

DNMI - RAPPORT

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

ISBN

RAPPORT NR.

39/87 KLIMA

DATO

18.11.1987

TITTEL

PAREGNELIG EKSTREM NEDBØR
VED "WMO - METODEN".

UTARBEIDET AV

DAG KRISTOFFERSEN

OPPDRAGSGIVER

VASSDRAGSREGULANTENES FORENING

OPPDRAGSNR. A - 143: Påregnelige maksimale nedbørverdier.

SAMMENDRAG

Det blir beskrevet en fysisk-dynamisk metode til å beregne påregnelig ekstrem nedbør (PMP) og hvordan metoden anvendes i USA.

Metoden er basert på en teori om maksimalt mulig utfellbart vann i en mettet luftsøyle mellom havnivå og 8500 moh.

Et regneeksempel fra Baden-Württemberg viser hvordan metoden blir benyttet til å beregne PMP i Vest-Tyskland.

UNDERSKRIFT

Dag Kristoffersen

Dag Kristoffersen

SAKSBEHANDLER

Bjørn Aune

Bjørn Aune

FAGSJEF

INNLEDNING

I "Forskrifter for dammer" [1] gjeldende fra 1. januar 1986 inngår beregning av dimensjonerende flom og "påregnelig maksimal flom" (PMF). Flomestimer krever kjennskap til observerte og påregnelig ekstreme nedbørverdier (PMP). Nedbørverdiene skal benyttes til å gi arealestimat for nedbørfelt. DNMI har tidligere gitt ut en rapport [2] der det ble beskrevet en beregningsmåte for PMP med utgangspunkt i en statistisk metode [4] utviklet for Storbritannia. I en ny rapport [3] ble metoden testet på et større datamateriale der tidsforløp og arealfordeling i episoder med kraftig nedbør også ble beskrevet.

I denne rapporten vil en alternativ (fysisk) metode til å beregne PMP bli beskrevet, og det blir belyst hvordan denne "WMO-metoden" er anvendt i USA. Metoden er fundert på en teori om maksimalt mulig utfellbart vann i en mett luftspøyle.

Endelig er det beskrevet hvorledes metoden er benyttet i Vest-Tyskland til å beregne PMP i området Baden-Württemberg.

1. BEREGNING AV PMP VED WMO-METODEN.

I manualen "Manual for estimation of probable maximum precipitation" [5], [6] blir det beskrevet meteorologiske prosedyrer til å beregne PMP for nedbørfelt opptil 55.000 km² på midlere breddegrader, i orografiske og ikke-orografiske regioner. Det blir understreket at standard metoder for å beregne PMP ikke finnes pga. store variasjoner i tilgjengelige data, nedbørfeltstørrelse, topografi, nedbørmekanismer og klima.

Observerte kraftige nedbørepisoder ble maksimert med hensyn til fuktighet og vind. Det ble benyttet forflytning (transposisjon) av kraftige nedbørområder som kunne gi maksimal nedbør i et nedslagsfelt nær nedbørområdenes baner. Forflytning av kraftige nedbørområder til spesifiserte nedslagsfelt innebar justering i maksimering av fuktighet og vind pga. nivåforskjeller, ulik skjerming av fuktighetstilførsel og ulik avstand fra fuktighetskilden.

Arstidsvariasjoner, tidsforløp og arealfordeling av PMP er illustrert og tildels beskrevet i de neste kapitler. Figurene 1.1 - 1.15 er reproduisert fra manualene som er navngitt ovenfor.

1.1 PMP-estimer for ikke-orografiske regioner.

Observerte kraftige nedbørepisoder i/nær spesifisert nedbørfelt var grunnlaget for PMP-estimatene. Nedbørkart ble analysert og arealnedbør beregnet for ulike varigheter D i de utvalgte episoder. De fremkomne data ga DAD-relasjoner, dvs. tabeller eller kurver som gir variasjon i nedbørhøyde (D) som funksjon av areal (A) og varighet (D) i hver episode. Observerte ekstremnedbørverdier ble maksimert med hensyn til fuktighet og tildels vind.

Fuktighetsmaksimering bestod i å finne: maksimal persistent 12 timers duggpunktverdi W_m (uttrykt i mm utfellbart vann i mettet luftstøyle 1000-300 hPa) noensinne observert i feltet og; representativ 12 timers duggpunktverdi W_r i feltet eller i innstrømmningsområdet (figur 1.1) i hver nedbørepisode.

Maksimeringen reduserte seg i mange tilfeller til fuktighetsmaksimering. Observert arealnedbør R_{AD} av varighet D ble multiplisert med kvotienten W_m/W_R og ga maksimert arealnedbør,

$$(1) R_{MAD} = R_{AD} * W_m/W_R$$

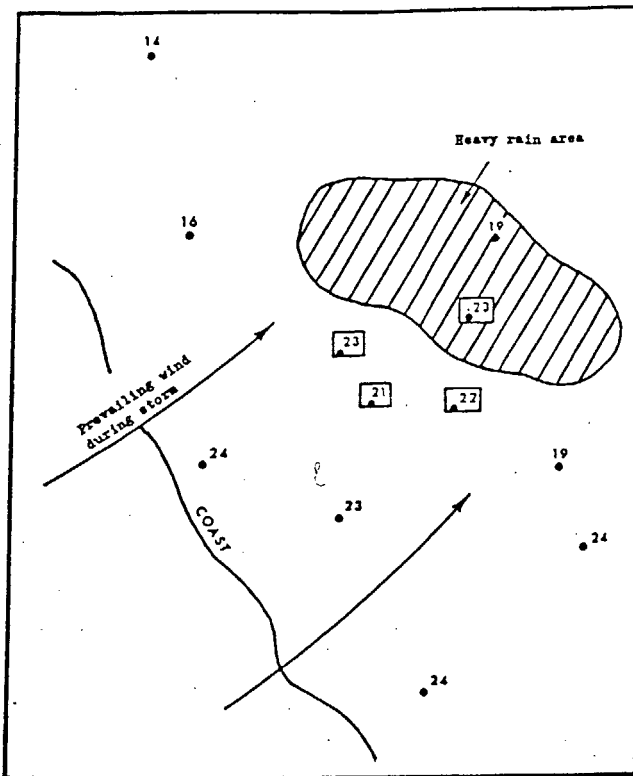
Størrelsene W_m , W_R ga utfellbart vann i mettet luftspøyle med basis i havnivå og topp i 8500 moh. Stasjoner i høyde H over havet, måtte få sine W -verdier redusert med vanninnholdet representativt for luftspøylen fra havnivå til nivået H . Maksimale duggpunkt ble helst tatt ut fra stasjoner med mer enn 50 års data og i 10/15 døgnintervaller for å beskrive sesongvariasjon (se omhylningskurve figur 1.2 A). Et månedskart (August) for maksimal persistent 12 timers duggpunkt er vist i figur 1.2 B der duggpunktverdiene er redusert til 1000 hPa. Fastsettelse av maksimalverdier innebar eliminasjon av de høye verdier som var forårsaket av godværsituasjoner.

I områder med lite duggpunktdata, ble vindmaksimering foretatt. Man fant maksimal midlere 24 timers vind V_m noensinne observert i/nær feltet, og representativ midlere 24 timers vind V_R ble bestemt i hvert nedbørtilfelle. Observert arealnedbør R_{AD} ble multiplisert med kvotienten V_m/V_R og ga maksimert arealnedbør,

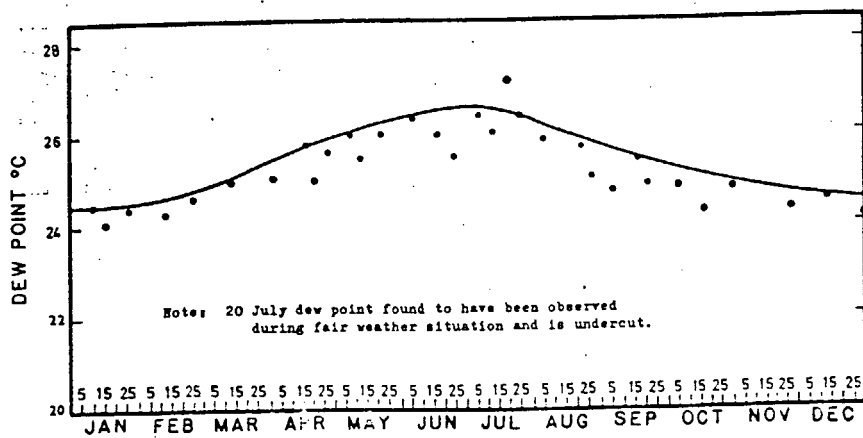
$$(2) R_{MAD} = R_{AD} * V_m/V_R$$

Man måtte fastsette vindretningen som ville bringe fuktighet inn i spesifiserte felt. Separate maksimalvindkurver (V_m) måtte konstrueres når to eller flere retninger dominerte fuktighetstransporten, især ved transport fra forskjellige kilder. Vinddata i skiktet bakke - 1500 moh. ble benyttet til å bestemme 24 timers middelvind V_m/V_R . Maksimeringsfaktorene W_m/W_R , V_m/V_R ble anvendt på tidligere beregnede arealnedbørhøyder for ulike areal og varigheter. Omhylningskurver basert på maksimerte verdier er vist i figur 1.3.

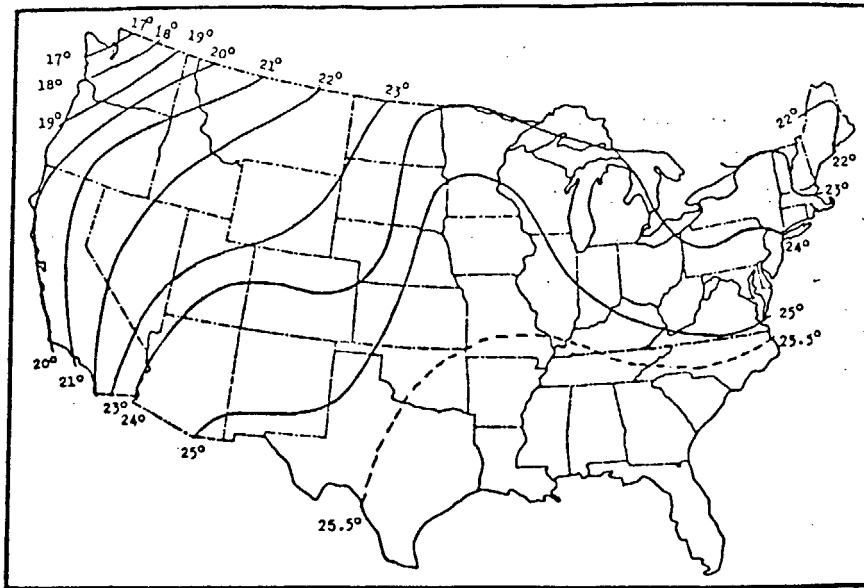
Det fremgår av figuren at ulike stormer er opphav til varighetsverdiene (6 - 72 timer) avlest for en fast arealstørrelse.



