

Die ontwikkeling van vloedskadefunksies en 'n rekenaarprogram om die voordele van vloedbeheer- en vloedskadebeheermaatreëls te bepaal

Deel 1: Samevattende Verslag

MF Viljoen • LA du Plessis • HJ Booysen

Verslag aan die Waternavorsingskommissie
deur die
Departement Landbou-ekonomie
Universiteit van die Oranje-Vrystaat

WNK Verslag No 490/1/96



Disclaimer

This report emanates from a project financed by the Water Research Commission (WRC) and is approved for publication. Approval does not signify that the contents necessarily reflect the views and policies of the WRC or the members of the project steering committee, nor does mention of trade names or commercial products constitute endorsement or recommendation for use.

Vrywaring

Hierdie verslag spruit voort uit 'n navorsingsprojek wat deur die Waternavorsingskommissie (WNK) gefinansier is en goedgekeur is vir publikasie. Goedkeuring beteken nie noodwendig dat die inhoud die siening en beleid van die WNK of die lede van die projek-loodskomitee weerspieël nie, of dat melding van handelsname of -ware deur die WNK vir gebruik goedgekeur of aanbeveel word nie.

**DIE ONTWIKKELING VAN VLOEDSKADEFUNKSIES EN 'N
REKENAARPROGRAM OM DIE VOORDELE VAN
VLOEDBEHEER- EN VLOEDSKADEBEHEER-
MAATREËLS TE BEPAAL**

DEEL 1: SAMEVATTENDE VERSLAG

deur

**MF VILJOEN
LA DU PLESSIS
HJ BOOYSEN**

**DEPARTEMENT LANDBOU-EKONOMIE
UNIVERSITEIT VAN DIE ORANJE-VRYSTAAT**

Studie onderneem namens die
Waternavorsingskommissie

**BLOEMFONTEIN
1995**

WNK Verslag No 490/1/96

ISBN 1 86845 215 8
ISBN STEL 1 86845 218 2

DANKBETUIGING

Die navorsing waaroor in hierdie verslag gerapporteer word, spruit voort uit die volgende projek wat deur die Waternavorsingskommissie gefinansier is en deur die Departement Landbou-ekonomie aan die Universiteit van die Oranje-Vrystaat onderneem is:

"Ontwikkeling van vloedskadefunksies en 'n rekenaarprogram om die voordele van vloedbeheer- en vloedskadebeheermaatreëls te bepaal."

Die loodskomitee wat vir die projek verantwoordelik was, het uit die volgende persone bestaan:

1.	Mnr. D.S. van der Merwe	Waternavorsingskommissie (Eerste voorsitter)
2.	Mnr. H. Maaren	Waternavorsingskommissie (Tweede voorsitter)
3.	Mnr. D. Huyser	Waternavorsingskommissie (Komiteesekretaris)
4.	Dr. G.R. Backeberg	Departement van Landbou
5.	Mnr. M. Braune	Stephen, Robertson en Kirsten
6.	Mnr. H.C. Chapman	Waternavorsingskommissie
7.	Mnr. J. du Rand	Departement van Landbou
8.	Mnr. C. Swiegers	Departement van Waterwese en Bosbou
9.	Prof. C. van der Ryst	UOVS
10.	Mnr. D. van der Spuy	Departement van Waterwese en Bosbou
11.	Mnr. P.S. van Heerden	Departement van Landbou
12.	Prof. M.F. Viljoen	UOVS

Die finansiering deur die WNK en die bydraes van lede van die loodskomitee word met dank erken. 'n Spesiale woord van dank aan die volgende medewerkende instansies en persone.

- Die Departement van Waterwese en Bosbou vir die beskikbaarstelling van personeel om 'n grondgebruiksopname in die Upingtonbesproeiingsgebied te doen (mnr. S. Chamberlain en W. Coetzee), vir die beskikbaarstelling van 'n SUN-rekenaar aan die navorsingspan om berekeninge op te doen (mnr. C.J. Swiegers), vir die verskaffing van hidrologiese inligting oor Vereeniging (mnr. D. van der Spuy) en vir die onderneem van aftaswerk en programmering (mnr. D. McPherson, J. Duvenhage en me. T. Mocke).
- Mnr. V. Fourie van Chunett, Fourie en Vennote wat vloedberamings in die Oranje-riviervallei gedoen het.
- Dr. D.I. Smith en mnr. M.A. Greenaway van die Centre of Resource and Environmental Studies van die Australian National University te Canberra vir advies en leiding verskaf ten opsigte van die gebruik van Anuflood.
- Mnr. W. Lemmer en mev. B. de Wet van die navorsingspan en alle ander instansies en persone wat bydraes tot hierdie navorsing gelewer het.

BESTUURSOPSOMMING

ONTWIKKELING VAN VLOEDSKADEFUNKSIES EN 'N REKENAARPROGRAM OM DIE VOORDELE VAN VLOEDBEHEER- EN VLOEDSKADEBEHEERMAAT- REËLS TE BEPAAL

PROBLEEMSTELLING

Alhoewel Suid-Afrika 'n relatief droë land is, kom vloede wat betekenisvolle skade veroorsaak, gemiddeld een maal elke twee jaar voor. 'n Vraag wat dan na vore kom, is wat gedoen kan word om vloedskade in die toekoms te verminder. Die vraag verwys na vloedskadebeheermaatreëls wat in werking gestel kan word.

Dat die omvang van die vloedprobleem vir Suid-Afrika van voldoende omvang is om die gevolge deur vloedskademaatreëls te probeer temper, word bevestig deur die eskalering van jaarlikse tasbare vloedskade. Volgens Schoeman (1991) het die gemiddelde jaarlikse vloedskade van R11,2 miljoen in 1974/75 na R133,9 miljoen (teen konstante 1990-pryse) in 1989/90 toegeneem met 'n hoogtepunt van R428,6 miljoen in 1987/88. Die gevolge van die 1988-vloede het die Departement van Waterwese en Bosbou laat besluit om vloedbestuurkonsultante aan te stel om die vloedbestuursbeleid vir Suid-Afrika te hersien. Hierdie nuwe beleid sal na verwagting riglyne en voorskrifte bevat waarvolgens die verskillende vloedgebiede in die land hulle eie vloedbestuursplanne moet formuleer en toepas.

Om die kombinasie van vloedskadebeheermaatreëls wat in 'n vloedbestuursplan opgeneem moet word, optimaal vas te stel, word beplanningshulpmiddels benodig. 'n Essensiële hulpmiddel is 'n rekenaarprogram waarmee die vloedskade van verskillende vloede beraam kan word. Sodanige rekenaarprogramme is nie vir Suid-Afrika beskikbaar nie en daarom is besluit om met die navorsing te poog om rekenaarprogramme vir Suid-Afrika te begin ontwikkel. Die rekenaarprogramme integreer hidrologiese inligting van vloede met topografiese eienskappe van die vloedvlakte, grondgebruike binne die vloedvlakte en vloedskadefunksies van die verskillende grondgebruike. 'n Vloedskadefunksie (verliesfunksie)

verwys na verwantskappe wat die skade aan 'n spesifieke grondgebruik vir byvoorbeeld verskillende oorstromingsdieptes van vloedwater aangee.

NAVORSINGSDOELSTELLINGS

Oorhoofs is die doelstelling van die huidige ondersoek die ontwikkeling van vloedskadefunksies en 'n rekenaarprogram om die voordele van vloedbeheer- en vloedskadebeheermaatreëls te bepaal en die demonstrasie van die aanwending daarvan in vloedbestuursbeplanning.

Die doelstelling is in vier subdoelstellings verdeel, naamlik:

1. Ontwikkel vloedskadefunksies om potensiële skade vir die verskillende grondgebruike in die afgebakende vloedvlakte van die ondersoekgebied te bepaal.
2. Ontwikkel die uitleg van 'n rekenaardatabasis waarin die vloedskadefunksies geberg kan word en pas dit toe op die ondersoekgebied.
3. Ontwikkel 'n rekenaarprogram om die voordele van verskillende kombinasies van vloedbeheer- en vloedskadebeheermaatreëls met behulp van die vloedskadefunksies in die rekenaardatabasis te bepaal
4. Demonstreer die aanwending van die rekenaarprogram vir vloedbestuursbeplanning in die ondersoekgebied.

Hierdie doelstellings is afsonderlik vir stedelike- en besproeiingsgebiede in die ondersoekgebied uitgevoer.

ONDERSOEKGEBIED

As stedelike gebiede is die Vereeniging munisipale gebied langs die Vaalrivier en die Uptington munisipale gebied langs die Oranjerivier gekies. Die besproeiingsgebied kom stroomop en stroomaf van Uptington voor, naamlik vanaf die Gifkloofstuwal tot by die Manie Conradiebrug by Kanoneiland. Dit is 'n oppervlakte van ongeveer 4 500 ha wat oor nagenoeg 40 kilometer strek en agt besproeiingsrade insluit.

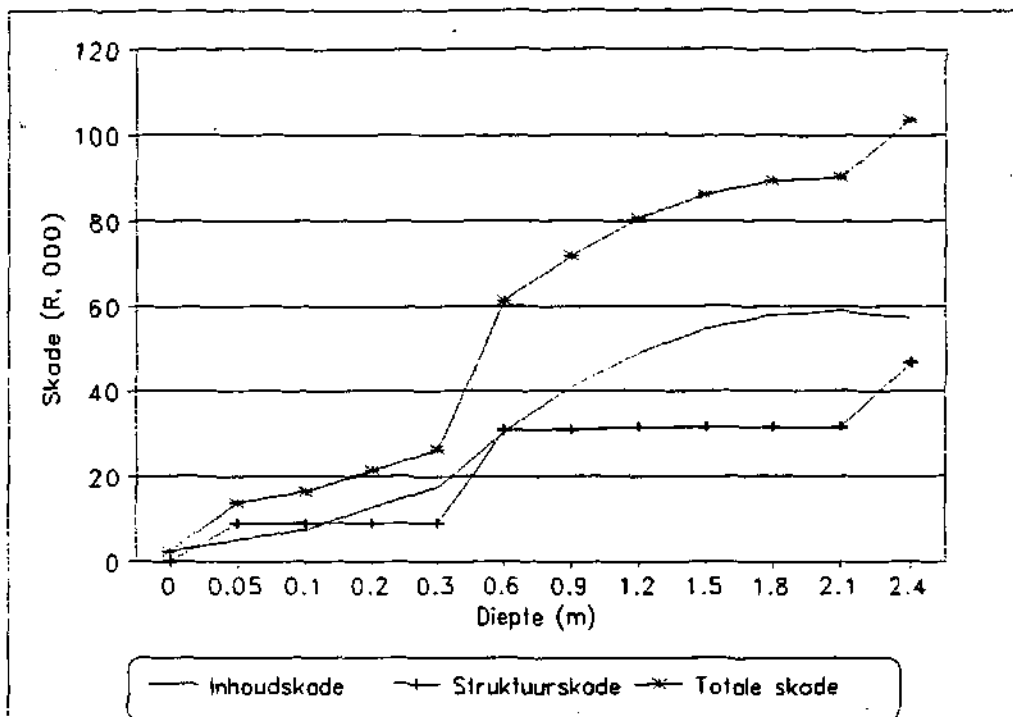
RESULTATE

Die resultate word opgesom volgens subdoelstellings.

1. Vloedskadefunksies is vir die verskillende grondgebruike in die besproeiings- en stedelike gebiede bepaal. In geval van die besproeiingsgebied is vloedskadefunksies vir die verskillende gewasse, naamlik wingerd (volgens kultivar), wisselbou en lusern bepaal sowel as vir akkerbou- en wingerdgrond en geboue. By stedelike gebiede is vloedskadefunksies vir die residensiële sektor in Upington en vir die residensiële - en kommersiële sektor in Vereeniging ontwikkel. Tabel 1 is 'n voorbeeld van 'n oesskadefunksie by wingerd en Figuur 1 van 'n residensiële skadefunksie in die Upington munisipale gebied.
2. Rekenaardatabasisse om vloedskadefunksies in te berg, is vir die stedelike en die besproeiingsgebied bepaal. In geval van stedelike gebiede is Anuflood, 'n Australiese rekenaarprogram, aangepas vir Suid-Afrikaanse omstandighede, gebruik en is die vloedskadefunksies volgens die formaat van Anuflood geberg. Vir die besproeiingsgebied is die databasisse volgens 'n Geografiese Inligtingstelsel (GIS) benadering ontwikkel en het dit topografiese, hidrologiese en ekonomiese databasisse behels wat onderling met mekaar verbind is.
3. Rekenaarmodelle om verskillende kombinasies van vloedbeheer en vloedskade-beheermaatreëls te bepaal, is vir die ondersoekgebied ontwikkel. Vir die stedelike gebiede het die model die aanpassing van Anuflood vir die gebiede behels. Drie insette, naamlik vloedskadefunksies, hidrologiese data en grondgebruiksdata moes onder andere in Anuflood ingevoer word. Vir die besproeiingsgebied is twee benaderings ondersoek, te wete 'n matriksbenadering en 'n GIS-benadering. Na oorweging van voor- en nadele is op die GIS-benadering besluit en die rekenaarmodel daarvolgens ontwikkel. Figuur 2 is 'n skematiese voorstelling van die verskillende komponente van die GIS-rekenaarmodel wat vir die besproeiingsgebied ontwikkel is.

Tabel 1: Verliesfunksie van sultana vir die berekening van oesskade vir vloede met verskillende seisoenale voorkomste, 1992.

VLOED VOORKOMS	1 FEB	7 FEB	14 FEB	21 FEB	28 FEB	5 MRT	12 MRT	19 MRT	26 MRT	30 MRT
VOORKOMS KODE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
% SKADE AAN OES	100	75	50	25	0	0	0	0	0	0
% REEDS GEOES	0	25	50	75	100	100	100	100	100	100
% NIE GEOES	100	75	50	25	0	0	0	0	0	0
OES DOELEINDES	DROOG: 50%					WYN: 50%				
	T-STELSEL		SKUINSKAP		GEWEL		HEINING			
TOTALE BRUTO INKOMSTE (VOOR VLOED) (R)	9 782		9 782		11 738		8 803			
TOTALE BRUTO INKOMSTE (NA VLOED) (R)	7 132		7 132		8 558		6 419			
TOTALE OESKOSTE (R)	586		586		675		541			
VERLIESFUNKSIE	DIEP- TE (m)	% SKADE	DIEP- TE (m)	% SKADE	DIEP- TE (m)	% SKADE	DIEP- TE (m)	% SKADE		
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2	0,10	6,54	0,15	9,47	0,20	12,20	0,03	9,15		
3	0,20	13,07	0,25	15,78	0,30	18,30	0,05	15,25		
4	0,30	19,61	0,35	22,09	0,40	24,40	0,07	21,35		
5	0,40	26,14	0,45	28,40	0,50	30,50	0,09	27,45		
6	0,50	32,68	0,55	34,71	0,60	36,60	0,11	33,55		
7	0,60	39,21	0,65	41,02	0,70	42,70	0,13	39,65		
8	0,70	45,75	0,75	47,33	0,80	48,80	0,15	45,75		
9	0,80	52,29	0,85	53,64	0,90	54,90	0,17	51,85		
10	0,90	58,82	0,95	59,95	1,00	61,00	0,19	57,95		
11	1,00	65,36	1,05	66,26	1,10	67,10	0,21	64,05		
12	1,10	71,89	1,15	72,57	1,20	73,20	0,23	70,15		
13	1,20	78,43	1,25	78,88	1,30	79,30	0,25	76,25		
14	1,30	84,96	1,35	85,19	1,40	85,40	0,27	82,35		
15	1,40	100,0	1,45	100,00	1,50	100,00	0,30	100,00		

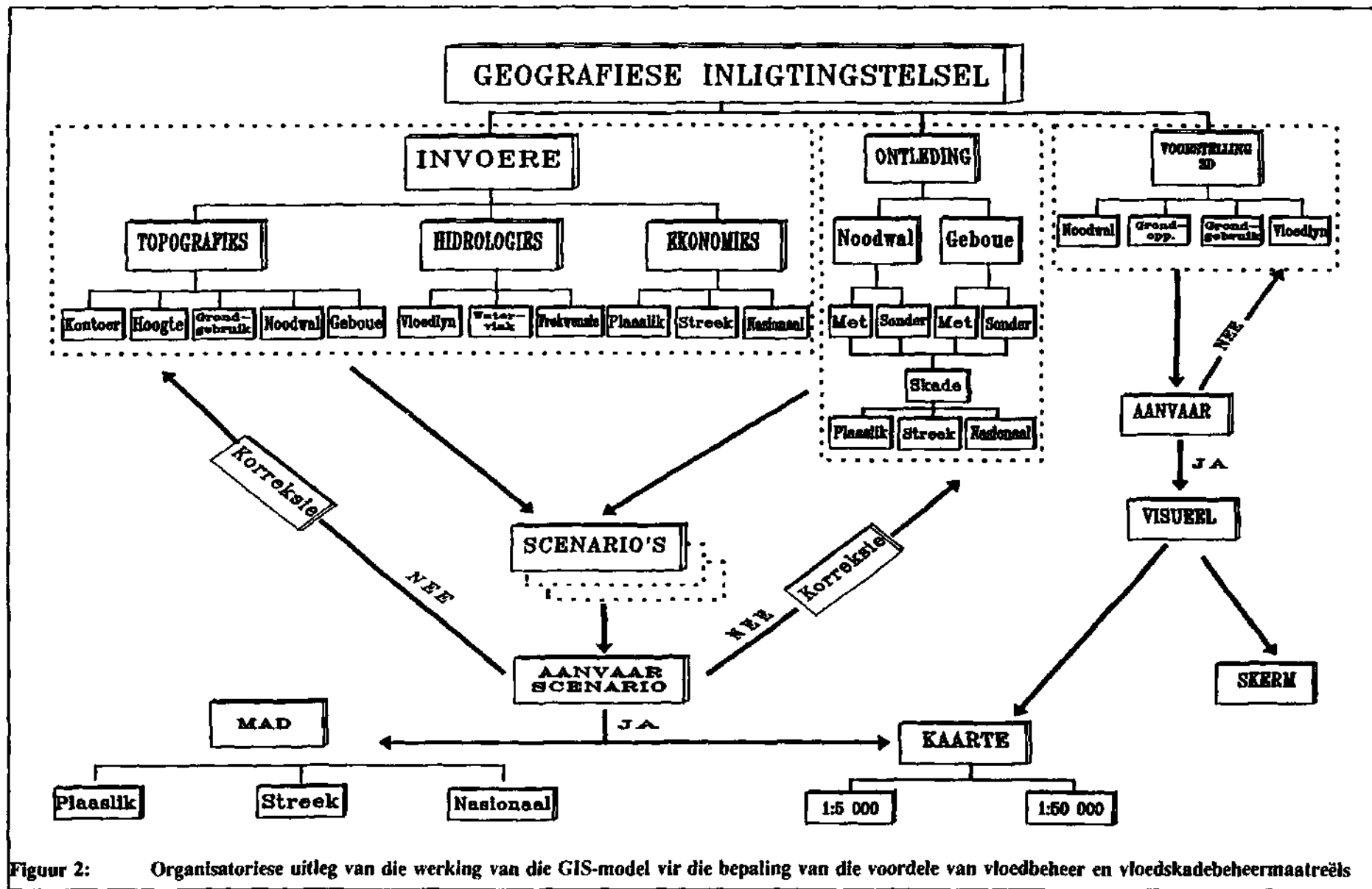


Figuur 1: Vloedskadefunksie vir groot - hoë ekonomiese klas- woonhuise in Uppington

4. Die aanwending van die rekenaarprogramme is vir beide die stedelike- en besproeiingsgebied geïllustreer.

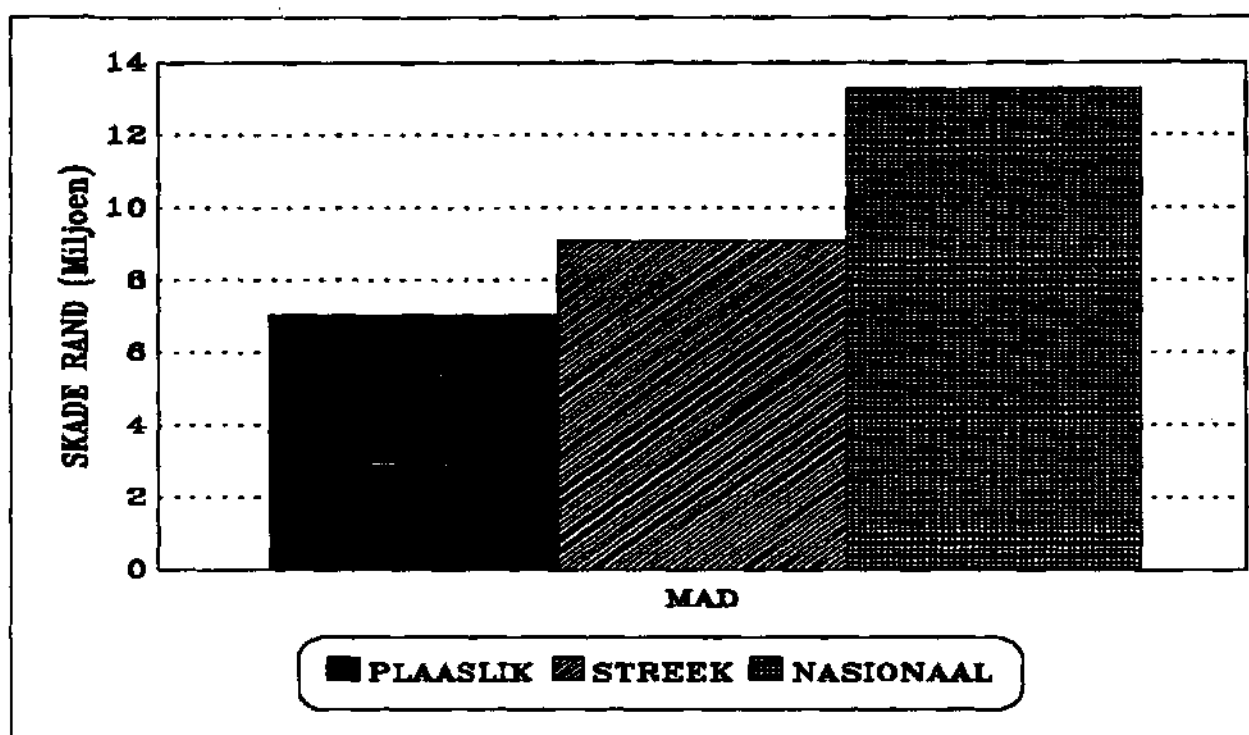
Die volgende is byvoorbeeld aangetoon:

- (i) *Die modelle kan gebruik word om die gemiddelde jaarlikse skade (GJS) vir die betrokke ondersoekgebied te beraam.*
 - Vir die besproeiingsgebied (Gifkloofstuwal tot Manie Conradiebrug) is byvoorbeeld getoon dat direkte GJS R1 600 per hektaar besproeiingsgrond beloop vir 'n 5 Maart-vloed teen 1992-pryse; dit gee R7 miljoen vir die betrokke besproeiingsgebied en R43,1 miljoen vir die Benede-Oranjerivier tussen Boegoebergdam en Augrabies waterval. Figuur 3 toon aan hoedanig die GJS volgens plaaslike, streeks- en nasionale gesigspunte varieer. Hierdie inligting is belangrik by die vasstelling van die aard en omvang van vloedskadebeheermaatreëls wanneer voordele teen kostes opgeweeg word.



Figuur 2: Organisasoriese uitleg van die werking van die GIS-model vir die bepaling van die voordele van vloedbeheer en vloedskadebeheermaatreëls

- Wat stedelike gebiede betref, is byvoorbeeld vasgestel dat die GJS vir Uppington se residensiële sektor R0,64 miljoen beloop en R0,12 miljoen vir Vereeniging. Die "lae" GJS vir Vereeniging se residensiële sektor word hoofsaaklik toegeskryf aan die berekeningsprosedure waar van onvoldoende hidrologiese data gebruik gemaak moes word. Die syfer is hoër as die kommersiële sektor van Vereeniging se GJS (R54 000) maar aansienlik laer as die GJS vir die nywerheidsektor wat R0,75 miljoen beloop.



Figuur 3: Totale gemiddelde vloedskade per jaar uit 'n plaaslike, streeks- en nasionale gesigspunt

(ii) *Die modelle kan aangewend word om die voordele van vloedskadebeheermaatreëls in die besproeiingsgebied vas te stel.*

- Ten opsigte van die noodwalle is aangetoon dat die huidige noodwalle daartoe bydra dat die GJS met R450 (teen 1992-pryse) per hektaar verlaag word. Deur hierdie voordeel teen die koste verbonde aan die oprigting en instandhouding van noodwalle te verreken, is bevind dat noodwalle ekonomies geregverdig kan word.

- Die effek wat verskillende grondgebruike op GJS het, is ook geïllustreer. Dit is onder meer aangetoon dat die GJS kan wissel tussen R15,5 miljoen vir die besproeiingsgebied tussen die Gifkloofstuwal en Manie Conradiebrug wanneer slegs wingerd verbou word, tot R5 miljoen wanneer slegs wisselbougewasse verbou word.
- Vir dambestuur is die waarde wat die verhoging van vloedwateropgaarvermoë om vloedspitse te verminder (deur sê 'n dam op te rig of 'n damwal te verhoog) aangetoon. Sou die vloedwateropgaarvermoë by damme verhoog word sodat die waarskynlikheid van vloede om voor te kom met byvoorbeeld 10 en 20 persent verlaag, sal die GJS in die besproeiingsgebied respektiewelik met 9,1 en 16,7 persent verlaag.
- Die aanwending van die resultate van die model vir die vasstelling van vloedskadeversekeringspremies is ook aangetoon.

(iii) *Die modelle kan aan aangewend word om die voordele van vloedskadebeheermaatreëls in stedelike gebiede te bepaal.*

- Vir stedelike gebiede is verskillende vloedskadeverminderingsopsies ondersoek. Onder meer is gekyk na die effek van bouregulasies wat ontwikkeling onder sekere vloedlyn verbied, die voordele van tydige waarskuwingstelsels en die voordele van strukturele maatreëls soos vloedwalle en vloedverskansing.
- Daar is onder meer bevind dat indien residensiële ontwikkeling in Uppington en Vereeniging respektiewelik nie onder 1 in 20 en 1 in 50 jaar vloedlyne sou plaasvind nie (bouregulasies), die vloedskade aan die residensiële sektore respektiewelik met 33 en 37 persent sou verminder.
- Tydige vloedwaarskuwings is veral vir Vereeniging, wat naby die oorsprong van die vloed geleë is, relevant. Die voordeel van skadevermindering deur ontruiming is die grootste by die kommersiële sektor. Verlenging van die effektiewe waarskuwingstyd van 12 na 20 uur kan tasbare skade in die sektor met 9 persent verlaag, terwyl die skade by die residensiële sektor met slegs 4,5 persent sal verlaag. By die nywerheid-

sektor (vanweë die omvang en massa van voorraad en produkte) sal tydige waarskuwing slegs 'n geringe effek hê.

- Vloedverskansing aan geboue en noodwalle is die effektiëfste by nywerhede, gevolg deur die kommersiële en residensiële sektore. 'n Effektiewe vloedverskansing in Vereeniging sal die GJS van die nywerheidsektor, kommersiële sektor en residensiële sektor met onderskeidelik 48 persent, 26 persent en 4,5 persent verminder.

BEREIKING VAN NAVORSINGSDOELWITTE

Vir beide die stedelike gebiede en die besproeiingsgebied is al die gestelde navorsingsdoelwitte bereik. Ten einde die modelle egter verder tot 'n peil te ontwikkel waar dit wyer toepaslik is (as net vir die lokaliteite waarvoor dit huidig ontwikkel is) en om dit makliker aanwendbaar te maak, is verdere navorsing nodig. In die opvolgprojek waarmee reeds 'n begin gemaak is, word beoog om laasgenoemde te bewerkstellig.

POTENSIËLE GEBRUIKERS VAN NAVORSINGSRESULTATE

Die inligting wat met die navorsing geskep is, is verliesfunksies en rekenaarprogramme waarmee vloedskade beraam en die voordele van verskillende vloedbeheer- en vloedskadebeheermaatreëls vir die ondersoekgebied bepaal kan word. Die navorsingsresultate kan in die eerste plek van waarde wees vir persone en instansies wat in die ondersoekgebied gemoeid is met:

- die beplanning van grondgebruike binne die vloedvlaktes. Dit sluit in dorps-, stads- en streeksbeplanners, argitekte, ingenieurs sowel as owerheidsinstansies wat grondgebruiksbeleid bepaal;
- die ontwikkeling van vloedbestuursplanne wat verskillende vloedbeheer- en vloedskadebeheermaatreëls kan insluit. Plaaslike owerheidsliggame soos Burgerlike Beskerming, vloedbestuurskonsultante en die Departemente van Waterwese en Bosbou en Landbou is onder andere betrokke;
- die vasstelling van versekeringspremies wat in die vloedvlakte op verskillende grondgebruike van toepassing moet wees. Versekeringsmaatskappye het 'n belang

hierby sowel as noodlenigingsorganisasies en persone, instansies en besighede wat in die vloedvlakte wil vestig;

- die beraming van die aard en omvang van skade wat deur verskillende groottes vloedde aangerig sal word. Dié inligting kan van waarde wees vir versekeringsmaatskappye wat skade-eise moet uitbetaal, instansies wat vloedhulp moet verleen en die aard en omvang daarvan wil beraam, ondernemings wat benodigdhede moet verskaf om vloedskade te herstel, ondernemings wat landbouprodukte verwerk of bemark wat in die vloedvlakte geproduseer word, instansies wat beleid moet bepaal ten opsigte van vloedvaktebenutting en noodleniging soos die Departemente van Waterwese en Bosbou, Landbou en Welsyn asook Burgerlike Beskerming.

Namate die verliesfunksies en rekenaarprogramme verder ontwikkel word om ook wyer, dit wil sê in ander gebiede, van toepassing te wees soos wat met die opvolgnavorsing beoog word, sal die potensiële gebruikers van die navorsingsinligting in die tweede plek dié wees wat in ander vloedgebiede belang by die vloedprobleem het.

Die potensiële gebruikers is derhalwe aansienlik en is gerigte bekendstellings en voorligtingsaksies nodig om die produkte van die navorsing bekend te stel, dit wil sê om tegnologie-oordrag te bevorder.

INHOUDSOPGAW

BLADSY

HOOFSTUK 1

INLEIDING

1.1	AGTERGROND EN MOTIVERING VIR DIE ONDERSOEK	1
1.2	NAVORSINGSDOELSTELLINGS	2
1.3	ONDERSOEKGEBIED	3
1.4	SAMESTELLING VAN DIE VERSLAG	3
1.5	POTENSIELE GEBRUIKERS VAN DIE NAVORSINGSRESULTATE	4
	BRONNELYS	5

HOOFSTUK 2

BEGRIPSOMSKRYWING EN TEORETIESE RAAMWERK

2.1	INLEIDING	7
2.2	BEGRIPSOMSKRYWING	7
2.2.1	'n Vloed	7
2.2.2	Vloedvlakte	7
2.2.3	Vloedskade	8
2.2.4	Vloedskadebeheermaatreëls	9
2.2.5	Vloedskadefunksies	11
2.3	TEORETIESE BASIS VAN OPTIMUM KOMBINASIE VAN VLOEDSKADE- BEHEERMAATREËLS EN OPTIMUM PEIL VAN VLOEDSKADEBEHEER	12
2.4	REKENAARMODELLE OM VLOEDSKADE TE BERAAM	16
	BRONNELYS	17

HOOFSTUK 3

DIE ONTWIKKELING VAN VLOEDSKADEFUNKSIES EN 'N REKENAARPROGRAM VIR GEBRUIK IN BE- SPROEIINGSGEBIEDE

3.1	INLEIDING	19
3.2	DOELSTELLING 1: ONTWIKKEL VLOEDSKADEFUNKSIES OM POTENSIËLE SKADE VIR DIE VERSKILLENDIGE GRONDGEBRUIKE IN DIE AFGEBAKENDE VLOEDVLAKTE VAN DIE ONDERSOEKGEBIED TE BEPAAL	19
3.2.1	Afbakening van vloedvlakte en vloedlyne	20
3.2.2	Identifisering en klassifisering van verskillende grondgebruike in die vloedvlakte	21
3.2.3	Vasstelling en beskrywing van 'n geskikte metode om vloedskadefunksies te bepaal	23
3.2.3.1	Vloedskadefaktore	24
3.3	DOELSTELLING 2: ONTWIKKEL DIE UITLEG VAN 'N REKENAAR DATABASIS WAARIN DIE VLOEDSKADEFUNKSIES GEBERG KAN WORD EN PAS DIT TOE OP DIE ONDERSOEKGEBIED	34
3.4	DOELSTELLING 3: ONTWIKKEL 'N REKENAARMODEL OM DIE VOORDELE VAN VERSKILLENDIGE KOMBINASIES VAN VLOED- BEHEER- EN VLOEDSKADEBEHEERMAATREËLS VIR DIE ONDER- SOEKGEBIED TE BEPAAL	35
3.4.1	Geografiese Inligtingstelsel (GIS)	36
3.4.1.1	Ontwikkeling van GIS-model	37
3.4.1.2	Voor- en nadele van GIS-model	40
3.5	DOELSTELLING 4: DEMONSTREER DIE AANWENDING VAN DIE REKENAARPROGRAM VIR DIE VLOEDBESTUURBEPLANNING IN DIE ONDERSOEKGEBIED	41
3.5.1	Verifikasie en validasie	42
3.5.1.1	Voorgestelde modelvalidasie	43
3.5.1.2	Gerekenariseerde modelverifikasie	44
3.5.1.3	Operasionele validasie	44
3.5.1.4	Datavalidasie	44

3.5.2	Benadering om vloedskade te bepaal	45
3.5.2.1	Totale gemiddelde jaarlikse direkte vloedskade vir die ondersoekgebied	45
3.5.2.2	Beraming van totale gemiddelde jaarlikse direkte vloed- skade vir die landbousektor met noodwalle	49
3.5.2.3	Berekening van netto totale gemiddelde jaarlikse (direkte en indirekte) vloedskade vir Ontwikkelingstreek B	51
3.5.2.4	Sekondêre gevolge van vloede in Ontwikkelingstreek B op ander sektore	53
3.5.2.5	Netto totale (direkte en indirekte) gemiddelde vloedskade per jaar vir die RSA	55
3.5.3	Oorsigtelike evaluering van vloedbeheermaatreëls	57
3.5.3.1	Vloedbeheer- en vloedskadebeheermaatreëls vir die onder- soekgebied	59
3.5.3.1.1	Grondgebruikbestuur	59
3.5.3.1.2	Noodwalontleding	63
3.5.3.1.3	Dambestuur	66
3.5.3.1.4	Versekeringspremie	68
3.5.4	Sensitiwiteitsanalise	69
3.5.4.1	Prys- en graderinganalise	69
3.5.4.2	Toleransies	71
3.5.5	Visuele voorstelling	73
3.6	SAMEVATTING	74

HOOFSTUK 4

DIE ONTWIKKELING VAN VLOEDSKADEFUNKSIES EN 'N REKENAARPROGRAM VIR GEBRUIK IN STEDELIKE GEBIEDE

4.1	INLEIDING	76
4.2	DOELSTELLING 1: ONTWIKKEL VLOEDSKADEFUNKSIES OM POTENSIËLE SKADE VIR DIE VERSKILLENDIGE GRONDGEBRUIKE IN DIE AFGEBAKENDE VLOEDVLAKTE VAN DIE ONDERSOEK- GEBIED TE BEPAAL	76

4.2.1	Afbakening van die vloedvlakte en vloedlyne	76
4.2.2	Identifisering en klassifikasie van verskillende grondgebruike in in die vloedvlakte	78
4.2.3	Vasstelling en beskrywing van 'n geskikte metode om vloedskade- funksies te bepaal	79
4.2.3.1	Residensiële vloedskadefunksies	79
4.2.3.1.1	Die ontwikkeling van struktuurskadefunksies vir die residensiële sektor	80
4.2.3.1.2	Die ontwikkeling van inhoudskadefunksies	83
4.2.3.2	Die ontwikkeling van kommersiële vloedskadefunksies	84
4.3	DOELSTELLING 2: ONTWIKKEL DIE UITLEG VAN 'N REKENAAR- DATABASIS WAARIN DIE VLOEDSKADEFUNKSIES GEBERG KAN WORD EN PAS DIT TOE OP DIE ONDERSOEKGEBIED	88
4.4	DOELSTELLING 3: ONTWIKKEL 'N REKENAARPROGRAM OM DIE VOORDELE VAN VERSKILLEND KOMBINASIES VAN VLOEDBE- HEER- EN VLOEDSKADEBEHEERMAATREËLS VIR DIE ONDERSOEK- GEBIED TE BEPAAL	89
4.5	DOELSTELLING 4: DEMONSTREER DIE AANWENDING VAN DIE REKENAARPROGRAM VIR DIE VLOEDBESTUURBEPLANNING IN DIE ONDERSOEKGEBIED	91
4.5.1	Die gebruik van Anuflood vir die beraming van vloedskade	91
4.5.1.1	Beraming van totale potensiële residensiële skade in Upington	92
4.5.1.2	Beraming van totale potensiële skade in Vereeniging	94
4.5.2	Die gebruik van Anuflood in die evaluering van vloedskade- verminderingsmaatreëls	97
4.5.2.1	Upington residensiële sektor	97
4.5.2.2	Vereeniging residensiële sektor	100
4.5.2.3	Kommersiële vloedskadevoorkomingsmaatreëls (Vereeniging)	103
4.5.2.4	Industriële vloedskadevoorkomingsmaatreëls (Vereeniging)	108
4.6	SAMEVATTING	108

BYLAE 1: INHOUDSOPGAWE VAN DEEL 2 - BESPROEIINGSGEBIED

BYLAE 2: INHOUDSOPGAWE VAN DEEL 3 - STEDELIKE GEBIED

HOOFSTUK 1

INLEIDING

1.1 AGTERGROND EN MOTIVERING VIR DIE ONDERSOEK

Na die voorkoms van vloede wat omvangryke skade in verskillende gebiede van die land gedurende 1974 aangerig het, het die Waternavorsingskommissie die Instituut vir Sosiale en Ekonomiese Navorsing aan die UOVS en die Buro vir Ekonomiese Onderzoek aan die Universiteit van Stellenbosch genader om ondersoek in te stel na die aard en omvang van die gevolge van vloede.

