

# Bepaling van Uiterste Neerslag vir Intermediêre Reënvalduurtes in Suidelike Afrika

B.H. SINSKE

Departement Siviele Ingenieurswese, Universiteit van Stellenbosch, Stellenbosch, 7600.

## Abstract

### Determination of the maximum rainfall for intermediate durations in Southern Africa

A simple and fast method to estimate the maximum likely point rainfall for intermediate durations and any return period in Southern Africa is described.

The method is based on an isohyetal map showing maximum 1 h – 25 a precipitation, compiled from the data of 76 autographic rainfall stations. By means of established relationships rainfall depths for other durations up to 24 h, with possible extensions to 36 h for long durations and  $\frac{1}{4}$  h for short durations, can be obtained.

Extrapolation for higher return periods based on Gumbel and log-Gumbel distributions proved unsatisfactory. By taking into consideration maximum observed and maximum probable precipitation, it was found that rainfall depths varied with approximately the fifth root of the return period.

Allowing the estimation of maximum point rainfall for intermediate durations and high return periods, this method enables practitioners to use deterministic flood frequency estimation methods as an alternative for design flood determination, especially for dams.

## Inleiding

Deterministiese metodes (bv. die rasonale metode, die eenheids-hidrogrammetode) vind toepassing by die bepaling van vloede vanaf klein en middelgroot opvanggebiede (sê tot 'n opvanggebiedarea van  $A = 3\,000\text{ km}^2$ ). Hierdie metodes benodig as invoer uiterste neerslag vir spesifieke reënvalduurtes en herhaalperiodes,  $h_{N(t,T)}$  (mm).

Die benodigde reënvalduurte  $t$  (h) word gewoonlik gelykgestel aan 'n opvanggebied-reaksietyd (bv. konsentrasietyd, vertragingstyd), wat van opvanggebiedeienskappe afhanklik is. Bell en Kar (1969) gee 'n verband tussen opvanggebiedarea  $A$  en reaktietyd, waarvolgens afgelei kan word dat vir  $A \leq 3\,000\text{ km}^2$  veral intermediêre reënvalduurtes ( $1\text{ h} \leq t \leq 24\text{ h}$ ) van belang is.

Die benodigde herhaalperiode  $T$  (a) word gewoonlik gelykgestel aan die herhaalperiode van die gewenste ontwerp-vloed. Duikers, brûe, keerwalle, ens. word oor die algemeen vir klein herhaalperiodes ( $T = 25\text{ a}$  tot  $T = 50\text{ a}$ ) ontwerp en vloedsluise van damme vir groter herhaalperiodes ( $T = 100\text{ a}$  tot  $T = 500\text{ a}$ ). Stabiliteitsberekeninge van damwalle word vir vloede met nog groter herhaalperiodes ( $T = 1\,000\text{ a}$  tot  $T = 10\,000\text{ a}$ ) gedoen. Laasgenoemde herhaalperiode word dikwels met die grootste moontlike vloed geassosieer.

## Bestaande metodes

Die Weerburo (1974) gee in 'n publikasie met bylae (1976) uiterste waardes van reënval van 62 outografiese reënvalmeetstasies in Suidelike Afrika vir 5 duurtes ( $t = 15\text{ min}, 30\text{ min}, 45\text{ min}, 1\text{ h}$  en  $24\text{ h}$ ) en 3 herhaalperiodes ( $T = 25, 50$  en  $100\text{ a}$ ). Direkte toepassing van die Weerburodata word bemoeilik, omdat die inligting eers op die probleemgebied oorgedra moet word en dan vir die gewenste duurre en herhaalperiode geïnterpoleer moet word. Tog vorm die Weerburodata die uitgangspunt vir verskillende ander metodes, of word as toetswaardes vir ander metodes gebruik.

Vir kort duurtes ( $t < 1\text{ h}$ ) word na Van Heerden (1978) se metode verwys. Met die Weerburodata as grondslag is daar vir 8 intensiteitsklasse standaardintensiteitskrommes opgestel, waaruit neerslagintensiteite vir verskillende duurtes (tot by  $t = 2\text{ h}$ ) en herhaalperiodes (tot by  $T = 100\text{ a}$ ) afgelees kan word.

'n Probleem wat egter by die praktiese toepassing van hierdie metode ondervind word, is om die korrekte intensiteitsklasse vir 'n probleemopvanggebied te bepaal. 'n Alternatiewe metode vir die bepaling van uiterste neerslag van kort duurtes is Alexander (1980) se formule. Hiervolgens word  $h_{N(1h, 5a)}$  waardes met behulp van 'n korrelasie met twee parameters afgelei, naamlik die gemiddelde daaglikse maksimumneerslag en die gemiddelde aantal donderstormdae per jaar, en vir die toepassing op ander duurtes en herhaalperiodes word van Bell (1969) se verhoudings gebruik gemaak. Die benodigde parameters vir 'n probleemopvanggebied is egter nie vinnig verkrygbaar nie.