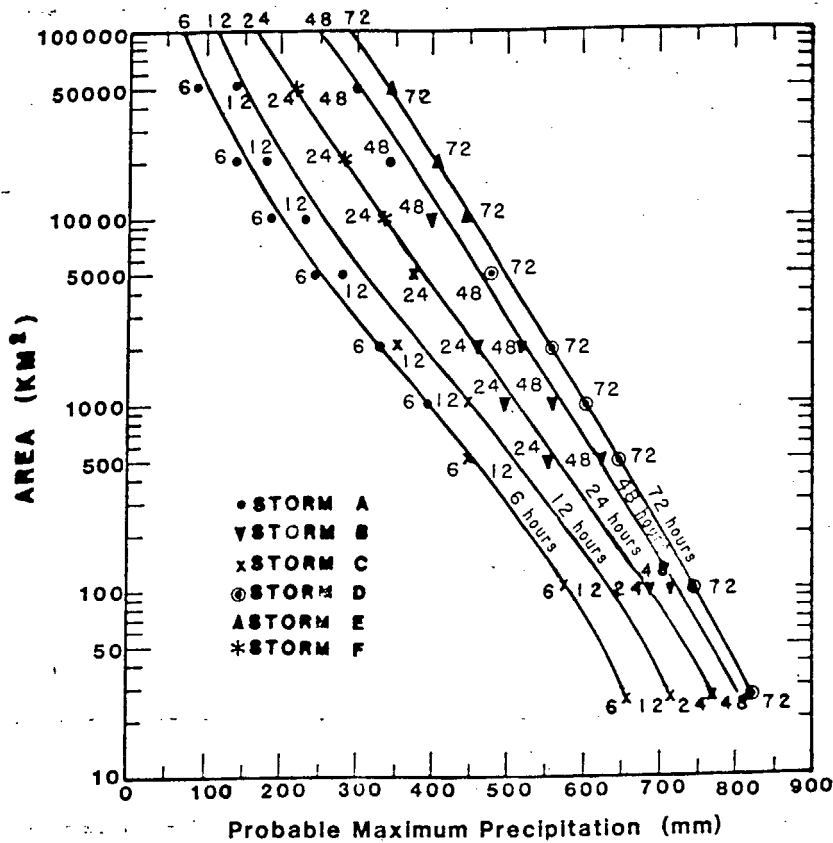
Figur 1.1 Representativt maksimalt duggpunkt i en nedbørsituasjon beregnes som et middel av verdiene i "boksene".



Figur 1.2 A Omhylningskurve for månedlige maksimale duggpunkt på en stasjon.



Figur 1.2 B Maksimal persistent 12 timers 1000 hPa duggpunkt i August, USA.



Figur 1.3 Omhylnings-DAD-kurver som gir PMP for et hypotetisk basseng.

Fuktighets-innstrømningsindeksen $W_m * V_m$ gir ofte godt bilde av årstidsvariasjon i PMP (se figur 1.4 for et nedbørfelt i øvre deler av elva Tigris).

1.2 PMP-estimerer ved orografisk modifisering av ikke-orografisk PMP.

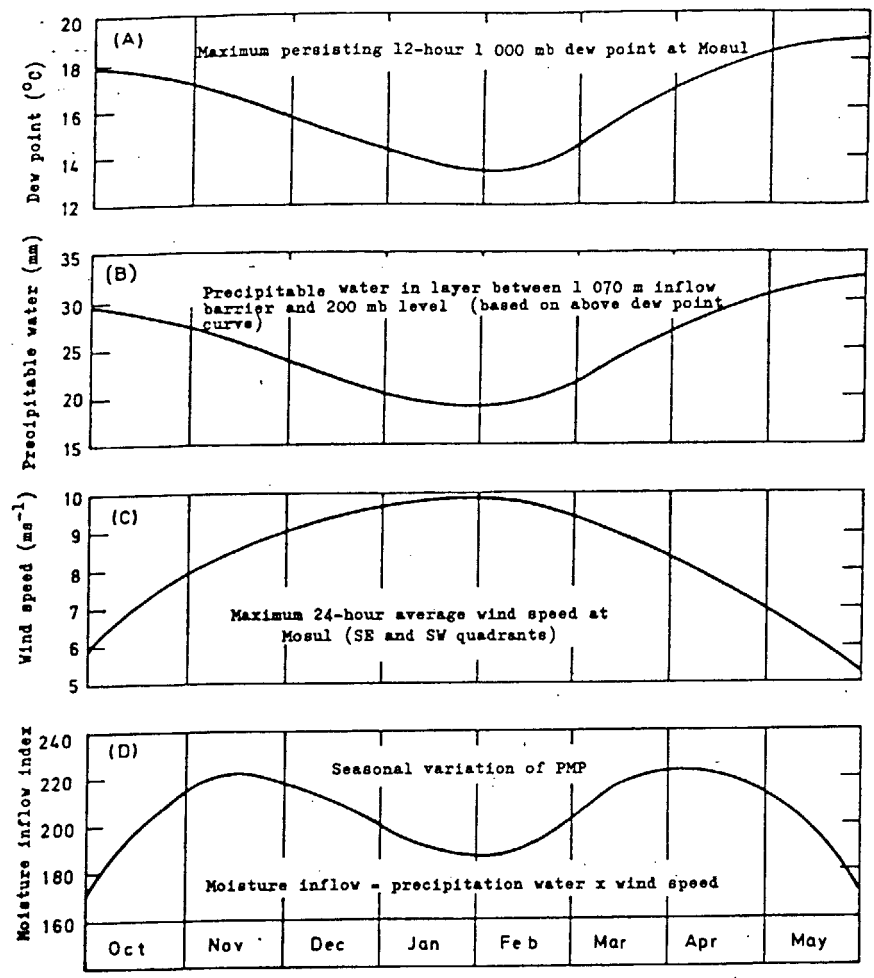
Total PMP ble beregnet ved først å estimere ikke-orografisk PMP for områder med små eller "ingen" orografiske effekter. I fjellområder måtte hypotetisk ikke-orografisk PMP beregnes ved å ekstrapolere verdier fra nærmestliggende ikke-orografiske områder. Justering for topografiske effekter ville gi total PMP.

Nedbørfeltet til elva Tennessee omfattet et areal på 55.000 km² NE av Chattanooga og innenfor dette felt et underfelt på 21.000 km². Typisk orografisk nedbørfordeling i feltet sees i figur 1.5 A. Figuren bør sees sammen med figur 1.5 B der topografiske virkninger forklares ved tre soner: en sone med minimal orografisk virkning (A); en svekkelsessone (B) og ; en intensiveringssone (C).

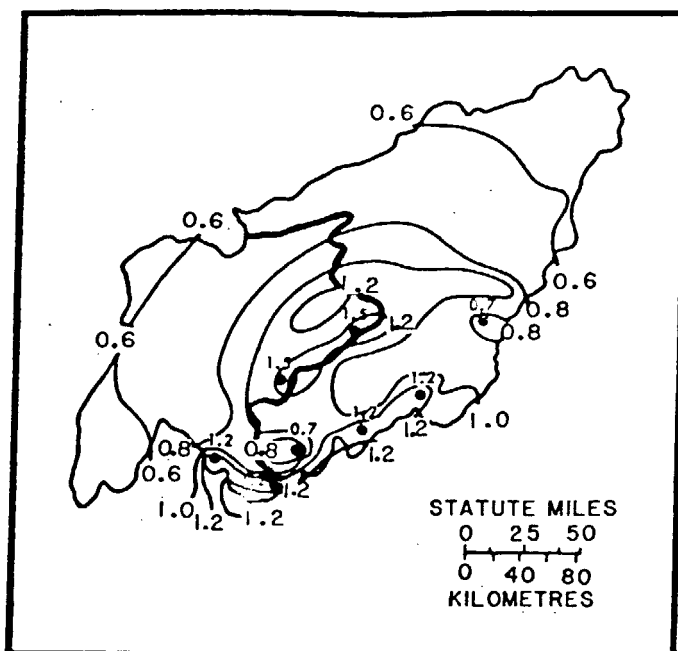
Betraktningen av midlere årsnedbør tydet på svak orografisk intensivering for hele feltet mens ekstremisituasjoner antydte svekkelse. Videre beregninger ble basert på antagelsen om at det ikke var noen netto orografisk effekt på nedbørsvolumet for hele feltet (i mindre delfelt ville netto orografiske effekter kunne eksistere).

Cirka 35 kraftige nedbørepisoder ble maksimert med henhold til vind og fuktighet og det viste seg at Mars måned ga de høyeste PMPverdier. 24 timers PMP-kart gyldig for Mars og et areal på 25.000 km² er vist i figur 1.6 A. PMP for underfeltet (21.000 km²) ble beregnet til 357 mm ved liten oppjustering fra 25.000 km² -kartet.

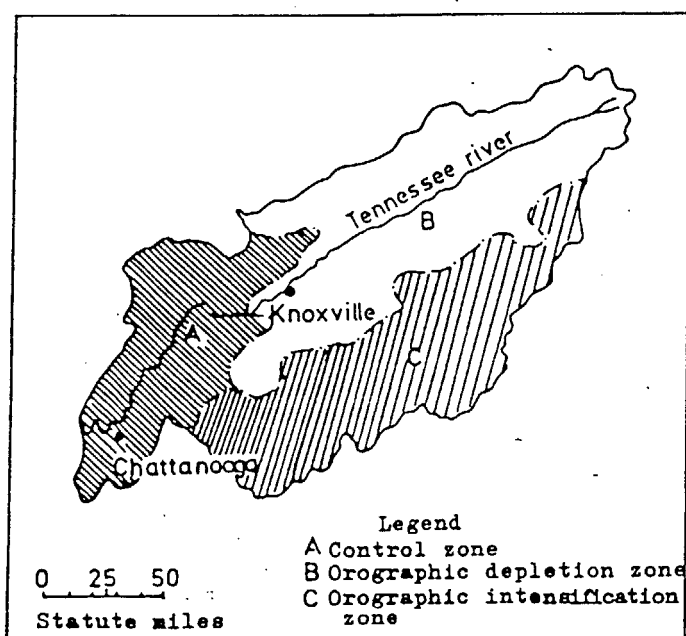
Årstidsvariasjon i PMP for 55.000 km² -feltet ble basert på ekstreme 7dagersregn, ekstreme månedsdata og PMP-data for et tidligere behandlet 50.000 km² felt, vist som hel kurve i figur 1.6 B. Figur 1.6 C gir variasjonen i forholdstallet mellom 24 timers nedbør for de to felt (P_{55}/P_{21} , basert på cirka 25 kraftige



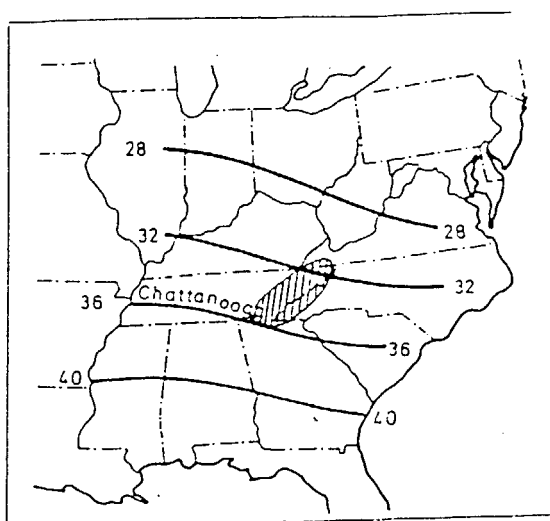
Figur 1.4 Sesongvariasjon i PMP for et nedbørfelt i øvre deler av elva Tigris.



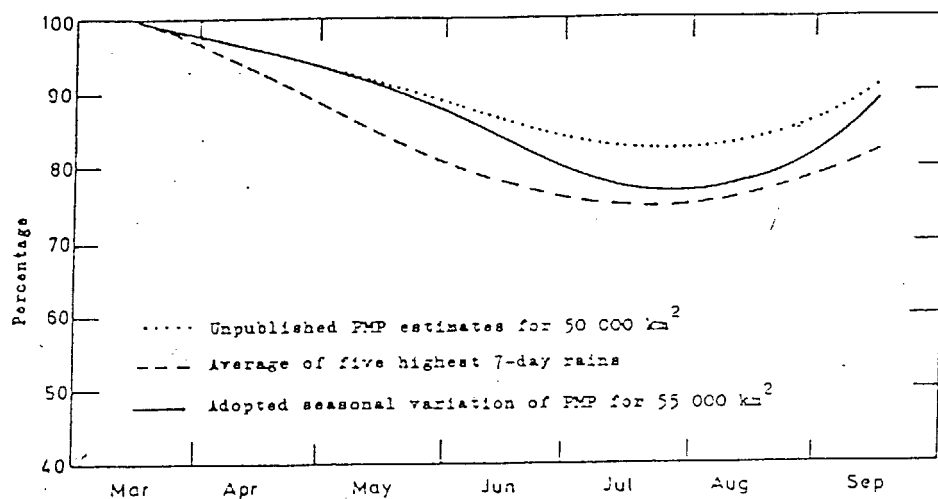
Figur 1.5 A Typisk orografisk nedbørfordeling i SW luftstrømmer. Isolinjene gir forholdet mellom orografisk og ikke-orografisk nedbør i Tennessee-feltet.