Dit was die eerste maal dat daar in die RSA op 'n omvattende skaal, wetenskaplik ondersoek na die gevolge van vloede gedoen is. As vertrekpunt by die navorsing is 'n metodologie waarvolgens die gevolge van die vloede bepaal moes word, gesamentlik deur die twee instansies ontwikkel. Die metodologie is op verskillende riviertrajekte toegepas en verskeie verslae/publikasies (soos aangegee in die bronnelys van die hoofstuk) het na aanleiding van dié navorsing verskyn.

Na afloop van hierdie "eerste fase" navorsing, het die navorsing oor die gevolge van vloede teen die einde van die sewentiger- begin tagtigerjare tot stilstand gekom.

Vloede wat gedurende die tweede helfte van die tagtigerjare voorgekom het, het opnuut die soeklig op die vloedprobleem geplaas sodanig dat die Departement van Waterwese en Bosbou teen die einde van die tagtigerjare versoek het dat die vloedbestuursbeleid vir Suid-Afrika hersien moet word. Hierdie nuwe beleid sal na verwagting riglyne en voorskrifte bevat waarvolgens die verskillende vloedgevoelige gebiede (vloedgebiede) in die land hul eie vloedbestuursplanne moet formuleer en toepas.

'n Vloedbestuursplan bestaan gewoonlik uit 'n pakket (kombinasie) van vloedbeheer- en vloedskadebeheermaatreëls. Om 'n optimale pakket van maatreëls vir 'n vloedgebied te bepaal, word onder meer inligting benodig oor die verliese/skade wat voorkom sal word (dit wil sê die voordele wat behaal sal word) deur die toepassing van vloedbeheer- en vloedskadebeheermaatreëls. Om die skade wat voorkom sal word te beraam, word vloedskadefunksies vir die verskillende grondgebruike wat in 'n vloedgebied voorkom, benodig. In ooreenstemming met die benadering wat in die buiteland (byvoorbeeld Brittanje en Australië) gevolg word, word ook vir Suid-Afrika, naas die ondersoek na die gevolge van werklike vloede, ondersoek na potensiële gevolge in die afwesigheid van werklike vloede benodig om 'n betroubare stel van vloedskadefunksies te ontwikkel. Die

twee benaderings om vloedskadefunksies te ontwikkel, is aanvullend tot mekaar en behoort deurlopend gevolg te word om 'n databank van vloedskadefunksies op te bou en in stand te hou.

In Suid-Afrika is tydens die ondersoek na die gevolge van vloede gedurende die sewentigerjare 'n begin gemaak met die ontwikkeling van 'n stel vloedskadefunksies gebaseer op werklike vloede. Nodige opvolgnavorsing om potensiële vloedskadefunksies te ontwikkel, is egter nie gedurende die tagtigerjare in Suid-Afrika voortgesit nie.

Vloedskadenavorsing wat gedurende die tagtigerjare in die buiteland uitgevoer is, sluit in verfynings van die metodologie om vloedskadefunksies te beraam en ontwikkeling van rekenaarprogramme om vloedbeheer- en vloedskadebeheervoordele vas te stel.

Met die navorsing van die huidige projek, is op die navorsing van die sewentigerjare voortgebou en is gepoog om inligting (hulpmiddels) te ontwikkel waarmee vloedskade beraam en vloedbestuursplanne saamgestel kan word. Hierdie inligting kan van groot waarde wees vir 'n verskeidenheid gebruikers, soos aangetoon in paragraaf 1.5.

1.2 NAVORSINGSDOELSTELLINGS

Oorhoofs is die doelstelling van die huidige ondersoek die ontwikkeling van vloedskadefunksies en 'n rekenaarprogram om die voordele van vloedbeheer- en vloedskadebeheermaatreëls te bepaal en die demonstrasie van die aanwending daarvan in vloedbestuurbeplanning.

Die doelstelling is in vier subdoelstellings verdeel, naamlik:

- (i) Ontwikkel vloedskadefunksies om potensiële skade vir die verskillende grondgebruike in die afgebakende vloedvlaktes van die ondersoekgebied te bepaal.
- (ii) Ontwikkel die uitleg van 'n rekenaardatabasis waarin die vloedskadefunksies geberg kan word en pas dit toe op die ondersoekgebied.
- (iii) Ontwikkel 'n rekenaarprogram om die voordele van verskillende kombinasies van vloedbeheer- en vloedskadebeheermaatreëls met behulp van die vloedskadefunksies in die rekenaardatabasis te bepaal.
- (iv) Demonstreer die aanwending van die rekenaarprogram vir vloedbestuurbeplanning in die ondersoekgebied.

Hierdie doelstellings is afsonderlik vir stedelike - en besproeiingsgebiede binne die ondersoekgebied uitgevoer.

1.3 ONDERSOEKGEBIED

Kaart 1 toon die ligging van die ondersoekgebied. In die Benede Oranjerivier was 'n stedelike - sowel as 'n besproeiingsgebied ter sake, terwyl slegs 'n stedelike gebied langs die Vaalrivier ter sake was.

Die besproeiingsgebied kom stroomop en stroomaf van Upington voor, naamlik vanaf die Gifkloofstuwal tot by die Manie Conradiebrug by Kanoneiland. Dit is 'n oppervlakte van ongeveer 4 500 ha wat oor 40 kilometer rivier strek en die volgende besproeiingsrade insluit:

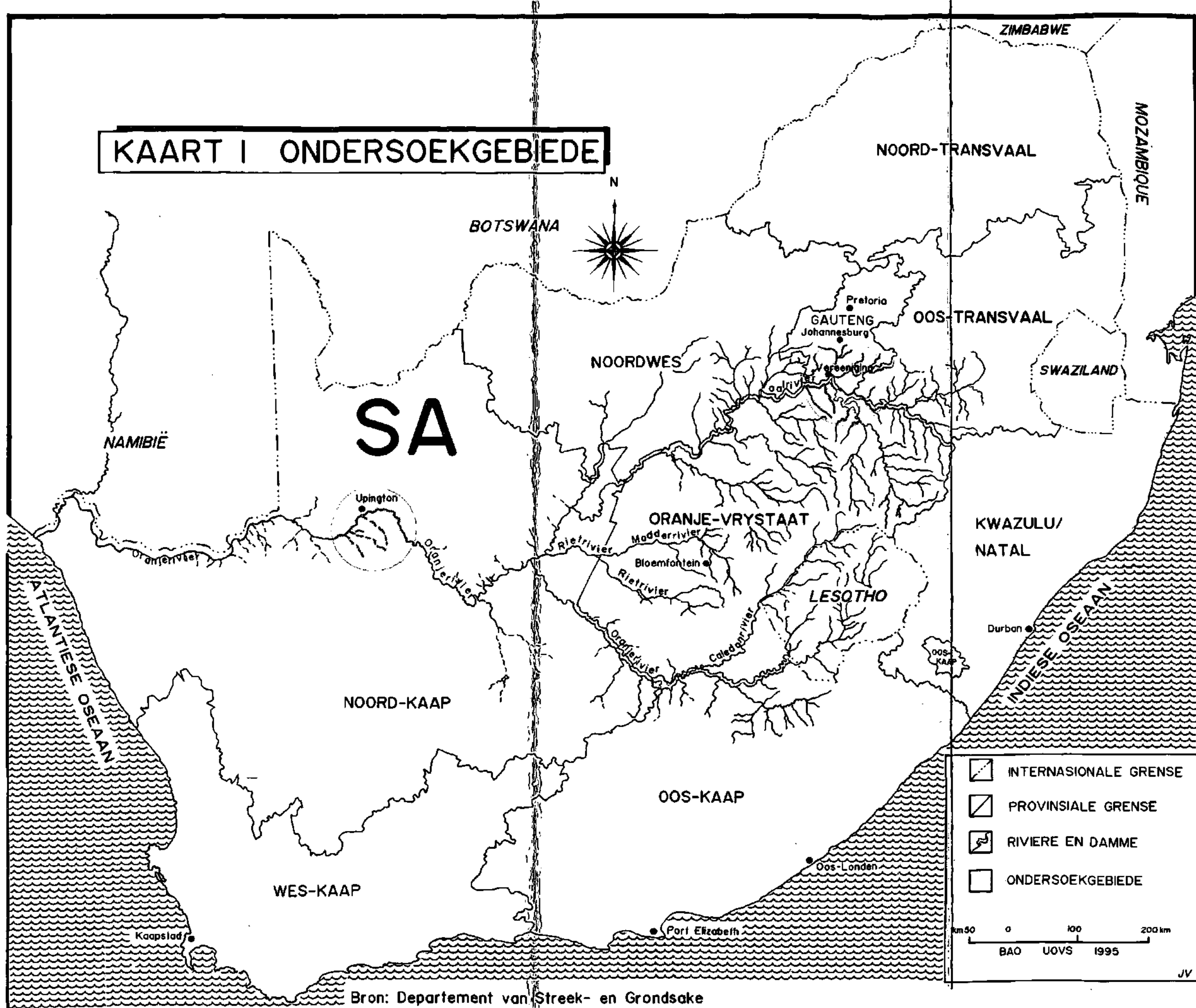
- * Straussburg
- * Olyvenhoutsdrift
- * Louisvale
- * Swartkop
- * Blaausekop
- * Kanoneiland
- * Steynvoor
- * Upington

Die stedelike gebiede wat ondersoek is, is Upington en Vereeniging munisipale gebiede.

1.4 SAMESTELLING VAN DIE VERSLAG

Die verslag bestaan uit drie dele. Deel I (hierdie verslag) is 'n samevatting van die bevindings van die geheelondersoek en bestaan uit vier hoofstukke. Na die inleiding (Hoofstuk 1) word in Hoofstuk 2 terminologie en konsepte verduidelik wat nodig is om die bevindings van die navorsing, soos aangegee in Hoofstuk 3 ten opsigte van die besproeiingsgebied en in Hoofstuk 4 ten opsigte van die stedelike gebiede, te verstaan. Die bevindings in Hoofstukke 3 en 4 word telkens ingedeel volgens die vier subdoelstellings van die ondersoek.

KAART I ONDERSOEKGEBIEDE



Bron: Departement van Streek- en Grondsake

In Dele 2 en 3 van die verslag word volledig gerapporteer oor die navorsing wat onderskeidelik in die besproeiingsgebied en in die stedelike gebiede onderneem is. Inhoudsopgawes van Dele 2 en 3 word ook in die bylaes van hierdie verslag aangegee.

Vir 'n gedetailleerde uiteensetting van die navorsing, moet Dele 2 en 3 nagegaan word. Hierdie samevattende verslag (Deel 1) kan geraadpleeg word vir 'n globale oorsig van die bevindings van die ondersoek.

1.5 POTENSIËLE GEBRUIKERS VAN NAVORSINGSRESULTATE

Die inligting wat met die navorsing geskep is, is verliesfunksies en rekenaarprogramme waarmee vloedskade beraam en die voordele van verskillende vloedbeheer- en vloedskade-beheermaatreëls vir die ondersoekgebied bepaal kan word. Die navorsingsresultate kan in die eerste plek van waarde wees vir persone en instansies wat in die ondersoekgebied gemoeid is met:

- die beplanning van grondgebruike binne die vloedvlaktes. Dit sluit in dorps-, stads- en streksbeplanners, argitekte, ingenieurs sowel as owerheidsinstansies wat grondgebruiksbeleid bepaal;
- die ontwikkeling van vloedbestuursplanne wat verskillende vloedbeheer- en vloedskadebeheermaatreëls kan insluit. Plaaslike owerheidsliggame soos Burgerlike Beskerming, vloedbestuurskonsultante en die Departemente van Waterwese en Bosbou en Landbou is onder andere betrokke;
- die vasstelling van versekeringspremies wat in die vloedvlakte op verskillende grondgebruike van toepassing moet wees. Versekeringsmaatskappye het 'n belang hierby sowel as noodlenigingsorganisasies en persone, instansies en besighede wat in die vloedvlakte wil vestig;
- die beraming van die aard en omvang van skade wat deur verskillende groottes vloede aangerig sal word. Dié inligting kan van waarde wees vir versekeringsmaatskappye wat skade-eise moet uitbetaal, instansies wat vloedhulp moet verleen en die aard en omvang daarvan wil beraam, ondernemings wat benodighede moet verskaf om vloedskade te herstel, ondernemings wat landbouprodukte verwerk of bemark wat in die vloedvlakte geproduseer word, instansies wat beleid moet bepaal ten opsigte van vloedvlaktebenutting en noodleniging soos die Departemente van Waterwese en Bosbou, Landbou en Welsyn asook Burgerlike Beskerming.

Namate die verliesfunksies en rekenaarprogramme verder ontwikkel word om ook wyer (dit wil sê in ander gebiede) van toepassing te wees soos wat met die opvolgnavorsing beoog word, sal die potensiële gebruikers van die navorsingsinligting in die tweede plek dié wees wat in ander vloedgebiede belang by die vloedprobleem het.

Die potensiële gebruikers is derhalwe aansienlik en is gerigte bekendstellings en voorligtingsaksies nodig om die produkte van die navorsing bekend te stel, dit wil sê om tegnologie-oordrag te bevorder.

BRONNELYS

Die volgende verslae en publikasies het na aanleiding van navorsing oor die vloede van die sewentigerjare verskyn:

1. SPIES, P.H., VILJOEN, M.F. EN SMITH, D.J.G. 1977. *Vloedskade in sekere riviertrajekte van die Republiek van Suid-Afrika, Deel I - 'n Metodologie vir vloedskadebepaling*. Waternavorsingskommissie, Pretoria.
2. SPIES, P.H. 1977. *Vloedskade in sekere riviertrajekte van die Republiek van Suid-Afrika, Deel II - Bevindings rakende vloedskades in drie riviervalleie in die Noord-Westelike en Oostelike Kaapprovinsie*. Waternavorsingskommissie, Pretoria.
3. VILJOEN, M.F., VOS, J.A. EN MARAIS, P.J. 1977. *Vloedskade in sekere riviertrajekte van die Republiek van Suid-Afrika, Deel III - Bevindings rakende die 1974 vloedskades vir verskillende riviertrajekte van die Oranje-, Vaal-, Riet-, Seekoei- en Hartbeesrivier*. Waternavorsingskommissie, Pretoria.
4. VILJOEN, M.F., SMITH, D.J.G. EN SPIES, P.H. 1978. *Vloedskade in sekere riviertrajekte van die Republiek van Suid-Afrika, Deel IV - 'n Evaluering van die problematiek rondom vloedskadebepaling in die Republiek van Suid-Afrika*. Waternavorsingskommissie, Pretoria.
5. MARAIS, P.J. 1978. *Die betrokkenheid van staats- en ander instellings by vloedskade in die Republiek van Suid-Afrika met besondere verwysing na die 1974-vloede in sekere riviertrajekte*. Ongepubliseerde M.Sc.Agric.-verhandeling, Universiteit van die Oranje-Vrystaat, Bloemfontein.

6. VILJOEN, M.F. 1979. *Die ekonomie van waterbenutting met besondere verwysing na die bepaling van vloedskade in sekere riviertrajekte van die Republiek van Suid-Afrika*. Verslag nr. 1, Instituut vir sosiale en Ekonomiese Navorsing, Universiteit van die Oranje-Vrystaat, Bloemfontein.
7. VILJOEN, M.F., VOS, J.A., SMITH, D.J.G. EN PRINSLOO, J.W. 1980. *Die 1975-vloedskades vir verskillende trajekte van die Vaalrivier*. Instituut vir Sosiale en Ekonomiese Navorsing, Universiteit van die Oranje-Vrystaat, Bloemfontein.
8. SMITH, D.J.G., VILJOEN, M.F. EN SPIES, P.H. 1981. *Guidelines for assessing flood damage in South Africa*. Waternavorsingskommissie, Pretoria.
9. VILJOEN, M.F. EN SMITH, D.J.G. 1982. *Vloedskadebepaling en vloedskadebeheer as onderdele van die ekonomie van waterbenutting*. Water SA 8(1) 45-51.
10. VOS, J.A. 1982. *Die bepaling van vloedskades binne stedelike nedersettings na aanleiding van die 1975-oorstromings in die Vaalrivier asook riglyne vir die vermindering van vloedskades*. Instituut vir Sosiale en Ekonomiese Navorsing, Universiteit van die Oranje-Vrystaat, Bloemfontein.
11. VILJOEN, M.F. EN VOS, J.A. 1984. *Riglyne vir die ontwikkeling van vloedskadevoorspellingsmodelle*. Water SA 10(1) 155-167.

HOOFSTUK 2

BEGRIPSOMSKRYWING EN TEORETIESE RAAMWERK

2.1 INLEIDING

Die doel van die hoofstuk is eerstens om begrippe/konsepte te omskryf wat in Hoofstukke 3 en 4 gebruik word en tweedens om 'n teoretiese raamwerk vir die bevindings in dié hoofstukke te verskaf. Die teoretiese raamwerk is nie volledig nie maar bloot om onduidelikhede uit te skakel en kontinuïteit in die samevattende verslag te bewerkstellig.

2.2 BEGRIPSOMSKRYWING

2.2.1 'n Vloed

Volgens Hoyt en Langbein, 1955, soos aangehaal deur Viljoen en Smith, 1982, kan 'n vloed in twee fases, naamlik 'n landfase en 'n kanaalfase verdeel word. Tydens die landfase beweeg water oor die grondoppervlakte wanneer die reënvalintensiteit groter is as die infiltrasievermoë van die grond. Beland die oortollige water in rivierlope en veroorsaak 'n bonormale vloei sodanig dat die rivier sy walle oorstroom, ontstaan die kanaalfase van die vloed, of te wel die riviervloed.

Met verloop van tyd kom riviervloede van verskillende omvang voor. Kleiner vloede kom meer dikwels voor as groter vloede. Afhangende van die waarskynlikheid wat 'n vloed van 'n bepaalde omvang het om gedurende 'n periode van sê 100 jaar voor te kom, word dit geklassifiseer/getipeer. 'n Vloed wat 'n waarskynlikheid het om vyf keer in 100 jaar voor te kom, staan bekend as 'n een in 20 jaar vloed en sal kleiner wees as byvoorbeeld 'n vloed wat 2 keer in 100 jaar kan voorkom; 'n een in 50 jaar vloed. Die streeksmaksimumvloed beskryf die omvang van die grootste vloed wat al in 'n rivier voorgekom het.

2.2.2 Vloedvlakte

Wanneer 'n rivier normaalweg vloei, word slegs 'n gedeelte van die riviervallei deur die stroom in beslag geneem. Die laagliggende aangrensende gebiede staan as die vloedvlakte bekend en is dikwels as gevolg van vroeëre sedimentafsettings besonder vrugbaar.

Benewens om die vloedvlakte vir landboudoeleindes aan te wend, het dit ook bepaalde voordele vir vestiging van dorpe en stede.

Word die verskillende aanwendings in 'n vloedvlakte nagegaan, kan verskillende grondgebruike dikwels onderskei word. In die geval van landbou kan die grond byvoorbeeld aangewend word vir verbouing van wingerd en verskillende wisselbougewasse en in die geval van dorpe vir sport, ontspanning en residensiële gebruike.

2.2.3 Vloedskade

Vir die gebruik van die vloedvlakte deur die mens eis die natuur periodiek sy tol in die vorm van vloedskades (James, 1967). 'n Oorsigtelike omskrywing van vloedskades is dat dit die materiële en nie-materiële verliese is wat deur die gemeenskap as gevolg van 'n vloed gely word. Die materiële of tasbare verliese verwys na die gedeelte van die skade waaraan 'n geldwaarde geheg kan word, terwyl die nie-materiële of nie-tasbare skade op die gedeelte dui waaraan 'n geldwaarde moeilik of glad nie geheg kan word nie.

Dit volg geredelik dat die aard en omvang van die vloedskade wat aangerig word, sal verskil tussen die verskillende grondgebruike. So byvoorbeeld sal die aard van die skade verskil tussen wingerdgebruik en residensiële gebruik. By wingerd kan onderskei word tussen oesskade, gewasskade (sou die wingerd hervestig moet word), skade aan opleistelsel en grondskade, terwyl by residensiële gebruike onderskei kan word tussen skade aan die tuin, skade aan geboue en skade aan inhoud van geboue. Waar die skade aan die wingerd uitsluitlik tasbaar van aard is, kan van die residensiële skade ook nie-tasbaar wees, byvoorbeeld skade aan items wat 'n historiese of besonder persoonlike waarde het.

Voorts kan tasbare skades in primêre en sekondêre skades ingedeel word, waar primêre skades op eerste-orde effekte dui en sekondêre skades op tweede- en hoër-orde effekte; dit wil sê die sogenaamde vermenigvuldigereffek. Primêre skade kan verder in direkte of indirekte skades ingedeel word: direkte skades impliseer dat die entiteit wat beskadig is in fisiese aanraking met die vloedwaters was, terwyl indirekte skades voorkom waar daar nie fisiese aanraking met die vloedwaters was nie. Indirekte skades mag effekte wat met

verloop van tyd ontstaan, óf effekte wat ruimtelik van die vloedgebiede verwyder is, óf 'n samestelling van die twee, insluit (Spies, *et al.*, 1977).

Die indeling van vloedskades in primêr en sekondêr en direk en indirek bring mee dat die omvang van die skade sal verskil volgens die gesigspunt waaruit dit benader word. Die omvang van die skade uit 'n plaaslike gesigspunt sal derhalwe verskil van die omvang uit 'n streek of nasionale oogpunt.

Hoewel die oorwegende indruk van die gevolge van vloede negatief is, moet vir volledigheid ook op positiewe gevolge gelet word. Een so 'n positiewe gevolg is die ekonomiese stimulerings effek wat teweeggebring word wanneer vloedskade herstel word. Sakeondernemings in 'n vloedgebied se omset neem byvoorbeeld toe deurdat hulle boumateriaal moet voorsien om skade te herstel. Ook mag onbenutte arbeid in diens geneem word. Sou daar dus ledige kapasiteit of werkloosheid bestaan, sal die vloed 'n stimulerings effek op die plaaslike ekonomie hê. Hierdie positiewe stimulerings effek behoort verreken te word teen die negatiewe vloedgevolge om die netto skade-effek van 'n vloed te bepaal.

'n Vloedskademaatstaf wat nuttig is by die beplanning van vloedskadebeheermaatreëls, is die gemiddelde jaarlikse vloedskade (GJS) of te wel die "mean annual damage" (MAD). Die GJS/MAD behels dat die totale vloedskade wat oor die lang termyn (sê oor 1000 jaar) in 'n gebied kan voorkom, beraam word en gedeel word deur die aantal jare waaroor dit bereken word. Deur die gemiddelde jaarlikse koste van enige vloedskadebeheermaatreël te vergelyk met die gemiddelde jaarlikse skade wat dit sal voorkom, kan vasgestel word of dit voordelig sal wees om die vloedskadebeheermaatreël in te stel/op te rig.

2.2.4 Vloedskadebeheermaatreëls

Volgens Viljoen en Smith (1982) is vloedskadebeheermaatreëls maatreëls wat getref word om die fisiese omvang van vloede te verlaag, die uitwerking van vloede op die mens en die gemeenskap te verlig en die geneigdheid tot vloedskade by verskillende gebiede te verminder (Spies, *et al.*, 1977). Dit is moontlik om die maatreëls in oorwegend struktuur en nie-struktuurmaatreëls te groepeer.

Oorwegend struktuurbeheermaatreëls (ook bekend as vloedbeheermaatreëls) verwys na ingenieurswerke soos damme en noodwalle, wat daarop gerig is om die fisiese aard en omvang van vloede te verander. Die maatreëls het byvoorbeeld 'n invloed op die volume water wat afloop, die spitshoogte van die vloed, die vorm van die vloedhidrogram, die omvang van die oppervlakte wat oorstroom word, die spoed en hoogte van die vloedwaters en gevolglik ook die hoeveelheid slik en onsuierhede wat die vloed afvoer (Water Resources Council, 1976). Wanneer net hierdie maatreëls toegepas word, bly daar nog altyd 'n residuele vloedskadepotensiaal oor en kan dit tot ongegronde sekuriteit aanleiding gee wat tot ongewenste benutting van die vloedvlakte lei. Om dié rede moet die maatreëls gewoonlik ook met nie-struktuurmaatreëls aangevul word.

In die breë kan nie-struktuurmaatreëls in twee groepe verdeel word, naamlik owerheidsinstrumente, en organisering en beplanning. Met owerheidsinstrumente word gepoog om menslike optredes te rig ten einde die uitwerking van 'n vloed op die individu en die gemeenskap te verlig. Hulpmiddels vir dié doel sluit in verspreiding van inligting, die tref van reëlins om vloedverliese oor 'n tydsverloop te nivelleer en doelbewuste oordrag van 'n gedeelte van die individuele verliese na die res van die gemeenskap (Water Resources Council, 1976).

Organisering en beplanning verwys na optredes om gevaarlike, onekonomiese of ongewenste benutting van die vloedvlakte te verhoed ten einde skade te verminder. Dit sluit in beperkings op grondgebruik wat binne die vloedvlaktes toegelaat word; die digtheid van bodembesetting; die vloerhoogte van strukture en die aard van die boumateriaal wat gebruik mag word; die vorm en tipe geboue en die inhoud daarvan; asook die benutting en ontwikkeling van die aangrensende landskap en terrein. Toepaslike optrede sal verskil afhangende daarvan of dit 'n ontwikkelde of onontwikkelde vloedvlakte is en of dit vir landelike of stedelike gebruik gereserveer is (Water Resources Council, 1976).

Waar die klem in 'n land soos die Verenigde State van Amerika vroeër slegs op oorwegend struktuurvloedbeheermaatreëls geval het, het dit mettertyd verskuif om nie-struktuurmaatreëls ook te omvat. Die hoofrede vir die kentering is teweeggebring deur die feit dat

vloedskade met verloop van tyd steeds toegeneem het ten spyte daarvan dat groot bedrae aan struktuurmaatreëls spandeer is. Die gebruikelike volgorde van gebeure in 'n vloedvlakte met struktuurvloedbeheermaatreëls is soos volg: Vloede → vloedskade → vloedhulpverlening → vloedbeheerprojekte soos opgaardamme om omvang van vloede te verlaag → hernude indringing in die vloedvlakte → weer vloede → meer vloedskade → meer vloedhulpverlening → meer projekte → verdere indringing, ens. (Water Resources Council, 1976). Dit word daarom vandag algemeen aanvaar dat vloedskadebeheer 'n saamgestelde strategie vereis om suksesvol te kan wees en dat dit binne die breër konteks van vloedvlaktebeplanning benader moet word (Water Resources Council, 1976). Die optimale strategie sal van gebied tot gebied, afhangende van 'n verskeidenheid van omstandighede, verskil (James, 1967).

2.2.5 Vloedskadefunksies

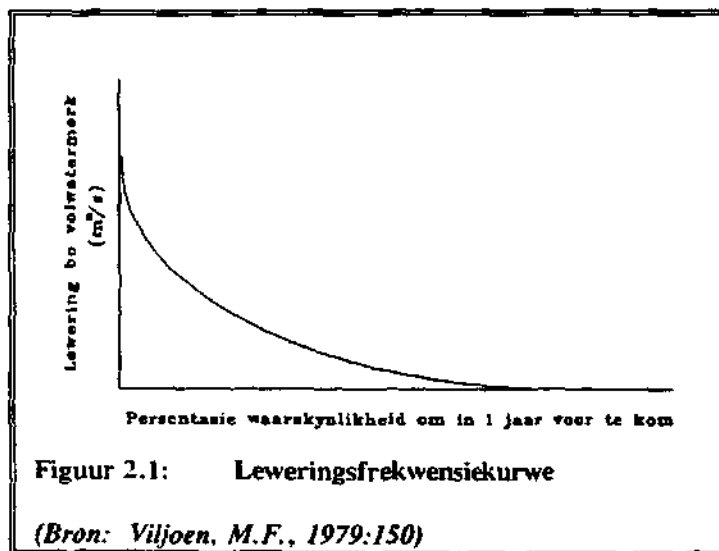
Volgens Viljoen en Vos (1984) beskryf 'n vloedskadefunksie matematies, grafies en/of tabellaries die verwantskap tussen die geldwaarde van die direkte vloedskade aan 'n beskadigde item (dit is die skade wanneer 'n item in fisiese aanraking met die vloedwaters was) en een of meer kenmerke van die vloed, soos diepte van die vloedwaters, duurt van oorstroming en sleurkrag an die vloedwaters. Met behulp van sodanige verwantskappe, ook bekend as verliesfunksies, sou onder meer die geldwaarde van die direkte skade wat vloede van verskillende omvang behoort aan te rig, voordat die vloede werklik plaasvind, beraam kan word. Die modelle het daarom, benewens die vermoë om die skades van verwagte toekomstige vloedgebeure te beraam, besondere gebruikswaarde in die beplanning van optimale vloedskadebeheermaatreëls (Viljoen en Smith, 1982).

Uit Hoofstukke 3 en 4 sal blyk dat die aard en inhoud van die verliesfunksies aansienlik verskil tussen grondgebruike in die landbou en grondgebruike binne stedelike gebiede. By alle grondgebruike speel diepte van oorstroming egter 'n belangrike rol om skade te beraam. 'n Voordeel van die gebruik van hierdie eienskap van die vloed in verliesfunksies, is dat dit makliker is om te meet/voorspel as byvoorbeeld duurt van oorstroming, slikvrag van vloede en sleurkrag van vloedwaters.

Waar tydens die navorsing oor vloede, wat gedurende die sewentigerjare in Suid-Afrika plaasgevind het, verliesfunksies ontwikkel is deur die gevolge van werklike vloede na te vors (die sogenaamde induktiewe of ex post benadering), is tydens dié navorsing (aanvullend tot die verliesfunksies wat induktief bepaal is), 'n ex ante of deduktiewe benadering gevolg. Dit wil sê verliesfunksies is ontwikkel deur te beraam wat die skades van verskillende groottes vloede aan verskillende grondgebruike gaan wees, sonder dat 'n vloed werklik voorgekom het.

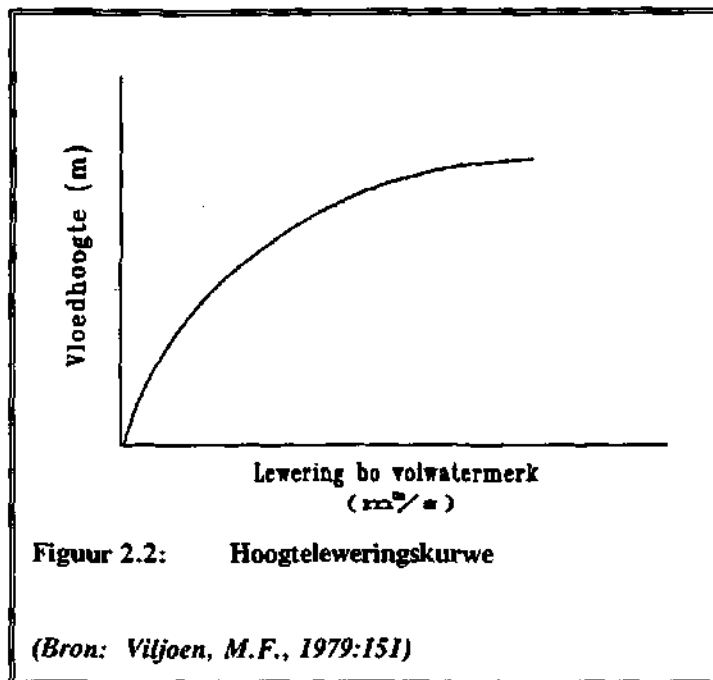
Met die benadering kan verliesfunksies vir alle ter sake grondgebruike vir die ondersoekgebied saamgestel word.

2.3 TEORETIESE BASIS VAN OPTIMUM KOMBINASIE VAN VLOEDSKADEBEHEERMAATREËLS EN OPTIMUM PEIL VAN VLOEDSKADEBEHEER



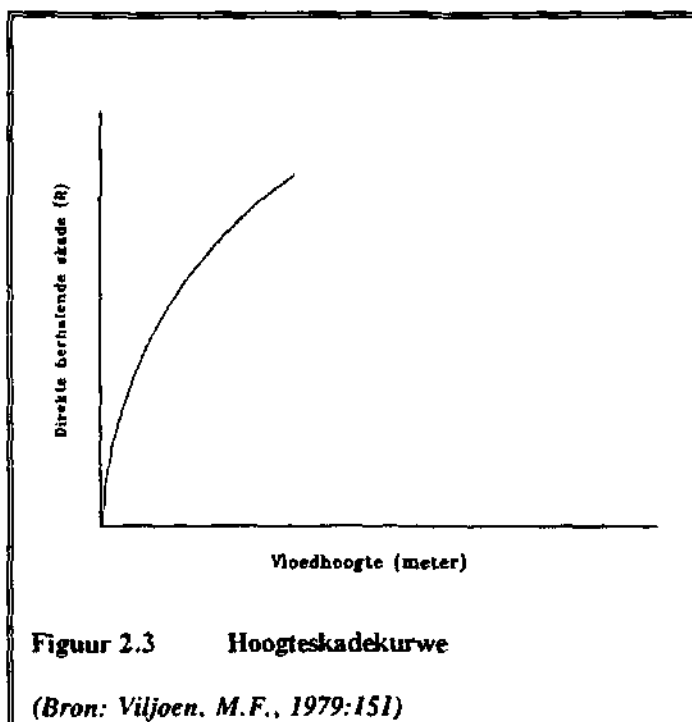
Viljoen en Smith (1982) stel dit soos volg: Ofskoon daar reeds pogings aangewend is om ander teoretiese benaderings te ontwerp (Piper, *et al.*, 1971) wat as basis vir die bepaling van die tasbare voordele van struktuurvloedbeheerprojekte kan dien, is die nuwere benaderings nog nie tot 'n voldoende mate ontwikkel om die konvensionele benadering te vervang nie. Dit word

daarom voorsien dat die konvensionele metode nog vir 'n onbepaalde tyd gebruik sal word as 'n komponent by die beplanning van vloedskadebeheermaatreëls. In kort kom die konvensionele metode daarop neer dat die voordele van 'n vloedbeheerprojek bereken word uit 'n reeks verwantskappe wat hieronder aangedui word (Eckstein, 1971).



Eers word 'n leweringsfrekwensiekurwe gekonstrueer (kyk Figuur 2.1). Hierdie kurwe toon die waarskynlikhede aan om verskillende vloedwaterlewerings by 'n spesifieke punt in die vloedvlakte te verkry.

Hierna word 'n kurwe opgestel (Figuur 2.2) wat die verwantskap tussen vloedwaterlewing en vloedhoogte by die betrokke punt in die vloedvlakte aandui (hoogteleweringskurwe).

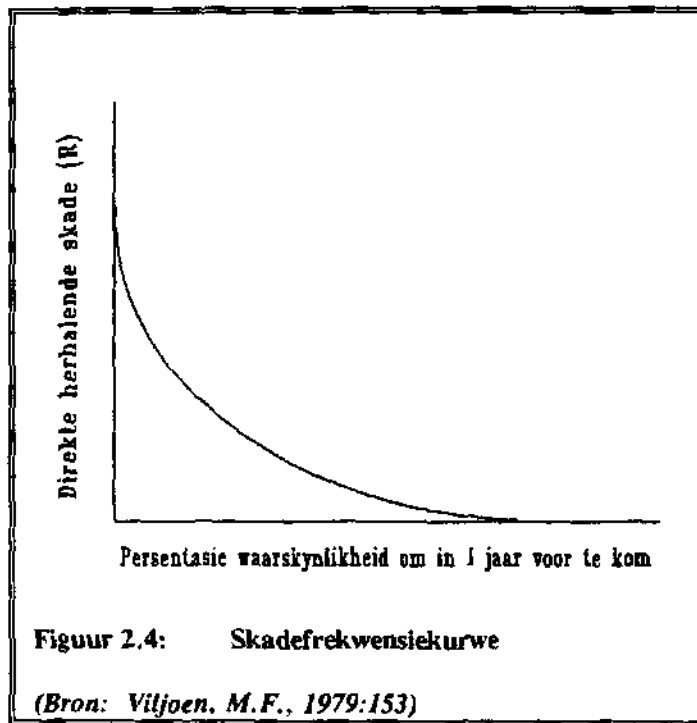


Die volgende kurwe wat benodig word, moet die verband tussen vloedhoogte en vloedskade weergee. Figuur 2.3 is so 'n hoogteskadekurwe wat op die aanname berus dat die ekonomiese aktiwiteite in die toepaslike gebied van die vloedvlakte dieselfde bly, dit wil sê oor die lang termyn gestabiliseer word.