Vir intermediêre duurtes ( $1\text{ h} \leq t \leq 24\text{ h}$ ) is daar slegs Midgley en Pitman (1978) se koaksiale diagram beskikbaar, waaruit neerslag vir verskillende duurtes ( $t = 0,1\text{ h}$  tot  $100\text{ h}$ ) en herhaalperiodes (tot by  $T = 100\text{ a}$ ) afgelees kan word. Die diagram, gebaseer op 'n vroeëre diagram (Midgley, 1972) en 'n verwerking van Weerburodata, het as parameters die gemiddelde jaarlikse neerslag en 'n streekparameter (kus of binneland). Probleme wat by die praktiese toepassing van die metode ondervind word, is die omslagtige afleesprosedure in die koaksiale diagram en die bepaling van die grens tussen kus en binneland.

Vir lang duurtes ( $t \geq 1\text{ d}$ ) word na Adamson (1980) se tabelle (met herhaalperiodes tot by  $T = 200\text{ a}$ ) en Schultze (1980) se isohiëtekaarte (met herhaalperiodes tot by  $T = 50\text{ a}$ ) verwys. Sinske (1971) en Pitman (1980) gee beskrywings vir die bepaling van uiterste neerslag vir kort en intermediêre duurtes en herhaalperiodes tot by  $T = 100\text{ a}$  vir Suidwes-Afrika.

## Bespreking van Bestaande Metodes

Bogenoemde metodes gee uiterste neerslag slegs vir klein her-

TABEL 1  
UITERSTE NEERSLAG (mm)

Stasie	Metode	$h_{N(1h,25a)}$	$h_{N(1h,100a)}$	$h_{N(24h,25a)}$	$h_{N(24h,100a)}$
Kaapstad (D.F. Malan)	WB (1974/77) <sup>1)</sup>	29 (33)	36 (41)	63 (71)	76 (86)
	MP (1978) <sup>2)</sup>	32 (33)	55 (48)	100 (64)	160 (84)
	hierdie metode	33	44	57	88
Durban (Louis Botha)	WB (1974/77) <sup>1)</sup>	90 (101)	113 (127)	167 (188)	207 (234)
	MP (1978) <sup>2)</sup>	60 (100)	100 (163)	180 (195)	280 (308)
	hierdie metode	100	132	200	264
Johannesburg (Jan Smuts)	WB (1974/77) <sup>1)</sup>	73 (82)	93 (106)	108 (122)	134 (152)
	MP (1978) <sup>2)</sup>	70 (73)	110 (114)	125 (123)	200 (183)
	hierdie metode	78	103	122	161

<sup>1)</sup>Weerburo (1974/77). Waardes in hakies met klok-korreksies.

<sup>2)</sup>Midgley en Pitman (1978). Waardes in hakies volgens dataverwerking.

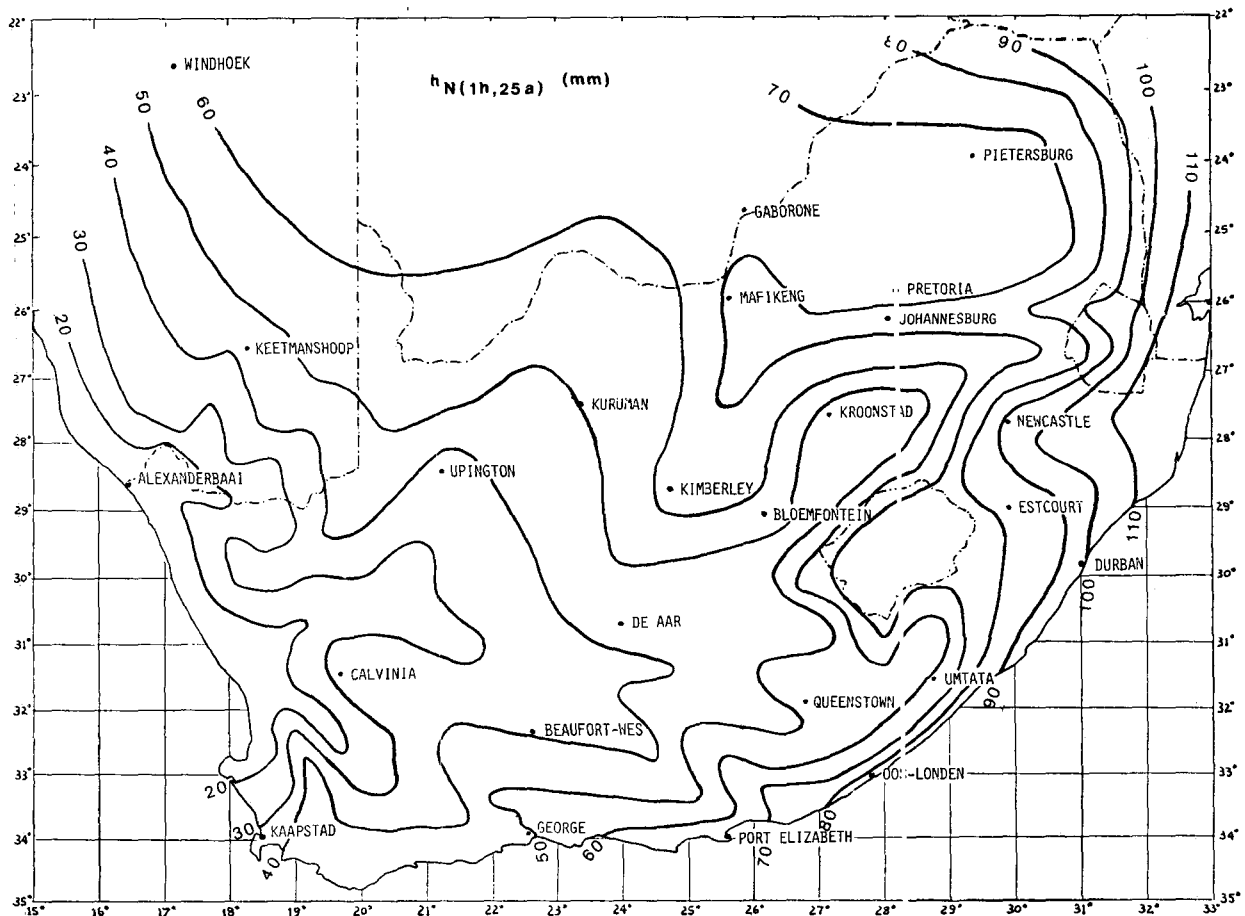
haalperiodes, gewoonlik tot by  $T = 100$  a. Daar bestaan geen metode vir die bepaling van uiterste neerslag vir groter herhaalperiodes nie, wat te wyte is aan die relatief kort waarnemingsperiodes waarop die beskikbare data gegrond is.

