF		DATO	AM	THP	MAKSP	ARF	
26.11.1940	131.9	132.7	195.0	0.68		18.11.1967	82.6	85.4	117.2	0.73	
10.10.1953	102.6	102.3	155.6	0.66		26.10.1968	75.5	92.2	115.2	0.80	
11.10.1953	99.5	104.2	155.0	0.67		17.10.1969	77.4	78.5	111.0	0.71	
06.12.1955	104.3	103.8	149.0	0.70		25.10.1973	80.6	89.4	121.3	0.74	
21.01.1957	81.9	72.2	132.8	0.54		23.09.1975	79.8	79.3	126.0	0.63	
27.09.1963	98.3	101.1	150.5	0.67		21.11.1980	81.1	103.0	129.7	0.79	
29.07.1964	94.8	93.3	140.8	0.66		21.01.1983	86.8	96.4	140.2	0.69	
07.09.1966	88.0	88.2	162.4	0.54		09.03.1983	96.7	115.5	172.8	0.67	
18.12.1966	96.5	98.7	156.0	0.63		26.10.1983	90.4	85.1	130.2	0.65	
06.02.1967	91.1	93.0	169.6	0.55		30.10.1983	79.0	93.6	138.6	0.68	
15.03.1967	78.2	90.5	149.9	0.60		31.08.1984	70.5	83.3	123.0	0.68	
										MIDDEL	0.66
										STD.AVVIK	0.08

Arealreduksjonsfaktorer i felt B1 på Vestlandet. Feltareal ca. 3500 km² .

Tabellforklaring som for tabell 3.5 . Stasjonsvekter i appendix A .

3.2 Maksimering av ekstreme nedbørepisoder på Østlandet .

3.2.1 Innledning .

Vi har testet "WMO-metoden" på nedbørfeltet til Trysil-elva-Lutufallet ved å beregne maksimert 24 timers punkt- og arealnedbør . Maksimering mht. til fuktighet ble utført for et punkt (stasjon 0060 Gløtvola) og to felt (A2 og B2 spesifisert i figur 3.1) . Det ble beregnet ARF for de to felt samt at årstidsfordeling av observerte ekstreme nedbørepisoder ble undersøkt .

3.2.2 Observerte 24 timers nedbør (OBS24) .

Vi fastsatte OBS24 ved hjelp av 12 timers observasjoner fra stasjonene 0019/0020 Trysil , 0070 Drevsjø og 1040 Røros samt Plumatic data fra 0020 Trysil i perioden 1967 - 1974 .

I tabell 3.7 er 21 nedbørepisoder oppsummert ved dato og forholdstallene F1 og F2 som for tabell 3.1 i kapittel 3.1 . Middelerdien av forholdstallet F1 ble 1.126 med standardavvik 0.122 og spredningsintervall 1.000 - 1.448 . F1-verdien er lik faktoren 1.13 som WMO anbefaler brukt til å skalere opp 1 døgns nedbørsum til vilkårlig 24 timers nedbørsum . Middelerdien av F2 ble 0.838 med standardavvik 0.106 og spredningsintervall 0.630 - 0.980 . Forholdstallet mellom M5(24t) og M5(2d) for stasjoner med årsnedbør mellom 600 og 800 mm fra tabell 2 i <11> var til sammenligning 0.877 .

3.2.3 Maksimering av 24 timers punktnedbør på Gløtvola .

Observasjoner i perioden 1896 - 1987 på stasjon 0060 Gløtvola har gitt 62 tilfeller med 1 døgns nedbørsum over 30 mm og 35 tilfeller med 2 døgns nedbørsum over 50 mm. Maksimal 1 døgns nedbørsum 111.5 mm ble observert 7.9.1985 mens maksimal 2 døgns nedbørsum 129.2 mm ble observert 8.9 i samme situasjon . Alle episoder med 1 døgns nedbørsum over 30 mm etter 1957 ble maksimert i tillegg til nedbørepisoder i juli 1949 , juli 1950 , juli 1953 og september 1956 . Representative og maksimale duggpunkttemperaturer fra stasjon 0070 Drevsjø ble benyttet ved maksimeringen . Årstidsvariasjon i maksimalt duggpunkt på Drevsjø er den stiplede kurven i figur 3.4 (fra april til november; reduksjon til havnivå er foretatt) . Maksimum 19.7 grader Celsius er observert ultimo juli basert på datarekke etter 1957 . Kurven har en underlig knekk fra ultimo juli til primo august og lengre datarekke vil nok gi et jevnere forløp på kurven fra juli til september .

Tabell 3.8 gir resultater fra maksimering av 14 nedbørepisoder . Maksimal påregnelig 24 timers nedbørsum for Gløtvola ble ekstreme 399 mm fra situasjonen 7.9.1985 mens nest høyeste resultat var 242 mm fra 13.9.1956 . I de to situasjoner ligger de representative duggpunkt hhv. 12 og 10 grader Celsius under maksimalt duggpunkt for årstiden slik at duggpunkt 17 grader C kan virke urealistisk høyt som maksimal verdi under ekstremepisoder primo september . Middelerdi på faktoren W2/W1 ble 2.41 med standardavvik 0.60 og maksimalverdi 3.41 oppnådd september 1985 . Til sammenligning ble middelerdien på Samnanger 1.55 med 2.21 som maksimalverdi .

TABELL 3.7

DATO	F1	F2	DATO	F1	F2
02.07.1949	1.200	0.738	20.10.1970	1.103	0.898
27.07.1950	1.094	0.630	14.06.1972	1.339	0.681
05.07.1953	1.038	0.793	20.05.1973	1.026	0.980
13.09.1956	1.183	0.776	09.07.1973	1.020	0.890
02.07.1960	1.035	0.905	21.07.1973	1.225	0.766
17.08.1960	1.448	0.744	27.07.1981	1.032	0.970
01.04.1962	1.123	0.894	28.05.1984	1.167	0.696
30.08.1964	1.043	0.980	07.09.1985	1.050	0.906
21.09.1964	1.047	0.930	08.06.1986	1.000	0.980
28.07.1965	1.100	0.833	17.05.1987	1.037	0.851
			17.06.1987	1.316	0.778
MIDDEL	1.126	0.838	MINIMUM	1.000	0.630
STD. AVVIK	0.122	0.106	MAKSIMUM	1.448	0.980

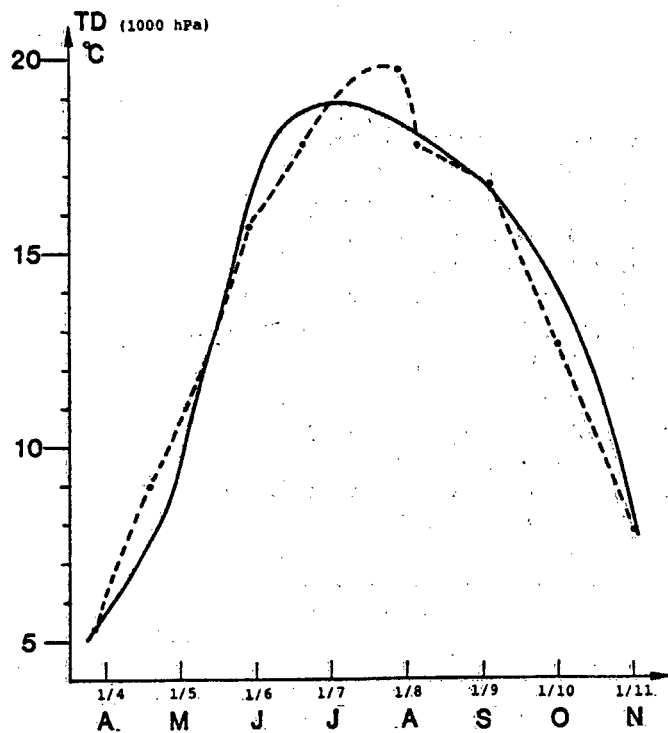
Forholdstall F1 og F2 mellom observert 24 timers nedbørsum og hhv. 1- og 2 døgns nedbørsummer på Østlandet . Middell , std.avvik , maksimum og minimum er basert på de 21 nedbørepisoder ovenfor .

TABELL 3.8

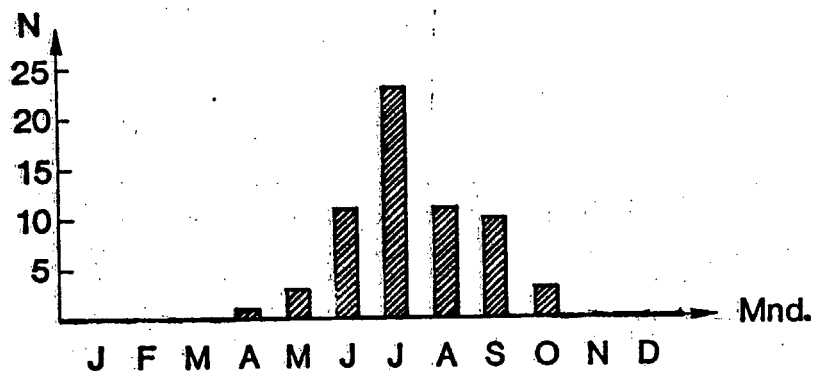
DATO	R1 (mm)	R2 (mm)	O24 (mm)	TD1 (mm)	TD2 (mm)	KONV. (m)	W1 (mm)	W2 (mm)	W2/W1	Rm (mm)
06-08.09.85	111.5	129.2	117	4.6	17.0		9.1	31.0	3.41	399
11-13.09.56	74.1	118.2	92	7.3	17.0		11.8	31.0	2.63	242
27-29.07.65	48.8	57.2	54	9.0	19.7		13.5	39.3	2.91	157
20-22.09.64	46.9	56.6	53	6.0	16.0		10.5	28.5	2.71	144
26-28.07.50	57.1	98.7	62	12.0	19.7		19.0	39.3	2.07	128
31.6-2.7.60	36.7	42.0	38	7.0	19.3		11.5	37.7	3.28	125
03-05.07.73	58.5	65.6	61	13.6	19.5	8500	21.6	38.5	1.78	109
28-30.08.64	34.9	36.2	36	6.5	17.0		11.0	31.0	2.82	102
19-21.05.73	33.7	35.8	35	5.4	16.0		9.9	28.5	2.88	101
07-09.06.86	58.0	58.9	58	12.6	18.6		20.2	35.3	1.75	101
20-22.07.73	50.4	62.3	55	13.9	19.7		21.9	39.3	1.79	99
17-19.05.87	35.3	41.1	37	6.5	15.7		11.0	26.7	2.43	90
08-10.07.73	40.7	68.8	52	14.0	19.3		22.0	37.7	1.71	89
31.6-2.7.49	36.4	49.3	44	14.4	19.3		23.2	37.7	1.63	72

Maksimert punktnedbør på Østlandet ved stasjon 0060 Gløtvola .
Stasjonens høyde over havet er 696 m .

