

**AA BLOEM
MC LAKER
LF LAGRANGE
CJ SMIT**

**AANPASSING VAN OORHOOFSE
BESPROEIINGSTELSELS BY DIE INFILTREERBAARHEID
VAN GRONDE**

**Verslag aan die
WATERNAVORSINGSKOMMISSIE
deur die
DEPARTEMENT BODEMKUNDE
POTCHEFSTROOMSE UNIVERSITEIT VIR CHO
en die
DEPARTEMENT LANDBOU-INGENIEURSWESE
UNIVERSITEIT VAN PRETORIA**

WNK Verslag No 208/1/92

**KRITERIA VIR DIE AANPASSING VAN DIE ONTWERP EN BESTUUR VAN
OORHOOFSE BESPROEIINGSTELSELS BY DIE INFILTREERBAARHEID VAN
GRONDE**

Deur

A.A. Bloem

**Departement Bodemkunde
Potchefstroomse Universiteit vir Christelike Hoër Onderwys**

M.C. Laker

**Departement Grondkunde en Plantvoeding
Universiteit van Pretoria**

L.F. Lagrange & C.J. Smit

**Departement Landbou-Ingenieurswese
Universiteit van Pretoria**

**Verslag aan die
WATERNAVORSINGSKOMMISSIE**

**ISBN : 1 874858 39 X
WNK verslag Nr : 208/1/92**

INHOUDSOPGAWE

OPSOMMING	ix
DANKBETUIGINGS	xvi
LYS VAN AFKORTINGS	xviii

AFDELING A

1	INLEIDING	1
1.1	ALGEMEEN	1
1.2	DOELSTELLINGS	3
2	LITERATUUROORSIG	4
2.1	ONTWIKKELING VAN SPRINKELBESPROEIINGSTELSELS	4
2.2	DIE INVLOED VAN 'N GROND SE FISIES-CHEMIESE EIENSKAPPE OP DIE INFILTREERBAARHEID DAARVAN	7
2.2.1	Inleiding	7
2.2.2	Meganisme van verseëling	7
2.2.3	Grondeienskappe wat verseëling beïnvloed	8
3	APPARAAT, MATERIAAL EN METODES WAT IN DIE LABORATORIUMONDERSOEKE GEBRUIK IS	11
3.1	DIE BESPROEIINGSIMULEERDER	11
3.2	SELEKTERING, KARAKTERISERING EN VOORBEREIDING VAN GRONDMONSTERS	16

4	DIE INVLOED VAN VOORAFBENATTING OP INFILTRASIEVERLAGING TYDENS BESPROEIINGSIMULERING	22
4.1	INLEIDING	22
4.2	MATERIAAL EN METODES	22
4.3	RESULTATE EN GEVOLGTREKKING	23
5	DIE INVLOED VAN DRUPPELGROOTTE, VALHOOGTE EN TOEDIENINGSTEMPO OP DIE GENERASIE VAN AFLOOPWATER	25
5.1	INLEIDING	25
5.2	MATERIAAL EN METODES	25
5.3	RESULTATE EN BESPREKING	26
5.3.1	Die invloed van druppelgrootte	26
5.3.2	Die invloed van toedieningstempo en valhoogte	28
5.4	GEVOLGTREKKING	33
6	DIE INVLOED VAN DRUPPELGROOTTE, VALHOOGTE EN TOEDIENINGSTEMPO OP PLAATEROSIE	34
6.1	INLEIDING	34
6.2	MATERIAAL EN METODES	35
6.3	RESULTATE EN GEVOLGTREKKING	35
6.4	INTERAKSIE TUSSEN INFILTRASIE EN PLAATEROSIE	38

7	VERSEËLINGSTUDIES OP GESELEKTEERDE GRONDE VAN DIE OOS-KAAP	41
7.1	INLEIDING	41
7.2	MATERIAAL EN METODES	41
7.3	RESULTATE EN BESPREKING	42
7.3.1	Resultate verkry tydens simulering met water waarvan die EG 10 mS m^{-1} is	42
7.3.2	Resultate verkry tydens simulering met water waarvan die EG 100 mS m^{-1} is	46
7.4	GEVOLGTREKKING	47
8	DIE INVLOED VAN FISIES-CHEMIESE GRONDEIENSKAPPE OP DIE FINALE INFILTREERBAARHEID VAN VERSKEIE SUID-AFRIKAANSE GRONDE	48
8.1	INLEIDING	48
8.2	MATERIAAL EN METODES	49
8.3	RESULTATE EN BESPREKING	49
8.3.1	Resultate verkry tydens simulering met water waarvan die EG 70 mS m^{-1} is	50
8.3.2	Resultate verkry tydens simulering met water waarvan die EG 10 mS m^{-1} is	67
8.3.3	Die invloed van waterkwaliteit op verseëling vir die 2 m-valhoogte	67
8.4	GEVOLGTREKKING	72

9	DIE INTERAKSIE TUSSEN KUMULATIEWE INFILTRASIE VOOR OPDAMMING PLAASVIND, FISIES-CHEMIESE GRONDEIENSKAPPE EN DRUPPELENERGIE	74
9.1	INLEIDING	74
9.2	METODE EN BENADERING	75
9.3	RESULTATE EN BESPREKING	75
9.4	GEVOLGTREKKING	90
10	STUDIES MET 'N PRAKTYK BESPROEIINGSIMULEERDER	92
10.1	INLEIDING	92
10.2	APPARAAT, MATERIAAL EN METODES	92
10.3	RESULTATE EN BESPREKING	94
10.4	GEVOLGTREKKING	100
11	KRITERIA OM DIE ONTWERP EN BESTUUR VAN OORHOOFSE BESPROEIINGSTELSELS BY DIE GROND AAN TE PAS	101
11.1	INLEIDING	101
11.2	IMPLIKASIE EN TOEPASSING VAN DIE BELANGRIKSTE GEVOLGTREKKINGS	102
11.3	AANBEVELINGS VIR VERDERE NAVORSING	106
	LITERATUURVERWYSINGS	108

BYLAES

- A Infiltrasiekurwes vir twee gronde by die onderskeie valhoogtes, toedieningstempo's en druppelgroottes
- B Infiltrasiekurwes vir agt Oos-Kaapse gronde by drie valhoogtes en twee waterkwaliteite
- C Infiltrasiekurwes vir verskeie Suid-Afrikaanse gronde by vier valhoogtes en waterkwaliteit van 70 mSm^{-1}
- D Infiltrasiekurwes vir verskeie Suid-Afrikaanse gronde by 2m valhoogte en waterkwaliteit van 10 mSm^{-1}

AFDELING B

1	INLEIDING	118
2	LITERATUUROORSIG	119
2.1	INLEIDING	119
2.2	DRUPPELKARAKTERISTIEKE ONDER SPRINKELBESPROEIINGSTELSELS	119
2.2.1	Algemeen	119
2.2.2	Druppelgroottes en -grootteverspreiding	120
2.2.3	Druppelsnelhede	124

2.3	METODES VIR DIE BEPALING VAN DRUPPELKARAKTERISTIEKE	128
2.3.1	Bepaling van druppelgrootte en -verspreiding	128
2.3.2	Bepaling van druppelsnelheid en -trefhoek	138
2.4	METODES WAARMEE DRUPPELS GEVORM WORD	152
2.4.1	Toutjie-metode	153
2.4.2	Buismetode	154
2.4.3	Spuitslukmetode	159
2.5	TIPES SIMULEERDERS	162
2.5.1	Roterende-skyftipe	162
2.5.2	Sproeitipe wat kontinu afwaarts spuit	165
2.5.3	Sproeitipe wat kontinu opwaarts spuit	169
2.5.4	Roterende-balktipe	169
2.5.5	Ossilerende tipe	171
2.5.6	Ander besproeiingsimuleerders	174
2.6	GEVOLGTREKKINGS UIT LITERATUUROORSIG	176
2.6.1	Druppelkarakteristieke onder sprinkelbesproeiingstelsels	176
2.6.2	Bepaling van druppelgrootte en -verspreiding	177
2.6.3	Bepaling van druppelsnelheid en -trefhoek	178
2.6.4	Riglyne vir die ontwerp van 'n laboratoriumsimuleerder	178
2.6.5	Riglyne vir die ontwerp van 'n praktyksimuleerder	179
3	ONTWIKKELING VAN DIE LABORATORIUMSIMULEERDER	180
3.1	INLEIDING	180
3.2	VEREISTES GESTEL	180
3.3	KEUSE VAN APPARAATTIPE	181

3.4	BASIESE APPARAATSAMESTELLING	181
3.5	KONSTRUKSIE VAN DRUPEENHEID	183
3.5.1	Drupbakkonstruksie	183
3.5.2	Konstruksie van die drukbeheerbak	189
3.5.3	Watersuiwering	189
3.5.4	Vloeibeeherstelsel	192
3.5.5	Monitering van die drupeenheid	192
3.6	KONSTRUKSIE VAN DIE TORING	195
3.6.1	Raamwerk	195
3.6.2	Hyseenheid	196
3.7	KONSTRUKSIE VAN DIE GRONDBAKRAAM	197
3.8	EVALUERING VAN DIE SIMULEERDER	199
3.8.1	Verspreidingsdoeltreffendheid	199
3.8.2	Gebruik van die apparaat	202
3.9	GEVOLGTREKKING	203
4	ONTWIKKELING VAN DIE PRAKTYKSIMULEERDER	204
4.1	INLEIDING	204
4.2	VEREISTES GESTEL	204
4.3	KEUSE VAN APPARAATTIPE	205
4.4	BASIESE APPARAATSAMESTELLING	205
4.5	KONSTRUKSIE VAN DIE SPROEIEREENHEDE	206
4.6	STANDAARISERING VAN APPARAATGEBRUIK	212
4.7	EVALUERING VAN SIMULEERDER	212
4.7.1	Druppelkarakteristieke	212
4.7.2	Gebruik van die apparaat	214
4.8	GEVOLGTREKKING	214

5	LITERATUURVERWYSINGS	216
6	BYLAES	231
A	Opsomming van reënvalsimuleerders - druppelvormertipe	
B	Opsomming van reënvalsimuleerders - spuitstuktipe	
C	Druppelkarakteristieke: plat sproeispuitspunte	
D	ASAE-riglyne vir toetsprosedure	

DANKBETUIGINGS

Die navorsing waarom in hierdie verslag gerapporteer word, spruit voort uit die volgende navorsingsprojek wat deur die Waternavorsingskommissie (WNK) gefinansier is:

Ontwikkeling van kriteria vir sprinkelbesproeiingstelsels om grondoppervlakverseëling te bekamp.

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

Mnr. D.S. van der Merwe	WNK (Voorsitter)
Mnr. D. Huyser	WNK (Sekretaris)
Mnr. H.M. du Plessis	WNK
Prof. H.J. von M. Harmse	PU vir CHO
Prof. G. Venter	Universiteit van Pretoria
Prof. M.C. Laker	Universiteit van Pretoria
Prof. A.T.P. Bennie	Universiteit van die Oranje-Vrystaat
Dr. A.J. van der Merwe	Dept. van Landbou-ontwikkeling
Mnr F.B. Reinders	Dept. van Landbou-ontwikkeling
Mnr. J.H. Eckard	Universiteit van Pretoria
Mnr. A. Brink	Dept. van Waterwese en Bosbou
Mnr. D.F.M. Korff	Dept. van Waterwese en Bosbou
Mnr. J.M. Hattingh	PU vir CHO

Die finansiering deur die WNK en die bydraes van lede van die loodskomitee word met dank erken.

'n Spesiale woord van dank word aan mnr. H.B. Kuit gerig wat vir 'n groot deel van die eksperimentele werk en samestelling van die verslag verantwoordelik was.

Dr D.J. Nel van Zebediela Sitrus het 'n groot bydrae gelewer deur hierdie projek te inisieer en ook die identifisering, monsterneming en karakterisering van die gronde uit te voer. Hierdie aanvoorwerk was baie waardevol en word met dank erken.

Dank word uitgespreek teenoor die volgende persone wat behulpsaam was met die praktiese uitvoering van die eksperimente: mnre. G. Pooe, P.J. Potgieter en P. Snyman.

Die insette en kommentaar van mnre. J.M. Hattingh en P.W. van Deventer van die PU vir CHO was ook baie waardevol.

Die bydrae van mev. M.S. Buýtendorp, wat die tikwerk met groot ywer en begrip gedoen het, word met dank erken.

Die Navorsingsinstituut vir Grond en Besproeiing (NIGB) word ook bedank vir die beskikbaarstelling van kaarte en verslae wat gehelp het om die geskikte grondmonsters op te spoor. Die NIGB het ook die analise van die mineralogie van die kleifraksie gedoen.

Dr. B.E. Eisenberg en mev. M. Smit van die Departement Biometrie en Datametriesse dienste, Dept. van Landbou-ontwikkeling word hartlik bedank vir insette en kommentaar wat met die ontleding van data gehelp het.

Dank aan mnre L.D.D.J. le Roux en W.S.M. Eloff vir aanvanklike ontwikkelingswerk ten opsigte van die simuleerapparate

Prof G. Venter word bedank vir raad en leiding in sy hoedanigheid as departementshoof van die Departement Landbou-ingenieurswese aan die Universiteit van Pretoria.

Tegniese personeel van die Departement Landbou-ingenieurswese se insette en hulp word met dank erken.

LYS VAN AFKORTINGS WAT GEBRUIK IS

IT	Infiltreerbaarheid of tempo waarteen water in die grondoppervlak in beweeg (mm h^{-1})
FIT	Finale of konstante infiltreerbaarheid (mm h^{-1})
KI	Kumulatiewe infiltrasie of die hoeveelheid water (mm) wat in 'n sekere tydperd in die grond in beweeg het
EG	Elektriese geleidingsvermoë van die besproeiingswater (mS m^{-1})
RW	Reënwater ($\text{EG} = 10 \text{ mS m}^{-1}$)
BW	Besproeiingswater ($\text{EG} = 70 \text{ mS m}^{-1}$)
UNP	Uitruilbare natrium persentasie
KUKKLEI	Katioon uitruilkapasiteit van die kleifraksie ($\text{cmol}_{(c)}\text{kg}^{-1}$)
NGR500	Persentasie van die aggregate (reeds kleiner as 4mm) wat groter as 500 μm is
Ca/Mg	Verhouding van geabsorbeerde kalsium tot magnesium
St	Smekiet
Mi	Mika
Kt	Kaolinit
Vm	Vermikuliet
Tc	Talk
Py	Pirofilliet
Go	Goethiet
Cl	Chloried
Kt/Is	Kaolinit tussengelaagde mineraal
KTVO	Kumulatiewe toediening voordat opdamming plaasvind
MTKE	Maksimum toelaatbare kinetiese energie
MTEV	Maksimum toelaatbare energievloed
EV	Energievloed

AFDELING A

**KRITERIA VIR DIE AANPASSING VAN DIE ONTWERP EN BESTUUR VAN
OORHOOFSE BESPROEIINGSTELSELS BY DIE INFILTREERBAARHEID VAN
GRONDE**

Deur

A.A. Bloem

**Departement Bodemkunde
Potchefstroomse Universiteit vir Christelike Hoër Onderwys
Potchefstroom
(PU vir CHO)**

M.C. Laker

**Departement Grondkunde en Plantvoeding
Universiteit van Pretoria
Pretoria**

HOOFSTUK 1

INLEIDING

1.1 ALGEMEEN

In die R.S.A. is tans ongeveer 1,2 miljoen hektaar onder besproeiing (Bruwer en Van Heerden, 1991). Hiervan is ongeveer 33% vloedbesproeiing, 55% sprinkelbesproeiing en 12% mikro- en drupbesproeiing (Scotney, Le Roux, Van Heerden en Aucamp, 1990).

As gevolg van die drastiese toename in energiekostes en toenemende kompetisie vir waterbronne deur die stygende getal stedelike gebruikers, is dit nodig om 'n hoë watergebruiksdoeltreffendheid by bestaande of potensiele besproeiingsisteme te verseker. Om maksimum watergebruiksdoeltreffendheid te verseker, moet besproeiingstelsels sodanig ontwerp en bestuur word dat die toedieningstempo nie hoër as die infiltreerbaarheid van die grond is nie. Indien dit nie die geval is nie, kan die watergebruiksdoeltreffendheid afneem as gevolg van (i) oormatige verdamping van opgedamde water tydens en/of na besproeiing, (ii) suboptimale gewasproduksie as gevolg van oppervlakaflow van water wat tot plantontwikkeling kon bydra en (iii) gronderosie wat die verwydering van bogrond en daarmee saam essensiële plantvoedingstowwe veroorsaak.

Aangesien die ontwerp en bestuur van 'n besproeiingstelsels by die infiltreerbaarheid van die grond aangepas moet word, is dit van kardinale belang dat die infiltreerbaarheid van die grond bekend moet wees. In die verlede is dubbelring infiltrometers in die veld en permeameters in die laboratorium gebruik om die hidrouliese eienskappe van die grond te bepaal (Smith, 1990). Deur van modelle soos die Green-Ampt model gebruik te maak, kan die infiltreerbaarheid van die grond deur middel van bogenoemde metings bereken word. Moore (1981) het egter tot die gevolgtrekking gekom dat hierdie modelle slegs toepaslik kan wees as voorsiening vir lugvasvang en verseëling van die grondoppervlak gemaak kan word.

Die belangrikheid van verseëling van Suid-Afrikaanse gronde is deur Du Plessis en Shainberg (1985) aan die lig gebring. Daar is gevind dat die infiltreerbaarheid met een orde grootte verlaag kan word as gevolg van die verseëling van die grondoppervlak deur vallende druppels. Stern (1990) het verseëling onder besproeiingstoestande op 'n grond

van Rooideplaat ondersoek. Besproeiingskedulering is gedoen volgens die metode van Nel en Berliner (1990). Volgens dubbelring infiltrometer bepaling was die infiltreerbaarheid van hierdie grond 100mm h^{-1} . By 'n sprinkelbesproeiingstoediening van slegs 50mm h^{-1} is egter gevind dat soveel as 44,7% van die toegediende water as afloop verlore gegaan het (Stern, 1990). Onder hierdie toestande was die infiltreerbaarheid van die grond dus baie laer as wat met die dubbelring infiltrometer gevind is. Dit word aan die verseëling van die grondoppervlak wat 'n drastiese afname in die infiltreerbaarheid veroorsaak het, toegeskryf (Stern, 1990).

Twee meganismes vir verseëling word deur Agassi *et al* (1981) onderskei, nl. (i) meganiese dispersie van grondaggregate en die kompaksie van die fragmente daarvan deur die impak van die vallende druppels en (ii) chemiese dispersie van gronddeeltjies. Volgens Agassi *et al* (1985) kan bogenoemde twee meganismes nie van mekaar losgemaak word nie. Chemiese dispersie verswak die bindingskragte in die grond wat dan veroorsaak dat meganiese dispersie meer geredelik kan plaasvind (Agassi *et al*, 1985).

Die algemene gedagte het posgevat dat verseëling slegs onder sprinkelbesproeiingstelsels plaasvind omdat die kinetiese energie van die vallende druppels die aggregate van die grondoppervlak opbreek en sodoende verseëling veroorsaak. 'n Grond uit 'n sitrusboord in die Sondagriviervallei het egter onder misreën tydens laboratuumskaal reënvalsimulering, so verseël dat die infiltreerbaarheid daarvan slegs $4,5\text{mm h}^{-1}$ was. Dit het nie onder hoë-energie reën verder gedaal nie (Laker, 1991, persoonlike mededeling). Stern (1990) het gevind dat 'n grond vanaf Piketberg in die Swartland onder 'n misreën, wat feitlike geen kinetiese energie besit nie, sodanig verseël het dat 'n infiltreerbaarheid van slegs 15 mm h^{-1} gehandhaaf is. Daar is dus gronde waarvan die fisies-chemiese eienskappe sodanig is dat, behalwe as dit kunsmatig gestabiliseer word, geen oorhoofse besproeiing suksesvol daarop toegepas kan word nie.

Daar bestaan modelle om die invloed van verseëling op die infiltreerbaarheid van gronde te beraam. Die impak van vallende druppels op verseëling kan ook vanaf verskillende eienskappe van die druppels beraam word. Die modelle van Brakensiek en Rawls (1983) en Von Bernuth en Gilley (1985) kan vir die doel gebruik word. Die grondeienskappe wat volgens hierdie modelle verseëling bepaal, is deeltjiegrootteverspreiding, organiese materiaalinhoud, brutodigtheid, oppervlakrofheid en oppervlakbedekking. Die druppeleienskappe wat in ag geneem word, is die snelheid en deursnee daarvan (Von Bernuth en Gilley, 1985).

Die bevindings van verskeie navorsers wat verseëling van Suid-Afrikaanse gronde ondersoek het, het aan die lig gebring dat hierdie modelle nie vir hierdie gronde geskik is nie. Daar is bewys dat die uitruilbare natumpersentasie (UNP) in sommige gevalle 'n oorheersende invloed het (du Plessis en Shainberg, 1985; Levy en v.d. Watt, 1988; Smith, 1990). Die kleimineralogie van die grond bepaal tot 'n groot mate die verseëling daarvan en kondisioneer ook die invloed van die UNP op verseëling (du Plessis en Shainberg, 1985; Levy en v.d. Watt, 1988; Stern, 1990).

Die invloed van druppel-eienskappe op verseëling is nog nie sistematies vir Suid-Afrikaanse gronde ondersoek nie. Daar is slegs by druppelenergievlakke gelykstaande aan dié van natuurlike reënval ondersoek gedoen (du Plessis en Shainberg, 1985; Levy en v.d. Watt, 1988; Smith, 1990; Stern, 1990). Die druppelenergievlakke wat onder sprinkelbesproeiingstelsels voorkom, is oor die algemeen laer as dié van natuurlike reënval, veral met die nuwe ontwikkeling dat die sproeiers laat sak kan word. Verskeie buitelandse navorsers het aangedui dat druppelenergie 'n groot invloed op verseëling het (Thomson en James, 1985; Mohammed en Kohl, 1987; Ragab, 1983).

1.2 DOELSTELLINGS

Aangesien verseëling van Suid-Afrikaanse gronde in die verlede feitlik uitsluitlik onder natuurlike of gesimuleerde reënvaltoestande, as deel van navorsing oor gronderosie bestudeer is, is hierdie ondersoek na verseëling onder besproeiingstoestande gedoen weens die toenemende verseëlingsprobleme onder oorhoofse besproeiing.

Die doelstellings van hierdie projek is as volg gevisualiseer:

- Kwantifisering van die invloed van die faktore wat grondoppervlak-eienskappe bepaal op infiltrasie en gepaardgaande grondwater-dinamika onder sprinkelbesproeiing.
- Aanbevelings vir die aanpassing van sprinkelbesproeiingstelsels vir meer doeltreffende waterbenutting onder toestande waar grondoppervlakverseëling 'n wesenlike probleem is.
- Vasstelling van ontwerp-infilteerbaarhede van gronde onder sprinkelstelsels.

HOOFSTUK 2

LITERATUUROORSIG

2.1 ONTWIKKELING VAN SPRINKELBESPROEIINGSTELSELS

Sprinkelbesproeiing is vir die eerste keer in 1946 toegepas en sedertdien het groot ontwikkeling op die gebied plaasgevind (Pair, Hinz, Frost, Sneed en Schiltz, 1983). Dit het die tradisionele vloedbesproeiing tot 'n groot mate vervang omdat (i) min grondvoorbereiding nodig is, (ii) laer toedieningstempo's gehandhaaf kan word met die gevolg dat minder afloop en erosie plaasvind, (iii) meer eenvormige en gekontroleerde watertoedienings gemaak kan word en (iv) dit minder arbeidsintensief is (James, Hanks en Jurinak, 1982). In 1969 is die eerste drupbesproeiingstelsel in die R.S.A. in gebruik geneem en kort daarna het mikrobeproeïing gevolg (Van Zyl en Bredell, 1991). Sprinkelbesproeiingstelsels is gemeganiseer en die eerste spilpuntstelsel is in 1969 in die R.S.A. in gebruik geneem (Reinders, 1991, persoonlike mededeling).

Gewoonlik word die ontwerp van besproeiingstelsels sodanig uitgevoer dat 'n maksimum oppervlakte met 'n enkele stelsel bedien kan word om eenheidskoste so laag moontlik te hou. Die belangrikste kriteria vir ontwerp is gewoonlik die hidroulika van die sisteem, beskikbaarheid van water, grondoppervlakte wat besproei wil word en die kapitaalkragtigheid van die kliënt. Om die maksimum oppervlakte te bedien moet die toedieningstempo hoog wees, wat dan die gevaar van afloop en laer watergebruiksdoeltreffendheid tot gevolg kan hê. In die geval van spilpuntstelsels neem die toedieningstempo ook toe met afstand vanaf die spilpunt om die nodige toediening oor die hele oppervlakte te verkry. 'n Stelsel wat 'n groter oppervlakte bedien sal laer eenheidskoste (R/ha) beteken, maar 'n groter afloopgevaar sal bestaan (Reinders, 1984).

As gevolg van die stygende energiekoste het die ontwerp van stelsels wat by 'n laer werksdruk funksioneer, gevolg (Gilley en Mielke, 1980). Volgens Reinders (1986) funksioneer die 3 200 spilpunte wat reeds in Suid-Afrika geïnstalleer is by werksdruke wat wissel van 40-550 kPa. Die benattingsdeursnit of bandwydte neem af soos die werksdruk afneem, wat meebring dat die toedieningstempo toeneem omdat dieselfde hoeveelheid water in 'n korter tyd toegedien moet word (Gilley en Mielke; 1980, Reinders, 1986). 'n Afname in werksdruk veroorsaak (afhangende van die tipe sproeiers wat gebruik word) 'n

toename in druppelgrootte (Gilley en Mielke, 1980). Opsommend kan dit gestel word dat laer werksdruk meer energiebesparing teweegbring maar 'n groter afloopgevaar ontstaan a.g.v. toenames in toedieningstempo en druppelgrootte.

Volgens Pair *et al* (1983) kan die toedieningstempo van sprinkelbesproeiingstelsels van 2 tot 60 mm h⁻¹ wissel en is 'n funksie van (i) die grootte van die sproeieropening, (ii) werksdruk, (iii) spasiëring van die sprinkelaars en (iv) afstand vanaf die sprinkelaar. Die toedieningstempo's van spilpuntstelsels in Suid-Afrika wissel van 25 tot 40 mm h⁻¹ by hoëdrukstelsels en 150 tot 200 mm h⁻¹ by ultra-laedrukstelsels. Wat mikrobefproeiing aanbetref, word gemiddelde toedieningstempo's van 4 tot 6 mm h⁻¹ bereik maar op 'n sekere afstand vanaf die sproeier kan dit so hoog as 15 mm h⁻¹ wees (Koegelenberg, 1991 persoonlike mededeling).

Die druppelgrootte van sprinkelbesproeiingstelsels is 'n funksie van die grootte van die sproeieropening, werksdruk en afstand vanaf die sprinkelaar (Kohl, 1974). Volgens Kohl (1974) kan die druppeldeursnee van 0,5 tot 5,0 mm en die mediaan druppeldeursnee van 1,5 tot 2,1 mm wissel. Liengme en Johnston, (1991) het gevind dat die druppelgrootte van drie spilpuntstelsels toeneem met afstand vanaf die middelpunt, wat toegeskryf word aan die groter openinge van die sproeiers. Die mediaan druppeldeursnee het egter van 2,25 tot 2,40 mm; 1,30 tot 1,60 mm en 0,90 tot 1,10 mm onderskeidelik toegeneem vir die drie stelsels wat ondersoek is.

Die kinetiese energie van druppels onder oorhoofse besproeiing kan baie varieër en word deur die druppeldeursnee en valhoogte daarvan bepaal. 'n Toename in druppelgrootte veroorsaak 'n geringe toename in valsnelheid en dus ook kinetiese energie. 'n Toename in valhoogte veroorsaak egter 'n drastiese toename in valsnelheid en dus ook kinetiese energie (Epema en Riezebos, 1983). Valhoogtes van druppels kan vanaf ongeveer 100 mm by mikrobefproeiing tot ongeveer 7 m by sommige spilpuntstelsels wissel.

Bruwer en Van Heerden (1991) is van mening dat met die huidige hoë ontwikkelingskoste van nuwe stelsels en toenemende waterskaarste eerder aan die opgradering van bestaande stelsels aandag gegee moet word as om nuwes te ontwikkel. Die bestuur van 'n bestaande stelsel kan ook aangepas word om afloop tot 'n minimum te beperk. Kleiner toedienings kan meer gereeld gemaak word indien afloop 'n probleem is. Dit verhoog egter verdampingsverliese en energiekoste. Die benutting van reënval word ook in hierdeur verlaag (Gilley en Mielke, 1981). Reinders (1986) beskou 'n ontwerptoeiening van 25 mm as goeie praktyk by spilpuntstelsels. Indien afloop 'n wesenlike probleem is, kan die sproeiers laat sak word om nader aan die grondoppervlak te wees. Die snelheid waarmee

die druppel die grond tref, word sodoende verlaag en verseëling kan tot 'n minimum beperk word. Deur die bandwydte of benattingsdeursnit te verhoog, word die toedieningstempo verlaag (Reinders, 1991, persoonlike mededeling). In albei bogenoemde gevalle moet 'n groot kapitale uitleg gemaak word. Die boer moet die omvang van die verandering van druppelsnelheid en toedieningstempo op die watergebruiksdoeltreffendheid kan kwantifiseer om die ekonomiese vatbaarheid van so 'n verandering te bepaal.

Vir die ontwerp en bestuur van sprinkelbesproeiingstelsels moet die invloed van toedieningstempo, druppelgrootte en druppelsnelheid op die generasie van afloopwater by verskillende grondtipes bekend wees.

Verskeie navorsers het gevind dat 'n afname in infiltreerbaarheid voorkom met kumulatiewe toediening van water. Dit word toegeskryf word aan die progressiewe verseëling van die grondoppervlak deur die energie van die vallende druppels (Agassi, Shainberg en Morin, 1981; Agassi, Morin en Shainberg, 1985; Ben-Hur, Shainberg, Bakker en Keren, 1985). Die infiltreerbaarheid word in die later stadium van besproeiing konstant en staan bekend as die finale infiltreerbaarheid (FIT). Die infiltreerbaarheid van gronde neem oor die algemeen af met 'n toename in druppelenergie en 'n laer FIT word ook bereik (Shainberg en Singer, 1988; Keren, 1989, 1990).

Daar is deur verskeie navorsers gevind dat toenames in toedieningstempo, druppelgrootte en/of valhoogte 'n toename in die hoeveelheid afloopwater tot gevolg het (Epstein en Grant, 1973; Ragab, 1983; Thomson en James, 1985; Mohammed en Kohl, 1987). Thomson en James (1985) het gevind dat die tyd wat verloop totdat afloop begin plaasvind, goed gekorreleer het met die tempo van energietoediening, nl. energievloed. Dit word gekwantifiseer deur die druppelenergie ($\text{J mm}^{-1} \text{m}^{-2}$) met die toedieningstempo (mm s^{-1}) te vermenigvuldig (Thomson en James, 1985). Mohammed en Kohl (1987) het ook gevind dat 'n goeie korrelasie tussen kumulatiewe infiltrasie en energievloed onder veldtoestande bestaan. In al die studies is egter groot verskille tussen verskillende gronde gevind. Sommige gronde toon 'n skerp afname in infiltreerbaarheid met 'n toename in energievloed terwyl ander slegs 'n matige afname toon. Dit beklemtoon weer eens die belangrikheid van kennis van die fisies-chemiese eienskappe van die grond by besluitneming in verband met die ontwerp, bestuur en aanpassing van sprinkelbesproeiingstelsels.

2.2 DIE INVLOED VAN 'N GROND SE FISIES-CHEMIESE EIENSKAPPE OP DIE INFILTREERBAARHEID DAARVAN

2.2.1 Inleiding

Die infiltreerbaarheid van grond neem gedurende besproeiing met tyd af as gevolg van (i) die afname in die vertikale potensiaalgradiënt en (ii) die ontwikkeling van 'n seëllaag aan die grondoppervlak (Rose, 1962). Volgens Moore en Larson (1979) is die vinnigvormende seëllaag die dominante faktor wat die infiltrasieverlaging in bewerkte, onbedekte gronde veroorsaak. Lemos en Lutz (1957) het gevind dat 'n seël op byna enige grond, behalwe growwe sand met min slik en klei, vorm.

2.2.2 Meganisme van verseëling

Die eerste stap in die vorming van 'n seël is die afbreek van die aggregate aan die grondoppervlak deur die impak van die vallende druppels (McIntyre, 1958; Farres, 1978). Benatting van droë aggregate veroorsaak 'n afname in die sterkte van die bindings wat die primêre deeltjies aan mekaar bind (Farres, 1980). Dit word veroorsaak deur die hidrostatiese swelling van die elektriese dubbellaag wat die effektiwiteit van die Van der Waals en kapillêre aantrekkingskragte verlaag. Lugvasvanging veroorsaak interne spanninge binne 'n aggregaat en dra ook by tot die onstabiliteit daarvan tydens benatting. Sodra die energie van die vallende druppels groter as die bindingsenergie van die aggregaat is, word die aggregaat opgebreek (Farres, 1980).

Twee meganismes vir aggregaatafbraak word deur Agassi *et al* (1981) onderskei, nl. (i) meganiese dispersie van grondaggregate en die kompaksie van die fragmente daarvan deur die impak van die vallende druppels en (ii) chemiese dispersie van gronddeeltjies. Volgens Agassi *et al* (1985) kan bogenoemde twee meganismes nie van mekaar losgemaak word nie. Chemiese dispersie verswak die bindingskragte in die grond wat dan veroorsaak dat meganiese dispersie meer geredelik kan plaasvind (Agassi *et al*, 1985).

Die aggregaatfragmente en fyn gedispergeerde materiaal, wat die produk van aggregaatafbraak is, kan op verskeie maniere 'n seëllaag aan die grondoppervlak vorm. Epstein en Grant (1973) en Farres (1978) het tot die gevolgtrekking gekom dat die kompaksie van aggregaatfragmente die belangrikste verseëlingsmeganisme is. Volgens Gal, Arcan en Shainberg, (1984) en Agassi *et al* (1985) is die hoofmeganisme vir verseëling

tydens chemies dispersiewe toestande die vorming van die sogenaamde ingespoelde laag. Hierdie laag ontstaan as gevolg van die gedispergeerde deeltjies wat saam met die water in die grond infiltreer en dan die porieë direk onder die grondoppervlak verstopt.

Die bestaan van 'n dun, horisontaal georiënteerde lagie direk aan die grondoppervlak is ook deur verskeie navorsers gerapporteer (McIntyre, 1958; Chen, Tarchitzky, Morin en Banin, 1980; Morin, Benyamini en Michaeli, 1981). Onofioek en Singer (1984) het gevind dat beide die ingespoelde laag en die dun oppervlaklaag bestaan maar, dat die oppervlaklaag die hoofrede vir die verlaging van die infiltreerbaarheid is. Hierdie gevolgtrekking word ook uit 'n studie van Helalia, Letey en Graham, (1988) gemaak. Morin *et al* (1981) het gevind dat die verseëlingsvermoë van die oppervlaklaag toegeskryf kan word aan 'n suigkrag wat as gevolg van die onversadigde ondergrond ontstaan. Die suigkrag veroorsaak dat gesuspendeerde deeltjies, wat in die infiltrerende water voorkom, horisontaal oriënteer en teen die grondoppervlak vasgesuig word (Morin *et al*, 1981). Volgens Sharma (1985) het die oppervlaklaag 'n hoër slik-, klei- en organiese materiaalinhoud as die onderliggende grond. Dit bevestig, volgens die bogenoemde outeur, die meganisme dat die fyner gronddeeltjies in suspensie gaan en dan weer as 'n georiënteerde lagie afgesit word.

2.2.3 Grondeienskappe wat die verseëlingsproses beïnvloed

Omdat aggregaatafbraak deel van die verseëlingsmeganisme is, koppel verskeie navorsers die verseëling van grond aan dieselfde eienskappe wat aggregaatstabiliteit bepaal (McIntyre, 1958; Farres, 1978). Die belangrikste grondeienskappe wat aggregaatstabiliteit bepaal, is kleimineralogie, tekstuur, katioonsamestelling, organiese inhoud en silika en seskwi-oksiedes (Uehara en Jones, 1974).

Baie navorsing oor verseëling van grond is al onder reënvalsimuleerders gedoen en daar is gevind dat die belangrikste fisiese grondeienskap wat die verseëlingsproses beïnvloed die klei-inhoud is (Ben-Hur *et al*, 1985). Die belangrikste chemiese eienskappe wat 'n rol speel is die uitruilbare natrium persentasie (UNP) en elektrolietkonsentrasie van die grondoplossing (Agassi *et al*, 1981; Gal *et al*, 1984; Agassi *et al*, 1985). Die meeste van hierdie studies is egter op gronde wat smekiet as die dominante kleimineraal bevat, uitgevoer (Levy en Van der Watt, 1988). Aangesien die meerderheid Suid-Afrikaanse gronde hoofsaaklik kaoliniet en illiet-minerale in die kleifraksie bevat, kan bogenoemde bevindings nie sonder meer op Suid-Afrikaanse gronde van toepassing gemaak word nie (Du Plessis en Shainberg, 1985).

Du Plessis en Shainberg (1985) het 'n studie van verseëling van sewe Suid-Afrikaanse gronde onder 'n reënvalsimuleerder gedoen. Daar is gevind dat vier van die gronde 'n drastiese toename in verseëling ondergaan met 'n geringe toename in UNP. Die FIT het vanaf $7,2 \text{ mm h}^{-1}$ by 'n UNP van 0,6% gedaal tot $1,5 \text{ mm h}^{-1}$ by 'n UNP van 4,6%. Die ander drie gronde het meer stabiel gebly teen verseëling en hoër FIT-waardes is gehandhaaf. Hierdie drie gronde het slegs 'n geringe afname in FIT getoon met 'n toename in die UNP. Dit word toegeskryf aan die hoër inhoud van yster- en aluminiumoksiedes en organiese verbindings in hierdie gronde. Hierdie gronde het ook geen smektieminerale in die kleifaksie gehad nie (Du Plessis en Shainberg, 1985).

Levy en V.d. Watt (1988) het die verseëling van vier Suid-Afrikaanse gronde met dié van vier Israeliese gronde vergelyk. In Suid-Afrikaanse gronde was die mineralogie van die kleifaksie oorwegend kaolinit en illiet terwyl dié van Israel deur smektiem gedomineer word. Daar is gevind dat Suid-Afrikaanse gronde hoër infiltreerbaarheid handhaaf en die gevolgtrekking word gemaak dat kaolinitiese en illitiese gronde meer stabiel as smektiese gronde is. Die illitiese gronde het egter meer verseëling as die kaolinitiese gronde ondergaan. Daar is verder gevind dat die grond wat deur kaolinit gedomineer word geen verandering in infiltreerbaarheid ondergaan het nie ten spyte van 'n styging in die UNP tot by 'n waarde van 8,9%. Indien 'n sekere hoeveelheid smektiem en illiet egter saam met die kaolinit teenwoordig is, het 'n toename in UNP 'n drastiese afname in infiltreerbaarheid veroorsaak. Stern (1990) het tot dieselfde gevolgtrekking gekom. Smith (1990) het egter gevind dat al die gronde wat hy ondersoek het, 'n afname in infiltreerbaarheid getoon het met 'n toename in UNP. Hierdie gronde word ook almal deur kaolinit gedomineer en verskil van mekaar wat die graad van verwerping aanbetref.

Levy en V.d. Watt (1988), het tot die gevolgtrekking gekom dat Suid-Afrikaanse gronde met medium tekstuur ($\pm 20\%$ klei) maksimum verseëling ondergaan. Dit is in ooreenstemming met die bevinding van Ben-Hur *et al* (1985) met betrekking tot smektiese gronde.

By lae klei-inhoude is daar nie genoeg klei om 'n seël te vorm nie en hoë infiltreerbaarheid word gehandhaaf (Ben-Hur *et al*, 1985). Soos die klei-inhoud toeneem, vind meer verseëling plaas en die infiltreerbaarheid neem af. Die tendens geld tot by ongeveer 20% klei. By gronde waarvan die klei-inhoud hoër as 20% is speel die kleideeltjies egter die rol van sementeringsagens en die infiltreerbaarheid neem toe met 'n toename in klei-inhoud (Ben-Hur *et al*, 1985). Die slikinhoud van die gronde het geen invloed gehad nie (Ben-Hur *et al*, 1985).

Smith (1990) het gevind dat bewerkte gronde laer infiltreerbaarhede as hul onbewerkte eweknie gehad het. As gevolg van die bewerking is die organiese materiaal vinniger geoksideer en word die laer infiltreerbaarheid van bewerkte gronde toegeskryf aan die laer organiese inhoud daarvan (Smith, 1990).

HOOFSTUK 3

APPARAAT, MATERIAAL EN METODES WAT IN DIE LABORATORIUMONDERSOEKE GEBRUIK IS

3.1 DIE BESPROEIINGSIMULEERDER

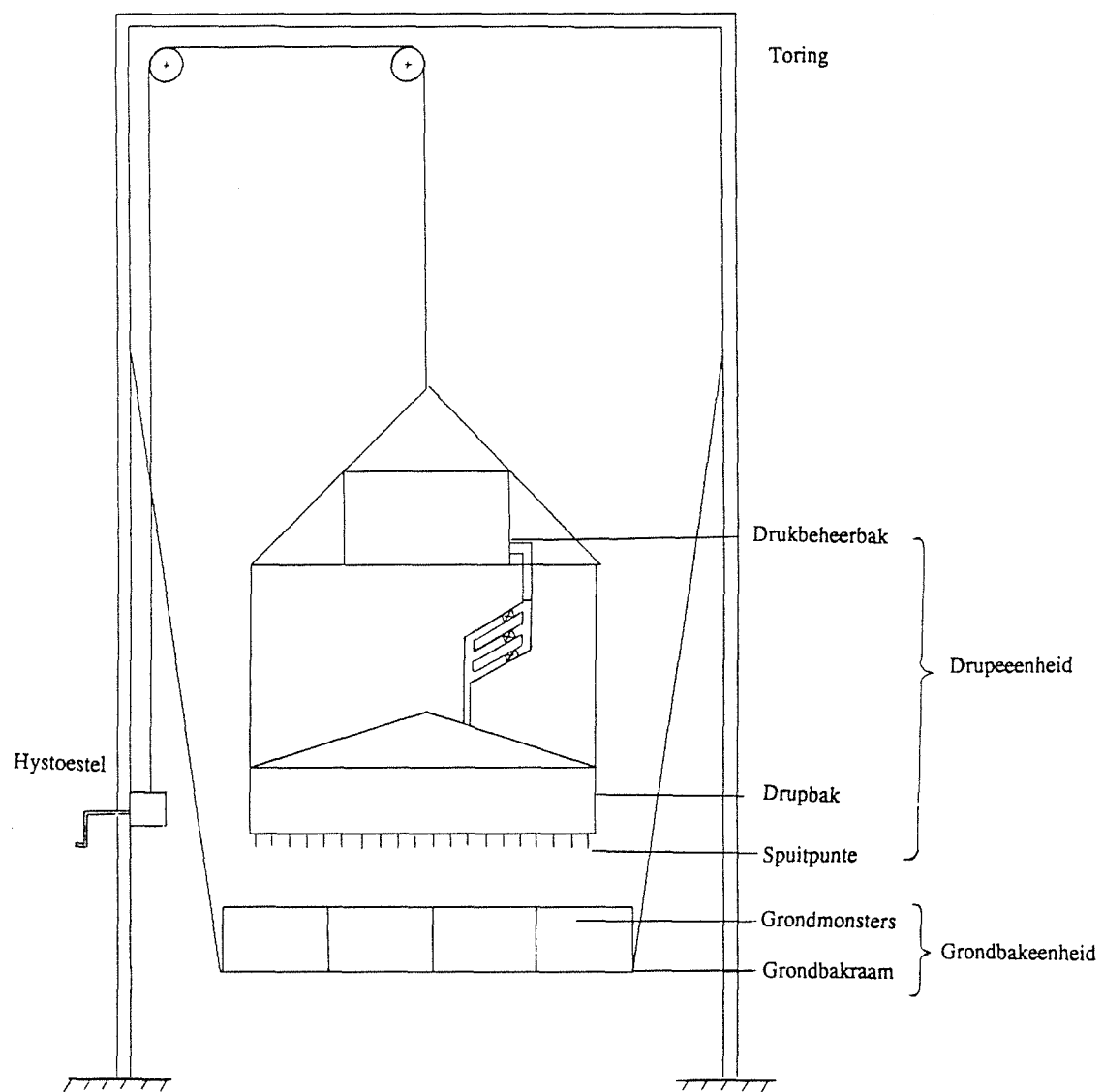
'n Laboratoriumskaal besproeiingsimuleerder wat spesiaal vir hierdie studie deur die Departement Landbou-Ingenieurswese van die Universiteit van Pretoria ontwikkel is, is deurgaans gebruik. Dit is soortgelyk aan die simuleerder wat deur Bubenzer en Jones (1971) beskryf is en wat ook deur die "Institute of Soils and Water" in Israel gebruik word. 'n Volledige beskrywing van die simuleerder is deur Eloff en Smit (1989) en ook in Afdeling B van hierdie verslag gedoen.

Dit is 'n druptipe simuleerder wat druppels genereer deur middel van mediese spuitnaalde wat druppels vorm met 'n vaste en bekende deursnee. Die naalde is op 'n rooster van 40 mm by 40 mm op 'n plaat van 1,0 by 1,3 m gespasiëer. Die plaat vorm die basis van 'n piramiedvormige drupbak. 'n Skematiese voorstelling van die simuleerder word in Figuur 3.1 gegee.

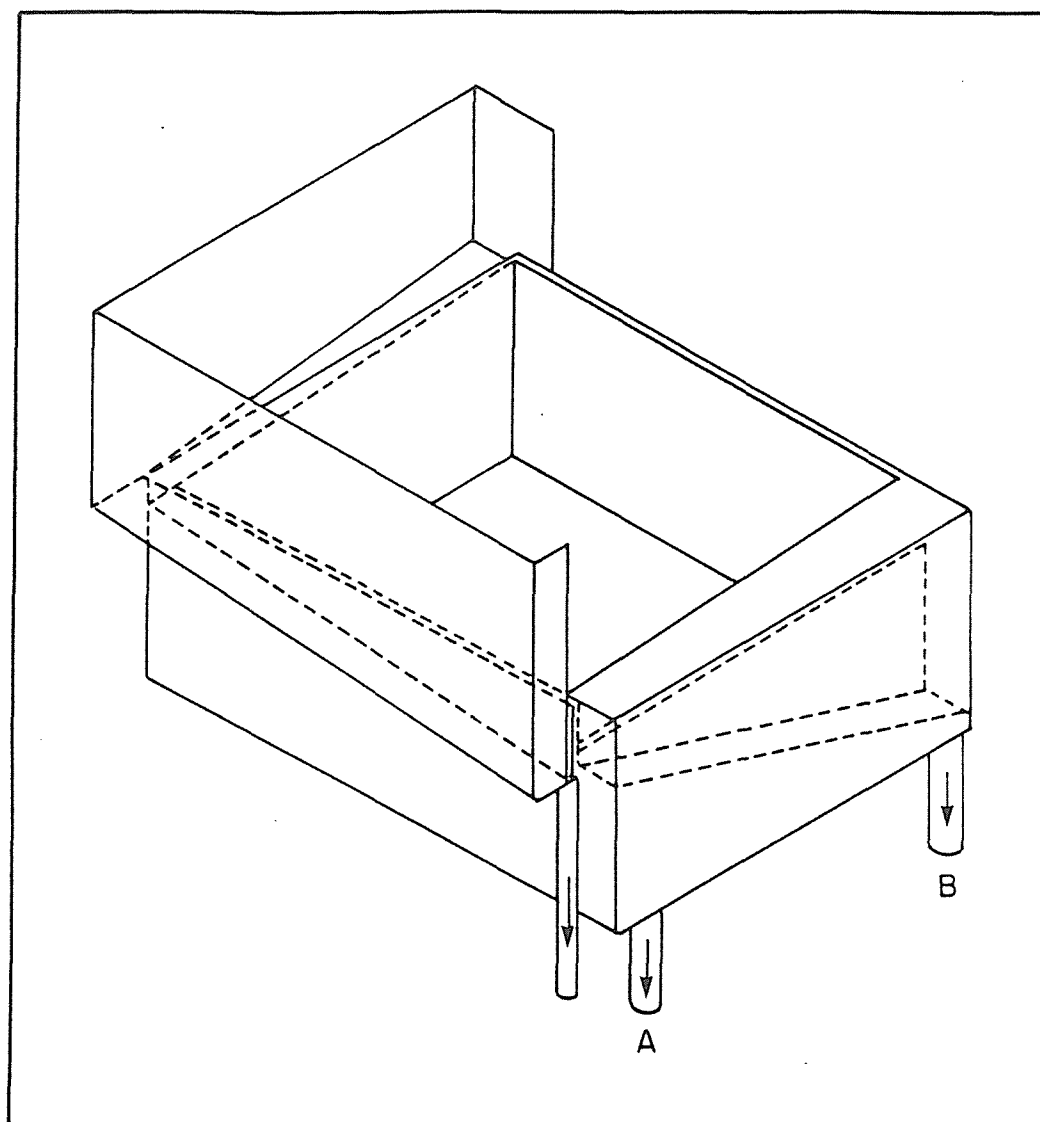
Die snelheid, en dus ook die kinetiese energie, van die druppels kan verander word deur die valhoogte daarvan te verstel. 'n Maksimum valhoogte van 4m kan bereik word. Die druppelgrootte kan verander word deur van verskillende naaldgroottes gebruik te maak. Druppelsnelhede vir die verskillende valhoogtes en druppelgroottes soos gemeet deur Epema en Riezebos (1983) is gebruik om die kinetiese energie van die druppels te bepaal.

Figuur 3.2 is 'n skematiese voorstelling van die bakke waarin die grond gepak is. Die afmetings daarvan is 272 mm lank, 221 mm breed en 50 mm diep. Die buise gemerk A en B in die figuur, verskaf die fasiliteit om onderskeidelik infiltrasie- en aflooptempo gedurende die simulering te meet. Nadat die grond in die bakke gepak is, word dit op 'n staalraam geplaas wat onder die simuleerder aan dun staalkabels hang. Die staalraam word met behulp van 'n ossileermeganisme voortdurend beweeg sodat 'n eweredige druppelverspreiding oor die hele grondoppervlakte verkry word.

'n Vloeitempometer wat aan 'n dataregistreerder gekoppel is, is ontwikkel om die infiltrasie- en aflooptempo's tydens simulering te bepaal. Die vloeitempometer word skematies in Figuur 3.3 aangedui. Die water vloei vanaf die buise van die grondbak (Figuur

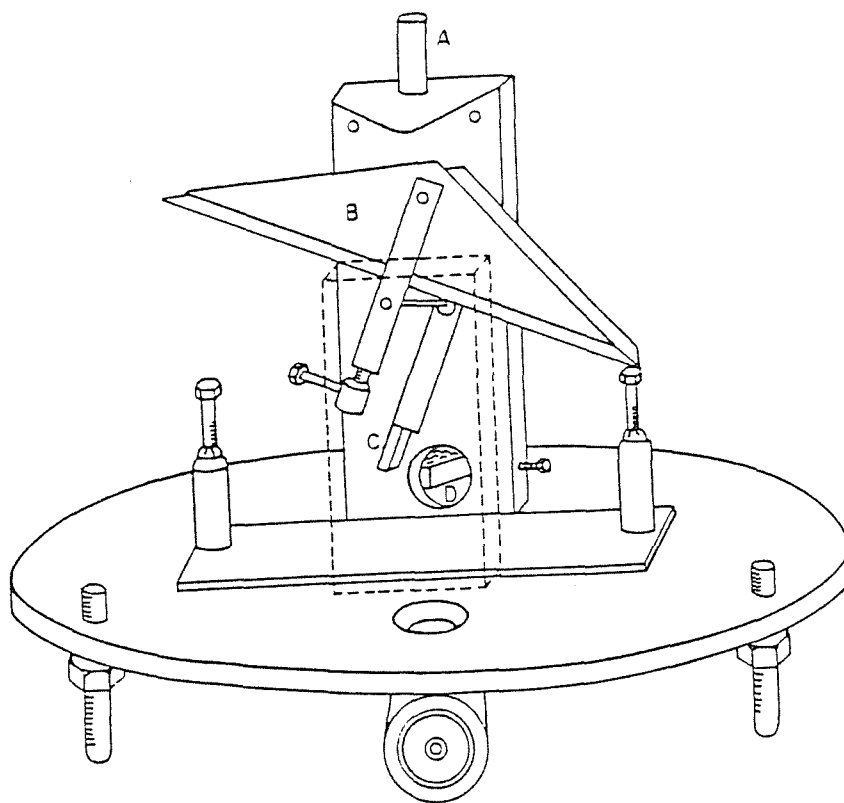


FIGUUR 3.1 Skematiese voorstelling van die laboratoriumskaal besproeiingssimuleerder



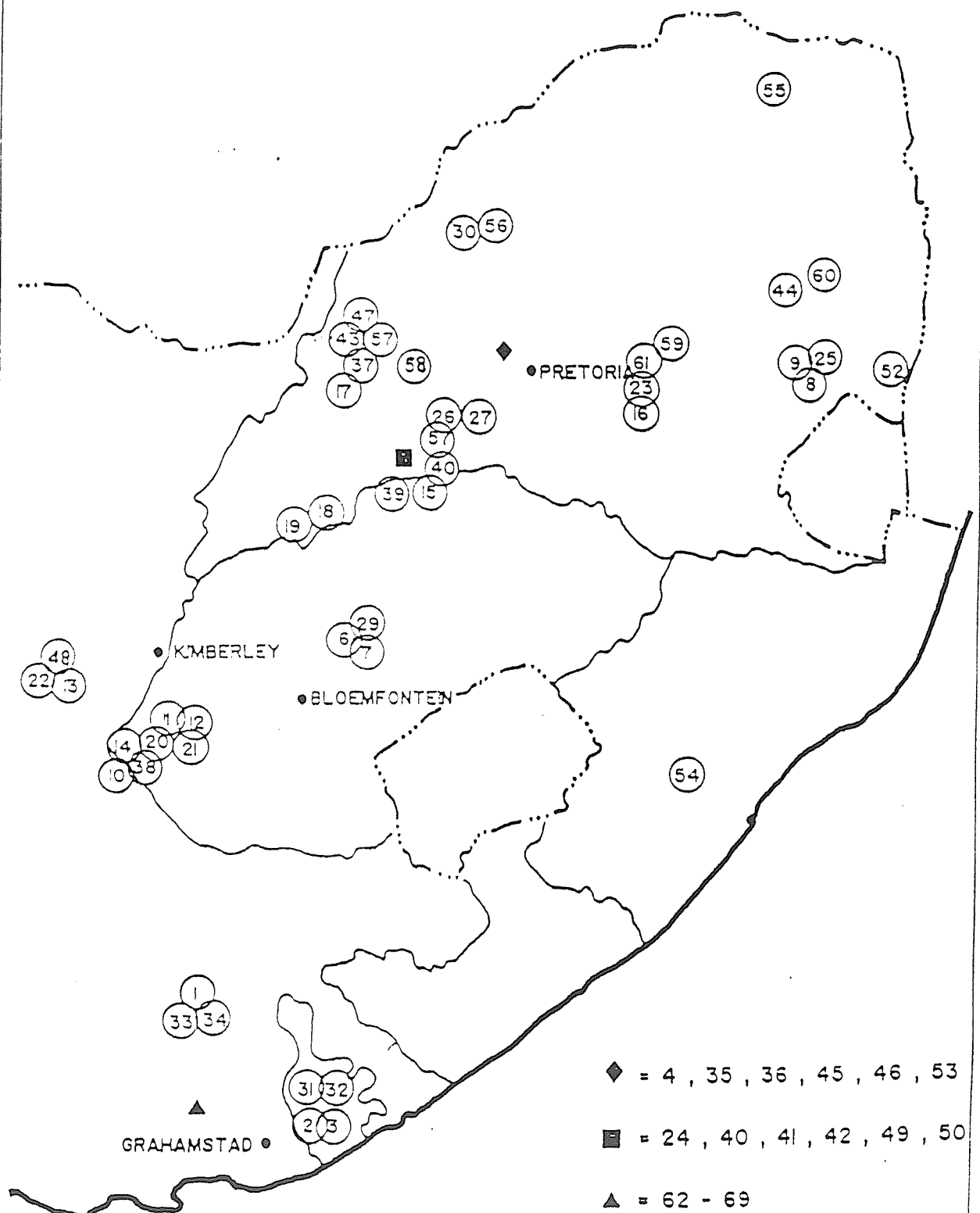
FIGUUR 3.2 Skematiese voorstelling van die bak waarin die grond gepak word

- A PVC buis waar infiltreerbaarheid bepaal kan word
- B PVC buis waar aflooptempo bepaal kan word



FIGUUR 3.3 Skematiese voorstelling van die vloeitempometer

- A Inlaat van water vanaf die grondbak m.b.v. 'n elastiese, deursigtige pyp
- B Bakkies waarin 'n sekere hoeveelheid water kan vloei voor kanteling
- C Magneet
- D Sensor



FIGUUR 3.4 Kaart om die punte aan te dui waar die grondmonsters geneem is.

3.2) na die vloeimeter wat op dieselfde beginsel as 'n outomatiese reënmeter funksioneer. Nadat 'n bekende volume water in 'n bakkie gevloei het, kantel dit om en die ander bakkie word gevul. Tydens die kanteling beweeg die magneet (gemerk C in Figuur 3.3) verby 'n sensor wat dan veroorsaak dat 'n puls op die dataregistreerder geregistreer word. Aangesien die hoeveelheid water wat met 'n puls geassosieer is deur kalibrasie bekend is, kan die infiltrasie- en aflooptempo's verkry word deur die hoeveelheid pulse in 'n sekere tydseenheid te bepaal. Die infiltrasie- en aflooptempo's is in al die eksperimente met 'n vyf minute interval gemeet.

3.2 SELEKTERING, KARAKTERISERING EN VOORBEREIDING VAN GRONDMONSTERS

Grondmonsters van die boonste 200 mm van 69 geselekteerde gronde regoor Suid-Afrika is geneem. Die meeste van hierdie gronde is van besproeiingskemas afkomstig. Die ligging van die gronde wat gemonster is, word in Figuur 3.4 en in Tabel 3.1 aangedui. Die belangrikste fisiese en chemiese eienskappe van die gronde wat die verseëling daarvan sal beïnvloed word ook in Tabel 3.1 aangedui.

'n Semi-kwantitatiewe bepaling van die verskillende kleiminerale is van die piekhoogtes van X-straal diffraktogramme verkry. Die X-straal bepaling is gemaak na die verwydering van kalk, organiese materiaal en gesorbeerde yster uit die grond (Hahne en Fitzpatrick, 1985). Die kleimineralogie van die monsters word in Tabel 3.2 gegee.

Die aggregate is opgebreek totdat dit kleiner as 4 mm was en die materiaal groter as 4 mm is verwyder. Die katioonuitruilkapasiteit sowel as die hoeveelheid uitruilbare katione is bepaal volgens die metodes soos deur Hesse (1971) voorgestel. Die pH-waardes is bepaal in 'n grond-tot-gedeïoniseerde-water-verhouding van 1:2,5. Deeltjiegrootteverspreidings is volgens die metodes soos beskryf deur Bowles (1981) bepaal en die organiese-inhoud volgens die metode van Donkin (1990). Die persentasie van aggregate groter as $500\ \mu\text{M}$ is verkry deur die droë aggregate deur 'n stel siwwe te skud en die massa op elke sif te bepaal. Hierdie eksperiment is gedoen nadat die aggregate tot 4 mm opgebreek is.

'n Grondlaag met 'n dikte van 20 mm is bo-op 'n laag van growwesand (30 mm dik) in die houers (Figuur 3.2) gepak. Volgens Morin *et al* (1981) het die dikte van die grondlaag nie 'n invloed op die infiltreerbaarheid tydens simulering nie omdat die verseëling van die boonste paar millimeters grond die infiltreerbaarheid domineer. Die gebruik van 'n 20 mm grondlaag is algemene praktyk tydens laboratorium simulering (Agassi *et al*, 1981;

TABEL 3.1. DIE BELANGRIKSTE FISIESE EN CHEMIESE EIENSKAPPE VAN DIE GRONDE

MONSTER NO	GRONDVORM	LIGGING	KLEI-INHOUD %	SLIK-INHOUD %	NGR500* %	KUK KLEI cmol kg ⁻¹	UNP	PH H ₂ O	ORGANIESE MATERIAAL %	Ca/Mg**
1	-	Cradock	36,2	32,1	44	51,8	9,7	8,5	2,08	2,43
2	Oakleaf	Commiteesdrif	16,1	11,1	2	33,5	5,7	8,0	0,19	2,24
3	Clovelly	Commiteesdrif	34,0	14,5	36	40,8	13,3	7,8	0,95	0,11
4	Arcadia	Brits	51,2	23,6	36	114,3	1,8	7,7	3,41	7,50
5	Oakleaf	Groot Marico	37,8	39,1	37	94,3	0,6	8,0	1,33	1,45
6	Hutton	Virginia	6,1	33,2	3	52,1	4,1	6,6	0,19	1,94
7	Oakleaf	Virginia	10,0	5,4	12	39,4	4,1	5,9	0,38	1,91
8	Clovelly	Nelspruit	6,1	5,4	44	29,9	4,9	6,5	0,01	2,00
9	Clovelly	Friedenheim	6,2	1,4	55	38,6	4,6	6,2	0,19	2,05
10	Oakleaf	Havenga	13,0	16,0	4	138,7	0,8	7,3	1,33	2,26
11	Valsrivier	Koffiefontein	21,4	37,4	27	124,5	2,5	7,7	1,51	10,59
12	Oakleaf	Koffiefontein	16,1	8,3	14	84,7	6,7	8,1	0,95	2,25
13	Hutton	Douglas	14,8	4,1	15	118,8	1,8	7,2	0,57	1,27
14	Oakleaf	Sanddraai	10,5	22,3	24	112,4	0,6	6,9	0,76	3,42
15	Arcadia	Potchefstroom	43,6	28,7	44	80,4	6,7	7,8	2,46	1,12
16	Hutton	Verena	3,3	0,8	15	119,0	1,0	5,2	0,57	1,52
17	Clovelly	Lichtenburg	17,0	11,7	15	52,9	0,1	7,9	0,76	1,84
18	Oakleaf	Baviaanskrans	13,7	5,0	13	40,2	3,4	6,4	0,19	1,68
19	Oakleaf	Baviaanskrans	13,5	7,1	18	38,8	3,6	6,4	0,38	1,50
20	Clovelly	Luckhof	17,2	11,2	15	77,4	0,8	7,7	1,14	19,20
21	Hutton	Koffiefontein	11,6	1,0	2	44,1	1,0	7,7	0,57	1,83
22	-	Douglas	9,5	1,0	64	45,7	0,9	7,0	0,38	2,38
23	Glenrosa	Verena	14,9	3,1	24	19,3	1,0	6,5	0,38	0,92
24	Clovelly	Potchefstroom	12,6	4,3	9	7,7	2,5	4,9	0,35	1,16
25	Avalon	Nelspruit	11,0	4,2	50	52,0	2,4	5,9	0,49	2,4
26	Hutton	Carletonville	9,4	25,0	-	-	0,6	4,9	-	-
27	Hutton	Carletonville	11,4	5,0	-	-	0,6	6,0	-	-
28	Hutton	Thabazimbi	17,7	2,0	55	22,7	0,8	7,8	0,45	1,44
29	Valsrivier	Virginia	14,8	10,0	21	39,5	2,1	5,3	0,45	2,07
30	Oakleaf	Thabazimbi	29,7	18,7	31	79,1	0,3	7,3	2,27	2,08
31	Oakleaf	Fort Hare	26,0	27,2	28	40,6	0,9	6,5	1,51	2,30
32	Oakleaf	Fort Hare	30,0	36,9	32	40,2	0,7	7,1	-	2,77
33	-	Cradock	32,2	38,4	48	57,2	0,9	8,2	2,08	2,03
34	-	Cradock	28,5	22,6	17	53,2	2,1	7,8	1,33	2,90
35	-	Magaliesburg	25,4	15,9	28	56,1	0,6	8,0	1,14	10,72
36	Oakleaf	Brits	31,9	22,7	23	56,3	1,3	7,9	1,14	1,47
37	Oakleaf	Groot Marico	26,9	16,5	18	41,9	0,2	6,5	1,51	1,36
38	Oakleaf	Havenga	25,3	15,1	38	60,3	0,6	7,4	1,14	2,07
39	Westleigh	Potchefstroom	31,9	18,8	36	43,4	1,0	5,9	-	1,34

* NGR500 = Persentasie van die aggregate (reeds kleiner as 4 mm) wat groter as 500 µm is

** Ca/Mg = Verhouding van die geabsorbeerde hoeveelhede (cmol_(c)kg⁻¹) Ca:Mg

TABEL 3.1

VERVOLG

MONSTER NO	GRONDVORM	LIGGING	KLEI-INHOUD %	SLIK-INHOUD %	NGR500 %	KUK KLEI cmol kg ⁻¹	UNP	PH H ₂ O	ORGANIESE MATERIAAL %	Ca/Mg
40	Avalon	Potchefstroom	24,9	8,2	25	40,4	0,1	6,5	3,98	1,49
41	Hutton	Potchefstroom	32,6	18,4	44	12,9	1,5	5,7	1,82	-
42	Clovelly	Potchefstroom	22,6	10,4	29	14,2	2,43	6,4	0,96	-
43	Hutton	Groot Marico	29,0	18,0	26	26,0	0,8	7,3	0,86	1,23
44	-	Ohrigstad	32,0	36,0	60	64,0	1,1	8,0	-	-
45	Arcadia	Brits	72,0	14,9	32	69,1	2,1	6,9	3,80	1,92
46	Swartland	Brits	58,6	20,4	50	65,6	1,2	7,4	2,84	1,49
47	Shortlands	Groot Marico	37,3	41,9	39	67,1	0,4	7,8	2,46	1,27
48	Arcadia	Douglas	57,5	36,8	4	73,2	1,3	6,9	2,65	1,67
49	Arcadia	Potchefstroom	42,6	20,4	65	73,2	0,3	6,9	-	-
50	Bonheim	Potchefstroom	38,6	14,4	42	51,8	2,1	6,1	2,44	-
51	Valsrivier	Potchefstroom	38,6	18,4	35	22,5	0,1	6,7	1,77	-
52	Shortlands	Komatiport	55,0	19,0	65	43,0	1,7	6,1	2,36	1,57
53	Bonheim	Brits	59,0	28,0	61	72,0	1,3	8,0	-	1,33
54	Hutton	Cedara	39,0	42,0	-	54,4	0,1	4,8	4,58	-
55	Hutton	Venda	30,4	5,1	23	20,5	0,6	6,5	1,14	1,13
56	Hutton	Thabazimbi	20,0	8,9	7	84,9	0,4	7,4	1,70	2,26
57	Hutton	Carletonville	27,4	8,3	27	27,4	0,3	7,4	1,50	1,65
58	Hutton	Koster	20,9	11,4	19	36,5	1,6	7,8	1,10	1,97
59	Shortlands	Groblersdal	46,4	15,8	54	34,8	2,0	6,6	1,33	1,76
60	Hutton	Burgershall	42,0	29,0	40	45,0	0,2	6,9	1,77	1,13
61	Hutton	Verena	8,7	1,3	51	41,0	1,09	4,8	0,19	2,61
62	Swartland	Somerset Oos	32,1	28,5	-	22,8	7,4	8,2	-	5,4
63	Glenrosa	Somerset Oos	18,1	20,5	-	25,9	2,1	6,9	-	2,3
64	Hutton	Somerset Oos	20,1	22,5	-	21,6	3,0	7,1	-	2,3
65	Oakleaf	Somerset Oos	22,1	28,5	-	26,8	1,7	6,4	-	2,5
66	Hutton	Somerset Oos	18,1	14,5	-	19,7	2,1	6,9	-	2,8
67	Oakleaf	Somerset Oos	30,1	14,5	-	18,2	14,3	8,0	-	9,4
68	Oakleaf	Somerset Oos	26,1	14,5	-	21,3	4,5	7,2	-	1,4
69	Hutton	Somerset Oos	28,1	26,5	-	20,1	3,3	7,3	-	2,1

TABEL 3.2. SEMI-KWANTITATIEWE AANDUIDING VAN DIE KLEIMINERALE WAT IN DIE GRONDE VOORKOM

MONSTER NO	GRONDVORM	LIGGING	KLEIMINERALOGIE			
1	-	Cradock	St33	Mi55	Kt12	
5	Oakleaf	Groot Marico	St18	Mi29	Kt49	Go4
6	Hutton	Virginia	St10	Mi50	Kt40	
8	Clovelly	Nelspruit		Mi19	Kt81	
9	Clovelly	Friedenheim		Mi19	Kt81	
12	Oakleaf	Koffiefontein	St17	Mi29	Kt50	Go4
17	Clovelly	Lichtenburg	St11	Mi12	Kt55	Go22
18	Oakleaf	Baviaanskrans		Mi17	Kt50	Kt/Is33
19	Oakleaf	Baviaanskrans		Mi24	Kt61	Vm15
21	Hutton	Koffiefontein		Mi50	Kt25	Kt/Is25
22		Douglas	St13	Mi37	Kt30	Kt/Is20
23	Glenrosa	Verena		Mi22	Kt62	Py17 Go9
24	Clovelly	Potchefstroom		Mi22	Kt54	Py10 Go14
25	Avalon	Nelspruit		Mi20	Kt75	Vm5
28	Hutton	Thabazimbi	St16	Mi30	Kt37	Tc17
29	Valsrivier	Virginia	St41	Mi37	Kt22	
30	Oakleaf	Thabazimbi	St63	Mi6	Kt28	Go3
33		Cradock	St19	Mi69	Kt12	
34		Cradock	St64	Mi26	Kt4	Kt/Is6
35		Magaliesburg	St31	Mi14	Kt55	
36	Oakleaf	Brits	St56	Mi8	Kt27	Tc7 Go2
38	Oakleaf	Havenga	St66	Mi19	Kt7	Kt/Is8

TABEL 3.2. (VERVOLG)

MONSTER NO	GRONDVORM	LIGGING	KLEIMINERALOGIE			
40	Avalon	Potchefstroom	Mi21	Kt79		
41	Hutton	Potchefstroom	Mi25	Kt50		
42	Clovelly	Potchefstroom	Mi11	Kt48	Tc17	Go15
43	Hutton	Groot Marico	Mi38	Kt56		
45	Arcadia	Brits	Mi23	Kt44	Kt/Is33	
46	Swartland	Brits	Mi23	Kt46	Tc8	
47	Shortlands	Groot Marico	Mi16	Kt60	Go4	
48	Arcadia	Douglas	Mi30	Kt17		
50	Bonheim	Potchefstroom	Mi3	Kt28	Kt/Is10	
51	Valsrivier	Potchefstroom	Mi23	Kt45	Go18	
52	Shortlands	Komatiport	Mi19	Kt81		
54	Hutton	Cedara		Kt10	Vm45	Cl45
55	Hutton	Venda		Kt89	Vm11	
56	Hutton	Thabazimbi	Mi20	Kt34		
57	Hutton	Carletonville	Mi19	Kt71	Go10	
58	Hutton	Koster	Mi10	Kt77	Go13	
59	Shortlands	Groblersdal	Mi27	Kt73		
60	Hutton	Burgershall	Mi13	Kt62	Tc13	Go4
61	Hutton	Verena	Mi6	Kt83	Go7	Pt4
66	Hutton	Somerset Oos	Mi50	Kt30		

Waar:St : Smektiert
 Mi : Mika
 Kt : Kaolinit
 Vm : Vermikuliet
 Tc : Talk
 Py : Pirofilliet
 Go : Goethiet
 Cl : Chloriet
 Kt/Is : Kaolinit tussengelaagde mineraal

Smith, 1990; Stern, 1990). Na pakking is die grond in die meeste gevalle vooraf kapillêr benat en daarna in die simuleerder geplaas. Met enkele uitsonderings is 'n helling van 9% gebruik en drie herhalings van elke behandeling gedoen.

HOOFSTUK 4

DIE INVLOED VAN VOORAFBENATTING OP INFILTRASIEVERLAGING TYDENS BESPROEIINGSIMULERING

4.1 INLEIDING

Die kapillêre benatting van grond voordat dit in die simuleerder geplaas word, word deur die meeste navorsers as standaard praktyk beskou (Agassi *et al*, 1981, Smith, 1990; Stern, 1990). Die rede wat aangevoer word, is dat verseëling eers begin plaasvind indien die grond byna versadig is met water, omdat die interne aantrekkingskragte van die gronddeeltjies dan swak is (Agassi *et al*, 1985). Die voorafbenatting help ook om 'n kontinue waterkolom in die toetsmonster-growwesand sisteem te skep sodat die infiltreerbaarheid in 'n vroeë stadium van simulering reeds gemeet kan word.

In die praktyk word watertoediening egter op 'n droë grondoppervlak gemaak. Dit is ook vir bestuurs- en ontwerpdoeleindes van besproeiingstelsels van kardinale belang om te weet hoeveel water in die droë grond kan infiltreer voordat afloop of opdamming begin plaasvind. Omdat voorafbenatting standaardpraktyk in simulasiestudies is en sekere praktiese voordele inhou, terwyl droë grond in die praktyk besproei word, is daar besluit om 'n ondersoek te doen na die verskil tussen die infiltreerbaarheid van grond wat vooraf benat is en droë grond.

4.2 MATERIAAL EN METODES

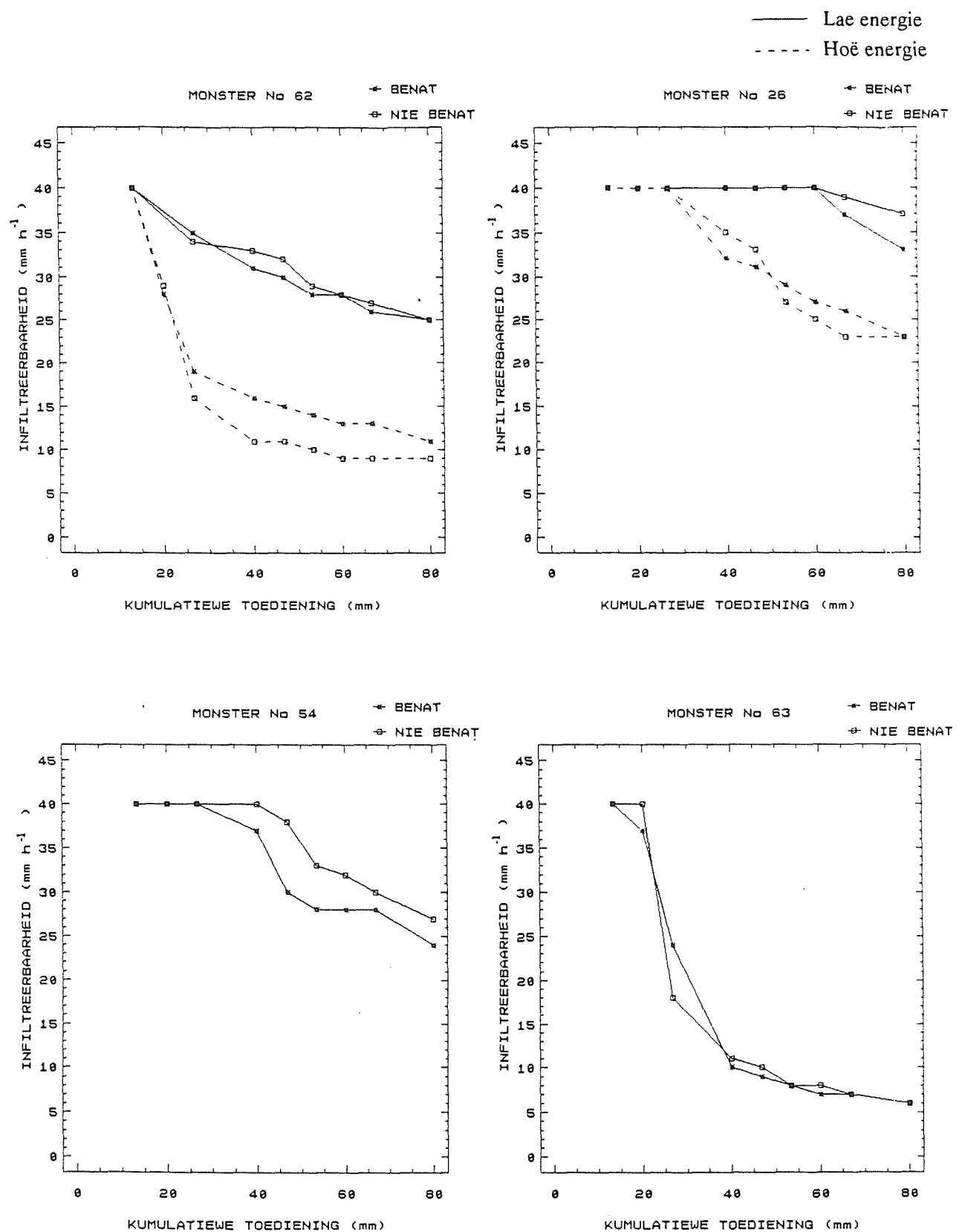
Vier gronde, nl. no's 26, 54, 62 en 63, is vir die eksperiment geselekteer. Gronde no's 26 en 63 het klei-inhoude van laer as 20% en gronde no's 54 en 62 hoër as 20% terwyl gronde no's 26 en 54 UNP-waardes van laer as 1,0% het en gronde no's 62 en 63 UNP-waardes van hoër as 2,0% het (Tabel 3.1). Die gronde is dus sodanig geselekteer dat 'n wye bereik van fisiese en chemiese dispersie verteenwoordig word.

Daar is van twee druppelenergievlakke gebruik gemaak, nl. 4,18 en 13,11 J mm⁻¹ m⁻² en die druppels het 'n konstante deursnee van 2,25 mm gehad. Bogenoemde energievlakke is verkry deur valhoogtes van 0,5 en 2,0 m. Die elektriese geleidingsvermoë (EG) van die water was 70 mS m⁻¹ en die toedieningstempo is konstant op 40 mm h⁻¹ gehou.

4.3 RESULTATE EN GEVOLGTREKKING

Die infiltreerbaarheid van die gronde as funksie van die kumulatiewe toediening van water word in Figuur 4.1 vir al vier gronde aangedui. In alle gevalle is daar geen betekensvolle verskil tussen die infiltrasiekurwes van die voorafbenatte en nie-benatte grond gevind nie. Auerswald (1991) het in 'n ondersoek na gronderosie onder 'n reënvalsimuleerder, gevind dat die aanvanklike waterinhoud geen invloed gehad het op die hoeveelheid afloop wat plaasgevind het nie. Die gevolgtrekking wat gemaak word, is dat die infiltreerbaarheid hoofsaaklik deur die verseëling van die grondoppervlak bepaal word. Dit stem ooreen met die gevolgtrekking waartoe Moore en Larson (1979) gekom het dat die verseëling van die grondoppervlak die infiltreerbaarheid in die geval van bewerkte, onbedekte grond domineer. Morin *et al* (1981) het ook tot die gevolgtrekking gekom dat die verseëling van die boonste paar millimeters van die grond die infiltreerbaarheid domineer. Aangesien die boonste paar millimeters in 'n baie kort tyd met water versadig raak, is die verseëlingsproses feitlik identies ongeag of die grond vooraf benat is of nie.

Aangesien die infiltrasieverloop in albei gevalle dieselfde is en die voorafbenatting sekere praktiese voordele inhou, is besluit om die grond in alle verdere studies wat hier gerapporteer word, vooraf kapillêr te benat. In die lig van die bogenoemde bevindinge kan die resultate wat in die verdere studies met die voorafbenatte grond verkry is, in die verdere studies direk van toepassing op die bestuur en ontwerp van besproeiingstelsels in die praktyk gemaak word.



FIGUUR 4.1 Verwantskap tussen infiltrerbaarheid en kumulatiewe toëdiëning

HOOFSTUK 5

DIE INVLOED VAN DRUPPELGROOTTE, VALHOOGTE EN TOEDIENINGSTEMPO OP DIE GENERASIE VAN AFLOOPWATER

5.1 INLEIDING

Aangesien die druppelgrootte, valhoogte en toedieningstempo van besproeiingstelsels verander kan word, is dit belangrik om die invloed van sodanige veranderinge op watergebruiksdoeltreffendheid te kwantifiseer. Stelsels wat by laer werksdrukke funksioneer, het gewoonlik hoër toedieningstempo's en druppelgroottes (Von Bernuth en Gilley, 1985). Volgens bogenoemde navorsers veroorsaak dit 'n toename in afloopgenerasie, maar 'n aansienlike besparing in energie. Die toedieningstempo kan verlaag word deur die bandwydte of benattingsdeursnit te verhoog.

Dit behels die plasing van sproeiers op balke verder weg van die waterpyp. Die druppelenergie kan ook verlaag word deur die sproeiers te laat sak sodat dit onder die waterpyp geleë is. Hierdie veranderinge verg egter 'n groot kapitale inset. Om die ekonomiese vatbaarheid van sodanige aanpassings te evalueer, is dit noodsaaklik om die invloed van druppelgrootte, valhoogte en toedieningstempo te kwantifiseer.

5.2 MATERIAAL EN METODES

Twee gronde, nl. no's 62 en 65 (Tabel 3.1) is in hierdie ondersoek gebruik. Aangesien die UNP-waarde van grond no. 62, 7,4% is, kan verwag word dat die verseëlingsproses deur chemiese dispersie gedomineer sal word terwyl dit nie die geval met grond no. 65 sal wees nie. Die seleksie is dus sodanig gedoen om die invloed van druppel-eienskappe te bepaal waar chemiese dispersie domineer en ook waar fisiese dispersie domineer.

Drie druppelgroottes, nl. 2,25 mm; 3,00 mm en 3,65 mm is gebruik. Toedieningstempo's van 30, 60 en 90 mm h⁻¹ is gesimuleer en 'n totale toediening van 90 mm is telkens gemaak. Die valhoogtes van die druppels was 0,4; 1,0 en 2,0 m en die EG van die besproeiingswater was 70 mS m⁻¹.

Die infiltreerbaarheid is elke 5 minute bepaal, waaruit die kumulatiewe infiltrasie vir verskeie stadia bereken is. As gevolg van die relatief gelyk oppervlak (aggregate is kleiner as 4 mm) en steil helling is aanvaar dat geen oppervlakstoring van water plaasvind nie en dat afloop onmiddellik plaasvind. Volgens Dillon, Hiler en Vittletoe (1972) bepaal die

bewerkingsmetode en helling die oppervlakstoorvermoë van die grondoppervlak en kan dit soveel as 12,5 mm wees. Die kumulatiewe infiltrasie voordat afloop plaasvind vir oppervlakstoorvermoëns van 1,0; 2,5; 7,5 en 12,5 mm is grafies bepaal. Aangesien daar aangeneem is dat geen oppervlakstoring in die grondbakke plaasvind nie, is die kumulatiewe infiltrasie (KI) voor afloop van bv. 12,5 mm oppervlakstoring bepaal as die kumulatiewe infiltrasie nadat 12,5 mm water as afloop voorgekom het.

Die infiltreerbaarheid na 'n 90 mm toediening word as die finale infiltreerbaarheid (FIT) aanvaar, alhoewel daar in sommige toestande steeds 'n dalende tendens na 90 mm toediening was.

5.3 RESULTATE EN BESPREKING

Die verwantskap tussen infiltreerbaarheid en kumulatiewe toediening vir die onderskeie druppelgroottes, valhoogtes en toedieningstempo's word in Bylae A gegee. Daar sal in alle verdere besprekings na bogenoemde verwantskap verwys word as die infiltrasiekurwe. Die FIT, kumulatiewe infiltrasie na 90 mm en kumulatiewe infiltrasie totdat afloop plaasgevind het vir die verskeie oppervlakstoorvermoëns word in Tabel 5.1 gegee.

5.3.1 Die invloed van druppelgrootte

In Tabel 5.1 kan gesien word dat daar geen duidelike tendense t.o.v. die verseëlingsveranderlikes en druppelgrootte voorkom nie. In sekere gevalle is daar geen betekenisvolle verskille nie en in ander gevalle wel maar geen herhalende tendense nie. Dit is waarskynlik a.g.v. die komplekse invloed van druppelgrootte en ook die feit dat die dikte van die waterlagie op die grondoppervlak die invloed van druppelgrootte verder kompliseer. Die kompleksiteit van die invloed van druppelgrootte kom na vore in die navorsingsresultate van verskeie navorsers wat die invloed van druppelgrootte op aggregaatstabiliteit en afloopgenerasie bepaal het.

Farres (1980) en Wustamidin, Douglas, Cummings en Leslie (1983) kom albei tot die gevolgtrekking dat 'n groot aantal klein druppels en 'n klein aantal groot druppels dieselfde aggregaatafbraak veroorsaak indien dieselfde hoeveelheid water die aggregaat met dieselfde druptempo tref. Farres (1980) vind egter m.b.v. 'n faktor-analise dat 'n toename in druptempo 'n toename in aggregaatafbraak veroorsaak en dat die druptempo 50% van die variasie in aggregaatafbraak verklaar. Dit word toegeskryf aan die min tyd wat die aggregaat het om aan te pas by interne spannings (wat deur 'n vorige druppel veroorsaak is) voordat 'n volgende druppel tref (Farres, 1980). Om 'n toediening van 90 mm water te

TABEL 5.1

DIE FINALE INFILTRERBAARHEID (FIT), KUMULATIEWE INFILTRASIE (KI) NA 'N 90 mm TOEDIENING EN OOK KI VOORDAT AFLOOP BEGIN PLAASVIND BY VERSKEIE GRONDOPPERVLAKSTOORVERMOËNS

DRUPPEL- DEURSNEE mm	VALHOOGTE m	KINETIESE ENERGIE $J\ mm^{-1}m^{-2}$	TOEDIENINGS- TEMPO $mm\ h^{-1}$	MONSTER NO. 65						MONSTER NO. 62					
				FIT	KI	*KI VOOR AFLOOP				FIT	KI	*KI VOOR AFLOOP			
				$mm\ h^{-1}$	mm	1,0	2,5	7,5	12,5	$mm\ h^{-1}$	mm	1,0	2,5	7,5	12,5
2,25	0,4	3,01	30	21	73	24	34	54	75	21	72	24	34	54	75
			60	33	65	4	15	45	60	26	54	3	10	35	45
			90	38	68	12	27	47	60	42	54	5	14	30	45
	1,0	7,83	30	14	66	35	41	55	68	14	63	28	35	49	61
			60	25	52	4	15	33	45	19	44	3	10	30	38
			90	34	53	6	23	38	48	27	44	3	15	27	38
	2,0	13,13	30	14	64	25	34	50	63	10	47	6	15	29	40
			60	21	54	10	20	38	50	17	43	10	18	30	38
			90	22	37	3	12	26	33	22	31	2	6	15	24
3,00	0,4	3,49	30	30	90	90	90	90	90	17	75	34	50	70	81
			60	38	72	15	30	60	74	26	63	15	30	51	60
			90	61	69	5	15	45	62	32	51	5	15	38	45
	1,0	8,07	30	15	70	34	45	63	75	12	57	18	26	44	55
			60	35	73	15	40	65	80	16	40	4	12	25	35
			90	35	57	8	23	45	54	22	44	8	18	38	45
	2,0	14,70	30	12	51	15	20	23	45	8	36	5	9	21	31
			60	19	43	4	12	28	35	14	32	3	10	22	30
			90	19	37	3	12	26	32	15	25	3	8	12	26
3,65	0,4	5,90	30	25	83	53	63	90	90	22	76	43	55	70	80
			60	29	61	8	20	45	57	24	55	8	20	40	44
			90	46	65	15	30	48	62	44	48	3	5	15	23
	1,0	8,19	30	19	77	50	58	75	90	12	58	20	28	43	55
			60	22	48	10	18	32	40	20	41	3	9	25	31
			90	28	44	2	12	30	38	29	41	2	8	23	33
	2,0	15,42	30	10	50	19	24	38	48	9	46	18	21	33	57
			60	18	42	10	18	28	35	15	35	3	12	24	30
			90	21	32	2	5	18	30	12	19	2	3	15	23

* Die waardes van KI in mm by die aangeduide oppervlakstoorvermoëns in mm.

maak sal beteken dat baie meer kleiner druppels per tydseenheid toegedien moet word as wat die geval is met groter druppels. Die kleiner druppels het dus 'n hoër druptempo. In die lig van die bevindings van Farres, (1980) kan dus meer aggregaatafbraak van die kleiner druppels verwag word.

Daar is egter ook deur Moss en Green (1983) en Gilley en Finkner (1985) gevind dat 'n toename in druppelgrootte 'n toename in deeltjies wat losgeslaan word en in suspensie gaan, veroorsaak. Aangesien deeltjies wat gesuspendeer is horisontaal oriënteer en die oppervlak verseël, kan dus verwag word dat, in hierdie opsig, 'n toename in druppelgrootte 'n toename in verseëling sal veroorsaak.

Die dikte van die waterlagie op die grondoppervlak kompliseer die invloed van druppelgrootte verder. Moss en Green (1983) het gevind dat die materiaal wat in suspensie gaan a.g.v. druppelimpak toeneem soos die dikte van hierdie lagie toeneem. Indien die waterlagie egter 'n dikte van 2-3 keer die druppeldeursnee bereik, begin die materiaal in suspensie afneem omdat die waterlagie deel van die energie van die druppels absorbeer (Moss en Green, 1983).

Die mening is ook al uitgespreek dat die groter druppels genoeg energie besit om die vormende seël telkens op te breek en so veroorsaak dat die infiltreerbaarheid nie te laag daal nie (Du Plessis, 1990, persoonlike mededeling; Laker, 1990, persoonlike mededeling).

5.3.2 Die invloed van toedieningstempo en valhoogte

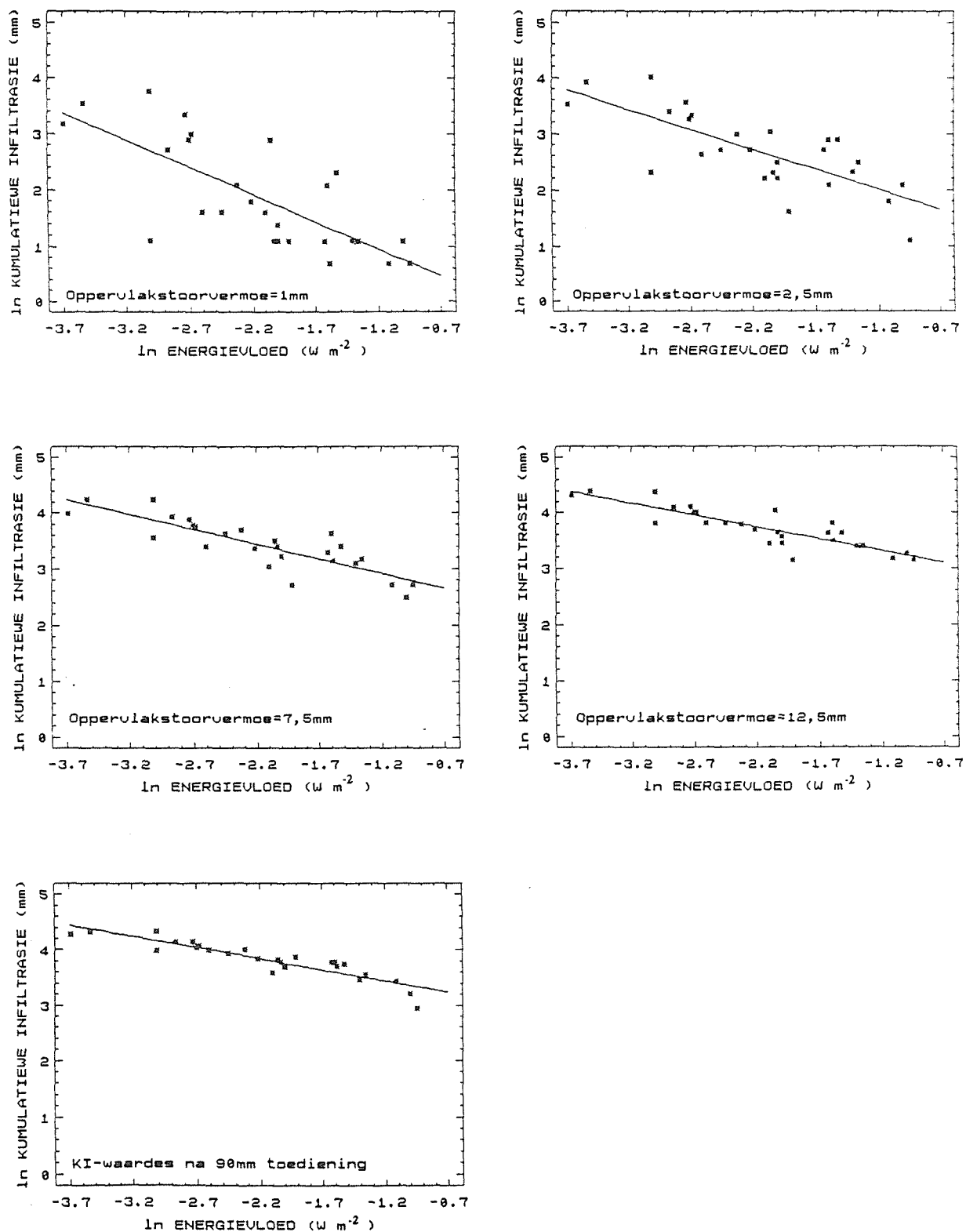
In Tabel 5.1 kan gesien word dat daar oor die algemeen 'n toename in FIT voorkom met 'n toename in toedieningstempo. Hierdie tendens is in teenstelling met die gevolgtrekking van Farres (1980) dat 'n toename in druptempo 'n toename in aggregaatafbraak veroorsaak. Dit moet egter in gedagte gehou word dat aggregaatafbraak nie die enigste meganisme van verseëling is nie. Stern (1990) het byvoorbeeld gevind dat 'n toename in helling, 'n toename in FIT veroorsaak het en skryf dit toe aan die erodering van die vormende seël deur die groot volume afloopwater. 'n Moontlike verklaring van die toename in FIT met toename in toedieningstempo kan dus gevind word in die erodering van die vormende seël deur die groot volume afloopwater. Volgens Bradford, Ferris en Remley (1987) bereik die afloopwater tydens laboratoriumsimulering nie snelhede wat voldoende is om deeltjies in suspensie te bring nie, maar vervoer dit net die deeltjies wat in suspensie gegaan het a.g.v. die impak van die vallende druppels.

In die lig van hierdie bevinding is die rede vir die toename in FIT met toedieningstempo waarskynlik die verwydering van materiaal wat in suspensie is deur die groot volume afloopwater. Dit word deur die metings wat in Hoofstuk 6 bespreek word bevestig. Die hoeveelheid sediment in die afloopwater het toegeneem met 'n toename in toedieningstempo (Tabel 6.1 en 6.2). Hierdie materiaal word dus verwyder voordat dit aktief aan die verseëlingsproses kan deelneem wat 'n afname in FIT sou veroorsaak het.

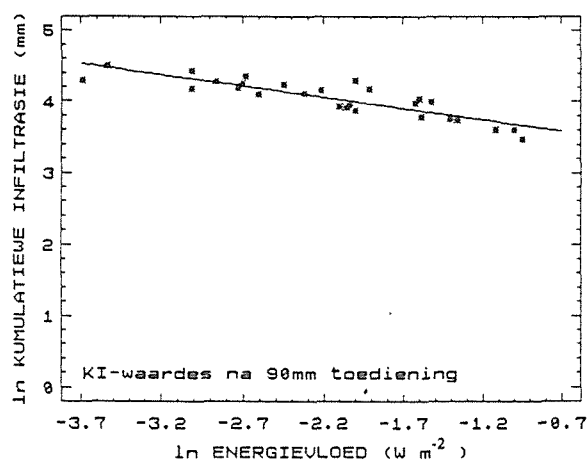
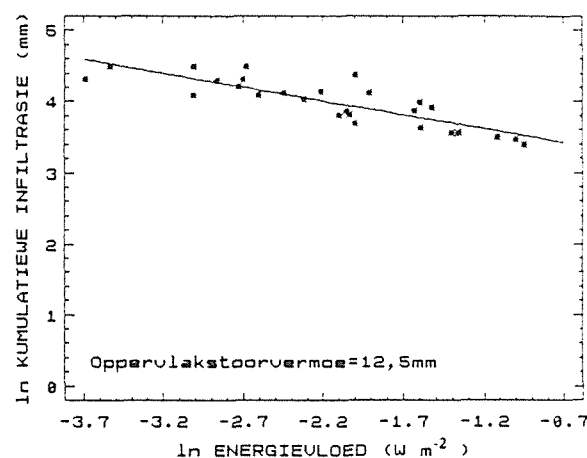
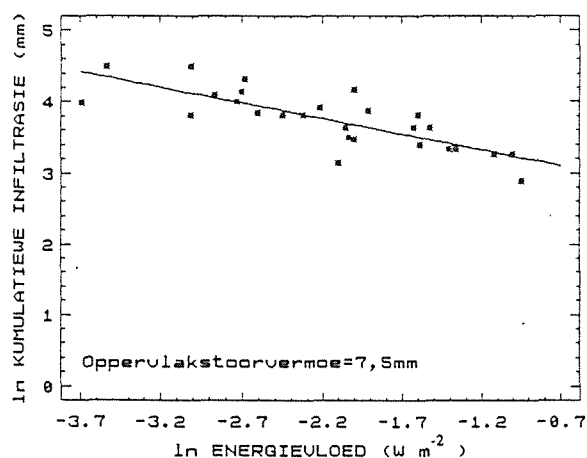
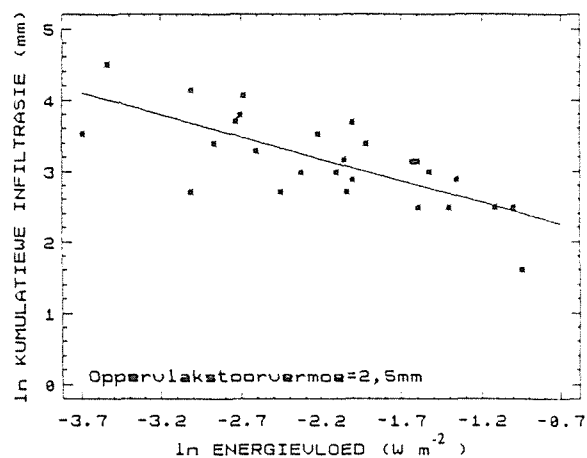
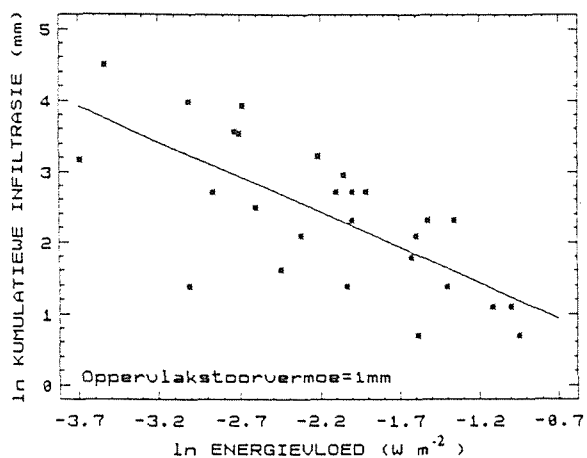
Daar is oor die algemeen 'n afname in kumulatiewe infiltrasie met 'n toename in die toedieningstempo. Dit word toegeskryf aan die toename in verskil tussen infiltreerbaarheid en toedieningstempo met 'n toename in toedieningstempo. Daar vind meer afloop en minder infiltrasie plaas a.g.v. die groter verskil tussen infiltreerbaarheid en toedieningstempo en nie a.g.v. 'n toename in verseëling nie. Daar is intendeel tot die gevolgtrekking gekom dat 'n toename in toedieningstempo minder verseëling tot gevolg het a.g.v. die verwydering van verseëlingsmateriaal deur die afloopwater. Daar het oor die algemeen ook 'n afname in FIT en kumulatiewe infiltrasie voorgekom met 'n toename in valhoogte. 'n Toename in valhoogte veroorsaak 'n toename in druppelsnelheid wat 'n toename in kinetiese energie veroorsaak. Met 'n toename in kinetiese energie vind meer aggregaatafbraak en kompaksie plaas en dus neem verseëling toe en die infiltreerbaarheid verlaag. Verskeie navorsers rapporteer ook 'n afname in kumulatiewe infiltrasie met toename in druppelenergie en toedieningstempo (Thomson en James, 1985; Ragab, 1983; Mohammed en Kohl, 1987).

Thomson en James (1985) het gevind dat die tyd wat verloop het totdat afloop begin plaasvind het, goed gekorreleer het met die tempo van energietoediening, nl. die energievloed. Die waarde van die energievloed is verkry deur die druppelenergie ($\text{J mm}^{-1} \text{m}^{-2}$) met die toedieningstempo (mm s^{-1}) te vermenigvuldig (Thomson en James, 1985). In hierdie studie is die kumulatiewe infiltrasie bepaal voordat afloop begin plaasvind het en nie die tyd wat verloop het nie. Dit is egter die hoeveelheid water wat in die grond infiltreer wat van belang is en nie die tyd wat verloop nie.

Die KI-waardes (Tabel 5.1) is met die berekende energievloed gekorreleer en daar is telkens 'n logaritmiese verwantskap waargeneem. Deur die natuurlike logaritmes van bogenoemde veranderlikes met mekaar te korreleer is dus 'n negatiewe lineêre korrelasie verkry. Hierdie korrelasies word grafies in Figuur 5.1 aangedui en die statistiese gegewens word in Tabel 5.2 opgesom. Mohammed en Kohl (1987) het ook onder veldtoestande goeie korrelasies tussen kumulatiewe infiltrasie en energievloed gevind.



FIGUUR 5.1a Verwantschap tussen de natuurlijke logaritmen van de kumulatieve infiltratie en energievloed van monster no 62



FIGUUR 5.1b Verwantskap tussen die natuurlike logaritmes van die kumulatiewe infiltrasie en energievloed van monster no 65

TABEL 5.2 VERGELYKINGS, R²- EN P-WAARDES VAN KORRELASIES WAT GETREF IS TUSSEN I_n (KI) EN I_n (ENERGIEVLOED)

OPPERVLAK- STOORVERMOË (mm)	**HELLING (%)	MONSTER NO. 65			MONSTER NO 62		
		VERGELYKING	R ² -WAARDE	P-WAARDE	VERGELYKING	R ² -WAARDE	P-WAARDE
1,0		$y = -0,99X + 0,24$	0,508	0,00003	$y = -0,96X + 0,20$	0,545	0,00001
2,5	3 - 5	$y = -0,62X + 1,81$	0,535	0,00001	$y = -0,71X + 1,15$	0,569	0,00001
7,5	1 - 3	$y = -0,44X + 2,79$	0,627	0,00001	$y = -0,53X + 2,27$	0,719	0,00001
12,5	0 - 1	$y = -0,39X + 3,15$	0,723	0,00001	$y = -0,43X + 2,79$	0,744	0,00001
* Totale KI		$y = -0,31X + 3,37$	0,762	0,00001	$y = -0,40X + 2,96$	0,820	0,00001

* Kumulatiewe infiltrasie nadat 90 mm water toegedien is.

** Helling wat die ooreenstemmende oppervlakstoorvermoë tot gevolg het
(Dillon *et al*, 1972)

In Figuur 5.1 en Tabel 5.2 kan gesien word dat die korrelasiekoëffisiënte (R²-waardes) toeneem soos die oppervlakstoorvermoë toeneem. Die rede hiervoor is waarskynlik omdat die grondoppervlak vir langer tye ' versadig is met water by die hoër oppervlakstoorvermoëns. Die aantrekkingskragte tussen gronddeeltjies neem af met 'n toename in waterinhoud en bereik 'n minimum indien die grond met water versadig is (afloop of opdamming begin plaasvind). Wanneer die kragte tussen die gronddeeltjies 'n minimum bereik is die effek van die vallende druppels, om die grondoppervlak te verseël, maksimum. Die kumulatiewe infiltrasie (mate van verseëling) korreleer dus beter met die energievloed van die vallende druppels indien die druppels vir 'n langer tydperk op die versadigde grondoppervlak val. Ten sypte van die laer korrelasiekoëffisiënte (R²-waardes) by die lae oppervlakstoorvermoëns, is al die korrelasies hoogs betekenisvol (P-waardes < 0,0003).

Uit Figuur 5.1 en Tabel 5.2 is dit duidelik dat bogenoemde tendense vir albei grondmonsters geld. Aangesien hierdie gronde verteenwoordigend is van chemies dispersiewe en chemies stabiele gronde kan aanvaar word dat bogenoemde tendense vir die meeste grondtipes kan geld.

In praktyk beteken dit dat 'n afname in toedieningstempo en/of druppelvalhoogte 'n toename in die hoeveelheid water wat in die grond sal infiltreer, voordat afloop plaasvind, teweeg sal bring. Die toename kan deur die volgende verwantskap bepaal word:

$$\ln (KI) = a \ln (E.I) + b$$

Waar KI = Kumulatiewe infiltrasie (mm) voordat afloop begin plaasvind
 E = Kinetiese druppelenergie ($J \text{ mm}^{-1} \text{ m}^{-2}$)
 I = Toedieningstempo (mm s^{-1})
 a en b = Konstantes wat deur die fisies-chemiese grondeienskappe en
 oppervlakstoorvermoë bepaal word.

5.4 GEVOLGTREKKING

Druppelgrootte het nie 'n groot invloed op die infiltreerbaarheid van die grond gehad nie. Die druppelenergie en toedieningstempo is die dominante, eksterne faktore wat die verseëling van die grondoppervlak bepaal. Daar bestaan goeie logaritmiese verwantskappe tussen kumulatiewe infiltrasie en die tempo van energietoediening (energievloed) vir beide chemies dispersiewe en chemies stabiele gronde. Hierdie verwantskap kan van groot waarde wees vir die ontwerp en/of aanpassing van besproeiingstelsels.

HOOFSTUK 6

DIE INVLOED VAN DRUPPELGROOTTE, VALHOOGTE EN TOEDIENINGSTEMPO OP PLAATEROSIE

6.1 INLEIDING

Indien sprinkelbesproeiing sodanig plaasvind dat die toedieningstempo hoër as die infiltreerbaarheid van die grond is, kan die afloopwater aansienlike gronderosie veroorsaak. In die geval van besproeiing is die hellings van die gronde gewoonlik nie steil nie en plaaterosie kom hoofsaaklik voor. Daar is egter al gevalle in die Oos-Kaap aangemeld waar die probleem sodanig is dat erosieslote onder spilpuntstelsels waargeneem is (Laker, 1991, persoonlike mededeling).

In die geval van plaaterosie word die boonste lagie van die grond verwyder. Hierdie lagie bevat baie van die plantvoedingstowwe, veral die wat sterk deur die gronddeeltjies gesorbeer word soos bv. fosfaat-verbindings. Die verlies aan bogrond en plantvoedingstowwe kan gewasproduksie en dus ook watergebruiksdoeltreffendheid nadelig beïnvloed. Hierdie erosieprodukte kan in die strome, damme en riviermondings akkumuleer en besoedeling van oppervlakwater veroorsaak a.g.v. die hoë konsentrasie van bemestingstowwe en onkruidodors daarin teenwoordig.

Besproeiingstelsels moet dus sodanig ontwerp word dat indien afloop plaasvind daar so min as moontlik erosie plaasvind. Die invloed van toedieningstempo, druppelgrootte en valhoogte op grondverlies moet dus bekend wees. Twee opponerende meganismes is egter ter sprake by die erosieproses tydens verseëling (Stern, 1990). 'n Toename in verseëling veroorsaak dat meer afloopwater voorkom wat gedispergeerde deeltjies kan vervoer en sodoende meer erosie kan veroorsaak. Dit kan selfs die erodering van die vormende seël veroorsaak (Stern, 1990). Die ander meganisme is egter dat die grond sodanig kan verseël dat die konsistensie van die seëllaag so hoog is dat die afloopwater dit nie kan erodeer nie en feitlik geen erosie veroorsaak nie (Stern, 1990). Dit kan daarom nie verwag word dat die invloed van druppelgrootte, toedieningstempo en valhoogte op die erosieproses noodwendig dieselfde sal wees as op die infiltreerbaarheid nie.

6.2 MATERIAAL EN METODES

Die materiaal en metodes soos beskryf in paragraaf 5.2 geld hier omdat die plaaterosie ook tydens dieselfde eksperiment gemeet is. Die afloopwater is opgevang en die hoeveelheid gronddeeltjies wat daarin voorgekom het, is filtreer, gedroog en die massa daarvan bepaal.

6.3 RESULTATE EN GEVOLGTREKKING

Die plaaterosie wat voorgekom het, is as die hoeveelheid materiaal wat in die afloopwater voorgekom het gekwantifiseer en die waardes daarvan vir die verskillende toestande word in Tabel 6.1 aangedui.

TABEL 6.1 PLAATEROSIE BY DIE ONDERSKEIE TOEDIENINGSTEMPO'S, VALHOOGTES EN DRUPPELGROOTTES

DRUPPELDEURSNEE mm	VAL- HOOGTE m	KINETIESE ENERGIE $J\ mm^{-1}\ m^{-2}$	TOEDIENINGSTEMPO $mm\ h^{-1}$	EROSIE ($g\ mm^{-1}\ m^{-2}$)	
				GROND NO. 65	GROND NO. 62
2,25	0,4	3,01	30	0,00	0,00
			60	0,00	0,00
			90	0,22	0,18
	1,0	7,38	30	0,21	0,11
			60	0,18	0,16
			90	0,32	0,46
	2,0	13,13	30	0,37	0,49
			60	0,47	0,45
			90	0,71	0,89
3,00	0,4	3,49	30	0,00	0,00
			60	0,00	0,05
			90	0,13	0,55
	1,0	8,07	30	0,12	0,11
			60	0,13	0,74
			90	0,47	1,20
	2,0	14,70	30	0,55	0,86
			60	0,49	0,99
			90	2,23	3,34
3,65	0,4	5,90	30	0,00	0,00
			60	0,17	0,36
			90	0,42	0,59
	1,0	8,19	30	0,22	0,14
			60	0,65	0,90
			90	0,83	1,20
	2,0	15,42	30	0,56	0,54
			60	1,50	1,80
			90	2,20	4,70

In die tabel kan gesien word dat 'n toename in druppelgrootte 'n toename in plaaterosie veroorsaak het. Die tendens kom veral sterk na vore by die hoër toedieningstempo's. Hierdie tendens is in ooreenstemming met die bevindings van Moss en Green (1983) en Gilley en Finkner (1985) wat waargeneem het dat die sediment wat deur vallende druppels losgeslaan word, toeneem met 'n toename in druppelgrootte.

'n Toename in valhoogte het ook die plaaterosie verhoog. Dit kan toegeskryf word aan die toename in valsnelheid wat die kinetiese energie van die druppels verhoog. Sharma en Gupta (1989) en Smith *et al* (1990) het ook gevind dat 'n toename in druppelenergie 'n toename in grondverlies veroorsaak.

Daar het ook 'n toename in plaaterosie plaasgevind met 'n toename in toedieningstempo. Dieselfde tendens is deur Meyer (1981) gevind. Kinnel (1983) het gevind dat 'n toename in aflooptempo 'n toename in erosie veroorsaak a.g.v. die groter vervoervermoë daarvan. Volgens hom is dit nie die toedieningstempo wat die beste korreleer met grondverlies nie, maar die verskil tussen toedieningstempo en die infiltreerbaarheid van die grond.

Om die gevaar van erosie onder sprinkelbesproeiingstelsels te evalueer, sal dit handig wees indien 'n indeks wat druppeldeursnee, valhoogte en toedieningstempo insluit, gevind kan word wat 'n goeie linieêre korrelasie toon met grondverlies. Kinnel (1983) het gevind dat plaaterosie 'n positiewe linieêre korrelasie met die produk van druppelenergie en aflooptempo toon. 'n Losslaan (druppelenergie) en vervoercomponent (aflooptempo) is dus betrokke by die proses van plaaterosie. Armstrong (1990) het verskeie indekse vir plaaterosie onder veldtoestande getoets en gevind dat die indekse wat voorsiening maak vir beide 'n energie (losslaan) en vervoercomponent die beste resultate gelever het.

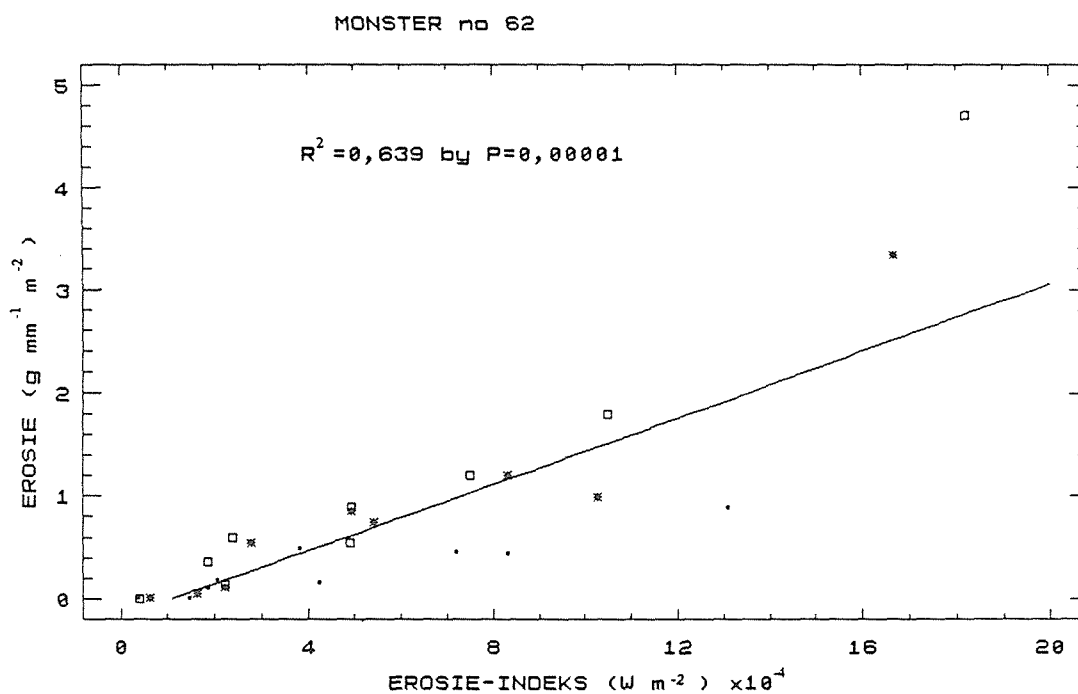
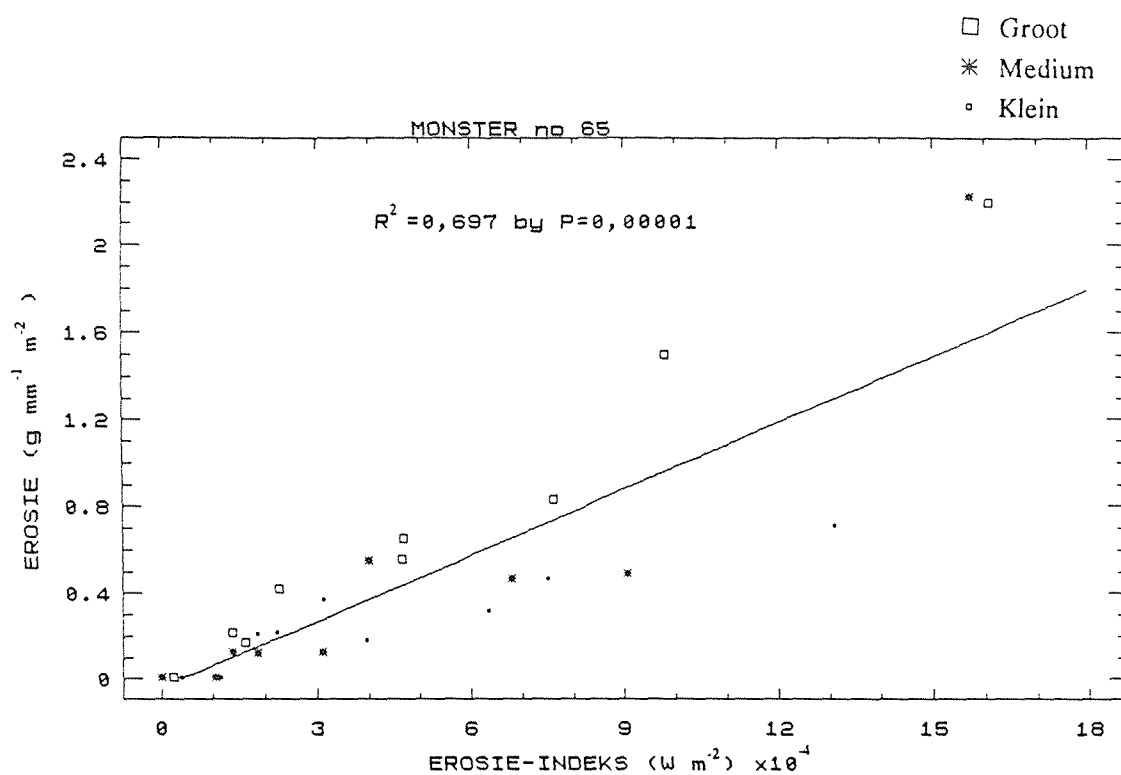
Die indeks vir plaaterosie wat deur Kinnel (1983) daargestel is sien soos volg daaruit:

$$P = b [E(I - I_s)] \quad (6.1)$$

Waar

- P = grondverlies (kg)
- E = druppelenergie (J)
- I = toedieningstempo (m s^{-1})
- I_s = infiltreerbaarheid van die grond (m s^{-1})
- b = konstante.

Hierdie indeks is vir die onderskeie toestande in hierdie ondersoek bereken. Die waarde van die FIT is as die waarde van I_s gebruik. Daar is nie goeie korrelasies tussen hierdie indeks en plaaterosie verkry nie omdat die invloed van druppelgrootte onderskat word. Die korrelasies word grafies in Figuur 6.1 gegee. 'n Toename in druppelgrootte het slegs



FIGUUR 6.1 Verwantskap tussen erosie en die indeks soos deur Kinnel (1983) voorgestel

'n geringe toename in druppelenergie tot gevolg omdat 'n groter druppel 'n hoër snelheid bereik. Hierdie verskil in kinetiese energie is egter nie genoeg om die invloed van druppelgrootte op plaaterosie te beskryf nie.

Gilley en Finkner (1985) het deur 'n empiriese ondersoek gevind dat die energieparameter wat die losspat van gronddeeltjies die beste beskryf, die kinetiese energie vermenigvuldig met die druppelomtrek of druppeloppervlakte is. Die lossaan komponent (E) van vergelyking 6.1 is vervang deur die produk van kinetiese energie en deursneedruppeloppervlakte. Die saamgestelde erosie-indeks sien dus soos volg daaruit:

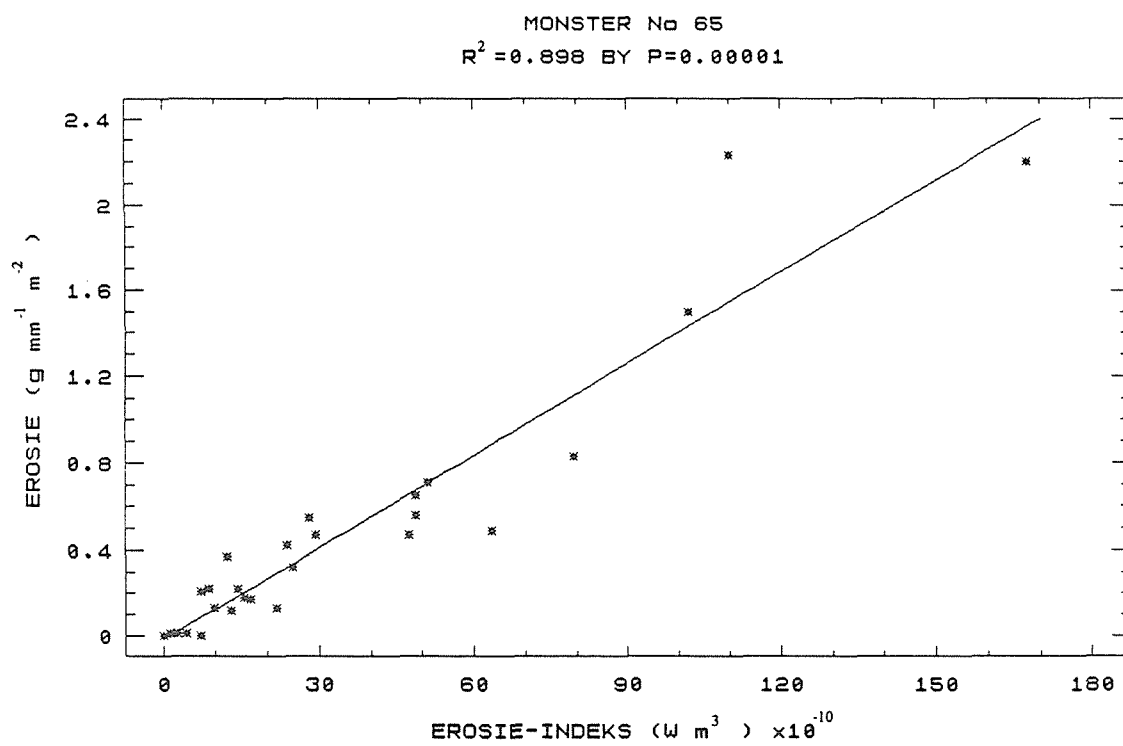
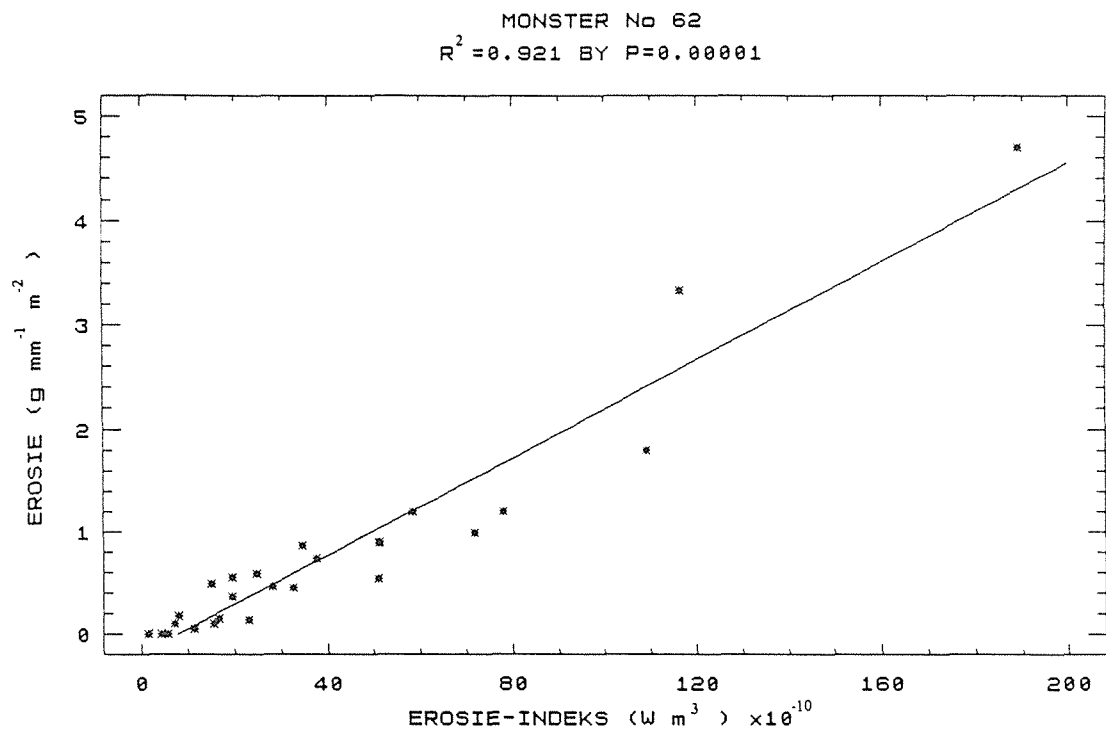
$$P = E.O(I - FIT) \quad (6.2)$$

Waar O = druppeldeursnee oppervlakte (m²)

Die komponent (E.O) verteenwoordig dus die lossaanspotensiaal van die druppels en die waarde van (I-FIT) verteenwoordig die maksimum aflooptempo en dus vervoerpotensiaal. Hierdie erosie-indeks het goed met die grondverlies wat in hierdie ondersoek gemeet is, gekorreleer. 'n Grafiese voorstelling van bogenoemde korrelasies kom in Figuur 6.2 voor. Indien die infiltreerbaarheid van die grond bekend is, kan hierdie erosie-indeks gebruik word om besproeiingstelsels sodanig te ontwerp dat minimum grondverlies voorkom.

6.4 INTERAKSIE TUSSEN INFILTRASIE EN PLAATEROSIE

Kumulatiewe infiltrasie het afgeneem met toename in druppelenergie en toedieningstempo terwyl die druppeldeursnee nie 'n invloed gehad het nie (Tabel 5.1). Erosie het egter toegeneem met 'n toename in druppelenergie, valhoogte en druppelgrootte. 'n Toename in druppelgrootte het dus 'n toename in erosie veroorsaak maar nie die kumulatiewe infiltrasie van die grond beïnvloed nie. Daar het dus 'n toename in die sedimentkonsentrasie in die afloopwater met toenemende druppelgrootte plaasgevind, soos in Tabel 6.2 aangedui word. Die groter druppels het dus meer gedispergeerde gronddeeltjies veroorsaak sonder om die infiltreerbaarheid van die grond te verlaag. Dit is moontlik 'n aanduiding dat die verseëling van die grondoppervlak nie veel deur die gesuspendeerde materiaal beïnvloed word nie, maar dat kompaksie die dominante meganisme kan wees. Kompaksie word bepaal deur die kinetiese energie van die druppels wat nie baie verskil het vir die druppelgroottes wat in die studie gebruik is nie.



FIGUUR 6.2 Verwantskap tussen erosie en die saamgestelde indeks

TABEL 6.2 SEDIMENTKONSENTRASIE IN DIE AFLOOPWATER IN g l⁻¹

VALHOOGTE (m)	TOEDIENINGS- TEMPO (mm h ⁻¹)	GROND NO. 65 DRUPPELDEURSNEE (mm)			GROND NO. 62 DRUPPELDEURSNEE (mm)		
		2,25	3,00	3,65	2,25	3,00	3,65
0,4	30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	60	0,00	0,56	0,53	0,00	0,17	0,90
	90	0,90	0,54	1,51	0,45	1,27	0,87
1,0	30	0,78	0,54	1,53	0,36	0,30	0,40
	60	0,43	0,69	1,39	0,31	1,33	1,65
	90	0,78	1,28	1,62	0,90	2,35	2,20
2,0	30	1,28	1,27	1,26	1,03	1,43	1,11
	60	1,18	0,94	2,81	0,86	1,53	2,95
	90	1,20	3,79	3,41	1,36	4,60	5,96

Stern (1990) het gevind dat 'n toename in helling 'n toename in sedimentkonsentrasie van die afloopwater veroorsaak het terwyl die kumulatiewe infiltrasie baie min deur die helling beïnvloed is. Dit word toegeskryf aan die erodering van die seëllaag deur die afloopwater by steiler hellings wat veroorsaak dat die infiltreerbaarheid van die grond toeneem met 'n toename in helling. In die lig van hierdie bevindings kan dit wees dat die toename in sedimentkonsentrasie van die afloopwater met toename in druppeldeursnee, die gevolg is van die erodering of opbreking van die vormende seëllaag deur die groter druppels.

HOOFSTUK 7

VERSEËLINGSTUDIES OP GESELEKTEERDE GRONDE VAN DIE OOS-KAAP

7.1 INLEIDING

Die verseëling van gronde by verskeie druppelenergievlakke, druppelgroottes en toedieningstempo's is in die voorafgaande afdelings bespreek. Reeds in hierdie afdelings het dit na vore gekom dat die gronde baie van mekaar verskil wat die verseëling daarvan aanbetref. Hierdie verskille kan toegeskryf word aan die verskil in fisies-chemiese eienskappe van die grond, wat die aggregaatstabiliteit, kompakteerbaarheid en dus ook verseëling daarvan sal bepaal. Daar bestaan dus 'n moontlikheid om die infiltreerbaarheid van verseëelde gronde aan die hand van die fisies-chemiese eienskappe daarvan te voorspel.

Aangesien verseëling in die Oos-Kaap 'n wesenlike probleem is, is besluit om agt gronde uit hierdie gebied te selekteer en die infiltreerbaarheid daarvan te bepaal. Daarna is gepoog word om die infiltreerbaarheid van hierdie gronde te korreleer met die fisies-chemiese eienskappe daarvan. Die seleksie van die gronde is sodanig gedoen dat dit naby mekaar geleë is en ook uit dieselfde moedermateriaal ontwikkel het. Daar is aangeneem dat die kleimineralogie van die gronde ongeveer dieselfde was en dat die ander grondeienskappe die verseëlingsproses sal beïnvloed.

Met die bou van die kanaal vanaf die H.F. Verwoerd-dam na die Visrivier en ook na die bolope van die Sondagsrivier, bestaan die moontlikheid vir besproeiingsontwikkeling in die gebied waar die monsters geneem is. Indien die infiltreerbaarheid van hierdie gronde aan die hand van die fisies-chemiese eienskappe daarvan voorspel kan word, kan die keuse en ontwerp van besproeiingstelsels daarvolgens gedoen word.

7.2 MATERIAAL EN METODES

Die belangrikste fisiese en chemiese eienskappe van hierdie monsters (gronde no's 62 - 69) word in Tabel 3.1 aangetoon. Die gronde bevat ongeveer 50% illiet, 30% kaoliniet en 20% smektiet (Tabel 3.2) en het hoofsaaklik ontwikkel uit alluvium wat waarskynlik vanaf Ecc-a- en Beaufort sedimente afkomstig is. 'n Volledige beskrywing van die gronde is deur Rudman, Oosthuizen en Schloms (1986) gedoen.