Figur 1.5 B Feltinndeling der område A gir små orografiske virkninger, B er en svekkelsessone og C en intensiveringssone.



Figur 1.6 A 24 timers PMP (i antall 10 mm) i Mars for et areal på 25.000 km².



Figur 1.6 B Sesongsvariasjon i PMP for feltet med areal 55.000 km² som prosent av PMP-verdien i Mars (hel kurve).

nedbørstilfeller). Forholdstallet i Mars samt 2 % reduksjon p.g.a. hovedfeltets senterforflytning mot NE ble anvendt på underfeltets PMP = 357 mm og ga PMP = 284 mm for hovedfeltet (55.000 km²).

PMP variasjon mht. varighet for de omtalte feltene ble utledet fra over 100 kraftige nedbørepisoder og de er vist i figur 1.7. Ved hjelp av figurene 1.6BC og 1.7 kunne PMP beregnes for varigheter 6-72 timer i månedene Mars til September. De beregnede PMP-verdier kunne betraktes som maksimalverdier for flere mulige PMP-mønster. Et slikt mønster er vist i figur 1.8 A (6 timers PMP, Mars i 55.000 km² -feltet).

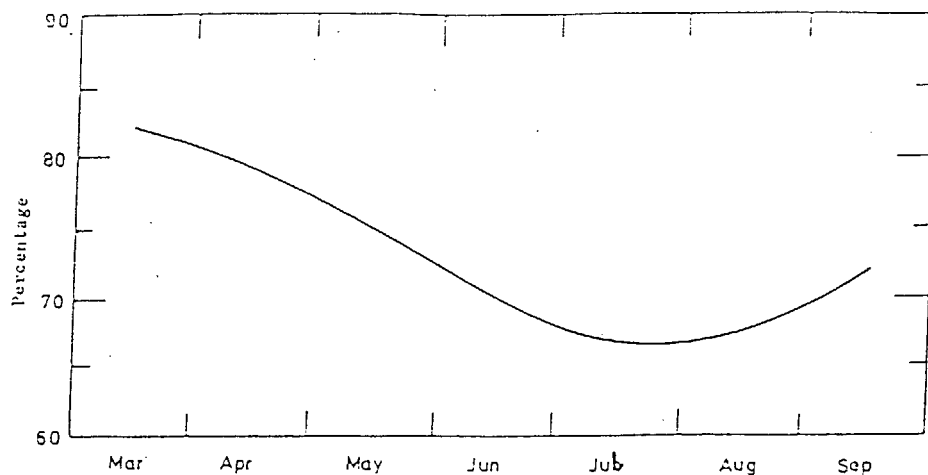
Isohyetverdiene på PMP-bildet ble bestemt ved nomogrammer som ga sammenheng mellom: areal innenfor isohyeten; feltstørrelse og; forholdstallet mellom isohyetverdi og feltets PMP. Et svært idealisert PMP-mønster i figur 1.8 B (6 timers PMP for Mars) for 21.000 km² feltet ble betraktet som tilstrekkelig detaljert.

1.3 PMP-estimer for felt opptil 250 km² i Tennessee River-feltet.

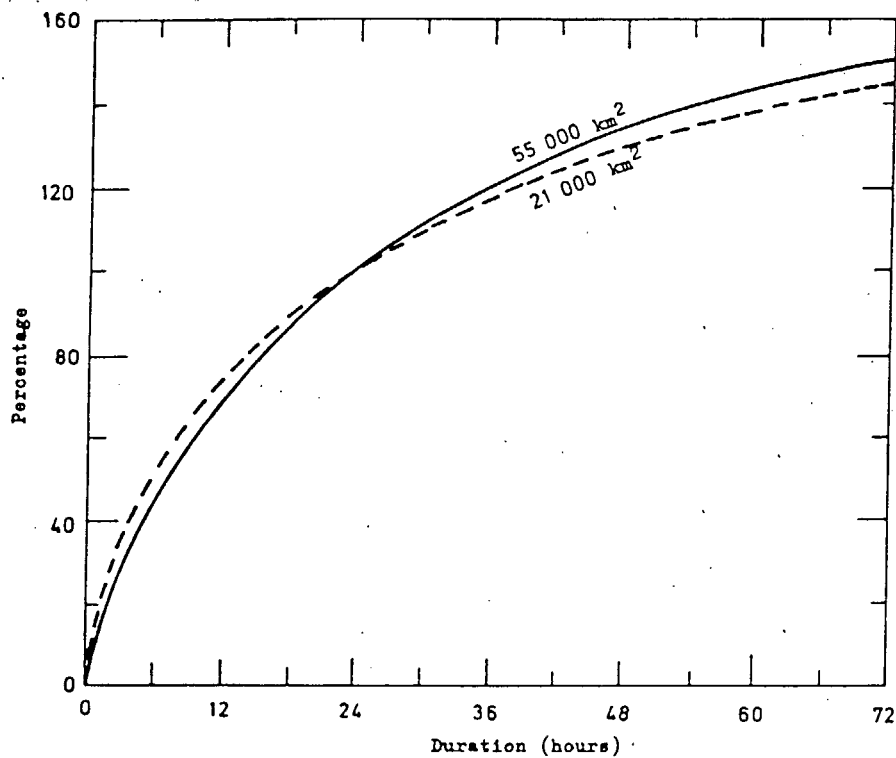
Undersøkelser av flere hundre kraftige nedbørsituasjoner med hensyn til timesnedbør og døgnnedbør, konkluderte med at PMP i dette feltet ville oppnås ved tilnærmet stasjonære tordenvær gjennom 24 timer. Tordenvær av varighet 1 time eller mindre ville gi minimale orografiske effekter.

Analyser av maksimal observert nedbør og 100 årsnedbør, samt midlere års- og månedsnedbør ga følgende rettesnor for topografisk virkning på PMP (gyldig for Tennessee feltene): 10 % nedbørøkning pr. 300 m heving fra havnivå opptil 800 m langs primær-fjellskråninger eksponert mot sektor øst til sørvest og uten fjellbarrierer mellom skråninger og fuktighets- kilde (her Mexicogulfen eller Atlanterhavet); 5 % økning pr. 300 m fra havnivå opp til alle nivåene på sekundærfjellskråninger, delvis skjermet fra fuktighet pga. mellomliggende lavere barrierer og; 5 % minking i nedbør pr. 300 m nedsynkning i skjermede områder.

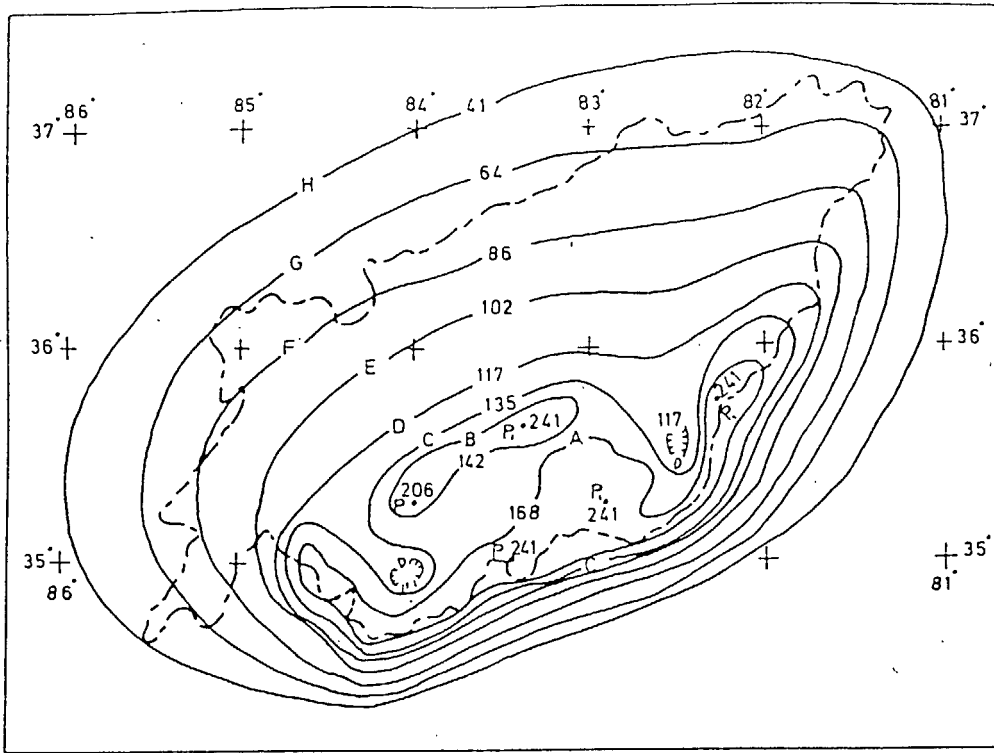
Maksimal observert punktnedbør (her gyldig for areal ~15 km²) av varigheter opptil 12 timer ble maksimert (som i kapittel 1.1)



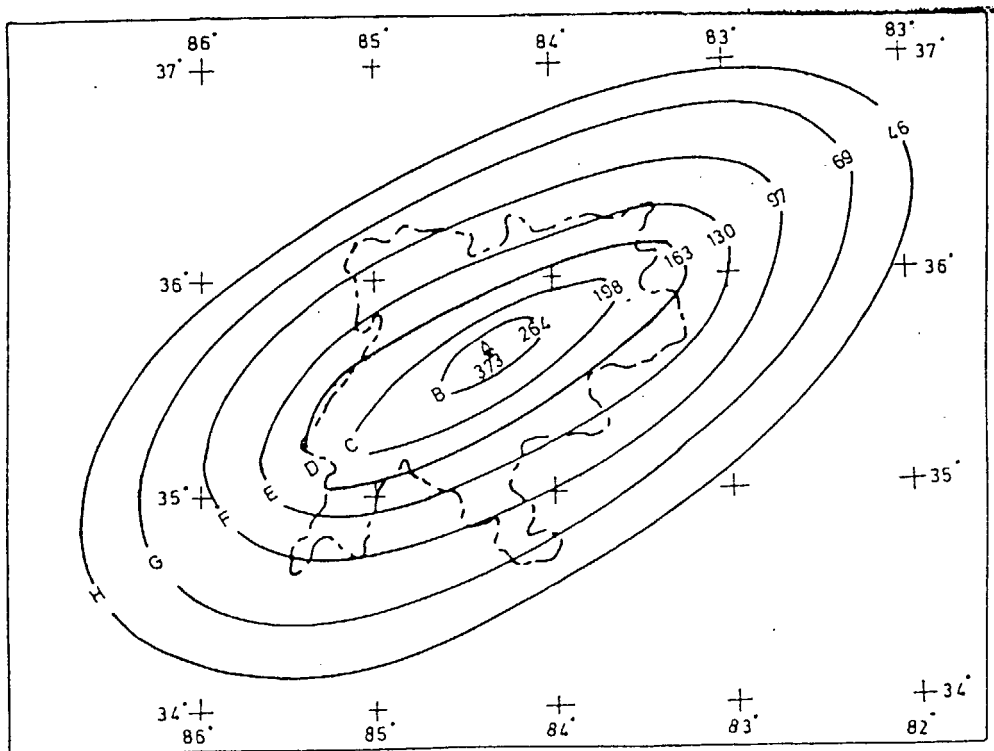
Figur 1.6 C Sesongvariasjon i 24 timers nedbørsforholdstall, P55.000 i prosent av P21.000.