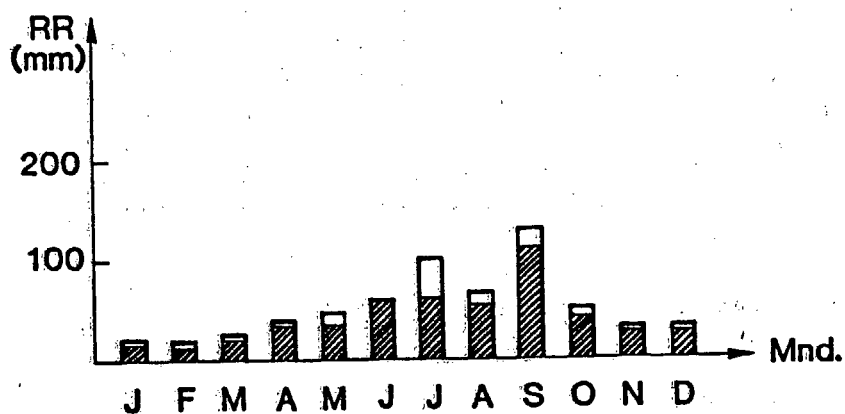
Tabellforklaring som for tabell 3.2 .



FIGUR 3.4 Maksimale døgnmiddel av duggpunkttemperatur (°C) benyttet for Gletvola (stiplet kurve) og felt A2 og B2 (hel kurve).



FIGUR 3.5A Hyppighetsfordeling av observerte ekstreme nedbørepisoder der 1 døgns nedbørsum på Gletvola er større/lik 30 mm . Totalt 62 nedbørepisoder .



FIGUR 3.5B Største månedsvise 1- og 2 døgns nedbørsummer (mm) på Gletvola i perioden 1895 - 1987 . Skravert 1 døgnssum .

3.2.4 Maksimering av 24 timers arealnedbør i felt A2 .

Observasjoner i perioden 1949-1987 i felt A2 (2000 kv.km) har gitt 15 tilfeller med beregnet 1 døgns arealnedbør over 30 mm og 11 tilfeller med 2 døgns arealnedbør over 50 mm . De maksimale verdier er hhv. 70 mm (1 døgn, 7.9.85) og 99 mm (2 døgn, 13.9.56) . Stasjonsvektene benyttet ved beregning av arealnedbør er gitt i appendix A . Det er ikke foretatt korreksjon for høydeavhengighet av arealnedbøren . Maksimale duggpunkttemperaturer ble avlest fra hel kurve i figur 4.2 , forskjøvet 10-15 dager mot varmere årstid . Kurven er basert på månedlige maksimale duggpunkt fra 5 stasjoner i eller nær felt B2 . Fuktighetsmaksimering ga 234 mm som maksimal påregnelig 24 timers nedbørsum i felt A2 (se tabell 3.9), oppnådd 7.9.1985. Middelerverdi for faktoren $W2/W1$ ble 2.18 med standardavvik 0.69 og maksimalverdi 3.16 fra september 1985 .

3.2.5 Maksimering av 24 timers arealnedbør i felt B2 .

Observasjoner fra perioden 1949-1987 i felt B2 (5250 kv.km) har gitt 11 tilfeller med beregnet 1 døgns arealnedbør over 30 mm og 6 tilfeller med 2 døgns arealnedbør over 50 mm . De maksimale verdier er hhv. 50 mm (1 døgn, 13.9.56) og 90 mm (2 døgn, 13.9.56). Stasjonsvektene anvendt ved arealnedbørberegningene er gitt i appendix A .

De maksimale duggpunkt ble avlest fra samme kurve som for felt A2 (figur 3.4) . Maksimal påregnelig 24 timers nedbørsum ble 164 mm (se tabell 3.10) etter maksimering av 15 episoder (oppnådd i september 1956) . Episoden 7.9.1985 ga maksimal nedbør i en sone fra de midtre deler av felt B2 og mot sørøst . Transposisjon av nedbørepisoden inn i felt B2 ga O24 lik 65 mm og med maksimeringsfaktor 3.11 ble PMP lik 202 mm , 38 mm høyere enn største verdi uten transposisjon . Middelerverdi for $W2/W1$ var 2.01 med standardavvik 0.59 og maksimalverdi 3.11 fra september 1985 .

3.2.6 Årstidsfordeling av ekstreme nedbørepisoder .

62 nedbørepisoder i perioden 1896 - 1987 har gitt observert 1 døgns nedbørsum over 30 mm på Gløtvola . Endring med årstidene på stasjonen bør være godt representativ for felt A og rimelig godt representativ for felt B2 . Hyppighetsfordelingen i figur 3.5A viser maksimum i juli med 23 av 62 episoder , fulgt av juni (11) og august (11) . Det er ikke observert døgnsommer over 30 mm fra november til og med mars på Gløtvola . De høyeste observerte 1- og 2 døgnsommer i hver måned er gitt i figur 3.5B (1 døgnsommer er skravert)

NERC-metoden viser at juli har størst M5-verdi og dermed størst PMP i felt A2 og B2 , mens juni , august og september har litt lavere PMP . Det er betydelig lavere PMP fra oktober til og med mai . Resultatene av maksimeringen i punktene 3.2.3- 5 viste at de maksimale påregnelige 24 timers nedbørsummer ble oppnådd primo september .

TABELL 3.9

DATO	RA1 (mm)	TH2 (mm)	RA2 (mm)	TH2 (mm)	O24 (mm)	TD1 Cel	TD2 Cel	KONV (m)	W1 (mm)	W2 (mm)	W2/W1	RAm (mm)
06-08.09.85	72.2	70.0	83.1	80.2	74	5.3	17.0	8500	9.8	31.0	3.16	234
11-13.09.56	61.4	60.3	99.4	98.5	76	8.4	16.8		12.9	30.3	2.35	179
27-29.07.65	41.8	43.0	51.9	54.8	47	7.6	18.6		12.1	35.3	2.92	137
19-21.05.73	32.2	32.3	37.2	38.1	37	5.4	17.0		9.9	31.0	3.13	116
31.6-2.7.60	31.5	31.5	41.8	41.1	37	7.0	18.4		11.5	34.7	3.02	112
26-28.07.50	51.0	49.2	84.6	82.0	54	11.4	18.6		17.5	35.3	2.02	109
19-21.09.64	32.3	34.0	39.1	40.8	38	6.0	16.0		10.5	28.5	2.71	103
07-09.06.86	57.2	56.9	59.1	58.8	58	12.5	18.7		20.0	35.6	1.78	103
08-10.07.73	41.9	40.4	74.1	72.5	65	14.2	18.8		22.6	35.9	1.59	103
16-18.06.87	25.5	25.7	47.2	48.7	38	9.0	18.8		13.5	35.9	2.66	101
03-05.07.53	55.0	54.7	58.2	59.0	57	12.9	18.5		20.8	35.0	1.68	96
20-22.07.73	43.7	41.5	55.4	53.4	53	13.7	18.8		21.7	35.9	1.65	88
31.6-2.7.49	29.2	29.6	44.0	43.8	36	14.0	18.4		22.2	34.7	1.56	56
25-27.07.81	29.2	29.2	37.8	38.9	38	15.0	18.6		25.0	35.3	1.41	54
30.3-1.4.62	31.6	31.6	38.5	38.7	35	6.8	6.8		11.3	11.3	1.00	35

Maksimert arealnedbør i felt A2 på Østlandet. Feltareal er ca. 2000 km².
Midlere felthøyde over havet er ca. 700 m. Stasjonsvekter i appendix A.

Tabellforklaring som i tabell 3.3.

TABELL 3.10

DATO	RA1 (mm)	TH1 (mm)	RA2 (mm)	TH2 (mm)	O24 (mm)	TD1 Cel	TD2 Cel	KONV (m)	W1 (mm)	W2 (mm)	W2/W1	RAm (mm)
11-13.09.56	50.1	50.0	87.9	89.8	70	8.4	16.8	8500	13.4	31.4	2.34	164
06-08.09.85	32.3	44.2	43.0	53.4	48	5.3	17.0		10.3	32.0	3.11	149
27-29.07.65	34.6	38.9	41.5	48.1	43	7.6	18.6		12.6	36.8	2.92	126
08-10.07.73	36.7	38.6	65.0	69.0	61	14.2	18.8		23.6	37.4	1.58	97
26-28.07.50	41.0	42.3	70.9	72.9	46	11.4	18.6		18.2	36.8	2.02	93
07-09.06.86	41.3	44.7	43.9	50.2	49	12.5	18.7		21.0	37.1	1.77	87
03-05.07.53	48.4	49.1	54.0	56.0	51	12.9	18.5		21.8	36.5	1.67	85
20-22.07.73	39.9	38.4	46.0	47.2	47	13.7	18.8		22.7	37.4	1.65	78
18-20.10.70	19.5	19.7	31.8	32.2	29	3.0	12.5		8.0	21.0	2.63	76
12-14.06.72	19.3	19.8	38.5	39.5	27	9.0	18.8		14.0	37.4	2.67	72
15-17.08.60	19.7	19.3	36.0	37.3	28	9.5	18.0		15.0	33.5	2.23	63
31.6-2.7.49	29.8	30.9	43.8	44.9	37	14.0	18.4		23.2	36.3	1.56	58
26-28.05.84	25.4	25.6	35.7	34.3	30	13.0	18.0		22.0	33.5	1.52	46
25-27.07.81	26.0	26.2	29.1	32.8	32	15.0	18.6		26.0	36.8	1.42	45
30.3-1.4.62	28.5	30.2	34.8	36.7	34	6.0	6.8		11.0	11.8	1.07	36

Maksimert arealnedbør i felt B2 på Østlandet. Feltareal er ca. 5250 km².
Feltets middelhøyde over havet er ca. 600 m. Stasjonsvekter i appendix A.

Forklaring til tabellen som for tabell 3.9.

3.2.7 Arealreduksjonsfaktorer .

Vi beregnet ARF for 15 nedbørepisoder i felt A2 (2000 kv.km) og felt B2 (5250 kv.km) . Arealnedbøren ble estimert ved vekting av nedbørstasjoner med vektenheter gitt i appendix A . ARF ble fastsatt på samme måte som for feltene på Vestlandet , men pga. at felt B2 på Østlandet er betydelig mer langstrakt vil forholdstallene lett bli for lave i de situasjoner der høyeste stasjonsverdi ligger i feltets yttergrenser mot sør eller nord . En del av de beregnede ARF i tabellene 3.11 og 3.12 vil derfor gi betydelig lavere verdier enn ARF beregnet ved metodene beskrevet i < 4 > .

I felt A2 (2000 kv.km) fikk vi midlere ARF lik 0.79 med standardavvik 0.09 og spredningsområde 0.61 - 0.93 . Dette er i nær overensstemmelse med tidligere beregninger av midlere ARF på Østlandet (se rapport <4>) , nemlig 0.80 med standardavvik 0.11 . I felt B2 (5250 kv.km) ble midlere ARF lik 0.65 med standardavvik 0.13 og spredningsområde 0.39-0.89. Da vi fjernet 5 situasjoner som pga. nedbørmønsteret ga for lave ARF etter vår beregningsmetode , fikk vi midlere ARF lik 0.71 med standardavvik 0.09 . Dette er nær verdien 0.73 funnet i rapporten <4> for 10 episoder med høy 1 døgns nedbør .

