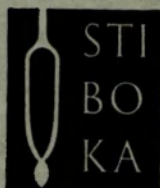


NN31396.1433.2

**STICHTING VOOR BODEMKARTERING
WAGENINGEN**

WATERWINGEBIED OVER-BETUWE
Toelichting op en verwerking van bodemkundige gegevens



Stichting voor Bodemkartering
Postbus 98
6700 AB Wageningen
Tel. 08370-19100

Rapport nr. 1433
Project nr. 163.31

WATERWINGEBIED OVER-BETUWE

Toelichting op en verwerking van bodemkundige gegevens

G.H. Stoffelsen

en

J. Bouma

Basisrapport Commissie Bestudering Waterhuishouding Gelderland

CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS



0000 0082 6111

m

m

Wageningen, februari 1979

ISBN 100203-03

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm en op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de Stichting voor Bodemkartering en de Commissie Bestudering Waterhuishouding Gelderland.

25 OKT. 1979

I N H O U D

	<u>Blz.</u>
WOORD VOORAF	4
1 INLEIDING	5
2 BESCHRIJVING VAN HET GEBIED EN DE NAASTE OMGEVING	6
2.1 De geologische opbouw	6
2.1.1 Inleiding	6
2.1.2 Het Pleistoceen voorafgaand aan de landijsbedekking	6
2.1.3 De landijsbedekking in het Saalien	6
2.1.4 Het Eemien en het Weichselien	7
2.1.5 Het Holocene	7
2.2 Indeling naar textuur, profielverloop en kalkverloop	9
2.2.1 Textuur	9
2.2.2 Profielverloop	10
2.2.3 Kalkverloop	11
2.3 Beknopte beschrijving van de bodemgesteldheid	11
2.3.1 Zandgronden	11
2.3.1.1 Podzolgronden	11
2.3.1.2 Dikke eerdgronden	13
2.3.1.3 Kalkloze zandgronden	14
2.3.1.4 Kalkhoudende zandgronden	14
2.3.1.5 Samengestelde eenheden	15
2.3.2 Rivierkleigronden	15
2.3.2.1 Poldervaaggronden	15
2.3.2.2 Ooivaaggronden	19
2.4 Beknopte beschrijving van de indeling naar grondwatertrappen	20
3 GEFASEERDE VERZAMELING VAN BODEMKUNDIGE GEGEVENS	22
3.1 Inleiding	22
3.2 Gegevens fase II	23
3.3 Gegevens fase III	24
3.4 Fase IV	26
3.4.1 Inleiding	26
3.4.2 Gegevens fase IV	26
3.4.3 Bepaling van regressievergelijkingen voor pF-curven van rivierkleigronden (J.N.B. Poelman)	27
3.4.4 Bepaling van doorlatendheden	28
3.4.4.1 Inleiding	28
3.4.4.2 De kolommenmethode voor het meten van K_{verz}	28
3.4.4.3 De heteluchtmethode voor het meten van K_{onverz}	30
3.4.5 Waterhuishouding van heterogene, zwellende kleigronden	32
3.4.5.1 Heterogene stromingspatronen	33
3.4.5.2 Het niet constant zijn van fysische constanten	34

Bijlagen:

1. Knooppuntenkaart (fase II), schaal 1 : 25 000
2. Knooppuntenkaart (fase III en IV), schaal 1 : 25 000
3. Gegevens fase IIa en IIb (tabel, blz. 36-50)
4. Gegevens fase III (tabel, blz. 51-58)
5. Gegevens fase IV (tabel, blz. 59-66)

Afbeeldingen	
* 1.	Situatiekaart, schaal 1 : 50 000 (Top.krt. 390 en 40W) 5
2.	De verbreiding van Maas- en Rijnafzettingen, nabij het oppervlak in de stuwwallen van Midden-Nederland 6
* 3.	Gezicht op de Betuwe, vanaf de hooggelegen stuwwal ten noorden van de Neder-Rijn 6
4.	Overzicht van de voorkomende stuwwallen en fluvioglaciale afzettingen 6
* 5.	De sterk "meanderende" Neder-Rijn 8
6.	Het verband tussen de oude, landschappelijke benaming en de onderscheiden bodemeenheden uit het rivierkleigebied 8
* 7.	Boerderij "De Hucht", gelegen op een "pol" 9
8.	Doorsnede van het komkleigebied van het Hollanderbroek ten oosten van Homoet 9
* 9.	Landschap, bestaande uit "jonge" gronden van eenheid Rn95A, gelegen voor de winterdijk van de Neder-Rijn 16
* 10.	Landschap, bestaande uit "oudere" gronden van eenheid Rn95A, ten noorden van Elst 16
* 11.	Eén van de grote komgebieden die in het onderzoeksgebied Over-Betuwe worden aangetroffen 18
12.	Vier tijdstijghoogtelijnen van de COLN-stambuis nr. 2969 in een kalkrijke rivierkleigrond (Rn95A) met Gt VI 20
* 13.	De Linge; van bijzonder belang o.a. voor de waterbeheersing van de lage komgronden 21
14.	Relatieve kosten 23
15.	Guide for textural classification (Soil Survey Manual, 1969), waarop de Rijtema-waarden (pF en K-Ψ) zijn gebaseerd (getrokken lijn), met daarop geprojecteerd de Nederlandse indeling volgens de zgn. "kleidriehoek" (onderbroken lijn) 26
* 16.	Uitgesneden verticale kolom zware komklei met een diameter van dertig cm en daarop aangebracht de ring van de infiltrometer 29
* 17.	Meting van de verticale K _{verz} in een van de ondergrond losgemaakte kolom komklei 29
* 18.	Het grondniveau in de cylinder wordt gemeten 30
* 19.	Een op een statief geplaatste heteluchtbron, met daaronder de met grond gevulde cylinder 31
* 20.	Het op gezette tijden wegen van het monster, om het cumulatief gewichtsverlies te berekenen 31
* 21.	Met een stempel wordt de grond uit de cylinder geduwd en plaatsgewijs afgesneden 31
22.	Vochtgehaltecurven bepaald na toepassing van de heteluchtmethode 32
23.	pF-curve die wordt gebruikt bij de berekeningsmethode, behorend bij de heteluchtmethode 32
24.	K-Ψ curven voor de verschillende textuurklassen 32
Tabellen	
1.	Oppervlakteverdeling naar bodemeenheden en grondwatertrappen 5
2.	Stratigrafisch overzicht van de beschreven afzettingen 6
3.	Grondwatertrappenindeling 21
4.	Basisgegevens voor het berekenen van de pF-curven (bovengrond) 27
5.	Basisgegevens voor het berekenen van de pF-curven (ondergrond) 27
6.	Benodigde gegevens voor de heteluchtmethode 31
7.	Computerinvoer en -uitvoer voor de heteluchtmethode 32
* 25.	Deze afbeeldingen zijn achter het verslag ingebonden.

WOORD VOORAF

Dit rapport is één van de drie basisrapporten van Stiboka voor de Commissie Bestudering Waterhuishouding Gelderland, die betrekking hebben op de onderzoeksperiode 1975-1978.

In dit rapport worden de bodemkundige gegevens vermeld en toegelicht die zijn verzameld voor het gebied Over-Betuwe. De veld- en laboratoriumwerkzaamheden werden uitgevoerd door G.H. Stoffelsen. Bij het vaststellen van de per knooppunt voorkomende bodemeenheden, werd tijdelijke assistentie verleend door Ing. L.B. Groenveld. Het algehele onderzoek stond onder leiding van Dr.Ir. J. Bouma.

De simulatieberekeningen met behulp van model GELGAM worden momenteel uitgevoerd op het Rijks Instituut voor Drinkwatervoorziening. Dit rapport bevat derhalve nog geen simulatieresultaten. Deze zullen in een ander basisrapport worden gepresenteerd.

De directeur,

Ir. R.P.H.P. van der Schans.

Tabel 1 Oppervlakteverdeling naar bodemeenheden en grondwatertrappen:

eenheden van de bodemkaart	in ha per grondwatertrap								totaal	
	II	III	II/III	V	VI	VII	VI/VII	uiter- waard	ha	%
Holtpodzolgronden:										
Y21						50			50	0,3
gY30						1541			1541	10,7
Veldpodzolgronden:										
Hn21						25			25	0,2
Haarpodzolgronden:										
Hd21						184			184	1,3
gHd30						646			646	4,5
Sub										
totaal: ha						2446			2446	17,0
Zwarte enkeerdgronden:										
gzEZ30						187			187	1,3
zEZ21						32			32	0,2
Sub										
totaal: ha						219			219	1,5
Beekeerdgronden:										
pZg23		37							37	0,2
Gooreerdgronden:										
pZn23g	23								23	0,2
Vlakvaaggronden:										
kZn30A								52	52	0,4
Sub										
totaal: ha	23	37						52	112	0,8
Samengestelde eenheden:										
Hn21/pZg21			36						36	0,3
Sub										
totaal: ha			36						36	0,3
Poldervaaggronden:										
Rn52A								418	418	2,9
Rn66A					309				309	2,2
Rn15A					88			10	98	0,7
Rn95A					480		923	52	1455	10,1
Rn45A								34	34	0,2
Rn46A					4				4	-
Rn82A								114	114	0,8
Sub										
totaal: ha					881		923	628	2432	16,9
Rn62C					28				28	0,2
Rn67C				387	593				980	6,8
Rn94C				250	33				283	2,0
Rn47C				1427	21				1448	10,1
Rn44C		244		727					971	6,7
Rn44C.v.		783							783	5,4
bRn46C					275				275	1,9
Rn95C				60	625				685	4,8
Sub										
totaal: ha		1027		2851	1575				5453	37,9

Vervolg tabel 1

[illegible]

1 INLEIDING

Het doel van dit onderzoek was het verkrijgen van relevante bodemkundige gegevens voor het studiegebied Over-Betuwe. Deze gegevens worden gebruikt voor computer-simulaties van de waterhuishouding die door de Commissie Bestudering Waterhuishouding Gelderland worden uitgevoerd. Dit rapport moet dan ook worden beschouwd als een deelrapport dat vooral in relatie tot andere deelrapporten moet worden geïnterpreteerd.

De verzamelde bodemkundige gegevens zijn vooral relevant voor de simulatie van de waterhuishouding in de onverzadigde zone tussen grondwaterspiegel en bodemoppervlak. Verschillende procedures zijn gevolgd bij het verzamelen van de bodemkundige gegevens, omdat het onderzoek onder meer moet resulteren in het vaststellen van de voor een gegeven doelstelling meest relevante en economische procedure. Het beschikbaar zijn van bodemkaarten biedt de mogelijkheid om tegen relatief lage kosten globale schattingen te maken van de voorkomende bodemeigenschappen. Deze schattingen kunnen worden verfijnd door het ter plaatse verrichten van boringen en door gedetailleerd laboratoriumonderzoek. Beide activiteiten brengen echter een sterke stijging van de kosten met zich mee.

In dit rapport zal een nadere analyse worden gepresenteerd van alternatieve procedures voor het verkrijgen van bodemkundige gegevens ten behoeve van simulatiemodellen, zoals gebruikt in deze studie. Het proefgebied Over-Betuwe omvat gedeelten van de gemeenten Wageningen, Renkum, Arnhem, Heteren, Valburg, Elst en Bemmelen (afb. 1). De totale oppervlakte bedraagt 14 400 ha. Het pompstation Fikkersdries ligt in het centrum van het gebied, dat ten behoeve van de simulatie is verdeeld in 289 op een knooppunt genummerde rechthoeken en vierkanten die fungeren als representatieve oppervlakten voor de simulatie (bijl. 1).