Vir intermediêre duurtes is daar gevind dat uiterste neerslag syfers, soos verkry uit die Weerburo publikasie (1974/77) met Midgley en Pitman (1978) se metode, dikwels nie goed ooreenstem nie.

Hierdie verskille word in Tabel 1 aan die hand van 3 voorbeelde van meetstasies met relatief lang waarnemingsperiodes geïllustreer.

Oor die algemeen word ondervind dat daar vir  $h_{N(1h,25a)}$  nog goeie ooreenstemming is, maar met toenemende reënvalduurte en toenemende herhaalperiode word die verskil in resultate tussen hierdie twee metodes groter.

Vir langer reënvalduurtes word die invloed van konvek-



Figuur 1  
Uiterste neerslag in (mm) vir 'n reënvalduurte van 1 uur en 'n herhaalperiode van 25 jaar

siereën meer en meer deur die invloed van frontale en orografiese reën verdring. Alhoewel daar 'n verband tussen gemiddelde jaarlikse neerslag en uiterste neerslag vir intermediêre duurtes bestaan, is dit nie voldoende om hierdie komplekse reënvalmeganisme te beskryf nie. Verder blyk dit dat die verdeling in twee streke (kus en binneland) nie doeltreffend is nie.

Vir groter herhaalperiodes is die Weerburodata (1974/1977) laer as Midgley en Pitman (1978) se waardes, omdat eersgenoemde met behulp van 'n Gumbel-verdeling en laasgenoemde met behulp van 'n log-Gumbel-verdeling ontleed is.

Vir klein herhaalperiodes word dikwels beter ooreenstemming tussen die twee metodes verkry wanneer, in plaas van die koaksiale diagram, Midgley en Pitman (1978) se verwerkte data direk gebruik word. (Vir groter herhaalperiodes lewer die log-Gumbel verdeling partykeer fisies onmoontlike groot waardes, bv. Beaufort-Wes:  $h_{N(24h, 100a)} = 1\ 280$  mm).

Midgley en Pitman (1978) het by hul dataverwerking klok-korreksies aangebring, terwyl dit by die Weerburodata nie gedoen is nie.

### Voorgestelde metode

Hierdie tekortkominge van die bestaande metodes het gelei tot die ontwikkeling van 'n alternatiewe metode vir die bepaling van uiterste neerslag van intermediêre duurtes.

In die voorgestelde metode is daar nie na 'n verband tussen uiterste neerslag en klimaat- of streekparameters gesoek nie. Die uitgangspunt van die metode is 'n isohiëtekaart (Fig. 1),

waaruit  $h_{N(1h, 25a)}$ -waardes afgelees kan word. Die kaart is gebaseer op data van 76 reënvalstasies, t.w. 62 Weerburodata (1974/77) en 56 weerburodata, wat deur Midgley en Pitman (1978) verwerk is, en mekaar grotendeels oorvleuel. By die tekening van die isohiëte is 'n klok-korreksiefaktor van 1,13 in ag geneem, en in 'n sekere mate ook die invloed van topografie en die gang van die gemiddelde jaarlikse neerslag.