Die grond is vir simulering voorberei soos in Afdeling 3.2 bespreek, met die verskil dat 'n helling van 5% gebruik is. Die toedieningstempo was deurgaans 40 mm h^{-1} en die grond is vir twee ure lank besproei. Daar is dus 'n totale toediening van 80 mm gemaak. Die deursnee van die druppels is konstant gehou by 3,0 mm en valhoogtes van 0,4; 1,0 en 2,0 m is gebruik. Dit verteenwoordig kinetiese energievlakke van onderskeidelik 3,49; 8,07 en $14,70 \text{ J mm}^{-1}\text{m}^{-2}$. Twee waterkwaliteite waarvan die soutkonsentrasie verskil, is gebruik. Die elektriese geleidingsvermoë (EG) daarvan was onderskeidelik 10 mS m^{-1} en 100 mS m^{-1} .

7.3 RESULTATE EN BESPREKING

Die infiltrasiekurwes van die gronde vir die onderskeie waterkwaliteite en valhoogtes word in Bylae B gegee.

7.3.1 Resultate verkry tydens simulering met water waarvan die EG 10 mS m^{-1} is

Die kumulatiewe infiltrasie (KI) en finale infiltreerbaarheid (FIT) van gronde is 'n aanduiding van die graad van verseëling daarvan. Hierdie waardes word in Tabel 7.1 vir die drie druppelenergievlakke aangedui. Soos verwag, neem die KI en FIT af met 'n toename in druppelenergie (valhoogte). Dit is in ooreenstemming met die bevindings van verskeie navorsers (Shainberg en Singer, 1988; Keren, 1990; Smith, Levy en Shainberg, 1990).

Die waardes van KI en FIT is met die belangrikste fisiese en chemiese grondeienskappe gekorreleer. Die beste korrelasies is met die klei-inhoud en UNP verkry en in albei gevalle is dit 'n negatiewe korrelasie. Die KI en FIT het eksponensiëel afgeneem met 'n toename in klei-inhoud en UNP. Die logaritme van die waarde van KI en FIT het dus 'n negatiewe liniêre korrelasie met die logaritme van die klei-inhoud en UNP getoon. Hierdie korrelasiekoëffisiënte vir die drie druppelenergievlakke word in Tabel 7.2 gegee.

In Tabel 7.2 kan gesien word dat die UNP by al drie druppelenergievlakke betekenisvol met beide die FIT en KI korreleer. Dit kan toegeskryf word aan 'n afname in die interne aantrekkingskrag tussen die gronddeeltjies a.g.v. die toename in UNP. Dit veroorsaak dat 'n toename in verseëling plaasvind.

TABEL 7.1 WAARDES VAN KUMULATIEWE INFILTRASIE (KI) EN FINALE INFILTREERBAARHEID (FIT) BY TWEE WATERKWALITEITE EN DRIE DRUPPELENERGIEVLAKKE

Grond no	EG = 10 mS m ⁻¹						EG = 100 mS m ⁻¹					
	Valhoogte = 0,4 m		Valhoogte = 1,0 m		Valhoogte = 2,0 m		Valhoogte = 0,4 m		Valhoogte = 1,0 m		Valhoogte = 2,0 m	
	KI mm	FIT mm h ⁻¹	KI mm	FIT mm h ⁻¹	KI mm	FIT mm h ⁻¹	KI mm	FIT mm h ⁻¹	KI mm	FIT mm h ⁻¹	KI mm	FIT mm h ⁻¹
62	33	7	30	8	11	2	59	22	40	13	31	10
63	61	24	29	7	24	5	61	25	39	11	30	8
64	49	23	33	11	20	5	38	16	34	13	29	9
65	51	16	40	12	24	6	62	24	46	16	29	8
66	69	30	51	15	31	8	66	28	59	22	39	13
67	13	2	13	3	7	1	23	9	21	7	18	6
68	33	8	32	12	8	2	58	20	50	15	33	12
69	35	10	21	7	11	3	28	12	23	8	19	6

TABEL 7.2 KORRELASIEKOEFFISIËNTE (R²-WAARDES) VAN KI EN FIT BY DRIE DRUPPELENERGIEVLAKKE AS AFHANKLIKE VERANDERLIKES EN UNP EN KLEI-INHOUD AS ONAFHANKLIKE VERANDERLIKES

ONAFHANKLIKE VERANDERLIKE	AFHANKLIKE VERANDERLIKE					
	Valhoogte 0,4 m		Valhoogte 1,0 m		Valhoogte 2,0 m	
	KI	FIT	KI	FIT	KI	FIT
UNP	^c 0,859	^b 0,847	^a 0,583	^a 0,549	^b 0,706	^c 0,891
Klei	^a 0,657	^b 0,743	0,397	0,289	^b 0,764	^b 0,743
*UNP + Klei	^b 0,871	^b 0,889	0,584	0,558	^a 0,818	^b 0,922

* R²-waardes waar klei en UNP as onafhanklike veranderlikes in 'n meervoudige regressie gebruik is

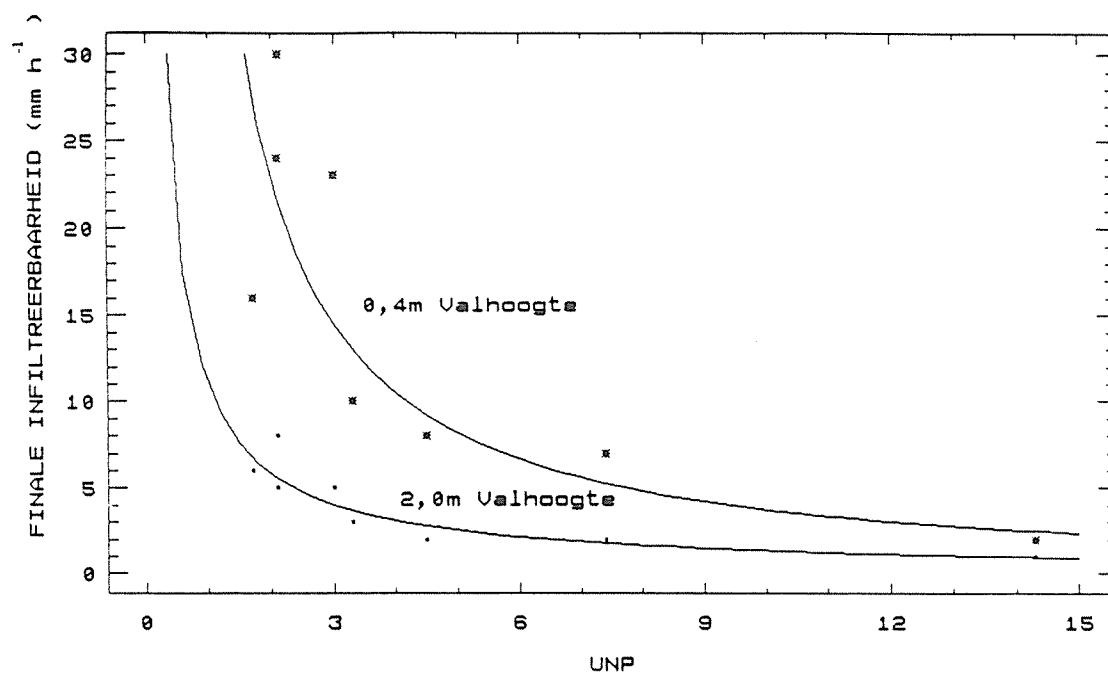
- A - Betekenisvol by P = 0,05
- B - Betekenisvol by P = 0,01
- C - Betekenisvol by P = 0,001

Hierdie eksponensiële afname in FIT en KI is ook deur verskeie Suid-Afrikaanse navorsers gevind (Du Plessis en Shainberg, 1985; Levy en V.d. Watt, 1988; Smith, 1990). Dit moet egter beklemtoon word dat hierdie drastiese toename in verseëling met toename in UNP net voorkom in gronde wat 'n sekere hoeveelheid smektiet in die kleifraaksie het (Levy en v.d. Watt, 1988; Stern, 1990). In Tabel 3.1 kan gesien word dat die gronde in hierdie ondersoek ongeveer 20% smektiet bevat. Die resultate is dus in ooreenstemming met die bevindings van bogenoemde navorsers.

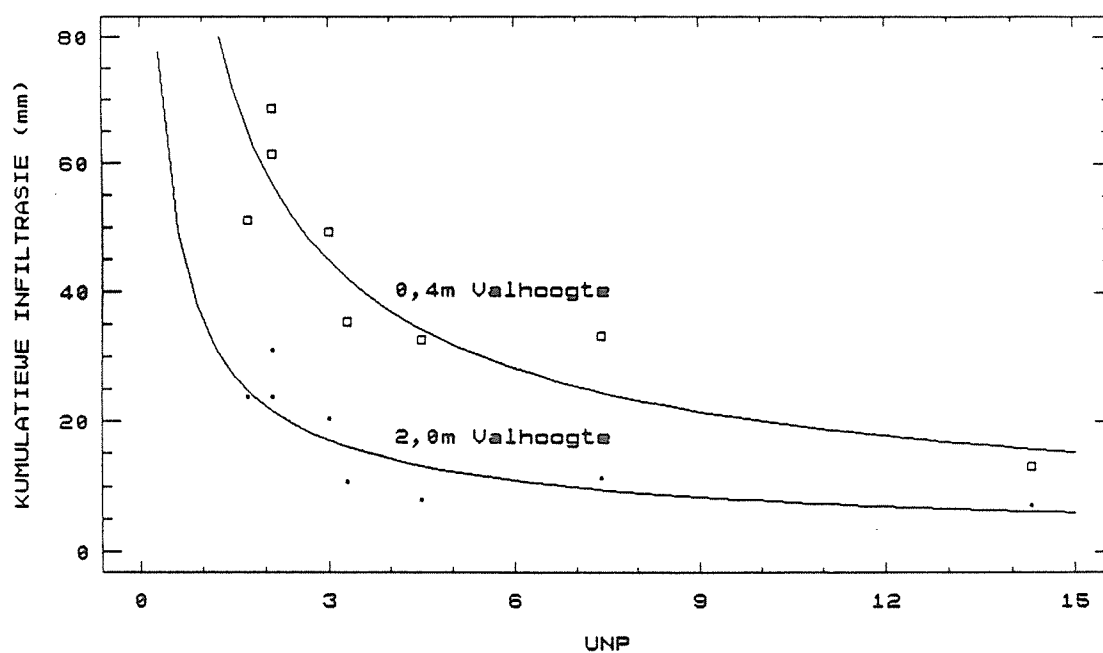
Die klei-inhoud van die gronde het egter ook betekensvolle korrelasies met die FIT en KI getoon met uitsondering van die 1 m valhoogte. Die korrelasiekoëffisiënte is egter laer as wat die geval was met die UNP, met uitsondering van die KI by 'n valhoogte van 2m. Hierdie toename in verseëling met toename in klei-inhoud is in ooreenstemming met bevindings van verskeie navorsers (Moldenhauer en Kemper, 1969; Sharma, 1985; Norton, 1987). Dit kan verklaar word deurdat die kleideeltjies die aktiewe verseëlingsagens is, deur of die georiënteerde oppervlaklaag of die ingespoelde laag te vorm. 'n Toename in klei-inhoud beteken dus meer deeltjies wat kan bydra tot verseëling.

Aangesien die UNP en klei-inhoud goed met verseëling korreleer, sou verwag word dat 'n meervoudige regressie, met die UNP en klei-inhoud as onafhanklike veranderlikes en FIT of KI as afhanklike veranderlikes 'n baie goeie korrelasiekoëffisiënt sal oplewer. In Tabel 7.2 kan gesien word dat dit nie die geval is nie. In al die gevalle het die korrelasiekoëffisiënte wat verkry is met die meervoudige regressie slegs 'n geringe toename, bo die waardes wat vir UNP verkry is, getoon. By verdere ondersoek is vasgestel dat die gronde met die hoër klei-inhoud ook hoër UNP-waardes het. Hierdie interaksie tussen klei-inhoud en UNP is dus verantwoordelik vir die laer as verwagte korrelasiekoëffisiënte van die meervoudige regressie. Omdat hierdie interaksie bestaan, is daar nie sekerheid oor watter onafhanklike veranderlike (UNP of klei-inhoud) hoofsaaklik vir die afname in FIT en KI verantwoordelik is nie.

Die verwantskap tussen FIT en UNP vir die 0,4 en 3,0 m valhoogtes, word grafies in Figuur 7.1 aangedui. Uit die figuur is dit duidelik dat die invloed van die druppelenergie afneem met 'n toename in die UNP. In die geval van grond no. 67, wat 'n UNP van 14,3% het, is die FIT vir albei energievlakke ongeveer dieselfde. Hierdie grond ondergaan dus totale verseëling ($\text{FIT} = 2 \text{ mm h}^{-1}$) by baie lae energievlakke en sal nie eens vir mikrobeproeïng geskik wees nie. Die hoë UNP van dié grond domineer dus die verseëlingsproses en die druppelenergie het feitlik geen invloed nie. Dieselfde tendens kom voor in die geval waar die KI as indeks vir verseëling gebruik is. Die verwantskap tussen KI en UNP by bogenoemde twee energievlakke word grafies in Figuur 7.2 aangedui.



FIGUUR 7.1 Verwantskap tussen FIT en UNP vir twee druppelenergievlakke



FIGUUR 7.2 Verwantskap tussen KI en UNP vir twee druppelenergievlakke

Du Plessis en Shainberg (1985) het ook 'n negatiewe verwantskap tussen die UNP en FIT van Suid-Afrikaanse gronde waargeneem. Hierdie verwantskap beskryf ongeveer dieselfde lyn as dié van 2m valhoogte ($14,7 \text{ J mm}^{-1} \text{ m}^{-2}$ in Figuur 7.1. 'n Druppelenergie van ongeveer $18 \text{ J mm}^{-1} \text{ m}^{-2}$ is egter deur bogenoemde navorsers gebruik. 'n Druppelenergie van $14,7 \text{ J mm}^{-1} \text{ m}^{-2}$ is waarskynlik na aan 'n drumpelwaarde waarbo 'n verhoging in kinetiese energie geen effek op infiltrasie het nie.

Uit Figure 7.1 en 7.2 kan ook gesien word dat hierdie gronde 'n groot mate van verseëling ondergaan indien die UNP hoër as 4% is. Sodra die waarde van die UNP laer as 4% daal, vind 'n aansienlike toename in die infiltreerbaarheid plaas. Hierdie toename word deur die druppelenergie bepaal.

Indien die gronde wat in hierdie gebied voorkom 'n UNP van 4% of meer het, sal oorhoofse besproeiing feitlik onmoontlik wees a.g.v. die verseëling. By UNP-waardes van minder as 4% sal die kinetiese energie van die besproeiingstelsel in 'n groot mate die infiltreerbaarheid daarvan bepaal.

Dit moet egter in gedagte gehou word dat bogenoemde bevinding slegs betrekking het indien water, waarvan die EG 10 mS m^{-1} is vir besproeiing gebruik word. Indien water met 'n hoër soutkonsentrasie gebruik word, sal dit na verwagting 'n verhoging in die infiltreerbaarheid veroorsaak (Agassi *et al*, 1981).

7.3.2 Resultate verkry tydens simulering met water waarvan die EG 100 mS m^{-1} is

Die waardes van FIT en KI by die drie druppelenergievlakke word in Tabel 7.1 aangedui. Daar het weer eens 'n afname in FIT en KI met toename in druppelenergie voorgekom. Die waardes van FIT en KI was oor die algemeen hoër as in die geval van die water waarvan die EG 10 mS m^{-1} was. Dit kan toegeskryf word aan die flokkulasie van die gronddeeltjies wat in ewewig is met dié water.

Die gronddeeltjies kan nie so geredelik deur die vallende druppels gedispergeer word nie en minder verseëling vind plaas (Agassi *et al*, 1981). Die meganiese dispersie van die gronddeeltjies is waarskynlik die dominante verseëlingsmeganisme en word nie baie aangevul deur chemiese dispersie nie. Dit word bevestig deurdat al die gronde (met uitsondering van no's 67 en 69) ongeveer dieselfde FIT en KI-waardes bereik (Tabel 7.1). Die laer FIT en KI van grond no. 67 kan daaraan toegeskryf word dat die UNP so hoog is (14,3%) dat die flokkulasiewaarde daarvan hoër as 100 mS m^{-1} is.

Daar is geen betekenisvolle korrelasies verkry tussen die verseëlingsindekse (FIT en KI) en die fisies-chemiese grondeienskappe nie. Die rede is waarskynlik dat daar nie groot verskille tussen die verseëling van die verskillende gronde onder flokkulerende toestande voorkom nie.

7.4. GEVOLGTREKKING

In die geval van die water met die EG van 10 mS m^{-1} is die UNP die belangrikste grondeienskap wat verseëling van hierdie gronde veroorsaak. 'n Kritiese UNP-waarde van ongeveer 4% is verkry. Bokant hierdie waarde vind totale verseëling van die gronde plaas wat 'n groot beperking op enige oorhoofse besproeiing sal plaas.

Minder verseëling het plaasgevind by die gebruik van water met 'n EG van 100 mS m^{-1} en hoër FIT en KI-waardes is verkry. Grondeienskappe speel waarskynlik nie 'n groot rol in hierdie geval nie omdat die meganiese dispersie van die gronddeeltjies die belangrikste verseëlingsmeganisme is.

HOOFSTUK 8

DIE INVLOED VAN FISIES-CHEMIESE GRONDEIENSKAPPE OP DIE FINALE INFILTREERBAARHEID VAN VERSKEIE SUID-AFRIKAANSE GRONDE

8.1 INLEIDING

Uit die voorafgaande afdelings is dit duidelik dat gronde drasties van mekaar verskil wat die verseëling daarvan aanbetref. Hierdie verskille kan aan verskille in fisies-chemiese grondeienskappe toegeskryf word. In Hoofstuk 7 is byvoorbeeld gevind dat die UNP 'n dominante rol in die verseëling van Oos-Kaapse gronde speel. Du Plessis en Shainberg (1985) en Levy en V.d. Watt (1988) het ook 'n dominante rol van UNP gevind, maar beklemtoon dat dit slegs van toepassing is op grond wat smektiet as kleimineraal bevat. Smith (1990) het daarenteen gevind dat al die gronde wat hy ondersoek het, 'n afname in infiltreerbaarheid met 'n toename in UNP getoon het, ten spyte daarvan dat al die gronde se kleifraksies deur kaoliniet gedomineer is.

Levy en V.d. Watt (1988) maak die gevolgtrekking dat Suid-Afrikaanse gronde met medium tekstuur (ongeveer 20% klei) maksimum verseëling ondergaan. Smith (1990) het gevind dat 'n toename in organiese materiaalinhoud tot toename in infiltreerbaarheid gelei het. Uit die bevindings van bogenoemde navorsers kom dit navore dat verseëling van Suid-Afrikaanse gronde deur verskeie fisies-chemiese eienskappe soos kleimineralogie, UNP, organiese materiaalinhoud en klei-inhoud beïnvloed word. Die proses kan ook deur die groter van die natuurlike aggregate (Farres, 1978), relatiewe hoeveelheid geabsorbeerde Mg (Keren, 1990), en ook die slikinhoud (Uehara en Jones, 1974) beïnvloed word.

Aangesien daar verskeie grondeienskappe is wat die verseëlingsproses kan beïnvloed, en interaksies tussen die invloede van sekere eienskappe voorkom, is dit nodig om 'n groot aantal grondmonsters in 'n ondersoek na verseëling in te sluit. Verseëlingstudies wat tot dusver op Suid-Afrikaanse gronde gedoen is, sluit slegs geselekteerde gronde in om die invloed van enkele grondeienskappe te bestudeer. Die doelstelling van hierdie ondersoek was om die finale infiltreerbaarheid van 'n groot aantal (58) Suid-Afrikaanse gronde met die fisies-chemiese eienskappe daarvan te korreleer. Dit is daarop gemik om die verseëling en dus ook infiltreerbaarheid van potensiële besproeiingsgrond aan die hand van fisies-chemiese eienskappe daarvan te voorspel. Die ontwerp en bestuur van besproeiingstelsels kan dan by die infiltreerbaarheid van die grond aangepas word.

8.2 MATERIAAL EN METODES

Die selektering, karakterisering en voorbereiding van die grondmonsters is in Afdeling 3.2 bespreek. Monsters nr. 1 - 61 is in hierdie ondersoek ingesluit met uitsondering van monsters nr. 26, 27 en 44 wat om praktiese redes nie ingesluit kon word nie. Die toedieningstempo van die besproeiingsimulering is deurgaans konstant gehou by 60 mm h^{-1} wat vir 90 minute geduur het. Daar is dus 'n totale toediening van 90 mm gemaak. Die druppeldeursnee is ook by 3,0 mm konstant gehou.

Omdat die druppelenergie van oorhoofse besproeiing kan variëer van baie laag by mikro-besproeiing tot hoog in die geval van spilpuntstelsels, is besluit om druppelenergievlakke van 2,60; 8,07; 14,70 en $19,28 \text{ J mm}^{-1} \text{ m}^{-2}$ te simuleer. Dit is verkry deur valhoogtes van onderskeidelik 0,3; 1,0; 2,0 en 3,0 m te gebruik (Epema en Riezebos, 1983). Die water wat vir die besproeiingsimulering gebruik is, het 'n elektriese geleidingsvermoë (EG) van 70 mS m^{-1} en 'n natrium adsorpsie verhouding (NAV) van $1,14 (\text{me l}^{-1})^{1/2}$ gehad. Daar sal na hierdie water as besproeiingswater (BW) verwys word.

Omdat daar reënbuie voorkom wat ook 'n invloed op die verseëling van besproeiingsgrond kan hê, is besluit om die gronde ook met water waarvan die EG 10 mS m^{-1} is en die NAV = $1,2 (\text{me l}^{-1})^{1/2}$ te besproei. Daar sal na hierdie water as reënwater (RW) verwys word. In hierdie geval is slegs een valhoogte, nl. 2m, wat 'n druppelenergie van $14,70 \text{ J mm}^{-1} \text{ m}^{-2}$ verteenwoordig, gebruik.

Die infiltreerbaarheid (IT) van die grond is telkens met tussenposes van 5 minute gedurende die toediening gemeet.

8.3 RESULTATE EN BESPREKING

Die infiltrasiekurwes van die gronde by die onderskeie energievlakke(valhoogtes) vir die BW word in Bylae C gegee en die infiltrasiekurwes vir die RW word in Bylae D gegee. Die infiltreerbaarheid van die gronde het deurgaans afgeneem met 'n toename in die kumulatiewe hoeveelheid water wat toegedien is. Dit word aan die verseëling van die grondoppervlak toegeskryf (Morin *et al*, 1977; Agassi, *et al*, 1981). Die infiltreerbaarheid het in die later stadium van besproeiing konstant gebly en nie verder gedaal nie. Hierdie infiltreerbaarheid staan bekend as die finale infiltreerbaarheid (FIT) en word deur die meeste navorsers as indeks gebruik om die mate waartoe grond verseël het, te kwantifiseer (Du Plessis en Shainberg, 1985; Levy en V.d. Watt, 1988; Agassi *et al*, 1981 en Ben-Hur *et al*, 1985). In sekere gevalle, veral by die laer druppelenergievlakke het die

infiltreerbaarheid nie 'n konstante waarde bereik nie, maar steeds 'n dalende tendens na 'n 90 mm toediening getoon (Bylae C). In hierdie geval is die infiltreerbaarheid na die 90 mm toediening as die FIT aanvaar.

8.3.1 Resultate verkry tydens simulering met water waarvan die EG 70 mS m^{-1} is

Die FIT-waardes van die gronde vir die vier energievlakke word in Tabel 8.1 gegee. Daar kom oor die algemeen 'n afname in FIT met toename in druppelenergie voor. Die FIT-waardes vir die 1m valhoogte van ongeveer die helfte van die gronde is laer as die van die 2m-valhoogte. Vir sommige gronde is die FIT vir die 1m valhoogte selfs selfs laer as die van die 3m valhoogte. In die beginstadium van besproeiingssimulasie is die infiltreerbaarhede van die gronde by die 1m valhoogte egter hoër as die van die 2m valhoogte (Bylae D). Die infiltreerbaarheid van die gronde bereik oor die algemeen gouer 'n konstante waarde by die hoër valhoogtes terwyl die infiltreerbaarheid van die laer valhoogtes in 'n laat stadium van die simulering steeds 'n dalende tendens toon. Dit gebeur dus dat die infiltreerbaarheid van sommige gronde vir laer valhoogtes in 'n laat stadium van simulering laer daal as dié van die hoër valhoogtes. Tipiese voorbeelde van bogenoemde tendense word in Figuur 8.1 gegee. 'n Moontlike verklaring wat vir hierdie tendens aangevoer kan word is die moontlikheid dat die vallende druppels die gevormde/vormende seël weer kan opbreek en sodoende 'n ewewig bereik wat tot 'n konstante infiltreerbaarheid aanleiding gee. Vir sommige gronde is die FIT vir die hoër valhoogtes hoër as die van die lae valhoogte omdat die druppels van die hoër valhoogtes waarskynlik genoeg energie het om die seël op te breek. Daar bestaan waarskynlik ewewigte tussen die druppelenergie, vorming en opbreking van die seëllaag. Hierdie ewewigte kan waarskynlik ook deur die fisies-chemiese grondeienskappe verander word. In die meeste gevalle is die verskil in FIT tussen die 1m, 2m en 3 m valhoogtes nie groot nie, maar die FIT-waarde by 0,3 m is in die meeste gevalle baie hoër. Dit impliseer dat die afname van druppelenergie van 19,28 tot $8,07 \text{ J mm}^{-1} \text{ m}^{-2}$ nie 'n groot afname in verseëling sal veroorsaak nie. Indien die druppelenergie verder ($< 8,07 \text{ J mm}^{-1} \text{ m}^{-2}$) verlaag word, sal 'n drastiese afname in verseëling en toename in FIT plaasvind. Dit wil dus voorkom asof daar 'n druppelwaarde druppelenergie in die omgewing van $8,07 \text{ J mm}^{-1} \text{ m}^{-2}$ voorkom, wat die FIT aanbetref.

TABEL 8.1.

FIT-WAARDES VAN DIE GRONDE BY VERSKILLENDE ENERGIEVLAKKE MET BESPROEINGSWATER

MONSTER NO	GRONDVORM	LIGGING	KLEI-INHOUD %	STABILITEIT ^a	3 m VALHOOGTE	2 m VALHOOGTE	1 m VALHOOGTE	0,3 m VALHOOGTE
1	-	Cradock	36,2	D	11,9	15,4	15,4	37,7
2	Oakleaf	Commitesdrif	16,1	D	30,8	42,8	40,8	52,7
3	Clovelly	Commitesdrif	34,0	D	8,1	16,2	18,9	28,5
4	Arcadia	Brits	51,2	S	8,5	11,2	6,9	28,1
5	Oakleaf	Groot Marico	37,8	S	7,3	10,0	10,8	20,0
6	Hutton	Virginia	6,1	D	30,0	34,7	45,5	60,0
7	Oakleaf	Virginia	10,0	D	15,4	22,0	17,4	37,7
8	Clovelly	Nelspruit	6,1	D	13,5	22,7	31,2	53,1
9	Clovelly	Friedenheim	6,2	D	37,5	30,1	35,5	49,7
10	Oakleaf	Havenga	13,0	S	28,9	33,9	47,4	60,0
11	Valsrivier	Koffiefontein	21,4	D	13,9	25,8	22,7	36,2
12	Oakleaf	Koffiefontein	16,1	D	17,7	20,8	22,8	51,6
13	Hutton	Douglas	14,8	D	8,5	8,9	13,1	28,9
14	Oakleaf	Sanddraai	10,5	S	15,5	29,3	28,1	47,7
15	Arcadia	Potchefstroom	43,6	D	3,1	5,4	8,5	15,4
16	Hutton	Verena	3,3	S	28,1	33,5	38,5	60,0
17	Clovelly	Lichtenburg	17,0	S	19,3	25,4	35,4	60,0
18	Oakleaf	Baviaanskrans	13,7	D	15,0	15,0	21,6	37,0
19	Oakleaf	Baviaanskrans	13,5	D	12,7	17,7	17,0	40,8
20	Clovelly	Luckhof	17,2	S	12,7	16,6	18,1	32,7
21	Hutton	Koffiefontein	11,6	S	50,5	59,7	47,0	60,0
22	-	Douglas	9,5	S	59,7	60,0	60,0	60,0
23	Glenrosa	Verena	14,9	D	14,0	19,3	12,4	30,8
24	Clovelly	Potchefstroom	12,6	D	22,0	15,0	16,0	17,0
25	Avalon	Nelspruit	11,0	D	22,0	25,0	19,0	49,0
26	Hutton	Carletonville	9,4	S				
27	Hutton	Carletonville	11,4	S				
28	Hutton	Thabazimbi	17,7	S	12,3	17,7	16,6	28,9
29	Valsrivier	Virginia	14,8	D	10,8	12,4	10,8	27,0
30	Oakleaf	Thabazimbi	29,7	S	16,2	23,9	22,0	37,7
31	Oakleaf	Fort Hare	26,0	S	6,2	12,0	17,0	19,3
32	Oakleaf	Fort Hare	30,0	S	17,3	13,9	25,8	14,2
33	-	Cradock	32,2	S		24,7	21,2	40,4
34	-	Cradock	28,5	D				10,4

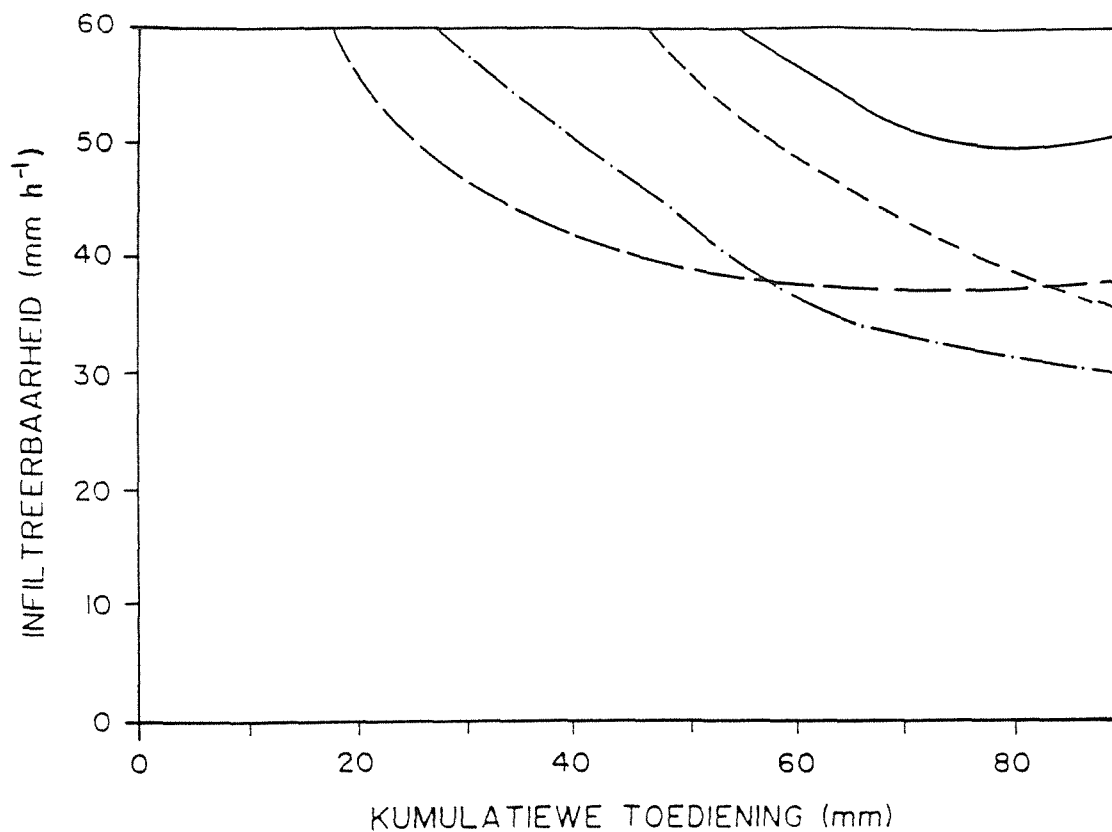
TABEL 8.1 **VERVOLG**

MONSTER NO	GRONDVORM	LIGGING	KLEI-INHOUD %	STABILITEIT*	3 m VALHOOGTE	2 m VALHOOGTE	1 m VALHOOGTE	0,3 m VALHOOGTE
35	-	Magaliesburg	25,4	S	15,4	27,0	27,8	60,0
36	Oakleaf	Brits	31,9	S	15,4	21,6		42,7
37	Oakleaf	Groot Marico	26,9	S	15,4	12,4	20,8	40,8
38	Oakleaf	Havenga	25,3	D	3,9	7,3	11,9	17,6
39	Westleigh	Potchefstroom	31,9	S	23,9	20,8	39,7	40,0
40	Avalon	Potchefstroom	24,9	S		32,8	28,1	48,5
41	Hutton	Potchefstroom	32,6	S		16,0	14,0	40,0
42	Clovelly	Potchefstroom	22,6	D		21,0	15,0	36,1
43	Hutton	Groot Marico	29,0	S		11,0	9,0	23,4
44	-	Ohrigstad	32,0	S		9,0	11,0	32,0
45	Arcadia	Brits	72,0	D	8,9	9,2	8,1	13,9
46	Swartland	Brits	58,6	S	10,0	10,0	10,0	57,4
47	Shortlands	Groot Marico	37,3	S	8,9	14,6	10,8	30,8
48	Arcadia	Douglas	57,5	D	3,1	5,4	6,2	16,6
49	Arcadia	Potchefstroom	42,6	S	14,0	18,0	16,0	39,0
50	Bonheim	Potchefstroom	38,6	D	11,0	16,0	11,0	43,0
51	Valsrivier	Potchefstroom	38,6	S	22,0	25,0	24,0	44,0
52	Shortlands	Komatiport	55,0	S	8,0	8,0	8,0	43,0
53	Bonheim	Brits	59,0	S	9,0	13,0	17,0	
54	Hutton	Cedara	39,0	S	21,0	23,0	35,0	34,9
55	Hutton	Venda	30,4	S	16,6	16,2	16,6	58,1
56	Hutton	Thabazimbi	20,0	S	31,6	46,6	35,4	60,0
57	Hutton	Carletonville	27,4	S	28,1	37,0	33,9	50,8
58	Hutton	Koster	20,9	S	34,7	38,1	40,8	33,1
59	Shortlands	Groblersdal	46,4	S	13,1	13,9	13,5	51,5
60	Hutton	Burgershall	42,0	S	30,0	45,0	48,3	35,4
61	Hutton	Verena	8,7	D	19,7	22,7	20,0	

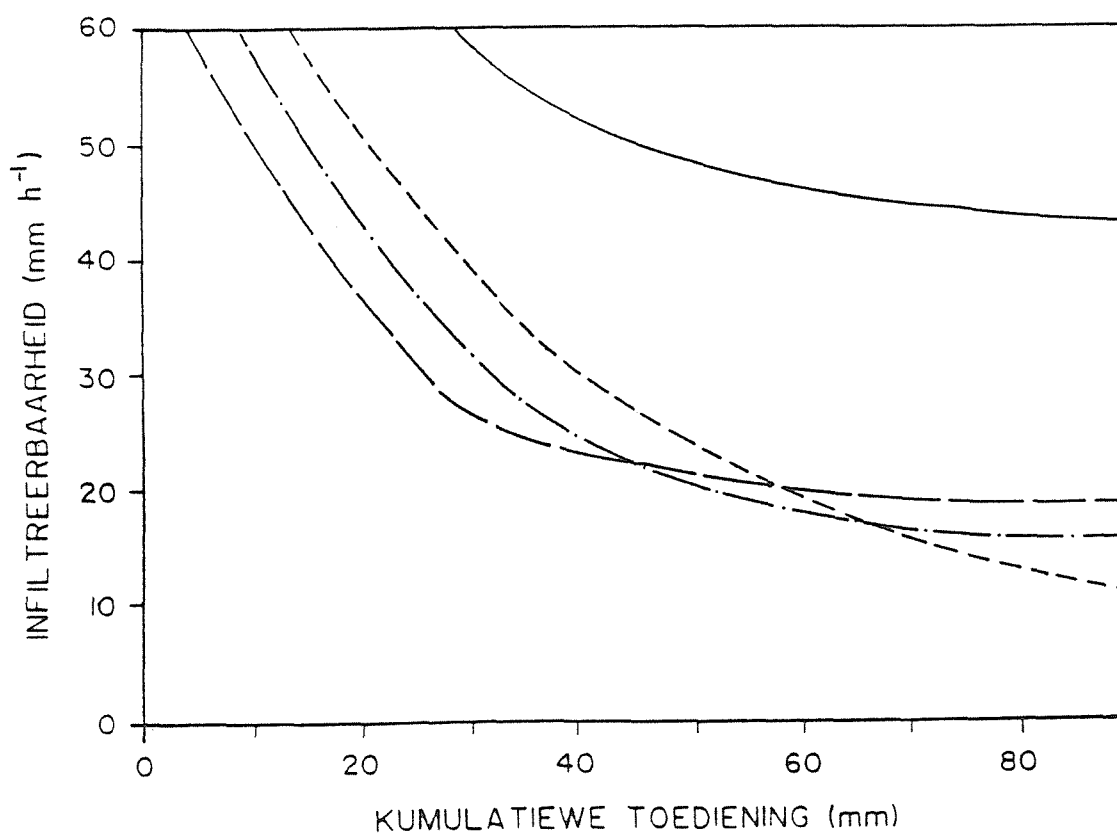
* D = Chemies dispersiewe gronde

S = Chemies stabiele gronde

MONSTER No. 9



MONSTER No. 50



Verklaring

- 0,3 meter valhoogte
- - - 1,0 meter valhoogte
- · - 2,0 meter valhoogte
- — — 3,0 meter valhoogte

FIGUUR 8.1

Verwantschap tussen infiltrerbaarheid en kumulatieve toediening

In Tabel 8.2 word die korrelasiekoëffisiënte van die FIT met die belangrikste fisies-chemiese grondeienskappe gegee. Die gemerkte veranderlikes (Tabel 8.2) verteenwoordig slegs die korrelasies van die monsters wat smektiet in die kleifraksie bevat. Indien die gemerkte korrelasies geïgnoreer word is die klei-inhoud die veranderlike wat oor die algemeen die beste met die FIT gekorreleer het.

TABEL 8.2 ENKELVOUDIGE KORRELASIEKOËFFISIËNTE (R-WAARDES) TUSSEN DIE FIT EN BELANGRIKSTE FISIES-CHEMIESE GRONDEIENSKAPPE

BENOEMING	FISIES-CHEMIESE VERANDERLIKE	FIT							
		3 m VALHOOGTE		2 m VALHOOGTE		1 m VALHOOGTE		0,3 m VALHOOGTE	
		R	Model	R	Model	R	Model	R	Model
x ₁	Klei	-0,504	M	-0,488	E	-0,536	E	-0,426	E
x ₂	Slik	-0,461	M	-0,367	M	-0,344	M	-0,264	M
x ₃	Klei + Slik	-0,517	E	-0,469	E	-0,481	E	-0,395	E
x ₄	UNP	-0,188	M	-0,176	M	-0,129	M	-0,195	M
x ₅	Ca:Mg	+0,112	M	+0,135	M	+0,101	M	+0,133	M
x ₆	OM	-0,283	E	-0,251	E	-0,315	E	-0,232	M
x ₇	KUKKLEI	-0,170	M	-0,052	E	+0,073	L	-0,092	M
x ₈	NGR500	-0,250	M	-0,267	M	-0,357	M	-0,216	M
x ₉	Mi	+0,155	L	+0,094	L	+0,092	L	-0,182	M
x ₁₀	Kt	+0,349	M	+0,228	M	+0,178	M	+0,340	M
x ₁₁	*St	-0,445	E	-0,260	E	-0,303	E	-0,266	E
x ₁₂	*St x Klei/100	-0,546	E	-0,368	E	-0,440	E	-0,330	E
x ₁₃	*(Kt + Go)/St	+0,372	M	+0,210	M	+0,256	M	+0,236	M

Waar

OM = Organiese materiaalinhoud (%)

KUKKLEI = KUK van die kleifraksie in $\text{cmol}_{(c)} \text{kg}^{-1}$

NGR500 = Natuurlike aggregate kleiner as $500 \mu\text{m}$ (%)

Mi = Persentasie mika in die kleifraksie

Kt = Persentasie kaolinite in die kleifraksie

St = Persentasie smektiet in die kleifraksie

Go = Persentasie goethiet in die kleifraksie

* Sluit slegs monsters wat smektiet in die kleifraksie het, in.

Modelle:

M: $y = ax^b$

L: $y = a + bx$

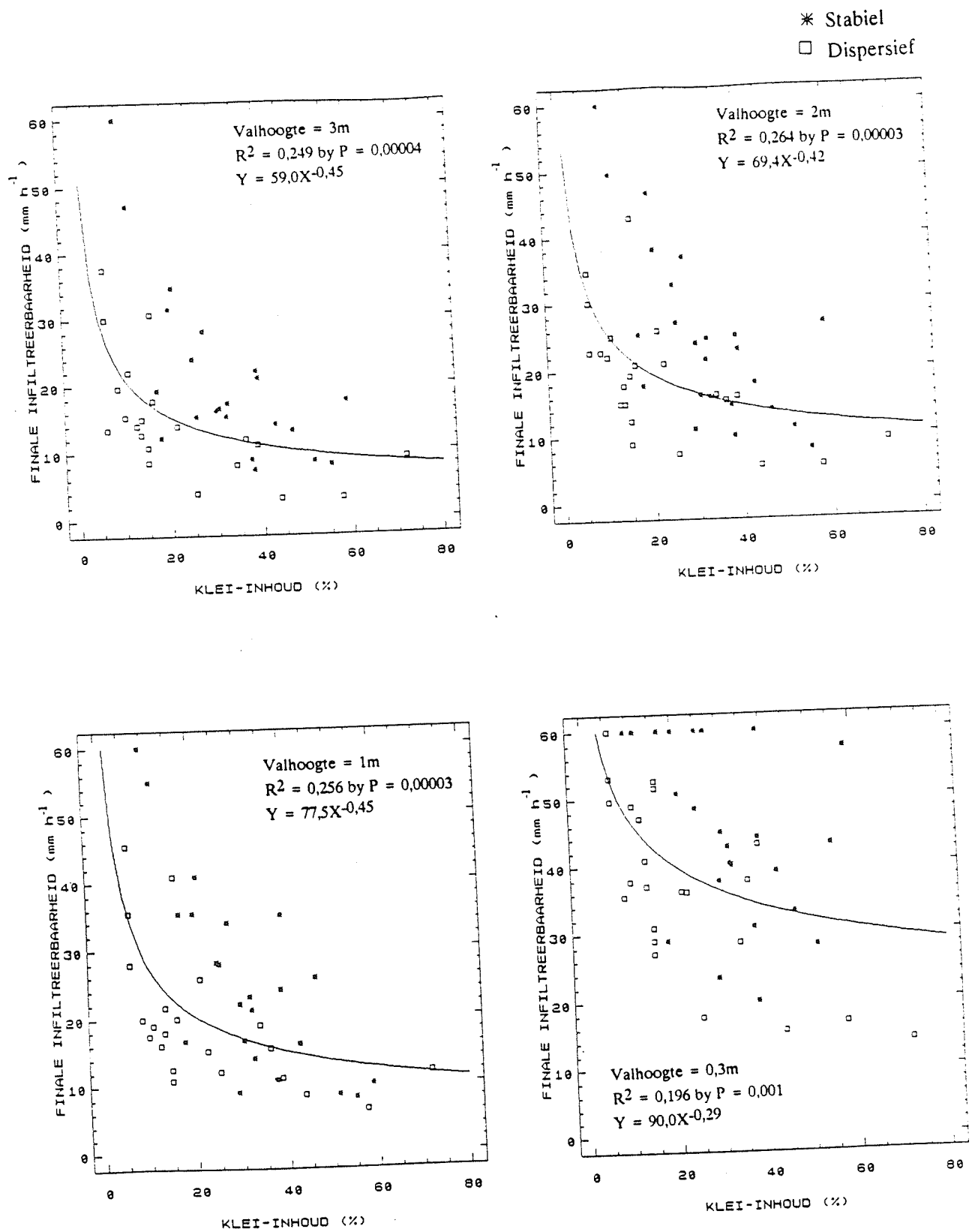
E: $y = e^{a+bx}$

R: $1/y = a + bx$

Aangesien klei-inhoud die enkele faktor was wat die beste met FIT gekorreleer het, is dit as primêre verwantskap beskou (Figuur 8.2). Monster no 60, 'n hoogs verweerde rooi apedale grond van Burgershall, het nie by hierdie tendens ingepas nie deurdat die FIT baie hoër as die algemene tendens was (Tabel 8.1) en is daarom by die verdere ontleding van die data uitgesluit. Uit Figuur 8.2 is dit duidelik dat FIT skerp afneem met 'n toename in klei tot by sowat 20% klei. Bo hierdie klei-waarde word FIT weinig deur verdere toenames in klei-inhoud beïnvloed. Levy en Van der Watt (1988) het ook gevind dat FIT afneem met toename in klei-inhoud tot by sowat 20% klei, waar 'n draaipunt voorkom waarbo FIT toeneem met verdere toename in klei-inhoud. So 'n draaipunt is egter nie in hierdie studie of deur Moldenhauer en Kemper (1969), Sharma (1985) of Norton (1986) waargeneem nie. Levy en Van der Watt (1988) het egter slegs met 'n baie klein aantal monsters gewerk. Die tendens (Figuur 8.2) word deur die meeste van bogenoemde navorsers verklaar deurdat die kleideeltjies die aktiewe verseëlingsagens is, deur of die georiënteerde oppervlaklaag of die ingespoelde laag te vorm. 'n Toename in klei-inhoud beteken dus 'n toename in deeltjies wat tot die verseëlingsproses kan bydra.

Van der Merwe (1973) het gevind dat die hidrouliese geleivermoë van 69 gronde van die Oranje-Vrystaat streek skerp afgeneem het met 'n toename in klei plus slikinhoud tot ongeveer 25% waarbo 'n toename in klei plus slikinhoud slegs 'n geringe afname in die hidrouliese geleivermoë veroorsaak het. Hierdie metings is in kolomme onder 'n konstante drukhoof gedoen en geen verseëling is ter sprake nie. Die verseëlingsvermoë van hierdie gronde is gekwantifiseer deur die breukmodulus te bepaal (Van der Merwe, 1973). Die klei-inhoud was die enkele veranderlike wat die beste met die breukmodulus gekorreleer het deurdat 'n toename in klei-inhoud 'n toename in breukmodulus veroorsaak het. In hierdie geval is daar nie 'n definitiewe knakpunt in die kurwe gevind nie maar wel 'n geleidelike toename. In die lig van hierdie resultate is dit nie verbasend dat die klei-inhoud van die gronde in hierdie studie die dominante veranderlike is wat die FIT beïnvloed nie.

Die korrelasiekoëffisiënte van bogenoemde tendense is laag (Figuur 8.2). Dit is nie verbasend nie aangesien ander grondeienskappe soos UNP, klei-mineralogie en organiese materiaalinhoud ook die verseëlingsproses beïnvloed (Levy en V.d. Watt, 1988; Smith, 1990). Deur inspeksie is waargeneem dat die gronde waarvan die FIT laer is as wat die kurwe in Figuur 8.2 aandui, oor die algemeen UNP-waardes van hoër as 2,0% het. Dit is in ooreenstemming met die bevindings van verskeie navorsers wat 'n groot invloed van UNP op FIT rapporteer (Du Plessis en Shainberg, 1985; Agassi *et al*, 1981; Smith 1990). Die FIT waardes van bogenoemde gronde ($UNP > 2,0\%$) is dus laer as die ander met ooreenstemmede klei-inhoude. Die hoër UNP bevorder dispersie en veroorsaak dus dat meer kleideeltjies in suspensie gaan om aktief aan verseëling deel te neem. Dit kan



FIGUUR 8.2 Verwantskap tussen FIT en klei-inhoud vir al die gronde

moontlik verder aan die hand van die bevindings van Gal, Arcan en Shainberg (1984) verklaar word. Hulle het gevind dat vir gronde waarvan die UNP laer is as 1,0% die seëllaag slegs uit 'n georiënteerde oppervlaklaag bestaan maar vir gronde met hoër UNP-waardes bestaan die seëllaag uit beide die georiënteerde oppervlaklaag en die ingespoelde laag. Dit wil dus voorkom dat chemiese dispersie onder hierdie toestande (vallende druppels) plaasvind indien die UNP van die grond hoër as 2% is. Dit verskil van die resultate in Hoofstuk 7 waar 'n kritiese UNP-waarde van 4 waargeneem is.

Monsters no. 13, 23, 38, 48 en 61 het ook FIT-waardes wat baie laer is as die algemene tendens in Figuur 8.2 alhoewel hierdie gronde relatief lae UNP-waardes het (Tabel 3.1).

Gronde waarvan die kleifraksie deur smektiet gedomineer word ($> 50\%$ smektiet) en 'n baie klein kaolinitefraksie bevat ($< 20\%$ kaolinite) kan op grond van hulle kleimineralogie ook as dispersief geklassifiseer word. Dit sluit monsters 34, 38, 48 en 13 in (Tabel 3.2). Daar is wel nie 'n kleimineraal-analise op monster no. 13 uitgevoer nie, maar die KUK van die kleifraksie (Tabel 3.1) is $118 \text{ cmol}_{(c)} \text{ kg}^{-1}$ wat ongeveer dieselfde is as wat vir smektiet gerapporteer word (Brady, 1974). Daar word dus aanvaar dat monster no. 13 deur smektiet gedomineer word. Volgens Levy en V.d. Watt (1988) is smektiet die mees dispersiewe kleimineraal, terwyl kaolinite byna geen chemiese dispersie ondergaan nie.

In Tabel 3.1 kan gesien word dat die geadsorbeerde Ca:Mg verhouding van grond no. 23 'n waarde van 0,92 het. Rengasamy, Green en Ford (1986) het aangedui dat chemiese dispersie van grond sal toeneem indien die verhouding van Ca:Mg laer as 1,0 is. Nel (1989) kom tot die gevolgtrekking dat 'n afname in die Ca:Mg verhouding gepaard gaan met 'n afname in die strukturele stabiliteit van grond. In die lig van hierdie resultate kan die relatief laer FIT-waarde van monster no. 23 aan chemiese dispersie toegeskryf word.

Die lae FIT-waarde van grond no. 61 kan moontlik aan die lae persentasie organiese materiaal toegeskryf word. Dit bevat slegs 0,19% organiese materiaal soos gronde no. 2, 6, 9 en 18 wat almal ook 'n organiese materiaalinhoud van 0,19% en lae FIT-waardes het. Smith (1990) het gevind dat die FIT van Suid-Afrikaanse gronde afneem met 'n afname in die organiese materiaalinhoud. Dit kan aan die bindingskragte wat die organiese verbindings uitoefen om die gronddeeltjies te bind en sodoende aggreagaatstabiliteit verhoog, toegeskryf word (Uehara en Jones, 1974; Wustamidin en Douglas, 1985; Goldberg, Suarez en Glaubig, 1988).

Opsommend kan dit gestel word dat 'n algemene tendens voorkom dat die FIT afneem met 'n toename in klei-inhoud. Die gronde waarvan die FIT-waardes laer as die algemene

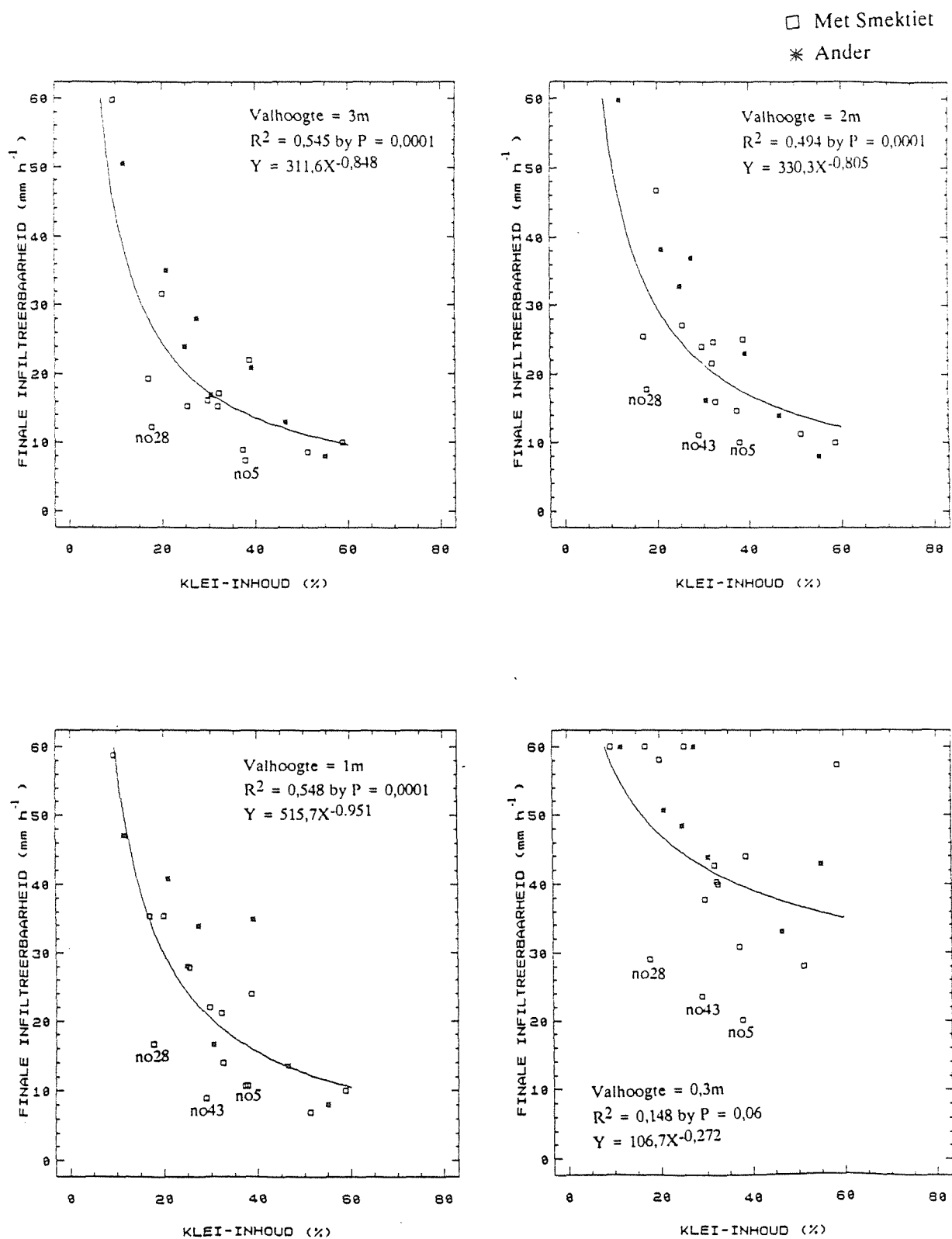
tendens is, het: (i) UNP-waardes van hoër as 2,0%, (ii) organiese materiaalinhoud van laer as 0,2%, (iii) Ca:Mg-verhouding van laer as 1,0 en (iv) smektië as dominante kleimineraal maar ook minder as ongeveer 20% kaoliniet. Die laer FIT-waardes van hierdie gronde word aan 'n groter mate van chemiese dispersie toegeskryf. Daar sal vervolgens na hierdie gronde as chemies dispersief verwys word en na die res as chemies stabiel. Die chemies dispersiewe gronde word in Tabel 8.2 van die chemies stabiele gronde onderskei.

In Figuur 8.3 word die verwantskap tussen FIT en klei-inhoud vir die chemies stabiele gronde gegee. Die hoë korrelasiekoëffisiënte (met uitsondering van die 0,3 m valhoogte) wat verkry is, lei tot die gevolgtrekking dat die verseëling van chemies stabiele gronde hoofsaaklik deur die klei-inhoud daarvan bepaal word. By chemies stabiele gronde is fisiese dispersie waarskynlik belangriker as chemiese dispersie. By die lae valhoogte is die fisiese invloed van die vallende druppels kleiner en dit verklaar waarskynlik die swakker korrelasies by hierdie valhoogte.

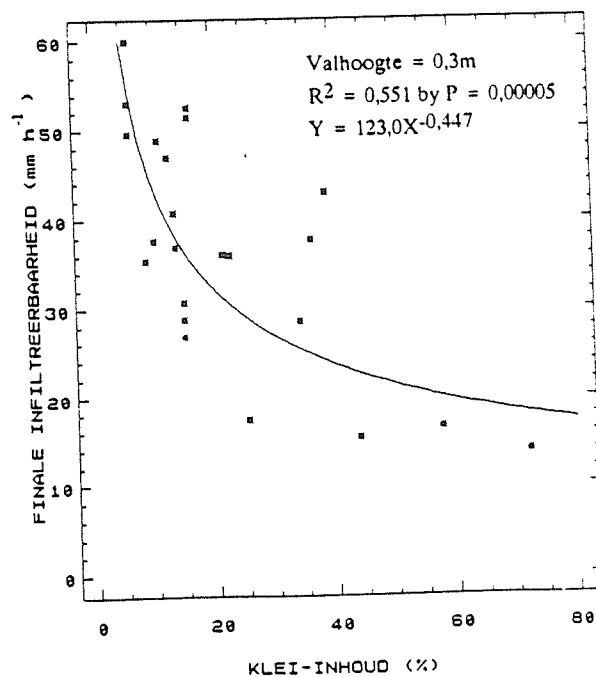
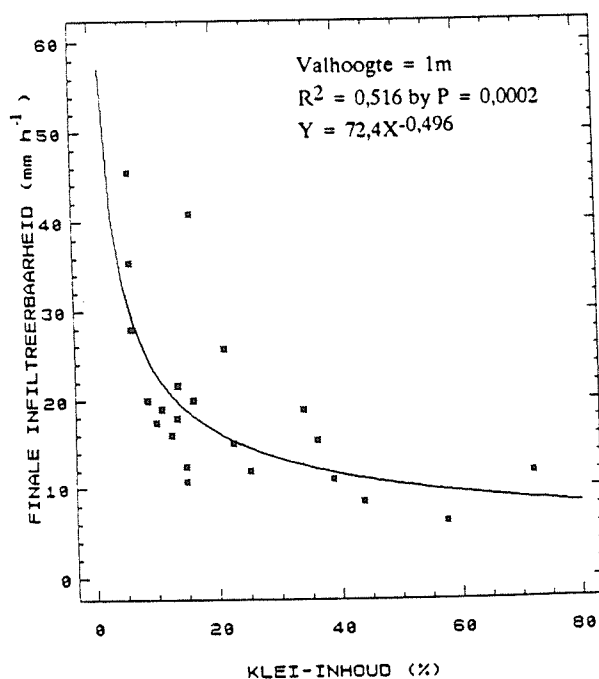
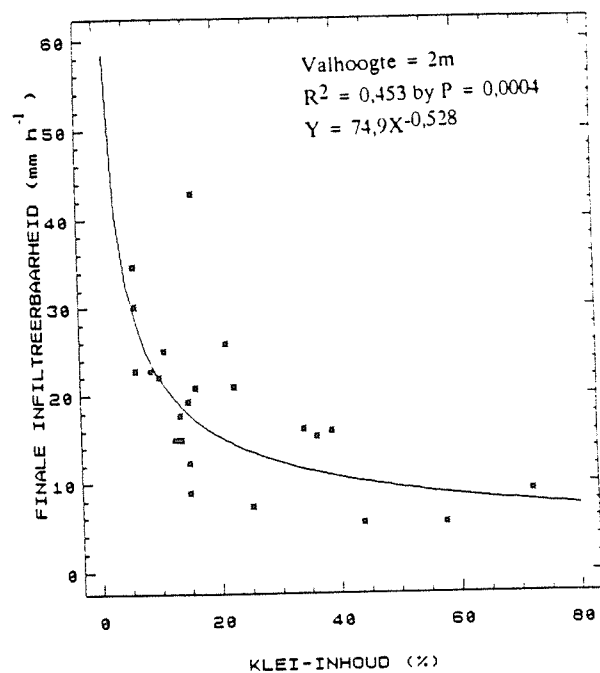
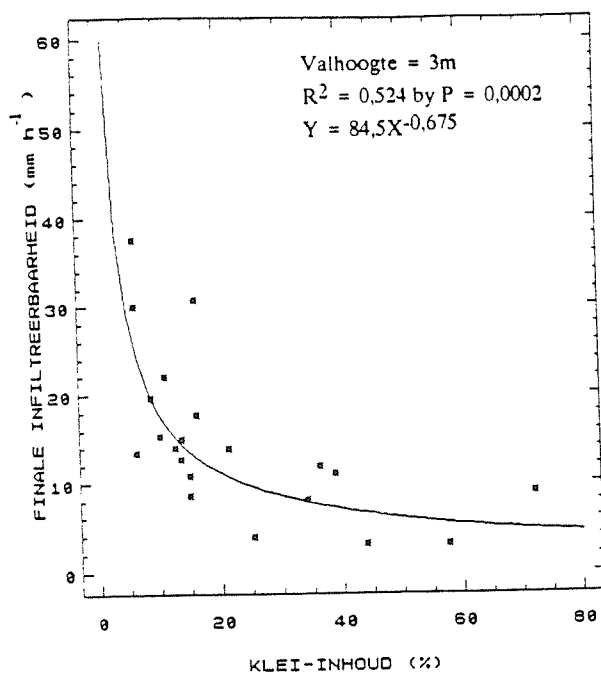
Dit is veral belangrik om die verseëling van die chemies dispersiewe gronde aan die fisies-chemiese grondeienskappe te koppel, aangesien dit hoofsaaklik hierdie gronde is wat infiltrasieprobleme veroorsaak. Die fisies-chemiese grondeienskap wat die beste met die FIT-waardes van die chemies dispersiewe gronde gekorreleer het, was weer eens die klei-inhoud. Hierdie korrelasies word grafies in Figuur 8.4 gegee. Die korrelasie vir hierdie gronde is by die laagste valhoogte beter as by die hoër valhoogtes. Dit ondersteun die vroeëre stelling by die stabiele gronde dat chemiese dispersie by die laer valhoogte (laer druppelenergie) oorheers, terwyl fisiese dispersie by die hoër valhoogtes 'n meer prominente rol speel.

Monsters no 5, 28, en 43 van die chemies stabiele gronde (Figuur 8.3) het laer FIT-waardes as die algemene tendens gehad. Hierdie drie punte beskryf ongeveer dieselfde verwantskap as die chemies dispersiewe gronde (vergelyk Figuur 8.4). By alle valhoogtes (maar veral by 0,3m) reageer hierdie gronde dus as chemies dispersief. Bogenoemde drie gronde kan egter nie op grond van hul fisies-chemiese eienskappe van die ander (reeds gedefinieë) chemies stabiele gronde geskei word nie. Dit kan ook nie op grond van kleimineralogie van die ander geskei word nie. Dit is opvallend dat aldrie hierdie monsters uit die Groot Marico-Thabazimbi-gebied kom.

Dit wil voorkom asof die stabiele smektiëhoudende monsters oor die algemeen laer FIT-waardes as die ander chemies stabiele gronde het en dat die tendens veral by die laer druppelenergievlakke na vore kom (Figuur 8.3). Dit sluit verder aan by die vroeëre stellings dat chemiese dispersie by die laer valhoogtes 'n prominente rol speel. Stern (1990) het ook



FIGUUR 8.3 Verwantskap tussen FIT en klei-inhoud vir die chemies stabiele gronde



FIGUUR 8.4 Verwantskap tussen FIT en klei-inhoud vir die chemies dispersiewe gronde

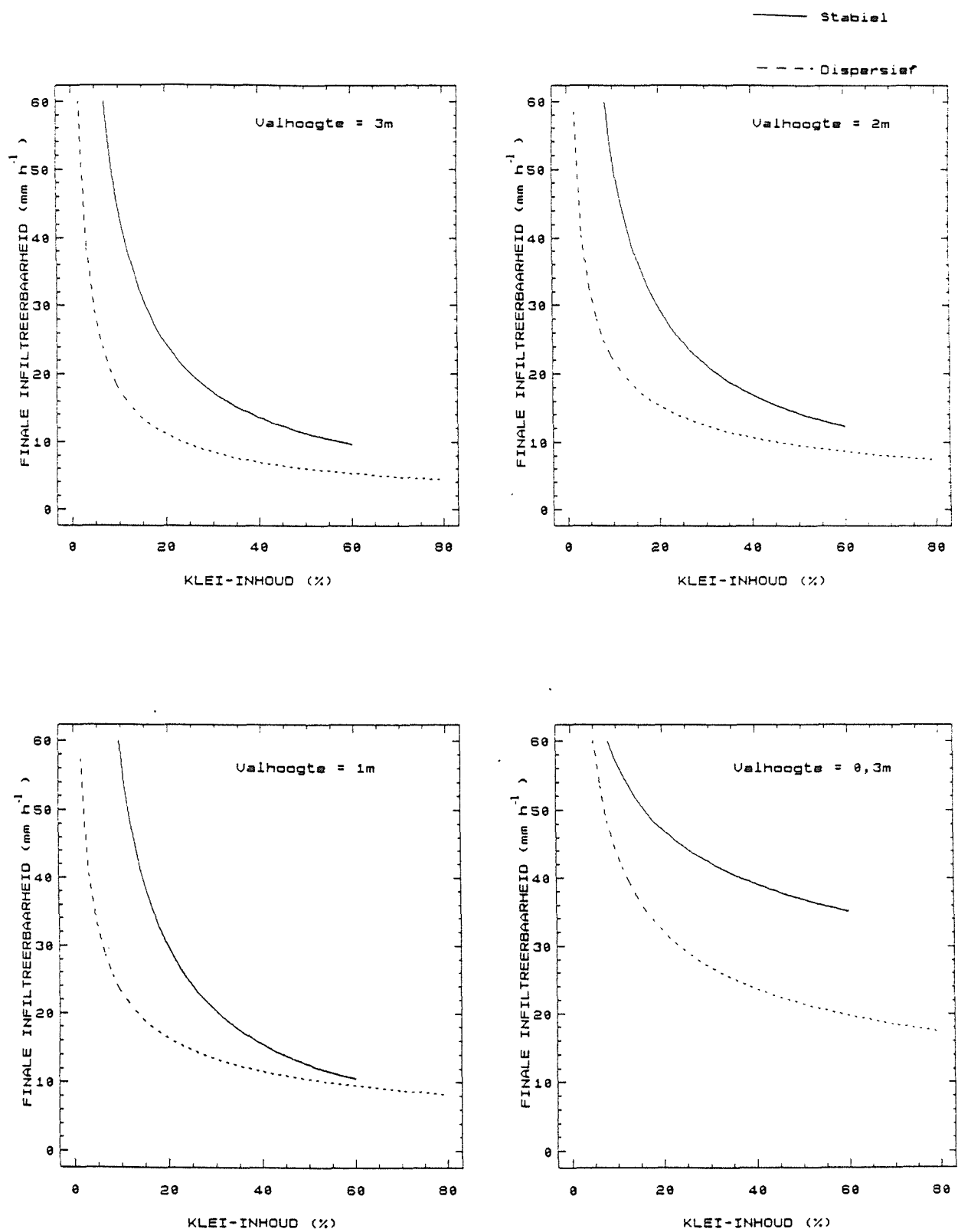
gevind dat kaolinitiese gronde wat slegs klein hoeveelhede smekties bevat as chemies dispersief kan reageer. In die geval van hierdie studie het hierdie tendens veral by die lae valhoogte na vore gekom.

Daar kom gebiedsgroeperinge van die grondmonsters voor wat die verseëling daarvan aanbetref. Hierdie groeperinge word in Afdeling 9.3 bespreek.

In Figuur 8.5 word die verwantskappe tussen FIT en klei-inhoud vir die chemies stabiele en dispersiewe grond onderskeidelik naas mekaar op dieselfde grafiek aangetoon. Hieruit is die groot verskille tussen die twee groepe gronde duidelik. By die laagste energievlak (0,3m valhoogte) is die vertikale verskil tussen die twee kurwes ongeveer konstant oor die hele bereik van klei-inhoude wat bestudeer is. Cate en Nelson (1971) het 'n eenvoudige statistiese metode ontwikkel om data in twee groepe te verdeel wat die korrelasie daarvan met 'n veranderlike aanbetref. 'n Kritieke waarde van 'n veranderlike kan bepaal word, waarbo of onder 'n stel datapunte goed met mekaar korreleer en waar die ander stel datapunte geen betekenisvolle korrelasie toon nie. Die kritieke klei-inhoud waarbo geen verdere betekenisvolle afname in FIT voorkom nie, is vir die chemies dispersiewe gronde volgens bogenoemde metode bepaal. Hierdie klei-inhoud is 18,8%, 24,0%, 22,0% en 24,0% vir onderskeidelik 3m, 2m, 1m en 0,3m valhoogtes. Vir die dispersiewe gronde neem die FIT baie skerp af met 'n toename in klei-inhoud tot by sowat 20% klei waarbo die afname minimaal is by verdere toename in klei-inhoud. In die geval van die stabiele gronde neem die FIT af tot by sowat 40% klei, waarbo die afname gering word. Die gevolg is dat die verskille in FIT tussen dispersiewe en stabiele gronde baie groot is by klei-inhoude tussen sowat 5 en 40%. Bo 40% klei is die verskille gering.

'n Klei-inhoud van 40% is dus nodig om maksimum verseëling van die chemies stabiele gronde te veroorsaak, terwyl 20% klei maksimum verseëling by chemies dispersiewe gronde veroorsaak. Dit bevestig die algemeen aanvaarde beginsel dat die verseëling van die grondoppervlak deur die hoeveelheid kleideeltjies wat in suspensie gaan bepaal word (Morin *et al*, 1981; Ben-Hur *et al*, 1985; Sharma, 1985). In die geval van die chemies stabiele gronde is daar waarskynlik by 40% klei net soveel kleideeltjies in suspensie as wat die geval is met die chemies dispersiewe grond by 20% klei (Figuur 8.4). Chemiese dispersie veroorsaak dus dat meer kleideeltjies in dispersiewe grond in suspensie gaan om aktief aan die verseëlingsproses deel te neem.

Die "knakpunt" van die krommes van die chemies dispersiewe gronde by ongeveer 20% klei, kom gedeeltelik ooreen met die bevindinge van Ben-Hur *et al* (1985) en ook Levy en V.d. Watt, (1988). Hierdie navorsers het ook 'n afname in FIT met toename in klei-inhoud



FIGUUR 8.5

Verwantskap tussen FIT en klei-inhoud vir die chemies stabiele en chemies dispersiewe gronde

tot ongeveer 20% gevind maar rapporteer 'n toename in FIT indien die klei-inhoud hoër as 20% styg. Ben-Hur *et al* (1985) het egter net 6 grondmonsters in hul studie ingesluit waarvan die grond met die hoogste klei-inhoud, die laagste UNP gehad het. Hierdie navorsers het ook nie die organiese materiaalinhoud van die grondmonsters in hul resultate aangedui nie. Levy en V.d. Watt (1988) het net vier gronde in hul studie ingesluit. Uit Figure 8.2 en 8.3 is dit duidelik dat 'n misleidende gevolgtrekking gemaak kan word indien waarnemings op so min gronde gemaak word.

Aangesien daar verskeie grondeienskappe is wat die FIT kan beïnvloed, kan die voorspelling daarvan aan die hand van grondeienskappe moontlik deur meervoudige regressies verbeter word. Meervoudige regressie met die FIT as afhanklike veranderlike en verskeie grondeienskappe as onafhanklike veranderlikes is uitgevoer. Die volgende benadering t.o.v. die uitvoering van die meervoudige regressies is gebruik. Die grondeienskap wat die beste met die FIT korreleer is as onafhanklike veranderlike in 'n enkelvoudige lineêre regressie gebruik. Hierdie veranderlike is getransformeer (bv. logaritme, kwadraat ens.) totdat die beste lineêre passing met FIT-waardes (soms ook getransformeer) verkry is. Die residue van hierdie passing is dan weer teen die onafhanklike veranderlike ter sprake gestip om seker te maak dat die beste transformasie uitgevoer is. Die residue is daarna teen die ander onafhanklike veranderlikes gestip. Indien die residue 'n goeie korrelasie met 'n veranderlike toon, is dit 'n aanduiding dat hierdie veranderlike ook 'n invloed op die FIT het en dus in die meervoudige regressie ingesluit moet word. Die tipe verwantskap wat tussen die residue en hierdie veranderlike bestaan is 'n aanduiding van die transformasie wat uitgevoer moet word om die beste lineêre passing te bewerkstellig. Daar is gewaak teen die insluiting van veranderlikes wat goed met mekaar korreleer, soos in die geval van hierdie studie klei- en slikinhoud. Daar is ook van sinvolle saamgestelde veranderlikes (bv. klei + slik) gebruik gemaak. Om 'n betekenisvolle model te verseker, is 'n veranderlike slegs in die meervoudige regressie ingesluit indien die betekenisvolheid (P-waarde) van die korrelasie daarvan laer as 0,10 of 10% is.

Die meervoudige regressie vergelykings en sekere statistieke daarvan word in Tabel 8.3 gegee. Die klei-inhoud en UNP kom na vore as die belangrikste grondeienskappe wat die FIT by die 3m, 2m en 1m valhoogtes beïnvloed. Dit is nie verbasend nie, aangesien Ben-Hur *et al* (1985) gevind het dat die belangrikste fisiese grondeienskap wat die FIT van gronde onder reënvaltoestande beïnvloed die klei-inhoud is. Verskeie navorsers het ook gevind dat die UNP die belangrikste chemiese eienskap is wat die FIT van gronde bepaal (Du Plessis en Shainberg, 1985; Agassi, *et al*, 1981; Gal *et al*, 1985). Dit is ook belangrik om daarop te let dat dieselfde veranderlikes en dieselfde transformasies daarvan vir die 3m, 2m en 1m valhoogtes die beste model gelewer het (Tabel 8.2). Dit is egter te verwagte

aangesien dit reeds opgemerk is dat die FIT-waardes vir bogenoemde valhoogte nie baie verskil nie (Tabel 8.1). Die FIT vir die 0,3m valhoogte was egter aansienlik hoër en daarom is dit nie verbasend dat die model vir die 0,3m valhoogte anders daar uitsien nie (Tabel 8.3). Vir hierdie valhoogte het die klei-inhoud steeds 'n groot invloed maar die kleimineralogie (soos gemanifesteer deur die persentasie kaoliniet in die kleifraksie) en in 'n mindere mate die organiese materiaal, het ook 'n invloed op die FIT. Dit sluit aan by vroeëre opmerkings dat die invloed van kleimineralogie 'n toenemende rol speel by laer energievlakke. Alhoewel die persentasie kaoliniet in die kleifraksie statisties die beste veranderlike was om in die model te sluit moet dit in gedagte gehou word dat 'n toename in kaoliniet (bekend as stabiele mineraal) gepaard gaan met 'n afname in smekiet en illiet (Tabel 3.2) wat as onstabiele minerale bekend is (Stern, 1990; Levy en Van der Watt, 1988). Die verhouding tussen die persentasie kaoliniet in die kleifraksie en die som van die persentasies van smekiet en illiet is ook in die regressie ondersoek ingesluit maar was nie 'n beter veranderlike as slegs die persentasie kaoliniet nie.

TABEL 8.3 VERGELYKINGS EN STATISTIEKE VAN MEERVOUDIGE REGRESSIES WAT AL DIE GRONDE INSLUIT

VALHOOGTE	VERGELYKING	R ²	P-VLAK
3m	$\ln \text{FIT} = -0,514 \ln x_1 - 0,162 \ln x_4 + 4,303$	0,355	0,0001
2m	$\ln \text{FIT} = -0,444 \ln x_1 - 0,141 \ln x_4 + 4,323$	0,319	0,0001
1m	$\ln \text{FIT} = -0,469 \ln x_1 - 0,121 \ln x_4 + 4,444$	0,348	0,0001
0,3m	$\ln \text{FIT} = -0,500 \ln x_1 + 0,206 \ln x_{10} + 0,195 \ln x_6 + 4,479$	0,330	0,003

Waar x_1 = Klei-inhoud (%)
 x_4 = UNP
 x_6 = Organiese materiaal (%)
 x_{10} = Persentasie kaoliniet in kleifraksie

Die korrelasiekoëffisiënte van bogenoemde meervoudige regressies is relatief laag (Tabel 8.3) en goeie voorspellings is derhalwe nie moontlik nie. Die rede hiervoor is waarskynlik dat al die gronde nie dieselfde reaksie t.o.v. sekere veranderlikes toon nie. Levy en Van der Watt (1988) het byvoorbeeld gevind dat die FIT van gronde wat smekiet bevat sterk deur die UNP daarvan beïnvloed word maar dat die FIT van gronde sonder smekiet baie min reaksie op UNP toon. Stern (1990) het ook gevind dat kaolinitiese gronde wat slegs klein hoeveelhede smekiet besit as chemies dispersief kan reageer terwyl die wat geen

smektiet bevat nie reeltief stabiel is. Om hierdie redes is die gronde wat smektiet bevat van die ander geskei en aparte meervoudige regressies is op die twee groepe gronde uitgevoer.

Die meervoudige regressies vir die smektiethoudende en nie-smektiethoudende gronde word onderskeidelik in Tabele 8.4 en 8.5 gegee. Die FIT van die gronde wat nie smektiet bevat nie, word hoofsaaklik deur die UNP en klei-inhoud daarvan bepaal (Tabel 8.5). Dit geld vir al die valhoogtes en daar is nie 'n klemverskuiwing in die geval van die 0,3m valhoogte soos die geval in Tabel 8.3 was nie. In die geval van die smektiethoudende gronde het die modelle van die verskillende valhoogtes wel van mekaar verskil (Tabel 8.5). By al die valhoogtes het die klei-inhoud weer 'n prominente rol gespeel. Dit was die enigste betekenisvolle veranderlike in die geval van die 3m valhoogte en vir die 2m valhoogte het die organiese materiaal ook 'n invloed gehad. Vir die 1m en 0,3m valhoogtes het die klei-inhoud, organiese materiaal en kleimineralogie tot die model bygedra (Tabel 8.4). Vir hierdie gronde bestaan daar dus 'n tendens dat meer faktore 'n rol speel by die laer energievlakke. Dit stem ooreen met 'n vorige opmerking dat fisiese dispersie by die hoë valhoogtes prominent is en dat chemiese dispersie 'n toenemende invloed het by die laer energievlakke.

TABEL 8.4 VERGELYKINGS EN STATISTIEKE VAN MEERVOUDIGE REGRESSIES VAN DIE GRONDE SONDER SMEKTET

VALHOOGTE	VERGELYKING	R ²	P-VLAK
3m	$\ln \text{FIT} = -0,017 x_1 - 0,501 (x_4)^{0,5} + 4,014$	0,642	0,001
2m	$\ln \text{FIT} = -0,020 x_1 - 0,540 (x_4)^{0,5} + 4,301$	0,658	0,001
1m	$\ln \text{FIT} = -0,015 x_1 - 0,451 (x_4)^{0,5} + 4,138$	0,443	0,03
0,3m	$\ln \text{FIT} = -0,014 x_1 - 0,253 (x_4)^{0,5} + 4,463$	0,535	0,007

Waar x_1 = Klei-inhoud (%)
 x_4 = UNP

TABEL 8.5 VERGELYKINGS EN STATISTIEKE VAN DIE MEERVOUDIGE REGRESSIES VAN DIE GRONDE MET SMEKTIET

VALHOOGTE	VERGELYKING	R ²	P-VLAK
3m	$\ln \text{FIT} = -0,736 \ln x_1 + 5,012$	0,402	0,002
2m	$\ln \text{FIT} = -1,628 \ln x_1 + 0,793 \ln x_6 + 8,043$	0,563	0,0003
1m	$\ln \text{FIT} = -1,739 \ln x_1 + 0,852 \ln x_6 - 9,058 (x_{10})^{-1} + 8,632$	0,702	0,0002
0,3m	$\ln \text{FIT} = -1,021 \ln x_1 + 0,631 \ln x_6 - 5,949 (x_{10})^{-1} + 7,061$	0,679	0,0001

Waar x_1 = Klei-inhoud (%)
 x_6 = Organiese materiaal (%)
 x_{10} = Persentasie kaoliniet in kleifraksie

Dit is interessant om daarop te let dat die FIT van gronde sonder smektië sterk deur die UNP beïnvloed word, terwyl die smektiëthoudende gronde volgens die meervoudige regressies nie betekenisvol deur die UNP beïnvloed word nie (Tabelle 8.4 en 8.5). Dit is in teenstelling met die bevindings van Levy en Van der Watt (1988) en Du Plessis en Shainberg (1985) dat smektiëgronde in 'n groter mate deur UNP beïnvloed word as gronde wat deur kaoliniet gedomineer word. Smith (1990) het daarenteen gevind dat al die gronde wat hy ondersoek het, 'n afname in FIT met toename in UNP getoon het ten spyte daarvan dat al die gronde se kleifraksies deur kaoliniet gedomineer is. Bogenoemde navorsers het egter deurgaans 'n klein aantal gronde ondersoek en verskillende UNP-vlakke in die laboratorium geïnduseer. Die gronde wat deur hierdie navorsers ondersoek is, het ook almal ongeveer in dieselfde tekstuurklas geval. Vir die smektiëthoudende gronde in hierdie studie word die invloed van die UNP waarskynlik oorskadu deur die invloede van die klei-inhoud, organiese materiaal en kleimineralogie.

Die meervoudige regressies wat uitgevoer is nadat die gronde op grond van smektiëinhoud geskei is (Tabelle 8.3 en 8.4) het relatief goeie korrelasiekoëffisiënte opgelewer. Die R²-waardes wissel van 0,402 tot 0,702 wat onderskeidelik R-waardes van 0,634 en 0,838 verteenwoordig. As die aantal waarnemings en die wydverspreide lokaliteite van die gronde in aanmerking geneem word, is hierdie korrelasiekoëffisiënte baie goed.

8.3.2 Resultate verkry tydens simulering met water waarvan die EG 10 mS m^{-1} is

Die FIT-waardes wat in hierdie ondersoek verkry is word in Tabel 8.6 gegee. Dieselfde benadering tot die ontleding van die resultate as wat in afdeling 8.3.1 gevolg is, is ook in hierdie afdeling gevolg. Die klei-inhoud was weer eens die grondeienskap wat die beste korrelasie met die FIT-waarde getoon het. Hierdie korrelasie word grafies in Figuur 8.6 aangedui. Monster no. 60 het weer eens 'n hoër FIT-waarde gehad as wat die algemene tendens aandui en is daarom by verdere ontleding van die resultate uitgesluit. Die gronde wat in Afdeling 8.3.1 as chemies dispersief gedefiniër is, het ook in hierdie geval laer FIT-waardes getoon as wat die algemene tendens (Figuur 8.6) aandui.

Figure 8.7 en 8.8 is grafiese voorstellings van die verwantskap tussen FIT en klei-inhoud van onderskeidelik die chemies stabiele en dispersiewe gronde. Soos wat die geval was met die BW ($\text{EG} = 70 \text{ mS m}^{-1}$) is die klei-inhoud weer eens die dominante grondeienskap wat verseëling bepaal. Die FIT het afgeneem met toename in klei-inhoud en minimum waardes by 40% en 20% klei vir onderskeidelik die chemies stabiele en dispersiewe gronde bereik. Dit is dieselfde tendens as wat vir die BW opgemerk is. Dit wil egter voorkom asof daar 'n tendens is vir die FIT om 'n styging te ondergaan indien die klei-inhoud hoër as 40% styg (Figure 8.6 en 8.7). Die korrelasiekoëffisiënte wat in Figure 8.6 en 8.7 gegee word kon nie deur middel van meervoudige regressie sinvol verhoog word nie.

8.3.3 Die invloed van waterkwaliteit op verseëling vir die 2 m-valhoogte

In Figuur 8.9 word die verwantskappe tussen FIT en klei-inhoud vir die chemies stabiele gronde vir beide waterkwaliteite (BW en RW) op dieselfde grafiek aangedui. Dieselfde verwantskappe word vir die chemies dispersiewe gronde in Figuur 8.10 aangedui. Die FIT is oor die algemeen laer waar die grond met die RW besproei is. Agassi *et al* (1981) rapporteer ook 'n afname in FIT met 'n afname in soutkonsentrasie en skryf dit toe aan 'n toename in chemiese dispersie. Die waterkwaliteit bepaal ook die minimum FIT wat bereik word. In die geval van die BW word 'n minimum FIT van ongeveer 10 mm h^{-1} bereik en in die geval van die RW word die grond totaal verseël sodat geen water meer infiltreer nie ($\text{FIT} = 0,0 \text{ mm h}^{-1}$). Hierdie minimum FIT word vir albei waterkwaliteite, by klei-inhoude van 20% en 40% vir onderskeidelik die chemies dispersiewe en stabiele gronde bereik. Die klei-inhoud waar maksimum verseëling (FIT is minimum) plaasvind, word dus deur die fisies-chemiese grondeienskappe en nie die waterkwaliteit nie, bepaal.

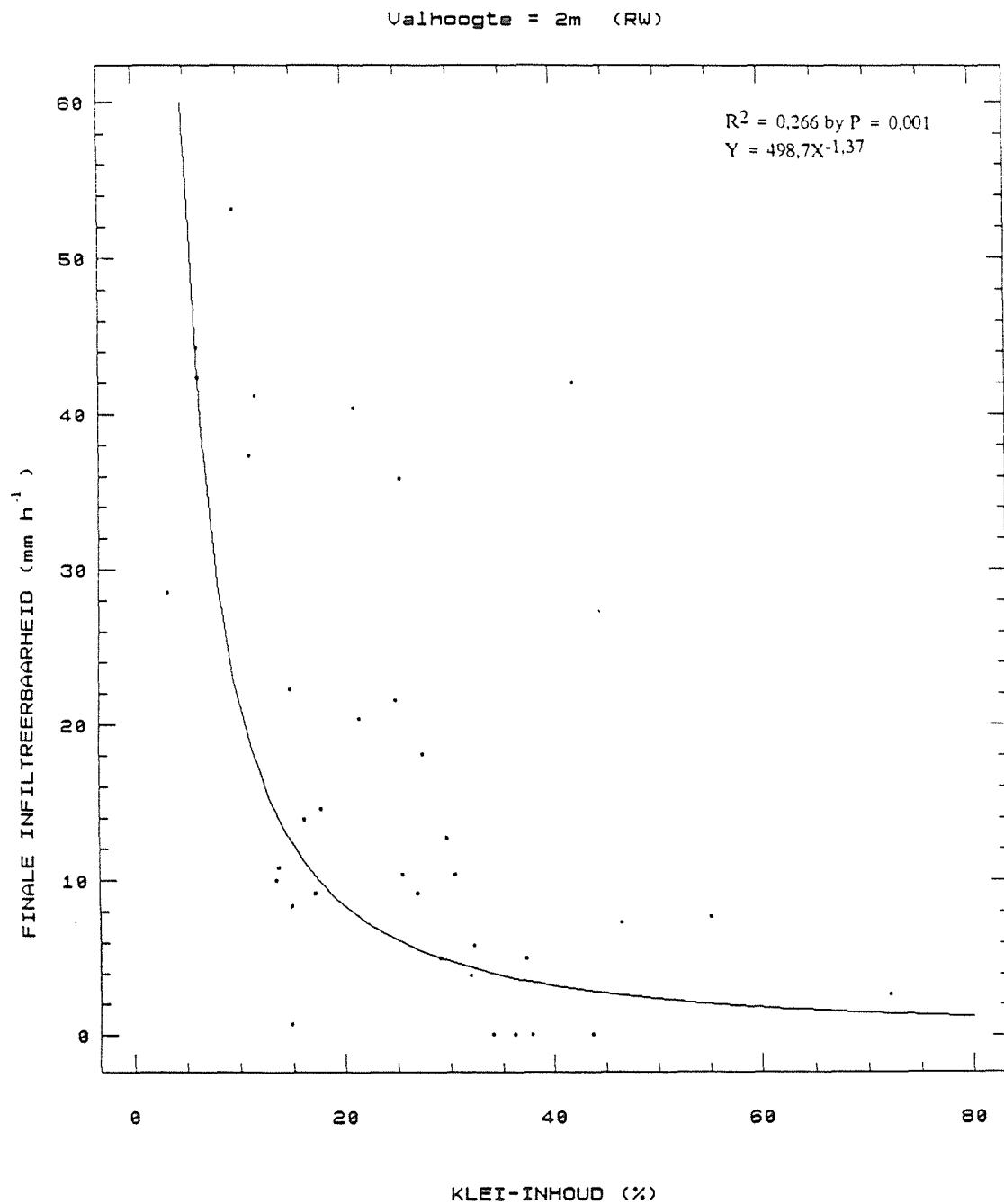
Uit Figure 8.9 en 8.10 is dit verder duidelik dat die verskil in FIT tussen die BW en RW ongeveer nul is by 'n klei-inhoud van laer as 10%. Hierdie verskil neem egter bo 10% klei

TABEL 8.6 FIT-WAARDES VAN DIE GRONDE VIR DIE 2m- VALHOOGTE MET REËNWATER

MONSTER NO	GRONDVORM	LIGGING	KLEI-INHOUD %	STABILITEIT*	2 m VALHOOGTE
1	-	Cradock	36,2	D	0,0
3	Clovelly	Committeesdrif	34,0	D	0,0
5	Oakleaf	Groot Marico	37,8	S	0,0
6	Hutton	Virginia	6,1	D	44,3
8	Clovelly	Nelspruit	6,1	D	42,4
9	Clovelly	Friedenheim	6,2	D	42,4
11	Valsrivier	Koffiefontein	21,4	D	20,4
12	Oakleaf	Koffiefontein	16,1	D	13,9
13	Hutton	Douglas	14,8	D	0,8
15	Arcadia	Potchefstroom	43,6	D	0,0
16	Hutton	Verena	3,3	S	28,5
18	Oakleaf	Baviaanskrans	13,7	D	10,8
19	Oakleaf	Baviaanskrans	13,5	D	10,0
20	Clovelly	Luckhof	17,2	S	9,2
21	Hutton	Koffiefontein	11,6	S	41,2
22	-	Douglas	9,5	S	53,1
23	Glenrosa	Verena	14,9	D	8,4
25	Avalon	Nelspruit	11,0	D	37,3
28	Hutton	Thabazimbi	17,7	S	14,6
29	Valsrivier	Virginia	14,8	D	22,3
30	Oakleaf	Thabazimbi	29,7	S	12,7
33	-	Cradock	32,2	S	5,8
35	-	Magaliesburg	25,4	S	10,4
36	Oakleaf	Brits	31,9	S	3,9
37	Oakleaf	Groot Marico	26,9	S	9,2
40	Avalon	Potchefstroom	24,9	S	21,6
43	Hutton	Groot Marico	29,0	S	5,0
45	Arcadia	Brits	72,0	D	2,7
47	Shortlands	Groot Marico	37,3	S	5,0
52	Shortlands	Komatipoort	55,0	S	7,7
55	Hutton	Venda	30,4	S	10,4
57	Hutton	Carletonville	27,4	S	18,1
58	Hutton	Koster	20,9	S	40,4
59	Shortlands	Grobblersdal	46,4	S	7,3
60	Hutton	Burgershall	42,0	S	42,0

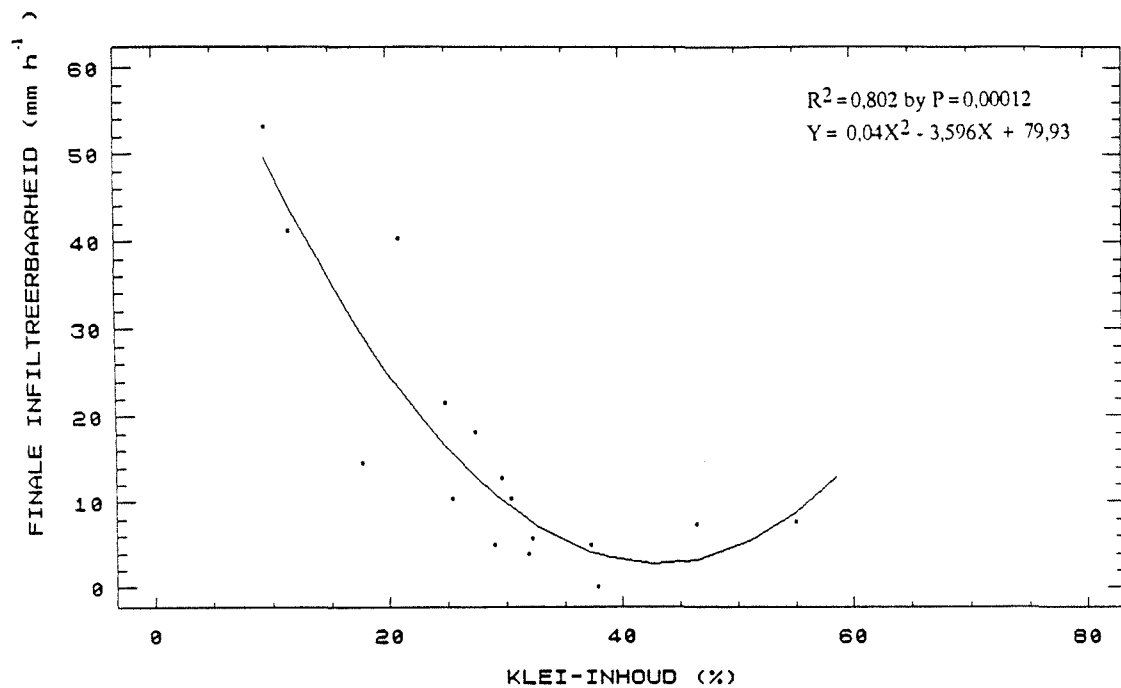
* D = Chemies dispersiewe gronde

S = Chemies stabiele gronde

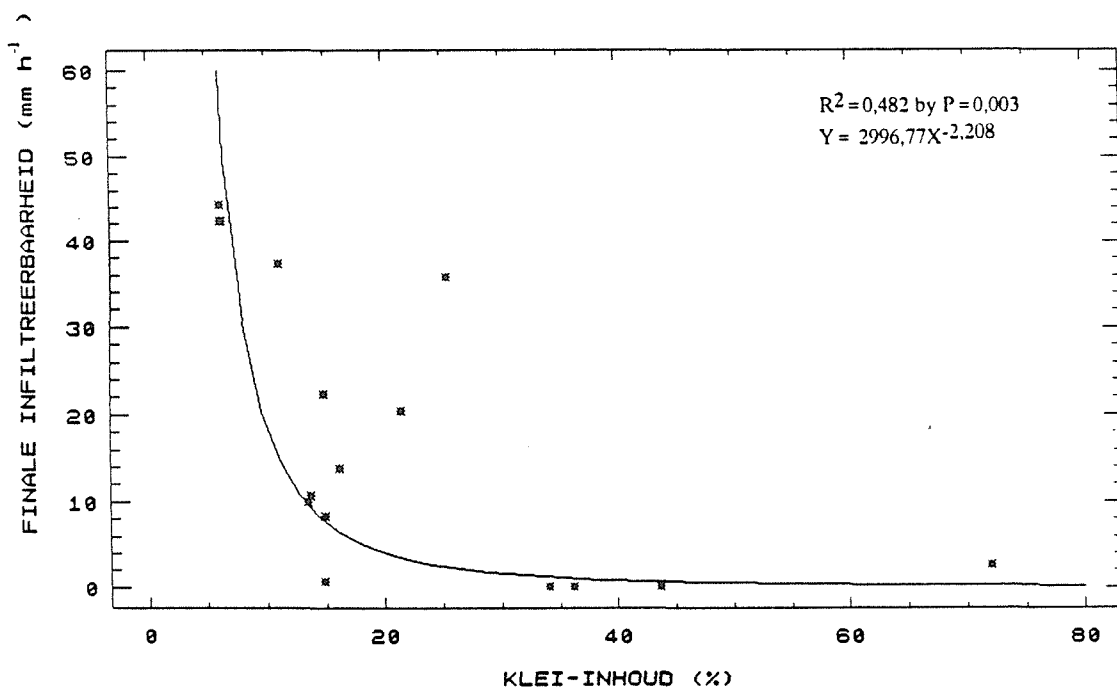


FIGUUR 8.6

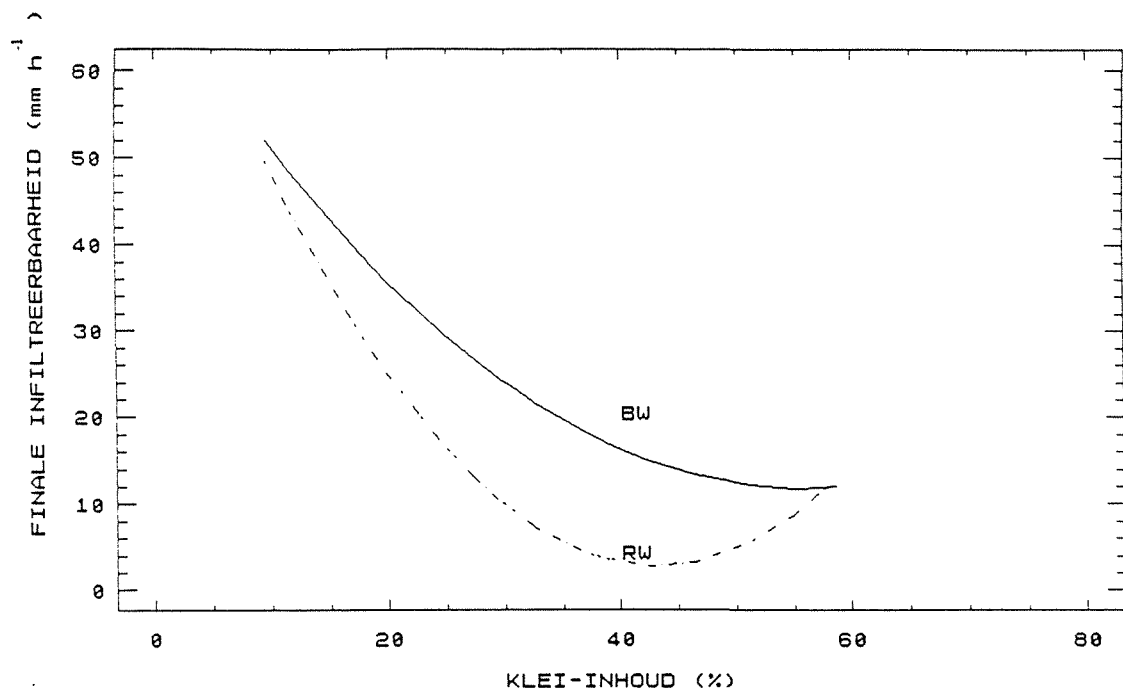
Verwantskap tussen FIT en klei-inhoud vir al die gronde wat met RW besproei is



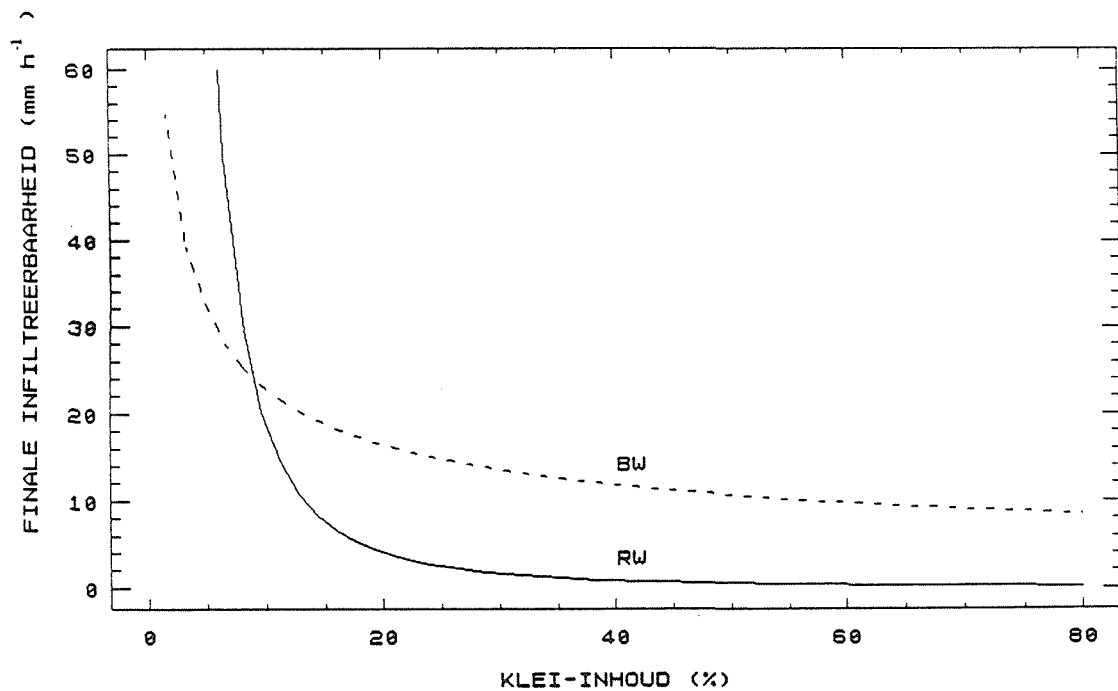
FIGUUR 8.7 Verwantskap tussen FIT en klei-inhoud vir die chemies stabiele gronde wat met RW besproei is



FIGUUR 8.8 Verwantskap tussen FIT en klei-inhoud vir die chemies dispersiewe gronde wat met RW besproei is



FIGUUR 8.9 Verwantskap tussen FIT en klei-inhoud vir die chemies stabiele gronde



FIGUUR 8.10 Verwantskap tussen FIT en klei-inhoud vir die chemies dispersiewe gronde

toe met toenemende klei-inhoud en bereik 'n maksimum by onderskeidelik 20% en 40% klei vir die chemies dispersiewe en stabiele gronde. Die rede waarom die FIT-waardes ongeveer dieselfde is vir die RW en BW by klei-inhoud laer as $\pm 10\%$ is waarskynlik omdat daar nie genoeg kleideeltjies teenwoordig is om 'n goed ontwikkelde seëllaag te vorm nie. Die waterkwaliteit het waarskynlik 'n invloed op die dispersie van die kleideeltjies in bogenoemde gronde maar die FIT word nie beïnvloed nie omdat daar te min kleideeltjies in suspensie is om 'n seëllaag te vorm. Die hoë FIT-waardes van hierdie gronde bevestig dat minimum verseëling plaasvind. Miller en Radcliffe, (1991) het ook gevind dat gronde waarvan die klei-inhoud laer as 5% is glad nie verseëling ondergaan nie. Hulle skryf dit toe aan die feit dat daar nie genoegsaam kleideeltjies teenwoordig is om 'n seëllaag te vorm nie.

8.4 GEVOLGTREKKING

Die klei-inhoud van die grond is die belangrikste eienskap wat die FIT daarvan bepaal terwyl UNP, organiese materiaal, kleimineralogie en die Ca:Mg verhouding 'n sekondêre rol speel. 'n Toename in die hoeveelheid kleideeltjies veroorsaak 'n afname in FIT omdat daar meer deeltjies beskikbaar is vir die verseëlingsproses. Hierdie tendens geld vir chemies stabiele sowel as chemies dispersiewe gronde. Die chemies dispersiewe gronde handhaaf laer FIT-waardes omdat die kleideeltjies makliker in suspensie gaan om dus meer aktief aan die verseëlingsproses deel te neem. In die geval van die chemies dispersiewe gronde is 20% klei voldoende om maksimum verseëling te veroorsaak terwyl 40% klei nodig is vir die chemies stabiele gronde.

In die geheel gesien is die klei-inhoud en UNP die belangrikste grondeienskappe wat die FIT daarvan by hoë energievlakke bepaal. By laer energievlakke is klei-inhoud, kleimineralogie en organiese materiaal die belangrikste faktore. Goeie voorspellings van FIT met behulp van meervoudige regressies kon slegs verkry word nadat die gronde wat smektiet bevat van die ander geskei is. Die FIT van die gronde sonder smektiet word hoofsaaklik deur die klei-inhoud en UNP beïnvloed. Smektiethoudende gronde se FIT word hoofsaaklik deur die klei-inhoud bepaal met die organiese materiaalinhoud en kleimineralogie wat 'n toenemende invloed het soos die druppelenergie afneem. Omdat die FIT van bogenoemde twee groepe gronde nie deur dieselfde faktore beïnvloed word nie kon daar nie goeie voorspellings sonder die onderverdelings verkry word nie.

'n Afname in soutkonsentrasie van besproeiingswater veroorsaak 'n afname in FIT a.g.v. 'n toename in die chemiese dispersie van die kleideeltjies. Hierdie afname begin eers plaasvind indien die klei-inhoud hoër as ongeveer 10% is en neem dan toe soos die

klei-inhoud toeneem. Dit bereik 'n maksimum by 20% en 40% vir chemies dispersiewe en stabiele gronde onderskeidelik. Die waterkwaliteit het geen invloed op die klei-inhoude (20 en 40%) waar maksimum verseëling plaasvind nie.

HOOFSTUK 9

DIE INTERAKSIE TUSSEN KUMULATIEWE INFILTRASIE VOOR OPDAMMING PLAASVIND, FISIES-CHEMIESE GRONDEIENSKAPPE EN DRUPPELENERGIE

9.1 INLEIDING

In Hoofstuk 8 is die finale infiltreerbaarheid (FIT) as verseëlingsindeks gebruik. In sekere gevalle is die FIT reeds na 'n toediening van 30 mm bereik terwyl die infiltreerbaarheid in ander gevalle na 'n toediening van 90 mm steeds 'n dalende tendens toon. Gilley en Mielke (1980) en Von Bernuth en Gilley (1985) gebruik die hoeveelheid water wat as afloop voorgekom het tydens 'n besproeiingstoediening as kriterium om die effektiwiteit van 'n besproeiingstelsel te bepaal. Bogenoemde navorsers maak melding van die noodsaaklikheid daarvan om 'n voorspelling van die hoeveelheid afloop wat tydens 'n toediening sal plaasvind te kan maak. Reinders (1984) het 'n metode ontwikkel om besproeiingsontwerp by die infiltreerbaarheid van die grond aan te pas. Die infiltreerbaarheid van die grond is met behulp van 'n veldskaal besproeiingsimuleerder bepaal deur die tyd en hoeveelheid water wat in die grond infiltreer het voordat opdamming begin plaasvind te meet.

Indien infiltrasieprobleme ondervind word, kan die bestuur van besproeiingstelsels by die infiltreerbaarheid van die grond aangepas word deur kleiner toedienings meer gereeld te maak (Reinders, 1984). Dit verhoog egter verdampingsverliese en energiekoste, terwyl die effektiewe benutting van reënval afneem (Gilley en Mielke, 1981).

Volgens Reinders (1986) word 'n ontwerptoediening van 25mm as standaardpraktyk by spilpuntstelsels beskou. Daar word dus selde of ooit 'n toediening van 90 mm gemaak. Dit beteken dat die finale infiltreerbaarheid dikwels nie bereik word nie. Vir die doel van besproeiingsontwerp is die FIT waarskynlik nie 'n goeie indeks om die effektiwiteit van 'n toediening te bepaal nie. Die doel van hierdie afdeling is om die hoeveelheid water wat toegedien kan word sonder dat opdamming plaasvind (kumulatiewe toediening voor opdamming of KTVO) te bepaal en met die fisies-chemiese grondeienskappe en druppelenergie te korreleer. KTVO dui die punt aan waar die infiltreerbaarheid laer as die toedieningstempo daal en probleme dus verwag kan word. Dit kan daartoe lei dat indien die fisies-chemiese grondeienskappe bekend is daar 'n skatting van die KTVO by verskeie druppelenergieë gemaak kan word.

Die vorming van 'n seëllaag aan die grondoppervlak vind in verskeie stadia of prosesse plaas (McIntyre, 1958; Farres, 1978; Morin *et al*, 1981 en Sharma, 1985). Die prosesse ter sprake is aggregaatafbraak, kompaksie, vorming van 'n ingespoelde laag en ook die oriëntering van die gronddeeltjies om 'n dun georiënteerde oppervlak laag te vorm. Die meeste navorsers is dit eens dat die proses begin word deur aggregaatafbraak en dat die vorming van die georiënteerde oppervlaklaag in 'n latere stadium plaasvind wanneer die gronddeeltjies in die dun waterlagie op die grondoppervlak heroriënteer. Omdat daar verskeie prosesse is wat verseëling beïnvloed, is dit moontlik dat die grondeienskappe wat die FIT van die grond bepaal het, nie noodwendig die KTVO sal bepaal nie.

9.2 METODE EN BENADERING

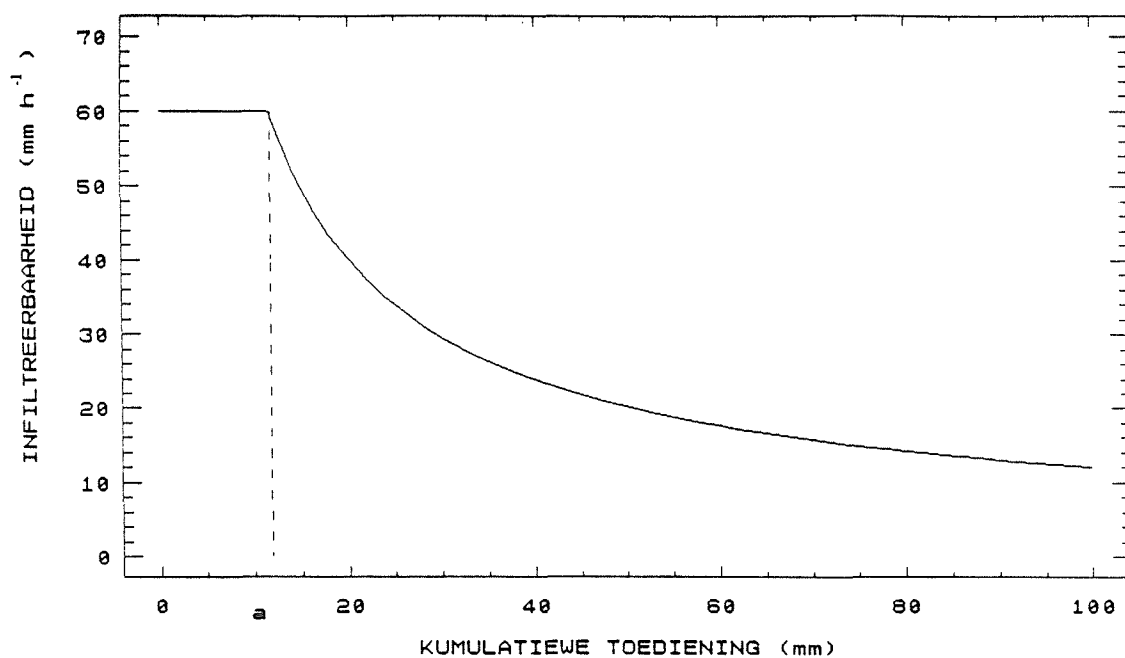
Die infiltrasiekurwes wat verkry is uit die metings wat in Hoofstuk 8 beskryf is (Bylae C), is in hierdie ondersoek gebruik. Figuur 9.1 is 'n voorbeeld van 'n tipiese kurwe en die benadering wat gevolg is, kan aan die hand van hierdie figuur verduidelik word. Die KTVO (m.a.w. die kumulatiewe toediening voordat die infiltreerbaarheid van die grond laer as die toedieningstempo daal) is bepaal deur die waardes, gemerk a in Figuur 9.1, grafies vir elke valhoogte (druppelenergie) te bepaal. Hierdie waardes word in Tabel 9.1 gegee.

Die KTVO is met die kinetiese energie van die druppels gekorreleer. 'n Voorbeeld van 'n tipiese korrelasie word in Figuur 9.2 gegee. Die waarde van die kinetiese energie by ontwerp-toedienings van 25mm, 20mm en 15mm is grafies bepaal deur dit by punt c in Figuur 9.2 af te lees. Hierdie kinetiese energie verteenwoordig dus die maksimum toelaatbare kinetiese energie (MTKE) om die betrokke ontwerp-toediening te maak sonder dat opdamming ondervind word, m.a.w. sonder dat die infiltreerbaarheid laer as die toedieningstempo daal. Die waardes van die MTKE wat vir die onderskeie gronde en ontwerp-toedienings verkry is word in Tabel 9.2 gegee.

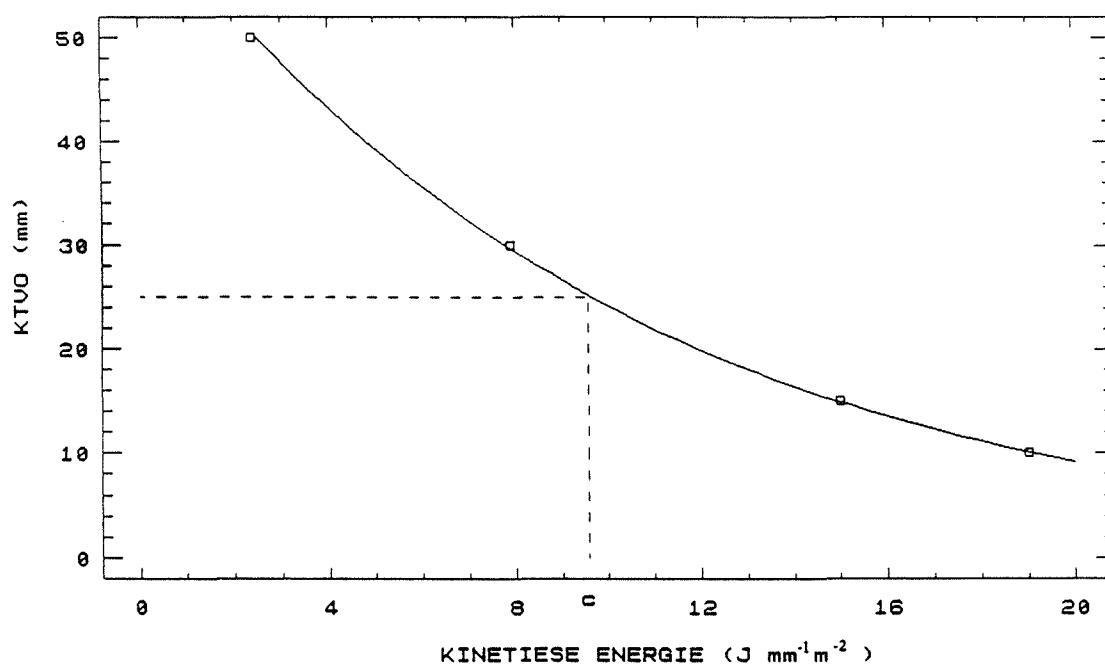
Daar sal dus vir elke grond en ontwerp-toediening 'n MTKE wees wat nie oorskry kan word sonder dat daar opdamming plaasvind nie. Hierdie energie sal bepaal word deur die neiging van die grond om verseëling te ondergaan en is daarom met die fisies-chemiese grondeienskappe gekorreleer.

9.3 RESULTATE EN BESPREKING

In Tabel 9.1 kan gesien word dat daar soos te verwagte 'n afname in die KTVO voorgekom het met 'n toename in valhoogte (kinetiese energie). Dit kan toegeskryf word aan die seëllaag wat vinniger vorm in die geval van die hoër energievlakke. In Hoofstuk 8 is gevind



FIGUUR 9.1 'n Tipiese voorbeeld van die verandering in infiltreerbaarheid met kumulatiewe toediening van water.



FIGUUR 9.2 'n Tipiese korrelasie KTVO en kinetiese energie

TABEL 9.1. DIE KUMULATIEWE TOEDIENING (mm) WAT GEMAAK KAN WORD VOORDAT OPDAMMING BEGIN PLAASVIND

MONSTER NO	Valhoogte = 3m	Valhoogte = 2m	Valhoogte = 1m	Valhoogte = 0,3m
1	0,3	6,1	9,5	13,5
2	9,0	13,1	18,5	60,2
3	4,4	10,2	10,8	12,1
4	0,1	5,4	10,8	23,0
5	0,1	0,7	13,5	14,9
6		12,2	20,3	33,8
7	7,6	16,0	12,1	20,0
8	4,1	6,1		42,7
9	16,9	27,1	45,3	54,1
10	5,0	10,2	21,1	65,0
11	4,4	8,3	9,1	22,0
12	0,7	8,8	15,6	31,8
13	0,1	1,8		10,0
14	7,9	15,0	12,8	60,0
15	0,1	1,0	2,2	3,1
16	13,9	20,0	21,1	75,0
17	10,2	14,2	33,8	
18	6,1	12,2	15,6	25,0
19	0,1	14,2	18,3	
20	1,9	5,1		10,0
21	34,5	40,7	47,6	60,7
22	90,0	90,0	90,0	90,0
23		4,1	7,4	14,9
24		0,7	3,4	22,3
25	10,2	29,1	34,5	75,8
26				
27				
28	4,7	13,5	18,9	35,2
29	0,1	3,4	8,8	16,2
30	0,7	6,8	12,2	41,3
31	1,2	3,1	4,6	
32		9,1		29,6
33	12,9	15,6	21,0	27,1
34				
35	4,1	18,3	23,0	
36	4,1	10,8	28,4	
37	4,7	9,3	13,1	24,4
38	0,1	0,1	1,4	2,7
39		18,1	19,9	60,0
40	10,8	18,9	27,1	48,7
41		0,1	3,4	20,3
42		8,8	15,6	33,3
43		0,1	7,4	15,5
44				
45	0,1	3,4	10,2	23,7
46	0,7	16,9	32,5	60,9
47	3,4	12,2	18,3	28,4
48	0,1	0,7		14,2
49				
50	4,1	8,1	13,5	27,1
51		3,4	7,4	44,0
52	12,9	16,2	23,0	44,0
53	8,8	14,2	17,6	37,9
54	16,2	25,7	45,3	
55	3,4	10,2		45,3
56	9,5	13,5	33,8	
57	10,2	23,1	29,8	
58	19,6	27,1	36,5	50,1
59	6,8	12,2	16,9	35,2
60	6,1	12,9	20,3	33,0
61	2,5	11,1	17,9	26,7

**TABEL 9.2. DIE MAKSIMUM TOELAATBARE KINETIESE ENERGIE ($J\text{ mm}^{-1}\text{ m}^{-2}$)
WAT GEBRUIK KAN WORD OM 'N TOEDIENING TE MAAK SONDER
DAT OPDAMMING PLAASVIND**

MONSTER NO	Ontwerptoediening = 25mm	Ontwerptoediening = 20mm	Ontwerptoediening = 15mm
1	0,1	0,1	0,7
2	6,5	8,1	11,2
3	0,1	0,1	0,1
4	0,1	3,1	7,1
5	0,1	0,1	3,5
6	7,1	8,6	12,2
7	1,7	3,0	9,1
8	2,2	11,2	13,3
9	15,6	18,1	20,3
10	6,2	7,1	9,2
11	2,6	2,8	4,2
12	5,0	7,7	10,7
13	0,1	0,1	0,1
14	6,6	7,3	10,1
15	0,1	0,1	0,1
16	10,2	11,9	17,4
17	11,5	11,6	14,4
18	1,7	5,9	10,9
19	5,5	7,9	11,2
20	0,1	0,1	0,1
21	24,0	24,0	24,0
22	24,0	24,0	24,0
23	1,3	1,5	1,8
24	2,3	2,3	3,3
25	10,8	14,9	17,7
26			
27			
28	7,2	8,0	10,7
29	0,1	0,1	2,6
30	6,0	6,2	7,6
31	0,1	0,1	0,1
32	5,6		
33	4,4	10,1	16,1
34			
35	8,3	10,9	14,1
36	9,1	11,5	13,8
37	2,6	4,5	9,1
38	0,1	0,1	0,1
39	7,2	10,6	16,1
40	11,7	12,7	22,1
41	2,7	2,9	3,5
42	1,0	6,6	9,4
43	0,1	0,1	2,5
44			
45	0,2	3,2	6,0
46	11,8	13,4	14,9
47	4,7	7,9	11,5
48	1,6	2,1	2,6
49			
50	35,0	5,0	7,7
51	3,8	4,1	5,0
52	7,0	10,0	16,0
53		9,0	12,7
54	14,9	17,2	20,5
55	9,9	12,1	14,0
56	10,1	12,2	14,8
57	11,8	14,8	17,8
58	15,5	19,6	24,0
59	6,7	7,8	11,0
60	6,8	9,9	13,1
61	6,6	7,1	10,9

dat die FIT-waardes van die 3m, 2m en 1 m valhoogtes oor die algemeen weinig van mekaar verskil het, maar baie laer was as die waardes wat vir die 0,3 m valhoogte verkry is. Daar is wel 'n tendens dat die waardes van die KTVO (Tabel 9.1) van die 0,3 m valhoogte in die meeste gevalle ook aansienlik hoër is as die van die ander valhoogtes. Die KTVO neem egter steeds af as die valhoogte van 1 m na 3 m styg. Daar is dus, in die geval van die KTVO, nie so 'n goed gedefinieerde drumpelwaarde-energie betrokke as wat by die FIT-waardes die geval was nie.

Uit Tabel 9.2 kan ook gesien word tot watter mate 'n afname in die ontwerptoediening 'n toename in die MTKE van besproeiingstelsels toelaat. Dit is verder uit bogenoemde tabel duidelik dat die MTKE vir die verskillende gronde groot verskille toon.

Om vas te stel hoedanig die grondeienskappe die tempo van verseëling bepaal, is die waardes van die MTKE (Tabel 9.2) met die fisies-chemiese grondeienskappe gekorreleer. Die korrelasiekoëffisiënte van die MTKE van drie ontwerptoedienings met die fisies-chemiese grondeienskappe is in Tabel 9.3 opgesom. Die persentasie kaolinite in die kleifraaksie was deurgaans die veranderlike wat die beste met MTKE gekorreleer het. Die korrelasiekoëffisiënte is deurgaans laer as wat die geval met die FIT-waardes was (Tabel 8.2).

Aangesien dit in Hoofstuk 8 duidelik geword het dat die verseëling van chemies dispersiewe gronde verskil van die gronde wat nie chemies dispersief is nie, is besluit om die gronde op grond van die chemies dispersiwiteit daarvan (soos in Hoofstuk 8 gedefinieër) te skei en aparte korrelasies te tref. Figuur 9.3 is 'n grafiese voorstelling van die verwantskap tussen MTKE en klei-inhoud vir die chemies dispersiewe gronde by drie ontwerptoedienings. Die MTKE daal skerp met toename in klei-inhoud tot by 'n klei-inhoud van ongeveer 20% waarbo geen betekenisvolle verandering in MTKE met toename in klei-inhoud plaasvind nie. Hierdie tendens is ook vir die FIT van die chemies dispersiewe gronde opgemerk (Figuur 8.4). By hoër klei-inhoude is die MTKE laer omdat die gronde vinniger verseël en opdamming reeds by lae energievlakke begin plaasvind. Die afname in FIT met toename in klei-inhoud word deur die feit dat daar by hoër klei-inhoude meer deeltjies is wat kan deelneem aan die verseëlingsproses verklaar. Die kleideeltjies vorm die ingespoelde of georiënteerde oppervlaklaag (Afdeling 8.3.1 en 2.2.2). Volgens verskeie navorsers word die verseëlingsproses in die begin (wanneer die eerste druppels val) deur aggregaatafbraak gedomineer (Mc Intyre, 1958; Farres, 1978; Agassi *et al*, 1981). Omdat die MTKE die beginstadium van verseëling verteenwoordig (Figure 9.1 en 9.2), kan die verwantskap wat in Figuur 9.3 gegee word moontlik vertolk word, dat 'n toename in klei-inhoud 'n afname in aggregaatstabiliteit ($< 4\text{mm}$ aggregate in grondbak) veroorsaak. Dit is in teenstelling

TABEL 9.3 ENKELVOUDIGE KORRELASIES TUSSEN MTKE EN DIE BELANGRIKSTE GRONDEIENSKAPPE

BENOEMING	FISIES-CHEMIESE VERANDERLIKE	MTKE VIR ONTWERPTOEDIENING					
		25mm		20mm		15mm	
		R	Model	R	Model	R	Model
x ₁	Klei	-0,315	L	-0,253	L	-0,214	L
x ₂	Slik	-0,282	M	-0,266	L	-0,231	L
x ₃	Klei + Slik	-0,327	L	-0,291	L	-0,250	L
x ₄	UNP	-0,302	E	-0,311	E	-0,339	E
x ₅	Ca:Mg	-0,171	E	-0,144	E	-0,204	E
x ₆	OM	-0,134	M	-0,124	M	-0,126	M
x ₇	KUKKLEI	-0,158	M	-0,142	L	-0,142	E
x ₈	NGR500	-0,169	M	-0,099	L	-0,097	L
x ₉	Mi	-0,281	E	-0,296	M	-0,219	M
x ₁₀	Kt	+0,330	E	+0,366	E	+0,457	M
x ₁₁	*St	-0,251	L	-0,365	M	-0,421	M
x ₁₂	*St x Klei/100	-0,301	M	-0,328	L	-0,422	E
x ₁₃	*(Kt + Go)/St	+0,281	M	+0,388	M	+0,435	E

Waar

OM = Organiese materiaalinhoud (%)

KUKKLEI = KUK van die kleifraksie in $\text{cmol}_{(c)} \text{kg}^{-1}$

NGR500 = Natuurlike aggregate kleiner as $500 \mu\text{m}$ (%)

Mi = Persentasie mika in die kleifraksie

Kt = Persentasie kaolinite in die kleifraksie

St = Persentasie smekiet in die kleifraksie

Go = Persentasie goethiet in die kleifraksie

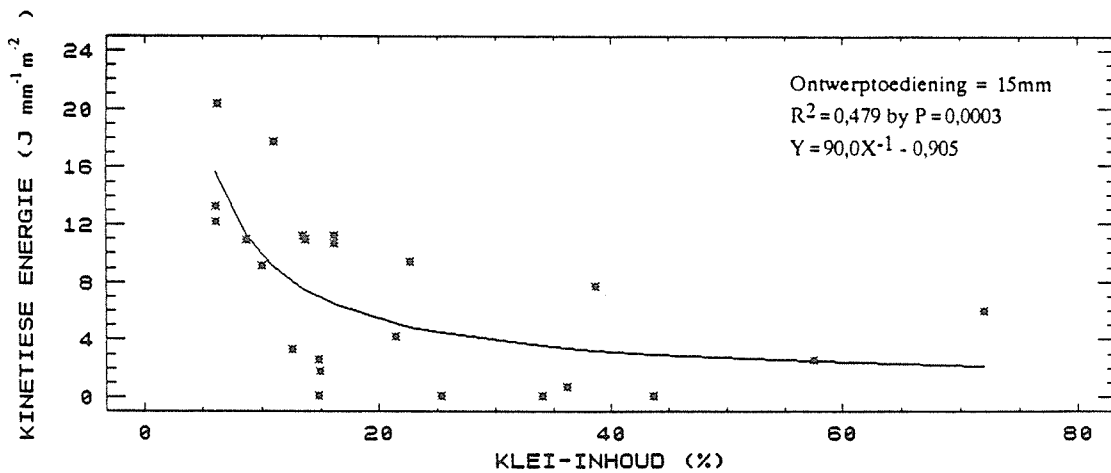
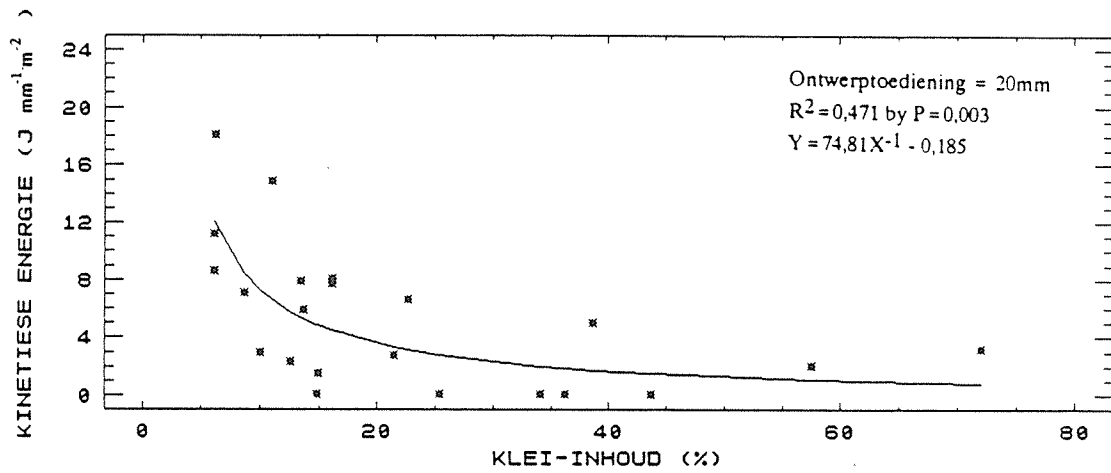
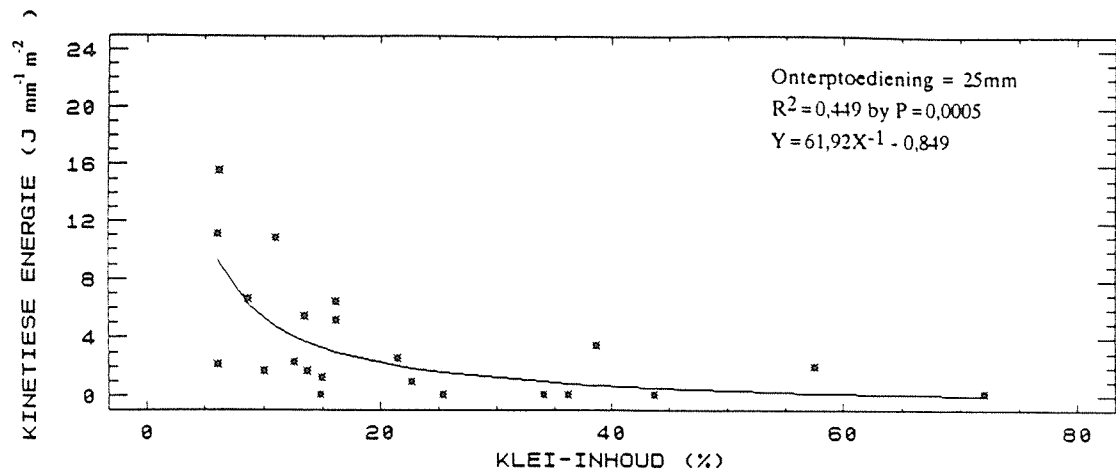
* Sluit slegs monsters wat smekiet in die kleifraksie het, in.