Laastens word 'n skadefrekwensie soos Figuur 2.4 opgestel deur die voorafgaande kurwes te kombineer.

In ooreenstemming met aanvaarde statistiese konsepte is die oppervlakte links van die kurwe in Figuur 2.4 gelyk aan die verwagte waarde van die skade (jaarlikse gemiddelde skade). Meer formeel gestel, indien f die waarskynlikheidsfunksie is en x 'n toevalsveranderlike wat die skade voorstel, word die verwagte waarde van die skade (μ) deur die volgende vergelyking gegee (Herfindahl en Kneese, 1974):

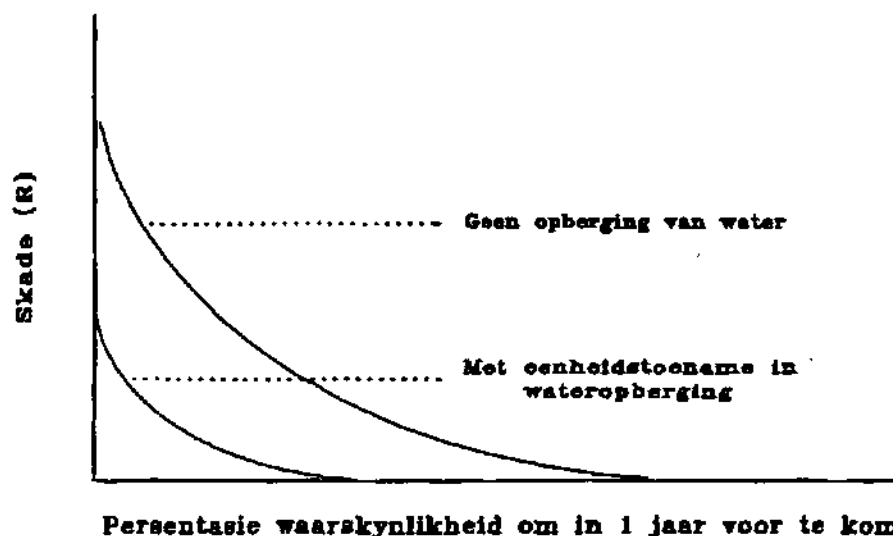
$$\mu = \int_{-\infty}^{\infty} xf(x)dx$$



Om die voordeelfunksie (verwagte waarde van die skade wat deur vloedbeheer voorkom word) te bepaal, word soos volg te werk gegaan (die uitwerking van vloedbeheer op die stimulering van ekonomiese ontwikkeling moet afsonderlik verreken word). Die effek van 'n eenheidstoename in opberging van water (aanvaar die vloedbeheerstruktuur is 'n opgaardam) op die waarskynlikheid van verskillende spitslewerings word bepaal. Hierdie effek word dan deur die verskillende kurwes tot by die skadefrekwensiekurwes nagegaan. Die uitwerking

van vloedbeheer op hierdie kurwe is om dit na links, soos in Figuur 2.5 te verskuif.

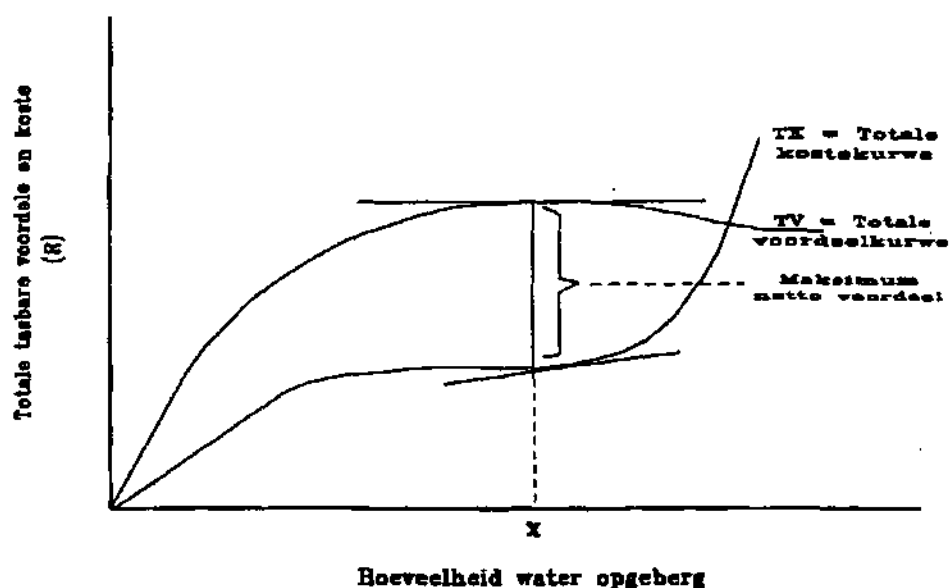
Deur die oppervlakte onder die kurwe wat met opberging van water verkry word vanaf die oppervlakte onder die kurwe sonder opberging af te trek, word die verwagte waarde van die voordeel wat met opberging verkry word, bepaal. 'n Reeks sodanige berekenings vir verskillende volumes water opgeberg, sal waardes lewer waarmee kurwe TV in Figuur 2.6 gekonstrueer kan word (Herfindahl en Kneese, 1974). Deur op soortgelyke wyse te werk te gaan, kan kurwe TK wat die verwantskap tussen totale koste en hoeveelheid water opgeberg, aangee, bepaal word. Daar word aanvaar dat kurwe TK saamgestel is om die minimum-kostesituasie te verbeeld (die koste word deur die produksiefunksie bepaal, wat daarop dui dat die produksiefunksie optimaal moet wees). Wanneer kurwes TV en TK die normale verloop het soos in Figuur 2.6 voorgestel, word die maksimum netto voordele vir 'n hoeveelheid water opgeberg, gelyk aan X behaal, want vir die hoeveelheid water is die marginale voordele gelyk aan die marginale koste.



Figuur 2.5: Skadefrekwensiekurwe

(Bron: Viljoen, M.F., 1979:151)

Waar in dié geval aangedui is hoe die optimale grootte van 'n oorwegend struktuurmaatreël bepaal kan word, is dit ook moontlik om in die geval van oorwegend nie-struktuurmaatreëls, wat ten doel het om vloedskades in die vloedvlakte te verminder, nagenoeg dieselfde benadering te volg. By vloedverskansing byvoorbeeld word die netto voordeel wat deur vloedskadevermindering behaal sal word, ook aan die hand van Figure 2.1 tot 2.4 bepaal.



Figuur 2.6: Optimale skaal van vloedbeheer

(Bron: Viljoen, M.F., 1979:152)

In dié geval egter het die maatreël nie die effek om die vloedfrekwensie van 'n vloed van bepaalde grootte te verander soos by oorwegend struktuurmaatreëls nie, maar om die vloedskade wat geassosieer word met 'n vloed van gegewe omvang te verminder, soos die verwagte waarde van skade ook verminder (Lind, 1967). 'n Figuur analoog aan Figuur 2.5 kan dan opgestel word waaruit 'n soortgelyke ontleding as vir Figuur 2.6 gedoen kan word.

2.4 REKENAARMODELLE OM VLOEDSKADE TE BERAAM

Dit blyk uit die teoretiese raamwerk dat verskillende tipes inligting met mekaar geïntegreer moet word om die teorie te kan toepas. Figure 2.1 en 2.2 integreer topografiese eienskappe van die vloedvlakte met hidrologiese eienskappe van vloede. Figure 2.3 tot 2.5 integreer gemelde topografiese en hidrologiese inligting met vloedskadefunksies (verliesfunksies) van die verskillende grondgebruike in die vloedvlakte, terwyl Figure 2.5 en 2.6 voormelde inligting integreer en in verband bring met die voordele en koste van vloedskadebeheermaatreëls.

Rekenaarmodelle om vloedskade te beraam, is tydens die ondersoek op basis van die teoretiese raamwerk ontwikkel deur vir afgebakende vloedvlaktes in die ondersoekgebied inligting oor topografie, hidrologie, grondgebruike en verliesfunksies te integreer sodanig dat wanneer 'n vloed van bepaalde omvang geneem word, bepaal kan word tot watter diepte die verskillende grondgebruike sal oorstrom en wat die skade sal wees wat aangerig word. Die uitdruk van die rekenaarmodel is dan byvoorbeeld die skade aan elke grondgebruikstipe sowel as die totale direkte skade van die vloed. Deur verskillende grootte vloede wat kan voorkom se skades te bepaal, elke vloed se skade te "vermenigvuldig" met die waarskynlikhede van voorkoms en te sommeer vir die verskillende vloede, word die gemiddelde jaarlikse skade deur die model bepaal.

Deur op soortgelyke wyse te werk te gaan, is die residuele gemiddelde jaarlikse skade (dit wil sê die skade wat nog sal voorkom na 'n vloedskademaatreël ingestel is), bepaal vir ver-

skillende vloedskadebeheermaatreëls, byvoorbeeld vir noodwalle en waarskuwingstelsels. Deur die residuele GJS af te trek van die GJS sonder 'n vloedskadebeheermaatreël, is die voordeel van 'n maatreël bepaal. Hierdie voordeel word dan vergelyk met die koste om die maatreël op te rig/in te stel ten einde te bepaal of dit ekonomies geregverdig sal wees om 'n maatreël in te stel.

Die rekenaarmodel wat vir die landbou ontwikkel is (Hoofstuk 3), is die GIS-model, terwyl vir stedelike gebiede (Hoofstuk 4) die ANU-vloedmodel wat in Australië ontwikkel is, vir Suid-Afrikaanse toestande aangepas is.

Die ontwikkeling van die rekenaarmodelle om die vloedskade en vloedskadebeheervoordele te bepaal, het vir beide die landbou (Hoofstuk 3) en stedelike gebiede (Hoofstuk 4) die volgende vier stappe (subdoelstellings volgens Hoofstuk 1) behels:

1. Ontwikkel vloedskadefunksies om potensiële skade vir die verskillende grondgebruike in die afgebakende vloedvlakte van die ondersoekgebied te bepaal.
2. Ontwikkel die uitleg van 'n rekenaardatabasis waarin die vloedskadefunksies geberg kan word en pas dit toe op die ondersoekgebied.
3. Ontwikkel 'n rekenaarprogram om die voordele van verskillende kombinasies van vloedbeheer- en vloedskadebeheermaatreëls met behulp van die vloedskadefunksies in die rekenaardatabasis te bepaal.
4. Demonstreer die aanwending van die rekenaarprogram vir vloedbestuursbeplanning in die ondersoekgebied.

Die aanbieding van die resultate van beide Hoofstuk 3 en 4 is ingedeel onder die vier stappe.

BRONNELYS

1. ECKSTEIN, O. 1971. *Water resources development - the economics of project evaluation*. Fifth Edition, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts: 110-127.

2. HERFINDAHL, O.C. AND KNEESE, A.V. 1974. *Economic theory of natural resources*. Charles E. Merrill Publishing Company, Columbus, Ohio:253-260.
3. HOYT, W.G. AND LANGBEIN, W.B. 1955. *Floods*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
4. JAMES, L.D. 1967. *Economic analysis of alternative flood control measures*. Water Resources Research 3(2):333.
5. LIND, R.C. 1967. *Flood control alternatives and the economics of flood protection*. Water Resources Research 3(2):346-350.
6. PIPER, D., STROHBEHN, R. AND BOXLEY, R. 1971. Analysis of alternative procedures for the evaluation of agricultural flood control benefits. IWR Report 71(4). National Technical Information Service, Department of Commerce, Springfield, Virginia.
7. SPIES, P.H., VILJOEN, M.F. EN SMITH, D.J.G. 1977. *Vloedskade in sekere riviertrajekte van die Republiek van Suid-Afrika - Deel I. 'n metodologie vir vloedskadebepaling*. Ongepubliseerde verslag, Waternavorsingskommissie, Pretoria, pp.3-5.
8. VILJOEN, M.F. (1979) Die ekonomie van waterbenutting met besondere verwysing na die bepaling van vloedskade in sekere riviertrajekte van die Republiek van Suid-Afrika. Verslag nr. 1, Instituut vir Sosiale en Ekonomiese Navorsing. Die Universiteit van die Oranje-Vrystaat, Bloemfontein.
9. VILJOEN, M.F. EN SMITH, D.J.G. 1982. *Vloedskadebepaling en vloedskadebeheer as onderdele van die ekonomie van waterbenutting*. Water SA. Vol. 8(1):45-51.
10. VILJOEN, M.F. EN VOS, J.A. 1984. Riglyne vir die ontwikkeling van vloedskadevoorspellingsmodelle. Water SA. Vol. 19(3):155-167.
11. WATER RESOURCES COUNCIL. 1976. *A unified national program for flood plain management*. United States Water Resources Council, Washington, D.C., IV(10).

HOOFTUK 3

DIE ONTWIKKELING VAN VLOEDSKADEFUNKSIES EN 'N REKENAARPROGRAM VIR GEBRUIK IN BESPROEIINGSGEBIEDE

3.1 INLEIDING

Deel 2 van dié verslag spits toe op die besproeiingsgebied van die ondersoekgebied waar verliesfunksies en 'n rekenaarmodel ontwikkel is vir die bepaling van vloedskade en die bepaling van die voordele van vloedbeheer- en vloedskadebeheermaatreëls. Die doel met Hoofstuk 3 is om op 'n opsommende wyse verslag te doen aangaande die aktiwiteite en bevindings ten opsigte van die doelstellings wat op die besproeiingsgebied van toepassing is.

3.2 DOELSTELLING 1: ONTWIKKEL VLOEDSKADEFUNKSIES OM POTENSIËLE SKADE VIR DIE VERSKILLENDIGE GRONDGEBRUIKE IN DIE AFGEBAKENDE VLOEDVLAKTE VAN DIE ONDERSOEKGEBIED TE BEPAAL

Om aan hierdie doelstelling uitvoering te gee moes 'n reeks aktiwiteite, soos uiteengesit in hierdie gedeelte, uitgevoer word.

3.2.1 Afbakening van vloedvlakte en vloedlyne

As vertrekpunt moes die vloedvlakte en vloedlyne binne die ondersoekgebied afgebaken word. As die buitenste grens van die vloedlyne is die streeksmaksimumvloedlyn gekies en 'n aantal vloede met verskillende waarskynlikhede van voorkoms binne hierdie grens is afgebaken. Hidrologiese data soos die vloedvolume en watervlakhoogtes vir vloede met verskillende waarskynlikhede van voorkoms word benodig om vloedskade te beraam en is 'n konsultant aangestel ten einde dié inligting te bekom. Dwarssnitte, ongeveer een kilometer van mekaar, is deur die rivier geneem, om hidrologiese data vir vloede met verskillende waarskynlikhede van voorkomste te beraam. Volgens die konsultantverslag¹ was die beraming van die maksimum vloei tussen die noodwalle, voordat oorstroming sou plaasvind, baie problematies. Vir die doel van die navorsingsprojek is maksimum vloei tussen noodwalle op 'n makrowyse benader. Onderskeid is tussen die gedeeltes stroomaf en stroomop van Upington gemaak. Waargenome noodwalhoogtes is die wat ooreenkomstig die lugfotografie van Mei 1988 (na die vloedspitse in Februarie en Maart 1988) geneem is.

Opvallende aspekte wat in ag geneem moes word, is die volgende:

- Die relatiewe hoë vlak van die kruin van die "Top House" noodwal;
- Stroomaf van Upington is feitlik al die noodwalle minstens tot gelyk met die hoogtevlak volgens die huidige riglyn, naamlik die 1988-vloedwatervlak minus 800 mm. soos gemeet by Upington;
- 'n Algemene indruk is dat stroomop van Upington daar ongeveer eweveel gedeeltes noodwalle met kruine hoër en laer as die 1988-riglyn is.

¹ Vir 'n beskrywing van die metodiek wat gebruik is vir die beraming van vloedlyne - sien konsultant-verslag se Bylae B.

Volgens Chunnett, Fourie en Vennote (1993) kan met die huidige hidrologiese inligting aanbeveel word dat die "drumpelwaardes" vir oorstroming van noodwalle stroomop en -af van Upington op onderskeidelik 4 000 m³/s en 4 500 m³/s gestel word. Hier word spesifiek na oorstroming van noodwalle verwys en nie na die moontlike swigting van gedeeltes van die noodwalle deur erosie, nog voordat oorstroming plaasvind nie. Die berekeninge toon dat die gemiddelde vloeisnelhede vir gemelde vloei by baie punte langs die rivierkanaalgedeeltes van die orde van 2 m/s en meer is.

Die kwessie van die maksimum vloei wat tussen die noodwalle afgevoer kan word, gaan dus nie net oor die kruinhoogte van die noodwalle nie, maar ook oor die noodwalle se weerstand teen swigting voor oorstroming.

'n Betroubare beraming van die maksimum vloei tussen die noodwalle sonder dat oorstroming of swigting van die walle plaasvind, is 'n uiters belangrike parameter om 'n suksesvolle bestuurstelsel vir maksimale vloedbeskerming deur noodwalle vir die betrokke gedeelte van die Benede-Oranjerivier te bedryf. Dit word gevolglik deur die konsultant aanbeveel dat hierdie spesifieke gedeelte verder uitgebrei behoort te word.

3.2.2 Identifisering en klassifisering van verskillende grondgebruike in die vloedvlakte

Nadat grense en vloedlyne afgebaken is, is die grondgebruikspatroon in dié vloedvlakte van die ondersoekgebied geïdentifiseer en geklassifiseer. Benewens die vraelys is ook 'n vraeboog opgestel wat deur die Departement van Waterwese en Bosbou te Upington voltooi is. Die volgende tipe data is vir hierdie doel ingesamel:

- * Gewasse en lokaliteite
- * Prieelstelsels
- * Plantrigting
- * Ouderdom van wingerd

Die vraeboog maak voorsiening vir alle tipe gewasse en preelestelsels by wingerd wat in die ondersoekgebied voorkom. Met plantrigting word die rigting wat wingerdgewasse ten opsigte van die rivier geplant is, bedoel. As gevolg van die omvangrykheid van die opname is slegs onderskeid tussen drie ouderdomskategorieë by wingerd gemaak, naamlik:

- * Nuut: 1-3 jaar
- * Jonk: 4-10 jaar
- * Oud: 11-25 jaar

Ander vrae wat op die vraeboog voorkom en wat inligting opgelewer het wat vir die matriksmodel benodig is, is later deur die navorsingspan self voltooi. Hierdie opname was redelik tydrowend en het ongeveer ses maande in beslag geneem.

Drie hooftipe gewasse kom in die ondersoekgebied voor, naamlik wingerd, wisselbou en lusern. Wingerd bestaan grootliks uit Sultanina, Palomino, en Muscat d'Alexandrie, terwyl wisselbou uit mielies, katoen, koring en grondboontjies bestaan. Vir doeleindes van hierdie verslag word na Sultanina, Palomino, en Muscat d'Alexandrie as onderskeidelik sultana, frans en hanepoot verwys. Columbar en frans is beide 'n wyndruifkultivar en is gesamentlik as wyndruiwe gehanteer. Alhoewel hanepoot ook 'n wynekultivar is, is dit as gevolg van 'n laer preelestelsel wat gebruik word, afsonderlik hanteer. Al die wisselbougewasse is saamgegroepeer en is nie tussen mielies, katoen, en grondboontjies onderskeid gemaak nie. Verliesfunksies is slegs vir gewasse wat tydens die vloedseisoen voorkom, opgestel. Koring vorm nie deel van wisselbougewasse nie, omdat vloede in die ondersoekgebied slegs tydens die somergroeiseisoen voorkom.

Vier tipe preelestelsels kom in die ondersoekgebied voor, naamlik T-, kap-, gewel- en heiningstelsel. Elk van hierdie stelsels kom by sultana en wyndruiwe voor, met die uitsondering van hanepoot waar net 'n T-stelsel voorkom.

3.2.3 Vaststelling en beskrywing van 'n geskikte metode om vloedskadefunksies te bepaal

'n Literatuurstudie is onderneem om 'n gepaste metodologie te vind om verliesfunksies in die landbousektor te konstrueer. Met die metodologie uitgeklaar en verskillende grondgebruikstipes bekend, was dit moontlik om verliesfunksies vir die ondersoekgebied vir elke grondgebruikstipe te konstrueer.

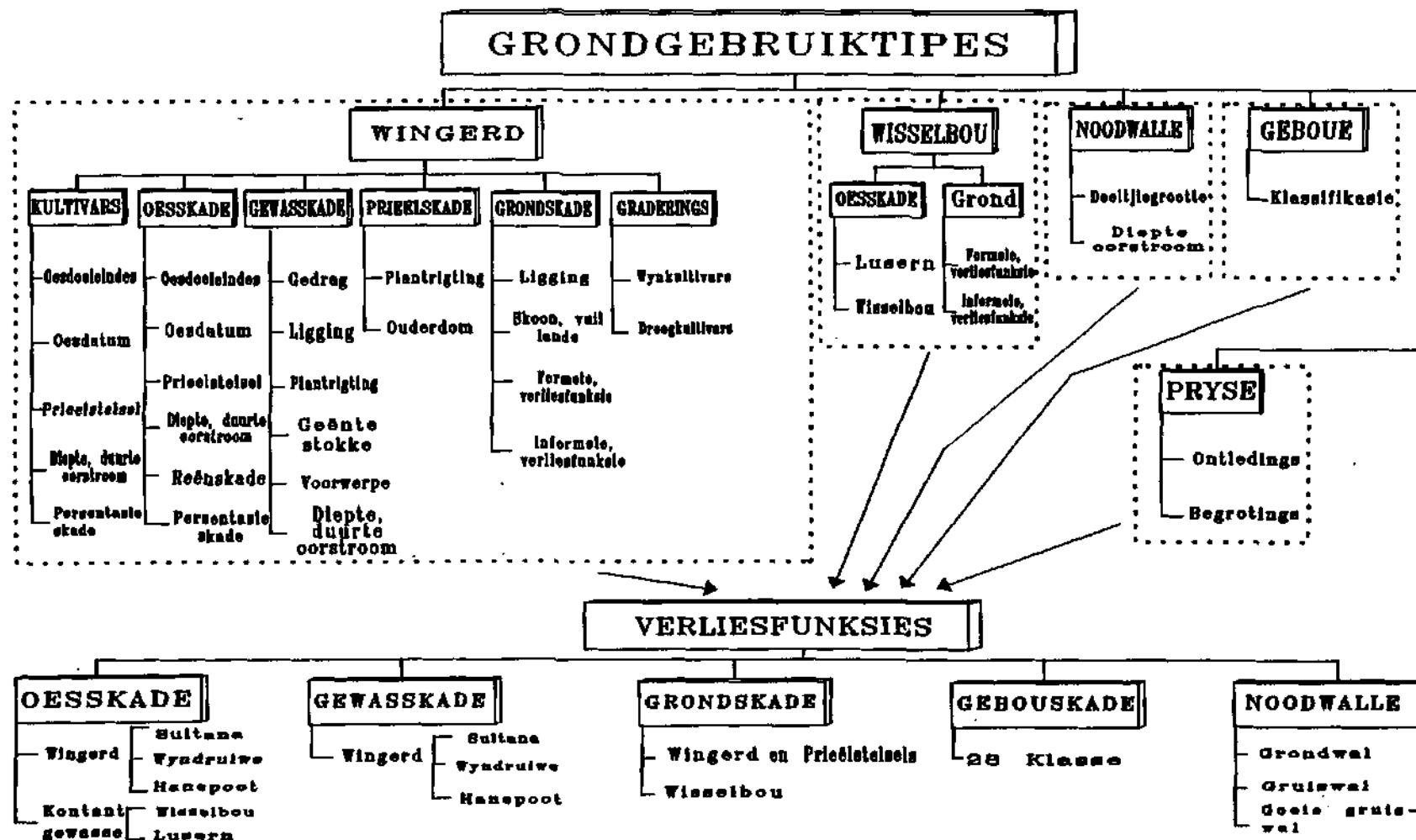
"'n Vloedskade-voorspellingsmodel beskryf matematies, grafies en/of in tabelvorm die verwantskap tussen die geldwaarde van die direkte vloedskade aan 'n beskadigde item (dit is die skade wanneer 'n item in fisiese aanraking met die vloedwaters was) en een of meer kenmerke van die vloed, soos diepte van die vloedwaters, duurre van oorstroming en sleurkrag van die vloedwaters. Met behulp van sodanige verwantskappe, ook bekend as verliesfunksies, sou onder meer die geldwaarde van die direkte skade wat vloede van verskillende omvang behoort aan te rig, voordat die vloede werklik plaasvind, beraam kan word. Die modelle het daarom, benewens die vermoë om die skades van verwagte toekomstige vloedgebeure te beraam, besondere gebruikswaarde in die beplanning van optimale vloedskadebeheermaatreëls" (Viljoen en Smith, 1982). Verliesfunksies in die landbousektor het vier onderskeie komponente, naamlik oes-, gewas-, preei- en grondskade en word vervolgens bespreek.

Aandag is geskenk aan die primêre direkte skade, dit is skade aan gewasse en geboue en die sekondêre indirekte skade, wat die vermenigvuldigingseffek op besighede is. Sekondêre direkte skade en primêre indirekte skade is nie in hierdie ondersoek hanteer nie. In die algemeen word indirekte skade (skade as gevolg van ontwrigting aan vervoer en handel) as 'n persentasie van direkte skade geneem. Skade aan kanale, moederlyne en stormwaterslote is moeilik berekenbaar en is daar nie daarvoor voorsiening gemaak nie. Omdat die meeste produsente in die ondersoekgebied van vloedbesproeiing gebruik maak, is skade aan mikrobefroeiingstelsels geïgnoreer.

Tydens die uittoets van die vraelys, wat gebruik is om die inligting te bekom, is faktore wat 'n invloed op die bepaling van vloedskade het, geïdentifiseer. Die vraelys is hierna aangepas en vrae is na aanleiding van faktore wat voorgekom het, opgestel. Oes-, gewas-, preeel- en grondskade is afsonderlik hanteer. Om 'n sinvolle en bruikbare model te bou, moes sekere aannames gemaak word. Aannames word so ver moontlik met verkreeë inligting gestaaf. Die faktore wat 'n invloed op die verklaring van vloedskade het, word vervolgens bespreek.

3.2.3.1 Vloedskadefaktore

Omdat nie dieselfde faktore 'n invloed op oes-, gewas-, preeel- en grondskade het nie, is die faktore volgens dié vier skadekategorieë afsonderlik hanteer. Alvorens verliesfunksies vir die ondersoekgebied gekonstrueer kon word, moes die grondgebruikspatroon bekend wees. Met die grondgebruikspatroon bekend, is die verskillende faktore wat 'n invloed by die bepaling van vloedskade het, bespreek. Figuur 3.1 gee 'n skematiese voorstelling van die verskillende faktore wat 'n invloed op oes-, gewas-, preeel- en grondskade het, asook die werkswyse wat gevolg is om vloedskadefunksies te konstrueer.



Figuur 3.1: Relevante faktore by die ontwikkeling van verliesfunksies in die landbousektor vir Upington-besproeiingsgebied

Faktore verskil volgens gewasse en is die volgende by wingerdbou bespreek:

- * Kultivars
- * Oesskade
- * Gewasskade
- * Prieelstelsel
- * Grondskade
- * Gradering

Verskeie onafhanklike veranderlikes het 'n invloed op bogenoemde faktore soos blyk uit Figuur 3.1. Op dieselfde wyse is wisselbougewasse, noodwalle, geboue en pryse ontleed. Relevante inligting wat wel 'n invloed op die verklaring van die onderskeie skadekategorieë het, is saamgevat om verliesfunksies te konstrueer om oes-, gewas-, grondskade en skade aan noodwalle te beraam. Skade aan prieelstelsels is by grondskade ingesluit. Data is telkens met statistiese tegnieke ontleed en in die meeste gevalle is die moduswaarde aanvaar. By sommige gevalle is van die rekeningkundige gemiddelde en ook die mediaanwaardes gebruik gemaak.

Deel 2 kan vir 'n volledige bespreking van voormelde faktore geraadpleeg word. Die vernaamste gevolgtrekkings is die volgende:

- Nadat voormelde faktore wat 'n invloed op die bepaling van oesskade het, (soos uiteengesit in Figuur 3.1) ontleed is, was dit moontlik om 'n verliesfunksie te konstrueer. Die volgende veranderlikes is in ag geneem:

- * Vloedvoorkoms
- * Persentasie skade aan die oes
- * Persentasie reeds en nog nie geoes nie
- * Oesdoeleindes (persentasie verdeling)
- * Persentasie skade by verskillende dieptes van oorstroming

Verliesfunksies maak voorsiening vir vloede met verskillende waarskynlikhede van voorkoms, wat vanaf 1 Februarie tot 30 Maart in 'n spesifieke jaar mag voorkom. Vanaf 1 Februarie tot 30 Maart is 10 indelings (weekliks uitmekaar) gemaak en is vir elke indeling 'n persentasie skade aan die oes, op grond daarvan dat 'n sekere deel van die oes reeds afgehaal is, beraam. Sultana is die enigste gewas wat vir beide wyn- sowel as droogdoeleindes aangewend kan word en 'n 50:50 persentasietoedeling is vir verliesfunksiedoeleindes gemaak. Die totale inkomste per hektaar vir elke gewas, met en sonder vloede, is uit die gewasbegrotings verkry.

Die persentasie skade by verskillende dieptes van oorstroming is belangrike data wat benodig is vir die bepaling van oesskade. 'n Definitiewe nulpunt en 'n 100-persent skadepunt is uit die ondersoek verkry en 'n reglynige passing is tussen die punte gepas. Omdat 100 persent skade eers begin toetree sodra die vloedwater die oessone van wingerd oorstrom, is aanvaar dat die skade aan die oes 60 persent sal wees net voordat die vloedwater die oessone oorstrom. By die verifiëring hiervan (Uys, 1993) is gevind dat groter skade reeds op 'n vroeër stadium sal intree en is die persentasie vir verliesfunksiedoeleindes as 85 persent geneem. Die skade aan die wingerdoes sal dus 85 persent wees net voor die oessone oorskry word, waarna 100 persent skade sal intree sodra die vloedwaters die oessone oorskry. Die hoogte wat druiwetrosse vanaf die grond hang, verskil by die onderskeie preefstelsels en verskil die persentasie skade volgens diepte van oorstroming ook by die verskillende preefstelsels. Sultana met 'n T-stelsel sal 100 persent oesskade by 1,40 m tot gevolg hê, terwyl 100 persent skade by sultana met 'n gewelstelsel eers by 1,50 m oorstroming intree. Tabel 3.1 is 'n voorbeeld van 'n tipiese wingerdverliesfunksie (sultana) en al die ander verliesfunksies neem soortgelyke vorme aan vir die bepaling van oesskade. Kyk Bylae E van Deel 2 vir volledigheid.

Tabel 3.1: Verliesfunksie van sultana vir die berekening van oesskade vir vloede met verskillende seisoenale voorkomste, 1992

VLOED VOORKOMS	1 FEB	7 FEB	14 FEB	21 FEB	28 FEB	5 MRT	12 MRT	19 MRT	26 MRT	30 MRT
VOORKOMS KODE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
% SKADE AAN OES	100	75	50	25	0	0	0	0	0	0
% REEDS GEOES	0	25	50	75	100	100	100	100	100	100
% NIE GEOES	100	75	50	25	0	0	0	0	0	0
OES DOELEINDES	DROOG: 50%					WYN: 50%				
	T-STELSEL		SKUENSKAP		GEWEL		HEINING			
TOTALE BRUTO INKOMSTE (VOOR VLOED) (R)	9 782		9 782		11 738		8 803			
TOTALE BRUTO INKOMSTE (NA VLOED) (R)	7 132		7 132		8 558		6 419			
TOTALE OESKOSTE (R)	586		586		675		541			
VERLIESFUNKSIE	DIEP-TE (m)	% SKADE	DIEP-TE (m)	% SKADE	DIEP-TE (m)	% SKADE	DIEP-TE (m)	% SKADE		
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
2	0,10	6,54	0,15	9,47	0,20	12,20	0,03	9,15		
3	0,20	13,07	0,25	15,78	0,30	18,30	0,05	15,25		
4	0,30	19,61	0,35	22,09	0,40	24,40	0,07	21,35		
5	0,40	26,14	0,45	28,40	0,50	30,50	0,09	27,45		
6	0,50	32,68	0,55	34,71	0,60	36,60	0,11	33,55		
7	0,60	39,21	0,65	41,02	0,70	42,70	0,13	39,65		
8	0,70	45,75	0,75	47,33	0,80	48,80	0,15	45,75		
9	0,80	52,29	0,85	53,64	0,90	54,90	0,17	51,85		
10	0,90	58,82	0,95	59,95	1,00	61,00	1,19	57,95		
11	1,00	65,36	1,05	66,26	1,10	67,10	1,21	64,05		
12	1,10	71,89	1,15	72,57	1,20	73,20	1,23	70,15		
13	1,20	78,43	1,25	78,88	1,30	79,30	1,25	76,25		
14	1,30	84,96	1,35	85,19	1,40	85,40	1,27	82,35		
15	1,40	100,0	1,45	100,00	1,50	100,00	1,30	100,00		

Tabel 3.1 stel die oesskadefunksie van sultana voor en kan kortliks as volg verduidelik word:

- * 'n Vloed met 'n spesifieke waarskynlikheid van voorkoms kan tussen 1 Februarie tot 30 Maart voorkom. Die eerste stap is om 'n keuse uit te oefen oor wanneer 'n vloed in 'n gegewe jaar sou voorkom.

- * Na aanleiding van dié keuse word die persentasie oes wat reeds afgehaal is en wat nog op die land oorbly, bepaal.
- * Volgens die diepte van oorstroming word die persentasie skade aan die oes vir 'n spesifieke preekstelsel opgesoek, waarna dit gebruik word om die verwagte totale direkte skade aan die oes te beraam.
- * Die totale bruto inkomste voor en na 'n vloed, asook die totale oeskoste vir elke preekstelsel word uit die onderskeie gewasbegrotings verkry om gebruik te word vir verdere beramings.

- Gewasskade is deur Viljoen (1979) gedefinieer as die skade aan die gewas, wat weerspieël word in laer as normale oesopbrengste in opvolgende jare. Omdat gewasskade verspreid oor 'n aantal jare voorkom, moet die skade vir vergelykingsdoeleindes na 'n basisjaar herlei word. Pryse vir 1992 en 'n verdiskonteringskoers van 10 persent² is gebruik om skade in opvolgende jare na die basisjaar (1992) te herlei.

Na aanleiding van bogenoemde definisie is verliesfunksies slegs vir wingerdgewasse gekonstrueer. Geen onderskeid is tussen wingerdkultivars by die beraming van gewasskade gemaak nie. Die gewasskadefunksie maak voorsiening vir wingerd wat saam en dwars met die stroom geplant is. Die netto huidige waarde (NHW) wat oor 25 jaar terug verdiskonteer is vir beide die totale inkomste- sowel as die totale geallokeerde koste per hektaar, is beraam en twee situasies kom voor:

² Die huidige reële rentekoers is ongeveer vier tot ses persent en word voorsiening gemaak vir 'n addisionele vier persent risiko.

- * Die aanname word gemaak dat boere wingerd hervestig indien 25 persent en meer skade sou voorkom. Indien die gewas hervestig word, is die skade geneem as die verdiskonteerde waarde van die totale addisionele koste as gevolg van die vloed plus die totale inkomsteverlies as gevolg van die vloed, bereken as die afwykings vanaf die normale patroon, dit wil sê sonder die vloed³.
- * Wanneer minder as 25 persent skade aan wingerd voorkom, sal produsente voortgaan om met die beskadigde gewas te produseer en 'n daling van 25 persent in die daaropvolgende drie jaar kom aan wingerdopbrengste voor. Wanneer daar voortgegaan word om met die beskadigde gewas te produseer en die gewas sou in 'n periode vanself herstel, is die vloedskade bereken as die verdiskonteerde waarde van vermindering in inkomste minus die besparing in oeskoste (byvoorbeeld uit 'n kleiner oes) vir die tydperk wat die laer oes voorgekom het.

Die ouderdom van wingerd het ook 'n invloed by die verklaring van gewasskade en word vir verliesfunksiedoelindes vir drie ouderdomsgroepe gekonstrueer. NHW sonder die effek van 'n vloed, asook NHW met die effek van 'n vloed word telkens vir bogenoemde drie ouderdomsgroepe bereken. Die verskil tussen die NHW sonder 'n vloed en NHW met 'n vloed is dan die skade aan die gewas. Die effek van vloede op wingerd wat vanself herstel, is vir al drie ouderdomsgroepe dieselfde en word slegs een NHW vir al drie ouderdomsgroepe bereken. Tabel 3.2 is 'n voorbeeld van 'n verliesfunksie vir die bepaling van gewasskade.

³ Omdat die leeftyd van meerjarige gewasse nie presies bepaalbaar is nie (wingerdleeftyd varieer byvoorbeeld tussen 15 en 50 jaar), is met die aanname gewerk dat die hervestiging van 'n meerjarige gewas nie noodwendig die leeftyd daarvan sal verleng nie. Aanpassing is derhalwe nie aan skadeberamings gemaak wat hierdie aspek betref nie.