TABELL 3.11

DATO	AM	THP	MAKSP	ARF
02.07.49	29.2	29.6	36	0.82
27.07.50	51.0	49.2	59	0.83
05.07.53	55.0	54.7	60	0.91
13.09.56	61.4	60.3	84	0.72
02.07.60	31.5	31.5	42	0.76
01.04.62	31.6	31.6	34	0.93
21.09.64	32.3	34.0	47	0.72
28.07.65	41.8	43.0	50	0.86
20.05.73	32.2	32.3	39	0.82
09.07.73	41.9	40.4	52	0.78
21.07.73	43.7	41.5	50	0.83
27.07.81	29.2	29.2	33	0.88
07.09.85	72.2	70.0	112	0.63
08.06.86	57.2	56.9	73	0.78
17.06.87	25.5	25.7	42	0.61
MIDDEL				0.79
STD.AVVIK				0.09

Arealreduksjonsfaktorer i felt A2 på Østlandet. Feltareal ca. 2000 km².

Stasjonsvekter er gitt i appendix A . Tabellforklaring som for tabell 3.5 .

TABELL 3.12

DATO	AM	THP	MAKSP	ARF
02.07.49	29.8	30.9	40	0.77
27.07.50	41.0	42.3	82	0.52 *
05.07.53	48.4	49.1	96	0.51 *
13.09.56	50.1	50.0	80	0.63
17.08.60	19.7	19.3	24	0.80
01.04.62	28.5	30.2	34	0.89
28.07.65	34.6	38.9	68	0.57 *
20.10.70	19.5	19.7	31	0.64
14.06.72	19.3	19.8	29	0.68
09.07.73	36.7	38.6	63	0.61
21.07.73	39.9	38.4	70	0.55 *
27.07.81	26.0	26.2	33	0.79
28.05.84	25.4	25.6	36	0.71
07.09.85	32.3	44.2	112	0.39 *
08.06.86	41.3	44.7	73	0.61
MIDDEL		(MED *)	0.65	
		(UTEN *)	0.71	
STD.AVVIK		(MED *)	0.13	
		(UTEN *)	0.09	

Arealreduksjonsfaktorer i felt B2 på Østlandet. Feltareal ca. 5250 km².

Episoder merket * har de mest underestimerte ARF . Middell og standardavvik er beregnet for 15 episoder (med *) og for 10 episoder (uten *) .

Tabellforklaring som for tabell 3.5 . Stasjonsvekter gitt i appendix A .

4 . STATISTISKE METODER FOR BEREGNING AV EKSTREM NEDBØR .

4.1 Hershfields metode .

Til beregning av PMP fra serier av nedbørdata fra individuelle målestasjoner blir en statistisk metode utviklet av D.M. Hershfield mye brukt internasjonalt . Metoden er bl.a. beskrevet i WMO-manualen for PMP-beregning < 2> . I denne metoden blir PMP beregnet ved formelen :

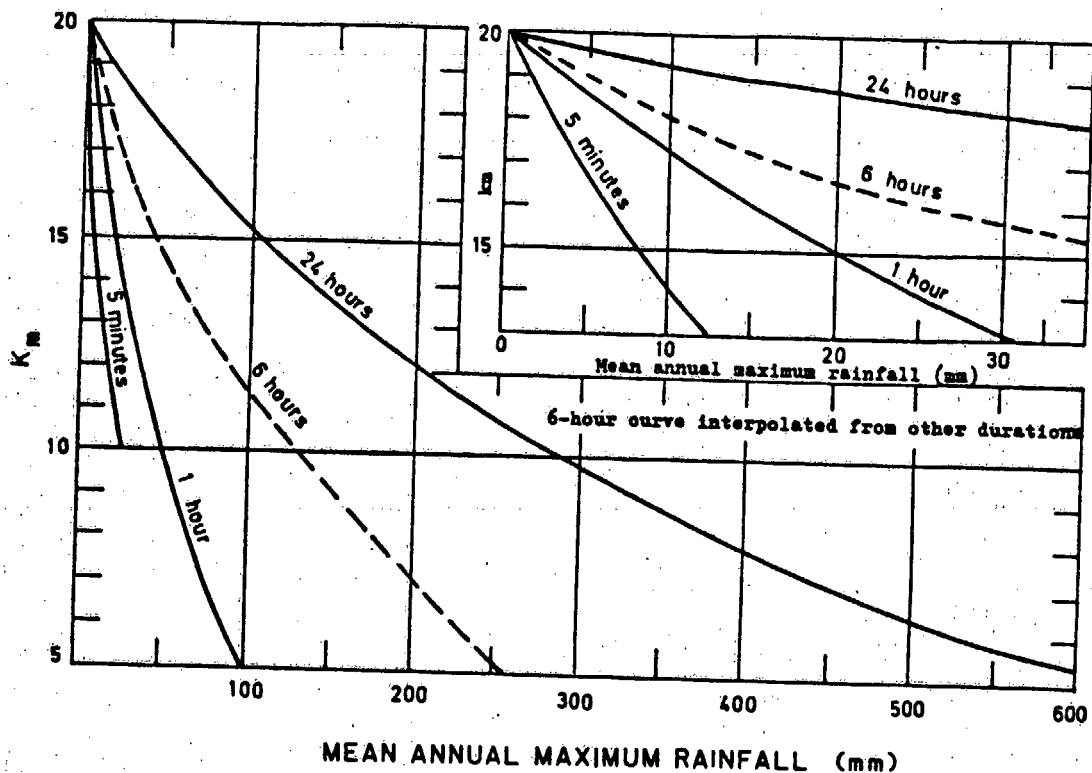
$$PMP \sim \bar{P} + K_m * S_p^m$$
 der \bar{P} og S_p^m er h:h.v. middelværdi og standardavvik av de årlige maksimale nedbørverdier på en stasjon, og K_m er en faktor som avhenger av nedbørvarighet og størrelse på \bar{P} . For 1 døgn nedbør på norske stasjoner varierer \bar{P} fra ca. 20 mm (1566 Skjåk) til ca. 110 mm (5035 Samnanger). Fig 4.1 viser at dette svarer til K_m verdier i intervallet 15 - 19 .

I Hershfields metode er det lagt inn justeringsfaktorer for "outlier"-verdier , justering for sampelstørrelse , og omregningsfaktorer fra faste måletidspunkt (f.eks. 1 , 2 , 4 ganger pr. døgn) til vilkårlig 24 timers periode .

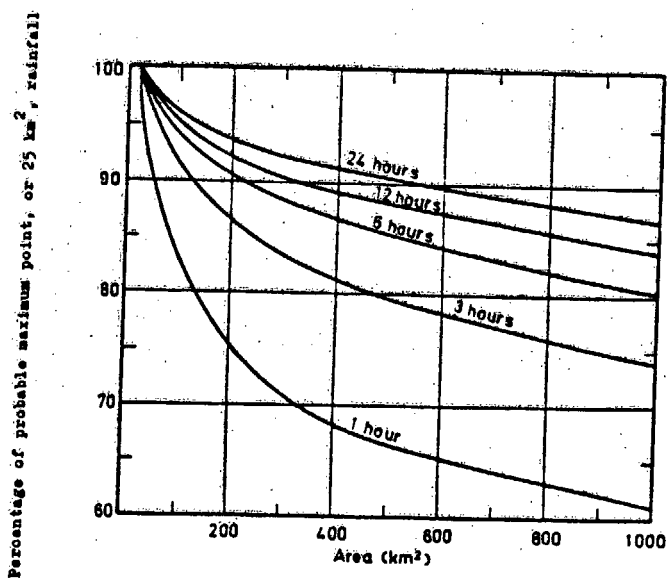
Hershfields metode gir estimat av punktverdier av PMP . For omregning til arealverdier blir det benyttet arealreduksjonskurver tilsvarende dem som er gjengitt i figur 4.2 a . Det blir presisert at slike kurver må brukes med stor forsiktighet , og at de blir usikre for areal på over 1000 km² .

Dersom det ikke foreligger nedbørverdier med finere tidsoppløsning enn 24 timer , blir PMP-verdiene for kortere varigheter interpolert fra kurver tilsvarende figur 4.2 b.

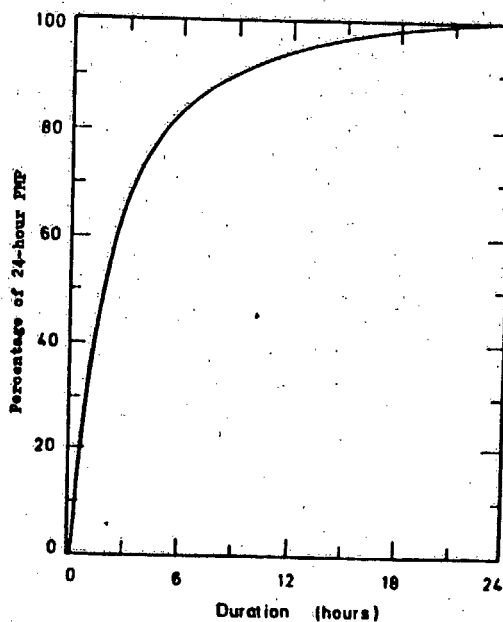
I WMO-manualen for PMP-beregninger (<2>, side 108) blir det redegjort for endel svakheter ved Hershfields metode . Det fremgår f.eks. at Hershfields K_m kan være for lave i noen områder og for høye i andre . Generelt har Hershfields metode en tendens til å gi lavere PMP-verdier enn meteorologiske metoder (som f.eks. den beskrevet i kapittel 2) . Arealreduksjonsfaktorer (figur 4.2 a) og nedbørhøyde-/nedbørvarighets kurver (figur 4.2 b) bør fortrinnsvis baseres på data fra regionen PMP-beregningene skal foretaes for . Det blir til slutt presisert at PMP-estimat med Hershfields metode gir en enkel og rask måte å beregne PMP på , men at estimatene generelt "... are not considered as reliable as those obtained by use of procedures based on a comprehensive meteorological analysis . Every effort should be made to complete additional studies to support the results obtained by statistical procedures . This is particularly true in regions with short records" .



FIGUR 4.1 K som funksjon av nedbørvarighet og midlere årlige maksimale nedbørverdier ifølge Hershfields metode < 2 > .



FIGUR 4.2a Arealreduksjonsfaktorer for varigheter 1 - 24 timer ifølge Hershfields metode < 2 > .



FIGUR 4.2b Nedbørhøyde-nedbørvarighetskurve for varigheter opptil 24 timer i prosent av 24 timers PMP ifølge Hershfields metode < 2 > .

4.2 "SMHI-metoden"

Ved Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut (SMHI) er nedbør-observasjonene i Sverige for tidsrommet 1881 - 1985 gjennomgått for å plukke ut store 24-timers nedbørverdier over areal på h.h.v. 1000 og 10 000 km² <12> . I SMHI's analyse er maksimal 24 timers nedbør beregnet som en andel av 2-dagers nedbør . Arealnedbøren er fastlagt ved planimetrering av isohyetkart . Isohyetene er basert på de målte verdier , og det er ikke tatt hensyn til topografiens innvirkning på nedbørfordelingen . Det presiseres derfor i rapporten at ettersom årsnedbøren i Sverige øker med 10-20 prosent pr. 100 m høydeøkning , kan den virkelige arealnedbør i fjellområder være vesentlig høyere enn den analyserte . Årstidsfordelingen av de største areale nedbørverdier over 1000 og 10 000 km² , viste en tydelig konsentrasjon om perioden juni-september .