Modelle: M: $y = ax^b$

L: $y = a + bx$

E: $y = e^{a+bx}$

R: $1/y = a + bx$

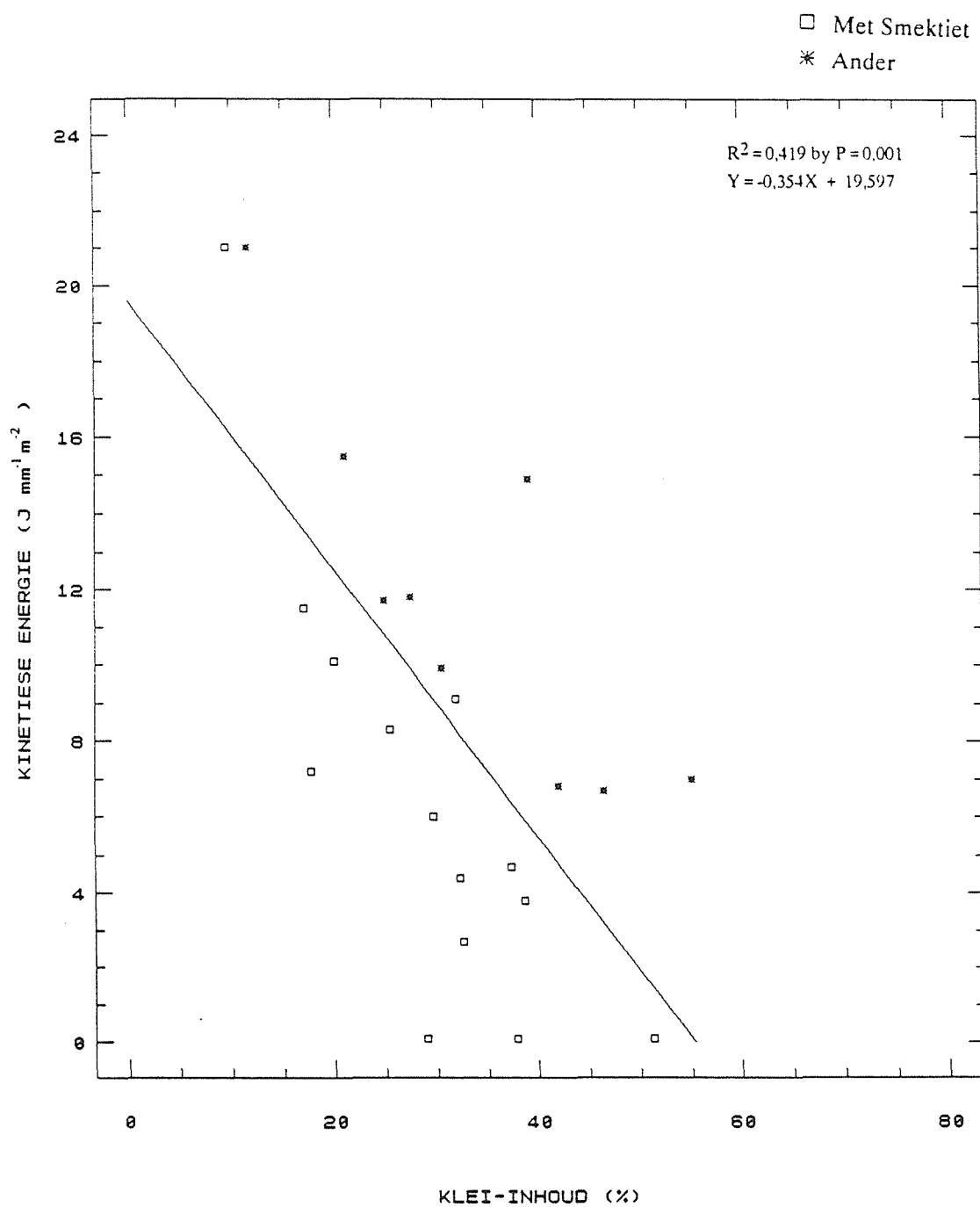


FIGUUR 9.3 Verwantskap tussen MTKE en klei-inhoud vir die chemies dispersiewe gronde

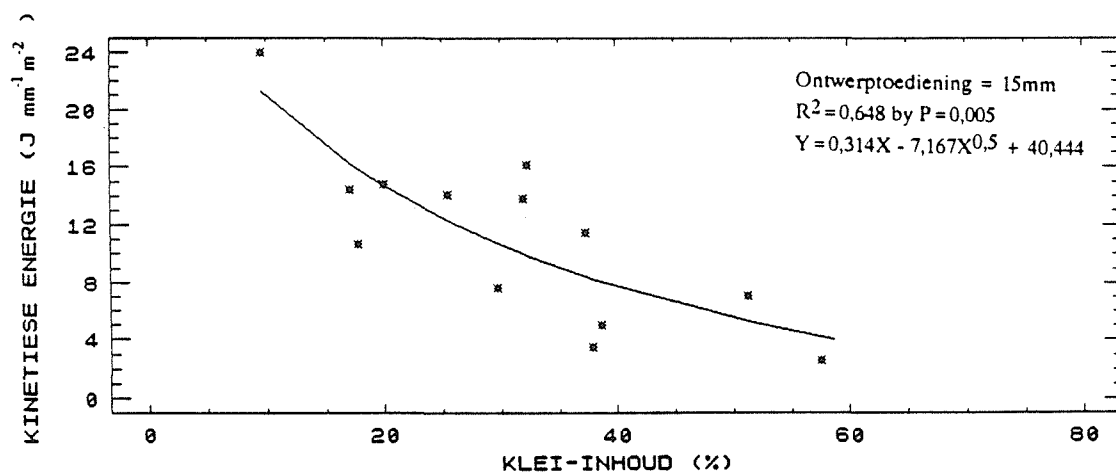
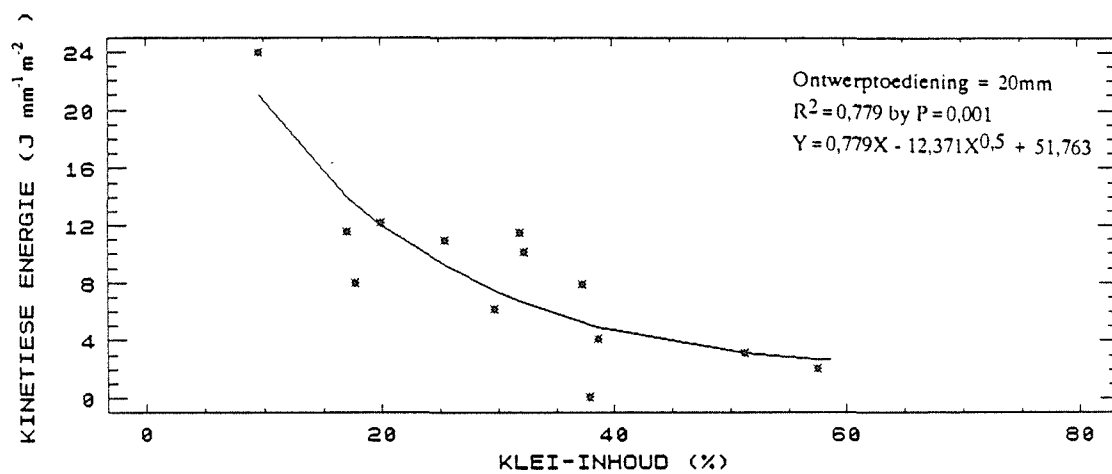
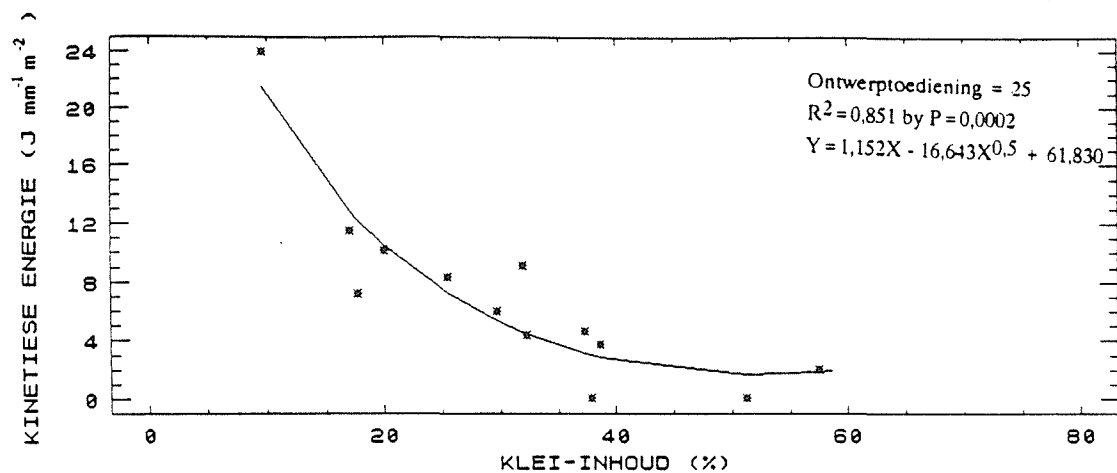
met die bevinding van Kemper en Koch (1966) wat gevind het dat 'n toename in klei-inhoud (in die bereik 5 - 90 % klei) 'n toename in aggregaatstabiliteit veroorsaak het. Hulle skryf dit toe aan die feit dat die kleideeltjies as sementeringsagense dien. Van der Merwe (1973) het gevind dat die aggregaatstabiliteit van 69 gronde van die Oranje-Vrystaatstreek toegeneem het met 'n toename in klei-inhoud nadat die grond in ewewig gebring is met 'n $0,1 \text{ mol dm}^{-3} \text{ CaCl}_2$ oplossing. Dieselfde tendens is ook waargeneem nadat die grond met 'n $0,025 \text{ mol dm}^{-3} \text{ CaCl}_2$ oplossing met 'n NAV van 50 in ewewig gebring is. 'n Toename in klei-inhoud het dus in beide chemies dispersiewe en chemies stabiele toestande 'n toename in aggregaatstabiliteit veroorsaak. Uehara en Jones (1974) beweer ook dat kleideeltjies 'n positiewe rol speel om natuurlike aggregate te stabiliseer, maar dat hierdie rol van die kleideeltjies na negatief kan verander indien chemies dispersiewe toestande heers. Aangesien die gronde onder bespreking wel as chemies dispersief geklassifiseer is (Afdeling 8.3.1) kan dit moontlik wees dat 'n toename in klei-inhoud wel in hierdie geval 'n afname in aggregaatstabiliteit veroorsaak het om aanleiding te gee tot die tendens wat in Figuur 9.3 gegee is.

In die lig van bogenoemde bevindings kan daar 'n positiewe korrelasie tussen MTKE en klei-inhoud vir die chemies stabiele gronde verwag word. Hierdie verwantskap word grafies in Figuur 9.4 gegee. 'n Afname in MTKE kan dus hoofsaaklik aan toename in klei toegeskryf word. Monster no 46 (58,6% klei) het nie by hierdie tendens ingepas nie, deurdat die MTKE daarvan baie hoër as die algemene tendens is (Tabel 9.2). Hierdie monster is dus met die verdere ontleding van die data geïgnoreer. Hierdie tendens kan as 'n afname in aggregaatstabiliteit met toename in klei-inhoud vertolk word, wat in teenstelling met die bevindinge van Kemper en Koch (1966), Van der Merwe (1973) en Uehara en Jones (1974) is. Dit wil dus voorkom asof aggregaatafbraak so vinnig plaasvind dat die verseëling van die grond deur die vorming van die ingespoelde en/of georiënteerde oppervlaklaag reeds plaasvind voordat opdamming plaasvind. In hierdie geval kan die afname in MTKE met toename in klei-inhoud toegeskryf word aan die feit dat daar by hoër klei-inhoude meer kleideeltjies voorkom en die grondoppervlak vinniger verseël.

In Figuur 9.4 is dit ook duidelik dat vir die gronde wat smektiet as mineraal in die kleifrasie besit, die MTKE oor die algemeen laer is as die gronde wat nie smektiet bevat nie. Levy en V.d. Watt (1988) en Stern (1990) het ook gevind dat gronde wat slegs klein hoeveelhede smektiet bevat meer dispersief is as gronde wat geen smektiet bevat nie omdat smektiet 'n groot mate van chemiese dispersie veroorsaak. In Figure 9.5 en 9.6 word die verwantskap tussen MTKE en klei-inhoud vir onderskeidelik die gronde wat smektiet bevat en die wat geen smektiet bevat nie, gegee. In die geval waar die FIT as verseëlingsindeks gebruik is (Hoofstuk 8) het slegs die klei-inhoud die verseëling van die chemies stabiele gronde by

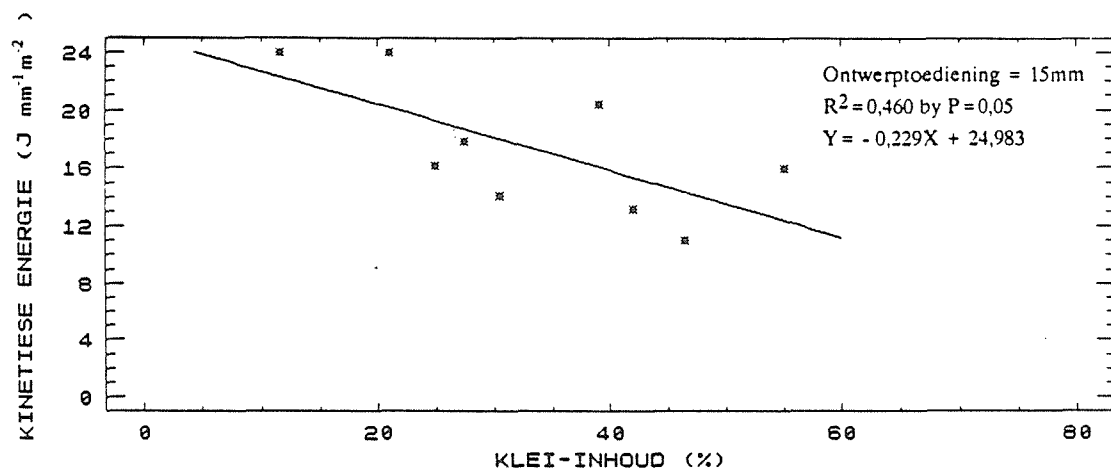
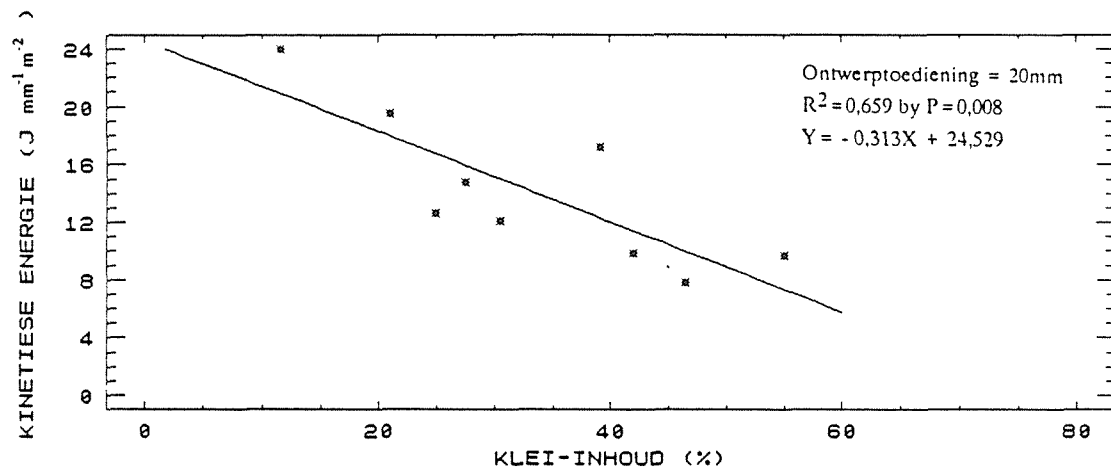
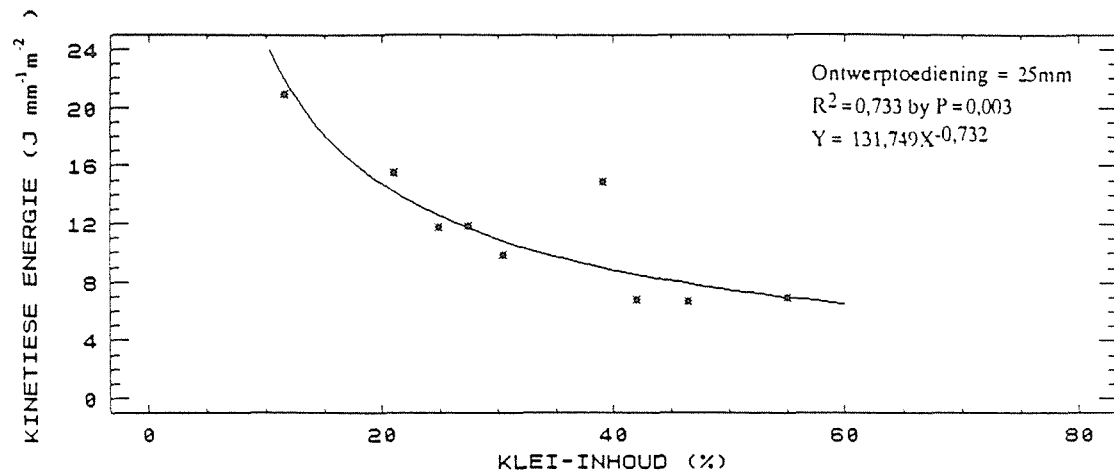


FIGUUR 9.4 Verwantskap tussen MTKKE en klei-inhoud vir die chemies stabiele gronde vir 'n ontwerp-toediening van 25mm



FIGUUR 9.5

Verwantskap tussen MTKE en klei-inhoud vir die chemies stabiele gronde wat smektiet bevat



FIGUUR 9.6

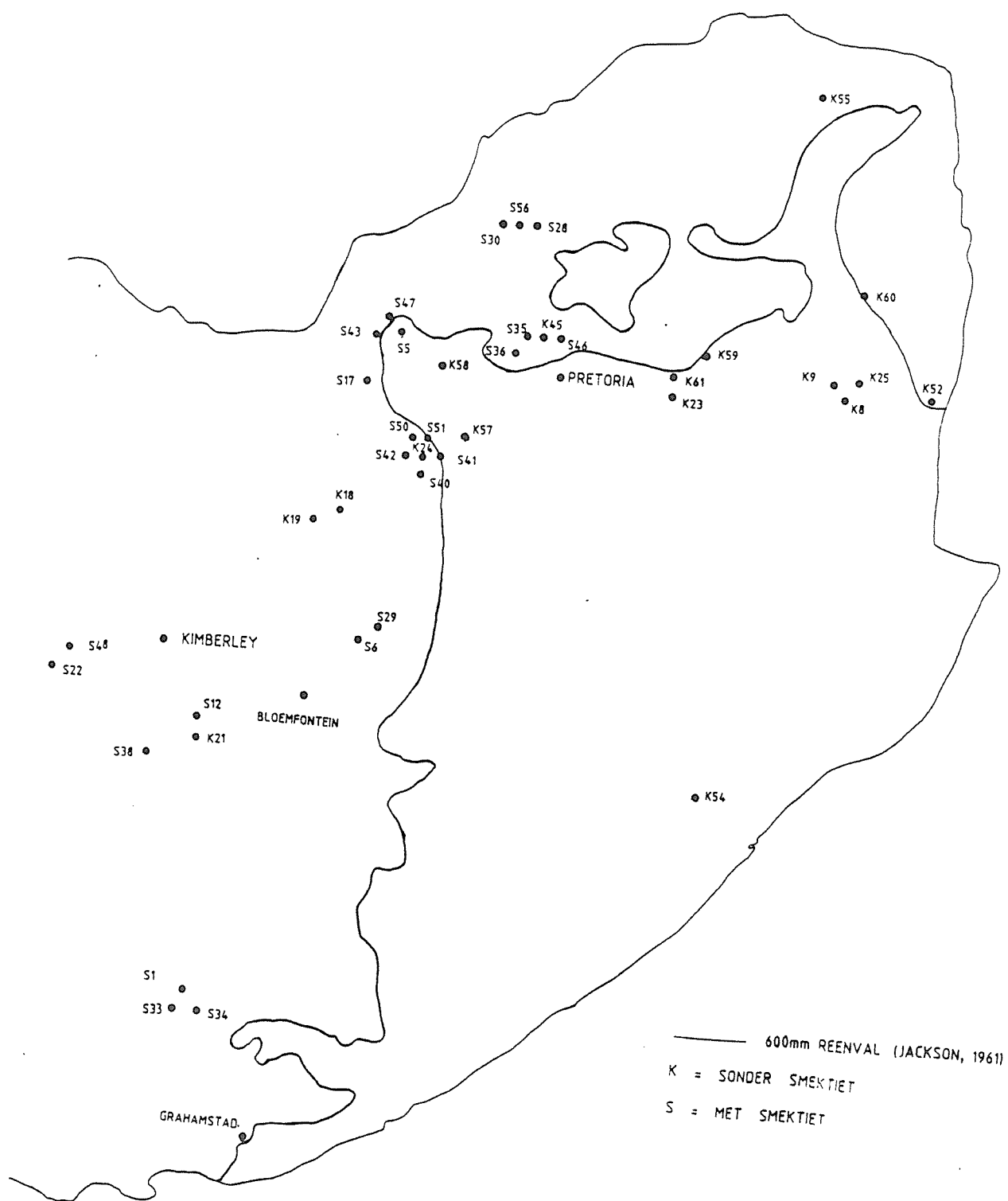
Verwantskap tussen MTKE en klei-inhoud vir die chemies stabiele gronde wat nie smektiet bevat nie

die 1m, 2m en 3m valhoogtes bepaal. In die geval van die 0,3m valhoogte was daar wel 'n tendens dat die smektiethoudende gronde laer FIT waardes bereik het (Figuur 8.3) maar die onderskeid was nie so duidelik soos wat in Figuur 9.4 aangedui word nie. Dit dui daarop dat die gronde wat smektiet bevat, aanvanklik vinniger verseël sodat afloop op 'n vroeë stadium begin plaasvind. In die later stadium van verseëling verdwyn die invloed van mineralogie en word die hoeveelheid klei-deeltjies wat teenwoordig is die dominante faktor. Omdat die verseëlingsproses begin word deur die afbreek van aggregate kan dit dus aanvaar word dat gronde wat smektiet bevat, 'n laer aggregaatstabiliteit het as ander chemies stabiele gronde. Hierdie verskil in aggregaatstabiliteit word egter nie deur die FIT-waardes by die hoër energievlakke gereflekteer nie.

Figuur 9.7 is 'n kaart wat die ligging van die smektiethoudende (S) en gronde sonder smektiet (K) aandui. Die gronde wat geen smektiet in die kleifrasie het nie kom hoofsaaklik in die oostelike dele van die RSA voor terwyl die smektiethoudende gronde hoofsaaklik in die droër westelike dele voorkom waar die reënval minder as 600 mm per jaar is. Monsters no 18, 19 en 21 is egter uitskieters van bogenoemde tendens (Figuur 9.7). Monsters no 18 en 21 bevat albei tussengelaagde kleimineraal (Tabel 3.2) wat wel smektietkomponente kan wees (Kirsten, 1991, Persoonlike mededeling). Monster no 19 bevat vermikuliet, wat kenmerkend is van droër gebiede. Dit moet egter beklemtoon word dat daar gronde is wat nie smektiet bevat nie maar in 'n groot mate verseël (no 8, 9, 25 en 61). Hierdie gronde is op grond van UNP, Ca:Mg verhouding en organiese materiaalinhoud as chemies dispersief geklassifiseer (Afdeling 8.3.1). Die 600mm reënvallyn kan dus 'n goeie aanduiding gee van die onderskeid tussen chemies stabiele gronde wat smektiet bevat en die wat geen smektiet bevat nie.

Die mate waartoe 'n afname in ontwerptoediening 'n toename in MTKE toelaat kan in Figure 9.3 tot 9.6 gesien word. Aangesien die kurwes in bogenoemde figure vir die drie ontwerptoedienings ongeveer ewewydig is, kan die invloed van die ontwerptoediening gekwantifiseer word deur wiskundig die verskil tussen die verwantskappe te bepaal. Die MTKE vir die drie grondklasse word dus hoofsaaklik deur die klei-inhoud en ontwerptoediening bepaal.

Die toedieningstempo het egter ook 'n invloed op die KTVO. In Hoofstuk 5 is gevind dat die invloed van die eksterne faktore (sluit druppelgrootte, druppelenergie en toedieningstempo in) op die KTVO goed deur die energievloed beskryf word. In die lig van hierdie resultate kan die maksimum toelaatbare energievloed (MTEV) verkry word



FIGUUR 9.7 Kaart om ligging en mineralogie van die monsters aan te dui

deur die MTKE met die toedieningstempo (60mm h^{-1}) wat in hierdie ondersoek gebruik is te vermenigvuldig. Die verwantskap tussen MTEV, ontwerptoediening en klei-inhoud is bepaal en sien soos volg daaruit:

Vir chemies dispersiewe gronde:

$$\text{MTEV} = 1,032(x_1^{-1}) + 0,004(25 - T) - 0,014 \quad (9.1)$$

Vir chemies stabiele gronde met smektiet as kleimineraal:

$$\text{MTEV} = 0,019(x_1) - 0,277(x_1^{0,5}) + 0,010(25 - T) + 1,030 \quad (9.2)$$

Vir chemies stabiele gronde sonder smektiet:

$$\text{MTEV} = 2,196 (x_1^{-0,732}) + 0,011(25-T) \quad (9.3)$$

Waar x_1 = Klei-inhoud (%)

T = Ontwerptoediening (mm)

In 'n poging om 'n beter voorspelling van die MTKE met behulp van grondeienskappe te kan maak is ook in hierdie geval van meervoudige regressies gebruik gemaak. Dieselfde benadering as wat in Afdeling 8.3.1 t.o.v. die meervoudige regressies gebruik is, is ook in hierdie geval gebruik.

Daar is nie bevredigende modelle verkry deur al die gronde (sonder onderverdelings) in die regressie analise in te sluit nie. Om dieselfde redes as wat in Afdeling 8.3.1 aangevoer is, is die gronde wat smektiet bevat van die ander geskei en aparte meervoudige regressies daarop uitgevoer. Die modelle wat vir die gronde sonder smektiet verkry is word in Tabel 9.4 vir drie ontwerptoedienings gegee. Soos wat die geval met die FIT was word die MTKE van hierdie groep gronde hoofsaaklik deur die klei-inhoud en UNP bepaal. Die R^2 -waardes wissel van 0,505 tot 0,602 wat onderskeidelik ooreenstem met R-waardes van 0,711 en 0,776. Dit is goed as die groot aantal monsters en wydverspreide lokaliteite daarvan in aanmerking geneem word. Die modelle is hoogs betekenisvol ($P=0,01$ tot $0,005$).

TABEL 9.4 VERGELYKINGS EN STATISTIEKE VAN DIE MEERVOUDIGE REGRESSIES VAN DIE GRONDE SONDER SMEKTET

ONTWERP-TOEDIENING	VERGELYKING	R ²	P-VLAK
25mm	MTKE = $-1,892 \times 10^{-3} (x_1)^2 - 1,986 x_4 + 14,576$	0,562	0,005
20mm	MTKE = $-2,004 \times 10^{-3} (x_1)^2 - 1,868 x_4 + 17,327$	0,505	0,01
15mm	MTKE = $-1,961 \times 10^{-3} (x_1)^2 - 2,210 x_4 + 21,441$	0,602	0,003

Waar x_1 = Klei-inhoud (%)
 x_4 = UNP

Vir die gronde met smektiet in die kleifraaksie is 'n betekenisvolle model slegs vir die 25 mm ontwerptoeiening verkry. Die klei-inhoud en UNP was ook in hierdie geval die belangrikste grondeienskappe. Dit verskil egter van die modelle vir die FIT (Tabel 8.4) en die regressievergelyking is:

$$\text{MTKE} = -6,848 \ln x_1 - 2,107 (x_4)^{0,5} + 29,815 \quad (R^2 = 0,562 \text{ by } P = 0,005) \quad (9.4)$$

Waar x_1 = Klei-inhoud (%)
 x_4 = UNP

Soos die geval met die modelle vir die FIT was, is die MTKE vir die gronde sonder smektiet hoofsaaklik deur die UNP en klei-inhoud bepaal (Tabel 9.3). Hierdie grondeienskappe domineer dus die verseëling van hierdie gronde, ongeag van die veranderlike (MTKE of FIT) wat vir verseëling gebruik is. Dit ondersteun die vroeëre opmerking dat die ingespoelde en/of georiënteerde oppervlaklaag reeds vorm voordat opdamming plaasvind en dus die belangrikste meganisme is wat die KTVO (en dus ook MTKE) bepaal. Vir die smektiethoudende gronde is dit nie die geval nie. Buiten dat die klei-inhoud deurgaans 'n rol speel word die FIT ook deur die organiese materiaalinhoud en kleimineralogie beïnvloed (Tabel 8.4), terwyl die MTKE deur die klei-inhoud en UNP beïnvloed word.

Die verwantskappe tussen MTEV, ontwerptoediening en klei-inhoud is op dieselfde manier soos beskryf vir vergelykings 9.1 tot 9.3 bepaal en sien soos volg daaruit:

Vir gronde sonder smektiel:

$$\text{MTEV} = -3,15 \times 10^{-5} (x_1)^2 - 0,033 (x_4) + 0,011 (25-T) + 0,243 \quad (9.5)$$

Vir gronde met smektiel:

$$\text{MTEV} = -0,114 \ln x_1 - 0,035 (x_4)^{0,5} + 0,011 (25-T) + 0,497 \quad (9.6)$$

Waar x_1 = klei-inhoud (%)
 x_4 = UNP

Vergelykings 9.1 tot 9.3 of 9.5 en 9.6 kan gebruik word om te bepaal by watter MTEV 'n besproeiingstelsel ontwerp moet word, indien die fisies chemiese grondeienskappe bekend is en daar op 'n ontwerptoediening besluit is. In die geval van bestaande besproeiingstelsels waar infiltrasieprobleme ondervind word, kan hierdie vergelykings gebruik word om te bepaal hoedanig die ontwerptoediening verlaag moet word om opdamming te voorkom. In hierdie geval moet die MTEV en fisies-chemiese grondeienskappe bekend wees. Indien die ontwerptoediening wat met bogenoemde metode bepaal is onekonomies laag is (hoë verdampingsverliese en energiekostes) kan die energievloed van die stelsel verander word. Dit kan gedoen word deur die sproeiers te laat sak of om die benattingsdeursnit te verhoog (Afdeling 2.1). Die ontwerptoediening wat by die veranderde energievloed gebruik kan word kan met bogenoemde vergelykings bepaal word.

9.4 GEVOLGTREKKING

Die kumulatiewe toediening wat gemaak kan word sonder dat opdamming plaasvind (KTVO) neem af met toename in druppelenergie. Die maksimum toelaatbare kinetiese energie (MTKE) waarby 'n stelsel ontwerp kan word om 'n toediening sonder opdamming te maak neem toe met afname in ontwerptoediening. Nadat die gronde as (i) chemies dispersief, chemies stabiel met smektiel en (iii) chemies stabiel sonder smektiel onderverdeel is het die MTKE goed met die klei-inhoud van elke groep gekorreleer vir drie ontwerptoedienings. Nadat die gronde wat smektiel bevat van die ander geskei is het meervoudige regressies aangedui dat die MTKE van beide groepe gronde hoofsaaklik deur die klei-inhoud en UNP daarvan voorspel kan word.

Daar is vergelykings opgestel wat die verwantskappe tussen die energievloed van besproeiingstelsels (ontwerp), ontwerptoediening (bestuur) en fisies-chemiese grondeienskappe kwantifiseer. Dit kan gebruik word om die keuse, ontwerp en bestuur van besproeiingstelsels by die grond aan te pas sodat 'n toediening sonder enige opdamming gemaak kan word. Dit kan ook gebruik word om die ekonomiese regverdigbaarheid van ontwerp- en bestuursaanpassings vir bestaande stelsels te bepaal.

HOOFSTUK 10

STUDIES MET 'N PRAKTYK BESPROEIINGSIMULEERDER

10.1 INLEIDING

Omdat die grond wat aan laboratoriumskaal besproeiingsimulering onderwerp word in 'n groot mate versteur is, kan die resultate wat verkry is nie sondermeer in die praktyk toegepas word nie. Die versteuring behels onder andere die fynstamp van aggregate totdat dit kleiner as 4 mm is (Afdeling 3.2). In praktyk is dit nie die geval nie en 'n baie groter verspreiding van aggregate kom voor. Farres (1978) het gevind dat die aggregaatgrootte 'n invloed op die verseelingsproses het deurdat 'n grond met kleiner aggregate vinniger verseël.

Die oppervlakrofheid van die grond in die veld is ook veel hoër as wat die geval met die laboratoriumondersoeke was. Die rede hiervoor is onder andere a.g.v. die groter aggregate wat in praktyk in 'n bewerkte grond voorkom. Levy, Berliner, Du Plessis en Van der Watt (1988) het gevind dat die infiltreerbaarheid van 'n grondoppervlak, wat aan reënvalsimulering onderwerp was, baie laer in die depressies as op die bultjies is. Hulle skryf dit toe aan die verseelingsmateriaal (gedispergeerde gronddeeltjies) wat eerste in die depressies afgesit word om 'n georiënteerde oppervlaklaag te vorm. Aangesien die oppervlakrofheid in die veld hoër is, kan groter depressies en bultjies verwag word en dus ook 'n groot ruimtelike variasie in die infiltreerbaarheid van die grond.

Die doel van hierdie ondersoek was om infiltrasiemetings met 'n veldskaal besproeiingsimuleerder te doen en dit dan te vergelyk met ekwivalente metings van die laboratoriumskaal simuleerder. Dit sal meer lig werp op die toepasbaarheid van die resultate, wat reeds in die laboratorium verkry is, onder veldtoestande.

10.2 APPARAAT, MATERIAAL EN METODES

'n Veldskaal besproeiingsimuleerder, wat spesiaal vir die doel van hierdie ondersoek deur die Departement Landbou- Ingenieurswese van die Universiteit van Pretoria ontwikkel is, is deurgaans gebruik. 'n Volledige beskrywing van die simuleerder kom in Afdeling B voor.

Twee gronde van die Potchefstroom omgewing is vir hierdie studie geselekteer en die fisies-chemiese eienskappe daarvan word in Tabel 10.1 gegee. Monster no 41 is in die

laboratoriumondersoek ingesluit en as chemies stabiel met smektiet in die kleifraksie geklassifiseer. Monster no 70 is nie in die laboratoriumondersoek gebruik nie maar is deur Stern (1990) in 'n veld- en laboratoriumondersoek ingesluit. Stern (1990) verwys na hiedie grond as "Shorrock (D)" omdat dit smektiet in die kleifraksie bevat en volgens sy kriteria dispersief (D) was. Volgens die kriteria wat in Afdeling 8.3.1 beskryf is sal monster no 70 as chemies dispersief geklassifiseer word omdat die UNP daarvan hoër as 2,0% is.

TABEL 10.1 FISIES-CHEMIESE GRONDEIENSKAPPE VAN DIE TWEE GRONDE WAT IN DIE VELDMETINGS GEBRUIK IS.

MONSTER NO	GROND-VORM	KLEI-INHOUD %	SLIK-INHOUD %	* KUK cmol(c) kg^{-1}	UNP %	ORGANIESE MATERIAAL %	pH (H ₂ O)	**KLEI-MINERALOGIE
41	Hutton	32,6	18,4	12,9	1,5	1,82	5,7	K50 Mi25 St25
70	Hutton	15,8	12,1	24,7	3,1	0,50	5,0	K72 Mi14 St14

* Kation uitruilkapasiteit van die kleifraksie

** K = Kaoliniet

Mi = Mika

St = Smektiet

Die waardes dui op die relatiewe persentasie van elke kleimineraal wat teenwoordig is.

Perseeltjies van 700mm by 700mm is met die hand in die droë toestand omgespit, waarna die afloopversamelaar (Afdeling B) in die los grond geplaas is. Die inplasing en grondvoorbereiding is sodanig gedoen dat die grondoppervlak 'n helling van 5% gehad het. Die grond is daarna aan gesimuleerde besproeiing onderwerp.

Twee druppelenergievlakke, nl. 6,41 en 13,89 J mm⁻¹m⁻² is gebruik. Die energievlakke is verkry deur die aanvangsnelheid van die druppels te verander (Afdeling B). By die lae energievlak is toedieningstempo's van 30, 60 en 90 mm h⁻¹ gebruik en by die hoë energievlak, 60 en 90mm h⁻¹. 'n Totale toediening van ongeveer 90mm is gemaak. Die waterkwaliteit is deurgaans konstant gehou by 'n EG van 70mS m⁻¹

Die tyd wat verloop het totdat die toedieningstempo infiltrasie oorskry (visuele waarneming wanneer water in die eerste depressie begin opdam) is telkens gemeet. Die hoeveelheid water wat aan die grond toegedien is voordat opdamming begin plaasvind (KTVO), is verkry deur die gemete tyd met die toedieningstempo te vermenigvuldig. Sodra afloop

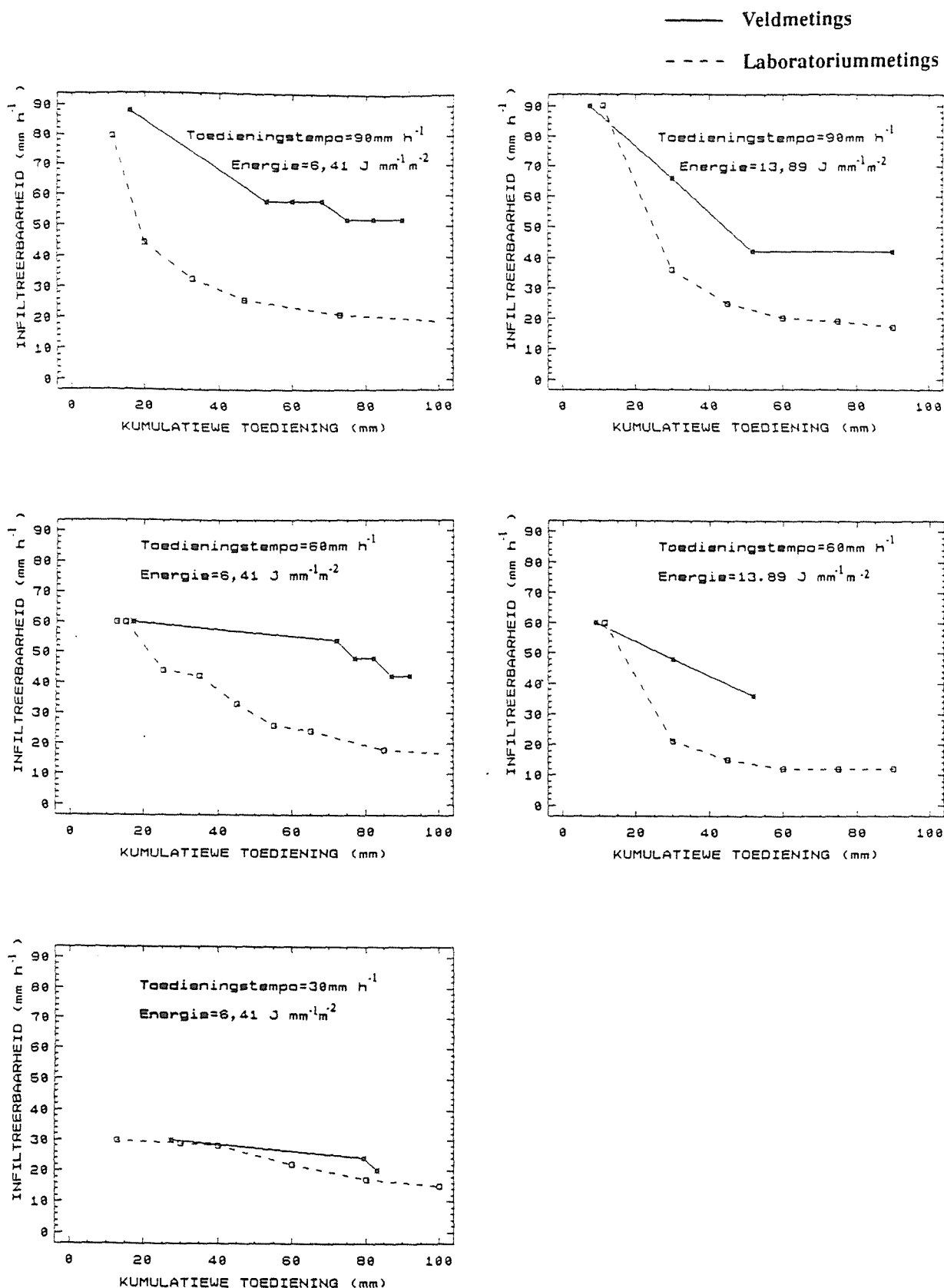
voorgekom het, is die aflooptempo by sekere tydsintervalle gemeet. Die infiltreerbaarheid van die grond is dan bereken deur die verskil tussen die toedieningstempo en aflooptempo te bepaal.

Om die ekwivalente druppelenergie vir die laboratoriumskaal simuleerder te verkry, is die verwantskappe tussen valhoogte, druppeldeursnee en druppelsnelhede, soos bepaal deur Epema en Riezebos (1983), gebruik. Die druppelenergie van $6,41 \text{ J mm}^{-1} \text{ m}^{-2}$ is in die laboratorium bewerkstelling deur 'n valhoogte van 0,76 m en 'n druppeldeursnee van 2,25 mm, terwyl die druppelenergie van $13,89 \text{ J mm}^{-1} \text{ m}^{-2}$ verkry is deur 'n valhoogte van 2,24 m en 'n druppeldeursnee van 2,25 mm. In die laboratorium is toedieningstempo's van 30, 60 en 90 mm h^{-1} is vir die lae energie gebruik en 60 en 90 mm h^{-1} vir die hoë energie gesimuleer. Die laboratoriummetings is ook by 'n helling van 5% gedoen.

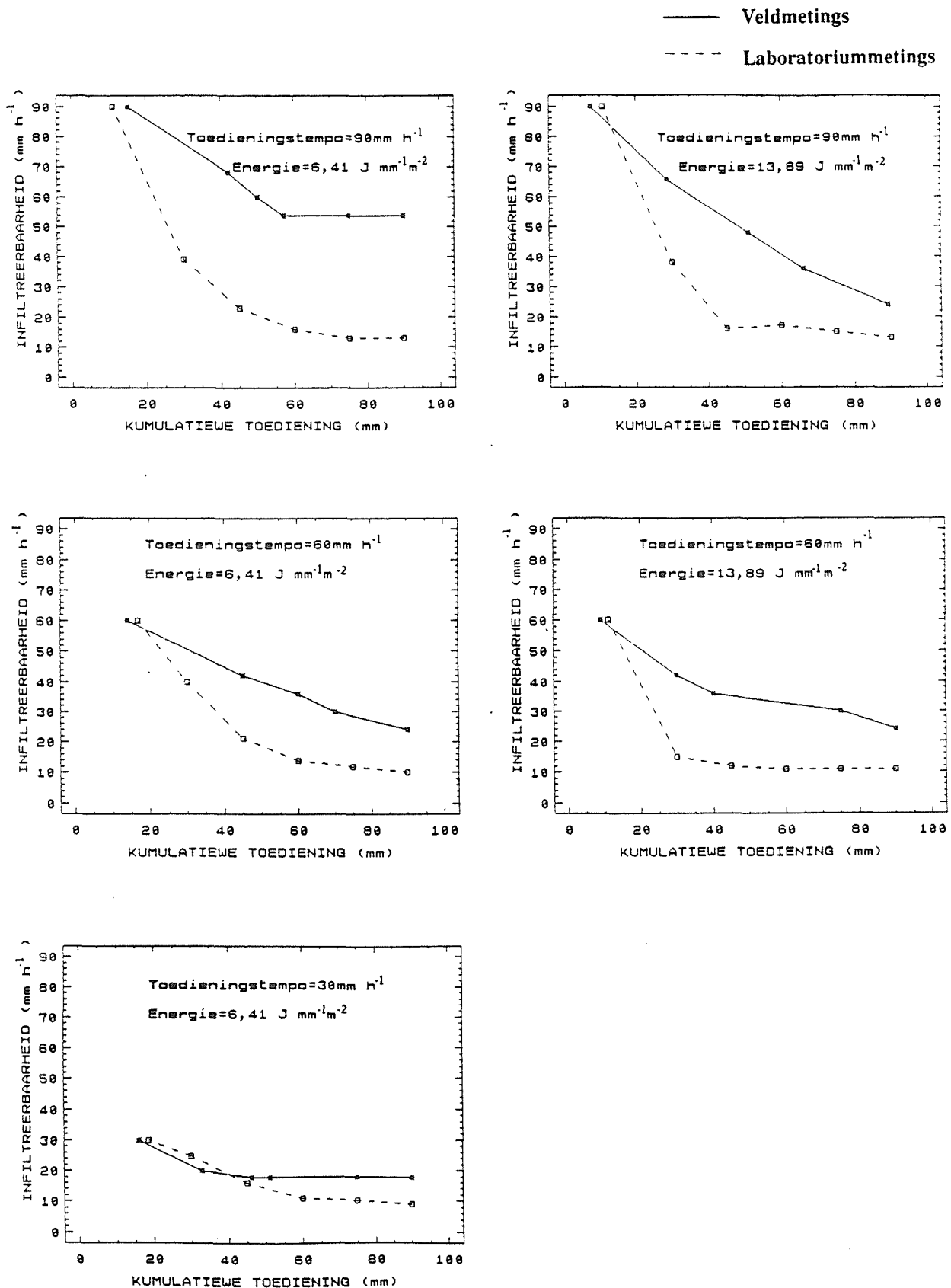
10.3 RESULTATE EN BESPREKING

Figuur 10.1 is 'n grafiese voorstelling van die infiltrasiekurwes van die twee gronde vir beide veld en laboratoriummetings by die onderskeie energievlakke en toedieningstempo's. Die KTVO en FIT-waardes word in Tabel 10.2 opgesom.

Die mees opvallende tendens wat in Figuur 10.1 waargeneem kan word is dat die infiltrasiekurwes vir ooreenstemmende veld- en laboratoriummetings in die beginstadium ongeveer dieselfde is waarna die infiltreerbaarheid van die laboratoriummetings vinniger as dié van die veldmetings afneem. Die KTVO vir die laboratorium- en veldmetings is in die meeste gevalle ongeveer dieselfde. Alhoewel dit in Tabel 10.2 mag voorkom asof daar groot verskille in KTVO vir monster no 41 by 30 mm h^{-1} bestaan, kan in Figuur 10.1 gesien word dat die infiltrasiekurwes in die beginstadium bykans identies is. Die KTVO soos in Tabel 10.2 gegee word, is arbitrêr deur middel van visuele waarneming bepaal en is veral by die lae toedienings nie baie betroubaar nie.



FIGUUR 10.1 a Verwantskap tussen infiltreerbaarheid en kumulatieve toediening vir monster no 41



FIGUUR 10.1 b Verwantskap tussen infiltrerbaarheid en kumulatieve toediening vir monster no 70

TABEL 10.2 FIT EN KTVO-WAARDES VIR VELD- EN LABORATORIUMTOESTANDE

KINETIESE ENERGIE J mm ⁻¹ m ⁻²	TOEDIENINGS- TEMPO mm h ⁻¹	MONSTER NO 41				MONSTER NO 70			
		VELD		LAB		VELD		LAB	
		KTVO mm	FIT mm h ⁻¹	KTVO mm	FIT mm h ⁻¹	KTVO mm	FIT mm h ⁻¹	KTVO mm	FIT mm h ⁻¹
6,41	30	27,5	20	13,0	15	16,0	18	18,5	9
	60	17,0	42	12,6	15	14,1	24	16,8	10
	90	16,0	52	11,3	16	15,0	54	11,0	13
13,89	60	8,7	36	11,4	12	9,2	24	11,3	11
	90	7,5	42	11,0	17	7,5	24	10,8	13

Nadat die opdamming plaasgevind het, daal die infiltreerbaarheid van die laboratoriummetings egter baie vinniger as wat die geval is met die veldmetings. Die rede hiervoor kan waarskynlik aan die verskil in oppervlakrofheid toegeskryf word. Deur in gedagte te hou dat die vorming van die georiënteerde oppervlaklagie die dominante verseëlingsmeganisme is (Onofiok en Singer, 1984; Morin *et al*, 1981; Helalia *et al*, 1988) en ook dat hierdie lagie eerste in die depressies vorm (Levy *et al*, 1988) kan bogenoemde tendense moontlik verklaar word. In die geval van die laboratoriumsimulering word die kleiner depressies (aggregate < 4 mm) baie vinnig gevul en die afloopwater vloei oor die hele grondoppervlak. Die gedispergeerde gronddeeltjies wat in die afloopwater teenwoordig is, kan dus vinnig 'n georiënteerde oppervlaklagie oor die hele grondoppervlak vorm om sodoende die totale grondoppervlak te verseël. In die geval van die veldmetings, waar die grond 'n baie groter oppervlakrofheid het, konsentreer die water, wat nie in die grond infiltreer nie, vir die meeste van die tyd in die dieper depressies. In die meeste gevalle word die hele grondoppervlak nooit met afloopwater bedek nie, maar vloei die water in kanaaltjies tussen die poele om later as afloop gemeet te word. Die vorming van die georiënteerde oppervlaklaag vind dus net in die depressies plaas terwyl dit in die laboratoriummetings oor die hele grondoppervlakte plaasvind. Groot dele van die grondoppervlak in die veld is dus nie met 'n georiënteerde oppervlaklaag bedek nie en daarom is die infiltreerbaarheid oor die hele grondoppervlak hoër as die van die veldmetings. 'n Hoë ruimtelike variasie van infiltreerbaarheid in die veldmetings kan egter verag word.

Die KTVO-waardes is ongeveer dieselfde vir die laboratorium- en veldmetings ongeag die verskil in oppervlakrofheid en aggregaatgrootte. Die rede hiervoor is waarskynlik omdat slegs die fisies-chemiese grondeienskappe die hoeveelheid gronddeeltjies in suspensie

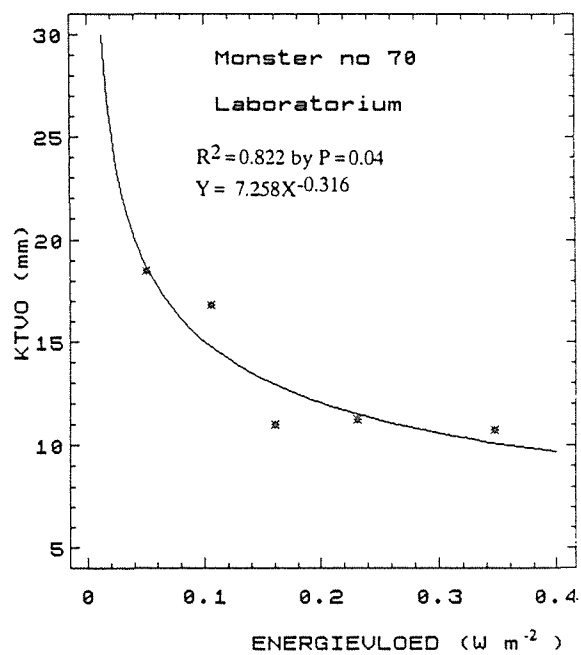
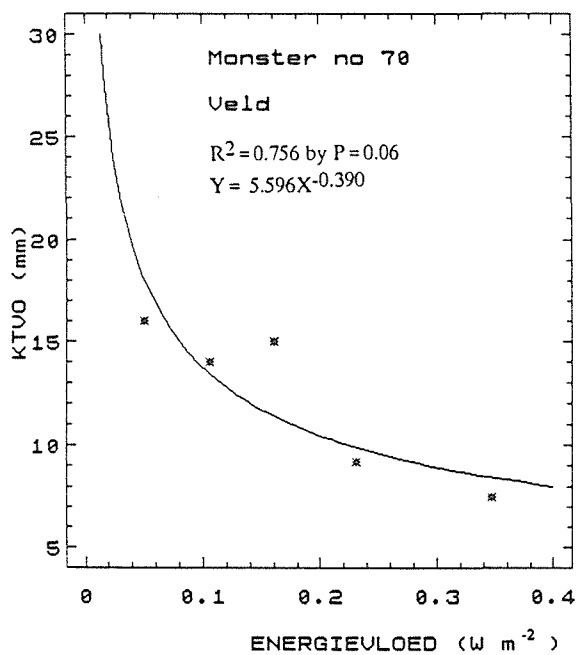
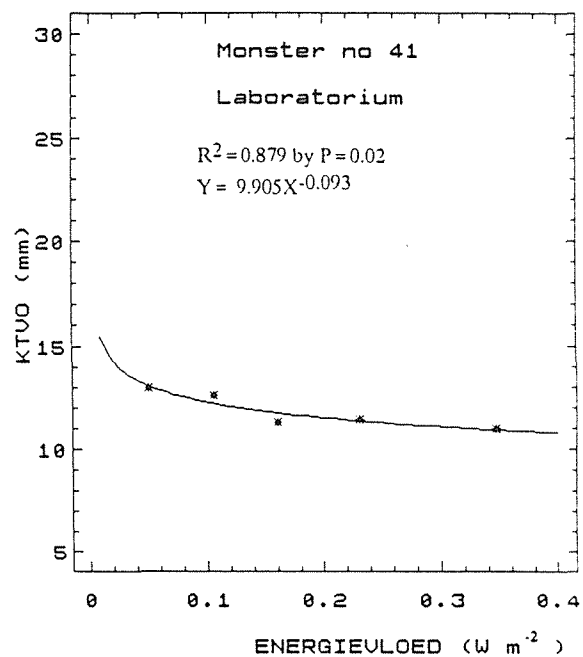
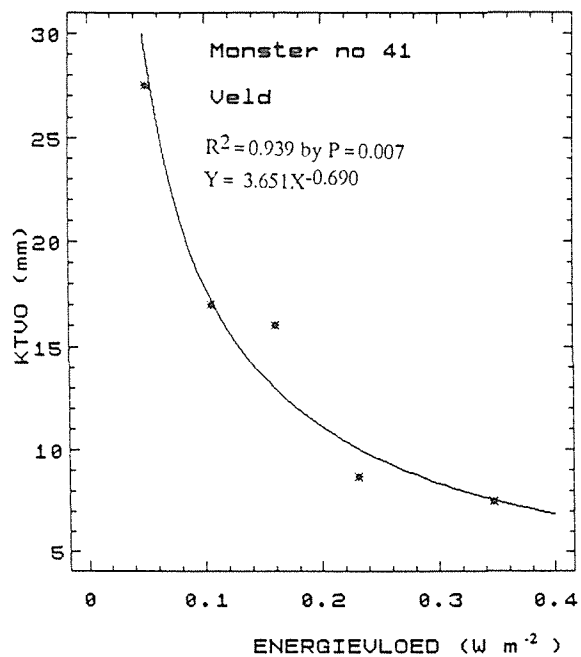
bepaal. Die hoeveelheid gronddeeltjies in suspensie bepaal hoe vinnig die georiënteerde oppervlaklaag in die depressies sal vorm. Die tempo van verseëling van die depressies word dus deur die grondeienskappe bepaal en daarom begin die water ongeveer op dieselfde tyd opdam. Sodra die eerste poel gevorm is, bepaal die verspreiding van die opgedamde of afloopwater egter die ruimtelike ontwikkeling van die seël.

By die hoë energievloede is die ooreenstemmende veld- en laboratoriumkurwes vir die twee gronde ongeveer dieselfde (vergelyk Figuur 10.1a en b). By die laer energievloede (energie = $6,41 \text{ J mm}^{-1} \text{ m}^{-2}$ en toedieningstempo = 30 en 60 mm h^{-1}) is die kurwes vir die dispersiewe grond (no 70) telkens laer as die ooreenstemmende kurwes vir die stabiele grond (no 41). Dit dui weer op wat in Hoofstuk 8 waargeneem is, nl. dat chemiese dispersie by laer energievlakke sterk na vore tree terwyl fisiese dispersie by hoë energievlakke oorheers.

Die FIT van monster no 70 onder laboratoriumtoestande verskil nie veel met variasie in energie en toedieningstempo nie (Tabel 10.2). Dit stem ook goed ooreen met die FIT van $9,5 \text{ mm h}^{-1}$ wat deur Stern (1990) m.b.v. 'n laboratoriumskaal reënsimuleerder gemeet is. Daar is ook nie groot verskille in die FIT van monster no 41 onder laboratoriumtoestande nie. Hierdie tendense stem ooreen met die resultate van Afdeling 8.3.1 waar gevind is dat die FIT met toename in druppelenergie afneem totdat 'n sekere drumpelwaarde bereik is waarbo die FIT konstant bly. Die kinetiese energie van $6,41 \text{ J mm}^{-1} \text{ m}^{-2}$ is waarskynlik vir beide gronde hoër as bogenoemde drumpelwaarde vir laboratoriumtoestande.

Alhoewel FIT-waardes in Tabel 10.2 vir die veldmetings gegee word moet daarop gewys word dat die infiltreerbaarheid in sekere gevalle na 'n toediening van 90mm steeds 'n dalende tendens getoon het. Hierdie waardes het vir beide gronde, veral by die lae energie skerp toegeneem met toename in toedieningstempo. Hierdie tendens is ook in Afdeling 5.3.2 waargeneem en kan moontlik aan die erodering van die seël deur die hoë aflooptempo by die hoër toedieningstempo's toegeskryf word. Die FIT-waardes vir die veldmetings is deurgaans baie hoër as wat die geval vir die laboratoriummetings is.

In Hoofstuk 5 is gevind dat die energievloed die invloed van kinetiese energie en toedieningstempo op die KTVO goed beskryf. Daar bestaan 'n logaritmiese verwantskap tussen bogenoemde veranderlikes. Die verwantskap tussen KTVO en energievloed vir hierdie ondersoek word in Figuur 10.2 gegee. Daar bestaan ook in hierdie geval deurgaans logaritmiese verwantskappe. Uit die figuur is dit duidelik dat die energievloed 'n geldige



FIGUUR 10.2 Verwantskap tussen KTVO en energievloed

parameter is om die invloed van die vallende druppels op die KTVO te beskryf vir beide veld- en laboratoriumtoestande. Mohammed en Kohl (1987) het ook 'n goeie korrelasie tussen kumulatiewe infiltrasie en energievloed onder veldtoestande waargeneem.

Vir besproeiingsontwerp en bestuur is die KTVO die belangrikste veranderlike wat gekwantifiseer moet word. Aangesien hierdie veranderlike ongeveer dieselfde waarde vir laboratorium- en veldmetings het kan die kriteria wat reeds op laboratoriumskaal (Hoofstuk 9) saamgestel is met vrug onder veldtoestande geïmplimenteer word. Die eksterne faktore het ook dieselfde effek gehad vir veld- en laboratoriummetings.

10.4 GEVOLGTREKKING

Die KTVO vir veld- en laboratoriummetings is ongeveer dieselfde en daarom kan die kriteria wat in Hoofstuk 9 saamgestel is met vrug gebruik word om die KTVO onder veldtoestande te voorspel. Die infiltrasiekurwes vir ooreenstemmende veld- en laboratoriummetings is in die beginstadium ongeveer dieselfde waarna die infiltreerbaarheid van die laboratoriummetings laer daal as die van die veldmetings. Dit word hoofsaaklik aan die verskil in oppervlakrofheid toegeskryf. Die FIT-waardes soos onder laboratoriumsimulering gemeet geld dus nie vir veldtoestande nie. Die KTVO het onder veldtoestande (net soos laboratoriumtoestande) logaritmes afgeneem met toename in die energievloed van die vallende druppels.

HOOFSTUK 11

KRITERIA OM DIE ONTWERP EN BESTUUR VAN OORHOOFSE BESPROEIINGSTELSELS BY DIE GROND AAN TE PAS

11.1 INLEIDING

As gevolg van die drastiese toename in energiekostes en toenemende kompetisie vir waterbronne deur die stygende getal stedelike gebruikers is dit nodig om 'n hoë watergebruiksdoeltreffendheid by bestaande of potensiële besproeiingsisteme te verseker. Om dit te verseker moet besproeiingstelsels sodanig ontwerp en bestuur word dat die toedieningstempo nie hoër as die infiltreerbaarheid van die grond is nie. Die infiltreerbaarheid van gronde onder besproeiing word hoofsaaklik deur die verseëling van die grondoppervlak bepaal (Moore en Larson, 1977; Du Plessis en Shainberg, 1985).

Faktore wat die verseëling van gronde bepaal kan in interne en eksterne faktore opgedeel word (Lemos en Lutz, 1957). Die eksterne faktore beïnvloed die impak van die vallende druppels en sluit onder andere druppelsnelheid, druppelgrootte en toedieningstempo in. Interne faktore is eienskappe van die grond wat aggregaatafbraak en fisies-chemiese dispersie bepaal (Lemos en Lutz, 1957). Eksterne faktore kan deur die keuse, ontwerp en bestuur van besproeiingstelsels gemanipuleer word terwyl die interne faktore nie maklik verander kan word nie. Die doel van hierdie studie was om kriteria daar te stel om die ontwerp, keuse en bestuur van besproeiingstelsels by die grond aan te pas.

Die doelstellings van hierdie studie was soos volg:

- * Die bepaling van die invloed van druppelgrootte, druppelsnelheid (word deur valhoogte en druppelgrootte bepaal) en toedieningstempo op die infiltrasie van gronde. Hiermee word beoog om kriteria daar te stel om besproeiingstelsels sodanig te ontwerp en bestuur dat maksimum infiltrasie plaasvind.
- * Die voorspelling van die infiltrasie van gronde aan die hand van die fisies-chemiese eienskappe daarvan. Hiermee is beoog om kriteria vir die evaluering van potensiële besproeiingsgrond daar te stel. Dit kan die besproeiingsbeplanner in staat stel om 'n besluit te neem oor die besproeiingstelsel wat vir die grond geskik sal wees en die ontwerp van die stelsel kan dan by die verwagte infiltreerbaarheid van die grond aangepas word.

11.2 IMPLIKASIE EN TOEPASSING VAN DIE BELANGRIKSTE GEVOLGTREKKINGS

In Hoofstukke 5 en 10 is gevind dat die kumulatiewe toediening wat gemaak kan word voordat opdamming plaasvind (KTVO) afneem met toename in beide druppelenergie en toedieningstempo. Die KTVO het goed met die tempo van energietoediening naamlik energievloed gekorreleer. Dit geld vir beide laboratorium- en veldtoestande. Die invloed van eksterne faktore, naamlik druppelgrootte, valhoogte en toedieningstempo op KTVO kan dus in een term (energievloed) saamgevat word. Die energievloed word as volg bereken (Thomson en James, 1985).

$$EV = KE \times I \quad (11.1)$$

Waar EV = Energievloed ($W m^{-2}$)
 KE = Kinetiese energie ($J mm^{-1} m^{-2}$)
 I = Toedieningstempo ($mm s^{-1}$)

Die finale infiltreerbaarheid (FIT) van gronde word dikwels as verseëlingsindeks gebruik. Hierdie waarde van 67 Suid-Afrikaanse gronde is met 'n laboratorium besproeiingsimuleerder by vier energievlakke bepaal en met die fisies-chemiese grondeienskappe gekorreleer. Die belangrikste grondeienskappe wat die FIT bepaal het was die klei-inhoud en UNP. 'n Toename in beide klei-inhoud en UNP het 'n afname in FIT veroorsaak. Wat die verseëling van die gronde aanbetref is 'n onderskeid tussen chemies dispersiewe en chemies stabiele gronde getref. Hierdie onderskeid kan soos volg opgesom word. Chemies dispersiewe gronde het : (i) UNP-waardes van hoër as 2,0% , (ii) uitruilbare Ca:Mg verhoudings van laer as 1,0 , (iii) organiese materiaalinhoud laer as 0,20% en (iv) 'n kleimineralogiese samestelling wat deur smektiel oorheers word en ook minder as ongeveer 20% kaolinite bevat.

Nadat hierdie onderskeid getref is het die FIT van beide groepe goed met die klei-inhoud daarvan gekorreleer (Figure 8.3 en 8.4). Die fisies-chemiese grondeienskappe kan dus gebruik word om 'n aanduiding van die verwagte FIT van gronde te verkry. Dit moet egter beklemtoon word dat hierdie eksperimente onder laboratoriumtoestande met water waarvan die elektriese geleidingsvermoë $70 mSm^{-1}$ is, uitgevoer is.

Die FIT word in sekere gevalle na 'n toediening van ongeveer 20mm water bereik terwyl die infiltreerbaarheid in ander gevalle na 'n toediening van 90mm steeds 'n dalende tendens toon (Bylae C). Volgens Reinders (1986) word 'n ontwerptoediening van 25mm as

standaardpraktyk by spilpuntstelsels beskou. Daar word selde of ooit 'n toediening van 90mm gemaak, wat beteken dat die FIT dikwels nie bereik word nie. Vir die doel van besproeiingsontwerp is die FIT dus nie 'n goeie indeks om die effektiwiteit van 'n toediening te bepaal nie. Na ekwivalente metings met 'n praktyk besproeiingssimuleerder is gevind dat die FIT vir laboratoriumtoestande laer is as wat die geval onder veldtoestande is. Dit is 'n vêrdere aanduiding dat die FIT-waardes wat onder laboratoriumtoestande gemeet is nie 'n goeie indeks vir besproeiingsontwerp is nie.

Die kumulatiewe toediening wat gemaak kan word voordat opdamming plaasvind (KTVO) is vir 67 Suid-Afrikaanse gronde onder laboratoriumtoestande bepaal deur die hoeveelheid water wat infiltreer het, voordat die grondoppervlak versadig is, te meet (Figuur 9.1). Hierdie metings is by vier druppelenergievlakke en 'n toedieningstempo van 60mm h⁻¹ gedoen. Die KTVO is met die kinetiese energie gekorreleer en 'n maksimum toelaatbare energie (MTKE) is grafies by ontwerptoedienings van 15, 20 en 25mm vir elke grond bepaal. Dit verteenwoordig dus die kinetiese energie waarby 'n stelsel ontwerp moet word sodat die onderskeie ontwerptoedienings sonder opdamming gemaak kan word.

Die MTKE is met die grondeienskappe gekorreleer in 'n poging om die verwagte MTKE vanaf grondeienskappe te voorspel. Nadat die gronde as (i) chemies dispersief, (ii) chemies stabiel met smektiel en (iii) chemies stabiel sonder smektiel onderverdeel is het elke groep goed met klei-inhoud gekorreleer (Figure 9.3, 9.5 en 9.6). In bogenoemde figure kan ook gesien word hoedanig 'n afname in ontwerptoediening 'n toename in MTKE tot gevolg het.

Omdat daar in Hoofstukke 5 en 10 gevind is dat die KTVO goed met die energievloed van die druppels gekorreleer het is die MTKE met die toedieningstempo (60 mm h⁻¹) vermenigvuldig om 'n maksimum toelaatbare energievloed (MTEV) te verkry (Vergelyking 11.1). Die verwantskappe tussen MTEV, ontwerptoediening en klei-inhoud is vir die drie grondklasse bepaal en sien soos volg daaruit:

Vir chemies dispersiewe gronde:

$$\text{MTEV} = 1,032(x_1)^{-1} + 0,004(25 - T) - 0,014 \quad (11.2)$$

Vir chemies stabiele gronde met smektiel as kleimineraal:

$$\text{MTEV} = 0,019 (x_1) - 0,277 (x_1)^{0,5} + 0,010 (25 - T) + 1,030 \quad (11.3)$$

Vir chemies stabiele gronde sonder smektiet:

$$\text{MTEV} = 2,196 (x_1)^{-0,732} + 0,011 (25-T) \quad (11.4)$$

Waar x_1 = Klei-inhoud (%)

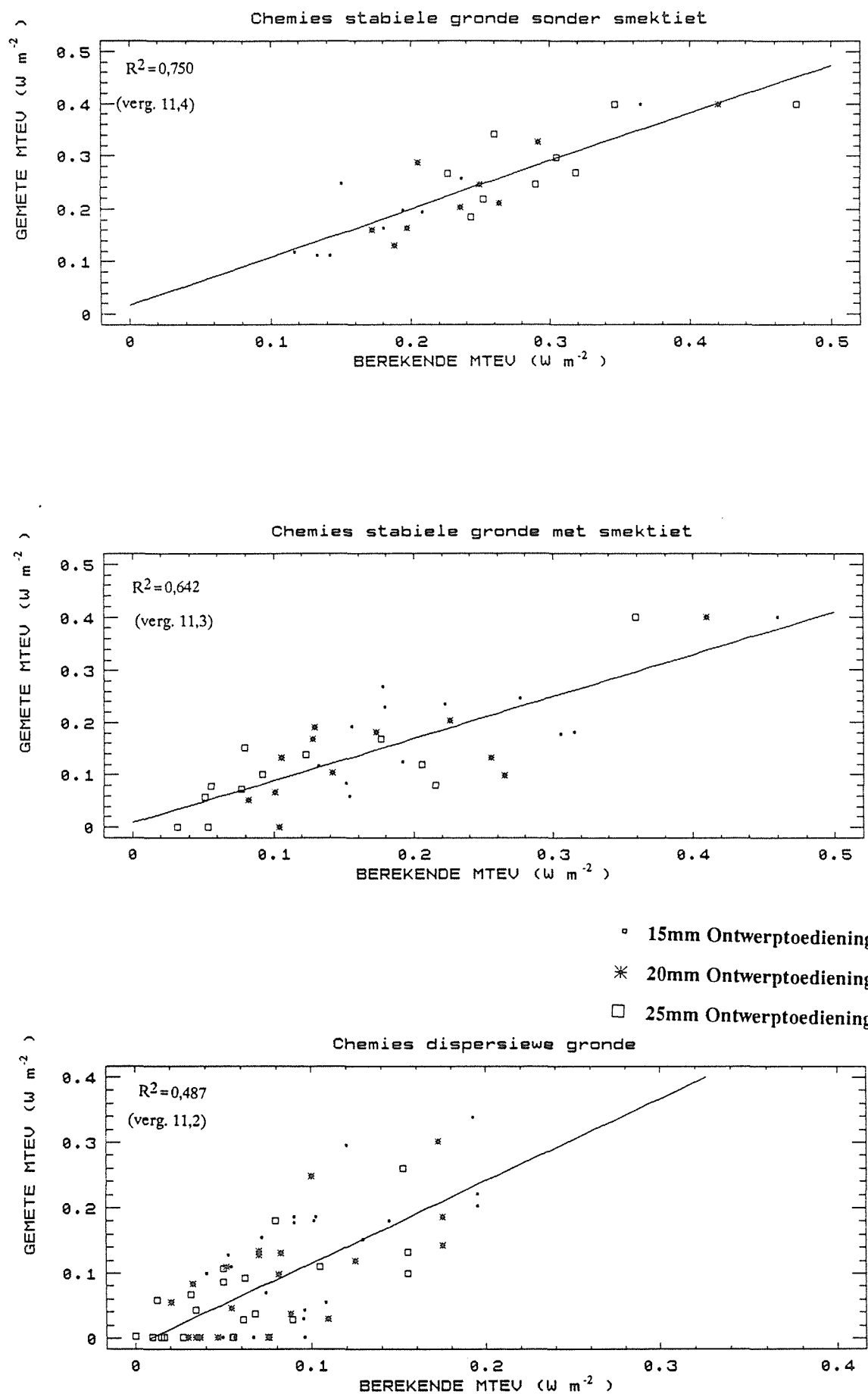
T = Ontwerptoediening (mm)

Hierdie vergelykings is wel met laboratoriummetings ontwikkel maar veldmetings het aan die lig gebring dat die KTVO vir veld- en laboratoriummetings ongeveer dieselfde is (Figuur 10.1). Hieruit is die gevolgtrekking gemaak dat bogenoemde vergelykings wel onder veldtoestande geld.

Die voorspellingswaarde van die saamgestelde kriteria is getoets deur die gemete energievloed (soos bepaal volgens die benadering in afdeling 9.2) met die berekende energievloed (vergelykings 11.2 tot 11.4) te korreleer. Hierdie korrelasies word in Figuur 11.1 gegee. Uit die figuur is dit duidelik dat die term wat vir die invloed van ontwerptoediening voorsiening maak deurgaans effektief is aangesien die punte vir die drie ontwerptoedienings dieselfde verwantskap beskryf.

Vergelykings 11.1 tot 11.4 kan dus gebruik word om te bepaal by watter MTEV 'n besproeiingstelsel ontwerp moet word, indien die fisies-chemiese grondeienskappe bekend is en daar op 'n ontwerptoediening besluit is. In die geval van bestaande besproeiingstelsels waar infiltrasieprobleme ondervind word kan bogenoemde vergelykings gebruik word om te bepaal hoedanig die ontwerptoediening verlaag moet word om opdamming te voorkom. In hierdie geval moet die energievloed van die besproeiingstelsel en die fisies-chemiese grondeienskappe bekend wees. Indien die ontwerptoediening, wat met bogenoemde metode bepaal is, onekonomies laag is (hoë verdampingsverliese en energiekostes) kan die energievloed van die stelsel verander word. Dit kan gedoen word deur die sproeiers te laat sak of om die benattingsdeursnit te verhoog (afdeling 2.1). Die ontwerptoediening wat gebruik kan word by die aangepasde energievloed kan met bogenoemde vergelykings bepaal word.

Indien die saamgestelde kriteria by beplanning van toekomstige besproeiingskemas geïmplementeer word, moet die verwagte verandering in die UNP (a.g.v. ewewig met besproeiingswater) van die grond in aanmerking geneem word. Gronde wat as ongeskik vir besproeiing identifiseer word, kan egter steeds onder besproeiing benut word deur van grondverbeteraars (soos gips of verskeie organiese polimere) of dekgewasse gebruik te maak.



FIGUUR 11.1 Verwantskap tussen gemete en berekende energievloed (MTEV)

Vergelykings 11.1 tot 11.6 kan dus gebruik word om die keuse en ontwerp van potensiële besproeiingstelsels by die grond aan te pas sodat geen opdamming plaasvind nie. Dit kan ook gebruik word om die ekonomiese regverdigbaarheid van ontwerp- en bestuursaanpassings vir bestaande stelsels te bepaal.

11.3 AANBEVELINGS VIR VERDERE NAVORSING

Hoewel die huidige studie se resultate slegs 'n eerste benadering is, hou dit groot belofte vir verdere uitbreiding in.

Die navorsing wat gelei het tot die samestelling van die kriteria in hierdie studie is uitgevoer met water waarvan die EG 70 mS m^{-1} is en teen 'n helling van 9%. In Hoofstukke 7 en 8 is tot die gevolgtrekking gekom dat die EG van besproeiingswater 'n groot invloed op die infiltreerbaarheid van grond onder sprinkelbesproeiing het. Dit is dus nodig dat die kriteria uitgebrei moet word om waterkwaliteit en helling in te sluit.

Daar is in al die eksperimente wat uitgevoer is telkens met 'n onverseëlde, gepakte of omgespitte grondoppervlak begin. Die kriteria is dus saamgestel vir die verseëling van 'n bewerkte, onbedekte en onverseëlde grond. Die geldigheid van die saamgestelde kriteria vir besproeiing op 'n reeds verseëlde grond is onbekend. Seginer en Morin (1970) en Morin en Benyamini (1977) het gevind dat die boonste lagie van die reeds gevormde seël opbreek indien dit weer blootgestel word aan die impak van die vallende druppels en dat die seël weer van vooraf gevorm word. Die infiltrasiekurwe is dus dieselfde vir elke toediening (Seginer en Morin, 1970; Morin en Benyamini, 1977). Ander navorsers het weer gevind dat die seël stabiel bly tydens opvolgende toedienings wat veroorsaak dat die infiltreerbaarheid laer is vir die latere toedienings in die seisoen (Hardy, Shainberg en Gal, 1983; Stern, 1990). Indien dit wel die geval is dat die seël opbreek en van vooraf begin vorm vir elke toediening behhoort die kriteria vir die hele seisoen geldig te wees. Daar sal dus verdere ondersoek ingestel moet word na die toepasbaarheid van die saamgestelde kriteria op grondoppervlakke wat reeds deur 'n vorige besproeiing verseël is.

Die ontwikkeling van gebiedsgebonde modelle moet ondersoek word omdat sulke modelle moontlik beter voorspellingswaardes mag hê. Daar is byvoorbeeld in hierdie ondersoek gevind dat die gronde van die Groot Marico-Thabazimbi-gebied as chemies stabiel geklassifiseer is maar as chemies dispersief gereageer het.

Dit is noodsaaklik om ten minste 'n semi-kwantitatiewe kleimineralogiese ontleding van gronde te hê alvorens die saamgestelde kriteria geïmplementeer kan word. Omdat die

invloed van kleimineralogie op verseëling van Suid-Afrikaanse gronde nie net in hierdie studie nie maar ook in studies deur Stern (1990), Levy en Van der Watt (1988) en Du Plessis en Shainberg (1985) as baie belangrik uitgewys is, word aanbeveel dat fasiliteite en personeel vir hierdie bepalings uitgebrei moet word.

Hierdie kriteria is nog nie in die praktyk op die proef gestel nie en daar word aanbeveel dat gevalle studies geloods moet word om hierdie kriteria in die praktyk te verifieer.

VERWYSINGS

- AGASSI, M., SHAINBERG, I. en MORIN, J., 1981. Effect of electrolyte concentration and soil sodicity on infiltration rate and crust formation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45, 848-851.
- AGASSI, M., MORIN, J. en SHAINBERG, I., 1985. Effect of raindrop impact energy and water salinity on infiltration rates of sodic soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49, 186-190.
- ARMSTRONG, J.L., 1990. Runoff and soil loss from bare fallow plots at Inverell, New South Wales. *Aust. J. Soil Res.* 28, 659-675.
- AUERSWALD, K., 1991. Influence of initial moisture on surface structure and soil loss. *Proc. International Symposium. Soil Crusting: Chemical and physical processes.* May 30 - June 1, 1991. The Univ. Georgia. Athens, USA.
- BEN-HUR, M., SHAINBERG, I., BAKKER, I. en KEREN, R., 1985. Effect of soil texture and CaCO_3 content on water infiltration in crusted soil as related to water salinity. *Irri. Sci.* 6, 281-294.
- BOWLES, J.E., 1981. Engineering properties of soils and their measurements. McGraw-Hill, Auckland.
- BRADFORD, J.M., FERRIS, J.E. en REMLEY, P.A., 1987. Interrill soil erosion processes: I. Effect of surface sealing on infiltration, runoff and soil splash detachment. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 51, 1566-1571.
- BRADY, N.C., 1974. The nature and properties of Soils. Macmillan, INC. N.Y.
- BRAKENSIEK, D.L. en RAWLS, W.J., 1983. Agricultural management effects on soil water processes. Part II: Green and Ampt parameters for crusting soils. *TRANS. of the ASAE* 26, 1753-1757.

- BRUWER, J.J. en VAN HEERDEN, P.S., 1991. Spotlight on Irrigation Development in the RSA: The past, present and future. Proc. Southern African Irrigation Symposium, Durban (In druk).
- BUBENZER, G.D. en JONES, B.A. Jr., 1971. Drop size and impact velocity effects on the detachment of soils under simulated rainfall. TRANS. of the ASAE, 625-628.
- CATE, R.B. Jr. en NELSON, L.A., 1971. A Simple statistical procedure for partitioning soil test correlation data into two classes. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Vol.35, 658-660.
- CHEN, J., TARCHITZKY, J., MORIN, J. en BANIN, A., 1980. Scanning electron microscope observations on soil crusts and their formation. Soil Sci. 130, 49-55.
- DILLON, R.C., HILER, A. en VITTELOE, G., 1972. Center-pivot sprinkler design based on intake characteristics. TRANS. of the ASAE.
- DONKIN, M.J., 1991. Loss-on-ignition as an estimator of soil organic carbon in A-horison forestry soils. Proc. 16 th Congress of the Soil Science Society of South Africa, Pretoria.
- DU PLESSIS, H.M., 1990. Persoonlike mededelings.
- DU PLESSIS, H.M. en SHAINBERG, I., 1985. Effect of exchangeable sodium and phosphogypsum on the hydraulic properties of several South African soils. S. Afr. J. Plant Soil 2, 179-186.
- ELOFF, W.S.M. en SMIT, C.J., 1989. Ontwikkeling van 'n besproeiingsimuleerder vir laboratoriumgebruik. Handeling van die 21ste Nasionale SAILI Simposium, 89-96.
- EPEMA, G.F. en RIEZEBOS, H. Th., 1983. Fall velocity at different heights as a factor influencing erosivity of simulated rain. p. 1 - 17 In: de Ploey (ed.). Rainfall simulation, runoff and soil erosion. Catena Supplement 4, Braunschweig.

- EPSTEIN, E. en GRANT, W.J., 1973. Soil crust formation as affected by raindrop impact, p 195-201: In Hadas A (ed.). Ecological studies. 4. Physical aspects of soil water and salts in ecosystems. Springer-Verlag, New York.
- FARRES, P., 1978. The role of time and aggregate size in the crusting process. *Earth Surface Processes* 3, 243-254.
- FARRES, P.J., 1980. Some observations on the stability of soil aggregates to raindrop impact. *Catena* 7, 223-231.
- GAL, M., ARCAN, L. en SHAINBERG, I., 1984. The effect of exchangeable Na and phosphogypsum on the structure of soil crust - SEM observation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48, 872-878.
- GILLEY, J.E. EN FINKNER, S.C., 1985. Estimating soil detachment caused by raindrop impact. *TRANS. of the ASAE* 28 (1), 140-146.
- GILLEY, J.R. en MIELKE, L.N., 1980. Conserving energy with Low-Pressure Center Pivots. *Proc. of the ASAE* 1, 49-59.
- GOLDBERG, S., SUAREZ, D.L. en GLAUBIG, R.A., 1988. Factors affecting clay dispersion and aggregate stability of arid-zone soils. *Soil Science* 146, 317-324.
- HARDY, N., SHAINBERG, I. en GAL, M., 1983. The effect of water quality and storm sequence upon infiltration rate and crust formation. *J. Soil Sci.* 34, 665-676.
- HAHNE, H.C.H. en FITZPATRICK, R.W., 1985. Soil mineralogy. In Land types of the maps 2628 East Rand, 2630 Mbabane (ed. Mac Vicar, C.N.). *Mem. agric. nat. resour. S. Afr. No.5.* Dept. Agric., Pretoria.
- HELALIA, A.M., LETEY, J. en GRAHAM, R.C., 1988. Crust formation and clay migration effects on infiltration rate. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52, 251-255.
- HESSE, P.R., 1971. Textbook of soil chemical analysis. Murray, London.

- JACKSON, S.P., (ed.), 1961. Climatological atlas of Africa. Africa Climatology Unit, Univ. Witwatersrand. Staatsdrukker Pretoria.
- JAMES, D.W., HANKS, R.J. en JURINAK, J.J., 1982. Modern irrigated soils. Wiley, N.Y.
- KEMPER, W.D. en KOCH, E.J., 1966. Aggregate stability of soils from Western United States and Canada. USDA Tech. Bull. 1355.
- KEREN, R., 1989. Water-drop kinetic energy effect on water infiltration in calcium and magnesium soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 53, 1625-1628.
- KEREN, R., 1990. Water-drop kinetic energy effect on infiltration in Sodium-Calsium-Magnesium Soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 54, 983-987.
- KINNEL, P.I.A., 1983. The effect of kinetic energy and excess rainfall on soil loss from non-vegetated plots. Aust. J. Soil. Res. 21, 445-453.
- KIRSTEN, W.F.A., 1991. Persoonlike mededeling.
- KOEGELENBERG, F.H., 1991. Persoonlike mededeling.
- KOHL, R.A., 1974. Drop size distribution from medium sized agricultural sprinklers. TRANS. of the ASAE 4, 690-694.
- KOördinerende Komitee vir Besproeiingsnavorsing, 1982. Aanbevelings van die werksessie oor Grondkundige Aspekte van Besproeiing. Watervnavorsingskommissie, Pretoria.
- LAKER, M.C., 1990. Persoonlike mededeling.
- LAKER, M.C., 1991. Persoonlike mededeling.
- LEMOS, P. en LUTZ, J.F., 1957. Soil crusting and some factors affecting it. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 21, 485-491.

- LEVY, G.J., BERLINER, P.R., DU PLESSIS, H.M. en VAN DER WATT, H.v.H., 1988. Microtopographical characteristics of artificially formed crusts. Soil Sci. Soc. Am. J. 52, 784-791.
- LEVY, G.J. en VANDER WATT, H.v.H., 1988. Effects of clay mineralogy and soil sodicity on soil infiltration rate. S. Afr. J. Plant Soil 5, 92-96.
- LIENGME, D.P. en JOHNSTON, M.A., 1991. Drop size distribution of water applied by centre pivot irrigation systems. Proc. Southern African Irrigation Symposium, Durban (In druk).
- MCINTYRE, D.S., 1958. Permeability of soil crusts formed by raindrop impact. Soil Sci. 85, 185-189.
- MEYER, L.D., 1981. How rain intensity affects interrill erosion. TRANS. of the ASAE 24, 1472-1475.
- MILLER, W.P. en RADCLIFFE, D.E., 1991. Soil Crusting in the Southern U.S. Proc. International Symposium. Soil Crusting: Chemical and physical processes. May 30 - June 1, 1991. The Univ. Georgia. Athens, USA.
- MOHAMMED, D. en KOHL, R.A., 1987. Infiltration response to kinetic energy. TRANS. of the ASAE 30, 108-111.
- MOLDENHAUER, W.C. en KEMPER, W.D., 1969. Interdependence of water drop energy and clod size on infiltration and clod stability, Soil Sci. Soc. Am. Proc. 33, 297-301.
- MOORE, I.D., 1981. Effects of surface sealing on infiltration. TRANS. of the ASAE 24, 1546-1552.
- MOORE, I.D. en LARSON, C.L., 1979. Effects of drainage projects on surface runoff from small depressional watershed in the North Central region. W.R.R.C. University of Minnesota, Grad. School. Bull, 99.

- MORIN, J. en BENYAMINI, Y., 1977. Rainfall infiltration into bare soils. *Water Resour. Res.* 14, 813-837.
- MORIN, J., BENYAMINI, Y. en MICHAELI, A., 1981. The effect of raindrop impact on the dynamics of soil surface crusting and water movement in the profile. *J. of Hydrology* 52, 321-335.
- MOSS, A.J. en GREEN, P., 1983. Movement of solids in air and water by raindrop impact. Effects of drop-size and water-depth variations. *Aust. J. Soil. Res.* 21, 257-269.
- NEL, A.A. en BERLINER, P., 1990. Quantifying leaf water potential for scheduling irrigation of wheat under specific soil-climate conditions. *S. Afr. J. Plant Soil* 7, 68-71.
- NEL, D.J., 1989. Die relatiewe invloed van Ca en Mg op fisiese eienskappe van grond. D.Sc. verhandeling, Potchefstroomse Univ. vir Christelike Hoër Onderwys.
- NORTON, L.D., 1987. Micromorphological study of surface seals developed under simulated rainfall. *Geoderma* 40, 127-140.
- ONOFIOK, O., en SINGER, M.J., 1984. Scanning electron microscope studies of surface crusts formed by simulated rainfall. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 48, 1137-1143.
- PAIR, C.H., HINZ, W.H., FROST, K.R., SNEED, R.E., en SCHILTZ, T.J., 1983. Irrigation. The Irrigation Association, Maryland.
- RAGAB, R.A., 1983. The effect of sprinkler intensity and energy of falling drops on soil surface sealing. *Soil Sci.* 136, 117-123.
- REINDERS, F.B., 1984. Infiltrasie: Meting en gebruik. Departement Landbou-tegniese Dienste. Afdeling Landbou-Ingenieurswese. Silverton. Ongepubliseerd.
- REINDERS, F.B., 1986. Spilpuntbesproeiing van katoen. Direktoraat Landbou-Ingenieurswese en Watervoorsiening. Silverton. Ongepubliseerd.

- REINDERS, F.B., 1991. Persoonlike mededeling.
- RENGASAMY, P., GREENE, R.S.B. en FORD, G.W., 1986. Influence of magnesium on aggregate stability of sodic red-brown earths. *Aust. J. Soil. Res.* 24, 229-237.
- RUDMAN, R.B., OOSTHUIZEN, A.B. en SCHLOMS, B.H., 1986. Verkenninggrondopname en besproeiingsevaluering van die Skoenmakers-, Brak- en laer Klein- Visrivier, Somerset-Oos. Departement van Landbou-ontwikkeling. Pretoria. Ongepubliseerd.
- ROSE, C.W., 1962. Some effects of rainfall, radiant drying and soil factors on infiltration under rainfall into soils. *J. Soil Sci.* 13, 286-298.
- SCOTNEY, D.M., LE ROUX, L.M., VAN HEERDEN, P.S. en AUCAMP, A.J., 1990. Die aard, omvang en potensiaal van die natuurlike landbouhulpbronne van die RSA en die bepalende invloed daarvan op toekomstige landbou-ontwikkeling. Verslag aan die sentrale komitee belas met die opstelling van 'n voedselvoorsieningstrategie vir Suid-Afrika. Departement van Landbou-ontwikkeling. Pretoria. Ongepubliseerd.
- SEGINER, I. en MORIN, J., 1970. A model of surface crusting and infiltration of bare soils. *Water Resour. Res.* 6, 629-633.
- SHAINBERG, I. en SINGER, J.J., 1988. Drop impact energy - soil exchangeable sodium percentage interactions in seal formation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52, 1449-1452.
- SHARMA, D., 1985. Properties of rainfall induced crusts in alluvial soils and their effect on modulus of rupture. *Aust. J. Soil Res.* 23, 627-631.
- SHARMA, P.P. en GUPTA, S.C., 1989. Sand detachment by single raindrops of varying kinetic energy and momentum. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53, 1005 - 1010.
- SMITH, H.J.C., 1990. The crusting of red soils as affected by parent material, rainfall, cultivation and sodicity. M.Sc. Agric. verhandeling, Univ. van Pretoria.

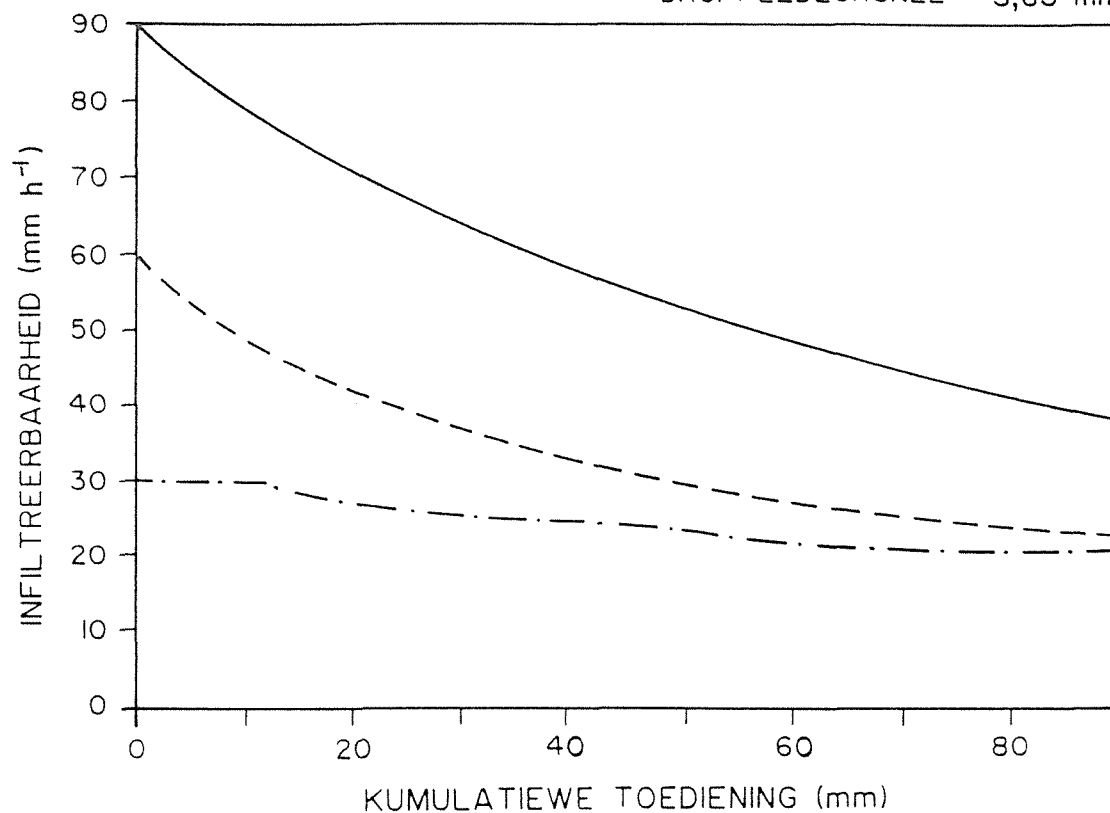
- SMITH, H.J.C., LEVY, G.J. en SHAINBERG, I., 1990. Water-droplet energy and soil amendments: Effect on infiltration and erosion. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54, 1084-1087.
- STERN, R., 1990. Effects of soil properties and chemical ameliorants on seal formation, runoff and erosion. D.Sc. Agric. verhandeling, Univ. van Pretoria.
- THOMSON, A.L. en JAMES, L.G., 1985. Water droplet impact and its effect on infiltration. *TRANS. of the ASAE* 28, 1506-1510.
- UEHARA, G. en JONES, R.C., 1974. Bonding mechanisms for soil crusts. p 17-31. In: Cary J.W. en Evans, D.D. (ed.). *Soil Crusts. Tech Bull 214. Agricultural Experiment Station Univ. of Arizona. Tucson.*
- VAN DER MERWE, A. J., 1973. Physico-chemical relationships of selected O.F.S. soils. A statistical approach based on taxonomic criteria. D.Sc. Agric. verhandeling. Univ. van die Oranje-Vrystaat.
- VAN ZYL, J.L. en BREDELL, G.S., 1991. Progress and trends in irrigation research and development with regard to horticulture over the past 25 years. *Proc. Southern African Irrigation Symposium, Durban (In druk).*
- VON BERNUTH, R.D. en GILLEY, J.R., 1985. Evaluation of center pivot application packages considering droplet induced infiltration reduction. *TRANS. of the ASAE* 28, 1940-1945.
- WUSTAMIDIN, DOUGLAS, L.A., CUMMINGS, D.J. en LESLIE, T.I., 1983. Comparison of the waterdrop energy required to break down aggregates and soil loss caused by simulated rainfall. *Soil Sci.* 136, 367-370.
- WUSTAMIDIN en DOUGLAS, L.A., 1985. Aggregate breakdown in relation to raindrop energy. *Soil Sci.* 139, 239-242.

BYLAE A

INFILTRASIEKURWES VIR TWEE GRONDE BY DIE ONDERSKEIE VALHOOGTES, TOEDIENINGSTEMPO'S EN DRUPPELGROOTTES

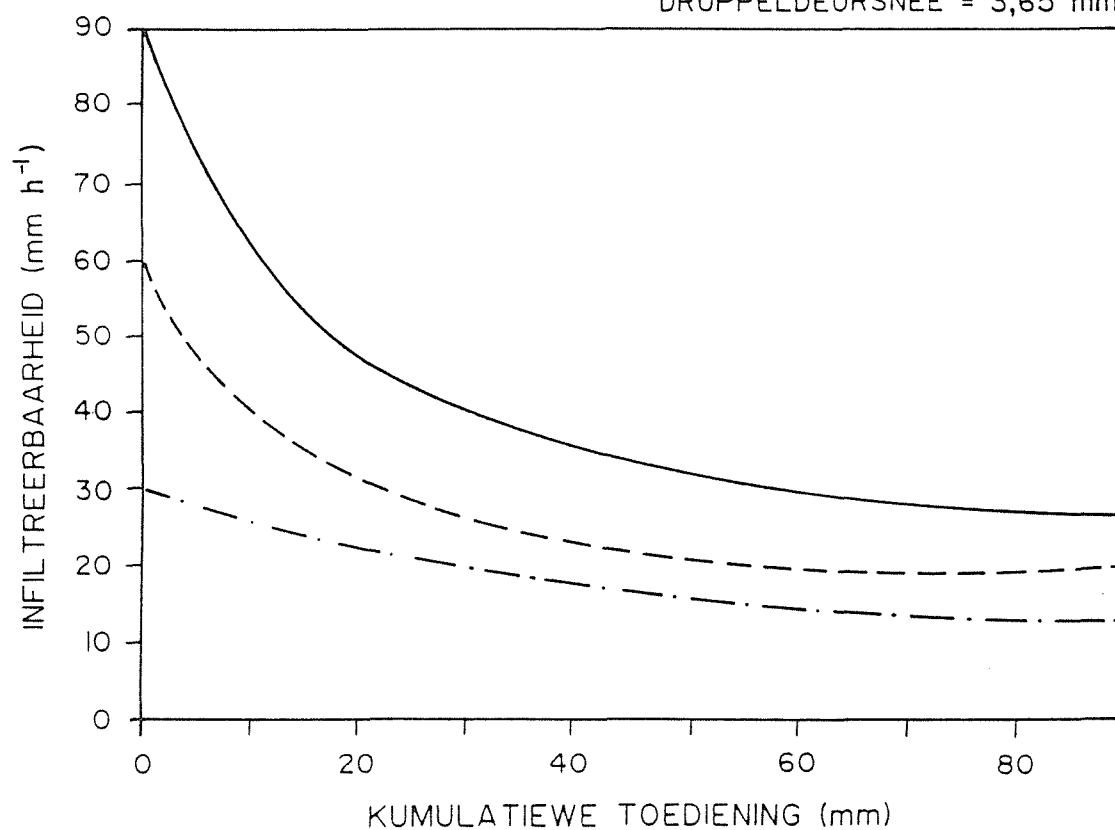
MONSTER No. 62

VALHOOGTE = 0,4 meter
DRUPPELDEURSNEE = 3,65 mm.



MONSTER No. 62

VALHOOGTE = 1,0 meter
DRUPPELDEURSNEE = 3,65 mm.

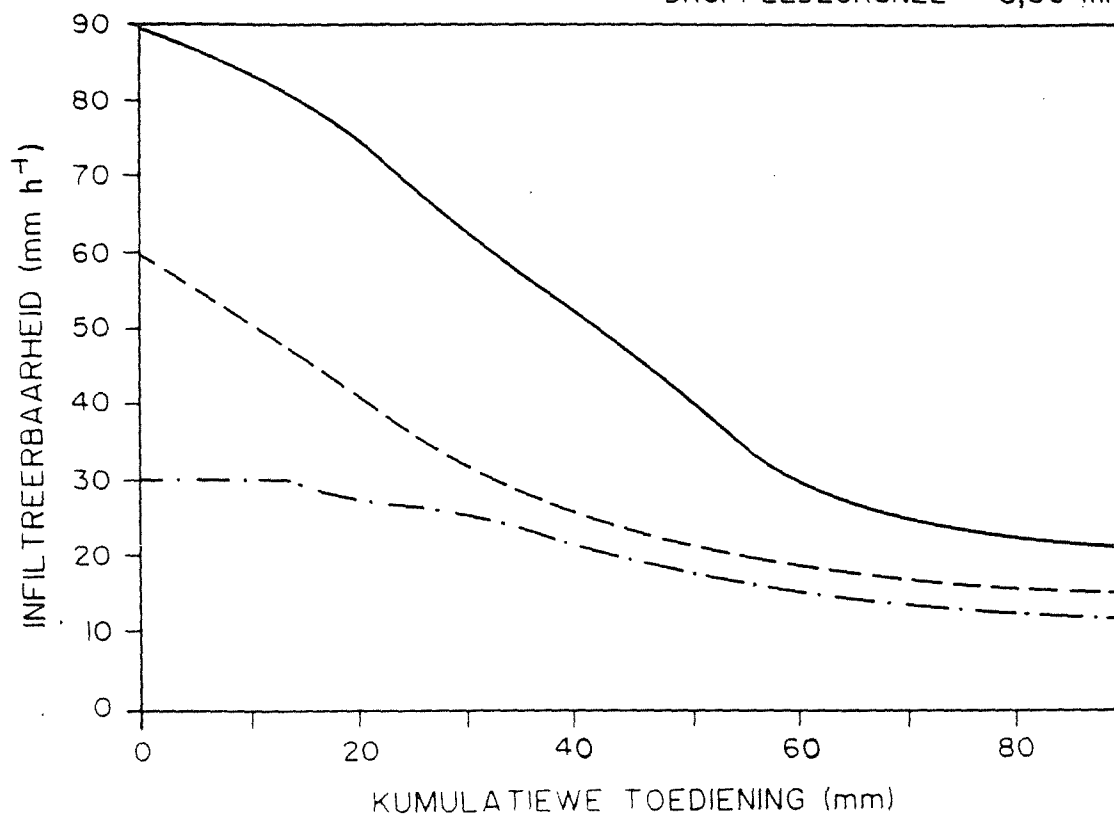


Verklaring

———— 90 mm h⁻¹
----- 60 mm h⁻¹
- · - · - 30 mm h⁻¹

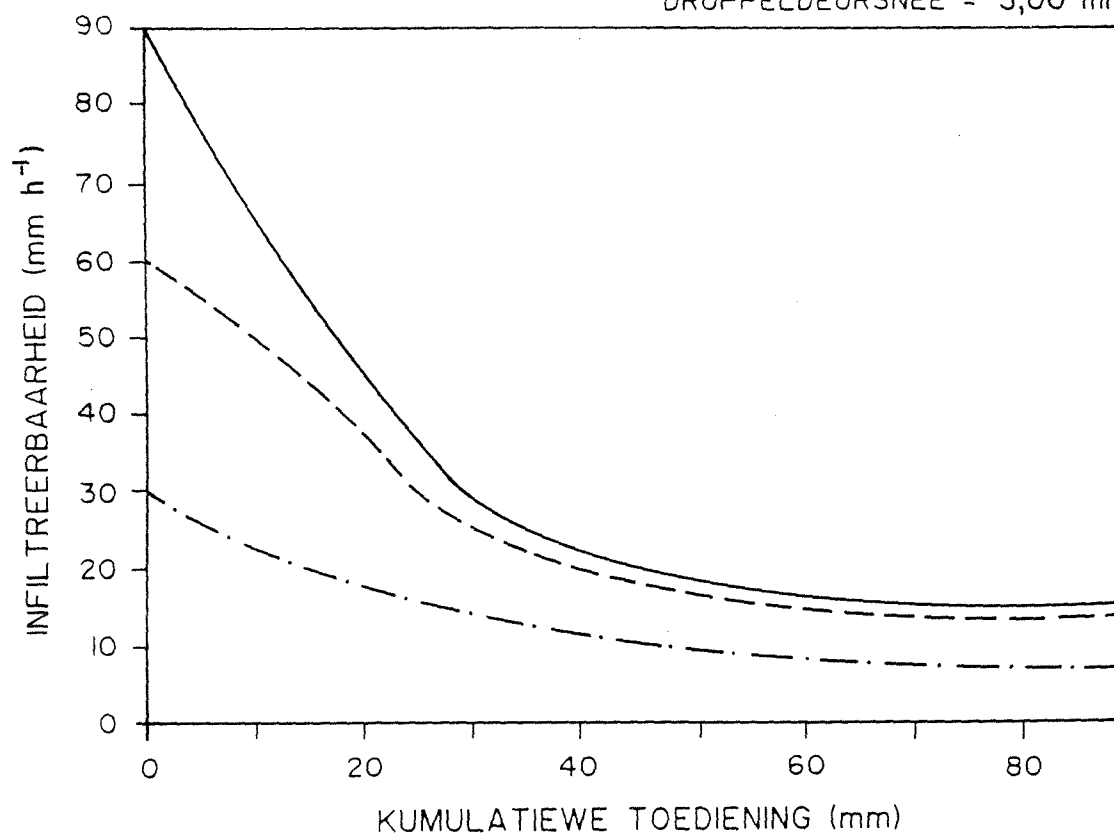
MONSTER No. 62

VALHOOGTE = 1,0 meter
DRUPPELDEURSNEE = 3,00 mm.



MONSTER No. 62

VALHOOGTE = 2,0 meter
DRUPPELDEURSNEE = 3,00 mm.

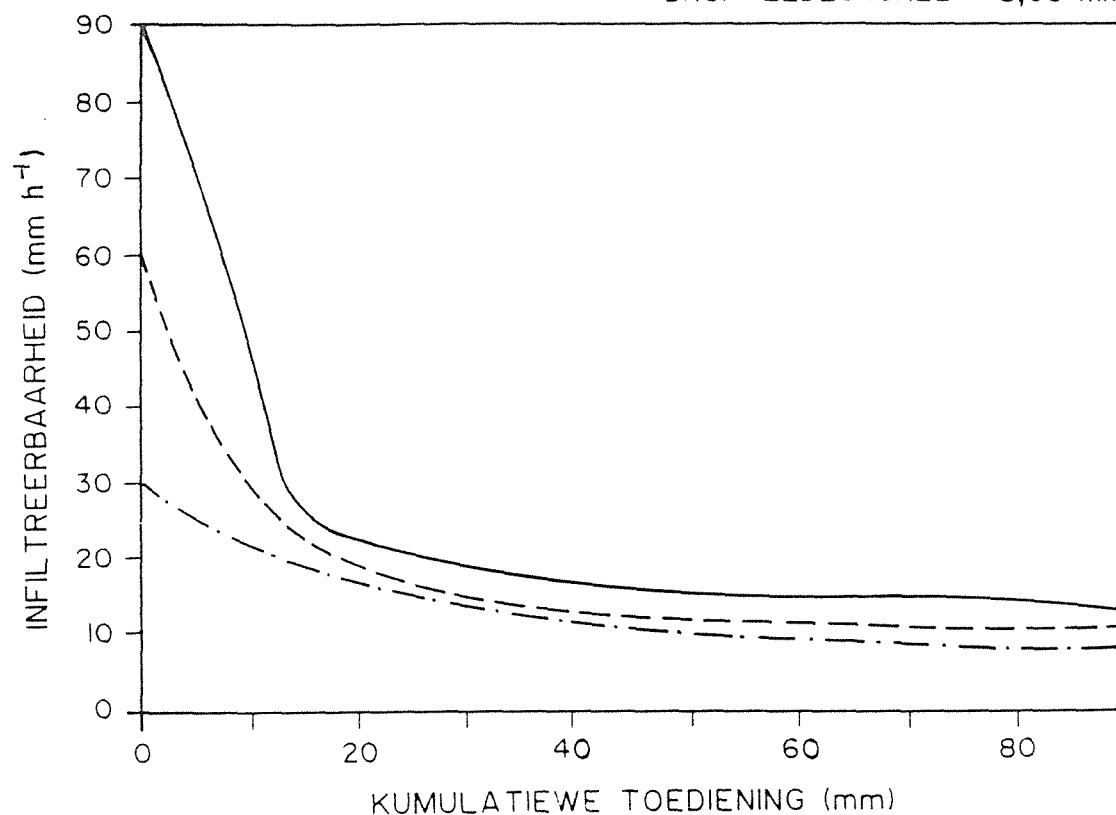


Verklaring

- 90 mm h⁻¹
- - - 60 mm h⁻¹
- . - . 30 mm h⁻¹

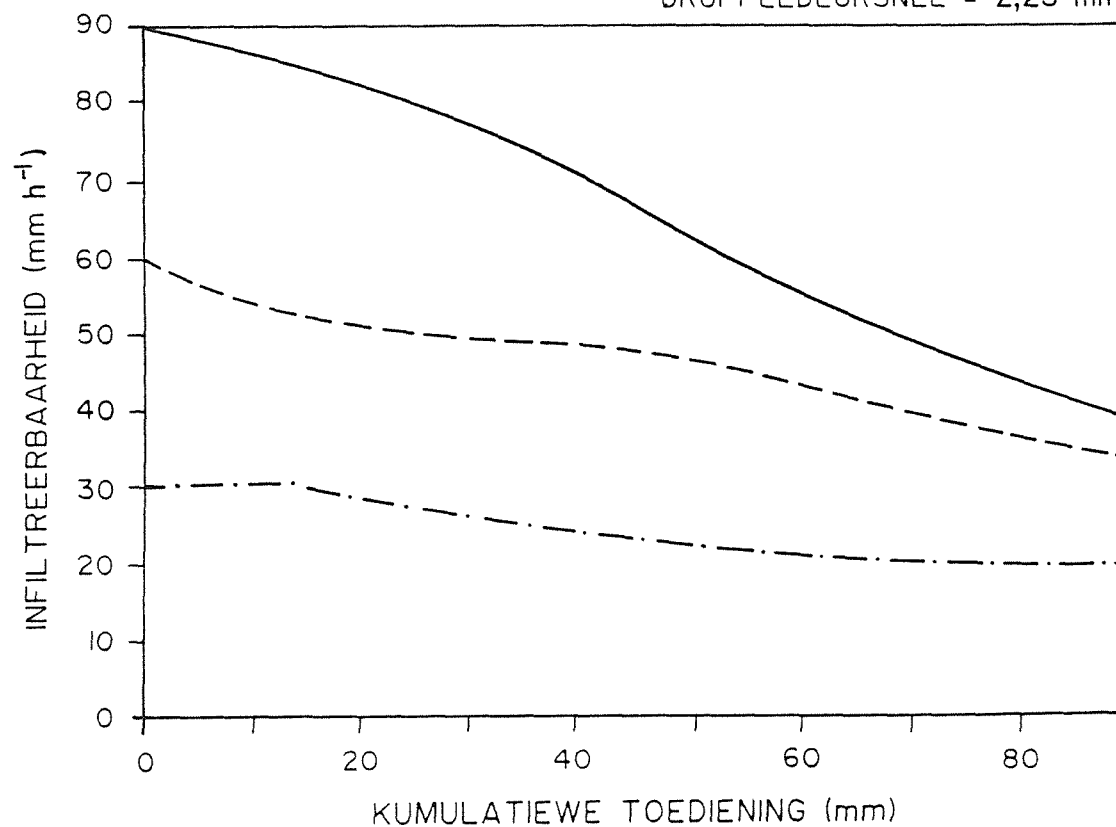
MONSTER No. 62

VALHOOGTE = 2,0 meter
DRUPPELDEURSNEE = 3,65 mm.



MONSTER No. 65

VALHOOGTE = 0,4 meter
DRUPPELDEURSNEE = 2,25 mm.

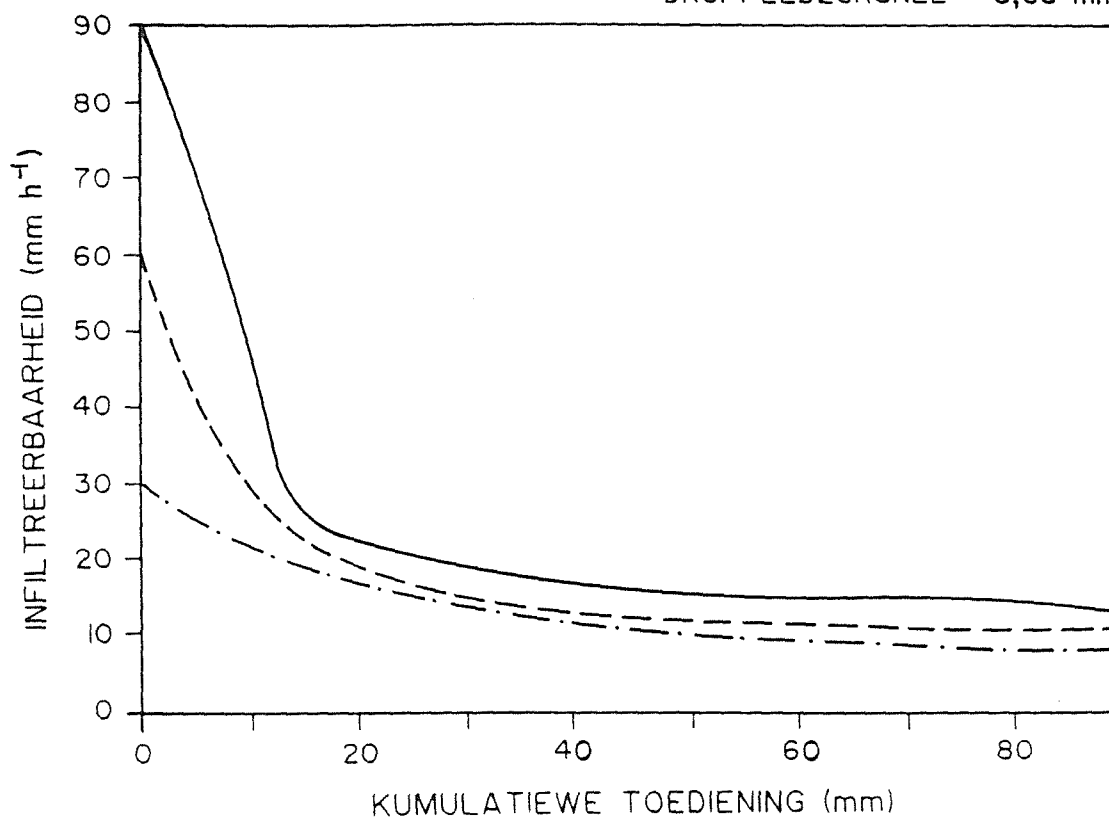


Verklaring

- 90 mm h⁻¹
- 60 mm h⁻¹
- . - . - 30 mm h⁻¹

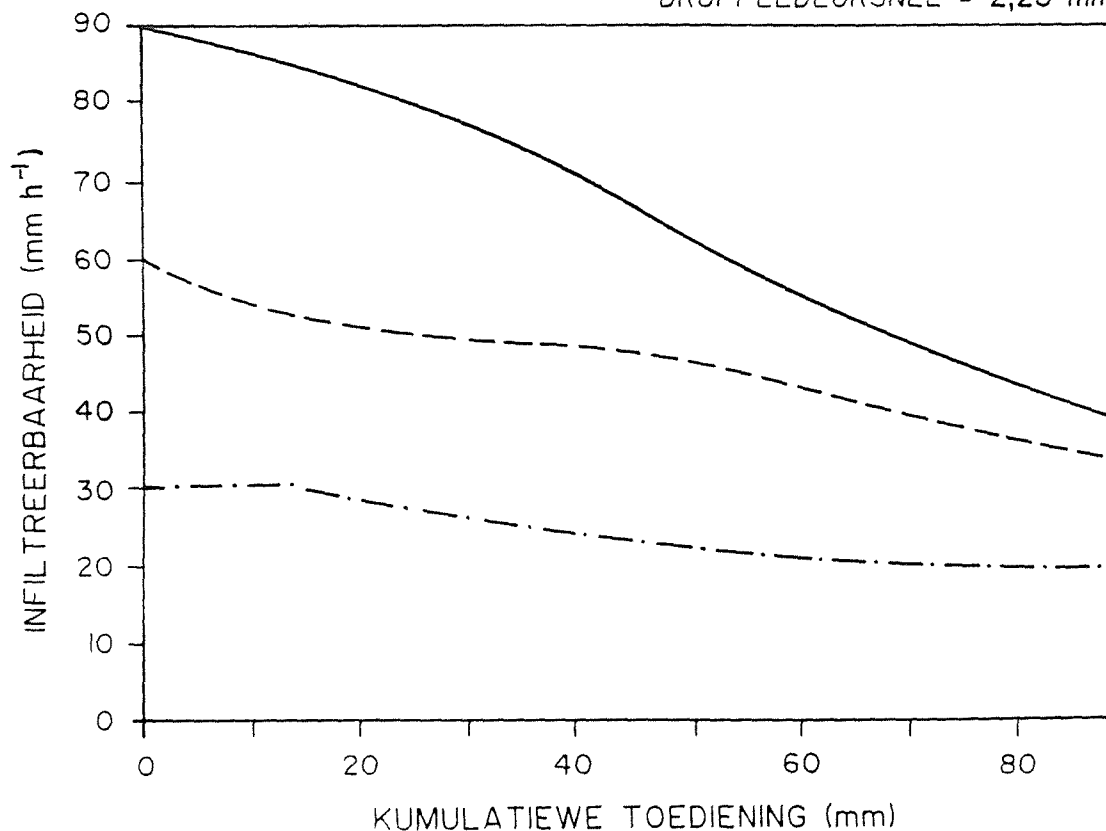
MONSTER No. 62

VALHOOGTE = 2,0 meter
DRUPPELDEURSNEE = 3,65 mm.



MONSTER No. 65

VALHOOGTE = 0,4 meter
DRUPPELDEURSNEE = 2,25 mm.

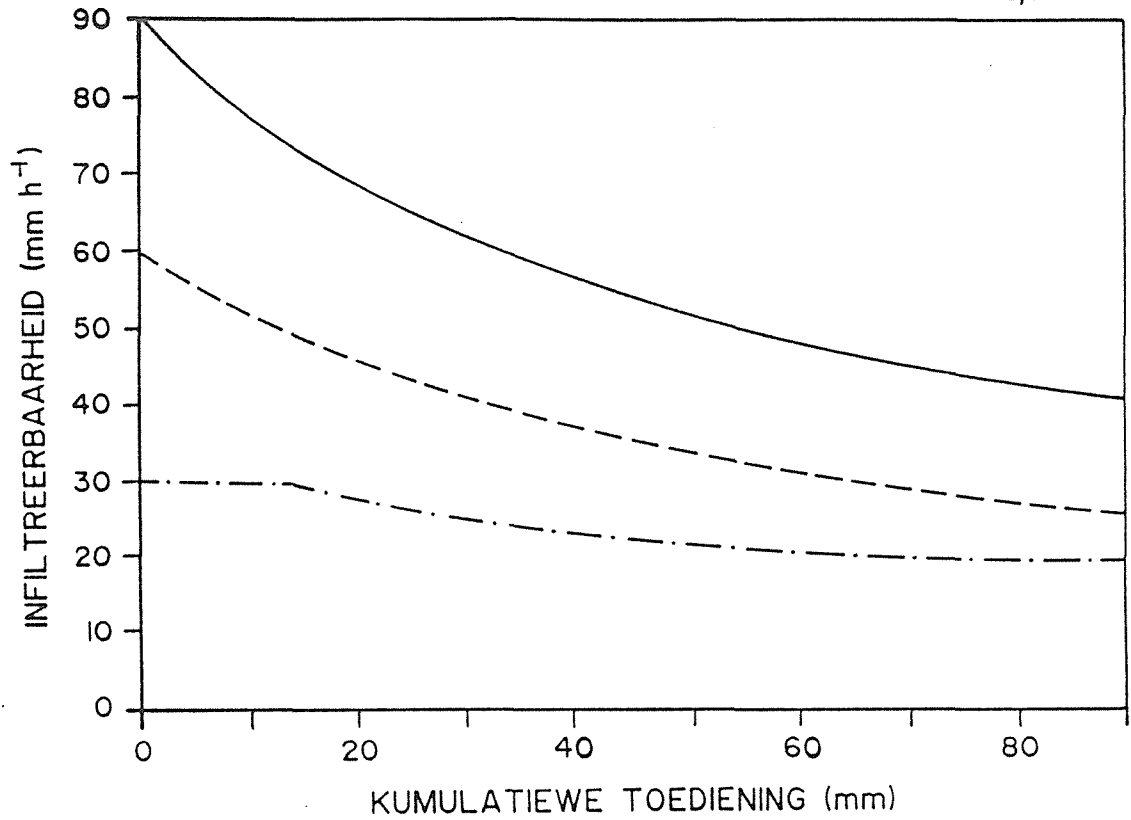


Verklaring

- 90 mm h⁻¹
- 60 mm h⁻¹
- . - . - 30 mm h⁻¹

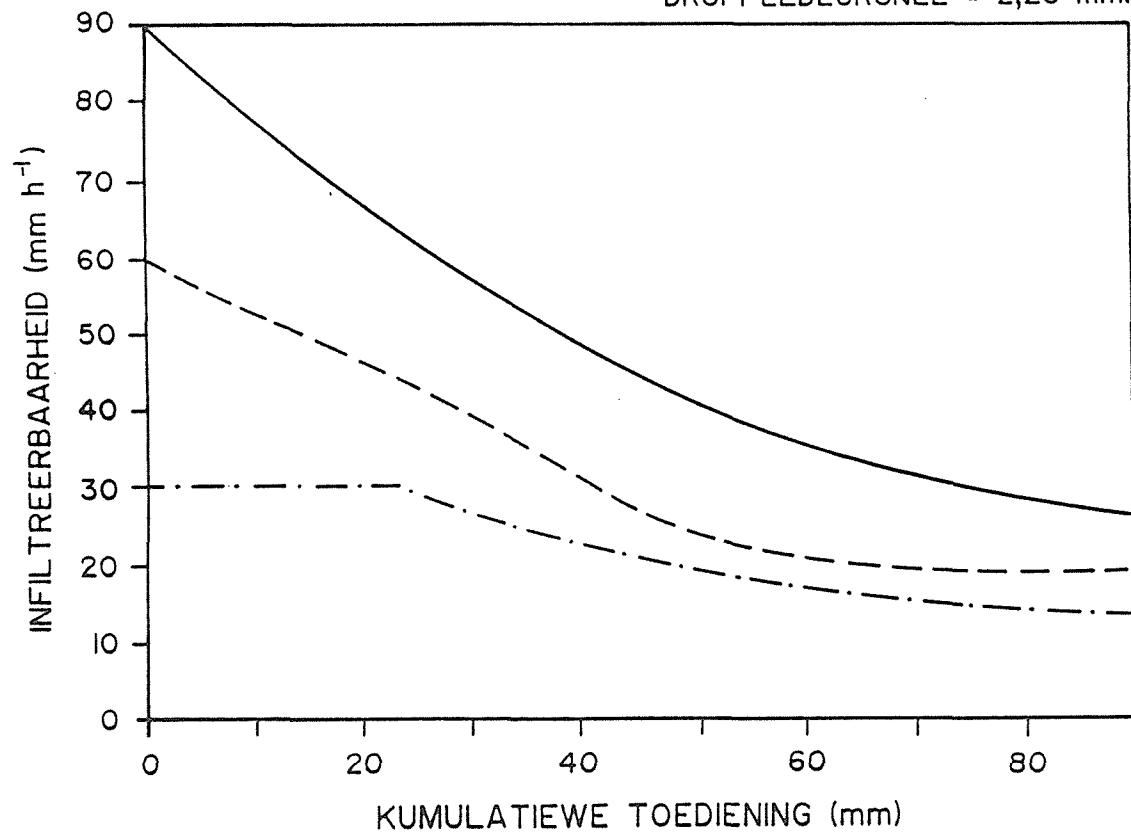
MONSTER No. 62

VALHOOGTE = 0,4 meter
 DRUPPELDEURSNEE = 2,25 mm.



MONSTER No. 62

VALHOOGTE = 1,0 meter
 DRUPPELDEURSNEE = 2,25 mm.

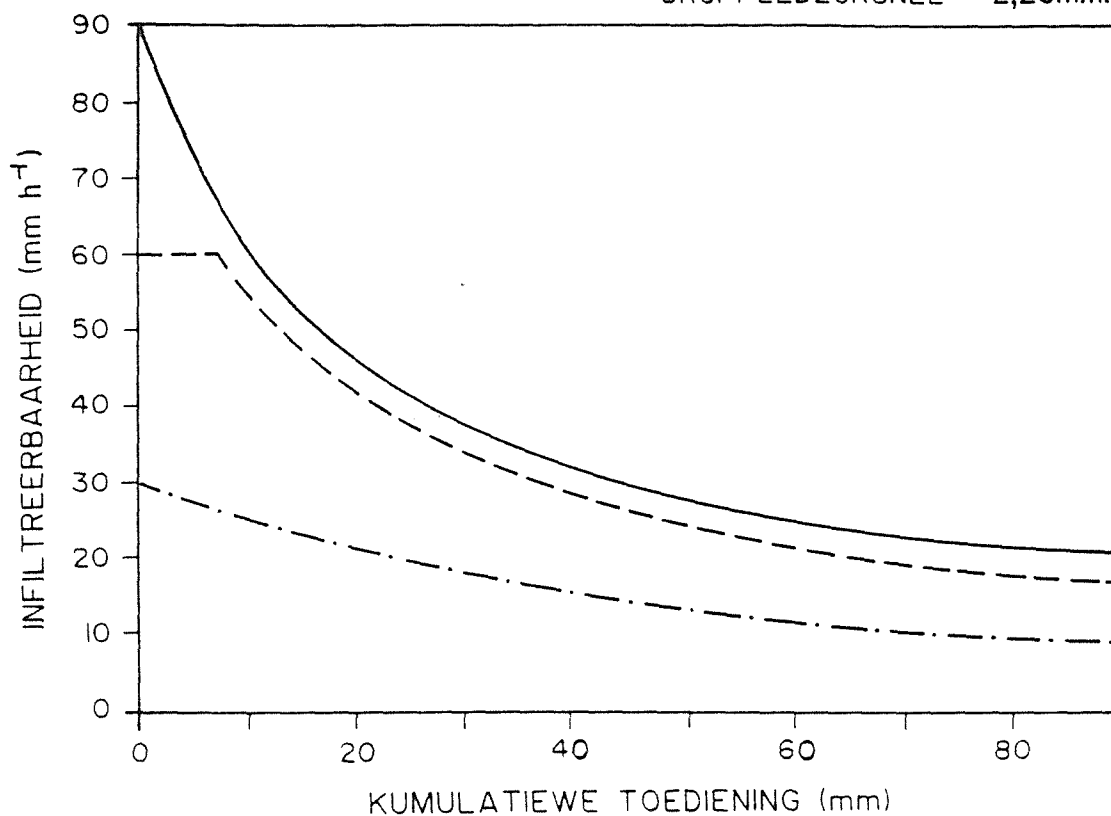


Verklaring

- 90 mm h⁻¹
- - - 60 mm h⁻¹
- · - · - 30 mm h⁻¹

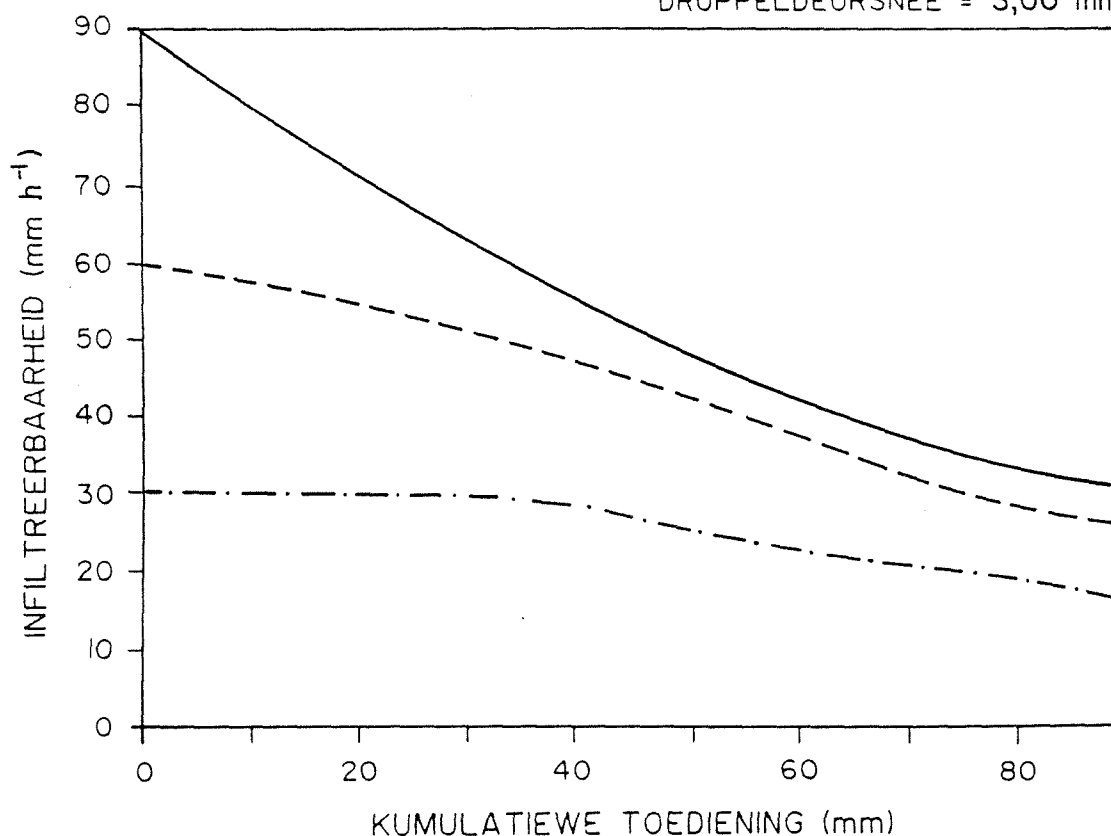
MONSTER No. 62

VALHOOGTE = 2,0 meter
 DRUPPELDEURSNEE = 2,25mm.



MONSTER No. 62

VALHOOGTE = 0,4 meter
 DRUPPELDEURSNEE = 3,00 mm.