Die oorsakeling van  $h_{N(1h, 25a)}$  na uiterste neerslag met ander duurtes en herhaalperiodes geskied volgens die vergelyking

$$h_{N(t,T)} = \eta \tau h_{N(1h, 25a)} \quad (\text{mm}) \quad (1)$$

waar  $\eta$  en  $\tau$  faktore is wat respektiewelik die reënvalduurte en herhaalperiode in ag neem.

### Reënvalduurte-faktor $\eta$

Gemiddelde  $\eta$ -waardes vir die Weerburodata (1974/77) en die data wat in Midgley en Pitman (1978) se metode bereken is, is in Tabel 2 saamgevat. In die berekening is fisies onmoontlike waardes wat by laasgenoemde data vir duurtes van 24 h en groter herhaalperiodes voorkom, geïgnoreer.

Vir vergelykingsdoeleindes is ook Bell (1969) se waardes, asook  $\eta$ -waardes bereken met Bell (1969) se vergelyking

$$\eta = 1,50 t^{0,25} - 0,50 \quad (2)$$

in Tabel 2 opgeneem.

TABEL 2  
WAARDES VIR  $\eta = h_{N(t,T)}/h_{N(1h,T)}$

Duurte	t	(h)	¼	½	¾	1	2	24
Weerburo (1974/77)	T = 25a	$\bar{\eta}$	0,56	0,79	0,91	1,00		1,95
		$S_{\eta}, (C_v)$	0,10 (0,18)	0,09 (0,11)	0,06 (0,07)			0,61 (0,31)
	T = 50a	$\bar{\eta}$	0,56	0,79	0,90	1,00		1,95
		$S_{\eta}, (C_v)$	0,10 (0,18)	0,09 (0,11)	0,10 (0,11)			0,65 (0,33)
Midgley en Pitman (1978)	T = 100a	$\bar{\eta}$	0,56	0,78	0,91	1,00		1,95
		$S_{\eta}, (C_v)$	0,11 (0,20)	0,10 (0,13)	0,07 (0,08)			0,67 (0,34)
	Gemiddeld	$\bar{\eta}$	0,56	0,79	0,91	1,00		1,95
	T = 20a	$\bar{\eta}$	0,55	0,79	0,92	1,00		2,07
	$S_{\eta}, (C_v)$	0,10 (0,18)	0,08 (0,10)	0,05 (0,05)			0,88 (0,43)	
Bell (1969)	T = 50a	$\bar{\eta}$	0,56	0,78	0,92	1,00		(2,10)
		$S_{\eta}, (C_v)$	0,12 (0,21)	0,10 (0,13)	0,05 (0,05)			1,07 (0,51)
	T = 100a	$\bar{\eta}$	0,55	0,78	0,92	1,00		(2,20)
		$S_{\eta}, (C_v)$	0,14 (0,25)	0,11 (0,14)	0,06 (0,07)			1,49 (0,48)
Vergl. 2	Gemiddeld	$\bar{\eta}$	0,55	0,78	0,92	1,00		2,07
	V.S.A.	$\bar{\eta}$	0,57	0,79		1,00	1,25	
		$S_{\eta}$	0,04	0,04			0,08	
	Australië	$\bar{\eta}$	0,57	0,78		1,00	1,24	
	$S_{\eta}$	0,04	0,03			0,06		
Vergelyking 3	U.S.S.R.	$\bar{\eta}$	0,55	0,79		1,00	1,30	
	Vergl. 2	$\eta$	0,56	0,76	0,90	1,00	1,28	(2,82)
	Vergelyking 3	$\eta$	0,56	0,78	0,91	1,00	1,22	2,00

Daar is gevind dat  $\eta$ -waardes vir gemiddelde Suid-Afrikaanse omstandighede die beste met die vergelyking

$$\eta = 1 + 0,315 \ln t \quad (3)$$

beskryf kan word, soos in Tabel 2 getoon word.

Vir kort duurtes ( $\frac{1}{4} h \leq t \leq 1h$ ) is daar goeie ooreenstemming tussen Suid-Afrikaanse waardes en die gevestigde Bell-waardes, en vergelyking (3) gee selfs 'n effense beter passing as vergelyking (2) wat bv. deur Alexander (1980) gebruik word. Vir 'n duurtte van 24 h kan vir  $\eta$  'n gemiddelde waarde van  $\eta_{24h} = 2,0$  aanvaar word.  $\eta_{24h}$ -Waardes toon egter 'n ongeveer drie keer groter variasiekoëffisiënt as  $\eta$ -waardes vir duurtes tot by 1h. Die oorsaak van die groot verspreiding van die  $\eta_{24h}$ -waardes is ondersoek en twee streke met onderskeidelik hoë en lae  $\eta_{24h}$ -waardes kon uitgekien word:

- 'n Gebied met hoë  $\eta_{24h}$ -waardes ( $\bar{\eta}_{24h} = 2,8$ ) wat ongeveer saamval met die winter- en jaarreënvalstreke van Suid-Afrika. Hierdie gebied ontvang hoofsaaklik frontale reën en in 'n mindere mate konveksiereën.
- 'n Gebied met lae  $\eta_{24h}$ -waardes ( $\bar{\eta}_{24h} = 1,2$ ) wat in die reën-skadu van die Drakensberg lê en ongeveer van Estcourt tot

Nelspruit strek. Hierdie gebied ontvang hoofsaaklik konveksiereën en in 'n mindere mate orografiese reën.