Tabell 4.1 gir en oppsummering av de største areale nedbørverdier som er observert i Sverige . Det fremgår at over 1000 km² var maksimalverdien ca. 150 mm og over 10 000 km² ca. 110 mm .

Tabell 4.1 STØRSTE OBSERVERTE AREALE NEDBØRVERDIER I SVERIGE .
(Områder: KS=Kyst & Sør-Sverige, IF=Innland & Fjelltrakter)

OMRÅDE	24 timers nedbør 1926-1985		To-døgns nedbør 1881-1925	
	Areal (km ²)		Areal (km ²)	
	1 000	10 000	1 000	10 000
KS	150	112	140	120
IF	110	82	140	100

For å få et grovt mål for gjentaksintervall ble følgende resonnement fulgt : Den høyeste nedbørverdi over 1000 km² i løpet av de siste 60 år er 150 mm . Denne verdi er basert på data fra et område på ca. 200 000 km² . Dette areal kan tenkes sammensatt av 200 delareal som hver er på 1000 km² . Sannsynligheten for at et visst område med areal på 1000 km² skal treffes av en slik 60 års-nedbørepisode er $1/60 \cdot 1/200 = 1/12\ 000$. En 24-timers nedbørepisode som gir 150 mm nedbør over et gitt 1000 km² stort nedbørfelt kan derfor grovt sett antas å ha et gjentaksintervall på ca. 12 000 år . På tilsvarende måte representerer verdien 110 mm for areal på 10 000 km² et gjentaksintervall på 1200 år .

Dersom det også inkluderes en episode i sydvestre del av Finland som i august 1967 ga arealnedbør på 165 mm over et område på 1000 km² , og antas at dette er den verste nedbørepisode som har intruffet der i de siste hundre år , samt at denne delen av Finland (ca. 200 000 km²) har et nedbørklima som er sammenlignbart med Sverige , - kan man med lignende resonnement anslå at for 1000 km² har en areal nedbørmengde på 165 mm et gjentaksintervall på ca. 40 000 år . Det understrekes at "de redovisade återkomsttiderna endast utgör grova skattningar och att några mått på osäkerheten i dessa värden inte har kunnat beräknas" .

Analysen av nedbørepisoder i Sverige viste at alle meteorologiske skalaer var representert i materialet , slik at et område med ekstremt stor nedbør kunne ha praktisk talt hvilken som helst størrelse fra 1 km² til over 10 000 km² . Arealreduksjonsfaktoren fra punktverdi til areal på 1000 km² var 0.87 for de 13 tilfeller som hadde gitt minst 110 mm ; og 0.70 for de 11 episodene som hadde arealnedbør på over 80 mm innen et område på 10 000 km² .

4.3 "DNMI-metoden"

Ved Det norske meteorologiske institutt (DNMI) blir det ved PMP-beregninger benyttet en metode utviklet i Storbritannia i regi av National Environment Research Council (NERC). Beskrivelse av metoden som brukes i Norge og erfaringer med bruk av metoden er gitt i en rekke rapporter fra DNMI (bl.a. < 4>, <11> og <13>). Ifølge denne metoden kan påregnelige ekstreme nedbørverdier (MT) med gjentakingsintervall på T år beskrives ved hjelp av ligningen:

$$(1) MT = M5 * e^{c * ((\ln(T-0.5)-1.5))}$$

Faktoren c varierer med M5-verdi, d.v.s. med nedbørverdien med gjentakingsintervall på 5 år. For 24 timers nedbør i Norge er M5(24t)-verdi mellom 25 og 200 mm, og tilnærmet verdi for c kan da beregnes fra ligningen:

$$(2) c = 0.3584 - 0.0473 * \ln(M5)$$

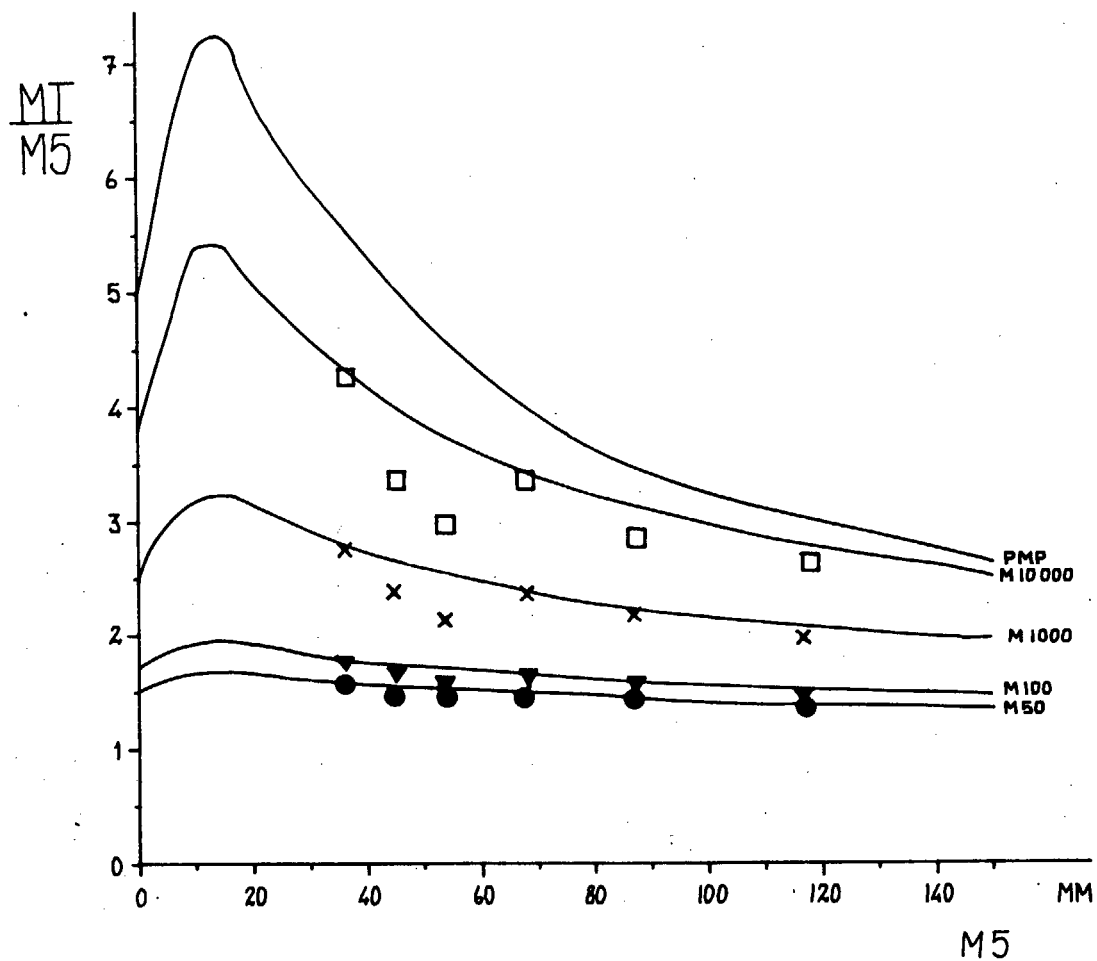
I NERC-metoden er et meget stort datamateriale (1 døgns nedbør fra over 100 000 stasjonsår) benyttet til å trekke opp omhyllingskurver i frekvensanalyse-diagram. Det ble antatt at disse omhyllingskurvene ga et mål for PMP-verdien. Det viste seg at disse PMP-verdiene lot seg beskrive som en funksjon av M5-verdien (se figur 4.3). For noen områder i Storbritannia ble PMP beregnet både ved nedbørutfellingsmetoden beskrevet i kapittel 2 og ut fra omhyllingskurver. For varigheter på 24 timer var det god overensstemmelse mellom disse estimatene.

Analysene av ekstreme norske verdier viste godt samsvar med resultatene fra Skottland og Nord-Irland, og grunntrekkene i NERC-metoden blir derfor benyttet ved de norske ekstremverdi-beregningene. Norske 24 timers M5-verdier er fremstilt på kartform (figur 8 og 9 i < 4>), slik at påregnelige nedbørverdier kan beregnes (for eksempel fra figur 4.3 eller lign. (1) og (2)) for vilkårlige punkter i Norge.

Ved hjelp av kart og nomogram er det i < 4> og <11> gitt retningslinjer for beregning av påregnelige ekstreme nedbørverdier for:

- a). Ulike gjentakingsintervall
- b). Ulike årstider
- c). Ulike varigheter (6 - 192 timer)
- d). Ulike arealstørrelser (punkt - 10 000 km²).

Eksempler på beregning av påregnelige nedbørverdier for norske nedbørfelt er gitt i en rekke DNMI-Fagrappporter, bl.a. < 5>, < 6> og < 7>.



FIGUR 4.3 FORHOLDSTALL $MT/M5$ SOM FUNKSJON AV $M5$ -VERDI

De heltrukne kurver viser forholdstall fra Storbritannia (NERC) mens punktverdiene markerer tilsvarende norske verdier (fra (1)) for T lik hhv. 50 (●) , 100 (▼) , 1000 (x) og 10000 (◻) år .

5 . SAMMENLIGNING AV MAKSIMAL OBSERVERT NEDBØR OG 100-ÅRS NEDBØR MED PMP I USA OG NORGE .

5.1 Innledning .

For USA er det foretatt en oppsummering av nedbørepisoder der punkt- eller areal-nedbør har utgjort mer enn 50% av PMP-verdien <14> . De største observerte nedbørverdier (uansett årstid) ble sammenlignet med helårs verdien av PMP . Maksimale punktverdier ble sammenlignet med PMP for areal på 10 sqmi (26 km²) . Episoder med flere regnsentra ble splittet i to eller flere deler dersom regnsentrene lå mer enn 320 km fra hverandre .

Arealnedbøren i hver episode ble sammenlignet med generalisert PMP-verdi (fra kart) for den lokalitet som hadde størst observert punktnedbør , og altså ikke nødvendigvis ved den lokalitet som hadde høyest forholdstall mellom observert verdi og PMP . Undersøkelsene ble utført for to regioner i USA , nemlig

- a). USA øst for 105'te meridian og
- b). USA vest for kontinentalskillet (dvs. litt vest for 105'te meridian)

5.2 USA øst for 105'te meridian .

Dette området var på 5.2 mill. km² og omfattet mer enn 6500 nedbørstasjoner . Av i alt 673 episoder ("storms") som ble studert , var det 177 episoder der nedbøren for en eller flere varigheter og arealstørrelser utgjorde mer enn 50 % av PMP-verdien . Verdiene for PMP ble tatt fra generaliserte kart <15> , og forholdstall mellom maksimal observert nedbør og PMP i løpet av 6 , 12 , 24 , 48 og 72 timer ble studert for areal på 26 , 520 , 2600 , 13 000 , 26 000 og 52 000 km² . Dataseriene som de ekstreme episodene ble hentet fra var på over 100 år , og noen få av episodene var ennå eldre . (Den eldste var fra 26/07-1819 !) . En oppsummering av 24 timers verdiene for endel arealstørrelser er ekstrahert fra kartene , og gjengitt i tabell 5.1 .