Figur 1.7 Nedbørhøyde-varighetskurve for to feltstørrelser i prosent av 24 timers nedbør.



Figur 1.8 A 6 timers PMP nedbørsmønster for totalfeltet (55.000 km²) i mars.



Figur 1.8 B 6 timers PMP nedbørsmønster for underfeltet (21.000 km²) i mars.

og beregnede verdier for glatt og kupert terreng ble plottet mot varighet, se figur 1.9 A. Glatt terreng innebar få høydeforskjeller av orden 15 m pr. 0.5 km, mens kupert terreng var likt med høydeforskjeller større enn 50 m pr. 0.5 km. Kurvene i figur 1.9 A ble utvidet til 24 timers varighet og den heltrukne kurven i figur 1.9 B gir PMP for 6-24 timer i % av 6 timersverdien.

Justering av fuktighet ble foretatt i den relativt glatte NV-delen av nedbørfeltet. Analyser basert på maksimal persistent 12 timers duggpunkt og midlere duggpunkttemperaturer, indikerte en gradient på 1 grad Celsius fra SV til NØ i feltet. Dette gir cirka 10 % forskjell i nedbørmengde, se figur 1.10 A (SV-delen av feltet mangler). I den fjellkledd SØ-delen av feltet, ble det utviklet en "breddegradsgradient" i nedbørmengden utfra gradienter i nedbørhyppighet forårsaket av fjellenes skjerming (figur 1.10 B).

6 timers 15 km^2 PMP basiskart (figur 1.11) ble utarbeidet ved å ta ut PMP-verdier fra figur 1.9 A og justere dem vha verdiene i figur 1.10 AB. PMP for varigheter opptil 24 timer kunne utledes ved kurvesettet i figur 1.12 A. PMP-varighet relasjonen ble laget på data fra kraftige/ekstreme nedbørepisoder. 15 km^2 PMP kunne justeres for areal opptil 250 km^2 vha kurvesett i figur 1.12 B. PMP-areal relasjonen ble konstruert ved hjelp av intense nedbørepisoder over små areal. Tidsforløpet ved PMP kunne arrangeres slik: timesverdier i maksimal 6 timers periode ble arrangert 6, 5, 4, 3, 1, 2 hvor 1 refererer til maksimal 1 timersverdi, 2 til nest høyeste osv. og ; 6 timersverdi i 24 timers periode ble arrangert 4, 2, 1, 3 hvor 1 er maksimal 6 timersverdi.

1.4 PMP-estimer for felter fra 250 til 8000 km^2 i Tennessee River-feltet.

PMP-kart tilsvarende figur 1.6 A ble laget for flere feltareal og varigheter. PMP-verdiene ble utledet som i kapittel 1.2. Kartverdier for Knoxville, Tennessee ble avlest og brukt til

å utvikle PMPrelasjoner som i figur 1.13. 24 timers PMP-kart for areal 2500 km² ble konvertert til prosentandel av verdien i Knoxville, se figur 1.14. Multiplikasjon av PMP-verdiene til Knoxville (se figur 1.13) med prosentverdi for vilkårlig sted (figur 1.14) ga ikke-orografisk PMP for 6-72 timers varighet og for feltstørrelsen 25-10.000 km² på stedet.

Orografiens innvirkning på PMP kunne bestemmes fra karter over midlere årsnedbør, 2 års 24 timers nedbør på 600 stasjoner i feltet og ekstrem månedsnedbør. Orografisk intensiveringsfaktor OI ble regnet som forholdstallet mellom 6 timers PMP-basisverdier (figur 1.11) og 6 timers glatt PMP (figur 1.9 A). Glatt PMP ble justert for posisjon via figur 1.10 B før divisjon med basis PMP ble utført.

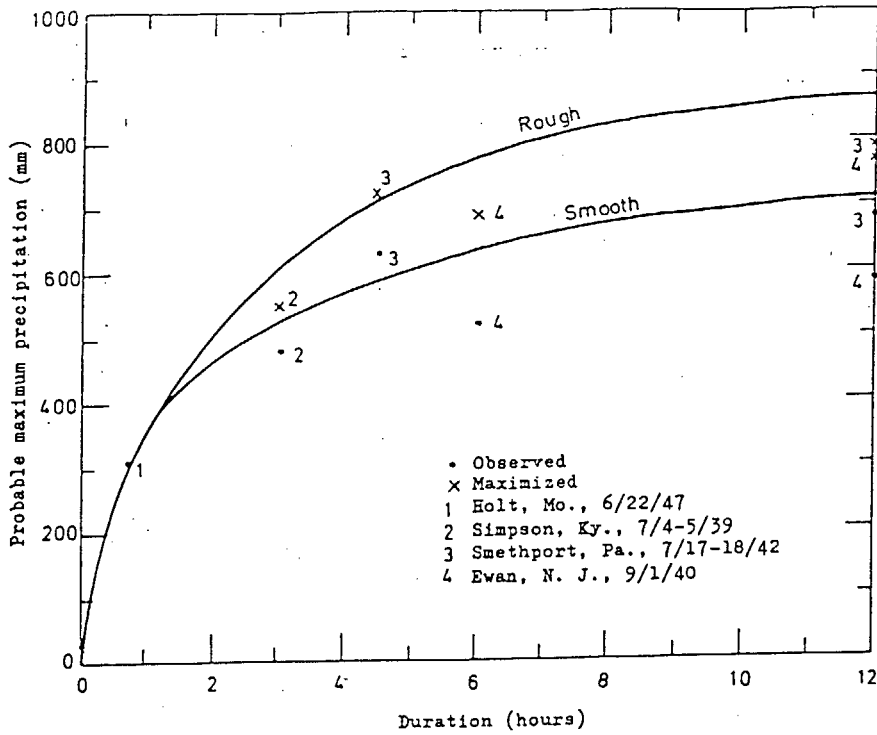
Optimal innstrømningsretning for kraftig nedbør ble brukt som ytterligere justeringer av OI. Optimal retning ble definert som den vindretning som ga mest fuktighetstilførsel til størst mulig prosentdel av feltet, se figur 1.15 A. Prosentverdien benyttet til å justere OI, ble funnet i diagrammet i figur 1.15 B som en orografisk faktor OF. Multiplikasjon mellom størrelsene OI og OF ga endelig orografisk intensiveringsfaktor EOI,

$$(3) \quad EOI = OI * OF.$$

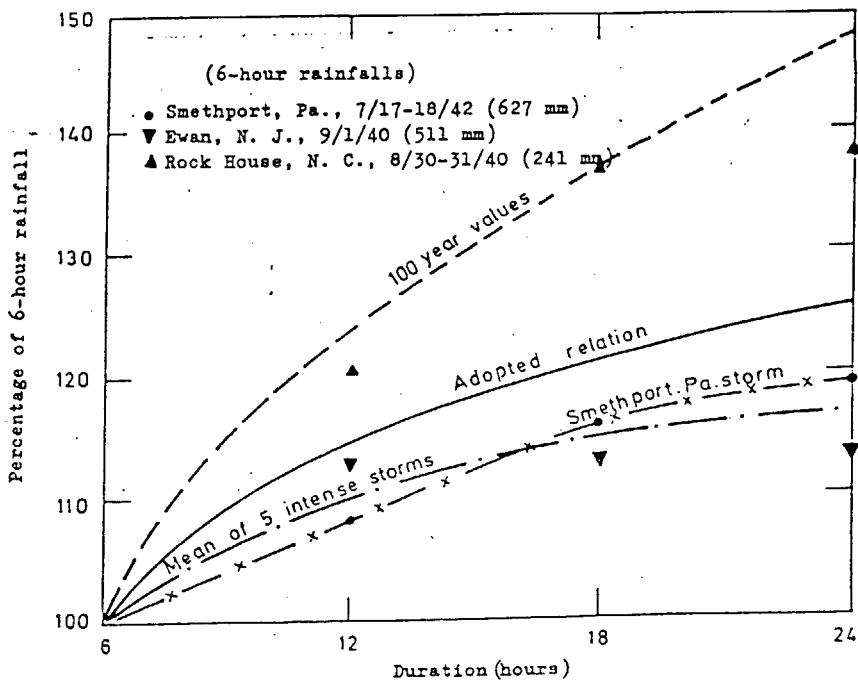
Total PMP ble utledet ved å multiplisere ikke-orografisk PMP med EOI.

$$(4) \quad PMP_T = PMP_{IO} * EOI$$

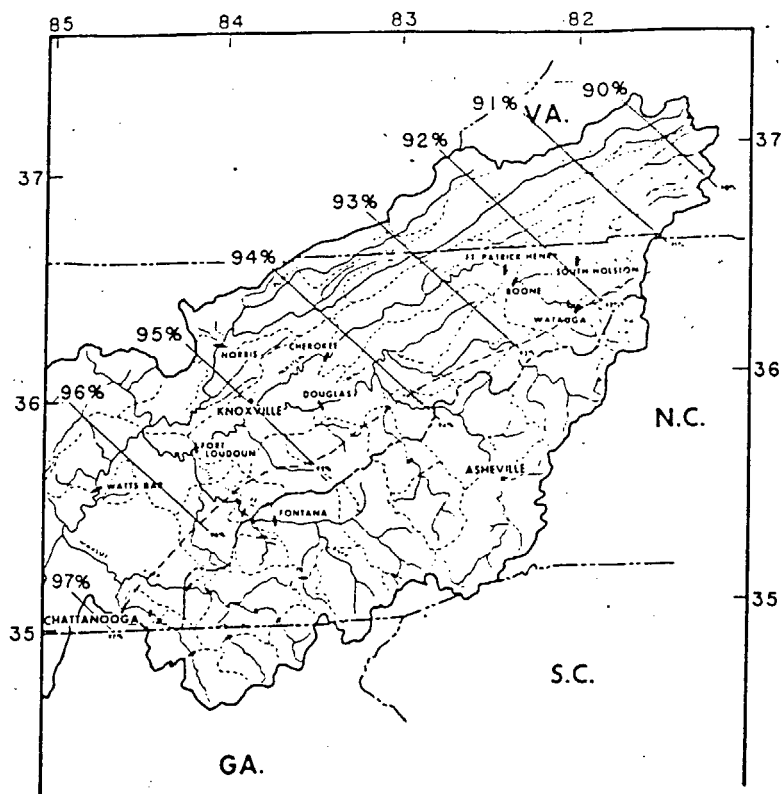
72 timers tidsforløp i PMP kunne arrangeres ved å gruppere de 4 største 6 timersverdier i gruppe A, de 4 midtverdier i gruppe B og de 4 minste 6 timersverdier i gruppe C. Innenfor hver gruppe ble 6 timersverdiene arrangert 4, 2, 1, 3 med 1 som høyeste verdi, Endelig ble de 3 24 timersgrupper arrangert B, A, C. Andre kombinasjoner var også akseptable men BCA/ACB (minst 24 timers-gruppe i midten) ble forkastet.