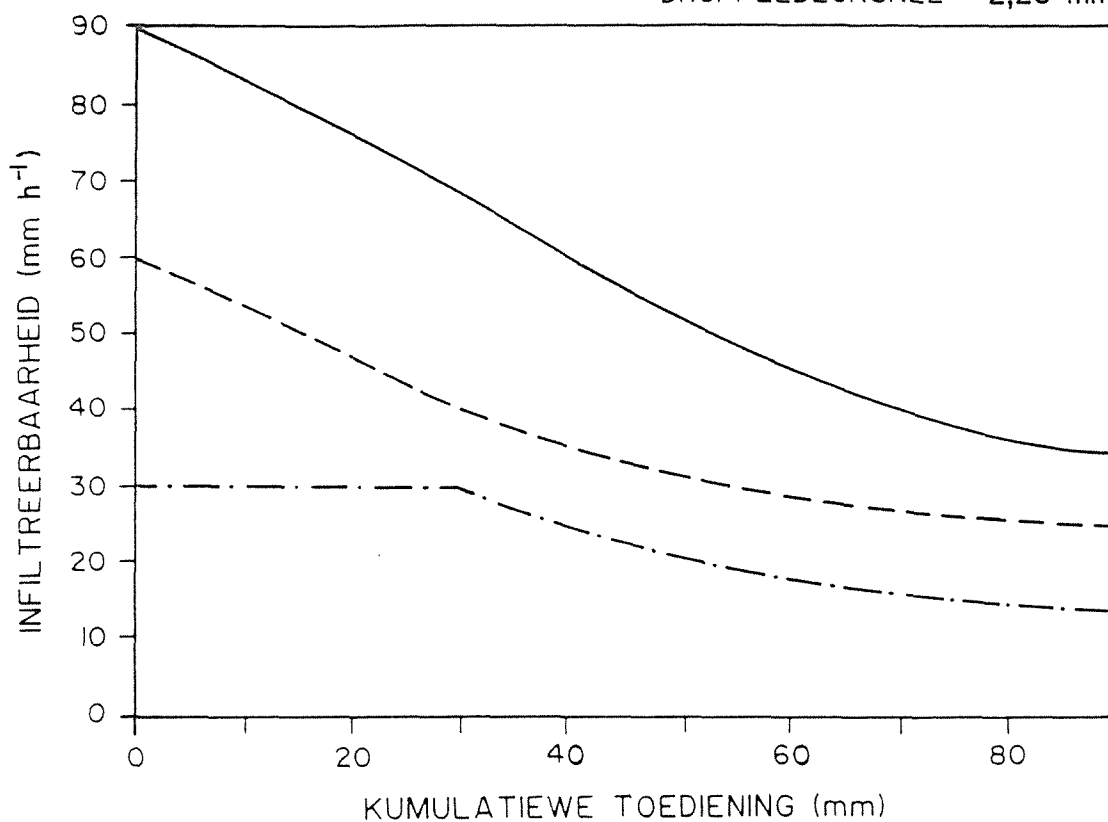


Verklaring

- 90 mm h⁻¹
- 60 mm h⁻¹
- . - . - 30 mm h⁻¹

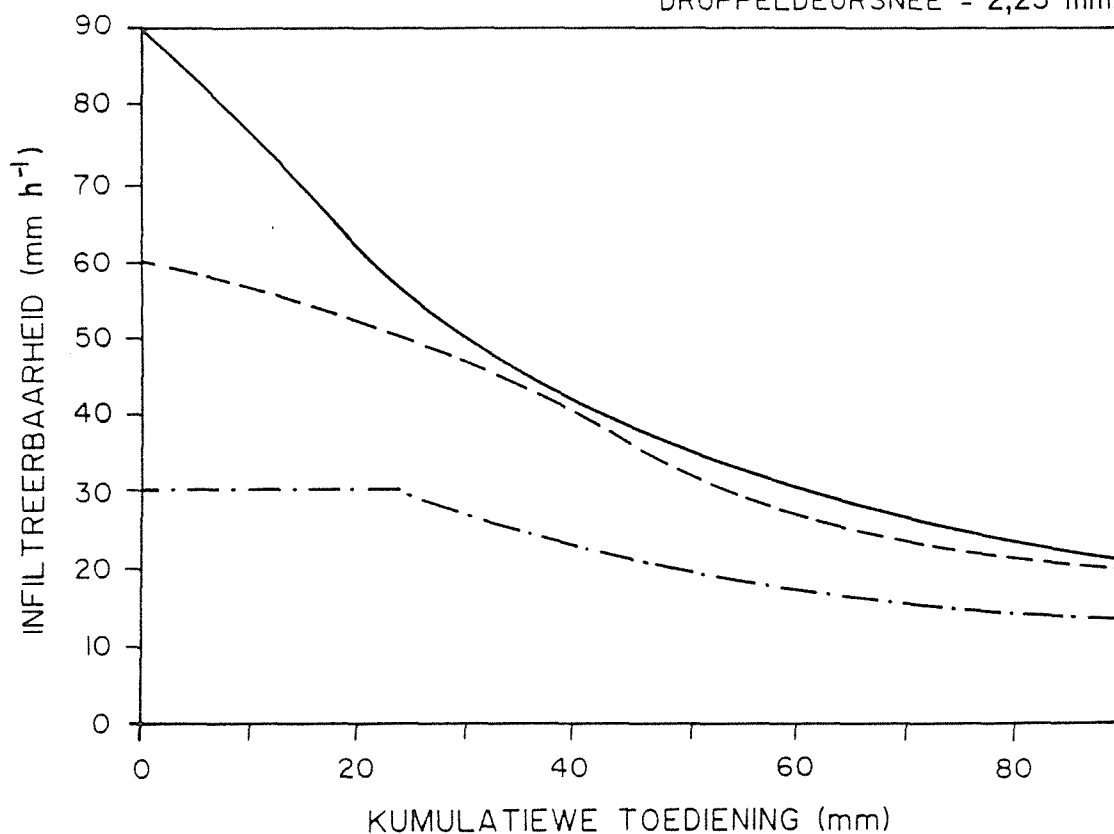
MONSTER No. 65

VALHOOGTE = 1,0 meter
DRUPPELDEURSNEE = 2,25 mm.



MONSTER No. 65

VALHOOGTE = 2,0 meter
DRUPPELDEURSNEE = 2,25 mm.

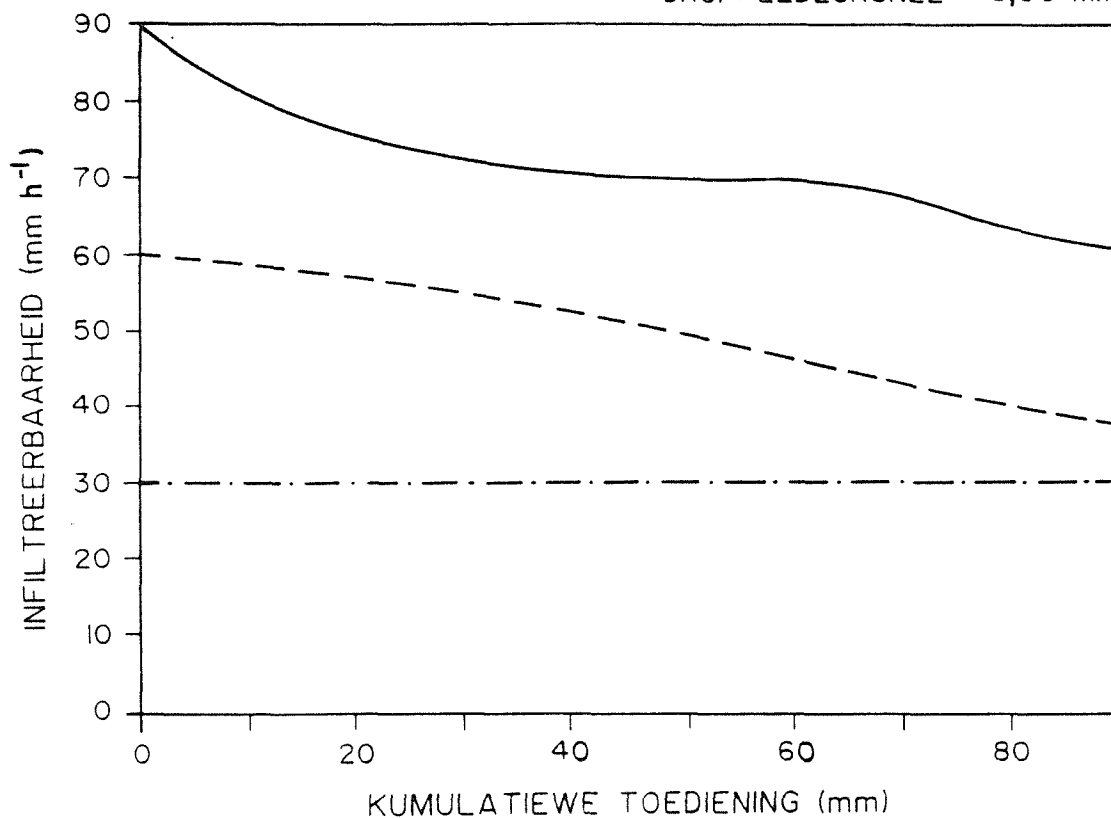


Verklaring

- 90 mm h⁻¹
- - - 60 mm h⁻¹
- · - · - 30 mm h⁻¹

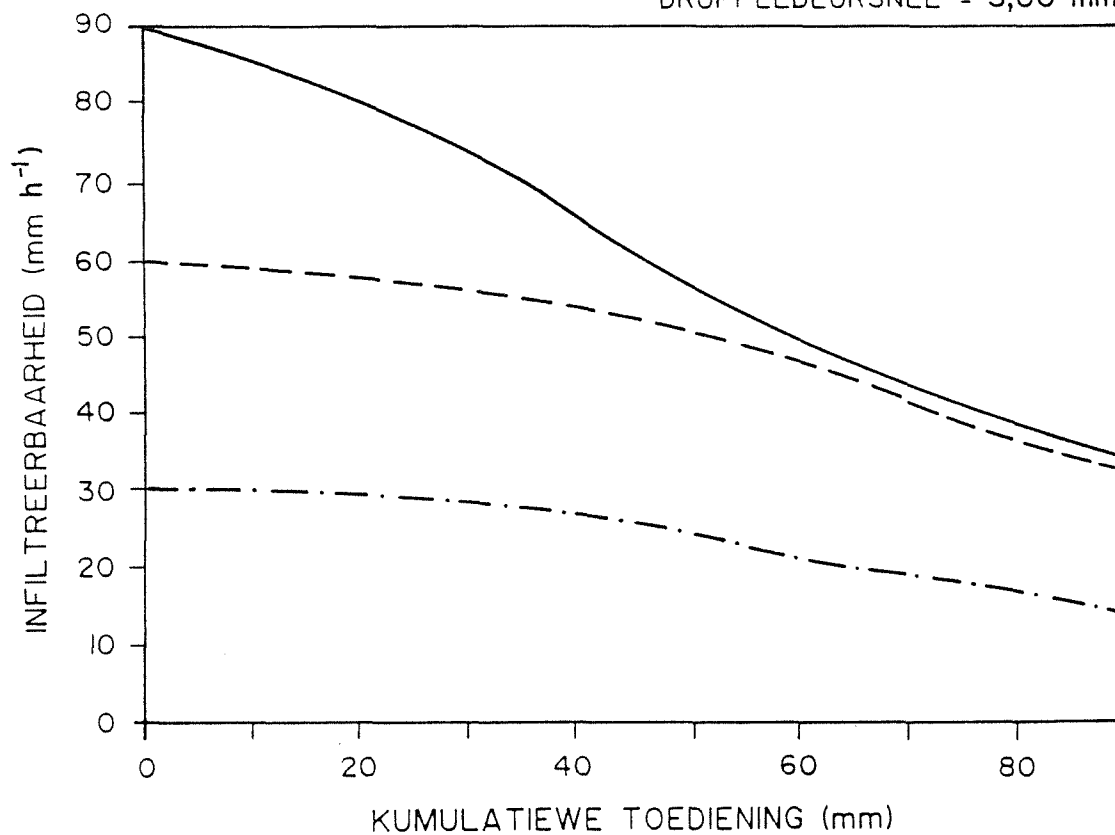
MONSTER No. 65

VALHOOGTE = 0,4 meter
DRUPPELDEURSNEE = 3,00 mm.



MONSTER No. 65

VALHOOGTE = 1,0 meter
DRUPPELDEURSNEE = 3,00 mm.

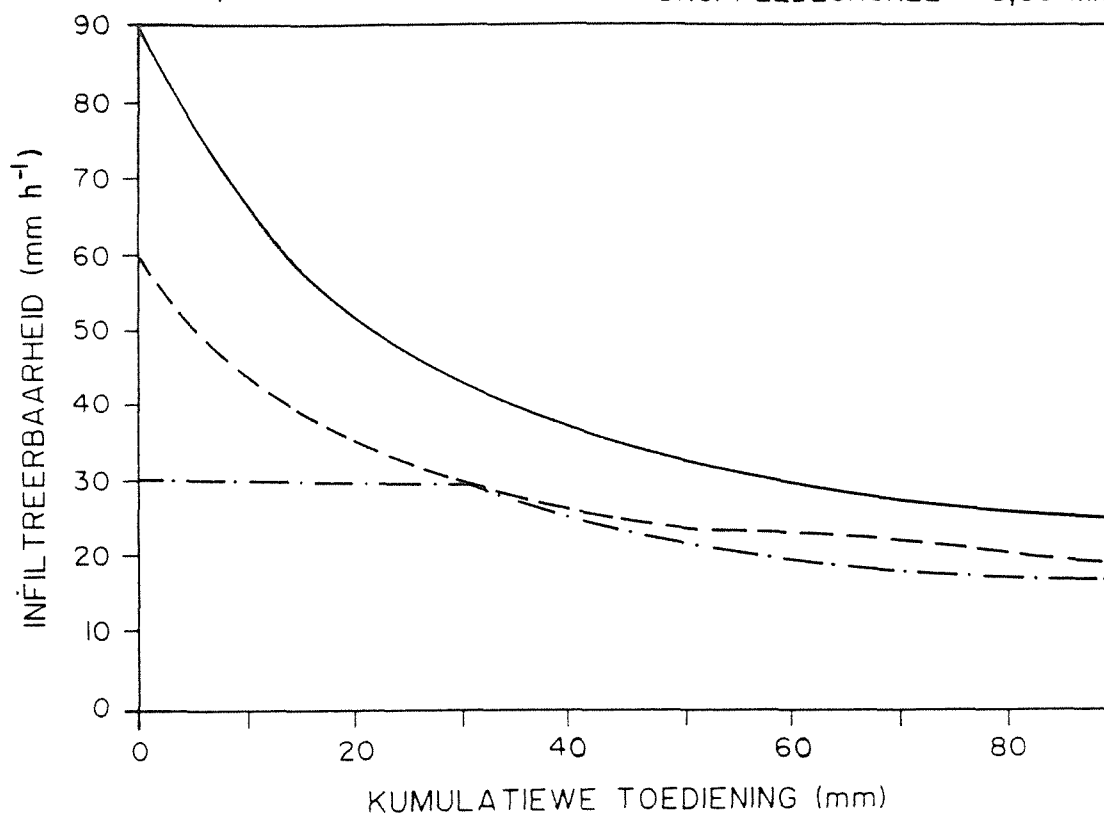


Verklaring

— 90 mm h⁻¹
- - - 60 mm h⁻¹
- · - · - 30 mm h⁻¹

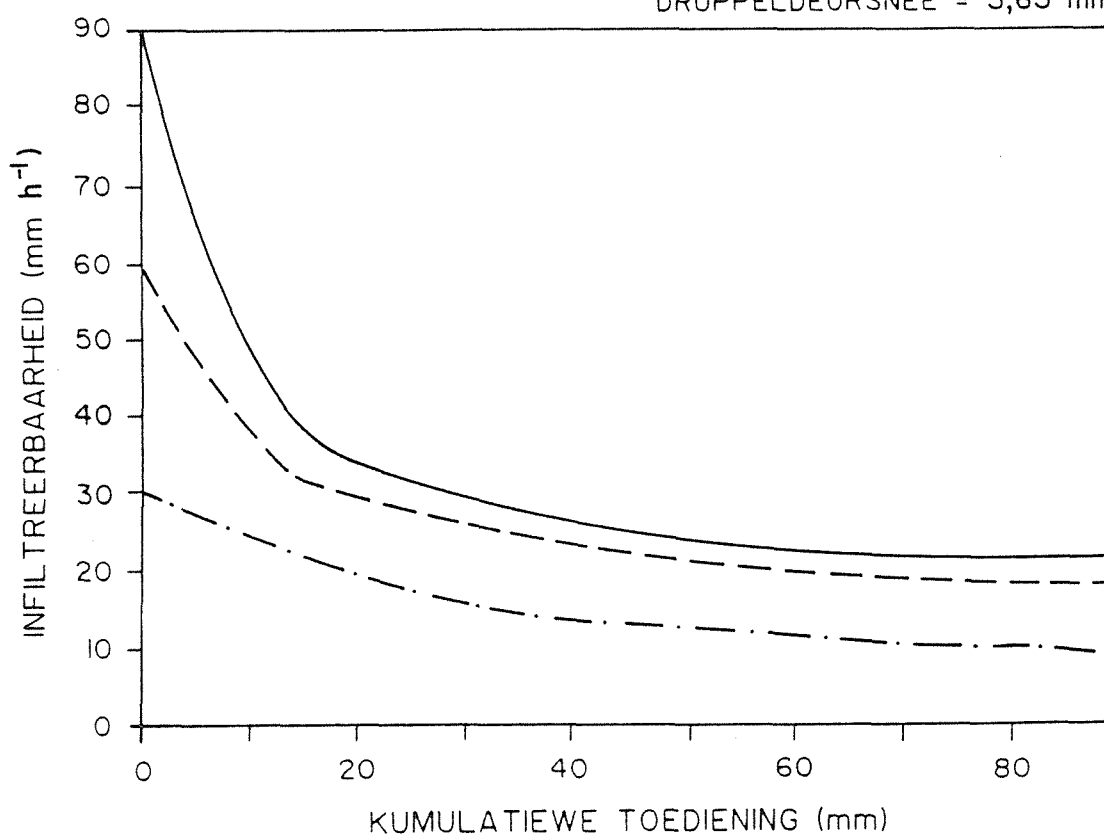
MONSTER No. 65

VALHOOGTE = 1,0 meter
DRUPPELDEURSNEE = 3,65 mm.



MONSTER No. 65

VALHOOGTE = 2,0 meter
DRUPPELDEURSNEE = 3,65 mm.

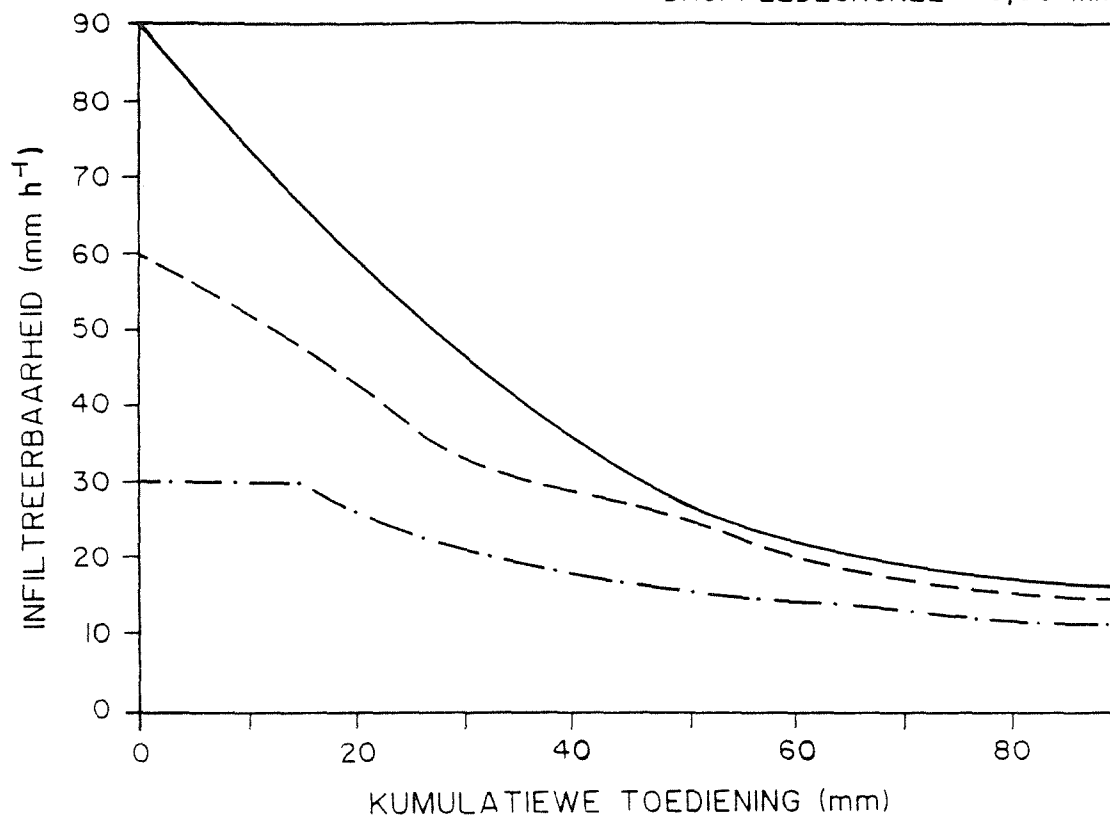


Verklaring

— 90 mm h⁻¹
- - - 60 mm h⁻¹
- . - . 30 mm h⁻¹

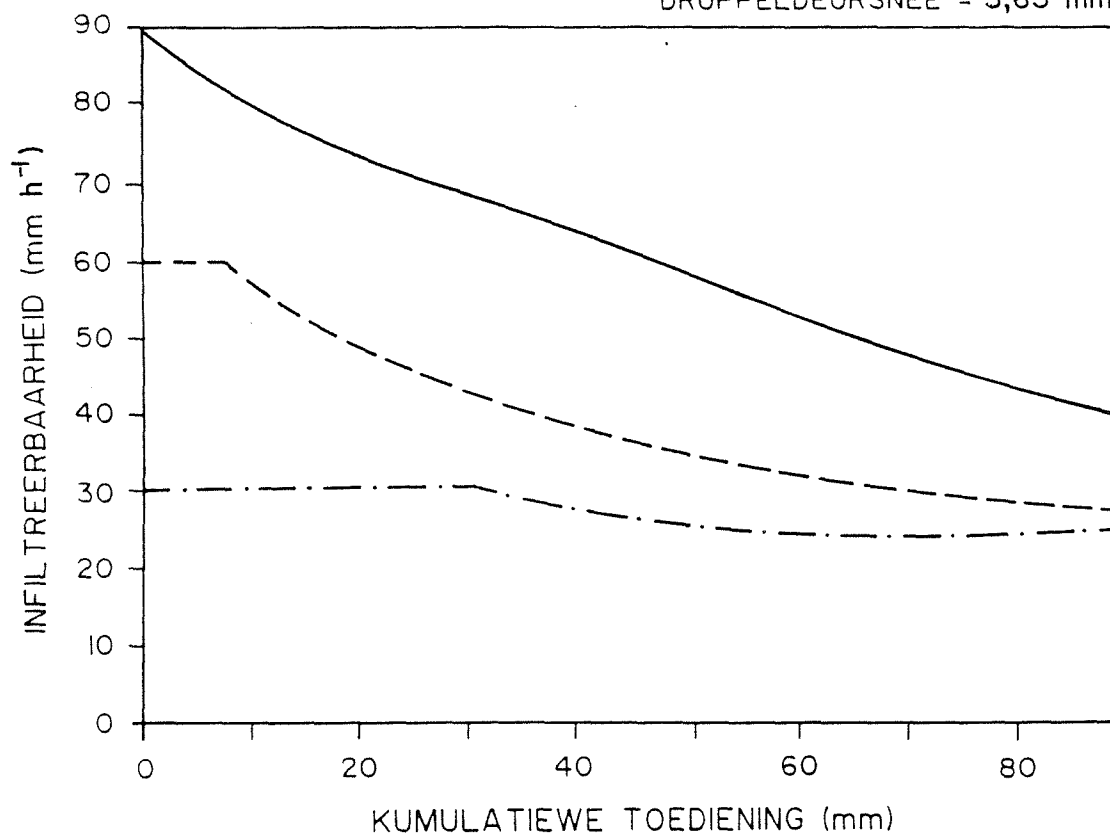
MONSTER No. 65

VALHOOGTE = 2,0 meter
 DRUPPELDEURSNEE = 3,00 mm.



MONSTER No. 65

VALHOOGTE = 0,4 meter
 DRUPPELDEURSNEE = 3,65 mm.



Verklaring

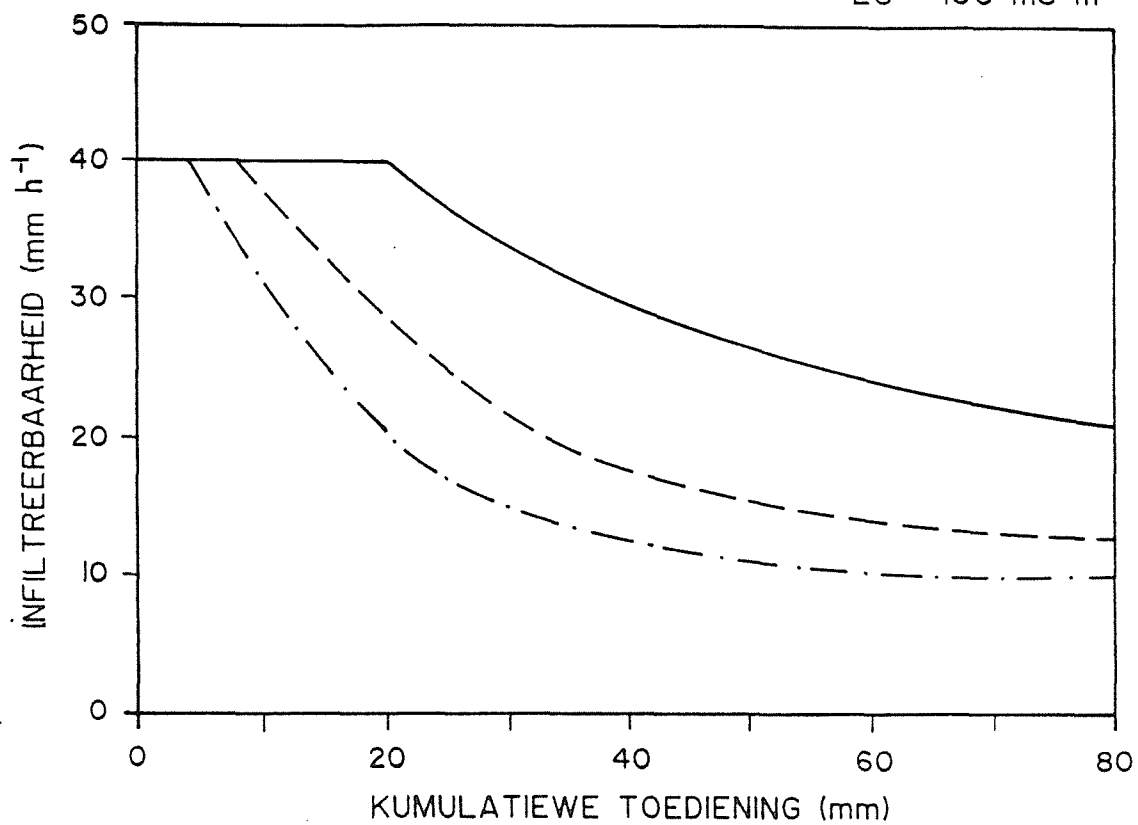
- 90 mm h⁻¹
- - - 60 mm h⁻¹
- · - · - 30 mm h⁻¹

BYLAE B

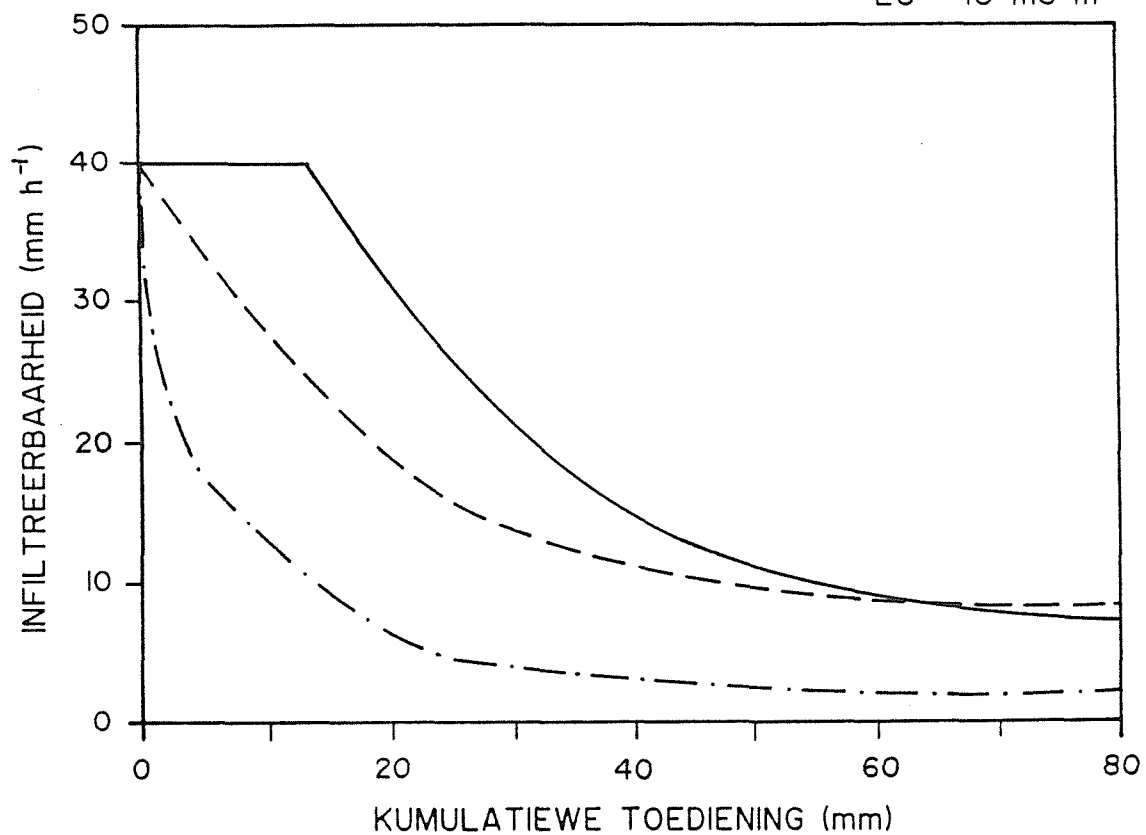
INFILTRASIEKURWES VIR AGT OOS-KAAPSE GRONDE BY DRIE VALHOOGTES EN TWEE WATERKWALITEITE

MONSTER No. 62

EG = 100 mS m⁻¹



EG = 10 mS m⁻¹

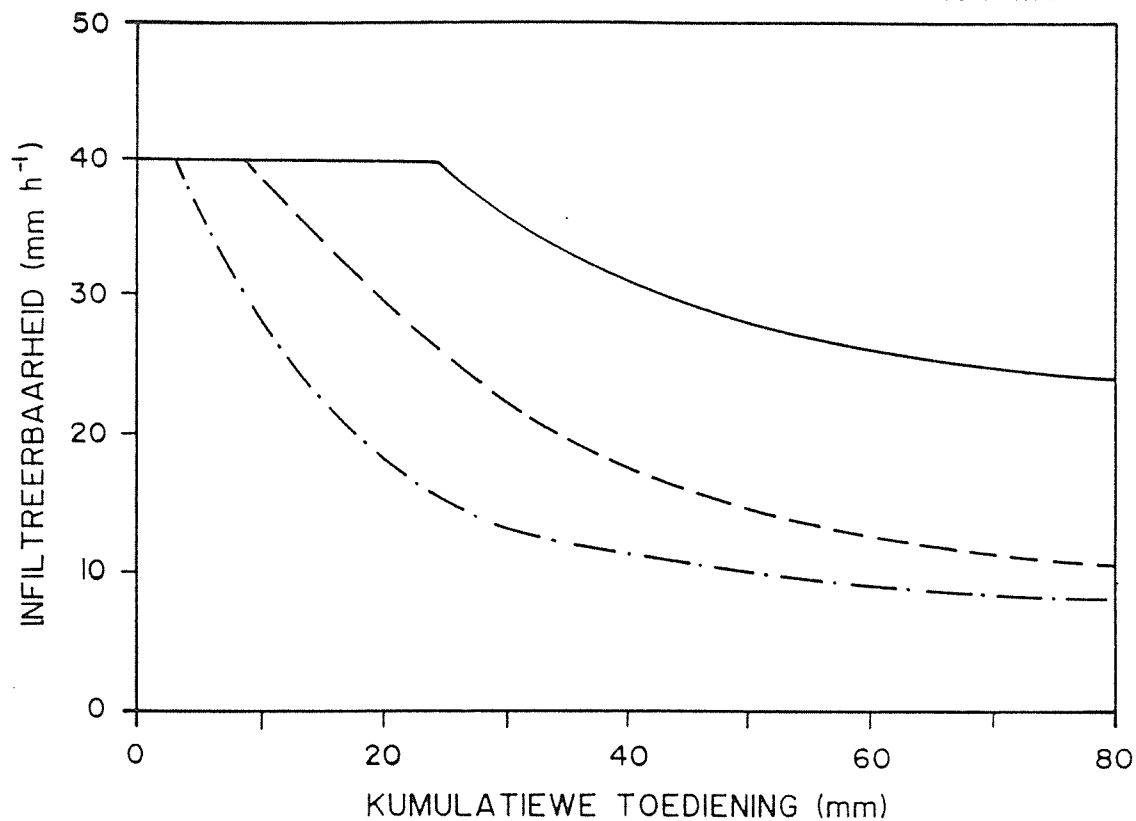


Verklaring

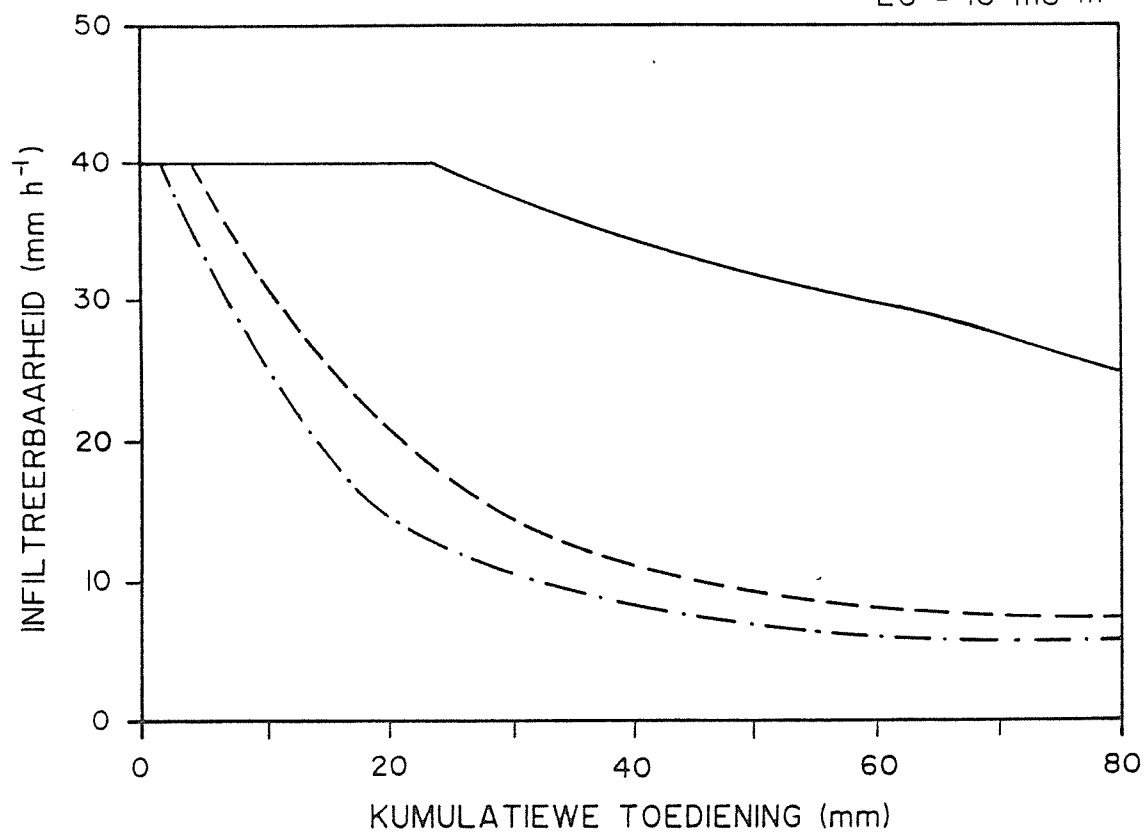
- 0,4 m Valhoogte
- - - 1,0 m Valhoogte
- · - 2,0 m Valhoogte

MONSTER No. 63

EG = 100 mS m⁻¹



EG = 10 mS m⁻¹

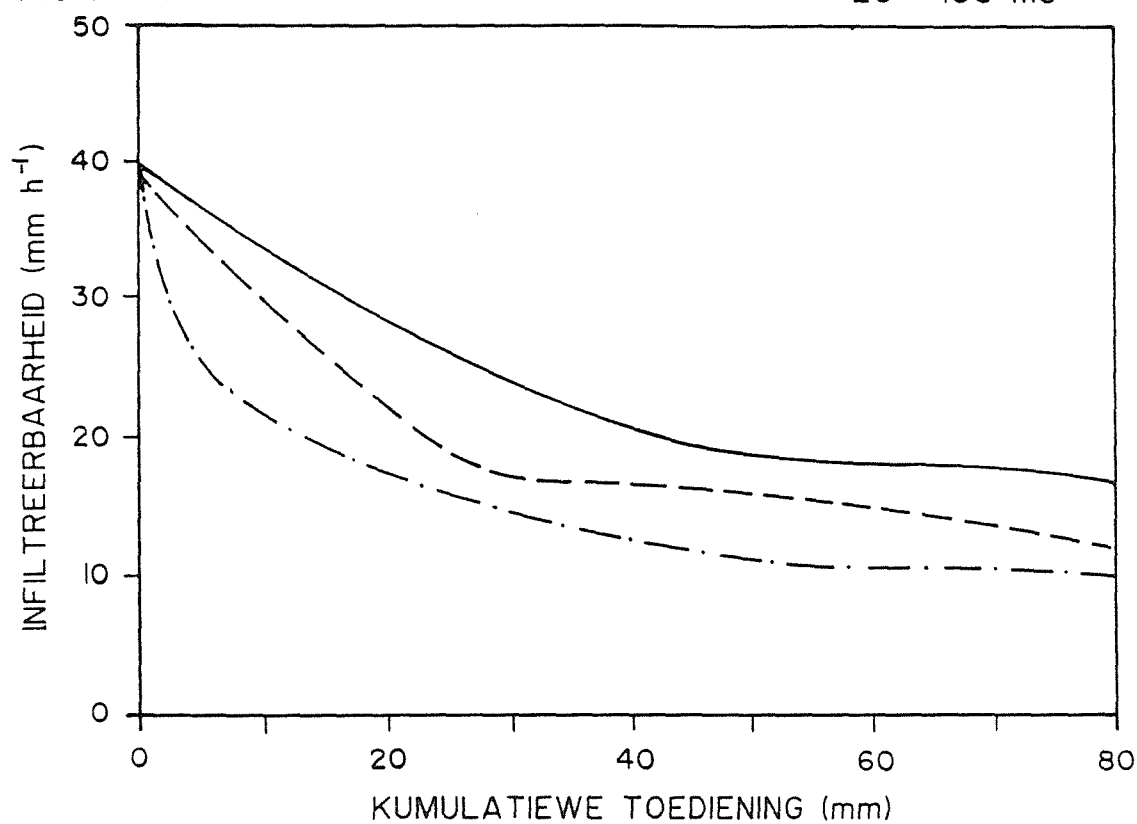


Verklaring

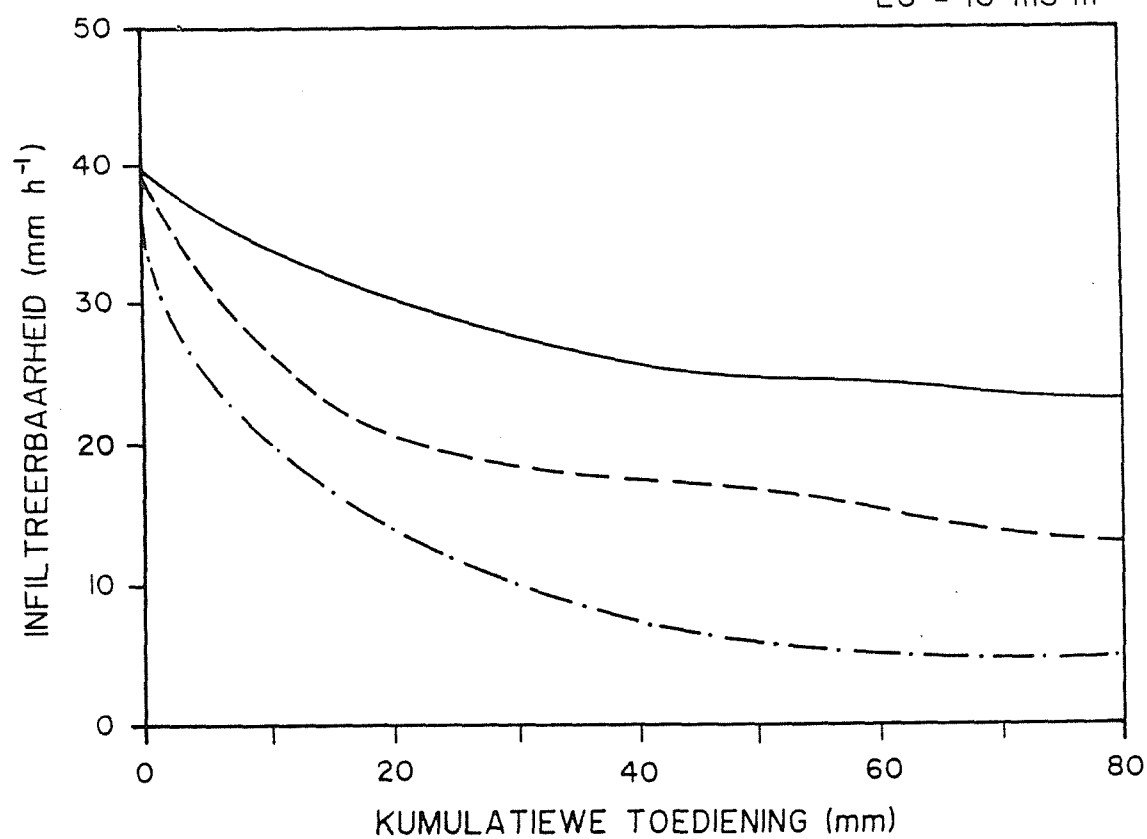
- 0,4 m Valhoogte
- - - 1,0 m Valhoogte
- · - · - 2,0 m Valhoogte

MONSTER No. 64

EG = 100 mS m⁻¹



EG = 10 mS m⁻¹

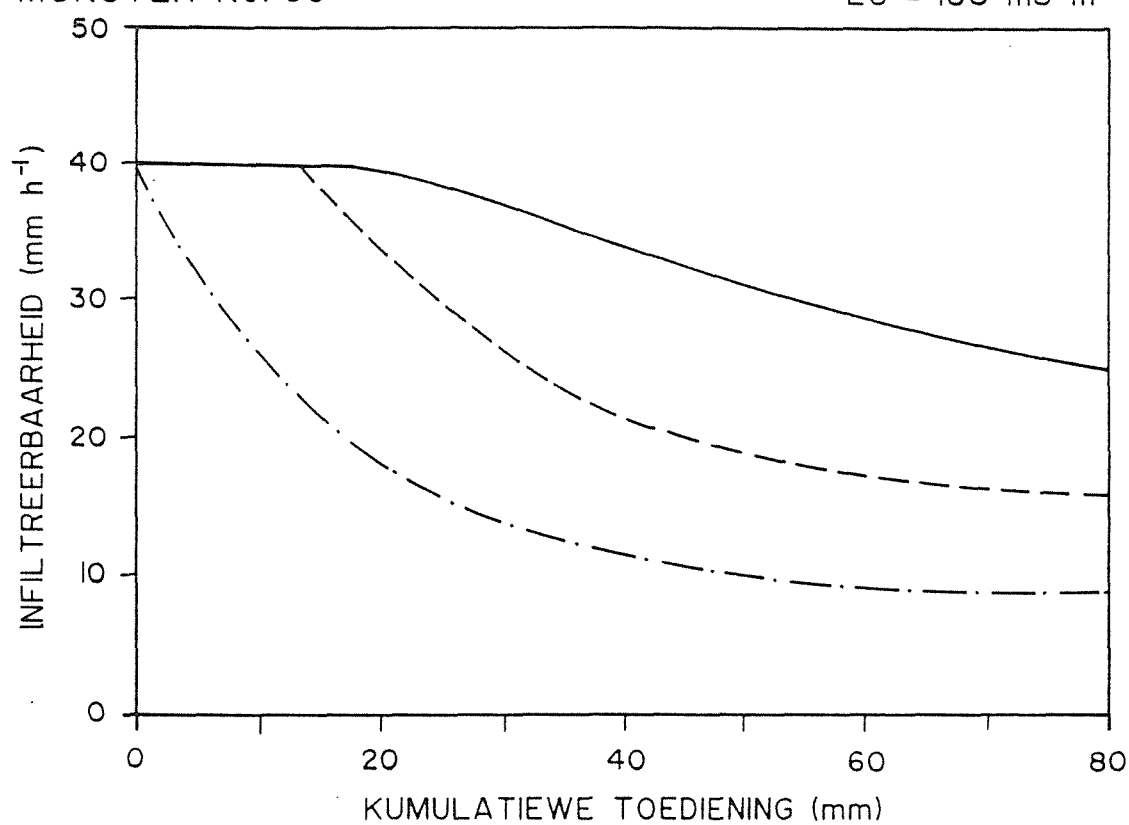


Verklaring

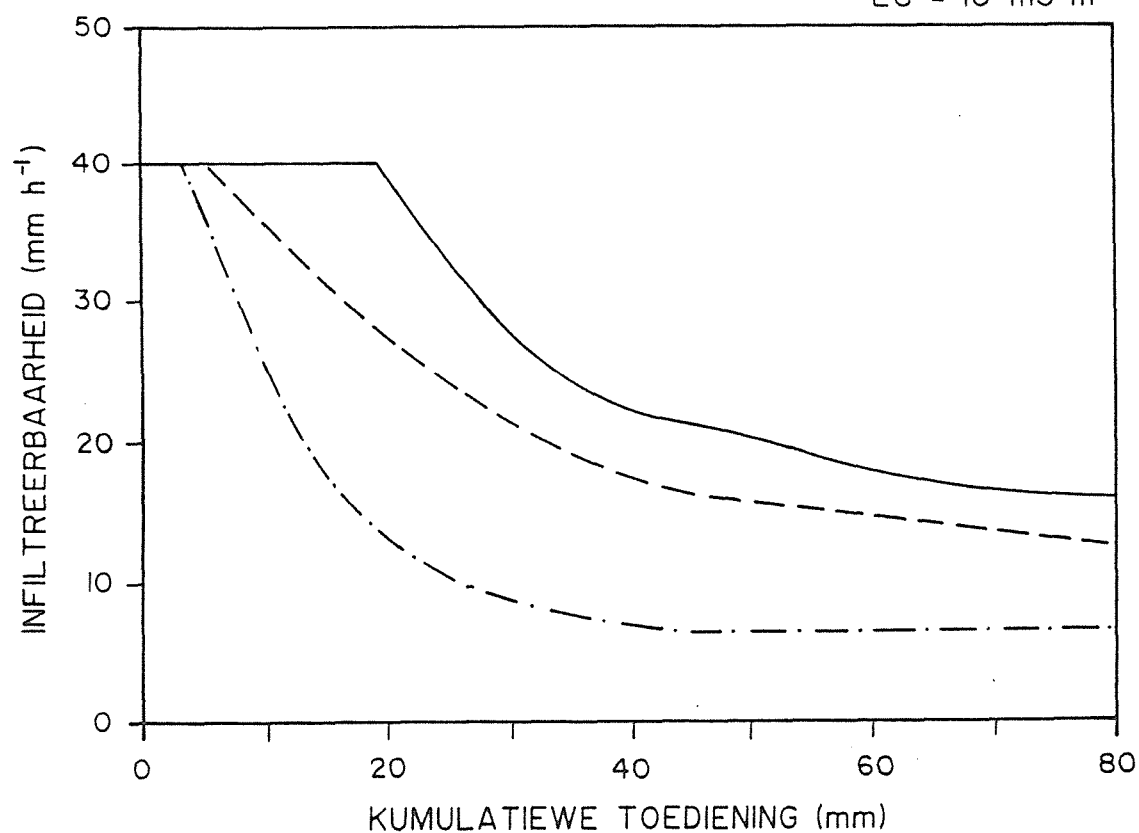
- 0,4 m Valhoogte
- - - 1,0 m Valhoogte
- · - · 2,0 m Valhoogte

MONSTER No. 65

EG = 100 mS m⁻¹



EG = 10 mS m⁻¹

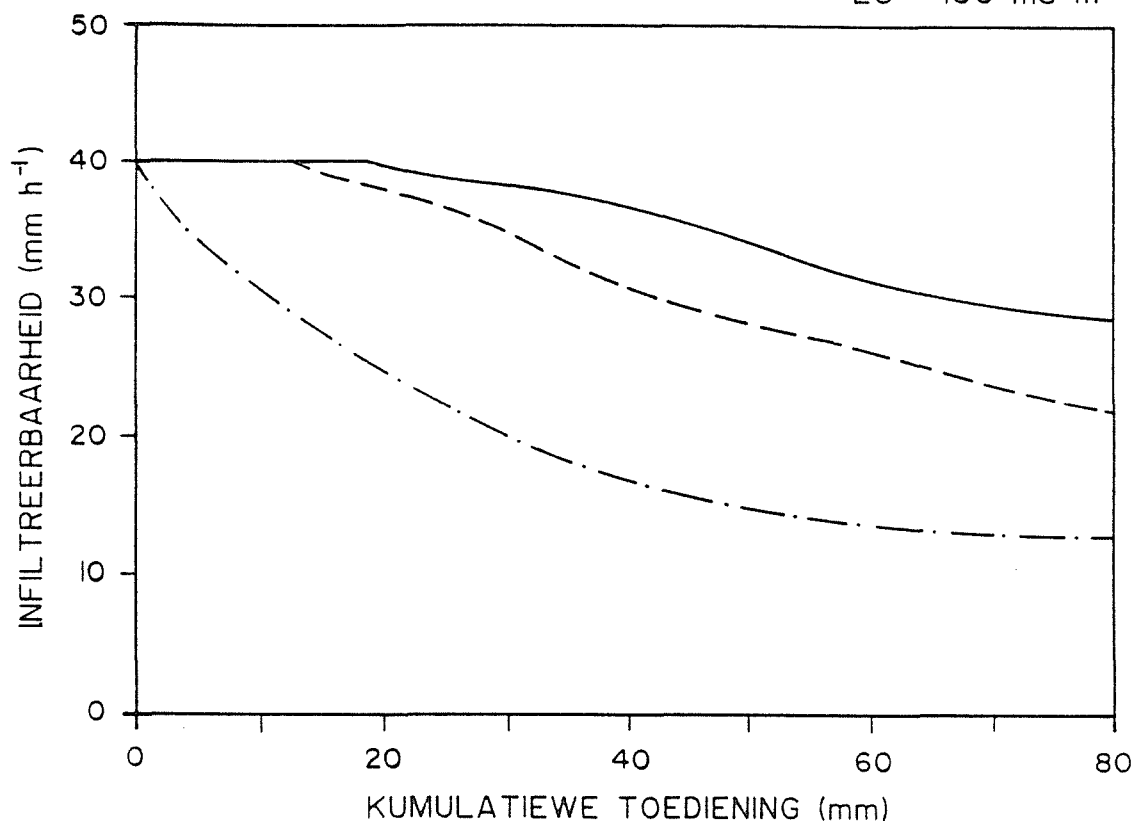


Verklaring

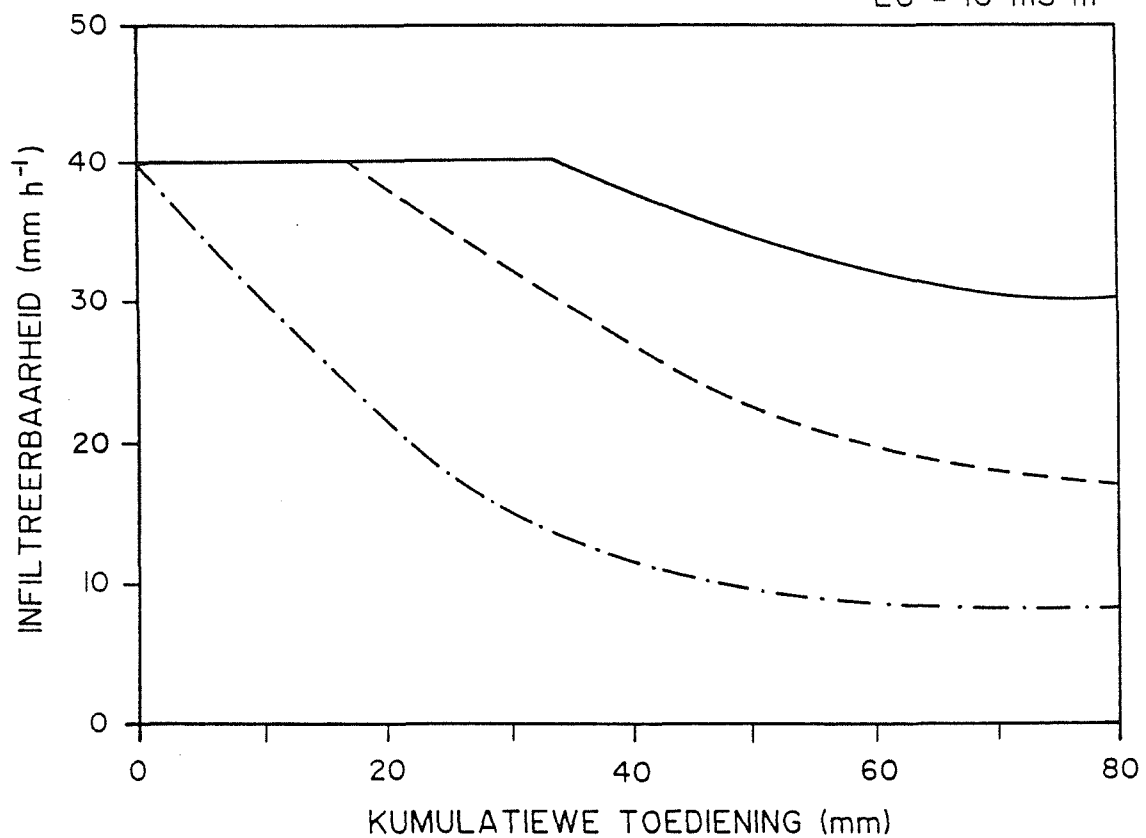
- 0,4 m Valhoogte
- - - 1,0 m Valhoogte
- · - · - 2,0 m Valhoogte

MONSTER No. 66

EG = 100 mS m⁻¹



EG = 10 mS m⁻¹

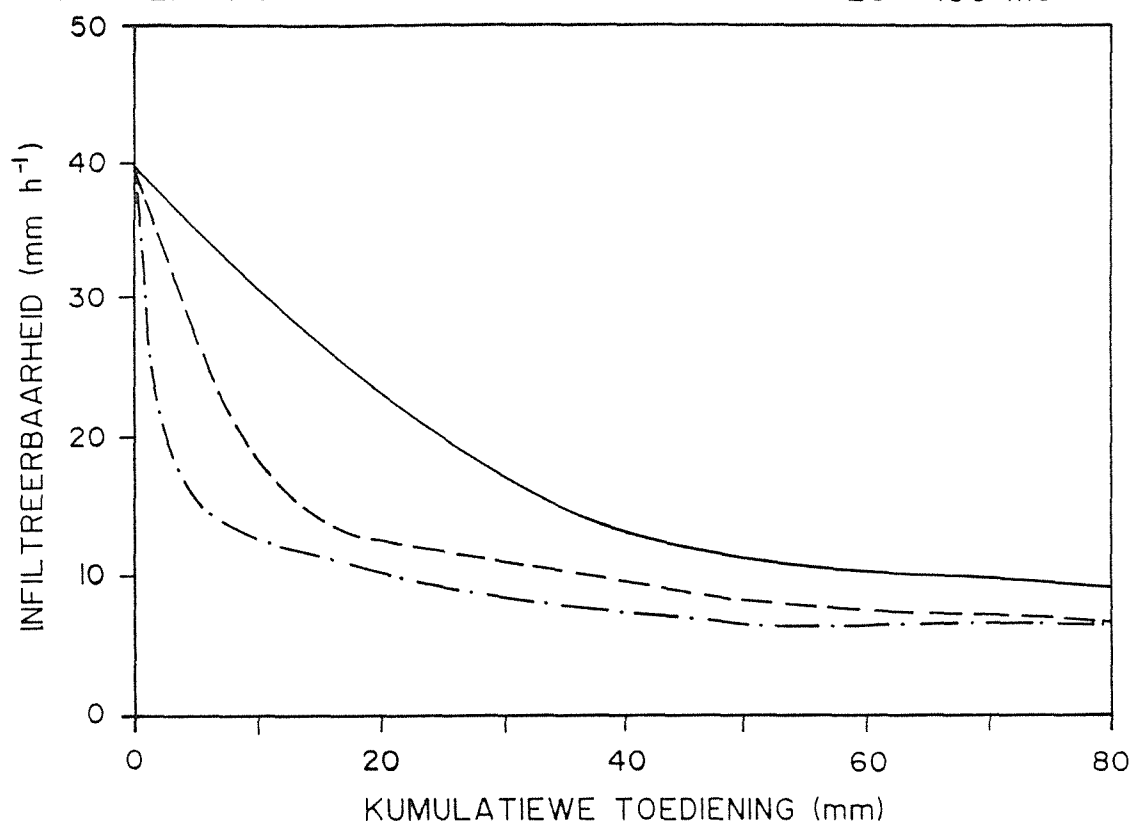


Verklaring

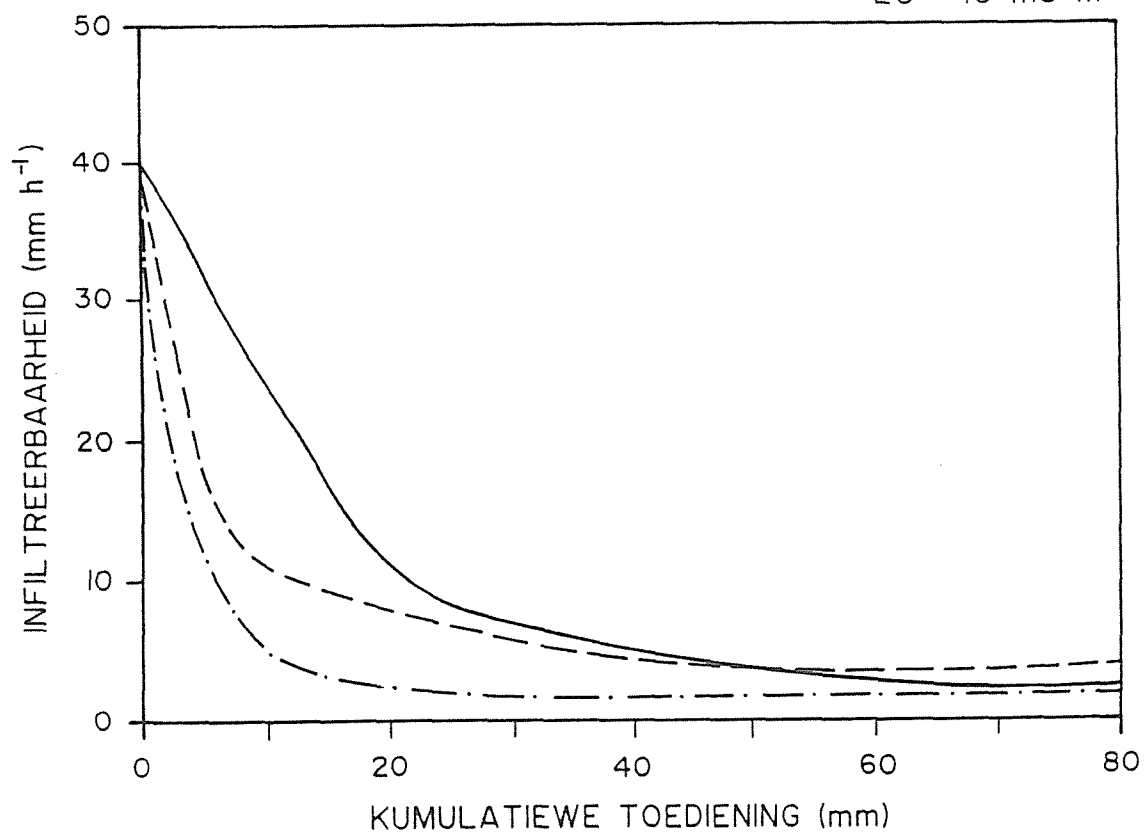
- 0,4 m Valhoogte
- - - 1,0 m Valhoogte
- · - 2,0 m Valhoogte

MONSTER No. 67

EG = 100 mS m⁻¹



EG = 10 mS m⁻¹

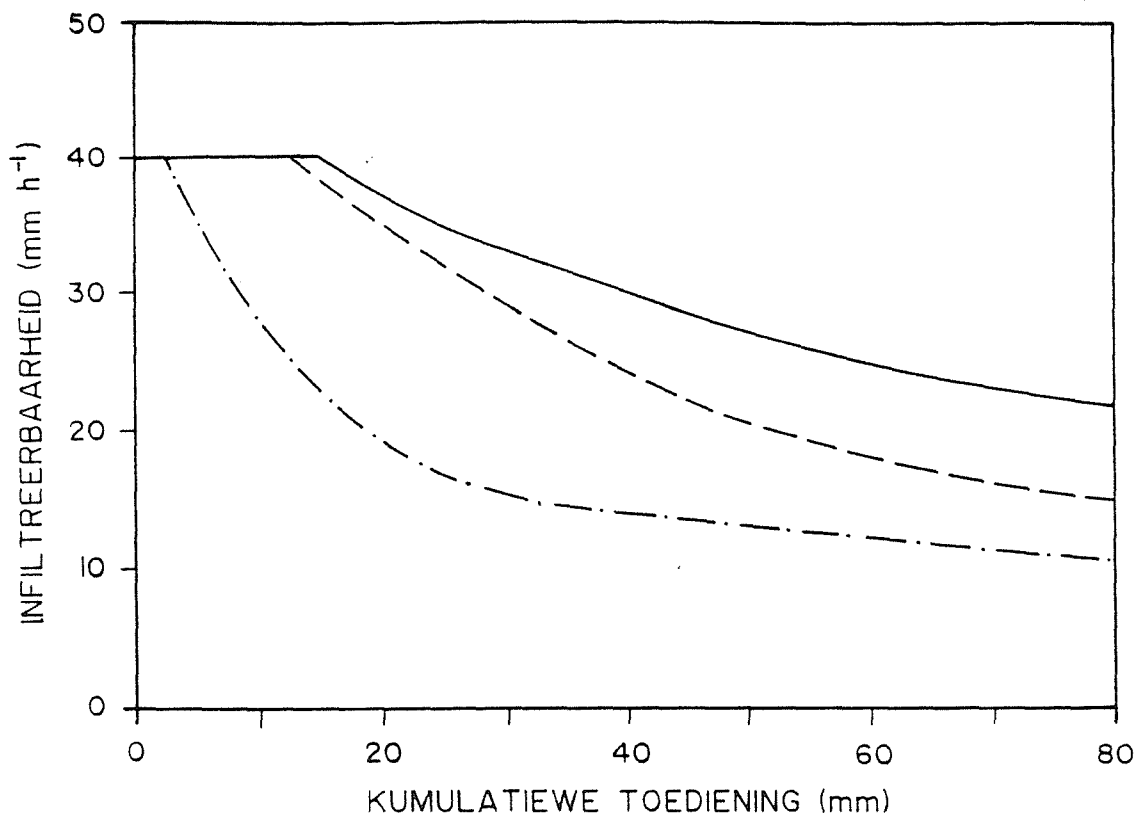


Verklaring

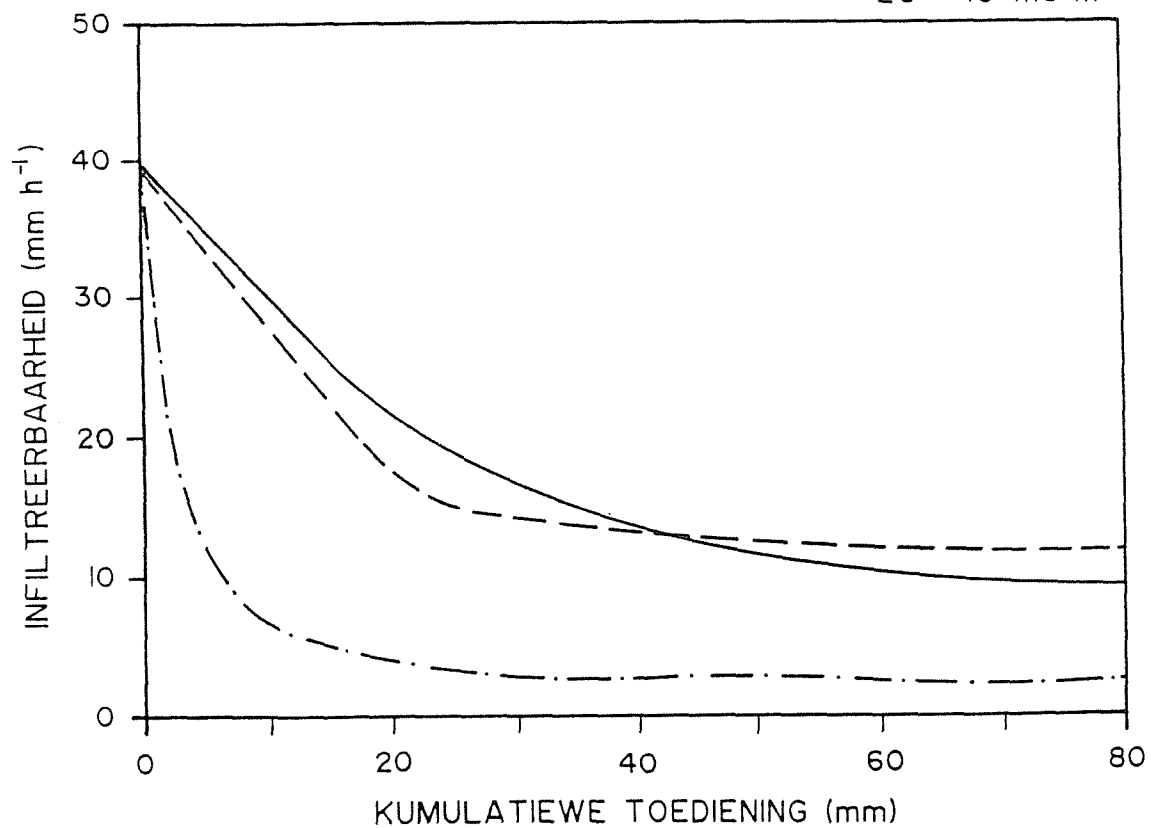
- 0,4 m Valhoogte
- - - 1,0 m Valhoogte
- · - · - 2,0 m Valhoogte

MONSTER No. 68

EG = 100 mS m⁻¹



EG = 10 mS m⁻¹



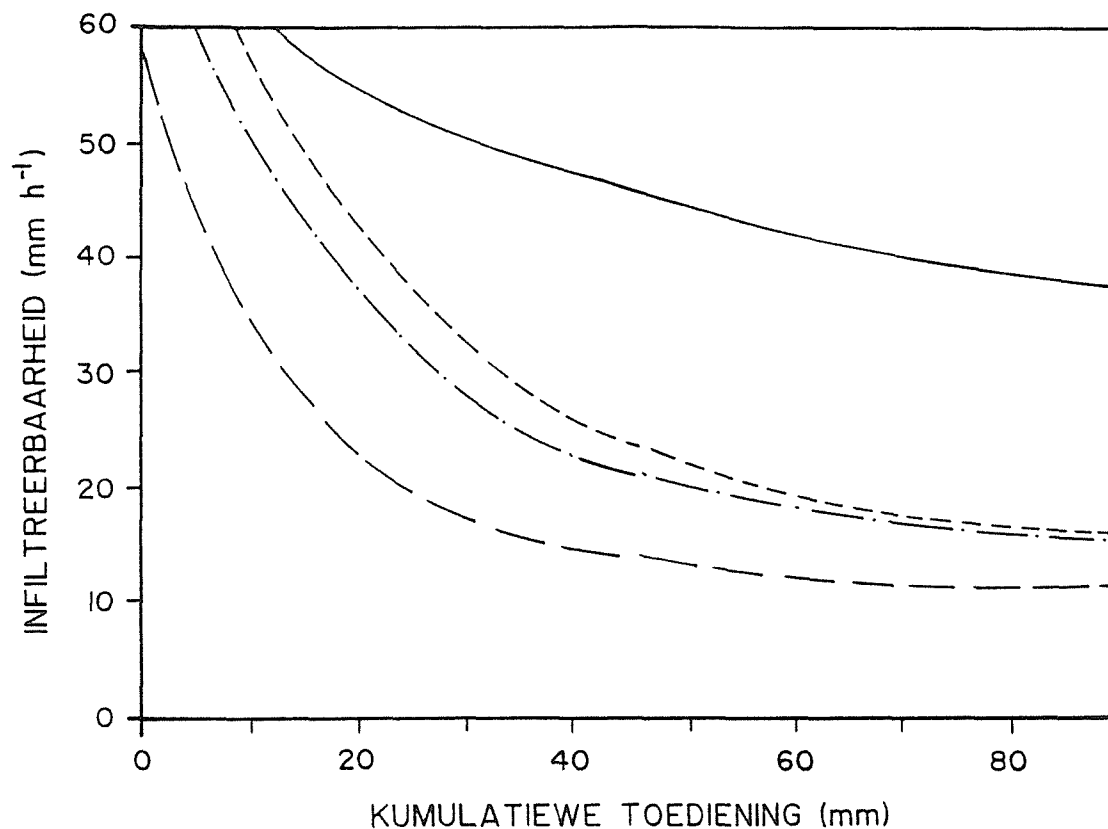
Verklaring

- 0,4 m Valhoogte
- - - 1,0 m Valhoogte
- · - 2,0 m Valhoogte

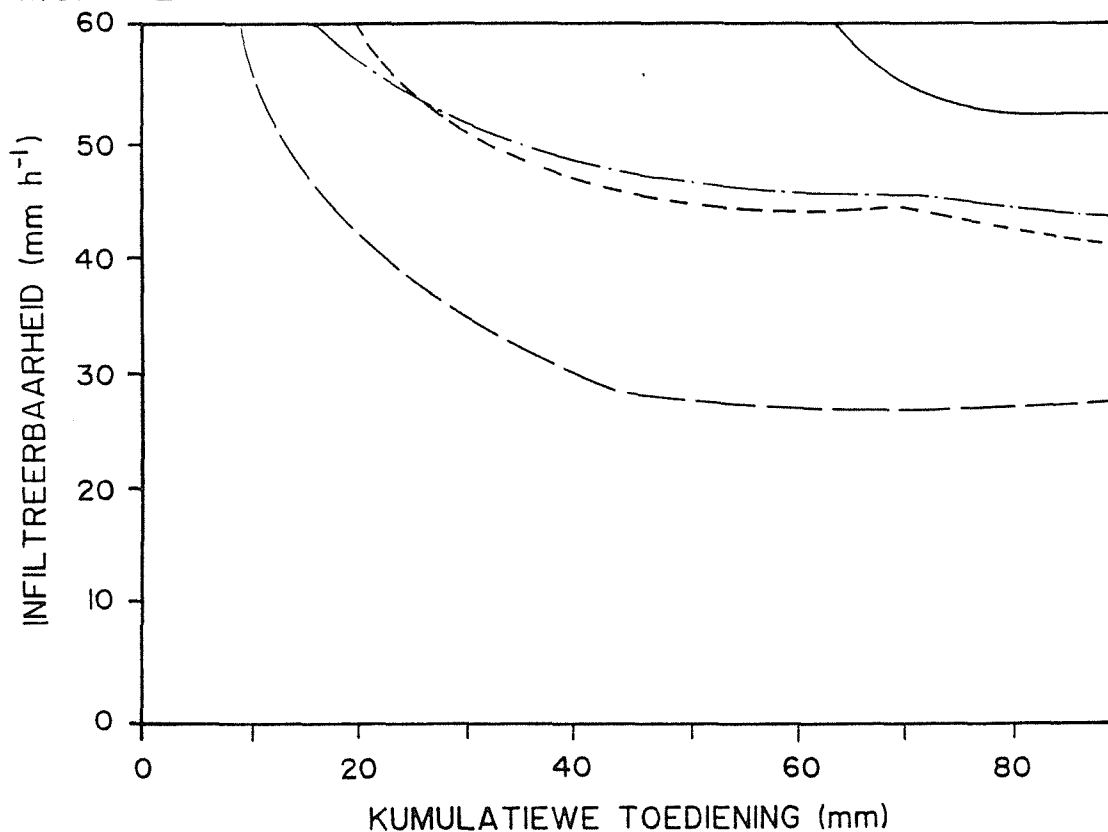
BYLAE C

**INFILTRASIEKURWES VIR VERSKEIE SUID-AFRIKAANSE GRONDE BY VIER
VALHOOGTES EN WATERKWALITEIT VAN 70 mSm⁻¹**

MONSTER No.1



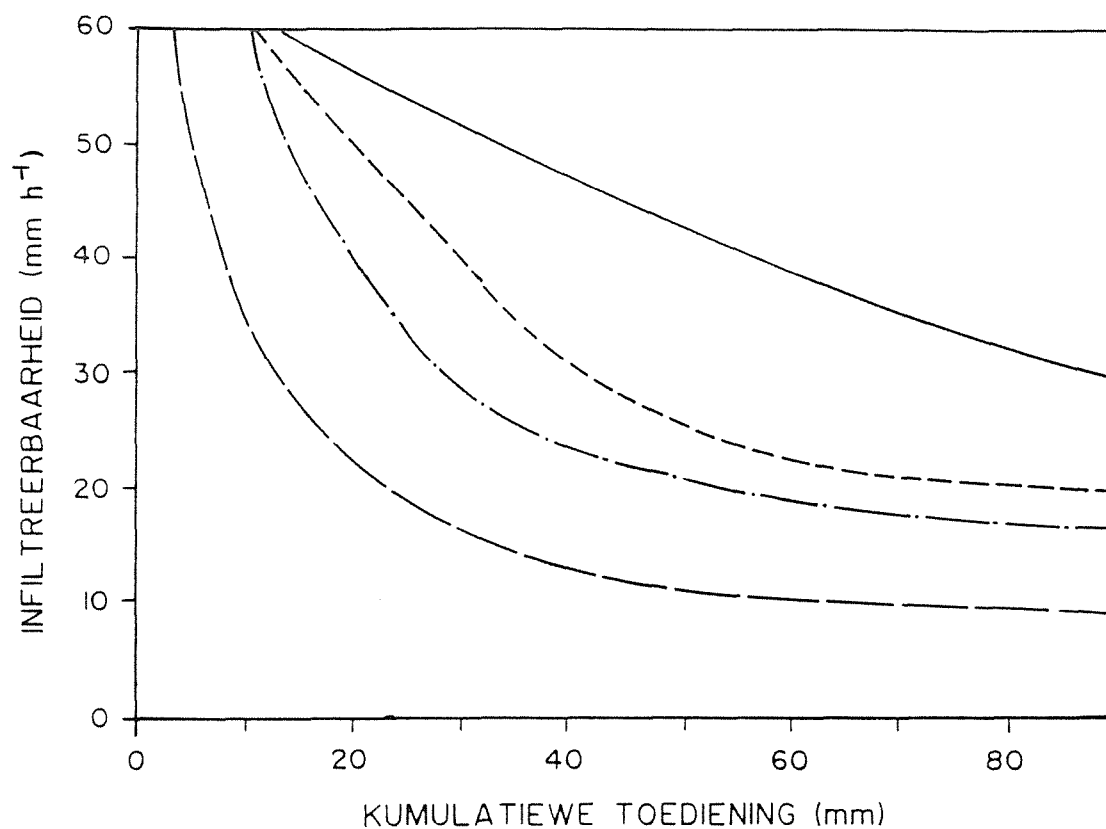
MONSTER No. 2



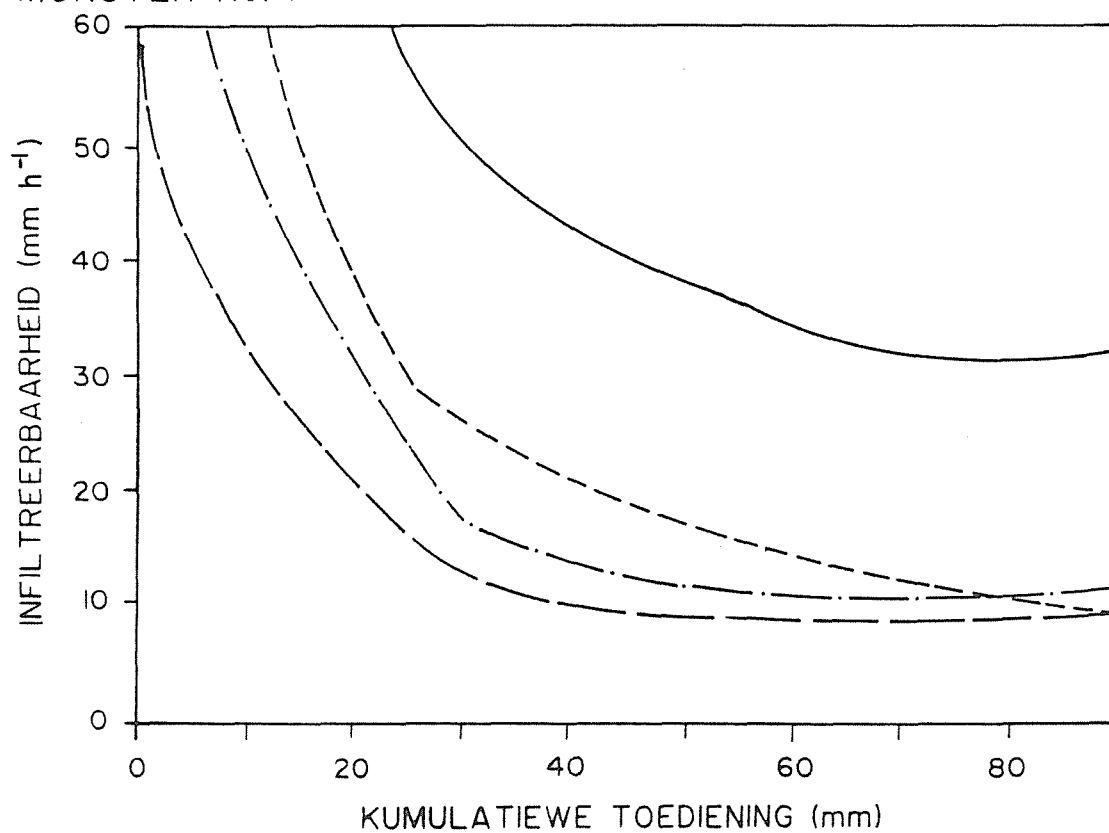
Verklaring

- 0,3 meter valhoogte
- - - 1,0 meter valhoogte
- · - · - 2,0 meter valhoogte
- — — 3,0 meter valhoogte

MONSTER No. 3



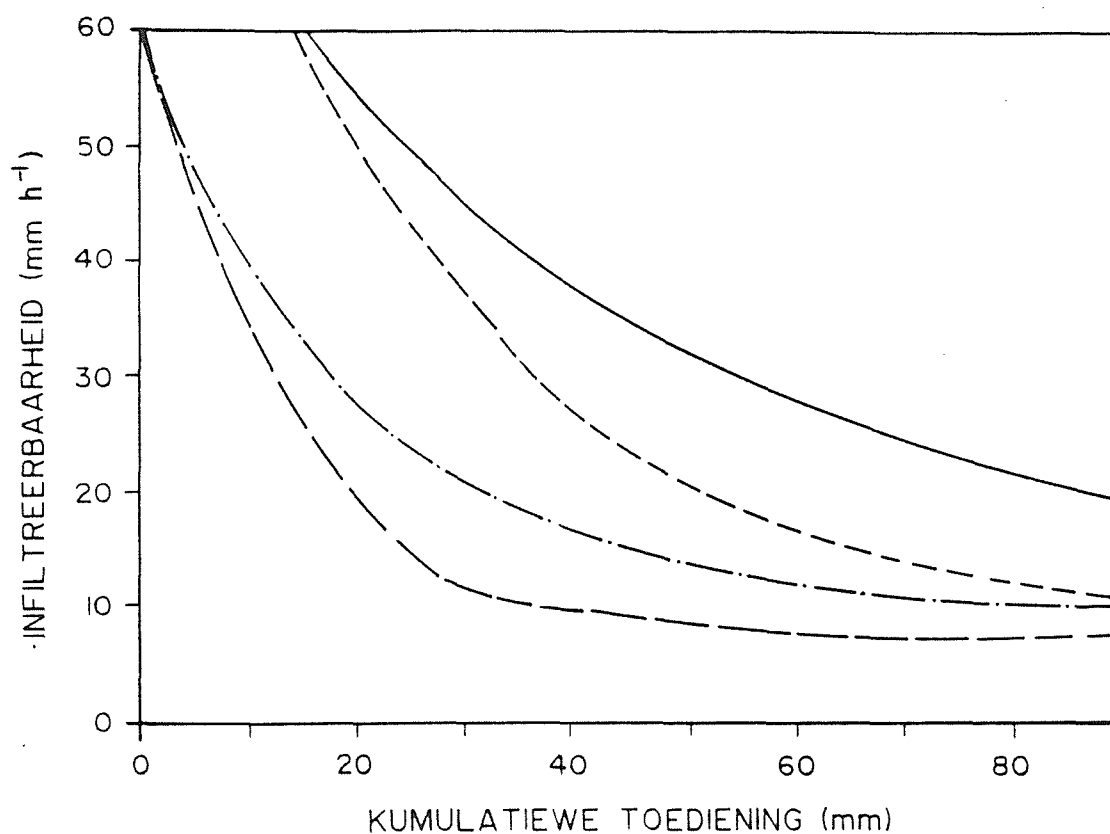
MONSTER No. 4



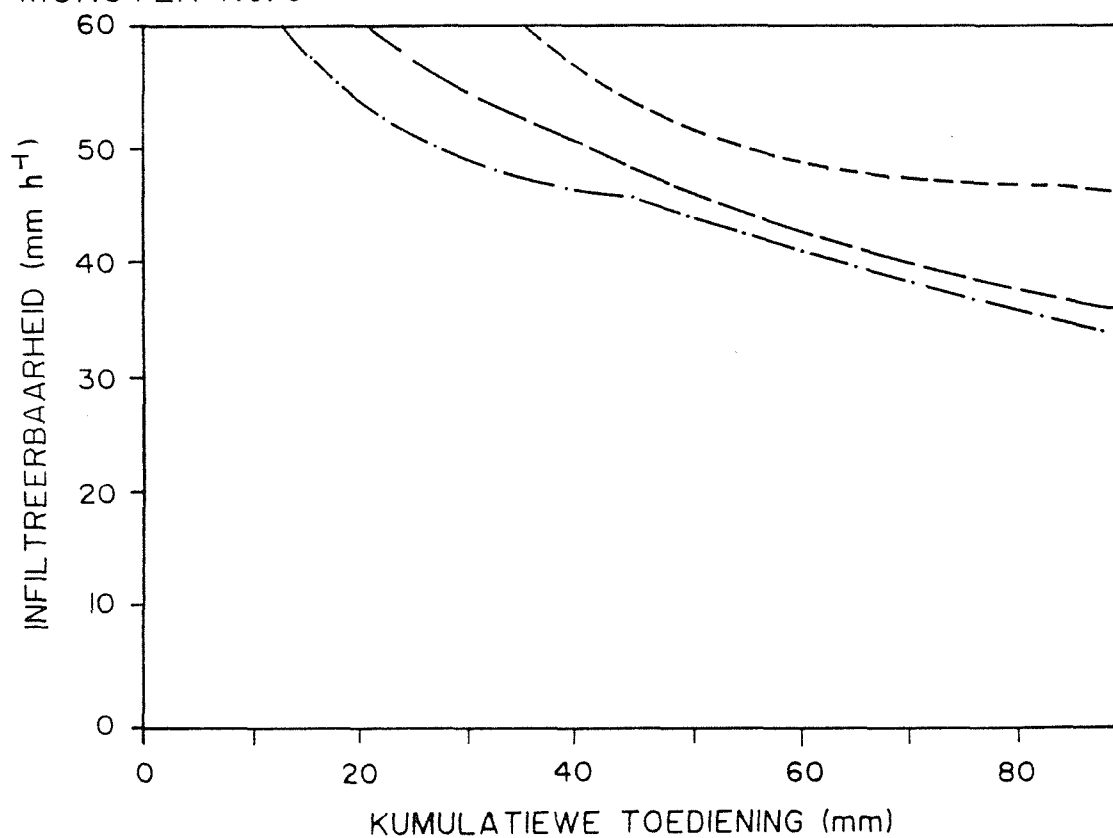
Verklaring

- 0,3 meter valhoogte
- - - 1,0 meter valhoogte
- · - · - 2,0 meter valhoogte
- — — 3,0 meter valhoogte

MONSTER No. 5



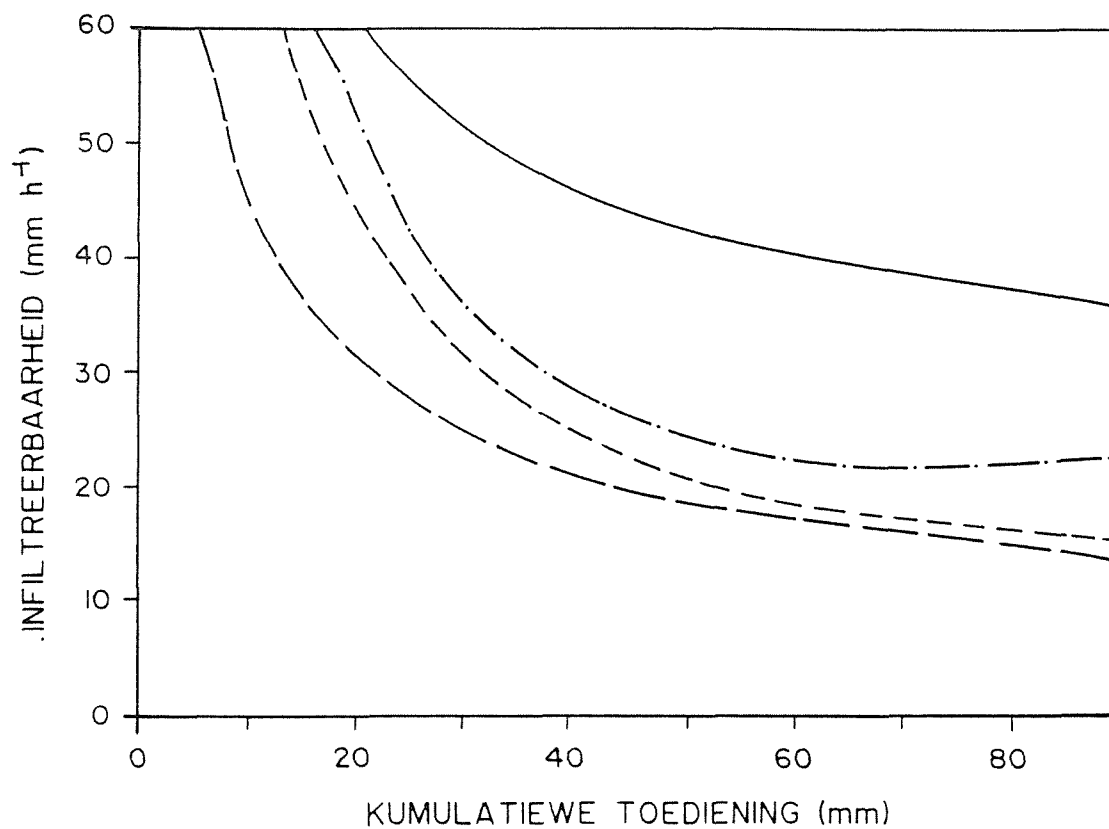
MONSTER No. 6



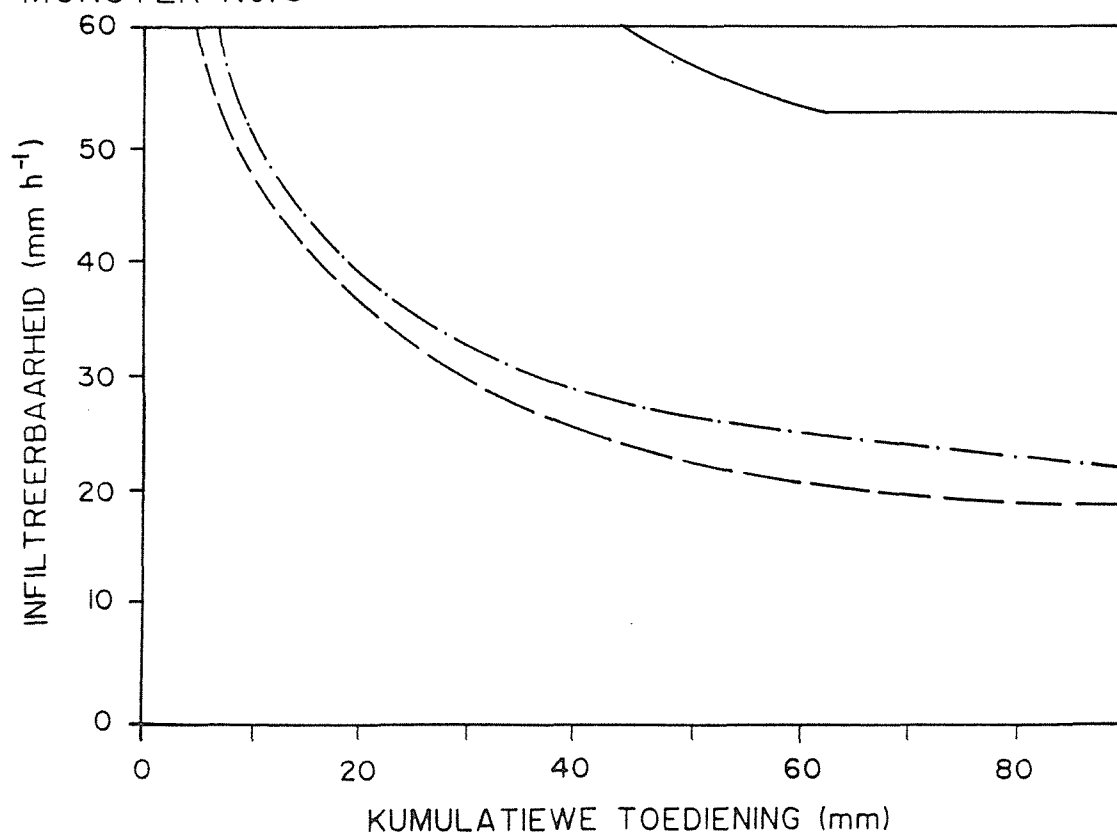
Verklaring

- 0,3 meter valhoogte
- 1,0 meter valhoogte
- · - · - 2,0 meter valhoogte
- — — 3,0 meter valhoogte

MONSTER No. 7



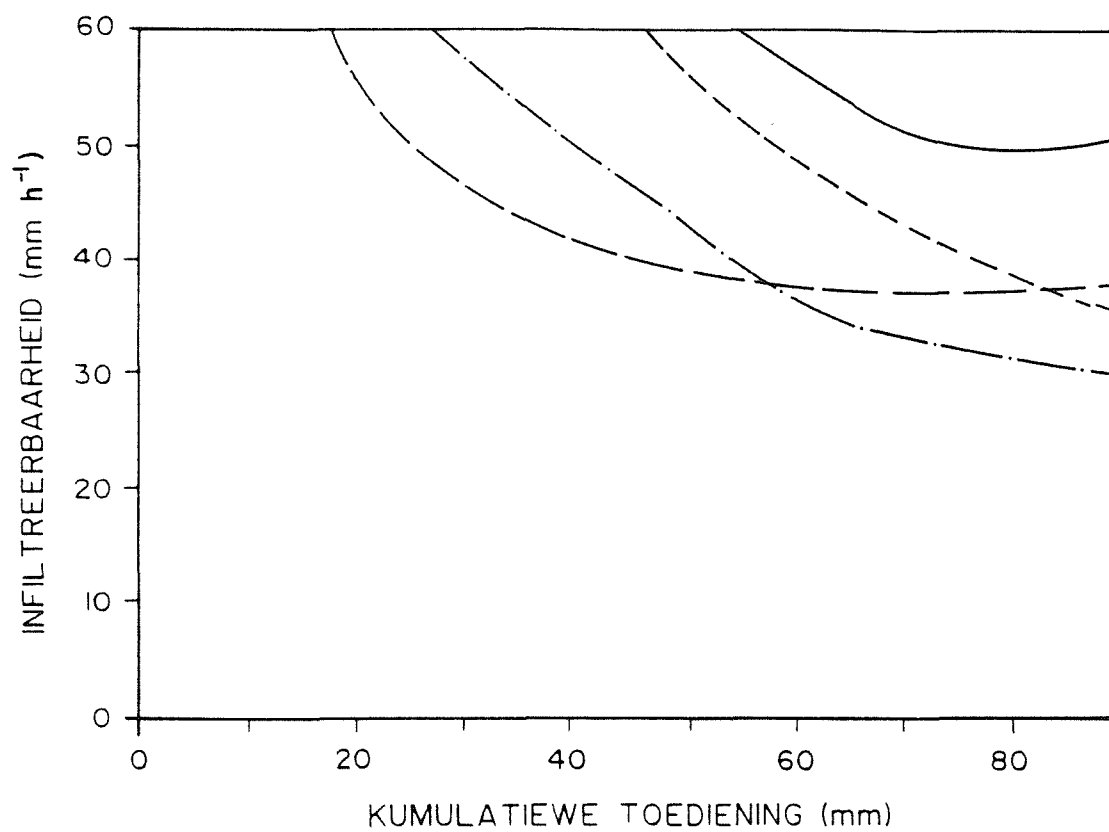
MONSTER No. 8



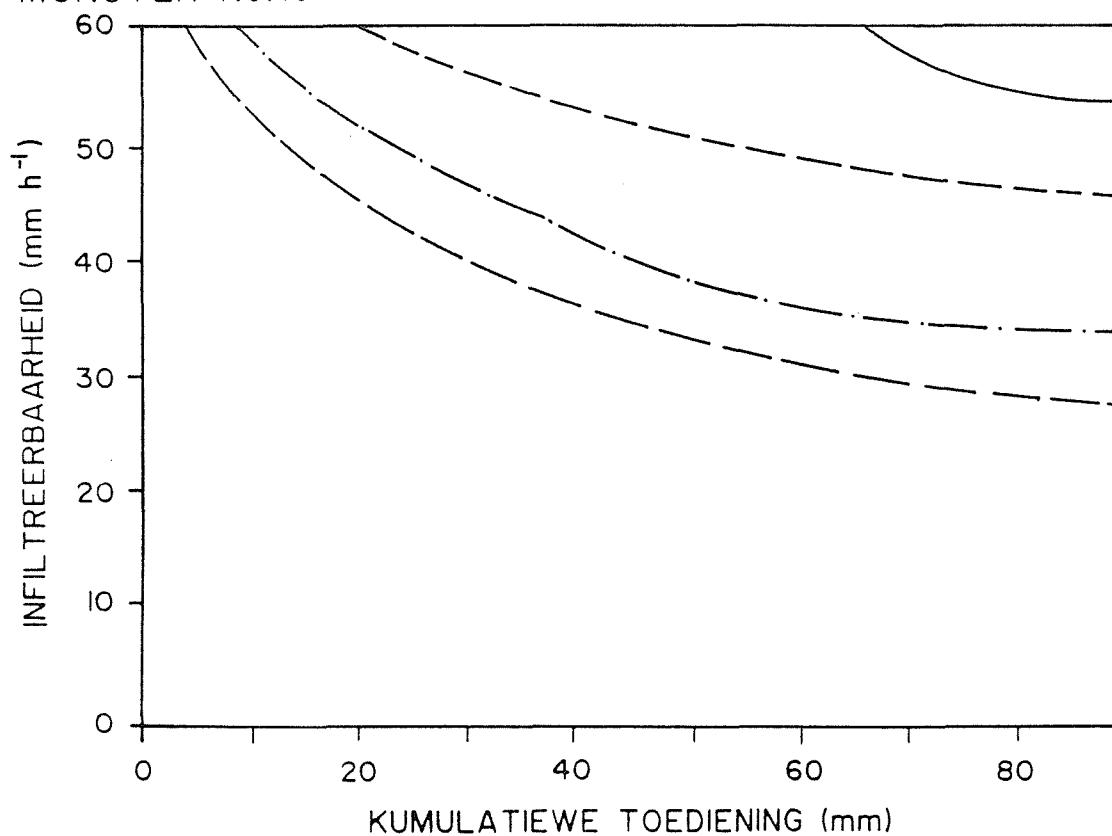
Verklaring

- 0,3 meter valhoogte
- - - 1,0 meter valhoogte
- · - 2,0 meter valhoogte
- — — 3,0 meter valhoogte

MONSTER No. 9



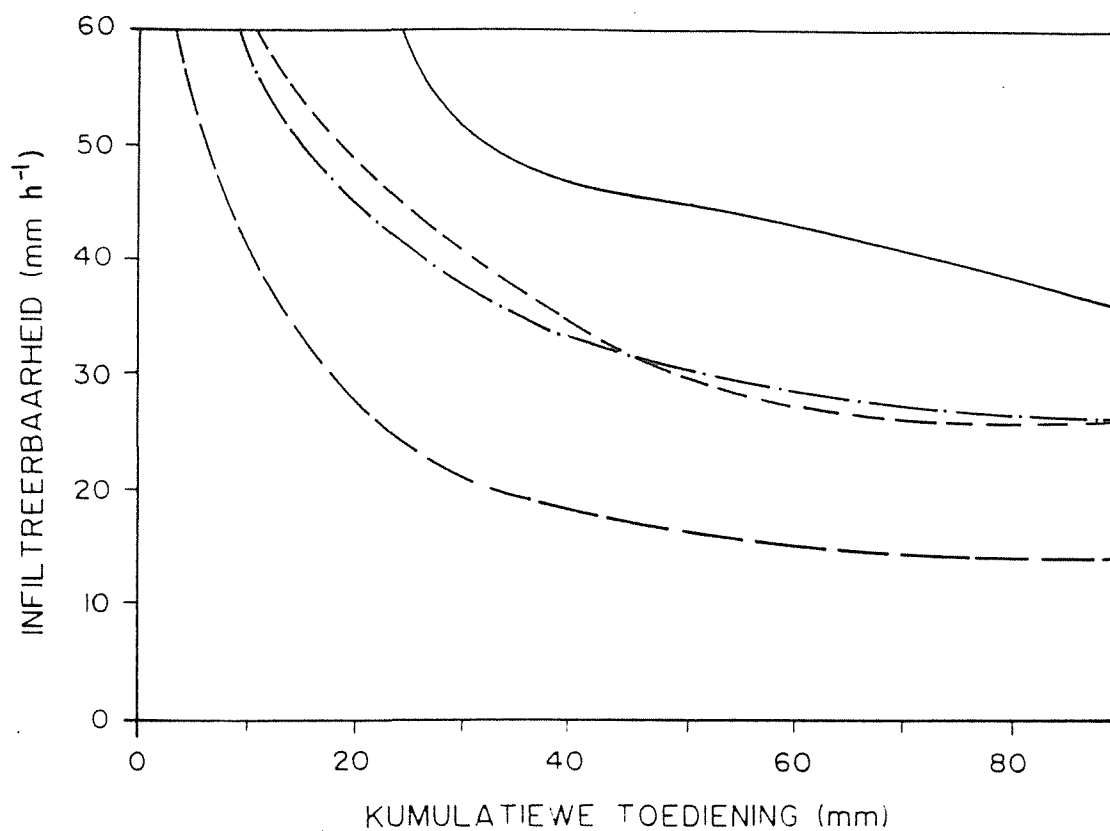
MONSTER No. 10



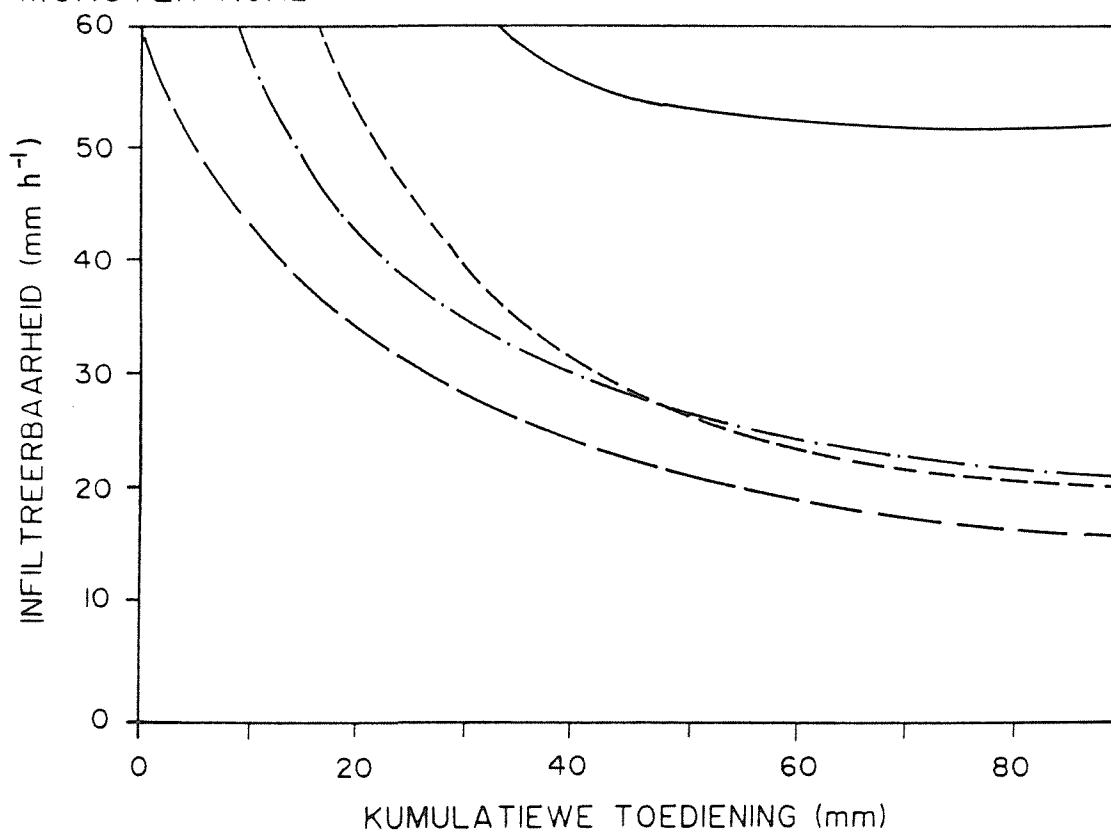
Verklaring

- 0,3 meter valhoogte
- - - - 1,0 meter valhoogte
- · - · 2,0 meter valhoogte
- — — 3,0 meter valhoogte

MONSTER No. II



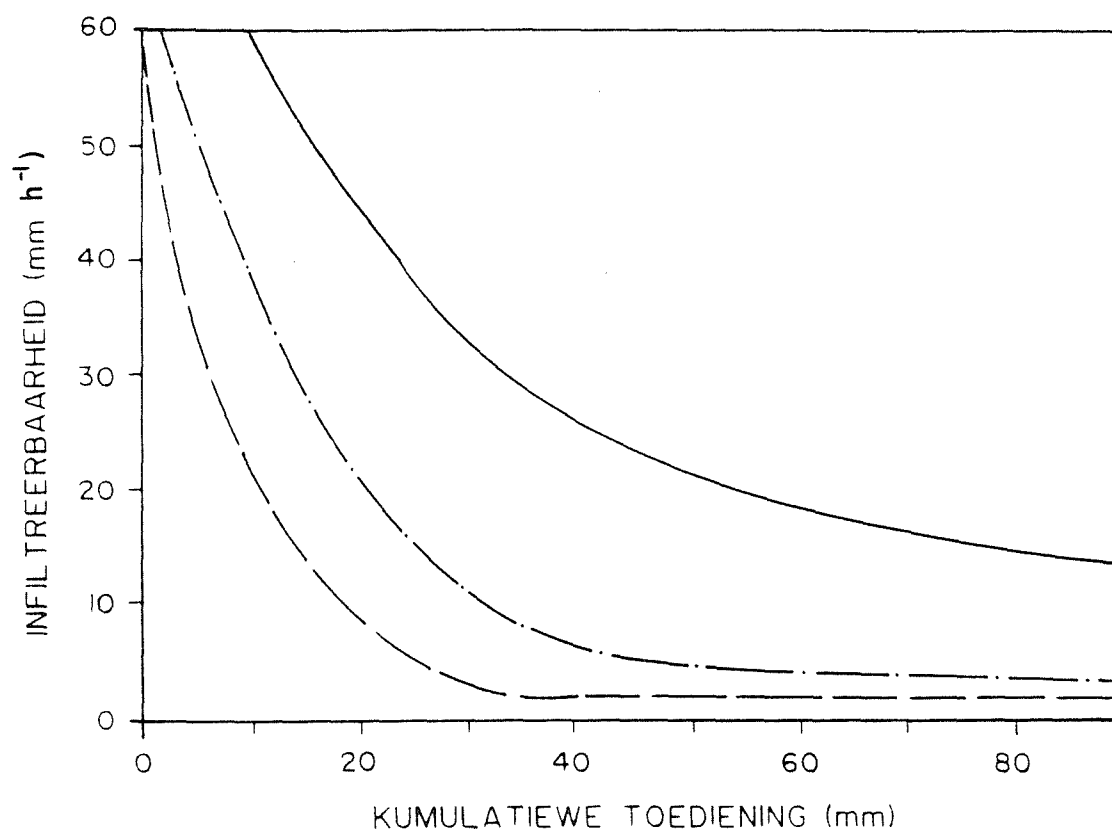
MONSTER No. 12



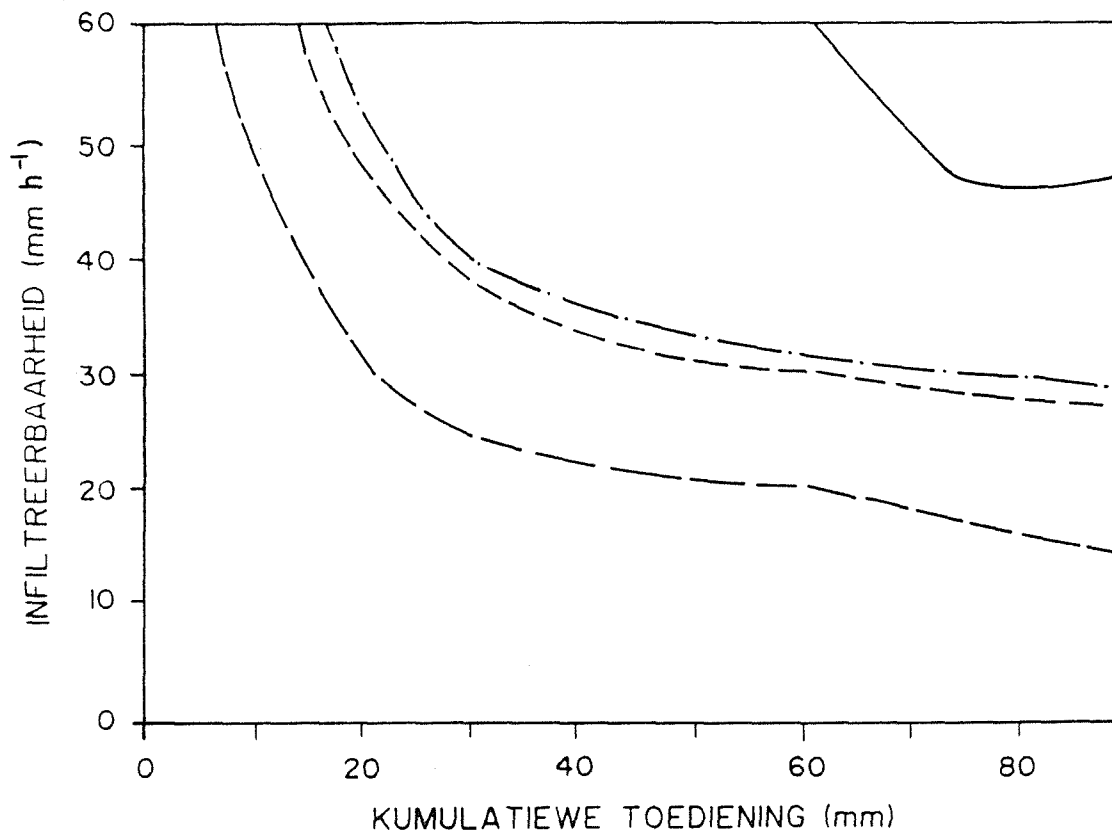
Verklaring

- 0,3 meter valhoogte
- - - - - 1,0 meter valhoogte
- . - . - 2,0 meter valhoogte
- — — — 3,0 meter valhoogte

MONSTER No.13



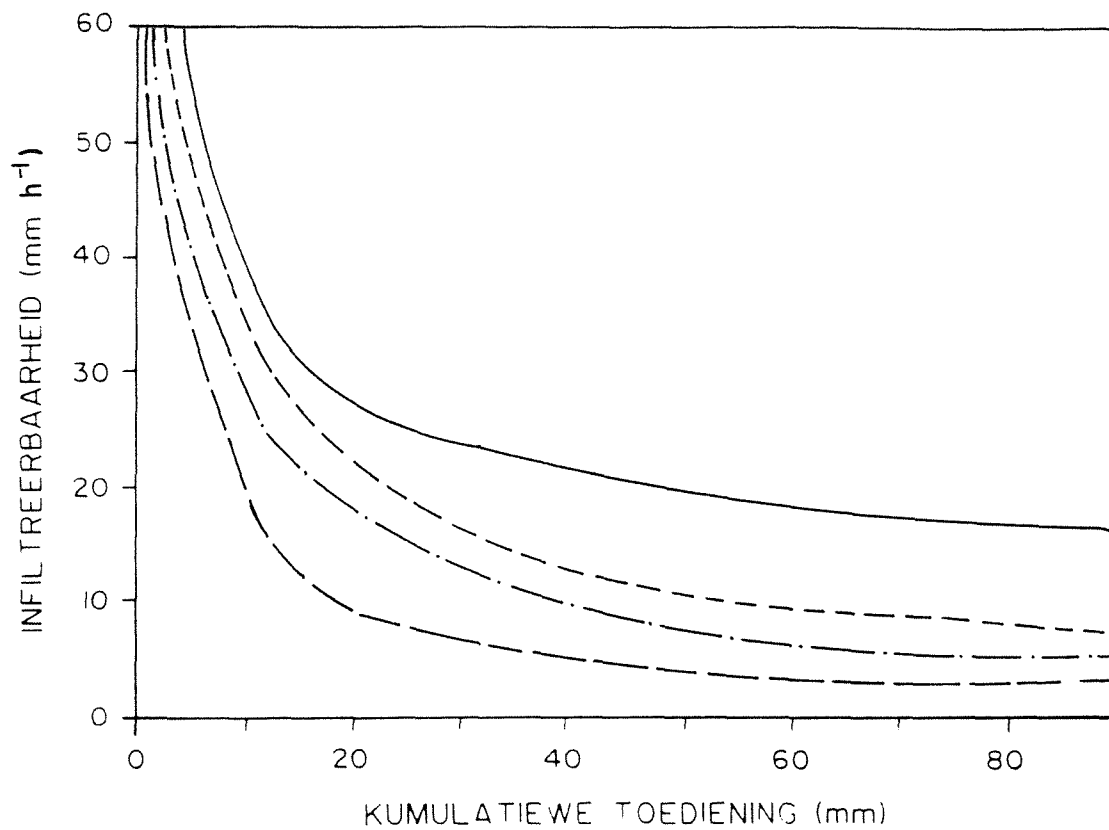
MONSTER No.14



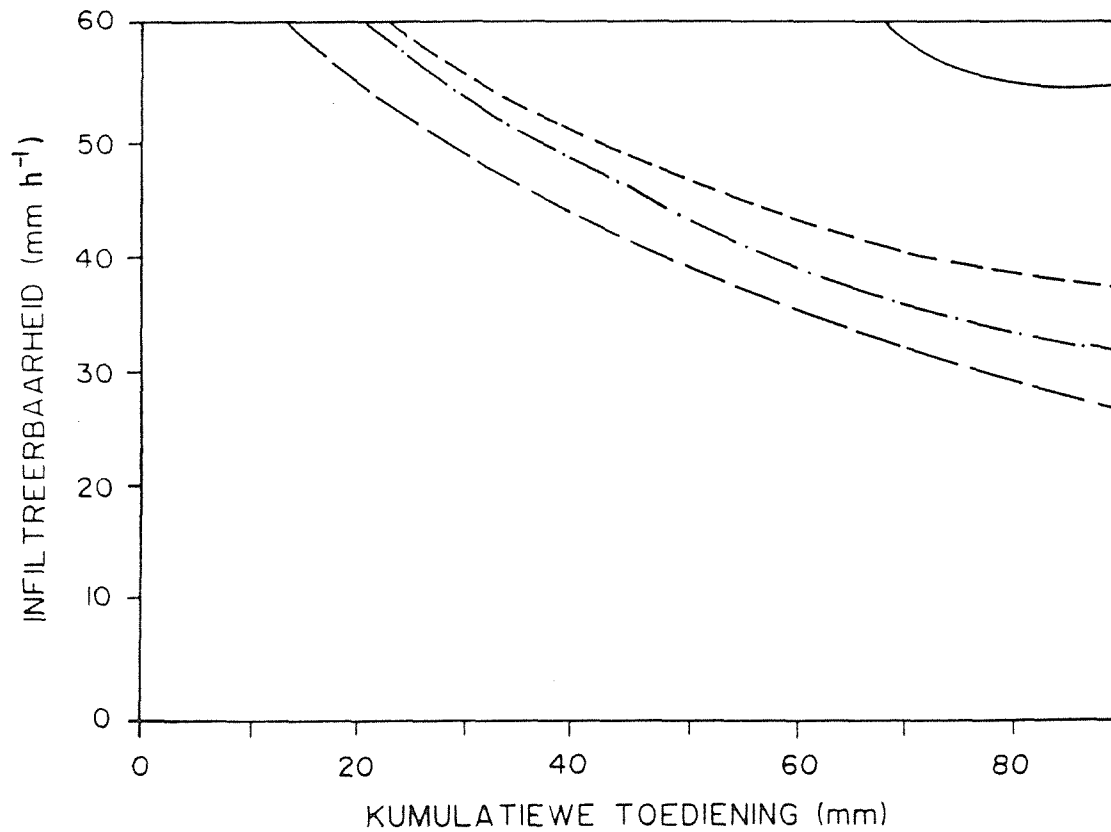
Verklaring

- 0,3 meter valhoogte
- - - - 1,0 meter valhoogte
- . - . 2,0 meter valhoogte
- — — 3,0 meter valhoogte

MONSTER No.15



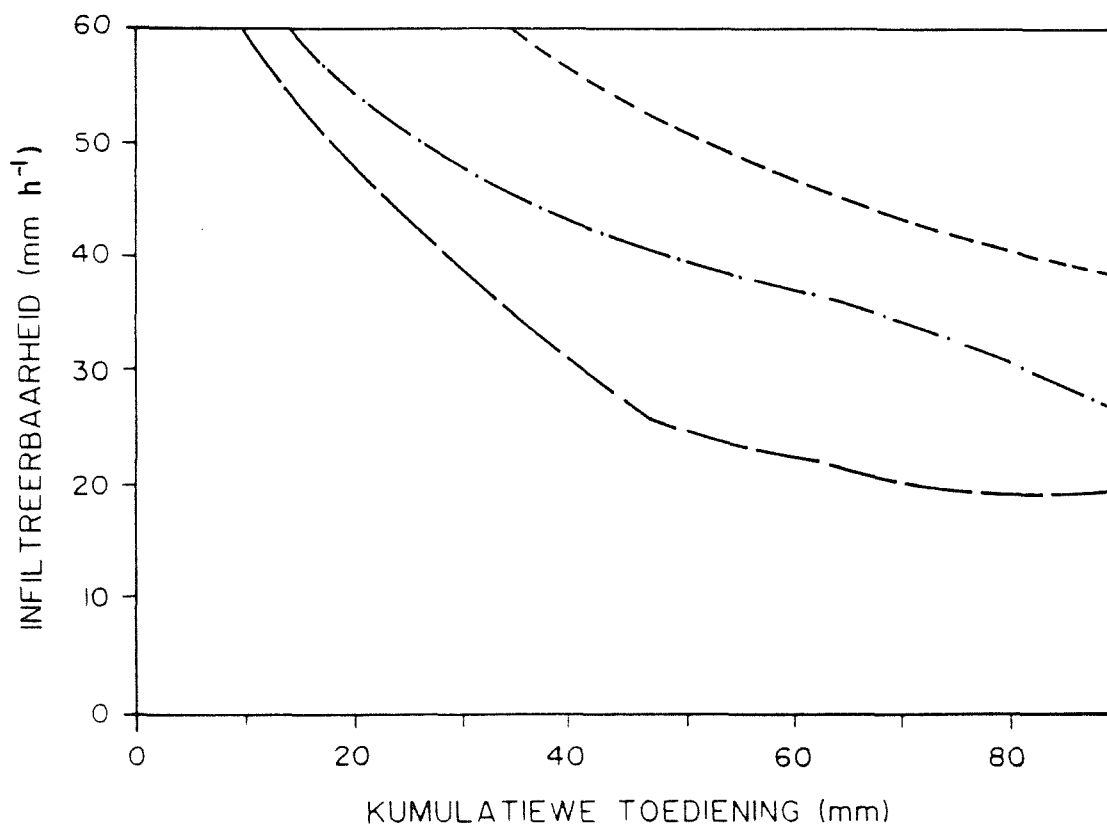
MONSTER No.16



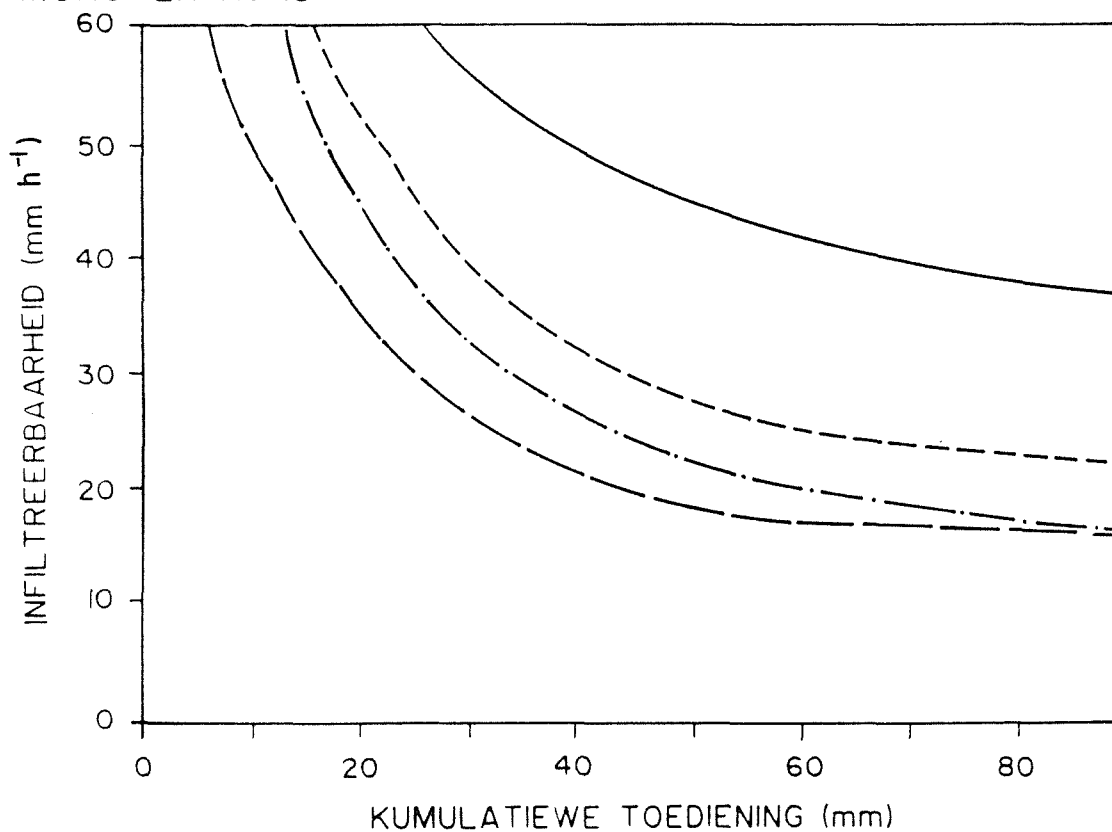
Verklaring

- 0,3 meter valhoogte
- 1,0 meter valhoogte
- . - . - 2,0 meter valhoogte
- — — — 3,0 meter valhoogte

MONSTER No.17



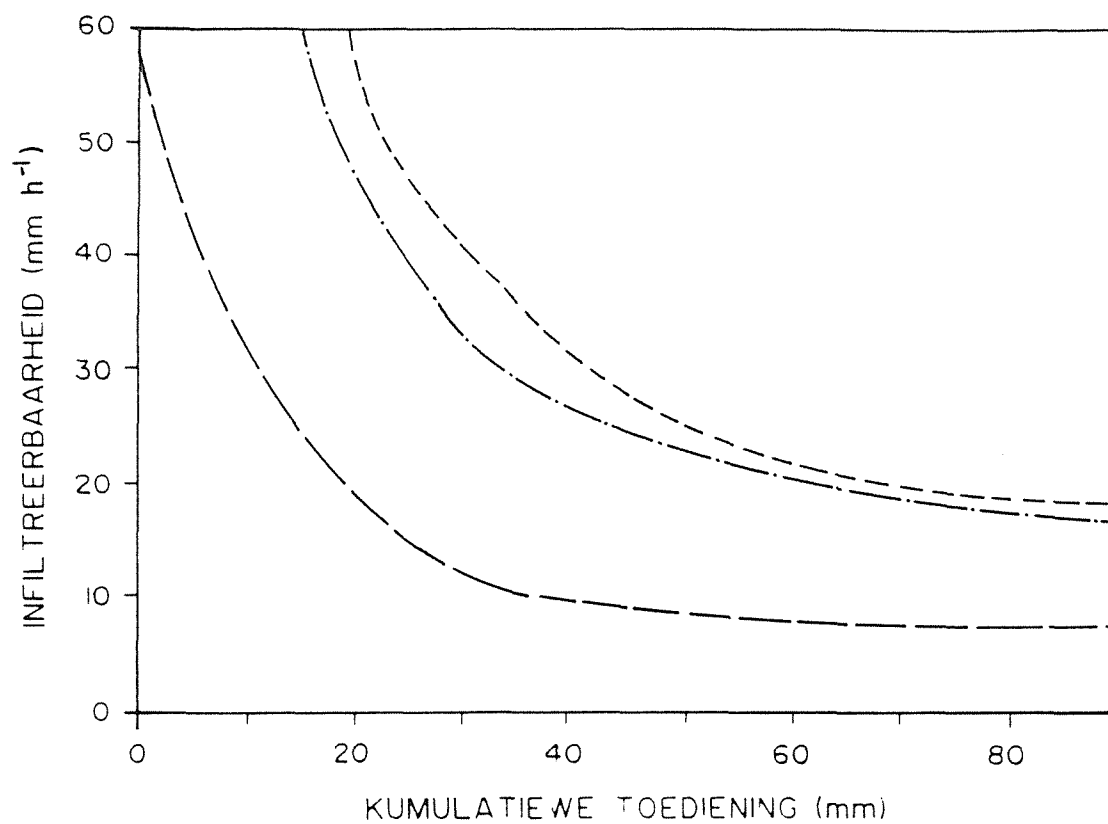
MONSTER No.18



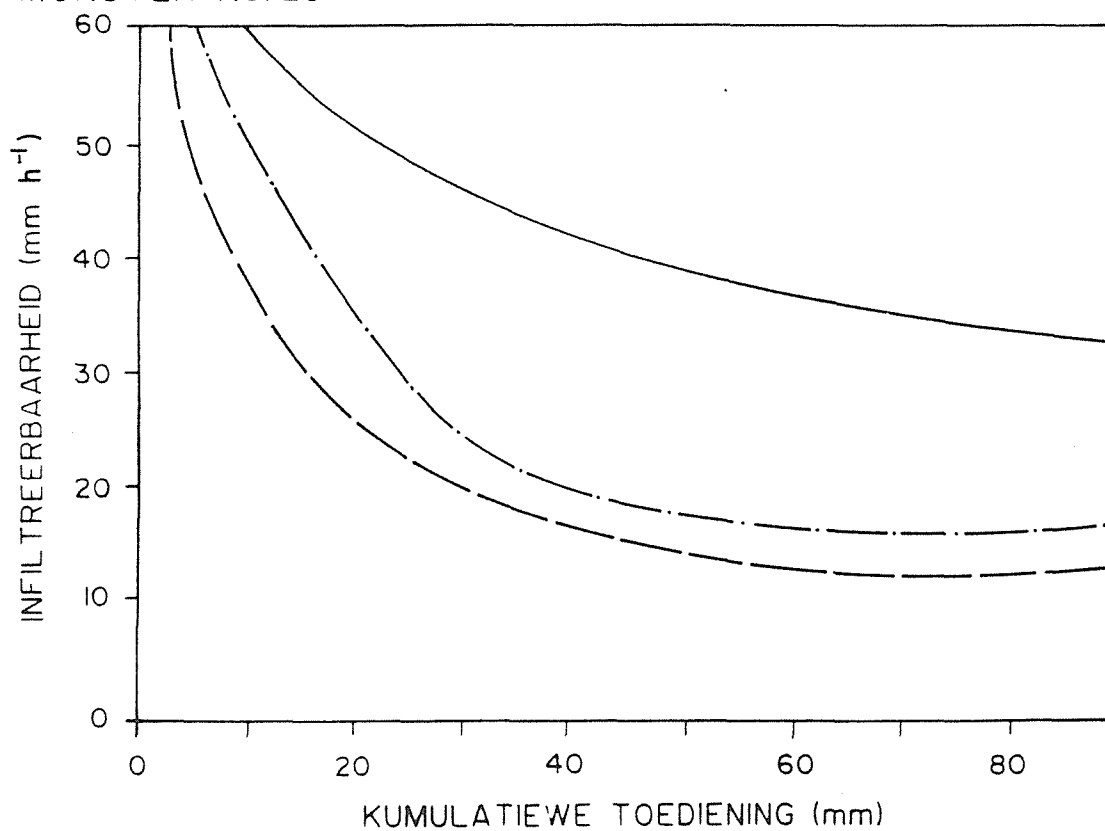
Verklaring

- 0,3 meter valhoogte
- - - - - 1,0 meter valhoogte
- . - . - 2,0 meter valhoogte
- — — — 3,0 meter valhoogte

MONSTER No. 19



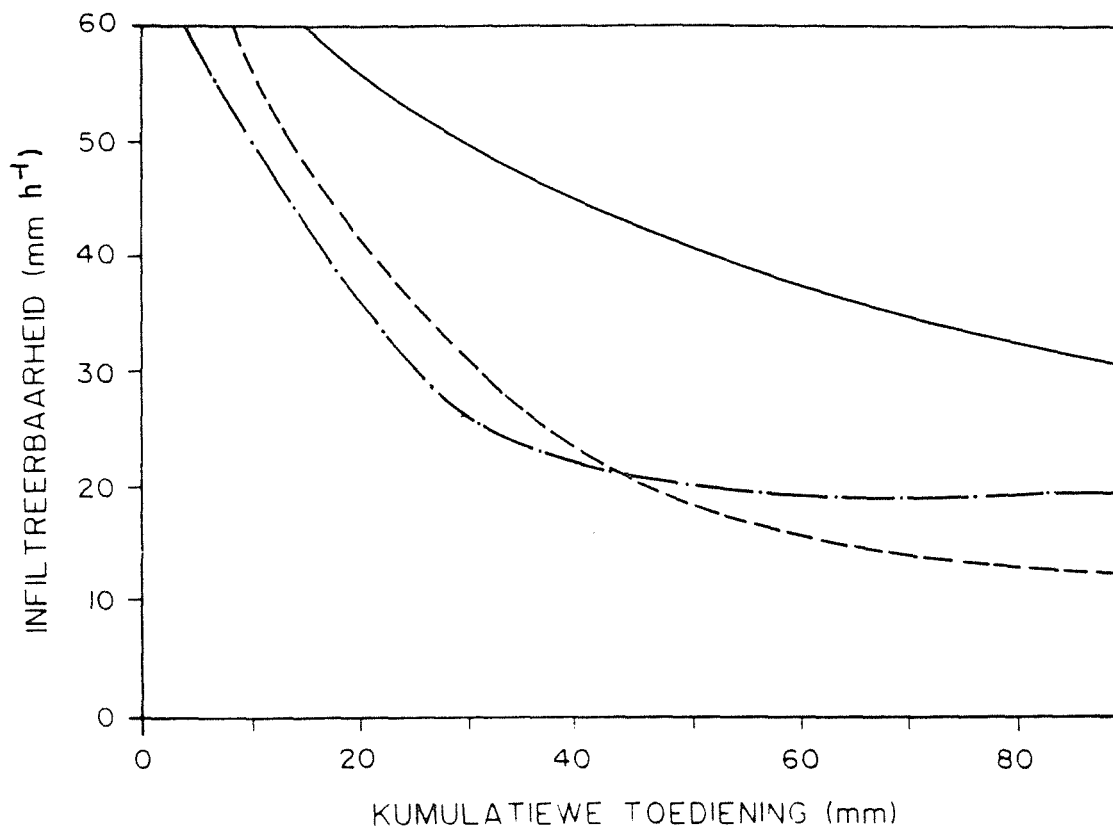
MONSTER No. 20



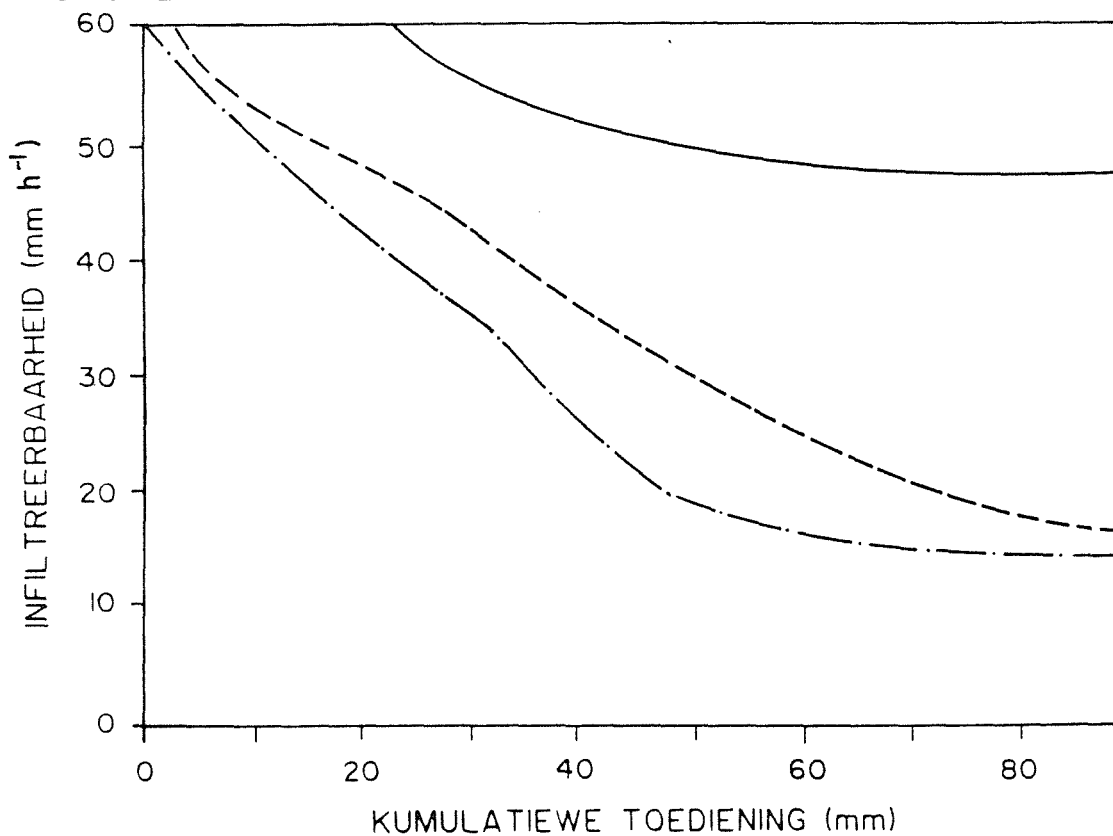
Verklaring

- 0,3 meter valhoogte
- - - 1,0 meter valhoogte
- · - 2,0 meter valhoogte
- — — 3,0 meter valhoogte