In dit rapport zal in de eerste plaats een globale beschrijving worden gegeven van de geogenese van het gebied, waarna de verschillende, voorkomende bodemeenheden zullen worden besproken. De voor ieder knooppunt benodigde gegevens voor het representatief oppervlak zijn met behulp van vier verschillende procedures, verzameld en worden als zodanig gepresenteerd. Een onderlinge evaluatie van deze procedures zal tenslotte moeten worden verkregen op basis van een vergelijking van ermee behaalde simulatieresultaten. Deze resultaten waren echter nog niet beschikbaar in januari 1979 bij het afsluiten van het onderzoek. Volstaan wordt derhalve in dit rapport met een beschrijving van de gevolgde procedures en de daarmee verkregen basisgegevens.

2 BESCHRIJVING VAN HET GEBIED EN DE NAASTE OMGEVING

2.1 De geologische opbouw

2.1.1 Inleiding

De afzettingen uit dit gebied dateren zowel uit het Pleistoceen als uit het Holoceen (tabel 2). Het Pleistoceen omvat een aantal warme en koude tijden, waarvan in dit kader de voorlaatste en de laatste koude tijden (ijstijden) van belang zijn. Gedurende de voorlaatste ijstijd, het Saalien (Rissijstijd), bereikte het landijs ons land en overdekte een deel van de sedimenten die voordien waren afgezet door de grote rivieren.

Na een warmere periode, het Eemien, werd het gedurende de laatste ijstijd, het Weichselien (Würmijstijd), opnieuw zeer koud; het landijs bereikte deze keer Nederland niet. Ongeveer ter plaatse van het huidige rivierkleigebied sedimenteerden de rivieren gedurende het Eemien en het Weichselien dikke lagen meestal grove zanden. Ten noorden en ten zuiden van het tegenwoordige rivierkleigebied werden in verschillende perioden van het Weichselien grote hoeveelheden fijn zand door de wind verplaatst en als dekzanden weer afgezet. Aan het eind van het Pleistoceen begonnen de rivieren zich in hun eigen afzettingen in te snijden. In die tijd en in het begin van het Holoceen (dat omstreeks 8000 v. Chr. begon) is een dun kleidek op de oudere, grovere rivierzanden afgezet. Vanaf het Atlanticum tot aan de bedijking in de twaalfde eeuw werden dikke lagen klei en zavel gesedimenteerd. Dit gebeurde in enkele fasen, afgewisseld met perioden van veenvorming.

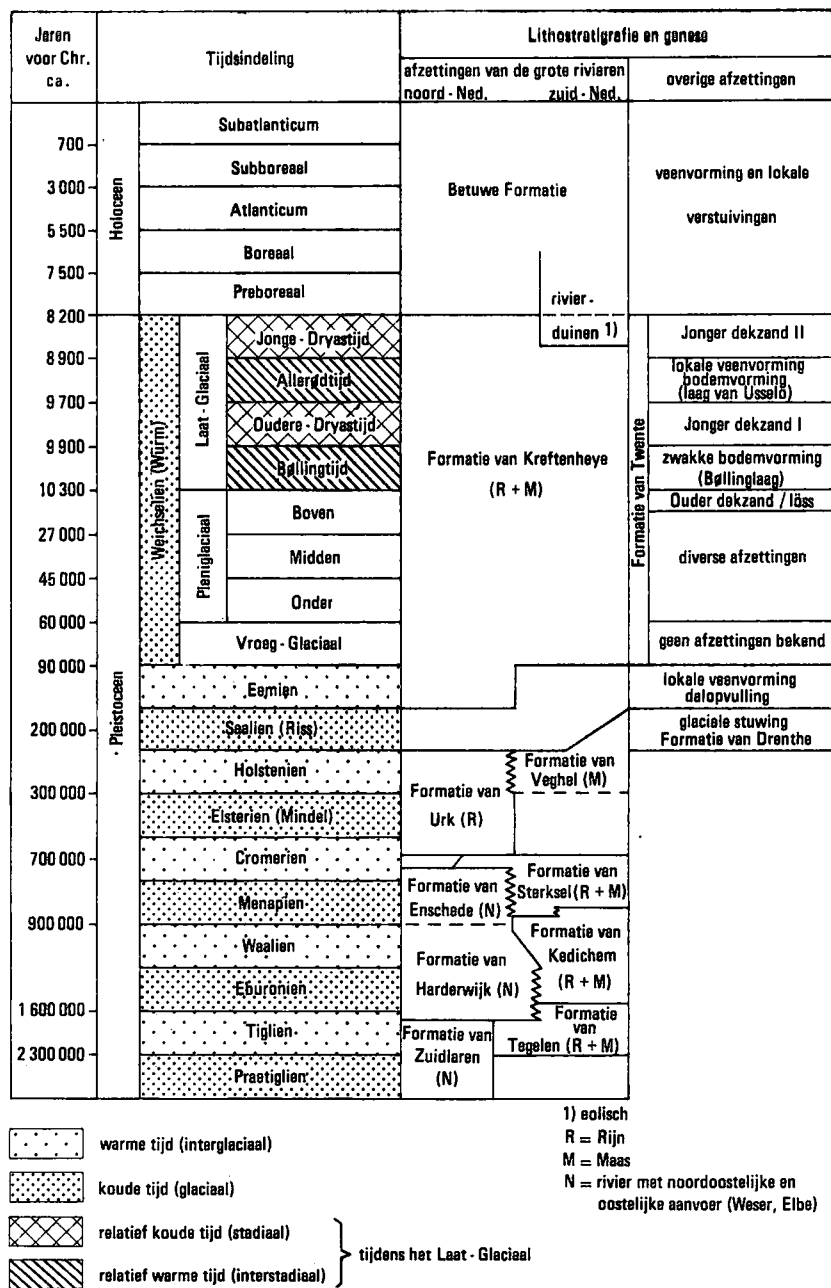
De geologische veranderingen in het zandgebied zijn gedurende het Holoceen beperkt gebleven tot het ontstaan van enkele stuifzandcomplexen en in geringe mate de vorming van veen.

2.1.2 Het Pleistoceen voorafgaand aan de landijsbedekking

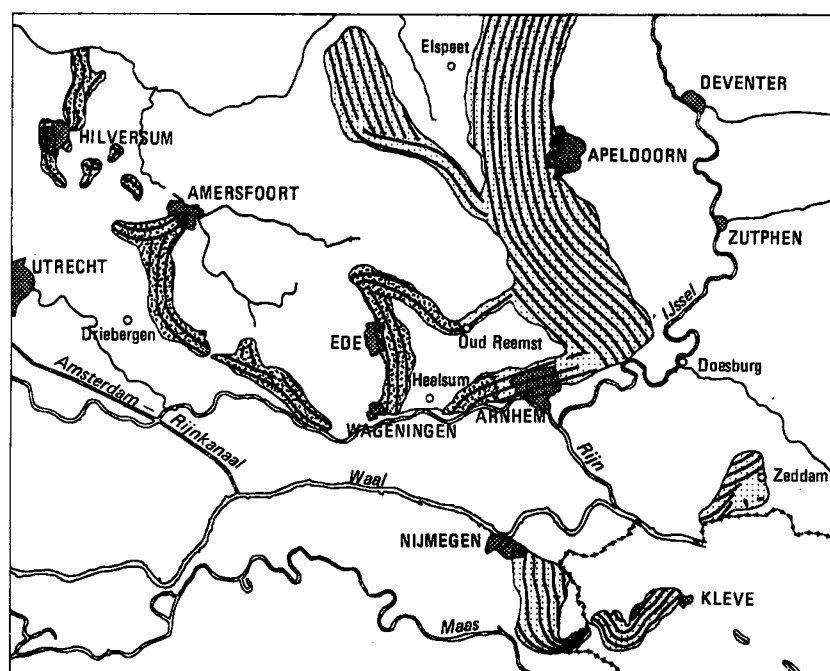
Gedurende deze periode van het Pleistoceen werden door de grote rivieren dikke pakketten grof en ook wel fijn materiaal afgezet; ten westen van Heelsum voornamelijk aangevoerd door de Rijn en de Maas en naar het oosten vooral door de Rijn (afb. 2). Ze worden aangeduid als de Formatie van Urk (tabel 2).

2.1.3 De landijsbedekking in het Saalien

Gedurende het Saalien drong het ijs vanuit het noorden Nederland binnen. Hierdoor werd de afwatering naar het noorden belemmerd en werden de Rijn en de Maas gedwongen hun loop naar het westen te verleggen, ten zuiden van Nijmegen door het dal van de Niers. Bij het binnendringen van de ijsmassa's werd de ondergrond weggeperst en opgestuwd. Langs de randen van de ijslobben ontstonden hierdoor langgerekte heuvels, de stuwwallen. Enkele van deze stuwwallen liggen binnen het waterwinproefgebied; ze worden aangetroffen ten noorden van de Neder-Rijn (afb. 3). Een overzicht geeft afb. 4. Op enkele plaatsen in dit gebied reiken ze tot 50 à 60 m + NAP. De oorspronkelijk horizontaal afgezette rivierzanden zijn in de stuwwallen schuin- en soms zelfs verticaal-omhoog geperst. De diepte tot waar de stuwing plaatsvond, was afhankelijk van de druk van het ijs. Waar de gestuwde lagen aan het oppervlak komen (dagzomen) vindt men in de stuwingsrichting (dus loodrecht op de strekkingslijnen) op korte afstand een sterke wisseling in korrelgrootte, leemgehalte enz. van de zanden. Het gestuwde materiaal bestaat overwegend uit grindrijk "bruin" grof zand, dat relatief vrij veel gemakkelijk verweerbare mineralen bevat. Er zijn grofzandige moderpodzolgronden (gY30) in gevormd. Waar slecht doorlatende klei- of leemlagen in het gestuwde materiaal voorkomen zijn soms meren of



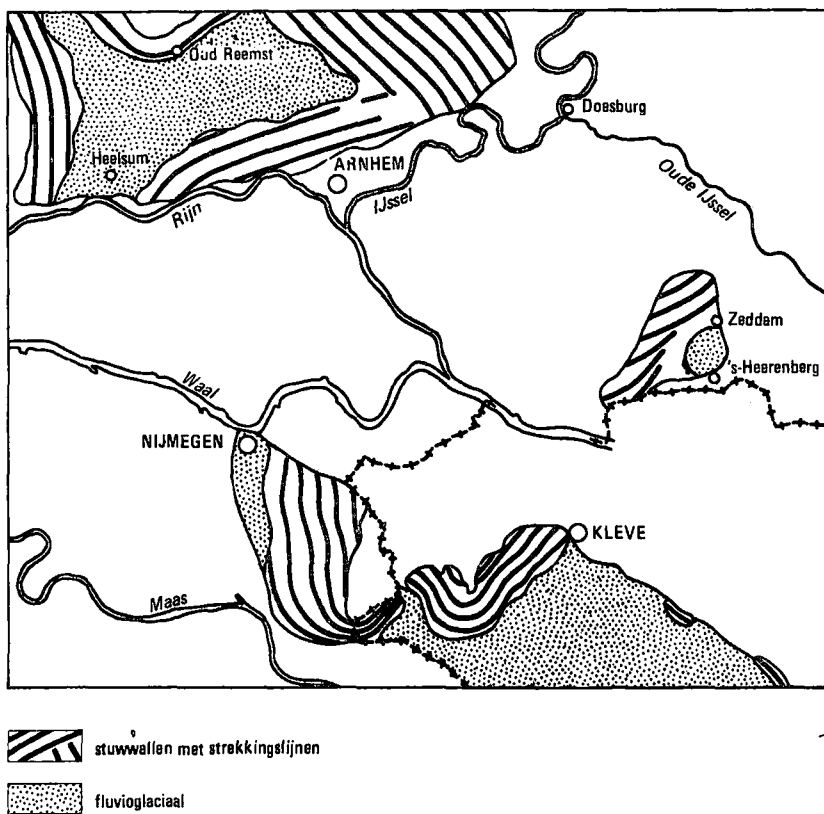
Tabel 2 Stratigrafisch overzicht van de beschreven afzettingen.



 afzetting met veel Maasmateriaal

 afzetting met veel Rijnmateriaal

Afb. 2 De verbreiding van Maas- en Rijnafzettingen, nabij het oppervlak in de stuwwallen van Midden-Nederland (naar Maarleveld, 1956).