Tabel 3.2: Verliesfunksie vir wingerd wat saam of dwars met die stroom geplant is, vir die bepaling van die totale verwagte direkte gewasskade, 1992

WINGERD HERVESTIG (R)		WINGERD BESKADIG (R)	
NHW sonder vloed:		NHW sonder vloed:	
Nuut:	51 658	Almal:	15 354
Jonk:	47 496		
Oud:	33 874		
NHW met vloed:		NHW met vloed:	
Almal*:	20 339	Almal:	11 516
SAAM MET DIE STROOM GEPLANT		DWARS MET DIE STROOM GEPLANT	
DIEPTE VAN OORSTROMING (m)	PERSENTASIE SKADE	DIEPTE VAN OORSTROMING (m)	PERSENTASIE SKADE
0,00	0,00	0,00	0,00
0,75	20,00	0,75	20,60
1,50	50,00	1,50	51,50
2,00	75,00	2,00	77,25
2,50	98,00	2,50	100,00
3,00	100,00	3,00	100,00

* Tydens die hervestiging van wingerd is die netto huidige waarde (NHW) vir alle ouderdomsgroepe dieselfde

Dié verliesfunksie (Tabel 3.2) funksioneer op min of meer dieselfde wyse as die verliesfunksie om oesskade (Tabel 3.1) te beraam. Ongeag die tyd van die jaar wat 'n vloed met 'n sekere waarskynlikheid sou voorkom, word die persentasie skade volgens diepte oorstroom vir wingerd wat saam en dwars met die stroom geplant is, vasgestel. Die persentasie skade volgens diepte oorstroom bepaal dan of wingerd hervestig moet word, al dan nie. Na aanleiding hiervan word die NHW vir die onderskeie ouderdomsgroepe van wingerd dienoooreenkomstig bepaal om die skade per hektaar te beraam. Vir meer besonderhede aangaande die berekening van gewasskade kan Hoofstuk 5 van Deel 2 geraadpleeg word.

- Metodes wat gevolg is by die berekening grondskadefunksies word kortliks, soos deur Viljoen bepaal, bespreek. "Formele vloedskade-voorspellingsmodelle is verliesfunksies waar die verwantskappe tussen die geldwaarde van die direkte skade aan 'n item aangerig en ter sake kenmerke van die vloedwaters, met 'n wiskundige vergelyking beskryf word" (Viljoen, 1979:358). Tabel 3.3 gee die verwantskap aan wat verkry is met ontledings waar die data binne diepte-oorstroomintervalle saamgevoeg is en word dit in Figuur 3.2 en 3.3 grafies voorgestel.

Tabel 3.3: Verwantskap tussen per hektaar grondskade en diepte oorstrom ten opsigte van akkerbou- en wingerdgrond vir verskillende trajekte, 1974

Trajek en grondgebruiktype	Verwantskap	Bepalendheids- koëf- fisiënt R^2
<u>Wingerd:</u>		
Boegoebergdam tot Augrabies	$TS = 343,35H - 39,53H^2$	0,82
Augrabies tot Oranjeriviermond	$TS = 657,96H - 27,21H^2$	0,70
Rietrivier vanaf Kalkfonteinendam	$TS = 13,82H - 3,86H^2$	0,71
<u>Akkerbougrond:</u>		
Boegoebergdam tot Augrabies	$TS = 295,26H - 47,91H^2$	0,96
Augrabies tot Oranjeriviermond	$TS = 401,94H - 63,20H^2$	0,96
Rietrivier vanaf Kalkfonteinendam	$TS = 48,12H - 4,65H^2$	0,93

(Bron: Viljoen, M.F., 1979)

Verklaring:

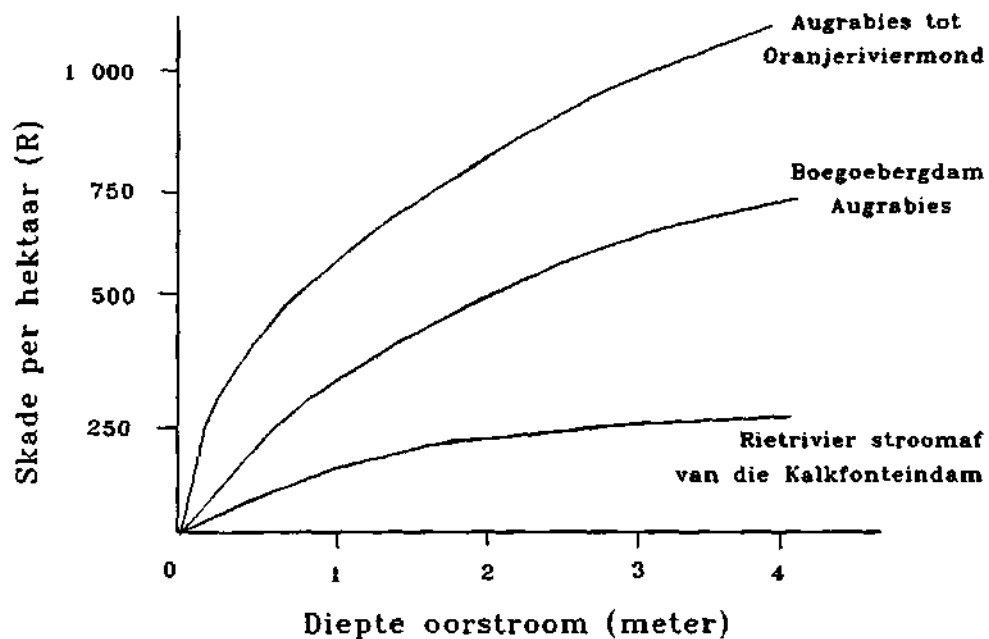
TS = Per hektaar skade (rand)

H = Diepte oorstrom (meter)

Die F -toetsingsmaatstaf en regressiekoëffisiënte van alle verwantskappe is statisties betekenisvol by 'n vyf persent toetspeil

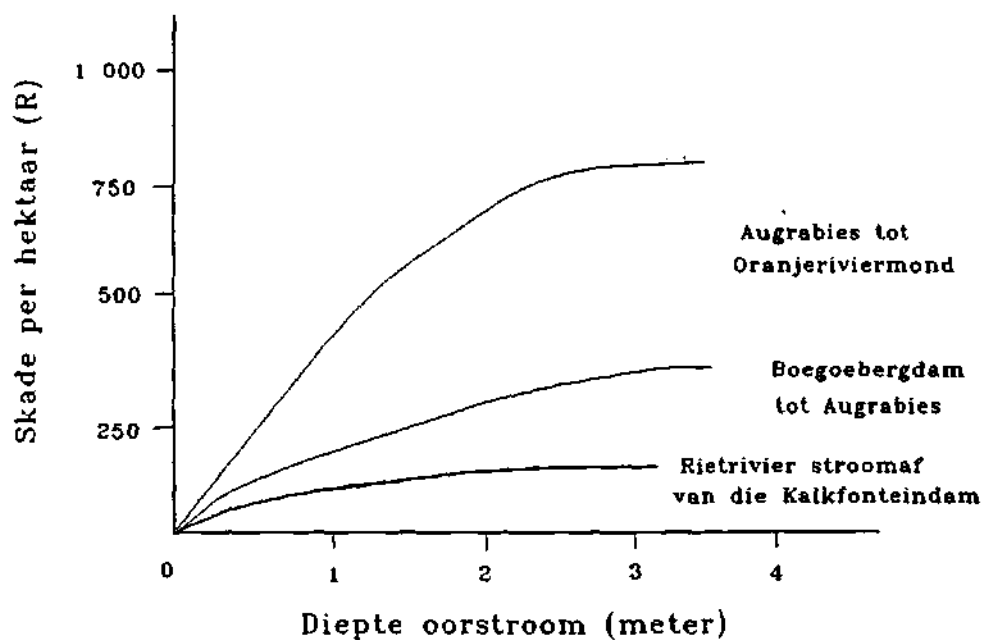
NB: Tabel 3.3 druk grondskade in terme van 1974-basisjaar uit en word later na 1992-basisjaar aangepas.

Die ondersoekgebied val binne die Boegoebergdam tot Augrabies trajek en word slegs dié grondskadefunksie gebruik vir die beraming van grondskade. By die aanwending van die voorspellingsmodelle moet daarop gelet word dat vir groter dieptes as waarvoor die skade 'n maksimum bereik (kyk byvoorbeeld Figuur 4.3 van deel 2) moet die maksimum skade geneem word. Afbuiging van die kurwes is as gevolg van die kwadratiese vorm van die skademodel wat gebruik word.



Figuur 3.2: Verliesfunksies om skade aan wingerdgrond in verskillende trajekte te beraam

(Bron: Viljoen, M.F., 1979)



Figuur 3.3: Verliesfunksies om skade aan akkerbougrond in verskillende trajekte te beraam

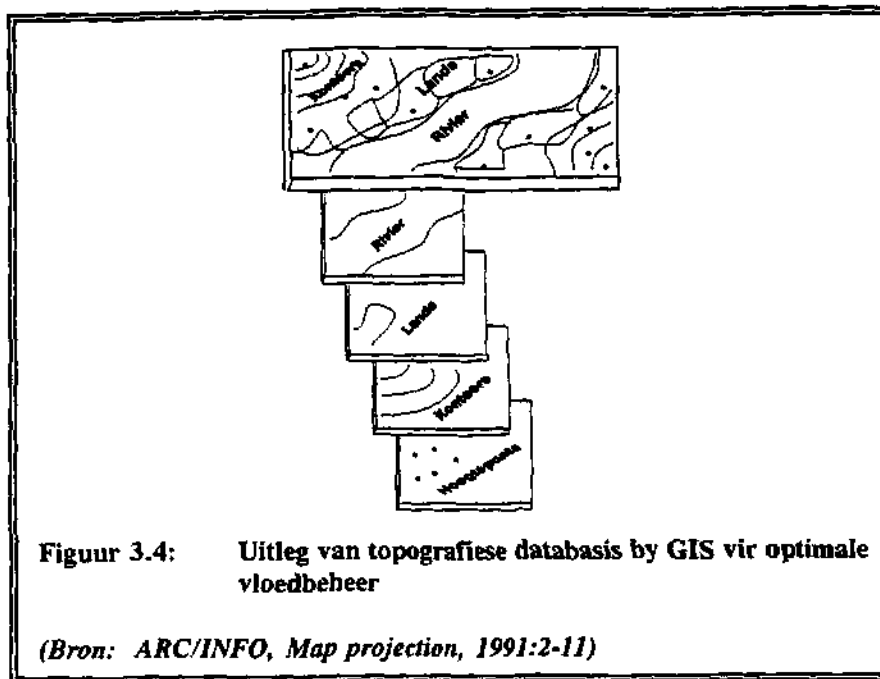
(Bron: Aangepas uit Viljoen, M.F., 1979)

3.3 DOELSTELLING 2: ONTWIKKEL DIE UITLEG VAN 'N REKENAARDATABASIS WAARIN DIE VLOEDSKADEFUNKSIES GEBERG KAN WORD EN PAS DIT TOE OP DIE ONDERSOEKGEBIED

'n Gepaste rekenaardatabasis is ontwikkel word om data, wat vir berekeningdoeleindes benodig word, te stoor. Databasisse wat vir die model ontwikkel moes word, is in die vorm van kaarte of lêers (coverages) gestoor en sluit die volgende in:

- * Grondgebruikspatroonkaart vir besproeiingsgebied
- * Grondgebruikspatroonkaart vir stedelike nedersetting (geboustrukture)
- * Kontoerkaart
- * Hoogtepuntkaart
- * Watervlakhoogtekaart
- * Noodwalkkaart
- * Drie-dimensionele kaart
- * Ekonomiese-databasis

Benewens bogenoemde databasisse is die verkreeë verliesfunksies ook in afsonderlike rekenaardatabasis gestoor. 'n Databasis is op 'n Geografiese inligtingstelsel-benadering ontwikkel (GIS) en word as volg gedefinieer: "An organized collection of computer hardware, software, geographic data, and personnel designed to efficiently capture, store, update, manipulate, analyze and display all forms of geographically referenced information" (Introduction to ARC/INFO, Version 6.0, 1992).



Verskillende tipes databasisse is ontwikkel, naamlik topografiese, hidrologiese en ekonomiesedatabasisse en word onderling met mekaar verbind, sodat relevante inligting onttrek kan word. Topografiese inligting wat op kaarte voorkom, byvoorbeeld

kontoere, hoogtepunte en grondgebruiktipes word in aparte lêers (layers) gestoor. Lêers pas opmekaar soos in Figuur 3.4 voorgestel. Op dieselfde wyse word hidrologiese en ekonomiese inligting gestoor. Vir meer inligting aangaande die spesifieke uitlegte van databasisse kan Deel 2 Hoofstuk 3 geraadpleeg word.

3.4 DOELSTELLING 3: ONTWIKKEL 'N REKENAARMODEL OM DIE VOORDELE VAN VERSKILLEND KOMBINASIES VAN VLOEDBEHEER- EN VLOEDSKADEBEHEERMAATREËLS VIR DIE ONDERSOEKGEBIED TE BEPAAL

'n Metode moes ontwikkel word om relevante data met mekaar te koppel ten einde die voordele wat uit verskillende kombinasies van vloedbeheer- en vloedskadebeheermaatreëls behaal kan word, uit te wys. As vertrekpunt is 'n literatuurstudie onderneem. Die primêre doel met die ontwikkeling van die model is die daarstelling van betroubare, relevante inligting waarop besluite met vertroue geneem kan word. Aanvanklik is besluit om 'n

matriksbenadering te volg om 'n vloedskadesimulasiemodel te ontwikkel. Die matriksbenadering behels die berekening van vloedskade deur gebruik te maak van 'n bestaande sigbladprogram, soos byvoorbeeld Quattro Pro 4 (QPRO 4). Uit 'n programmeringsoogpunt is sover moontlik gepoog om die model gebruiksvriendelik te hou. Die nuutste formaatopsies, wat kleure, skrifgroottes en grafiese voorstellings insluit, is daarvoor gebruik. Verdere verfyning sou nog toegepas kon word om minder rekenaarkapasiteit in beslag te neem, maar as gevolg van die tydsimplikasie kon nie hieraan aandag gegee word nie⁴.

'n Tweede benadering, naamlik die Geografiese Inligtingstelsel-benadering (GIS) is ook gevolg. Die GIS is 'n relatiewe nuwe benadering en het al hoe meer bekend geraak, namate meer instansies op die gebied begin werk het. Ten spyte hiervan is werklike kundigheid nog nie geredelik beskikbaar nie. Tydens 'n vergadering met Departement Waterwese en Bosbou te Pretoria (McPherson 1992), het dit geblyk dat die GIS 'n ideale benadering sou wees om 'n vloedskadesimulasiemodel te ontwikkel. Die Departement van Waterwese en Bosbou het hulle samewerking in die verband gegee asook kundige personeel beskikbaar gestel.

Die twee benaderings wat gevolg is, verskil grootliks van mekaar. As gevolg van te veel tekortkominge kon die matriksbenadering nie geïmplementeer word nie en word slegs die GIS-benadering bespreek. Die matriksbenadering word volledig in Deel 2 bespreek.

3.4.1 Geografiese Inligtingstelsel (GIS)

Die GIS leen homself daartoe om 'n twee-dimensionele beeld te definieer en pas om hierdie rede uitstekend binne vloednavorsing in. Verskeie tipes inligting kan aan 'n gebied gekoppel word met die doel om antwoorde op spesifieke vrae te bekom. By dié studie word

⁴ Die naam "matriks" is gekies omdat geen visuele voorstelling gedoen word nie en die inligting slegs in die vorm van 'n tabel/matriks aangebied word.

verskillende tipes gebiede gedefinieer soos byvoorbeeld die verskillende grondgebruiktipes, riviervloedvlaktes, vloedlyne, watervlakhoogtes, kontoerlyne en noodwalle. Die inligting kan verwerk word om byvoorbeeld die grondgebruikspatroon te omskryf en die watervlakhoogtes vir vloede met verskillende waarskynlikhede van voorkoms en hoogtes van kontoerlyne en noodwalle te spesifiseer.

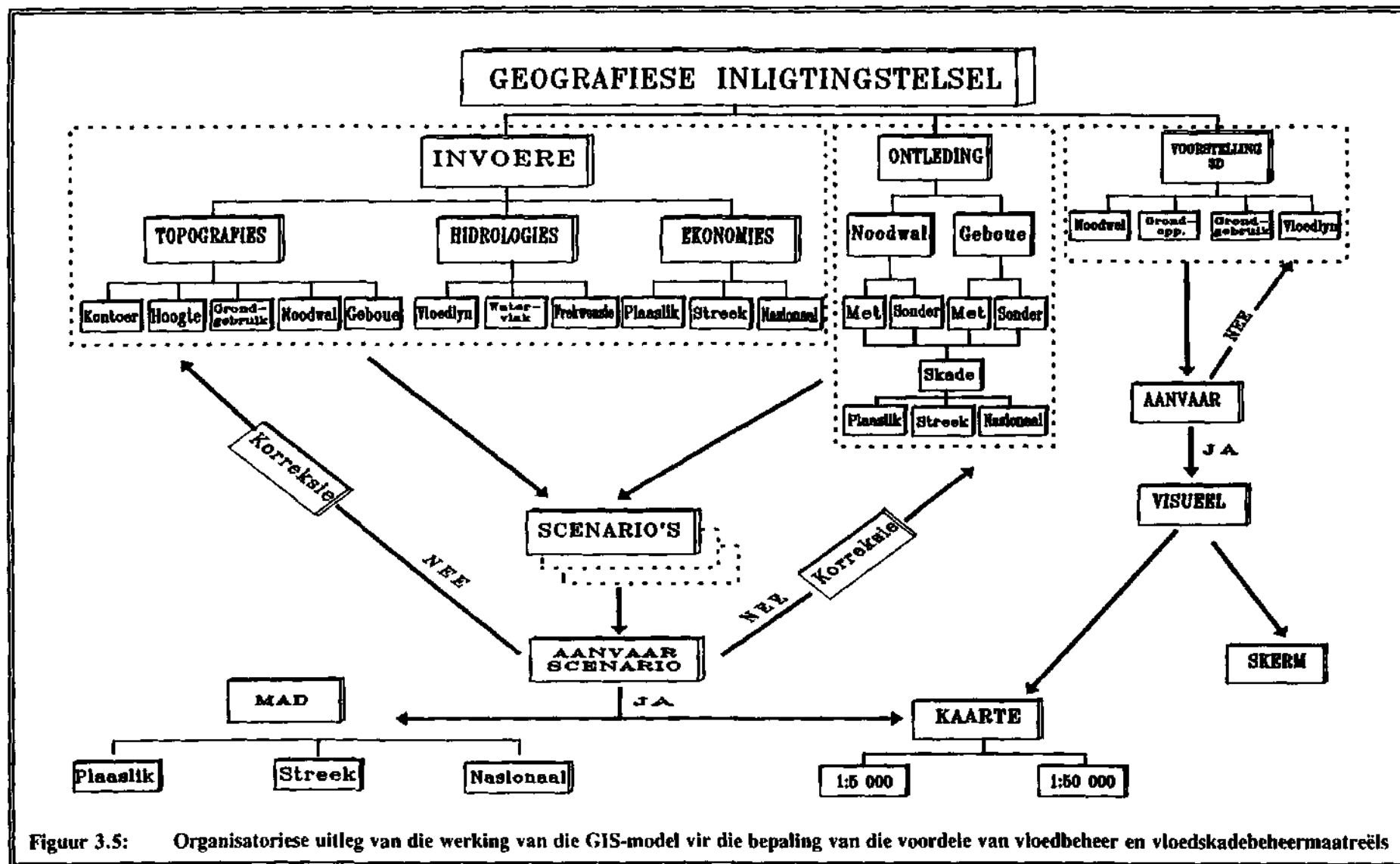
Min of meer dieselfde inligting word benodig as by die matriksmodel om vloedskade te bereken, met die verskil dat die uitleg van databasisse totaal van mekaar verskil. Verder is indrukwekkende visuele voorstellings, soos byvoorbeeld drie-dimensionele beelde, met die GIS moontlik wat nie by die matriksmodel moontlik is nie. Voorts is die GIS-model 'n selfstandige model wat in UNIX geprogrammeer is. Dit is nie nodig om etlike prosedures en berekeninge buite die model te doen nie en funksioneer die model onafhanklik van enige bestaande model.

3.4.1.1 Ontwikkeling van GIS-model

By die ontwikkeling van die GIS-model is grootliks van kundigheid by die Departement van Waterwese en Bosbou te Pretoria gebruik gemaak, veral wat die programmering van die model betref. As gevolg van die omvangrykheid van 'n GIS is dit onmoontlik om alle fasette te bespreek en word in baie gevalle bloot na ARC/INFO-handleidings verwys. Handleidings wat wel bestudeer is, word in die bronnelys opgeneem.

Figuur 3.5 stel die werking van die GIS voor, en elke afdeling word as 'n databasis hanteer. Die GIS-model bestaan uit drie hoof afdelings, naamlik invoere, ontleding en voorstelling. Verskeie tipes data word onder invoere gegroepeer, naamlik topografiese, hidrologiese en ekonomiese data. Topografiese data wat ingevoer word, sluit onder andere die eenmeter kontoerlyne, hoogtepunte, grondgebruikspatroon, die ligging en hoogte van noodwalle en ook geboustrukture in. Elk van hierdie invoere kan na gelang van die gebruiker se keuse verander word. So byvoorbeeld kan die grondgebruikspatroon verander word om die afwyking vanaf die normale grondgebruikspatroon in terme van vloedskade waar te neem.

Die ontledingopsie stel die gebruiker in staat om vloedskade met of sonder die noodwalle en ook met en sonder geboustrukture te beraam. Verskeie scenario's kan opgestel word deur invoere te verander en 'n keuse by die ontleding te maak. Word 'n scenario aanvaar, kan die totale gemiddelde jaarlikse skade uit 'n plaaslike, streeks- of nasionale gesigspunt beraam word. Sou die scenario nie aanvaar word nie, kan verdere veranderings by invoere en ontleding gedoen word. Die GIS-model is ook in staat om visuele, hetsy twee- of drie-dimensionele voorstellings van die gebied op die skerm te laat verskyn, of selfs om kaarte te vervaardig. Drie-dimensionele voorstellings kan veral gebruik word waar noodwalle opgerig wil word en kan die stadium van oorstroming waargeneem word deur die watervolume van 'n vloed met 'n sekere waarskynlikheid van voorkoms deur die vloedvlakte te stuur.



Figuur 3.5: Organisatoriese uitleg van die werking van die GIS-model vir die bepaling van die voordele van vloedbeheer en vloedskadefbeheermaatreëls

Alvorens die databasisse van die GIS-model bespreek word, word 'n kort oriëntering aangaande 'n geografiese inligtingstelsel gegee.

3.4.1.2 Voor- en nadele van GIS-model

Voordele

- Die grootste voordeel van die GIS-model is buigsaamheid. Met buigsaamheid word die volgende bedoel:
 - * Die grondgebruikspatroon binne 'n sekere vloedlyn, vir individuele lande of vir 'n spesifieke gesoneerde gebied kan maklik verander word.
 - * By enige verandering aan 'n spesifieke databasis kan die effek daarvan op die MAD waargeneem word.
 - * MAD kan met of sonder noodwalle en met of sonder geboustrukture beraam word.
- Wanneer die databasisse saamgestel is, is die GIS-model gebruiksvriendelik. Die model is menu-georiënteerd en neem die gebruiker stap vir stap deur die model.
- Aangesien die model onafhanklik van ander programme funksioneer, kan dit maklik na ander gebiede uitgebrei word, deurdat slegs nuwe databasisse vir die nuwe ondersoekgebied opgestel moet word. Uitbreiding van die model na ander gebiede behels op dié stadium slegs gebiede met dieselfde grondgebruikspatroon. Sou die grondgebruikspatroon verskil, moet verdere aanpassings en verfynings gemaak word.
- Met die visuele voorstelling wat die GIS-model bied, kan die gebruiker homself goed in die gebied oriënteer en daarmee vereenselwig. Kritiese gebiede kan bestudeer word en die effek van strukturele vloedskadebeheermaatreëls op dié gebiede kan getoets word.

Nadele

- Om databasisse vir die model op te stel, vereis goeie insig en kennis aangaande die funksionering van ARC/INFO.
- Om modelle op ARC/INFO te ontwikkel, neem dit 'n persoon ongeveer vier tot ses jaar om volledig opgelei te word en is dit beter om van reeds bestaande kennis gebruik te maak. Dit het enersyds 'n koste-implikasie en andersyds is dit 'n tydrowende proses.
- Hierdie benadering is duur en kan nog nie koste-effektief geïmplementeer word nie.
- Om hierdie modelle sinvol en koste-effektief in ander gebiede aan te wend en te implementeer, sou verdere navorsing onderneem behoort te word. Die GIS-model is op die stadium lokaliteit spesifiek en verdere verfynings en aanpassings behoort nog aangebring te word.

3.5 DOELSTELLING 4: DEMONSTREER DIE AANWENDING VAN DIE REKENAARPROGRAM VIR DIE VLOEDBESTUURBEPLANNING IN DIE ONDERSOEKGEBIED

Min vordering, indien enige, is gedurende die afgelope paar jaar aangaande benaderings en metodes om die ekonomiese impak van vloede na te vors, gemaak. Die rede hiervoor is moontlik tweërlei, enersyds omdat verliesfunksies nog nie geredelik beskikbaar is vir vloedgeteisterde gebiede nie en andersyds as gevolg van die hoë koste-implikasie wat teenwoordig is. Vloedskadesimulasiemodelle word gebruik om die voordele wat uit vloedbeheer- en vloedskadebeheermaatreëls behaal kan word, te bepaal en word 'n ontwikkelde en toepasbare metodologie benodig om die geldigheid van hierdie modelle in terme van bruikbaarheid te evalueer. Toepasbare metodologie wat deur Viljoen (1979) ontwikkel is, word in hierdie studie gebruik om 'n vloedskadesimulasiemodel te ontwikkel.

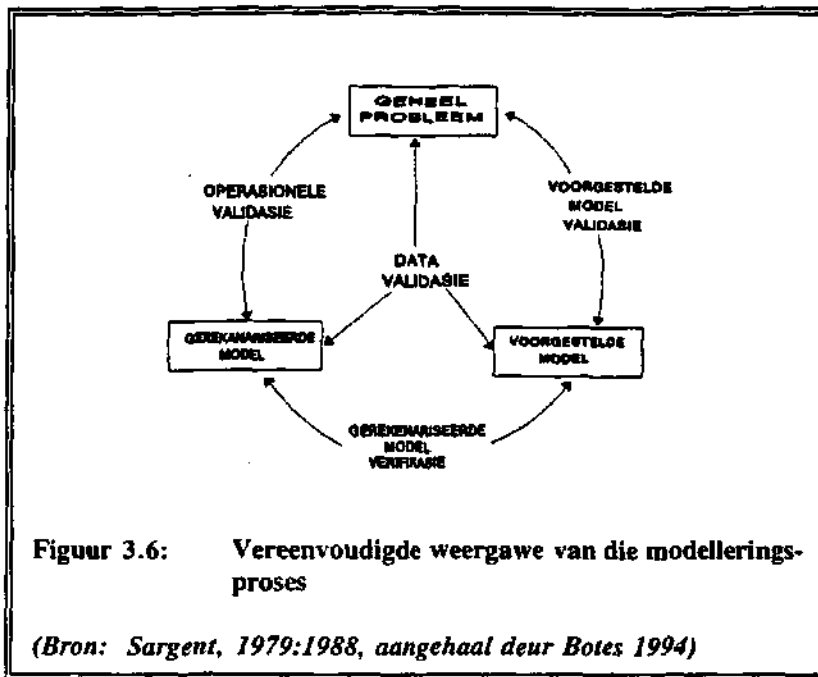
Die geldigheid van simulasiemodelle en daarom ook die inligting wat uit die simulasiemodelle ontstaan, kan volgens Sargent (1979), aangehaal deur Botes (1994:16), deur middel van twee vrae vasgestel word. Die proses om die eerste vraag "Does the simulation model

behave as the model builder (or user) believes?" te beantwoord, word verifikasie (verification) genoem. Dit behels om die model reg te bou. Volgens Gass (1983), aangehaal deur Botes (1994:16), bestaan modelverifikasie uit twee onderafdelings. In die eerste afdeling word logiese programmeringsfoute van die rekenaarmodel deur middel van 'n eksperimenteringsfase uitgeskakel, terwyl regstellende aksies van numeriese waardes (numerical) en dataprosedures, in die tweede afdeling plaasvind.

Die tweede vraag handel oor die vermoë/geskiktheid van die simulasiemodel om die werklike situasie op die grond na te boots en staan bekend as validasie (validation). Law en Kelton (1990), aangehaal deur Botes (1994:17) definieer validasie as volg: "The process concerned with determining whether the conceptual simulation model (as opposed to the computer program) is an accurate representation of the system under study." Twee basiese benaderings kan gebruik word om simulasiemodelle te valideer, dit wil sê om die geldigheid van die model te verklaar, naamlik induktiewe en deduktiewe metodes. Vloedskademetodologie kan op die induktiewe beredeneringsmetode ontwikkel word, terwyl vloedskadesimulasiemodelle deur die deduktiewe metode ontwikkel word. Beide metodes kan nie absolute of perfekte validasie waarborg nie (Neelamkavil (1987), aangehaal deur Botes 1994:17). Die beste is om beide induktiewe en deduktiewe benaderings te volg.

3.5.1 Verifikasie en validasie

Die konsep van modelverifikasie en validasie sowel as die verwantskap tussen verifikasie en validasie word bespreek deur te verwys na Figuur 3.6. Die "geheelprobleem" in Figuur 3.6 stel die werklike vloedprobleem voor. Die vloedprobleem is kompleks omdat dit deur verskillende faktore beïnvloed word wat onderling afhanklik van mekaar is, soos byvoorbeeld die snelheid en volume van die water, sedimentvrag en helling, wat die sleurkrag van die water beïnvloed. Die mate wat die vloedprobleem gesimuleer kan word, sal grootliks afhang van die beskikbaarheid van akkurate data wat al die prosesse verteenwoordig. Die "voorgestelde model" is die wiskundige en logiese verteenwoordiging van hoe die modelbouer die prosesse en hulle invloed op die werklike probleem waarneem



en verstaan. Die voorgestelde model word ontwikkel deur alle aspekte van die vloedprobleem te ontleed en te modelleer. Die gerekenariseerde model is die voorgestelde model wat op 'n rekenaar geïmplimenteer word. Dit word ontwikkel deur rekenaarprogrammering van die voorgestelde model tydens die ontwikkelingsfase.

Tydens die eksperimentele fase word met die rekenaarmodel geëksperimenteer om te bepaal of die rekenaarmodel wel die vloedprobleem verteenwoordig.

3.5.1.1 Voorgestelde modelvalidasie

Tydens die voorgestelde modelvalidasiefase word vasgestel of die teorieë en aannames wat gemaak word by die ontwikkeling van die voorgestelde model, korrek is. Dit moet verder vasgestel word of die vlak van inligting (level of detail), logies en struktureel, wat in die voorgestelde model ingesluit is, voldoende vir die gebruik van die simulasiemodel is. Sargent (1988), aangehaal deur Botes (1994:5), wys op die volgende: "Appropriate statistical methods should be used to determine if fitted distributions are correct, and all theories used in the model should be reviewed to ensure they were applied correctly."

3.5.1.2 Gerekenariseerde modelverifikasie

Gerekenariseerde modelverifikasie word gedefinieer as die proses om te verseker dat die voorgestelde model verstaan, geïmplementeer en korrek gekodeer word deur die programmeerder. Bykomend tot bogenoemde moet die model ontfout (debugged) word en vir korrektheid en akkuraatheid getoets word. Law en Kelton (1990), Shannon (1981) en Sargent (1985) stel die volgende voor; "program design and development procedures found in the field of Software Engineering should be used in developing and implementing computer programs. These include techniques such as top-down design, structured programming and program modularity" (aangehaal deur Botes, 1994:5).

3.5.1.3 Operasionele validasie

Operasionele validasie is 'n proses waar die modelbouer en/of gebruiker poog om sover moontlik foute tussen die werklike en voorspelbare uitkoms te toets vir betekenisvolle verskil binne die voorgestelde studie. Daar bestaan egter geen spesifieke besluitnemingreël wat kan bewys dat 'n simulasiemodel geldig is nie omdat elke studie en gebruiker 'n unieke uitdaging tot 'n simulasiemodel het. Juis as gevolg hiervan is daar geen definisie of reël om die mate van geslaagdheid van modelvalidasie vas te stel nie.

"An idealistic goal (rule) to determine if decisions made about the system, using the simulation model, are similar to those that would be made if it were feasible and cost-effective to experiment with the real system" (Botes, 1994:6).

3.5.1.4 Datavalidasie

Die laaste deel van modelverifikasie is die validasie van data. Dit behels die insameling van toepaslike, akkurate en voldoende data. Die insameling van betroubare data is baie belangrik, omdat dit by die ontwikkeling van die voorgestelde model, toets en evaluering van die simulasiemodel en om eksperimente uit te voer, benodig word. Dit is egter duur, moeilik en tydrowend om voldoende en akkurate data te verkry en is dit die grootste rede waarom pogings om simulasiemodelle geldig te verklaar (validate), faal.

3.5.2 Benadering om vloedskade te bepaal

Daar bestaan twee hoofbenaderings waarvolgens verliesfunksies bepaal kan word, naamlik die ex post- en ex ante-benadering. Hierdie twee benaderings behels metodes wat gebaseer is op gerapporteerde vloedskades en situasie-simulasiemetodes (metodes gebaseer op kunsmatige of potensiële vloede). As gevolg van die onder- en/of oorberaming van vloedskade wat op werklike vloede gebaseer is, word vloedskade bepaal wat nie afhanklik van werklike vloede is nie. Dit gee aanleiding dat die ex ante-benadering in hierdie studie gevolg word. Vir 'n volledige bespreking van die ex post-benadering kan Viljoen (1979) geraadpleeg word.

Die demonstrasie van die aanwending van die rekenaarmodel word vervolgens aan die hand van enkele resultate voorgehou.

3.5.2.1 Totale gemiddelde jaarlikse direkte vloedskade vir die ondersoekgebied

Totale direkte vloedskade word bereken deur die totale oes-, gewas- en grondskade te sommeer. Nadat vloedskade vir vloede met verskillende waarskynlikhede van voorkoms bereken is, kan die totale jaarlikse gemiddelde vloedskade (mean annual damage) nie bloot bereken word deur die skade van vloede van verskillende omvang te vermenigvuldig met die waarskynlikheid van vloedvoorkoms en dan te sommeer nie, omdat die waarskynlikhede nie na een optel nie. Dit bring mee dat 'n aangepaste benadering vir die berekening van die totale jaarlikse gemiddelde skade gevolg word⁵. Hierdie metode behels om die waarskynlikhede te bepaal vir oorskryding van 'n gegewe skade. Dit kan gedoen word deur die vloedspitswaarskynlikheid met die skade tot vloedspitsverhouding te vermenigvuldig.

⁵ Persoonlike mededeling deur Greenaway, M.A., Centre for Resource and Environmental Studies, The Australian National University, Canberra, 1993.

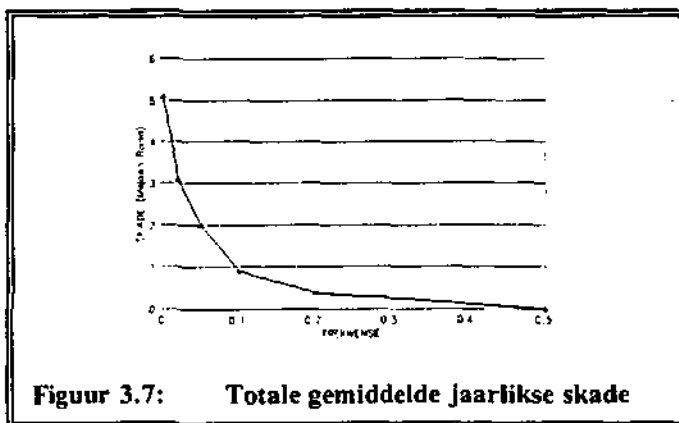
Die gemiddelde jaarlikse skade (D_m) word voorspel deur die oppervlakte wat deur die vastelyn in Figuur 3.7 onderspan word, naamlik:

$$D_m = \int_1^0 D_i dp$$

waar

D_i = Jaarlikse skade met waarskynlikheid p_i van 'n groter skade en standaardafwyking, σ_D , gegee deur:

$$\sigma_D = \sqrt{\int_1^0 (D_i - D_m)^2 dp}$$



Figuur 3.7: Totale gemiddelde jaarlikse skade

Van Zyl, en Groenewald (1984a) en Ramirez en Adamowicz (1988) sluit hierby aan en bereken die totale gemiddelde jaarlikse skade op dieselfde wyse. Ramirez en Adamowicz (1988) wys daarop dat die oppervlakte onder die kurwe (Figuur 3.7) die verwagte jaarlikse skade is. Omdat die skade van 'n bepaalde vloed met

die frekwensie van vloedvoorkoms vermenigvuldig word, is die bydrae wat die groter-orde vloede tot die totale gemiddelde jaarlikse skade lewer, relatief klein. Ten spyte hiervan moet die effek van groter-orde vloede (1 in 1 000 of 10 000-jaar vloed) ook in ag geneem word, aangesien die weglating hiervan tot onakkurate beramings lei.