Tabell 5.1 ANTALL EPISODER I USA ØST FOR 105'te MERIDIAN , MED MAKSIMAL OBSERVERT 24 TIMERS NEDBØR > 50% AV PMP-VERDI .

Arealstørrelse (km ²)	TOTAL	Forholdstall mellom maks. obs og PMP (i %)				
		≥ 50	≥ 60	≥ 70	≥ 80	≥ 90
26	673	32	16	9	5	1
520	"	40	19	8	3	0
2600	"	43	15	4	1	1
13000	"	49	14	7	0	0

Når man tar hensyn til at de 673 episodene i tabell 5.1 er hentet fra et meget stort datamateriale, og for et område på over 5 mill. km² er det bemerkelsesverdig at det er så få tilfeller der maksimal observert nedbør utgjør mer enn 50 % av PMP-verdien. Av de studerte episoder var det f.eks. bare 1 % der observert punktnedbør utgjorde mer enn 70 % av PMP-verdien.

Resultatene i rapporten viste at antall episoder med nedbør $\geq 60\%$ av PMP avtok med økende arealstørrelse (se også tabell 5.1), og også ofte med økende varighet.

5.3 USA vest for kontinentalskillet.

Det kompliserte isohyetmønster p.g.a. innvirkning av topografi i de vestlige deler av USA, gjorde det vanskelig å fremskaffe enkle kartverdier for PMP på samme måte som for de østlige stater (kap.5.2). Uten slike kart over PMP-verdier for ulike arealstørrelser og varigheter, var det "extremely time consuming" å sammenligne maksimal observert arealnedbør i vest med PMP. For de vestlige stater er det derfor bare foretatt detaljert sammenligning mellom maksimal observert punktnedbør og årsverdier av PMP for 10 sqmi (26 km²) for to varigheter, nemlig 6 og 24 timer. Det er dessuten gjort mindre detaljerte sammenligninger av 24 og 48 timers nedbør for areal på 1300 og 2600 km².

Området som ble analysert vest for kontinentalskillet var på 2.1 mill.km² og omfattet over 2100 målesteder. Av de 139 episoder med kraftig nedbør som ble studert, var det 66 episoder der punkt- eller arealnedbør utgjorde mer enn 50 % av PMP verdien for minst en av kombinasjonene av områdestørrelse og varighet. Som forventet var de observerte nedbørmengder nærmere PMP i nedbørrike områder i Sierra Nevada, enn i tørre ørkenområder lenger øst.

Tabell 5.2 ANTALL EPISODER I USA VEST FOR KONTINENTALSKEILLET, MED MAKSIMAL OBSERVERT 24 TIMERS NEDBØR $\geq 50\%$ AV PMP-VERDIEN.

Arealstørrelse (km ²)	TOTAL	Forholdstall mellom maks. obs og PMP (i %)				
		≥ 50	≥ 60	≥ 70	≥ 80	≥ 90
26	139	55	23	8	2	0
1300	"	8	4	1	0	0
2600	"	10	5	1	0	0

Også de 139 episodene i tabell 5.2 ble plukket ut fra et stort datamateriale, og når det taes hensyn til dette viser tabellen at det også i veststatene var forholdsvis få episoder der maksimal observert nedbørhøyde utgjorde mer enn 70 % av PMP-verdien. Av de utvalgte 139 episodene var det f.eks. bare 6 % der punktverdien utgjorde mer enn 70 % av PMP-verdien.

5.4 Sammenligning mellom PMP og 100 års verdi i USA .

I NOAA-rapporten <14> gjengies det kart som for varigheter på h.h.v. 6 og 24 timer , viser forholdstall mellom punktverdi ($\sim 26 \text{ km}^2$) av PMP og M100 . (M100 er nedbørverdi med gjennomsnittlig gjentakintervall på 100 år) . For USA øst for 105^{te} meridian varierer dette forholdstallet mellom 4 og 6 for 24 timers nedbør . I veststatene er variasjonene noe større , - mellom 2 og 6 for 24 timers nedbør .

Nærmere analyse av kartene for vestkysten viste at de laveste forholdstall mellom PMP og M100 forekom i områder med mye orografisk nedbør, - d.v.s. i områder der store nedbørmengder ofte opptrer i de samme punkt/områder i de fleste av episodene . De høyeste forholdstall PMP/M100 ble funnet i regioner der det sjelden forekommer store nedbørhøyder , d.v.s. tørre områder og ørkenstrøk .

5.5 Sammenligning av PMP med maks. obs. og 100 års-verdi i Norge .

For Norge foreligger det ikke systematiske beregninger av arealnedbør i enkeltepisoder . Det er derfor ikke mulig å foreta noen sammenligning av observerte og påregnelige areale nedbørhøyder . Derimot er det mulig å foreta en grov analyse for 1 døgns punktverdier .

For perioden 1895 - 1943 er de høyeste observerte 1 døgns verdiene oppsummert i <16> . Alle nedbørdata fra og med 1957 er tilgjengelige i DNMI's EDB-arkiv , og for dette arkiv er de høyeste nedbørverdier fra perioden 1957 - 1987 plukket ut . Derimot er det adskillig mer komplisert å skaffe fullstendig oversikt for perioden 1944 - 1956 . Det må derfor taes forbehold om at listen over de høyeste observerte punktverdier i Norge ikke er komplett . (Oversikt over de høyeste nedbørverdier som er målt i Norge er gitt i <11>) .

Sammenligning av de høyeste målte verdier og påregnelig maksimal nedbør i Norge er gjort på følgende måte : For stasjoner som har høye målte punktverdier i forhold til nabostasjoner er M5-verdi for 1 døgns nedbør bestemt . For stasjoner med lang datarekke er M5-verdien basert på ekstremverdianalyse . For de øvrige stasjoner er M5(24 timer) ekstrahert fra kart . Denne M5(24timer) verdien er dividert med faktoren 1.13 for omregning fra vilkårlig 24 timers periode til fiksert nedbør-døgn fra kl 08 -08 . Deretter er det estimert 1 døgns PMP-verdi svarende til disse M5-verdier . Til slutt er så kvotienten mellom maksimal observert og PMP beregnet .

På samme måte som i USA er kun de kvotienter som overstiger 0.50 plottet inn på kart (figur 5.1) . Ved tolkningen av kartet bør man være oppmerksom på at det innen et område ikke nødvendigvis er stasjonen med høyest punktverdi som har den høyeste kvotienten mellom maksimal observert og PMP-verdi .

Av de høyeste 1 døgns punktverdier i Norge er det bare 11 stasjoner som har hatt en maksimal observert verdi som utgjør mer enn 60 % av PMP-verdien, og 24 stasjoner som har hatt nedbørverdier på 50 - 60 % av PMP. De høyeste kvotienter har 3860 Mykland ($173/250 = 0.69$) og 5870 Oppstryn ($172/255 = 0.68$). Den høyeste 1 døgns nedbørhøyde i Norge ble målt ved 4790 Indre Matre 26.11.1940, og for denne verdien blir forholdstallet $\text{Maks.obs.}/\text{PMP} = 230/380 = 0.61$.

Figur 5.1 viser at det er få stasjoner på Østlandet som har hatt døgnerverdier som utgjør mer enn 50 % av PMP-verdien. Unntaket er tre stasjoner i nordlige del av Hedmark. I Nord-Norge er det fem stasjoner som har hatt kvotienter på over 50 %, nemlig 8350 Kråkmo (59 %), 8070 Glomfjord (55 %), 7785 Susendal (52 %), 8695 Alsvåg (51 %) og 8020 Lurøy (50 %). (Dersom 1 døgns verdien den 03.09.1907 fra 9907 Levajok er korrekt (se <11> side 24), blir kvotienten for denne stasjonen på Finnmarksvidda $103/175 = 0.59$).

Hvordan er så samsvaret mellom disse norske kvotientene og tilsvarende kvotienter fra USA? Til tross for lange dataserier og stort stasjonsantall, er det fullt mulig å finne delområder i USA som har større areal enn Norge, men som ikke har hatt et eneste tilfelle der maksimal observert punktverdi har oversteget 50 % av PMP-verdien (<14> figur 3). Det er imidlertid mest naturlig å sammenligne norske verdier med forholdene på USA's vestkyst. Tabell 5.2 viser at det innenfor et areal på 2.1 mill. km² bare har vært 8 tilfeller med kvotienter på over 0.70 (Noen av disse høye verdier kan skyldes at det i USA også brukes "private" målinger i analysene av ekstreme nedbørepisoder <10>).

Også i USA er det større hyppighet av kvotienter over 0.50 i områder med orografisk nedbør enn i "tørre" områder. Både størrelsesorden og geografisk fordeling av kvotienten $\text{maks.obs.}/\text{PMP}$ i Norge synes derfor å være i god overensstemmelse med resultatene fra USA. (Også en av forfatterne bak undersøkelsene i USA <14> mente at de norske PMP-verdiene lå på et realistisk nivå sammenlignet med de høyeste målte verdiene (<10> og <17>).