Afb. 4 Overzicht van de voorkomende stuwwallen en fluvioglaciale afzettingen (in hoofdzaak naar Edelman en Maarleveld, 1958 zie ook het door het RID uitgebrachte basisrapport)

plassen ontstaan. Toen het ijs begon te smelten, stroomde een groot deel van het smeltwater over de laagste plaatsen van de stuwwallen. Aan de achterzijde hiervan werd grof, gelaagd materiaal afgezet: smeltwaterafzettingen (sandur). Een duidelijk dal, dat ongeveer van Terlet naar Heelsum loopt, is in de eindfase waarschijnlijk een belangrijke afvoergeul van smeltwater geweest. De fluvioglaciale zanden zijn scherp, tamelijk grof en mineralogisch armer dan de fluviatiele bruine zanden; ze zijn ook leemarmer, omdat de fijnste bestanddelen door het water zijn uitgespoeld. Voor het merendeel zijn er haarpodzolgronden (gHd30) in gevormd.

2.1.4 Het Eemien en het Weichselien (Würmtijd)

Tijdens de warme Eemtijd steeg de zeespiegel zover, dat deze op veel plaatsen de lage, glaciale tongbekkens (door het ijs gevormde diepe laagten) binnendrong. In het Weichselien, de koude tijd die op de Eemtijd volgde, bereikte het landijs Nederland niet. Wel traden er belangrijke wijzigingen in het landschap op. In het gebied van de grote rivieren (Rijn en Maas) werd een dik pakket grove rivierzanden afgezet, die worden aangeduid als de Formatie van Kreftenheye. De Maas stroomde ten zuiden van de Betuwe. De Rijn daarentegen volgde een loop ten oosten van het Montferland en vervolgens naar het noorden. Vanaf het Midden-Weichselien was er ook weer een Rijntak die door de Betuwe stroomde. Bij het smelten van sneeuw en ijs moest in het voorjaar in korte tijd veel water worden afgevoerd, waarbij ook veel sedimenten werden verplaatst. De rivierbeddingen werden hiermee snel opgevuld, zodat het water zich een nieuwe weg moest zoeken. In het brede dal ontstond een zogenaamd verwilderd of vlechtend riviersysteem met een patroon van talrijke, zich vertakkende en weer samenkomende geulen. In droge perioden kon gemakkelijk op grote schaal winderosie optreden. Het door de wind verplaatste materiaal is een belangrijke bron geweest voor dekzand en löss.

Tijdens het laatste deel van het Weichselien, het Laat-Glaciaal, was het minder koud. In het klimaat traden vrij sterke schommelingen op, waarbij relatief warme tijden (interstadialen) afwisselden met relatief koude tijden (stadialen). Het Laat-Glaciaal begint met een relatief warme tijd, de Bøllingtijd (zie tabel 2). Op sommige plaatsen in Nederland zijn in deze periode dunne veenlaagjes gevormd en is plaatselijk een min of meer duidelijke bodemvorming opgetreden.

In de hierna volgende koudere periode de zg. Oude Dryastijd waren de klimatologische omstandigheden van dien aard dat er weer zandverstuivingen optraden. Het bij deze verstuivingen opnieuw verplaatste zand wordt jong dekzand genoemd. In de hierna volgende, relatief warme, Allerød-tijd is weinig zand verstoven. Plaatselijk was toen een begroeiing met o.a. berken en dennen aanwezig, waaronder een zwakke bodemvorming plaatsvond. Toen het na de Allerød-tijd weer kouder werd, nam vooral in de hogere, droogste delen van het landschap de begroeiing weer af en traden er opnieuw zandverstuivingen op. Het tijdens deze Jonge Dryastijd afgezette zand duidt men aan als jong dekzand II. Plaatselijk wordt dit materiaal ook op de stuwwallen aangetroffen.

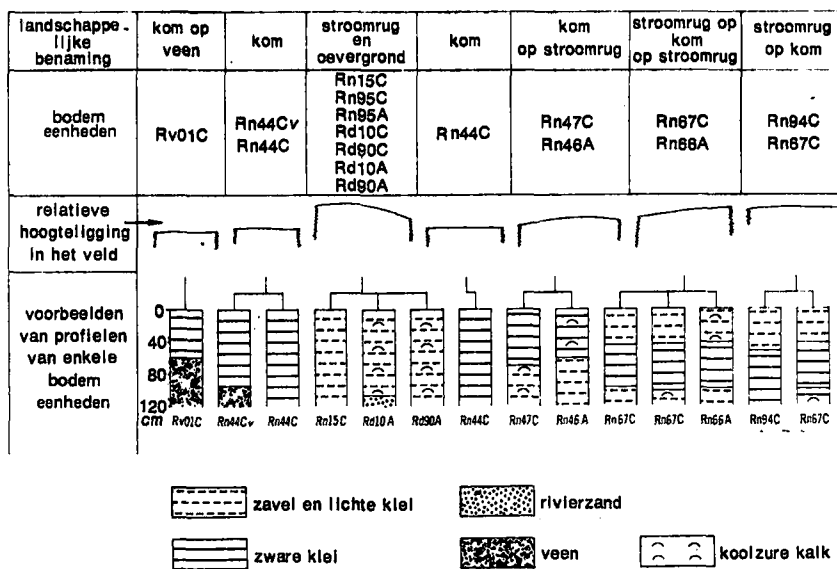
2.1.5 Het Holoceen

Het zandgebied raakte vanaf het begin van het Holoceen geleidelijk begroeid. De veranderingen, die daarna nog hebben plaatsgevonden, zijn beperkt tot verstuivingen op plaatsen waar het begroeiingsdek - al dan niet door het ingrijpen van de mens - werd verstoord.

In het rivierkleigebied (het gebied van de grote rivieren) traden door de definitieve verbetering van het klimaat, die ca. 10 000 jaar geleden begon, grote veranderingen op. Door de ingetreden klimaatsverbetering die de overgang van het Weichselien naar het Holoceen kenmerkt, had

een geleidelijke uitbreiding van de begroeiing o.a. met bossen, bestaande uit dennen en berken tot gevolg. Hierdoor werd de bodem meer vastgelegd en nam aanvoer van materiaal sterk af. De waterafvoer van de rivieren werd regelmatig, waardoor het vlechtende karakter geleidelijk verdween. De vele geulen verenigden zich tot één of enkele hoofdstromen, die hun bed niet alleen sterk verbreedden, maar ook verdiepten, waardoor de rivier zich insneed in de bestaande sedimenten, waarbij grote hoeveelheden zand in beweging kwamen. Dit werd voor een groot deel op de oevers geworpen, waar het soms opstoot tot rivierduinen van aanzienlijke hoogten. Sommige daarvan zijn geleidelijk door dikke lagen jonge rivierklei bedekt. Alleen de hoogste steken boven de rivierklei uit. Ook liggen veel oude bewoningsplaatsen op dergelijke zandopduikingen, zoals o.a. Valburg.

Aangezien de zeestand nog vele meters beneden het huidige peil lag was het verval en daarmee de stroomsnelheid groot, waardoor er nauwelijks kleilig materiaal werd gesedimenteerd. Pas omstreeks de overgang van het Atlanticum naar het Subborea, toen de zeestand tot ongeveer 4 meter beneden het huidige peil was gestegen, kregen de rivieren in dit gebied meer het karakter van een benedenloop en werd sedimentatie van kleilig materiaal mogelijk. In het grootste deel van het Subborea was het overstromingsgebied nog zeer groot en ontstond er weinig differentiatie in de sedimenten (Afzettingen van Gorkum). Pas in het Laat-Subborea en in het Subborea trad een duidelijke differentiatie in oeverwallen en kommen op (Afzettingen van Tiel). De opbouw van een dergelijk oeverwallen- en kommensysteem is een gevolg van het afzetmechanisme van een meanderende rivier. Deze stroomt doorgaans in één betrekkelijk nauwe geul, met als gevolg, dat bij een geringe toename van de afvoer het water buiten de bedding treedt. De stroomsnelheid wordt daarbij direct kleiner, waarbij het meegevoerde grove materiaal tot afzetting komt. Aan beide zijden van de bedding ontstaat een oeverwal, waardoor de rivier wordt ingesloten. Naarmate de oeverwallen verder worden opgehoogd, zullen ze uit fijner materiaal bestaan. Ver van de bedding zal het water nog slechts zeer langzaam stromen of stilstaan. In dit gebied (kom) bezinkt daardoor alleen het fijnste materiaal (zware klei). Op veel plaatsen vindt men in de komkleiafzettingen donkere banden, de zg. laklagen, dit zijn oude begroeiingshorizonten, die in perioden van weinig of geen opslibbing zijn ontstaan. Als gevolg van de grotere stroomsnelheid van het rivierwater in de buitenbochten van de stroomgeul worden deze verder uitgeschuurd. De rivier gaat steeds sterker meanderen (afb. 5). In de binnenbochten ontstaan hierbij zandbanken. Doordat de bedding geleidelijk wordt opgevuld, zal de rivier op zeker moment door haar oeverwal breken, gewoonlijk in de buitenbocht. Er ontstaat dan in het naastliggende (kom)gebied een nieuwe loop, waarlangs oeverwallen worden opgebouwd, die dan bestaan uit licht materiaal op een zware ondergrond (eenheden Rn94C, Rn67C, Rn66A; zie afb. 6). Ook kunnen oude oeverwallen bedekt worden door komklei (Rn46A, Rn47C). Het gebied tussen de nieuwe en de oude oeverwallen vormt een kom met zware tot zeer zware kleiafzettingen (Rn44C). De voortdurende stroomverleggingen hebben tot gevolg gehad, dat afzettingen met zeer verschillende texturen op elkaar liggen. Vandaar ook dat er een groot aantal bodemeenheden zijn onderscheiden met verschillen in profielverlopen, bouwvoorwaarden en kalkgehalten. De twee oeverwallen van een verlaten riviergedeelte worden te zamen met de dichtgeslibde bedding "stroomrug" genoemd. Voorzover ze de boven beschreven profielopbouw hebben, worden de gronden evenals die van de oeverwallen van de nog functionerende rivieren aangeduid als stroomruggronden (eenheden Rd10A, Rd10C, Rd90A, Rd90C, Rn15C, Rn95A, Rn95C). Vanwege de talrijke stroomverleggingen is er ook een grote differentiatie in ouderdom van de verschillende stroomrugsystemen, die o.a. blijkt uit de



Afb. 6 Het verband tussen de oude, landschappelijke benaming en de onderscheiden bodemeenheden uit het rivierkleigebied.

bewoningsgeschiedenis. Eén van de belangrijke, grote stroomruggen uit de preromeinse tijd (500-200 v. Chr.) is die, welke een verbinding vormt tussen Elst en Driel. Deze preromeinse stroomruggen zijn in de Romeinse tijd (eerste eeuw na Chr.) intensief bewoond geweest. De rivieren hebben in deze periode waarschijnlijk weinig gesedimenteerd, dit in tegenstelling tot de periode 250-600 na Chr., toen de activiteit van de rivieren weer toenam. De Rijn verplaatste zich meer oostwaarts en ging via Doornenburg en Huissen onderlangs Arnhem stromen. De Waal die in deze periode als een belangrijke aftakking van de Boven-Rijn ontstond, heeft langs haar oevers brede, jonge oeverwallen gevormd, in tegenstelling tot de nieuwe loop van de Rijn, waarlangs slechts smalle oeverwallen aanwezig zijn. In de negende en tiende eeuw veranderde door een kleine klimaatverandering het regime van de rivieren. Doordat deze rivieren meer gingen afvoeren werden aan de rivierzijde van de reeds bestaande oeverwallen zeer zandige sedimenten afgezet. Ook werden de oeverwallen op veel plaatsen doorbroken. Grote delen van eenheid Rd10A bestaan uit dit materiaal, dat niet in dit proefgebied als zodanig, maar wel even ten oosten hiervan in de omgeving van Huissen wordt aangetroffen.