MONSTER No. 23



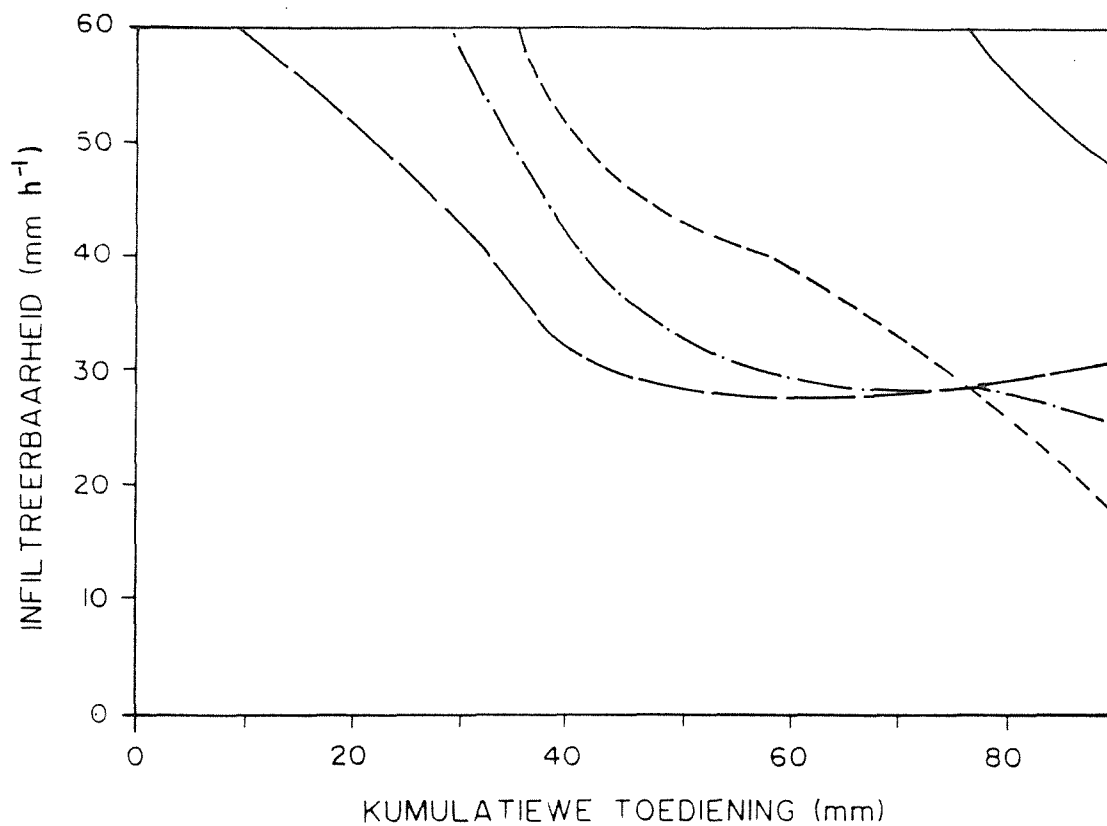
MONSTER No. 24



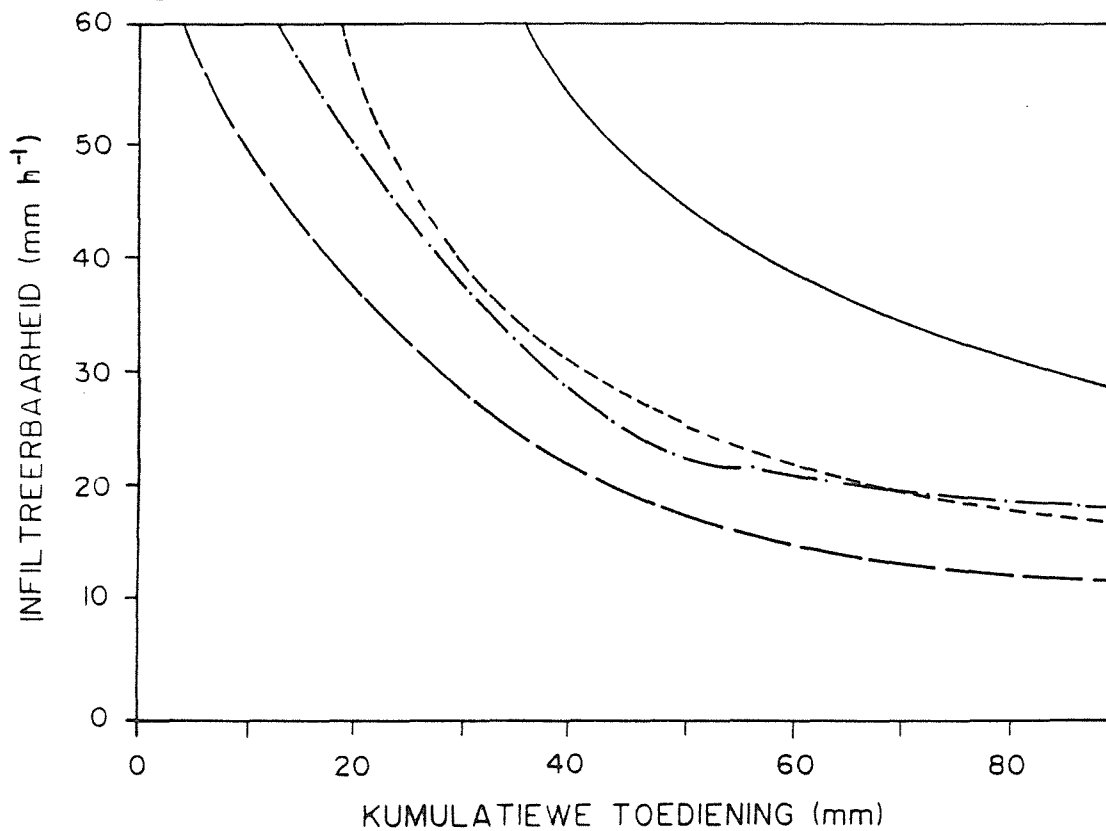
Verklaring

- 0,3 meter valhoogte
- - - 1,0 meter valhoogte
- · - 2,0 meter valhoogte
- 3,0 meter valhoogte

MONSTER No. 25



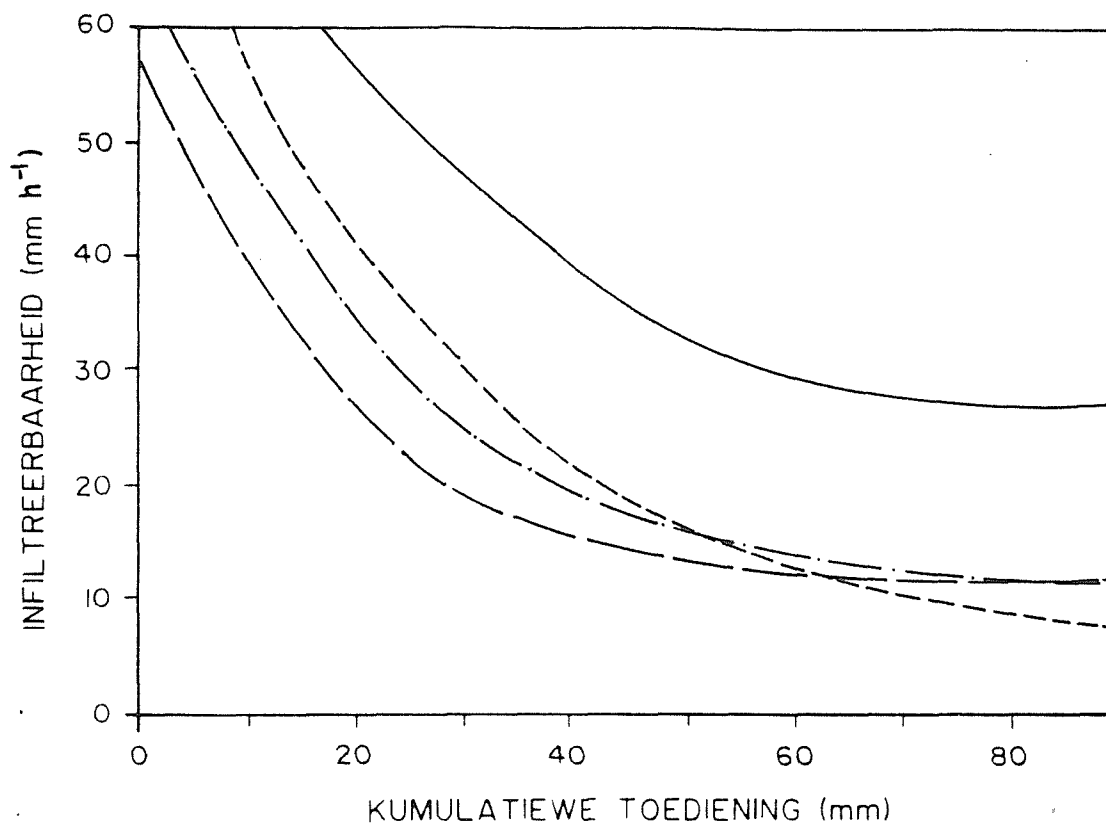
MONSTER No. 28



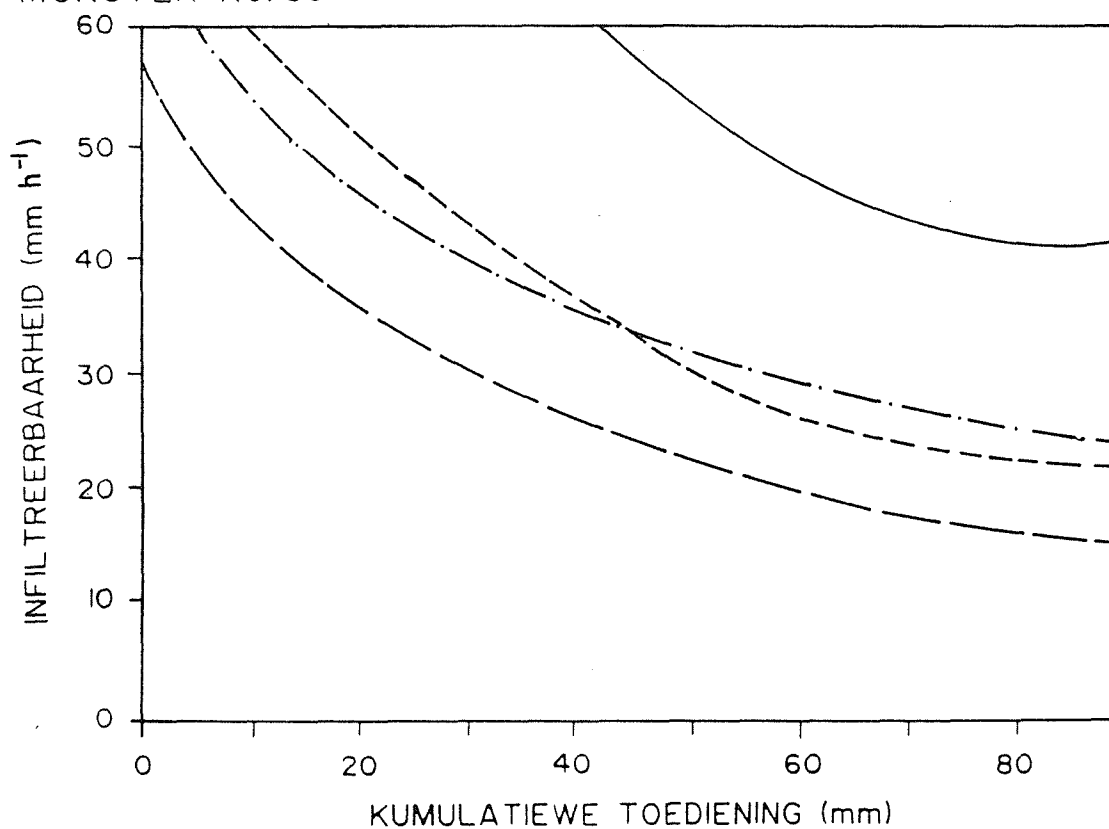
Verklaring

- 0,3 meter valhoogte
- - - 1,0 meter valhoogte
- · - 2,0 meter valhoogte
- - - 3,0 meter valhoogte

MONSTER No. 29



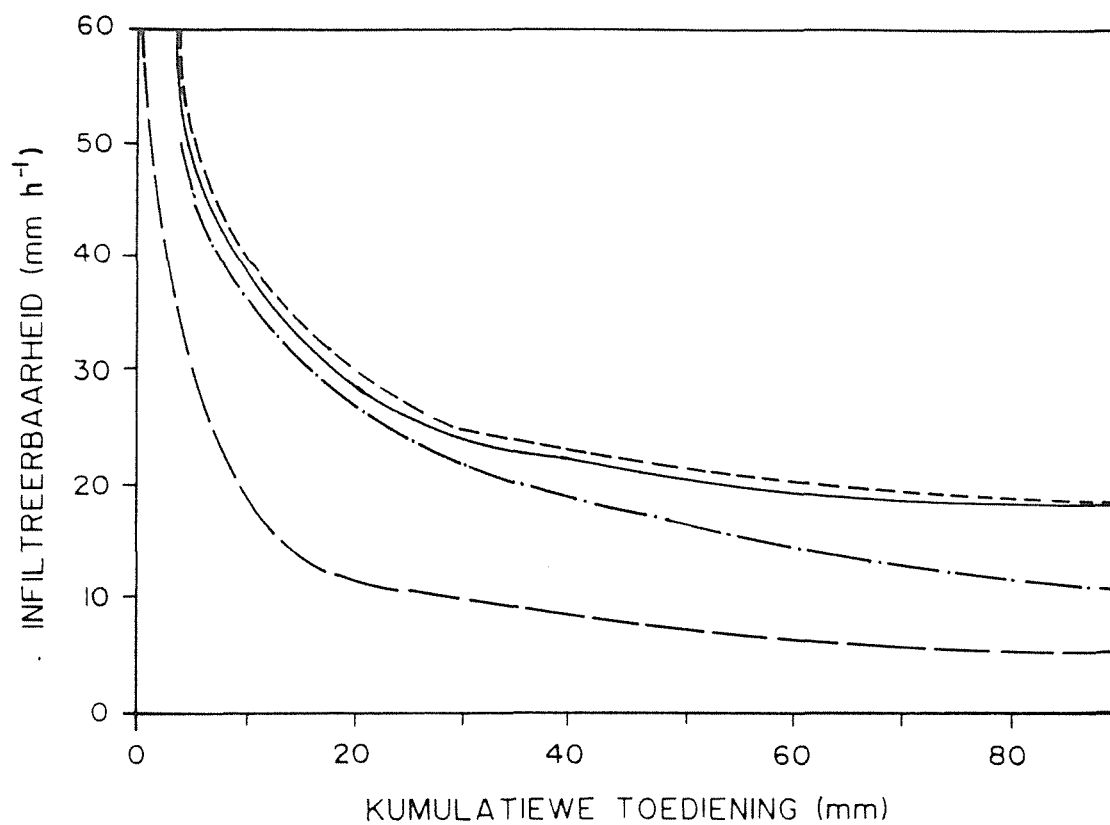
MONSTER No. 30



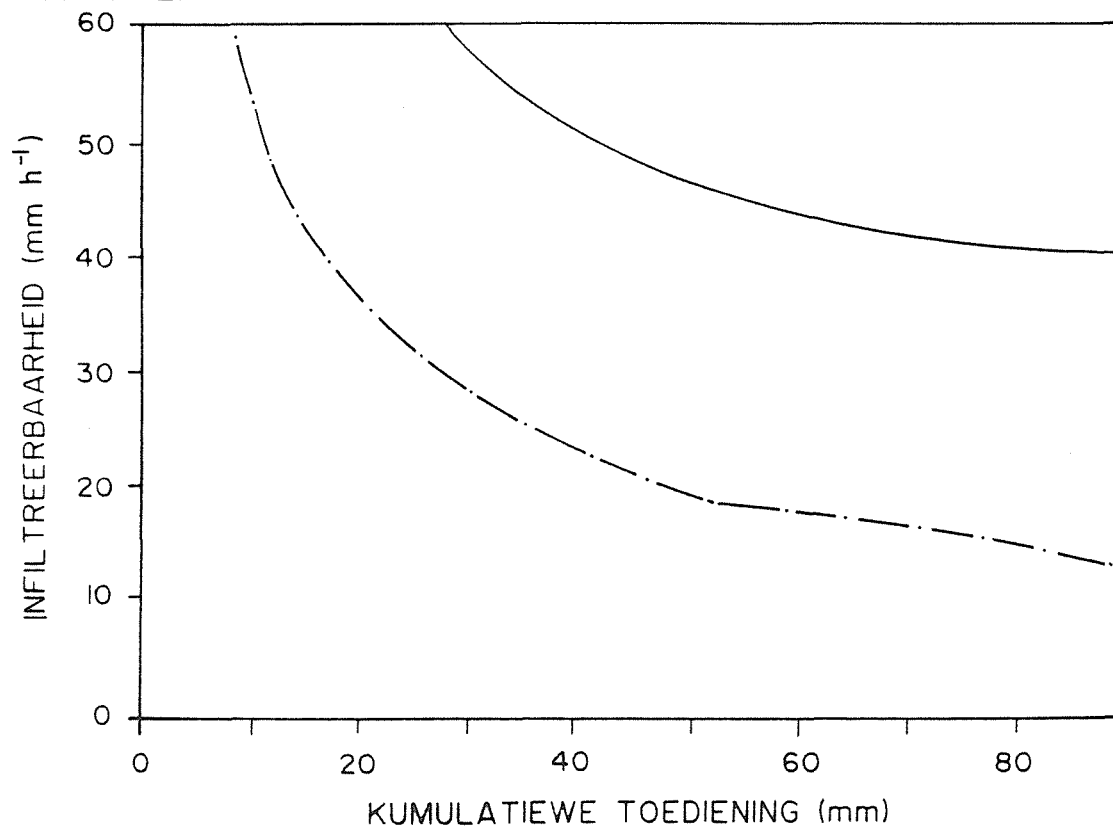
Verklaring

- 0,3 meter valhoogte
- 1,0 meter valhoogte
- · - 2,0 meter valhoogte
- — — 3,0 meter valhoogte

MONSTER No. 31



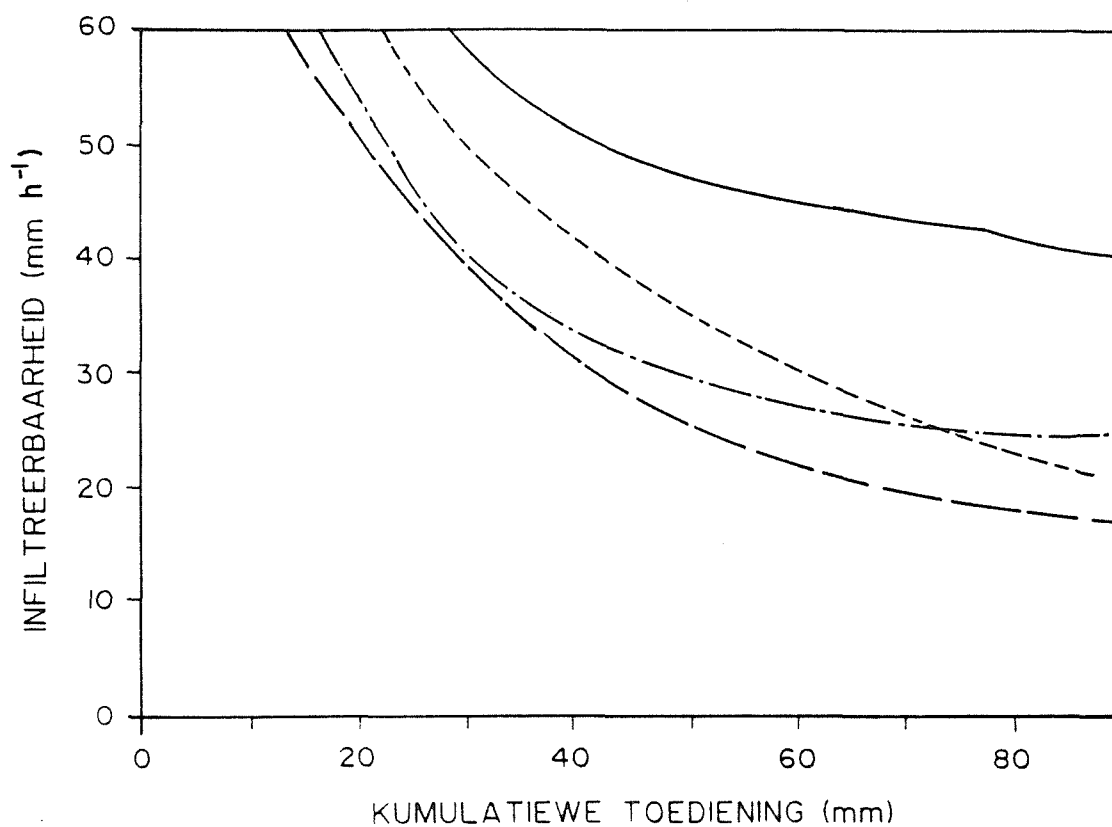
MONSTER No. 32



Verklaring

- 0,3 meter valhoogte
- - - 1,0 meter valhoogte
- . - 2,0 meter valhoogte
- 3,0 meter valhoogte

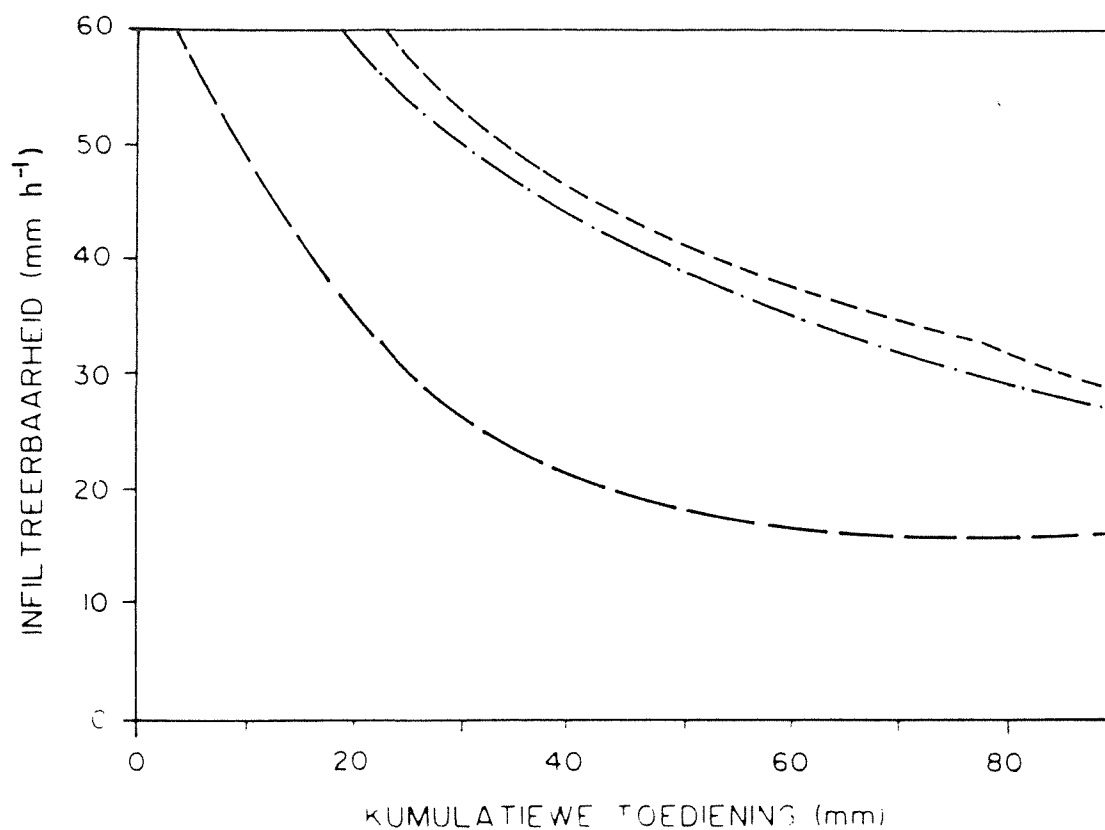
MONSTER No. 33



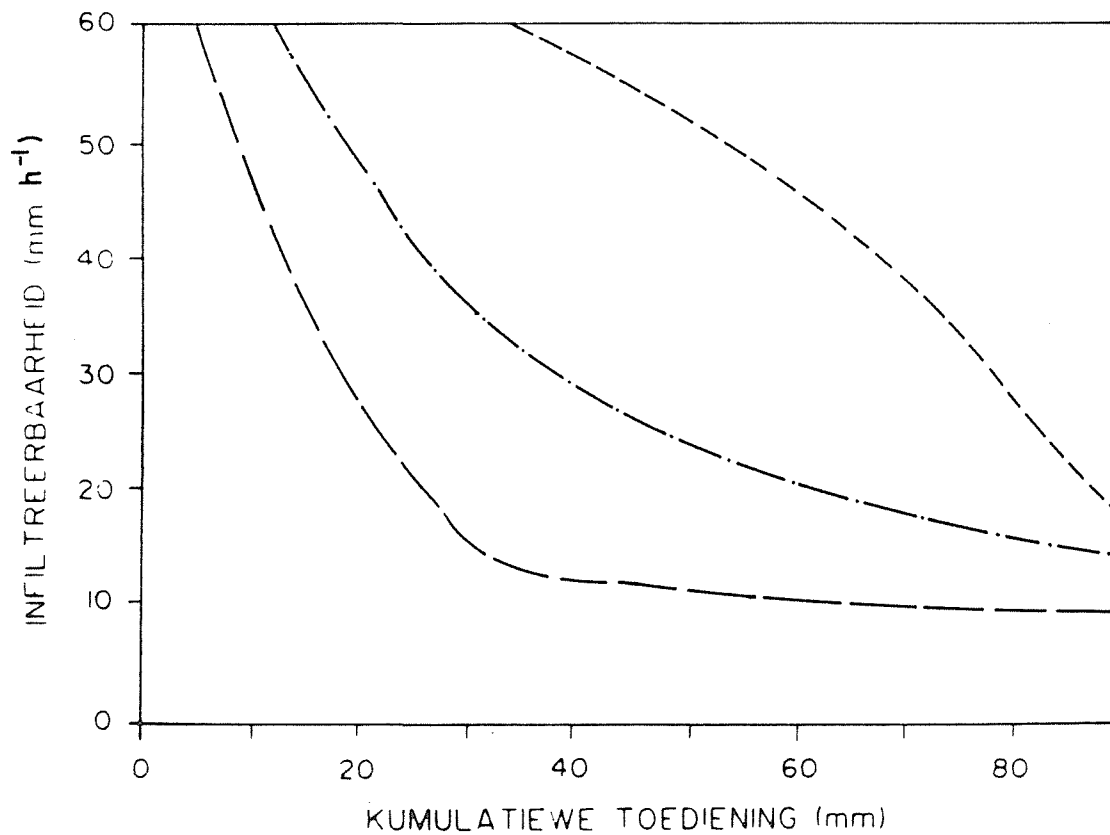
Verklaring

- 0,3 meter valhoogte
- - - - - 1,0 meter valhoogte
- . - . - 2,0 meter valhoogte
- — — — 3,0 meter valhoogte

MONSTER No. 35



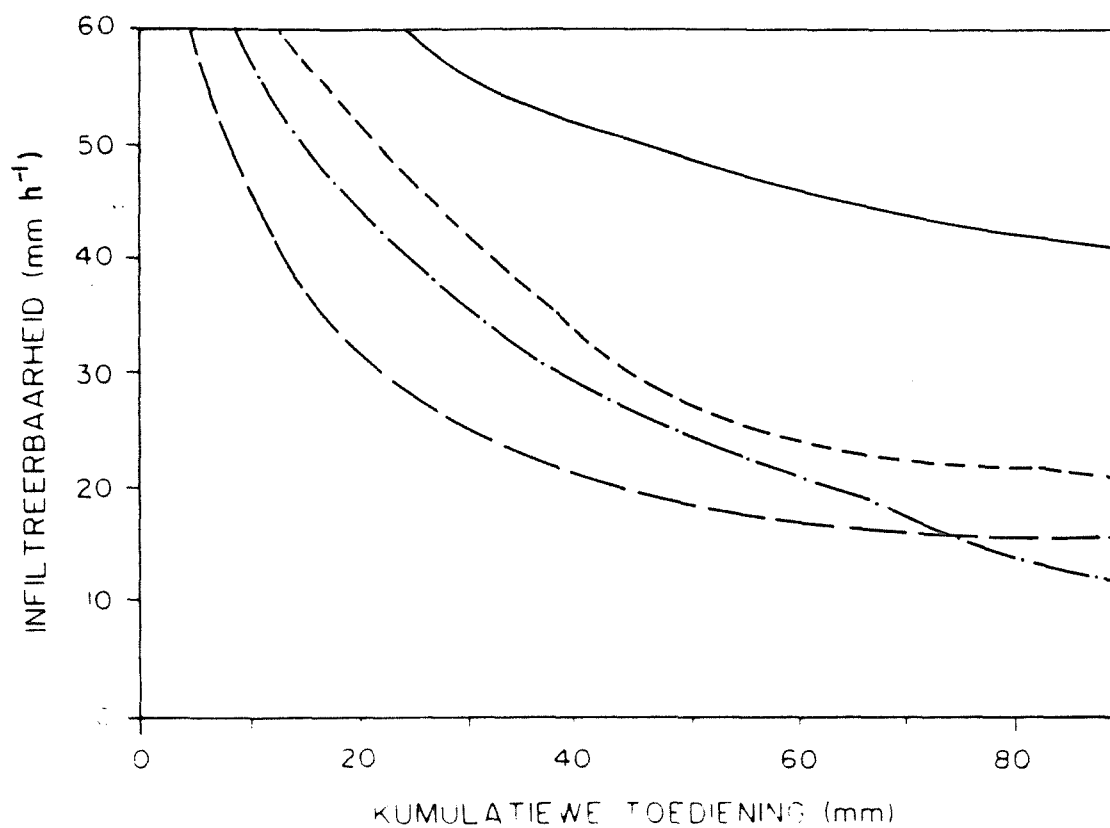
MONSTER No. 36



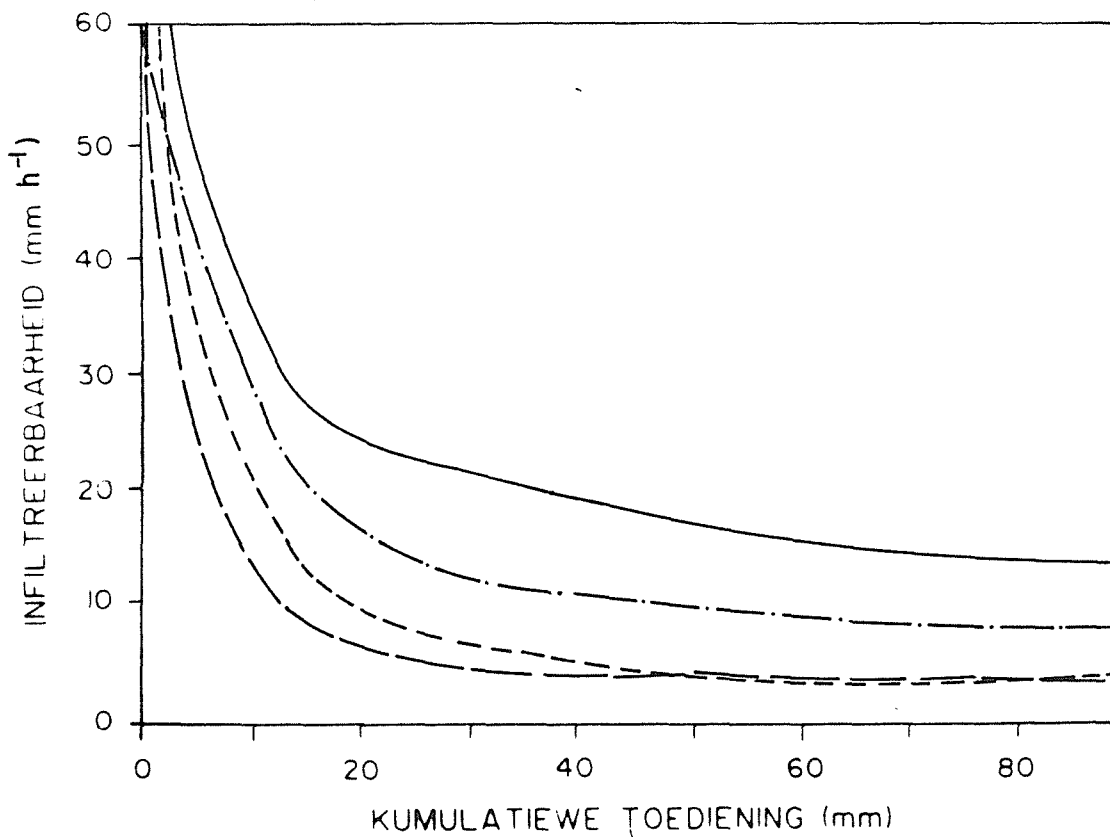
Verklaring

- 0,3 meter valhoogte
- - - 1,0 meter valhoogte
- . - 2,0 meter valhoogte
- - - 3,0 meter valhoogte

MONSTER No. 37



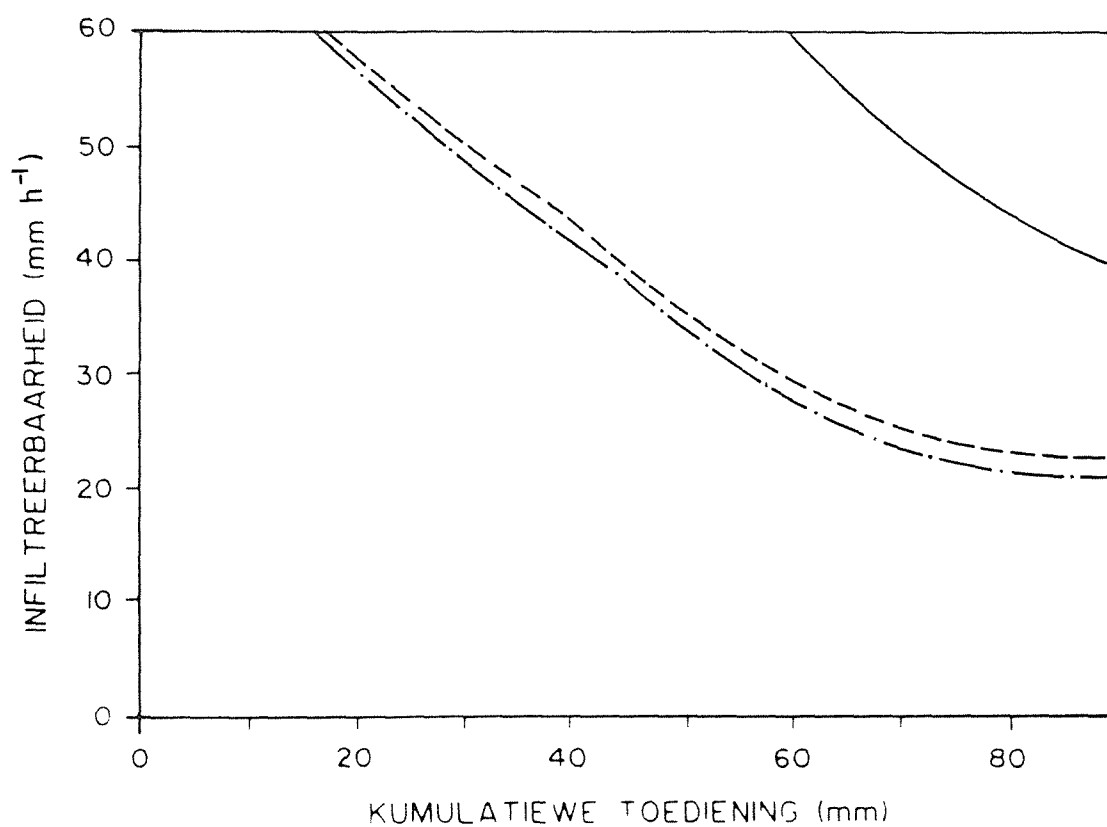
MONSTER No. 38



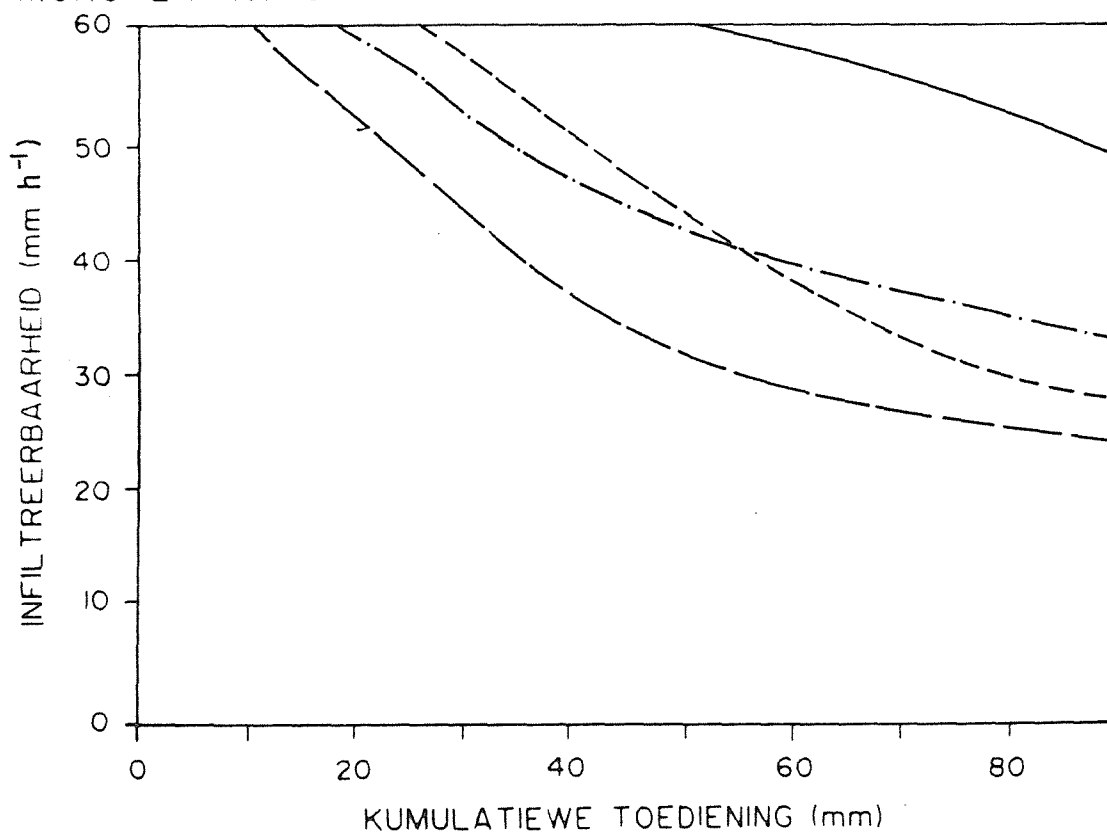
Verklaring

- 0,3 meter valhoogte
- - - 1,0 meter valhoogte
- . - 2,0 meter valhoogte
- - - 3,0 meter valhoogte

MONSTER No. 39



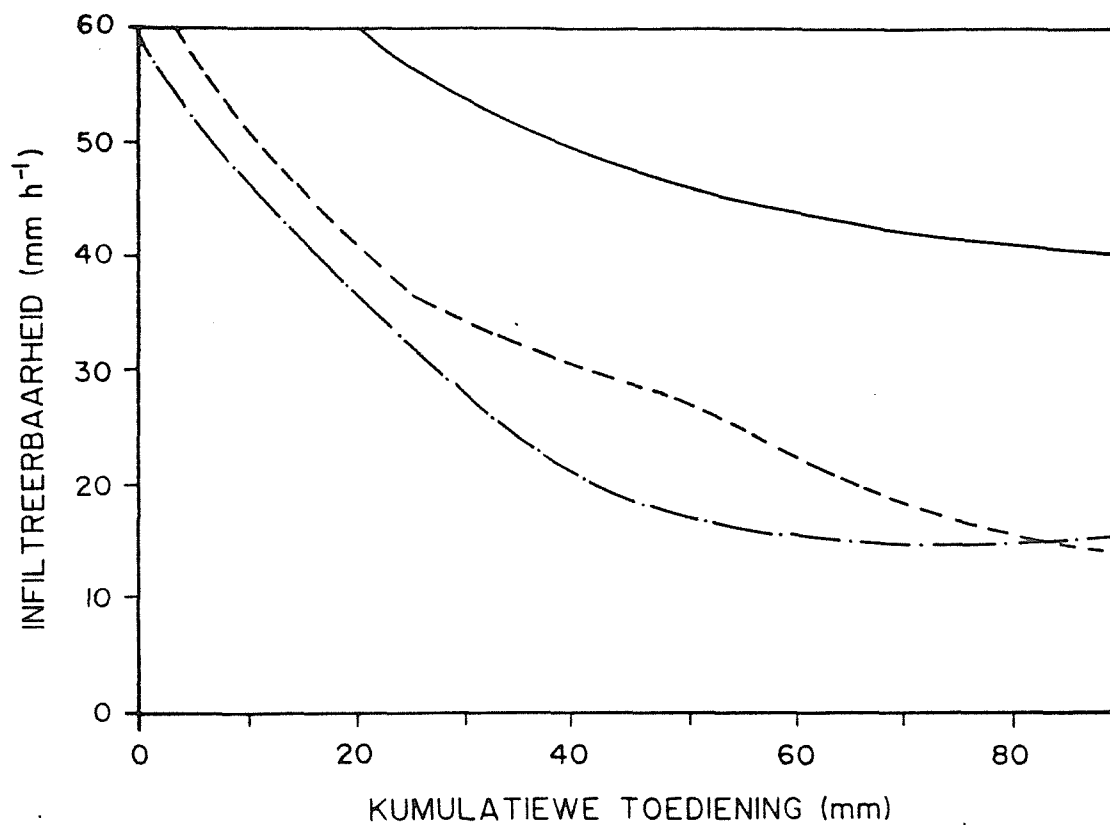
MONSTER No. 40



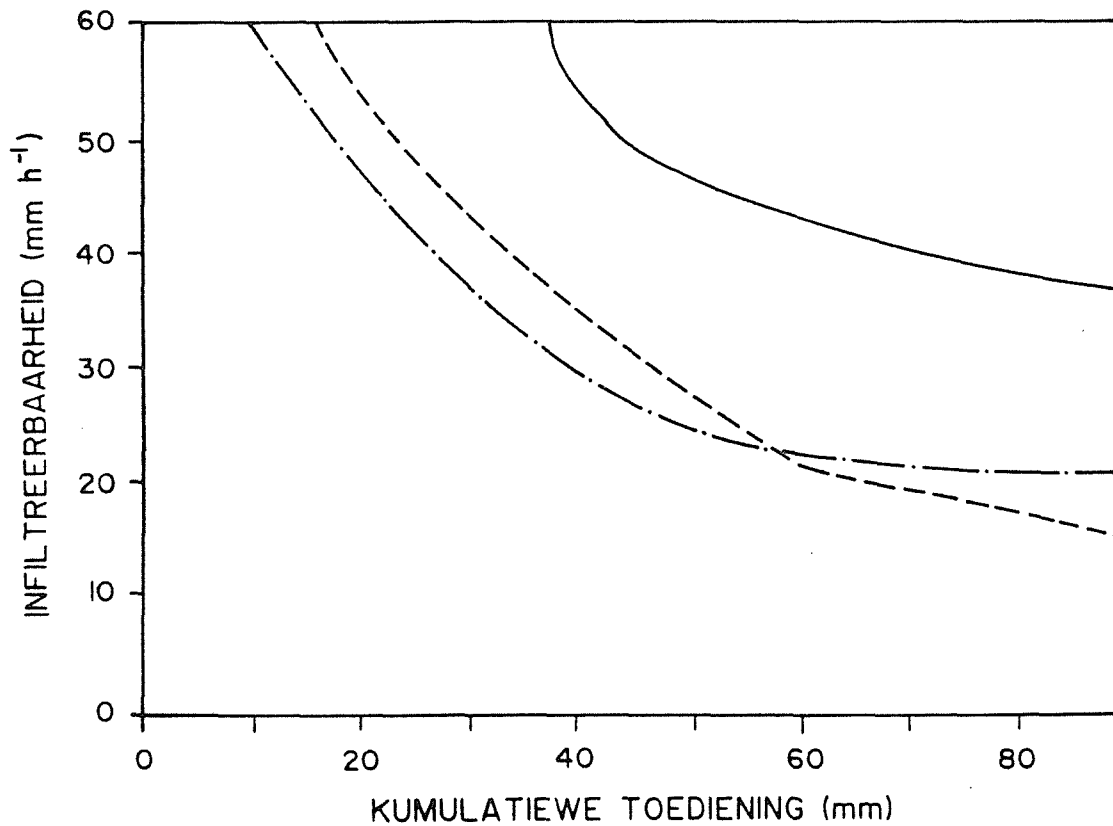
Verklaring

- 0,3 meter valhoogte
- - - 1,0 meter valhoogte
- - - 2,0 meter valhoogte
- 3,0 meter valhoogte

MONSTER No. 41



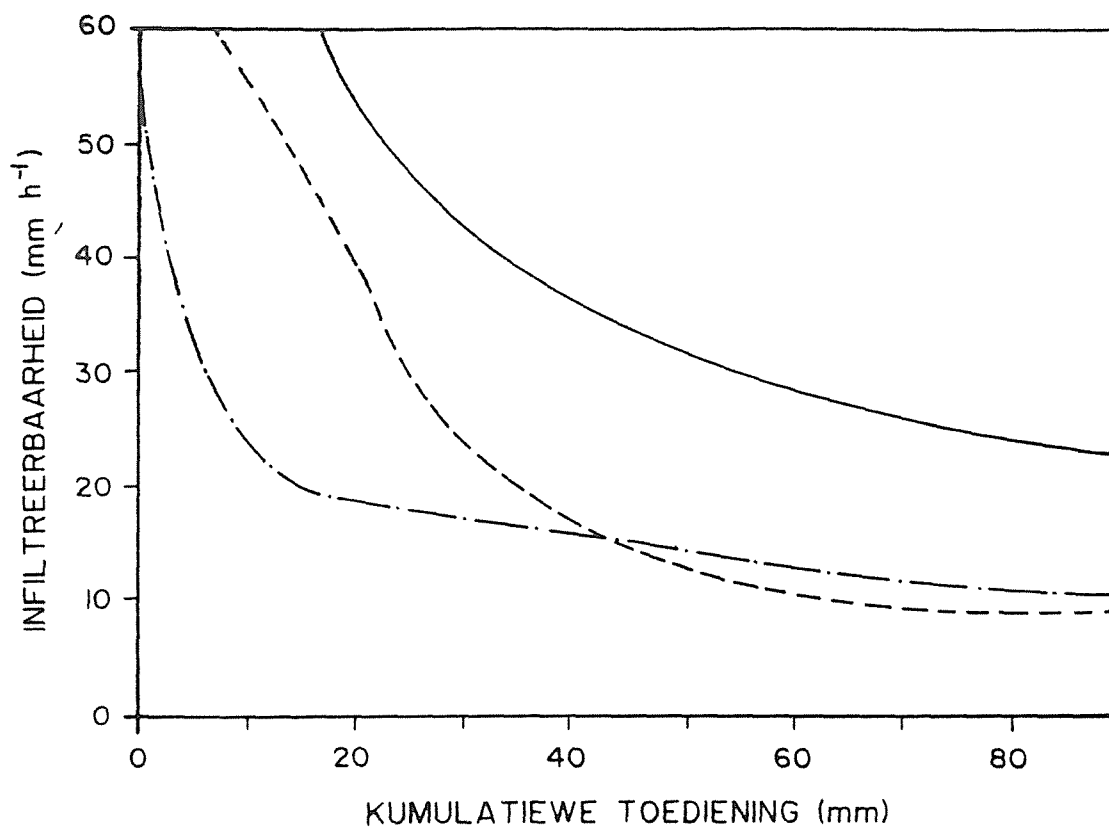
MONSTER No. 42



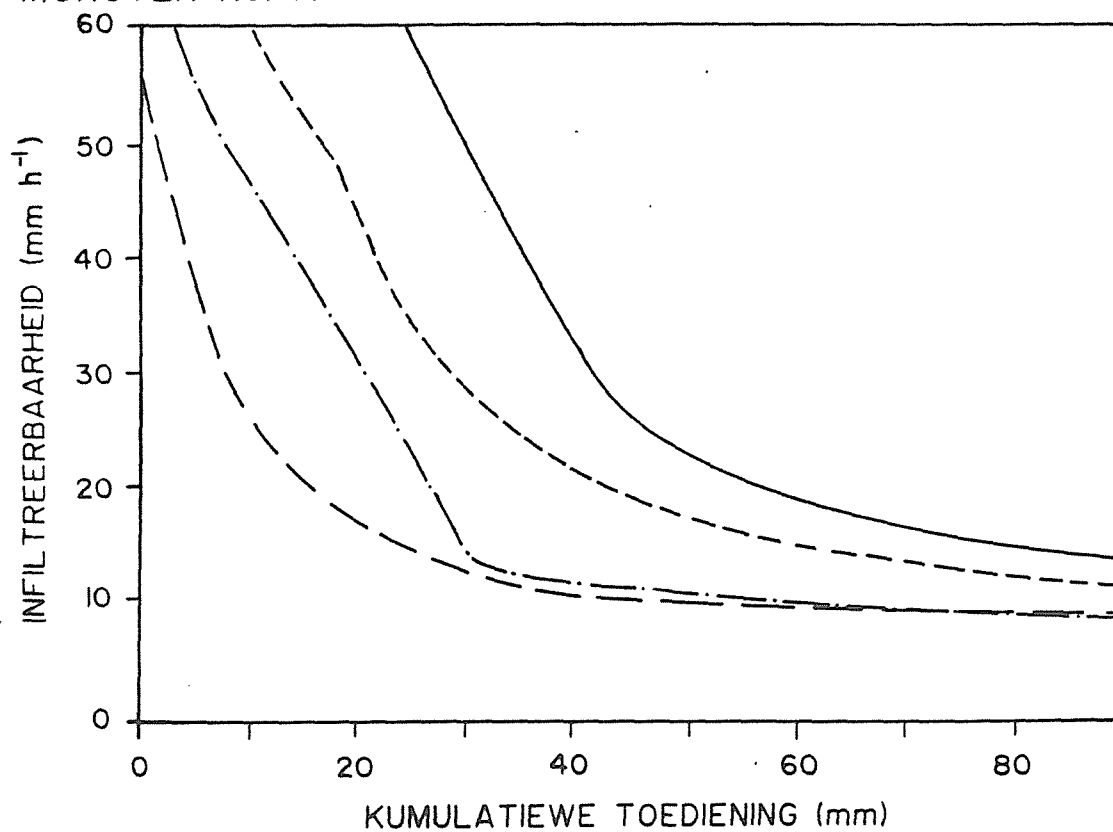
Verklaring

- 0,3 meter valhoogte
- - - 1,0 meter valhoogte
- . - . 2,0 meter valhoogte
- — — 3,0 meter valhoogte

MONSTER No. 43



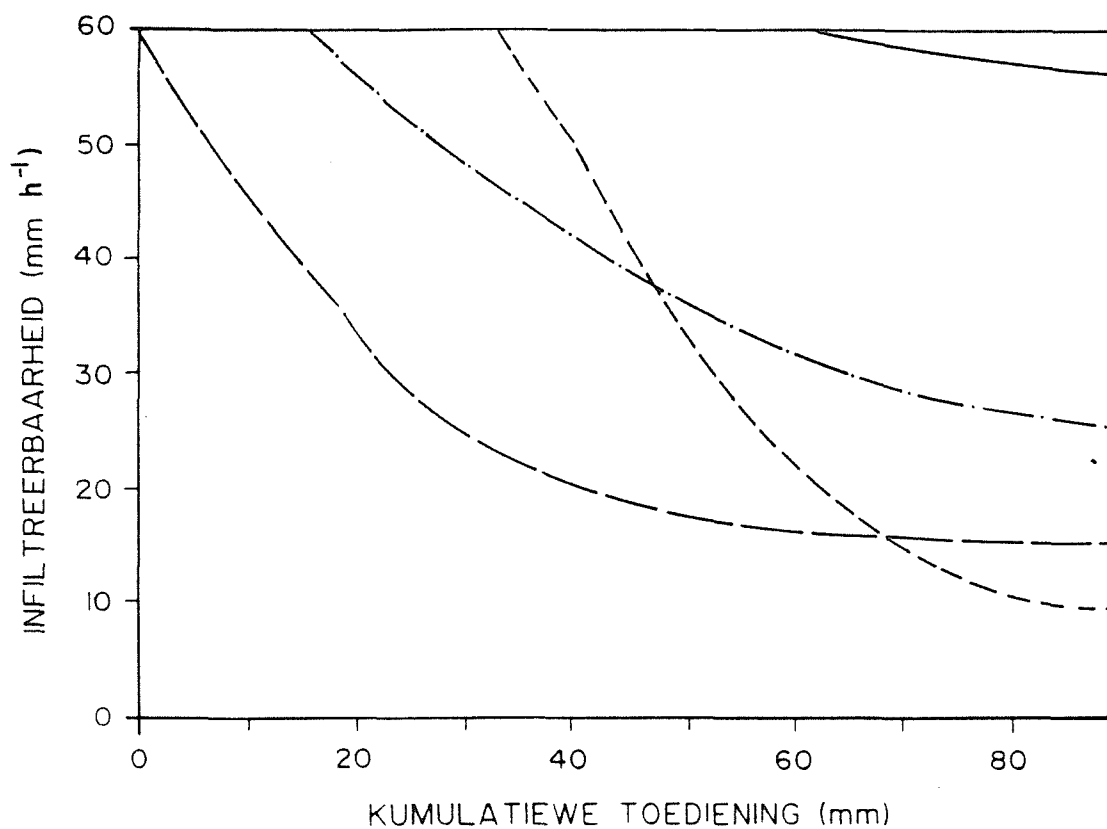
MONSTER No. 45



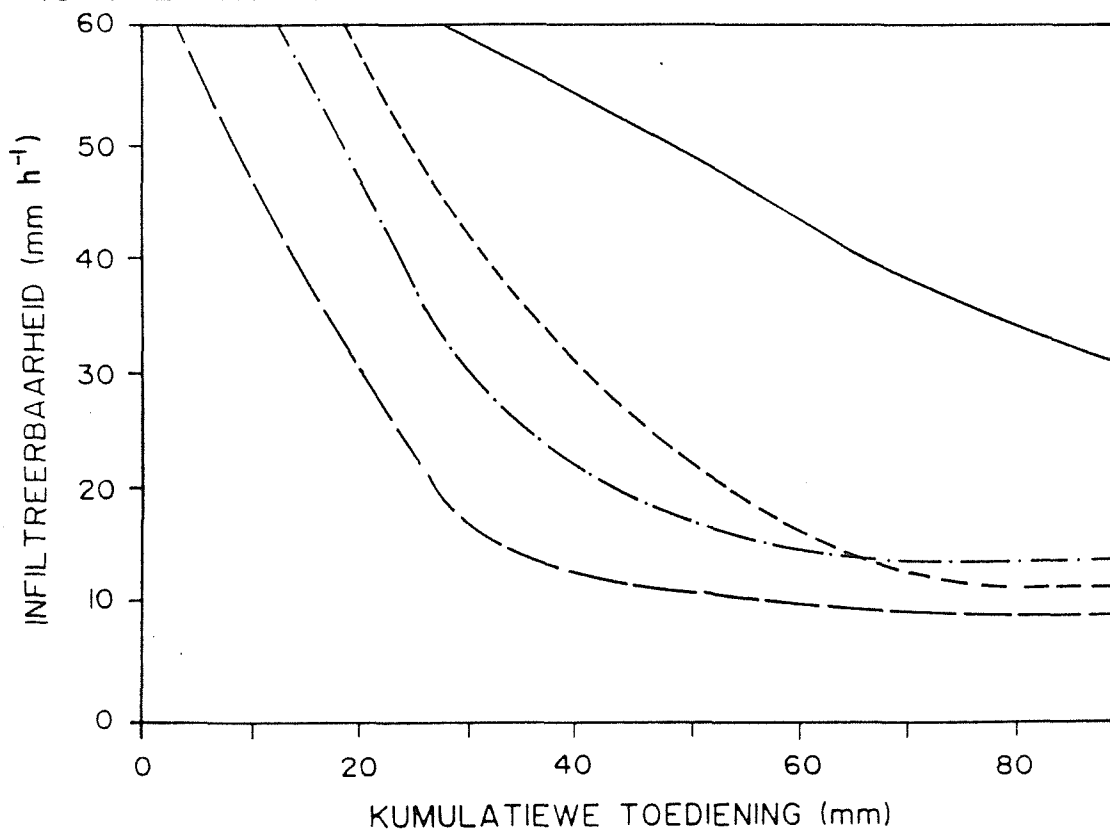
Verklaring

- 0,3 meter valhoogte
- - - 1,0 meter valhoogte
- . - . 2,0 meter valhoogte
- — — 3,0 meter valhoogte

MONSTER No. 46



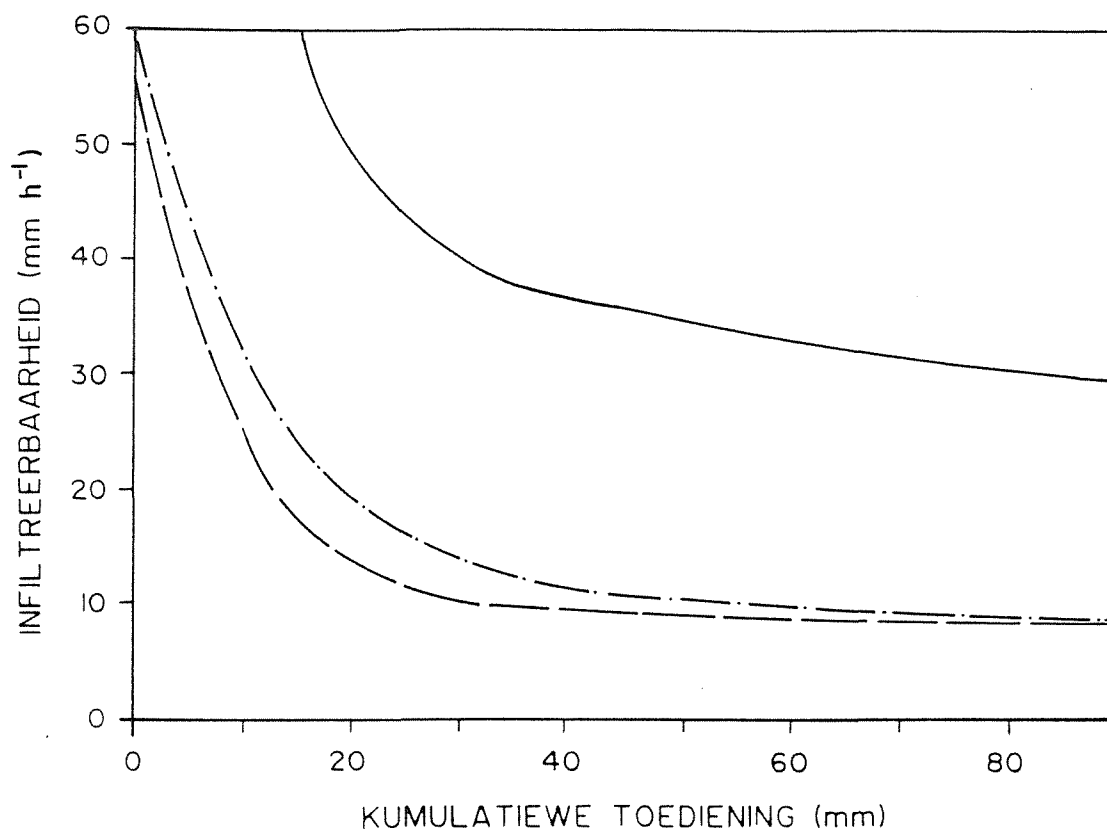
MONSTER No. 47



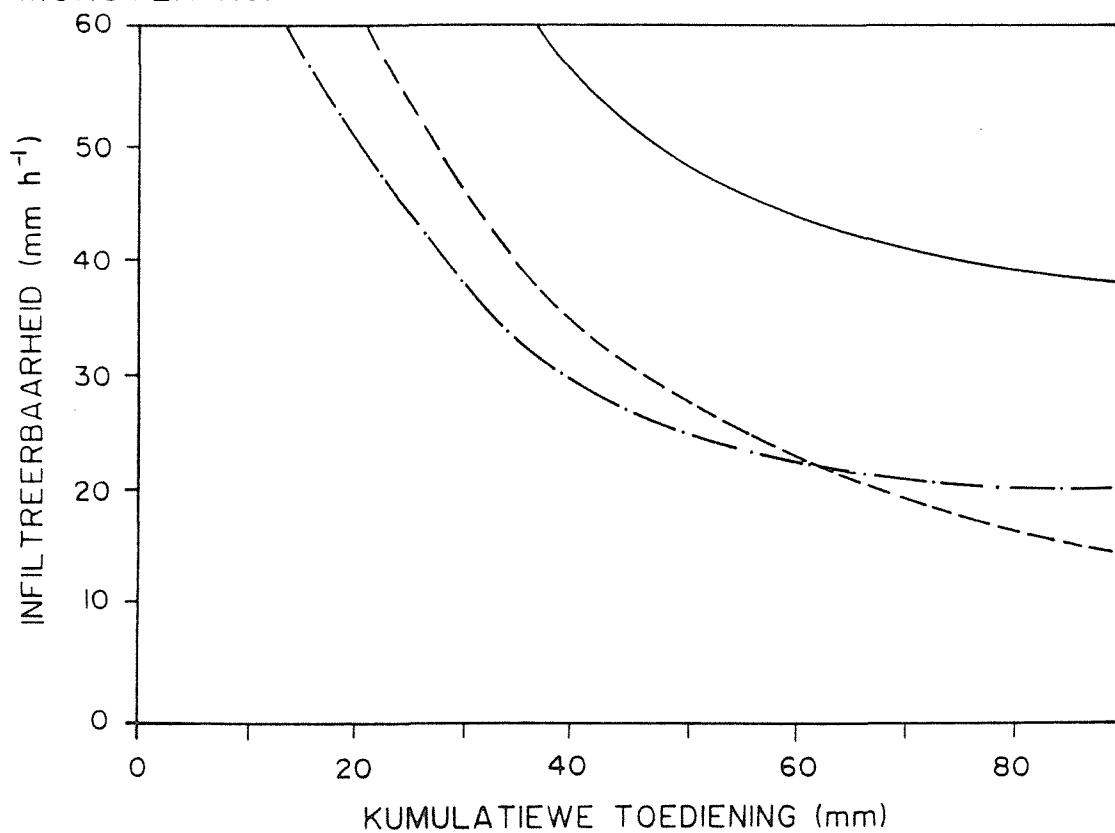
Verklaring

- 0,3 meter valhoogte
- - - 1,0 meter valhoogte
- · - 2,0 meter valhoogte
- — 3,0 meter valhoogte

MONSTER No. 48



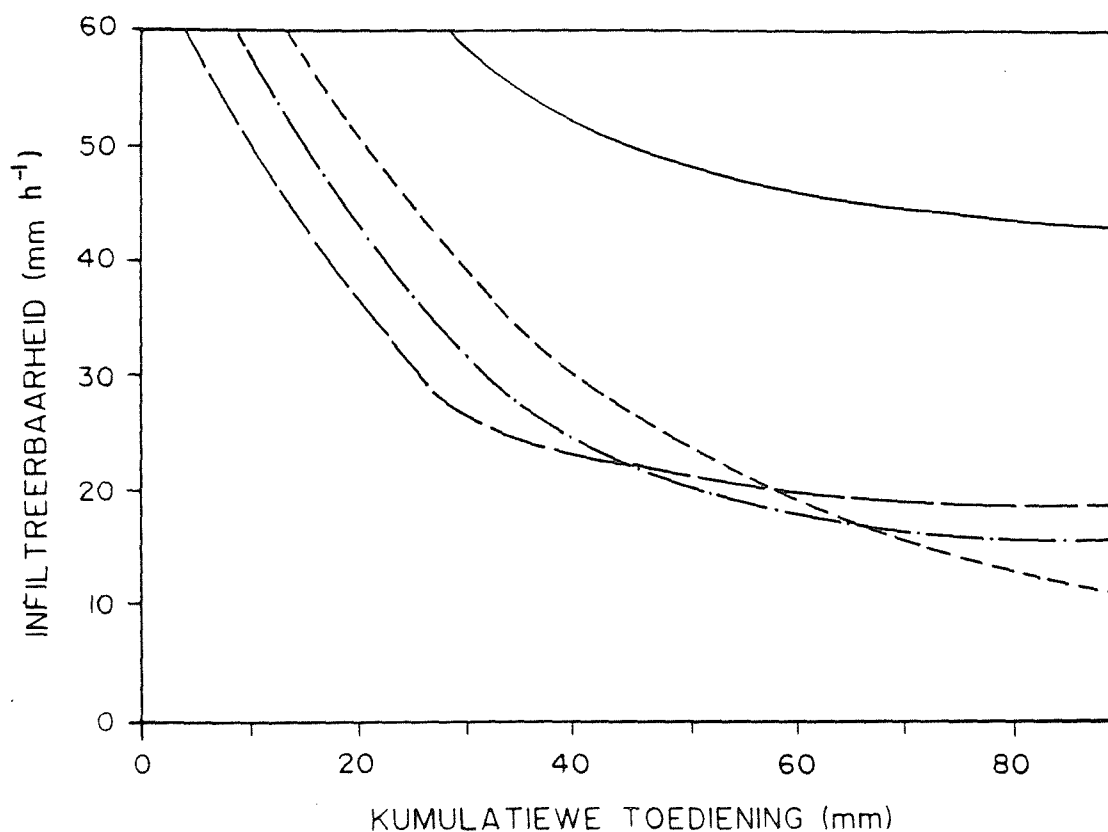
MONSTER No. 49



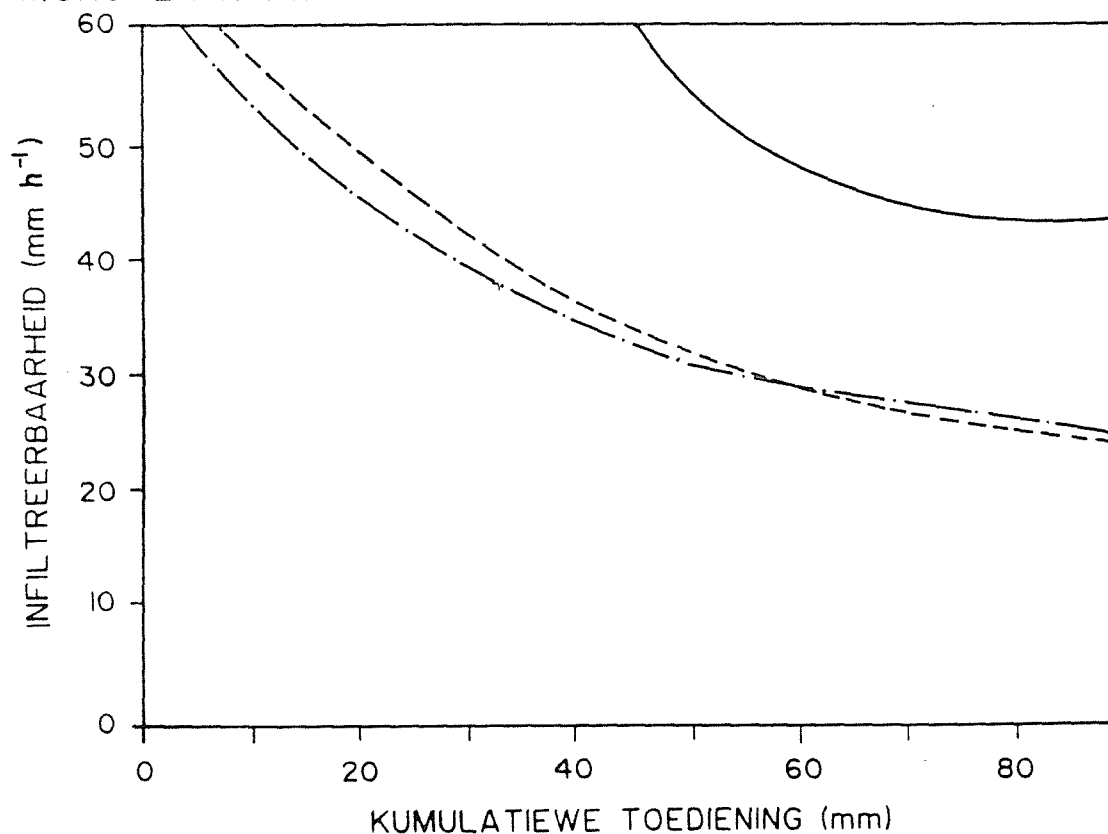
Verklaring

- 0,3 meter valhoogte
- 1,0 meter valhoogte
- . - . - 2,0 meter valhoogte
- — — — 3,0 meter valhoogte

MONSTER No. 50



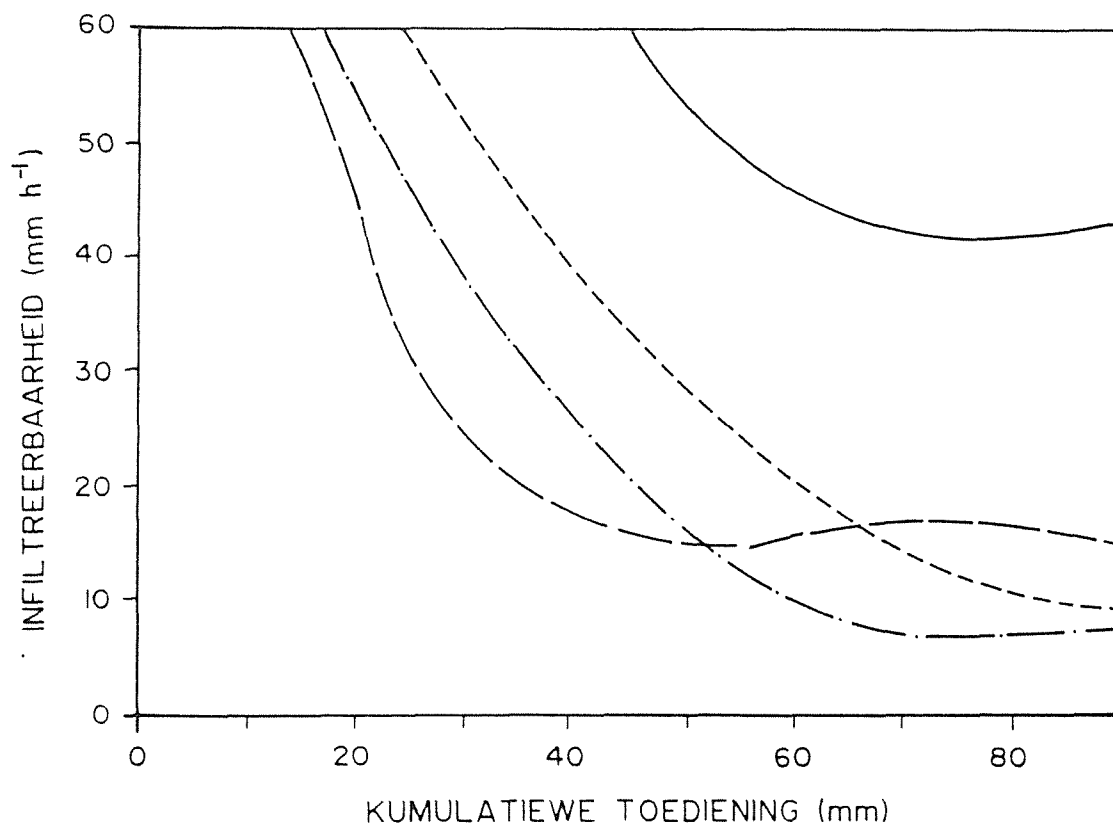
MONSTER No. 51



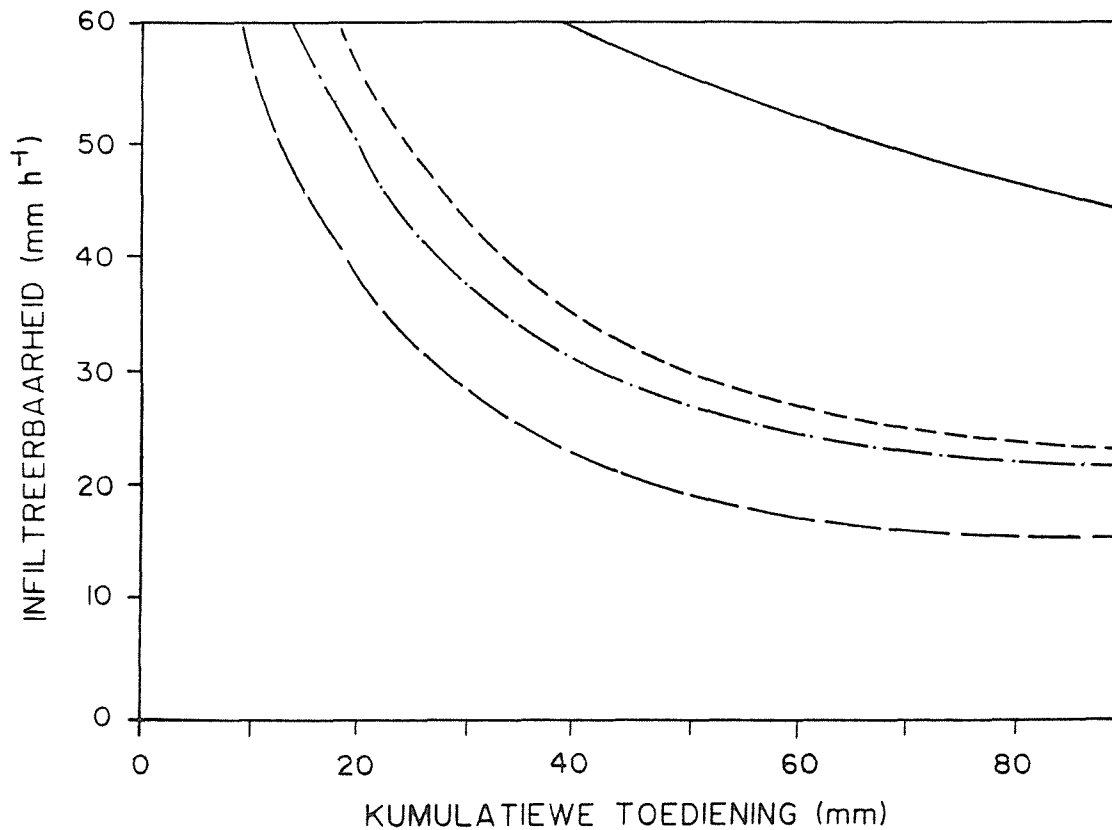
Verklaring

- 0,3 meter valhoogte
- 1,0 meter valhoogte
- . - . - 2,0 meter valhoogte
- — — — 3,0 meter valhoogte

MONSTER No. 52



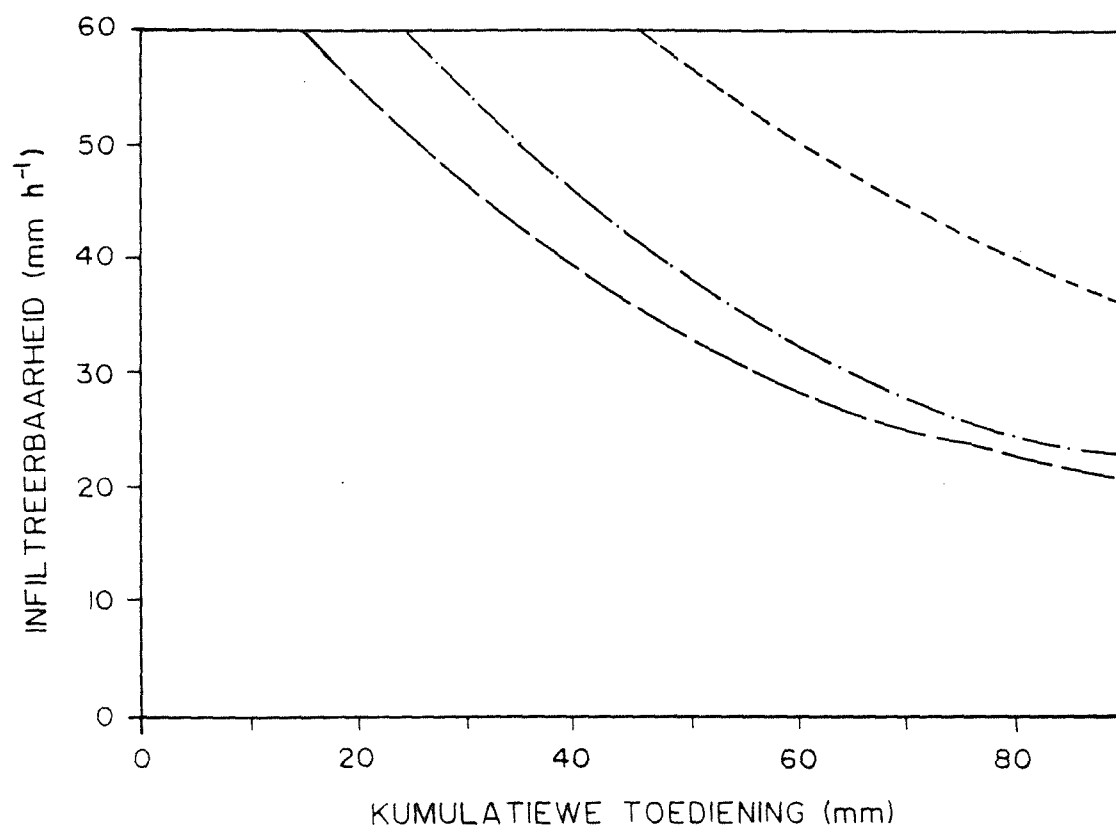
MONSTER No. 53



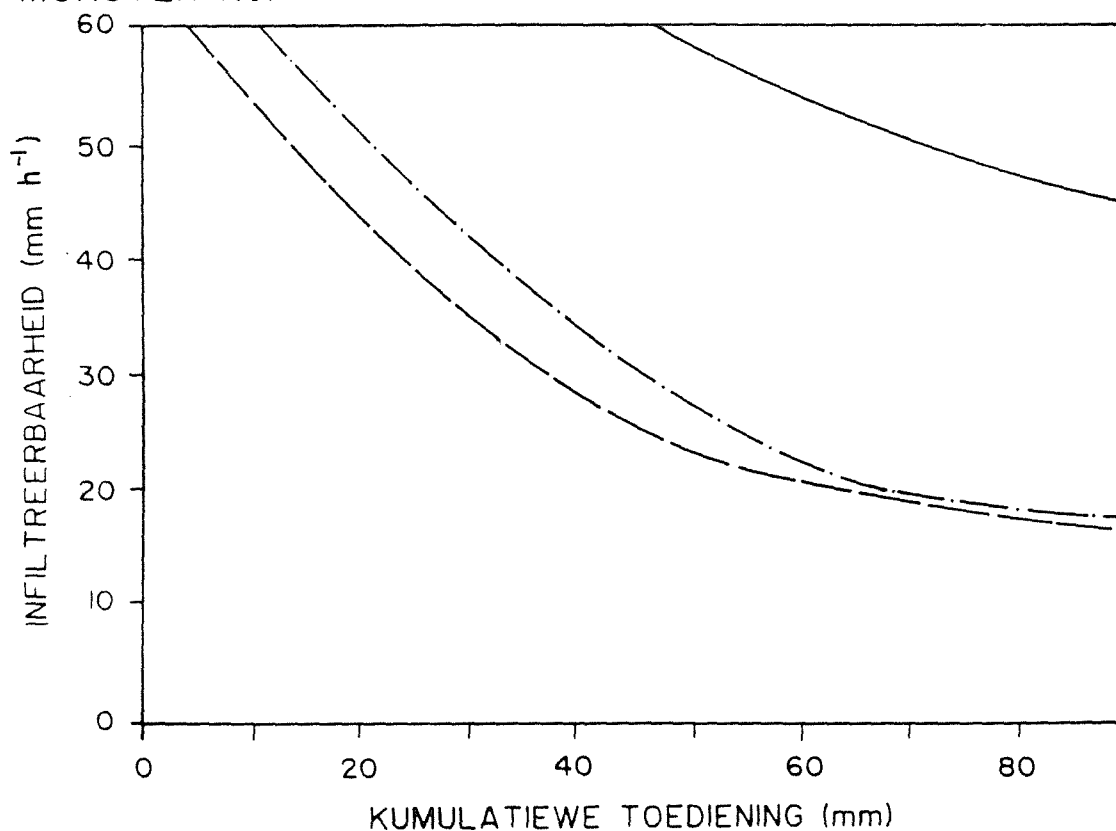
Verklaring

- 0,3 meter valhoogte
- - - 1,0 meter valhoogte
- · - 2,0 meter valhoogte
- 3,0 meter valhoogte

MONSTER No. 54



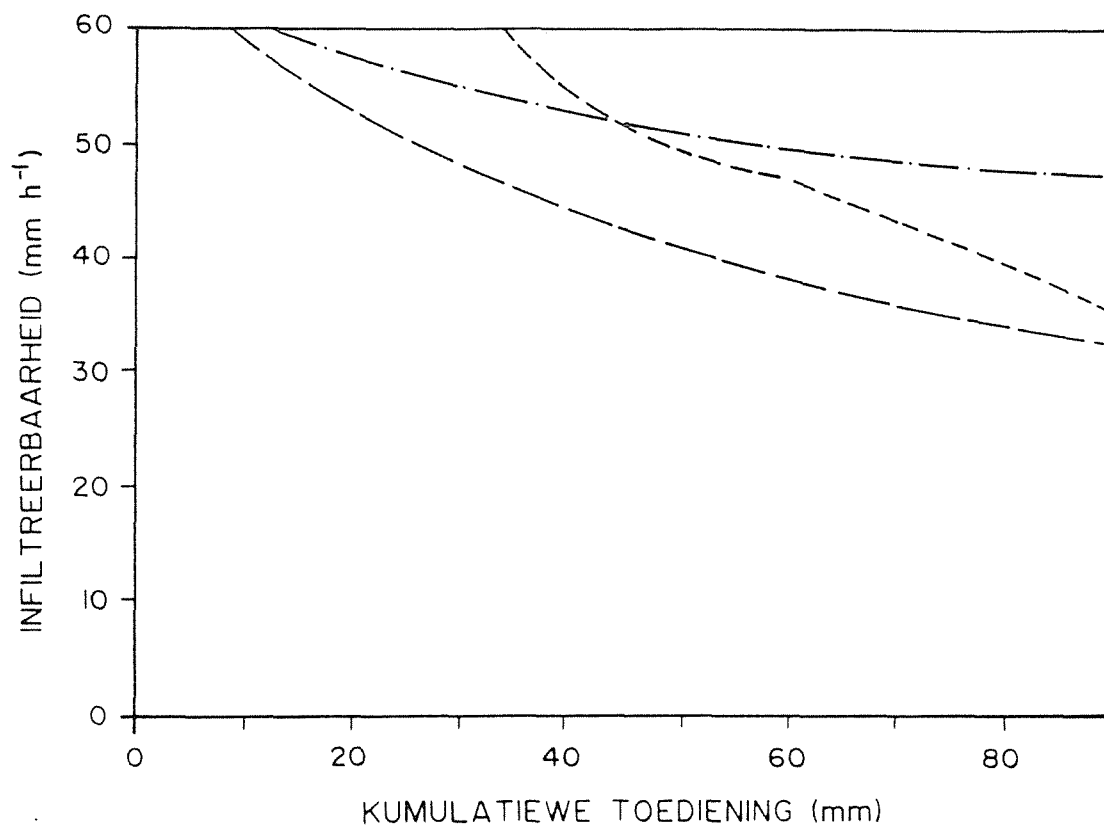
MONSTER No. 55



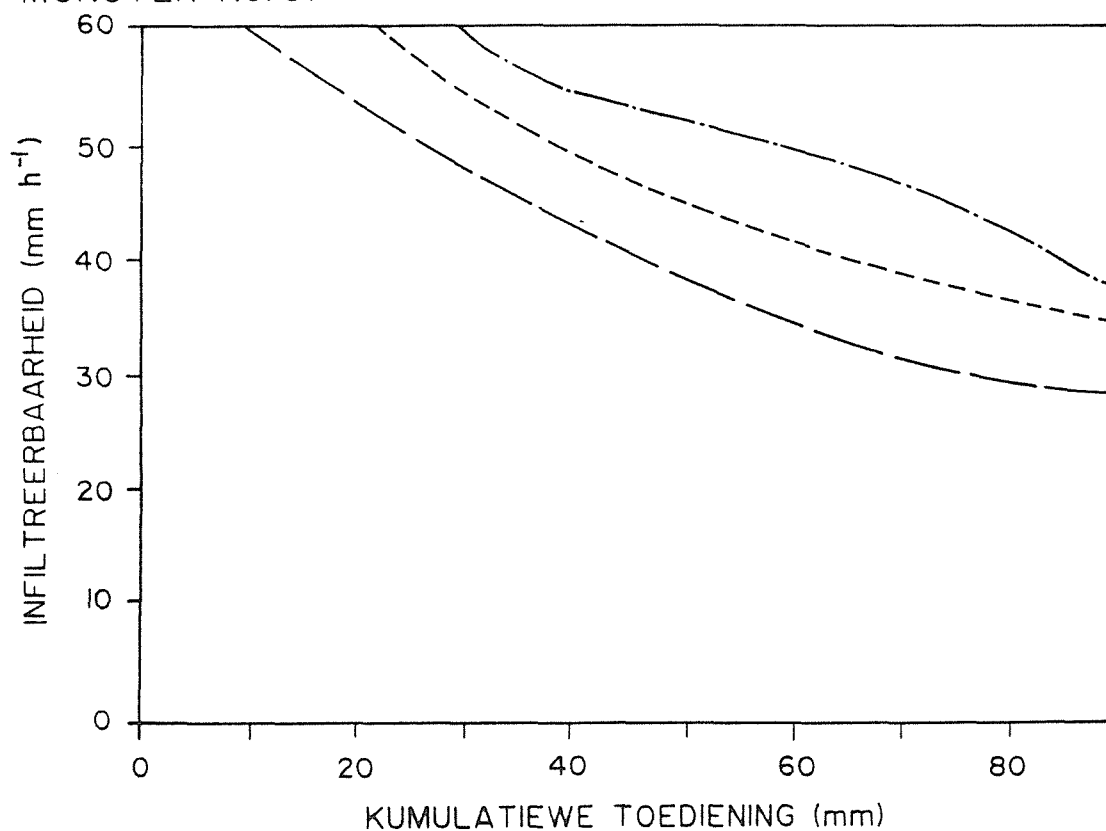
Verklaring

- 0,3 meter valhoogte
- 1,0 meter valhoogte
- . - . - 2,0 meter valhoogte
- — — — 3,0 meter valhoogte

MONSTER No. 56



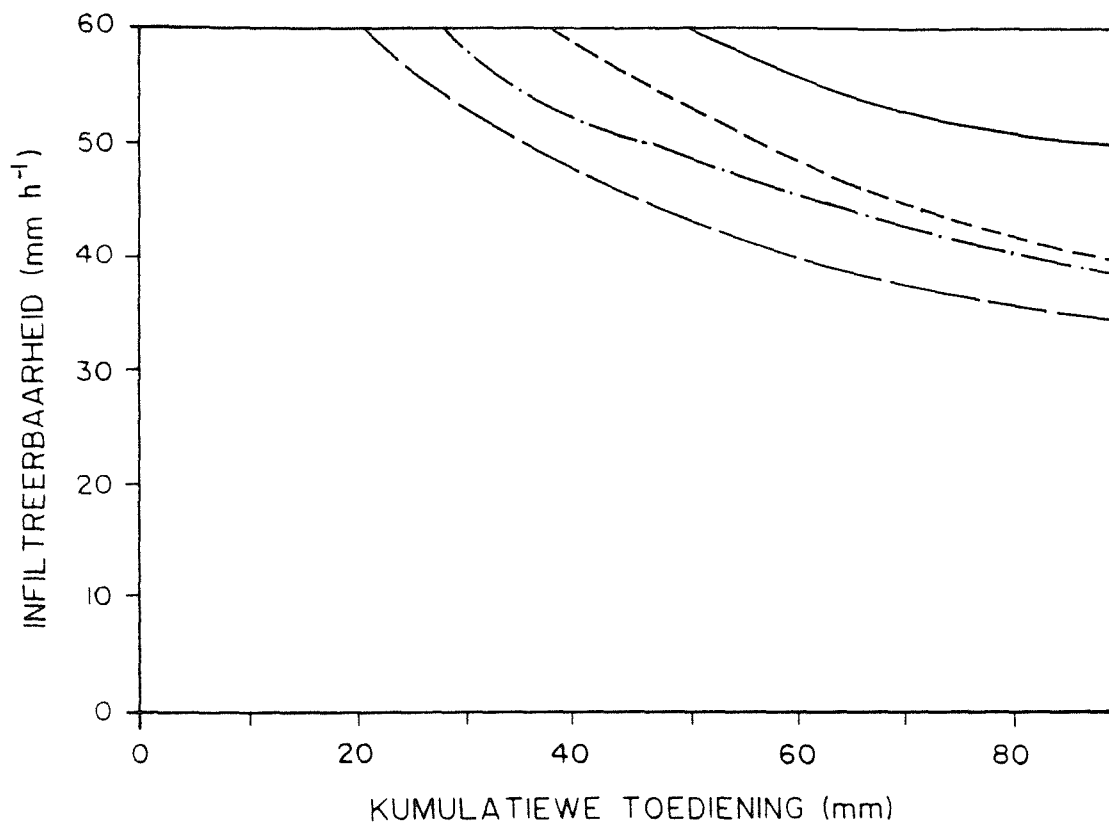
MONSTER No. 57



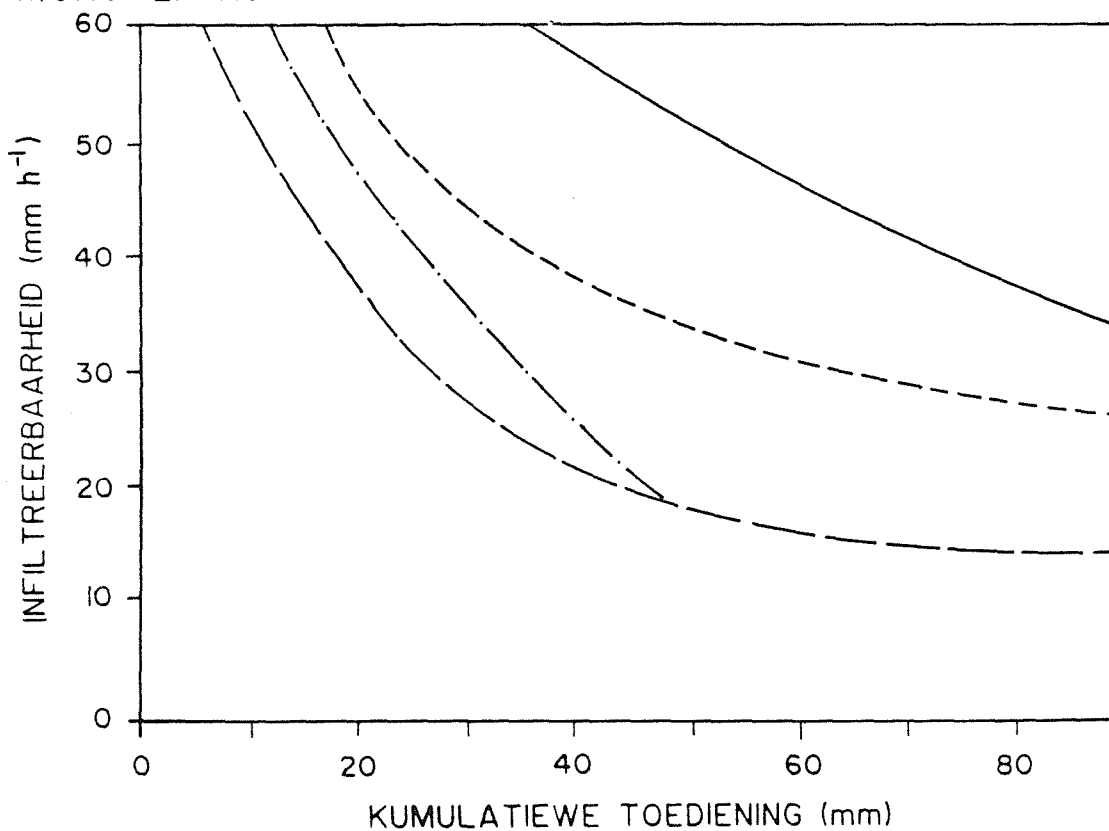
Verklaring

- 0,3 meter valhoogte
- 1,0 meter valhoogte
- · - 2,0 meter valhoogte
- — 3,0 meter valhoogte

MONSTER No. 58



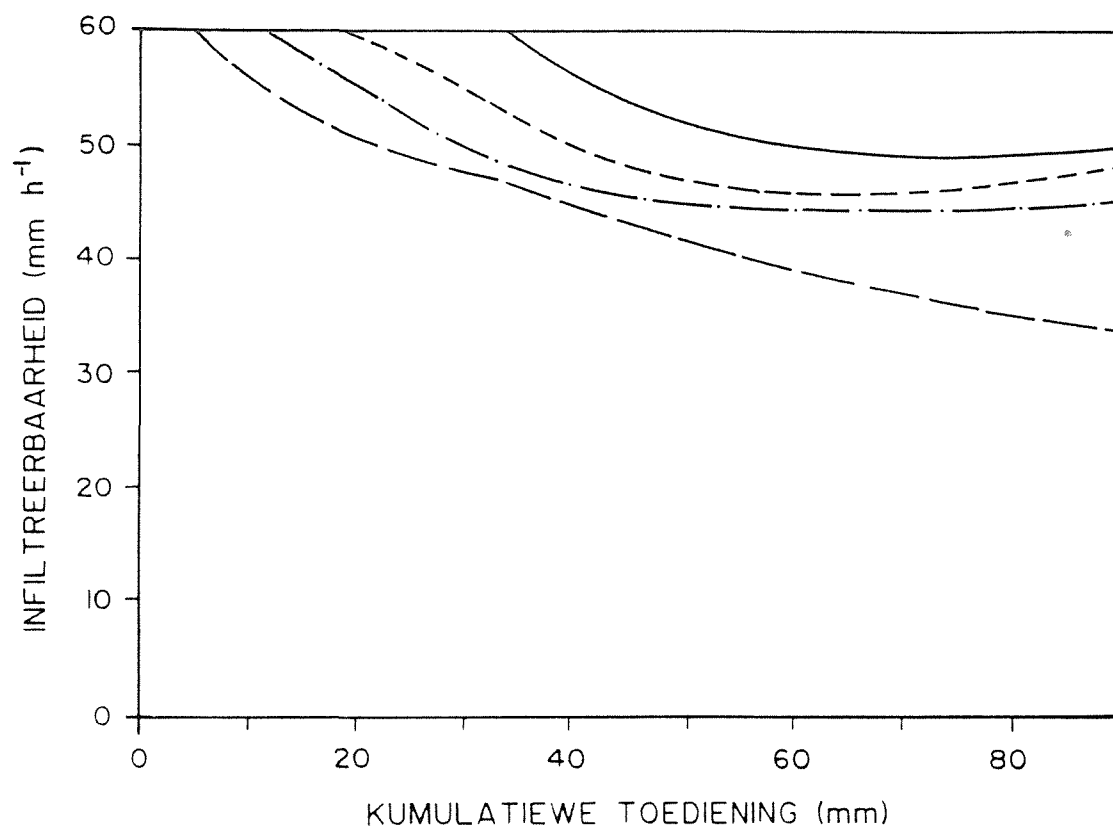
MONSTER No. 59



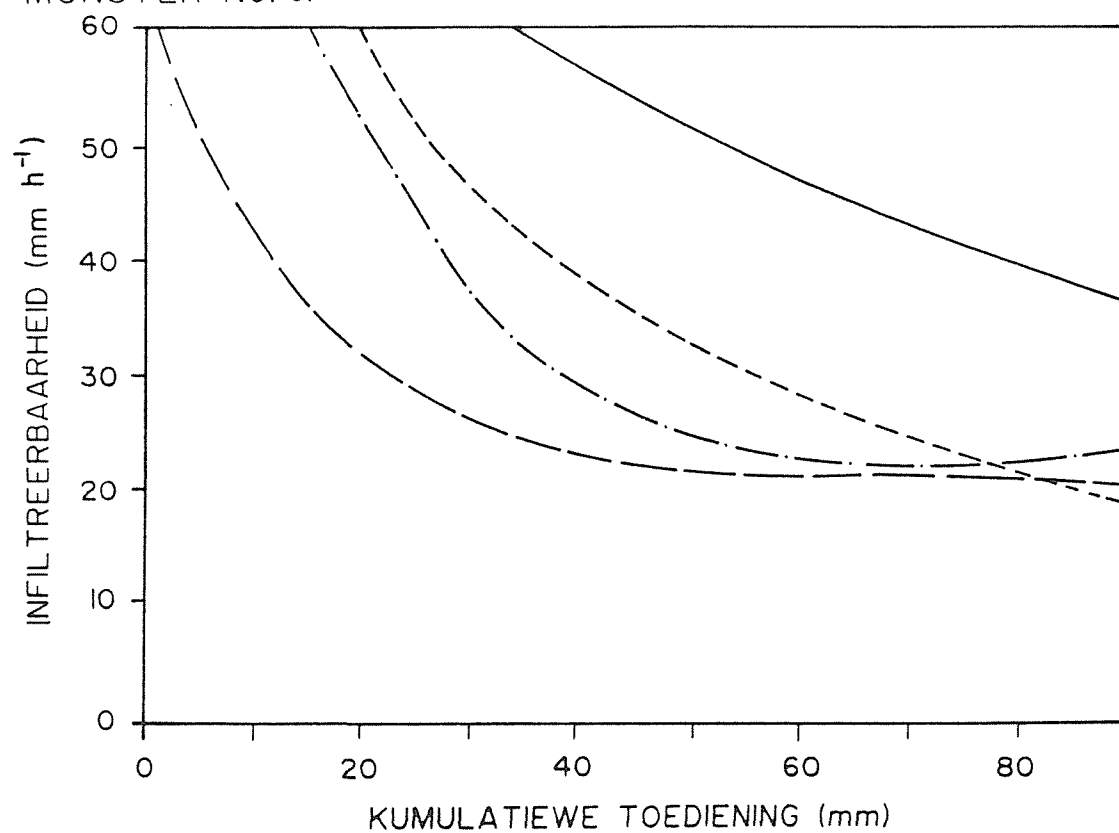
Verklaring

- 0,3 meter valhoogte
- - - - 1,0 meter valhoogte
- . - . 2,0 meter valhoogte
- — — 3,0 meter valhoogte

MONSTER No. 60



MONSTER No. 61



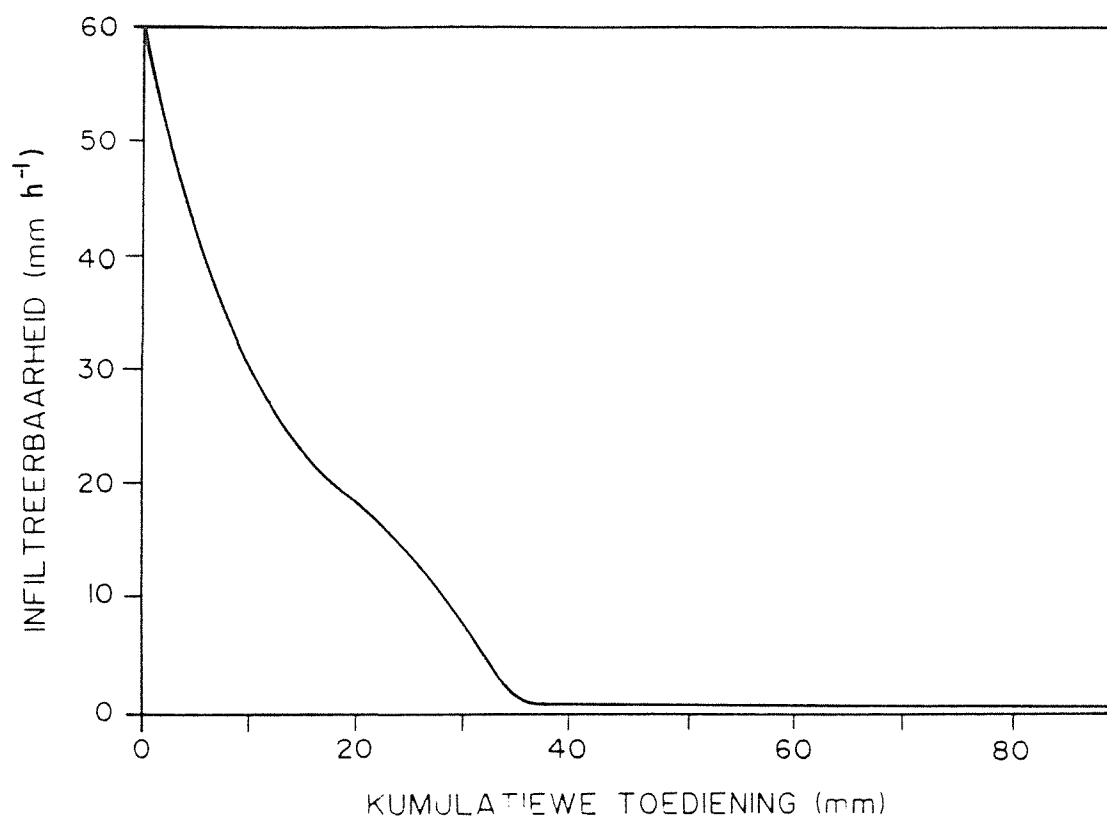
Verklaring

- 0,3 meter valhoogte
- - - - 1,0 meter valhoogte
- · - · 2,0 meter valhoogte
- — — 3,0 meter valhoogte