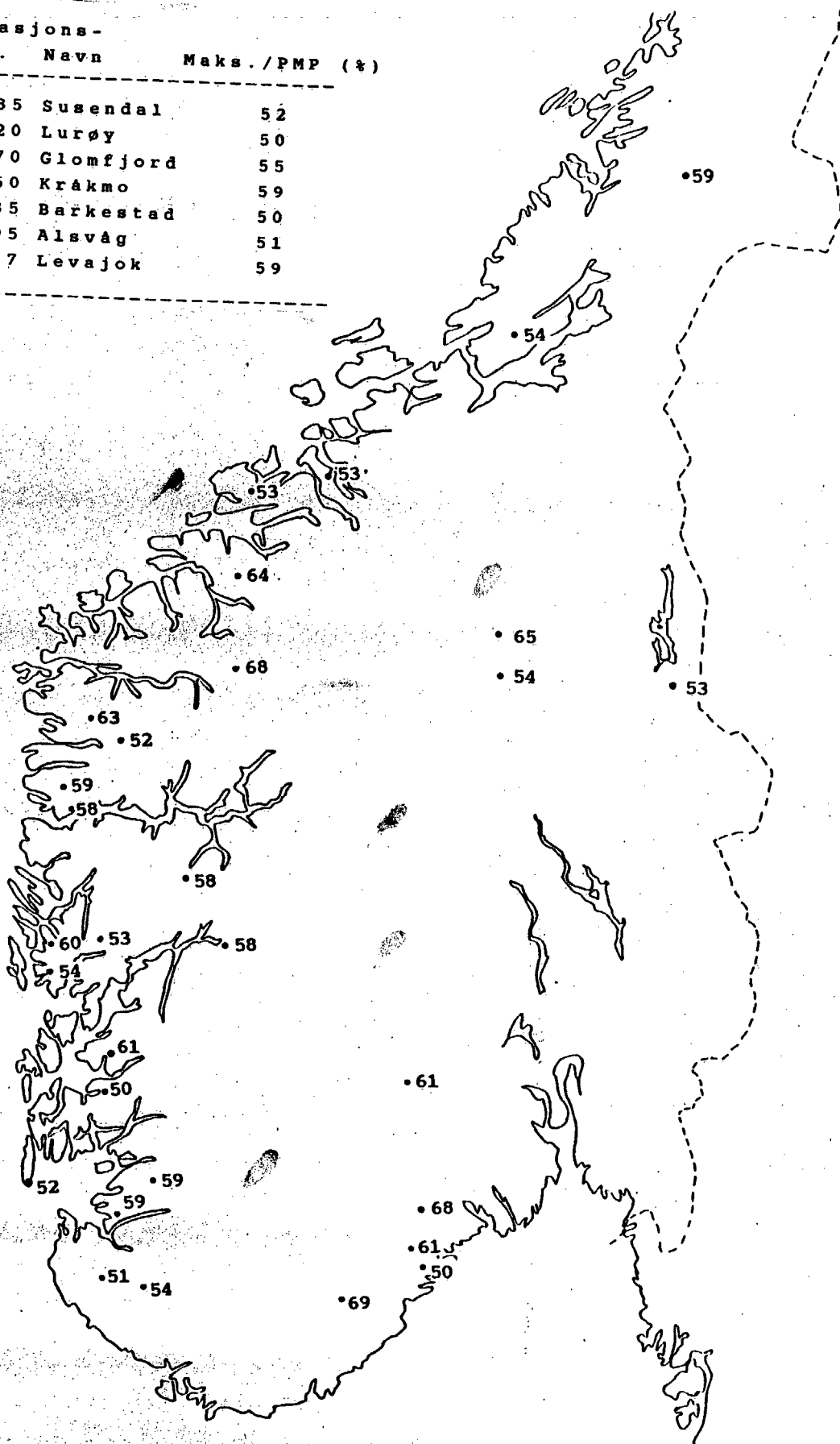
I "DNMI-metoden" er det forholdsvis enkelt å sammenligne PMP og "100 års verdi" (M100). Forholdstallet $\text{PMP}/\text{M100}$ er nemlig en funksjon av M5-verdien, som illustrert i figur 4.3. For norske stasjoner blir derfor forholdstallet som vist i tabell 5.3.

Tabell 5.3. Forholdstall mellom PMP og M100 ifølge NERC/DNMI-metoden.
PMP = Påregnelig maksimal nedbørhøyde.
M5 og M100 = Påregnelig nedbørverdi med h.h.v. 5 og 100 års gjentaksintervall.

M5 (mm)	25	30	40	50	75	100	150	200
M100 (mm)	47	56	71	86	121	154	218	280
PMP (mm)	159	178	209	236	288	328	389	460
PMP/M100	3.4	3.2	3.0	2.8	2.4	2.1	1.8	1.6

NORD-NORGE

Stasjons- Nr.	Navn	Maks./PMP (%)
7785	Susendal	52
8020	Lurøy	50
8070	Glomfjord	55
8350	Kråkmo	59
8685	Barkestad	50
8695	Alsvåg	51
9707	Levajok	59



FIGUR 5.1 Observerte punktnedbørhøyder i prosent av PMP-årsverdier .
Varighet 1 døgn . Bare kvotienter over 50 % er plottet inn
på kartet .

I de nedbørfattigste strøk på Østlandet er M5(24 timer) ca. 25 mm (se f.eks. figur 8 i < 4>), - dvs. forholdstallet PMP/M100 er ca. 3.4. Store deler av Østlandsområdet har M5(24 timer)-verdi i intervallet 40 - 50 mm, som svarer til forholdstall på 2.8 - 3.0. De mest nedbørrike områder på Sørlandet, Vestlandet og Møre har M5(24 timer)-verdi mellom 100 og 160 mm, dvs. forholdstall PMP/M100 mellom 1.8 og 2.1.

Disse forholdstall synes å være i god overensstemmelse med forholdstallene fra sammenlignbare områder på USA's vestkyst (kapittel 5.4). Der ble det funnet forholdstall på litt i underkant av 2.0 i områder med mye orografisk nedbør, - og på over 3.0 i tørre områder. (De høyeste forholdstall fra USA var på 5 - 6, men disse forekom i svært tørre områder og ørkenstrøk).

6 . SAMMENLIGNING AV ULIKE ESTIMAT AV PMP FOR TO OMRÅDER I NORGE .

6.1 Innledning .

Ingen av metodene som er beskrevet i kapittel 2 og 4 gir noen endelig "fasitverdi" for PMP . Noen slik fasitverdi finnes heller ikke . Dette understrekes også i WMO-manualen < 2 > , der det (på side XXI) står at "current knowledge of storm mechanisms and their precipitation-producing efficiency is still not enough to permit precise evaluation of limiting values of extreme precipitation . PMP estimates therefore must still be considered as approximations" , og (på side 2 i < 2 >) : "Procedures for determining PMP , whether meteorological or statistical are admittedly inexact , and the results are estimates . Different , but equally valid approaches may yield slightly different estimates of PMP" .

En svakhet ved samtlige PMP-metoder som er beskrevet ovenfor , er at de ikke gir noe mål for usikkerheten i estimatene . For å få et mål for usikkerhet , og for å undersøke i hvilken grad ulike metoder gir "slightly different estimates of PMP" har vi benyttet ulike fremgangsmåter for å estimere PMP i noen felt i Norge .

6.2 Metoder .

Til estimering av PMP har vi i kapittel 6.3 og 6.4 benyttet følgende metoder :

- a). "WMO-metoden" .
Metoden er beskrevet i kapittel 2 , og verdiene som benyttes er tatt fra kapittel 3 .
- b). "Hershfields metode" .
Metoden er beskrevet i kapittel 4.1 . Ved estimering av punktverdier er metoden anvendt direkte på dataene til en nedbørstasjon. For felt med to eller flere målesteder er det først beregnet daglige verdier for arealnedbør . Arealnedbøren er beregnet som aritmetisk middel for målestasjonene i området . Hershfields metode er så benyttet på disse døgnlige areal-nedbørverdiene .
- c) og d) . "DNMI-metoden I og II" .
Metoden er beskrevet i kapittel 4.3 . For punktestimering for en nedbørstasjon kan $M5(24t)$ beregnes direkte av dataene , og PMP beregnes som angitt i kapittel 4.3 .

For felt kan estimeringen foretaes på to måter . Standard-metoden som brukes ved DNMI's PMP-beregninger er å benytte kart til å bestemme normal årsnedbør (figur 6 i <11>) og forholdstallet $M5(24t)/PN$ (figur 9 i <4>) . Dermed kan også $M5(24t)$ beregnes , og resultatene fra denne metoden er gitt i punkt c) . Verdiene gjelder for et "representativt punkt" i feltet , og er justert til arealverdi v.h.j.a. arealreduksjons-faktorer (se figur 1 i <4>) .

Dersom det er to eller flere representative målestasjoner i feltet , er døgnlige arealnedbør beregnet ved aritmetisk midling av verdiene fra målestasjonene . $M5(24t)$ er derefter beregnet på grunnlag av disse døgnlige arealverdiene . Dersom stasjonsdekningen i feltet er gunstig , kan PMP beregnet fra disse $M5$ -verdiene antaes å gi et direkte estimat av feltets PMP . Resultatene fra denne metoden er gitt i punkt d) .

- e). "Forholdstallet Maks.obs./PMP" .
 I kapittel 5.2 og 5.3 ble det påpekt at det i USA er forholdsvis sjelden at forholdstallet mellom maksimal observert nedbør og PMP har oversteget 0.5 , og meget sjelden at det overstiger 0.9 . For et vilkårlig område i Norge , - der det ikke har forekommet ekstremt store nedbørmengder , - kan det antas at dette forholdstallet neppe har oversteget 0.5 - 0.7 . Denne betraktningssmåte er benyttet til å gi anslag av "PMP-lav" (forholdstall $F=0.7$) , "PMP-medium" ($F=0.6$) og "PMP-høy" ($F=0.5$) . Det må understrekes at denne "metoden" er meget grov , - det er f.eks. intet i veien for at F kan være vesentlig lavere enn 0.5 i enkelte felt .
- f). "Forholdstallet PMP / M100"
 I kapittel 5.4 ble det presentert verdier av PMP/M100 fra USA . Resultatene fra USA viste at i områder med orografisk nedbør på vestkysten var forholdstallet i underkant av 2.0 , mens det i ørkenstrøk og svært tørre områder var på 5 - 6 . For områder som kan sammenlignes med norske forhold , kan øvre grense for dette forholdstallet ifølge resultater fra USA antas å være ca. 4 .

6.3 24timers PMP estimat for Vestlandet .

I det følgende skal vi se på ulike estimat av PMP for de tre feltene på Vestlandet som ble diskutert i kapittel 3.1 . Resultatene er oppsummert i tabell 6.1 .

6.3.1 Punkt-estimat for 5035 Samnanger .

- a). WMO-metoden gir $PMP = 340$ mm (kap. 3.1.3) . Maksimert for vind blir verdien $PMP = 340 * 1.13 = 385$ mm .
- b). Hershfield's metode gir $PMP = 448$ mm .
- c). DNMI-I : $M5=142$ mm ==> $PMP = 384$ mm
- d). DNMI-II : Metoden blir identisk med c) for punkttestimat .
- e). Maks.obs. 24 timers nedbør er 207 mm (Tab.3.2 kolonne 024).
 $PMP\text{-lav} : 207/0.7 = 296$ mm
 $PMP\text{-med} : 207/0.6 = 345$ mm
 $PMP\text{-høy} : 207/0.5 = 414$ mm
- f). "100 årsverdi" for 24 timers nedbør er 210 mm .
 Sannsynlig forholdstall PMP/M100 i området er 1.5 - 2.0 .
 $PMP\text{-lav} : 210*1.5 = 315$ mm
 $PMP\text{-høy} : 210*2.0 = 420$ mm

6.3.2 PMP estimat for område A1 på Vestlandet (250 km^2) .

- a). WMO-metoden gir PMP = 308 mm (kap.3.1.4) . Maksimert for vind blir verdien : $\text{PMP} = 308 * 1.25 = 385 \text{ mm}$.
- b). Basert på data fra de tre stasjonene 5025 , 5030 og 5035 (se Appendiks A.2) gir Hershfield's metode $\text{PMP} = 352 \text{ mm}$.
- c). DNMI-I : For område A1 er $\text{PN} \sim 3000 \text{ mm/år}$ og $\text{M5} / \text{PN} \sim 0.042$.
 $\implies \text{M5} = 3000 * 0.042 = 126 \text{ mm}$ $\implies \text{PMP} = 360 \text{ mm}$
 Arealreduksjonsfaktor for areal på 250 km^2 og for varighet 24 timer er 0.92 .
 $\implies \text{PMP} = 360 * 0.92 = 331 \text{ mm}$
- d). DNMI-II : For de tre stasjonene 5025 , 5030 og 5035 blir $\text{M5}=108 \text{ mm}$
 $\implies \text{PMP} = 341 \text{ mm}$.
- e). Maks. obs. 24 timers nedbør for område A1 er 167 mm (tab. 3.3) .
 $\text{PMP-lav} = 167 / 0.7 = 239 \text{ mm}$
 $\text{PMP-med} = 167 / 0.6 = 278 \text{ mm}$
 $\text{PMP-høy} = 167 / 0.5 = 334 \text{ mm}$
- f). "100 års-verdi" for 24 timers nedbør i område A1 er 166 mm .
 $\text{PMP-lav} = 166 * 1.5 = 249 \text{ mm}$
 $\text{PMP-høy} = 166 * 2.0 = 332 \text{ mm}$