Omstreeks 1300 ging men over tot het aanleggen van dijken. Dit had tot gevolg dat het rivierwaterpeil steeg en de stroomsnelheid toenam. De voorheen redelijk bewoonbare plaatsen moesten door deze waterstandsverhoging worden opgehoogd. Veel z.g. "pollen" dateren uit deze tijd (afb. 7). Na de bedijking moest het slib van de rivier tussen de dijken worden afgezet, waarbij telkens een dun laagje werd gesedimenteerd. De hierdoor ontstane hoog opgeslibde, goed gehomogeniseerde gronden, worden tegenwoordig veelal afgegraven voor baksteenfabricage.

Veeenvorming

In het gebied van de grote rivieren vond in het Atlanticum en daarna, op laaggelegen plaatsen veenvorming plaats. Dit veen werd later overdekt met een laag zware komklei, zoals men o.a. aantreft in de omgeving van Valburg, het Hollanderbroek (afb. 8) en het Elderveld, wat bijna geheel door stadsuitbreiding is ingenomen.

2.2 Indeling naar textuur, profielverloop en kalkverloop

2.2.1 Textuur

a. Indeling naar het lutumgehalte (percentage < 2 µm)

0	- 5	% kleiarm zand	)		
5	- 8	% kleiig zand	)		zand
8	-12	% zeer lichte zavel	)	lichte zavel	)
12	-17,5	% matig lichte zavel	)		) zavel
17,5	-25	% zware zavel	)		)
25	-35	% lichte klei	)		
	> 35	% zware klei	)		klei

b. Indeling naar het leemgehalte (percentage < 50 µm)

0	-10	% leemarm zand	)		
10	-17,5	% zwak lemig zand	)		
17,5	-32,5	% sterk lemig zand	)	lemig zand	) zand
32,5	-50	% zeer sterk lemig zand	)		)
50	-85	% zandige leem	)		
85	-100	% siltige leem	)		leem

c. Indeling naar de mediaan (M50) van de zandfractie (50-2000 μm);

M50 tussen:

- 50 en 105 μm uiterst fijn zand)
- 105 en 150 μm zeer fijn zand) fijn zand
- 150 en 210 μm matig fijn zand)
- 210 en 2000 μm grof zand

d. Fractie > 2000 μm : grind

2.2.2 Profielverloop

- 1 = "zavel of klei-op-veen"
zavel- en kleigronden met meer dan 40 cm moerig materiaal beginnend tussen 40 en 80 cm.
- 2 = "zavel of klei-op-zand"
zavel- en kleigronden met een zandlaag of zandondergrond van meer dan 20 cm dikte, beginnend tussen 25 en 80 cm, met uitzondering van gronden waarin:
 - de zandlaag of zandondergrond bestaat uit kleiig, uiterst fijn zand (5-8% lutum; $M50 < 105 \mu\text{m}$) = profielverloop 5.
 - boven de zandlaag een niet-kalkrijke, zware kleilaag voorkomt die voldoet aan de eisen gesteld bij profielverloop 3 = profielverloop 3.
- 3 = "zavel of klei op een tussenlaag van niet-kalkrijke, zware klei"
zavel- en kleigronden met een niet-kalkrijke, zware kleilaag (> 35% lutum) die:
 - of begint binnen 25 cm en doorloopt tot ten minste 40 cm
 - of begint tussen 25 en 80 cm en ten minste 15 cm dik is en die rust op een lichtere en/of kalkrijke ondergrond die:
 - of binnen 80 cm diepte begint en ten minste 40 cm dik is
 - of dieper dan 80 cm begint en doorloopt tot dieper dan 120 cm.
- 4 = "zavel of klei op een ondergrond van niet-kalkrijke, zware klei"
zavel- en kleigronden met een niet-kalkrijke, zware kleilaag (> 35% lutum) die voldoet aan de eisen gesteld bij profielverloop 3 en die:
 - of doorloopt tot dieper dan 120 cm
 - of tussen 80 en 120 cm diepte overgaat in moerig materiaal dat doorloopt tot dieper dan 120 cm
 - of ten hoogste is onderbroken door lichtere en/of kalkrijke en/of moerige lagen die eventueel te zamen dunner zijn dan 40 cm en die binnen 120 cm weer overgaan in niet-kalkrijke, zware klei.
- 5 = "homogene, aflopende en oplopende profielen"
zavel- en kleigronden die niet vallen onder de definities van de profielverlopen 1, 2, 3 of 4.
Tot deze gronden behoren:
 - homogene profielen; tot 120 cm diepte weinig variatie in textuur; uitgezonderd profielen die geheel uit kalkarme of kalkloze, zware klei bestaan (= profielverloop 4)
 - aflopende profielen; tussen 0 en 120 cm diepte neemt het lutumgehalte geleidelijk af, zonder de textuurklasse "zand" binnen 80 cm te bereiken; uitgezonderd is kleiig, uiterst fijn zand (5-8% lutum; $M50 < 105 \mu\text{m}$) zie profielverloop 2
 - oplopende profielen; tussen 0 en 120 cm diepte neemt het lutumgehalte geleidelijk toe, maar bereikt binnen 80 cm niet de textuurklasse kalkarme of kalkloze, zware klei
 - alle profielen met dunne veen-, zand- of niet-kalkrijke, zware

kleilagen e.d.

2.2.3 Kalkverloop

a = kalkrijk. Hiertoe behoren profielen die:

- tot ten minste 50 cm diepte kalkrijk zijn
- tot 30 à 50 cm diepte kalkrijk zijn en daaronder tot ten minste 80 cm diepte kalkarm
- tot ten hoogste 50 cm diepte kalkarm zijn en daaronder tot ten minste 80 cm diepte kalkrijk
- tot ten hoogste 30 cm diepte kalkloos zijn en daaronder tot ten minste 80 cm diepte kalkrijk.

b = kalkarm. Hiertoe behoren profielen die:

- tot ten minste 50 cm diepte kalkarm zijn
- tot ten hoogste 30 cm diepte kalkrijk zijn en daaronder tot ten minste 80 cm diepte kalkarm
- tot 30 à 50 cm diepte kalkrijk zijn en daaronder tot ten minste 80 cm diepte kalkloos
- tot 30 à 50 cm diepte kalkloos zijn en daaronder tot ten minste 80 cm diepte kalkrijk
- tot ten hoogste 30 cm diepte kalkloos zijn en daaronder tot ten minste 80 cm diepte kalkarm
- tot 30 à 50 cm diepte kalkarm zijn en daaronder tot ten minste 80 cm diepte kalkloos.

c = kalkloos. Hiertoe behoren profielen die:

- tot ten minste 50 cm diepte kalkloos zijn
- tot ten hoogste 30 cm diepte kalkrijk zijn en daaronder tot ten minste 80 cm diepte kalkloos
- tot ten hoogste 30 cm diepte kalkarm zijn en daaronder tot ten minste 80 cm diepte kalkloos
- tot 30 à 50 cm diepte kalkloos zijn en daaronder tot ten minste 80 cm diepte kalkarm.

kalkverloop	benaming en codering
a, of a en b, of b, of) a en b en c)	kalkhoudendA
b en c, of c	kalkloosC

2.3 Beknopte beschrijving van de bodemgesteldheid

2.3.1 Zandgronden

2.3.1.1 Podzolgronden

Holtpodzolgronden

Dit zijn moderpodzolgronden met een humushoudende bovengrond, dunner dan 30 cm. Zij worden aangetroffen in het stuwwallengebied en op een deel van de fluvioglaciale zanden; ze zijn voornamelijk met bos en heide begroeid.

Y21 Holtpodzolgronden; leemarm en zwak lemig fijn zand; Gt VII

Een vlak met deze eenheid komt voor ten westen van Renkum, tegen de helling van de stuwwal.

De A-horizont is enkele centimeters tot ca. 25 cm dik; soms is alleen een AO, bestaande uit bosstrooisel aanwezig. De dikte en de kleur van de

B-horizont kunnen sterk uiteenlopen; de meeste gronden hebben echter een 20-25 cm dikke, bruine inspoelingshorizont (B2), die bovenin enige amorfe humus bevat en via een dikke B3-horizont zeer geleidelijk overgaat in geel zand (C-horizont). Tot ten minste 120 cm diepte bestaan deze gronden uit leemarm tot zwak lemig, matig fijn zand. Het grondwater wordt overwegend op vele meters diepte aangetroffen. Het bodemgebruik is bos.

Y30 Holtpodzolgronden; grof zand; Gt VII

Deze gronden worden aangetroffen op de stuwwal Ede-Wageningen en in het heuvelgebied rondom Arnhem en Doorwerth. De holtpodzolgronden in fluvioglaciaal materiaal bestaan geheel uit leemarm, matig grof zand; die in gestuwde, preglaciale afzettingen zijn overwegend grofzandig, maar hebben een sterk uiteenlopend leemgehalte. Delen van de stuwwal ten westen van Arnhem zijn bedekt met een dun laagje sterk lemig tot zeer sterk lemig, zeer fijn zand. Deze laag is veelal door grondbewerking met diepere lagen vermengd. Voor zover de gronden in gebruik zijn als bouwland, hebben ze een 20 à 30 cm dikke, donker grijsbruine tot zwarte, matig humusarme tot matig humeuze bouwvoor. De overige hebben een ca. 20 cm dikke zwarte, matig humeuze bovengrond. De 10 à 20 cm dikke, donkerbruine B2-horizont is matig tot zeer humusarm en gaat geleidelijk over in de uiterst tot zeer humusarme B3-horizont. Via een geleidelijke overgang begint op 55 à 65 cm diepte de uiterst humusarme C-ondergrond. De grindhoudende gronden (toevoeging g) zijn voor het grootste deel tot een diepte van ca. 60 cm vergraven. Het bodemgebruik is bos en heide.

Veldpodzolgronden

Dit zijn humuspodzolgronden met een Al-horizont dunner dan 30 cm en geen ijzerhuidjes rondom de zandkorrels direct onder de B2-horizont. Ze zijn dus onder natte omstandigheden ontstaan, maar genieten thans in dit gebied een diepere ontwatering. Het bodemgebruik is bos en heide.