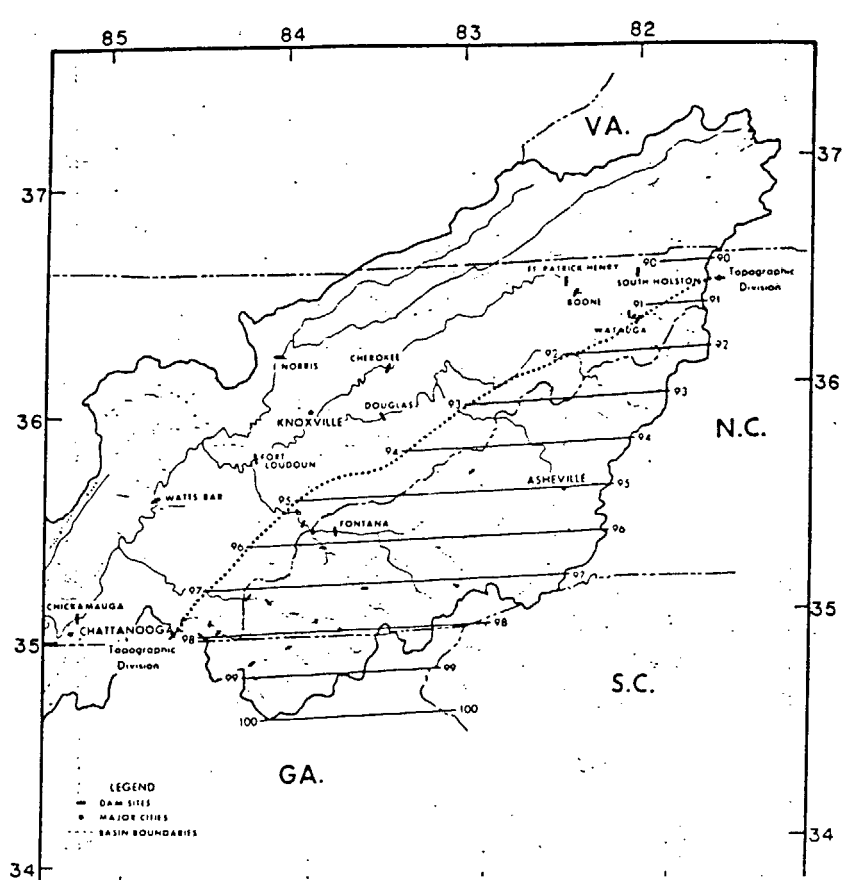
Figur 1.9 A PMP for areal 15 km² i feltet til elva Tennessee. Glatt (smooth) kurve er basert på verdier fra lite kupert terreng, ru (rough) kurve fra utpreget kupert terreng.



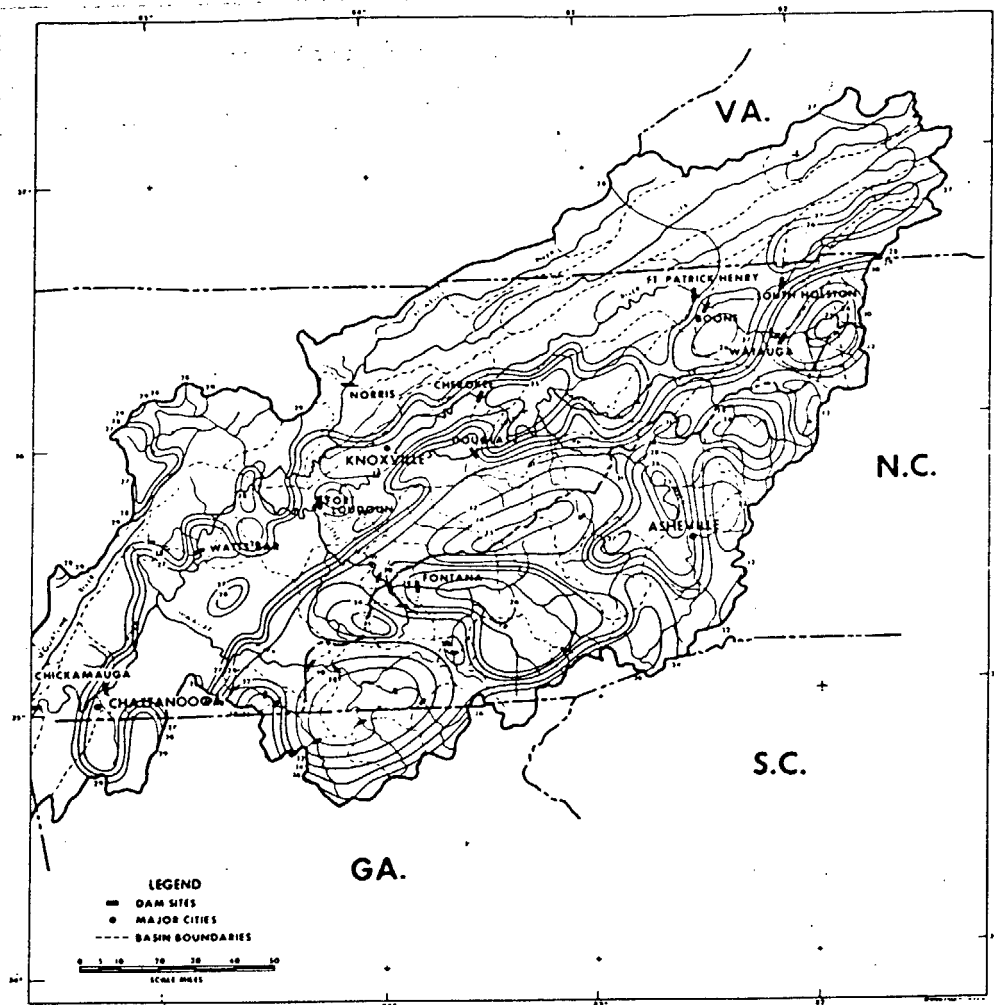
Figur 1.9 B PMP nedbør-varighetskurve for felt opptil 250 km² i feltet til elva Tennessee.



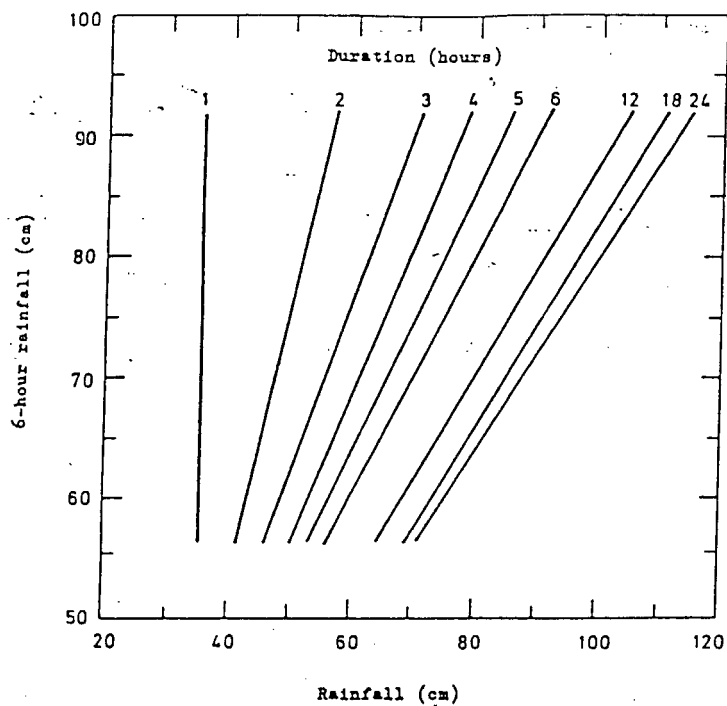
Figur 1.10 A Fuktighetskart i NW-del av feltet for å justere PMP-verdier. 100 prosent lengst SW i feltet.



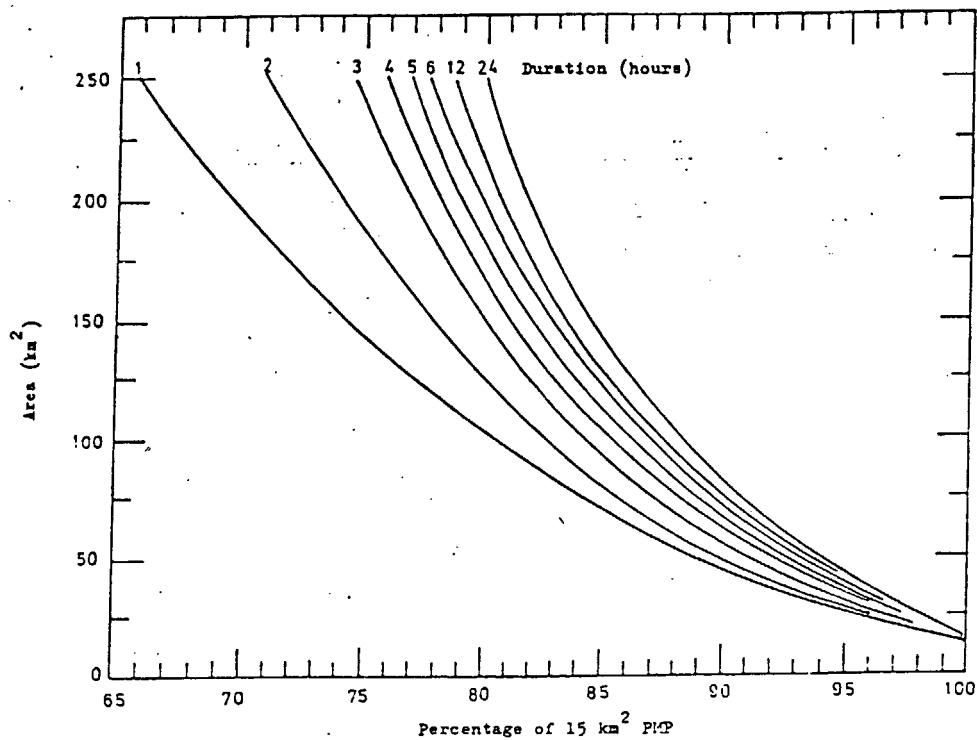
Figur 1.10 B Breddegrads-gradient i SE delen av totalfeltet basert på gradienter i nedbørhyppighet forårsaket av orografien (gitt i %).



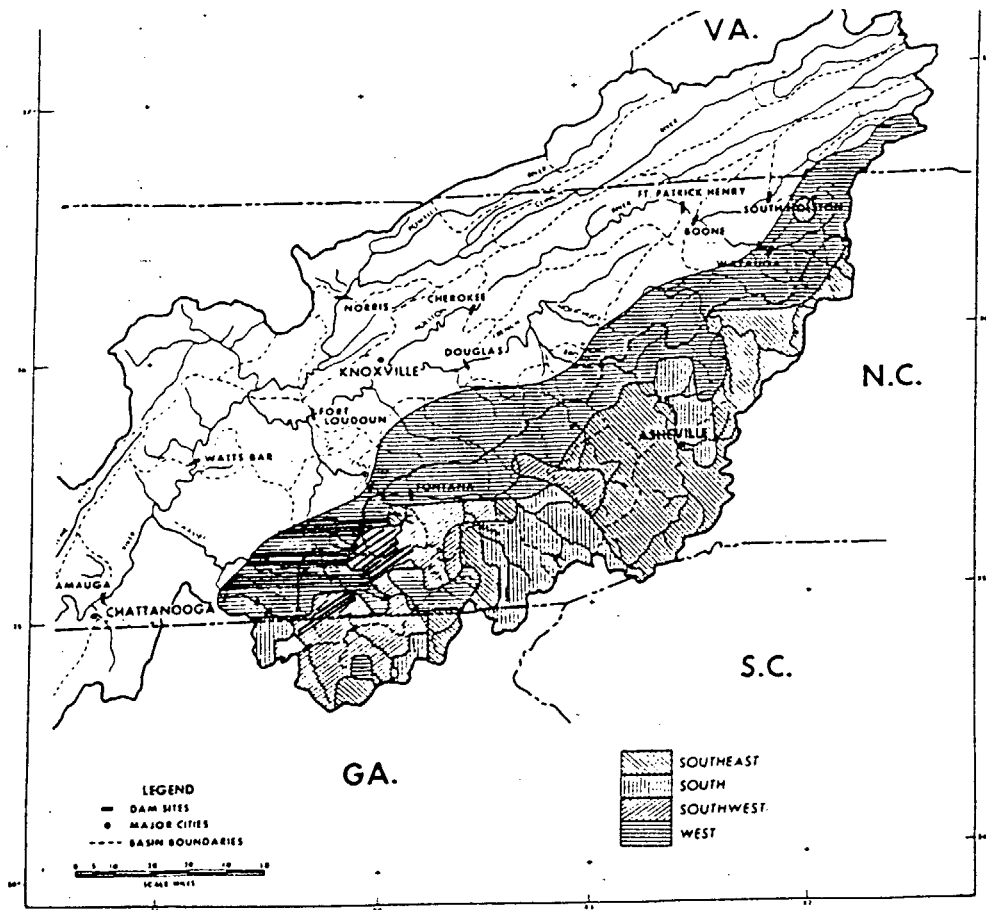
Figur 1.11 6 timers PMP i Tennessee-feltet gyldig for 15 km² utviklet vha figurene 1.9 A og 1.10 AB (enhet tommer)