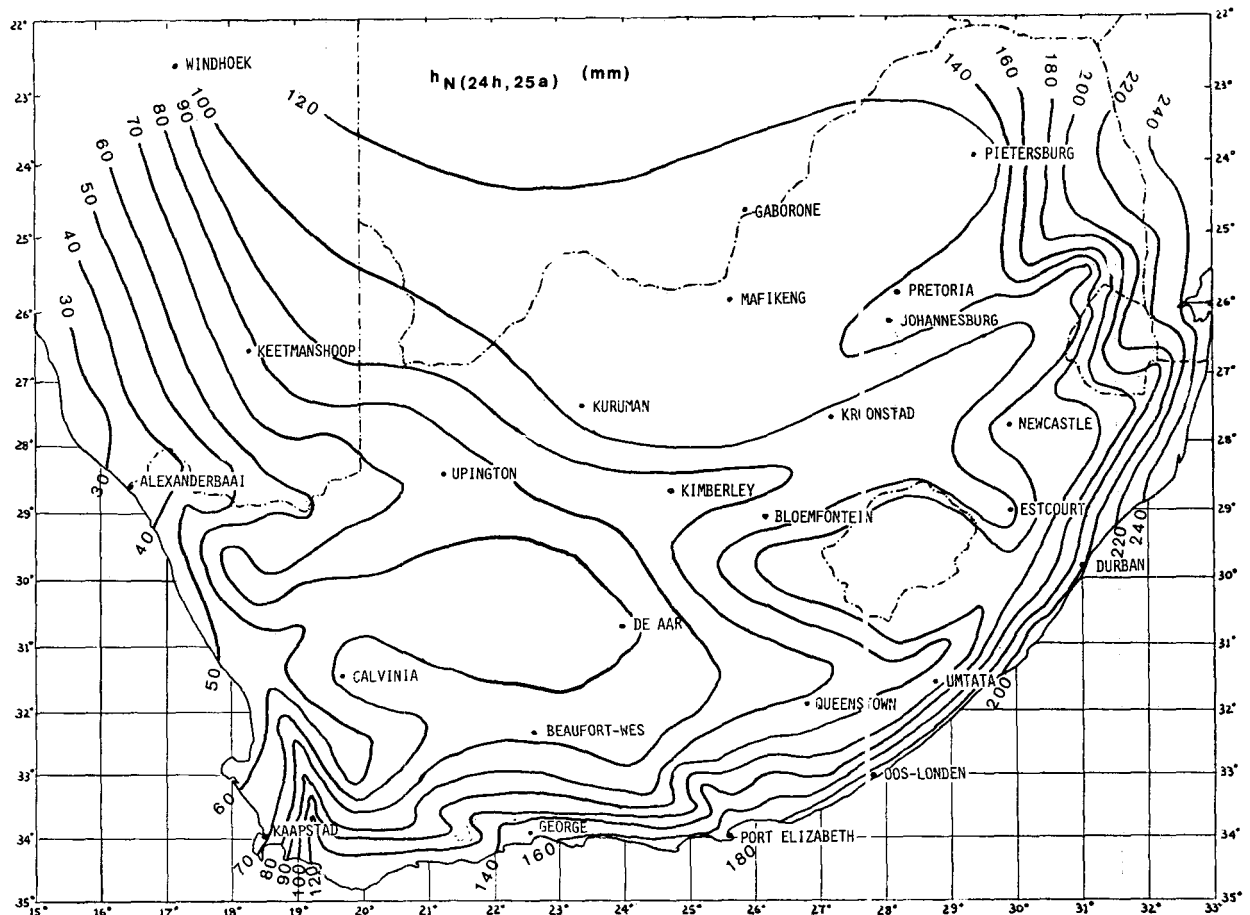
Omdat die verspreiding van die  $\eta_{24h}$ -waardes in bogenoemde streke nog te groot is, en daar te min data is om die grense van moontlike streke te bepaal, is daar nie voortgegaan om  $\eta_{24h}$  op streekbasis te bepaal of verskillende vergelykings vir verskillende streke te gebruik nie (bv. vergelyking (2) vir die winter- en jaarreënvalstreke). Daar is egter besluit om vergelyking (3) te behou en vir intermediêre duurtes ( $1h \leq t \leq 24h$ ) 'n logaritmiëse interpolasie toe te pas. Vergelyking (3) is dus uitgebrei na