Hn21 Veldpodzolgronden; leemarm en zwak lemig fijn zand; Gt VII

Een eenheid van deze gronden treft men aan tussen Heelsum en Wolfheze. Het humusgehalte van de bovengrond wisselt van 2 tot 5%; het zand is doorgaans matig fijn en bevat 8 à 15% leem. In het dekzand ontbreekt dikwijls de A2 en is de B2 ondiep maar sterk ontwikkeld. Door ophoping van ijzer is de B2-horizont meestal sterk verkit. Het C-materiaal hieronder is sterk roestig. In de ondergrond vindt men plaatselijk op uiteenlopende diepten dunne lagen lössleem.

Haarpodzolgronden

Haarpodzolgronden zijn humuspodzolgronden met een Al-horizont die dunner is dan 30 cm en waarin direct onder de B2-horizont ijzerhuidjes rondom de zandkorrels voorkomen, hetgeen er dus op wijst dat ze boven de invloedssfeer van grondwater zijn ontstaan. Bij gronden die niet zijn ontgonnen is de Al-horizont slechts enkele centimeters dik. Het organischestofgehalte is dan gewoonlijk hoog en de C/N-verhouding van de organische stof ook. Meestal is een goed ontwikkelde A2-horizont aanwezig. Bij ontginningen kan deze laag zijn verwijderd, of geheel of gedeeltelijk door de bovengrond zijn geploegd. De haarpodzolgronden in dit gebied hebben vaak een B2h-horizont, met gewoonlijk daaronder een verkit ijzerbandje, de B2ir-horizont. De wortelontwikkeling kan door dit ijzerbandje ernstig belemmerd worden. Dikwijls treft men in de C-laag fibers aan, die overwegend uit ingespoelde amorfe humus bestaan.

Hd21 Haarpodzolgronden; leemarm en zwak lemig fijn zand; Gt VII

Deze eenheid komt ten zuiden en oosten van Wolfheze voor, waar het bodemgebruik bos en heide is. De gronden zijn ontstaan in jong dekzand. Ze liggen voornamelijk nabij enkele brede erosiedalen in het gebied met fluvioglaciale afzettingen. Het zand heeft een mediaan (M50) tussen 170 en 200 μm en is geheel leemarm. Voor zover de gronden niet zijn vergraven, hebben ze een dunne, zeer humeuze A1, een 10 à 15 cm dikke, duidelijke A2 en een zeer extreme B2-horizont. De bovenkant hiervan, de B2h, is door inspoeling van veel humus pikzwart, terwijl de onderkant donkerbruin is. Als gevolg van het spitten bij de aanleg van bos zijn grote gebieden heterogeen, waarbij brokstukken van de A1-, A2- en B2-horizont op onregelmatige diepte voorkomen. Het humusgehalte van de bovengrond is in het algemeen lager dan 3%. Daar waar het dekzandpakket dunner dan 120 cm is, wordt grof, fluvioglaciaal zand in de ondergrond aangetroffen.

Hd30 Haarpodzolgronden; grof zand; Gt VII

Deze grofzandige gronden komen voor in het hooggelegen, fluvioglaciale gebied ten noorden van Arnhem en Renkum. Het landschap in het fluvioglaciale gebied is zwak golvend; plaatselijk veroorzaken ondiepe erosiedalen wat meer reliëf. Het zand, waarin de haarpodzolgronden zijn ontstaan, is overwegend leemarm, matig grof en grindrijk. De mediaan ligt tussen de 220 en 310 μm . In het vlakke gebied ten noorden van Renkum komen haarpodzolgronden in niet-verstoven fluvioglaciaal zand voor. De jonge ontginningen hebben hier een 25 à 30 cm dikke, zwarte bovengrond met een vrij hoog humusgehalte (6 à 10%). Van de donker roodbruine tot zeer donkerbruine B-horizont, die 15 à 30 cm dik is, is het bovenste deel vaak meegeploegd. Het onderste deel van de B-horizont is vaak moderachtig en heeft een lichtbruine kleur. Het bodemgebruik is bouwland en bos. Overal waar eenheid Hd30 voorkomt, wordt in meerdere of mindere mate grind vanaf het maaiveld aangetroffen, vandaar de toevoeging (g) voor de code.

2.3.1.2 Dikke eerdgronden

Enkeerdgronden

Dit zijn gronden met een niet-vergraven, humushoudende bovengrond die dikker is dan 50 cm. Ze zijn ontstaan door menselijke activiteit. Door bemesting met potstalmest waarin enig zand aanwezig was, vond een geleidelijke ophoging plaats. Het zand werd met strooisel, afkomstig van heideplaggen, grasplaggen of bosstrooisel, in de stal gebracht. Afhankelijk van de methode van mest maken, grondbewerking, het oorspronkelijke reliëf, de duur van de ophoging en het doel ervan, zijn humushoudende dekken van verschillende dikte ontstaan. De ouderdom van de ophogingsdekken kan sterk uiteenlopen. De aanleg dateert soms reeds uit de vroege Middeleeuwen; de meeste zijn echter jonger.

zEZ30 Zwarte enkeerdgronden; leemarm en zwak lemig fijn zand; Gt VII

Deze gronden komen voor op de helling van de stuwwallen en langs en in het dal van de Heelsumse Beek. De zwarte bovengrond (de donkere kleur is waarschijnlijk een gevolg van het opbrengen van plaggenmateriaal van gronden waarin een humuspodzol was ontwikkeld) is overwegend zwak lemig, matig fijnzandig, varieert in dikte van 50 tot ca. 90 cm en bevat 2 à 4% humus. Onder het opgebrachte dek bevindt zich meestal een humus- of moderpodzol. Het bodemgebruik is zowel bouwland als bos.

zEZ21 Zwarte_enkeerdgronden;_grof_zand;_Gt_VII

Een vlak ter grootte van ca. 200 ha komt voor op de stuwwal en het fluvioglaciaal nabij Heelsum. Verder komen kleine vlakten voor langs de Kortenburgsche of Renkumse Beek, op de helling van de Edese stuwwal. De zeer donker grijze bovengrond van het opgebrachte dek gaat op 30 à 40 cm diepte geleidelijk over in een donker grijsbruine Aan2-horizont, die op ca. 80 cm diepte rust op een donkerbruine tot geelbruine moderpodzol-B. Het humusgehalte varieert van ongeveer 3% in de bouwvoor tot 1,5% in de daaronder liggende donker grijsbruine laag. De bouwvoor van het opgebrachte dek is zwak lemig. Naar beneden neemt het leemgehalte geleidelijk toe tot ruim 20%. De B-horizont is zwak lemig en de geelbruine C-ondergrond is leemarm. Grind komt overal vanaf het maaiveld voor (toevoeging g....). Hoewel het merendeel van deze gronden als bouwland in gebruik is, treft men hierop in de omgeving van boerderijen ook grasland aan.

2.3.1.3 Kalkloze zandgronden

Beekeerdgronden

Dit zijn kalkloze zandeerdgronden met een 15 tot 50 cm dikke duidelijk donkere bovengrond en hydromorfe kenmerken, dat wil zeggen dat om de zandkorrels direct onder de A1-horizont geen ijzerhuidjes voorkomen. Men treft ze voornamelijk aan in doorlopende laagten in het zandgebied (beekdalen) en op plaatsen waar drangwater uit de stuwwallen komt.

pZg23 Beekeerdgronden;_lemig_fijn_zand;_Gt_III

Deze gronden komen voor in een zwak geaccidenteerd terrein in het zuidelijk deel van het dal van de Kortenburgsche of Renkumse Beek. De 20 à 40 cm dikke, zeer donkerbruine, humushoudende bovengrond is roestig, fijnzandig en vaak sterk lemig, soms zeer sterk lemig. Het humusgehalte is ca. 5%; direct onder de zode kan dit wel 7 à 8% zijn. Naar beneden neemt het meestal af tot ca. 2%. De bovengrond gaat doorgaans vrij scherp over in een lichtgrijze, humusarme, matig fijnzandige, veelal leemarme tot zwak lemige C-horizont met veel roest; plaatselijk hebben zich roestconcreties gevormd. Deze kunnen zeer hard zijn maar komen zelden in een aaneengesloten laag voor. De gronden zijn uitsluitend als grasland in gebruik.

Gooreerdgronden

Ook bij deze gronden heeft de bodemvorming plaatsgevonden onder invloed van het grondwater, zodat ijzerhuidjes rondom de zandkorrels direct onder de A1 ontbreken. Het zijn in het algemeen laag gelegen gronden, die zijn ontstaan in een oligotroof milieu. Ze vormen een betrekkelijk heterogene groep met een zwarte bovengrond en vaak een zwak ontwikkelde, zeer flets bruine B-horizont.

pZn23 Gooreerdgronden;_lemig_fijn_zand;_Gt_II

Deze gronden komen voor in het dal van de Heelsumse Beek. De 30 à 40 cm dikke, zeer donkergrijze, zeer humeuze tot humusrijke bovengrond is zwak en sterk lemig (15 à 30% < 50 µm) en matig fijnzandig. Daaronder wordt grindhoudend (toevoegingg), leemarm materiaal aangetroffen dat binnen 80 cm diepte een blauwgrijze kleur heeft. Plaatselijk worden veenlaagjes in de ondergrond aangetroffen.

2.3.1.4 Kalkhoudende zandgronden

Zn30A Kalkhoudende vlakvaaggronden; grof zand - uiterwaard

Deze eenheid komt in dit gebied uitsluitend voor in de uiterwaarden van de Rijn en is ontstaan doordat een pakket uiterwaardklei is afgegraven tot op het grove rivierzand. Bij de afgraving werd volgens voorschrift de kleiige, humushoudende bovenlaag ter dikte van 30 cm teruggestort. De nieuw ontstane gronden hebben een 25 à 30 cm dikke, matig humusarme, heterogene bovengrond van kalkrijke zavel en klei (toevoeging k....) die scherp overgaat naar grijsbruin, kalkrijk, lutumarm, matig grof zand. De gebieden hebben sterk wisselende grondwaterstanden die samenhangen met de stand van het rivierwater. Een groot deel staat periodiek onder water; daarentegen treedt verdroging op bij lage rivierstanden in de zomer.

2.3.1.5 Samengestelde eenheden

Tot het aangeven van samengestelde eenheden is overgegaan wanneer de bodemgesteldheid op korte afstand zo sterk wisselt, dat de afzonderlijke eenheden op de gebruikte kaartschaal niet betrouwbaar zijn weer te geven.

Hn/pZg21 - Gt II/III Veldpodzolgronden; leemarm en zwak lemig fijn zand
Beekeerdgronden; leemarm en zwak lemig fijn zand

Deze associatie komt voor in het dal van de Kortenburgsche of Renkumse Beek. Het dal vormt een vele meters diepe en enkele honderden meters brede insnijding tussen het stuwwallengebied in het westen en het fluvio-glaciale zandgebied in het oosten. De dalbodem heeft een zwak microreliëf, waardoor op korte afstand naast beekeerdgronden (pZg21) met Gt II op de lage delen veldpodzolgronden (Hn21) met Gt III op de wat hogere delen voorkomen.

2.3.2 Rivierkleigronden

2.3.2.1 Poldervaaggronden

Poldervaaggronden zijn kleigronden met een weinig donkere (vage) humushoudende bovengrond en roest en grijze vlekken die ondieper dan 50 cm beginnen. Ze zijn op grond van verschillen in kalkverloop onderverdeeld in kalkhoudende en kalkloze poldervaaggronden. De verdere onderverdeling berust op verschillen in profielverloop en zwaarte van de bovengrond.