Nadat modelverifiëring uitgevoer is, dit wil sê die model nagegaan is vir logiese programmeringsfoute en vasgestel is dat die model wel die probleem oplos soos die modelbouer dit definieer, is verskeie iterasies met die GIS-model gedoen om die totale direkte vloedskade vir die ondersoekgebied te beraam. Dit moet beklemtoon word dat 'n spesifieke prys-, hidrologiese en geografiese scenario vir die berekening van die totale direkte vloedskade geneem is.

Vloede kan verskillende tye van die jaar voorkom en is die vloedskade van drie verskillende vloede (1 Februarie, 5 Maart en 30 Maart) met mekaar vergelyk. Vloedskade is telkens met en sonder die effek van noodwalle beraam en waar skade met noodwalle beraam is, is onderskeid tussen twee benaderings gemaak, naamlik:

- * waar aanvaar word (op aanbeveling van die konsultant) dat noodwalle in die ondersoekgebied ten minste die een-in-vyfjaarvloed sal uithou en
- * deur die totale gemiddelde jaarlikse vloedskade te beraam met 'n gemiddelde noodwalhoogte van 1,6 m.

Laasgenoemde behels dat 'n nuwe wateroppervlakte (vir vloede met verskillende waarskynlikhede van voorkoms) geskep word om die skade te beraam. Alhoewel 'n gemiddelde noodwalhoogte van 1,6 m gebruik is, maak die GIS-model voorsiening dat noodwalhoogtes vir individuele noodwalle verander kan word, om meer realistiese scenario's te kan ondersoek. Tabel 3.4 is 'n opsomming van die totale gemiddelde jaarlikse direkte vloedskade (MAD) vir die ondersoekgebied, sonder dat die effek van noodwalle en skade aan geboustrukture verreken is.

Tabel 3.4: Die totale gemiddelde jaarlikse direkte vloedskade sonder noodwalle vir die landbousektor tussen Gifkloofstuwal en die Manie Conradiebrug, 1992

VLOED	TOTALE SKADE (R) 1 FEBR.	TOTALE SKADE (R) 5 MAART	TOTALE SKADE (R) 30 MAART
Een-in-vyfjaar vloed	23 824 810	20 173 709	19 719 044
Een-in-tienjaar vloed	41 837 063	36 246 337	35 574 802
Een-in-twintigjaar vloed	62 413 006	54 757 980	53 851 204
Een-in-vyftigjaar vloed	75 843 478	66 953 241	65 983 416
Streeksmaksimum-vloed (een-in-duisendjaar)	89 674 729	79 822 493	78 815 529
MAD	10 220 911	8 900 313	8 745 243
MAD PER HEKTAAR	2 327	2 026	1 991

Op die oog af blyk dit dat vloede wat verskillende tye van die jaar voorkom (1 Februarie tot 30 Maart) nie 'n groot invloed op die verklaring van die MAD het nie. By ontleding van die verskillende skadekategorieë (oes-, gewas- en grondskade) is dit veral oesskade wat verander as gevolg van die feit dat die oes wat op die lande verskyn, vanaf 1 Februarie tot 30 Maart verminder. Weens die groot hoeveelheid veranderlikes wat 'n invloed op die verklaring van die totale gemiddelde jaarlikse skade het, is dit meer realisties om vloedskade binne grense aan te toon. Om verder te verhoed dat skade nie oorberaam word nie, word die MAD vir die ondersoekgebied, sonder dat die effek van enige noodwalle verreken is, tussen R8,745 en R10,220 miljoen gestel. Die totale gemiddelde jaarlikse skade per hektaar, sonder dat die effek van noodwalle verreken word, varieer dan tussen R1 991 en R2 327.

Benewens skade in die landbousektor (skade aan geboustrukture ingesluit), kom skade ook in die stedelike nedersetting⁶ van die Uppington munisipale gebied voor en behoort dit ook in ag geneem te word. Tabel 3.5 som die totale skade vir vloede met verskillende waarskynlikhede van voorkomste aan geboustrukture afsonderlik sowel as skade aan die landbousektor en geboustrukture gesamentlik op. Die gemiddelde jaarlikse skade aan al die geboustrukture in die ondersoekgebied beloop R405 541. Word die skade aan alle geboustrukture by die landbousektor in ag geneem, wissel die skade tuseen R9,150 en

⁶ Vloedskade aan geboustrukture sluit skade aan die inhoud van huise, sowel as skade aan die struktuur, in.

R10,626 miljoen, afhangend van die tyd van die jaar wat 'n vloed mag voorkom. Die meeste geboue langs die vloedvlakte in die ondersoekgebied oorstroom slegs met die streeksmaksimum vloed en verklaar in 'n mate die klein invloed wat geboustrukture op die MAD het.

Tabel 3.5: Die totale gemiddelde jaarlikse direkte vloedskaie sonder die effek van noodwalle vir die landbousektor met skade aan geboustrukture inaggenome tussen Gifkloofstuwal en die Manie Conradiebrug, 1992

VLOED	GEBOU- STRUKTURE	LANDBOU PLUS GEBOUSTRUKTURE		
	TOTALE SKADE (R)	TOTALE SKADE (R) 1 FEBR	TOTALE SKADE (R) 5 MAART	TOTALE SKADE (R) 30 MAART
Een-in-vyfjaar vloed	622 317	24 447 127	20 796 026	20 341 361
Een-in-tienjaar vloed	1 198 654	43 035 717	37 444 991	36 776 456
Een-in-twintigjaar vloed	1 984 312	64 397 318	56 742 292	55 835 516
Een-in-vyftigjaar vloed	3 333 082	79 176 560	70 286 323	69 316 498
Streeksmaksimum-vloed	10 279 567	99 954 296	90 102 060	89 095 096
MAD	405 541	10 626 452	9 305 854	9 150 185

3.5.2.2 Beraming van totale gemiddelde jaarlikse direkte vloedskaie vir die landbousektor met noodwalle

Met die oprigting van noodwalle word gebiede wat andersins sou oorstroom, beskerm. Die voordeel wat behaal word met noodwalle moet met die koste daaraan verbonde vergelyk word. Om die effek van noodwalle op vloedskaie uit te wys, word tussen twee benaderings (benadering 1 en benadering 2)⁷ onderskeid gemaak. Tabel 3.6 gee 'n opsomming van die totale gemiddelde jaarlikse direkte vloedskaie vir die ondersoekgebied (skade aan geboustrukture ingesluit) inaggenome die effek van noodwalle.

⁷ Benadering 1 behels dat noodwalle ten minste die een in vyfjaar vloed sal uithou, terwyl benadering 2 die MAD met 'n gemiddelde noodwalhoogte van 1,6 m beraam.

Word die skadesyfers tussen die twee benaderings uit Tabel 3.6 met mekaar vergelyk, blyk dit dat daar 'n redelike verskil tussen voorafgaande benaderings is. Die totale gemiddelde jaarlikse vloedskade (MAD) met benadering een vir 'n 1 Februarie vloed beloop R10,015 miljoen, terwyl die tweede benadering 'n 20 persent laer skade beraam en beloop R7,986 miljoen. Die voordeel van die tweede benadering wat gevolg word, is dat 'n nuwe skadesyfer vir vloede met verskillende waarskynlikhede van voorkoms beraam kan word. Die effek van noodwalle op vloede met verskillende waarskynlikhede kan dan uitgewys word, wat nie die geval met benadering 1 is nie. Vir hierdie doel word die skade aan alle geboustrukture in ag geneem en word 'n meer betroubare syfer beraam om die voordele wat uit noodwalle behaal word, te weerspieël. Om hierdie rede word vloedskade volgens benadering 2 uitgedruk. Vloedskade vir die ondersoekgebied (Tabel 3.6) word tussen R6,926 en R7,986 miljoen beraam en beloop tussen R1 577 en R1 818 per hektaar.

Tabel 3.6: Netto totale gemiddelde jaarlikse direkte vloedskade vir die landbousektor en geboustrukture met die effek van noodwalle inaggenome tussen Gifkloofstuwal en die Manie Conradiebrug, 1992

VLOED	TOTALE SKADE (R) 1 FEBR. Benadering 1	TOTALE SKADE (R) 1 FEBR. Benadering 2	TOTALE SKADE (R) 5 MAART Benadering 1	TOTALE SKADE (R) 5 MAART Benadering 2	TOTALE SKADE (R) 30 MAART Benadering 1	TOTALE SKADE (R) 30 MAART Benadering 2
Een-in-vyfjaar vloed	24 447 127	13 539 428	20 796 026	11 341 129	20 341 361	11 137 025
Een-in-tienjaar vloed	43 035 717	29 019 449	37 444 991	25 575 308	36 776 456	25 504 120
Een-in-twintigjaar vloed	64 397 318	50 072 171	56 742 292	44 081 089	55 835 516	43 369 835
Een-in-veftigjaar vloed	79 176 560	71 916 878	70 286 323	64 115 247	69 316 498	63 249 335
Streeksmaksimum-vloed	99 954 296	98 065 757	90 102 060	88 281 296	89 095 096	87 277 138
MAD	10 015 274	7 986 457	8 785 953	7 029 753	8 642 251	6 926 398
MAD PER HA	2 271	1 818	2 000	1 600	1 968	1 577

Vloedskade kan deur middel van gegewens uit Tabel 3.6 na die universum verhef word. Volgens die Departement Waterwese en Bosbou te Upington blyk dit dat die gebied vanaf Gifkloofstuwal tot by die Manie Conradiebrug by Kanoneiland 'n homogene verteenwoordiging van die gebied Boegoebergdam tot Augrabies, is. Om vloedskade vir die totale gebied, tussen Boegoebergdam tot by Augrabies, te beraam, word die gemiddelde netto totale jaarlikse skade per hektaar bloot met die oppervlakte vermenigvuldig. Volgens die Departement van Waterwese en Bosbou beslaan dié gebied 26 942 hektaar en varieer die MAD vir dié gebied tussen R42,488 en R48,981 miljoen.

3.5.2.3 Berekening van netto totale gemiddelde jaarlikse (direkte en indirekte) vloedskade vir Ontwikkelingstreek B

Vir 'n volledige bespreking aangaande die metodologie wat gebruik is vir die berekening van vloedskade uit 'n streeksgesigspunt kan Deel 2 Hoofstuk 6 geraadpleeg word. Skade uit 'n streeksgesigspunt word vir 'n vloed met die grootste waarskynlikheid om in enige tyd van 'n gegewe jaar in die ondersoekgebied voor te kom, bespreek. Anders as die direkte skade, word die netto skade uit 'n streeksgesigspunt slegs vir 'n vloed wat 5 Maart mag voorkom, beraam en word die effek van ander vloede (wat verskillende tye van die jaar mag voorkom) nie bespreek nie. Die gevolge van noodwalle op die verklaring van vloedskade word met benadering 2 (gemiddelde noodwalhoogte van 1,6 m) beraam. Tabel 3.7 is 'n opsomming van vloedskade uit 'n streeksgesigspunt vir 'n vloed wat 5 Maart mag voorkom, sonder om die effek van noodwalle in ag te neem.

Tabel 3.7: Netto totale gemiddelde jaarlikse direkte en indirekte vloedskade vir Streek B tussen Gifkloofstuwal en die Manie Conradiebrug, 1992

VLOED	TOTALE SKADE SONDER GEBOU- STRUKTURE EN NOODWALLE^a (R)	TOTALE SKADE MET GEBOUSTRUK- TURE SONDER NOODWALLE (R)	TOTALE SKADE MET GEBOU- STRUKTURE EN NOODWALLE (R)
Een-in-vyfjaar vloed	37 220 615	37 842 931	20 476 349
Een-in-tienjaar vloed	53 293 585	54 492 239	34 716 749
Een-in-twintigjaar vloed	71 792 003	73 776 314	53 220 377
Een-in-vyftigjaar vloed	83 967 276	87 300 357	73 240 263
Streeksmaksimum-vloed	96 806 952	107 086 519	97 373 715
MAD	12 733 916	13 139 458	9 085 109
MAD PER HEKTAAR	2 899	2 991	2 068

Skade sonder geboustrukture en sonder die effek van noodwalle word uit 'n streeksgesigspunt vir die ondersoekgebied op R12,733 miljoen beraam en beloop R2 899 per hektaar. Skade aan geboustrukture is uit 'n streeksgesigspunt relatief laag en is die skade met geboustrukture slegs drie persent meer as vloedskade sonder geboustrukture. Die totale netto skade uit 'n streeksgesigspunt met noodwalle (geboustrukture ingesluit) beloop R9,085 miljoen en word op R2 068 per hektaar beraam. Indien dié skade met die totale netto direkte skade vergelyk word, is die sekondêre gevolge van vloede vir die streek ongeveer 22,6 persent meer as die direkte skade in die ondersoekgebied.

Net soos by die direkte skade, kan die sekondêre effekte van vloede ook vir Streek B na die universum herlei word. In dié geval beloop die MAD vir Streek B R55,714 miljoen. Die nadeel van hierdie metode is dat aanvaar word dat dieselfde tipe grondgebruikspatroon ook elders in die gebied voorkom. Verder word die effek van noodwalle wat vir slegs 'n relatiewe klein gebied verreken is, na die universum oorgedra. As gevolg van rivierkenmerke eie aan 'n gebied, behoort die hidrologie te verander, veral oor 'n groot gebied en sal skade van plek tot plek varieer. Skade is dus bloot geëkstrapoleer en gee nie noodwendig die werklike skade weer nie. Dit is altyd beter om vloedskade in 'n groot

^a Skade aan geboustrukture sluit beide struktuur- sowel as huisinhoudelike skade in. "Met" en "sonder" noodwalle verwys na die effek van noodwalle op die MAD.

gebied in verskillende opvanggebiede in te deel en te beraam as om dit bloot van 'n klein gebied na die universum te verhef.

3.5.2.4 Sekondêre gevolge van vloede in Ontwikkelingstreek B op ander sektore

Die sekondêre gevolge, met ander woorde die skakelingseffekte op ander sektore wat beïnvloed word deur die gevolge vir partye, in die geval die landbousektor, wat direkte effekte van vloedskade ervaar, word in die afdeling hanteer. Om skade wat as gevolg van die vloed veroorsaak is, te herstel tot by 'n vlak wat dit voor die vloed was, is dit nodig om ongeveer R7,029 miljoen in die landbousektor te spandeer. Die R7,092 miljoen wat gespandeer moet word, is die netto totale gemiddelde jaarlikse direkte skade wat produsente in die ondersoekgebied ly. Die streek in geheel ly daarenteen R9,085 miljoen per jaar (slegs tussen Gifkloofstuwal en die Manie Conradiebrug) en word die sekondêre gevolge van vloede op die ander sektore in Tabel 3.8 opgesom.

Tabel 3.8: Sekondêre gevolge van vloede op individuele sektore in Streek B, tussen Gifkloofstuwal en die Manie Conradiebrug, 1992

SEKTOR	SEKONDÊRE GEVOLGE VAN VLOEDE OP INDIVIDUELE SEKTORE (R) ⁹
LANDBOU	9 139 758
MYNWESE	6 446
FABRIEKWESE	62 972
ELEKTRISITEIT	1 310
KONSTRUKSIE	402
HANDEL	14 115
VERVOER	10 911
FINANSIERING	1 119
DIENSTE	1 551

NB: Randwaardes in Tabel 3.8 is die netto totale gemiddelde jaarlikse sekondêre gevolge van vloede. Dié skade is gemiddeld per jaar en nie 'n eenmalige skade nie.

⁹ Die sekondêre effekte van vloede op die verskillende sektore tel nie op na R9,085 miljoen nie. Dit word verklaar enersyds omdat die vermenigvuldigers afgerond is en andersyds omdat sekere tekortkominge by die inset-uitsettabelle bestaan, wat reeds vroeër bespreek is.

Die sekondêre gevolge van vloede op die onderskeie sektore is relatief klein, soos in Tabel 3.8 weerspieël word. Min skakeling vind tussen die sektore plaas wat dui op 'n klein interafhanklikheid met die res van die ekonomie. Laasgenoemde word weerspieël in die klein vermenigvuldigers wat voorkom. Die grootste voorwaartse skakeling vind in die landbousektor plaas en verteenwoordig 98,93 persent van die totale sekondêre gevolge. Dit bevestig die stelling van Bell, Hazell en Slade wat deur Kirsten (1989) aangehaal is, dat die uitkrinteffekte van 'n landbouprojek aansienlik is en veral op die plaaslike ekonomie gesentreer is. Vloede het die kleinste effek op konstruksie (0,0043 %), terwyl groter effekte by fabriekswese voorkom. Laasgenoemde vind plaas deurdat wingerdprodukte onderskeidelik deur SAD en die winkelder te Upington verder na droogdruie en wyn verwerk word.

Vloede in die streek veroorsaak dat fabriekswese gemiddeld R62 972 verlies per jaar ly. Handel verskaf belangrike insette aan die landbou, soos byvoorbeeld saad, kunsmis, wingerdstokke, pale en draad om landbouproduksie in die streek moontlik te maak. Vloede veroorsaak dat landbou minder vanaf die handelsektor kan aankoop met die gevolg dat handel gemiddeld R14 114 per jaar aan vloeskade ly. Op dieselfde wyse kan die voorwaartse en rugwaartse skakeling van landbou met die ander sektore uitgewys word.

Die omvang van die stimulerings effek van vloede op die streek is so klein dat dit deur die skade oorweldig word. Die totale stimulering vir 'n 5 Maart-vloed, met die effek van noodwalle in ag geneem, plus skade aan geboustrukture uit 'n streeksgesigspunt, beloop R297 782. Die totale gemiddelde stimulering per jaar uit 'n streeksgesigspunt vir dieselfde vloed, is slegs R31 074 per jaar. In vergelyking met die totale gemiddelde jaarlikse skade (R9,085 miljoen), het dit geen betekenisvolle effek nie.

3.5.2.5 Netto totale (direkte en indirekte) gemiddelde vloedskade per jaar vir die RSA

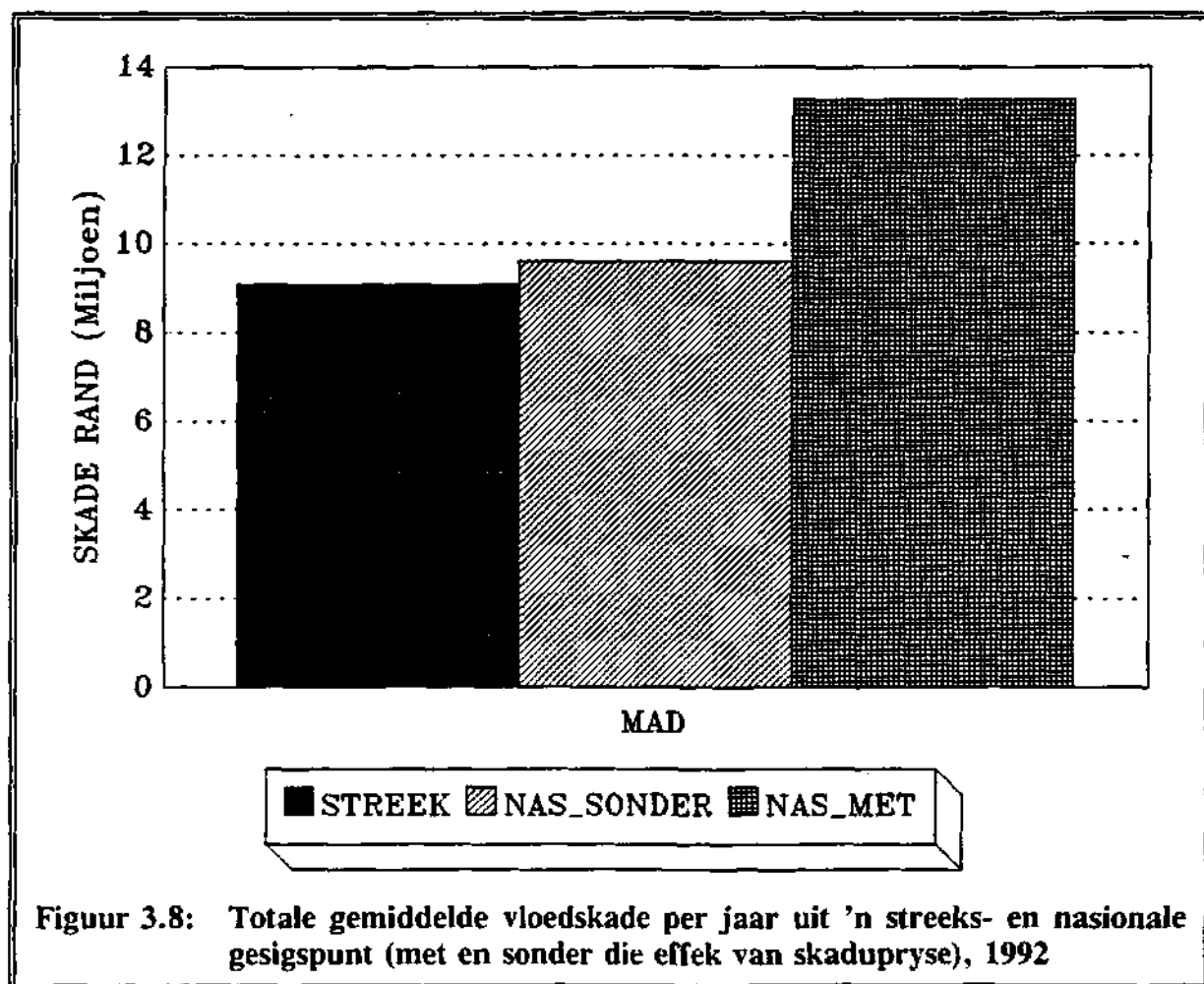
Met die aangepaste ekonomiese inligting is vloedskade vir 'n 5 Maart-vloed, met die effek van noodwalle bereken en skade aan geboustrukture beraam. Berekeninge word met en sonder skaduprysaanpassings gedoen. Die resultate hiervan word in Tabel 3.9 opgesom en kortliks bespreek. Vir 'n volledige bespreking aangaande die metodologie en skaduprysaanpassingsproses wat gevolg is om skade uit 'n nasionale gesigspunt te beraam kan Hoofstuk 7 van Deel 2 geraadpleeg word.

Tabel 3.9: Netto totale gemiddelde vloedskade per jaar uit 'n nasionale gesigspunt tussen Gifkloofstuwal en die Manie Conrاديةbrug, 1992

VLOED	NETTO TOTALE SKADE MET GEBOUSTRUKTURE EN NOODWALLE SON- DER SKADUPRYSAAN- PASSING (R)	NETTO TOTALE SKADE MET GEBOUSTRUKTURE EN NOODWALLE MET SKADUPRYSAANPASSING (R)
Een-in-vyfjaar vloed	20 788 099	36 478 771
Een-in-tienjaar vloed	36 552 945	55 152 627
Een-in-twintigjaar vloed	56 826 230	74 405 783
Een-in-vyftigjaar vloed	78 710 122	90 820 449
Streek maksimum vloed	105 224 923	113 484 740
MAD	9 606 887	13 265 277
MAD PER HEKTAAR	2 187	3019

Met 'n gemiddelde noodwalhoogte van 1,6 m is die netto gemiddelde jaarlikse vloedskade per jaar uit 'n nasionale gesigspunt, sonder die effek van skadupryse, R9,607 miljoen. Word markpryse aangepas om die werklike ekonomiese waarde van kommoditeite te weerspieël, is die totale gemiddelde vloedskade per jaar R13,265 miljoen. Die aanpassing van markpryse na skadupryse het 'n groot effek (27,58%) op vloedskade uit 'n nasionale gesigspunt. Die effek van skadupryse verhoog verder die sekondêre effekte van vloede en blyk dit dat die marginale voordele wat moontlik uit die skaduprysaanpassingsproses behaal kan word, ten minste die marginale koste daarvan oorskry.

Die sekondêre effekte van vloede (gemiddeld per jaar) uit 'n nasionale gesigspunt is 31,51 persent meer as die sekondêre effekte uit 'n streeksgesigspunt. Vloedskade uit 'n nasionale gesigspunt is selfs, sonder die effek van skadupryse, hoër (5,43%) as skade uit 'n streeksgesigspunt. Figuur 3.8 stel die verskil in skade uit 'n streeks- en nasionale gesigspunt grafies voor.



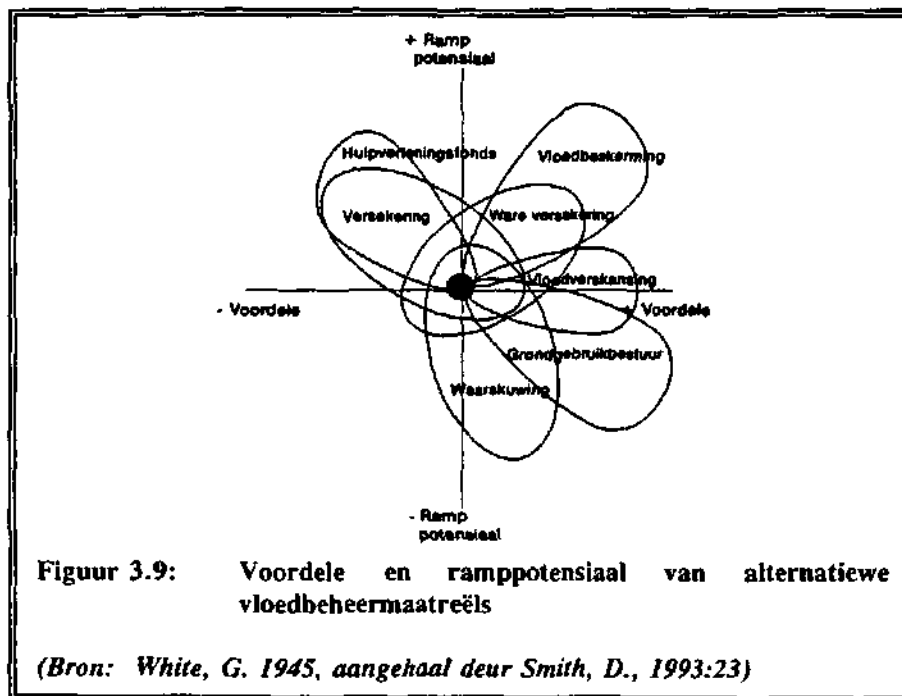
Verklaring:

NAS_SONDER: Sonder skadupryse
 NAS_MET: Met skadupryse

Die tipe grondgebruikspatroon wat in 'n ondersoekgebied voorkom, behoort 'n groot invloed op die omvang van skaduprysaanpassings te hê. Sou ander gewasse verbou word, mag dit moontlik meer prysaanpassings verg en kan dit moontlik aanleiding gee tot 'n hoër of laer gemiddelde jaarlikse skade uit 'n nasionale gesigspunt.

3.5.3 Oorsigtelike evaluering van vloedbeheermaatreëls

As vertrekpunt by die bepaling van die omvang van die voordele van vloedbeheermaatreëls word 'n oorsigtelike evaluering daarvan verskaf. Volgens die uiteensetting van Flack



(1976), aangehaal deur Higgins en Robinson (1981), word die effek van verskillende vloedbeheermaatreëls op potensiële rampe en -skade in Figuur 3.9 grafies voorgestel deur spesifiek na die voordele van verskillende vloedbeheeropsies en

ramppotensiaal te verwys. Die waarskynlikheid van ramppotensiaal kan deur middel van sommige vloedbeheer- en vloedskadebeheermaatreëls, of risiko-verminderingsopties verlaag word, terwyl ander maatreëls die ramppotensiaal verhoog. Deur die instel van sodanige beheermaatreëls, begin vloedvlaktebewoners glo dat hulle ten volle beskerm en bevry word teen enige vloedverliese en verhoog dit in dié geval die ramppotensiaal. Benewens die ramppotensiaal kan sommige vloedbeheer- en vloedskadebeheermaatreëls voordelig vir die plaaslike en/of nasionale gemeenskap wees, terwyl ander maatreëls nadelige gevolge inhou. Smith en Greenaway (1993:18) bespreek hierdie aspek meer volledig. Om Figuur 3.9 sinvol te verduidelik word by vloedbeskerming begin. Vloedbeskerming in hierdie geval verwys

na byvoorbeeld die oprigting van noodwalle. Die oprigting van noodwalle in die vloedvlaktes beïnvloed vloedbeheer positief, deurdat die gemiddelde vloedskade per jaar vir kleiner vloede afneem.

Die rampspoedige (catastrophic) gevolge van groter vloede word daarenteen verhoog, omdat dié beheermaatreël aanleiding gee tot verdere ontwikkeling agter noodwalle. Verdere ontwikkeling in vloedvlaktes vind dan juis plaas as gevolg van die skyngemoel van sekuriteit wat deur noodwalle geskep word. In effek verminder dit die vermoë van die gemeenskap om vloedverliese van groter vloede te vermy.

Versekering in dié geval verwys na versekering wat deur die owerheid gedra of uitbetaal word, terwyl ware versekering na versekering wat deur die eienaar (individuele vloedvlaktesbewoner) self gedra word, verwys. Versekering het negatiewe gevolge op vloedbeheer. Waar die eienaar nie self die premie betaal nie, maar deur die owerheid betaal word, word die werklike risiko om in vloedvlaktes te vestig, nie besef nie. Tydens ware versekering dra die eienaar self die premie en het dit 'n voordelige effek op vloedbeheer, omdat vloedvlaktesbewoners bewus raak van die risiko om in vloedvlaktes te vestig. In beide gevalle het dit 'n positiewe effek op die ramppotensiaal as gevolg van 'n skyngemoel van sekuriteit wat geskep word.

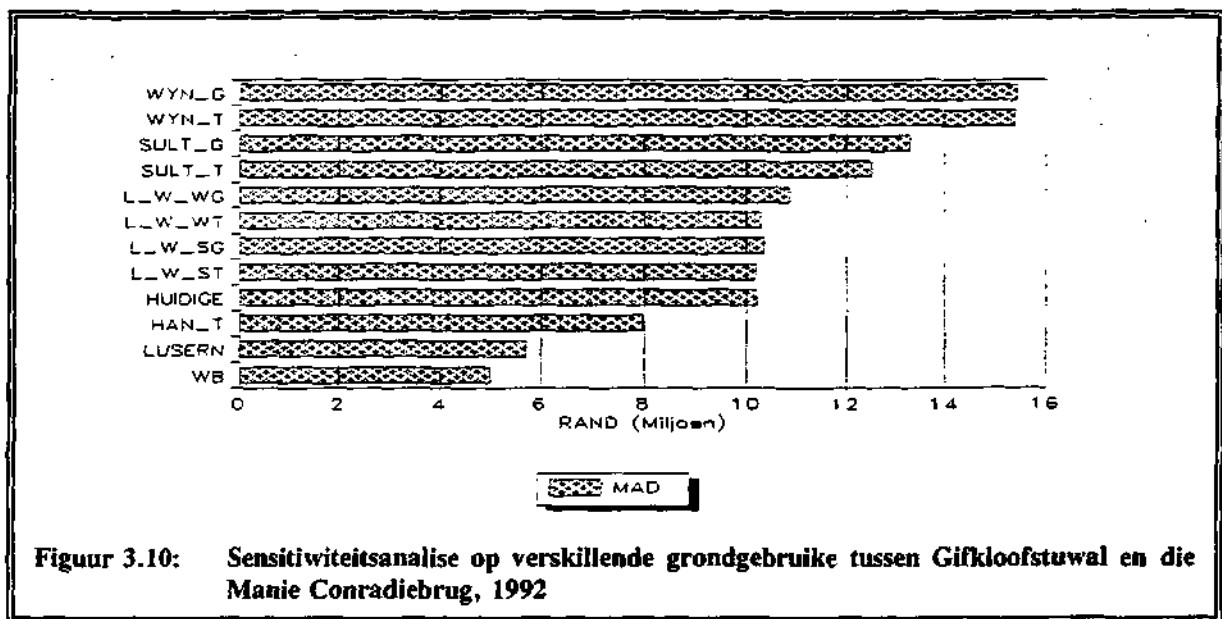
Grondgebruikbestuur en vloedwaarskuwing het die grootste netto voordeel van voormelde vloedbeheer- en vloedskadebeheermaatreëls. Vloedbeheer word positief beïnvloed deurdat dit die gemiddelde vloedskade per jaar en ramppotensiaal verlaag. So byvoorbeeld kan gewasse wat meer waterbestand is, in vloedvlaktes verbou word, terwyl ander minder bestande gewasse op hoër liggende gebiede verbou word. Die ramppotensiaal kan op dié wyse verlaag word, terwyl die gemiddelde vloedskade per jaar ook verlaag. Dieselfde beginsel geld by vloedwaarskuwing.

3.5.3.1 Vloedbeheer- en vloedskadebeheermaatreëls vir die ondersoekgebied

Met voormelde bespreking, is dit moontlik om die effek van alternatiewe vloedbeheer- en vloedskadebeheermaatreëls vir die ondersoekgebied in die landbousektor deur middel van die vloedskadesimulasiemodel te bepaal.

3.5.3.1.1 Grondgebruikbestuur

Die effek van verskillende grondgebruikbestuursopsies word in hierdie afdeling met behulp van die vloedskadesimulasiemodel ondersoek. 'n Legio opsies bestaan en word slegs aan 'n paar hipotetiese grondgebruike aandag gegee. Die grondgebruikspatroon in die ondersoekgebied is met behulp van die GIS-model verander om die effek daarvan op die MAD te bepaal. As eerste rondte is grondgebruike verander deur slegs lusern, wisselbou-, of wingerdgewasse in die ondersoekgebied te verbou. Tweedens is die bestaande grondgebruikspatroon behou en alle wingerdkultivars is na sultana of wyndruiwe of hanepoot verander. Laastens is die effek van die verskillende preekstelsels op die MAD bepaal. Figuur 3.10 stel die resultate wat behaal is, grafies voor.



Figuur 3.10: Sensitiwiteitsanalise op verskillende grondgebruike tussen Gifkloofstuwal en die Manie Conradiebrug, 1992

Verklaring:

- Wyn_G: Alle grondgebruike is na wyndruiwe met gewelstelsels in die ondersoekgebied verander.
Wyn_T: Alle grondgebruike is na wyndruiwe met T-stelsels in die ondersoekgebied verander.
Sult_G: Alle grondgebruike is na sultana met gewelstelsels in die ondersoekgebied verander.
Sult_T: Alle grondgebruike is na sultana met T-stelsels in die ondersoekgebied verander.
L_W_WG: Alle wingerd is na wyndruiwe met 'n gewelstelsel verander met bestaande wisselbou en lusern.
L_W_WT: Alle wingerd is na wyndruiwe met 'n T-stelsel verander met bestaande wisselbou en lusern.
L_W_SG: Alle wingerd is na sultana met 'n gewelstelsel verander met bestaande wisselbou en lusern.
L_W_ST: Alle wingerd is na sultana met 'n T-stelsel verander met bestaande wisselbou en lusern.
Huidige: Huidige grondgebruikspatroon wat in die ondersoekgebied voorkom.
Han_T: Alle grondgebruike is na hanepoot met T-stelsels in die ondersoekgebied verander.
Lusern: Alle grondgebruike is na lusern in die ondersoekgebied verander.
WB: Alle grondgebruike is na wisselbougewasse in die ondersoekgebied verander.

Die gemiddelde verlies per jaar aan vloedskade word tot die minimum beperk indien slegs wisselbougewasse in die ondersoekgebied verbou word. In teenstelling hiermee is die MAD vir net wyndruiwe met 'n gewelstelsel die hoogste, gevolg deur net wyndruiwe met 'n T-stelsel. Indien die bestaande wingerdproduksie na slegs wyndruiwe met 'n gewelstelsel (L_W_WG), wyndruiwe met 'n T-stelsel (L_W_WT), sultana met 'n gewelstelsel (L_W_SG) of sultana met 'n T-stelsel (L_W_ST) verander word (terwyl bestaande wisselbou en lusern behou word) en met die bestaande grondgebruikspatroon vergelyk word, kom min variasie in die MAD voor. Belangrike gevolgtrekkings kan uit Figuur 3.10 gemaak word. Eerstens is daar geen groot variasie in die MAD tussen die verskillende wingerdgewasse, sowel as die verskillende preefstelsels nie (sien huidig, L_W_WG, L_W_WT, L_W_SG en

L_W_ST). Dit impliseer dat vir toekomstige grondgebruikopnames slegs tussen lusern, wisselbou-, en wingerdgewasse onderskeid gemaak kan word. Verliesfunksies behoort aangepas te word en hoef nie voorsiening vir die verskillende preeelstelsels te maak nie. Uit 'n vloedskade-oogpunt is dit beter om slegs wisselbou in vloedvlaktes te plant, omdat die risiko teen vloedskade baie laer is as vir wingerdbou. Brown (1972), Krutilla (1966) en Lind (1967), aangehaal deur Thampapillai en Musgrave (1985), maak tereg die opmerking dat die verwagte vloedskade verminder word, maar teen 'n koste wanneer 'n gewas wat 'n groter verwagte netto inkomste in vloedvlaktes oplewer as buite die vloedvlakte, nie meer in die vloedvlakte verbou word nie.