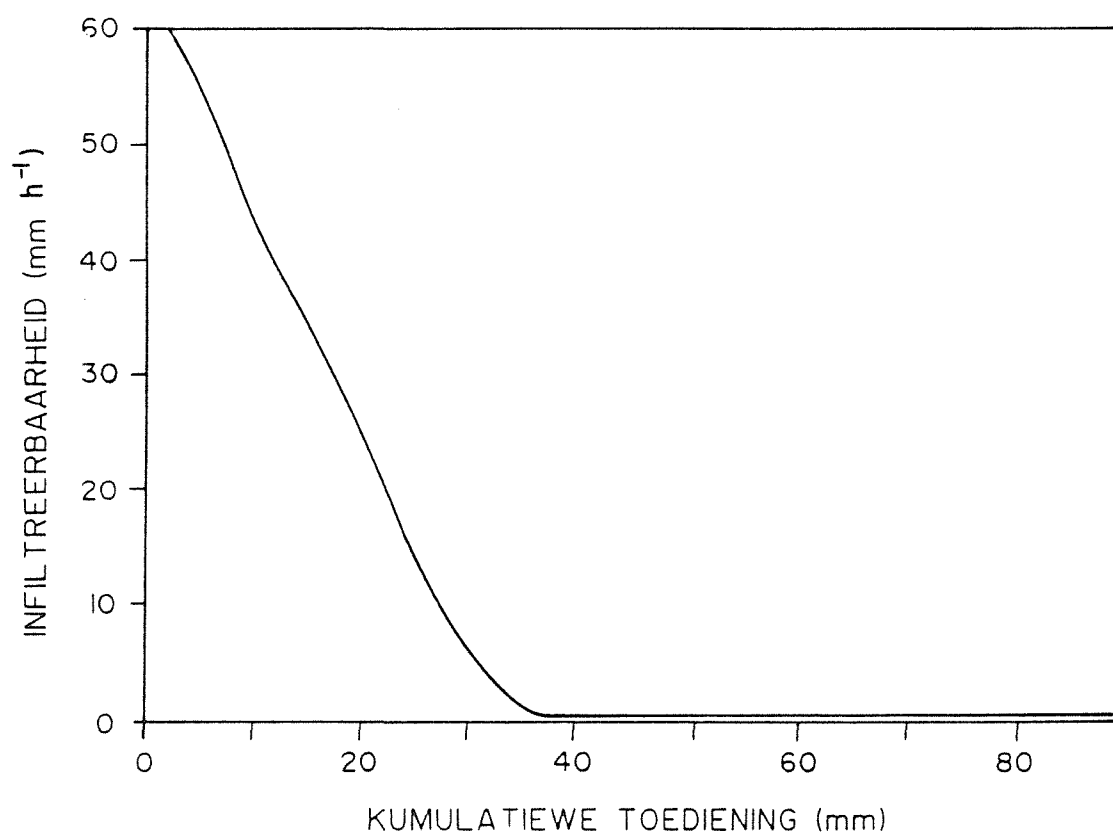
BYLAE D

**INFILTRASIEKURWES VIR VERSKEIE SUID-AFRIKAANSE GRONDE BY 2M
VALHOOGTE EN WATERKWALITEIT VAN 10 mSm⁻¹**

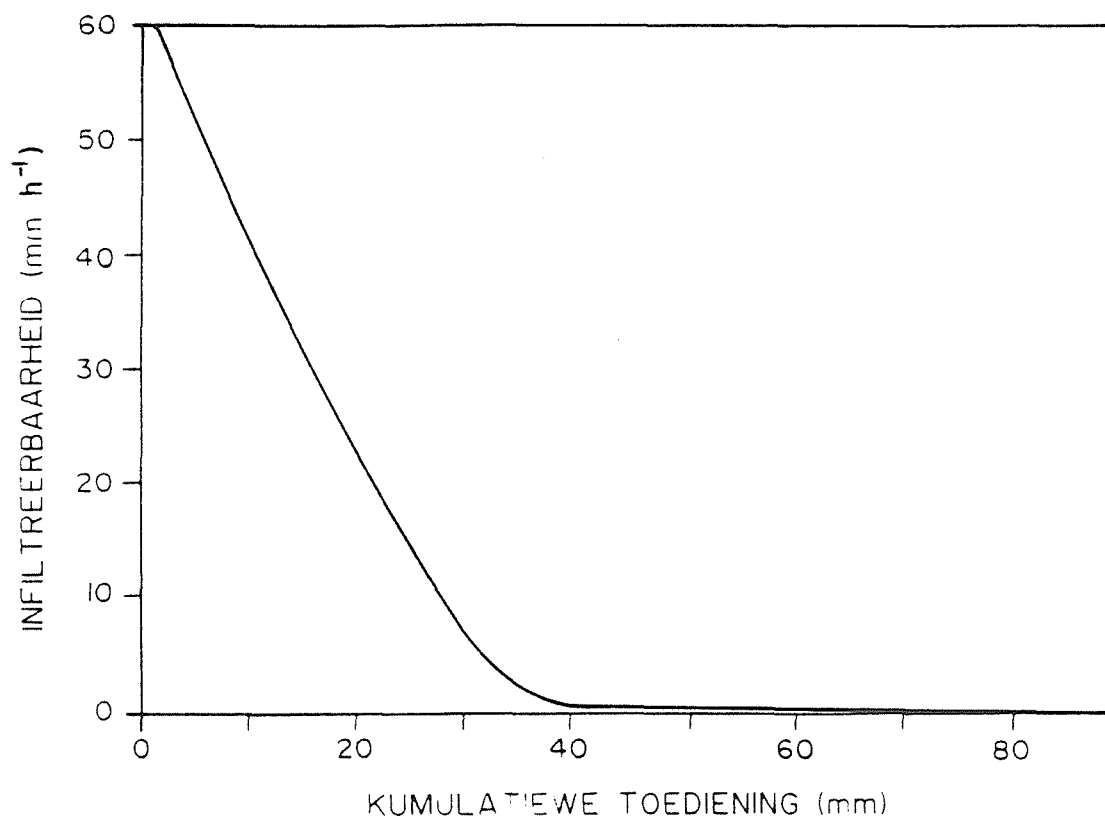
MONSTER No.1



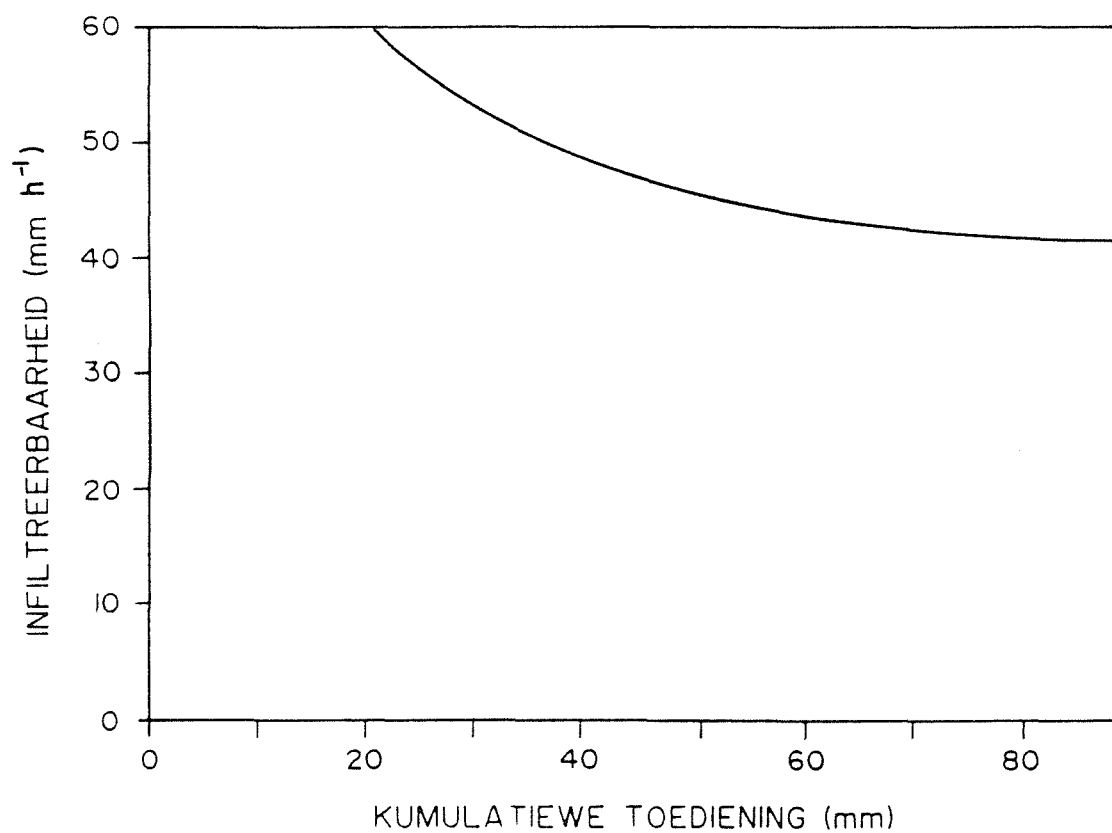
MONSTER No. 3



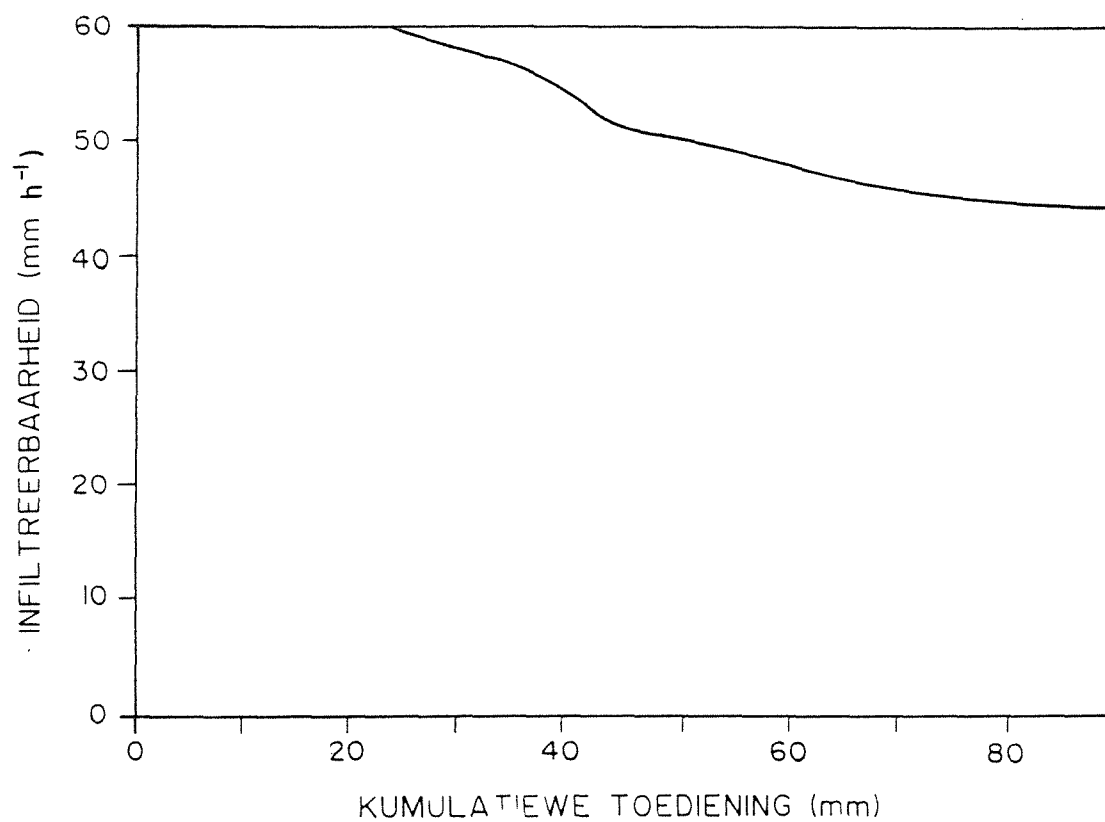
MONSTER No. 5



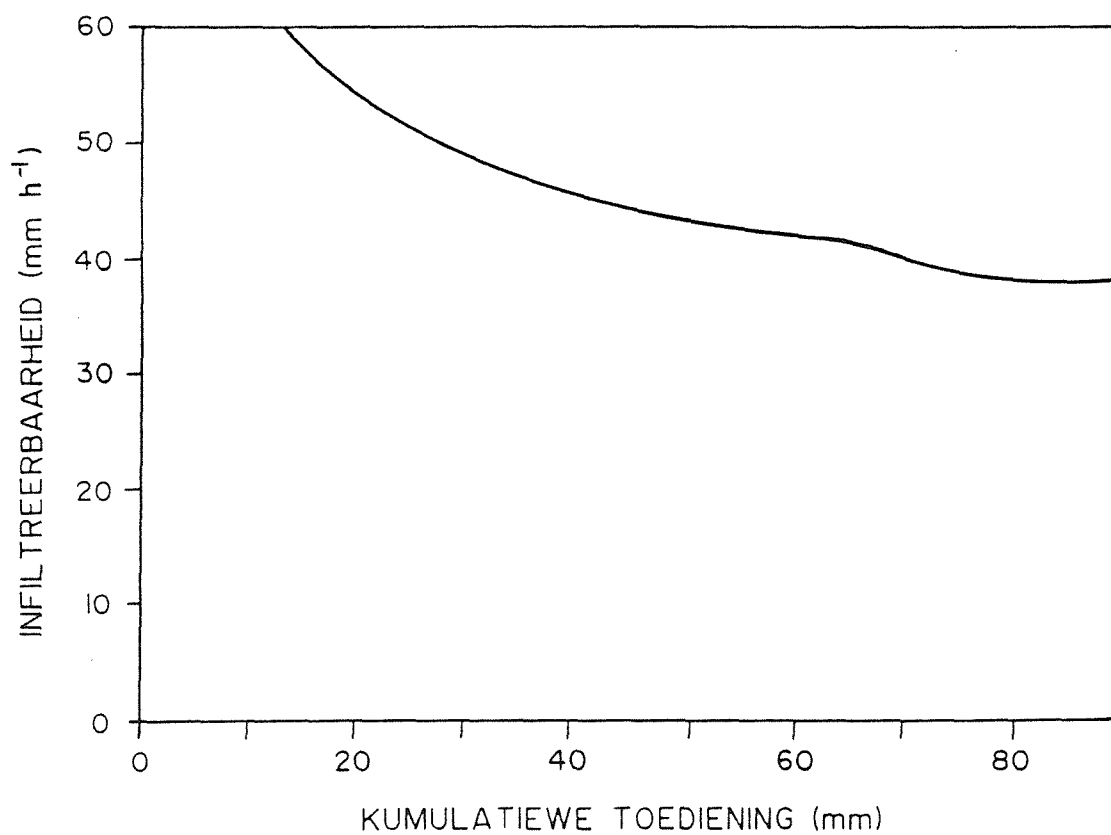
MONSTER No. 6

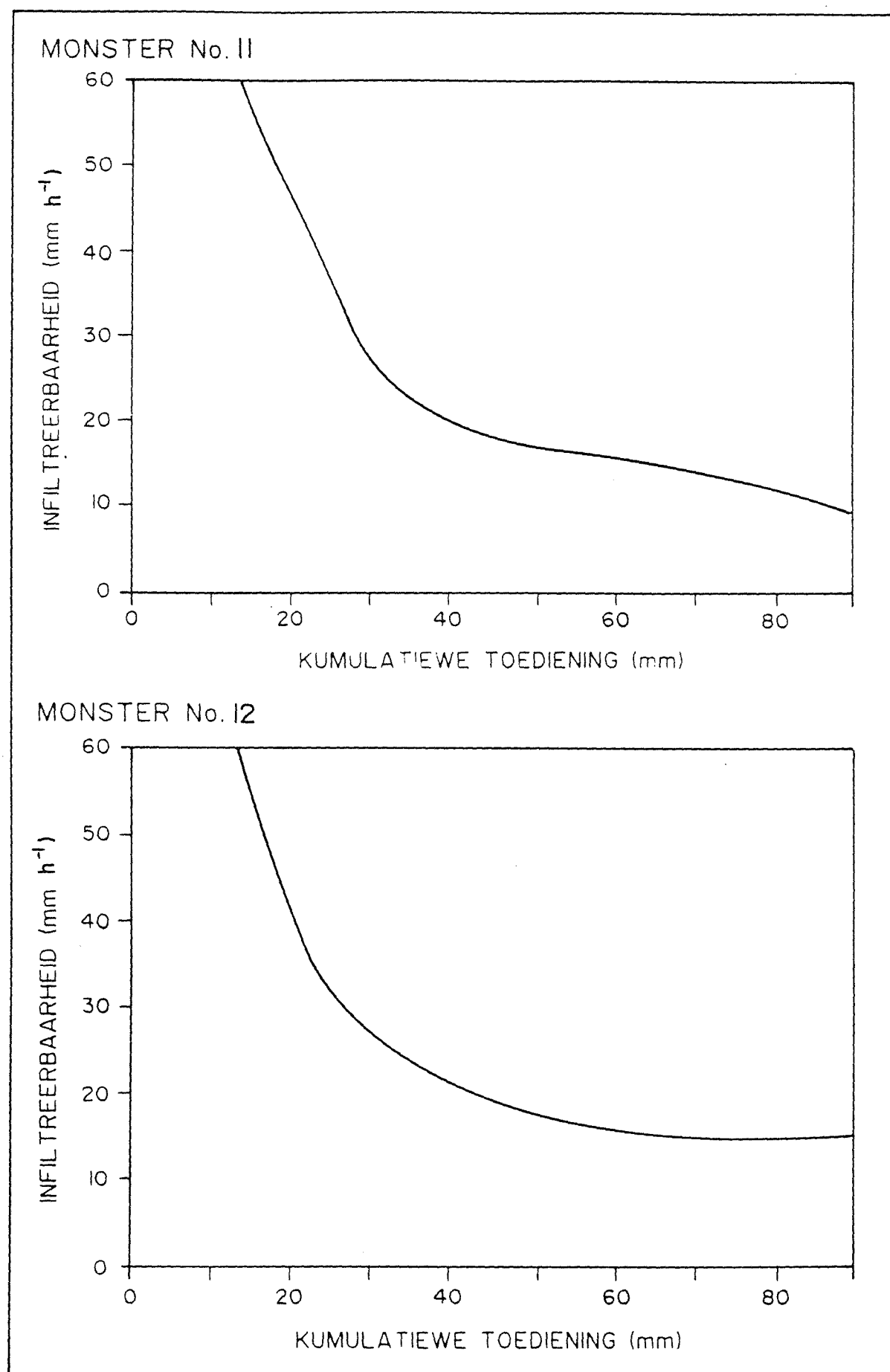


MONSTER No. 8

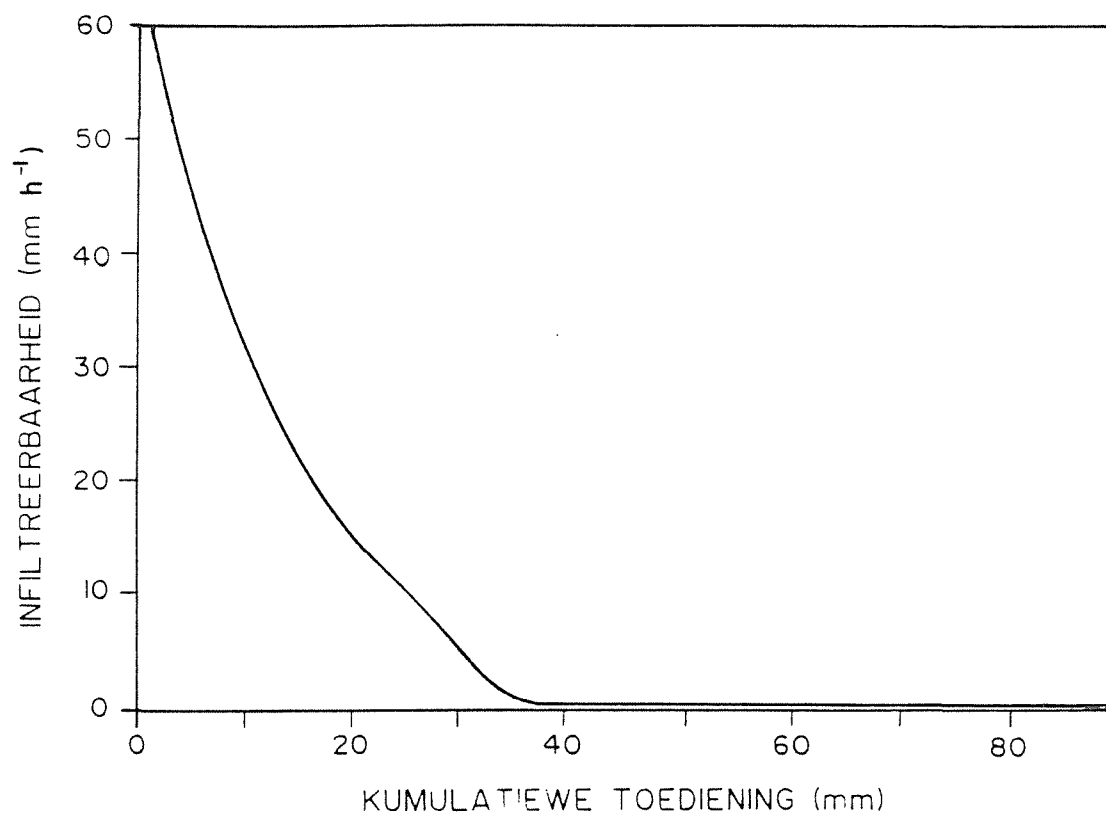


MONSTER No. 9

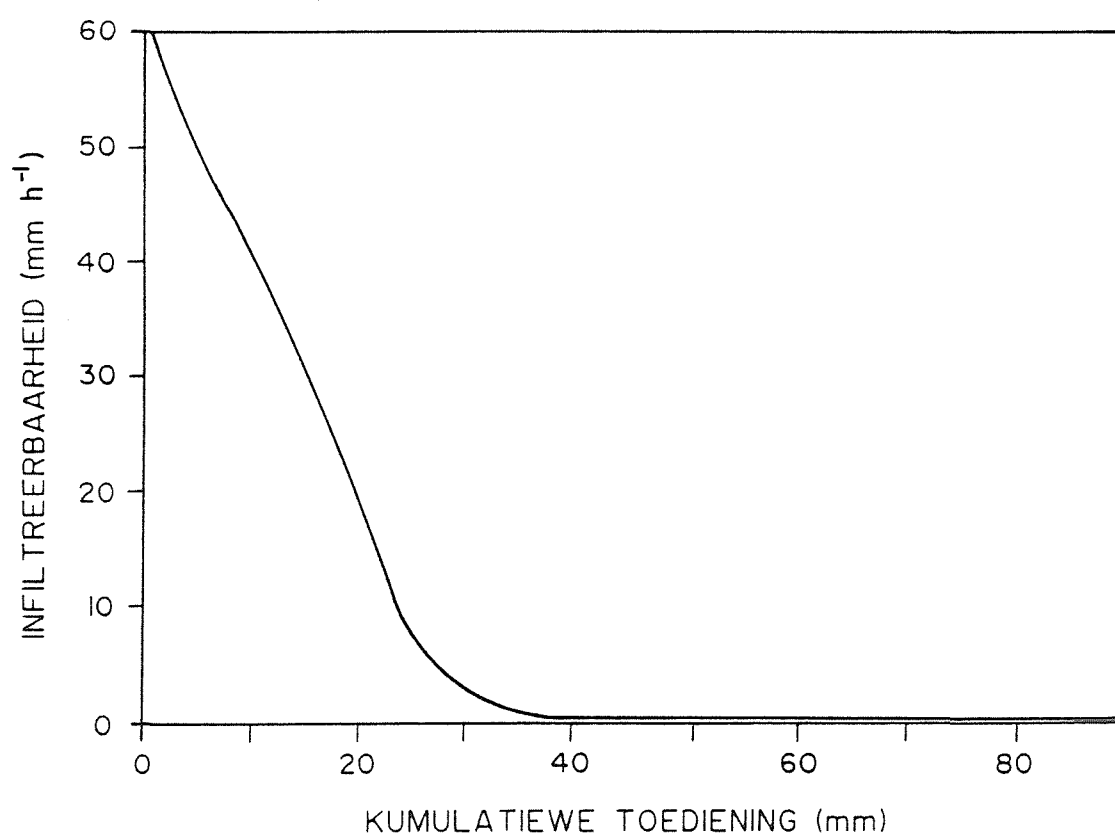




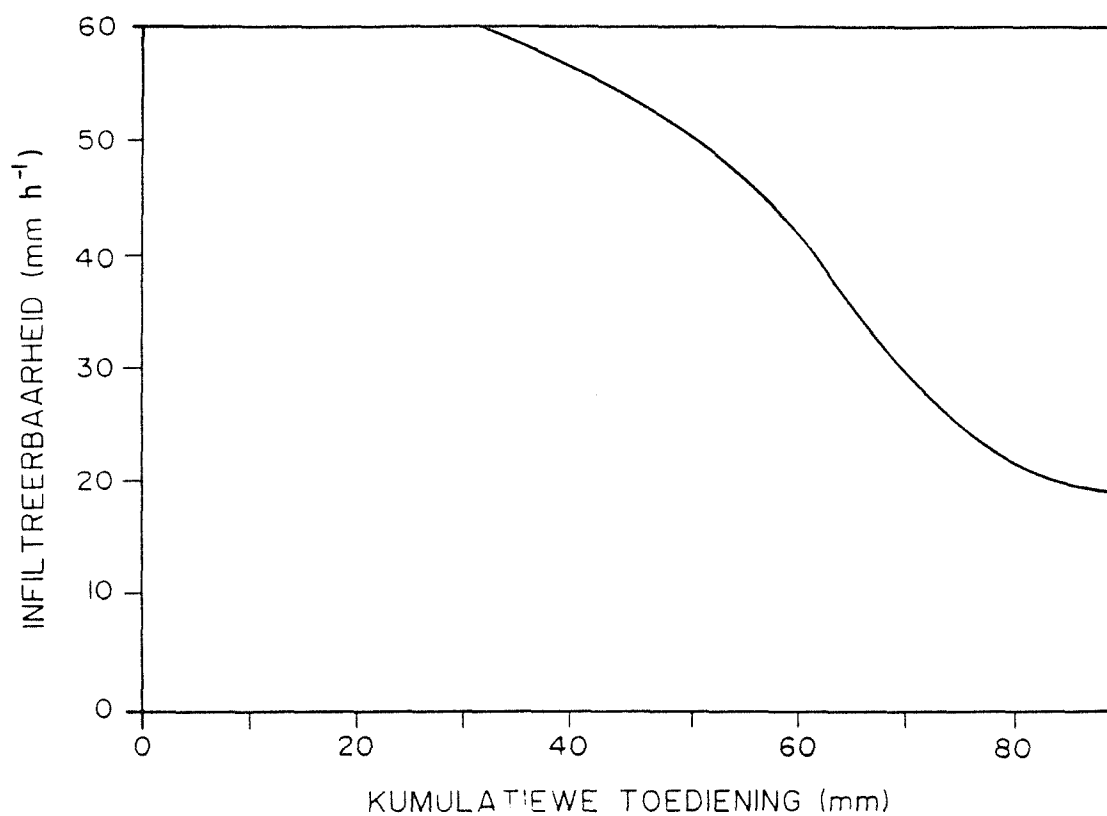
MONSTER No. 13



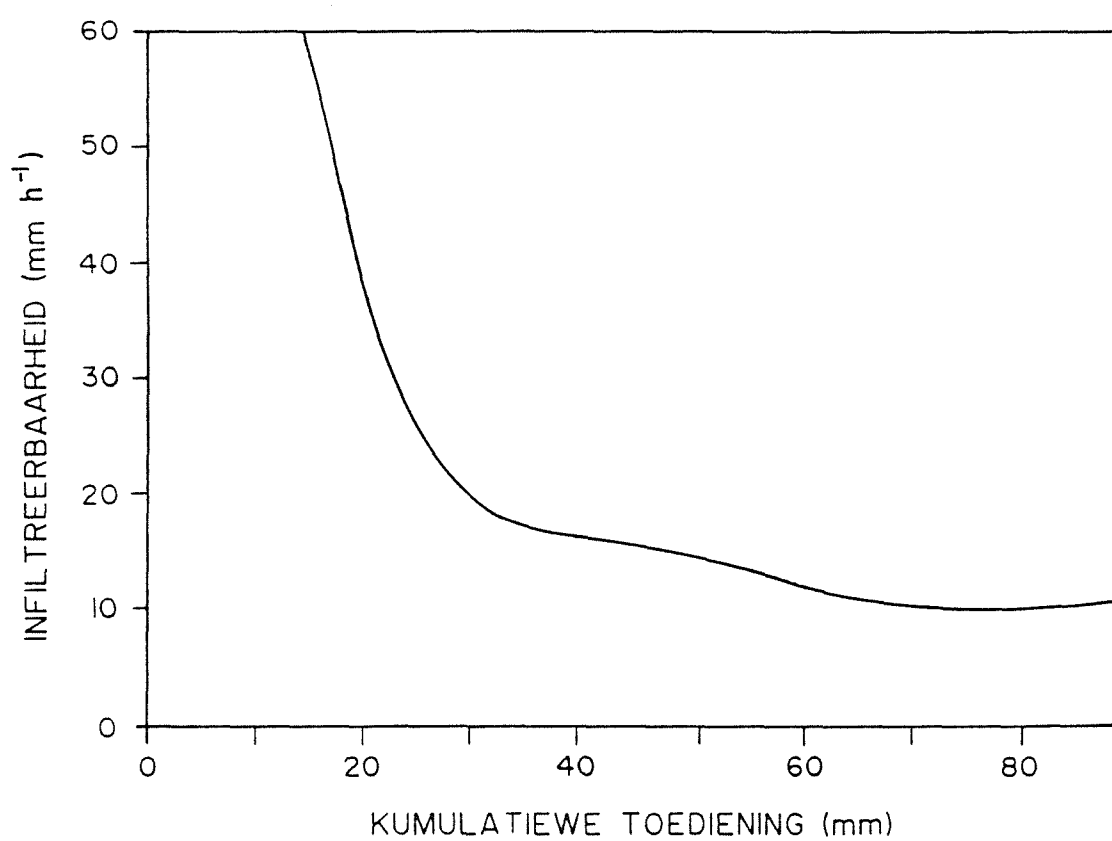
MONSTER No. 15



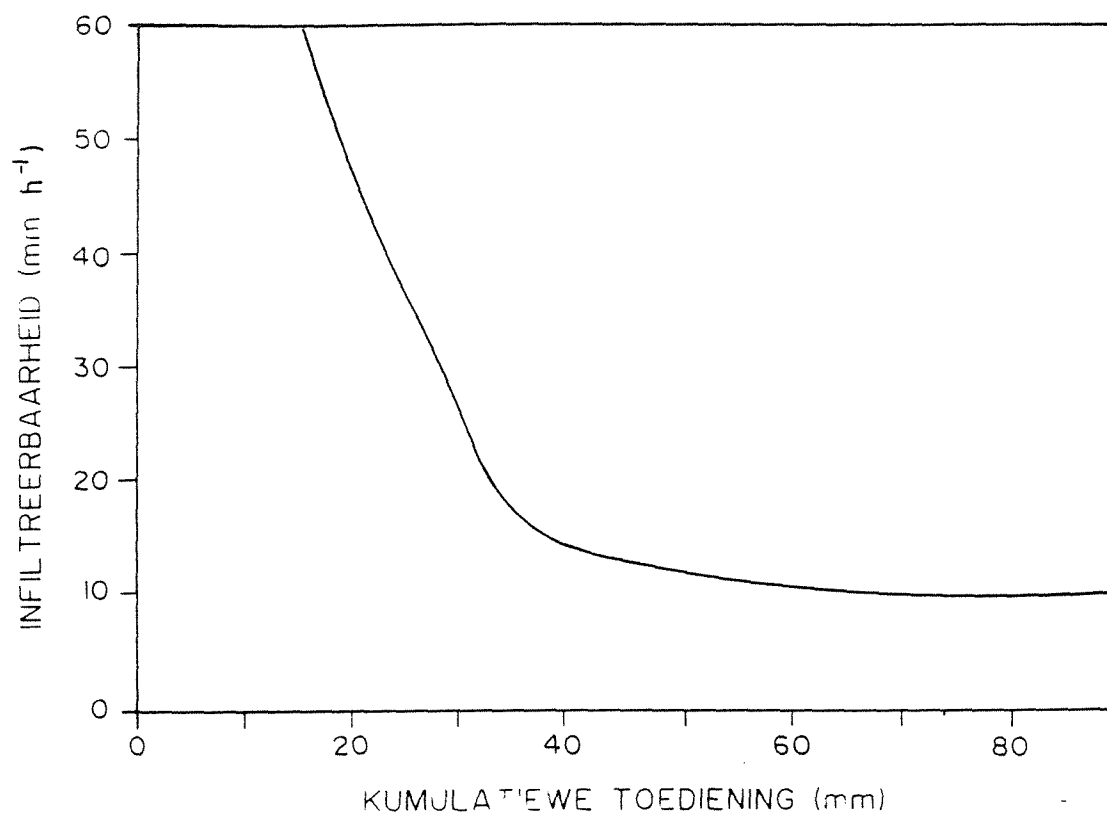
MONSTER No. 16



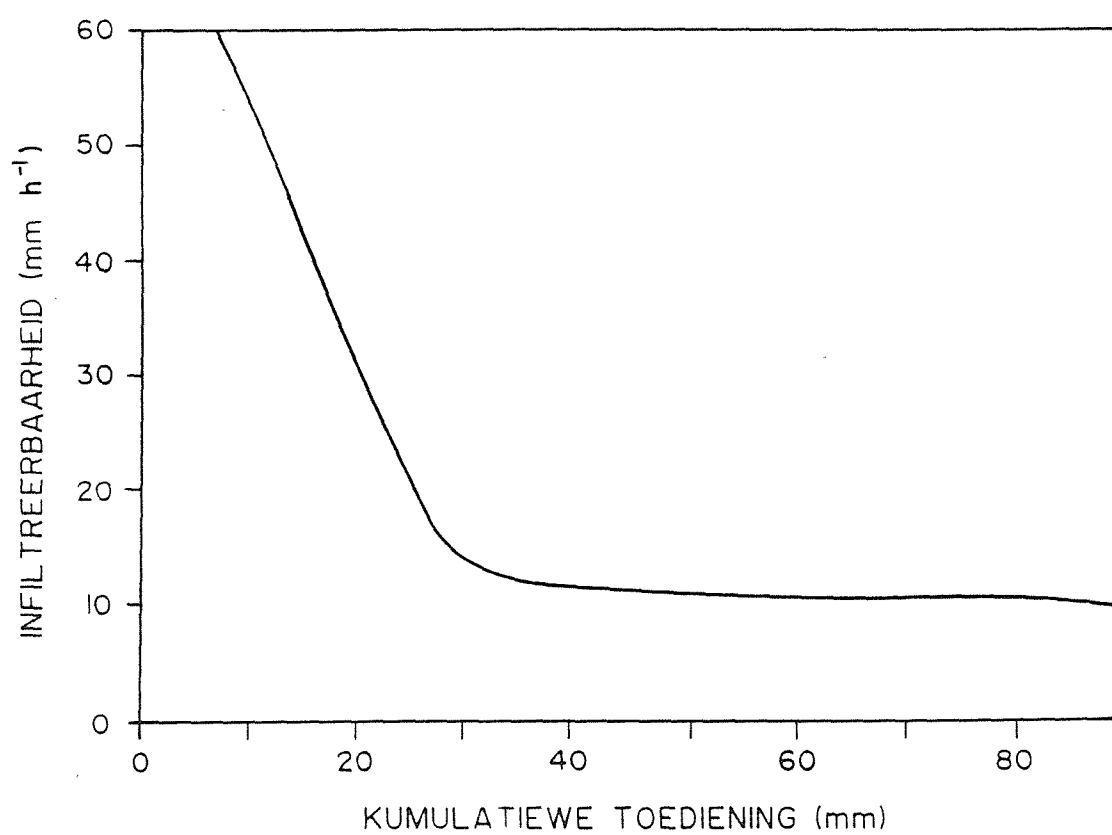
MONSTER No. 18



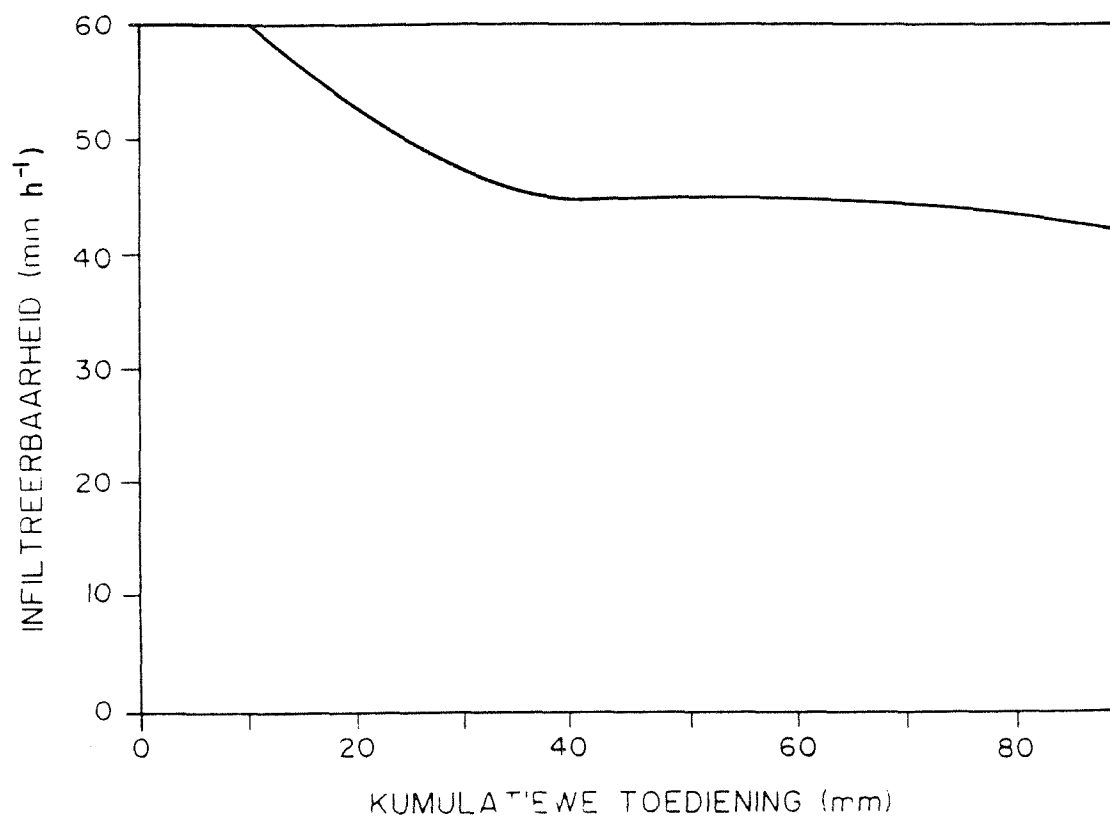
MONSTER No. 19



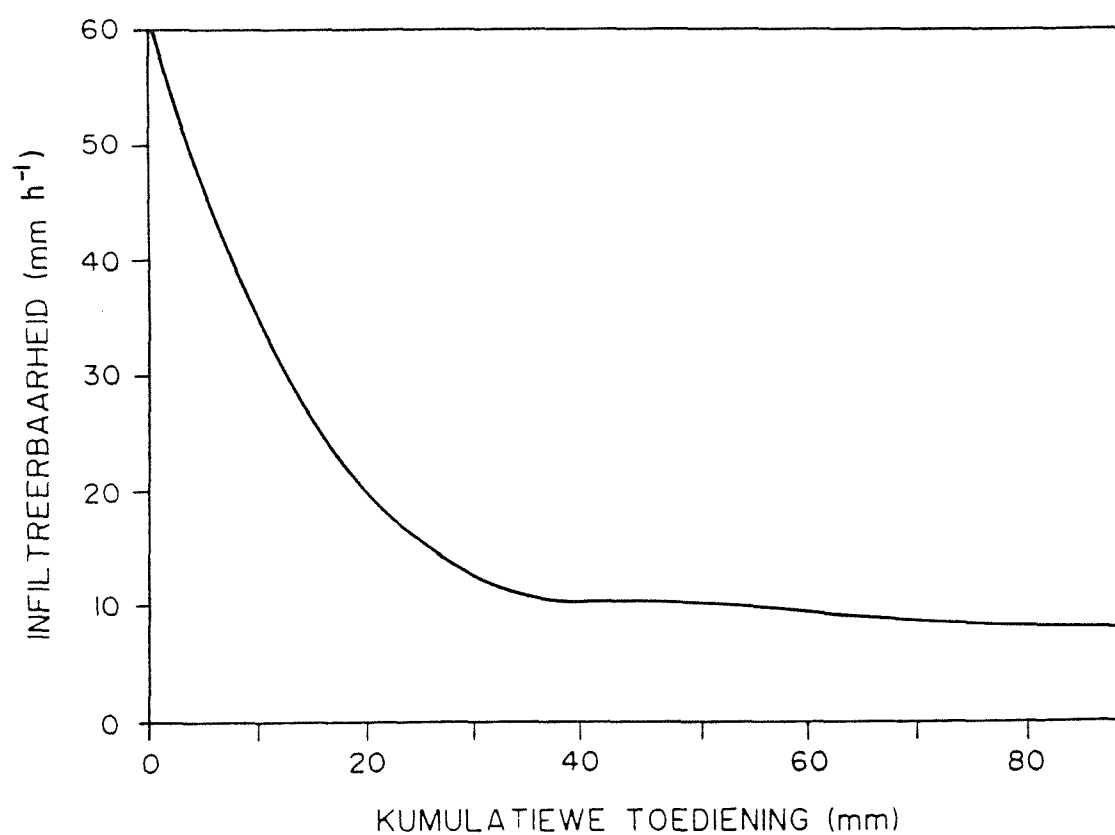
MONSTER No. 20



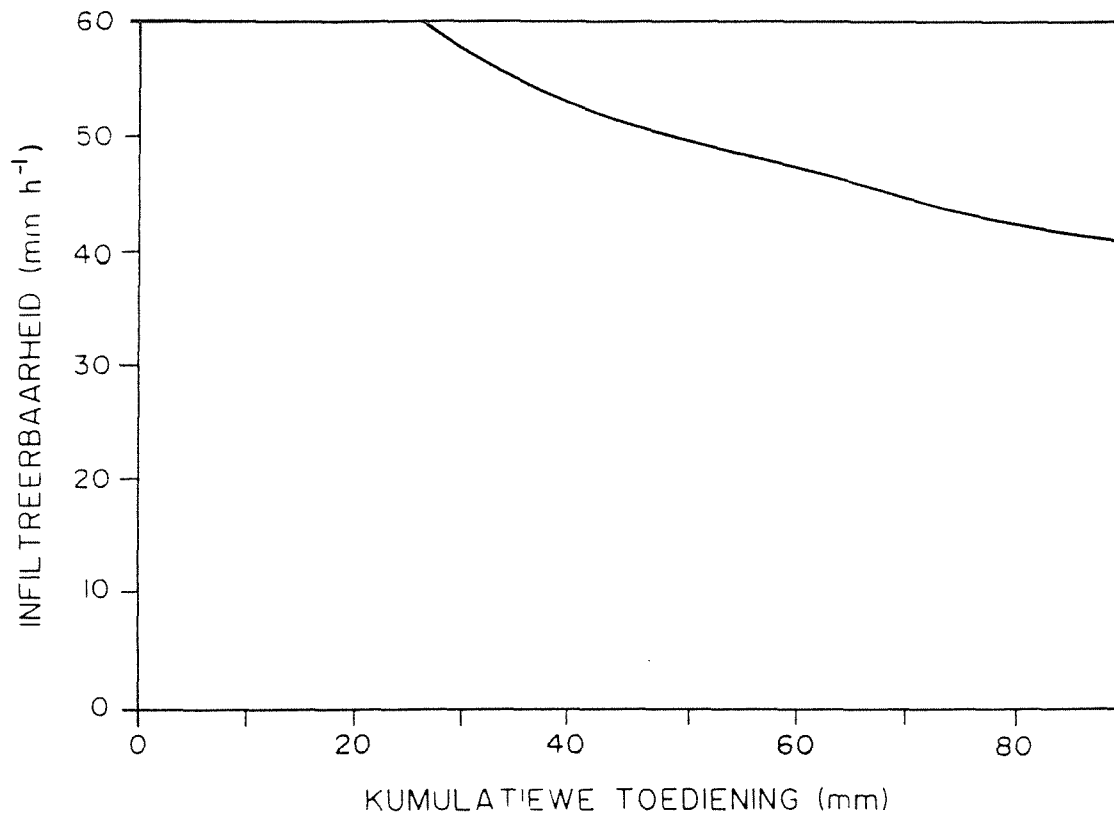
MONSTER No. 21



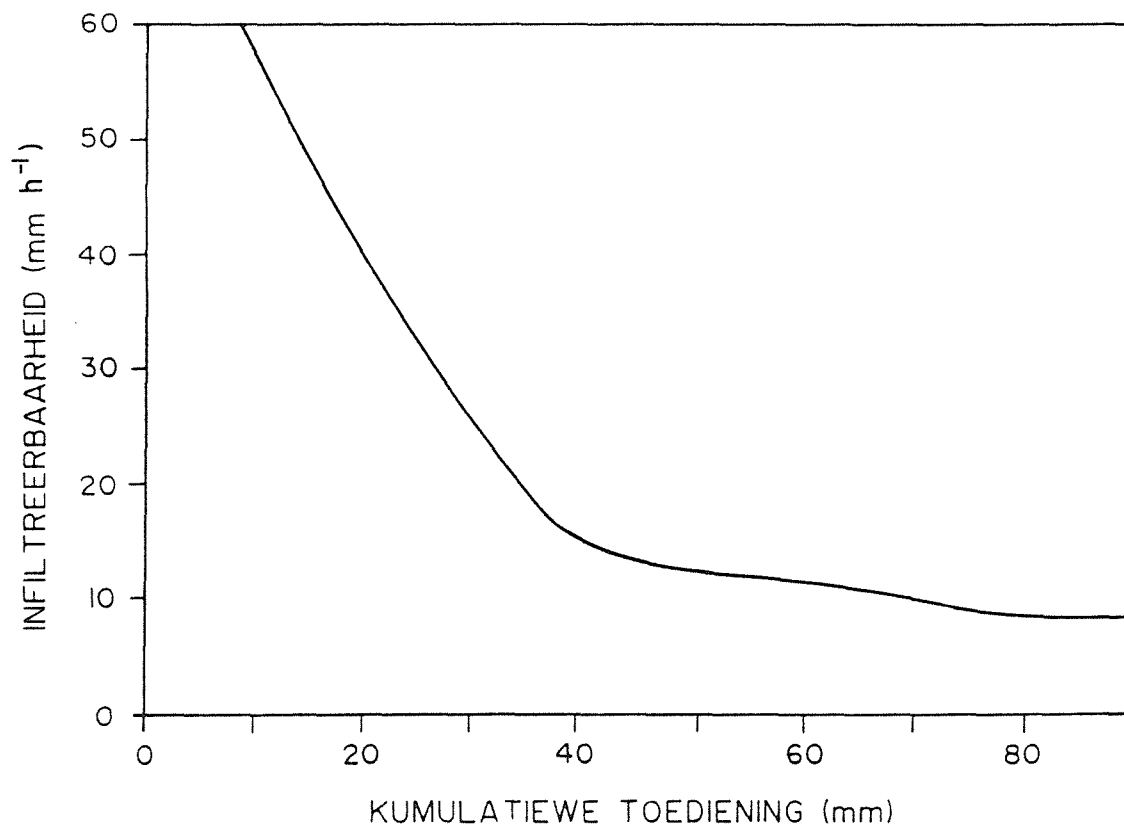
MONSTER No. 23



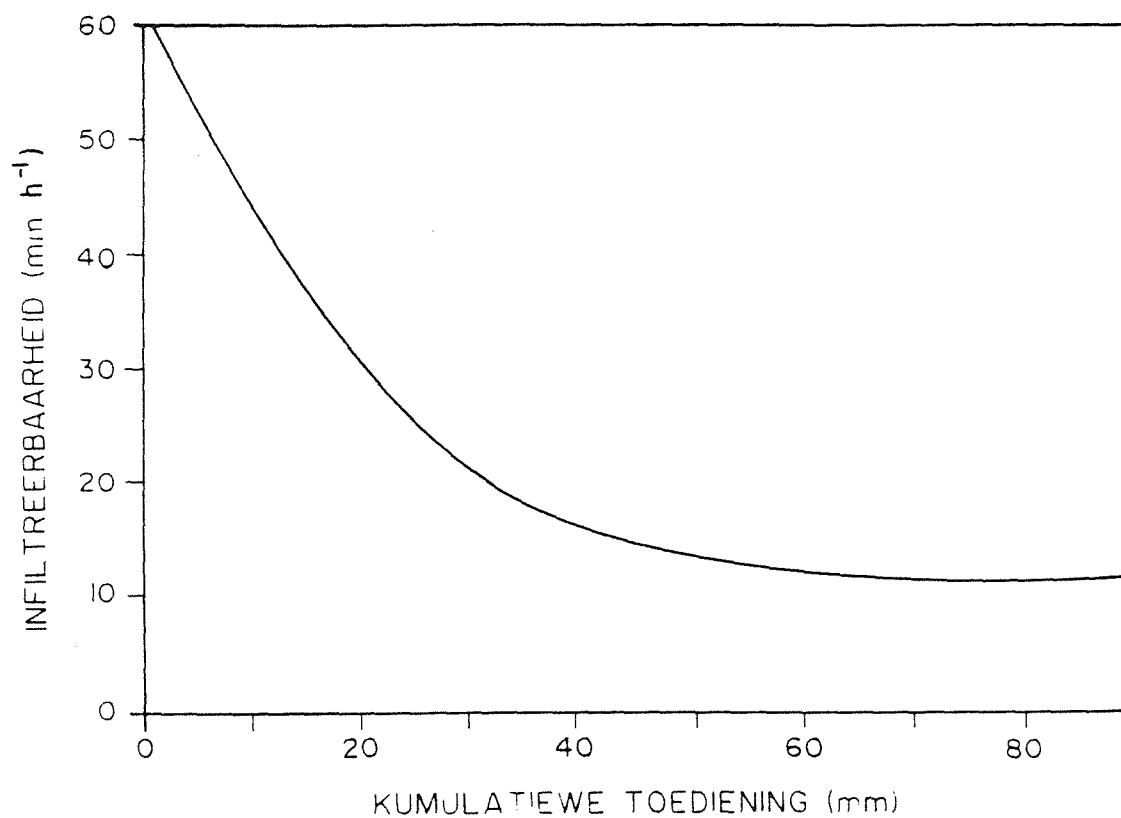
MONSTER No. 25



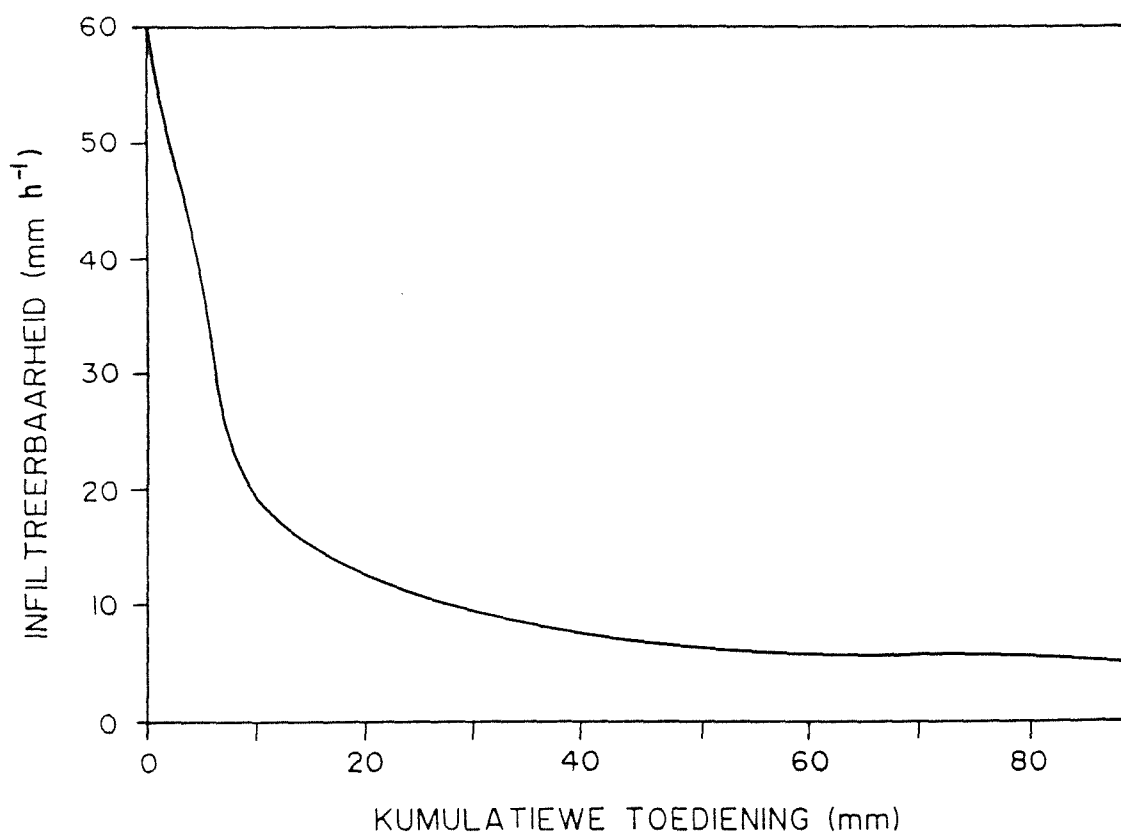
MONSTER No. 28



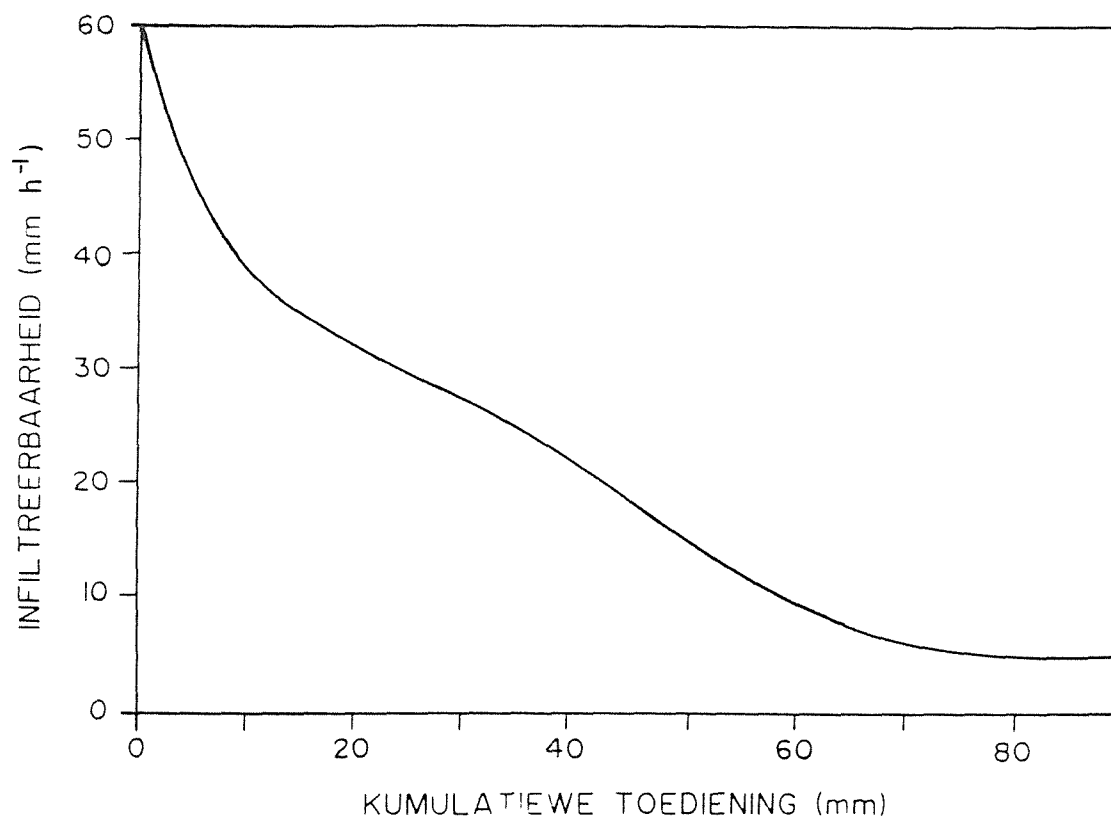
MONSTER No. 29



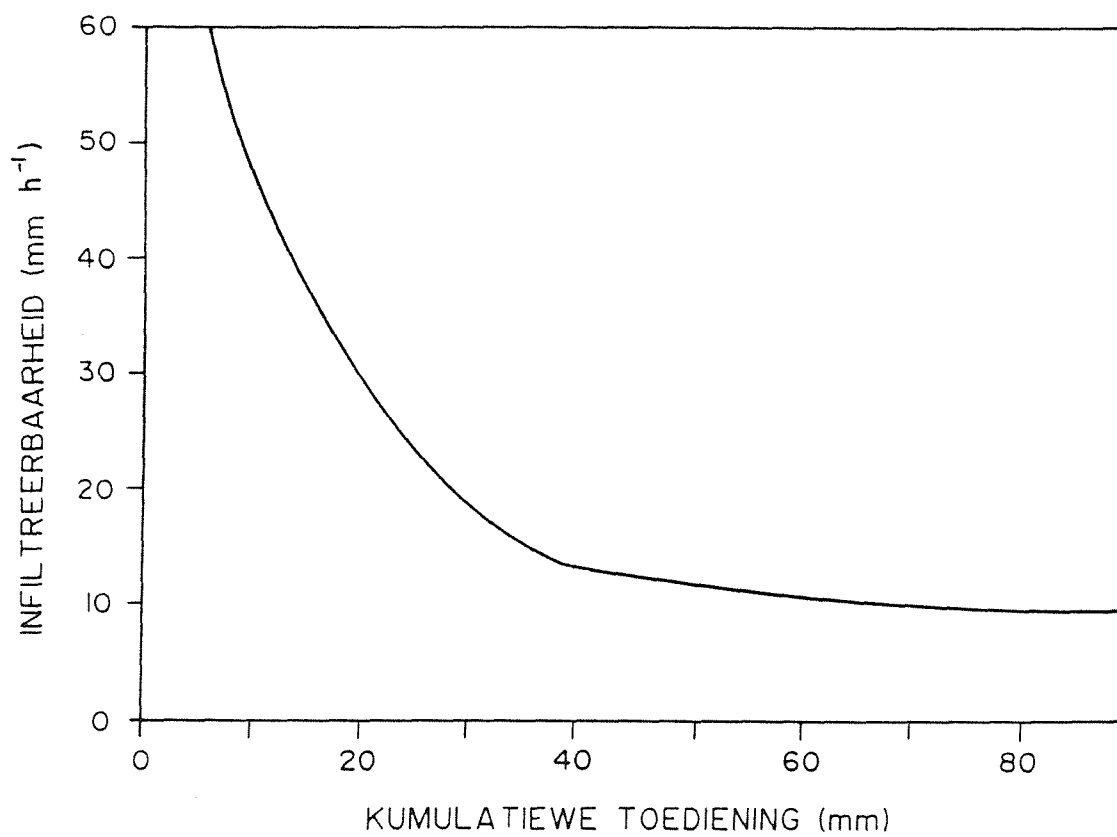
MONSTER No. 30



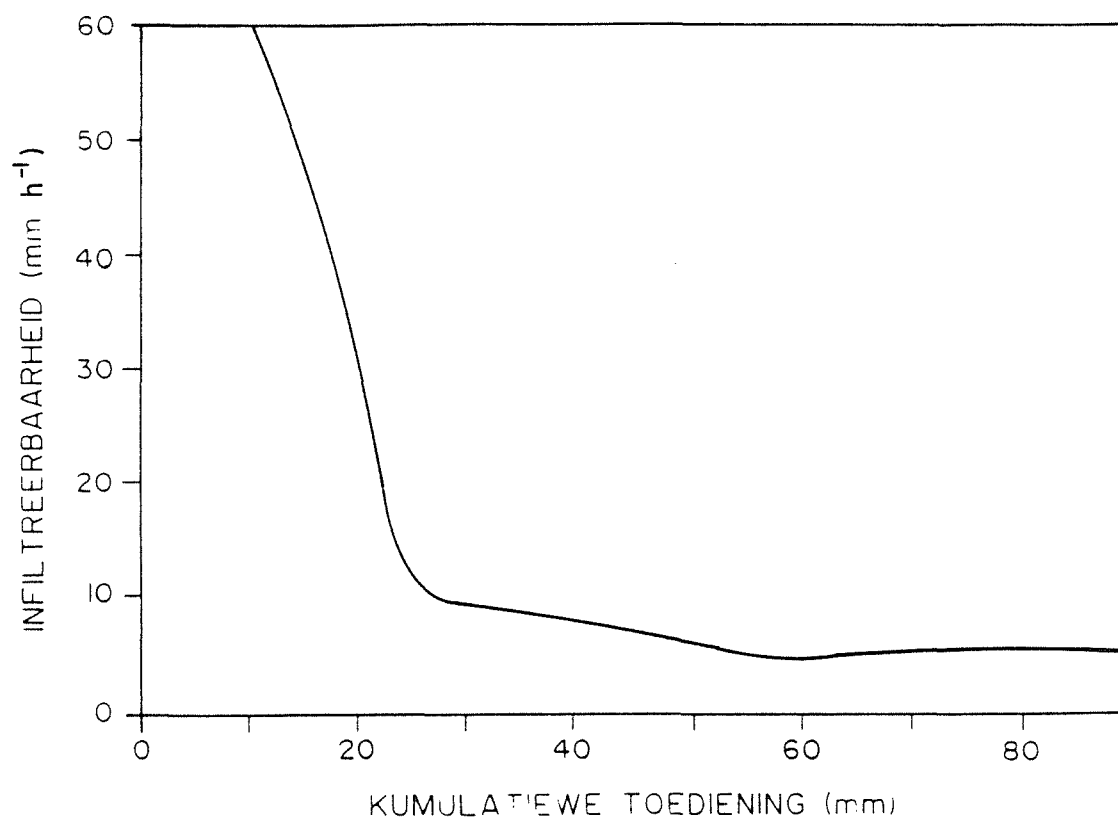
MONSTER No. 33



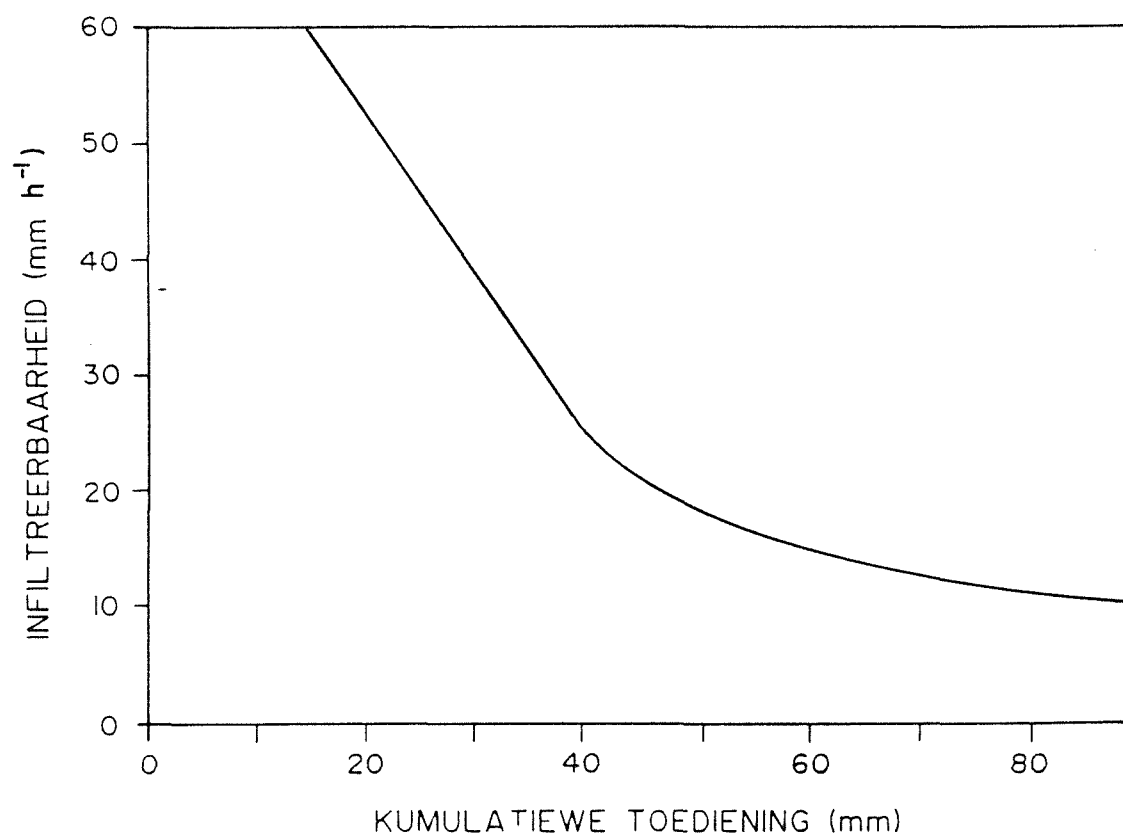
MONSTER No. 35



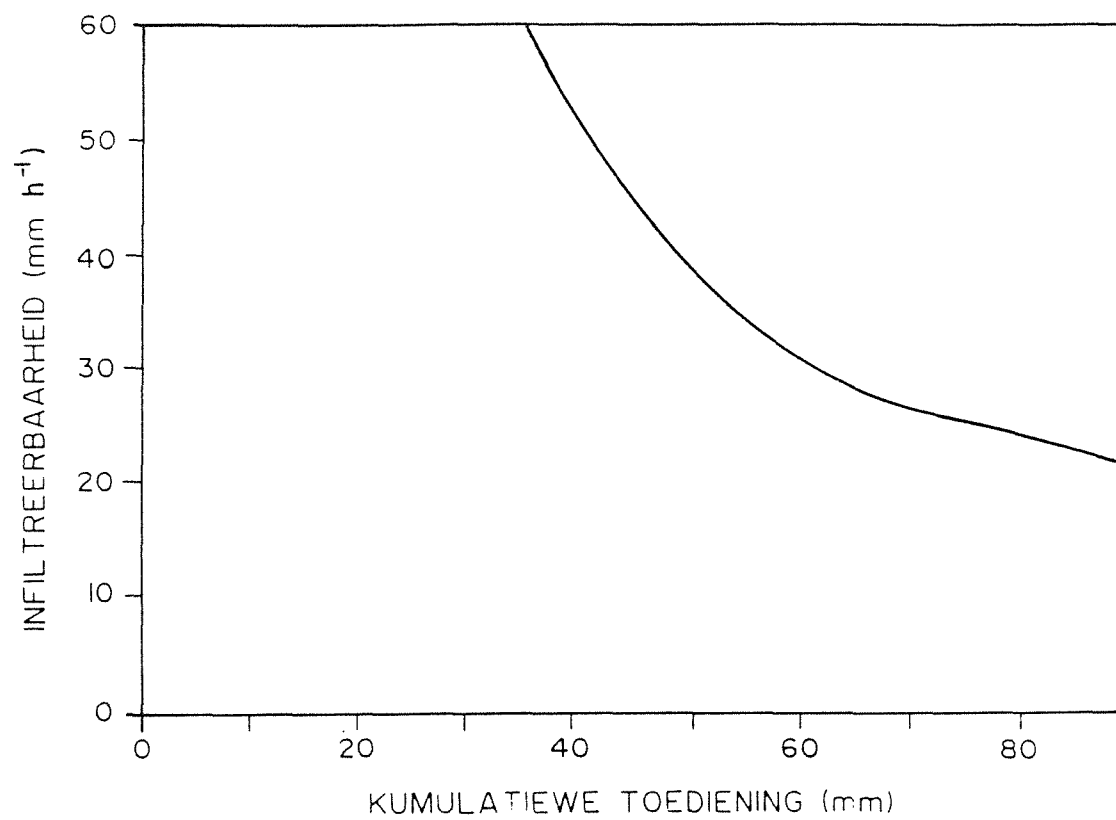
MONSTER No. 36



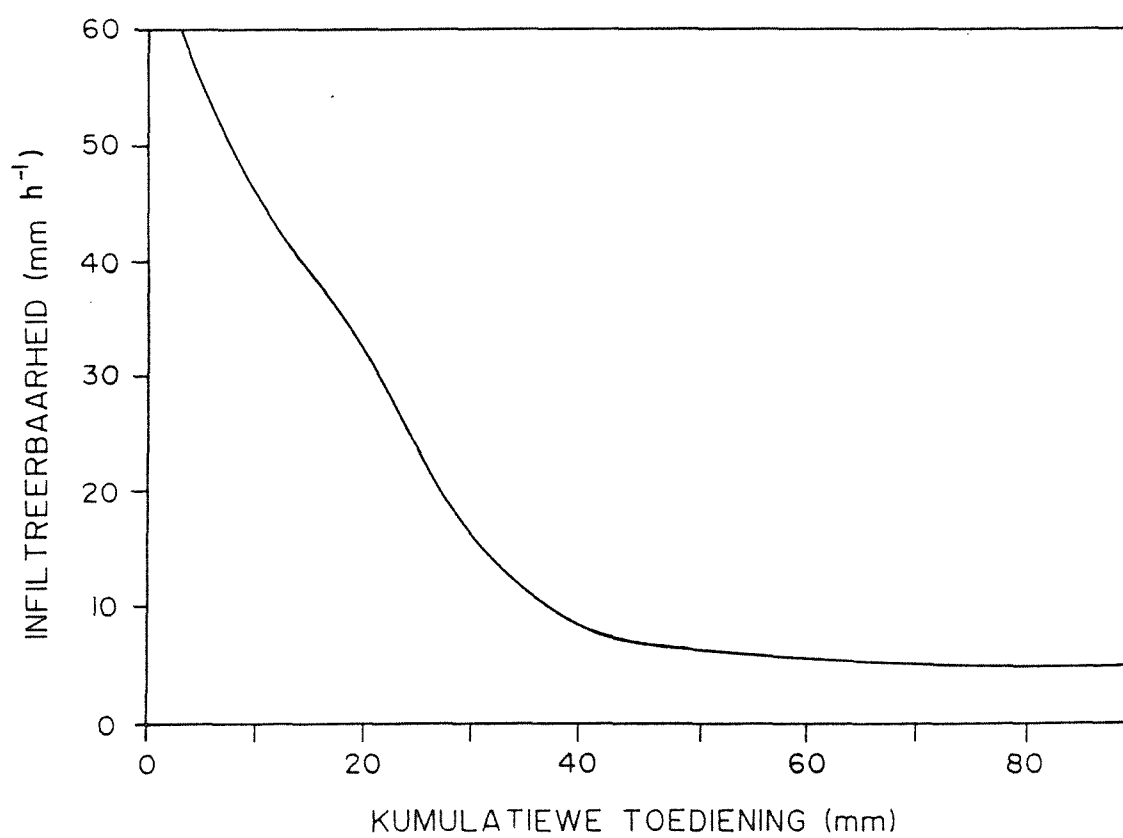
MONSTER No. 37



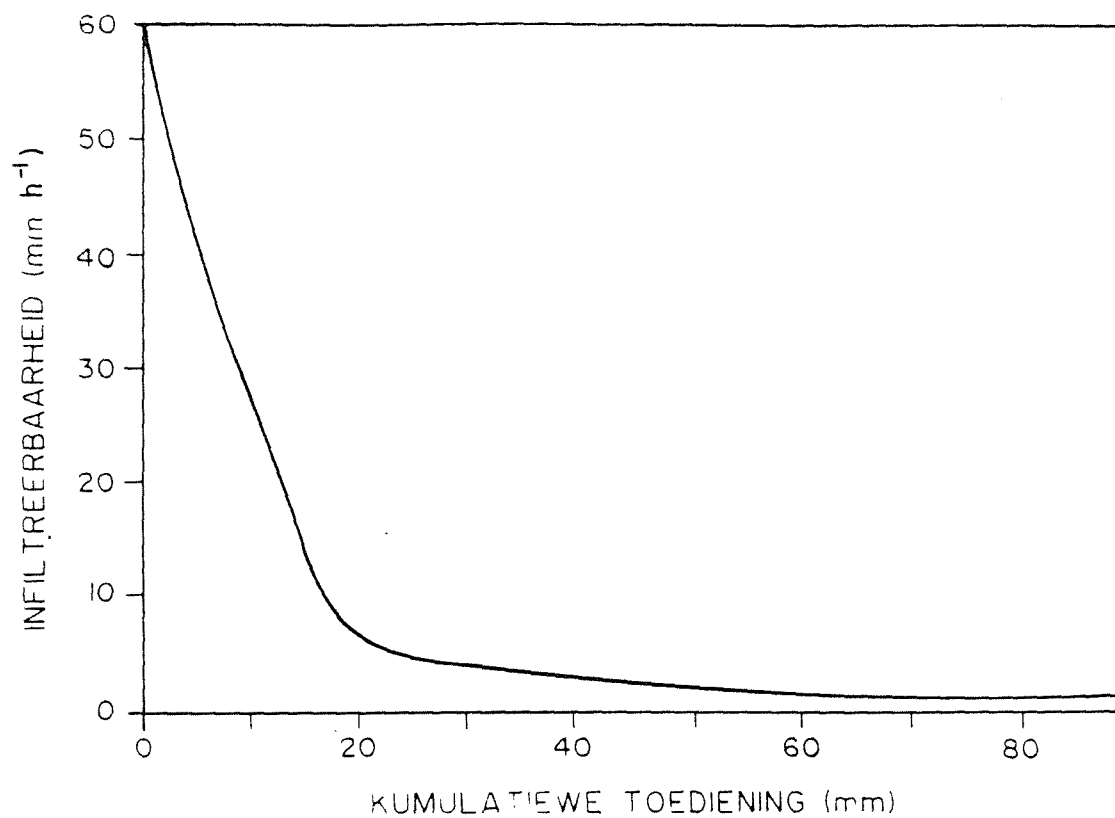
MONSTER No. 40



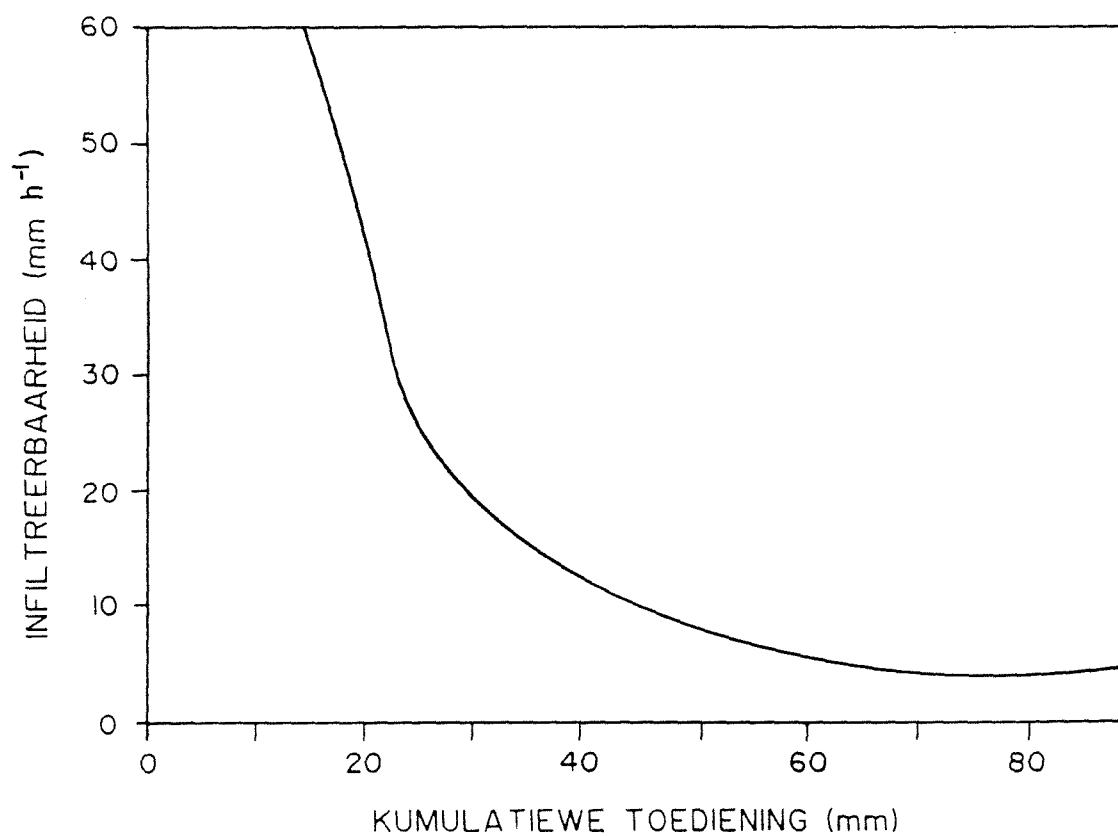
MONSTER No. 43



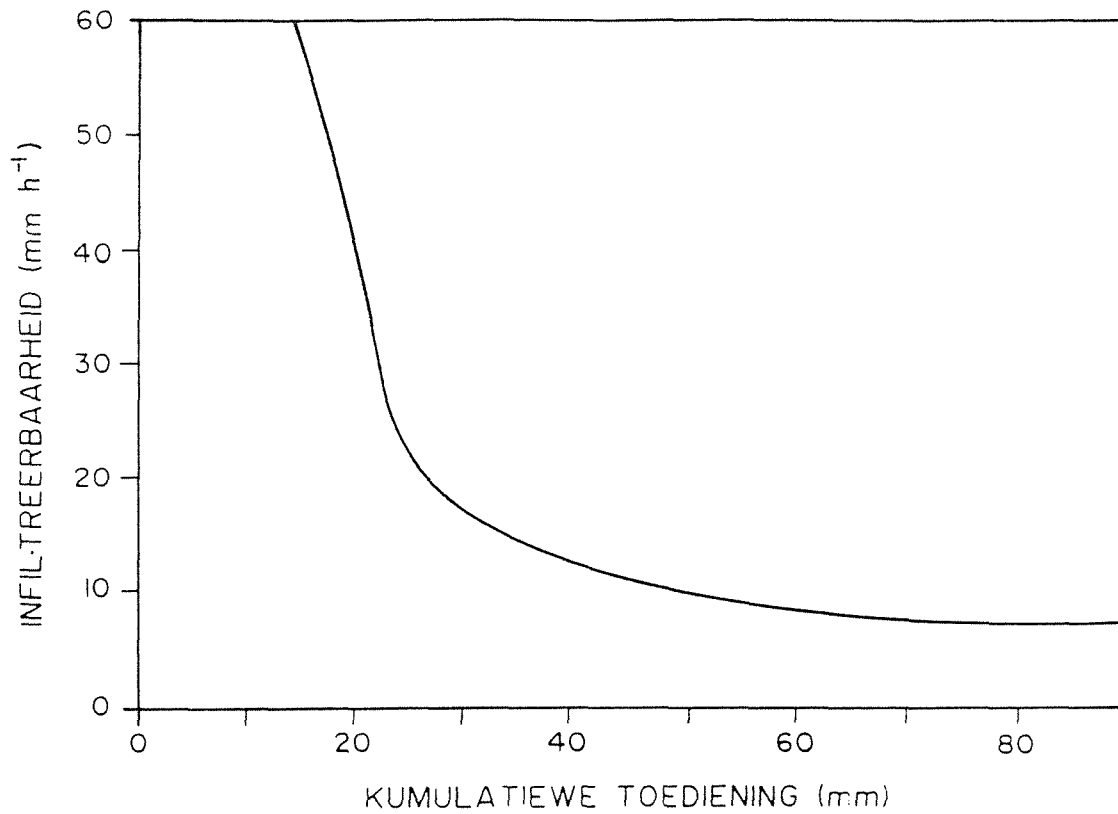
MONSTER No. 45



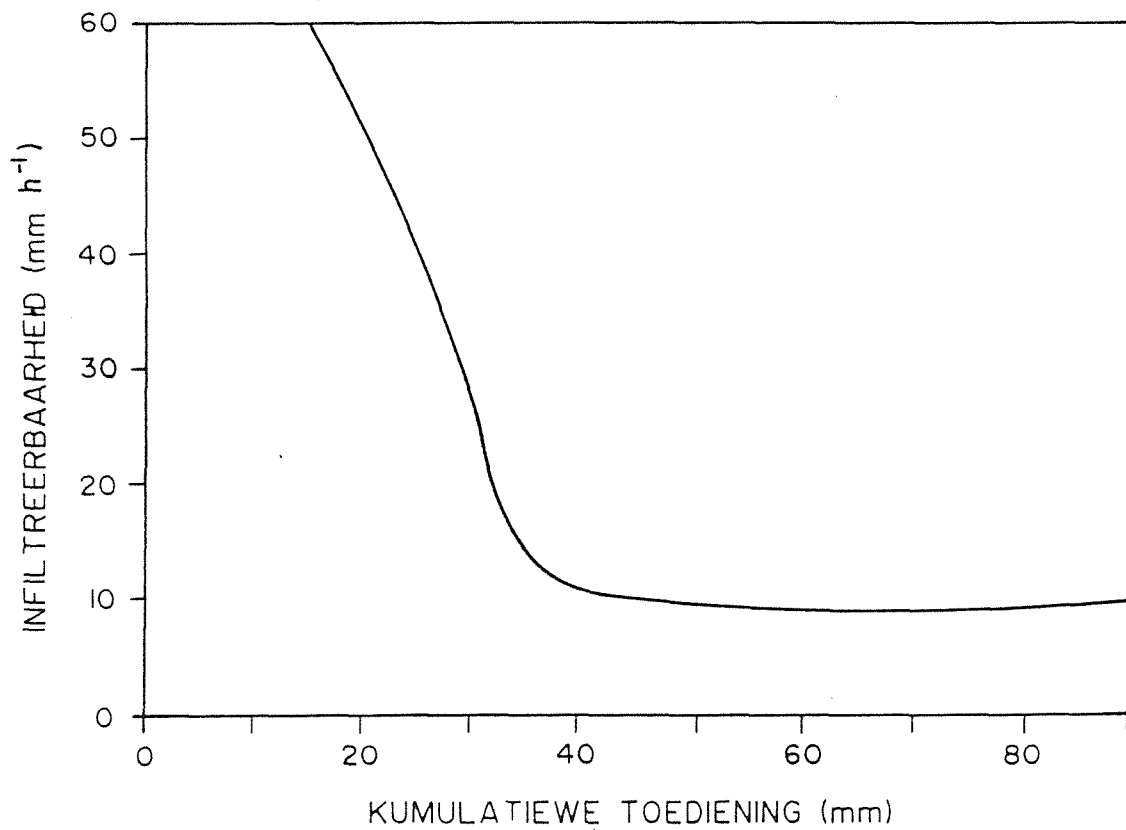
MONSTER No. 47



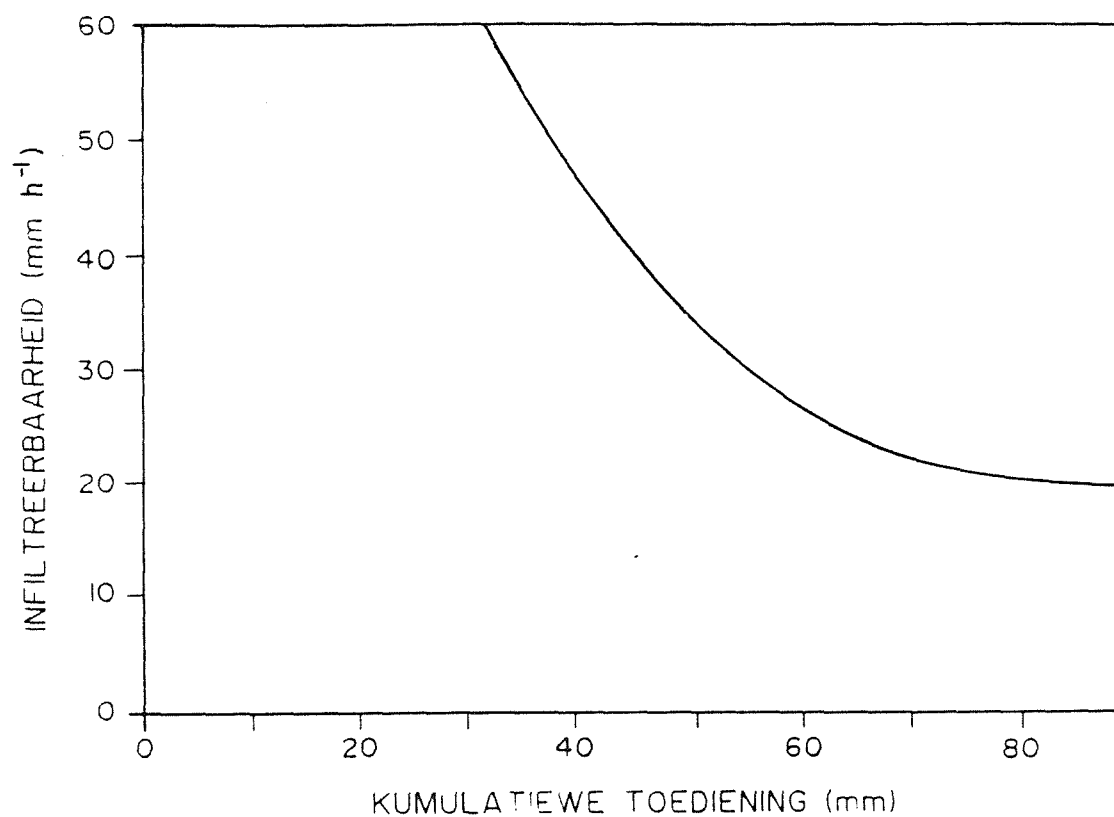
MONSTER No. 52



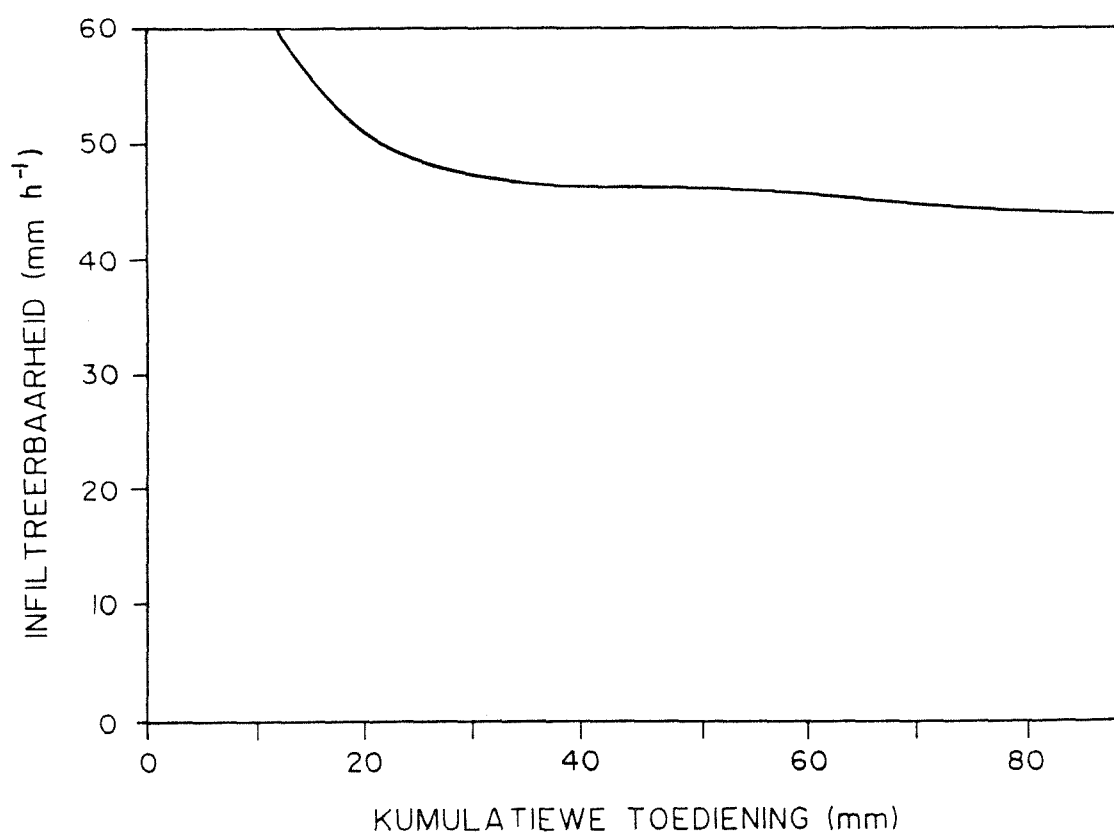
MONSTER No. 55



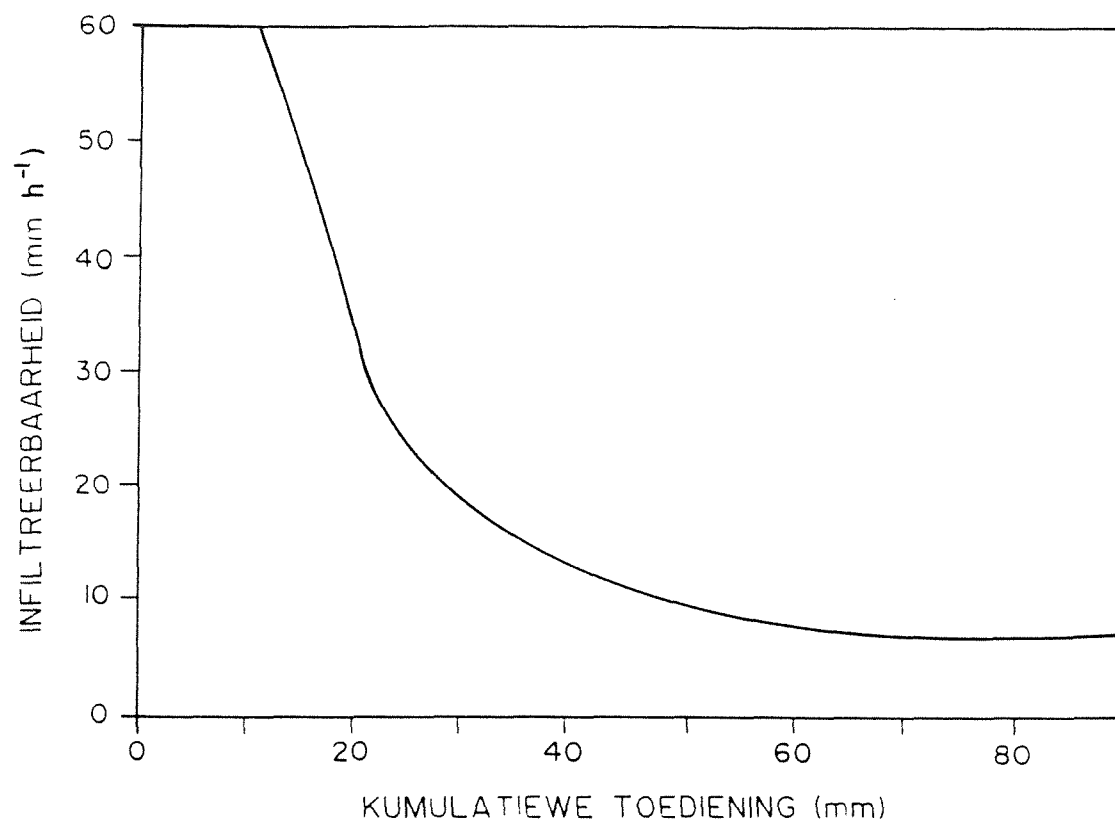
MONSTER No. 57



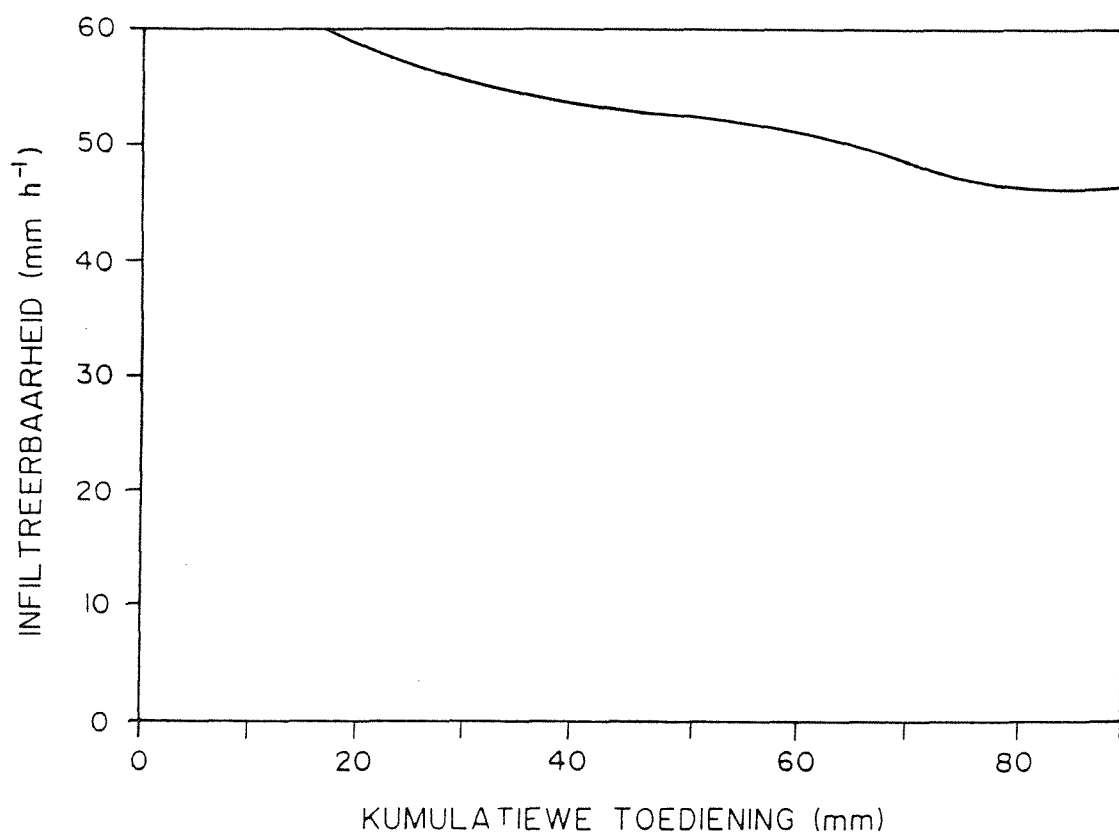
MONSTER No. 58



MONSTER No. 59



MONSTER No. 60



AFDELING B

**ONTWIKKELING VAN APPARATE OM OORHOOFSE BESPROEIING
TE SIMULEER**

deur

L.F. Lagrange

en

C.J. Smit

Departement Landbou-Ingenieurswese
Universiteit van Pretoria
Pretoria

HOOFSTUK 1

INLEIDING

Oppervlakverseëling van gronde onder besproeiing met die gepaardgaande afname in infiltrasie en verhoogde afloopverliese, is 'n kommerwekkende verskynsel wat wêreldwyd voorkom. Die fisiese effek van die druppels en die chemiese samestelling van die grond en water beïnvloed die mate van oppervlakverseëling, oftewel korsvorming, wat voorkom.

'n Navorsingsprojek getiteld "Ontwikkeling van Kriteria vir sprinkelbesproeiingstelsels om oppervlakverseëling te bekamp" is gesamentlik deur die Departement Landbou-Ingenieurswese aan die Universiteit van Pretoria (UP) en die Departement Bodemkunde aan die Potchefstroom se Universiteit vir Christelike Hoër Onderwys (PU vir CHO) uitgevoer. Die navorsingspan van die Universiteit van Pretoria was verantwoordelik vir die ontwikkeling van die benodigde apparaat terwyl die span van die Universiteit van Potchefstroom die grondkundige navorsing behartig het. Die projek is in sy geheel deur die Waternavorsingskommissie gefinansier.

Vir doeltreffende uitvoering van die ondersoek was dit nodig om twee besproeiingsimuleerders naamlik 'n model vir gebruik onder laboratoriumtoestande, die sogenaamde laboratoriumsimuleerder, asook 'n model vir gebruik tydens veldondersoeke, die sogenaamde praktyksimuleerder, te ontwikkel.

Die doel van die laboratoriumsimuleerder was om die invloed van spesifieke druppelkarakteristieke asook waterkwaliteit op die oppervlakverseëling van verskillende tipes gronde te ondersoek, terwyl die praktyksimuleerder aangewend sou word om laboratoriumwaarnemings onder veldtoestande te bevestig al dan nie. Hierdie deel van die verslag rapporteer dan spesifiek oor die werk wat deur die UP-span verrig is ten opsigte van die ontwikkeling van genoemde apparate.

HOOFSTUK 2

LITERATUUROORSIG

2.1 INLEIDING

Alvorens oorgegaan is tot die ontwikkeling van genoemde apparate, is 'n uitgebreide literatuurstudie onderneem na al die fasette wat betrokke is om die doeltreffende werking van sodanige apparate te verseker. Dit het ondersoek ingesluit na:

- * Verlangde druppelkarakteristieke wat deur sodanige apparaat bewerkstellig moet word
- * Metodes wat aangewend kan word om die verlangde eienskappe daar te stel
- * Metodes waarvolgens die verlangde eienskappe evalueer kan word

2.2 DRUPPELKARAKTERISTIEKE ONDER SPRINKELBESPROEIINGSTELSELS

2.2.1 Algemeen

Die kriterium wat algemeen gebruik word om druppeleffek op gronde te vergelyk, is die kinetiese energie wat aan die toetsarea oorgedra word. Kinetiese energie word bereken deur die formule $KE = \frac{1}{2}mv^2$ waar v die druppelsnelheid en m die druppelmassa is. Kinetiese energie word gemeet in eenhede van $Jm^{-2}mm^{-1}$ water toegedien. Vir akkurate bepaling van kinetiese energie moet die druppelgrootte en druppelsnelheid dus bekend wees.

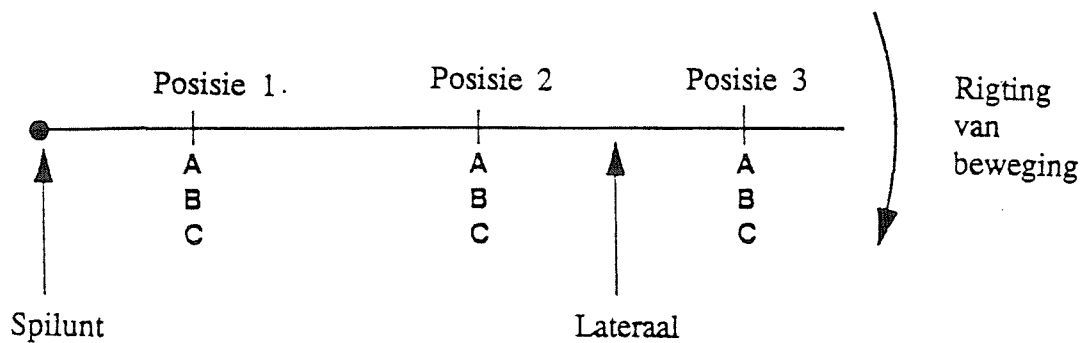
2.2.2 Druppelgroottes en -grootteverspreiding

Data oor die druppelkarakteristieke van natuurlike reënval is geredelik beskikbaar, terwyl weinige gedetailleerde data oor druppelkarakteristieke soos onder tipiese spilpuntbesproeiing-stelsels aangetref, in die literatuur opgeteken is. Data ten opsigte van druppelgrootteverspreidings kan ook nie losstaande van spesifieke spilpunteienskappe, asook soos deur die natuur beïnvloed, gesien word nie. Faktore wat 'n invloed op druppelgrootteverspreiding uitoefen, is: posisie van meting onder 'n bepaalde stelsel, die tipe sprinkelaar/sproeier gekoppel met openinggroottes wat gebruik word, mate van slytasie, asook werksdrukke waarteen die stelsel opereer. Heersende toestande met betrekking tot wind en temperatuur kan ook 'n bepalende faktor wees.

Die bepaling van druppelkarakteristieke onder bepaalde sprinkelaars is deur verskeie outeurs onder goed gekontroleerde laboratoriumtoestande uitgevoer. Die ASAE (American Society of Agricultural Engineers) het riglyne ten opsigte van die faktore wat tydens die toetsprosedure gemonitor moet word, neergeleë. Dit het die voordeel dat toetse onder vergelykbare toestande uitgevoer word, geen groot faktore wat die resultate uitermate kan beïnvloed buite rekening gelaat word nie en resultate meer vergelykbaar is. Bylae E is 'n kopie van die riglyne wat geld.

Verwagte druppelgrootteverspreidings ten opsigte van sprinkelaars en sproeiers op 'n bepaalde stelsel, kan vanaf hierdie toetsdata voorspel word. Die faktore hierbo genoem kan egter waardes veroorsaak wat met ordes van die verwagte waardes verskil. Liengme en Johnston (1991) is van die enigste outeurs wat data onder veldtoestande bepaal het. Sy resultate word vervolgens bespreek.

Liengme en Johnston (1991) het druppelgroottebepalings op drie posisies onder die lateraal van die spilpuntstelsel en by elkeen van die posisies drie metings (gemerk A, B en C in figuur 2.1) loodreg op die lateraal uitgevoer. Figuur 2.1 toon die verskillende metingsposisies wat onder die spilpunte gebruik is, aan.



FIGUUR 2.1: Metingsposisies vir druppelgrootteverspreiding onder spilpuntstelsels (Liengme en Johnston (1991)).

Die eienskappe van elke spilpunt in die ondersoek gebruik, word in Tabel 2.1 weergegee terwyl Tabel 2.2 die mediaandruppelgroottes van die verskillende spilpunte ten opsigte van meetposisies aandui.

TABEL 2.1: EIENSKAPPE VAN DIE SPILPUNTE ONDERSOEK.

Spilpunt Nommer	Toring Nommer	Sprinkelaar tipe	Druk (kPa)	Intensiteit, (mmh ⁻¹) Gem en (Maks)	
				Pos 1	Pos 2
1	6	Impak	200	15 (--)	44 (--)
2	9	Impak	300	12 (17)	55 (74)
3	6	Sproeier	120	19 (25)	63 (84)

TABEL 2.2: MEDIAAN DRUPPELDEURSNEë VERKRY (mm).

	Spilpunt 1	Spilpunt 2	Spilpunt 3
Posisie 1	2,25	1,30	0,90
Posisie 2	2,30	1,30	1,03
Posisie 3	2,40	1,60	1,10

Druppelkarakteristieke wat deur ander outeurs onder gekontroleerde laboratoriumtoestande gevind is, kan in twee groepe naamlik sprinkelaars en sproeiers verdeel word.

Eckard (1976) publiseer duimreëlgegewens vir sprinkelaars op 1 m hoogte en met 'n 5 mm tuit toegerus. Hy bevind dat druppelgrootte met afstand vanaf die sprinkelaar toeneem. Sy resultate dui die volgende tendens aan:

TABEL 2.3: VARIASIE IN DRUPPELGROOTTE MET AFSTAND VANAF SPRINKELARPOSISIE (HOOGTE 1 m, TUITDIAMETER 5 mm).

Druppel deursnee (mm)	0,5	1	2	3	4	5
Afstand (m)	0 - 3	6	9	12	15	15+

Seginer (1965) se eksperimente bevestig bogenoemde tendens. Figuur 2.3 toon die bewegingsbaan van druppels wat 'n sprinkelaar teen 'n hoek van 30 ° teen 'n druk van 100 kPa verlaat, aan. Die gemiddelde druppeldeursnee wat verkry is op verskillende afstande vanaf die sprinkelaar stem redelik ooreen met Eckard (1976) se bevindings.

Vir sproeiers wat algemeen in besproeiing gebruik word het Solomon et al (1985) 'n tabel met druppelgrootteverspreidings opgestel. Hierdie bevindings word in Tabel 2.4 getoon. Simbole wat in die tabel gebruik word, is soos volg:

* Spuitstuk tipe:

F - Vloeiertipe

FP - Plat gladde plaat

SP - Plat geriffelde plaat

+ Metingsmetode:

Ph - Fotografiese metode

Pe - Meelmetode

S - Kolmetode

Die boonste limiet log/normale verspreidingsfunksie is gebruik om die resultate in 'n vergelykbare vorm te rangskik volgens die mediaan druppeldeursnee.

TABEL 2.4: DRUPPELGROOTTEVERSPREIDINGS VIR SPROEIERS.

Nr	*	Spuitpunt Diam (mm)	Druk (kPa)	+	Volume d ₁₀	% druppel d ₅₀	deursnee d ₉₀
1	F	1,3	276	Ph	0,13	0,24	0,34
2	F	0,8	276	Ph	0,10	0,20	0,30
3	F	1,3	90	Ph	0,10	0,31	0,58
4	F	2,6	276	Ph	0,14	0,40	0,64
5	F	4,2	276	Ph	0,23	0,59	0,89
6	F	6,1	276	Ph	0,38	0,95	1,31
7	F	8,4	276	Ph	0,69	1,45	1,91
8	F	8,4	138	Ph	0,79	1,55	1,95
9	SP	6,4	100	Pe	1,85	2,69	3,75
10	SP	7,9	150	Pe	1,89	2,97	4,05
11	FP	4,8	50	Pe	0,60	1,11	1,73
12	FP	6,4	50	Pe	0,68	1,30	2,01
13	FP	7,9	50	Pe	0,73	1,50	2,40
14	FP	9,5	50	Pe	0,94	2,02	3,25
15	FP	4,8	100	Pe	0,57	1,05	1,66
16	FP	6,4	100	Pe	0,60	1,18	1,89
17	FP	7,9	100	Pe	0,70	1,41	2,23
18	FP	9,5	100	Pe	0,76	1,66	2,78
19	FP	4,8	150	Pe	0,58	0,95	1,50
20	FP	9,5	150	Pe	0,74	1,49	2,44
21	FP	4,8	200	Pe	0,51	0,92	1,50
22	FP	6,4	200	Pe	0,53	1,04	1,73
23	FP	7,9	200	Pe	0,59	1,17	1,88
24	FP	9,5	200	Pe	0,63	1,27	2,08
25	FP	6,4	150	Pe	0,62	1,14	1,77
26	FP	7,9	150	Pe	0,63	1,22	1,99
27	FP	3,2	69	S	0,39	0,75	1,14
28	FP	3,2	103	S	0,40	0,80	1,26
29	FP	3,2	138	S	0,48	0,83	1,15
30	FP	3,2	172	S	0,51	0,75	1,08
31	FP	3,2	207	S	0,50	0,72	1,01
32	FP	4,8	69	S	0,52	0,98	1,49
33	FP	4,8	103	S	0,61	0,97	1,33
34	FP	4,8	138	S	0,58	0,94	1,45
35	FP	4,8	172	S	0,56	0,88	1,35
36	FP	4,8	207	S	0,58	0,86	1,21
37	FP	6,4	69	S	0,72	1,15	1,72
38	FP	6,4	103	S	0,68	1,16	1,83
39	FP	6,4	138	S	0,66	1,05	1,64
40	FP	6,4	172	S	0,61	0,99	1,37
41	FP	6,4	207	S	0,68	1,04	1,55
42	FP	5,6	69	S	0,76	1,34	2,05

2.2.3 Druppelsnelhede

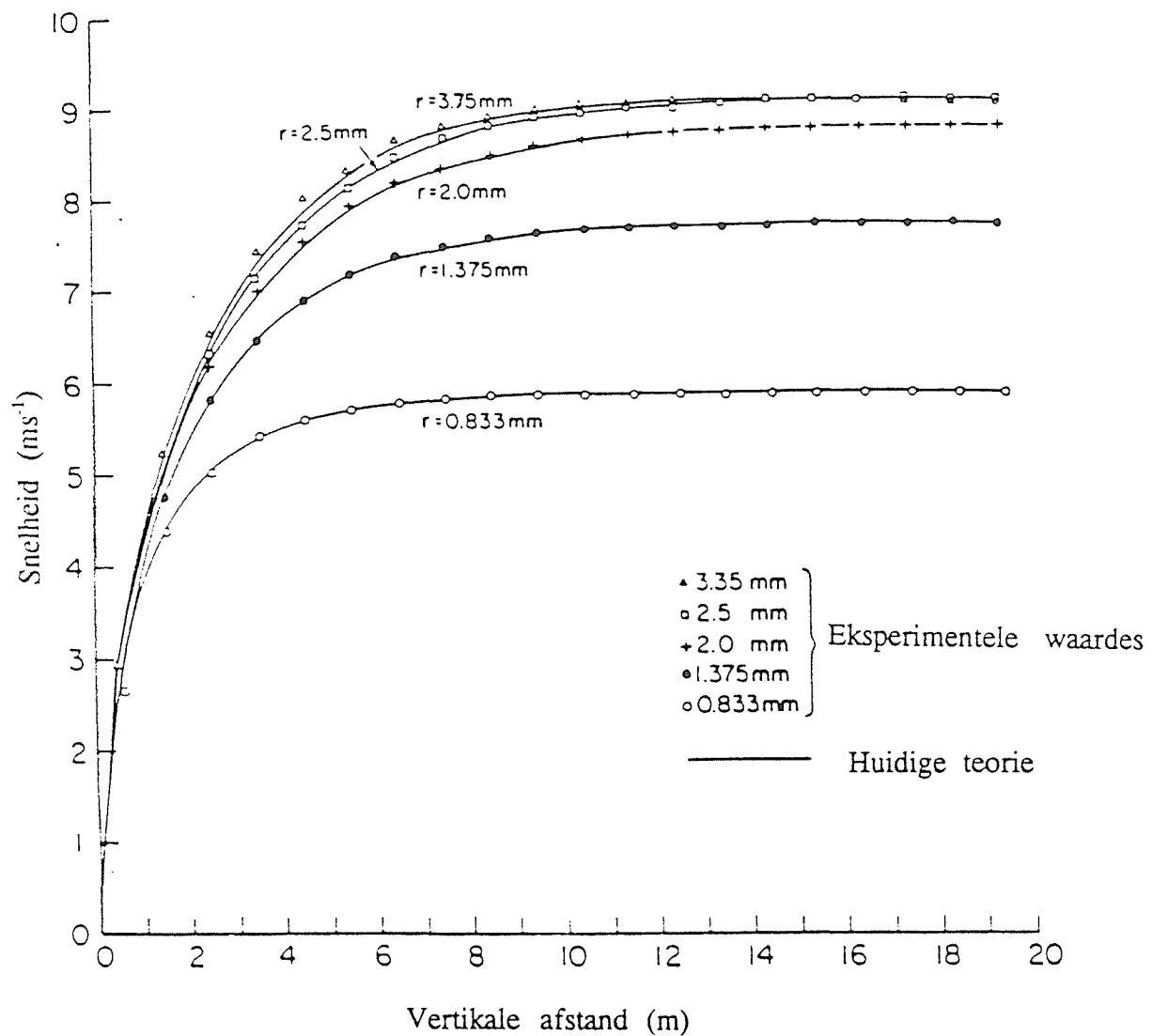
Verskeie outeurs het druppelsnelhede bepaal en tabelle, grafieke en rekenaarprogramme ontwikkel wat druppelsnelhede onder bepaalde omstandighede voorspel. 'n Standaard verwysingstoestand met 'n temperatuur van 20 °C en lugdruk van 84,1 kPa word gebruik terwyl relatiewe humiditeit ook gerapporteer moet word. Vergelykings is opgestel om resultate na die verwysingstoestand te herlei.

Laws het in 1941 pionierswerk verrig deur 'n wye reeks van druppelgroottes se vertikale snelhede vanaf verskillende valhoogtes te bepaal. Sy toerusting en benadering het in 1941 redelik akkurate waardes gelew, maar geen herleiding na 'n standaardtoestand is gedoen nie en met verbeterde tegnologie is hedendaagse waardes baie meer akkuraat. Gedurende 1949 het Gunn en Kinzer die ondersoek met ander meetinstrumente herhaal en 'n maksimum verskil in waardes van slegs 1,5% gevind.

Verskeie akkurater metodes vir snelheidsbepaling is vanaf die sewentigerjare gebruik. Wang en Pruppacher (1977) het die tyd en afstand bepaal vir druppels om vanuit rus, 99% van terminasnelheid te bereik. Hulle het aangetoon dat die terminasnelheid van druppels as 'n funksie van druppeldiameter nie met 'n enkele vergelyking beskryf kan word nie. Wobus et al (1971) en Dingle en Lee (1972) het die bewegingsbaan in verskeie bewegingsgebiede verdeel en vergelykings daarvoor ontwikkel. Beard (1976) het verdere vergelykings op fisiese lugweerstandstoestande gebaseer wat vir die verskillende groottes en vorms van druppels met afstand vanaf beginpunt heers. Wang en Prupaccher (1977) het 'n eindige-element rekenaarprogram, gebaseer op die teorie van Beard (1976), ontwikkel en met praktiese metings bevestig. Figuur 2.2 toon hoe die waardes van hul rekenaarvoorspelling met gemete waardes vergelyk het.

Epema en Riezebos (1983) het empiriese vergelykings vir die verandering in druppelvorm wat plaasvind tydens beweging van druppels vanuit rus uit opgestel. Daarvoor het hulle baie akkurate snelheidsbepalings van die vertikaal-vallende druppels gedoen. Hulle het verandering in druppelvorm ten opsigte van valafstand in twee definitiewe gebiede geklassifiseer - eers laminêre en daarna turbulente beweging.

valsnelhede met twee verskillende metodes bepaal en met die rekenaarvoorspellings van Wang en Pruppacher (1977) vergelyk. Tabel 2.5 toon hierdie onlangs-verkreë akkurate waardes in vergelyking met waardes vir terminasnelhede wat deur 'n paar ander outeurs gevind is, aan.



FIGUUR 2.2: Verandering in valsnelheid met afstand. Rekenaarvoorspelling van Wang en Pruppacher (1977) in vergelyking met gemete waardes.

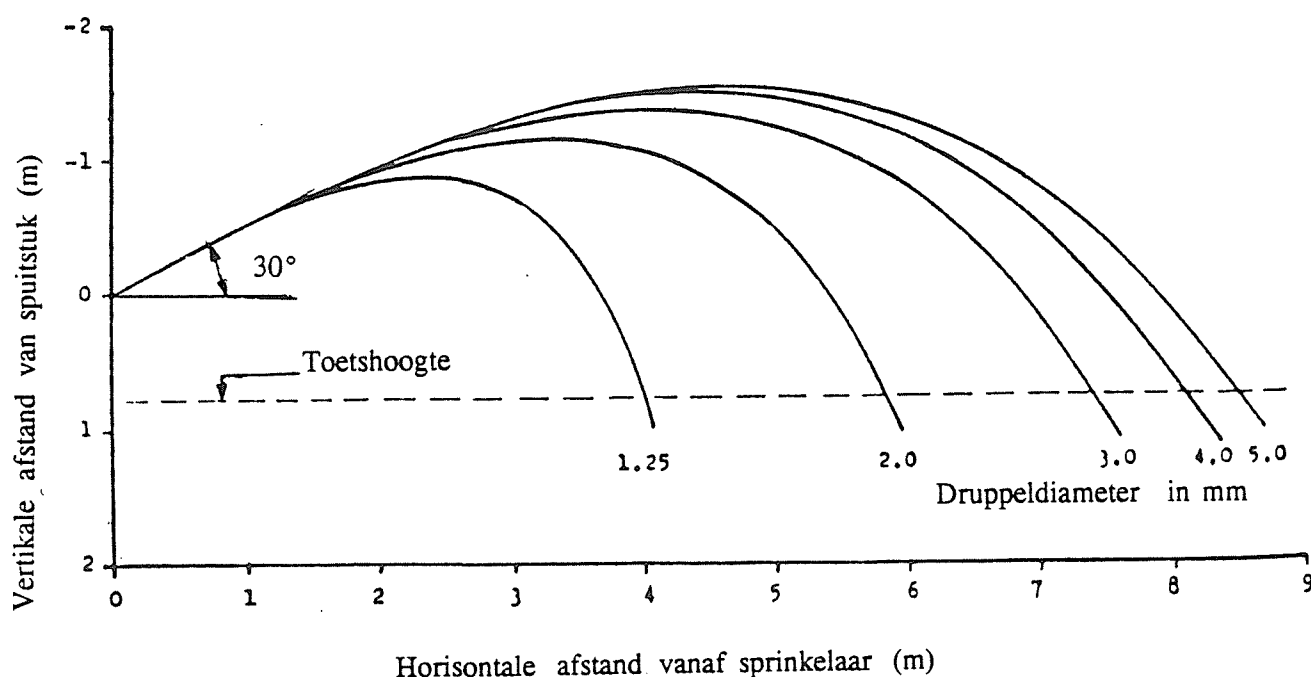
TABEL 2.5: VERTIKAAL-VALLENDE WATERDRUPPELS SE SNELHEDE,
HERLEI NA STANDAARDTOESTANDE 20 °C EN 84.1 kPa.

Valhoogte (m)	Druppeldeursnee (mm)										
	2,45	2,67	2,91	3,14	3,45	3,83	4,07	4,52	4,82	5,21	5,64
0,5	2,97	2,98	2,99	3,00	3,01	3,02	3,03	3,03	3,03	3,04	3,04
1	4,07	4,11	4,14	4,16	4,19	4,21	4,22	4,23	4,23	4,24	4,24
1,5	4,81	4,86	4,91	4,95	5,00	5,05	5,07	5,11	5,12	5,13	5,14
2	5,36	5,41	5,47	5,53	5,60	5,68	5,72	5,79	5,82	5,85	5,85
2,5	5,80	5,86	5,94	6,01	6,10	6,20	6,26	6,35	6,40	6,44	6,45
3	6,16	6,26	6,36	6,46	6,55	6,67	6,73	6,82	6,87	6,90	6,91
3,5	6,47	6,57	6,68	6,78	6,90	7,03	7,10	7,22	7,27	7,33	7,35
4	6,73	6,84	6,95	7,06	7,20	7,35	7,43	7,57	7,64	7,70	7,74
4,5	6,92	7,06	7,20	7,32	7,47	7,63	7,72	7,87	7,95	8,03	8,10
5	7,11	7,25	7,40	7,53	7,70	7,88	7,98	8,14	8,23	8,33	8,41
5 *	6,67	6,89	7,08	7,25	7,40	7,53	7,65	7,85	8,00	8,11	8,20
5 **	6,72	-	7,10	-	7,41	-	7,64	7,80	7,96	-	8,05

* Laws, 1941

** Epema & Riezebos, 1983

Seginer het in 1965 waardevolle inligting omtrent die beweging van druppels in 'n projektielbaan gepubliseer. Hieronder val 'n grafiese metode om die vergelyking van die bewegingsbaan op te los asook as analitiese oplossings vir die bepaling van tangensiale- en impaksnelheid van druppels vir 'n paar eenvoudige gevalle. Hy het sy teorie met Laws (1941) se data vergelyk waar druppels vertikaal vanuit rus val en tot die gevolgtrekking gekom dat die bewegingsbane vir enkel druppels redelik akkuraat met sy metodes voorspel kan word. Figuur 2.3 is 'n grafiese voorstelling van die tipiese verwagte bewegingsbane wat enkel druppels sal volg wanneer dit 'n spuitstuk teen 'n hoek van 30° met die horisontaal en 'n druk van 100 kPa sal verlaat.



FIGUUR 2.3: Tipiese bewegingsbane van druppels wat 'n sprinkelaar verlaat soos deur Seginer (1965) voorspel.

2.3 METODES VIR DIE BEPALING VAN DRUPPELKARAKTERISTIEKE

2.3.1 Bepaling van druppelgrootte en -verspreiding

Verskillende metodes vir die bepaling van druppelgrootte-verspreidings is sedert 1890 deur verskeie navorsers toegepas. Sekere metodes is vir beide veld- en laboratoriumbepalings geskik, terwyl ander net in 'n laboratorium onder deeglik-gekontroleerde toestande uitgevoer kan word. Bestaande literatuur verwys na die volgende metodes wat algemeen gebruik word:

- * Kolmetode
- * Meelmetode
- * Indompelingsmetode
- * Weegmetode
- * Vriesmetode
- * Fotografiese metode
- * Lasermetode
- * Ander elektroniese metodes

2.3.1.1 Kolmetode

Die metode is deur Wiesner (1895), Lenard (1904) en Defant (1905) bekendgestel. Hier word aangeneem dat die druppel wat op 'n uniforme, absorberende materiaal val, 'n kol sal laat waarvan die koldeursnee in verhouding tot die druppelgrootte is. 'n Verskeidenheid van absorberende materiale is gebruik, soos kladpapier (Hall, 1970), filtreerpapier (Blanchard, 1953), bloudrukpapier, papierhanddoeke (Levine, 1952), fotografiese papier, optelmasjienpapier, verglansde papier en suikerbedekte nylon-nette (Blanchard, 1953). 'n Wye verskeidenheid van kleurstowwe op die absorberende materiale is ook al gebruik.

Die metode word gekalibreer deur druppels van bekende grootte op die absorberende materiaal te laat val waar dit dan kolle van bepaalde gemiddelde diameters nalaat. Die kolgrootte is 'n funksie van die fisiese eienskappe van die absorberende materiaal, bv papierdigtheid en -dikte, absorbsietyd na druppelimpak en snelheid waarmee die druppel die absorberende materiaal tref. Gillespie (1958) het 'n formule afgelei wat die fisiese druppel-eienskappe met kolgrootte verbind, met inagneming van die dikte van die absorberende materiaal, absorbsietyd na druppelimpak en die maksimum volume vloeistof wat per volume absorberende materiaal, gehou kan word. Vir die bepaling van die druppelradius r wat 'n kolradius R meebring, moet die effektiewe dikte h van die papier bekend wees. Die volume van die sferiese druppel $[(4/3)\pi r^3]$ word gelyk gestel aan die volume van die benatte kol $[\pi R^2 h]$ en daaruit word h opgelos naamlik $h = (4/3)(r^3/R^2)$. Defant (1905) wys daarop dat die faktor h , wat redelik konstant vir 'n gegewe vel papier behoort te wees, tog met druppelgrootte varieer.

Becker (1907) het Defant se waardes nagegaan en gevind dat druppelsnelheid ook 'n variasie in h teweegbring. Die invloed van valsnelhede van elke grootte druppel speel dus ook 'n rol in die effektiewe kolgrootte. Hall (1970), Becker (1907) en Neuberger (1942), soos aangehaal deur Eigel en Moore (1983), waarsku daarom dat druppels terminasiesnelheid moet bereik alvorens dit die absorberende materiaal tref.

'n Ander probleem wat voorkom is dat groot druppels geneig is om te spat wanneer dit die absorberende materiaal tref. Laws en Parsons (1943) haal Niederdorfer (1932) aan, wat bereken het dat spat 'n gemiddelde fout van 14 % tot 6 % vir druppels van respektiewelik 0,037 mg (0,4 mm in diameter) tot 37,0 mg (4,13 mm) kan veroorsaak. Blanchard (1953) poog om spat en verspreiding van groot druppels tydens kontak met die absorberende oppervlak uit te skakel deur 100- en 50-maas kopernette bedek met roet (vanaf asetileenrook verkry) te gebruik. Druppels wat deur die net beweeg laat 'n sirkelvormige oop area na waarvan die deursnee in verhouding met die druppeldeursnee is. Hierdie metode is aansienlik verbeter deur die gebruik van nylon-nette wat met 'n petroleum-eter-lanoliën-oplossing behandel en daarna met verpoeierde suiker bedek is. Die metode is ook met sukses uit vliegtuie gebruik om druppelgrootteverspreidings in wolke te bepaal.

Sommige absorberende materiale, soos filtreerpapier is vir humiditeit gevoelig (Niederdorfer, 1953). Blanchard (1953) vind dat gevoeligheid veral vir humiditeite bo 70% geld en beveel aan dat filtreerpapier wat met blou metileen-kleurstof behandel is onder 70% humiditeit bewaar moet word.

Metodes vir die bepaling van kolgroottes sluit in: fotografering van die absorberende materiaal waarna die skyfies geprojekteer word vir meting van kolgroottes asook die gebruik van 'n kamera wat met 'n rekenaarpakket gekoppel is; direkte meting van kolgroottes met behulp van 'n sirkel-sjabloon; en die plasing van 'n deursigtige vel grafiekpapier oor die materiaal met kolle waarvandaan die groottes direk bepaal word.

Nadele verbonde aan die gebruik van die metode sluit in die spat van groot druppels wanneer die absorberende materiaal getref word. Sodoende kan klein kolle gevorm word wat in werklikheid nie van druppels uit die lug afkomstig is nie en die akkuraatheid van verspreidingslesings beïnvloed. 'n Verdere nadeel van die metode is dat kleiner druppels wat op die reeds gevormde groter kolle val, lesings bemoeilik. Die metode vereis vooraf kalibrasie en sorg moet tydens metings gedra word dat die absorberende materiaal met droë hande gehanteer word en op droë oppervlaktes geplaas word. Die metode is eenvoudig om te gebruik maar die fisiese meting van die kolgroottes is uiters tydrowend.

2.3.1.2 Meelmetode

Die meelmetode is eerste deur Bentley (1904) gebruik. Waterdruppels van bekende grootte val in 'n bak met gesifte, ongekompteerde meel van ongeveer 25 mm diepte. Die meelbolletjies wat so vorm word luggedroog, daarna oondgedroog, gesif, getel en geweeg. Verskeie outeurs het temperature van 38 °C tot 110 °C gebruik in die droogproses vir periodes wat van 1 uur tot 24 uur lank gewissel het. Die druppels self word ook geweeg en 'n massaverhouding bepaal (massa waterdruppel/massa meelbolletjie). Herhaalde bepalinge met verskillende druppelgroottes lewer 'n reeks massaverhoudings waaruit 'n kalibrasiekurwe van meelbolmassa versus massaverhouding

verkry word. Die massaverhouding R tot droë meelbolmassa M_p is deur Meyer en McCune (1958) bepaal en deur Kohl (1974) bevestig. Beide vind dat die verband $R = 1.05 M_p^{0.061}$ 'n goeie passing met hul data verteenwoordig. Liengme en Johnston (1991) daarenteen maak gebruik van 'n kalibrasiekurwe van druppeldiameter versus meelbolmassa. Liengme se formule $d = 13.1 M_p^{0.356}$ toon 'n passing van $R^2 = 0.99$ met sy kalibrasiekurwe. Hills en Gu (1989) maak ook van druppeldiameter versus meelbolmassa gebruik en vind $d = 12.84 M_p^{0.336}$.

Alhoewel daar klein variasies in die kalibrasiekurwe mag voorkom van een tipe meel na 'n ander en ook tussen verskillende sakke van dieselfde tipe meel (Laws, 1941), het verskeie navorsers gevind dat die verhouding tussen die gewig van die meelbolletjie en die deursnee van die druppel konstant bly (Kohl, 1974). Valhoogtes van 0,1 tot 4 m het geen merkbare effek op die massaverhouding getoon nie (Kohl, 1974).

Vir metings in die veld word panne met meel deur 'n siftingsproses gevul. Die bokant van die hoop meel word met behulp van 'n skerp skrapper afgeskraap om 'n plat oppervlakte na te laat. Die voorbereide panne word vir 'n maksimum tydperk van twee ure gelaat voordat dit aan druppels blootgestel word. Onmiddelik na blootstelling word 'n fyn lagie meel oor die oppervlakte gesif om volledige meelbolvorming te verseker.

Na droging word slegs 'n sentrale monster van die meel met behulp van 'n dunwandige silinder onttrek sodat randeffekte uitgeskakel word. Die monster word op 'n sif gevibreer wat die meelbolletjies en los meel skei. Die meelbolletjies word daarna geweeg en in grootteklasse gesorteer. Die proses kan bespoedig word deur die meelbolletjies met behulp van siwwe te skei. Dit moet omsigtig geskied aangesien meelbolletjies met dieselfde massa en verskillende vorms op verskillende siwwe kan agterbly (Laws et al, 1941). Die gemiddelde massa vir elke groottefraksie word bereken as die sogenaamde mediaandruppelmasa, dit is die druppelmasa by 50% volume en die ooreenstemmende druppeldiameter word vanaf die kalibrasiekurwe verkry. Algemene sifgroottes wat vir bogenoemde skeidingsproses gebruik word is siwwe met 300, 500, 710, 1000, 1200, 1680, 2000, 2800, 3350, 4000 en 4500 mikrometer-openinge.

Schleusener en Kidder (1959) gebruik gips om die druppels mee op te vang. Die verskil in digtheid ten opsigte van meel bring mee dat $R = 1,0083 M_p^{0,031582}$ die verhouding van massaverhouding en meelbolmassa verteenwoordig.

Hierdie metode is baie aanpasbaar vir beide laboratorium- en veldwerk met die groot nadeel dat druppels kleiner as 0,75 mm in diameter baie moeilik gevang en gekalibreer word. Die massaverhouding van die verskillende druppelgroottes is nie konstant nie en hierdie variasie bring mee dat 'n direkte ekstrapolasie op die kalibrasiekurwe, akkuraatheid in die kleindruppel-gebied onder verdenking plaas.

2.3.1.3 Indompelingsmetode

Die indompelingsmetode is deur Fuchs en Petrjanoff (1937) gebruik om klein druppelgroottes in mis en wolke te bepaal. Druppels word in 'n lae-digtheid, onmengbare vloeistof opgevang wat die druppel omring en verdamping en kondensasie verhoed.

Toepassing van die metode geskied in drie fases:

- * Die voorbereiding van die opvangmedium
- * Opvang van die druppels (en fotografering daarvan)
- * Verwerking van data vanaf die metings of foto's

As opvangmedium is 'n verskeidenheid vloeistowwe en verskeie vermengingsverhoudings vir die onderdompelingsmetode gebruik. Tydens impak op die oppervlak van opvangmedia met hoë viskositeit neig die druppels om te spat, terwyl druppels in media met baie lae viskositeit te vinnig na die bodem van die opvangbak sak en daar vervorm. Verskeie outeurs het die spateffekte ondersoek met behulp van hoëspoed-fotografie asook kleursel in die waterdruppels (Tate, 1961; Taylor en Harman, 1954; Nawaby, 1970) en bevestig dat dit nie noemenswaardig in hulle eksperimente met hulle spesifieke opvangmedia plaasgevind het nie. Die meeste opvangmedia en die vermengingsverhouding is temperatuurafhanklik en kontrole en toetsing van temperatuur

is belangrik.

Fuchs en Petrjanoff (1937) en May (1945) het die druppels op glasblaaie wat met 'n mengsel van vaseline en ligte minerale olie bedek is, opgevang. Robinette en McCool (1983) som ander vloeistowwe wat al gebruik is op nl: Apiezon Oil A, Shell 33, vakuumpomp-olie, mengsel van paraffienolie en hidrouliese vloeistof, hidrokoolstof-oplossings, silikonolie, mengsel van anisole minerale olie en koue hekseen (-20°C). Eigel en Moore (1983) gebruik 'n mengsel van swaar minerale olie en 'n emulsievormende substans.

Druppels wat in 'n vloeistof met lae digtheid maar hoë viskositeit val neem 'n bynsferiese vorm aan as gevolg van die druppels se oppervlakspanning en drukverspreiding rondom die druppels. Die druppeldiameters word dan met behulp van 'n meetmikroskoop of soortgelyke apparaat van enige kant af bepaal. Die opvangbak met druppels kan ook op die donker agtergrond-verligte metode gefotografeer word en druppelgroottes word dan vanaf foto's bepaal. Na blootstelling van die opvangbak aan druppels is dit noodsaaklik om so spoedig moontlik die fotografering te doen. Sodoende word verhoed dat druppels deur uitsakking vervorm. Vir groot druppels moet hulle binne 'n maksimum van 30 sekondes nadat hulle opgevang is, gefotografeer word (Eigel en Moore, 1983).

Gunn en Kinzer (1949) gebruik die direkte meetmetode met 'n mikroskoop en vind dat absorpsie van die water deur die olie weglaatbaar klein is indien die mikroskoopmetings binne 'n paar minute na blootstelling aan die druppels gemaak word. Vir groot druppels is beide horisontale en vertikale deursnee bepaal deur 'n prisma in die oliebak langs die druppel te plaas. Akkuraatheid van die metode is beter as 2% vir druppels met massa 10 en minder mikrogram ($0,27\text{ mm}$ in diameter) en minder as 0,5% vir druppels van 10000 mikrogram ($2,67\text{ mm}$).

Wat toepaslikheid betref vind Eigel en Moore (1983) die metode uitvoerbaar vir beide laboratorium- en veldontledings. Vir veldontleding is die beskikbaarheid van 'n mobiele donkerkamer-laboratorium by die meetstasie onontbeerlik vir fotografie. McCool (1982)

vind ook dat baie klein druppels nie die opvangmedium binnedring nie en dat druppels wat nie volledig deur die opvangmedium omsluit word nie, aan verdamping blootgestel is. Gunn en Kinzer (1949) gebruik 'n klein kameelhaarborseltjie om opvangmedia oor die druppel te borsel voordat noemenswaardige verdamping kan plaasvind.

Die metode word algemeen gebruik by die ondersoek van fyn sproeidruppels van spuitapparate wat druppels van eenvormige grootte produseer, maar druppelgrootte-differensiëring vir druppelgrootteverspreidings in reënval en besproeiing kan ook suksesvol uitgevoer word. 'n Groot voordeel is dat selfs druppels van tot 0,1 mm deursnee geïdentifiseer kan word.

2.3.1.4 Weegmetode

Druppels van eenvormige grootte word gegenereer en 'n bekende hoeveelheid druppels word in 'n houer opgevang en geweeg. Die massa van die waterdruppels gedeel deur die aantal druppels gee die gemiddelde individuele druppelmasse wat na ekwivalente sferiese diameter herlei word.

Gunn en Kinzer (1949) plaas watte onder in die opvanghouer om spat te voorkom en plaas 'n digsluitende deksel op. Die houer word direk voor gebruik geweeg, die deksel verwyder, druppels word daarna in die houer opgevang waarna die deksel teruggeplaas word en die houer weer geweeg word. Verdamping word so beperk en korreksies kan aangebring word indien nodig (Laws, 1941). Hierdie metode werk goed vir druppels met 'n massa van meer as 5 milligram. Hinkle et al (1987) plaas 'n plastiese maas binne die houer om spat te verhoed. Hy maak gebruik van 'n kontrolehouer met water wat voor en na die toets geweeg word ten einde vir verdamping uit die opvanghouer te kan korrigeer. Verdamping tydens die valbeweging van die druppel is op dieselfde wyse bepaal, maar verskillende valhoogtes vir die druppelvormer is gebruik. Die verskil in water opgevang tussen die verskillende valhoogtes is as verdamping tydens val beskou en korreksies is aan die werklike metings aangebring (Hinkle et al, 1987).

Laws (1941) vind dat die metode 'n afwyking by groot druppels (in die orde van 6 mm) toon wanneer die druppels deur kapillêre buise gevorm word. Tydens die wegbreek van die druppel vanaf die vormingsbuis word 'n sekondere klein druppel gevorm wat dan saam met die druppel in die opvanghouer val en tot effense onakkuraathede lei.

Hierdie metode kan net gebruik word waar individuele druppels van eenvormige grootte gegenereer word. Dit is uitsluitlik vir gekontroleerde laboratoriumtoestande geskik en kan nie vir die bepaling van druppelgrootteverspreiding aangewend word nie. Die metode is egter uitstekend geskik vir die kalibrasie van druppel-vormers.

2.3.1.5 Vriesmetode

By die gebruik van hierdie metode word druppels kunsmatig gevries en daarna word die druppelgroottes vanaf die ysbolletjies bepaal. Hierdie metode vereis baie spesiale toerusting en is deur Neuberger (1942) asook Taylor en Harman (1954) gebruik.

2.3.1.6 Fotografiese metode

Met hierdie metode word druppelgroottes vanaf 'n duidelike foto bepaal. Sommige outeurs vind dit moeilik om klein druppelgroottes akkuraat te bepaal (Moss en Green, 1983), terwyl Mache in 1904 met die beskikbare toerusting glad nie enige druppelgroottes kon bepaal nie. Epema en Rhiezebos (1984) gebruik 'n fotografiese opstelling waarmee hulle verandering in druppelvorm met beweging bestudeer. Hierdie opstelling is onder fotografiese metodes vir snelheidsbepalings met behulp van 'n enkelreflekskamera bespreek.

Hulle het die foto's gebruik waarmee druppelsnelheid bepaal is en het die horisontale asook vertikale deursnee van waterdruppels vanaf 1,6 mm tot 6 mm akkuraat bepaal.

Hierdie metode het besliste voordele omdat druppelsnelheid, -grootte en rigting van beweging vanaf dieselfde foto verkry kan word. Epema en Rhiezebos (1984) het bewys dat die metode wel met sukses op klein druppels aangewend kan word. Die grootste beperking op die metode is dat die druppels vir akkurate metings duidelik sigbaar moet wees. Die druppels moet in 'n band wat binne die lensopening se fokusdiepte val, voor die kameralens verbybeweeg. 'n Skerm met 'n gleuf in waardeur die druppels in so 'n band gekanaliseer word, los normaalweg die probleem op.

2.3.1.7 Lasermetode

'n Lasersisteem vir die bepaling van deeltjiegroottes is deur Jahn (1985) beskryf en Derksen en Bode (1986) het so 'n apparaat met sukses gebruik om druppelgrootteverspreidings van verskillende tipes atomiseerders te bepaal.

Kohl et al (1985) gebruik ook so 'n lasereenheid om druppelgrootteverspreidings onder sprinkelaars te bepaal. Hulle het gevind dat die lasereenheid by uitstek vir die bepaling van druppleienskappe geskik is.

Die apparaat word so opgestel dat die druppels die toetsarea vertikaal binnedring. Gereelde inspeksie van die spieëls wat die laserstrale deur die toetsarea reflekteer was nodig om te verseker dat druppels wat op die spieëls land nie foutiewe lesings veroorsaak nie.

Hierdie metode blyk uit die beperkte literatuur daaroor beskikbaar, redelik suksesvol te wees en is met welslae deur Kohl et al (1985) asook Miller en Hadfield (1989) gebruik.

2.3.1.8 Ander elektroniese metodes

Die elektroniese metodes vir druppelgroottebepalings maak meestal van piezo-elektriese sensore, soos byvoorbeeld die Joss-Waldvogel (1967) Disdrometer, asook drukomsetters gebruik. Hierdie sensore meet die MOMENTUM van die druppel of groep van druppels wat die meetarea tref. Dit word meestal vir waarnemings ten opsigte van reënbuie aangewend omdat die effek van die hele verspreiding van druppels tot 'n enkele energiewaarde geïntegreer word.

Piezo-elektriese sensore is deur Joss en Waldvogel (1967) asook Kinnell (1976) met redelike welslae gebruik. Die apparaat, die sogenaamde Joss-Waldvogel Disdrometer, maak van 'n foto-buis met katode wat die druppel teen 'n verligte agtergrond waarneem, gebruik. Druppelgroottes word deur die sensore bepaal en direk aan 'n rekenaar met databasis gevoer. Verbeteringe aan die apparaat is deur Stow en Jones (1981) aangebring.

Cooper (1951) het gepoog om reëndruppelgroottes op kontinue basis met behulp van 'n telemeter in 'n lugballon te bepaal. Dieselfde metode is deur Maulard (1951) en Katz (1952) gevolg, maar data oor die akkuraatheid van die metode is nie geredelik bekombaar nie. Bowen en Davidson (1951) maak van 'n reënspektograaf vir die direkte bepaling van reëndruppelgroottes gebruik. Baie min is oor hierdie twee metodes bekend, maar die feit dat die metodes nie meer toegepas word nie is 'n aanduiding van die ontoepaslikheid daarvan.

Verskeie nadele van die piezo-elektriese metode, soos instrumentasiekoste, sensitiwiteit en probleme met dubbele druppels wat die toetsarea binnedring, word deur Stow en Jones (1981) bespreek, wat tot die slotsom gekom het dat die apparaat merendeels net vir navorsing aangewend kan word. Die veranderinge deur Stow en Jones (1981) aangebring, verbeter die eienskappe egter sodanig dat dit met welslae in die praktyk gebruik kan word.

Gedurende 1959 meet Schleusener en Kidder druppelenergie met behulp van 'n omsetter. Druppels val op 'n vryhangende "balk" van vlekvrige staal wat met rekstrokies geïstrumenteer is en die defleksie van die balk te wyte aan druppelaanslag word gemeet. Die defleksie word vanaf die rekstrokies deur 'n omsetter via 'n ossilograaf gekarteer. Met druppelsnelheid bekend kan druppelgrootte bepaal word.

Die gebruik van audio-metingsmetodes gee ook 'n direkte aanduiding van 'n druppel se kinetiese energie (Smith, 1990). Die apparaat bestaan uit 'n akoestiese sensor wat onder 'n waterdigte membraan gemonteer is en die klank van die waterdruppel op die membraan integreer en in 'n data-opbergingsseenheid stoor. Hierdie metode word aangewend vir die bepaling van die kinetiese energie van enkel druppels, maar dit kan uitgebrei word vir aanwending onder sprinkelstelsels waar die onderskeie druppels se gesamentlike kinetiese energie tot 'n enkele waarde geïntegreer word (Smith, 1990).

2.3.2 Bepaling van druppelsnelheid en -trefhoek

Druppelsnelheid speel 'n wesenlike rol in die bepaling van die energie wat die druppel aan die area wat dit tref oordra. Verskeie meetmetodes en meetinstrumente is ontwikkel om beide druppelsnelhede en druppelversnelling te bepaal. Die vernaamste metodes vir snelheidsbepaling is:

- * Fotografiese-metodes
- * Elektrostatiese-induksiering-metode
- * Infrarooistraal-metode
- * Radar-metode
- * Lugstroom-metode
- * Draaiende-skyf-metode

2.3.2.1 Fotografiese metodes

Verskillende tipes fotografiese toerusting is reeds met sukses gebruik om druppelkarakteristieke te bepaal. Vervolgens word 'n kort bespreking van elk van die metodes wat gerapporteer is, gegee.

Gebruik van rolrentkamera

Hoëspoedrolprentkameras is in die handel beskikbaar en kan van 100 tot 10 000 raampies per sekonde neem (Mechem Konsultante, Pretoria, 1990). Die druppels beweeg in 'n baan wat binne die fokusdiepte van die lensopening val, voor die kameralens verby. Die baan van waterdruppels wat op die film vasgelê word, word deur 'n projektor teruggespeel wat in staat is om elke raampie vir 'n byna onbeperkte tyd te vries. Vir gemakliker analise kan selfs 'n skyfie van die beeld geneem word. Low en List (1982) sowel as Blanchard en Spencer (1969) het hierdie metode gebruik om snelhede en ossileringseienskappe van druppels te bepaal.

Hierdie metode het die voordeel dat druppelsnelhede, druppelversnelling, druppelgroottes asook rigting van beweging tegelykertyd bepaal kan word. Dit is 'n baie akkurate metode. Die grootste nadeel van die metode is die koste verbonde aan die aankoop van die benodigde toerusting. 'n Verdere nadeel is die tydsverloop vir die ontwikkeling van die film. Die moontlikheid bestaan wel om van verhuringskonsultante gebruik te maak, wat wel geregverdig mag wees indien 'n relatief beperkte ondersoek gedoen wil word.

Gebruik van videotoeerusting

Die Divisie vir Produksietegnologie van die WNNR (Smith, 1990) het spesiale videotoeerusting vir die spesifieke doel ontwikkel. Die videokamera kan tot 400 raampies per sekonde neem, terwyl die videoband steeds teen normale spoed draai om

langdurige opneemtyd te verskaf. Die kamera is met 'n kragtige stroboskoop gekoppel en gesinchroniseer en foto's word in duisternis geneem. Met elke flits van die stroboskoop word die beweging van die druppels gevries. Die metode is by die bepaling van druppelsnelhede en -bewegingsbane in sproeidrogingsinstallasies gebruik.

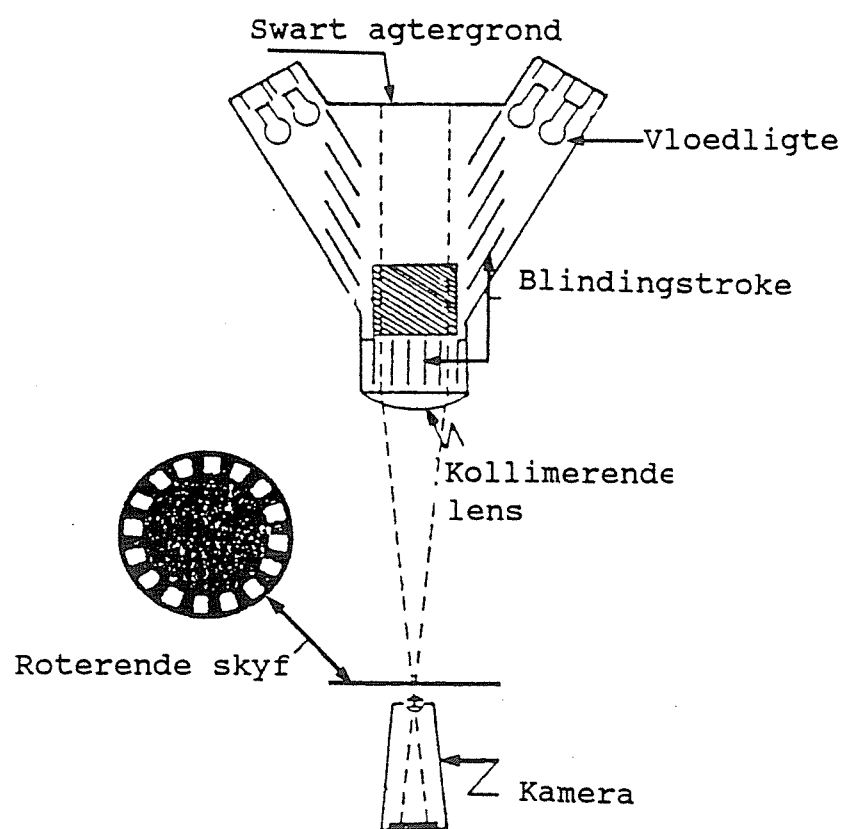
Die metode blyk baie handig te wees met die nadeel dat die beeld nie vir 'n onbeperkte tyd gevries kan word nie omdat die magnetiese band dan beskadig word. Die neem van 'n skyfie van die beeld op die televisieskerm gee ongelukkig 'n heelwat swakker resolusie as die oorspronklike beeld (tot 6 keer swakker). 'n Enkele kamera van hierdie formaat is beskikbaar. Die kamera alleen is nie vir verhuring beskikbaar nie, maar slegs as 'n diens waar 'n WNNR-kameraspan die nodige opnames kom maak. Koste-oorwegings kan die langdurige gebruik van die diens onekonomies maak (Smith, 1990).

Gebruik van stilstaande enkelreflekskamera

Die gebruik van 'n stilstaande enkelreflekskamera om druppelsnelhede te bepaal dateer reeds uit 1904 toe Mache valsnelhede van druppels fotografies bepaal het maar nie daarin geslaag het om druppelgrootte ook terselfdertyd vas te lê nie.

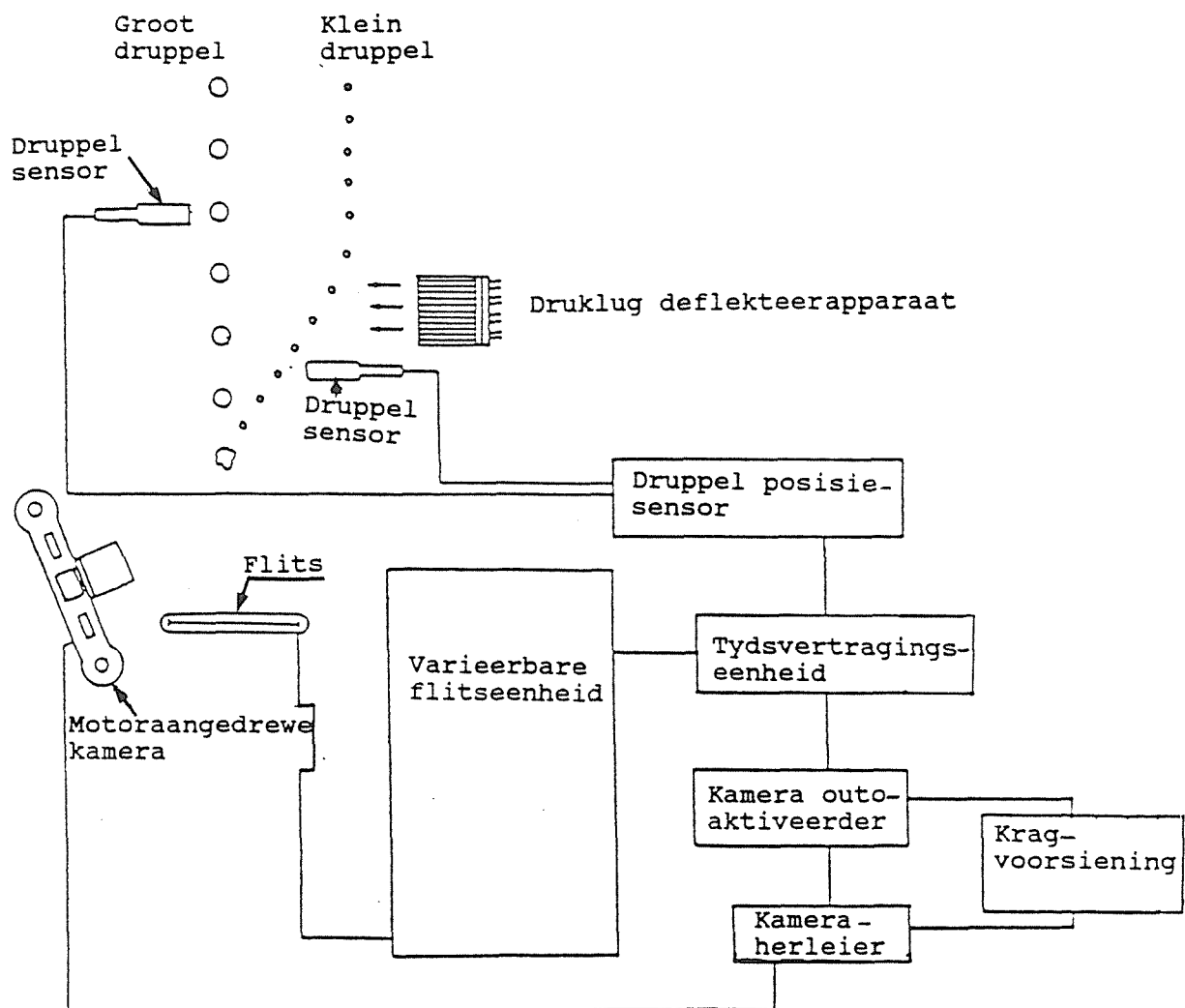
Laws het in 1941 bekendheid verwerf deur 'n stroboskopiese metode toe te pas en verskeie bewegingsbeelde op 'n enkele filmraampie vas te lê. Deur van 'n stilstaande kamera en 'n roterende skyf met openinge voor die kamera gebruik te maak, het hy daarin geslaag om 'n stroboskopiese effek te verkry. Figuur 2.4 toon die spesifieke opstelling van Laws aan. 'n Kollimerende lens word voor die kamera, op afstand gelyk aan sy fokale afstand vanaf die kameralens, geplaas. Die effek so verkry veroorsaak dat items aan die anderkant van die kollimerende lens ongeag die afstand vanaf die kamera dieselfde grootte vertoon. Donker agtergrond verligting is verkry deur twee ligte vanuit twee verskillende agtergrondposisies teen bepaalde hoeke na die kamera te rig. Die ligbane beweeg deur sogenaamde blindingsstroke na die sigveld waar druppels gefotografeer word.

Foute as gevolg van vergrotingseffekte deur die kameralens en kollimerende lens is as slegs 0,2% bevind. Die elektrisiteit-toevoerfrekwensie is gemonitor om verandering in die rotasie van die stroboskopiese skyf te bepaal. Valsnelheid is direk vanaf die negatief bepaal, maar druppelgrootte kon as gevolg van die dubbele beligtingsstelsel nie vanaf die negatiewe bepaal word nie.



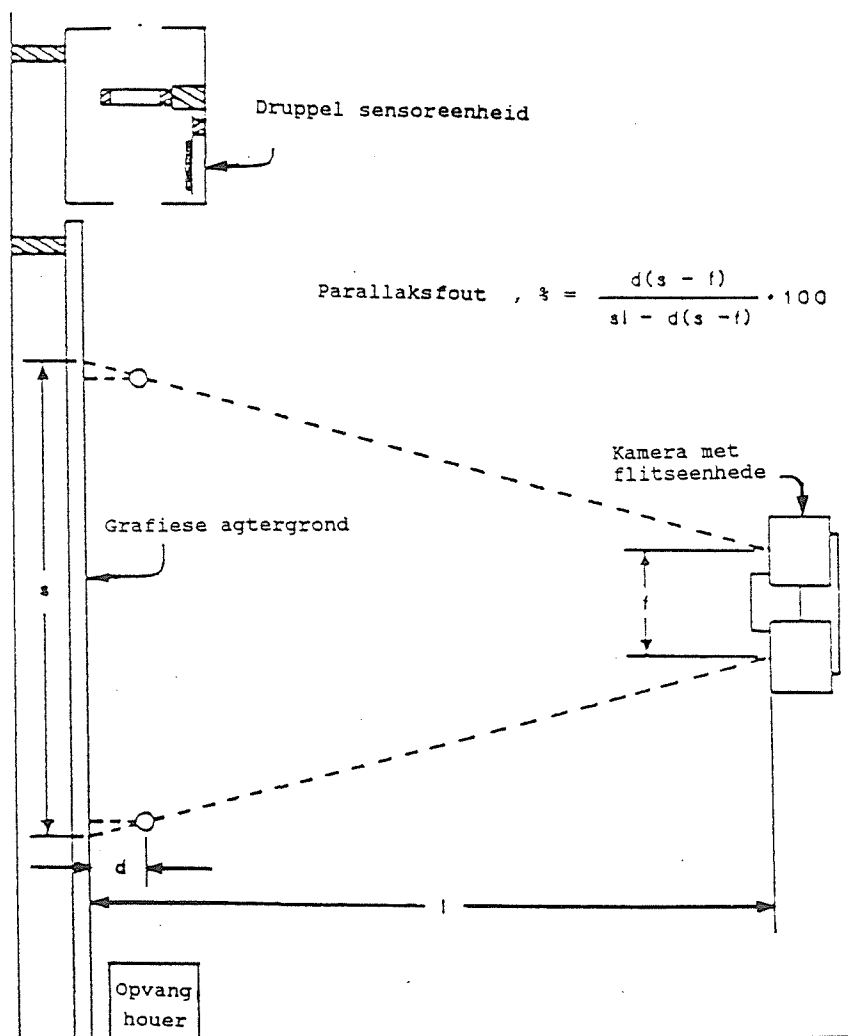
FIGUUR 2.4: Voorstelling van Laws (1941) se "snelheidskamera".

Kontush en Kolakov (1981) en Ochs et al (1986) maak van beide kontinue en stroboskopiese beligting van bewegingsbane gebruik om veelvuldige beelde van druppels wat bots op een foto te bekom. Daaruit word snelhede, botsingshoeke, bewegingsbane en druppelgroottes bepaal. Low en List (1982) het ook botsingsteorie ondersoek deur meervoudige beelde op een foto vas te lê. Hul opstelling word in figuur 2.5 aangetoon.



FIGUUR 2.5: Fotografiese opstelling deur Low en List (1982) vir ondersoek na botsingsteorie van druppels.

Hinkle et al. (1987) het waterdruppels teen 'n grafiese agtergrond gefotografeer. Figuur 2.6 toon die opstelling van sy apparaat aan. Die aankomende waterdruppel beweeg verby 'n enkelringinduksie-elektrode wat twee elektroniese flitseenhede opeenvolgend aktiveer. Foto's is in die donker met die kamera se lens in die oop posisie geneem om twee beelde van die druppel op 'n enkel-afdruk te vorm. Valsnelheid is bereken deur die bekende tydsinterval tussen flitse en gemete afstand op die foto te gebruik.



FIGUUR 2.6: Opstelling van Hinkle et al (1987) met induksie-sensoreenheid, kamera/dubbele flitseenheid opstelling en afmetings vir die berekening van die parallaksfout.

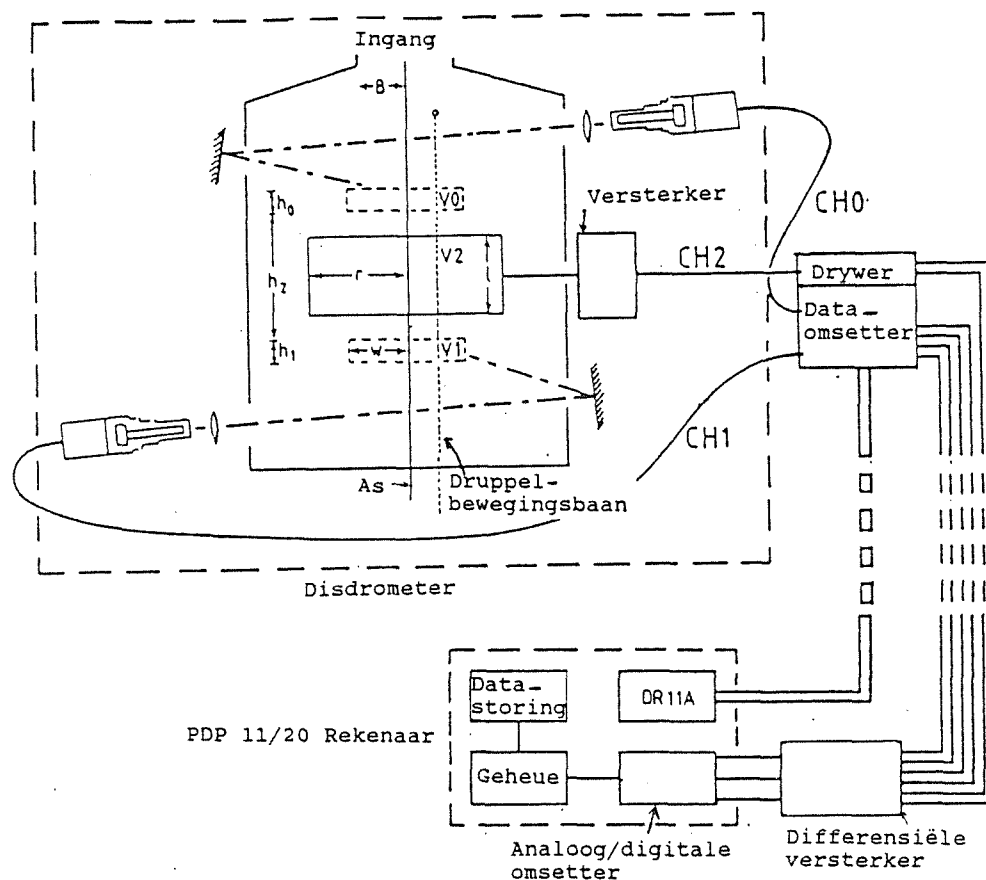
'n Korreksiefaktor vir parallaksfout is deur Hinkle et al (1987) bereken en saam met korreksies vir standaard temperatuur (20°C), standaarddruk (84.1 kPa) en relatiewe humiditeit op die valsnelhede toegepas. Dieselfde fotografiese metode is deur Epema

en Rhiezebos (1984) gebruik. Insteede van 'n induksiering het hulle infrarooistrale aangewend om die flitseenhede te aktiveer.