Rn52A Kalkhoudende poldervaaggronden; zavel, profielverloop 2 (uiterwaarden)

Rn82A Kalkhoudende poldervaaggronden; klei, profielverloop 2 (uiterwaarden)

Deze gronden, die vrijwel allemaal zijn ontstaan door het afgraven van klei ten behoeve van de baksteenindustrie, liggen voor wat dit proefgebied betreft in de uiterwaarden langs de Rijn. Deze gronden worden bij hoge rivierstanden overstroomd. Ze zijn vrijwel allemaal afgegraven tot op het rivierzand. Alleen de niet-buikbare, oorspronkelijke bovengrond, de zg. kleiroof, is teruggestort. Deze zavel- of kleilaag is heterogeen, geheel kalkrijk en varieert van plaats tot plaats in dikte, maar is meestal niet dikker dan 40 à 50 cm. Ook het lutumgehalte loopt sterk uiteen: bij de gronden van eenheid Rn52A is het overwegend minder dan 25% bij die van eenheid Rn82A veelal 25 à 40%. In het zavel- of kleidek is, afhankelijk van de tijd van herontginning, een min of meer duidelijke zodelaag ontstaan. In het kalkrijke rivierzand, dat zowel fijn als grof kan zijn, treft men plaatselijk lutumrijke laagjes aan. Hoewel de gronden 1 à 2,5 m lager liggen dan de omgeving en daardoor in de winter nogal eens water-

overlast hebben, kan 's zomers verdroging optreden. Het vochthoudend vermogen van de grond en de bewortelingsdiepte van het gras blijven nl. beperkt tot de 40 à 50 cm dikke zavel- of kleilaag. Deze gronden zijn bijna uitsluitend als grasland in gebruik.

Rn46A Kalkhoudende poldervaaggronden; zware klei, profielverloop 3, of 3 en 4, of 4; Gt VI

Rn66A Kalkhoudende poldervaaggronden; zavel en lichte klei, profielverloop 3, of 3 en 4, of 4; Gt VI

De gronden hebben een 15 à 25 cm dikke, matig humusarme, kalkrijke bovengrond, met een lutumgehalte van 25 tot 35%. Het materiaal onder de bovengrond heeft ongeveer hetzelfde lutumgehalte, maar bevat meestal meer kalk, is duidelijk roestig en zeer humusarm. Op ca. 70 cm diepte begint zware klei, die bovenin plaatselijk kalkhoudend is, maar naar beneden snel kalkloos en grijs van kleur wordt. Deze zware kleilaag loopt vaak door tot 120 cm (profielverloop 4). Incidenteel ligt onder de zware klei weer kalkrijke, lichte klei (profielverloop 3). Het bodemgebruik is overwegend grasland. In mindere mate wordt bouwland of fruitteelt aangetroffen.

Rn15A Kalkhoudende poldervaaggronden; lichte zavel, profielverloop 5; Gt VI en uiterwaarden

Deze gronden zijn ontstaan als gevolg van doorbraken van oeverwallen en dijken. In het algemeen worden ze gekenmerkt door een meer of minder grofzandige bovengrond van lichte zavel op een wat zwaardere ondergrond. De 20 à 25 cm dikke donker grijsbruine bovengrond, die plaatselijk kalkhoudend of kalkrijk is, bestaat uit matig humeuze, matig fijnzandige tot grofzandige, lichte zavel. Door intensieve tuinbouwcultuur is de bovengrond plaatselijk donkerder en heeft een hoger humusgehalte. Hieronder volgt grijsbruine, zeer humusarme, overwegend kalkrijke, lichte zavel die tot 40 à 60 cm nog matig fijnzandig is. Op 60 à 80 cm begint, gewoonlijk na een scherpe overgang, kalkrijke, lichte klei tot zware zavel. Dicht langs de rivierdijk hebben deze gronden bij hoge rivierstanden ten gevolge van kwel tijdelijk wateroverlast. Het grondwater kan door de grovere zandondergrond tijdelijk tot dicht aan het maaiveld komen. Op deze gronden komt bij Elden (voor zover ze niet door stadsuitbreiding in beslag zijn genomen) tuinbouw voor o.a. vollegrondsgroenteteelt en tuinbouw onder glas. In de uiterwaarden van de Rijn bij Heteren komen deze gronden voor bestaande uit gelaagde, fijnzandige, lichte zavel die tussen 80 en 100 cm meestal overgaat in kleiarm zand.

Rn95A Kalkhoudende poldervaaggronden; zware zavel en lichte klei, profielverloop 5; Gt VI, VI/VII en uiterwaarden

De gronden van deze eenheid liggen in brede vlakken op de stroomruggen en in de uiterwaarden langs de Rijn en de Waal. Onder de 20 à 30 cm dikke, donker grijsbruine, matig humeuze tot matig humusarme bovengrond, blijven de gronden tot 40 à 50 cm diepte nog bruin tot grijsbruin van kleur. Het lutumgehalte van de bouwvoor ligt tussen 20 en 35%. Er is veel variatie in profiel- en kalkverloop. De jongste gronden die, voornamelijk langs de rivieren worden aangetroffen, zijn geheel kalkrijk en hebben overwegend een naar beneden toe afnemend lutumgehalte (afb. 9). Plaatselijk treft men binnen 80 cm beginnend als onzuiverheid kalkloze zware klei in de ondergrond aan. De oudere gronden, die meer in het centrum van de Betuwe liggen, zijn overwegend tot 30 à 50 cm diepte kalkarm, plaatselijk zelfs dieper (afb. 10). Behalve gronden die naar beneden geleidelijk lichter worden, treft men er, vooral in de stroomrug tussen Elst en Heteren, als

onzuiverheid kalkloze, zware kleilagen onder de bovengrond aan. Ten zuiden van Elst bevindt zich grindrijk grof zand in de ondergrond. In de uiterwaarden zijn de gronden kalkrijk en van oorsprong zeer gelijkmatig van opbouw. Ze hebben een 5 à 15 cm dikke, humusarme A1. Het lutumgehalte van de bouwvoor varieert van 17,5 tot 35%. Tot 80 à 100 cm diepte blijft het lutumgehalte ongeveer hetzelfde; daaronder neemt het geleidelijk af en gaat plaatselijk over in kalkrijk, grof zand. Op veel plaatsen zijn de uiterwaarden voor de baksteenindustrie afgegraven. Hier zijn de gronden ondiep heterogeen, omdat men veelal de oorspronkelijke, humushoudende bovengrond heeft teruggestort. De ondergrond van deze afgegraven gebieden wisselt nogal. Het grondgebruik is weiland, bouwland of boomgaard; de uiterwaarden liggen echter vrijwel geheel in gras.

Rn45A Kalkhoudende poldervaaggronden; zware klei, profielverloop 5; uiterwaarden

Gronden van deze eenheid liggen in een uiterwaard ten noorden van Elden. De bovengrond heeft een lutumgehalte van 38 à 45% en een humusgehalte in de zodelaag van 8 à 12%. Vanaf 40 à 50 cm diepte neemt het lutumgehalte meestal af; de zware kleilaag gaat over in kalkrijke, zware tot lichte zavel, plaatselijk binnen 120 cm zelfs in los, matig grof tot matig fijn zand. Het bodemgebruik is grasland.

Kalkloze poldervaaggronden

Rn62C Kalkloze poldervaaggronden; zavel en lichte klei, profielverloop 2; Gt VI

Een vlak van deze bodemeenheid komt voor ten noorden van Elst; het is relatief hoog gelegen op een rivierduin. De gronden hebben een 20 à 30 cm dikke, grijsbruine tot bruine, kalkarme bovengrond met 3 à 7% humus en 10 à 30% lutum. Op 40 à 60 cm diepte begint de zandondergrond, deze bestaat uit kalkloos fijn tot grof rivierzand of rivierstuifzand, dat plaatselijk tussen 80 en 100 cm kalkrijk wordt. Het bodemgebruik is hoofdzakelijk grasland, maar hier en daar komt ook bouwland voor.

Rn67C Kalkloze poldervaaggronden; zavel en lichte klei, profielverloop 3, of 3 en 4; Gt V en VI

Deze eenheid komt verspreid over het gebied voor en voornamelijk op de overgang van hoge, lichte oeverwallen naar lage zware kommen. Deze zgn. stroom-op-kom-op-stroomgronden hebben een gevarieerde profielopbouw, die samenhangt met de landschappelijke ligging. Het lutumgehalte van de bovengrond varieert van 17,5 tot 35%. Hieronder bevindt zich op wisselende diepte, maar steeds binnen 70 cm een grijze, kalkloze zware tot zeer zware klei. Bij Gt VI komt naast grasland ook bouwland en fruitteelt voor, bij Gt V veelal grasland.

Rn94C Kalkloze poldervaaggronden; zware zavel en lichte klei, profielverloop 4; Gt V en VI

Deze eenheid beperkt zich tot twee kaartvlakken langs de Rijn tussen Driel en Elden en een vlak ten westen van Andelst. Het zijn overwegend stroom-op-komgronden, d.w.z. lichte kleigronden die op wisselende diepte overgaan in zware klei. Onder de 20 à 25 cm dikke, donker grijsbruine bovengrond van matig humeuze, kalkloze, lichte klei, ligt zeer humusarme, kalkloze zeer zware klei. Plaatselijk zijn deze gronden tot een diepte van 40 à 50 cm kalkhoudend. Het kaartvlak ten noordwesten van Elden heeft een bodemgesteldheid die ten gevolge van een dijkdoorbraak wat gevarieerder is. Aangezien dit gebied nagenoeg geheel door stadsuitbreiding in bezit is ge-

nomen, is het weinig relevant. Overigens is het grondgebruik naast wat bouwland en fruitteelt hoofdzakelijk grasland.

Rn47C Kalkloze poldervaaggronden; zware klei, profielverloop 3, of 3 en 4; Gt V en VI

Al deze gronden hebben een dunne humushoudende bovengrond van kalkloze, zware klei. Onder deze bovengrond komt kalkloze, zware klei voor, die op uiteenlopende diepte overgaat in lichte klei, zavel of zand. In de Over-Betuwe liggen de gronden in brede, vlakke gebieden op de overgang van stroomruggen naar kommen of als smalle ruggen in de kommen. De kalkloze, zware kleilaag onder de humushoudende bovengrond is hier 30 à 40 cm dik en bevat 60 à 65% lutum. Tussen Heteren en Valburg wordt plaatselijk kalkloos rivierstuifzand in de ondergrond aangetroffen. De slecht ontwaterde komkleigebieden in de Over-Betuwe hebben ten gevolge van ruilverkavelingswerken beheerste slootpeilen gekregen. De hoogste grondwaterstanden zijn hier door verlaagd. Het grondgebruik op Gt V is overwegend grasland, op Gt VI naast grasland ook bouwland en fruitteelt.