Tabel 3.10 toon vir die onderskeie grondgebruikstipes, soos vervat in Figuur 3.10, die netto voordeel nadat die gemiddelde vloedskade per jaar (MAD) van die netto wins afgetrek is, aan. Uit Tabel 3.10 is dit duidelik dat ten minste 'n positiewe netto voordeel by al die grondgebruike voorkom. Die gemiddelde netto wins is dus telkens groter as die totale gemiddelde jaarlikse vloedskade. Alhoewel wisselbou (WB), sien Figuur 3.10, die laagste gemiddelde vloedskade per jaar oplewer, is dit nie die voordeligste om net wisselbou in die vloedvlakte te verbou nie. 'n Netto voordeel van R962 252 word behaal deur slegs wisselbou in die ondersoekgebied te verbou. Die grootste netto voordeel word verkry deur slegs wyndruiwe met 'n gewelstelsel in die ondersoekgebied te verbou, gevolg deur sultana met 'n gewelstelsel. Naas wisselbou lewer lusern, gevolg deur die bestaande lusern en wisselbougewasse en alle wingerdgewasse te verander na sultana met 'n T-stelsel (L_W_ST), die laagste netto voordeel om in die vloedvlakte te verbou.

Tabel 3.10: Netto voordeel van verskillende grondgebruikopsies vir die ondersoekgebied tussen Gifkloofstuwal en die Manie Conradiebrug, 1992

GRONDGEBRUIK	NETTO INKOMSTE (R)	MAD (R)	NETTO VOORDEEL (R)
WISSELBOU	5 942 918	4 980 666	962 252
LUSERN	10 139 444	5 704 474	4 434 970
HAN_T	29 036 561	7 984 520	21 052 041
L_W_ST	19 936 498	10 186 066	9 750 432
L_W_SG	23 971 851	10 369 402	13 602 449
L_W_WT	19 643 611	10 302 375	9 341 236
L_W_WG	30 256 764	10 866 618	19 390 146
SULT_T	30 622 020	12 530 431	18 091 589
SULT_G	38 483 728	13 320 332	25 163 396
WYN_T	30 051 413	15 403 000	14 648 413
WYN_G	50 728 048	15 413 182	35 314 866
HUIDIG	19 857 277	10 220 911	9 636 366

Die gemiddelde jaarlikse vloedskade wat verhoed of bespaar word, deur slegs wisselbougewasse in plaas van huidige wingerdgewasse in die vloedvlaktes te produseer, beloop ongeveer R10,432 miljoen (1992). Word dit met die verlies aan inkomste vergelyk, sal ongeveer R44,758 miljoen verlies aan wins per jaar opgesê word deur wisselbougewasse, eerder as net wingerdgewasse te verbou.

Bogenoemde ontledings is bloot hipoteties van aard en is dit wel moontlik om met behulp van die GIS-model grondgebruikbestuur uit 'n vloedskade gesigspunt toe te pas. Ander faktore soos die geskiktheid van grond vir verskillende gewasse, die finansiële en kundigheidsvermoë van boere om ander gewasse te verbou, die beskikbaarheid van arbeid, implemente en verwerkingskapasiteite en die vermoë om die produkte te bemark, sal vasgestel moet word voordat 'n optimale grondgebruikspatroon bepaal kan word.

3.5.3.1.2 Noodwalontleding

Strukturele vloedskadebeheermaatreëls vir die ondersoekgebied word grootliks tot die oprigting van noodwalle beperk. Om sinvolle ontledings tussen die "met" en "sonder" benadering te doen, moet die totale koste om noodwalle op te rig ook in berekening geneem word. Die koste vir die bou van noodwalle, soos verskaf deur Ekkerd (1993), word vir hierdie doel gebruik (kyk Hoofstuk 4 van Deel 2). Die totale noodwallengtes vir die drie tipes noodwalle word met behulp van die GIS-model bereken en is as volg:

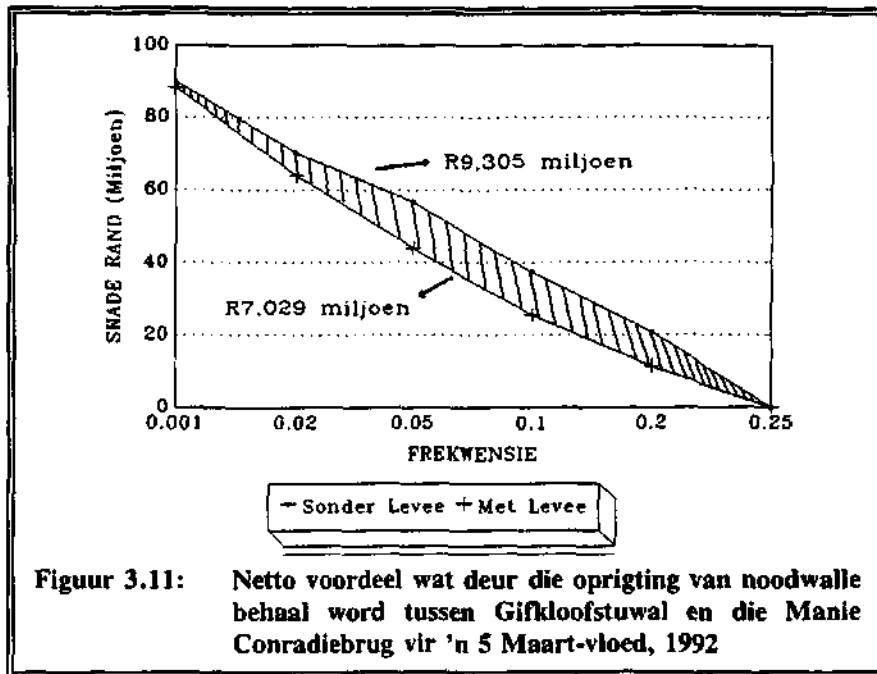
- * Grondwalle: 59 560m
- * Gruiswalle: 17 705m
- * Goeie gruiswalle: 31 729m

Goeie gruiswalle word opgerig deur kontrakteurs, terwyl gruiswalle deur produsente self opgerig word. Noodwalle in die ondersoekgebied bestaan gemiddeld uit 8,16 m³ boustof per 1 m noodwallengte en is die totale koste om al die noodwalle op te rig in Tabel 3.11 beraam onder aanname dat boustof gemiddeld 1 km vervoer moet word.

Tabel 3.11: Totale koste vir drie tipes noodwalle tussen Gifkloofstuwal en die Manie Conradiëbrug by Kanoneiland, 1992

ITEM	GRONDWALLE	GRUISWALLE	GOEIE GRUISWALLE
TOTALE LENGTE (m)	59 560	17 705	31 729
KOSTE PER 1M LENGTE WAL (R)	20,40	32,64	57,12
TOTALE KOSTE (R)	1 215 024	577 891	1 812 360

Die totale koste om noodwalle in die ondersoekgebied op te rig, is R3,6 miljoen. Deur die MAD van R7,029 miljoen (Tabel 3.6) van die MAD sonder dat die effek van noodwalle verreken word (R9,305 miljoen - Tabel 3.5) af te trek, word 'n voordeel van R2,276



miljoen behaal. Die gearseerde gedeelte in Figuur 3.11¹⁰ dui dié voordeel wat deur noodwalle behaal word, aan. Op die oog af blyk dit dat R3,6 miljoen se uitgawes aangegaan behoort te word om 'n netto voordeel van R2,276 miljoen te behaal. Die R2,276 miljoen is

egter 'n gemiddelde jaarlikse besparing en vir vergelykingdoel-eindes moet dit terug verdiskonteer word oor 'n periode gelykstaande aan die leeftyd van 'n noodwal. Indien aanvaar word dat die leeftyd van 'n noodwal 25 jaar is, is die besparing wat in terme van 1992-basisjaar behaal word, R20,660 miljoen ('n verdiskonteringskoers van 10 persent is gebruik). Deur die koste verbonde aan noodwalle van dié besparing af te trek, word die netto voordeel wat met noodwalle behaal word, verkry. Met bogenoemde benadering word nie voorsiening gemaak vir jaarlikse onderhoudskoste op noodwalle, asook die herstel aan noodwalle as gevolg van skade wat deur die vloedwaters aangerig is nie. Om hiervoor te kompenseer, word die netto voordeel van noodwalle beraam, deur 'n half persent van die oprigtingskoste jaarliks as onderhoudskoste aan noodwalle te neem sowel as 15 en 20 persent van die oprigtingskoste in jare tien en twintig vir die herstel aan noodwalle as gevolg van vloedskade¹¹. Tabel 3.12 som die resultate wat verkry is op en word vervolgens bespreek.

¹⁰ By die ontleding van die voordele van noodwalle, bly die hidrolika in die rivier konstant. Verdere aandag behoort nog hieraan gegee te word.

¹¹ Vermelde persentasies is met kundiges (Ekkerd, 1993 en Swiegers, 1993) in die gebied uitgeklaar.

Tabel 3.12 Voordele te behaal uit die oprigting van noodwalle vir die ondersoekgebied tussen Gifkloofstuwal en die Manie Conradiebrug by Kanoneiland, 1992

Verdiskonteringskoers	Jaarlikse noodwal voordeel (R)	Noodwalkoste sonder onderhoudskoste (R)	Noodwalkoste met onderhoudskoste (R)	Netto voordeel sonder onderhoudskoste (R)	Netto voordeel met onderhoudskoste (R)
NHW 8%	24 297 189	3 338 218	3 906 930	20 958 771	20 390 259
NHW 10%	20 660 532	3 277 523	3 730 811	17 383 009	16 929 721
NHW 12%	17 852 012	3 218 996	3 585 482	14 633 061	14 266 530

Die netto voordeel wat met behulp van noodwalle behaal kan word, word vir 'n 5 Maartvloed beraam. Uit Tabel 3.12 word 'n netto voordeel van R17,383 miljoen behaal (teen 10 persent verdiskonteer) indien geen onderhouds- en herstelkoste in ag geneem word nie. Indien onderhouds- en herstelkoste wel in ag geneem word, word 'n netto voordeel van R16,930 miljoen verkry deur noodwalle op te rig om vloedskade te voorkom. 'n Groter voordeel word behaal indien 'n kleiner (8%) verdiskonteringskoers gebruik word, terwyl ongeveer 15 persent kleiner voordeel voorkom by 'n 12 persent verdiskonteringskoers. Die netto voordeel wat deur noodwalle behaal kan word, is nie sensitief vir die persentasie onderhouds- en herstelkoste nie. Nadat onderhoudskoste na vyf persent en herstelkoste na 30 en 60 persent in jaar 10 en 20 verhoog is, is 'n netto voordeel van R15,268 miljoen beraam. Met laasgenoemde persentasies is vloede wat op 1 Februarie en 30 Maart sou voorkom, geneem en 'n netto voordeel van R18,571 en R14,793 miljoen is steeds behaal. Die gevolgtrekking is dat indien daar geen noodwalle was nie en die huidige noodwalle moet van nuuts af opgerig word, dit uit 'n vloedskade gesigspunt geregverdig kan word.

3.5.3.1.3 Dambestuur

Benewens strukturele vloedskadebeheermaatreëls, soos die konstruering van noodwalle, kan vloedbeheer deur middel van dambestuur ook toegepas word. In effek word die hidroulika in die rivier beïnvloed, deurdat die watervlakhoogtes by verskillende plekke in die rivier verander. Dit impliseer dat die risiko van vloede verander deurdat die waarskynlikheid om in 'n spesifieke jaar voor te kom, kan verlaag of verhoog. Die oprigting van 'n addisionele dam of die verhoging van 'n bestaande damwal, kan die waarskynlikheid van vloede om in enige jaar voor te kom, verlaag. Die effek hiervan op die MAD kan deur middel van die GIS-model bepaal word. Twee benaderings bestaan, naamlik:

- * om die waarskynlikheid van die onderskeie vloede om in enige jaar voor te kom, te verander
- * of om die watervlakhoogtes (soos verskaf deur die konsultant) met 'n persentasie te verlaag.

Wanneer die watervlakhoogtes, as gevolg van 'n nuwe dam of verhoging van 'n bestaande damwal, verlaag word, verander die waarskynlikheid van vloede om in enige jaar voor te kom. Om hierdie rede is besluit om dambestuur te hanteer asof die waarskynlikhede van vloede om in enige jaar voor te kom, verlaag word. As eerste rondte is die waarskynlikheid van vloede om in enige jaar voor te kom, met tienpersent verlaag, waarna 'n twintigpersent verlaging in die waarskynlikhede van vloede ook in ag geneem is. Tabel 3.13 toon die resultate aan en word vervolgens bespreek.

Tabel 3.13: Die verlaging in gemiddelde jaarlikse vloedskade wanneer waarskynlikhede van vloede om in enige jaar voor te kom, deur middel van dambestuur, verlaag word, 1992

VLOEDWAARSKYNLIKHEDE (GEVAL)	MAD (R)
HUDIGE VLOEDWAARSKYNLIKHEDE	7 029 753
I	6 390 685
II	5 858 128
III	4 327 795
IV	3 849 861

Verklaring:

- I: Tien persent verlaging in vloedwaarskynlikhede.*
II: Twintig persent verlaging in vloedwaarskynlikhede.
III: Die een-in-vierjaar vloed word die een-in-vyfjaar vloed, een-in-vyfjaar vloed word die een-in-tienjaar vloed, een-in-tienjaar vloed word die een-in-twintigjaar vloed, een-in-twintigjaar vloed word die een-in-dertigjaar vloed, die een-in-vyfzigjaar vloed bly die een-in-vyfzigjaar vloed en die streeksmaksimum vloed bly 'n een-in-duisendjaar vloed.
IV: Die een-in-vierjaar vloed word die een-in-vyfjaar vloed, een-in-vyfjaar vloed word die een-in-tienjaar vloed, een-in-tienjaar vloed word die een-in-twintigjaar vloed, een-in-twintigjaar vloed word die een-in-vyfzigjaar vloed, die een-in-vyfzigjaar word die een-in-honderdjaar vloed en die streeksmaksimum vloed bly 'n een-in-duisendjaar vloed.

Wanneer die risiko van vloede met 10 persent verlaag word, beloop die MAD R6,391 miljoen. Dit is 'n 9,09 persent verlaging in vloedskade. 'n Twintig persent verlaging van vloedrisiko's veroorsaak 'n 16,67 persent verlaging in die MAD. Alhoewel 'n minder as 20 persent verlaging in die MAD voorkom, behoort die voordeel met die koste verbonde aan die vloedbeheermaatreël vergelyk te word. 'n Drastiese verandering in die waarskynlikhede van vloede, geval III en IV, veroorsaak 'n 38,43 en 45,23 persent verlaging in die MAD wat dan onderskeidelik R4,328 en R3,850 miljoen beloop. Net soos by die beraming van die netto voordele van noodwalle, behoort die koste verbonde aan sodanige vloedbeheer, ook in ag geneem te word om sinvolle gevolgtrekkings te kan maak.

3.5.3.1.4 Versekeringspremie

Vir verskillende vloedskadebeheeropsies kan die versekeringspremie telkens vasgestel word, deur die jaarlikse vloedskadepremie gelyk aan die verwagte gemiddelde jaarlikse vloedskade te stel. Addisionele administratiewe koste word in dié geval geïgnoreer, maar 'n addisionele 10 persent heffing, soos deur Kuiper (1971), aangehaal deur Van Zyl en Groenewald (1988), aanbeveel, word by die premie gevoeg. Tabel 3.14 gee 'n opsomming van versekeringspremies vir Uppington-besproeiingsgebied vir 'n paar vloedskadebeheeropsies.

Tabel 3.14: Bepaling van versekeringspremies vir verskillende vloedskadebeheeropsies vir die Uppington-besproeiingsgebied, 1992

Vloedskadebeheeropsie	MAD (R)	Versekeringspremie per jaar (R/ha)*	Versekeringspremie per maand (R/ha)
Huidige grondgebruik	10 220 911	2 559	213,26
Wyndruiwe met gewelstelsel	15 413 182	3 859	321,60
Wisselbou	4 980 666	1 247	103,92
Huidige grondgebruik met effek van noodwalle verreken	7 029 753	1 760	146,68
Tien persent waarskynlikheid verla- ging van vloedvoorkomste	6 390 685	1 600	133,34

* Tien persent heffing is by die premie gevoeg

Met die huidige grondgebruikspatroon en die effek van noodwalle verreken (skade aan geboustrukture ingesluit) beloop die gemiddelde jaarlikse vloedversekeringspremie R1 760. Met 'n 10 persent daling in die waarskynlikhede van vloedvoorkomste, daal die premie met 9 persent en beloop R1 600 per jaar. Die premie, sou net wyndruiwe met 'n gewelstelsel verbou word, is 34 persent hoër as die huidige grondgebruikspatroon sonder die effek van noodwalle verreken en beloop R3 859 per jaar. Die premies, soos in Tabel 3.14 aangetoon, blyk bekostigbaar te wees, maar vir die instelling van 'n vloedversekeringspremie moet ander faktore ook verreken word, wat buite die bestek van die verslag val.

Aansluitend by voormelde is die betrokkenheid van owerhede by vloedgeteisterde gebiede. Die versekeringspremie kan byvoorbeeld as riglyn van owerheidshulp gebruik word en kan by sekere beleidsopsies toegepas word. Hierdie aspekte sal egter verder ondersoek moet word, voordat sinvolle aanbevelings gemaak kan word.

3.5.4 Sensitiwiteitsanalise

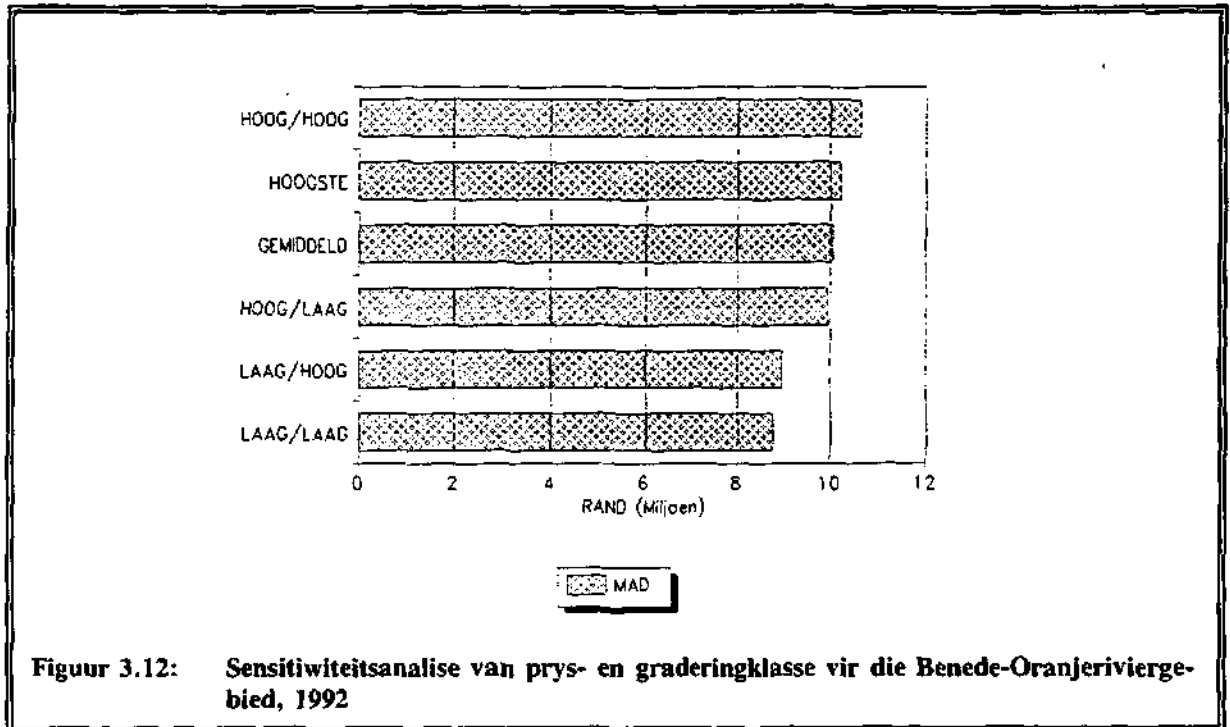
'n Sensitiwiteitsanalise word in hierdie afdeling uitgevoer om enersyds die sensitiwiteit van verskillende prys- en geografiese scenario's op die MAD te bepaal en andersyds om aanbevelings vir toekomstige modelontwikkeling te maak.

3.5.4.1 Prys- en graderinganalise

Die MAD is met 'n spesifieke prys- en graderingscenario, beraam. Die gemiddelde prysscenario is gebruik om die verskil in MAD vanaf die hoogste prysscenario te bepaal. Benewens dié twee scenario's is vier addisionele scenario's geskep, naamlik:

- * die hoogste prys dit is die hoogste prys wat vir sultana vanaf 1984 tot 1992 uitbetaal is vir die Thompsons- en geloogde-droogmetode tesame met die hoogste persentasie wat by keurgraad voorgekom het;
- * die hoogste prys vir die Thompsons- en geloogde-droogmetode tesame met die laagste persentasie keurgraad;
- * die laagste prys vir die Thompsons- en geloogde-droogmetode tesame met die hoogste persentasie keurgraad;
- * die laagste prys vir die Thompsons- en geloogde-droogmetode tesame met die laagste persentasie keurgraad.

Bogenoemde ses scenario's word grafies in Figuur 3.12 voorgestel en lewer die hoogste prys tesame met die hoogste persentasie keurgraad die grootste MAD.



Verklaring:

Hoog/Hoog:	Hoogste prys tesame met hoogste persentasie keurgraad
Hoogste:	Hoogste prysscenario
Gemiddeld:	Gemiddelde prysscenario
Hoog/Laag:	Hoogste prys tesame met laagste persentasie keurgraad
Laag/Hoog:	Laagste prys tesame met hoogste persentasie keurgraad
Laag/Laag:	Laagste prys tesame met laagste persentasie keurgraad

Die hoogste en gemiddelde prysscenario en die hoogste prys (dit is die hoogste prys wat sedert 1984 tot 1992 uitbetaal is) tesame met die laagste persentasie keurgraad (hoog/laag) lewer min of meer dieselfde MAD op. Word die laagste prys wat sedert 1984 uitbetaal is, tesame met die hoogste persentasie keurgraad met laasgenoemde vergelyk, blyk dit dat pryse meer sensitief as graderings is en behoort meer aandag aan prysontledings as aan graderingontledings gegee te word. Ongeveer 18 persent verskil kom tussen die MAD van hoog/hoog en laag/laag voor. Alhoewel 'n 18 persent verskil in die MAD redelik is, is die verskil egter nie drasties nie en sal 'n gemiddelde prysscenario aanvaarbaar wees vir die

bepaling van vloedskade. Die waarskynlikheid dat die uiterste gevalle, naamlik hoog/hoog en laag/laag kan voorkom, is baie laag en kan vir alle praktiese doeleindes geïgnoreer word.

3.5.4.2 Toleransies

Verskeie geografiese toleransies, soos die akkuraatheid van oppervlaktes (surfaces) wat met behulp van ARC INFO geskep is, is met mekaar vergelyk. Die doel met hierdie sensitiwiteitsanalise is om die variasie in die onderskeie geografiese toleransies, ekonomies te verklaar. Met ekonomies word bedoel wat die effek van verskillende vlakke van akkurate geografiese inligting op die MAD het. Toleransie wat verstel is, behels die volgende:

- * selgrootte van die oppervlakte wat gepas is en
- * hoeveelheid punte om te gebruik met die beskikbare kontoerlyne en hoogtepunte om oppervlakte te skep¹².

Die onderskeie MAD wat met die verskillende toleransies verkry is, word in Tabel 3.15 aangetoon.

Tabel 3.15: Sensitiwiteitsanalise vir geografiese toleransies vir die ondersoekgebied, 1992

GEVAL	TOLERANSIE	MAD (R)
I	(selgrootte = 2, 2m * 2m punte)	9 043 562
II	(selgrootte = 20, 5m * 5m punte)	9 943 355
III	(selgrootte = 20, 10m * 10m punte)	9 981 852
IV	(selgrootte = 100, 50m * 50m punte)	9 753 432

Geval I is uitgevoer met 'n selgrootte van 2 m met 'n "weed" en "proximal" toleransie van 2 m by 2 m. In teenstelling hiermee is geval IV uitgevoer met 'n selgrootte van 100 m met 'n 50 m by 50 m "weed" en "proximal" toleransie. Die MAD het min variasie (7,28%) tussen dié twee uiterste gevalle getoon. Om 'n oppervlakte te skep, neem die "weed" en "proximal" tolleransies enige punt (hetsy van die kontoerlyn en/of hoogtepunt) en ignoreer

¹² Sien ARC INFO handleiding vir "weed" en "proximal" tolleransies wat verstel kan word.

alle punte rondom die gespesifiseerde toleransie. Hoe groter die toleransie, hoe minder punte word geneem. 'n "Weed" en "proximal" toleransie van 50 m by 50 m sal byvoorbeeld alle punte in 'n radius van 50 m by 50 m ignoreer om 'n oppervlakte te skep. Eenmeter kontoerlyne is in baie gevalle vir geografiese doeleindes wel nodig, maar oor die algemeen kan uit Tabel 3.15 afgelei word dat eenmeter kontoerlyne nie ekonomies geregverdig word nie, in elk geval nie vir skadebepaling en vloedbeheerbepanning nie. Vir toekomstige modelontwikkeling behoort vyfmeter kontoerlyne voldoende akkuraatheid te lewer vir die bepaling van die MAD.

Benewens voormelde oppervlaktepassings, is 'n verdere passing gedoen deur slegs die hoogtepunte te neem en alle kontoerlyne te ignoreer. Twee nuwe passings is bewerkstellig, naamlik 'n passing waar die hoogtepunte sowel as die kontoerlyne gebruik is en 'n passing waar slegs die hoogtepunte gebruik is. Die resultate wat hieruit behaal is, is van groot waarde en word in Tabel 3.16 opgesom.

Tabel 3.16: Oppervlaktepassing sonder die effek van enige kontoerlyne vir 'n 1 Februarie vloed, met die effek van noodwalke in aggenome, plus skade aan geboustrukture vir die ondersoekgebied, 1992

VLOED	TOTALE SKADE MET HOOGTE- PUNTE EN KON- TOERLYNE (R)	TOTALE SKADE SLEGS MET HOOG- TEPUNTE (R)
Een-in-vyfjaar vloed	13 389 208	12 818 887
Een-in-tienjaar vloed	28 861 270	28 618 299
Een-in-twintigjaar vloed	50 141 875	50 466 554
Een-in-vyftigjaar vloed	73 015 773	74 508 311
Streek maksimum vloed	101 800 968	104 871 049
MAD	8 032 257	8 053 051

Word dié resultate met dié uit Tabel 3.12 vergelyk, blyk daar geen noemenswaardige verskil voor te kom nie. Vloedskade wat verkry is sonder om die effek van kontoerlyne in aanmerking te neem, is 0,26 persent hoër as vloedskade wat beraam is met die effek van kontoerlyne in berekening geneem. Indien in gedagte gehou word dat dit ongeveer een jaar geneem het om kontoerlyne af te tas (digitize), wat slegs 0,26 persent verskil in die

gemiddelde jaarlikse vloedskade teweegbring, kan groot hoeveelheid kostes en moeite gespaar word deur slegs die hoogtepunte te gebruik.

3.5.5 Visuele voorstelling

Benewens voormelde berekenings kan visuele voorstellings, hetsy twee- of drie-dimensioneel, ook met behulp van die GIS-model geskep word. Visuele voorstellings kan op die rekenaarskerm, of in die vorm van kaarte voor gestel word. Verskeie opsies bestaan en kan die grondgebruikspatroon in die landbousektor sowel as die grondgebruikspatroon in stedelike sektor byvoorbeeld ingesluit word, al dan nie. Kaart 2 van Deel 2 is 'n voorstelling van die landbou grondgebruikspatroon in die ondersoekgebied tussen Gifkloofstuwal en die Manie Conradiebrug by Kanoneiland. Grondgebruikspatroon in die landbousektor kan verder gespesifiseer word, deur slegs wingerd of lusern of wisselbou in te sluit. Onderskeid kan ook, vir visuele voorstelling, tussen verskillende preekstelsel gemaak word.

Die effek van die verandering in die hidroulika, soos noodwalle gemanipuleer word, kan deur middel van drie-dimensionele voorstellings waargeneem word. Vergrotings van 'n spesifieke gebied is ook moontlik vir beter visuele voorstellings. Kaart 3 van Deel 2 is 'n drie-dimensionele voorstelling van 'n eiland binne die ondersoekgebied en grondgebruik wat op die eiland en in die omgewing voorkom. Die grondgebruikstipes wat in die spesifieke gebied voorkom, word ook aangetoon. Benewens laasgenoemde voorstelling kan die vloei van die rivier vir vloede met verskillende waarskynlikhede van voorkoms ook waargeneem word. Wanneer die effek van noodwalle nie in ag geneem word nie, oorstrom die meeste lande selfs by 'n een-in-vyfjaar vloed. Die GIS-model in sy huidige formaat, plaas die grondgebruikspatroon bo-oor die wateroppervlakte en moet nie verkeerdelik geïnterpreteer word nie. Kaart 4 van Deel 2 is 'n visuele voorstelling van die vloei van die rivier vir 'n een-in-vyfjaar vloed, tesame met die grondgebruikspatroon op 'n eiland en omgewing. Waar die blou van die water onder die grondgebruik uitsteek, oorstrom lande, in teenstelling met grondgebruik waar die bruin onder die grondgebruik uitsteek.

3.6

Samevatting

In hierdie hoofstuk is die vier doelstellings van die projek vir besproeiingsgebiede behandel. Vir elke doelstelling is aangetoon hoe daar in die navorsing daaraan uitvoering gegee is.

Dit was wel moontlik om vloedskadefunksies vir die landbousektor vir verskillende grondgebruike in die ondersoekgebied te konstrueer. Benewens die konstruering van verliesfunksies is 'n metode aangetoon om verkreeë verliesfunksies in 'n gepaste databasis te stoor. Op dieselfde wyse word topografiese, hidrologiese en ekonomiese data gestoor. 'n Rekenaarprogram is ontwikkel wat die verskillende databasisse onderling met mekaar verbind om sodoende die voordele van verskillende kombinasies van vloedbeheer- en vloedskadebeheermaatreëls te bepaal. Laastens is 'n sensitiwiteitsanalise uitgevoer om enersyds die sensitiwiteit van verskillende prys- en geografiese scenario's op die MAD te bepaal en andersyds om aanbevelings vir toekomstige modelontwikkeling te maak.

Vir die eerste keer is in Suid-Afrika 'n begin met vloedskadesimulasiemodelle gemaak. Met die ontwikkeling van vloedskadesimulasiemodelle het dit duidelik na vore gekom dat verdere navorsing onderneem behoort te word. Die volgende word voorgestel:

- Dié model is op die stadium lokaliteit-spesifiek en behoort aangepas te word om ook voorsiening te maak vir ander vloedgeteisterde gebiede.
- Om wel die model vir ander vloedgeteisterde gebiede aan te wend, moet verliesfunksies vir sodanige gebiede gekonstrueer word. 'n Verliesfunksiedatabank behoort vir dié doel opgestel te word.
- Koste-effektiewe-metodes behoort ondersoek te word om databasisse vas te stel en op te bou. Meer spesifiek behoort die toepasbaarheid van afstandwaarneming ondersoek te word.

- Die GIS-model moet meer gebruiksvriendelik ontwikkel word, sodat die model maklik deur ander instansies en gebruikers gebruik kan word. Dit moet beklemtoon word dat die gebruik van dié vloedskadesimulasiemodel deur kundiges gebruik moet word. Die verkeerde aanwending van die model kan tot foutiewe interpretasie van antwoorde lei en kan tot verkeerde besluite aanleiding gee.
- Die hele konsep van tegnologie-oordraging moet sterk aandag geniet. Navorsing in die verlede en tot 'n groot mate vandag nog, word onderneem terwyl die bevindinge, as gevolg van 'n gebrek aan bekendstelling van die inligting aan potensiële aanwenders, nie plaasvind nie. Navorsing is eers regtig afgehandel indien die resultate wat uit navorsing behaal is, aan die gemeenskap tot 'n bevredigende mate bekend gestel is.

---o0o---

HOOFTUK 4

DIE ONTWIKKELING VAN VLOEDSKADEFUNKSIES EN 'N REKENAARPROGRAM VIR GEBRUIK IN STEDELIKE GEBIEDE

4.1 INLEIDING

Vir die navorsing is twee stedelike gebiede in Suid-Afrika, naamlik Upington en Vereeniging gekies. *Vloedskadefunksies is vir grondgebruike in die twee gebiede ontwikkel en die aanwending daarvan met 'n rekenaarprogram in die gebiede geïllustreer.* In hierdie hoofstuk word die navorsing wat in Upington en Vereeniging se stedelike gebiede uitgevoer is, bespreek. Die bespreking geskied aan die hand van die vier hoofdoelstellings van die projek. Verwysing van die hoofdoelstellings het betrekking op dat 'n aantal aktiwiteite ten opsigte van elk uitgevoer moes word.

4.2 DOELSTELLING 1: ONTWIKKEL VLOEDSKADEFUNKSIES OM POTENSIËLE SKADE VIR DIE VERSKILLENDE GRONDGEBRUIKE IN DIE AFGEBAKENDE VLOEDVLAKTE VAN DIE ONDERSOEKGEBIED TE BEPAAL

4.2.1 Afbakening van die vloedvlakte en vloedlyne

Om die vloedvlaktes te kon afbaken en vloedlyne te kon vasstel, is hidrologiese data benodig. Die hidrologiese data vir Upington is deur raadgewende ingenieurs, Chunnet, Fourie en Vennote verskaf. Dit sluit vloedfrekwensie, helling van die vloedoppervlakte en die vloeisnelheid van die vloedwater, in. Die vloedfrekwensie word aangedui as vloedhoogte wat

in terme van die waarskynlikheid van voorkoms aangegee word, terwyl vloedhelling die ruimtelike verskil in die maksimum watervlakke is. Dwarssnitte is ongeveer 1km uitmekaar deur die rivier in die ondersoekgebied deur die raadgewende ingenieurs geneem en watervlakhoogtes is by die onderskeie dwarssnitte vir elke vloedlyn beraam. Hierdie data is vir drie moontlike benaderings vir vloedskadeberamings verwerk. In die eerste geval is 'n passing¹³ van die data gemaak. Tweedens is die dwarsnit by die motorbrug se data as hidrologiese inligting geneem en in die derde geval is Upington in vier sones gedeel. Vir elke sone is 'n sentrale dwarsnit in die sone se data as hidrologiese inligting geneem. By die tweede en derde benadering word daar nie 'n passing op die data gemaak nie. Die aanname dat die watervlak plat is, is dus gemaak.

In Tabel 4.1 word data van vyf dwarssnitte wat in die navorsing gebruik gaan word, voorgestel.

Tabel 4.1 Vloedvoorkomswaarskynlikheid teenoor vloedhoogte (meter bo seespieël) in die Upington-gebied soos deur die konsultant verskaf, 1993

Vloedfrekwensie in jaar	Brug	Stroomop van Upington	Sentraal Stroomop	Sentraal Stroomaf	Stroomaf van Upington
1 in 5	791,31	795,54	793,94	791,86	790,77
1 in 10	791,96	796,12	794,75	792,57	791,32
1 in 20	792,64	796,81	795,21	793,37	791,89
1 in 50	793,48	797,69	796,04	794,29	792,61
1 in 1000	795,68	799,97	798,35	796,67	794,65

Op Kaart 1 in Deel 3 van die verslag word die streekmaksimumvloedlyn aangetoon. Dit identifiseer die vloedvlakte waarin die navorsing plaasgevind het.

¹³ As daar vervolgens na gepaste data verwys word, word bedoel dat dit data is verkry is deur 'n ruimtelike passing met 'n rekenaarprogram wat die landskap drie dimensioneel in hoogte, breedte en lengte voorstel. Die data wat gebruik word om dit te doen is hoogtepunte, kontoerlyne en dwarssnitte. Nie-gepaste data is data wat 'n platvlak voorstel.

Vir Vereeniging is die vloedlyne deur die Departement van Waterwese en Bosbou verskaf. Twee bekende invloei-vloedhidrograwe (1923/24 en 1991/92) se vloei is deur die Vaaldam gesimuleer en die uitvloei-hidrograwe is met die aanname dat alle vloedsluise by die Vaaldam oop is en die dam aanvanklik 100 persent vol is, verkry. Twee riviervloei-meetstasies se data is as kontrole ook statisties ge-evalueer, asook om hoogtes in Vereeniging te verskaf. Inligting wat tot die beskikking van die Departement van Waterwese en Bosbou was, het vloeiwaardes tot op 1431,2 m vloedhoogte verskaf (Van der Spuy, 1994). Die hidrologiese inligting was van so 'n aard dat 'n passing nie op die data gedoen kon word nie en dat die dorp nie in sones ingedeel kon word nie. Op Kaart 3 en 4 in Deel 3 word die kontoerlyne en die verskillende vloedlyne soos dit in die woonbuurtes Three Rivers en Peace Haven voorkom, voorgestel. Die gebied tussen die rivier en die 1:1000 jaar vloedlyn is as vloedvlakte geneem en die ondersoek het in hierdie gedeelte plaasgevind.

4.2.2 Identifisering en klassifikasie van verskillende grondgebruike in die vloedvlakte

Nadat die ondersoekgebiede (vloedvlakte van Upington en Vereeniging) afgebaken is, is opnames in die gebiede uitgevoer. Met hierdie opnames is inligting oor die tipe grondgebruike wat in die vloedvlaktes voorkom, ingesamel. In Upington het die agt tipe huise wat geïdentifiseer is, gewissel van informele nedersetting tot luukse dubbelverdieping huise. Ander tipe grondgebruike wat geïdentifiseer is, is munisipale infrastruktuur en 'n vakansie-oord. Vir hierdie grondgebruike is daar nie vloedskadefunksies ontwikkel nie, maar dit sal wel aandag in 'n opvolg navorsingsprojek geniet. Die oorhoofse doelstelling van dié projek is die "ontwikkeling en aanpassing van vloedskadefunksies, -modelle en rekenaarprogramme vir besproeiings- en stedelike gebiede in die RSA".