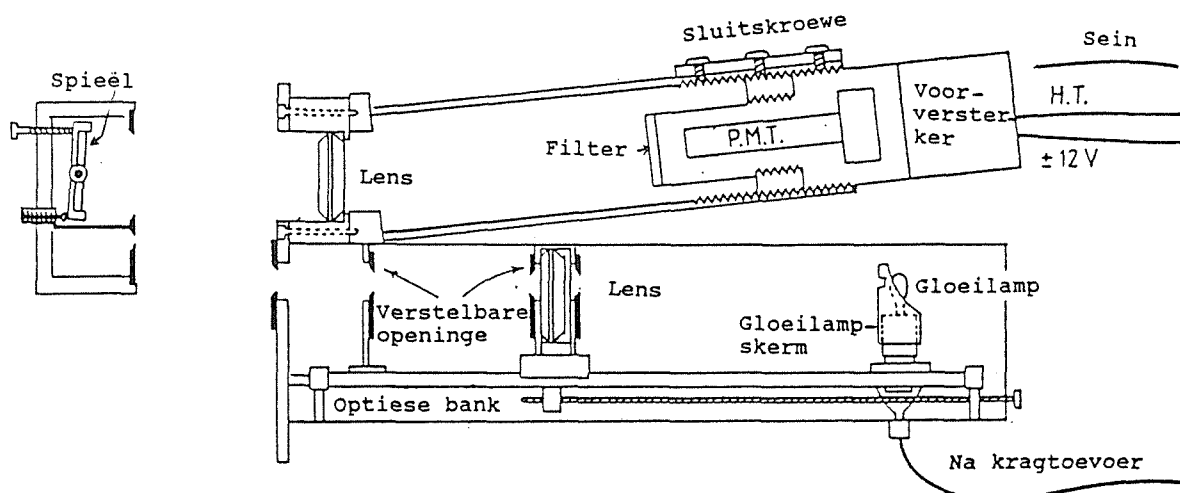
Die disdrometer

'n Apparaat wat van fotosensitiewe piezo-elektriese sensors gebruik maak om druppelgroottes en -snelhede te bepaal, is deur Joss en Waldvogel (1967) ontwikkel. Die sogenaamde "Joss-Waldvogel disdrometer" het ontstaan en is sedertdien met welslae deur verskeie navorsers aangewend. Stow en Jones (1981) beskryf 'n verbetering op die sogenaamde Joss-Waldvogel disdrometer, naamlik 'n self-evaluerende apparaat vir die bepaling van druppelgroottes en -snelhede op grondvlak. Figuur 2.7 toon 'n skematiese uiteensetting van die sogenaamde disdrometer. Twee groottebepalers met 'n ladingbepaler tussenin word gebruik en slegs druppels wat deur al drie meetinstrumente beweeg, word geëvalueer.

Elke groottebepaler (piezo-elektriese sensor) bestaan uit 'n foto-buis met katode wat die druppel teen 'n verligte agtergrond waarneem. Die foto-buis is voorafgegaan deur 'n rooi gekleurde lens om die effek van inkomende daglig te beperk. Die verligte agtergrondmetode van Bradley en Stow (1974) is gebruik. 'n Tungsten halogeengloeilamp is gebruik en die straal is deur 'n kollimasielens in ewewydige strale versprei. Figuur 2.8 toon die gevoude tipe opstelling van een volledige groottebepalings-eenheid aan. Stow en Jones (1981) programmeer die dataprozesseerder aan die disdrometer om nie onvolledige en/of ongewenste data as gevolg van natuurlike toestande, meetareas, of tekortkominge aan die disdrometer self te verwerk nie. Hosking en Stow (1987) gebruik net die boonste groottebepaler en skakel daarmee moontlike foute as gevolg van twee druppels wat gelyktydig die toetsarea mag binnedring uit. Die apparaat is gekoppel aan 'n dataverwerkingseenheid wat geweldige tydsbesparing vir die navorser kan meebring. Onsekerheid bestaan oor die akkuraatheid van die disdrometer waar druppels nie 'n vertikale baan volg nie. Hierdie apparaat gekoppel aan die dataverwerkings-eenheid blyk een van die mees ideale navorsingsinstrumente vir die bepaling van druppelkarakteristieke te wees.



FIGUUR 2.7: Skematiese voorstelling van die disdrometersysteem volgens Stow en Jones (1981)



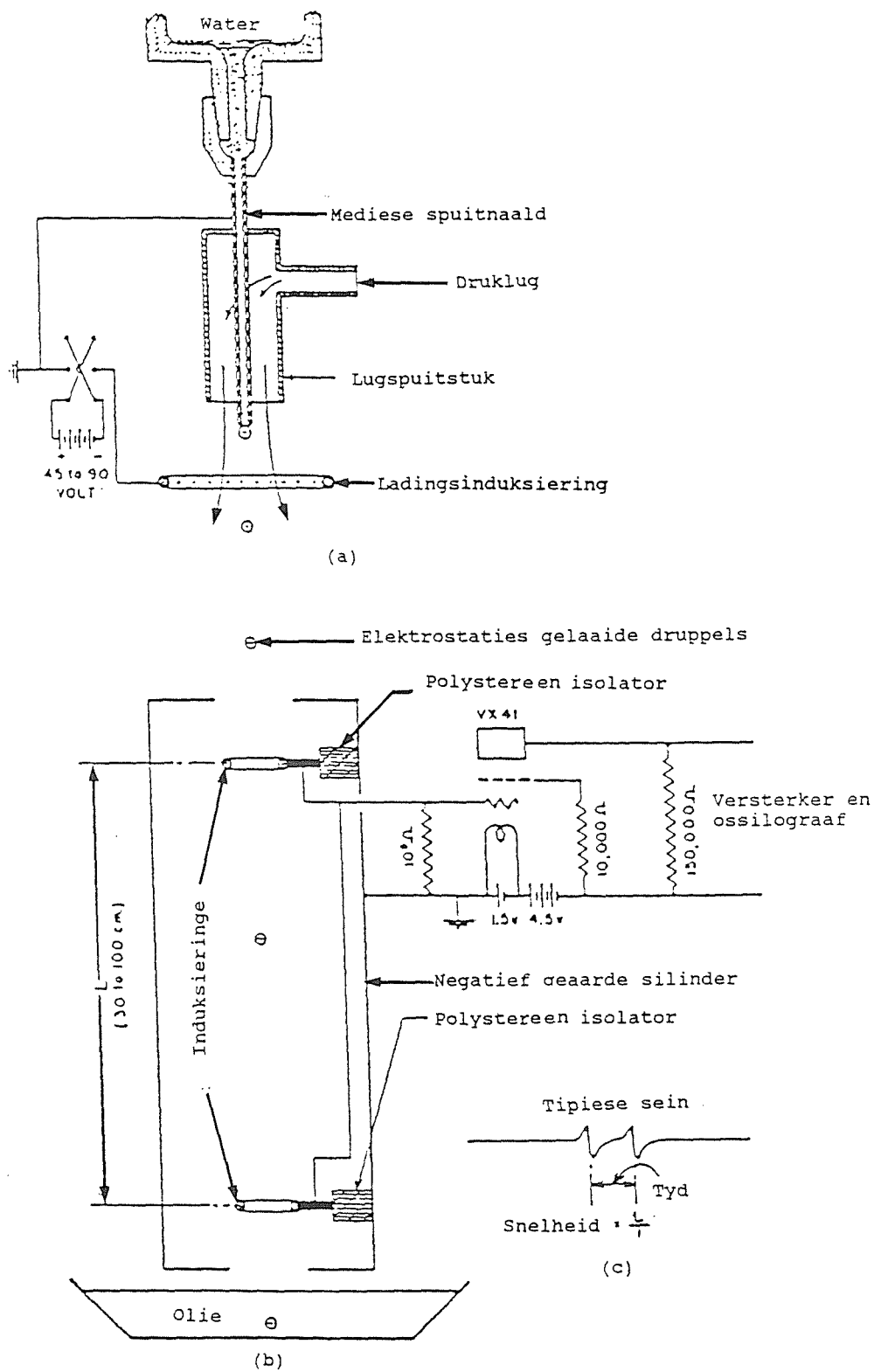
FIGUUR 2.8: Detail van een volledige groottebepalingseenheid met sogenaamde gevoude konstruksie volgens Stow en Jones (1981).

2.3.2.2 Elektrostatiese induksieringmetode

Hierdie metode maak gebruik van 'n druppel wat elektrostaties gelaai word, waarna die druppel deur opeenvolgende meetringe beweeg wat die tydsverloop vir beweging tussen die ringe registreer. Die tydsinterval en afstand tussen die ringe verskaf die gemiddelde snelheid van die waterdruppel.

'n Druppelvormer (wat terselfdertyd elektries geleidend is) word deur 'n ringvormige elektrostatiese induksiering omring waardeur die geproduseerde druppel moet beweeg sodra dit begin val. 'n Battery word deur 'n omswaaiskakelaar aan die induksiering-elektrode en druppelvormer gekoppel. Die druppel wat aan die punt van die druppelvormer vorm, word aan die elektriese lading in die induksiering blootgestel en 'n vrye lading ontstaan op die druppel wat saam met die druppel weggevoer word wanneer dit val. Gunn en Kinzer (1949) vind dat die lading op die druppels geensins die valsnelheid van die druppels beïnvloed nie.

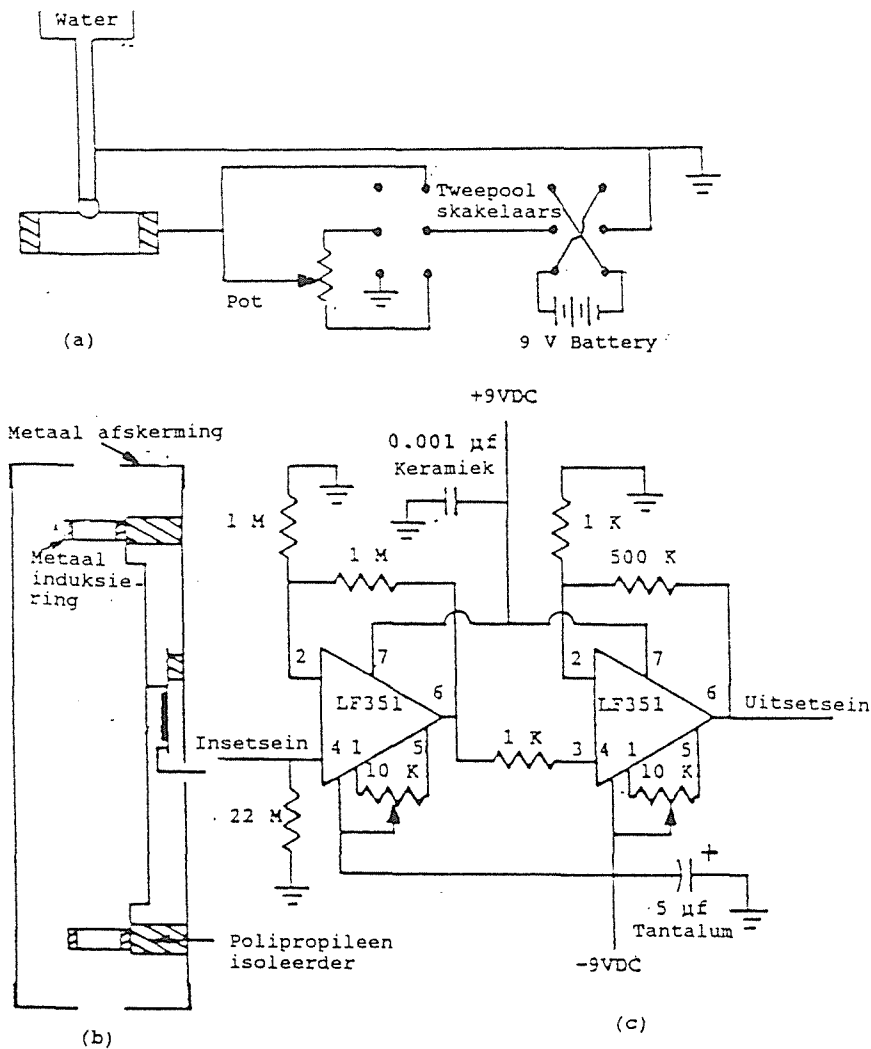
Twee geïsoleerde opeenvolgende induksieringe, omring deur 'n silinder wat negatief geaard is en onder vakuum verkeer, word in die bewegingsbaan van die druppel geplaas. Wanneer die druppel deur die induksiering beweeg induseer dit 'n potensiaalpulswat op 'n ossiloskoop versterk word, aangetoon word, en grafies op ossilograafpapier voorgestel word. Dieselfde geskied wanneer die druppel deur die tweede ring beweeg en so word die tydsinterval noukeurig bepaal. Die tydsverskil tussen pulse asook die afstand tussen die twee ringe maak dit moontlik om die gemiddelde valsnelheid van die druppel te bepaal. Gunn en Kinzer (1949) verseker dat geen afwyking in ware meting voorkom nie, deur die frekwensie van elektrisiteitstoevoerstroom te monitor. Die frekwensie het 'n direkte invloed op die spoed van die aandryfmotor wat die papier vir pulsregistrering beweeg. Figuur 2.9 toon Gunn en Kinzer (1949) se opstelling diagrammaties aan.



FIGUUR 2.9: Opstelling van Gunn en Kinzer (1949) met:

- (a) Druppelvormer wat kontinue stroom van elektrostaties gelaaide druppels verskaf,
- (b) skematiese voorstelling van apparaat met stroombane.

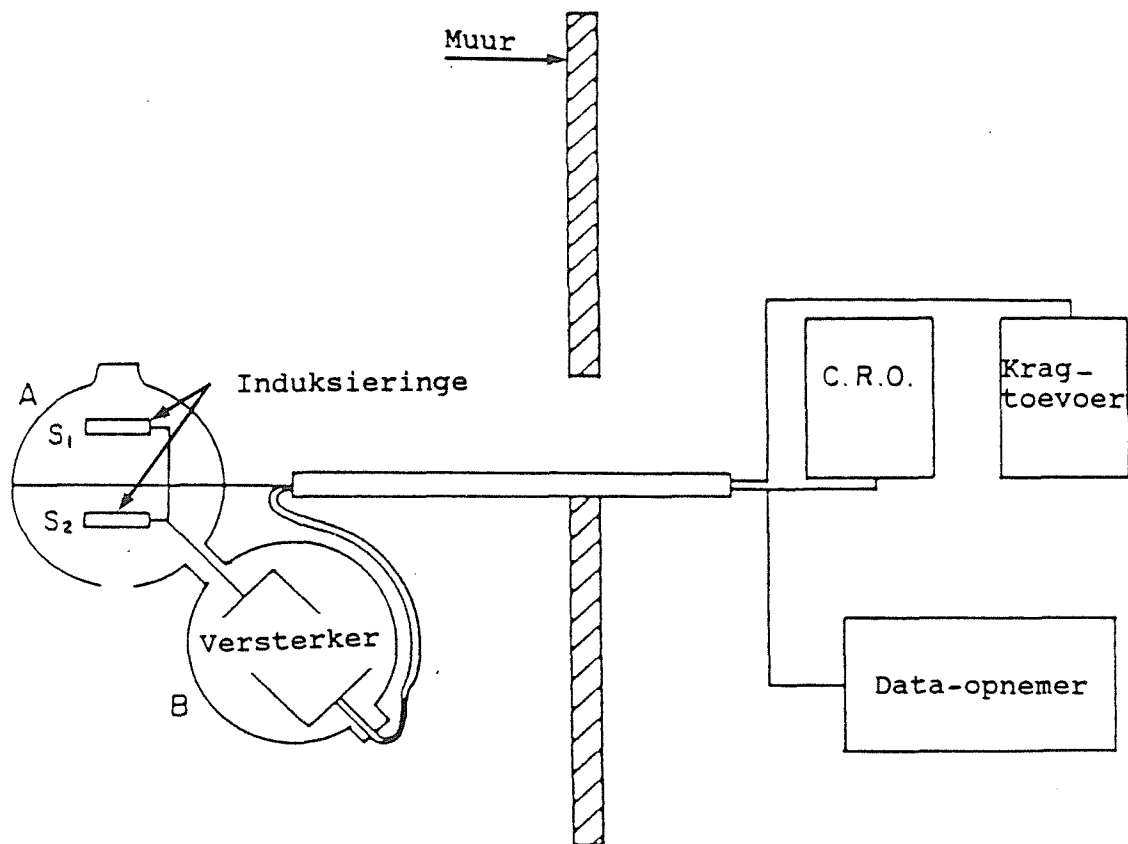
Figuur 2.10 toon die opstelling van Hinkle et al (1987) aan wat van geïntegreerde stroombane soos deur Heath (1983) gerapporteer, instede van vakuumelektronika gebruik maak. Die gemete snelhede word na 'n standaard temperatuur van 20 °C (68 °F) en standaard druk van 84.1 kPa (631 mm Hg) herlei deur 'n formule van Gunn en Kinzer (1949) te gebruik. Pruppacher en Pitter (1971) en Hinkle et al (1987) toon aan dat waterdruppel-vervormingseienskappe weglaatbare veranderinge ondergaan vir lugdrukke tussen 50 en 100 kPa.



FIGUUR 2.10: Opstelling van Hinkle et al (1987) met:

- (a) Druppelvormersistees met omkeerbare en verstelbare potensiaal verstellings,
- (b) skematiese voorstelling van die apparaat en
- (c) stroombane.

Jadhav (1984) verander die apparaat om beide snelheid en lading van die druppel wat daardeur beweeg te bepaal en verklein die apparaat verder sodat dit onder veldtoestande aangewend kan word. Fosfaatbrons-induksieringe is gebruik in 'n aluminiumomhulsel wat ontwerp is om foutiewe lesings as gevolg van spat uit te skakel. Figuur 2.11 toon 'n skematiese voorstelling van die apparaat.



FIGUUR 2.11: Skematiese voorstelling van die veranderde Jadhav (1984) apparaat.

Wang en Pruppacher (1977) laai druppels elektrostatis waarna die druppels deur 21 induksieringe, 1 m uitmekaar gespaseer, val. Die gemiddelde valsnelheid tussen elke paar induksieringe word so verkry en daaruit is elke druppelgrootte se afstand en tyd benodig om 99,1 % van terminasnelheid te bereik, bepaal.

Die induksieringmetode kan met groot akkuraatheid onder laboratoriumtoestande waar enkeldruppels gegenereer word, toegepas word. Die metode kan ook aangepas word vir redelik akkurate veldmetings en deur koppeling aan 'n elektroniese data-opnemer kan die arbeid verbonde aan die gebruik van die apparaat tot die minimum beperk word.

2.3.2.3 Infrarooistraalmetode

Hierdie metode maak van 'n buis waarin twee infrarooi strale horisontaal en onder mekaar gemonteer is gebruik (Epema en Rhiezebos, 1983). Vallende druppels onderbreek die strale. Die tydsinterval tussen onderbreking en afstand tussen die boonste en onderste strale word gebruik om die valsnelheid te bereken.

Epema en Riezebos (1984) gebruik die infrarooi-beginsel as skakelmeganisme vir die aktivering van elektroniese flitseenhede by die stilstaande enkelreflekskamera-metode waarmee foto's van die druppels geneem word.

Hierdie metode is slegs van toepassing waar druppels van bekende grootte onder laboratoriumtoestande gegenereer kan word. Die druppels moet ook 'n bewegingsbaan (normaalweg vertikaal) volg wat die twee strale sal kruis.

2.3.2.4 Radarmetode

Valsnelheid van reëndruppels is 'n funksie van druppelgrootte. Druppelgrootteverspreidings in reën kan dus bepaal word uit akkurate snelheidsmetings. Atlas et al (1973) het bevind dat snelheid met 'n akkuraatheid van beter as $0,25 \text{ ms}^{-1}$ bepaal moet word om die hoeveelheid druppels binne 'n gegewe grootteklas van 0,5 tot 4 mm deursnee binne aanvaarbare akkuraathede te bepaal. Die groot probleem is dat valsnelheid relatief tot die omringende lug bepaal moet word. Akkurate bepaling van die snelheid van die omringende lug moet tegelykertyd geskied.

Valsnelheid verhoog met druppeldiameter en lugsnelheid kan bepaal word deur die valsnelheid van die kleinste druppels te neem. Klein druppels reflekteer baie swak in die Doppler-effek-spektrum en lugsnelheid kan bepaal word uit die minima van die spektrum.

Doppler-radar is in 1983 deur Klaassen gerapporteer vir die bepaling van valsnelhede van reëndruppels. Fukao et al (1985) beskryf 'n mikrogolf-meteorologiese Doppler-radar waarmee drie-dimensionele beweging van lug en druppels tegelykertyd waargeneem kan word. Die apparaat is statisties geprogrammeer om 'n Palmer-tipe druppelgrootte-verspreiding te aanvaar. Die groter druppels veroorsaak egter 'n merkbare afwyking vanaf die aanvaarde verspreidingspatroon. Die tydsinterval en meetarea moet noukeurig gekies word saam met die Palmer-aanname om onakkuraathede uit te skakel (Fukao et al, 1985).

Die metode word aangewend om druppels in wolke verskeie kilometers hoog te ontleed en berus op meetmetodes wat onaanvaarbare akkuraathede tot gevolg het en dus nie vir druppelgrootteverspreidings onder besproeiingstelsels geskik is nie.

2.3.2.5 Lugstroommetode

Lenard (1904) gebruik die lugstroommetode om druppelsnelhede te bepaal. Druppels word gesuspendeer in 'n opwaartse lugstroom en lugsnelheid word by die punt waarby suspensie plaasvind gemeet. Druppelgrootte word bepaal deur die druppel op 'n absorberende materiaal op te vang.

In 'n kritiese beskouing van die toepassing van hierdie metode merk Laws (1941) op dat druppels in so 'n opwaartse lugstroom vertikaal gedeformeer word totdat 'n punt bereik word waar hulle opbreek. Laws (1941) beskou die gemete waardes van Lenard (1904) as te laag en skryf dit toe aan beide die turbulensie in die lugstroom en die relatief vinniger verdampingstempo wat met die metode plaasvind. Die lugstroommetode is 'n verouderde metode wat slegs vir laboratoriumbepalings geskik is.

2.3.2.6 Draaiende-skyf-metode

Die metode, is deur Schmidt (1909) ontwikkel om valsnelhede van druppels te bepaal. Twee skywe word op 'n roterende as met bekende rotasiesnelheid monteer. Die boonste skyf het 'n opening in en die onderste skyf word met kladpapier bedek wat saam met die skyf roteer. 'n Druppel wat deur die opening in die boonste skyf beweeg tref die kladpapier op die onderste skyf en laat 'n kol na. Die kolgrootte dien as aanduiding van die druppelgrootte. Die posisie van die kol relatief tot die vertikale projeksie van die opening op die kladpapier gee 'n aanduiding van die druppelsnelheid. Die snelheid van die druppel bepaal die tydsverloop vandat die druppel deur die opening beweeg het totdat die kladpapier getref word.

Laws (1941) betwyfel die akkuraatheid van die waardes wat met die draaiende-skyf-metode verkry is. Volgens hom is die effek van valhoogte (snelheid) op die verhouding tussen koldiameter en druppelgrootte deur Lenard geïgnoreer.

Die metode is slegs vir die snelheidsbepaling van enkel druppels onder gekontroleerde laboratoriumtoestande van toepassing. Akkuraatheid as gevolg van randeffekte is ook nie na wense nie.

2.4 METODES WAARMEE DRUPPELS GEVORM WORD

Simuleerders kan volgens die metode waarop die druppels gevorm word, geklassifiseer word. Drie basiese metodes van druppelvorming kan uit die literatuur onderskei word, naamlik: druppelvorming deur middel van kapillêre buise; druppelvorming deur middel van hangende toutjies; en geforseerde druppelvorming deur middel van 'n spuitstuk, roterende skyf of lugstroomopbreking.

2.4.1 Toutjie-metode

Parsons (1943) het hierdie metode in sy sogenaamde "dripolator" of "stalactometer" simuleerder gebruik. Materiaal is bo-oor gaasdraad geplaas sodat holtes in die materiaal tussen die maasopeninge gevorm word. Onder aan elke holte is 'n materiaal-toutjie geheg en met benatting deur sproeiers van bo af word druppels aan die onderpunte van die toutjies gevorm vanwaar dit na die toetsarea drup. Druppelgrootte word deur die tempo waarteen water aan die sisteem toegevoeg word asook die toutjiedeursnee bepaal. Die kleinste diameter druppel vir 'n spesifieke hangende toutjie word deur die oppervlakspanning van die druppel bepaal. Daar is gevind dat wol toutjies beter druppers as katoen- of nylontoutjies vorm omdat wol minder weerstand teen benatting bied (Langford, 1970).

Die sogenaamde tipe C-reënvalsimuleerder, wat deur die Verenigde State se Departement van Landbou ontwikkel is, spuit water op 'n neteldoek met toutjies wat deur hoendermaasdraad ondersteun word. Deur die spuittempo te verander word die intensiteit van toediening beheer (Langford, 1970). Gedurende 1956 rapporteer Woo 'n soortgelyke simuleerder met kaasdoek, maar in dié geval word toedieningsintensiteit beheer deur die hoeveelheid spuitpunte bo-op die materiaal te verander.

Hierdie beheersisteem vir toedieningsintensiteit is deur Ellison en Pomerence (1944) verbeter. 'n Tenk met 'n geperforeerde basis waarin water op konstante diepte gehandhaaf word, is vir benatting van die materiaal gebruik. Toedieningsintensiteit word beheer deur die waterdiepte en hoeveelheid gaatjies in die tenkbasis te verander. Die draadmaas waarop die druppelvormende materiaal rus word ook geossilleer om 'n goeie verspreiding van druppels oor die benatte area te verkry.

Sommige outeurs beweeg die druppelvormingsgedeelte heen en weer, ander roteer die druppelvormingsgedeelte stadig om sy middelpunt, terwyl nog ander die toetsarea self

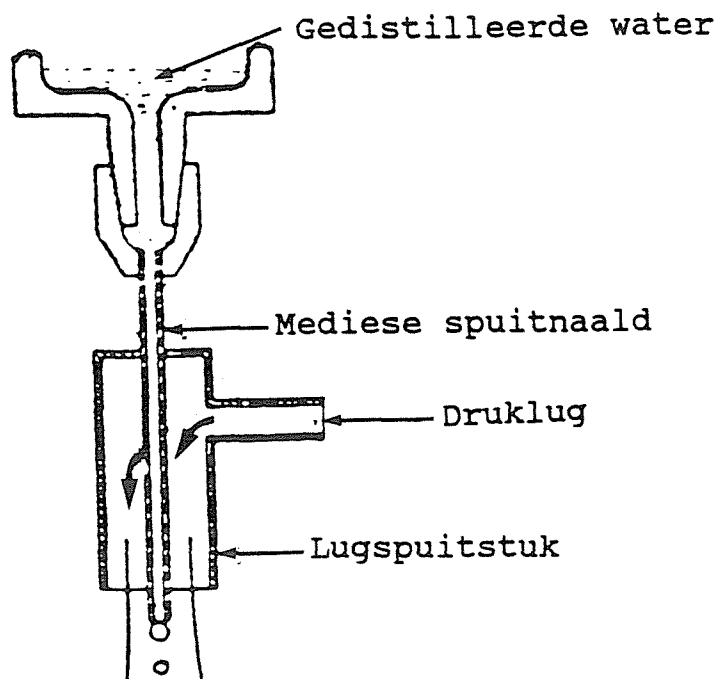
beweeg (Mutchler en Hermsmeier, 1965). Ander metodes is ook gebruik om die materiaal in so 'n simuleerder te benat. Langford (1970) gebruik 'n watertenk waarvan die geperforeerde basis met sand gevul is, aangesien daar 'n lineere verband tussen waterdiepte en vloeitempo deur die sand bestaan.

Druppelgroottes wat met hierdie metode gevorm kan word, is tot diameters van 3,5 tot 5 mm beperk (Woo, 1956 en Mutchler en Hermsmeier, 1965). Uniformiteit van toediening varieer in die orde van $\pm 10\%$ weerskante van die gemiddelde toedieningshoeveelheid (Langford, 1970). Oor die spesifieke toepassingsvelde van hierdie tipe simuleerders is nie gerapporteer nie.

2.4.2 Buismetode

Water wat deur 'n vertikaal-gemonteerde kapillêre buis beweeg, vorm druppels by die uitlaat. Die grootte van die druppels wat gevorm word is van die oppervlakspanning van die water, asook die adhesiekrigte tussen die water en die buiswand afhanklik. Laasgenoemde word binne perke weer deur eienskappe van buismateriaal, die buiswanddikte en buitediaameter van die buis bepaal en kan verder ook deur die aanwending van eksterne kragte soos 'n afwaartse lugstroom beïnvloed word. Die druptempo word deur die binnediameter en die heersende druk bepaal.

Die hoek waarteen die kapillêre buis afgesny is, beïnvloed die druppelgrootte in 'n mindere mate en kan interne rotasie van die druppel veroorsaak. Gunn en Kinzer (1949) en Hinkle et al (1987) konstrueer hul kapillêre buise sodat die onderkante van die buise loodreg met die buis self is en elimineer sodoende moontlike interne rotasie van die druppels. Figuur 2.12 toon Gunn en Kinzer se druppelvormer met lugvloeibeheer aan.



FIGUUR 2.12: Kapillêre buis druppelvormer met afwaartse lugstroom vir beheer oor druppelgroottes (Gunn en Kinzer, 1949).

'n Mikroburet is deur Lane (1947) ontwerp om 'n enkele stroom druppels met eenvormige diameter te verskaf. 'n Kapillêre buis is konsentries in 'n groter buis gemonteer sodat 'n lugstroom tussen die twee buise deur geforseer kon word. Hierdie lugstroom is gebruik om die adhesiekragte van die druppels te verminder en sodoende kon kleiner druppels verkry word. Rashbash (1953) en Brakensiek, et al (1979) het dieselfde beginsel gebruik, maar hou die drukhoof konstant en verander die lugsnelheid om druppelgroottes te varieer.

Epema en Riezebos (1983) gebruik ook 'n buret vir vloeitempo-beheer maar plaas kapillere buise van verskillende groottes onderaan die buret om druppelgroottes te varieer.

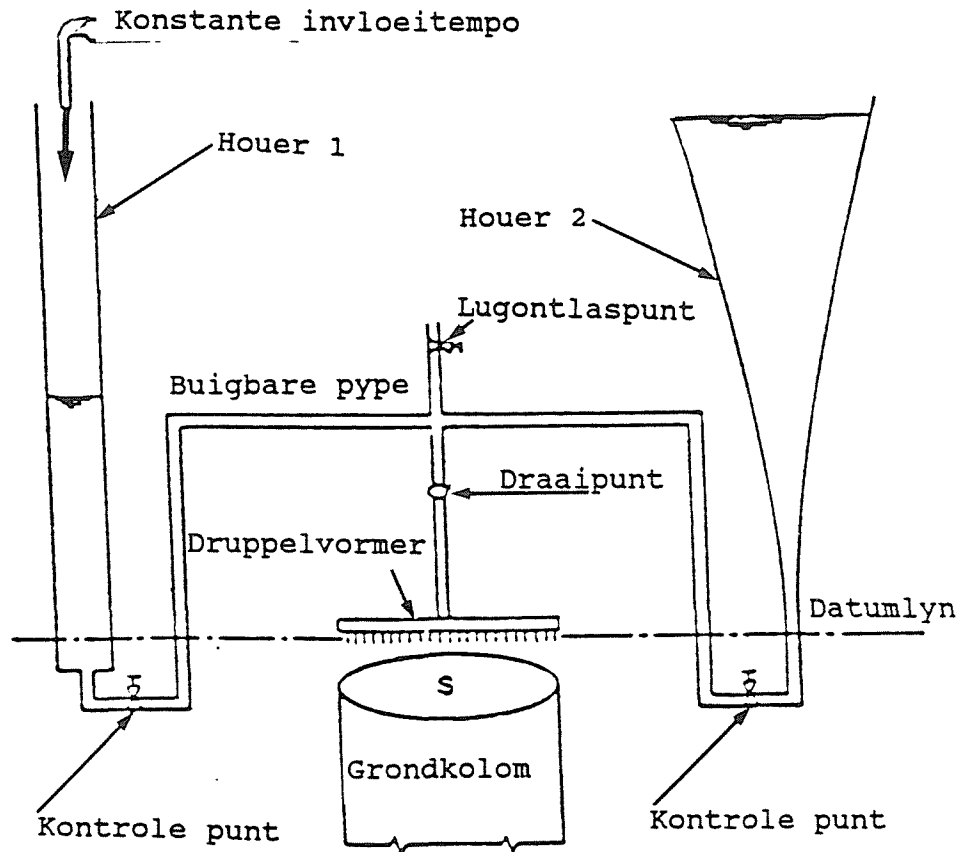
Glasbuis is deur Laws (1941) verhit en uitgerek om dun kapillêre buise te vorm wat as druppelvormers kan dien. Vloeitempobeheer is met 'n burettipe kraan tussen die waterhouer en glasbuisie verkry. Die binne- en buitekant van die glasbuis is met 'n baie dun lagie paraffien bedek om benatting van die glasbuis se buitekant te verhoed en die vloeioewerstand binne die buis te verlaag. Ekern en Muckenhirn (1947) monteer 'n matriks van metaalbuis in die vorm van mediese spuitnaalde in die basis van 'n oop waterhouer. Glasbuis word oor die naalde geplaas om druppelgroottes te varieer. McIntyre (1957) gebruik dieselfde beginsel om 'n simuleerder te ontwikkel.

'n Verdere ontwerp gebaseer op die gebruik van kapillêre buise is deur Mutchler en Moldenhauer (1963) uitgevoer. Die interne diameters van die buise is in drie stappe vergroot vanaf die waterinlaatpunt, sodat die boonste en kleinste deursnee die vloeitempo beheer terwyl die onderste diameter die druppelgrootte beheer. 'n Verandering in drukhoof het sodoende 'n relatief klein verandering in gemiddelde druppeldeursnee veroorsaak.

Margavey en Taylor forseer in 1956 water deur 'n kapillêre buis om 'n straal te vorm. 'n Audio-ossileerder is aan die buis verbind en die vibrasies wat aan die buis oorgedra is het die straal water laat opbreek. Hierdie metode het druppels vanaf 2,5 mm deursnee tot 'n gerapporteerde waarde van so veel as 20 mm gelewer en buise met interne deursnee van 0,5 mm tot 12 mm is gebruik.

In 1965 rapporteer Chow en Harbaugh 'n simuleerder met 'n geslote waterbak wat nie aan atmosferiese druk blootgestel word nie. Toedieningsintensiteit van die simuleerder word met waterdruk beheer, terwyl die gemiddelde druppeldeursnee byna konstant bly. Thompson en James (1985) bevestig dat druppelgrootte weglaatbare variasies met verskillende drukhoofde toon. Die Chow simuleerder bestaan uit saamgegroepeerde modules waarvan elke module se druk en watertoevoer afsonderlik beheer kan word. Elke module beslaan 'n area van $0,6 \text{ m}^2$ en 576 kapillêre buise is in elkeen geïnstalleer. 'n Totale toetsarea van $12,2 \text{ m}^2$ is met die simuleerder bedien.

Hachum en Alfaro rapporteer in 1977 'n interessante simuleerapparaat wat vir spesifieke simulاسie van reënvaltoestande 'n verandering in intensiteit met tyd meebring. Figuur 2.13 toon die spesiaal-gevormde houer aan waarmee die verandering in hidrouliese drukhoof met tyd bewerkstellig is.

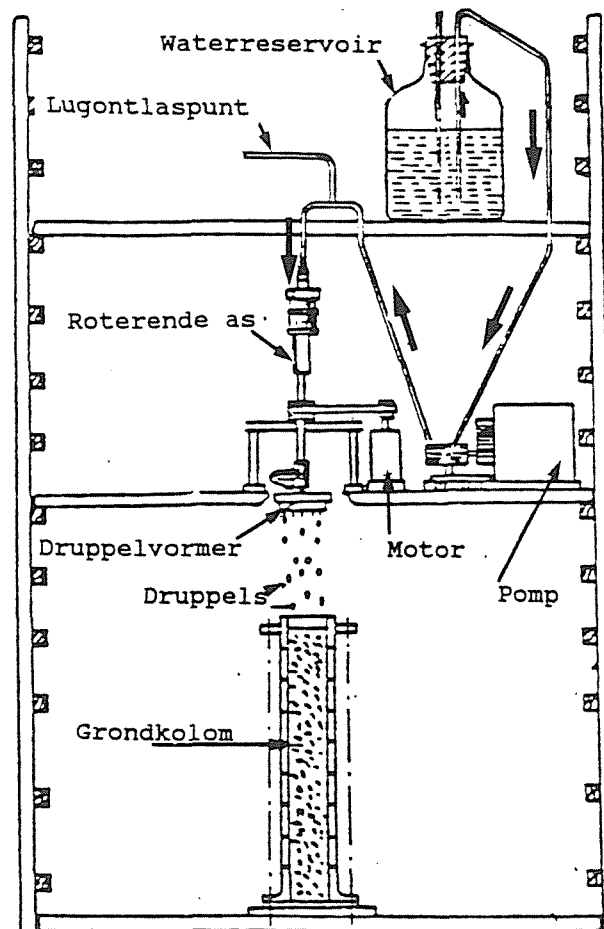


FIGUUR 2.13: Simuleerapparaat met waterhouer vir verandering in hidrouliese drukhoof met tyd (Hachum en Alfaro, 1977).

Verskeie ander materiale is al gebruik as kapillere buise, byvoorbeeld poli-etileen buise deur Ragab (1983) en teleskooppypies van koper deur Hinkle, et al (1987). Figuur 2.14 toon 'n skematiese uiteensetting van 'n tipiese simuleerapparaat met 'n roterende druppelvormergedeelte.

Kapillêre buise is meer geskik vir laboratoriumsimuleer-apparate as hangende toutjies omdat druppelgroottes met groter akkuraatheid en in 'n wyer groottespektrum verkry kan word. Die verskaffing van skoon, gefiltreerde water aan die sisteem om verstopping van die naalde te verhoed is redelik krities, tog is so 'n sisteem vir veldwerk deur Brakensiek et al (1979) gebruik.

'n Beperkende faktor by simuleerders wat van kapillêre buise gebruik maak, is die nul beginsnelheid van die gevormde druppels. Waar hoë druppelsnelhede en terminaalsnelhede van druppels 'n vereiste is, kan die vereiste hoë montering (10 m en hoër) van so 'n apparaat praktiese probleme lewer.



FIGUUR 2.14: Tipiese roterende basis simuleerder met kapillêre buise en konstante drukhoof (Ragab, 1983).

2.4.3 Suijstukmetode

Verskeie spuitpunte met 'n wye spektrum van druppelkarakteristieke is al in moderne simuleerders gebruik. Die eenvoudigste tipe spuitstuk bekend, is 'n stortkop (Ekern en Muckenhirn, 1947). Uit die wye verskeidenheid spuitstukke in die handel beskikbaar, word vier tipes volgens die literatuur oorwegend gebruik:

- * Die "Spray Engineering Company" (SEC) se 7-LA-suijstuk is eerste op die Purdue-simuleerder van Bertrand en Parr (1960) gebruik. Sonder om wesenlike veranderinge aan die spuitstuk aan te bring het Amerman et al (1) (1979) en Rawitz et al (1972) roterende skywe onder die spuitstuk aangebring vir akkurate beheer van toedieningsintensiteit.
- * Die tweede tipe spuitstuk is die "Spraying Systems Company (SSC) 80-100 Veejet" wat deur Meyer en McCune in 1958 gebruik is. Die spuitstuk lewer 'n nou spektrum van druppelgroottes met 'n intensiteitsvariasie wat met afstand verder van die spuitstukmiddelpunt af verminder.
- 'n Magdom outeurs het verskillende groottes van hierdie tipe spuitstuk staties gemonteer, die sproei onderbreek, die spuitstuk geossileer (Meyer en Harmon, 1979; Foster et al, 1982) en geroteer (Swanson, 1965; Bubenzer en Meyer, 1965) in eenhede met uiteenlopende ontwerpe, ten einde verskillende druppelgrootte-verspreidings, toedieningsintensiteite en energieë te verkry.
- * Die derde tipe spuitstuk is die "Rainjet 78c" wat deur Holland (1969) en Lusby (1977) gebruik is. Hierdie tipe lewer kleiner druppelgroottes en ook heelwat laer energievlakke as die bogenoemde SSC 80-100 tipe.
- * 'n Kombinasie van "Spraying Systems Fulljet 1.5H30 en 1HH12" spuitstukke is ook op verskeie simuleerders gebruik (Morin et al, 1967; Marston, 1978). Pall et al (1983) vind dat gebruik van hierdie tipes spuitstukke kinetiese energie aan die toetsarea oordra wat nader aan die werklike kinetiese energie van reënval is.

Ander spuitstukke wat sinoniem met simuleerders is, sluit in die tipe F spuitstuk wat lae intensiteite kan bereik en wat met welslae deur Parsons (1943), Wilm (1953), Dortignac (1951) en Parker (1957) gebruik is. Hierdie tipe verskaf groot druppelgroottes vir hoër energie maar 'n algemene toepassing by baie lae valhoogte het laer druppelsnelhede tot gevolg en beperk die hoeveelheid energie aan die toetsarea oorgedra. Die "Spraying Systems 14 WSQ Fulljet" spuitstuk word ook soms gebruik om klein druppelgroottes en lae toedienings-intensiteite te bewerkstellig. Shriner et al (1977) het die "Beta Fog SRN 303" spuitstuk gebruik om druppelgroottes en energieë vergelykbaar met spesifieke tipes reën te verkry.

Byna al die spuitpunte wat aanvaarbare druppelkarakteristieke vir simuleringsdoeleindes (veral reënval) verskaf, benodig 'n relatief hoë leweringstempo. Dit bring mee dat onaanvaarbare hoë intensiteite tydens simulaties bereik word. Beheer van toedieningsintensiteit op simuleerders is dus van die allergrootste belang.

Die literatuur toon aan dat veral drie metodes toegepas word om toedieningsintensiteit te beheer:

- * Benatting van groter area deur veral opwaarts te spuit (F-tipe en tipes wat besproeiingspuitpunte self gebruik)
- * Fisiese heen-en-weer beweging van spuitpunte oor die toetsarea (Meyer en McCune, 1958)
- * Periodieke onderskepping van die straal water deur middel van 'n fisiese obstruksie (Morin et al, 1967)

Verskeie navorsers het normale spuitpunte wat in besproeiing gebruik word ten opsigte van druppel eienskappe ondersoek. Die literatuur toon aan dat spuitpunte teen 'n konstante werksdruk, asook teen ossilerende werksdrukke gebruik kan word.

Verhoging van werksdruk veroorsaak in die algemeen 'n kleiner gemiddelde druppeldeursnee. Hierdie kleiner druppels is deur Hills en Gu (1989) relatief na aan die spuitpunt gevind. Met verlaging in druk is 'n verhoging in gemiddelde druppeldeursnee veral verder vanaf die spuitpunt gevind. Dadio en Wallender (1985) asook Kohl (1974) het dieselfde resultate met soortgelyke spuitpunte behaal. Die grootste effek op druppelgrootte is op die verste afstand vanaf die spuitpunt gevind.

Dadio en Wallender (1985) het verder ook verskille in gemiddelde druppeldeursnee bepaal wanneer die straal water deur natuurlike aksie opbreek of wanneer die straal deur die hameraksie van die veerbelaaide sprinkelaararm opbreek. Hulle het bevind dat die hameraksie groot druppeldeursnee veroorsaak het tussen 3 m en 7 m vanaf die spuitpunt by lae werksdrukke (138 en 207 kPa). By hoër drukke (276 en 345 kPa) was die invloed van die hameraksie baie min.

Hills en Gu (1989) het spuitpunte met sirkelvormige openinge versus spuitpunte met vierkantige openinge vergelyk. Hierdie tipe spuitpunt het ten doel om 'n meer eenvormige druppelgrootte met afstand vanaf die spuitpunt te lewer. Hy bevestig die doelstelling wanneer hy by lae werksdruk die gemiddelde druppeldeursnee effens groter naby die spuitpunt en kleiner verder vanaf die spuitpunt, relatief tot die druppelgroottes van 'n spuitpunt met 'n sirkelvormige opening, vind. Die spuitpunte met vierkantige openinge lewer effens hoër gemiddelde druppeldeursnee by lae drukke en by hoër werksdrukke is die verskil in druppelgrootte tot sirkelvormige opening spuitpunte, weglaatbaar.

Werk deur Hills et al (1987) het getoon dat 'n lae werksdruk wat sinusoïdaal varieer die uniformiteit van druppelverspreiding verbeter het. Die navorsing is onderneem om te bepaal of bestaande stelsels teen 'n laer werksdruk gebruik kan word, sonder om uniformiteit van verspreiding nadelig te beïnvloed. Daar is gevind dat drukossilasie 'n voorspelbare effek op druppelgrootte het en dat die gemiddelde deursnee van die druppels sò verkry, baie ooreenstem met dit wat verkry word wanneer die werksdruk op die gemiddelde van die twee uiterste waardes van die ossilerende drukke, konstant gehou word.

2.5 Tipes SIMULEERDERS

Daar bestaan 'n groot verskeidenheid van reënvalsimuleerders wat op uiteenlopende beginsels werk. Almal het egter ten doel om natuurlike reënval so getrou moontlik na te boots vir gebruik in navorsing op erosiwiteit, korsvorming en infiltrasie van gronde.

Vir die beplanning en ontwikkeling van 'n besproeiingsimuleerder kan die bestaande ontwerpe van reënvalsimuleerders met vrug bestudeer word om enige raakvlakke en ooreenstemmings van die twee sisteme te identifiseer. Die twee sisteme verskil van mekaar ten opsigte van druppel eienskappe, naamlik druppelgrootteverspreiding, -snelheid en toedieningsintensiteit.

Spuitsuksimuleerders word deur die bestaande literatuur as die mees geskikte tipe vir veldgebruik beskou. Die spuitstukmetode is prakties gesproke die enigste metode waarmee 'n redelike verspreidingspektrum van druppelgroottes verkry kan word. Hierdie tipes simuleerders word na aanleiding van die metode van intensiteitsbeheer toegepas, geklassifiseer. Die volgende tipes spuitstuksimuleerders word in die literatuur vermeld:

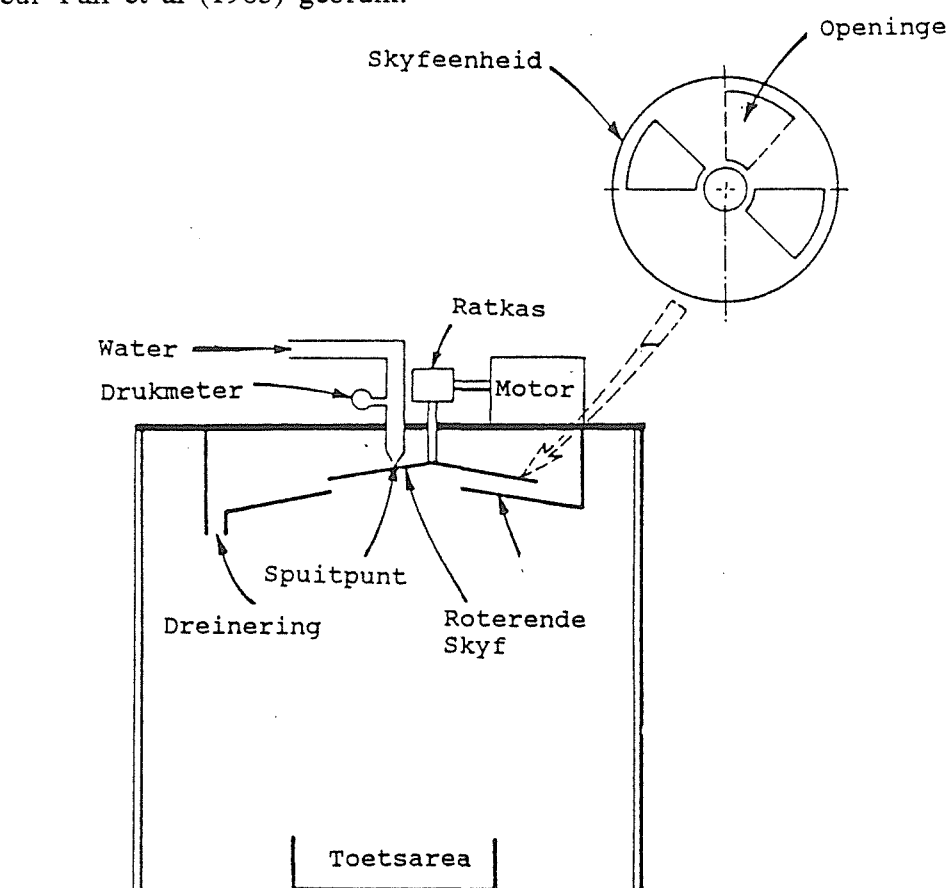
- * Roterende skyftipe
- * Sproeitipe wat kontinu afwaarts spuit
- * Sproeitipe wat kontinu opwaarts spuit
- * Roterende balktipe
- * Ossilerende tipe
- * Ander besproeiingsimuleerders

2.5.1 Roterende skyftipe

Gedurende 1967 is 'n simuleerder met 'n hoë-kapasiteit afwaartsgerigte spuitpunt deur Morin et al ontwikkel. 'n Roterende skyf met openinge daarin is op 'n vertikale as onder die spuitpunt self monteer. Hierdie metaalskyf dien as onderskeppingsmedium

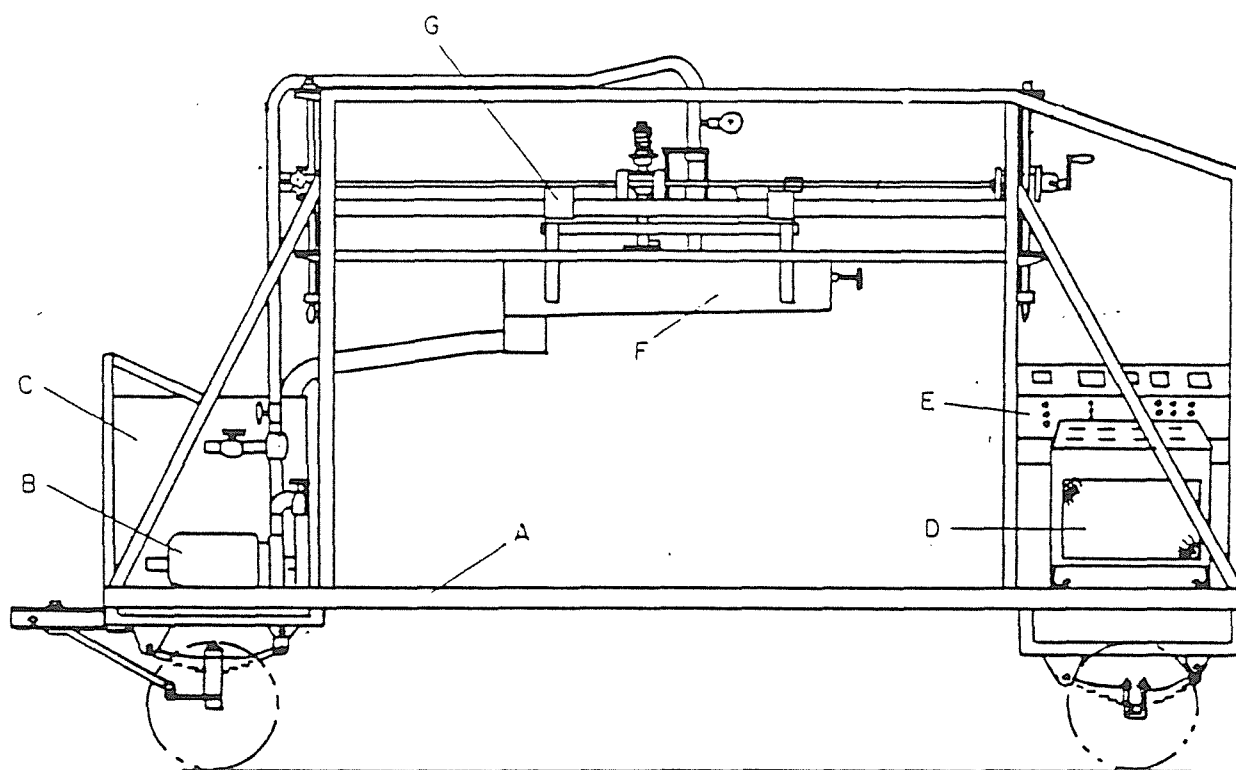
vir die water en laat slegs 'n gedeelte van die water deur die opening na die toetsarea deur.

Die gebruik van 'n afwaarts-gerigte spuitpunt het die voordeel dat die beginsnelheid van die druppels deur die verstelling van waterdruk verander kan word. 'n Verandering in druk bring egter ook 'n verandering in mediaan-druppelgrootte mee. Daar is dus met verskeie spuitpunte en drukke geëksperimenteer om die benodigde druppelsnelheid en -grootteverspreidings vir simulatie van spesifieke toestande te bepaal. Die openinggrootte in die roterende skyf beheer die hoeveelheid water wat na die toetsarea deurgelaat word, dit wil sê die toedieningsintensiteit. 'n Toedieningsintensiteit van so min as 1,5% van die spuitpunt-lowering kan op die toetsarea bereik word (Morin et al, 1967). Water wat nie deur die opening na die toetsarea uitgespuit word nie, word opgevang en hersirkuleer. Figuur 2.15 toon 'n skematiese uitleg van so 'n simuleerder aan soos deur Pall et al (1983) gebruik.



FIGUUR 2.15: Skematiese uitleg van 'n simuleerder met 'n roterende skyf (Pall et al, 1983).

Pall et al het die ontwerp van die roterende skyf in 1983 met die ontwikkeling van die sogenaamde Guelph-simuleerder verbeter. Insteede van verskillende skywe wat elkeen 'n verskillende grootte opening het, word van 'n enkele skyf met twee openinge waarvan die openinggrootte kontinu verstel kan word, gebruik gemaak. Dit het 'n drastiese verlaging in rotasiespoed en vereenvoudiging van die meganiese deel meegebring. Grierson en Oades (1977) verbeter dié tipe se verskuifbaarheid deur die hele eenheid op wiele te monteer, die eenheid langs 'n spesifieke toetsarea te plaas en die sproeiereenheid oor die toetsarea uit te swaai. Gedurende 1989 het Thomas et al 'n verbeterde mobiele eenheid wat die water vanuit die waentjie na die toetsarea spuit ontwikkel. Om die invloed van wind en lugstrome te beperk, word die eenheid met kantseile bedek. Figuur 2.16 toon die opstelling aan wat deur Thomas et al (1989) gebruik is.



A - Waentjie, B - Pomp, C - Waterreservoir, D - Kragopwekker, E - Beheerpaneel,
F - Watertrog, G - Spuitstuksamestelling

FIGUUR 2.16: Voorstelling van Thomas et al (1989) se mobiele eenheid.

Volgens Morin et al (1967) kan intensiteit, mediaan-druppelgrootte en druppelsnelheid oor 'n redelik wye gebied met hierdie tipe simuleerder verstel word. Wanneer die skyf stadig roteer ($\frac{1}{2}$ tot 4 opm) kan besproeiingstoestande effektief gesimuleer word terwyl 'n hoë rotasiespoed (40 tot 200 opm) gebruik kan word om reënvaltoestande te simuleer.

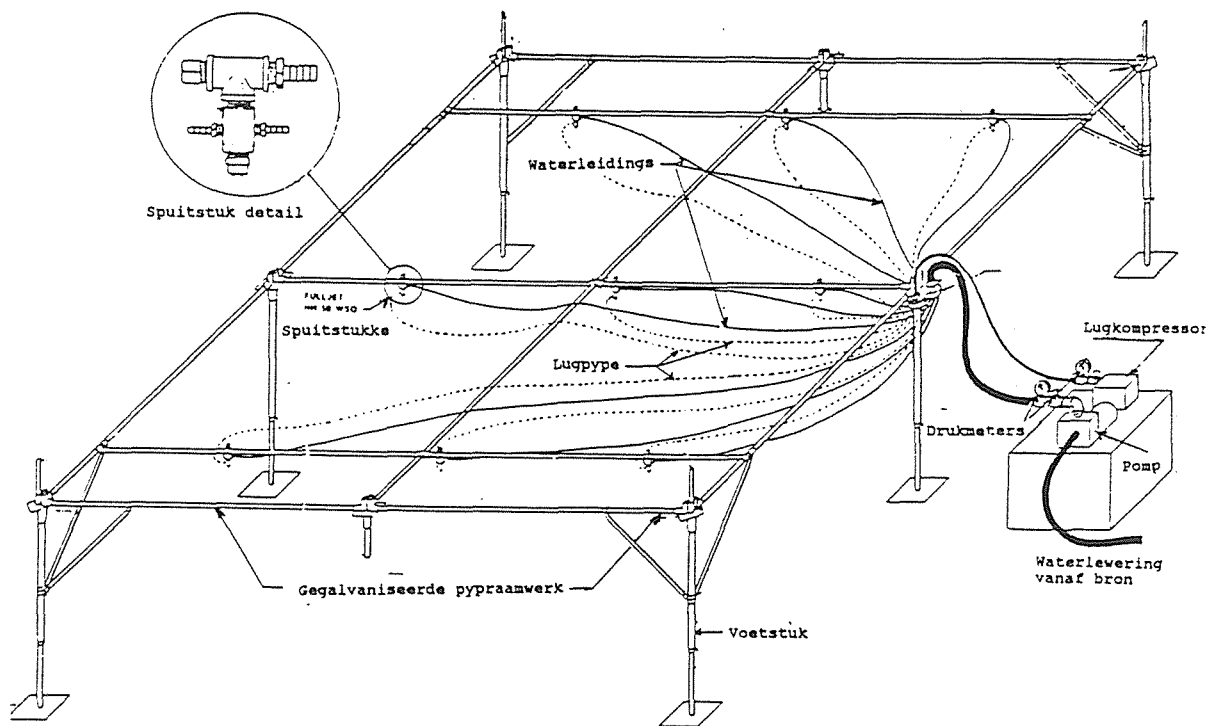
Hierdie tipe simuleerder blyk geskik te wees om 'n wye verskeidenheid van toestande te simuleer. Beide 'n statiese laboratoriummodel en 'n mobiele eenheid word deur die Navorsingsinstituut vir Grond en Besproeiing in Pretoria gebruik. Die ontwerp is op grond van betroubaarheid en aanpasbaarheid vir verskillende situasies gekies (Agassi, 1984).

2.5.2 Sproeitipe wat kontinu afwaarts spuit

Shelton et al het gedurende 1985 gevind dat die beskikbare simuleerders komplekse meganiese stelsels benodig, meestal onderbroke benatting lewer wat nie met reënval ooreenstem nie en 'n aansienlike hoeveelheid water benodig. Die water word normaalweg teen 'n hoë tempo gepomp waarna 'n groot hoeveelheid onderskep en hersirkuleer word. Toetse het bewys dat aanvaarbare druppelgroottes by 'n te hoë intensiteit verkry word en dat 'n aanvaarbare intensiteit weer te klein druppelgroottes verskaf. Terselfdertyd moet spuitpundruk hoog genoeg wees om die waterstraal in sproei te laat opbreek.

Die oplossing moes 'n simuleerder wees wat die toetsarea ononderbroke benat sonder dat die intensiteit buite perke raak. 'n Simuleerder bestaande uit 'n pypraamwerk met afwaarts gerigte spuitpunte op verstelbare spasiërrings is ontwikkel. Lug is in die water by elke spuitstuk ingepomp. Sodoende is genoegsame druk dus gehandhaaf om volle opbreking van die waterstraal te verseker. Die korrekte druppelgrootteverspreidings is ook gehandhaaf en aanvaarbare intensiteite is so bewerkstellig.

Volgens Shelton et al (1985) handhaaf die simuleerder goeie verspreidingsdoeltreffendhede deur die hele spektrum van toedieningsintensiteite. Lyles et al het 'n soortgelyke apparaat in 1969 ontwikkel maar weinig data oor sy apparaat is beskikbaar. Figuur 2.17 toon Shelton se simuleerder aan.

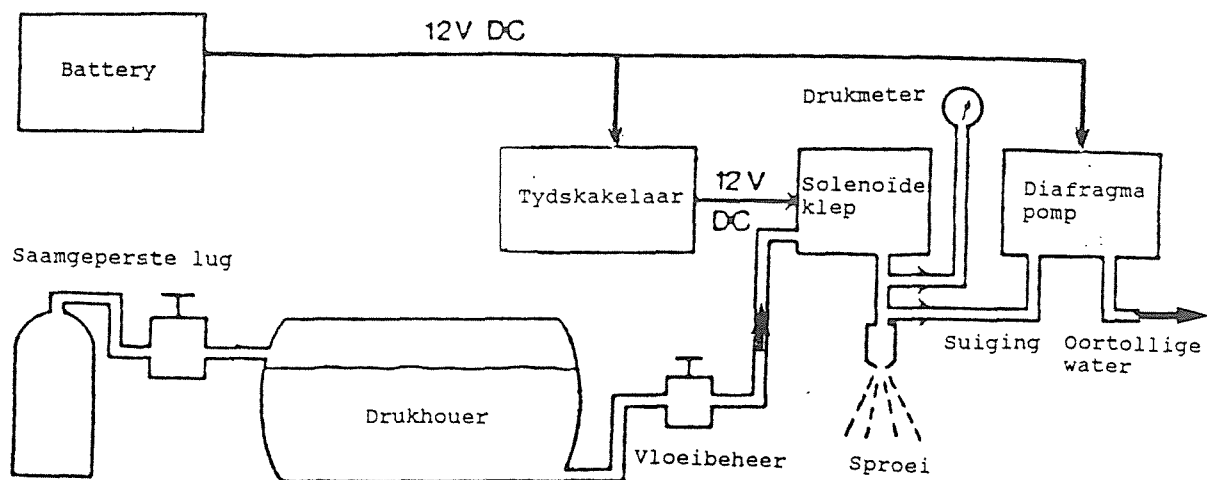


FIGUUR 2.17: Sproeitipe-simuleerder wat kontinu afwaarts spuit (Shelton et al, 1985).

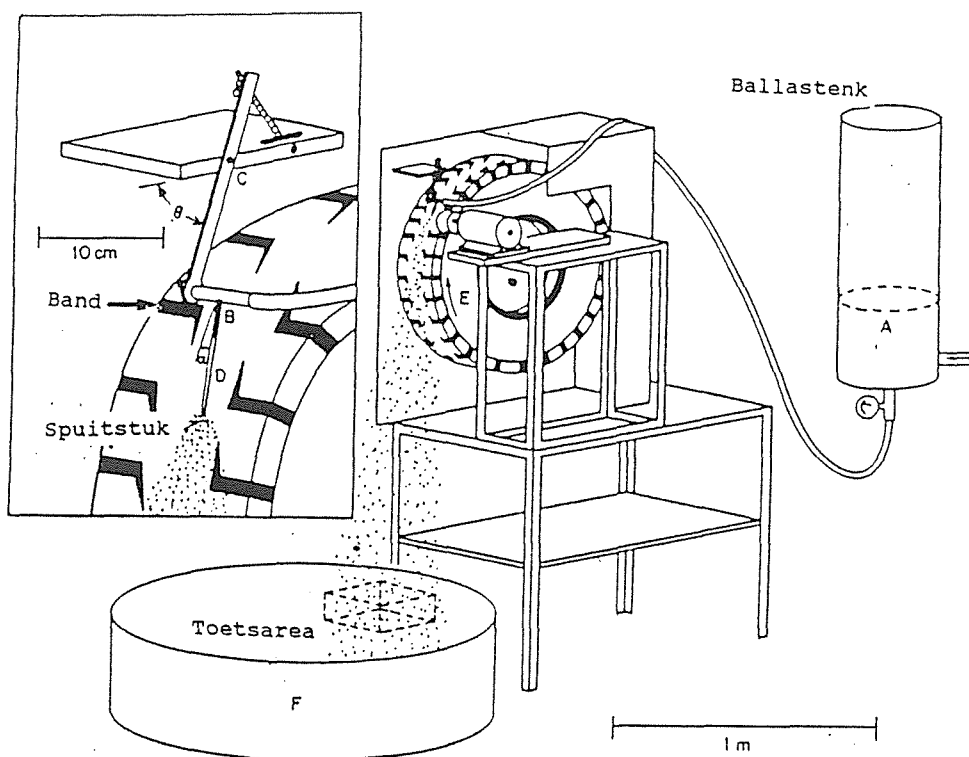
Die onbekikbaarheid van data oor die presiese spuitpunt-karakteristieke van 'n water/lug-mengsel het daartoe aanleiding gegee dat Blunden et al in 1990 uitgebreide toetse op 'n soortgelyke sisteem as Shelton et al uitgevoer het. Hulle bevind dat groot verskille tussen spreipatrone van twee identiese spuitpunte bestaan sodra 'n water/lug-mengsel gebruik word. Groot variasies in kinetiese energie het op verskillende posisies in die toetsarea voorgekom. Hulle gevolgtrekking is dat hierdie metode groot afwykings toon, herhaalbaarheid van gegewe simulasies nie akkuraat genoeg is nie en dat die metode beslis ongeskik is vir die akkurate simulering van reënvaltoestande (ten minste in Australië).

Gedurende 1987 het Tossel et al die sogenaamde Geulph-reënvalsimuleerder 2 (GRS 2) ontwikkel. Hierdie simuleerder maak van 'n enkele afwaartse gerigte spuitpunt sonder die byvoeging van lug gebruik. Spuitpunte van die "Spraying Systems Company" met relatief lae lewerings is gekies. Zegelin en White het in 1982 van dieselfde prinsiep met dieselfde spuitpunte gebruik gemaak. Ten einde 'n wye reeks van toedieningsintensiteite te bereik is water deur 'n solenoïde klep gepulseer. Saamgeperste lug is gebruik om drukking op die waterreservoir te plaas. Waterdruk by die spuitpunt is beheer deur die druk in die waterreservoir te verander tesame met 'n vloeibeheerklep vir akkurate beheer. Figuur 2.18 toon die konstruksie van die simuleerder skematies aan.

'n Baie interessante simuleerder is in 1981 deur Derenzo en Vonnegut vir die simulatie van reënval onder laboratorium-toestande ontwikkel. Hulle spuit 'n straal water op die buitediameter van 'n motorband wat in die teenoorgestelde rigting as die straal water beweeg. Die roterende band veroorsaak 'n lugstroom net bo die bandoppervlak. Die lug- en meganiese turbulensie wat die roterende band meebring veroorsaak dat die straal water in individuele druppels opbreek. Volgens die outeurs sal die grootste druppels na opbreking teen ongeveer terminale snelheid val. Figuur 2.19 toon die apparaat skematies aan met die waterreservoir wat onder konstante druk gehou word.



FIGUUR 2.18: Skematiese uiteensetting van die Zegelin en White (1982) simuleerder.



FIGUUR 2.19: Die Derenzo en Vonnegut (1981) simuleerder.

2.5.3 Sproeitype wat kontinu opwaarts spuit

Hierdie tipe simuleerder spuit opwaarts om 'n groter area te benat en sodoende toedieningsintensiteit tot binne prakties aanvaarbare grense te verlaag. Die F-infiltrometer wat die Departement van Landbou in die VSA ontwikkel het, het water vanuit twee rigtings opwaarts oor 'n toetsarea gespuit. Die druppels is slegs tot 'n hoogte van 1,8 m tot 2,1 m opgespuit met die gevolg dat die groter druppels nie terminale snelheid kon bereik nie. Toedieningsintensiteit is deur verandering van die hoeveelheid spuitpunte asook die werksdruk beheer.

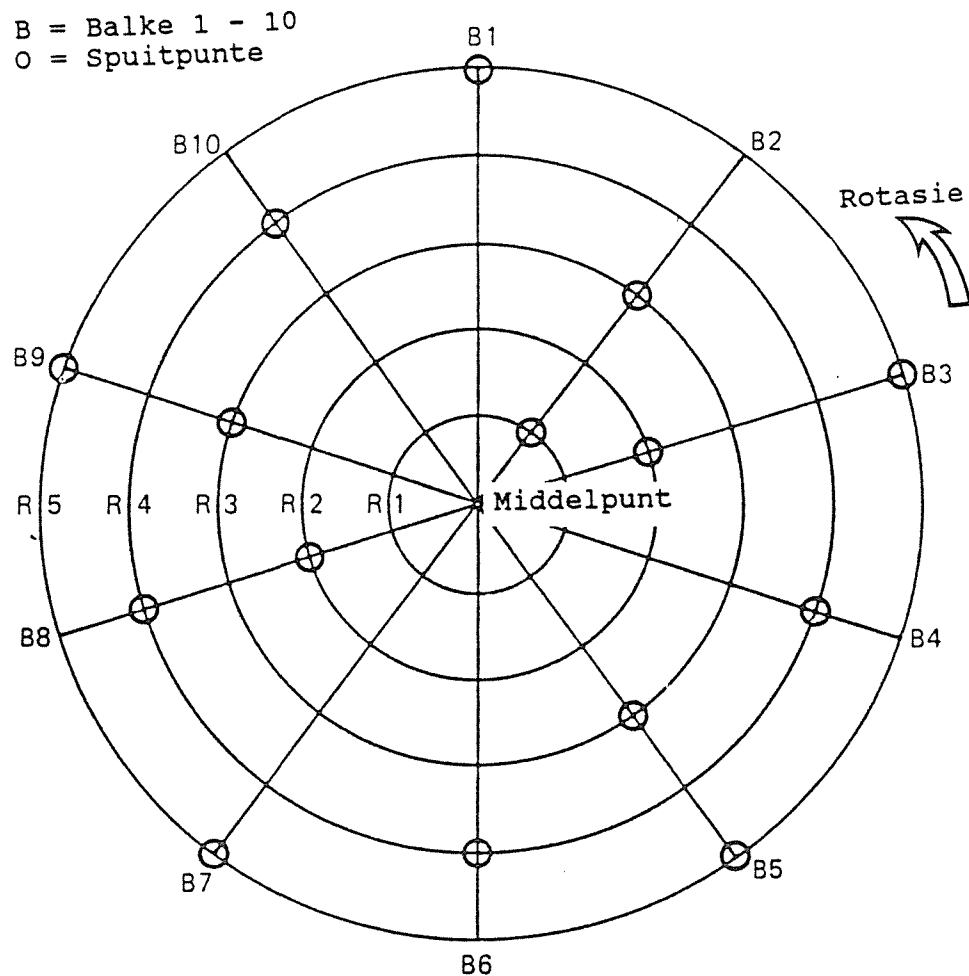
Gabriels et al ontwikkel in 1984 'n simuleerder waarvan die raamwerk waarop die spuitpunte gemonteer is kan roteer. Dit bring mee dat die spuitpunte afwaarts sowel as opwaarts gerig kan word om verskillende situasies na te boots. Beheer van die opwaartse beweging van die druppels kan tot groot voordeel wees vir besproeiingssimulering (vir reënvalsimulering is dit egter tot nadeel dat druppels wat die grond tref nie naby terminale snelheid is nie). Deur die boonste draaipunt van die druppels te beheer kan die snelheid van die druppels net voor dit die grond tref beheer word om dit so na as moontlik aan die werklike snelheid van druppels uit 'n spesifieke besproeiingstelsel te kry.

Hierdie metode het egter die nadeel dat druppels aan die volle geweld van heersende windtoestande blootgestel is. Hierdie invloed van die wind kan tot gevolg hê dat druppelkarakteristieke drasties kan verskil tussen toetse, wat die akkuraatheid van navorsingsresultate met so 'n simuleerder onder verdenking kan plaas.

2.5.4 Roterende-balktype

Swanson het in 1965 groot vooruitgang gemaak met die ontwikkeling van 'n mobiele roterende balktype simuleerder. Hy het 'n kommersiële roterende balk besproeiingstelsel geneem en verander om spesifieke druppel eienskappe te verkry.

Platford (1982) rapporteer 'n mobiele simuleerder op wiele gemonteer, bestaande uit 'n raamwerk waarop 'n reeks van 10 balke waaivormig teen 36° hoeke om die middelpunt, gerangskik is. Die totale balkkonstruksie word deur middel van 'n aandrywingsmotor om sy middelpunt geroteer. Elke balk word vanaf die middelpunt met water teen 'n sekere druk gevul gehou. Die simuleerder maak gebruik van 30 spuitpunte wat op die 10 balke gemonteer is en kontinu afwaarts spuit. Elke spuitpunt het 'n beheerklap sodat sekere spuitpunte gesluit kan word. Deur sekere spuitpunte te sluit en van 'n beheerklap in die watertoevoerlyn gebruik te maak kan beheer oor toedieningsintensiteit uitgeoefen word. Figuur 2.20 toon die uitleg van die 10 balke met spuitpunte soos van bo gesien.



FIGUUR 2.20: Roterende-balktipe simuleerder van bo beskou (Platford 1982).

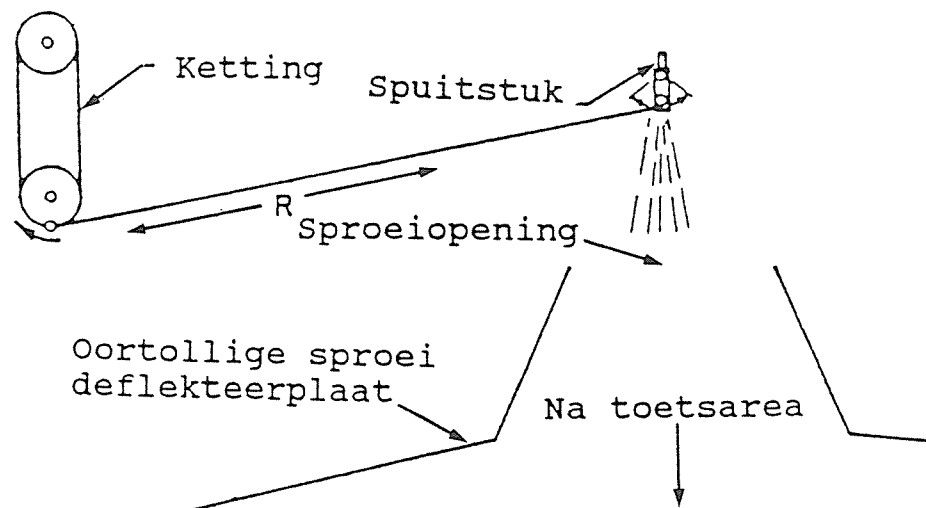
Hierdie tipe simuleerder vertoon sekere nadele wat in ag geneem moet word. Normaalweg is die verspreidingsdoeltreffendhede nie baie goed nie en wind kan dit ook negatief beïnvloed. Deur 'n sekere kombinasie van die reeds gemonteerde spuitpunte te gebruik kan 'n goeie verspreidingsdoeltreffendheid verkry en die nadeel oorkom word. Die simuleerder moet horisontaal opgestel word en by toetse teen steil hellings ontstaan die situasie dat die roterende balke op sekere posisies na aan die toetsarea beweeg en op ander plekke weer hoog bo die toetsarea is. Hierdie tipe simuleerder is mobiel, verg baie minder arbeid en kan 'n redelik groot toetsarea benat.

Volgens McPhee et al (1983) het die roterende balk simuleerder slegs twee noemenswaardige nadele: (1) Lae-intensiteit toedienings kan nie sonder ernstige verlaging van verspreidingsdoeltreffendheid verkry word nie en (2) die simuleerder kan nie maklik aangepas word vir toetsareas met 'n lengte van groter as 12 m nie. Vir studies ten opsigte van erosiwiteit kan laasgenoemde nadeel oorkom word deur twee simuleerders langs mekaar op 'n toetsarea van 22 m lengte te gebruik.

2.5.5 Ossillerende tipe

Meyer en McCune (1958) en Bubenzer en Meyer (1965) het 'n simuleerder ontwikkel waar die spuitpunt fisies om 'n as heen-en-weer geossilleer word. Deur die spuitpuntoopening om die senterlyn van die as heen-en-weer te ossilleer en die hoek waardeur die spuitpunt geossilleer word te beperk, word die horisontale komponent van die druppelsnelheid tot 'n minimum beperk en word druppels wat afwaarts beweeg, verkry.

Reg onder die ossillerende spuitpunt is 'n opvanghouer waarin 'n opening voorkom, gemonteer. Dit het tot gevolg dat slegs die gedeelte van die water wat deur die opening spuit die toetsarea bereik, terwyl die res opgevang en hersirkuleer word. Sodoende word toedieningsintensiteit tot 'n aanvaarbare hoeveelheid verminder. Intensiteit kan varieer word deur 'n spuitpunt met laer lewering of laer werksdrukke te gebruik. In figuur 2.21 word die werking van so 'n simuleerapparaat skematies aangetoon.



FIGUUR 2.21: Skematiese voorstelling van 'n ossillerende spuitpuntmeganisme (Bubenzer en Meyer, 1965).

Bubenzer en Meyer (1965) het drie spuitpunte teen verskillende hoeke langs mekaar op dieselfde as gemonteer. Sodoende is 'n byna kontinue sproeireën oor die toetsarea verkry en word die tekortkoming van vorige ontwerpe ten opsigte van onderbroke sikliese benatting verminder, maar 'n gepaardgaande verhoging in intensiteit is verkry.

Meyer en Harmon (1979) verbeter hierdie tipe simuleerder deur die spuitpunte deur 'n relatief wye hoek van 90° te ossilleer en die beweging op elke punt deur middel van 'n koppelaarmeganisme te vertraag voordat dit weer oor die opening begin terugbeweeg. Hiermee kon 'n baie wye reeks van toedieningsintensiteite bereik word. Die nadeel is egter dat 'n onderbroke patroon van benatting weer verkry word.

Gedurende 1983 pas Moore et al dieselfde prinsip toe op 'n simuleerder met verskeie seksies wat aanmekaar las om 'n toetsarea van 4,5 m * 22 m te bedien. Hulle maak gebruik van elektries-geaktiveerde solenoïdes om die vertragingstyd van die ossillerende spuitpunte soos deur Meyer (1979) gebruik te bewerkstellig en sodoende toedieningsintensiteit van die spuitpunte te beheer.

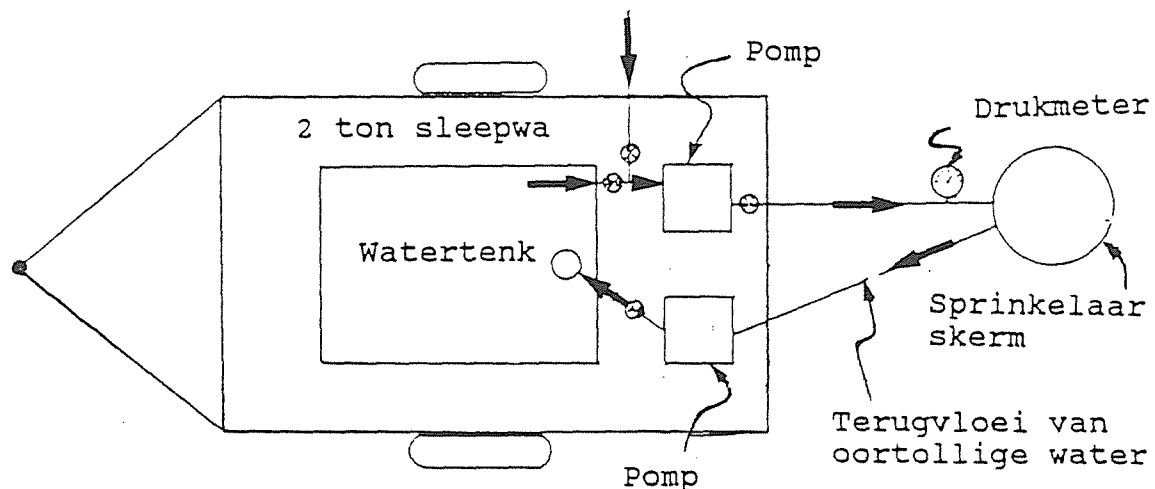
Volgens McPhee et al (1983) het Neibling 'n programmeerbare ossillerende tipe simuleerder ontwikkel waarvan die intensiteit van 20 tot 200 mm h⁻¹ verstel kan word met 'n baie kort 0,5 sekonde siklustyd tussen toedienings by 'n intensiteit van 64 mm h⁻¹. McPhee et al (1983) publiseer die onderstaande vergelykende Tabel 2.6 wat die sogenaamde "rainulator" kontinue afwaartse sproeitipe, met die roterende balktipe asook die programmeerbare ossillerende tipe simuleerders vergelyk.

TABEL 2.6 VERGELYKING TUSSEN TIPES SIMULEERDERS (McPhee et al, 1983).

Eienskap	Rainulator	Roterende balk	Programmeerbare Ossillerende tipe
Toedieningsvertraging vir eenvormige sproei	Aanvaarbaar	Goed	Uitstekend
Variasie in intensiteit	Beperk	Baie beperk	Onbeperk onder 130 mmh ⁻¹
Gebruiksgerief	Aanvaarbaar	Uitstekend	Baie goed
Betroubaarheid	Aanvaarbaar	Uitstekend	Baie goed
Verskuifbaarheid	Aanvaarbaar	Uitstekend	Goed
Kapitale koste	Gemiddeld	Laag	Hoog
Onderhoudskoste	Gemiddeld	Laag	Gemiddeld
Lewensduur	Gemiddeld lank	Lank	Gemiddeld lank
Duursaamheid	Aanvaarbaar	Uitstekend	Goed

2.5.6 Ander besproeiingsimuleerders

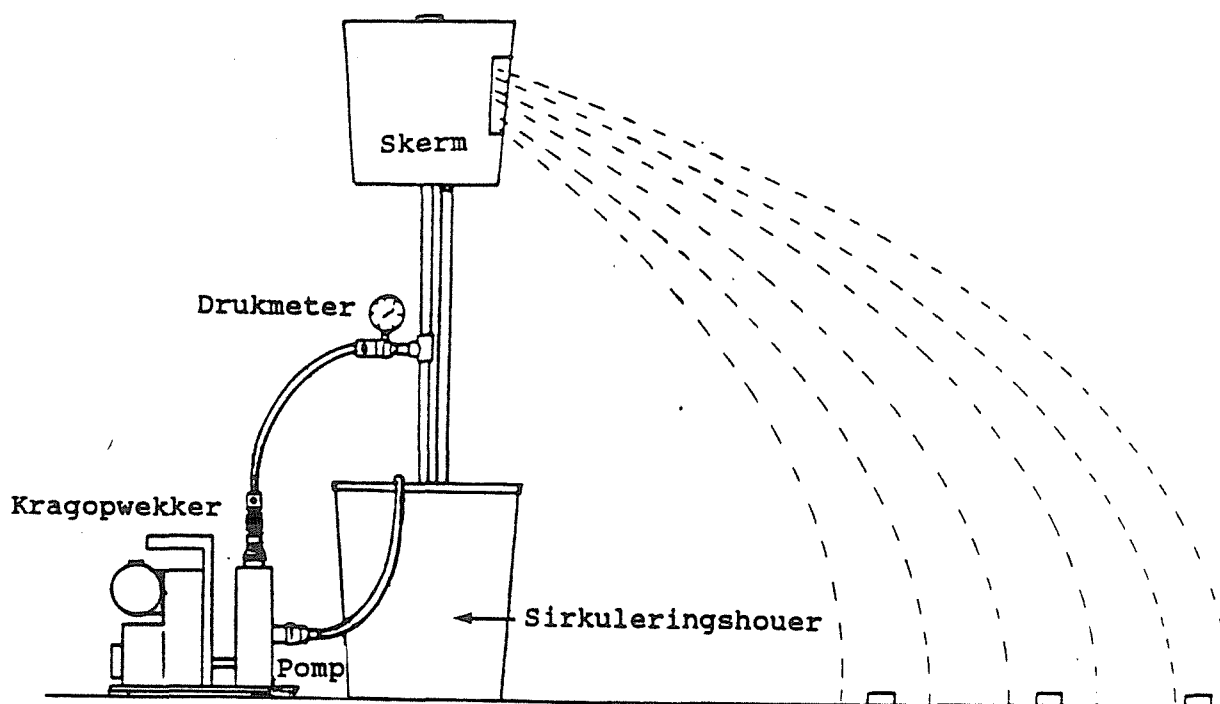
Tovey het in 1963 'n mobiele sprinkelaartoetseenheid ontwikkel om veral die invloed van sprinkelaartoedieningstempo op die infiltrasietempo van verskillende gronde te ondersoek. Die stelsel word skematies in figuur 2.22 aangetoon en bestaan uit 'n mobiele waterpompeenheid en 'n sprinkelaar wat binne 'n silindriese skerm roteer. Die stilstaande skerm is voorsien van 'n opening en sodra die sprinkelaar by hierdie opening verbybeweeg, verlaat die straal water die skerm en word na die toetsarea gespuit. Oortollige water word in die skerm opgevang en na die waterreservoir hersirkuleer.



FIGUUR 2.22: Uitleg van Tovey (1964) se toetsapparaat.

Gedurende 1984 ontwikkel Reinders en Louw 'n soortgelyke apparaat wat ook vir infiltrasiebepaling van gronde gebruik word. Hierdie infiltrasiemeter bestaan uit 'n sproeier toegerus met 'n V-spuut wat binne 'n skerm roteer.

Die watertoevoer geskied deur middel van heweling uit 400-liter houers met 'n buigbare pyp tot in die sirkuleringshouer. Hierdie sirkuleringshouer vorm ook die basis van die eenheid. Water word deur 'n selfontlugtingspomp uit die sirkuleringshouer onttrek en onder druk aan die spuitpunt gelewer. Die roterende spuitpunt spuit water deur 'n vloeioening in die skerm na die betrokke toetsarea en oortollige water word na die sirkuleringshouer teruggevoer. Hierdie apparaat is baie kompak en kan in beginsel vir besproeiingssimulering toegepas word. Die opstelling word in figuur 2.23 aangetoon.



FIGUUR 2.23: Infiltrometer van Reinders en Louw (1984).

2.6 GEVOLGTREKKINGS UIT LITERATUUROORSIG

2.6.1 Druppelkarakteristieke onder sprinkelbesproeiingstelsels

2.6.1.1 Druppelgroottespektrum

Vanuit die literatuur is dit baie duidelik dat dit moeilik is om grense vir druppelgroottes vas te lê, aangesien dit afhanklik is van beide die tipe sprinkelaar of sproeier wat ter sprake is, asook die druk waarteen die spesifieke sprinkelaar of sproeier opereer.

'n Diameterspektrum van 0,3 mm tot 5,4 mm kan egter as verteenwoordigend van meeste stelsels beskou word, met die grootste persentasie druppels (70 - 90%) in die grootteklas 1,5 - 3,5 mm.

Dit blyk ook duidelik dat dit relatief maklik is om konstante druppelgroottes groter as 2,5 mm in diameter te genereer terwyl druppels kleiner as 2,25 mm in diameter slegs as enkel druppels, of as 'n spektrum van druppels met 'n verskeidenheid van diameters, gegenereer kan word.

2.6.1.2 Druppelsnelhede

Druppelsnelhede op grondvlak word deur 'n verskeidenheid van faktore beïnvloed waarvan die druppeldiameter asook die spesifieke bewegingsbaan van die druppels die belangrikste is. Afhangende van die tipe besproeiingsstelsel kan snelhede vanaf 45 % tot en met ongeveer 120 % van die terminasiesnelheid van die betrokke druppelgroottes varieer. In die praktyk beteken dit valsnelhede wat van ongeveer $2,5 \text{ ms}^{-1}$ vir 0,5 mm diameter druppels, tot ongeveer 11 ms^{-1} vir 5 mm diameter druppels varieer. In die laboratoriumsituasie impliseer dit 'n valhoogtebereik van ongeveer 8 m indien dit verlang word dat groter druppels ten minste 90 % van terminasiesnelheid moet bereik.

2.6.1.3 Druppeltrefhoek

Op 'n absoluut gelyk en horisontale oppervlak kan druppeltrefhoeke in die gebied 20 - 90° met die horisontaal varieer. Op 'n rowwe oppervlak kan die variasie in trefhoek selfs groter wees sodat dit onprakties is om in die ontwerp van 'n simuleerapparaat enige voorsiening vir druppeltrefhoek te probeer maak.

2.6.1.4 Toedieningsintensiteite

Vir konvensionele sprinkelbesproeiingstelsels kan toedieningsintensiteit tussen ongeveer 4 mmh⁻¹ en 8 mmh⁻¹ varieer. In die geval van spilunstelsels is 'n variasie van ongeveer 1 mmh⁻¹ tot soveel as 200 mmh⁻¹ moontlik. Laasgenoemde hoë intensiteite kom egter slegs vir baie kort periodes voor en die gemiddelde maksimum waarde oorskry selde meer as 60 mmh⁻¹.

2.6.2 Bepaling van druppelgrootte en verspreiding

Uit die literatuur het veral drie metodes vir die bepaling van druppelgrootteverspreiding na vore gekom vir moontlike aanwending, naamlik: kolmetode, meelmetode en fotografiese metode. Die ander bestaande metodes is meer van toepassing vir waarnemings ten opsigte van enkel druppels onder gekontroleerde laboratorium-toestande.

Al drie die metodes het meriete vir toepassing. Vir die doeleindes van die navorsingsrojek is die kolmetode as die mees geskikte vir die in situ bepaling van druppelgrootteverspreidings beskou. Die metode is baie handig omdat dit eenmalige kalibrasie vereis, eenvoudig is om te gebruik en nie geskoolde arbeid vereis nie. Die fisiese bepaling van die druppelgroottes is egter uiters tydrowend maar vereis gelukkig ook nie hoogs-opgeleide arbeid nie. Fotografiese toerusting kan ook gebruik word ter bevestiging van die druppelgroottes wat met die kolmetode verkry is.

2.6.3 Bepaling van druppelsnelheid

Die meerderheid van die metodes soos bespreek is ontwikkel om enkel druppels se karakteristieke te bepaal. Van die metodes het die verdere beperking dat metings onder gekontroleerde laboratoriumtoestande met die druppel se bewegingsbaan bekend, moet geskied. Vir die doeleindes van hierdie navorsingsprojek was dit wenslik om 'n metode te gebruik waar verskeie druppels van verskillende groottes se individuele snelhede gelyktydig bepaal kan word.

Die enigste metode wat aan hierdie vereiste voldoen is die fotografiese metode. Uit 'n praktiese en finansiële oogpunt is die stilstaande enkelreflekskamera-metode die aangewese metode om te gebruik. Hierdie metode kan saam met die kolmetode aangewend word om die druppelgrootteverspreidings wat met die kolmetode verkry is te bevestig en ook elke individuele druppel se snelheid te verkry.

2.6.4 Riglyne vir die ontwerp van 'n laboratoriumsimuleerder

Uit die literatuur word die volgende algemene riglyne vir die ontwerp van 'n laboratoriumsimuleerder verskaf:

- * Aanvaarbare uniforme verspreiding van bepaalde druppelgroottes oor die hele toetsarea
- * Benatting van 'n groot genoeg toetsarea
- * Lae koste ten opsigte van mannekrag en eenvoudige onderhoud
- * Herhaalbaarheid van gegewe toestande asook kontinuïteit van toestande oor genoegsame tydsverloop
- * Groot genoeg spektrum van variasie van die drie hoofeienskappe.

2.6.5 Riglyne vir die ontwerp van 'n praktyksimuleerder

Uit die literatuur word die volgende algemene riglyne vir die ontwerp van 'n praktyksimuleerder gegee:

- * Aanvaarbare verspreiding van bepaalde druppelgroottes oor die hele toetsarea
- * Benatting van 'n groot genoeg toetsarea
- * Lae koste ten opsigte van mannekrag en eenvoudige onderhoud
- * Herhaalbaarheid van gegewe toestande asook kontinuïteit van toestande oor genoegsame tydsverloop
- * Maklike verskuifbaarheid tussen toetsareas
- * Groot genoeg spektrum van variasie van die hoofeienskappe om binne die waardes soos onder stelsels in die praktyk gevind, te val
- * Die waterverbruik moet binne perke wees.
- * Die apparaat moet nie te windgevoelig wees nie

HOOFSTUK 3

ONTWIKKELING VAN DIE LABORATORIUMSIMULEERDER

3.1 INLEIDING

Die behoefte aan 'n laboratoriumsimuleerder het daaruit voortgespruit dat die Departement Bodemkunde van die PU vir CHO uitgebreide toetse ten opsigte van grondverseelings-eienskappe moes doen op 'n groot aantal probleemgronde wat landwyd geïdentifiseer is. Die uitvoering van sodanige in situ toetse op gronde in die veld, is nie 'n praktiese moontlikheid nie.

Die doel van die laboratoriumsimuleerder is dus om 'n druppelbehandeling van unieke intensiteit, druppelgrootte en druppelsnelheid vir onbepaalde duurre daar te stel. Hierdie druppelkarakteristieke kan enersyds binne perke verander word om die veranderende invloed op 'n spesifieke grond te ondersoek en andersyds kan die druppelkarakteristieke dieselfde gehou word en 'n onbeperkte aantal toetse kan herhaal word ten einde die reaksie van verskillende gronde met mekaar te kan vergelyk.

3.2 VEREISTES GESTEL

Tydens onderlinge samesprekings tussen die betrokke personeel van UP en PU vir CHO asook die WNK se navorsingsbestuurder het die vereistes aan die laboratoriumsimuleerder gestel, soos volg gekristalliseer:

- * Druppels van uniforme grootte moet in die gebied van 0,5 - 5,4 mm gelewer word. Vyf verskillende druppelgroottes is as genoegsaam beskou.
- * So hoog as moontlike verspreidingsdoeltreffendheid moet nagestreef word.

- * Vir elke betrokke druppelgrootte moet die toedieningsintensiteit varieer kan word. Intensiteite moet tussen 10 mm h^{-1} en 100 mm h^{-1} kan varieer, hoewel alle intensiteite nie noodwendig met elke spesifieke druppelgrootte bereik hoef te word nie.
- * Die valsnelheid van die druppels moet varieerbaar wees, met die hoogste snelheid so na as moontlik aan die betrokke druppelgrootte se terminasnelheid, binne praktiese limiete van apparaatafmetings.

3.3 KEUSE VAN DIE APPARAATTIPE

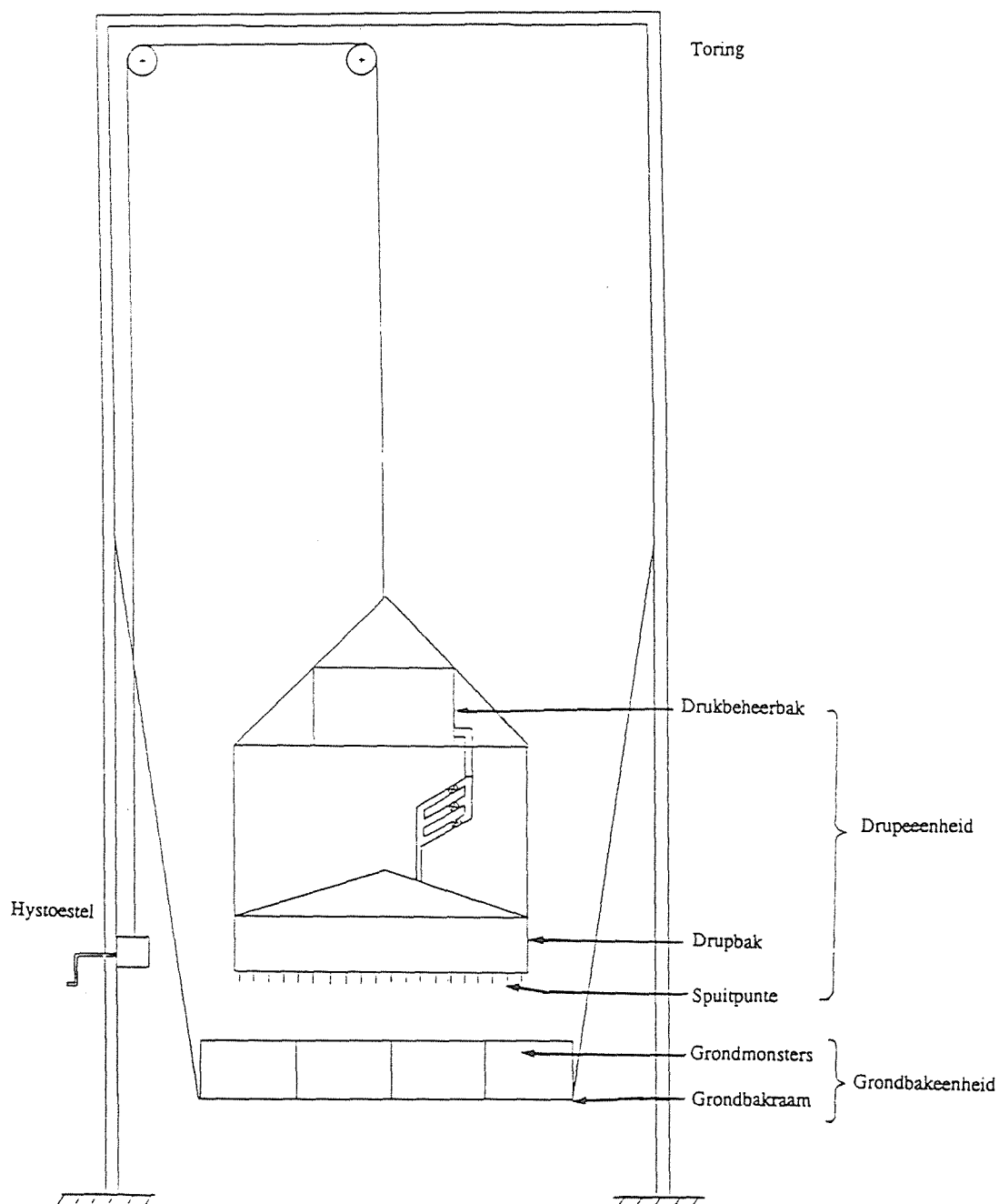
By die keuse en ontwerp van enige simuleerder is druppelsnelheid, druppelgrootteverspreiding en intensiteit van toediening van die grootste belang. Hierdie drie eienskappe bepaal die spesifieke toepassingsveld en gebruik van die simuleerder.

Na deeglike oorweging en samespreking tussen die onderskeie navorsingspanne en met goedkeuring van die verantwoordelike Loodskomitee, is op 'n tipe simuleerder soortgelyk aan dié deur Bubenzer en Jones (1971) ontwikkel en wat tans ook deur die Institute of Soils and Water, Volcani Centre, Israel, gebruik word, besluit. Die voordeel van hierdie apparaat is die relatiewe eenvoudige konstruksie daarvan, asook moontlike latere samewerking en uitruiling van bevindings met navorsers van Israel.

3.4 BASIESE APPARAATSAMESTELLING

'n Skematiese voorstelling van die apparaatopstelling word in figuur 3.1 getoon. Die apparaat bestaan basies uit 'n drupeenheid wat deur middel van 'n katrolstelsel in 'n toring op en af gehys kan word. Die drupeenheid bestaan uit 'n drupbak wat die druppelvormers in die vorm van spuitnaalde huisves en die drukbeheerbak wat verseker dat 'n bepaalde drupintensiteit gehandhaaf word. Druppelgrootte, druppelvalhoogte en

toedieningsintensiteit kan varieër word. Houers met grondmonsters word op 'n raam onderkant die druppereenheid gesuspendeer.



FIGUUR 3.1: Skematiese voorstelling van die laboratoriumsimuleerapparaat.

3.5 KONSTRUKSIE VAN DIE DRUPEENHEID

Die drupeenheid is uit die volgende onderdele saamgestel:

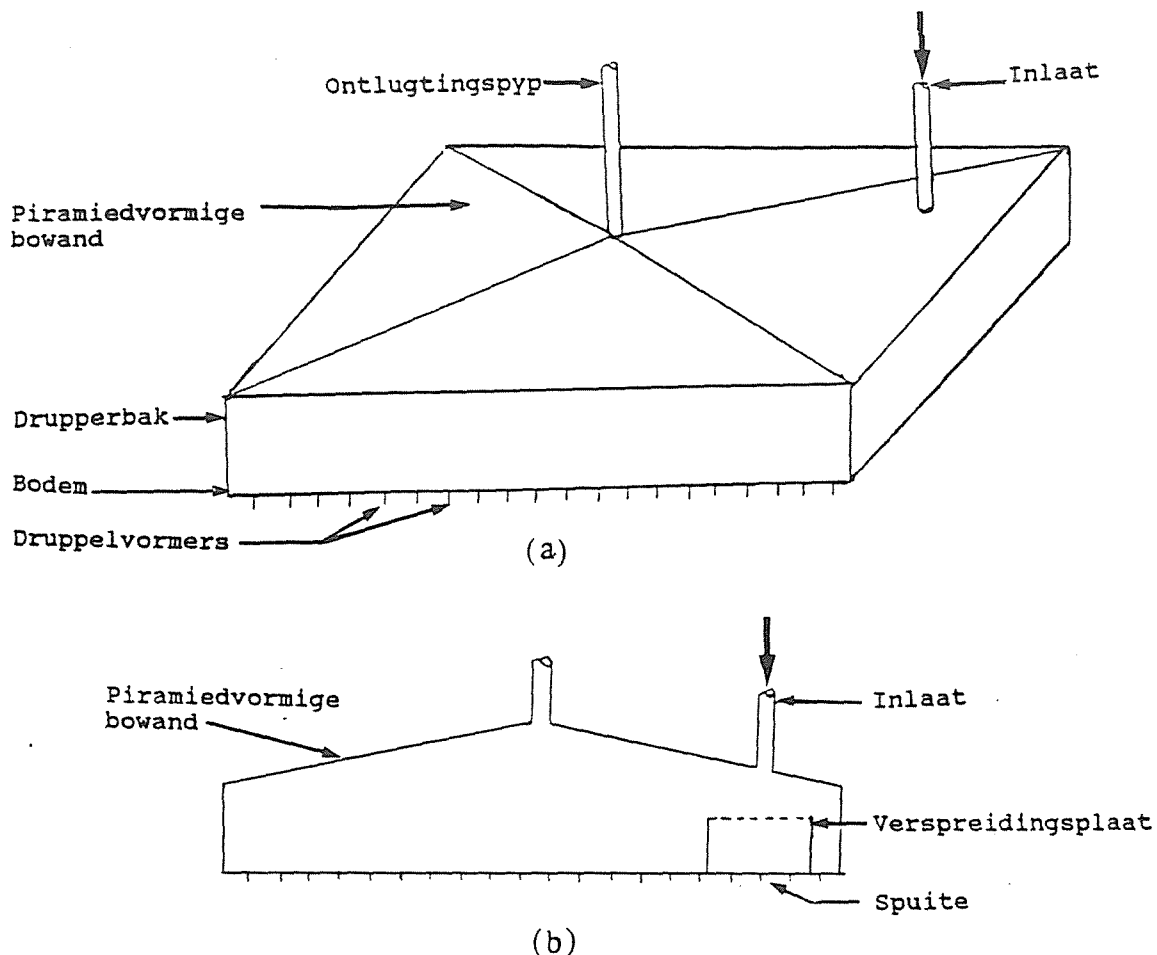
- * 'n drupbak
- * 'n drukbeheerbak
- * 'n watersuiweringstelsel
- * 'n vloei-beheerstelsel.

Al hierdie onderdele word gesamentlik deur 'n starre staalraam ondersteun sodat dit as 'n eenheid op en af gehys kan word.

3.5.1 Drupbakkonstruksie

Die drupbak het reghoekige afmetings van 900 mm x 1300 mm. Die sykant is 100 mm hoog van 25 mm dik PVC, terwyl die basis en piramied-vormige bowand van 10 mm dik PVC-plaat vervaardig is.

PVC laat nie lig deur nie en verhoed dus algegroeie met die verdere voordele dat die panele enersyds met 'n spesiale PVC-gom verbind kan word en andersyds met behulp van 'n spesiale verhittingsapparaat aanmekaar gesweis kan word. Al die bakpanele insluitende die bodem is permanent aanmekaar bevestig deur middel van gom- en sweisverbindings sodat die drupbak 'n geslote eenheid vorm. In 'n eerste model was die bowand verwyderbaar sodat die hulse wat uit die drupbakbasis losgewikkel het, binne in die drupbak vervang kon word. Die proses om weer volkome afdigting tussen die bowand en basis te bewerkstellig was egter so tydrowend en moeilik dat dié praktyk met die latere model laat vaar is en die eenheid as 'n geslote konstruksie vervaardig is. In die geslote eenheid is alle aanhegtings aan die buitekant gemonteer waar herstelwerk kon plaasvind sonder om die bak te open. Figuur 3.2 toon die konstruksie van die drupbak aan.



FIGUUR 3.2: Skematiese voorstelling van die drupbakkonstruksie

(a) Drupbakvorm van buite gesien

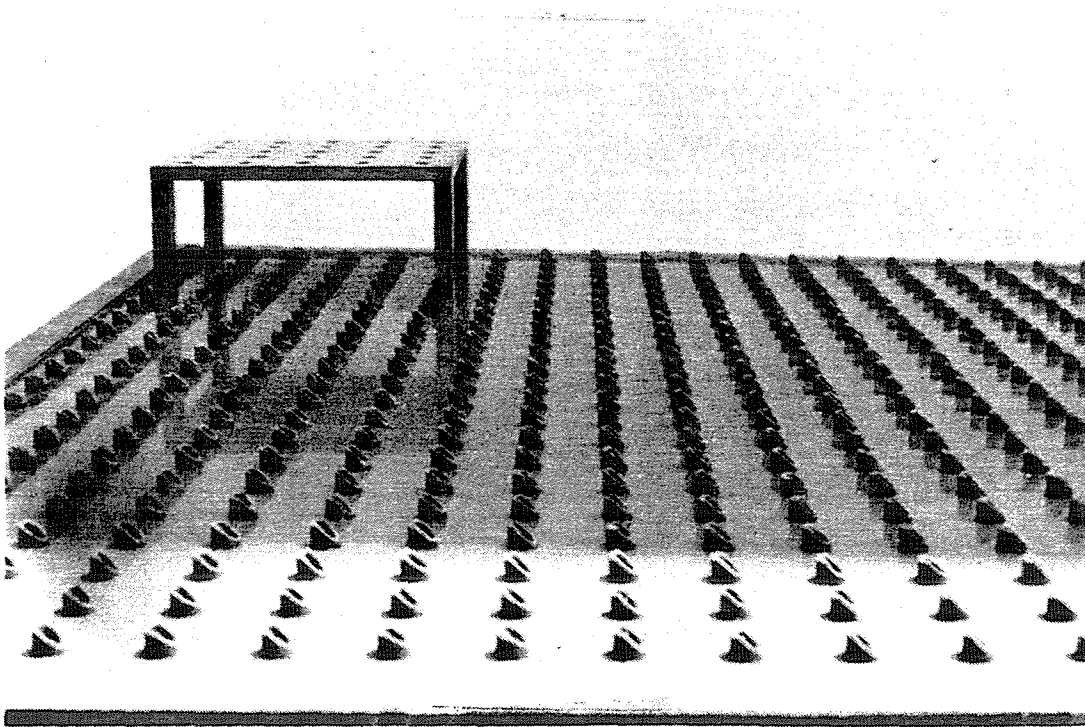
(b) Tipiese snit deur drupbak.

3.5.1.1 Konstruksie van die bowand

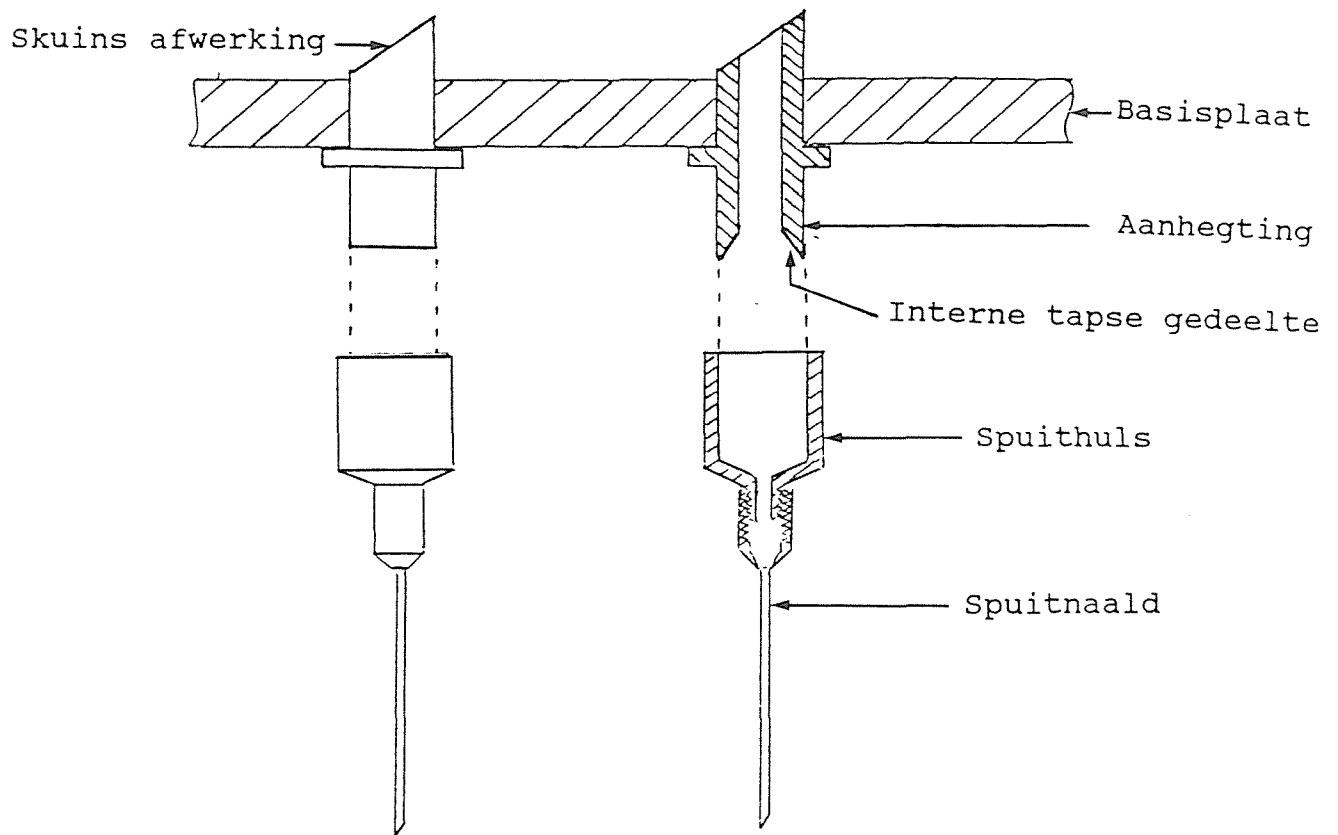
Die bowand van die bak is piramied-vormig om 'n definitiewe hoogtepunt vir ontluggingsdoeleindes te bewerkstellig. Hierdie hoogtepunt is ook verbind met die konstante-drukhoof houder, en vorm so 'n geslote sisteem wat indringing van onsuiverhede verhoed. Watertoevoer geskied deur 'n inlaat in die bowand met 'n geperforeerde verspreidingsplaat onder die inlaat. Die plaat versprei die water en verhoed dat die lewering van lokale kapillêre buise beïnvloed word. Die perforasies verhoed lokale lugversameling onder die plaat. Elkeen van die vier driehoekige plate waaruit die piramiedvormige bowand saamgestel is, is aan die binnekant met reghoekvormige 75 * 25 mm PVC-balkies verstyf ten einde enige deursakking van die materiaal te verhoed.

3.5.1.2 Konstruksie van die bakbodem

Altesaam 713 gate, 12 mm in diameter, is op 'n ruitspasiëring van 40 mm x 40 mm in die basisplaat geboor. Elke opening is van 'n spesiaal vervaardigde PVC-aanhegting, soos in figuur 3.4 getoon, in die basis met PVC-epoksie gesementeer. Die boonste deel van elke aanhegting wat in die watergevulde drupperbak insteek, is teen 'n hoek van 45° skuins afgewerk. Hierdie afwerking verseker behoorlike ontlugting van elke drupper. Met 'n reghoek-afwerking word probleme ondervind met lugblasies wat binne individuele druppels vasgevang word en dan die lewering van die betrokke druppel beïnvloed. Figuur 3.3 toon die binnekant van die drupbakbodem terwyl figuur 3.4 die die PVC-aanhegting met spuithuls en naald skematies voorstel.

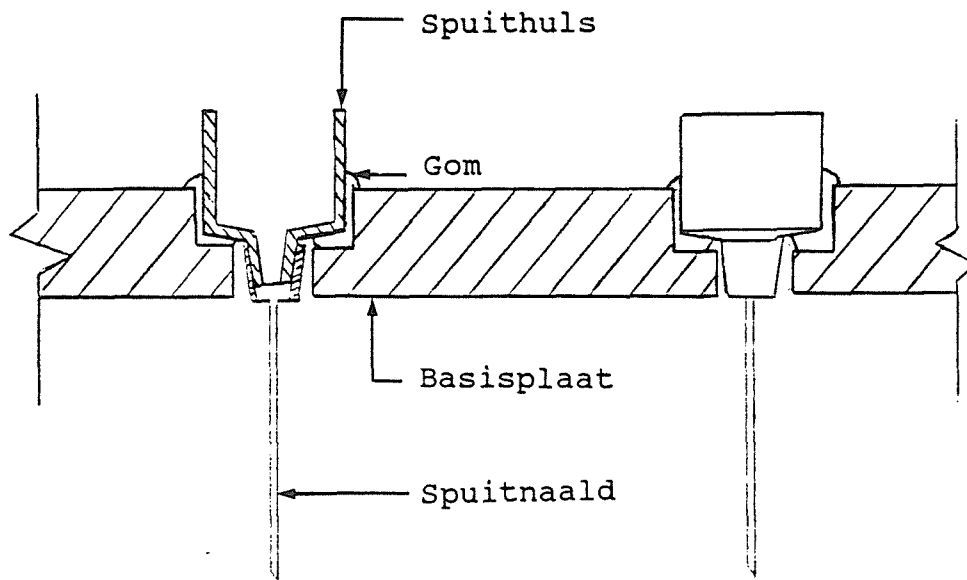


FIGUUR 3.3: Skuins afwerkings van PVC-aanhegtings in drupbakbasis.



FIGUUR 3.4: Dwarsdeursnee van spuithulsaanhegtings in drupbakbasis.

Op die eerste model is die basisplaat van versinkte gate voorsien waarin die basisgedeeltes van die spuitnaalde (± 2 cm lank) vasgelym is. Figuur 3.5 toon hierdie oorspronklike konstruksie skematies aan. Die differensiële rek en krimp tussen die plastiese polikarbonaat-spuithuls en PVC-basis het egter die gom laat lostrek. Terugplasing van skoongemaakte naalde het veroorsaak dat die los spuithulse tot binne in die drupbak deurgedruk het. Herstel van die spuite het die afhaal van die bowand vereis met gepaardgaande afdigtingsprobleme soos reeds bespreek. Die PVC-aanhegtings het herstelwerk vanaf die buitekant van die drupbak moontlik gemaak.



FIGUUR 3.5: Skematiese voorstelling van die versinkte spuithulsaanhegtings op eerste model.

3.5.1.3 Druppelvormers

Keuse en eienskappe

As druppelvormers is van mediese spuitnaalde of 'n spuitnaald in kombinasie met 'n kapillêre glasbuis gebruik gemaak. Beide die spuitnaalde en glasbuis word baie akkuraat vervaardig, sodat hulle as ideale kapillêre buise dien waarmee druppels gevorm kan word.

Druppelgroottes wat met behulp van die normale reeks mediese spuitnaalde bewerkstellig kan word, wissel tussen 2,25 mm tot 4,0 mm. Die groter diameter naalde is baie duur in vergelyking met die kleineres en vir die vorming van groot druppels word daarom van kapillêre glasbuis gebruik gemaak. Hierdie glasbuis se interne diameter

is effens groter as die eksterne diameter van die mediese naalde en hulle word dan oor die naalde geplaas en met gom bevestig.

Vir die spuitnaalde is 'n variasie van $\pm 3\%$ in druppelgrootte vir 'n bepaalde spuitnaalddiameter ondervind, terwyl dit vir die glasbuis $\pm 1\%$ was. Waar water geneig was om by groot diameter naalde uit te stroom, is 'n kleiner naald op aanbeveling van Venter (1989) binne in die groter naald se inlaatopening vasgelym. Die kleiner naald dien dan as vloeibehouer terwyl die groter naald steeds dieselfde grootte druppel vorm. Kalibrasie is gedoen deur 'n sekere aantal druppels in 'n maatsilinder op te vang, die volume per druppel te bepaal en dan deur berekening die gemiddelde diameter vas te stel. Die deursnee is later met behulp van fotografiese metodes bevestig.

Montering

Vir gerieflike bevestiging en vervanging van naalde is die basisgedeeltes van spuithulse gebruik om die naalde in posisie te hou. Die skroeftipe huls is bo die indruktipe verkies. Die spuithulsbasisse (almal presies ewe lank) is ± 15 mm van die onderkant afgesny en dan met 'n epoksiegom aan die PVC-aanhegtings bevestig. (Figuur 3.4).

Die PVC-aanhegtings het 'n interne tapse gedeelte om vasvang van lug tussen die spuithuls en aanhegting te voorkom wanneer die huls met water gevul word. Die spuithuls en naalde se montering buite die drupperbak bring mee dat moontlike verstoppingsprobleme relatief maklik opgelos kan word sonder om die geslote bak oop te maak. Die spuithuls en deursigtige bokante van die naalde is totaal verdonker om algegroei te verhoed. Verstoppingsprobleme is tot 'n groot mate die hoof gebied deur die naalde na 'n sekere tyd van gebruik in 'n sterk chloorbevattende-oplossing ultrasonies te vibreer sodat interne aanpaksels in die naalde verwyder kon word.

3.5.2 Konstruksie van die drukbeheerbak

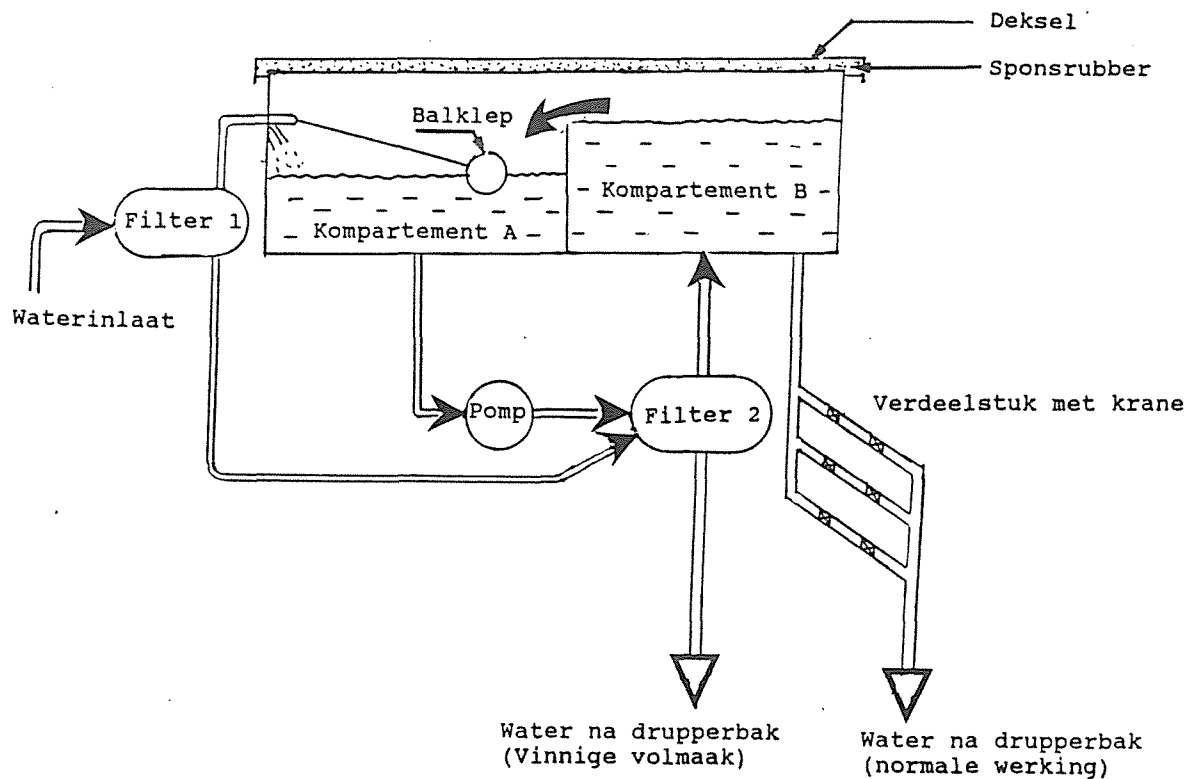
Die basiese konstruksie van die drukbeheerbak word skematies in figuur 3.6 getoon. Die houer, ook uit PVC-plaat vervaardig, het basisafmetings van 800 x 300 mm en is 300 mm diep. Die houer is deur middel van 'n tussenskort in twee kompartemente verdeel. Kompartement A dien bloot as reservoir en word vanaf 'n eksterne waterbron deur middel van 'n balklep vol gehou. 'n Klein sentrifugaalpompie word aangewend om voortdurend water uit kompartement A na kompartement B te pomp.

Die afskorting tussen die twee kompartemente dien ook as oorloop terug na die reservoirkompartement vir al die water wat nie na die drupperbak onttrek word nie. Die drukhoof op die uitlaat na die drupperbak bly dus konstant. Die drukhoof bly ook konstant ongeag hoe hoog die drupbakkonstruksie opgehys word. Deur die drukbeheerbak op 'n hoogte van 900 mm bokant die drupbak te monteer, kan die effektiewe drukhoof op die drupperopening op dié wyse van 'n paar sentimeter tot $\pm$ 1,2 meter verstel word. Die drukbeheerbak is ook van 'n stofdigte deksel voorsien ten einde die indringing van onsuierhede tot die stelsel te verhoed.

3.5.3 Watersuiwering

Die grootste enkele probleem wat met so 'n apparaat ondervind word, is die verstopping van die druppers. Watersuiwerheid is dus van die uiterste belang.

Onsuierhede is van tweërlei oorsprong, naamlik anorganies en organies. Onsuierhede as gevolg van organiese oorsprong is te wyte aan die ontwikkeling van alge en fungi. Die inlaat van lig in waterhoudende houer het algegroeit tot gevolg. Alge is van lig sowel as organiese voedsel wat normaalweg in water voorkom afhanklik. Die gebruik van gedistilleerde water beperk die beskikbaarheid van organiese voedsel tot 'n groot mate, maar kan nie as enigste voorkomingsmaatreël dien nie - afskerming van ligindringing is steeds noodsaaklik.

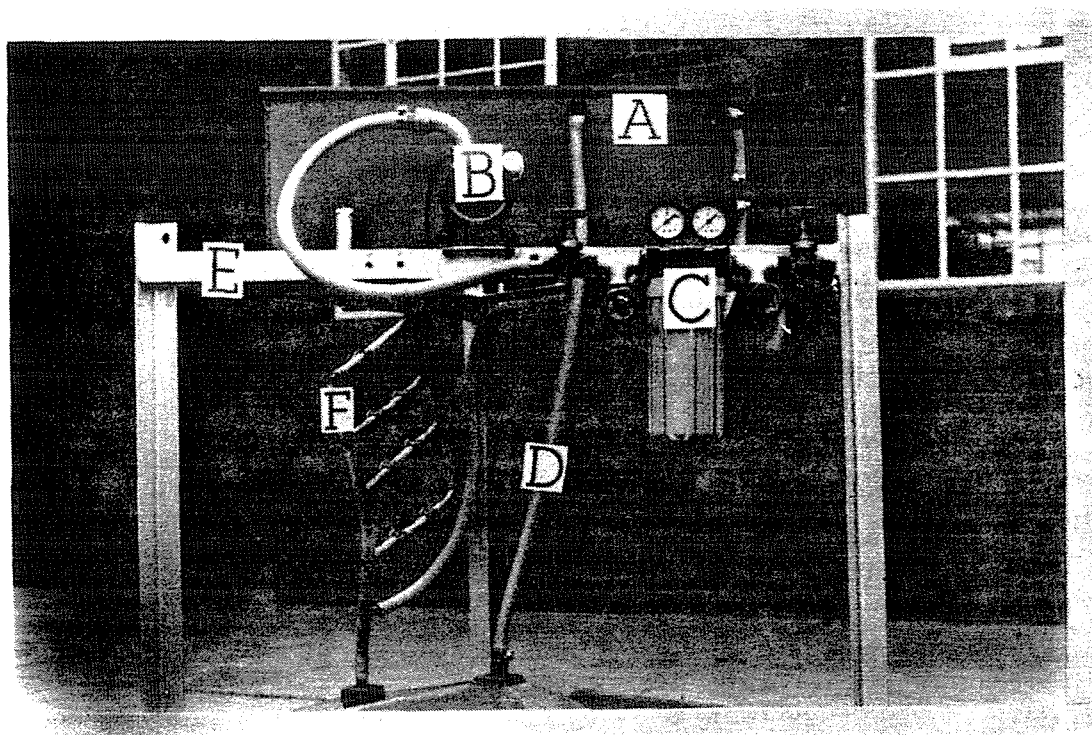


FIGUUR 3.6: Skematiese uiteensetting van die drukbeheerbak.

'n Verdere faktor wat verstoppingsprobleme kan teweeg bring is die groei van fungi. Fungi het geen lig nodig om te groei nie maar benodig nog steeds organiese voedsel. Die oomblik wat algegroei plaasvind en organiese materiaal geproduseer word, is toestande gunstig vir fungigroei. Fungi groei in die vorm van lang slierte wat afbreek en ronddryf. 'n Temperatuurstyging in die groeiomgewing van die fungi laat dit sterf en hierdie slierte lei tot verstopping. Hieruit blyk dit wenslik te wees om die sisteem totaal liguitsluitend te maak en ook periodiek chemiese beheer toe te pas. Onsuiwerhede van anorganiese oorsprong is hoofsaaklik aan stofindringing te wyte. Twee aparte filters soos in figuur 3.6 aangedui, is aangebring. Gedistilleerde water vanaf die eksterne bron word via 'n 40 mikron maasfilter aan kompartement A gelewer. Tussen kompartement A en kompartement B is 'n tweede filter wat alle onsuiwerhede groter as 1 mikron uitfiltreer.

Hierdie fyn filter vang organiese materiaal wat steeds in die gedistilleerde water mag voorkom, op. Die viltlemente is van die nie-skoonmaakbare vervangbare tipe met 'n baie hoë doeltreffendheid. Die filtreersisteem is van twee drukmeters voorsien waarmee die mate van verstopping van die filtreerlemente waargeneem kan word. By 'n sekere drukverskil word die element met 'n nuwe element vervang.

Figuur 3.6 toon ook die addisionele watertoevoer waarmee die drupbak vinnig gevul kan word om met 'n toets te begin. Die filtreersisteem is so geplaas dat alle water wat die drupbak ingaan eers deur die filterelement moet vloei - dit geld vir normale werking asook met die aanvanklike volmaak van die drupbak. Figuur 3.7 toon die drukbeheerbak, pomp en filtreersisteem op die fisiese apparaat aan.



A - Drukbeheerbak, B - Pomp, C - Filter, D - Ontlugtingspyp, E - Raamwerk, F - Vloeibeheerkrane

FIGUUR 3.7: Drukbeheerhouer op die laboratoriumsimuleerder.