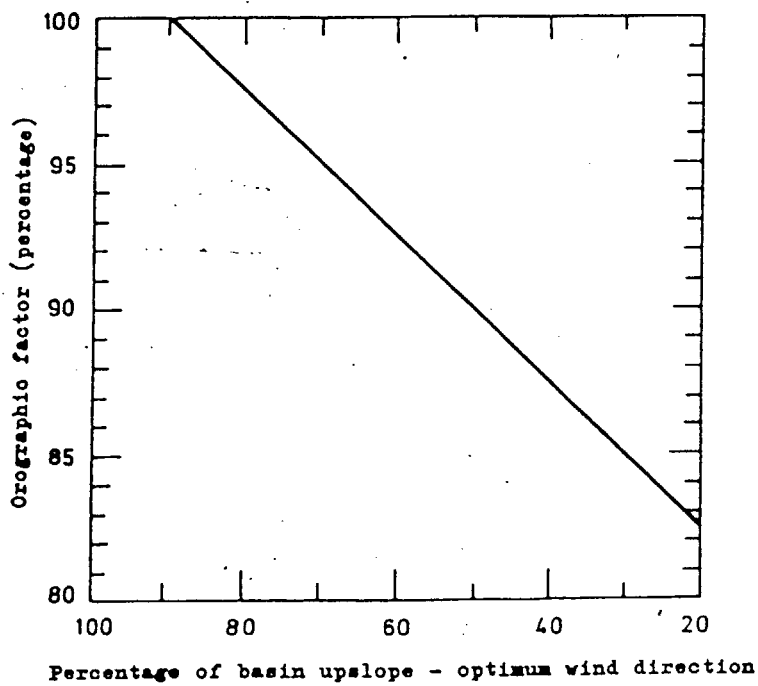
Figur 1.12 A Nedbørhøyde-varighets relasjon for 1-24 timers PMP.



Figur 1.12 B Nedbørhøyde-areal relasjon for felter opptil 250 km² i prosent av 15 km² PMP.



Figur 1.15 A Optimale vindretninger for fuktighetstilførsel ved kraftige nedbørepisoder i SE delen av Tennessee-feltet.



Figur 1.15 B Orografisk justeringsfaktor anvendt i den fjellkledte SE delen av Tennessee-feltet.

2. BEREGNING AV PMP I VEST-TYSKLAND.

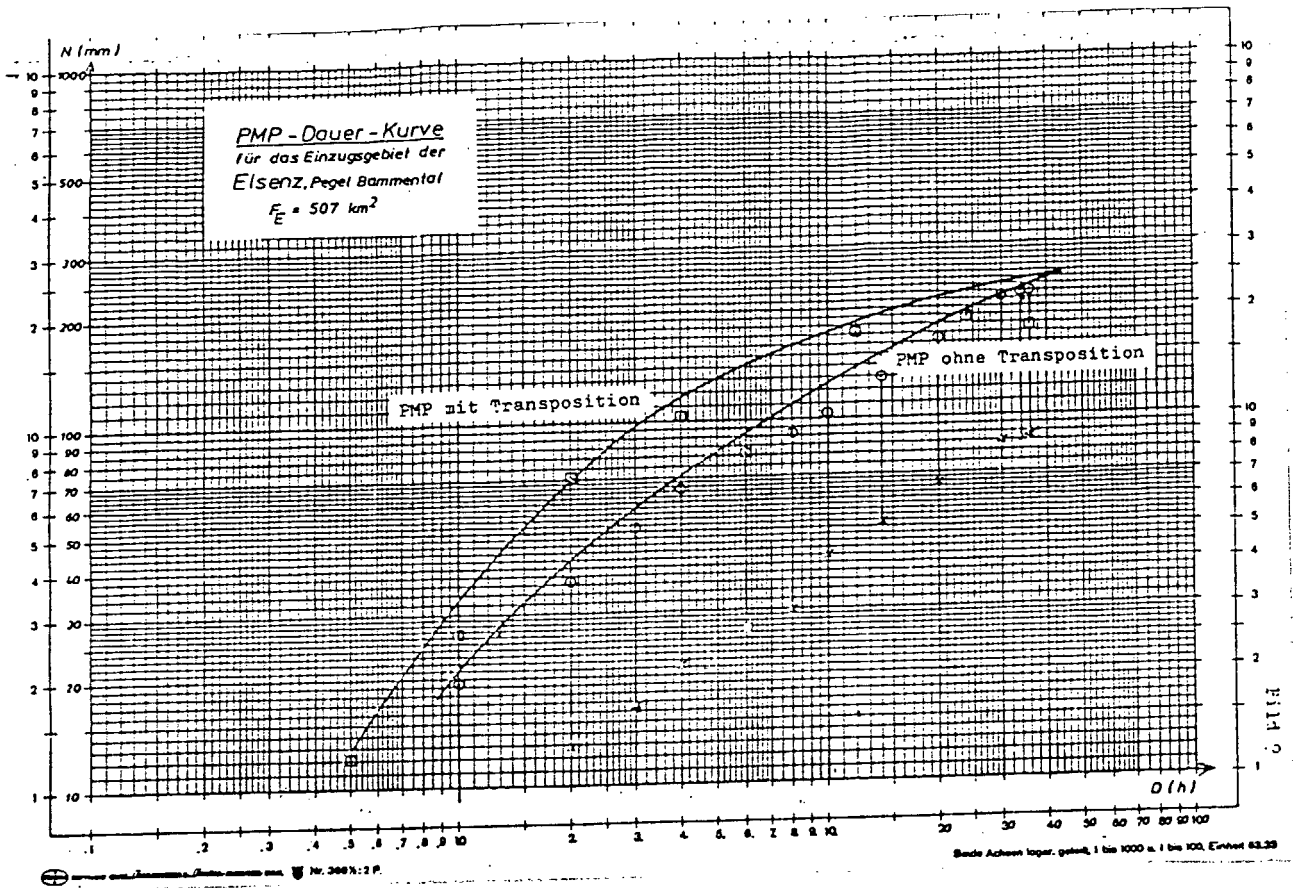
2.1 Beregning av PMP.

Metoder til å beregne PMP blir grundig beskrevet i "Beiträge zur Wahl des Bemessungshochwassers und zum "vermutlich grössten Niederschlag"", [7], og bygger i stor grad på metoder fra WMO's "Manual for estimation of probable maximum precipitation". Det blir gitt eksempler på anvendelse av metodene for området Baden-Württemberg. Figurene 2.1 - 2.6 er reprodusert fra kompendiet navngitt ovenfor.

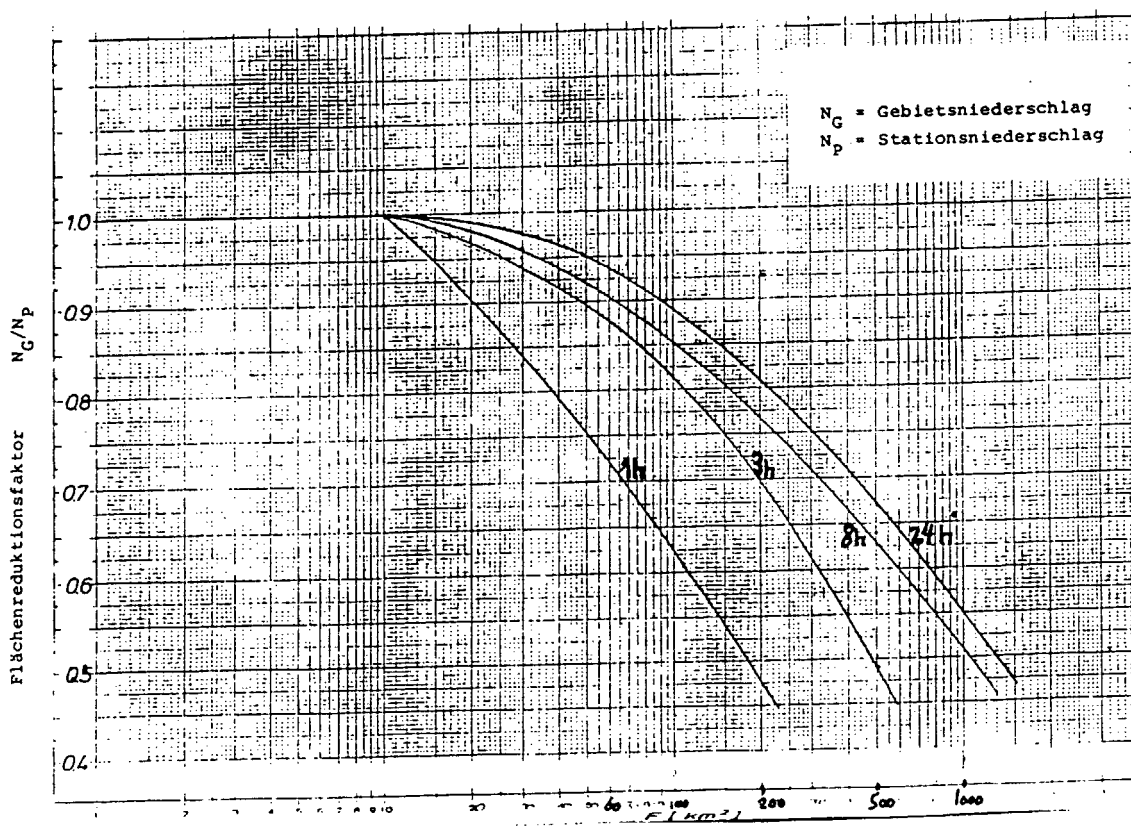
Undersøkelser av klimaforhold, tilgjengelige data, geografi og topografi tilsa at WMO's maksimeringsmetode ville egne seg godt i det ovennevnte område. I tillegg til DWD's stasjonsdata, ble nedbørdata fra vannverk, skogforvaltning og private firmaer anvendt (DWD er Deutsche Wetterdienst).

Maksimering ble i første omgang kun utført for fuktighet og ikke for vind. Et stort antall kraftige nedbørepisoder ble undersøkt og vanninnholdet W_1 ble beregnet utfra observerte duggpunkttemperaturer. Derest ble årstidsvariasjon i maksimalt mulig vanninnhold W_2 bestemt utfra maksimale duggpunkt i nedbørsfeltet. Observerte arealnedbørhøyder R_{DF} ble maksimert med kvotienten W_2/W_1 . Maksimerte nedbørverdier ble plottet mot varigheter og en omhylningskurve trukket opp, som for nedbørsfeltet Elsenz (NV-delen av Baden-Württemberg), se figur 2.1 A. Arealnedbør ble estimert ved kjente prosedyrer som vekting av nedbørstasjoner vha Thiessen-polygoner. En arealreduksjonskurve basert på kraftige nedbørepisoder i/nær Elsenz-feltet er vist i figur 2.1 B.

De representative duggpunktverdier i hver situasjon ble plukket ut i samsvar med de fuktige luftmassers innstrømningsretning. 850 hPa - vind ble foretrukket som representativ fremfor bakkevind, mye pga. uønskede vindreininger i bakkeskiktet på-



Figur 2.1 A PMP varighetskurve med/uten transposisjon for Elsenzfeltet (507 km^2) i Baden-Württemberg.