In Vereeniging is die grondgebruike in residensiële, kommersiële sowel as industriële sektore ingedeel. Die residensiële gebruike is oorspronklik in 16 klasse in gedeel, wat van klein enkelverdiepingwoonstelle, klein lae sosio-ekonomiese woonhuise tot groot luukse villas op die

Vaalrivier se oewer gewissel het. Hierdie klasse in later verminder na 10 omdat Anuflood net 10 vloedskadefunksies kan hanteer. Anuflood is 'n Australies ontwikkelde rekenaarprogram wat gebruik kan word vir die beraaming van vloedskade en in die navorsing is die toepassingsmoontlikheid van die program in Suid-Afrika getoets. Drie kommersiële gebiede is in die vloedvlakte geleë; een in die sentrale sake gebied, een in Peacehaven en een in Three Rivers. Die gebied in Peacehaven sal net met vloede van baie klein waarskynlikheid van voorkoms oorstroom. Twee industriële gebiede wat in die vloedvlakte geleë is, is langs die Klip- en Vaalrivier geïdentifiseer. Alhoewel vloedskadefunksies nie vir hulle opgestel is nie, is die potensiële skade aan die nywerhede wel beraam.

4.2.3 Vasstelling en beskrywing van 'n geskikte metode om vloedskadefunksies te bepaal

4.2.3.1 Residensiële vloedskadefunksies

Vloedskadefunksies is vir die residensiële sektor in Upington en residensiële en kommersiële sektor in Vereeniging opgestel. Eerstens word 'n kort oorsig van die ontwikkeling van residensiële vloedskadefunksies in die twee gebiede gegee. Dit sal gevolg word deur 'n oorsig van die ontwikkeling van vloedskadefunksies vir die kommersiële sektor in Vereeniging.

'n Vraelysopname is in altwee die ondersoekgebiede onderneem. In hierdie opname is daar in ooreenstemming met Penning-Rowell en Chatterton (1977) onderskeid getref tussen die struktuur en die inhoud van die huise. Hierdie kategorieë word verder soos volg ingedeel: huisinhoud in huishoudelike items, verwarmingtoerusting, elektriese toerusting, meubels en persoonlike items. Geboustruktuur in boumateriaal sluit versierings aan geboue, elektriese bedrading, loodgieterwerke, heinings en hekke in. Daar is afsonderlike vloedskadefunksies vir die huisinhoud en -struktuur ontwikkel.

4.2.3.1.1 Die ontwikkeling van struktuurskadefunksies vir die residensiële sektor

Om te bepaal watter skade aan die huisstruktuur sal voorkom indien die huis aan 'n vloed onderhewig is, is die menings van kundiges wat in die gebied woon en werk ingewin . Die volgende weerspieël die mees algemene menings wat ingewin is.

Gedurende 'n vloed word water en modder op volvloermatte agtergelaat, wat veroorsaak dat die matte krimp en omdat die modderneerslag net teen hoë koste verwyder kan word, is dit beter om die matte te vervang. Alhoewel dit in normale gevalle nie nodig is dat pleisterwerk vervang moet word nie, moet gewag word totdat die pleister droog is voor dit gevef kan word. Met 'n oorstroming van selfs so min as 10 cm oor die vloer behoort die vertrekke uitgevef te word, omdat dit nie prakties is om net die oorstroomde gedeelte te veff nie. Wanneer die water oor die plafon was, sal die plafon vervang moet word. Skade aan die dakkappe sal afhang van hoe die hout deur die water geaffekteer is. In die meeste gevalle is dit nodig om net die elektriese bedrading te laat droog word. Kragproppe en skakelaars wat in die water was, sal moontlik vervang moet word. Gewoonlik hoef rioolwerke net skoongemaak te word. Indien dit egter 'n syfferriool is, mag dit nodig wees om 'n nuwe put te grawe aangesien die modderneerslag die deurvloei verstop. Normaalweg is daar geen probleme met die loodgieterwerke nie, maar soms sou die massa en die spoeleffek van die water die pype laat breek, wat dan herstel moet word.

Tabel 4.2 is die struktuurskadefunksie wat uit die menings van die kundiges opgestel is. Hierdie skadefunksie verteenwoordig 'n hoë klas woning.

Tabel 4.2 **Struktuurskadefunksie opgestel na gesprekke deur die navorser met kundiges in die boubedryf vir 'n hoë klas woning**

Diepte oorstroom (m)	Tipe skade	Waarde *	Waarde **
0 - 0,10	Vloerbedekking Volvloermatte Keramiekteëls Vinylteëls	3 030 4 480 525	3 303 4 883 572
Totaal		8 035	8 758
0,10 - 0,6	Verf Muurproppe Kaste en rakke Deurkosyne	8 302 303 10 140 1 495	9 049 330 11 053 1 630
Totaal		20 240	22 062
1,2	Skakelaars	615	670
Totaal		615	670
2,4 +	Plafon en dakkappe Dakhout en bout	5 409 8 482	5 896 9 245
Totaal		13 891	15 141

* 1992-waarde in Rand

** 1993-waarde in Rand

Die 1992-waardes van Tabel 4.2 is uit Merkel's "Builders' Pricing and Management Manual" (1992) gekry en met die behuisingskoste-indeks na 1993 aangepas. 'n Probleem met die inligting soos verskaf in Tabel 4.2 is dat dit nie die verskil in skade aan huise met verskillende waarde in aanmerking neem nie. 'n Studie wat dit wel doen, is die Sydney (1990) ondersoek.

Een oplossing is om die inligting net soos in Tabel 4.2 te gebruik met die aanname dat die verskil in struktuurskade tussen huise met verskillende waardes, uitgekanselleer sal word wanneer die totale skade vir die studiegebiede bereken word. In een geval sal die

struktuurskade vir 'n huis te hoog voorspel word, maar vir 'n ander huis sal die voorspelde skade te laag wees.

'n Ander benadering om die verskil in eiendom in ag te neem, is om die Sydney-waardes te verwerk sodat die verhouding tussen die waardes van die twee laer klasse en die hoë klas wooneenhede verkry kan word (Tabel 4.3). Die verhouding tussen die lae en hoë, en medium en hoë kategorieë in die Sydney-verslag word per diepte van oorstroming bereken. Deur hierdie verhoudings op die Suid-Afrikaanse waardes toe te pas, kan die nodige aanpassings gemaak word.

Tabel 4.3 Die verhouding tussen die verskillende woonhuisklasse in die Sydney-verslag

Diepte oor- stroom (m)	Waardes (R) groep 1	Verhouding *	Waardes (R) Groep 2	Verhouding **	Waarde (R) Groep 3
0,2	-	-	1797	0,46	3934
1	2334	0,33	4283	0,61	7058
2	7082	0,67	4591	0,43	10624

* Die verhouding tussen groep 1 en groep 3 se waardes

** Die verhouding tussen groep 2 en groep 3 se waardes

Vir die voorspelling van struktuurskade word Suid-Afrikaanse residensiële sektor gevolglik in drie struktuurskadekategorieë ingedeel, naamlik laag, medium en 'n hoë kategorie. Die waardes wat van kundigheidsmenings verkry is, word as hoë kategorie beskou en die verhoudings wat in Sydney ontwikkel is, word gebruik om die lae en medium kategorieë se waardes te bereken. Tabel 4.4 is die skadefunksies wat in die ondersoek gebruik is om strukturele skade te bepaal.

Tabel 4.4 Struktuurskadefunksies in Rand vir die Suid-Afrikaanse residensiële stedelike komponente, 1993

Diepte oorstroom	Lae klas	Medium klas	Hoë klas
0,10	4 029	4 029	8 758
0,6	10 171	18 801	30 821
1,2	10 392	19 210	31 491
2,4 +	31 243	20 052	46 632

4.2.3.1.2 Die ontwikkeling van inhoudskadefunksies

In die vraelys wat deur huisinwoners van die vloedvlaktes voltooi is, is spesifieke huisitems soos yskaste, beddens, ens. afsonderlik ondersoek. 'n Voorbeeld van die vraelys word in Deel 3 verskaf. Die respondent moes die ouderdom, waarde en hoogte-interval van die item aantoon.

Vanaf hierdie vraelyste is individuele vloedskadefunksies vir elke item ontwikkel. Inligting wat deur Penning-Rowsell en Chatterton (1977) (Deel 3) ontwikkel is, is gebruik om hierdie stap uit te voer. Die volledige metodes word breedvoerig in Deel 3 bespreek.

Nadat die vloedskadefunksies vir die items bereken is, word die skade per hoogte gesommeer om 'n totale inhoudskadefunksie vir individuele huise te skep. Vloedskadefunksies vir die verskillende kategorieë is bereken deur regressie-analise toe te pas op die individuele huise van die kategorie se vloedskadefunksies. By hierdie inhoudskadefunksies is die struktuurskadefunksies "getel" om die totale vloedskadefunksies per kategorie te verkry. In Bylae 2 van Deel 3 word die vloedskadefunksie in tabelvorm weergegee.

4.2.3.2 Die ontwikkeling van kommersiële vloedskadefunksies

Na gesprekke met Smith (1993) is besluit om skade aan besighede, in terme van skade aan voorraad, skade aan geboustruktuur, skade aan die toerusting en die verlies aan inkome afsonderlik te bereken. Om vloedskadefunksies vir verskillende besighede te ontwikkel, is dit nodig dat al die bogenoemde elemente van vloedskade in ag geneem word. In die volgende gedeelte word die verskillende skadekomponente afsonderlik behandel. Die metode wat gevolg word om die skade te beraam, is ontwikkel deur Penning-Rowsell en Chatterton (1977) en verfyn deur Parker et al. (1987). Hierdie benadering is gevolg om vloedskadefunksies vir die kommersiële sektor in Vereeniging op te stel.

Skade aan voorraad is 'n funksie van die waarde en vatbaarheid vir skade van voorraad. Die waarde van die voorraad is deur die respondent verskaf en die vatbaarheid vir skade is die persentasie wat die voorraad sal beskadig as dit met die vloedwater in aanraking kom. Die eerste stap in die opstel van voorraadskadefunksies is om die skade, indien al die voorraad sou oorstroom, te bereken. Dit word met vergelyking 1 gedoen.

$$TS = W \times V \dots\dots\dots(1)$$

TS = Totale skade

W = Waarde van die voorraad

V = Vatbaarheid vir skade

Die waarde van die voorraad word verkry vanaf die vraelyste wat by eienaars van sakeondernemings in die ondersoekgebied ingevul is. Die persentasie wat as vatbaarheid vir skade gebruik word, word uit Hoofstuk 4 van Deel 3 bekom. Die inligting in die tabel, is deur Penning-Rowsell en Chatterton (1977) ontwikkel.

In die vorige berekeninge (Vergelyking 1) is net totale skade, as die voorraad heeltemal oorstrom, verkry. Om 'n skadefunksie vir voorraad daar te stel, is dit nodig om die skade per hoogte intervale te bereken. Die totale skade word met die hoogte verspreiding van die voorraad vermenigvuldig. Die vergelyking wat gebruik word, is:

$$S = TS \times I \dots\dots\dots(2)$$

S = Skade per hoogte interval

TS = Totale skade

I = Ruimtelike verspreiding van die voorraad in die winkel (Hoofstuk 4 van Deel 3)

In die opname by die ondernemings in Vereeniging se vloedvlakte is 'n lys gemaak van al die toerusting wat op die besigheidspersele voorkom. **Skade aan die toerusting** is beraam deur vatbaarheid vir skade van die tipe toerusting te vermenigvuldig met die totale oorblywende waarde van die item. Vir vatbaarheid vir skade is die waardes wat deur Penning-Rowsell en Chatterton (1977) ontwikkel is (Hoofstuk 4 van Deel 3) gebruik. Dit was moontlik om vatbaarheid vir skade van sekere toerusting wat nie in die tabel voorkom nie, van die residensiële sektor af te lei. Na oorleg met die eienaars van die besighede is op 'n oorblywende waarde van 50 persent besluit.

Indirekte vloedskade (verlies aan inkome) het twee veranderlikes wat die omvang van die skade bepaal (Penning-Rowsell en Chatterton, 1977). Die hoeveelheid besigheid (omset) wat die onderneming het en die duurte van ontwrigting. Ontwrigting kan op twee maniere veroorsaak word:

- die onderneming self kan oorstrom word, en/of
- die toegangsweg van die onderneming kan afgesny word.

Parker et al. (1978) noem ontwrigting van 'n besigheid wat veroorsaak word deur die oorstroming van die verbruikers se eiendomme as 'n addisionele bron van ontwrigting. Hierdie ontwrigting aan die onderneming kan deur verandering in verbruikersvraag veroorsaak word. Die verbruikersvraag van 'n huishouding wat onderhewig is aan oorstroming kan as gevolg van verlies aan inkome verander. Hierdie verandering word veroorsaak deur verpligte tyd weg van werk, die vervanging of herstel van beskadigde eiendom wat veroorsaak dat vraag na ander produkte verskuif, 'n vertraging of nie ten volle vergoeding deur versekeringuitbetalings en die tyd om op te ruim.

Die metode wat in hierdie ondersoek gebruik word om indirekte vloedskade te beraam is:

$$V = Gm \times D \dots\dots\dots(3)$$

V = Verlies aan omset

Gm = Bruto marge

D = Dae van ontwrigting (Tabel 4.4)

$$Gm = Gq \times T \dots\dots\dots(4)$$

Gq = bruto uitset per dag

T = gedeelte van die bruto uitset wat deur die onderneming toegevoeg is

Die verlies aan inkome word bereken deur die bruto marge te vermenigvuldig met die aantal dae wat die onderneming nie besigheid doen nie. Bruto marge is bruto-inkome minus veranderlike koste soos elektrisiteit en vervoer. Vaste koste word nie in berekening gebring nie. Bruto marge in die geval word bereken deur die bruto uitset per dag te vermenigvuldig met toegevoegde waarde. Soos reeds genoem, het tyd van ontwrigting 'n invloed op indirekte skade. Die tydperk van ontwrigting wat in hierdie ondersoek gebruik word, is gebaseer op die Penning-Rowse en Chatterton (1977) en Parker et al. (1987) (Tabel 4.5) se navorsing.

Tabel 4.5 Die tydperk van ontwigting vir die verskillende dieptes van oorstroming soos deur Penning-Rowsell en Chatterton (1977) en Parker et al. (1987) verskaf

Penning-Rowsell en Chatterton	
Diepte van oorstroming (m)	Tydperk (dae)
0,3 tot 0,9	3 tot 7
> 0,9	14
Parker et al.	
0,15	3
1	7
1	4 vir supermarkte

Een van die moontlikhede om **struktuurskade** aan ondernemings te voorspel, is om dit te baseer op opname by die onderskeie ondernemings. Vrae soos byvoorbeeld watter vloerbedekking, elektriese werke en versierings van toepassing is, kan in die vraelys gevra word. Om waarde aan hierdie skade-items te heg, is egter 'n moeilike taak.

Na gesprekke met Smith (1993) en ander kundiges is daar besluit om die gegewens ten opsigte van residensiële struktuurskade ook vir die verskillende kommersiële persele te gebruik. "It can be assumed that damage to these items in retail premises is similar to that in residential properties, although in the larger retail properties redecoration and repair costs may be proportionately lower" Penning-Rowsell en Chatterton (1977).

Volgens Smith et al. (1990) is die gebruik van skadefunksies vir kommersiële en industriële eiendom minder bevredigend as die gebruik van residensiële skadefunksies. Die rede is omdat daar groot verskille in skadepotensiaal en oppervlakte van dieselfde tipe besigheid voorheen. Anuflood doen dit op 'n praktiese wyse deur kommersiële- en industriële-eiendomme afsonderlik te hanteer.

Om skadefunksies vir die gebruik in Anuflood te ontwikkel, moet die onderskeie besighede in kategorieë ingedeel word. Die veranderlikes waarvolgens die indeling gedoen word, is die waarde van die voorraad en die oppervlakte van die besigheid. Daar is drie grootte kategorieë en vyf waardeklasse. Grootte kategorieë wissel van klein (minder as 186m²), medium (186 - 650m²) tot groot (groter as 650m²) vloeroppervlakte. Die groot kategorie se skadefunksie word as skade per vierkante meter aangegee. Die ander kategorieë (medium en klein) se skade word as totale skade weergegee.

Skadefunksies vir die verskillende kategorieë word ontwikkel deur die skadekomponente, naamlik skade aan voorraad, skade aan toerusting, struktuurskade en indirekte skade te kombineer. Hierdie skadefunksies word gebruik om vloedskade te beraam.

4.3 DOELSTELLING 2: ONTWIKKEL DIE UITLEG VAN 'n REKENAARDATABASIS WAARIN DIE VLOEDSKADEFUNKSIES GEBERG KAN WORD EN PAS DIT TOE OP DIE ONDERSOEKGEBIED

Nadat die vloedskadefunksies vir die verskillende ondersoekgebiede ontwikkel is, word dit in Anuflood gestoor. Daar bestaan 'n sekere formaat waarin die lêers in ASCII gestoor moet word. Hierdie formaat bestaan uit kolomme en rye wat op 'n sekere wyse opgestel is. Ter illustrasie van voormelde word aangetoon hoe twee van die agt residensiële vloedskadefunksies wat in Upington gebruik is, gestoor is.

Spesifiseer eers getal vloedskadefunksies (twee)	2	
Spesifiseer totale onderhuisskade	0.0	.
Spesifiseer vir elke diepte oorstrom (m) die kumulatiewe skade (R)	0.0	0.0
	0.1	150.9
	0.2	423.9
	0.3	512.7
	0.6	989.1
Eerste vloedskadefunksie	0.9	1039.3
	1.2	1049.0
	1.5	1058.9
	1.8	1058.9
	2.1	1058.9
Termineerder wat aandui dat die skadefunksie eindig	99.9	
Totale onderhuisskade	3055	
	0.0	267.8
	0.1	6856.4
	0.2	9278.3
	0.3	11562.4
	0.6	23730.0
Tweede vloedskadefunksie	0.9	28515.9
	1.2	32282.8
	1.5	34588.8
	1.8	35655.0
	2.1	35481.3
	2.4	54918.8
Termineerder	99.9	

Vereeniging se vloedskadefunksies is op dieselfde wyse gestoor.

4.4 DOELSTELLING 3: ONTWIKKEL 'n REKENAARPROGRAM OM DIE VOORDELE VAN VERSKILLENDE KOMBINASIES VAN VLOEDBEHEER- EN VLOEDSKADEBEHEERMAATREËLS VIR DIE ONDERSOEKGEBIED TE BEPAAL

As vertrekpunt om 'n rekenaarprogram vir Suid-Afrika te ontwikkel, is 'n Australiese rekenaarprogram (Anuflood) ondersoek. Uit die ondersoek het dit geblyk dat dit nie nodig was om 'n program van vooraf vir Suid-Afrika te ontwikkel nie en dat die Australiese program slegs

aangepas/geyk moet word.

Om die Australiese rekenaarprogram (Anuflood) vir Suid-Afrika aan te pas, moes drie insette van Anuflood verander word. Hierdie insette is vloedskadefunksies, hidrologiese data en grondgebruiksdata. Die aanpassing van die insette het die insameling van data, verwerking van hierdie data na inligting en die stoor van die inligting in Anuflood, behels. Net soos die vloedskadefunksies word die hidrologiese- en grondgebruiksdata ook in 'n sekere formaat in Anuflood gestoor.

Hidrologiese data

Hoogte van vloed bo seespieël (m)	Waarskynlikheid van vloedvoorkoms
791.31	0.20
791.96	0.10
792.64	0.05
793.48	0.02
795.68	0.001

Grondgebruiksdata

Grondgebruiksdata word in rye en kolomme gestoor. Vir beskrywing van die grondgebruiksdata is dit in 7 velde verdeel. Veld 1 verteenwoordig die sones waarin die ondersoekgebied ingedeel is, terwyl Veld 2 die adres van die wooneenheid voorstel. Dit kan die straatnommer en straatnaam insluit, maar in hierdie geval is dit straat- en erfnummer. Veld 3 is eienskappe van die huis soos tipe huis, aantal verdiepings, is die huis van die grond gelig en met hoeveel meter is dit gelig. Veld 4 is die posisie van die eiendom in terme van xy-koördinate. Veld 5 is eienskappe soos konstruksiemateriaal, huisgrootte, erf grootte, die toestand van die eiendom en die ouderdom van die huis. Veld 6 verteenwoordig die grondhoogte en die vloerhoogte van die eiendom. Laastens verteenwoordig veld 7 die

skadekategorie wat die ooreenstemmende vloedskadefunksie is.

Velde

1	2	3	4	5	6	7
04	94	48	1 1 1 1.00	2888-4703	4 2 0 2 2	794.0 0.0 5
04	0	88	1 1 0 0.00	2833-4713	4 0 0 0 0	796.5 0.0 5
04	54	121	1 1 0 0.00	2764-4703	4 2 0 2 2	797.8 0.0 5
04	56	124	1 1 1 2.00	2759-4692	4 2 0 2 2	798.3 0.0 5
04	0	128	1 1 0 0.00	2736-4700	4 0 0 2 1	793.9 0.0 5
04	0	139	1 1 1 0.25	2759-4709	4 0 0 2 2	796.8 0.0 5
04	0	140	1 1 0 0.00	2764-4710	4 0 0 2 2	796.8 0.0 5
04	0	144	1 1 0 0.00	2769-4711	4 0 0 0 0	795.3 0.0 5

Nadat die skade beraam is, is die resultate vergelyk met historiese skade van die ondersoekgebiede. Soos in Deel 3 van die verslag aangetoon is, vergelyk die beraamde skade goed met historiese skade en daar is tot die slotsom gekom dat die rekenaarmodel suksesvol aangepas kan word vir Suid-Afrikaanse toestande.

4.5 DOELSTELLING 4: DEMONSTREER DIE AANWENDING VAN DIE REKENAARPROGRAM VIR DIE VLOEDBESTUURBEPLANNING IN DIE ONDERSOEKGEBIED

4.5.1 Die gebruik van Anuflood vir die beraming van vloedskade

Al drie tipes hidrologiese data wat in Paragraaf 4.2.1 genoem is, kan deur Anuflood gebruik word om skade te beraam. In die eerste geval (wat normaalweg gevolg word) word van een stel hidrologiese data gebruik gemaak. Die dwarsnit by die motorbrug van Upington se hidrologiese inligting is gebruik. Hierdie inligting bestaan uit vloedfrekwensie en vloedhoogte.

Met hierdie metode is aangeneem dat die rivier 'n plat oppervlak het. Water het egter nie 'n gelyke oppervlak nie en as die hidrologiese data van so aard is dat 'n passing gemaak kan word om die ongelyke aard van wateroppervlakte in aanmerking te neem, kan die resultate meer betroubaar wees. Derdens kan die dorp in sones verdeel word. Vir elke sone kan afsonderlike hidrologiese inligting gebruik word.

4.5.1.1 Beraming van totale potensiële residensiële skade in Upington

Die eerste skadeberaming is gedoen deur van gepaste hidrologiese data gebruik te maak. Verskillende vloedlyne se skade is afsonderlik deur Anuflood bereken en die beraamde skade wat in Tabel 4.6 gegee word, wissel tussen ongeveer R988 000 vir 'n 1:5 jaar vloed en R10 500 000 vir die streeks maksimum vloed.

Tabel 4.6 Potensiële residensiële skade vir Upington vir verskillende voorkoms van vloede soos bereken deur Anuflood, 1993 (gepaste hidrologiese data)

Frekwensie in jaar	Potensiële skade (R)
1 in 5 ¹⁴	988 186
1 in 10	2 056 810
1 in 20	3 744 277
1 in 50	6 221 668
Streeksmaksimum vloed	10 513 970

Met die beraming van skade sonder die gepaste hidrologiese data en met slegs een stel hidrologiese data is bevind dat die skade vir alle vloede aansienlik minder is as die resultate van gepaste data. In Tabel 4.7 wissel die skade tussen R145 000 vir die 1:5 jaar vloed en R4 247 000 vir die streeksmaksimumvloed.

¹⁴ Frekwensie in jaar kan byvoorbeeld aangegee word as 1 in 5, 1:5 of 0,2.

Tabel 4.7 Potensiële residensiële skade in Uppington vir verskillende voorkoms van vloede soos bereken deur Anuflood, 1993 (nie-gepaste data)

Frekwensie in jaar	Potensiële skade (R)
1 in 5	145 194
1 in 10	211 746
1 in 20	432 411
1 in 50	1 028 034
Streeksmaksimum vloed	4 246 489

In die derde metode is die gebied in sones ingedeel en is ook van nie-gepaste data gebruik gemaak. Die skade is per sone bereken deur gebruik te maak van daardie spesifieke sone se hidrologiese inligting. Om die totale skade te bereken is die verskillende sones se skade gesommeer, soos in Tabel 4.8 voorgestel.

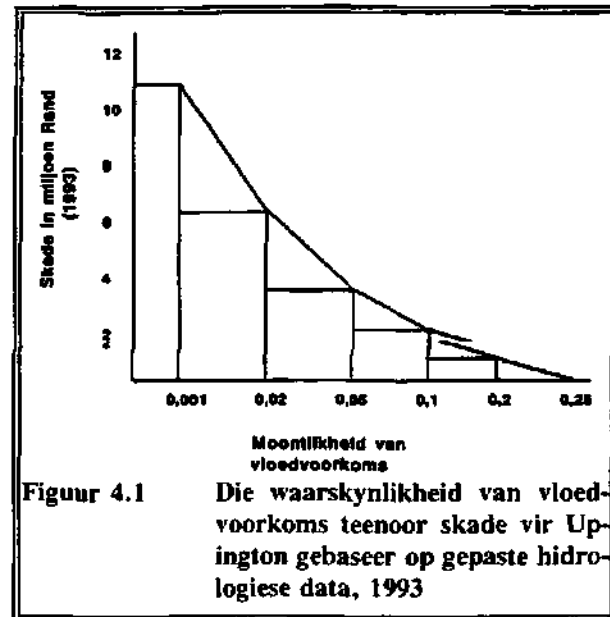
Tabel 4.8 Potensiële residensiële skade (R) in Uppington vir verskillende voorkoms van vloede soos bereken deur Anuflood, 1993 (skade per sone bereken, nie-gepaste data)

Frekwensie in jaar	Sone 1	Sone 2	Sone 3	Sone 4	Totale skade
1 in 5	36 895	187 738	561 975	489 462	1 276 070
1 in 10	47 148	314 570	1 617 075	400 159	2 378 952
1 in 20	79 275	732 123	2 230 923	863 465	3 905 786
1 in 50	241 045	1 539 319	3 111 393	1 210 632	6 102 389
Streeksmaksimum-vloed	851 185	3 175 514	4 185 723	7 858 204	16 070 626

Behalwe vir die 1 in 50 jaar vloed is die skade vir al die ander vloede groter as die beraming volgens gepaste data.

Om die gemiddelde jaarlikse skade van Uppington se residensiële sektor te bereken, is aanvaar dat vloede groter as die 1:4 jaar vloedskade sal veroorsaak. Die gemiddelde jaarlikse skade is bepaal deur die oppervlakte onder die kurwe (Figuur 4.1) bereken. Die oppervlakte van die

driehoek en reghoek onder die verskillende lynsegmente is gesommeer om die gemiddelde jaarlikse skade van R641 000 (gepaste data) vir Upington residensiële gebied te gee wanneer van gepaste hidrologiese data gebruik gemaak word.



Die gemiddelde jaarlikse skade vir die ander twee benaderings is op dieselfde metode bereken. Vir die nie-gepaste metode is die gemiddelde jaarlikse skade R113 842, terwyl dit vir die skade volgens sone metode R748 608 is. Daar is 'n groot verskil in skade tussen die beraming waar slegs van een sentrale dwarssnit se hidrologiese inligting gebruik gemaak is en die ander beramings. Die verskil in skade volgens sone en gepaste data, is relatief naby aan mekaar.

Omdat die gepaste hidrologiese inligting as meer akkuraat beskou word, word die skade vorentoe (behalwe waar anders gemeld) as skade aan die residensiële sektor gebruik.

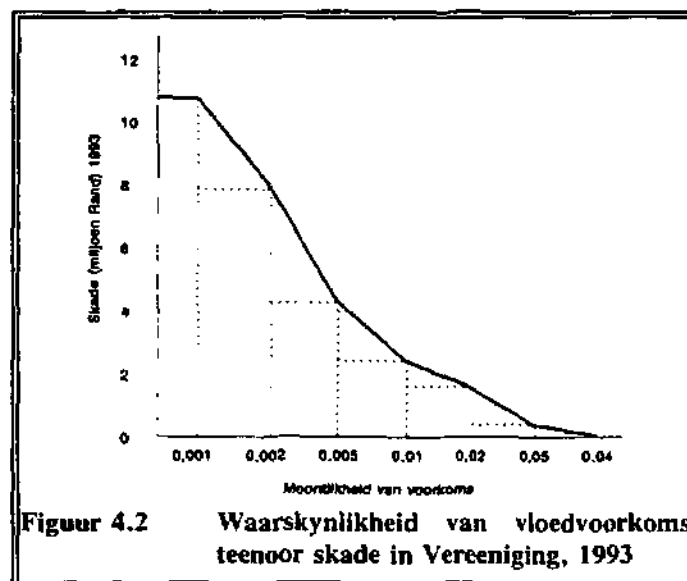
4.5.1.2 Beraming van totale potensiële skade in Vereeniging

In Tabel 4.9 word die residensiële skade soos deur Anuflood bereken, weergegee.

Tabel 4.9 Potensiële residensiële skade in Vereeniging residensiële sektor vir verskillende vloede soos bereken deur Anuflood, 1993

Frekwensie in jaar	Potensiële skade (R)
1 in 20	266 888
1 in 50	1 750 474
1 in 100	2 661 751
1 in 200	4 553 902
1 in 500	7 995 742
Streeksmaksimum vloed	10 744 770

Uit die tabel kan gesien word dat as 'n vloed met 'n frekwensie van 1:100 Vereeniging residensiële sektor tref die skade tussen R2 en R3 miljoen kan wees.



Om Vereeniging se residensiële gemiddelde jaarlikse skade te bereken word presies dieselfde benadering wat in Upington gebruik is, gevolg. In die geval is die skadeberaming volgens een stel hidrologiese inligting gedoen. Die resultate word in Tabel 4.10 en Figuur 4.2 weergegee.

Tabel 4.10 **Gemiddelde jaarlikse skade vir Vereeniging se residensiële sektor, 1993**

Frekwensie in jaar	Gemiddelde jaarlikse skade (R)
1 in 10	6 672
1 in 20	30 260
1 in 50	22 061
1 in 100	18 039
1 in 200	18 824
1 in 500	17 366
Streekmaksimum vloed	10 745
Totaal	123 968

In ooreenstemming met die bevinding in Upington mag hierdie 'n onderberaming van die gemiddelde jaarlikse skade vir Vereeniging se residensiële sektor wees. Sou die totaal vermenigvuldig word met die faktor (Upington residensiële skade volgens gepaste hidrologiese data/Upington se skade volgens een dwarsnit), dit wil se $641\,000/113\,842 = 5,63$ word 'n totale gemiddelde jaarlikse skade van R698 016 verkry. Hierdie getal kan egter weer 'n oorskatting van die skade wees, as Vereeniging se hidrologiese eienskappe anders as Upington sin is. In Upington kruis vloedlyne kontoerlyne terwyl die hidrologiese data wat in die model vir Vereeniging gebruik is, is vloedlyne op dieselfde kontoerlyn geneem. 'n Ondersoek sal gedoen moet word om te bepaal of laasgenoemde die geval is. 'n Rede wat verder kan bydra hoekom Upington se gemiddelde jaarlikse skade soveel meer is as in Vereeniging, is omdat by die skadeberaming in Vereeniging meer gebruik gemaak word van vloede met kleiner waarskynlikhede.

4.5.2 Die gebruik van Anuflood in die evaluering van vloedskadeverminderingsmaatreëls

4.5.2.1 Upington residensiële sektor

In hierdie gedeelte word verskillende vloedskadeverminderingsmaatreëls in die residensiële sektor getoets. Eerstens word Upington ondersoek en drie verskillende maatreëls, t.w. vloedverskansing, vloedwalle en bouregulasies geëvalueer. Vloedverskansing is die toemaak van venster, deure en ander openinge wat in 'n struktuur kan voorkom. Dit kan byvoorbeeld met sandsakke of staalskanse gedoen word.

Vloedverskansing word vir 0,5m, 1m en 2m gesimuleer. In Tabel 4.11 word die voordeel of vermindering in skade wat deur verskillende hoogtes van vloedverskansing veroorsaak word, getoon. 'n Verskansing van 1m kan die skade wat deur 'n vloed met frekwensie van 1:20 veroorsaak word, met nagenoeg R1 500 000 verminder. Twee tendense is uit die tabel duidelik, naamlik namate die vloedverskansing verhoog neem die voordeel wat behaal word vir alle vloede toe. Die verhoudelike voordele (teenoor residuele skade) neem egter af vir groter vloede.

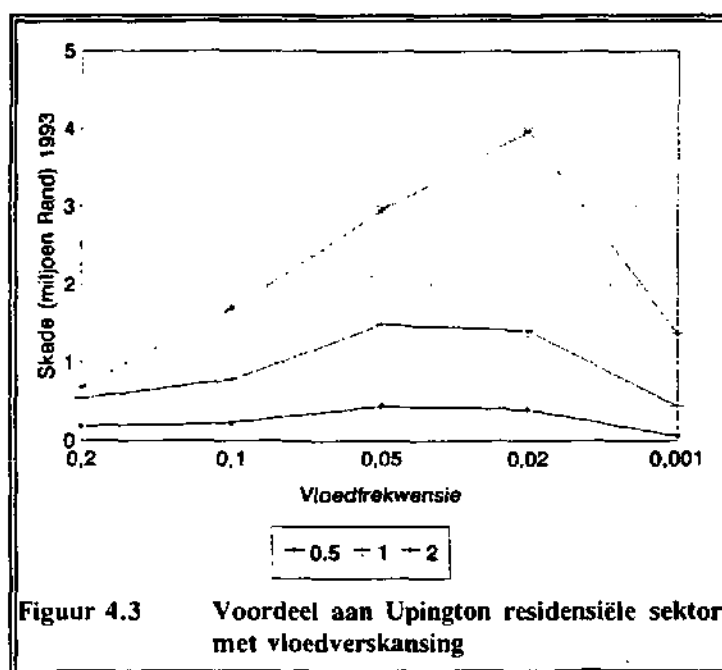
Tabel 4.11 Die impak van vloedverskansing (R) as vloedskadeverminderingsmaatreël op die Upington residensiële sektor, 1993

Frekwensie in jaar	0,5m		1m		2m	
	Residuele skade *	Voordeel **	Residuele skade *	Voordeel **	Residuele skade *	Voordeel **
1:5	803 601	184 585	446 113	542 073	307 966	680 220
1:10	1 830 795	226 015	1 272 326	784 484	363 906	1 692 904
1:20	3 299 886	444 391	2 263 219	1 481 058	799 282	2 944 995
1:50	5 825 957	395 711	4 822 193	1 399 475	2 255 203	3 966 465
1:1000	10 457 100	56 870	10 072 430	441 540	9 143 747	1 370 223

* Residuele skade is skade wat plaasvind met verskansing

** Voordeel is die skadevermindering as gevolg van die vloedverskansing

Figuur 4.3 illustreer die tendense en toon byvoorbeeld dat die voordeel wat uit vloedverskansing behaal kan word tot en met 'n 1:50 vloedfrekwensie vermeerder, waarna dit verminder



In Tabel 4.12 is die resultate van Tabel 4.11 na jaarlikse gemiddelde skade verwerk sodat dit

met die resultate van vloedwalle (Tabel 4.13) vergelyk kan word.

Tabel 4.12 Die invloed van vloedverskansing op jaarlikse gemiddelde skade vir Upington residensiële sektor

Vloedverskansing	Residuele skade (R)	Vermindering in skade (R)
0,5 m	582 111	58 862
1 m	443 316	197 657
2 m	233 623	407 350

In Tabel 4.13 word vermindering in gemiddelde jaarlikse skade wat deur die oprigting van vloedwalle te weeg gebring kan word, uitgewys. Vloedwalle word in terme van die frekwensie vloed wat die wal uithou, geklassifiseer. 'n Vloedwal wat 'n vloed met 'n frekwensie van 1:20 (dit wil sê 'n 1:20 vloedwal) uithou, veroorsaak 'n vermindering in jaarlikse skade van ongeveer R452 000. Hierdie skadevermindering sal volgens Tabel 4.12 byna behaal kan word met 'n effektiewe 2m vloedverskansing.

Tabel 4.13 Die impak van vloedwalle as vloedskadeverminderingsmaatreël op gemiddelde jaarlikse skade van die Upington residensiële sektor, soos deur Anuflood bepaal, 1993

Frekwensie in jaar	Residuele skade (R)	Vermindering in skade (R)
1 in 5	359 976	280 997
1 in 10	273 767	367 206
1 in 20	188 783	452 190
1 in 50	99 325	541 648
1 in 1000	6 072	634 901

Dit moet ingedagte gehou word dat slegs die voordele van die vloedskadeverminderingsmaatreëls uitgewys word. Die koste implikasies geniet nie aandag nie en alhoewel 'n vloedwal wat 'n 1:1000 jaar vloed kan uithou potensiële jaarlikse skade van R634 901 kan voorkom, moet nog ondersoek word of so 'n wal in die praktyk opgerig kan

word en of dit koste effektief is.