3.5.4 Vloeibeheerstelsel

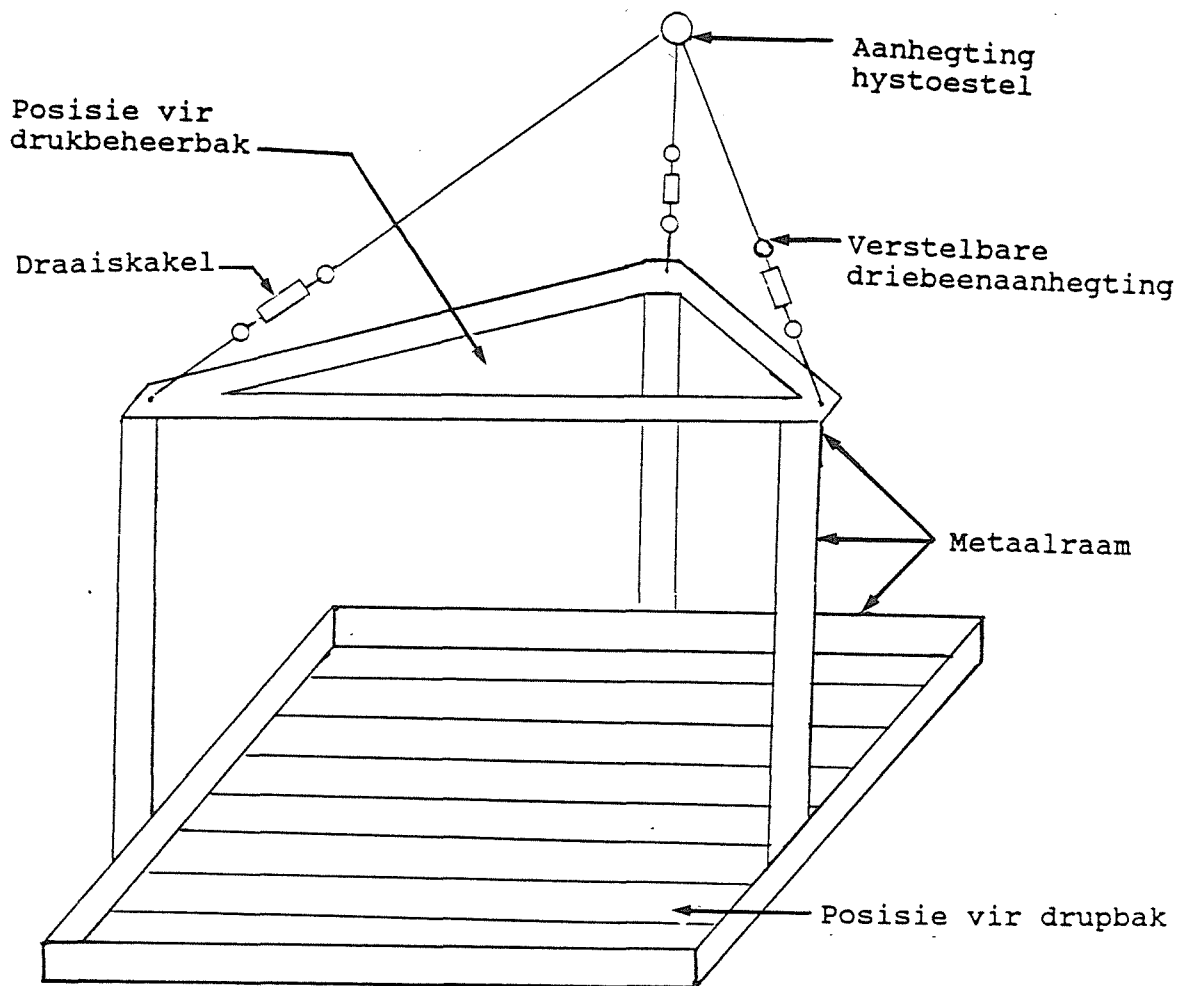
Die tempo waarteen water vanuit kompartement B na die drupbak gelewer word, bepaal ook die tempo van druppelvorming, dit wil sê die spesifieke toedieningsintensiteit. Verstelling van die watertoevoer om 'n spesifieke toedieningsintensiteit te bewerkstellig kan baie tydrowend wees, aangesien dit 'n redelike tyd neem vir die watervloei om telkens na 'n verandering weer te stabiliseer. Hierdie probleem is oorkom deur 'n sogenaamde vloeibeheerstelsel te gebruik.

Die vloeibeheerstelsel bestaan uit 'n eenvoudige verdeelstuk soos skematies in figuur 3.6 getoon. Die verdeelstuk bestaan basies uit vier verdeelpype wat vanuit 'n gemeenskaplike toevoerpyp vertak. Elke verdeelpyp is van twee krane voorsien - een wat bloot as afsluitklep dien en die ander as vloeibeheerklep. Die vloeibeheerklep van elke verdeelpyp word eenmalig verstel om 'n bepaalde toedieningsintensiteit te bewerkstellig. Vir elke verlangde toedieningsintensiteit is dit slegs nodig om die betrokke verdeelstuk, via sy afsluitkraan en spesifieke vloeibeheerkraan, met die drupperbak te koppel.

Die kraan is van vlekvrystaal om roesvorming te voorkom en die verdeelstuk met beheerkrane is teen 'n opwaartse helling gemonteer, sodat enige lugversameling aan die laedruk kant van die kraan onmiddellik na die drukbeheer houer kan ontsnap. Alle verbindingspype is van ondeursigtige plastiese pyp om liguitsluiting te verseker. 'n Deursigtige glasbuis wat teen ligindringing beskerm is, is teen die kant van die apparaat aangebring om die watervlakhoogte binne die drupbak te kan monitor.

3.5.5 Montering van die drupeenheid

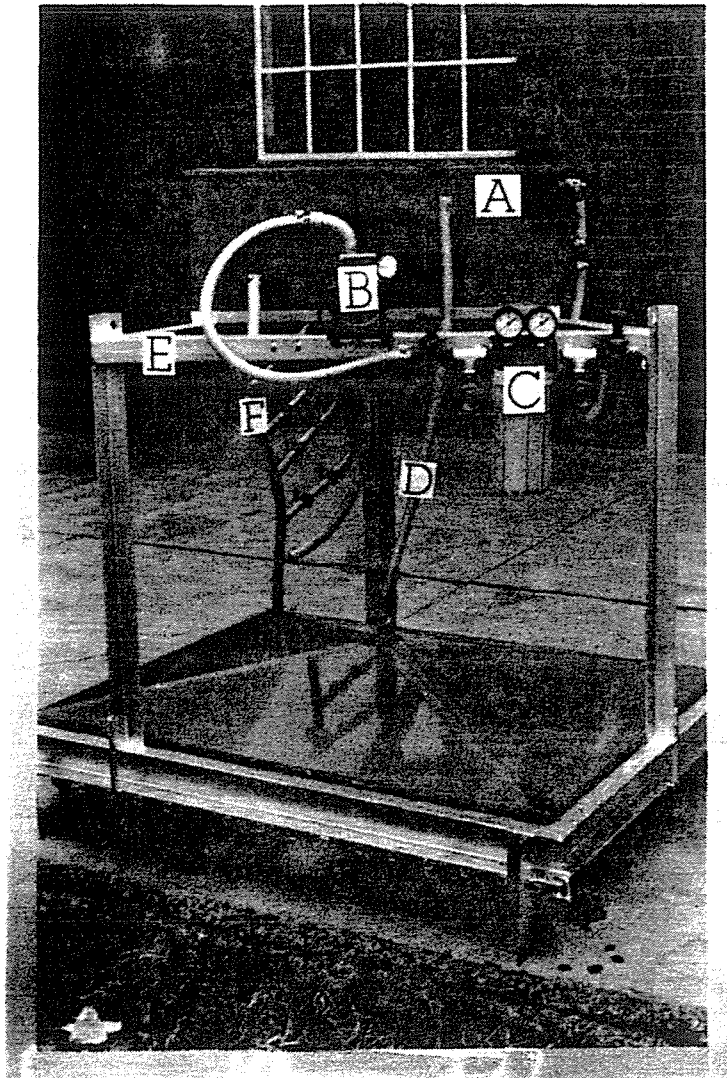
Die drupperbak tesame met die drukbeheerbak is in 'n starre metaalraam gemonteer. Die metaalraam ondersteun die drupperbak ten einde deurbuiging van die basisplaat en sykante te verhoed, huisves die konstante-drukhoof houer en dien as aanhegtingspunt vir die hystoestel. Figuur 3.8 toon die konstruksie skematies aan.



Figuur 3.8: Skematiese voorstelling van ondersteuningsraamwerk vir drupeenheid.

Veral by lae toedieningsintensiteite word met drukhoofde van slegs 'n paar sentimeter gewerk en gevolglik is die uniformiteit van toediening baie sensitief vir geringe drukhoofverskille. Dit is dus noodsaaklik dat die drubakbodem tydens gebruik absoluut horisontaal in alle rigtings moet wees. Vir dié doel is 'n verstelbare driebeenaanhegting tussen die metaalraam en kabel-aanhegtingspunt bo aangebring. In elkeen van die drie stange van die aanhaakstelsel is 'n draaiskakel aangebring waarmee die betrokke stang se lengte verstel kan word. Die drupperbak word presies horisontaal in alle rigtings met behulp van die draaiskakels asook waterpassies wat op die raam gemonteer is, ingestel.

Hierdie instelling veroorsaak dat die drukhoof op die naalde oral konstant is, met 'n gevolglike konstante intensiteit oor die hele toetsarea. Met hierdie fasiliteit word die drupperbak telkens eers op 'n bepaalde hoogte waterpas ingestel voordat enige eksperimente uitgevoer kan word. Figuur 3.9 toon die fisiese raamwerk vir die drupeenheid aan.



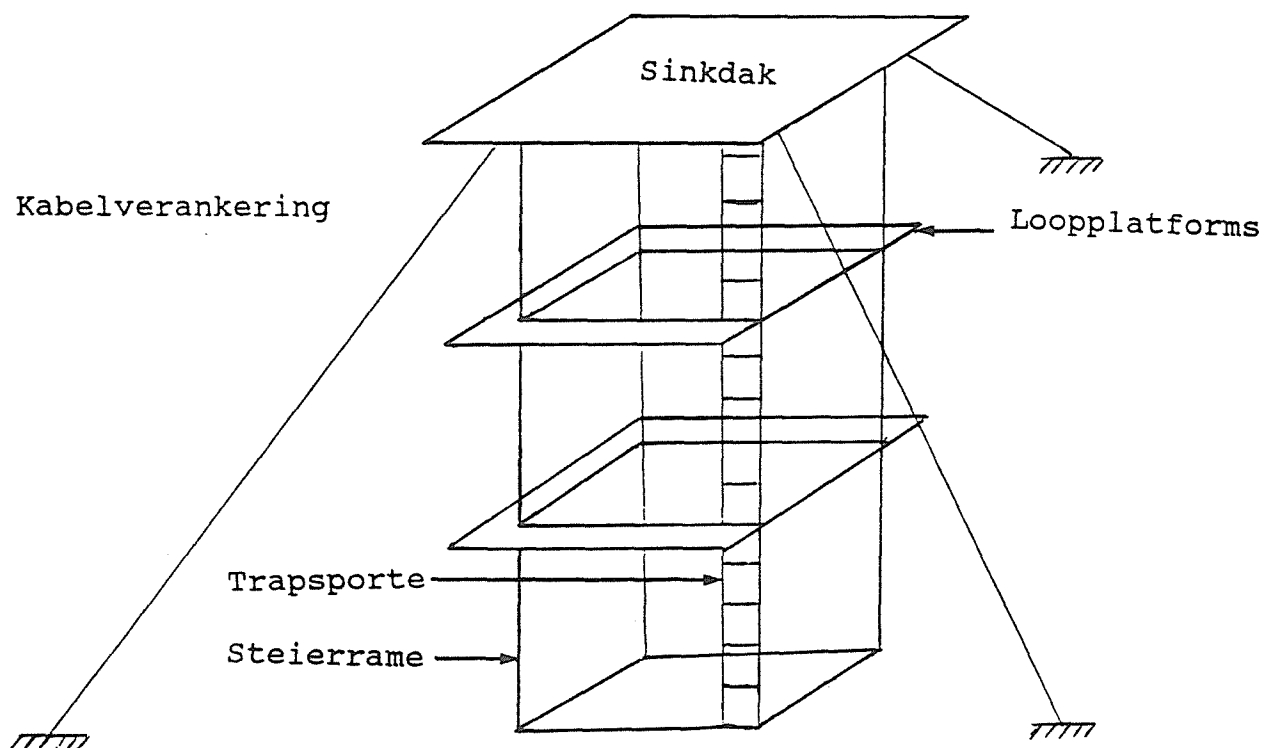
A - Drukbeheerbak, B - Pomp, C - Filter, D - Ontluggingspyp, E - Raamwerk, F - Vloeibeheerkrane

FIGUUR 3.9: Ondersteuningsraamwerk vir drupeenheid.

3.6 KONSTRUKSIE VAN DIE TORING

3.6.1 Raamwerk

Die apparaat is uit praktiese en ekonomiese oorwegings in 'n 7,5 m hoë toring van steierrame soos in die boukonstruksiebedryf aangetref word, gehuisves. Verankering deur middel van staalkabels asook stutverbindings aan twee kante na die omringende skermure verleen stewigheid aan die struktuur. Figuur 3.10 toon die uitleg skematies aan.

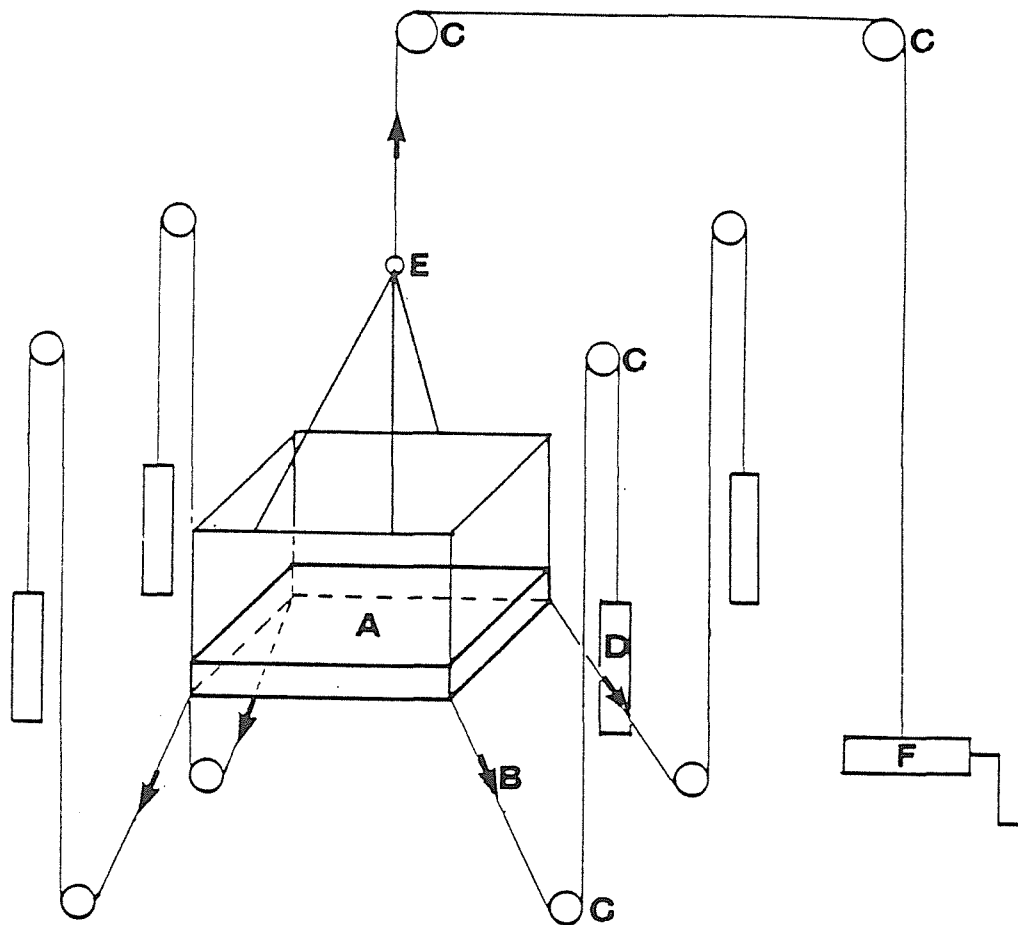


FIGUUR 3.10: Skematiese voorstelling van toringkonstruksie.

Loopplatforms is op gereelde hoogtes aan die buitekant van die toringraamwerk voorsien, sodat verstellings ten opsigte van die drupperbak op enige hoogte moontlik is. Trasporte is aan die een sykant aangebring wat op- en afklim teen die toring vergemaklik. Die toring van is bo van 'n sinkdak voorsien en die sykante is met digte skadunet bedek. Hierdie skadunet dien as gedeeltelike beskerming van die apparaat teen reën en ook as afskerming van die vallende druppels teen die invloed van wind.

3.6.2 Hyseenheid

Vir die lig en sak-aksie van die drupperbak, is van 'n kabel-en-katrolstelsel met 'n handhystoestel gebruik gemaak. Ten einde die op- en afwaartse beweging van die drupperbak te "gids" en die bak terselfdertyd te stabiliseer, is van selfverstellende kabelankers wat by die vier hoekpunte van die drupbakkonstruksie aangryp, gebruik gemaak. Hierdie beginsel waarvolgens die stabilisasiekragte bewerkstellig word, word skematies in figuur 3.11 geïllustreer.



A - Drupbakkonstruksie, B - Ankerkabel, C - Katrol, D - Teengewig, E - Aanhegtingspunt, F - Hystoestel

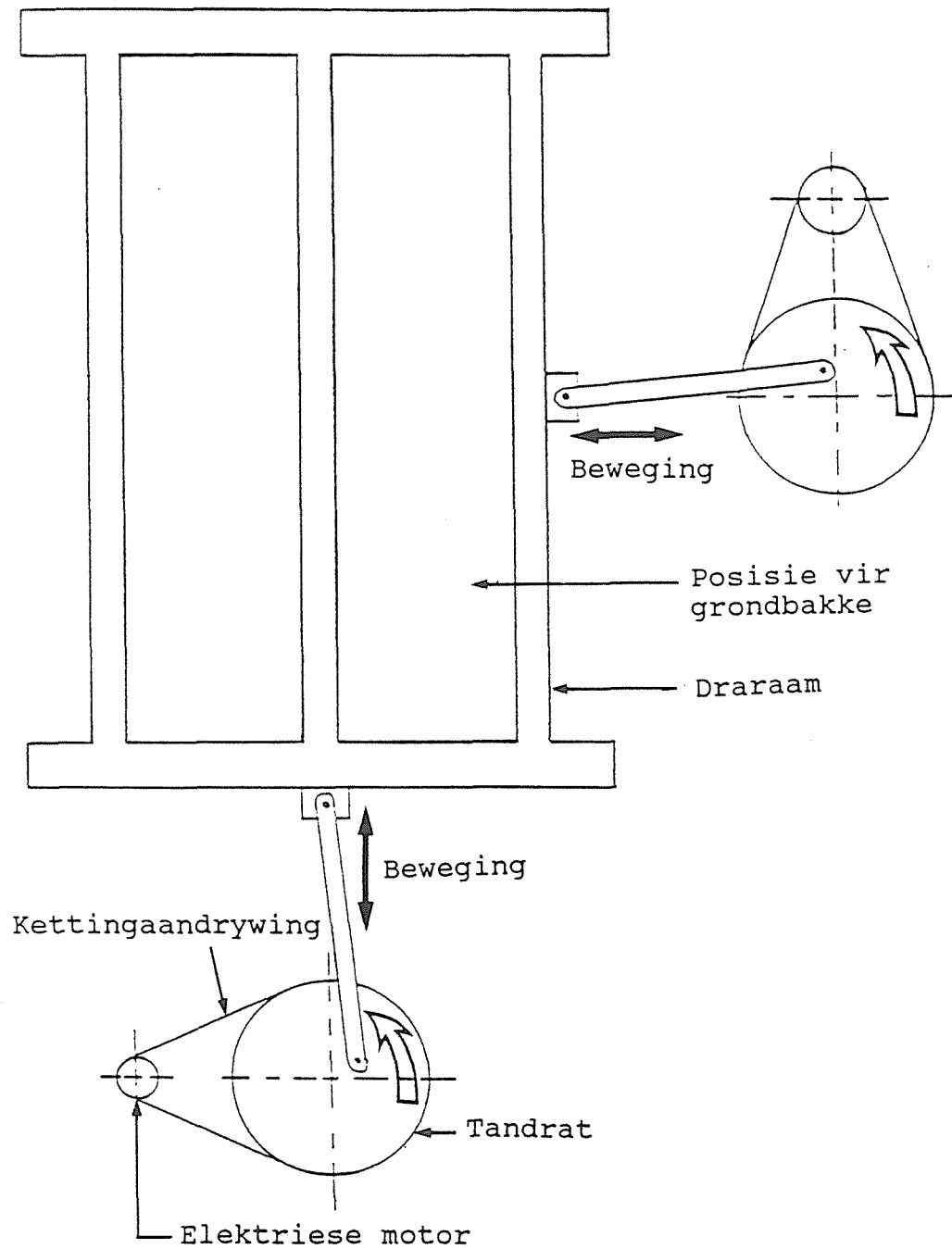
FIGUUR 3.11: Skematiese uiteensetting van die stelsel om die drupbakkonstruksie te gids en te stabiliseer.

3.7 KONSTRUKSIE VAN DIE GRONDBAKRAAM

Die toetsarea bestaan uit 'n aantal grondbakke wat die nodige grondmonsters huisves en wat op 'n metaalraam onder die drupbak gemonteer word. Die grondbakke is so gekonstrueer dat water wat deur die grondmonster sypel en water wat vanaf die oppervlakte afloop, in verskillende houers opgevang word. Konstruksiedetail van die grondbakke, asook die outomatiese vloeiempometers wat die infiltrasie- en aflooptempo van die water vanaf die grondmonsters registreer, is volledig in Afdeling A van die verslag bespreek.

Daar is gevind dat druppels vanuit die drupbak veral by lae valhoogtes die grondoppervlak telkens op dieselfde posisie tref. Aanvanklik is gedink om van een of meer ossillerende waaiers gebruik te maak om die druppels se valpatroon te versteur en sodoende 'n beter verspreidingsdoeltreffendheid te verkry. Toetse het getoon dat die metode by lae valhoogtes onsuksesvol was.

Die probleem is oorkom deur die raam waarop die grondbakke rus, op 'n bepaalde patroon te ossilleer. Die grondbakraam is aan relatief lang kables wat by die vier hoekpunte van die raam aangryp, gesuspendeer. Deur van lang kables gebruik te maak, is verplasing van die raam in die vertikale rigting weglaatbaar klein vir relatief klein (40mm) horisontale verplasinge. Ossillasie van die raam vind so na as moontlik aan die natuurlike ossillasie-frekwensie daarvan plaas. Twee ruitveërmotortjies dien as aandrywingsmeganismes wat die grondbakraam gelyktydig in twee rigtings loodreg op mekaar en uit fase met mekaar beweeg. Die twee motors is van tandratte en kettingaandrywings voorsien en deurdat die aantal tande op die finale aandrywings verskil is die gelyktydige beweging in twee rigtings uit fase met mekaar. Die maksimum uitwyking in elke rigting stem ooreen met die drupperspasiëring. Die resultante bewegingspatroon wat so verkry word verseker dat elke punt op die oppervlak van die grondmonster 'n gelyke kans het om deur 'n druppel getref te word. Figuur 3.12 toon die opstelling skematies aan.



FIGUUR 3.12: Konstruksie van aandrywingsstelsel vir ossillasie van die grondbakraam.

3.8 EVALUERING VAN SIMULEERDER

Ondervinding deur praktiese gebruik van die apparaat asook waarnemings ten opsigte van verspreidingsdoeltreffendhede, nadat die apparaat vir 'n geruime tyd in gebruik was, het die volgende aan die lig gebring:

3.8.1 Prestasie ten opsigte van verspreidingsdoeltreffendheid

Die bepaling van Christiansen se koëffisient (Cu-waarde) en die koëffisient van variasie (Cv-waarde) is vir evalueringsdoeleindes as voldoende beskou.

Die metode van Christiansen (1942) is gebruik om die eenvormigheid van verspreiding van die hoeveelheid druppels oor die toetsarea te bepaal. Die Cu-waarde is bepaal deur die water op bepaalde punte in houertjies op te vang. Altesaam 100 ekwivalente grootte houertjies met 'n opvangoppervlakte van $+ 7 \text{ cm}^2$ elk is willekeurig onder die drupoppervlak versprei. Die hoeveelheid water in elke opvanghouer word dan gemeet en die Cu-waarde met behulp van die volgende formule bepaal:

$$Cu = 100 \left[1 - \frac{\sum |x_i - X|}{n - X} \right]$$

waar X = rekenkundige gemiddelde waarde

n = aantal waarnemings

X_i = individuele waarneming

'n Kontroleproef is ook uitgevoer deur 1200 houertjies vir 'n sekere tyd onder die werkende simuleerder te plaas en hoogs vergelykende resultate is behaal.

Verskillende valhoogtes soos deur die PU vir CHO in hul ondersoek gebruik, is vir evalueringsdoeleindes gebruik. Figuur 3.13 toon die opstelling, terwyl tabel 3.1 die Cu-waardes wat op die onderskeie valhoogtes verkry is, aantoon.

TABEL 3.1: VARIASIE IN VERSPREIDINGSDOELTREFFENDHEDE MET VERANDERING IN VALHOOGTE (INTENSITEIT = 40 MMH⁻¹).

Valhoogte m	Cu* %	Cv** %	Standaard- afwyking
0,4	84,85	18,92	
1	86,97	17,47	
2	76,49	27,22	

* Cu = Christiansen se koëffisiënt

** Cv = Koëffisiënt van variasie

'n Onderzoek is ook gedoen na die variasie in verspreidingsdoeltreffendheid met verandering in toedieningsintensiteit. Die eksperiment is op 'n valhoogte van 1 m uitgevoer en die resultate verskyn in Tabel 3.2.

TABEL 3.2: VARIASIE IN VERSPREIDINGSDOELTREFFENDHEID MET VARIASIE IN TOEDIENINGSINTENSITEIT.

Toedienings- intensiteit (mmh ⁻¹)	Cu %	Cv %	Standaard- afwyking
20	86,33	17,07	1,85
40	82,63	19,00	2,87
60	83,75	20,06	2,86

Die ander waarde van belang by die evaluering van die simuleerder is die koëffisiënt van variasie, Cv. Hierdie waarde verskaf 'n akkurate aanduiding van die verspreiding van waardes rondom die rekenkundige gemiddelde waarde - 'n lae waarde dui aan dat

gemete waardes naby aan die gemiddelde is terwyl 'n hoë waarde ongewenste hoë variasies vanaf die gemiddelde aandui. Die volgende formule geld:

$$Cv = \frac{S}{X} \cdot 100$$

Waar S = standaard afwyking met formule:

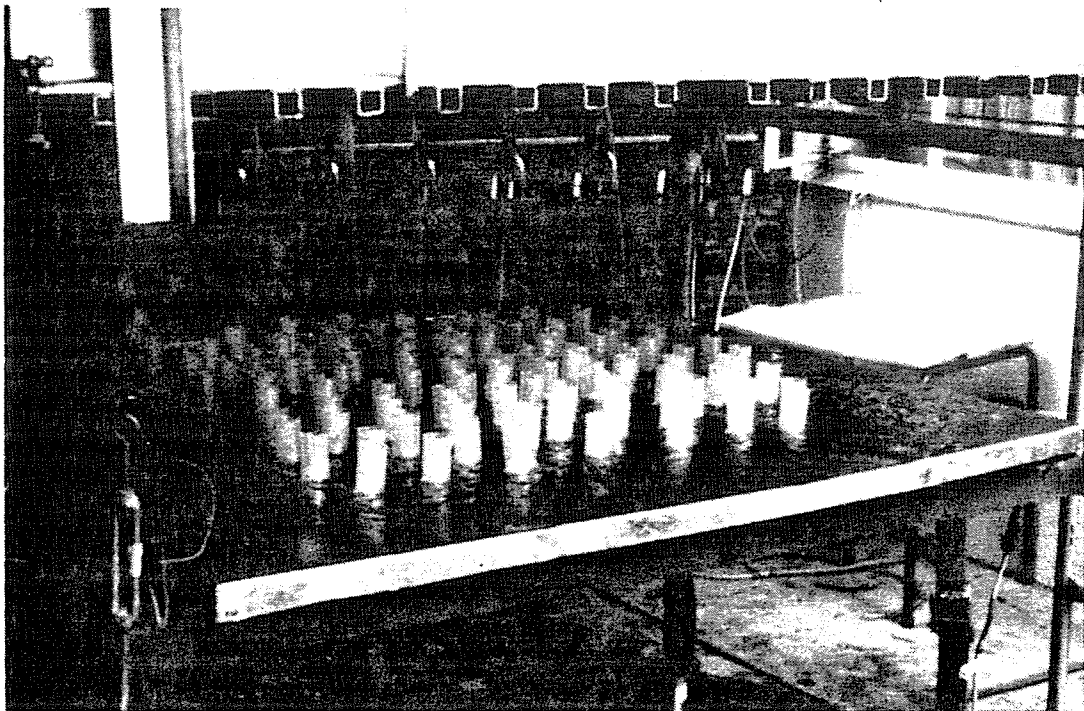
$$S = \frac{\sum (x_i - X)^2}{n-1}$$

n = aantal waarnemings

X_i = individuele waarneming

X = rekenkundige gemiddelde

Die verandering van die koëffisient van variasie word in tabelle 3.1 en 3.2 getoon.



FIGUUR 3.13: Cu-bepaling met opvanghouers willekeurig versprei.

3.8.2 Prestasie ten opsigte van gebruik van die apparaat

Die volgende tekortkominge het tydens die gebruik van die apparaat aan die lig gekom:

- * Vervanging van die naalde om druppelgroottes te verander het slytasie tussen die naaldhuls en spuihuls tot gevolg gehad sodat die naaldhulse nie meer 'n lekvrye afdigting teen die spuihuls gevorm het nie. In 'n poging om hierdie probleem op te los is die naalde met behulp van 'n tang in geforseerdraai totdat volkome afdigting bewerkstellig is. Die gevolg van hierdie praktyk was:
 - (i) Die naaldaanhegtings van die kleiner naalde is hierdeur so erg beskadig dat groter naalde glad nie meer aan die onderkante van die kleiner naalde vasgeheg kon word nie.
 - (ii) 'n Verdere probleem het ontstaan deurdat die heftige aksie van die tang sekere spuihulse vanaf hul PVC-aanhegting losgebreek het. Hierdie spuihulse moes weer met epoksie teruggelym word waarna die drogingsperiode tot geweldige tydsvertraginge gelei het.
 - (iii) Hierdie meganiese aksie op die naalde het ook die deursigtige hulse van hul verf gestroop waarna algegroei makliker kon plaasvind en die verstopping van die naalde bespoedig het. Hierdie verstopping het ook tot gevolg gehad dat 'n afname in toedieningsintensiteit teen dieselfde drukhoof ondervind is toe kontinue toetse oor lang tydperke uitgevoer moes word.
- * 'n Mate van lugvasvangings het aan die binnekante van die naaldhulse self voorgekom met 'n gevolglike verskil in leweringstempo tussen die naalde.
- * Die geïnstalleerde intensiteitsbeheer-krane is effens te groot met 'n gevolglike oorsensitiwiteit wat akkurate instelling bemoeilik het.

3.9 GEVOLGTREKKING

Die apparaat is vanaf die prototipe verskeie kere verander en dele is selfs in totaliteit herontwerp en oorgebou. Ten spyte van sekere tekortkominge wat reeds bespreek is, voldoen die apparaat in sy huidige vorm in 'n hoë mate aan die meeste van die vereistes wat aanvanklik gestel is.

Wysigings aan bestaande ontwerpe en veranderinge wat gedurende die ontwikkeling van die apparaat aangebring is het die volgende verbeteringe tot gevolg gehad:

- * 'n Geslote bak sisteem, waar toedieningsintensiteit met waterdruk akkuraat beheer word en 'n konstante druppelgrootte by verskillende drukhoofde tot gevolg het, is gebruik.
- * Eenvoudige en outomatiese ontlugting van die drupperbak binne die geslote sisteem is verkry.
- * Algegroeï in die totale sisteem is beperk en het tot 'n gepaardgaande vermindering van verstopping gelei.
- * Inbedryfstellingstyd neem ongeveer 15 minute in beslag.
- * Hoë verspreidingsdoeltreffendheid is verkry.
- * Gerieflike instelling van toedieningsintensiteit is bewerkstellig.

Tekortkominge van die apparaat:

- * Verstopping is nie in die geheel uitgeskakel nie, naalde moes dus gereeld skoongemaak en periodiek met nuwe naalde vervang word.
- * Die ruil van spuitnaalde om verskillende druppelgroottes te verkry is uiters tydrowend en brekasies lewer praktiese probleme soos reeds uiteengesit.

HOOFSTUK 4

ONTWIKKELING VAN DIE PRAKTYKSIMULEERDER

4.1 INLEIDING

Die ontwikkeling van 'n simuleerapparaat vir navorsing onder veldtoestande het ontstaan uit die behoefte om laboratoriumresultate in die veld te bevestig. Hierdie sogenaamde praktyksimuleerder moes ook in staat wees om gronde aan druppelbehandelings van verskillende energievlakke (vergelykbaar met die laboratoriummodel) te onderwerp. Tipiese druppelkarakteristieke en toedieningsintensiteite van sprinkelbesproeiingstelsels moes terselfdertyd so getrou moontlik nageboots word.

4.2 VEREISTES GESTEL

Soos tydens die projekvoorlegging gemotiveer en ook deur die onderskeie navorsingspanne en die WNK-navorsingsbestuurder ooreengekom, moet die praktyksimuleerder basies aan die volgende vereistes voldoen:

- * Soveel as moontlik van die bestaande tipes sprinkelbesproeiingstelsels moet so getrou moontlik nageboots kan word.
- * Die apparaat moet maklik vervoerbaar wees en vinnig in werking gestel kan word.
- * 'n Groot genoeg toetsarea moet benat kan word.

- * Die waterverbruik moet van so 'n aard wees dat die benodigde water van bepaalde kwaliteit relatief maklik op afgeleë terreine beskikbaar gestel kan word.
- * Vir elke betrokke druppelgrootte moet die intensiteit van toediening kan varieer. Intensiteite moet tussen 10 mmh^{-1} en 100 mmh^{-1} kan varieer.

4.3 KEUSE VAN DIE APPARAATTIPE

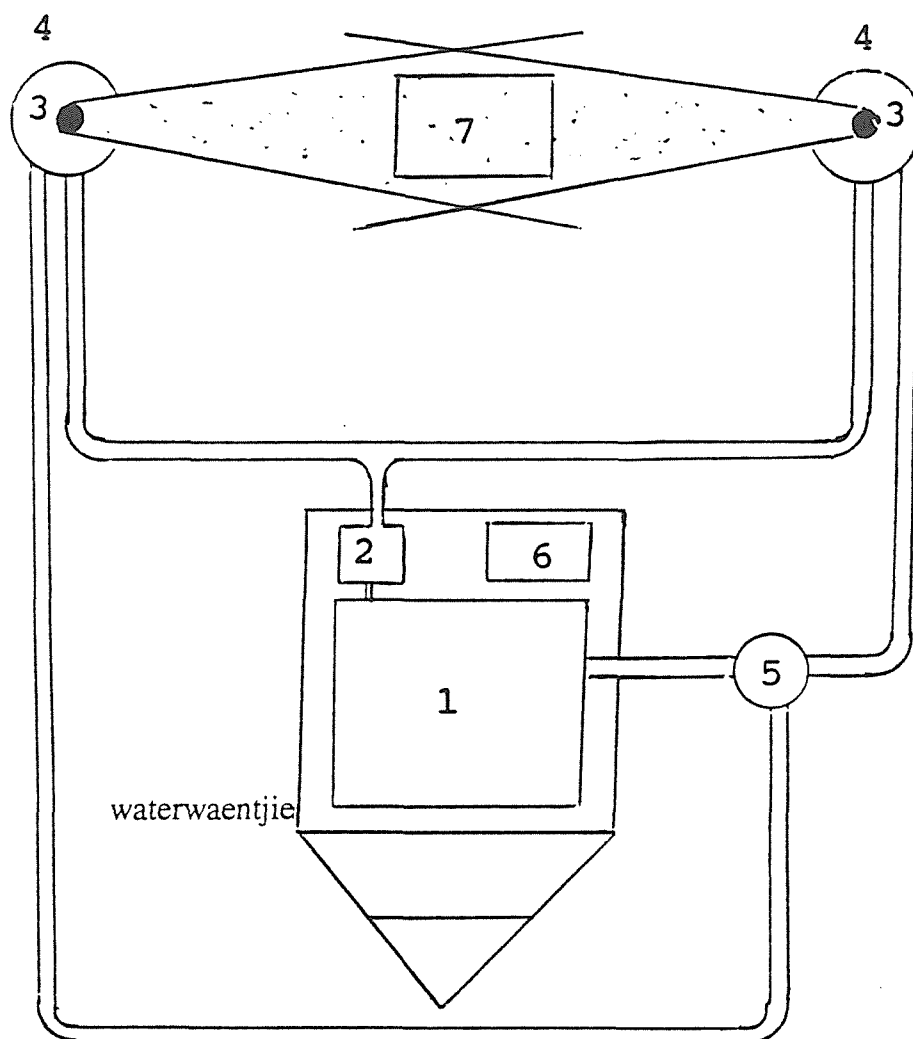
Uit die literatuurstudie het dit geblyk dat nie een van die bestaande apparate heeltemal aan bogenoemde vereistes voldoen nie. Die apparate wat die behoeftes die naaste bevredig is die sprinkelaartoetsapparaat soos deur Tovey (1963) beskryf, asook die infiltrometer soos deur Reinders en Louw (1984) ontwikkel.

Benodigde wysigings en aanpassings van bogenoemde apparate het veroorsaak dat 'n eiesoortige apparaat ontwikkel is wat wesentlik van bestaande apparate verskil.

4.4 BASIESE APPARAATSAMESTELLING

Tegniese oorwegings, koste en beskikbare tyd het bepaal tot watter mate daarin geslaag kon word om gestelde vereistes te bevredig.

Figuur 4.1 toon 'n skematiese uiteensetting van die praktyksimuleerder wat ontwikkel is. Die waterwaentjie is toegerus met 'n waterhouer (1) en pomp (2) wat water aan twee stilstaande spuitpunte (3) verskaf. Elke spuitpunt word deur 'n roterende silindriese skerm (4) omring. 'n Verstelbare opening in die skerm laat water deur na die toetsarea (7). Oortollige water beland onder die spuitpunt in 'n opvanghouer waarvandaan pomp (5) dit na die watertenk terugvoer vir hergebruik. 'n Draagbare kragopwekker verskaf die nodige krag aan die elektries-aangedrewe komponente.



FIGUUR 4.1: Skematiese uiteensetting van die praktyksimuleerder.

4.5 KONSTRUKSIE VAN DIE SPROEIEREENHEDE

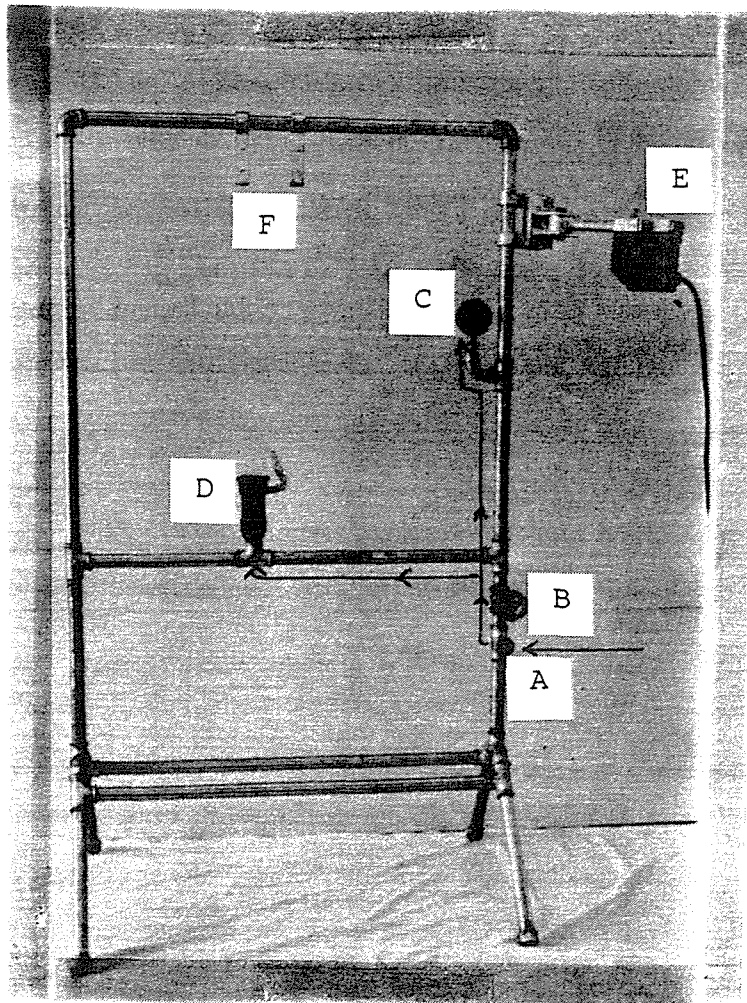
Elkeen van die twee sproeiereenheede bestaan uit 'n raamstaander en 'n elektries-aangedrewe roterende silindervormige skerm wat 'n snelkoppelende spuitpunt omring.

Die raamstaander van gegalvaniseerde pyp dien as draraam vir die roterende silindervormige skerm met die elektriese aandrywingsmotor. Die gebruik van gegalvaniseerde pyp bring mee dat onderhewigheid aan roes grootliks uitgeskakel word, terwyl een gedeelte van die raam terselfdertyd as waterleiding funksioneer. Die waterdraende gedeelte dien as aanhegpunt vir 'n drukmeter waarmee die voorgeskrewe druk vir spesifieke simuleringsomstandighede gemonitor word. Figuur 4.2 toon die vloei van water in die raam.

Onder aan die raam is 'n kraan aangebring waarmee die druk volgens vereiste verstel kan word. Beide die kraan en snelkoppelende waterinlaatpunt daaronder vorm 'n geïntegreerde deel van die raam. Waterpassies is aan die raam geheg om korrekte waterpasopstelling van die apparaat te verseker.

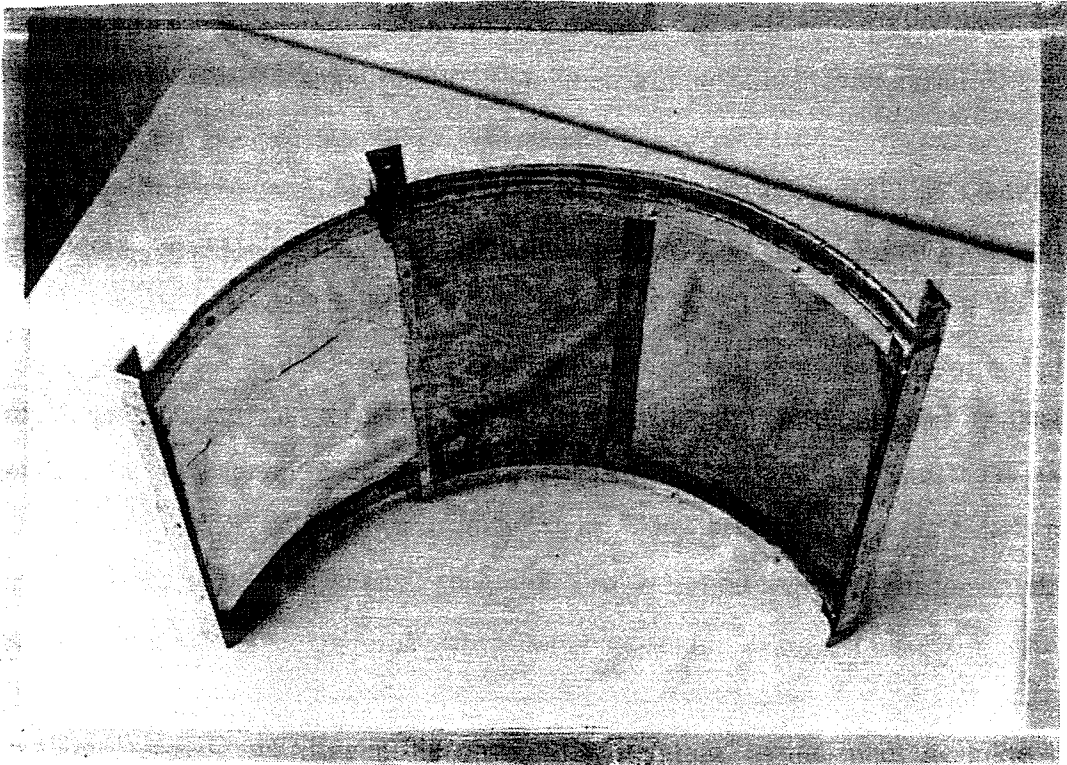
Sirkelvormige skerms, 600 mm in diameter, is van metaalseksies en gegalvaniseerde sink gekonstrueer. Elke skerm het verstelbare openinge, 180° uitmekaar geleë, waardeur water die skerm verlaat. Binne die skerms is spatplate aangebring wat verhoed dat water wat nie deur die openinge na die toetsarea gespuit word nie, 'n spreireën-obstruksie binne die skerm vorm. Die spatplate bestaan primêr uit gaasdraad en is so gekonstrueer dat een gedeelte aan die roterende skerm vasgeheg is terwyl 'n tweede gedeelte saam met die verstelbare openinge beweeg. Figuur 4.3 toon die spatplate, wat verseker dat die hele interne skerm by enige openinggrootte volledig met gaas bedek is.

Die silindervormige skerms is met behulp van 'n as en laers aan die raamstaanders gemonteer. Die elektriese aandrywingsmotor is bo-aan die draraam gemonteer om benatting daarvan (wat moontlike skade aan die elektriese motor kan meebring) te beperk. Die aandrywingsmotors is toegerus met reduksieratkaste waarvan die finale rotasiespoed drie omwentelings per minuut is en V-bande word as kragoordragmedium gebruik.



- A - Snelkoppeling en waterinlaat
- B - Drukbeheerkraan
- C - Drukmeter
- D - Sproeier-snelkoppeling
- E - Elektriese aandrywing
- F - Aanhegting vir roterende skerm

FIGUUR 4.2: Konstruksie van die raamstaander.

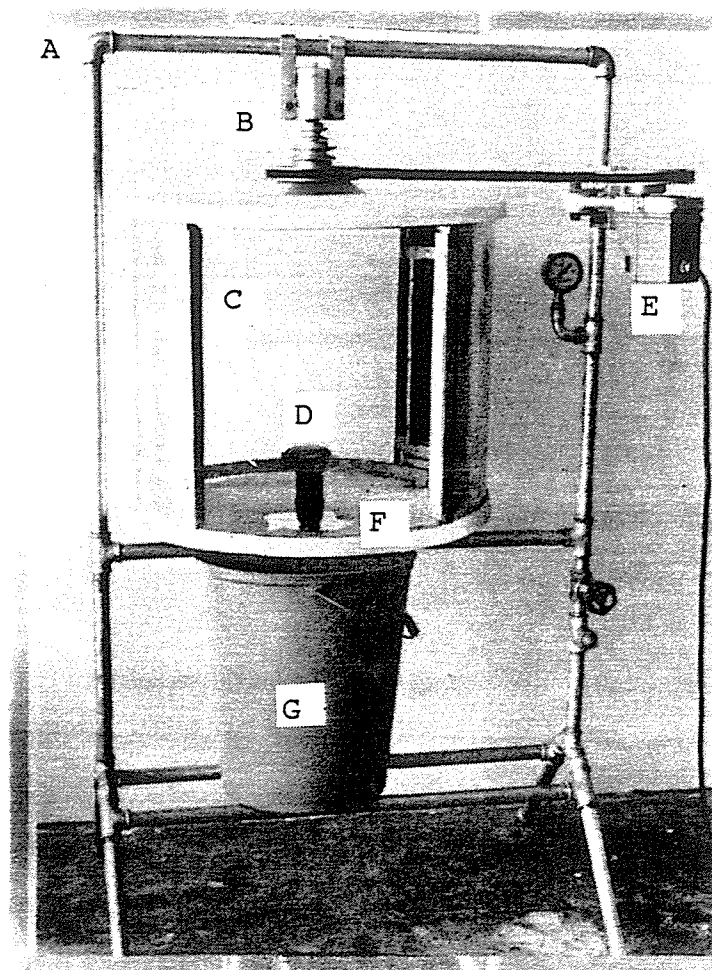


FIGUUR 4.3: Die spatplate voor installasie.

Bandskywe van verskillende diameters is op die skerm se as onder mekaar aangebring soos in figuur 4.4 aangetoon. Wisseling van die V-band op verskillende aangedrewe bandskywe veroorsaak rotasiesnelhede van 3, 6 en 9 omwentelinge per minuut. Dit verander nie die toedieningsintensiteit nie maar wel die frekwensie van toetsperseelbenatting, byvoorbeeld meer maar korter benattings of minder maar langer benattings. Die gebruik van beide openinge in die skerms lei ook tot 'n verdubbeling in die benattingsfrekwensie.

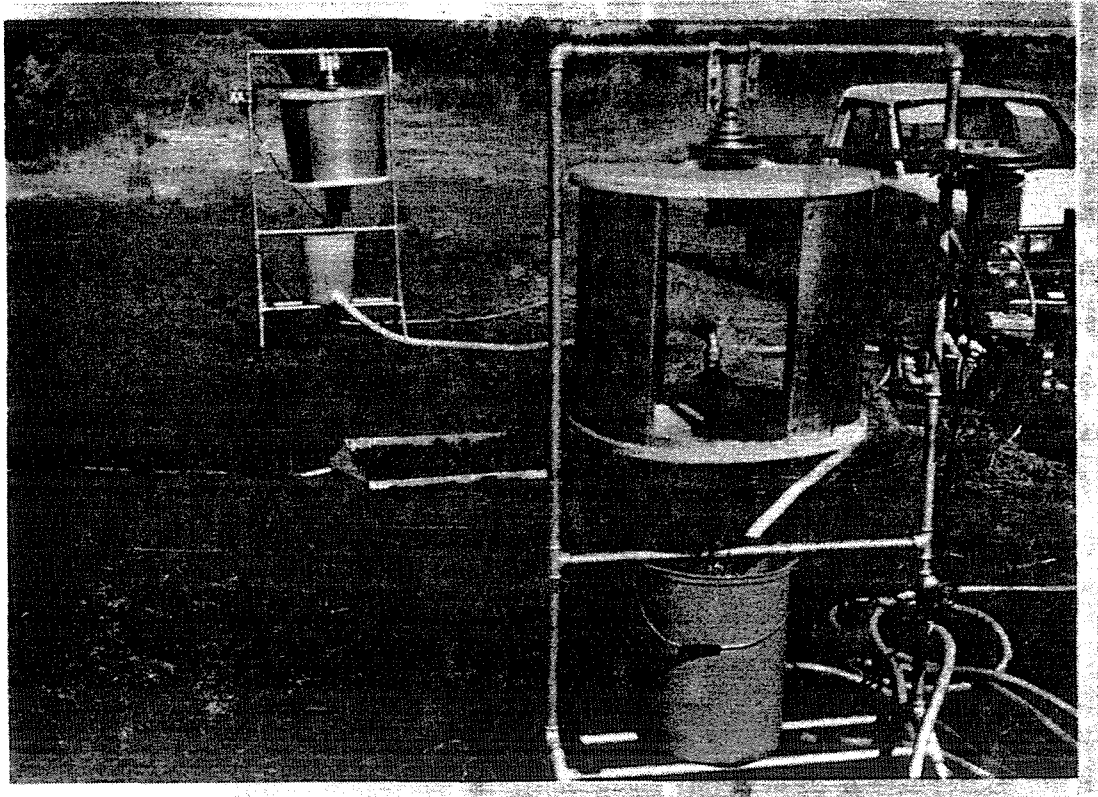
Afhangende van die verlangde toedieningsintensiteit kan een of albei openinge gebruik word. In figuur 4.4 kan beide openinge waargeneem word in die voloop posisie, waar 50% van die sirkelvormige skerm se omtrek gesamentlik beslaan word. Met hierdie maksimum openinggroottes is intensiteite van 90 mm h^{-1} by drukke van so laag as 200 kPa behaal en is die apparaat in staat om enige verlangde intensiteit binne praktiese grense te kan lewer.

Die skerm is aan die onderkant met 'n versamelbak toegerus (kyk figuur 4.4) wat die oortollige water wat deur die spatplate opgevang word, by die skermmiddelpunt in 'n opvanghouer stort. Hiervandaan word die water deur middel van dik waterleidings na 'n sentrale houer weggevoer. 'n Selfregulerende pompie pomp die oortollige water dan periodiek terug in die waterwaentjie. Binne-in die waterwaentjie is 'n dompelpomp geïnstalleer wat die benodigde hoeveelheid water teen 'n hoog genoeg druk aan beide sproeiereenhede verskaf. Verstelling van druk geskied by die raamstaander soos reeds genoem. Die pomp word ook met 'n watervlaksensor outomaties afgeskakel wanneer die watervlak verlaag en sodoende word beskadiging voorkom. Figuur 4.5 toon die simuleerder in werking.



A - Raamstaander, B - Bandskywe, C - Verstelbare opening, D - Sproeier-snelkoppelmeganisme, E - Elektriese aandryfmotor, F - Versamelbak, G - Opvanghouer

FIGUUR 4.4: Roterende skerm met verstelbare openinge.



FIGUUR 4.5: Praktyksimuleerder in werking.

'n Ligte, opvoubare raamwerk van elektriese geleidingspyp oorkoepel die hele praktyksimuleerder. Aan hierdie raamwerk word 'n digte skadunet bedekking bevestig met die doel om die effek van wind op die apparaat tot die minimum te beperk. Wind beïnvloed die druppels wanneer dit die roterende skerm verlaat. Kleiner druppels word heeltemal weggewaai en selfs groter druppels word tot so 'n mate gedeflekteer dat dit glad nie die toetsarea bereik nie. Hierdie toestand lei tot groot verskille in druppelgrootteverspreidings en onaanvaarbare variasies in die hoeveelheid energie wat aan die toetsarea oorgedra word. Die skerm verseker die herhaalbaarheid van van die toetse.

4.6 STANDAARDISERING VAN APPARAATGEBRUIK

Dit is noodsaaklik dat eksperimentele resultate vergelykbaar moet wees wanneer die invloed van verskillende besproeiingsbehandelings op grondoppervlakverseëling bestudeer word. Dit impliseer dat die tydsduur van elke behandeling sodanig moet wees dat dieselfde toestand van oppervlakverseëling telkens bereik word. Al manier om dit prakties in die veld te kan regkry is om die eksperimente te laat voortduur totdat vergelykbare oppervlakafloup bereik word.

Die toetsarea is met 'n vierkantige staa-raamwerk omring waardeur die afloup wat plaasvind in 'n houer gekanaliseer word. Tydmeting totdat afloup begin plaasvind en die bepaling van die hoeveelheid afloup wat per tydseenheid plaasvind, stel die navorser in staat om die afloukkurve te bekom sodat verskillende toetse met mekaar vergelyk kan word. Hierdie is 'n baie eenvoudige en praktiese metode waarmee tydsduur van toetse gestandaardiseer word.

4.7 EVALUERING VAN SIMULEERDER

4.7.1 Prestasie ten opsigte van druppelkarakteristieke

Die druppelkarakteristieke van die praktyksimuleerder is bepaal en herlei na 'n enkele energiewaarde in $\text{Jm}^{-2}\text{mm}^{-1}$. Die druppelgroottes is met behulp van die kolmetode bepaal en die onderskeie druppelgrootteklasse is as persentasies van die totale aantal hoeveelheid druppels oor die toetsarea weergegee. Die gemiddelde druppelsnelhede en trefhoeke is verkry deur van die stilstaande enkelreflekskamera fotografiese metode gebruik te maak.

Gebrek aan tyd het meegebring dat slegs enkele moontlike opstellings waarin bepaalde spuitpunttipes gekoppel met spesifieke werksdrukke asook spuithoeke, ten opsigte van druppelkarakteristieke evalueer kon word. Spesifieke opstellings was daarop gemik om so na as moontlik aan die waardes soos ten opsigte van Afdeling A van die projek vereis,

te voldoen. Die belangrikste waardes met elke spesifieke evaluering verkry is, word in tabelle 4.1 en 4.2 getoon. Volledige waardes vir elke evaluering word in Bylae C getoon.

TABEL4.1: TIPIESE DRUPPELGROOTTEVERSPREIDING SOOS MET PRAKTYKSIMULEERDER VERKRY.

Druppeldiameter (mm)	Snelheid (ms^{-1})	Trefhoek ($^{\circ}$ met horisontaal)	% druppels
1,5	4,88	42°	57,76
2	5,66	42°	35,27
2,5	6,44	36°	6,26
3	7,22	34°	0,74
3,5	8,00	-	0,09
Druk = 150 kPa	Spuitstuk 80/50	Afstand = 3m	Spuithoek = 30° afwaarts

TABEL 4.2: GEMIDDELDE ENERGIEe ($\text{Jm}^{-2}\text{mm}^{-1}$) SOOS VIR VERSKILLENDE SIMULASIES VERKRY.

Spuit-punt SSC	Spuit-hoek	Druk (kPa)	Afstand (m)	G G Diam (mm)	G G Snelh (ms^{-1})	Gem Energie Jm^{-2}mm
80/50	30°	150	3	1,50	5,27	13,89
80/50	0°	80	3	1,44	3,52	6,20
80/60	0°	80	3	1,48	3,30	5,46
80/100	0°	80	3	1,44	3,55	6,28
65/50	0°	80	3	1,38	3,35	5,60
50/50	0°	80	3	1,48	3,90	7,60

Afkortings: SSC - Spraying Systems Company,
G G - Geweegde gemiddelde.

Geen Cu- of Cv-waardes is vir die praktyksimuleerder bepaal nie aangesien dit nie in hierdie situasie toepaslik is nie. Slegs die gemiddelde energiewaardes soos in tabel 4.2 getoon, word vir gebruik tydens veldtoetse benodig.

4.7.2 Gebruiksprestasie van die apparaat

Tydens die gebruik van die apparaat het die volgende tekortkominge aan die lig gekom:

- * Die raamwerk met skadunet is tydrowend om op te slaan.
- * Op gronde met hoë infiltreerbaarheid word die hoeveelheid herhalings wat uitgevoer word beperk deur onvoldoende kapasiteit van die waterwaentjie.
- * Die volledige apparaat pas nie op die waentjie self nie en moet agter op 'n bakkie vervoer word. Ten minste twee operateurs word gevolglik benodig om die apparaat vir 'n toets af te laai en op te stel.

4.8 GEVOLGTREKKING

Die praktyksimuleerder beskik oor eiesoortige eienskappe wat in 'n hoë mate aan die gestelde vereistes voldoen. Die werking van sekere onderdele van die apparaat is sedert die eerste prototipe baie verbeter om aan spesifieke vereistes te voldoen.

Wysigings van bestaande ontwerpe en veranderinge wat gedurende die ontwikkeling van die apparaat aangebring is, het die volgende voordele tot gevolg gehad:

- * Die apparaat is binne wye perke verstelbaar ten opsigte van:
 - energie wat aan die toetsarea oorgedra word
 - intensiteit van toediening
 - die frekwensie van benatting
- * Beperking van die afstand tussen die twee sproeiereenhede asook die oriëntering van die spuitpunte, maak die apparaat baie minder windsensitief.

Tekortkominge ten opsigte van die bestaande praktyksimuleerder, is die volgende:

- * Die waterreservoir het 'n beperkte kapasiteit - dit plaas 'n beperking op die duurtte van toedienings by hoë intensiteite sowel as die aantal herhalings van 'n spesifieke toets per vulling.
- * Die oprigting van die raamwerk vir windbeskerming is ongemaklik en tydrowend.
- * Die apparaat is gevoelig vir medium tot sterk winde.
- * Die hoeveelheid personeel benodig en die tyd wat dit neem om die apparaat vir toetse voor te berei kan met 'n beter ontwerp verminder word.
- * Beskikbare inligting ten opsigte van druppelkarakteristieke van die verskillende spuitpunte met veranderinge in werksdruk asook spuithoek is baie beperk.

Enkele opmerkings ten opsigte van genoemde gebreke:

- * Die waterreservoir se kapasiteit kan kwalik vermeerder word sonder om moontlike probleme ten op sigte van die verskuiwing daarvan te weeg te bring - veral waar in relatief los grond gewerk moet word.
- * Oorweging kan verleen word aan die moontlikheid om die sproeiereenhede deur middel van skarnierarms op die waterwaentjie self te monteer. Deur weereens die raamwerk self as waterleidings te gebruik, kan die gebruik van die huidige waterleidings in die vorm van tuinslange moontlik heeltemal uitgeskakel word. So 'n ontwerp kan die inbedryfstellingsroetine en -tyd, aansienlik vergemaklik en bespoedig.
- * Die ontwikkeling van 'n rekenaarsimulasieprogram kan dit moontlik maak om vir enige gegewe stel toestande die gevolglike druppelkarakteristieke te kan voorspel - 'n proses wat andersins 'n ontsaglike klomp tyd in beslag kan neem.

-ooOoo-

LITERATUURVERWYSINGS

AGASSI, M., 1984. A visit to the Soil and Irrigation Research Institute, Pretoria. 29 May to 3 December 1984. Report, Soil and Irrigation Research Institute, Pretoria.

AMERMAN, C.R., (1) 1979. Proceedings of the rainfall simulator workshop. U.S. Department of Agriculture, pp. 120 - 130.

AMERMAN, C.R., (2) 1979. Proceedings of the rainfall simulator workshop. U.S. Department of Agriculture, pp. 35 - 44.

ATLAS, D., SRIVASTAVA, R.C. & SEKHON, R.S., 1973. Doppler-radar characteristics of precipitation at vertical incidence. Rev Geophys Space Phys, Vol. 2, pp. 1 - 35.

BEARD, K.V., 1976. Terminal velocity and shape of cloud and precipitation drops aloft. Journal of Atmospheric Sciences, Vol. 33, pp. 851 - 864.

BEARD, K.V. & PRUPACCHER, H.R., 1969. A determination of the terminal velocity and drag of small water drops by means of a wind tunnel. Journal of Atmospheric Sciences, Vol. 26, pp. 1066 - 1072.

BECKER, A., 1907. Zur messung der tropfengroessen bei regenfaellen nach der absorptionmethode. Met Zs, Vol. 24, pp. 247 - 261.

BENTLEY, W.A., 1904. Studies of raindrops and raindrop phenomena. Mon. Wea. Rev., Vol. 32, pp. 450 - 456.

BERTRAND, A.R. & PARR, J.F., 1960. Development of a portable sprinkling infiltrometer. 7th Intern. Congress of Soil Science, Madison, Wisc., U.S.A., pp. 433 - 439.

BLANCHARD, D.C., 1953. Raindrop size-distribution in Hawaiian rains. *Journal of Meteorology*, Vol. 10, pp. 457 - 473.

BLANCHARD, D.C. & SPENCER, A.T., 1969. Experiments on the generation of raindrop-size distributions by drop breakup. Woods Hole Oceanographic Institution, pp. 101 - 108.

BLUNDEN, B., MURRAY, S.T. & STACE, T., 1990. Continuous applicator rainfall simulator. The Institution of Engineers, Australia, Conference on Agricultural Engineering, pp. 169 - 172.

BOWEN, E.G. & DAVIDSON, K.A., 1951. A raindrop spectrograph. *Quarterly Journal of the Meteorological Society*, Vol. 77, pp. 445 - 449.

BRADLEY, S.G. & STOW, C.D., 1974. The measurement of charge and size of raindrops: part I. The disdrometer. *Journal of Applied Meteorology*, Vol. 13, pp. 114 - 130.

BRAKENSIEK, D.L., RAWLS, W.J. & HARMON, W.R., 1979. Application of an infiltrometer system for describing infiltration into soils. *Transactions of the ASAE*, Vol. 22, No. 2, pp. 320 - 325.

BUBENZER, G.D. & JONES, B.A. Jr., 1971. Drop size and impact velocity effects on the detachment of soils under simulated rainfall. *Transactions of the ASAE*, Vol. 14, No. 4, pp. 625 - 628.

BUBENZER, G.D. & MEYER, L.D., 1965. Simulation of rainfall and soils for laboratory research. *Transactions of the ASAE*, Vol. 8, No. 1, pp. 73 - 75.

CHOW, V.T. & HARBAUGH, T.E., 1965. Raindrop production for laboratory watershed experimentation. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 70, p. 6111.

CHRISTIANSEN, J.E., 1942. Irrigation by sprinkling. University of California Experimental Station Bulletin 670, p. 124.

COOPER, B.F., 1951. A balloon-borne instrument for telemetering raindropp-size distribution and rainwater content of cloud. Australian Journal of Applied Sciences, Vol. 2, pp. 43 - 45.

DADIAO, C. & WALLENDER, W.W., 1985. Droplet size distribution and water application with low pressure sprinklers. Transactions of the ASAE, Vol. 28, No. 2, pp. 511 - 516.

DEFANT, A., 1905. Gesetzmaessigkeiten in der verteilung der verschiedenen tropfengroessen dei regenfaellen. SitzBer. Math. Naturwiss. Klasse Akad. Wiss., vol. 5, pp. 585 - 646.

DERENZO, D.R. & VONNEGUT, B., 1981. Apparatus for the simulation of rain in the laboratory. Journal of Applied Meteorology, Vol. 20, pp. 36 - 41.

DERKSEN, R.C. & BODE, L.E., 1986. Droplet size comparisons from rotary atomizers. Transactions of the ASAE, Vol. 29, No. 5, pp. 1204 - 1207.

DINGLE, A.N. & LEE, Y., 1972. Terminal fallspeeds of raindrops. Journal of Applied Meteorology, Vol. 11, pp. 877 - 879.

DORTIGNAC, E.J., 1951. Design and operation of Rocky Mountain infiltrometer. USDA-FS Station Paper No. 5. Rock Mountain Forest Range Experiment Station, Ft Collins, CO.

EIGEL, J.D. & MOORE, I.D., 1983. A simplified technique for measuring raindrop size and distribution. Transactions of the ASAE, Vol. 26, No. 4, pp. 1079 - 1084.

ECKARD, J.H., 1976. Druppelverspreiding met sprinkelaars. Publikasie, Direktoraat Ingenieurswese en Watervoorsiening, Silverton.

EKERN, P.C. & MUCKENHIRN, R.J., 1947. Water drop impact as a force in transporting sand. Proceedings of the Soil Science Society of America, Vol. 12, p. 441.

ELLISON, W.D. & POMERENCE, W.H., 1944. A rainfall applicator. Agricultural Engineering, Vol. 25, p. 220.

EPEMA, G.F., & RIEZEBOS, H. TH., 1983. Fall velocity of waterdrops at different heights as a factor influencing erosivity of simulated rain. Bron onbekend, pp. 1 - 17.

EPEMA, G.F. & RIEZEBOS, H. TH., 1984. Drop shape and erosivity Part I: Experimental set-up, theory and measurements of drop shape. Earth Surface Processes and Landforms, Vol. 9, pp. 567 -572.

FOSTER, G.R., NEIBLING, W.H. & NATTERMAN, R.A., 1982. A programmable rainulator. ASAE Paper No. 82-2570. ASAE Winter meetings, Chicago, St Joseph, MI.

FUCHS, N. & PETRJANOFF, I., 1937. Microscopic examination of fog, cloud and rain-droplets. Nature, Vol. 139, pp. 111 - 112.

FUKAO, S. & WAKASUGI, K., 1985. Direct measurement of air and precipitation particle motion by very high frequency doppler radar. Nature, Vol. 316, pp. 712 - 714.

GABRIELS, D., CALLEBAUT, F., MINJAUW, W. & DE BOODT, M., 1984. A simple field rainulator adjustable to different slope lengths. Bron onbekend, pp. 63 -65.

GILLESPIE, T., 1958. The spreading of low vapor pressure liquids in paper. Journal of the Colloid Society, Vol. 13, pp. 32 - 50.

GRIERSON, I.T. & OADES, J.M., 1977. A rainfall simulator for field studies of runoff and soil erosion. *Journal of Agricultural Engineering Research*, Vol. 22, pp. 37 - 44.

GUNN, R. & KINZER, G.D., 1949. The terminal velocity of fall for water droplets in stagnant air. *Journal of Meteorology*, Vol. 6, No 4, pp. 243 - 248.

HACHUM, A.Y. & ALFARO, J.F., 1977. Water infiltration and runoff under rain applications. *Journal of the Soil Science Society of America*, Vol. 41, pp. 960 - 966.

HALL, M.J., 1970. Use of the stain method in determining the drop-size distributions of coarse liquid sprays. *Transactions of the ASAE*, Vol. 13, No. 1, pp. 33 - 37, 41.

HEATH, S., 1983. Persoonlike mededeling aan Hinkle 1987.

HILLS, D.J. & GU, Y., 1989. Sprinkler volume mean droplet diameter as a function of pressure. *Transactions of the ASAE*, Vol. 32, No. 2, pp. 471 - 476.

HILLS, D.J., GU, Y. & WALLANDER, W.W., 1987. Sprinkler uniformity for oscillating low water pressure. *Transactions of the ASAE*, Vol. 30, No. 3, pp. 729 - 734.

HINKLE, S.E., HEERMANN, D.F. & BLUE, M.C., 1987. Falling water drop velocities at 1570 m elevation. *Transactions of the ASAE*, Vol. 30, No. 1, pp. 94 - 100.

HOLLAND, M.E., 1969. Design and testing of a rainfall system. Colorado State University Experimental Station CER 69 - 70 MEH 21, Fort Collins, CO.

HOSKING, J.G. & STOW, C.D., 1987. The arrival rate of raindrops at the ground. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, Vol. 26, No. 4, pp. 433 - 442.

JADHAV, D.B., 1984. Raindrop charge and fall velocity measurements at a tropical station. Indian Institute of Tropical Meteorology, pp. 389 - 399.

JAHN, B., 1985. Sampling and data analysis techniques for laser-optical particle measuring equipment. ASAE Paper No. 85-1504, ASAE, St Joseph, MI 49085.

JOSS, J.V. & WALDVOGEL, A., 1967. Ein spectrograph fur niederschlagstropher mit automatischer auswertung. Pure and Applied Geophysics, Vol. 68, pp. 240 - 246.

KATZ, I., 1952. A momentum disdrometer for measuring raindrop size from aircraft. Bulletin of the American Meteorological Society, Vol. 33, pp. 365 - 368.

KINNELL, P.I.A., 1976. Some observations of the Joss-Waldvogel rainfall disdrometer. Journal of Applied Meteorology, Vol. 15, pp. 499 - 502.

KLAASSEN, W., 1983. Accurate determination of vertical air velocities in rain by doppler radar. Journal of Climate and Applied Meteorology, Vol. 22, pp. 1788 - 1793.

KOHL, R.A., 1974. Drop size distributions from medium-sized agricultural sprinklers. Transactions of the ASAE, Vol. 17, No. 4, pp. 690 - 693.

KOHL, R.A. & DE BOER, D.W., 1984. Drop size distributions for a low pressure spray type agricultural sprinkler. Transactions of the ASAE, Vol. 27, No. 6, pp. 1836 - 1840.

KONTUSH, S.M. & KOLAKOV, A.V., 1981. Aspects of mass transfer in collisions of water drops of noncomparable size. Allerton Press Incorporated., pp. 42 - 46.

LANE, W.R., 1947. A micro-burette for producing small liquid drops of known size. Journal of Scientific Instruments, Vol 24, No. 4, pp. 98 - 101.

LANGFORD, K.J., 1970. A review of designs for rainfall simulators. Agricultural Engineering Reports No 17/70, University of Melbourne.

LAWS, J.O., 1941. Measurements of the fall velocity of waterdrops and raindrops. Transactions of the American Geophysical Union, Vol. 22, pp. 709 - 721.

LAWS, J.O. & PARSONS, D.A., 1943. The relation of raindrop size to intensity. Transactions of the American Geophysical Union, Vol. 24, pp. 452 - 460.

LENARD, P., 1904. Ueber Regen. Met. Zs., Vol. 21, pp. 248 - 262. (For translation by R.H. Scott in 1905 see Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, Vol. 31, pp. 62 - 73.)

LEVINE, G., 1952. Effects of irrigation droplet size on infiltration and aggregate breakdown. Agricultural Engineering, Vol. 33, No. 9, pp. 559 - 560.

LIENGME, D.P. & JOHNSTON, M.A., 1991. Drop size distribution of water applied by centre pivot irrigation systems. Soil and Irrigation Research Institute, Pretoria, South Africa.

LOW, T.B. & LIST, R., 1982. Collision, coalescence and breakup of raindrops. Part I: Experimentally established coalescence efficiencies and fragment size distributions in breakup. American Meteorological Society, pp. 1591 - 1606.

LUSBY, G.G., 1977. Determination of runoff and sediment by rainfall simulation. In erosion research techniques, erodibility and sediment delivery. Geological abstracts, Norwich, UK.

LYLES, I., DISRUD, L.A. & WOODRUFF, W.P., 1969. Effects of soil physical properties, rainfall characteristics and wind velocity on clod disintegration by simulated rainfall. Soil Science Society of America Proceedings, Vol. 33, pp. 302 - 306.

MACHE, H., 1904. Ueber die geschwindigkeit un grosse der regentropfen. Met. Zs., Vol. 39, p. 278.

MARGAVEY, R.H. & TAYLOR, B.E., 1956. Apparatus for the production of large water drops. Review of Scientific Instruments, Vol 27, p. 944.

MARSTON, D., 1978. A rainfall simulator for field determination of relative erosion potentials. Journal of Soil Conservation New South Wales 1982, Vol. 38, No. 1, pp. 31 - 39.

MAULARD, J., 1951. Measure du nombre de gouttes de pluie. Journal of Science and Meteorology, Vol. 10, pp. 69 - 73.

MAY, K.R., 1945. The cascade impactor: an instrument for sampling coarse aerosols. Journal of Scientific Instruments, Vol. 22, No. 10, pp. 187 - 195.

McCOOL, D.K., 1982. Persoonlike mededeling aan Eigel, J.D.

McINTYRE, D.S., 1957. Soil splash and the formation of surface crusts by raindrop impact. Soil Science, Vol. 85, pp. 261 - 266.

McPHEE, P.J., SMITHEN, A.A., VENTER, C.J., HARTMAN, M.O. & CROSBY, C.T. The South African rainfall simulator programme for assessing soil loss and run-off. Publication: Directorate of Engineering and Water Supply, Department of Agriculture: Eastern Cape Region, RSA, pp. 352 - 363.

MECHEM KONSULTANTE., 1990. Mundstraat 329B, Waltloo, Pretoria. Persoonlike mededeling.

MEYER L.D. & McCUNE, D.L., 1958. Rainfall simulator for runoff plots. Agricultural Engineering, Vol. 39, No. 10, pp. 644 - 648.

MEYER, L.D., 1979. Methods for attaining desired rainfall characteristics in rainfall simulators. Proceedings of the Rainfall Simulator Workshop, Tucson, Arizona, ARM-W-10, pp. 35 - 43.

MEYER, L.D. & HARMON, W.C., 1979. Multiple-intensity rainfall simulator for erosion research on row sideslopes. Transactions of the ASAE, Vol 22, No. 1, pp. 100 - 103.

MILLER, P.C.H. & HADFIELD, D.J., 1989. A simulation model of the spray drift from hydraulic nozzles. Journal of Agricultural Engineering Research, Vol. 42, pp. 135 - 147.

MOORE, I.D., HIRSCHI, M.C. & BARFIELD, B.J., 1983. Kentucky rainfall simulator. Transactions of the ASAE, Vol. 26, No. 2, pp. 1085 - 1089.

MORIN J., GOLBERG, D. & SEGINER I., 1967. A rainfall simulator with a rotating disc. Transactions of the ASAE, Vol. 10, No. 1, pp. 74 - 77, 79.

MOSS, A.J. & GREEN, P., 1983. Movement of solids in air and water by raindrop impact. Effects of drop-size and water-depth variations. Australian Journal of Soil Research, Vol. 21, pp. 257 - 269.

MUTCHLER, C.K. & HERMSMEIER, L.F., 1965. A review of rainfall simulators. Transactions of the ASAE, Vol. 8, pp. 67 - 68.

MUTCHLER, C.K. & MOLDENHAUER, W.C., 1963. Applicator for laboratory rainfall simulator. Transactions of the ASAE, Vol. 6, No. 1, p. 220.

NAWABY, A.S., 1970. A method of direct measurement of spray droplets in an oil bath. Journal of Agricultural Engineering Research, Vol. 15, No. 2, pp. 182 - 184.

NEUBERGER, H., 1942. Notes on measurements of raindrop sizes. Bulletin of the American Meteorological Society, Vol. 23, pp. 274 - 276.

NIEDERDORFER, E., 1952. Messungen der groesse der regentropfen. Met Zs, Vol. 49, pp. 1 - 14.

OCHS, H.T. III, CZYS, R.R. & BEARD, K.V., 1986. Laboratory measurements of coalescence efficiencies for small precipitation drops. American Meteorological Society, pp. 225 - 232.

PALL, R., DICKINSON, W.T., BEALS, D. & MCGIRR, R., 1983. Development and calibration of a rainfall simulator. Canadian Agricultural Engineering, Vol. 25, No. 2, pp. 181 - 187.

PARKER, P.E., 1957. Intermountain infiltrometer. Misc Pub 14. USDA-FS. Intermountain Forest and Range Experimental Station, Ogden, UT.

PARSONS, D.A., 1943. Discussion of "The application and measurement of artificial rainfall on the types FA and F infiltrometer". Transactions of the A.G.U., Vol. 24, p. 485.

PLATFORD, G.G., 1982. The determination of some soil erodibility factors using a rainfall simulator. Proceedings of the South African Technologists Association, pp. 1 - 4.

PRUPACCHER, H.R. & PITTER, R.L., 1971. A semi-empirical determination of the shape of cloud and raindrops. Journal of Atmospheric Sciences, Vol. 28, pp. 68 - 94.

RAGAB, R.A., 1983. The effect of sprinkler intensity and energy of falling drops on soil surface sealing. Department of Soil and Water Sciences, University of Alexandria, Vol. 136, No. 2, pp. 117 - 123.

RASHBASH, D.J., 1953. The production of water spray of uniform drop size by a battery of hypodermic needles. Journal of the Scientific Institute, Vol. 30, p. 189.

RAWITZ, E., MARGOLIN, M. & HILLEL, D.I., 1972. An improved variable-intensity sprinkling infiltrometer. Soil Science Society of America Proceedings, Vol. 36, No. 3, pp. 533 - 535.

REINDERS, F.B. & LOUW, A.A., 1984. Infiltrasie: meting en gebruik. Publikasie, Direktooraat Ingenieurswese en Watervoorsiening, Silverton.

ROBINETTE, M.J. & McCOOL, D.K., 1983. Producing and measuring water drops; an annotated bibliography of techniques. West Region ARS Publication.

SCHLEUSENER, P.E. & KIDDER, E.H., 1959. Drop size distribution from a medium pressure irrigation sprinkler. Michigan State University Quarterly Bulletin, Nov 1959, pp. 393 - 400.

SCHMIDT, W., 1909. Eine unmittelbare Bestimmung der Fallgeschwindigkeit von regentropfen. SitzBer. Math. Naturwiss. Klasse K. Akad. Wiss., Bd. 118, Abt. IIa.

SEGINER, I., 1965. Tangential velocity of sprinkler drops. Transactions of the ASAE, Vol. 8, No. 1, pp. 90 - 93.

SHELTON, C.H., VON BERNUTH, R.D. & RAJBHANDARI, S.P., 1985. A continuous-application rainfall simulator. Transactions of the ASAE, Vol. 28, No. 4, pp. 1115 - 1119.

SHRINER, D.S., ABNER, C.H. & MANN, L.K., 1977. Rainfall simulation for environmental application. Oak Ridge National Laboratory. Environmental Sciences Division Publication 1067.

SMITH, C., 1990. Divisie vir Produksietegnologie, WNNR, Posbus 395, Pretoria. Persoonlike mededeling.

SOLOMON, K.H., KINCAID, D.C. & BEZDEK, J.C., 1985. Drop size distributions for irrigation spray nozzles. Transactions of the ASAE, Vol. 28, No. 6, pp. 1966 - 1974.

STOW, C.D. & JONES, K., 1981. A self-evaluating disdrometer for the measurement of raindrop size and charge at the ground. Journal of Applied Meteorology, Vol. 20, No. 10, pp. 1160 - 1176.

SWANSON, N.P., 1965. Rotating-boom rainfall simulator. Transactions of the ASAE, Vol. 8, No. 1, pp. 71 - 72.

TATE, R.W., 1961. Immersion sampling of spray droplets. Journal of the American Institute of Chemical Engineering, Vol. 7, No. 4, pp. 574 - 577.

TAYLOR, E.H. & HARMAN, D.B. Jr., 1954. Measuring drop sizes in sprays. Industrial and Engineering Chemistry, Vol. 46, No. 7, pp. 1455 - 1457.

THOMAS, N.P. & EL SWAIFY, S.A., 1989. Construction and calibration of a rainfall simulator. Journal of Agricultural Engineering Research, Vol. 43, No. 4, pp. 1 - 9.

THOMPSON, A.L. & JAMES, L.G., 1985. Water droplet impact and its effect on infiltration. Transactions of the ASAE, Vol. 28, No. 2, pp. 1506 - 1510.

TOSSEL, R.W., DICKINSON, W.T., RUDRA, R.P. & WALL, G.J., 1987. A portable rainfall simulator. Canadian Agricultural Engineering, Vol. 29, No. 2, pp. 155 - 162.

TOVEY, R., 1963. A portable irrigation sprinkler evaluation device. Agricultural Engineering, Vol. 44, No. 12, pp. 672 - 673.

VENTER, G., 1989. Departement Landbou-Ingenieurswese, Universiteit van Pretoria, Pretoria. Persoonlike mededeling en aanbeveling.

WANG, P.K. & PRUPPACHER, H.R., 1977. Acceleration to terminal velocity of cloud and raindrops. *Journal of Applied Meteorology*, Vol. 16, No. 3, pp. 275 - 280.

WIESNER, J., 1895. Beitrage zur Kenntnis de tropischen regens. *SitzBer. Math. Naturwiss. Klasse Akad. Wiss.*, Vol. 104, pp. 1397 - 1434.

WILM, H.G., 1953. The application and measurement of artificial rainfall by tyes F and FA infiltrometers. *Transactions of the A.G.U.*, Vol. 24, p. 480.

WOBUS, H.B., MURRAY, F.W. & KOENIG, L.R., 1971. Calculation of the terminal velocity of waterdrops. *Journal of Applied Meteorology*, Vol. 10, pp. 751 - 754.

WOO, D.C., 1956. Study of overland flow. Ph.D Thesis, University of Michigan.

ZEGELIN, S.J. & WHITE, I., 1982. Design for a field sprinkler infiltrometer. *Soil Science Society of America*, Vol. 46, pp. 1129 - 1131.

ANDER LITERATUURVERWYSINGS

BANKS, R.B. & ACSE, M., 1978. Accelerations and terminal velocities of raindrops. *Journal of the Environmental Engineering Division Proceedings ASCE (New York)*, Vol. 104, No. 3, pp. 527 - 531.

CZYS, R.R. & OCHS, H.T. III., 1988. The influence of charge on the coalescence of water drops in free fall. *American Meteorological Society*, pp. 3161 - 3168.

CLUFF, C.B., 1971. The use of a realistic rainfall simulator to determine relative infiltration rates of contributing watershed to the lower Gila below Point Rock Dam. University of Arizona, Water Resources Center, Tucson, AZ.

HILLS, D.J., SILVEIRA, C.M. & WALLENDER, W.W., 1986. Oscillating pressure for improving application uniformity of spray emitters. Transactions of the ASAE, Vol. 29, No. 4, pp. 1080 - 1085.

KOHL, R.A., VON BERNUTH, R.D. & HEUBNER, G., 1985. Drop size distribution measurement problems using a laser unit. Transactions of the ASAE, Vol. 28, No. 1, pp. 190 - 192.

LIST, R. & FUNG, C., 1981. The effect of pressure on the breakup of one pair of raindrops. Atmosphere-Ocean, Vol. 20, No. 1, pp. 17 - 27.

MEYER, L.D. & MANNERING, J.V., 1960. Soil and water conservation research with the rainulator. Proceedings of the 7th International Congress of Soil Science, Madison, Wisc., U.S.A., pp. 457 - 463.

MILLER, W.P., 1987. A solenoid-operated, variable intensity rainfall simulator. Journal of the Soil Science Society of America, Vol. 51, pp. 832 - 834.

PETERSON, A.E., 1986. Intake rate: Sprinkler infiltrometer. University of Wisconsin, Madison, Wisconsin, pp. 845 - 870.

QUIMPO, R.G. & BROHI, A.B., 1986. On the frequency distribution of raindrop sizes. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, Vol. 112, No. 2, pp. 119 - 129.

RIEZEBOS, H.TH. & EPEMA, G.F., 1985. Drop shape and erosivity Part II: Splash detachment, transport and erosivity indices. John Wiley & Sons, Ltd., pp. 69 - 74.

SALYANI, M., WHITNEY, J.D. & HEDDEN, S.L., 1987. Evaluation of methodologies for field studies of spray deposition. 1987 Summer meeting of the ASAE, paper No. 87-1040.

SOLIE, J.B. & ALIMARDAN, I., 1986. Predicting spray patterns of a vertical rotary disc atomizer. Transactions of the ASAE, Vol. 29, No. 5, pp. 1193 - 1198.

THOORYAMANI, K.P. & NORUM, D.I., 1987. Equations describing sprinkler droplet velocity. Journal of Irrigation and Drainage Engineering (New York), Vol. 115, No. 2, pp. 156 - 165.

TOSSEL, R.W., WALL, G.J., DICKINSON, W.T., RUDRA, R.P. & GROENEVELT, P.H., 1990. The Guelph rainfall simulator II: Part I - Simulated rainfall characteristics. Canadian Agricultural Engineering, pp. 205 - 223.

VON BERNUTH, R.D., 1988. Effect of trajectory angle on performance of sprinklers in wind. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, Vol. 114, No. 4, pp. 579 - 587.

-ooOoo-

BYLAES

A

OPSOMMING VAN REËNVALSIMULEERDERS - DRUPPELVORMERTIPE

(Soos deur Langford, 1970 gerapporteer)

REËNVALSIMULEERERS WAT VAN DRUPPELVORMINGSMETODES GEBRUIK MAAK

Reëvalsimuleerder ligging	Druppelvormer	Valhoogte (m)	Druppelgrootte (mm)	Intensiteit (mmh ⁻¹)	Toetsarea (m * m) of (m ²)	Gebruik	Verwysing
Mobiele infiltrometer Univ. van Wyoming Laramie, Wyoming	Tou	2,6	-	25 - 152	0,6 x 0,6	Infiltrasie Afloop	Barnes, 1957
Draagbare infiltrometer Iowa State Univ. Ames, Iowa	Kapillêre glasbuis	1,0	5,6	101	Sirkelvormig 0,017 m ²	Erosie Infiltrasie Afloop	Adams, 1957
Laboratoriumsimuleerder Uganda	-	6,0	3,2 6,2	50 - 152	-	Erosie	Rose, 1960
Laboratoriumsimuleerder Univ. van Maine Orono, Maine	Vlekvrye staal	7,2	3,2 5,1	38 - 50	Sirkelvormig 1,33 m ²	Erosie	Mutchler, 1963 Epstein, 1966
Laboratoriumsimuleerder Univ. van Illinois Urbana, Illinois	Poliëtileen buise	2,7	3,2	19 - 33	12 x 12	Afloop	Chow, 1965 Chow, 1974
Lae-intensiteit simuleerder Institute of Agric. Rehovot, Israel	Vlekvrye staal	-	2,8	6	0,5 x 0,5	Infiltrasie	Steinhardt, 1966
Laboratoriumsimuleerder Univ. van Nebraska Lincoln, Nebraska	Plastiese buise	11,3	5,1	20 - 120	Sirkelvormig 0,005m ²	Erosie	Mazurak, 1968
Laboratoriumsimuleerder State Univ. Kollege van Bosbou Syracuse, New York	Poliëtileen buise	1,0	3,2	19 - 33	0,7 x 0,7	Afloop	Black, 1970
Draagbare simuleerder New Zealand	Draad	-	-	20 - 300	Sirkelvormig 0,015m ²	Infiltrasie	Selby, 1970

Reënvalsimuleerder ligging	Druppelvormer	Valhoogte (m)	Druppelgrootte (mm)	Intensiteit (mmh ⁻¹)	Toetsarea (m * m) of (m ²)	Gebruik	Verwysing
Druptoringsimuleerder Univ. van Illinois Urbana, Illinois	Mediese spuitnaalde Poliëtileen buise Vlekvrye staal	8,9	2,2 3,4 4,9	10 - 70 45 - 350 100 - 525	1,3 x 1,3	Erosie Oppervlakstoring	Bubenzer, 1971
Laboratoriumsimuleerder State Univ. Kollege van Bosbou Syracuse, New York	Poliëtileen buise	1,0	3,2	19 - 33	2,0 x 2,0	Afloop	Black, 1972
Mobiele infiltrometer Texas A & M Univ. College Station, Texas	Vlekvrye staal	2,3	2,5	5 - 250	1,0 x 1,0	Erosie Infiltrasie	Blackburn, 1974
Laboratoriumsimuleerder CSIRO Canberra, Australië	Mediese spuitnaalde Plastiese buise	11,2	3,8 5,1	0 - 300	1,0 x 1,0	Erosie	Kinnell, 1974
Laboratoriumsimuleerder Purdue Universteit Lafayette, Indiana	Poliëtileen buise	2,6	2,7	13 - 200	4,6 x 4,6	Afloop	Langford, 1970
Laboratoriumsimuleerder State Univ. van Ghent Ghent, België	Koper buise	2,8	Veranderbaar	4,7 - 64,5	-	Erosie	Gabriels, 1975
Laboratoriumsimuleerder USDA - SEA - AR Oxford, Mississippi	Mediese spuitnaalde	6,7	Veranderbaar	1 - 250	Sirkelvormig 0,45 m ²	Erosie Infiltrasie	Romkens, 1975
Tahoe basis simuleerder Univ. van Californië Davis, Californië	Poliëtileen buise	2,5	3,2	76 - 250	0,6 x 0,6	Erosie Infiltrasie	Munn, 1976
Laboratoriumsimuleerder CSIRO - Grondafdeling Canberra, Australië	Mediese spuitnaalde	12,3	2,5 5,1	20 - 250	0,6 x 3,0	Erosie	Walker, 1977
Laboratoriumsimuleerder USDA - SEA - AR Fort Collins, Colorado	Teflon buise	3,0	3,6	76 - 203	1,2 x 12	Erosie	Peterson, 1977

Reënvalsimuleerder ligging	Druppelvormer	Valhoogte (m)	Druppelgrootte (mm)	Intensiteit (mmh ₁)	Toetsarea (m * m) of (m ²)	Gebruik	Verwysing
Laboratoriumsimuleerder Utah State Univ. Logan, Utah	Brons buise	5,0	4,5	25 - 787	9,8 x 9,8	Erosie Afloop	Langford, 1970
Draagbare simuleerder Utah State Univ. Logan, Utah	Mediese spuitnaalde	1,6	2,5	38 - 250	0,6 x 0,6	Erosie Infiltrasie Chemiese translokasie	Malkuti, 1978
Drup infiltrometer USDA - SEA - AR Coshocton, Ohio	Mediese spuitnaalde	2,6	Veranderbaar	5 - 102	1,0 x 2,0	Infiltrasie	Brakensiek, 1979

B

OPSOMMING VAN REËNVALSIMULEERDERS - SPUITSTUKTIPE

(Soos deur Langford, 1970 gerapporteer)

REËNVALSIMULEERDERS WAT VAN SPUITSTUKKE GEBRUIK MAAK

Reënvalsimuleerder ligging	Spuitstuk	Druk (kPa)	Spuitstukbeweging en spreipatroon	Druppelgrootte(mm)			Intensiteit (mmh ⁻¹)	Toetsarea (m * m)	Gebruik	Verwysing
				D ₁₀	D ₅₀	D ₉₀				
Tipe F infiltrometer USDA - SEA - AR Beltsville, Maryland	Tipe F	193 - 249	Staties Kontinu				46 - 64	2.0 x 3.9	Infiltrasie	Wilm, 1943
Rocky Mountain infil- trometer USDA - Bosbou Colorado	Tipe F	139 - 206	Staties Kontinu				127	0.8 x 0.8	Erosie Infiltrasie Afloop	Dortignac, 1951
Intermountain infil- trometer USDA - Bosbou Ogden, Utah	Tipe F	241	Staties Kontinu				25 - 152	0.6 x 1.8	Erosie Infiltrasie Afloop	Packer, 1957
Purdue Sprinkel Infiltrometer Purdue Univ. Lafayette, Indiana	SEC 7LA SEC 5B SEC 5D	41.4	Staties Kontinu	0.1 0.1 0.1	1.2 0.8 0.6	2.4 1.5 1.5	119 64 82	1.2 x 1.2	Infiltrasie	Bertrand, 1961
Rainulator USDA - SEA - AR Lafayette, Indiana	SSC 80100 Veejet	41.4	Lateraal Onderbroke	1.0	2.1	3.0	64 & 127	4 x 11.5	Erosie	Meyer, 1958 Hermsmeier, 1963
Rainulator USDA - SEA - AR Watkinsville, Georgia	SSC 80100 Veejet	41.4	Lateraal Onderbroke	1.0	2.1	3.0	64 & 127	4 x 11.5	Erosie	Hermsmeier, 1963
Rainulator USDA - SEA - AR Morris, Minnesota	SSC 80100 Veejet	41.4	Lateraal Onderbroke	1.0	2.1	3.0	64 & 127	4 x 11.5	Erosie Infiltrasie	Hermsmeier, 1963
Verbeterde Purdue-tipe Univ. van Wisconsin Madison, Wisconsin	SEC 7LA	41.4	Staties Onderbroke	0.1	1.2	2.4	2 - 111		Infiltrasie	Dixon, 1964 Amerman, 1970
Roterende balk USDA - SEA - AR Lincoln, Nebraska	SSC 80100 Veejet	41.4	Roterend Onderbroke	1.0	2.1	3.0	64 & 127	4 x 11	Erosie Infiltrasie	Swanson, 1965

Reënvalsimuleerder ligging	Spuitstuk	Druk (kPa)	Spuitstukbeweging en spreipatroon	Druppelgrootte(mm)			Intensiteit (mmh ⁻¹)	Toetsarea (m * m)	Gebruik	Verwysing
				D ₁₀	D ₅₀	D ₉₀				
Roterende balk USDA - SEA - AR Ames, Iowa	SSC 80100 Veejet	41.4	Roterend Onderbroke	1.0	2.1	3.0	64 & 127	4 x 11	Erosie	Swanson, 1965
Laboratoriumsimuleerder USDA - SEA - AR Lafayette, Indiana	SSC 80100 Veejet	41.4	Ossilerend Onderbroke	1.0	2.1	3.0	38	0.7 x 3.3	Erosie	Bubenzer, 1965
Laboratoriumsimuleerder Univ. van Wisconsin Madison, Wisconsin	SSC 80100 Veejet	41.4	Ossilerend Onderbroke	1.0	2.1	3.0	38	1 x 5	Erosie Afloop	Bubenzer, 1965
Roterende skyf simu- leerder Gronderosie Nav.Stasie Emek, Hefer Israel	SSC 1HH12 Fulljet 1.5 H30 Fulljet	60	Staties Onderbroke				9 - 74 15 - 143	1.0 X 1.5	Erosie	Morin, 1967
Verbeterde Purdue-tipe USDA - SEA - AR Tuscon, Arizona	SEC 7LA	41.4	Staties Kontinu	0.1	1.2	2.4	119	1.0 x 1.0	Infiltrasie Erosie	Dixon, 1968
Verbeterde Purdue-tipe Univ. van Missouri Columbia, Missouri	SEC 7LA	41.4	Staties Onderbroke	0.1	1.2	2.4	2 - 111			Langford, 1970
Verbeterde Purdue-tipe USDA - SEA - AR Columbia, Missouri	SEC 7LA	41.4	Staties Onderbroke	0.1	1.2	2.4	2 - 111			Langford, 1970
Verbeterde rainulator New Mexico State Univ. Las Cruces, New Mexico	SSC 80100 Veejet	41.4	Lateraal Onderbroke	1.0	2.1	3.0	101 & 203	5.0 x 6.5	Erosie	Anderson, 1968
Nuwe rainulator USDA - SEA - AR Lafayette, Indiana	SSC 80100 Veejet 80150 Veejet	41.4	Ossilerend Onderbroke	1.0 1.1	2.1 2.5	3.2 4.2	2 - 127	4 x 11.5	Erosie Infiltrasie	Langford, 1970
Rocky Mountain infil- trometer Utah Staat Univ. Logan, Utah	Tipe F	138 - 206	Staties Kontinu				127	0.5 - 0.7	Erosie Infiltrasie	Meeuwig, 1969
RFER Colorado Staat Univ. Fort Collins, Colorado	Rainjet 78C	193	Staties Kontinu	0.5	1.2	3.0	12 - 100		Afloop	Holland, 1969

Reënvalsimuleerder ligging	Spuitstuk	Druk (kPa)	Spuitstukbeweging en spreipatroon	Druppelgrootte(mm)			Intensiteit (mmh ⁻¹)	Toetsarea (m * m)	Gebruik	Verwysing
Sprinkelaar tipe Noord Dakota Staat Univ. Mandan, Noord Dakota	Rainjet 78C	193	Staties Kontinue	0.7	1.4	2.8	36 & 58	13 - 26	Erosie Infiltrasie	Holland, 1969
Reënvalsimuleerder Australië	SSC 8070 Veejet	41.4	Lateraal Onderbroke					4.6 x 4.6	Erosie	Turner, 1969
Palouse Veldstasie USDA - SEA - AR Pullman, Washington			Staties Kontinu				2 - 2000	2.6 x 13.1	Erosie	Langford, 1970
Palouse Infiltrometer Univ. van Idaho Moskou, Idaho	SSC 14WSQ Fulljet	41.4	Staties Onderbroke	0.8	1.7	2.6	1 - 50	2 x 2	Infiltrasie	Langford, 1970
Reëntoring USDA - SEA - AR Manhattan, Kansas	SSC 1 WSQ & 35 WSQ		Staties Kontinu	1.0	2.1	3.9	18	1.5 x 31	Erosie	Lyles, 1969
Draagbare simuleerder Commonwealth Atherton, Queensland Australië	Rose sproeistuk		Lateraal Onderbroke		1.3		80	2.0 x 3.3	Erosie Infiltrasie Minerale beweging	Costin, 1970
ROT skyf rainulator Univ. van Arizona Tuscon, Arizona	SSC 1.5 H30 Fulljet		Staties Onderbroke				17 - 1520	1.5 x 1.5	Erosie Infiltrasie	Cluff, 1971
Veranderbare intensiteit Infiltrometer Hebreeuse Univ. Rehovot, Israel	SEC 7LA	41.4	Staties Onderbroke	0.1	1.2	2.4	2 - 111	1.2 x 1.2	Infiltrasie	Rawitz, 1972
Waite Instituut Waite Landbou Nav.Inst. Suid-Australië	SSC 1.5 H30 Fulljet	69	Staties Onderbroke		2.4		10 - 150	1.0 x 1.0	Erosie	Grierson, 1975
Reënvalsimuleerder Cornell Univ Ithaca, New York	SSC 7309 Plat Teejet 8015 Plat Teejet	137 - 275	Roterend Onderbroke				17 - 282		Gif beweging	Brockman, 1975
Laboratoriumsimuleerder Univ. van Salford Lancashire, V.K.	Childs PVC	45	Staties				0 - 300	6.2 x 4.1	Infiltrasie Afloop	Nassif, 1975

Reëvalsimuleerder ligging	Spuitstuk	Druk (kPa)	Spuitstukbeweging en spreipatroon	Druppelgrootte(mm)			Intensiteit (mmh ⁻¹)	Toetsarea (m * m)	Gebruik	Verwysing
				D ¹⁰	D ₅₀	D ₉₀				
RAINS Oak Ridge Nat. Lab. Oak Ridge, Tennessee	Beta Fog SRN303		Staties Kontinu	0.4	1.2		5 - 27	1.0 x 1.0	Infiltrasie Minerale beweging	Shriner, 1977
USGS USGS Lakewood, Colorado	Rainjet 78C	193	Staties Kontinu	0.6	1.4	2.8	50		Erosie Infiltrasie Afloop	Lusby, 1977
USGS Buro Grondbestuur Denver, Colorado	Rainjet 78C	193	Staties Kontinu	0.6	1.4	2.8	50		Erosie Infiltrasie	Lusby, 1977
USGS USDA - SEA - AR Tuscon, Arizona	Rainjet 78C	193	Staties Kontinu	0.6	1.4	2.8	50		Erosie Infiltrasie	Lusby, 1977
USGS USDA - SEA - AR Sidney, Montana	Rainjet 78C	207	Staties Kontinu	0.7	1.5	2.4	64		Erosie Infiltrasie	Lusby, 1977
Morin/Goldberg-tipe Gunnedah Grondbewaring Nav. Sentrum Gunnedah, Australië	SSC 1.5 H30 Fulljet	70	Staties Onderbroke	1.9	2.6	4.3	58 - 115	1.0 x 1.5	Erosie	Marston, 1978
Rainulator Univ. van Illinois Urbana, Illinois	SSC 80100 Veejet	41.4	Lateraal Onderbroke	1.0	2.1	3.0	64 & 127	4 x 11.5	Erosie	Seimens, 1978
Rainulator Dept. of Prim. Ind. Toowooba, Queensland Australië	SSC 80100 Veejet	41.4	Lateraal Onderbroke	1.0	2.2	3.2	30 - 200	4 x 22.5	Erosie Infiltrasie	McKay, 1978
Tussensloot simuleerder USDA - SEA - AR Oxford, Mississippi	SSC 80100 Veejet 80150 Veejet	41.4	Ossilerend Onderbroke	0.7 1.1	1.6 2.5	3.2 4.2	10 - 127	0.7 x 0.9	Erosie	Meyer, 1979
Tussensloot simuleerder Michigan Tech Univ. Houghton-Hancock, Michigan	SSC 80100 Veejet 80150 Veejet	41.4	Ossilerend Onderbroke	0.7 1.1	1.6 2.5	3.2 4.2	10 - 127	0.7 x 0.9	-	Meyer, 1979

C

DRUPPELKARAKTERISTIEKE: PLAT SPROEISPUITPUNTE

Verklaring van simbole:

N = Sroepunttipe (werksdruk/lewing)

P = Werksdruk, kPa

A = Horisontale afstand vanaf sproepunt, m

H = Spuithoek afwaarts ten opsigte van horisontaal, °

I = Toedieningsintensiteit, mm h⁻¹

DRUPPELGROOTTE VERSPREIDING

L=1

N=80/100

P=80

A=3

H=0

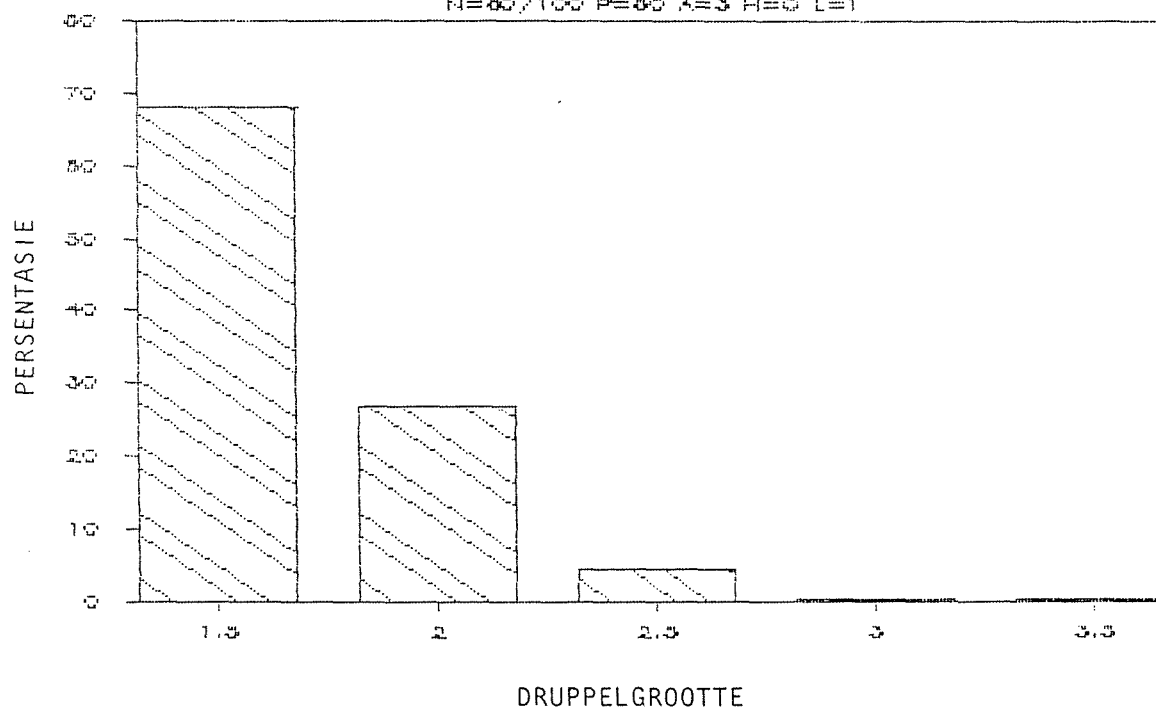
I=7.3

GEWEEGDE	GEMIDDELDE	DIAMETER	=	1.436	MM
GEWEEGDE	GEMIDDELDE	SNELHEID	=	3.545	M/S
GEMIDDELDE	ENERGIE		=	6.284	J/M ² /MM

Diam:	Snel:	Hoek:	%:	Hoef:	
1.5	3.43	35	68.33	643	
2	3.74	32	26.78	252	
2.5	4.05	29	4.36	41	
3	4.35	28	0.43	4	
3.5	4.66	28	0.11	1	
			100	941	

DRUPPELGROOTTEVERSPREIDING

N=80/100 P=80 A=3 H=0 L=1



DRUPPELGROOTTE VERSPREIDING

L=1

N=80/60

P=80

A=3

H=0

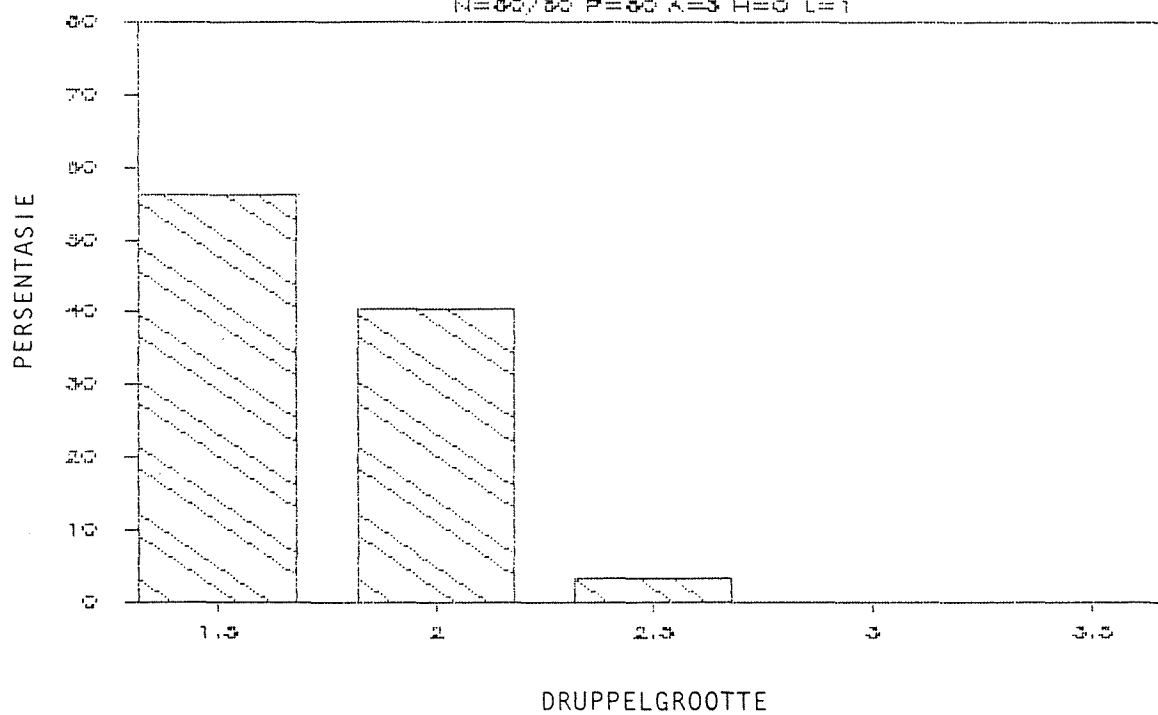
I=7

GEWEEGDE	GEMIDDELDE	DIAMETER	=	1.484	MM
GEWEEGDE	GEMIDDELDE	SNELHEID	=	3.303	M/S
GEMIDDELDE	ENERGIE		=	5.456	J/M ² /MM

Diam:	Snel:	Hoek:	%:	Hoef:
1.5	3.08	37	56.27	296
2	3.56	29	40.68	214
2.5	4.03	28	3.04	16
3	4.50	25	0.00	0
3.5	4.98		0.00	0
			100	526

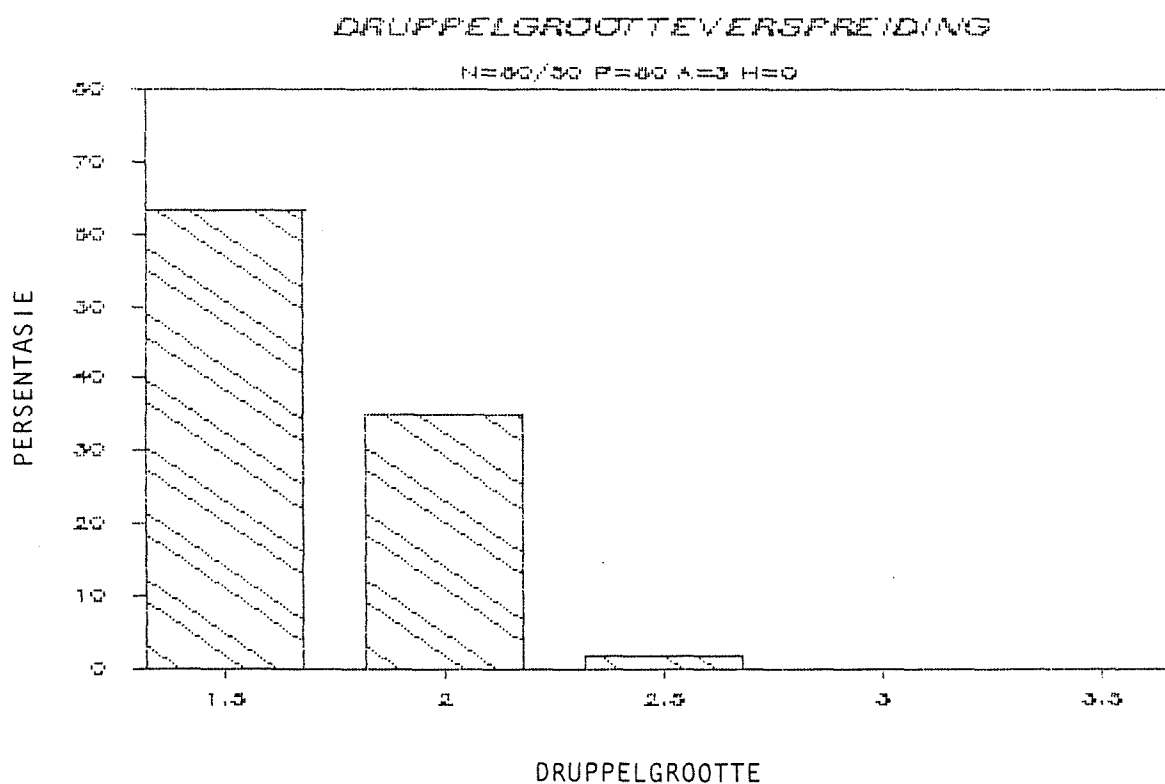
DRUPPELGROOTTEVERSPREIDING

N=80/60 P=80 A=3 H=0 L=1



DRUPPELGROOTTE VERSPREIDING

N=80/50		P=80	A=3	H=0	I=5.4
GEWEEGDE	GEMIDDELDE	DIAMETER =		1.441 MM	
GEWEEGDE	GEMIDDELDE	SNELHEID =		3.522 M/S	
GEMIDDELDE	ENERGIE	=		6.204 J/M ² /MM	
Diam:	Snel:	Hoek:	%:	Hoev:	
1.5	3.39	35	63.44	373	
2	3.73	31	34.86	205	
2.5	4.07	30	1.70	10	
3	4.41	29	0.00	0	
3.5	4.75		0.00	0	
			100	588	



DRUPPELGROOTTE-VERSPREIDING

N=65/50

P=80

A=3

H=0

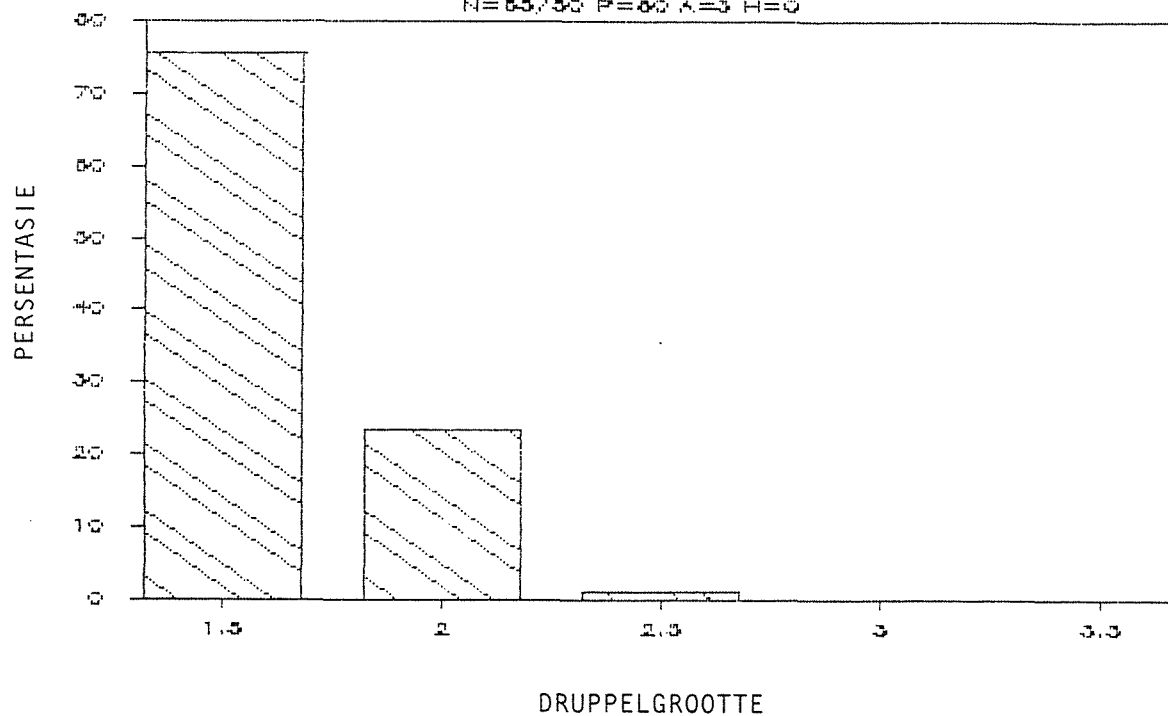
I=6.5

GEWEEGDE	GEMIDDELDE	DIAMETER	=	1.376	MM
GEWEEGDE	GEMIDDELDE	SNELHEID	=	3.348	M/S
GEMIDDELDE	ENERGIE		=	5.603	J/M ² /MM

Diam:	Snel:	Hoek:	%:	Hoev:
1.5	3.24	31	75.71	901
2	3.68	29	23.28	277
2.5	4.13	28	1.01	12
3	4.57		0.00	0
3.5	5.01		0.00	0
			100	1190

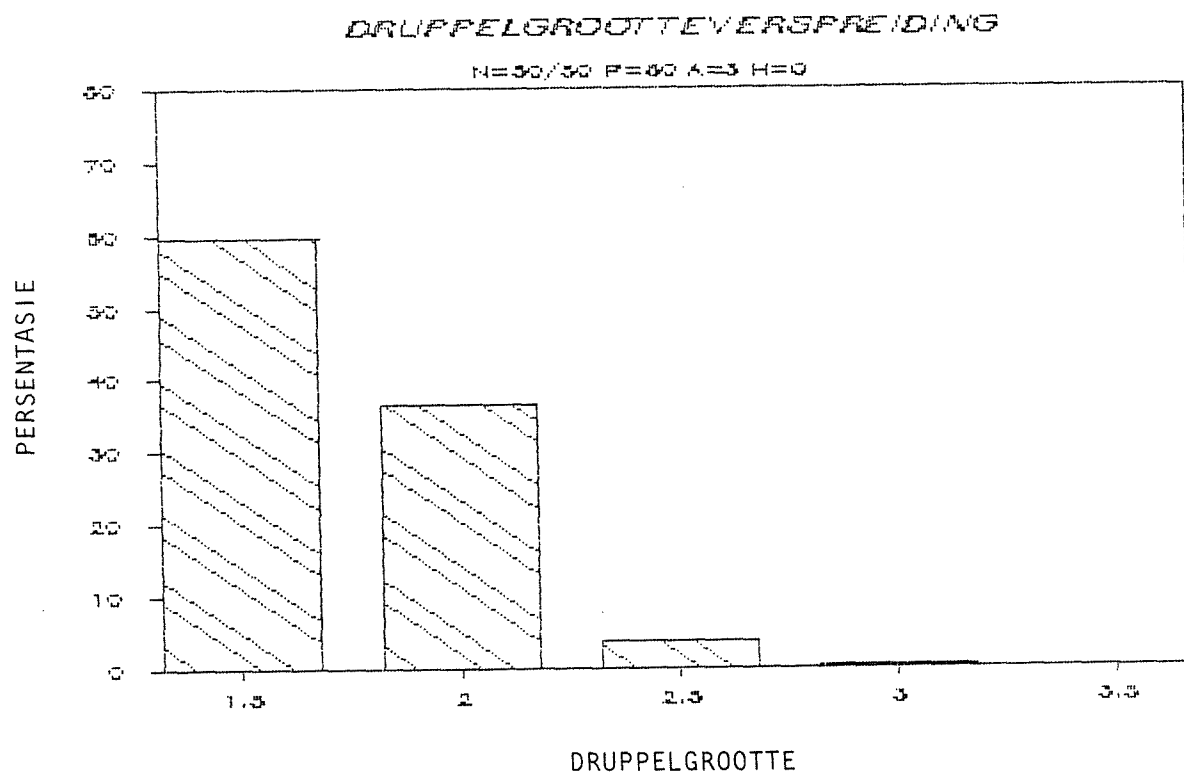
DRUPPELGROOTTEVERSPREIDING

N=65/50 P=80 A=3 H=0



DRUPPELGROOTTE-VERSPREIDING

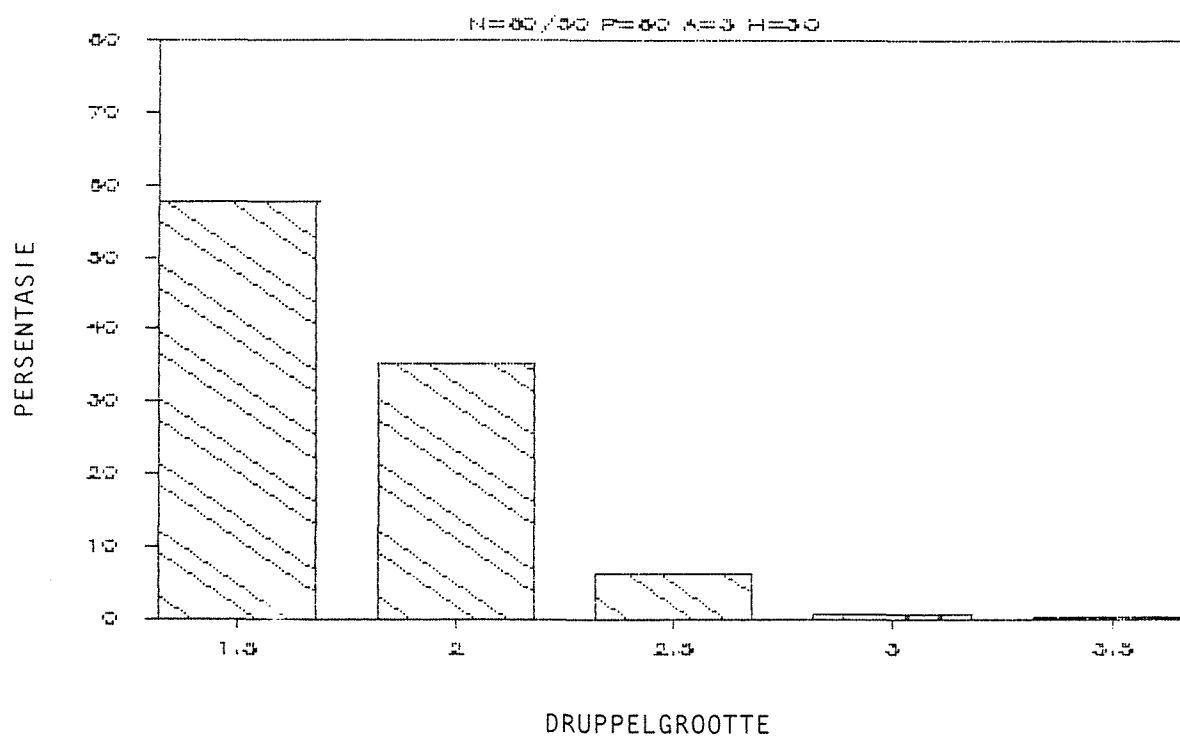
N=50/50	P=80	A=3	H=0	I=6
GEWEEGDE	GEMIDDELDE	DIAMETER	=	1.475 MM
GEWEEGDE	GEMIDDELDE	SNELHEID	=	3.898 M/S
GEMIDDELDE	ENERGIE		=	7.596 J/M ² /MM
Diam:	Snel:	Hoek:	%:	Hoef:
1.5	3.75	31	59.41	527
2	4.08	27	36.53	324
2.5	4.41	28	3.61	32
3	4.74		0.45	4
3.5	5.07		0.00	0
			100	887



DRUPPELGROOTTE-VERSPREIDING

N=80/50	P=150	A=3	H=30	I=8,7
GEWEEGDE	GEMIDDELDE	DIAMETER	=	1.502 MM
GEWEEGDE	GEMIDDELDE	SNELHEID	=	5.271 M/S
GEMIDDELDE	ENERGIE		=	13.892 J/M ² /MM
Diam:	Snel:	Hoek:	%:	Hoef:
1.5	4.88	42	57.64	626
2	5.66	42	35.27	383
2.5	6.44	36	6.26	68
3	7.22	34	0.74	8
3.5	8.00		0.09	1
			100	1086

DRUPPELGROOTTEVERSPREIDING



D

REKENAARSIMULASIEPROGRAM

PROCEDURE FOR SPRINKLER DISTRIBUTION TESTING FOR RESEARCH PURPOSES

Developed by the ASAE Sprinkler Irrigation Committee; approved by ASAE Soil and Water Division Standards Committee; adopted by ASAE as a Recommendation December 1969; reconfirmed December 1974; reclassified as a Standard March 1979; reconfirmed March 1981, March 1982, December 1982, December 1983, December 1984; revised March 1985; approved by ANSI as an American National Standard August 1988; reconfirmed December 1989.

SECTION 1—PURPOSE AND SCOPE

- 1.1 This Standard has the following two purposes:
 - 1.1.1 To provide a basis for the accumulation of data on the distribution characteristics of sprinklers.
 - 1.1.2 To provide a uniform method for the presentation of the data described in paragraph 1.1.1.
- 1.2 The data collected are to be of such extent and accuracy as to assist sprinkler system designers in making decisions regarding the water distribution pattern of sprinklers.
- 1.3 This Standard describes the types and methods of obtaining and recording pertinent climatic data. There must be a sufficient amount of data so that apparent conflicts between results of different investigators can be resolved.
- 1.4 No attempt is made here to define analysis procedures.
- 1.5 This Standard applies primarily to rotating sprinklers, and is not intended for testing nonrotating sprinklers such as spray nozzles.

SECTION 2—SPRINKLER DESCRIPTION AND SELECTION

- 2.1 **Number of sprinklers.** Single sprinkler tests only are covered in these procedural recommendations. It is generally desirable to perform more than one test under ostensibly the same sprinkler operating and climatic conditions. Each test shall be reported separately.
- 2.2 **Selection of sprinklers.** Any sprinkler used in these tests shall be chosen from normal production runs and shall be representative of all such sprinklers being produced.
- 2.3 **Description of sprinkler.** The sprinkler shall be described in such a way that a completely unambiguous reference can be made to it at a future date. This description shall include, but not necessarily be limited to, the following:
 - Manufacturer
 - Model name and number
 - Serial number or other identifying mark
 - Nozzle diameter(s) and description(s)
 - Entrance fitting description (size, type, etc.)
 - Type of bearing
 - Other identifying information (e.g., straightening vanes, type of drive, nozzle angle(s), etc.)

SECTION 3—TESTING INSTALLATION

- 3.1 **Sprinkler location and installation**
 - 3.1.1 The sprinkler shall be located in an area which has either a bare surface or less than 80 mm (3 in.) of vegetative growth. The slope of the test area shall not exceed 1.5%. The site shall be located such that there is a minimum clear distance upwind of the pattern area of 6 heights of any windbreak for each 0.45 m/s (1 mile/h) of wind speed up to a maximum of 30 heights for winds of 2.24 m/s (5 mile/h) or greater, and a minimum clear distance downwind of the pattern area equal to 5 heights of any downwind windbreak. A map showing location and height of windbreaks shall be included on the Standard Data Presentation Form. Tests shall not be run when these conditions are not satisfied.
 - 3.1.2 The height of the main nozzle shall be 0.6 m (2 ft) above the average elevation of the tops of the four nearest collectors. Other heights may be used for special purposes, but in all cases the nozzle height shall be clearly shown on the data.

- 3.1.3 The sprinkler riser shall be vertical within 1 deg. The riser shall be restrained to prevent vibration.

3.2 Collector description and location

- 3.2.1 All collectors used to measure distribution shall be the same. They shall be designed such that the water does not splash in or out and such that evaporation is kept to a minimum. The collector opening should be circular with a minimum diameter of 80 mm (3.1 in.). The collector shall be completely described on the data sheet. If an evaporation suppressant is used, its type and method of application shall be reported.
- 3.2.2 A square grid pattern of collectors shall be used. The sprinkler shall be located in the center of a grid square (midway between four adjacent collectors). A minimum of 80 collectors shall be maintained within the wetted area such that the entrance portion is horizontal, as estimated by visual means.
- 3.2.3 The average height of the tops of the four collectors nearest the sprinkler shall be no greater than 0.3 m (1 ft) above the ground or top of the vegetation. This distance shall be reported as collector height. The collectors shall be in a plane parallel to the average land slope.

3.3 Climatic measuring equipment and location

- 3.3.1 The wind movement during the test period shall be measured with a rotating-cup totalizing anemometer with an accuracy of $\pm 3\%$, or a device of equal or better accuracy. Floating ball type devices are not satisfactory. The wind direction shall be measured with a wind vane on the basis of eight points of the compass.
- 3.3.2 Wind measuring equipment shall be located within the clear area as described in paragraph 3.1, but outside the sprinkler pattern and at a height of 2 m (6.5 ft).
- 3.3.3 Dry and wet bulb temperature measurements shall be made at a location where the microclimate is essentially unaffected by the operation of the sprinkler. This will normally be upwind of the pattern area.

SECTION 4—MEASUREMENTS

- 4.1 **Sprinkler pressure.** One or both of the following pressure measurements may be used:

- 4.1.1 The nozzle pressure is defined as the pitot-static pressure at the vena-contracta of the jet from the main (largest) nozzle. It shall be measured prior to a test with a pitot tube and a pressure-indicating device accurate to within $\pm 2\%$ (at the sprinkler pressure).
 - 4.1.2 The base pressure is defined as the pressure head at the sprinkler. This shall be measured at a point on the riser at least 10 riser diameters downstream from any change of direction of flow or change in pipe cross-sectional area. Position and pressure shall be recorded. The base pressure shall vary no more than $\pm 3\%$ during a test.

- 4.2 **Sprinkler flow.** The flow through the sprinkler shall be measured and reported at the test pressure. Accuracy of the measuring technique shall be $\pm 3\%$. A calibrated water meter or weight-volume-time methods may be used.

- 4.3 **Sprinkler rotation.** The rate of rotation of the sprinkler shall be measured and reported. The uniformity of rotation through the four quadrants shall be measured and reported.

4.4 Climatic data

4.4.1 Wind measurements shall be taken at intervals of 15 min maximum. Velocity shall be recorded to the nearest 0.04 m/s (0.1 mile/h) and directions to the nearest octant. Direction shall be keyed to one of the principal axes of the Standard Data Presentation Form.

4.4.2 Wet and dry bulb temperatures shall be measured at intervals of 15 min maximum.

4.5 Depth of application. The depth of application in each collector shall be determined to an accuracy $\pm 2\%$ of the average application depth, and reported either in application depth or rate units in a table showing the location of the collector relative to the sprinkler (see Standard Data Presentation Form).

SECTION 5—TEST DURATION

5.1 The preferable test duration is 1 h. Other test durations may be used, but the circumstances and time must be clearly stated on the test.

sheet. Sprinklers shall be started and stopped at the same position and true total time recorded.

SECTION 6—REPORTING

6.1 Information to be recorded. The data outlined in Section 2—Sprinkler Description and Selection, Section 3—Testing Installation, Section 4—Measurements, and Section 5—Test Duration, of this Standard shall be recorded on forms similar to the Standard Data Presentation Form shown in Figs. 1 and 2. A separate set of sheets shall be prepared for each sprinkler test.

6.2 Deviations from recommended procedure. Deviations from the recommended procedure shall be indicated on the Standard Data Presentation Form.

6.3 Additional data. Additional data on the conduct of a test should be included if it will benefit the system designer or help explain variations in results.

Test Conditions

Testing Agency _____ Date _____ Test No. _____

Sprinkler Specifications (Par. 2.3) _____

Test Location _____ Weather _____

1. Vertical distance from riser gage to nozzle, mm (in.) (Par. 4.1.2) _____

2. Inside diameter of riser, mm (in.) _____

3. Collector height, m (ft) (Par. 3.2.3) _____

4. Collector entrance diameter, mm (in.) (Par. 3.2.1) _____

5. Sprinkler height, m (ft) (Par. 3.1.2) _____

6. Flow rate, L/min (gpm) (Par. 4.2) _____

7. Description of collector (Par. 3.2.1) _____

8. Evaporation suppressant used _____ Volume/collector _____

9. Data during test:

[illegible]

10. Map of test area. Give the following:
 - a. Location of sprinkler.
 - b. Location of climatic measurement equipment.
 - c. Wind direction during test period.
 - d. Distance from sprinkler to all windbreaks (upwind, downwind, and to side).
 - e. Heights of all windbreaks.

This test _____ does _____ does not meet the criteria for sprinkler testing set forth in ASAE S330, Procedures for Sprinkler Distribution Testing for Research Purposes.

FIG. 1—STANDARD DATA PRESENTATION FORM, Test Conditions

Test Location _____ Weather _____

[illegible]

Above data is in the following units: _____. Mark locations of sprinkler with plus (+) sign. Indicate prevailing wind direction by an arrow and give its least angle of deviation from a line parallel to one of the principal axes of this sheet. Grid spacing is _____ m (ft).

FIG. 2—STANDARD DATA PRESENTATION FORM, Map