Rn44C Kalkloze poldervaaggronden; zware klei, profielverloop 4; Gt III en V

Deze zware komgronden zijn de typische gronden van het rivierkleigebied. Grote aaneengesloten oppervlakten worden in het proefgebied aangetroffen (afb. 11). De gronden zijn zeer uniform van opbouw. Ze hebben een 8 à 15 cm dikke, donker grijsbruine bovengrond (Al) met 5 à 10% humus en 40 à 50% lutum. In het centrum van de kommen is de Al plaatselijk weinig en bedraagt het lutumgehalte zelfs meer dan 50%. De bovengrond ligt meestal scherp op grijze, weinig roestige, compacte kalkloze, zeer zware klei met 55 à 65% lutum en 1 à 3% humus. Plaatselijk komen hierin laklagen (kleine begroeiingshorizonten) voor. In de kern van de grote kommen is de ondergrond tussen 80 en 120 cm vaak zeer humeus en ongerijpt; plaatselijk, o.a. in het Weerbroek bij Heteren, in het Hollanderbroek tussen Driel en Elst en in het Elderveld ten zuiden van Elden komt venige klei tot kleilig veen voor (toevoegingv). In het algemeen zijn de gronden diep kalkloos. Slechts hier en daar treft men dunne, kalkrijke laagjes aan. Na de ruilverkaveling is de ontwatering sterk verbeterd. Het grondwater staat daar in natte perioden nu minder lang hoog. De gronden van deze eenheid worden vrijwel uitsluitend voor grasland gebruikt.

bRn46C Kalkloze poldervaaggronden (bruine komgrond); zware klei, profielverloop 3, of 3 en 4, of 4; Gt VI

Van deze eenheid wordt een groot vlak ten oosten van Elst aangetroffen. Deze gronden liggen relatief hoog in het terrein en hebben van nature een goede afwatering. De hoge ligging houdt verband met het voorkomen van een stroomrug of van lichte rivierklei in de ondergrond. Het kenmerkende van deze gronden is, dat ze tot 30 à 40 cm diepte goed gehomogeniseerd en bruin zijn. De bovengrond is 15 à 20 cm dik, weinig donker en meestal humusarm (2 à 3% humus). Het lutumgehalte van de bovengrond varieert van 35 tot 45%. Vanaf 30 à 40 cm diepte, komt grijze roestige, kalkloze, matig zware tot zeer zware klei voor, die meestal tussen 50 en 100 cm scherp overgaat in lichter materiaal; kalkrijke klei of zavel (jonge rivierklei). In droge perioden daalt het grondwater diep onder het maaiveld; de bovengrond droogt dan sterk uit en er ontstaan brede krimpseuren. Het bodemgebruik is meestal grasland; plaatselijk komt akkerbouw voor.

Rn95C Kalkloze poldervaaggronden; zware zavel en lichte klei, profielverloop 5; Gt V en VI

Deze gronden komen verspreid in het gebied, ten zuiden van de Neder-Rijn voor, op diep ontkalkte oude stroomruggen. Ze zijn geheel kalkloos, vrij zwaar en moeilijk te bewerken, omdat ze in natte toestand sterk smeren en bij droogte hard en kluiterig worden. Ze hebben een 25 à 30 cm dikke, donker grijsbruine, overwegend matig humusarme (2,5 à 3% humus) bovengrond van zware zavel tot lichte klei, liggend op donker-grijze, zware en lichte zavel die sterk roestig is en zwarte mangaanvlekken bevat. Het bodemgebruik is zowel boomgaard, als bouwland en grasland.

2.3.2.2 Ooivaaggronden

Dit zijn kleigronden met een weinig donkere (vage), humushoudende bovengrond en met een tot ten minste 50 cm diepte doorgaande, homogene, min of meer bruine horizont zonder roest of grijze vlekken. Men treft ze vooral aan in de relatief hoog gelegen delen van de uiterwaarden en binnendijks op stroomruggen en overslagen. De ooivaaggronden zijn verder onderverdeeld naar verschillen in bouwvoorzwarte en kalkverloop.

Kalkhoudende ooivaaggronden

Rd10A Kalkhoudende ooivaaggronden; lichte klei; Gt VI en VII

Van deze eenheid komen enkele kleine vlakken binnen het gebied voor. Ze zijn als overslag- en oevergronden dicht bij de rivieren gelegen. Door homogenisatie heeft de bovenste 50 à 60 cm een egaal bruine kleur. De meestal kalkarme bouwvoor bevat 8 tot 17,5% lutum. Plaatselijk komt in de bouwvoor wat matig fijn of matig grof zand voor, waardoor gemakkelijk slemp optreedt. Naar beneden neemt het lutumgehalte geleidelijk af (profielverloop 5) en het CaCO_3 -gehalte toe. De gronden zijn overwegend als bouwland en boomgaard in gebruik.

Rd90A Kalkhoudende ooivaaggronden; zware zavel en lichte klei; Gt VI en VII en uiterwaarden

Deze ooivaaggronden liggen verspreid in het gehele rivierkleigedeelte van het proefgebied. Ze zijn ontstaan in hoge kalkrijke stroomruggen en in de uiterwaarden. De gronden liggen relatief hoog in het landschap en hebben vaak een zg. open profielopbouw, d.w.z. er komen geen storende, zware kleilagen in voor. Ze genieten daardoor een goede natuurlijke ontwatering en zijn diep gehomogeniseerd. De bruine, gehomogeniseerde laag is op de stroomruggen 50 à 60 cm, in de uiterwaarden 80 à 100 cm dik. Daaronder is het moedermateriaal gelaagd en roestig. De 10 à 25 cm dikke Al is overwegend humusarm (2 à 3% humus) en steekt nauwelijks af tegen het bruine C-materiaal. Onder oude grasboomgaarden heeft de Al een iets hoger humusgehalte en is wat donkerder gekleurd. In de stroomruggen vertonen de gronden veel variatie, zowel in bouwvoorzwarte als in profielverloop en kalkverloop. Het lutumgehalte van de bouwvoor ligt tussen 17,5 en 35% en kan op korte afstand sterk verschillen. Het neemt naar beneden veelal af; op wisselende diepte, maar meestal binnen 120 cm, volgt kalkrijk fijn tot grof rivierzand. Incidenteel ligt grof rivierzand in smalle banen dicht aan het oppervlak. Waar deze zandbanen, ook wel "heibanen" of "heischenen" genoemd, voorkomen, treedt vrij snel verdroging van de te velde staande gewassen op. De gronden in dit gebied zijn veelal tot 30 à 40 cm kalkloos of kalkarm en daaronder kalkrijk. De uiterwaarden op deze gronden bestaan meestal tot ten minste 120 cm diepte uit kalkrijke, lichte klei of zware zavel. Het lutumgehalte blijft tot 80 à 100 cm gelijk en neemt daarna geleidelijk af. In de uiterwaarden is geen grondwatertrap aangegeven, het grondwater gaat hier sterk op en neer met de rivierstand. De gronden zijn in gebruik voor akkerbouw, fruitteelt en als grasland.

Kalkloze ooivaaggronden

Rd10C Kalkloze ooivaaggronden; lichte zavel; Gt VII

Van deze bodemeenheid worden enkele vlakjes rond Valburg en ten zuiden van Elst aangetroffen. De gronden liggen op kleine opduikingen van oude, kalkloze stroomruggen. Ze bestaan uit bruine, grofzandige, lichte zavel, waarin een dunne, matig humusarme Al voorkomt. De zavel gaat tussen 40 en 80 cm over in kalkloos, grof rivierzand, dat plaatselijk grindrijk is. De bovengrond heeft na regenval last van slemp, waarna korstvorming optreedt. Het bodemgebruik is overwegend akkerbouw.

Rd90C Kalkloze ooivaaggronden; zware zavel in lichte klei; Gt VII

Deze gronden komen voor ten zuiden van Valburg en Elst. Ze worden aangetroffen in enkele oude stroomruggen, die duidelijk hoger liggen dan de omgeving. De 20 à 30 cm dikke, donker grijsbruine, humusarme (ca. 2% humus), kalkloze bovengrond van zware zavel of lichte klei, bevat op veel plaatsen grof zand. Dit grove zand is de oorzaak van een betonachtige structuur, waardoor de bovengrond na opdrogen zeer hard en sterk kluitend wordt. Direct onder de bovengrond komt dikwijls een zeer compacte, iets zwaardere laag voor die mogelijk is ontstaan door enige inspoeling van lutum. Verder wordt tot 60 à 90 cm diepte matig grofzandige, zware zavel of lichte klei aangetroffen, die rust op bruin, kalkloos, iets lutumhoudend, grof zand, dat plaatselijk grindhoudend is. Het bodemgebruik is akker- en weidebouw en fruitteelt.

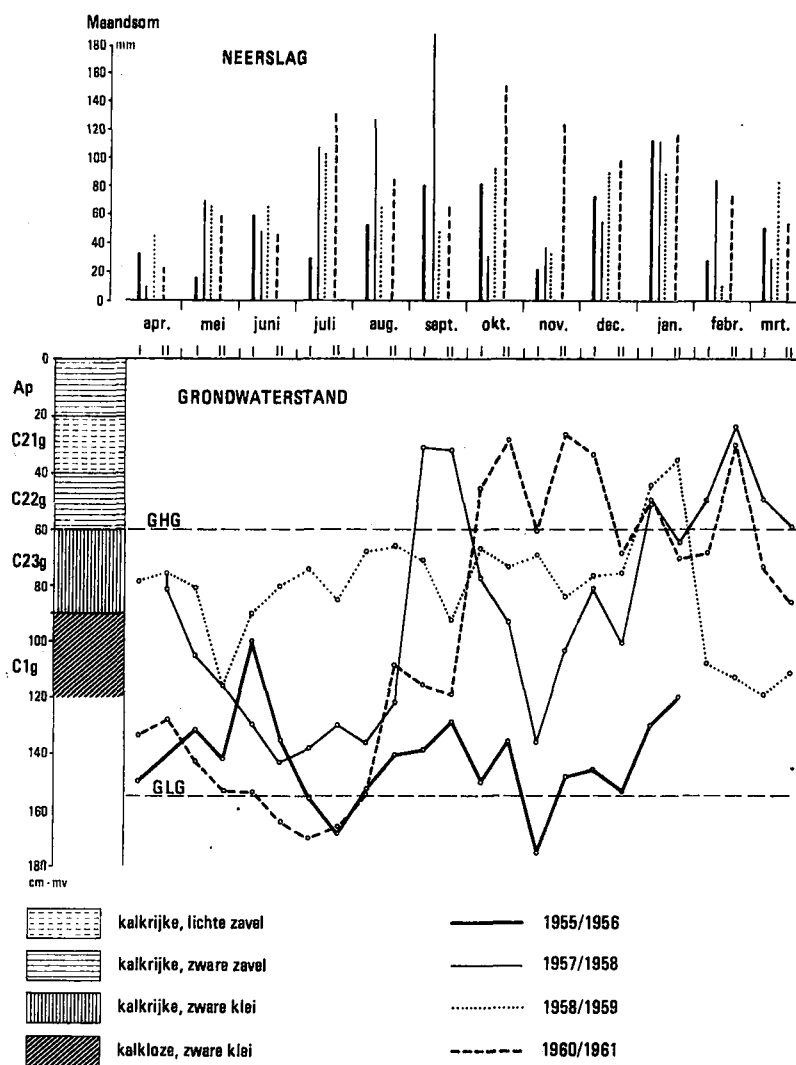
2.4 Beknopte beschrijving van de indeling naar grondwatertrappen (Gt's)

De grondwaterstand en de fluctuatie ervan, zijn van grote betekenis voor de water- en luchthuishouding in de bodem. Ze nemen als zodanig een belangrijke plaats in onder de factoren die bepalend zijn bij de beoordeling van de gebruikswaarde van de grond.

Vandaar dat bij de verschillende fasen (behoudens fase IV, omdat deze qua grondwatertrap identiek is aan fase III) bij ieder knooppunt de grondwatertrap is vermeld. Een uitzondering vormen de buitendijkse gronden, omdat hier een grondwatertrap niet relevant is.