$$\eta = 1 + 0,315 (\eta_{24h} - 1) \ln t \quad (4)$$

Vir die bepaling van  $\eta_{24h}$  is daar 'n tweede isohiëtekaart (Figuur 2) opgestel, waaruit  $h_{N(24h, 25a)}$ -waardes afgelees kan word, en vir  $\eta_{24h}$  volg

$$\eta_{24h} = h_{N(24h, 25a)} / h_{N(1, 25a)} \quad (5)$$

Figuur 2 is op dieselfde wyse as Figuur 1 opgestel en verder is daar van 25 Weerburodata (1956) gebruik gemaak



Figuur 2  
Uiterste neerslag in (mm) vir 'n reënvalduurtte van 24 uur en 'n herhaalperiode van 25 jaar

TABEL 3  
WAARDES VIR  $\tau = h_{N(t,T)}/h_{N(t,25a)}$

Herhaalperiode T (a)		2	5	10	20	25	50	100	1 000	10 000
Weerburo (1974/77)	$\tau$					1,00	1,125	1,25		
Midgley en Pitman (1978)	$\tau$	0,44	0,60	0,76	0,94	1,00	1,225	1,50		
Bell (1969)	V.S.A.	$\tau$	0,54	0,73	0,84	1,00	1,12	1,25		
	Australië	$\tau$	0,55	0,72	0,85	1,00	1,13	1,27		
	Vergl. 6	$\tau$	0,54	0,71	0,83	0,96	1,00	1,12	1,25	(1,66)
Vergelyking 7	$\tau$	0,49	0,70	0,83	0,96	1,00	1,125	1,25	1,66	2,07
Vergelyking 8	$\tau$	0,44	0,61	0,76	0,94	1,00	1,225	1,50	2,92	5,69
Vergelyking 10	$\tau$	0,60	0,72	0,83	0,96	1,00	1,15	1,32	2,09	3,31

### Herhaalperiode-faktor $\tau$

Gemiddelde  $\tau$ -waardes is vir die Weerburodata (1974/77) bereken en in Tabel 3 saamgevat, tesame met Midgley en Pitman (1978) en Bell (1969) se waardes wat na  $T = 25a$  as basis gereduseer is, asook waardes wat met die volgende Bell-tipe vergelyking bereken is:

$$\tau = 0,18 \ln T + 0,42 \quad (6)$$

Die Weerburodata is volgens 'n Gumbel-verdeling ontleed, d.w.s.  $\tau$  kan met die vergelyking

$$\tau = 0,532 + 0,229 k \quad (7)$$

voorgestel word.

Midgley en Pitman het die data volgens 'n log-Gumbel-verdeling ontleed sodat  $\tau$  met die vergelyking

$$\tau = e^{(-0,758 + 0,371 k)} \quad (8)$$

beskryf kan word.

In vergelykings (7) en (8) is  $k$  'n frekwensiefaktor, soos in die volgende vergelyking:

$$k = [-\ln(-\ln \frac{T-1}{T}) - 0,57722]/1,28255 \quad (9)$$

$\tau$ -Waardes bereken met vergelykings (7) en (8) is in Tabel 3 opgeneem. Vergelyking (6) kan as 'n goeie benadering vir die Gumbel-verdeling beskou word. 'n Vergelyking van hierdie tipe word deur bv. Alexander (1980) gebruik.

Die vraag of die Gumbel- of log-Gumbel-verdeling (of ander verdelings) gebruik moet word, word dikwels in die aangehaalde literatuur bespreek. Op grond van statistiese toetse word aan die een of ander verdeling voorkeur gegee, maar daar bestaan geen teoretiese redes om 'n sekere verdeling aan te beveel nie. 'n Meer pragmatiese oplossing moet dus gevind word.

Behalwe dat 'n formule vir die berekening van  $\tau$  een-

voudig moet wees, moet dit aan die volgende twee vereistes voldoen:

- Vir klein herhaalperiodes (sê  $T < 50$  a) behoort die  $\tau$ -waardes met die gevestigde Bell-waardes ooreen te stem.
- Vir groot herhaalperiodes (sê naby  $T = 10\ 000$  a) behoort die  $\tau$ -waardes in redelike ooreenstemming te wees met  $\tau$ -waardes bereken vir die grootste waargenome en maksimaal moontlike neerslag in Suid-Afrika.

Daar is gevind dat die vergelyking

$$\tau = 0,525 T^{1/5} \quad (10)$$

die beste aan hierdie vereistes voldoen.

Vir klein herhaalperiodes is daar goeie ooreenstemming tussen vergelykings (6) en (10), soos in Tabel 3 getoon word.