6.3.3 PMP estimat for område B1 på Vestlandet (3500 km^2)

- a). WMO-metoden gir $\text{PMP} = 261 \text{ mm}$ (kap. 3.1.5) . Maksimering for vind gir verdien $\text{PMP} = 261 * 1.15 = 326 \text{ mm}$.
- b). Basert på data fra 9 stasjoner (5035, 5056, 5125, 5147, 5240, 5260, 5275 og 5293) gir Hershfields metode $\text{PMP} = 297 \text{ mm}$.
- c). DNMI-I : For område B1 er $\text{PN} \sim 2800 \text{ mm}$ og $\text{M5/PN} \sim 0.043$.
 $\implies \text{M5} = 2800 * 0.043 = 120 \text{ mm}$. $\implies \text{PMP} = 354 \text{ mm}$.
 Arealreduksjonsfaktor for areal på 3500 km^2 og varighet på 24 timer er 0.86 .
 $\implies \text{PMP} = 354 * 0.86 = 304 \text{ mm}$.
- d). DNMI-II : Basert på data fra 9 stasjoner i området (se pkt. b) blir $\text{M5} = 96 \text{ mm}$.
 $\implies \text{PMP} = 324 \text{ mm}$.
- e). Maksimal observert verdi for område B1 er 139 mm (tab. 3.4 kol. 024)
 $\text{PMP-lav} = 139 / 0.7 = 199 \text{ mm}$
 $\text{PMP-med} = 139 / 0.6 = 232 \text{ mm}$
 $\text{PMP-høy} = 139 / 0.5 = 278 \text{ mm}$
- f). "100 års-verdien" for 24 timers nedbør i område B1 er 149 mm .
 $\text{PMP-lav} = 149 * 1.5 = 224 \text{ mm}$
 $\text{PMP-høy} = 149 * 2.0 = 298 \text{ mm}$

6.4 24 timers PMP-estimat for Østlandet .

I det følgende skal vi se på ulike estimat av PMP for de tre feltene på Østlandet som ble diskutert i kapittel 3.2 . Resultatene er oppsummert i tabell 6.2 .

6.4.1 Punktestimat for Gløtvola .

- a). WMO-metoden gir PMP = 399 mm (se kapittel 3.2.3)
- b). Hershfields metode gir PMP = 229 mm .
- c). DNMI-I : M5 = 44 mm ==> PMP = 222 mm
- d). DNMI-II : Metoden blir identisk med c) for punktnedbør .
- e). Maksimalt observert 24 timers nedbør er 117 mm (tab. 3.8 kol. O24).
 PMP-lav = $117 / 0.7 = 167$ mm
 PMP-med = $117 / 0.6 = 195$ mm
 PMP-høy = $117 / 0.5 = 234$ mm
- f). "100 års verdien" for 24 timers nedbør er 77 mm .
 Sannsynlig forholdstall PMP/M100 er 3 - 4 (se kapittel 6.2)
 PMP-lav = $77 * 3 = 231$ mm
 PMP-høy = $77 * 4 = 308$ mm
- g). Maksimalt observerte verdier i regionen : Høyeste 1 døgns verdi målt på Østlandet er 126 mm (Foldal 28/5-1935) . I Värmland i Sverige er det målt 1 døgns nedbør på 303 mm (Norra Orrtorp , 19/7-1913) .

6.4.2 PMP estimat for område A2 på Østlandet (2000 km²) .

- a). WMO-metoden gir PMP = 234 mm (kapittel 3.2.4)
- b). Basert på data fra 7 stasjoner i området (se Appendiks A.2) fåes fra Hershfields metode : PMP = 181 mm .
- c). DNMI-I : For område A2 er PN ~ 640 mm og M5/PN ~ 0.076 .
 ==> M5 = $640 * 0.076 = 49$ mm ==> PMP = 234 mm
 Arealreduksjonsfaktor for areal på 2000 km² og varighet på 24 timer er 0.87 .
 ==> PMP = $234 * 0.87 = 204$ mm .
- d). DNMI-II : Basert på data fra 7 stasjoner i området (se Appendiks A.2) blir M5 = 37 mm .
 ==> PMP = 199 mm .
- e). Maksimal observert 24 timers nedbør for området A2 er 76 mm (tab. 3.9 kolonne O24)
 PMP-lav = $76 / 0.7 = 109$ mm
 PMP-med = $76 / 0.6 = 127$ mm
 PMP-høy = $76 / 0.5 = 152$ mm

- f). "100 års verdien" for 24 timers nedbør i område A2 er 66 mm .
 Sannsynlig forholdstall PMP/M100 er 3 - 4 (se kapittel 6.2).
 PMP-lav = $66 * 3 = 198$ mm
 PMP-høy = $66 * 4 = 264$ mm
- g). Maksimale observerte verdier i regionen₂: I syd Sverige er maks. obs. arealnedbør 150 mm for areal på 1000 km^2 . Log-interpolasjon av SMHI's verdier for syd-Sverige gir en observert verdi på ca. 140 mm for areal på 2000 km^2 . Dersom en antar at denne maks. verdien for Sverige utgjør 70 - 80 % av PMP-verdien fåes
 PMP-lav = $140 / 0.9 = 156$ mm
 PMP-høy = $140 / 0.7 = 200$ mm
 I Trysil-området var det 7/9-1985 en arealnedbør på ca. 90 mm innen et areal på 1000 km^2 .

6.4.3 PMP estimat for område B2 på Østlandet (5250 km^2)

- a). WMO-metoden gir PMP = 164 mm (kapittel 3.2.5).
 Transposisjon av episoden 7.9.1985 gir PMP = 202 mm .
- b). Basert på data fra 14 stasjoner i området (se Appendiks A.2) fåes ved Hershfields metode PMP = 151 mm .
- c). DNMI-I : For område B2 er PN ~ 680 mm og M5/PN ~ 0.074 .
 $\Rightarrow M5 = 680 * 0.074 = 50$ mm $\Rightarrow PMP \approx 235$ mm .
 Arealreduksjonsfaktor for areal på 5250 km^2 og varighet på 24 timer er 0.85 .
 $\Rightarrow PMP 235 * 0.85 = 200$ mm .
- d). DNMI-II : Basert på data fra 14 stasjoner i området (se Appendiks A2) blir M5 = 32 mm .
 $\Rightarrow PMP = 184$ mm .
- e). Maksimal observert verdi for område B2 er 70 mm (tab. 3.10 kol. 024)
 PMP-lav = $70 / 0.7 = 100$ mm
 PMP-med = $70 / 0.6 = 117$ mm
 PMP-høy = $70 / 0.5 = 140$ mm
- f). "100 års verdien" for 24 timers nedbør i område B2 er M100 = 59 mm
 Sannsynlig verdi for forholdstallet PMP/M100 er 3 - 4 (se kap. 6.2)
 PMP-lav = $59 * 3 = 177$ mm
 PMP-høy = $59 * 4 = 236$ mm
- g). Logaritmisk interpolasjon (se <18>) av SMHI's verdier for syd-Sverige antyder en observert verdi på ca. 120 mm for areal på 5200 km^2
 Ut fra dette kan en gjøre følgende anslag :
 PMP-lav = $120 / 0.9 = 133$ mm
 PMP-høy = $120 / 0.7 = 171$ mm

Tabell 6.1 OVERSIKT OVER PMP ESTIMAT FOR VESTLANDET .

	Punkt (Samnanger)	Område A1 (A=250 kv.km)	Område B1 (A=3500 kv.km)
a). WMO (fukt.maksimering)	340	308	261
WMO (fukt+vind maks.)	385	385	326
b). Hershfield's metode	448	352	297
c). DNMI-I	384	331	304
d). DNMI-II	—	341	324
e). Maks. obs. / PMP	296-414	239-334	199-278
f). PMP / M100	315-420	249-332	224-298

Tabell 6.2 OVERSIKT OVER PMP ESTIMAT FOR ØSTLANDET

	Punkt (Gløtvola)	Område A2 (2000 kv.km)	Område B2 (5250 kv.km)
a). WMO	399	234	164
Transposisjon 7.9.1985	—	—	202
b). Hershfield's metode	229	181	151
c). DNMI-I	222	204	200
d). DNMI-II	—	199	184
e). Maks.obs. / PMP	167-234	109-152	100-140
f). PMP / M100	231-308	198-264	177-236
g). SMHI-data	303	156-200	133-171

6.5 Diskusjon .

Ved vurdering av resultatene fra kapittel 6.3 må det taes hensyn til at metode a) ifølge WMO < 2 > strengt tatt ikke skal benyttes til å estimere punkt-verdier av PMP . Verdiene fra "metodene" benyttet i punkt e) og f) må betraktes som meget grove overslag , - de gir kun et sannsynlig intervall for PMP ut fra antakelsen om å kunne sammenligne områder i Norge med "beslektede" områder i USA . M.h.t. metode b) kjenner vi ikke til at Hershfields metode tidligere er benyttet på døgnlige areale nedbørverdier .

Metodene b) - f) er statistiske metoder , mens kun a) er en fysisk-dynamisk metode . Tilfeller der metode a) synes å gi vesentlig høyere verdier enn metode b) - f) kan skyldes at de statistiske metoder har manglende kapasitet til å fange opp potensialet for ekstrem nedbør . Men avvikene kan like gjerne skyldes noen av de svakheter ved WMO-metoden som ble nevnt i kapittel 2.5 .

Det umiddelbare inntrykk man får av PMP-oversikten i tabell 6.1 og 6.2 er at forskjellene i PMP-estimat synes å være mer enn "slightly different" . Dette gjelder i særlig grad punkt-estimatene for Samnanger og Gløtvola .

For Samnanger gir WMO- og DNMI-metoden PMP-verdier i intervallet 340 - 385 mm , hvilket må betraktes som tilfredsstillende samsvar . PMP verdier i dette intervallet svarer til forholdstall på ca. 0.6 for maks.obs./PMP og ca.1.75 for PMP/M100 , som er i god overensstemmelse med erfaringene fra USA . Hershfields metode gir markant høyere verdi enn de øvrige metodene , mens denne metoden vanligvis (ifølge <2>) gir lavere verdier enn fysisk-dynamiske metoder .