Deur van die "house clearing" opsie in Anuflood gebruik te maak, kan keuse van bouregulasies getoets word. Die vraag kan gevra word: wat sou die skade gewees as daar 'n regulasie in Uppington was dat geen huise onder die 1:20 jaar vloedlyn gebou mag gewees het nie? As die huise tot en met die 1:20 jaar vloedlyn weggeneem word, is die gemiddelde jaarlikse skade R431 685. Dit is 'n vermindering in skade van R219 288 per jaar.

4.5.2.2 Vereeniging residensiële sektor

Dieselfde maatreëls wat in Uppington ondersoek is plus vloedwaarskuwing, word in Vereeniging geëvalueer.

Vloedverskansing is vir 0,5m, 1m en 2m gesimuleer. Die effek van verskansing word in Tabel 4.14 geïllustreer. Die oprigting van 'n 0,5m verskansing verminder die skade wat deur 1:100 vloed aangerig word met R372 000, terwyl 'n 2m verskansing die skade verminder met nagenoeg R639 000. Dieselfde tendens kom by Uppington voor, behalwe dat vir "kleiner" vloede (tot 1:200 jaar) 0,5 m en 1 m verskansing ewe effektief is.

Tabel 4.14 Die impak van vloedverskansing (R) as vloedskade verminderingsmaatreël op die skade in Vereeniging se residensiële sektor, 1993

Frekwensie in jaar	0.5m		1m		2m	
	Residuele skade *	Voordeel **	Residuele skade *	Voordeel **	Residuele skade *	Voordeel **
1 in 20	266 888	0	266 888	0	0	266 888
1 in 100	2 289 917	371 834	2 289 917	371 834	2 023 030	638 721
1 in 200	4 362 507	191 395	4 362 507	191 395	2 466 357	2 087 545
1 in 500	7 569 354	426 388	7 267 719	728 023	5 156 926	2 838 816
1 in 1000	10 652 250	92 520	10 388 760	356 010	8 632 932	2 111 838

* Residuele skade is skade wat plaasvind met verskansing

** Voordeel is die skadevermindering as gevolg van die vloedverskansing

In Tabel 4.15 word die impak van vloedverskansing op die gemiddelde jaarlikse skade van die residensiële sektor van Vereeniging aangetoon. Dit blyk dat die skadevermindering aansienlik minder as by Upington is. Soos reeds genoem kan dit veroorsaak word deur 'n onderskatting van die skade in Vereeniging.

Tabel 4.15 Die impak van vloedverskansing op die gemiddelde jaarlikse skade van Vereeniging residensiële sektor

Vloedverskansing	Residuele skade	Vermindering in skade (R)
0,5 m	119 670	4 316
1m	118 669	5 599
2 m	83 803	40 165

Ook by vloedwalle word dieselfde benadering wat in Upington gevolg is, word ook in Vereeniging (Tabel 4.15) gevolg. 'n Vloedwal wat 'n vloed met 'n frekwensie van 1:200 jaar uithou, veroorsaak 'n vermindering van nagenoeg R77 000 per jaar. Dit is 62 persent van totale gemiddelde jaarlikse skade.

Tabel 4.16 Die impak van vloedwalle as vloedskadeverminderingsmaatreël op die Vereeniging residensiële sektor, 1993

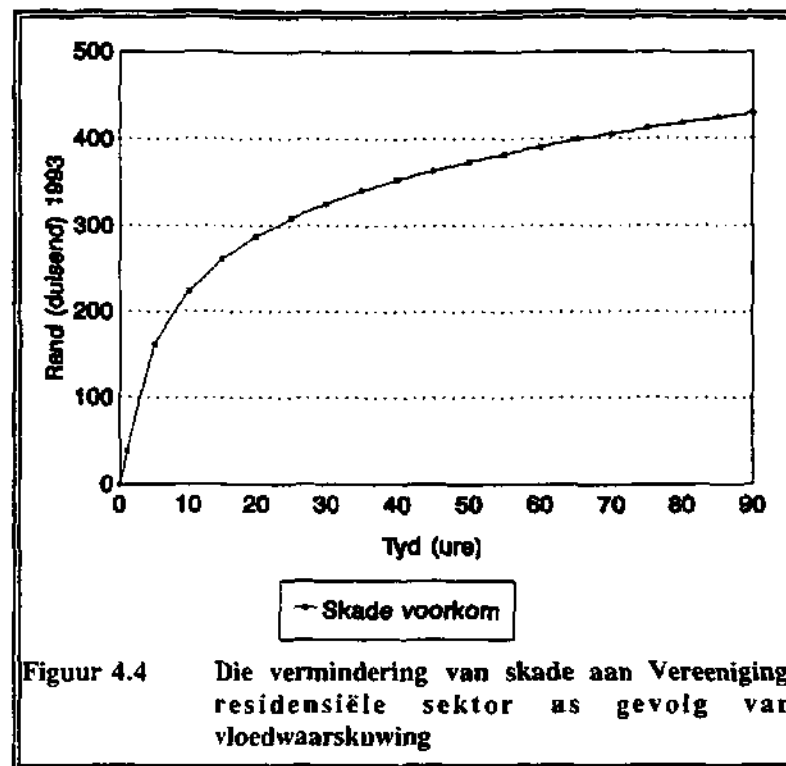
Frekwensie in jaar	Residuele gemiddelde jaarlikse skade (R)	Vermindering in skade (R)
1 in 20	117 296	6 672
1 in 50	87 036	36 932
1 in 100	64 974	58 994
1 in 200	46 935	77 033
1 in 500	28 111	95 857
1 in 1000	10 745	113 223

Uit Tabel 4.15 en 4.16 kan afgelei word dat 0,5 en 1 m verskansing nagenoeg dieselfde effektiwiteit as 'n vloedwal wat 'n 1:20 jaar vloed uithou het en dat 2 m verskansing dieselfde effektiwiteit as 1:50 jaar vloedwal. Verder kan uit die verhouding tussen die voordeel behaal en die totale jaarlikse gemiddelde skade gesien word dat vloedverskansing meer effektief in Upington as in Vereeniging vir al drie hoogtes van vloedverskansing is. Vir 0,5 m verskansing is die verhouding in Upington 0,09 en Vereeniging 0,04, vir 1 m is dit in Upington 0,31 en Vereeniging 0,05 en vir 2 m verskansing is die verhouding in Upington 0,64 en Vereeniging 0,32. Verdere ondersoek is nodig om vas te stel of vloedverskansing regtig meer effektief in Upington as Vereeniging is.

Die 1:50 jaar vloedlyn wat gekoppel word aan die 1974 vloede word as vloedlyn getoets om invloed van bouregulasies te evalueer. Skadepotensiaal kan met R45 685 per jaar verminder as ontwikkeling tot bo die 1:50 vloedlyn beperk was.

Deur die werklike/potensiële skadekoersvergelyking te gebruik, kan die effek van die vermeerdering in effektiwe waarskuwingstyd van 12 uur na byvoorbeeld 20 uur getoets word. Met 'n waarskuwing van 12 uur is die werklike skade vir 'n vloed van 1:50 jaar R1 500 000, met 'n waarskuwingstyd van 14 uur R1 495 000 en met 20 uur R1 463 000.

In Figuur 4.4 word die voordeel wat uit die vermeerdering in waarskuwingstyd behaal word, getoon en daar kan gesien word dat die invloed van waarskuwingstyd die grootste gedurende die eerste 10 tot 20 uur is.



Omdat die eerste paar uur so belangrik is, is dit nodig dat waarskuwing en die reaksie daarop so effektief as moontlik moet wees. Belangrikheid van opvoeding kan nie oorbeklemtoon word vir effektiewe resultate nie, veral as mens na die Vereenigingsituasie kyk. Uit die 98 vraelyste wat voltooi is, het dit geblyk dat nie een huishouding geweet het wat die wyse van waarskuwing in Vereeniging is nie. Twee en sestig persent het nie geweet met watter metode hulle gewaarsku sal word nie en 38 persent het die verkeerde antwoord gegee. In Smith se aanbieding oor stedelike vloedskadeberaming (1993) beveel hy aan dat 'n verskeie bronne vir vloedwaarskuwing nodig is. Die beste metode is om van deur tot deur (metode word wel deur Vereeniging se burgerlike beskerming gebruik) die boodskap oor te dra.

4.5.2.3 Kommersiële vloedskadevoorkomingsmaatreëls (Vereeniging)

In hierdie gedeelte word vloedskadeverminderingsmaatreëls in die Vereeniging kommersiële sektor bespreek. Alhoewel skade aan die kommersiële sektor eers met seldsame vloede sal

voorkom, word die verskillende vloedskadeverminderingsmaatreëls tog deur Anuflood getoets.

Die eerste maatreël wat deur Anuflood getoets word, is **vloedverskansing**. Soos reeds genoem is vloedverskansing die oprigting van strukture voor openinge soos deure en vensters. Vloedverskansing van onderskeidelik 0,5 m, 1 m en 2 m is vir die kommersiële aktiwiteite ondersoek. Tabel 4.17 is die resultaat van die oefening.

Tabel 4.17 **Impak van vloedverskansing (R) op die Pick en Pay Sentrum in die Three Rivers woonbuurt, 1993**

Frekwensie in jaar	0,5m		1m		2m	
	Residuele skade *	Voordeel **	Residuele skade *	Voordeel **	Residuele skade *	Voordeel **
1 in 200	3 065 336	0	0	3 065 336	0	3 065 336
1 in 500	10 615 130	0	10 615 130	0	10 615 130	0
1 in 1000	12 093 770	0	12 093 770	0	12 093 770	0

* *Residuele skade is skade wat plaasvind met verskansing*

** *Voordeel is die skadevermindering as gevolg van die vloedverskansing*

0 = *Geen voordeel word uit vloedverskansing behaal*

Daar kan van Tabel 4.17 afgelei word dat vloedverskansing van 1 en 2 meter slegs vir die 1:200 jaar vloed sal help. Met vloede groter as 1:200, het vloedverskansing geen invloed nie. Die 0,5m verskansing is onvoldoende vir 1:200 jaar vloed.

In Tabel 4.18 word die impak van vloedverskansing vir ondernemings wat in die sentrale sake gebied geleë is, uitgewys.

Tabel 4.18 Impak van vloedverskansing (R) vir ondernemings wat in die sentrale sakegebied van Vereniging oorstrom, 1993

Frekwensie in jaar	0,5m		1m		2m	
	Residuele skade *	Voordeel **	Residuele skade *	Voordeel **	Residuele skade *	Voordeel **
1 in 500	771 302	0	0	771 302	0	771 302
1 in 1000	2 634 634	0	2 634 634	0	2 634 634	0

* *Residuele skade is skade wat plaasvind met verskansing*

** *Voordeel is die skadevermindering as gevolg van die vloedverskansing*

0 = *Geen voordeel word uit vloedverskansing behaal*

Vloedverskansing van 1 en 2 meter behoort vloedwater tot en met die 1:500 jaar vloed uit ondernemings in die sentrale sake gebied van Vereniging te hou.

In Tabel 4.19 word die impak van vloedverskansing op die gemiddelde jaarlikse skade van die kommersiële sektor in Vereniging opgesom. Dit is byvoorbeeld duidelik dat vloedverskansing van 1m gemiddelde jaarlikse skade vir die winkelsentrum in Three Rivers van R46 428 tot ongeveer R34 233 verminder, 'n vermindering van nagenoeg R12 000 per jaar.

Tabel 4.19 Die impak van vloedverskansing (R) as vloedskadeverminderingsmaatreël op die gemiddelde jaarlikse skade van Vereeniging se kommersiële sektor, 1993

Besighede	Gemiddelde jaarlikse skade			
	Sonder vloed- verskansing	0,5m vloedver- skansing	1m vloed- verskansing	2m vloed- verskansing
Three Rivers	46 428	41 871	34 233	20 574
Sentrale sake gebied	4 570	4 316	3 825	2 684
Peace Haven	581	557	512	378

Nog 'n maatreël wat skade kan voorkom, is die oprigting **vloedwalle** om die besigheidsentrums. Anuflood kan egter nie die maatreël toets nie, maar as daar aanvaar word dat 'n vloedwal van 1m die eiendomme in der waarheid met een meter lig dan kan Anuflood die maatreël evalueer. 'n Opsie in Anuflood wat al die eiendom op 'n hoër vlak plaas is gebruik en resultate van Tabel 4.20 en Tabel 4.21 is verkry. Dit moet ingedagte gehou word dat die gevolge van oorstroming van hierdie walle nie in aanmerking geneem is nie. Deurdat die sleurkrag van die water dan verhoog mag die skade van 'n groter vloed as wat die wal kan inhou erger wees as sonder die vloedwalle.

Tabel 4.20 Die effek van vloedwalle op skade (R) aan kommersiële besigheidsentra (Three Rivers), 1993

Frekwensie in jaar	Skade sonder wal	Skade (wal van 0.5m)	Skade (wal van 1m)
1 in 200	3 065 336	0	0
1 in 500	10 615 130	7 235 848	6 032 499
1 in 1000	12 093 770	12 093 770	12 093 770

0 = Geen voordeel word uit vloedwalle behaal

Tabel 4.21 Die effek van vloedwalle op skade (R) aan kommersiële besigheidsentra (Sentrale Sake gebied), 1993

Frekwensie in jaar	Skade sonder wal	Skade (wal van 0,5m)	Skade (wal van 1m)
1 in 200	0	0	0
1 in 500	711 302	0	0
1 in 1000	2 634 634	2 634 634	2 634 634

0 = Geen voordeel word uit vloedwalle behaal

In die geval by die winkelsentrum in Three Rivers en die Sentrale Sakegebied het walle tot 1m geen impak op 'n vloed met 'n frekwensie van 1:1000 nie.

Alhoewel die besigheidsentra relatief ver van die Vaalrivier geleë is, kan vloedwaarskuwing 'n groot rol speel om skade te verminder. Omdat die eienaars van die besighede nie vloedondervinding het nie, is opleiding en opvoeding egter belangrik om sukses met waarskuwing te behaal. Hierdie opleiding kan begin word deur kaarte van die vloedgevaar aan die ondernemings beskikbaar te stel.

Die effek van die vermeerdering in effektiewe waarskuwingstyd van 12 na 20 uur word in Tabel 4.22 getoon. Dit blyk dat die voordeel groter word, namate die vloed groter word.

Tabel 4.22 Die effek (R) van vermeerdering in waarskuwingstyd van 12 uur na 20 uur op kommersiële skade in Vereeniging, 1993

Frekwensie in jaar	Potensiële skade	Werklike skade (waarskuwings-tyd van 12 uur)	Skade met waarskuwings tyd van 20 uur	Vermindering in werklike skade met 20 uur waarskuwingstyd
1 in 200	3 065 336	2 084 429	1 900 508	183 921
1 in 500	11 386 430	7 742 277	7 059 587	682 690
1 in 1000	14 728 410	10 015 319	9 131 614	883 705

4.5.2.4 Industriële vloedskadevoorkomingsmaatreëls (Vereeniging)

Twee strukturele maatreëls wat in die geval van Vereeniging oorweeg kan word, is vloedverskansing of die bou van vloedwalle. Met die oprigting van 1m vloedverskansing of die bou van 1m vloedwal kan die gemiddelde jaarlikse skade verminder word van R653 000 na R338 000. Dit is 'n vermindering van R315 000 per jaar. Vloedverskansing kan byvoorbeeld in die vorm van staalplate wees wat alle ingange na die geboue teen vloedwater afseël.

4.6 SAMEVATTING

In hierdie hoofstuk is vier hoof doelstellings van die projek vir stedelike gebiede behandel. Vir elke doelstelling is aangetoon hoe daar in die navorsing daaraan uitvoering gegee is. Eerstens is aangetoon dat dit moontlik was om vloedskadefunksies vir verskillende grondgebruike in Upington en Vereeniging te bepaal. Tweedens is aangetoon dat dit moontlik was om die Anuflood rekenaarmodel wat in Australië ontwikkel is vir Suid-Afrika aan te pas. Laastens is die gebruikswaarde van die vloedskadefunksies en rekenaarmodel geïllustreer deur skade vir verskillende grootte vloede in die ondersoekgebiede te beraam en te toon watter voordeel met verskillende vloedskadeverminderingsmaatreëls behaal kan word. Uit die ondersoek is dit duidelik dat goei en volledige hidrologiese data belangrik is om akkurate beraming van skade te maak.

Daar sal in verdere navorsing gepoog word om nasionale (wat toepasbaar oor die hele land is) vloedskadefunksies en funksies vir alternatiewe grondgebruike te ontwikkel. Met hierdie projek is potensiële skade net vir residensiële, kommersiële en industriële skade beraam. Alternatiewe grondgebruike soos munisipale infrastruktuur sal ook ondersoek moet word. In Deel 3 van die verslag word die ontwikkeling van die vloedskadefunksies en die rekenaarprogram om

BYLAE 1

INHOUDSOPGAWE VAN DEEL 2 - BESPROEIINGSGEBIED

INHOUDSOPGAWE

BLADSY

HOOFSTUK 1

INLEIDING, MOTIVERING EN DOELSTELLINGS

1.1	INLEIDING	1
1.2	MOTIVERING EN PROBLEEMSTELLING	2
1.3	DOELSTELLINGS	3
1.3.1	Ontwikkeling van verliesfunksies	4
1.3.2	Ontwikkeling van rekenaardatabasis	4
1.3.3	Ontwikkel rekenaarmodel	5
1.3.4	Voordeel-koste-analise	5
1.4	ONDERSOEKGEBIED	6
1.5	SAMESTELLING VAN DIE VERSLAG	6

HOOFSTUK 2

NAVORSINGSPROSEDURE EN TEORETIESE RAAMWERK

2.1	INLEIDING	10
2.2	NAVORSINGSPROSEDURE	10
2.2.1	Literatuurstudie	10
2.2.2	Insameling van data	11
2.2.2.1	Verliesfunksiedata	11
2.2.2.2	Grondgebruiksdata	12
2.2.2.3	Hidrologiese data	12
2.2.2.4	Noodwaldata	13
2.2.2.5	Residensiële data	13
2.2.2.6	Topografiese en geografiese data	14
2.2.3	Verwerking van data	14
2.3	TEORETIESE RAAMWERK EN BEGRIPSOMSKRYWING	14
2.3.1	Vloed	15
2.3.2	Vloedvlaktes	15
2.3.3	Vloedskade	16
2.3.4	Vloedskadebeheermaatreëls	17
2.3.5	Vloedskadebeheervoordele as onderdeel van die menslike behoefte	19
2.3.6	Optimum kombinasie van vloedskadebeheermaatreëls en optimum peil van vloedskadebeheer	21
2.4	VLOEDSKADEFUNKSIES	25
2.5	MAATSTAWWE OM VLOEDSKADE TE MEET	26

BLADSY

2.5.1	Tasbare skade	27
2.5.2	Nie-tasbare skade	30
2.6	OPSOMMING	31

HOOFSTUK 3

OMSKRYWING EN ONTWIKKELING VAN VLOEDSKADESIMULASIEMODELLE

3.1	INLEIDING	33
3.2	VERIFIKASIE EN VALIDASIE	35
3.2.1	Voorgestelde modelvalidasie	36
3.2.2	Gerekenariseerde modelverifikasie	36
3.2.3	Operasionele validasie	36
3.2.4	Datavalidasie	37
3.3	BENADERING OM VLOEDSKADE TE BEPAAL	37
3.4	ONTWIKKELING VAN VLOEDSKADESIMULASIEMODELLE VIR GE- BRUIK IN VLOEDBEHEERBEPLANNING	39
3.4.1	Matriksbenadering	40
3.4.1.1	Grondgebruikspatroon	40
3.4.1.2	Finansiële veranderlikes	41
3.4.1.2.1	Vloedfrekwensie	41
3.4.1.2.2	Vloedvoorkoms	41
3.4.1.2.3	Bruto marge	43

BLADSY

3.4.1.2.4	Vestigingskoste	44
3.4.1.2.5	Gewasskade	44
3.4.1.2.6	Grondskade	45
3.4.1.2.7	Vermenigvuldigers	45
3.4.1.3	Verliesfunksies	45
3.4.1.4	Diepte van oorstroming	46
3.4.1.5	Oppervlakte	47
3.4.1.6	Resultate deur middel van berekenings	49
3.4.1.7	Totale gemiddelde jaarlikse skade (MAD)	49
3.4.1.8	Rekenaarkapasiteit (RAM)	49
3.4.2	Geografiese Inligtingstelsel (GIS)	50
3.4.2.1	Ontwikkeling van GIS-model	52
3.4.2.1.1	Kaartprojeksies	54
3.4.2.1.2	Databasisse (coverages)	57
3.4.2.1.3	Hardeware	63
3.5	EVALUERING VAN MODELLE	64
3.5.1	Matriksmodel	64
3.5.2	GIS-model	65
3.5.3	Aanbevelings	66
3.6	OPSOMMING	67

HOOFSTUK 4

BEPALING VAN VLOEDSKADEFUNKSIES VIR DIE LANDBOUSEKTOR

4.1	INLEIDING	68
4.2	VLOEDSKADEFAKTORE	69
4.2.1	Grondgebruiktipies	72
4.2.2	Wingerd	72
4.2.2.1	Kultivars	72
4.2.2.2	Oesskade	73
4.2.2.2.1	Oesdatum	73
4.2.2.2.2	Persentasie van die oes reeds afgehaal/ geoes	76
4.2.2.2.3	Oesdoeleindes	77
4.2.2.2.4	Prieeilstelsels	78
4.2.2.2.5	Diepte en duurre van oorstroming	79
4.2.2.2.6	Reënskade	80
4.2.2.3	Gewasskade	82
4.2.2.3.1	Gedrag van 'n vloed	83
4.2.2.3.2	Ligging	84
4.2.2.3.3	Plantrigting	85
4.2.2.3.4	Geënte teenoor nie-geënte stokke	85
4.2.2.3.5	Diepte en duurre van oorstroming	86
4.2.2.3.6	Skade veroorsaak deur voorwerpe	88
4.2.2.4	Prieeilstelselskade	88
4.2.2.5	Grondskade	89

BLADSY

4.2.3	Wisselbou	92
4.2.3.1	Oesskade	92
4.2.3.1.1	Oesdatum	93
4.2.3.1.2	Persentasie reeds geoes	93
4.2.3.1.3	Diepte en duurt van oorstroming	94
4.2.3.2	Grondskade	95
4.2.4	Noodwalle	95
4.3	AANNAMES VIR DIE BEPALING VAN VERLIESFUNKSIES	97
4.3.1	Totale lewerings	97
4.3.2	Graderingontledings vir beide wyn- en rosyntjekultivars	100
4.3.2.1	Wynkultivars	100
4.3.2.2	Sultana	102
4.4	KONSTRUERING VAN VERLIESFUNKSIES	106
4.4.1	Oeskade	107
4.4.2	Gewasskade	109
4.4.3	Grondskade	112
4.5	BEPALING VAN VLOEDSKADE MET NOODWALLE	118
4.5.1	Maksimum vloei tussen noodwalle	119
4.5.2	Opvolgwerk ten opsigte van noodwalle	120
4.5.3	Hantering van noodwalle binne ondersoekgebied	121
4.5.3.1	Noodwalkoste	121
4.6	OPSOMMING	123

HOOFSTUK 5

TOTALE DIREKTE VLOEDSKADE VIR DIE LANDBOUSEKTOR

5.1	INLEIDING	125
5.2	PRYSONTLEDINGS VIR BEIDE DROOG- EN WYNDOELEINDES	126
5.2.1	Sultana	126
5.2.1.1	Rand per vars ton	128
5.2.2	Wyndruiwe	131
5.3	GEWASBEGROTINGS	132
5.3.1	Wingerd	132
5.3.2	Wisselbou	133
5.4	METODOLOGIE VIR DIE BEREKENING VAN TOTALE DIREKTE VLOEDSKADE	135
5.4.1	Totale direkte oesskade	135
5.4.1.1	Inkomste sonder 'n vloed	136
5.4.1.2	Inkomste met 'n vloed	137
5.4.1.3	Kostebesparing as gevolg van 'n vloed	137
5.4.1.4	Totale direkte oesskade per hektaar	138
5.4.2	Totale direkte gewasskade	138
5.4.3	Totale direkte grondskade	139
5.4.4	Totale gemiddelde jaarlikse direkte vloedskade	139

5.5	BERAMING VAN TOTALE DIREKTE VLOEDSKADE VIR DIE ONDERSOEKGEBIED	141
5.5.1	Beraming van totale gemiddelde jaarlikse direkte vloedskade vir die landbousektor sonder noodwalle	142
5.5.2	Beraming van totale gemiddelde jaarlikse direkte vloedskade vir die landbousektor met noodwalle	143
5.6	OPSOMMING	146

HOOFSTUK 6

TOTALE DIREKTE EN INDIREKTE VLOEDSKADE VIR ONTWIKKELINGSTREEK B

6.1	INLEIDING	148
6.2	OMSKRYWING EN ONTWIKKELING VAN 'N METODOLOGIE VIR DIE BEPALING VAN DIE TOTALE (DIREKTE EN INDIREKTE) VLOEDSKADE VIR ONTWIKKELINGSTREEK B	149
6.2.1	Inset-uitsetontledings: 'n Teoretiese oorsig	149
6.2.1.1	Aannames en beperkings	153
6.2.2	Aannames vir die sekondêre effekte van vloede	155
6.2.3	Suid-Afrikaanse ekonomie	155

6.3	NETTO TOTALE GEMIDDELDE JAARLIKSE (DIREKTE EN INDIREKTE) VLOEDSKADE VIR ONTWIKKELINGSTREEK B	157
6.3.1	Uitsetvermenigvuldigers	158
6.3.2	Berekening van netto totale gemiddelde jaarlikse (direkte en indirekte) vloedskade vir Ontwikkelingstreek B	165
6.3.3	Sekondêre gevolge van vloede in Ontwikkelingstreek B op ander sektore	166
6.4	OPSOMMING	168

HOOFSTUK 7

TOTALE DIREKTE EN INDIREKTE VLOEDSKADE VIR DIE RSA

7.1	INLEIDING	170
7.2	OMSKRYWING EN ONTWIKKELING VAN 'N METODOLOGIE VIR DIE BEPALING VAN DIE TOTALE (DIREKTE EN INDIREKTE) VLOEDSKADE VIR DIE RSA	172
7.2.1	Inset-uitsettabel: RSA in geheel	172
7.2.2	Totale impak van vloede uit 'n nasionale gesigspunt	173
7.2.2.1	Prosedure wat gevolg word vir die bepaling van die totale impak van vloede uit 'n nasionale gesigspunt ...	173
7.2.2.2	Skaduprysaanpassing	175
7.2.2.2.1	Bepaling van skadupryse	177
7.2.2.2.2	Benaderings om skadupryse te bepaal ...	180

BLADSY

7.2.3	Beraming van skadupryse in die ondersoekgebied	182
7.3	NETTO TOTALE (DIREKTE EN INDIREKTE) GEMIDDELDE VLOED- SKADE PER JAAR VIR DIE RSA	183
7.4	OPSOMMING	185

HOOFSTUK 8

VLOEDSKADEBEHEERMAATREëLS VIR OPTIMALE VLOEDBEHEER EN VLOED- BEHEERBEPLANNING

8.1	INLEIDING	186
8.2	ALTERNATIEWE VLOEDBEHEER- EN VLOEDSKADEBEHEERMAAT- REëLS	188
8.2.1	Strukturele maatreëls	188
8.2.2	Nie-strukturele maatreëls	189
8.2.2.1	Grondgebruiksbeplanning	189
8.2.2.2	Vloedverskansing (flood proofing)	190
8.2.2.3	Vloedwaarskuwingstelsel	191
8.2.2.4	Permanente ontruiming	192
8.2.2.5	Vloedversekering	192
8.2.2.6	Ander beheermaatreëls	197
8.2.2.7	Oorsigtelike evaluering van die maatreëls	198

BLADSY

8.3	VLOEDBEHEER- EN VLOEDSKADEBEHEERMAATREëLS VIR DIE ONDERSOEKGEBIED	199
8.3.1	Grondgebruikbestuur	200
8.3.2	Noodwalontleding	203
8.3.3	Dambestuur	205
8.3.4	Versekeringspremie	207
8.4	SENSITIWITEITSANALISE	208
8.4.1	Prys- en graderinganalise	208
8.4.2	Toleransies	210
8.5	VISUELE VOORSTELLING	212
8.6	OPSOMMING	217

HOOFSTUK 9

OPSOMMING, GEVOLGTREKKINGS EN VOOR- STELLE

9.1	INLEIDING	219
9.2	OPSOMMING	219
9.2.1	Aspekte ter sprake by vloedskade	219
9.2.2	Metodologiese raamwerk vir die bepaling van totale direkte vloed- skade	221
9.2.3	Vloedskadesimulasiemodelle	223
9.2.4	Verliesfunksies	225
9.2.5	Resultate	226
9.2.5.1	Totale gemiddelde direkte vloedskade	227
9.2.5.2	Totale gemiddelde jaarlikse direkte en indirekte vloed- skade	227

BLADSY

9.3	GEVOLGTREKKINGS	229
9.4	VOORSTELLE VIR VERDERE NAVORSING	232
	BRONNELYS	234

BYLAE A: UITLEG VAN GRONDGEBRUIKDATABASIS VIR
MATRIKSMODEL

BYLAE B: GEWASBEGROTINGS VIR DIE ONDERSOEKGEBIED TUSSEN
GIFKLOOFSTUWAL EN DIE MANIE CONRADIEBRUG BY
KANONEILAND VIR 1992-PRODUKSIEJAAR

BYLAE C: MEESTER "TIC" LÊER VIR DIE ONDERSOEKGEBIED TUSSEN
GIFKLOOFSTUWAL EN DIE MANIE CONRADIEBRUG BY
KANONEILAND

BYLAE D: WATERVLA KHOOGTES VIR DIE ONDERSOEKGEBIED TUSSEN
GIFKLOOFSTUWAL EN DIE MANIE CONRADIEBRUG BY
KANONEILAND VIR VLOEDE MET VERSKILLEND E WAAR-
SKYNLIKHEDE

BYLAE E: OESSKADEVERLIESFUNKSIES VIR DIE ONDERSOEKGEBIED
TUSSEN GIFKLOOFSTUWAL EN DIE MANIE CONRADIEBRUG
BY KANONEILAND, 1992

BYLAE 2

INHOUDSOPGAWE VAN DEEL 3 - STEDELIKE GEBIED

INHOUDSOPGAWE

BLADSY

HOOFSTUK 1

AGTERGROND

1.1	INLEIDING	1
1.2	VLOEDE	2
1.2.1	Vloede veroorsaak deur reënval	2
1.2.2	Die bydrae van die opvanggebied tot vloedvorming	3
1.3	VERSTEDELIKING EN VLOEDE	4

HOOFSTUK 2

VLOEDSKADENAVORSING

2.1	INLEIDING	6
2.2	FAKTORE WAT VLOEDSKADE BEÏNVLOED	8
2.3	DIE BERAMING VAN VLOEDSKADE	9
2.3.1	Benadering vir historiese vloedskadeberaming	9
2.3.2	Voorspelling van toekomstige vloedskade (situasie-simulasie)	10
2.3.3	Die gebruik van vloedskadefunksies in die beraming van vloedskade	11
2.4	DIE GEOGRAAF EN VLOEDSKADENAVORSING	13
2.5	NAVORSINGSONTWERP	16
2.5.1	Probleemstelling	16
2.5.2	Doelstellings	17
2.5.3	Hipotese	17
2.5.4	Studiegebied	17
2.5.5	Navorsingsprosedure	19
2.6	SAMESTELLING VAN DIE VERSLAG	22

HOOFSTUK 3

KONSTRUERING VAN VLOEDSKADEFUNKSIES VIR DIE RESIDENSIËLE SEKTOR

3.1	INLEIDING	23
3.2	DIE ONTWIKKELING VAN STRUKTUURSKADEFUNKSIE VIR DIE RESIDENSIËLE SEKTOR	23
3.2.1	Die gebruik van werklike vloeddata	24
3.2.2	Deskundige menings	28
3.3	DIE ONTWIKKELING VAN INHOUDSKADEFUNKSIES VIR DIE RESIDENSIËLE SEKTOR	32
3.4	UPINGTON RESIDENSIËLE SKADEFUNKSIE	33
3.4.1	Skadefunksies vir die verskillende items	34
3.4.2	Struktuurskadefunksie	37
3.4.3	Skadefunksies vir die verskillende huise	37
3.4.4	Skadefunksies vir die verskillende kategorieë	38
3.5	VEREENIGING RESIDENSIËLE SKADEFUNKSIE	42
3.5.1	Skadefunksies vir die verskillende items	42
3.5.2	Inhoudskadefunksies vir die verskillende huise	45
3.5.3	Skadefunksies vir die verskillende kategorieë woonhuise	45
3.6	SAMEVATTING	47

HOOFSTUK 4

KOMMERSIËLE EN INDUSTRIËLE VLOEDSKADEFUNKSIES

4.1	KOMMERSIËLE VLOEDSKADEFUNKSIES	48
4.1.1	Inleiding	48
4.1.2	Teoretiese agtergrond vir die ontwikkeling van kommersiële vloedskadefunksies	49
4.1.3	Skadefunksies vir verskillende kategorieë besighede	60

4.2	DIE ONTWIKKELING VAN KOMMERSELE VLOEDSKADE-FUNKSIES VIR DIE VEREENIGINGGEBIED	61
4.3	METODIEK VIR DIE BEREKENING VAN INDUSTRIELE SKADE	62
4.3.1	Studies wat reeds gedoen is	62
4.3.2	Teorie vir die beraming van industriële skade	63
4.4	SAMEVATTING	67

HOOFSTUK 5

DIE BERAMING VAN SKADE IN DIE ONDERSOEKGEBIEDE

5.1	INLEIDING	68
5.2	DIE GEBRUIK VAN REKENAARMODELLE IN DIE BERAMING VAN VLOEDSKADE	68
5.2.1	Anuflood	69
5.2.1.1	Datavoorbereiding	71
5.2.1.2	Verdere verwerkingsmoontlikhede	74
5.3	BERAMING VAN RESIDENSIËLE POTENSIËLE SKADE VIR UPINGTON	75
5.3.1	Die gebruik van Anuflood vir die beraming van vloedskade	78
5.3.1.1	Beraming van totale potensiële residensiële skade in Upington	79
5.3.1.2	Die berekening van gemiddelde jaarlikse skade	80
5.4	DIE BERAMING VAN POTENSIËLE SKADE IN VEREENIGING	83
5.4.1	Beraming van residensiële skade vir Vereeniging	84
5.4.2	Kommersiële skade soos deur Anuflood bepaal	86
5.5	WERKLIKE SKADE TEENOOR POTENSIËLE SKADE	87
5.5.1	Die ontwikkeling van die paraatheidsyfer vir Upington en	

	Vereeniging	88
5.5.2	Beraming van die werklike/potensiële skadekoers (w/p koers) vir die residensiële sektore van Upington en Vereeniging	90
5.5.3	Beraming van die werklike/potensiële skadekoers (w/p koers) vir Vereeniging se kommersiële sektore	92
5.5.4	Die 1993 beraamde skade in vergelyking met die historiese skade van 1974	93
5.6	BEPALING VAN INDUSTRIËLE SKADE IN VEREENIGING	95
5.6.1	Beraming van direkte potensiële industriële skade aan Nywerheid 1	95
5.6.1.1	Direkte skade per aanleg	97
5.6.2	Berekening van indirekte skade aan Nywerheid 1	99
5.6.3	Gemiddelde jaarlikse skade	100
5.6.4	Ander industrieë in die Vereenigingloedvunkte	102
5.7	SAMEVATTING	103

HOOFSTUK 6

VLOEDSKADEVOORKOMING EN -BEHEERMAATREËLS

6.1	INLEIDING	104
6.2	TIPE VLOEDSKADEBEHEERMAATREËLS	104
6.3	DIE EVALUERING VAN VLOEDSKADEVERMINDERING- MAATREËLS IN DIE ONDERSOEKGEBIED	108
6.3.1	Upington residensiële sektor	108
6.3.2	Vereeniging residensiële sektor	111
6.3.3	Kommersiële vloedskadevoorkomingsmaatreëls (Vereeniging)	113
6.3.4	Industriële vloedskadevoorkomingsmaatreëls (Vereeniging)	116
6.4	SAMEVATTING	118

HOOFSTUK 7

SAMEVATTING EN EVALUERING

7.1	SAMEVATTING VAN DIE NAVORSING	119
7.2	DIE EVALUERING VAN ANUFLOOD VIR DIE BERAMING VAN VLOEDSKADE EN DIE BEPALING VAN VLOEDSKADE- BEHEERMAATREËLS	120
7.2.1	Operasionalisering van Anuflood	120
7.2.2	Die beraming van skade	122
7.2.3	Evaluering van vloedskadeverminderingsmaatreëls	123
7.3	DIE TOETS VAN HIPOTEESES	124
7.4	AFSLUITING	124

BRONNELYS	126
------------------	------------

KAARTE

BYLAE 1

BYLAE 2

BYLAE 3

BYLAE 4

BYLAE 5