Vir groot herhaalperiodes geld die volgende oorwegings:

- Midgley (1972) gee 'n omsluitingskromme vir die grootste waargenome puntneerslag  $h_{mmN}$  in Suid-Afrika. Vir intermediëre duurtes ( $1h \lesssim t \lesssim 24h$ ) kan hierdie kromme met die vergelyking

$$h_{mmN} = 275 (1 + 0,4 \ln t) \text{ (mm)} \quad (11)$$

beskryf word.

Vergelykings (11) en (4) soos in vergelyking (1) gestel, gee

$$\eta_{24h} = 2,27 \text{ en met } h_{N(1h, 25a)} = 110 \text{ mm (maksimum waarde)}$$

van Figuur 1) volg  $\tau = \tau_m = 2,5$ .

- Die maksimaal moontlike puntneerslag  $h_{mmN}$  is die grootste neerslag vir 'n gegewe duurt wat by 'n stasie "waarskynlik" verwag kan word ("probable maximum precipitation - PMP"). Dit word in deterministiese metodes vir die beraming van die grootste moontlike vloed gebruik en kan dus ook vir praktiese doeleindes met 'n herhaalperiode van  $T = 10\ 000$  a geassosieer word.

Met vergelyking (11) as vertrekpunt en met die aanname dat  $h_{mmN}$  groter as  $h_{mm}$  moet wees, is die maksimaal moontlike puntneerslag vir intermediere duurtes ( $1 \text{ h} \lesssim t \lesssim 24 \text{ h}$ ) in Suid-Afrika beraam met

$$h_{mmN} = 360 (1 + 0,4 \ln t) \text{ (mm)} \quad (12)$$

en hiervoor word ongeveer  $\tau = \tau_{mm} = 3,3$  verkry. By die opstel van vergelyking (12) is aanvaar dat vir kort duurtes ( $t \lesssim 1 \text{ h}$ ) waar konveksiereën oorheersend is,  $h_{mmN}$  gelykgestel kan word aan wêreldrekordneerslag. Midgley (1972) gee byvoorbeeld 'n omsluitingskromme van wêreldrekordneerslag, waarvolgens  $h_{mmN}$  vir 'n duurtte van 1 h met 360 mm beraam kan word.

Vir langer duurtes moet  $h_{mmN}$  vir Suid-Afrika wesentlik kleiner as wêreldrekordneerslag wees, omdat laasgenoemde deur tropiese siklone en moesonreëns opgestel is. Op grond van inligting oor die grootste waargenome reënstorms in Suid-Afrika (Wiederhold, 1969) is  $h_{mmN}$  vir 'n duurtte van 24 h deur ekstrapolasie met ongeveer 800 mm beraam. 'n Statistiese analise, waar  $h_{mmN}$  uitgedruk word as die gemiddelde van 'n jaarlikse reeks van maksima plus k standaardafwykings, is op die 253 Weerburodata (1956) toegepas. Met die empiriese koëffisiënt  $k$  volgens Hershfield (1961) met  $k = 15$  in ag geneem, word die beraming van  $h_{mmN} = 800 \text{ mm}$  met 'n sekerheid van 95% bevestig.

$\tau$ -Waardes bereken met vergelyking (10) vir herhaalperiodes naby  $T = 10\,000 \text{ a}$ , vergelyk goed met die beraamde  $\tau_m = 2,5$  en  $\tau_{mm} = 3,3$ , soos in Tabel 3 getoon. Daar kan verder gesien word dat die Gumbel-verdeling (vergeljking (7)) verreweg te klein waardes lewer terwyl die log-Gumbel-verdeling (vergeljking (8)) te groot waardes (deels groter as wêreldrekordwaardes) gee.

## Bespreking en gevolgtrekkings

Die voorgestelde metode is vinnig en lewer realistiese resultate (voorbeeld in Tabel 1). Dit kan as 'n direkte metode vir die bepaling van uiterste neerslag beskou word, omdat dit nie op enige korrelasie gebaseer is nie maar slegs op interpolasie.

Interpolasie tussen reënvalduurtes en herhaalperiodes is gebaseer op 'n statistiese verwerking van Suid-Afrikaanse data, maar oorsese resultate (Bell, 1969) word ook in ag geneem.

Vergelykings (4) en (10) in vergelyking (1) gestel, lewer:

$$h_{N(t,T)} = [1 + 0,315 (\eta_{24h} - 1) \ln t] 0,525 T^{1/5} h_{N(1h, 25a)} \text{ (mm)} \quad (13)$$

Interpolasie tussen isohiëte in Figure 1 en 2 skep oor die algemeen geen probleme nie. In bergagtige gebiede waar op grond van die beperkte aantal meetstasies die invloed van reliefreëns nie altyd aangedui kon word nie, is gemiddelde isohiëte aanvaar.

Alhoewel vergelyking (13) vir intermediere reënvalduurtes opgestel is, is beperkte ekstrapolasie vir ander duurtes moontlik.