For Gløtvola gir Hershfield- og DNMI-metoden PMP-verdier i intervallet 220-230 mm , og er således i godt samsvar . Dette svarer til forholdstall 0.5 for maks.obs./PMP og 3.0 for PMP/M100 , dvs. verdier som er i godt samsvar med erfaringene fra USA. WMO-metoden gir imidlertid verdier som er markant høyere enn de øvrige metodene . 24 timers verdien på 399 mm synes urimelig høy for en slik vær-situasjon i indre strøk av Østlandet , og er også høyere enn de fleste punkttestimat for Samnanger . Forholdstall 4 for PMP/M100 , samt en litt tvilsom observasjon på 303 mm/døgn fra Norra Orrtorp i Värmland (juli 1913) , antyder en mulighet for at punktverdi av PMP i indre deler av Østlandet kan være av størrelsesorden 300 mm , men neppe så høy som 400 mm . Vi mener derfor at verdien på 399 mm er urealistisk , og skyldes de svakheter ved WMO-metoden som ble nevnt i kapittel 2 , samt at WMO-metoden ikke er egnet til å gi punkttestimat av PMP .

Når vi sammenligner resultatene for større areal , er det et betydelig bedre samsvar mellom metodene . For felt A1 på Vestlandet gir WMO- , Hershfield- og DNMI-metodene PMP-verdier i intervallet 310 - 350 mm . Dette svarer til forholdstall 0.5 for maks.obs./PMP og 2.0 for PMP/M100 , som er i god overensstemmelse med betraktningene i kapittel 5 . Dersom det også brukes grov vindmaksimering gir WMO-metoden PMP verdi på 385 mm , dvs. ca. 10 % høyere verdi enn gjennomsnittet for de øvrige metoder .

For felt B1 på Vestlandet gir WMO- (med vindmaksimering) , Hershfield- og DNMI-metodene PMP-verdi i intervallet 300 - 325 mm . Med forholdstall 2.0 for PMP/M100 gir også metode f) en verdi på ca. 300 mm . PMP verdi på 300 mm svarer til et forholdstall på 0.46 for maks.obs./PMP i feltet . For et tilfeldig felt kan ikke dette anses som noe urimelig lavt forholdstall . WMO-metoden uten vindmaksimering gir PMP-verdi på 260 mm ; dvs. noe under gjennomsnittet for de øvrige metoder .

For felt A2 på Østlandet gir WMO og DNMI metodene PMP-estimer i intervallet 200-235 mm . PMP-verdier i dette intervallet gir en rimelig størrelsesorden av forholdstallet PMP/M100 . Forholdstallet maks.obs./PMP blir ca. 0.35 . Dette kan synes som en lav verdi , men en skal være oppmerksom på at det også i USA bare var et fåtall av de analyserte felt som hadde forholdstall maks.obs./PMP på over 0.50 . I sør-Sverige er den største arealverdi ca. 140 mm for areal på 2000 km² . Eftersom dette er den høyeste observerte arealnedbør i Sverige i løpet av de siste 100 år , er det ikke urimelig å anta at denne verdien kan ha utgjort mer enn 70 % av PMP-verdien . Hershfields metode anvendt på "aritmetisk arealnedbør" gir en PMP-verdi som er ca. 10 % lavere enn middelveidien for metode a) - d) .

For felt B2 på Østlandet gir WMO og DNMI metodene PMP-verdier i intervallet 165-200 mm . Ved å anta forholdstall 3.0-3.5 for PMP/M100 i metode f) og 0.7 for maks.obs.(Sverige)/PMP i metode g) fås verdier på 170-205 mm . Igjen gir Hershfields metode (PMP=150 mm) og metode e) (PMP=140 mm ved forholdstall 0.5) noe lavere PMP-verdier enn de andre metodene . Vi må også for felt B2 anta forholdstall på ca. 0.35 i metode e) for å få resultat på samme nivå som de andre metodene .

For de to feltene på Vestlandet var middelveidien av estimatene med de fire metodene a) (med vindmaksimering) , b) , c) og d) ca. 350 mm for felt A1 og ca. 315 mm for felt B1 . Variasjonskoeffisienten (standard avvik / middelveidi) var h.h.v. 7 og 5 prosent . For de to feltene på Østlandet var middelveidene ca. 205 mm for felt A2 og ca. 180 mm for felt B2 ; - med variasjonskoeffisienter på h.h.v. 11 og 12 prosent . For punktestimatene for Samnanger og Gløtvola var midlere PMP-estimat h.h.v. 405 og 285 mm ; - med variasjonskoeffisienter på h.h.v. 9 og 35 prosent .

Verdiene i tabell 6.1 og 6.2 gir også en mulighet til å vurdere de arealreduksjonsfaktorer som benyttes i DNMI-I metoden (kapittel 4.3) . Mens PMP estimatene ved metode DNMI-I er basert på punktestimat for et representativt punkt i feltet , multiplisert med en arealreduksjonsfaktor ; - er metode DNMI-II basert direkte på døgnlige arealverdier . For felt A1 og B1 på Vestlandet gir DNMI-I h.h.v. 3 og 6 prosent lavere PMP verdier enn DNMI-II , mens verdiene for DNMI-I for de to feltene på Østlandet er h.h.v. 3 og 9 prosent høyere enn DNMI-II . Dette kan tyde på at de generelle arealreduksjonsfaktorer som brukes i DNMI-I metoden gir en brukbar beskrivelse av arealvariasjonene i PMP .

Til rutineberegninger av PMP har DNMI hittil benyttet en modifisert versjon av NERC-metoden fra Storbritannia . I likhet med de øvrige metoder for beregning av PMP , er det en rekke svakheter også ved NERC-metoden . Resultatene i denne rapporten viser at for de felt som er vurdert , er estimatene med NERC-metoden i rimelig godt samsvar med verdiene fra de øvrige metodene .

I motsetning til den fysisk-dynamiske metoden er NERC-metoden enkel og rask i bruk , og gir også mulighet for å estimere påregnelige nedbørverdier med ulike returperioder . DNMI vil derfor fortsatt benytte den modifiserte NERC-metoden til rutineberegninger av PMP . Det er imidlertid ikke gitt at samsvaret mellom de ulike beregningsmåter vil være det samme for andre felt som for de feltene som er undersøkt i denne rapporten . For flomberegninger i enkelte nedbørfelt kan det derfor være aktuelt å utføre PMP-beregninger med flere uavhengige metoder .

7 . LITTERATURLISTE .

- < 1> NVE 1986 V-Infomasjon. Beregning av dimensjonerende og påregnelig maksimal flom. Retningslinjer NVE-Vassdragsdirektoratet .
- < 2> WMO 1986 Manual for Estimation of Probable Maximum Precipitation . Second Edition . WMO-No. 332 . Operational Hydrology , Report no.1
- < 3> NERC 1975 Flood Studies Report , Vol II . Meteorological Studies . National Environment Research Council , London
- < 4> Førland,E. 1987 Beregning av ekstrem nedbør . DNMI-Fagrapport nr. 23/87 KLIMA
- < 5> Kristoffersen,D 1987 Påregnelige ekstreme nedbørverdier for Bygdin og Vinsteren . DNMI-Rapport 32/87 KLIMA
- < 6> Kristoffersen,D 1987 Hittersjøen . Påregnelige ekstreme nedbørverdier . DNMI-Rapport 45/87 KLIMA
- < 7> Kristoffersen,D 1988 Vinstravassdraget . Påregnelige ekstreme nedbørverdier . DNMI-Rapport 1/88 KLIMA
- < 8> WMO 1973 Manual for Estimation of Probable Maximum Precipitation . First Edition . WMO-No 332, Operational Hydrology , Report no.1 .
- < 9> Kristoffersen,D 1987 Påregnelig ekstrem nedbør ved WMO-metoden . DNMI-Rapport 39/87 KLIMA
- <10> Aune,B.
Førland,E. 1988 Reiserapport fra studiereise i USA DNMI-Rapport
- <11> Førland,E. 1984 Påregnelige ekstreme nedbørverdier . DNMI-Fagrapport 3/84 KLIMA
- <12> Vedin,H.
Eriksson,B. 1986 Extrem arealnederbørd i Sverige 1881-1985 . SMHI-Meteorologi , no. 19/1986 .
- <13> Førland,E. 1983 Beregning av "påregnelig maksimal nedbør" . DNMI-Arbeidsnotat no. 20/83 KLIMA .

- <14> Riedel, J.T. 1980 Comparison of Generalized Estimates of
Screiner, L.C. Probable Maximum Precipitation with
Greatest Observed Rainfalls .
NOAA - Technical Report , NWS no. 25 .
- <15> Schreiner, L.C. 1978 Probable Maximum Precipitation Estimates ,
United States East of the 105'th Meridian .
HMR - no. 51 , National Weather Service ,
Silver Spring , Md.
- <16> DNMI 1949 Nedbøren i Norge 1895-1943 . Bind I .
Middelverdier og maksima , DNMI, Oslo .
- <17> Schreiner, L.C. 1987 Pers. komm., Denver , november 1987 .
- <18> Vedin, H. 1987 V b og räta linjer .
Polarfront Nr.51 , mars 1987 .

Appendix A .

1. Stasjonsvekter benyttet ved beregning av arealnedbør på Vestlandet

Felt A1 - Vestlandet .

5025 Tysse	0.25
5030 Kvamskogen	0.30
5035 Samnanger	0.45

Felt B1 - Vestlandet .

5030 Kvamskogen	0.18	5240 Eikanger	0.16
+ 5035 Samnanger		+ 5243 Herdla	
5056 Bergen Fr.berg	0.10	5260 Haukeland	0.14
5125 Øvstedal	0.16	+ 5264 Matre Kraftst	
5147 Bulken	0.08	5275 Frøyset	0.06
5211 Fjellanger	0.08	5293 Brekke i Sogn	0.04
+ 5217 Eksingedal			
+ 5230 Modalen			

Dersom flere stasjoner er oppgitt på samme vekt , er stasjon med høyeste nedbørsum i hvert enkelt tilfelle benyttet ved beregning av arealnedbør . Stasjoner merket + har samme vekt som stasjonen ovenfor .

2. Stasjonsvekter anvendt ved beregning av arealnedbør på Østlandet .

Felt A2 - Østlandet .

	T.o.m. 1968	F.o.m. 1969
0006 Linnes		0.17
0030 Vola i Trysil	0.20	
0042 Heggeriset		0.23
0060 Gløtvola	0.30	0.18
0070 Drevsjø	0.25	0.15
0077 Ellefs plass		0.27
0080 Tufsingedal	0.25	

Felt B2 - Østlandet .

	T.o.m 1967	1968 - 80	F.o.m. 1981
0010 Plassen		0.11	0.16
0019 Trysil-Innbygda		0.10	
0020 Trysil	0.10	0.10	
0029 Tågmyra		0.08	0.10
0030 Vola i Trysil	0.13		
0042 Heggeriset		0.10	0.13
0060 Gløtvola	0.20	0.15	0.15
0070 Drevsjø	0.05	0.05	0.05
0077 Ellefs plass		0.07	0.07
0080 Tufsingedal	0.30	0.20	0.20
0090 Langen		0.10	0.10
0655 Ørbekkedalen	0.11		
0780 Øvre Rendal	0.07		
1040 Røros	0.04	0.04	0.04