Figur 2.1 B Arealreduksjonskurver for varigheter 1, 3, 8 og 24 timer i Elsenzfeltet (507 km^2).

tvunget av topografi. Maksimale duggpunktverdier ble bestemt for hver måned og med tilstrekkelig mange stasjoner kunne månedskart produseres (se figur 2.2 A B).

2.2 PMP beregning for et spesifisert nedbørfelt.

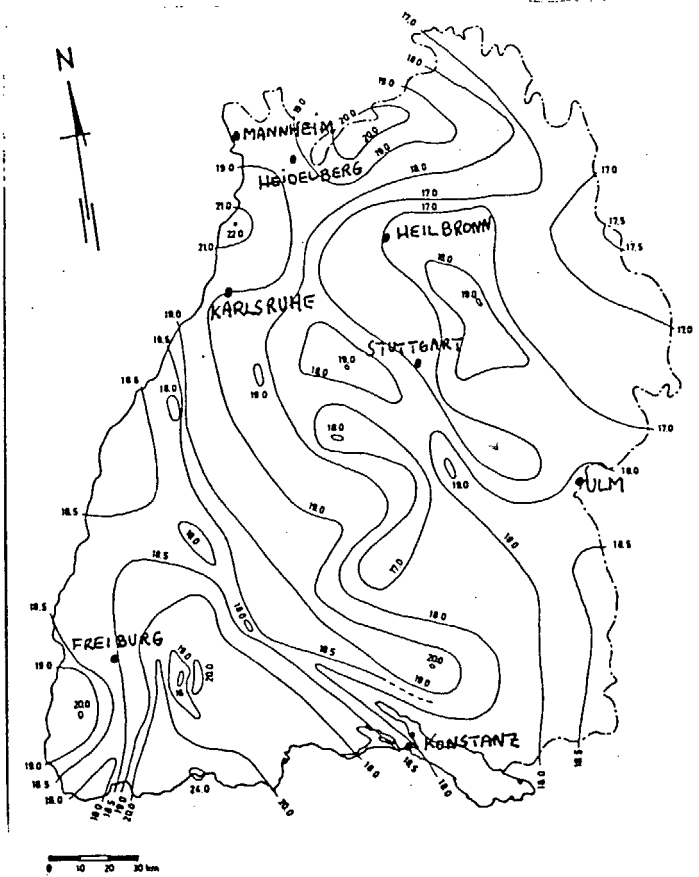
Dette kapittel beskriver mer detaljert hvordan PMP ble beregnet for nedbørfeltet Elsenz (areal cirka 507 km²).

Utgangspunktet var kart over nedbørfeltet med nedbør- og avløpsstasjoner, samt de viktigste klimastasjoner utenfor feltet (figur 2.3 A). Et kart med skraverte områder (midlere årsnedbør 700-800 mm) ble brukt som et middel til å forflytte kraftige nedbørepisoder observert utenfor Elsenz-feltet inn i feltet (figur 2.3 B). Kart over 24 timers 100 årsnedbør samt vindroser for viktige stasjoner ga mer allmenne opplysninger om nedbørfeltet (figur 2.4 AB).

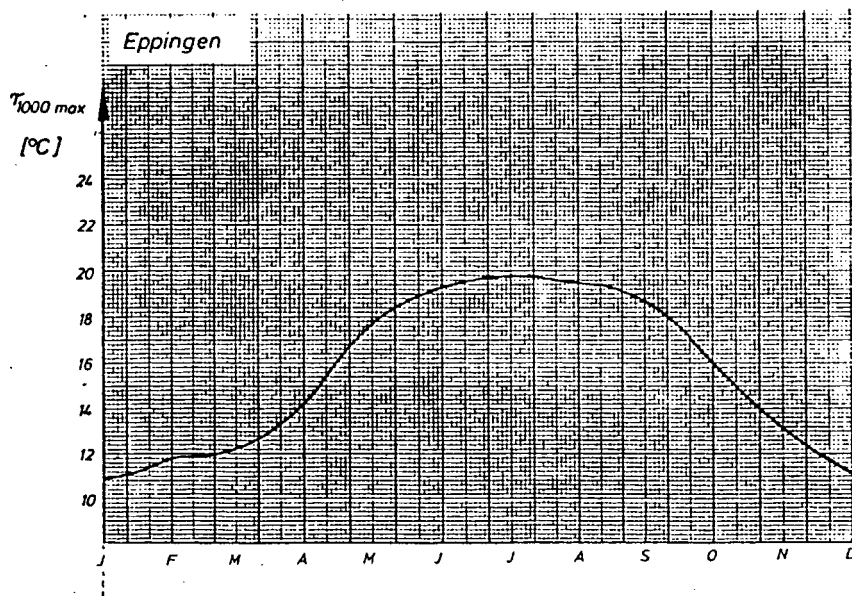
Opplysninger om ekstremepisodene ble samlet i tabeller som vist i figur 2.5 AB. Man noterte dato, varighet, observert areal nedbørhøyde R_{DF} samt fremherskende vindretning i nedbørepisoden (kolonner 2-6). Stasjonene Heidelberg og Philippsberg (kolonne 7) ga duggpunktverdier som ble redusert til 1000 hPa og midlet (kolonner 8-10), mens maksimalt duggpunkt i nedslagsfeltet ble notert i kolonne 11.

Vanninnhold tilsvarende representativ (W_1) og maksimal (W_2) duggpunkttemperatur ble utarbeidet vha. Standard WMO-tabeller. W_1 og W_2 ble gitt som utfellbart vann i en mett luftsoyle mellom 1000 hPa og 300 hPa, redusert for stasjoners høyde over havet (kolonne 13, 14). Maksimert arealnedbørhøyde (kolonne 16) framkom ved multiplikasjon av R_{DF} med kvotienten W_2/W_1 . De maksimerte verdier R_{MDF} ble plottet mot varighet og ga PMPvarighetskurve som i figur 2.1 A (uten transposisjon). Verdier i kolonne 17 i tabellene er avlest fra omhylningskurven i figur 2.1A. Figuren viser også en kurve med transposisjon. Den ligger i helhet mot høyere nedbørverdier men konvergerer mot kurven uten transposisjon for varighet over 20 timer.

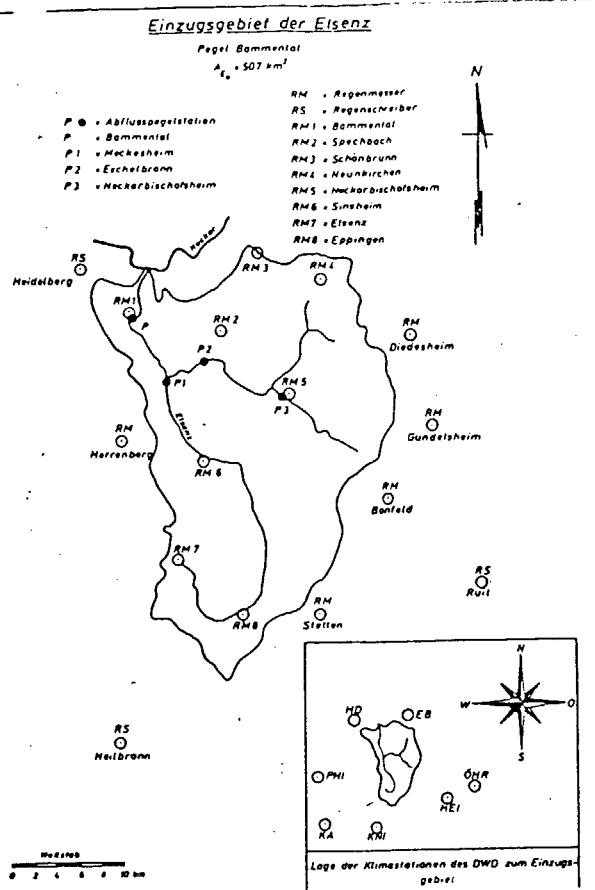
Transposisjon innebar at observerte kraftige nedbørepisoder i



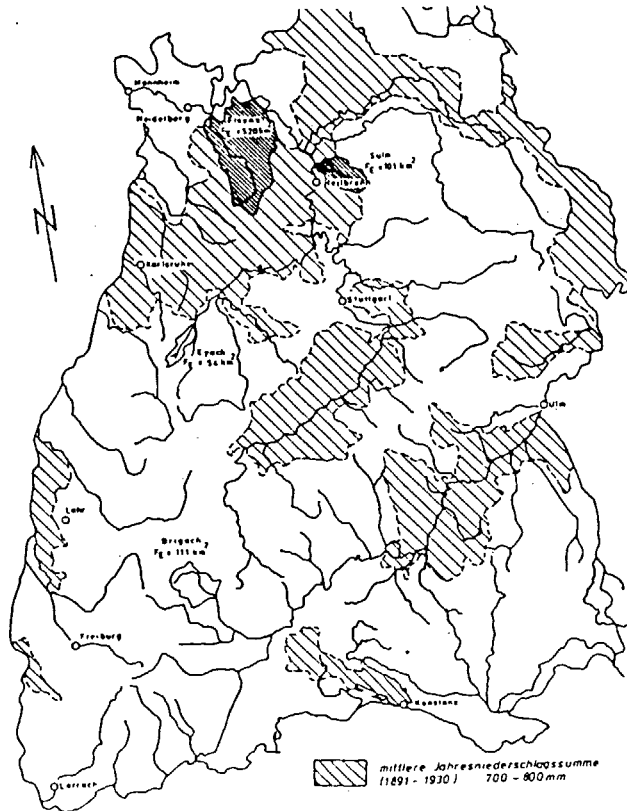
Figur 2.2 A Isolinjer for maksimale duggpunkt (1000 hPa nivå) i Oktober for Baden-Württemberg.



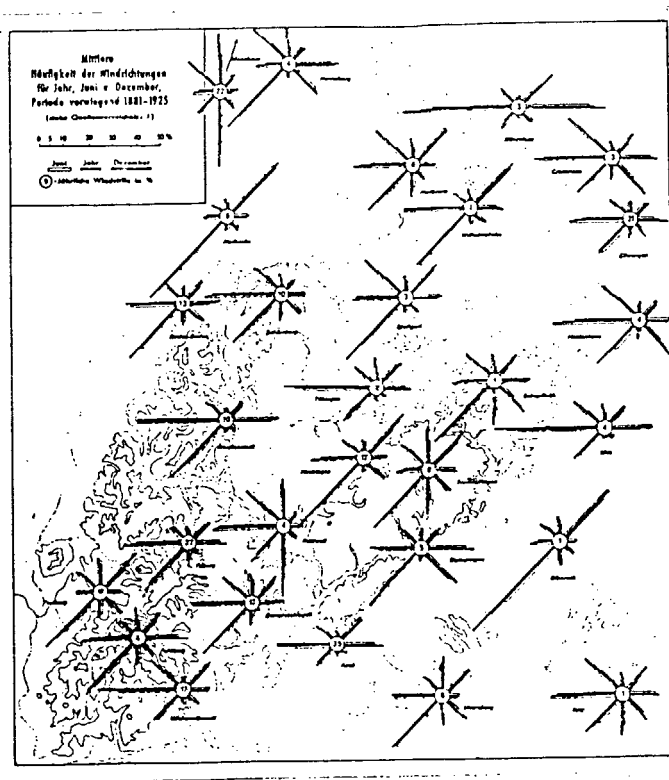
Figur 2.2 B Omhylningskurve for maksimale duggpunkt fra stasjonen Eppingen.