Vir kort duurtes ( $1/4 \text{ h} \leq t \leq 1 \text{ h}$ ) word voorgestel dat in vergelyking (13) die gemiddelde verhouding  $\eta_{24h} = 2,0$  gebruik word, omdat die invloed van 24 h-neerslag hier nie meer van belang is nie.

Vir lang duurtes kan vergelyking (13) tot sê  $t = 36 \text{ h}$  (hoogstens 48 h) gebruik word. Vir langer duurtes word algemeen hoër neerslag verwag as wat met vergelyking (13) bereken is, omdat hier meer as een reënstorm per gegewe duurtte kan voorkom.

Deur 'n beraaming van die maksimaal moontlike neerslag as 'n boonste grens, word seker gemaak dat ekstrapolasies vir herhaalperiodes bo  $T = 100 \text{ a}$  realisties bly.

Ten slotte moet daar beklemtoon word dat met vergelyking (13) egter vir enige plek die uiterste neerslag vir enige groot herhaalperiode bepaal kan word, maar nie maksimaal moontlike neerslag nie. Vergelyking (12) gee egter 'n globale beraming vir die maksimaal moontlike neerslag in Suid-Afrika. Hierdie vergelyking is gebaseer op die grootste waargenome neerslag wat in die reënryke oostelike en suid-oostelike gedeelte van die subkontinent ondervind word. Alhoewel die waarskynlikheid kleiner is dat 'n soortgelyke voorval in 'n reënarme streek kan voorkom — soos met vergelyking (13) getoon kan word — is dit nie 'n waarborg dat dit nie kan gebeur nie.

Die beste voorbeeld van so 'n uitsondering is die wolkbreuk van Uhlenhorst (SWA), in 'n streek met 'n gemiddelde jaarlikse neerslag van 250 mm, waar binne 12 uur 489 mm neerslag aangeteken is (Schalk, 1961). Hierdie neerslag is volgens vergelyking (11) nie buitengewoon nie, maar toon 'n  $\tau$ -waarde van ongeveer 4,5, miskien die hoogste wat ooit in Suidelike Afrika waargeneem is.

## Verwysings

- ADAMSON, P.T. (1980) Extreme values and return intervals of n-day point rainfall depths for South Africa and South West Africa, *Technical Report 102*, Directorate of Water Affairs, Pretoria.
- ALEXANDER, W.J.R. (1980) Depth-area-duration-frequency properties of storm precipitation in South Africa, *Technical Report 103*, Directorate of Water Affairs, Pretoria.
- BELL, F.C. (1969) Generalized rainfall-duration-frequency relationships, *J. Hydraul. Div. Amer. Soc. Civil Eng.* 95 (HY1) 311–327.
- BELL, F.C. en KAR, S.O. (1969) Characteristic response times in design flood estimation, *J. of Hydrology* 8 173–196.
- HERSHFIELD, D.M. (1961) Estimating the probable maximum precipitation, *J. Hydraul. Div. Amer. Soc. Civil Eng.* 87 (HY5) 99–116.
- MIDGLEY, D.C. (1972) Design flood determination in South Africa, *Hydrol. Research Unit Report 1/72*, Witwatersrand University, Johannesburg.
- MIDGLEY, D.C. en PITMAN, W.V. (1978) A depth-duration-frequency diagram for point rainfall in Southern Africa, *Hydrol. Research Unit Report 2/78*, Witwatersrand University, Johannesburg.
- PITMAN, W.V. (1980) A depth-duration-frequency diagram for point rainfall in S.W.A.-Namibia, *Water SA* 6(4) 157–162.
- SCHALK, K. (1961) The water balance of the Uhlenhorst cloudburst in South West Africa, *Inter-African Conf. on Hydrology*, Nairobi.
- SCHULTZE, R.E. (1980) Potential flood producing rainfall of medium and long duration in Southern Africa, *Water Research Commission*, Pretoria.
- SINSKE, B.H. (1971) Design flood determination for small catchments in South West Africa, *Int. Report. Dept. of Water Affairs (SWA)*, Windhoek.
- VAN HEERDEN, W.M. (1978) Standaardintensiteitskrommes vir reënval van kort duurtes, *Trans. S. Afr. Inst. Civ. Engrs.* 20(10) 261–268; en bespreking daarvan: 21(3) 65–71 (1979).
- WEERBURO (1956) *Klimaat van Suid-Afrika*, Deel 3, Maksimale 24-uur reënval, W.B. 21, Departement van Vervoer, Pretoria.
- WEERBURO (1974) *Klimaat van Suid-Afrika*, Deel 11, Uiterste waardes van reënval, temperatuur en wind vir gekose herhalingsperiodes, W.B. 36, Departement van Vervoer, Pretoria, en bylae waarop berekenings op jaarbasis gedoen is, 1977.
- WIEDERHOLD, J.F.A. (1969) Design storm determination in South Africa, *Hydrol. Research Unit Report 1/69*, Witwatersrand University, Johannesburg.