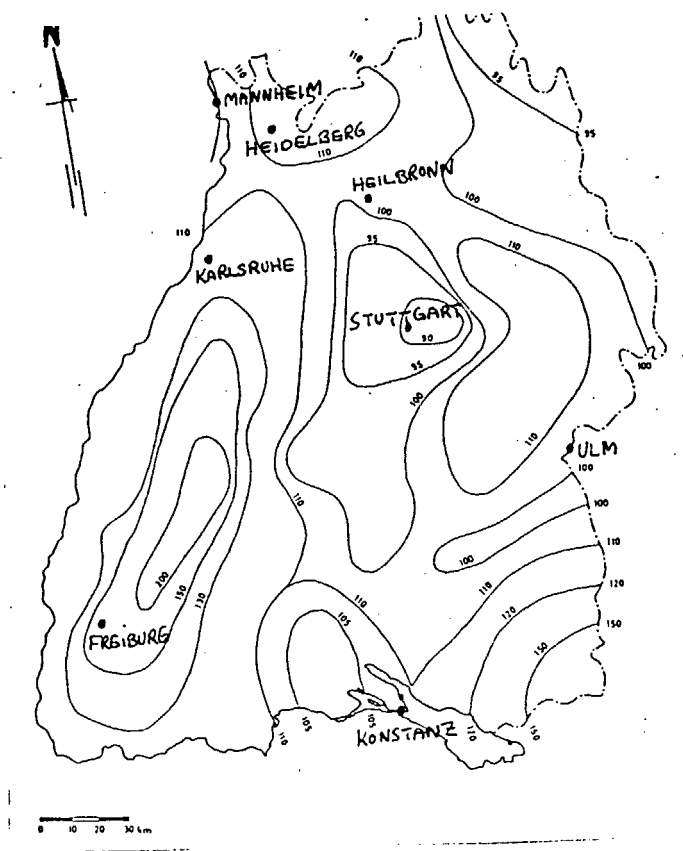
Figur 2.3 A Nedbørfeltet Elsenz med nedbørstasjoner (RM,RS) og avløpsstasjoner (P).



Figur 2.3 B Skravering av områder med årsnedbør mellom 700 og 800 mm for å forflytte kraftige nedbørepisoder.



Figur 2.4 A Midlere hyppighet av vindretninger i Baden-Württemberg.



Figur 2.4 B 100-årsverdier av 24 timers nedbør i mm for Baden-Württemberg.

Ereignis		D	von-bis	r_{DF}	Station	τ	τ_{1000}	$\bar{\tau}_{1000}$	τ_m	Konvekt.grenze	W_1	W_2	W_2/W_1	r_{mDF}	PMP _{DF}	
1	2	(h)	(Uhr)	(mm)	(-)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(mb)	(mm)	(mm)	(-)	(mm)	(mm)	
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
21.	24./25.9.68		5 - 11	11,7	NW	Heidelb.	10,9	11,5	11,5	20	300	22,5	49	2,18	25,5	
22.	2.10.68		14 - 10	18,1	WNW	Heidelb. Philippsb	13,9 9,5	14,5 10	12,3	18	"	25	39	1,56	28,2	
23.	16.9.70		24 - 6	24,3	W	Philippsb	10,2	10,8	10,8	20	"	24	49	2,04	49,6	
24.	17.11.72	6	7 - 13	8,4	WSW	Philippsb Karlsruhe	-1,5 2,8	-1 3,6	1,3	14	"	8,5	27	3,18	26,7	92
25.	24.7.74		11 - 17	28,1	WSW	Philippsb Karlsruhe	14,3 14,3	14,8 14,8	14,8	21	"	30	52	1,73	48,6	
26.	23.5.78		24 - 6	28,3	WNW	Heidelb. Philippsb	10,2 10,9	10,8 11,4	11,1	20,5	"	20,5	51	2,49	70,5	
27.	18.6.79		17 - 23	26,8	WNW	Heidelb. Philippsb	9,2 7,9	9,8 8,3	9,1	21	"	17	52	3,06	82,0	
28.	25.9.68		1 - 9	15,8	NW	Heidelb.	10,9	11,5	11,5	20	"	22,5	49	2,18	34,4	
29.	2.10.68		14 - 22	18,7	WNW	Heidelb. Philippsb	13,9 9,5	14,5 10	12,3	18	"	25	39	1,56	29,2	
30.	16.9.70		24 - 8	24,9	W	Philippsb	10,2	10,8	10,8	20	"	24	49	2,04	50,8	
31.	24.7.74	8	9 - 17	31,5	WSW	Philippsb Karlsruhe	14,3 14,3	14,8 14,8	14,8	21	"	30	52	1,73	54,5	110
32.	23.5.78		24 - 8	35,3	WNW	Heidelb. Philippsb	10,2 10,9	10,8 11,4	11,1	20,5	"	20,5	51	2,49	87,9	
33.	17./18.6.78		17 - 1	30,0	WNW	Heidelb. Philippsb	9,2 7,9	9,8 8,3	9,1	21	"	17	52	3,06	91,8	

Figur 2.5 A PMP beregninger ved fuktighetsmaksimering i Elsenz-feltet, varighet 6/8 timer.

Ereignis		D	von-bis	r_{DF}	Station	τ	τ_{1000}	$\bar{\tau}_{1000}$	τ_m	Konvekt.grenze	W_1	W_2	W_2/W_1	r_{mDF}	PMP _{DF}	
1	2	(h)	(Uhr)	(mm)	(-)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(mb)	(mm)	(mm)	(-)	(mm)	(mm)	
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
48.	25./26.9.68		13 - 19	42,2	NW	Heidelb.	10,9	11,5	11,5	20	300	22,5	49	2,18	92	
49.	1./2.10.68		14 - 20	32,6	WNW	Heidelb. Philippsb	13,9 9,5	14,5 10	12,3	18	"	25	39	1,56	50,9	
50.	23./24.7.74	30	1 - 7	37,5	WSW	Philippsb Karlsruhe	14,3 14,3	14,8 14,8	14,8	21	"	30	52	1,73	64,9	220
51.	22./23.5.78		18 - 24	87,2	WNW	Heidelb. Philippsb	10,2 10,9	10,8 11,4	11,1	20,5	"	20,5	51	2,49	217,1	
52.	17./18.6.78		3 - 9	45,4	WNW	Heidelb. Philippsb	9,2 7,9	9,8 8,3	9,1	21	"	17	52	3,06	138,9	
53.	24./25.9.68	34	13 - 23	42,8	NW	Heidelb.	10,9	11,5	11,5	20	"	22,5	49	2,18	93,3	235
54.	22./23.5.78		18 - 4	88,6	WNW	Heidelb. Philippsb	10,2 10,9	10,8 11,4	11,1	20,5	"	20,5	51	2,49	220,6	
55.	22./23.5.78	36	18 - 6	88,8	WNW	Heidelb. Philippsb	10,2 10,9	10,8 11,4	11,1	20,5	"	20,5	51	2,49	221,1	240

Figur 2.5 B PMP beregninger ved fuktighetsmaksimering i Elsenz-feltet, varighet 30, 34 og 36 timer.

Sulmfeltet (ESE av Elsenz) ble forflyttet inn i Elsenz. De representative duggpunktsverdier (vanninnhold W_1) i figur 2.6 er fra Sulmfeltet mens de maksimale duggpunkt (vanninnhold W_2^1) er tatt fra Elsenz-feltet. Transposisjon ga høyere maksimerte arealnedbørverdier, mest som følge av høyere observerte arealnedbørhøyder i Sulm-feltet enn i Elsenzfeltet.

De maksimerte nedbørverdier ble redusert ved hjelp av reduksjonskurven i figur 2.1B som følge av å ha transponert nedbørepisoder fra Sulm-feltet (101 km^2) til det 5 ganger større Elsenzfeltet (507 km^2). Reduserte arealnedbørhøyder R_{MDF} (kolonne 17 i figur 2.6) ble plottet mot varighet og omhylningskurven i figur 2.1 A trukket opp. For varigheter under 20 timer syntes transposisjon å gi større PMP-verdier. For varighet over 20 timer, lå de transponerte verdier litt lavere enn ikketransponerte verdier.

Omhylningskurven med transposisjon for varighet over 20 timer ble allikevel trukket mot litt høyere nedbørverdier enn kurven uten transposisjon.

Ereignis		D	von-bis	r_{DF}	α	Station	τ	τ_{1000}	$\bar{\tau}_{1000}$	τ_m	Konvekt. grenze	W_1	W_2	W_2/W_1	r_{mDF}	r'_{mDF}	PMP _{DF}
1	2	(h)	(Uhr)	(mm)	(-)	(-)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(mb)	(mm)	(mm)	(-)	(mm)	(mm)	(mm)
3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
1.	17. 8.50	0,5		18,9	S	Heilbronn	12,3	13,1	13,1	21	300	26	52	2,0	37,9	12	12
2.	17. 8.50			29,7	S	Heilbronn	12,3	13,1	13,1	21	"	26	52	2,0	59,4	<u>28,7</u>	
3.	23./24.5.78	1		17,9	WSW	Knittl.	11,4	12,4	12,4	20,5	"	25	51	2,04	36,5	17,6	34
4.	17. 6.78			23,3	SW	Pforzheim Knittl.	9,5 10,5	10,7 11,6	11,2	21	"	22	52	2,36	55,0	26,6	
5.	23./24.5.78			32,8	WSW	Knittl.	11,4	12,4	12,4	20,5	"	25	51	2,04	66,9	40,5	
6.	17. 6.79	2		50,1	SW	Pforzheim Knittl.	9,5 10,5	10,7 11,6	11,2	21	"	22	52	2,36	118,2	<u>71,5</u>	72
7.	3. 9.54			27,8	SSW	Karlsruhe	16,3	16,8	16,8	20	"	36	49	1,36	37,8	22,9	
8.	1. 6.73	4		35,1	SW	Pforzheim	13,9	15,1	15,1	21	"	31	52	1,68	59	38,8	
9.	23./24.5.78			37,8	WSW	Knittl.	11,4	12,4	12,4	20,5	"	25	51	2,04	77,1	<u>50,7</u>	120
10.	17. 6.78			71,1	SW	Pforzheim Knittl.	9,5 10,5	10,7 11,6	11,2	21	"	22	52	2,36	167,8	<u>110,5</u>	
11.	23./24.5.78	12		63,3	WSW	Knittl.	11,4	12,4	12,4	20,5	"	25	51	2,04	129,1	101,4	180
12.	17. 6.78			92,9	SW	Pforzheim Knittl.	9,5 10,5	10,7 11,6	11,2	21	"	22	52	2,36	219,2	<u>172,1</u>	
13.	17. 6.78	24		101,9	SW	Pforzheim Knittl.	9,5 10,5	10,7 11,6	11,2	21	"	22	52	2,36	240,5	<u>189,6</u>	200
14.	23./24.5.78	36		110,5	WSW	Knittl.	11,4	12,4	12,4	20,5	"	25	51	2,04	225,4	<u>178</u>	210

Figur 2.6 PMP beregninger ved fuktighetsmaksimering og transposisjon fra Sulm-feltet for Elsenz-feltet, varighet 0,5 - 36 timer.

LITTERATURLISTE

- [1] NVE 1981 Forskrifter for dammer.
Universitetsforlaget.
- [2] Førland, E. J. 1984 Påregnelige ekstreme nedbørverdier.
DNMI-Fagrappport nr. 3/84 KLIMA.
- [3] Førland, E. J. 1987 Beregning av ekstrem nedbør.
DNMI-Fagrappport nr. 23/87 KLIMA.
- [4] NERC 1975 Flood Studies Report, Vol II:
Meteorological Studies.
Natural Environment Research Council,
London.
- [5] WMO 1973 Manual for estimation of probable
maximum precipitation. WMO-No. 332,
Operational Hydrology Rep. No. 1.
- [6] WMO 1986 Manual for estimation of probable
maximum precipitation. WMO-No. 332,
Operational Hydrology Rep. No. 1,
Second Edition.
- [7] DVWK 1983 "Beiträge zur Wahl des Bemessungs-
hochwassers und zum "vermutlich
grössten Niederschlag".
DVWK Schriften 62, 1983.