De grondwaterstand op een bepaalde plaats varieert in de loop van een jaar. Algemeen genomen zal het niveau in de winter hoger zijn dan in de zomer. Bovendien zullen ook van jaar tot jaar verschillen optreden, m.a.w. de lijnen die het verband tussen de diepte van de grondwaterspiegel beneden maaiveld en de tijd aangeven (tijdstijghoogtelijnen), zullen van jaar tot jaar een verschillend verloop vertonen (afb. 12). Het is mogelijk uit langjarige waarnemingen de gemiddeld hoogste (afgekort GHG), resp. de gemiddeld laagste (afgekort GLG) grondwaterstand te berekenen. Een goede benadering kan worden verkregen door de drie hoogste grondwaterstanden per hydrologisch jaar (april t/m maart) te middelen en dit te herhalen over een periode van ten minste ca. 8 jaar. Het gemiddelde hiervan levert de GHG. Door op dezelfde wijze te handelen met de drie laagste grondwaterstanden per hydrologisch jaar, kan de GLG berekend worden. Het gemiddelde verloop van de grondwaterstand op een bepaalde plaats kan schematisch worden gekarakteriseerd door de GHG en de GLG. De waarden die men voor deze grootheden vindt, kunnen van plaats tot plaats nogal variëren. Daarom is de klassenindeling, die is ontworpen op basis van de GHG en GLG, betrekkelijk ruim van opzet (tabel 3).

Elk van deze klassen - de grondwatertrappen (Gt's) - is gedefinieerd door een combinatie van een zeker GHG- en GLG-traject (bijv. GHG 40-80 cm met GLG > 120 cm beneden maaiveld = Gt VI), of alleen door een GLG-traject (bijv. 50-80 cm, Gt II); in het laatste geval ligt de GHG nl. vrijwel



Afb. 12 Vier tijdstijghoogtelijnen van de COLN-stambuis nr. 2969 in een kalkrijke rivierkleigrond (Rn95A) met Gt VI.

Profielschets met korrelgroottesamenstelling links van de grondwaterstandscurven. Uit de waarnemingsperiode 1955-1961 zijn vier karakteristieke jaren afgebeeld. De aangegeven GHG en GLG zijn berekend uit de volledige gegevens.

Boven de grondwaterstandscurven is de maandsom van de neerslag in dezelfde vier jaren aangegeven (KNMI-station Nijmegen).

Gegevens Dienst Grondwaterverkenning TNO, Archief van Grondwaterstanden.

steeds in de buurt van het maaiveld.

Tabel 3 Grondwatertrappenindeling

Grondwatertrap:	I	II	III	IV	V	VI	VII
GHG in cm beneden maaiveld	-	-	<40	>40	<40	40-80	> 80
GLG in cm beneden maaiveld	<50	50-80	80-120	80-120	>120	>120	>120

Wanneer aan een knooppunt een bepaalde grondwatertrap is toegekend, wil dat zeggen dat de GHG en de GLG, afgezien van afwijkingen ten gevolge van het voorkomen van onzuiverheden, zullen variëren binnen de grenzen gesteld voor de desbetreffende Gt. Hiermee wordt dus informatie gegeven over de grondwaterstanden die men circa juni-juli (GLG), resp. circa januari-februari (GHG) in een gemiddeld jaar mag verwachten. Bij het boren wordt de Gt die aan het boorpunt wordt toegekend, door schatting vastgesteld.

Uit de profielopbouw kunnen bepaalde kenmerken, die met de waterhuishouding samenhangen worden afgeleid, zoals bepaalde roest-, reductie- en blekingsverschijnselen.

Aan de hand van deze kenmerken, worden de GHG en de GLG en daaruit de Gt vastgesteld. De gegevens worden zoveel mogelijk getoetst aan bestaande grondwaterstandsbuizen, die door de Dienst Grondwaterverkenning TNO jarenlang regelmatig zijn gemeten.

Verder wordt bij het schatten van de Gt, gebruik gemaakt van landschappelijke en topografische kenmerken, zoals reliëf, bodemgebruik, slootwaterstanden e.d.

In sommige gevallen is bij een knooppunt een complexe Gt-eenheid aangegeven, bijv. V/VI. Vooral, waar gronden liggen met een GHG tussen ca. 30 en 50 cm. Deze situatie doet zich vooral voor in de kleipolders, waar de GHG bij een gegeven polderpeil in hoofdzaak wordt bepaald door de detailontwatering (drainafstand en -diepte e.d.).

Binnen het proefgebied Over-Betuwe zijn op verschillende plaatsen reeds ruilverkavelingswerken uitgevoerd. Daarbij werd vooral de waterbeheersing van de lage, zeer zware kleigronden (z.g.n. komgronden) verbeterd (afb. 13).

Hoewel de grondwaterstanden in deze gronden als gevolg van hun geringe vochtbergend vermogen in de winter en het voorjaar nog hoog kunnen oplopen, onderscheiden ze zich van de overeenkomstige gronden in de niet verkavelde gebieden door minder frequente en kortere perioden met grondwaterstanden tot aan of in het maaiveld.

3 GEFASEERDE VERZAMELING VAN BODEMKUNDIGE GEGEVENS

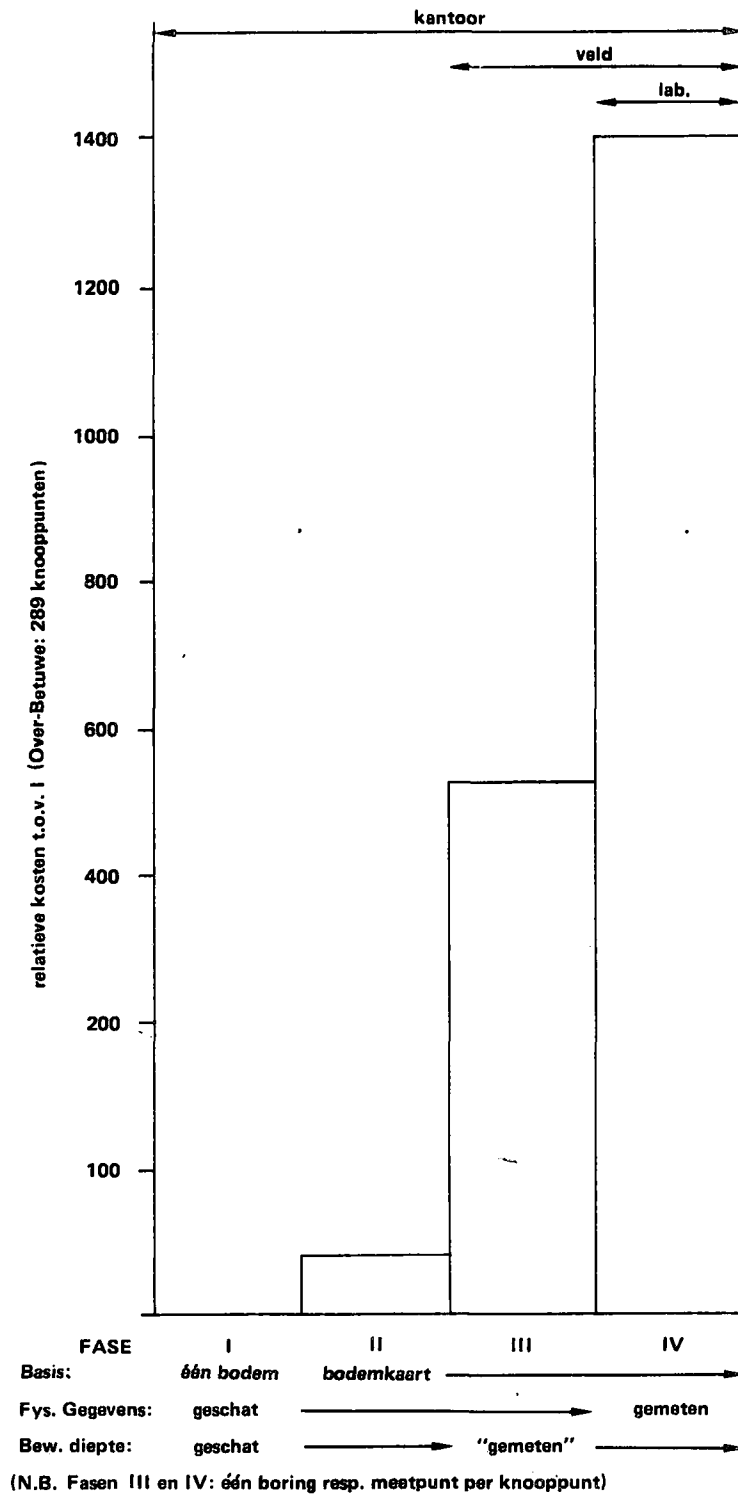
3.1 Inleiding

Bij het verzamelen van voor de simulatie relevante bodemkundige gegevens is gebruik gemaakt van vier verschillende procedures die een reeks vormen van toenemende complexiteit en kostbaarheid. Bij de beschrijving van gegevens die met deze procedures zijn verkregen, zal in dit verband worden gesproken van fasen I t/m IV. Ter toelichting van deze benadering kan het volgende worden opgemerkt. Iedere gebruiker van een simulatiemodel, zoals hier toegepast, kan zich op het standpunt stellen dat bodemkundige gegevens niet erg belangrijk zijn voor het uiteindelijk simulatieresultaat en dat het kiezen van "een gemiddelde" grondsoort bevredigend zou kunnen zijn. We introduceren dus in dit verband een fase I waarin identieke gegevens worden geleverd voor alle knooppunten, uitgaande van "een gemiddelde" grondsoort. De simulatieresultaten in termen van berekende grondwaterstanden kunnen worden getoetst aan de hand van gemeten waarden en kunnen worden vergeleken met resultaten van benaderingen in latere fasen. Hierbij moet worden opgemerkt dat de gemiddelde hoogteligging van ieder element in alle fasen, dus ook in fase I, wordt gebruikt. Het is duidelijk dat het verschaffen van bodemkundige gegevens in fase I zeer eenvoudig en weinig kostbaar is.

Voor het proefgebied Over-Betuwe is gekozen voor de meest voorkomende bodemeenheid nl. een komgrond (poldervaaaggrond) (legenda-eenheid: Rn44C-Gt III). Overigens betekent de keuze van deze grond toch al de inbreng van een zekere bodemkundige kennis. Eenheid Rn44C heeft een aangenomen dikte van de wortelzone van 40 cm; pF curve bovengrond no. 19 en K- Ψ ondergrond: 19, met bijbehorende pF no. 19. De in dit rapport gebruikte pF en K- Ψ gegevens zijn samengevat in verschillende bijlagen die op de diverse fasen betrekking hebben.

In fase II wordt gebruik gemaakt van bestaande bodemkaarten, hetzij de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, of ruilverkavelings- of andere karteringen. Voor ieder representatief oppervlak (zie bijl. 1) kan met behulp van de bodemkaart en planimetrie worden vastgesteld welke bodemeenheid het grootste oppervlak inneemt (het "representatief profiel"), zoals elders al eens toegelicht door Van Holst e.a. (1974). Vervolgens kan aan de hand van de beschrijving in het bijbehorende rapport en de in het kader van de kartering beschreven boringen een schatting worden gemaakt van de texturen van onder- en bovengrond en de bijbehorende fysische karakteristieken (pF en K- Ψ). Deze procedure speelt zich af op kantoor en houdt in dat er geen veldwerk wordt verricht. In het kader van de voor dit gebied uitgevoerde gefaseerde benadering is in fase II gebruik gemaakt van de 1 : 50 000 bodemkaart, waarbij de veldgegevens zijn geraadpleegd die tijdens de kartering zijn verzameld. Standaardbeschrijvingen van de voorkomende profielen die voorkomen in de bij de bodemkaart behorende rapporten (Stichting voor Bodemkartering, 1973, 1975). zijn gebruikt om pF en K- Ψ gegevens en bewortelingsdiepten te schatten; de eerste twee met behulp van bestaande standaardreeksen. De pF-curven werden geschat op basis van de in de profielbeschrijvingen genoemde texturen en organische-stofgehalten van zowel boven- als ondergronden. De schatting gebeurde aan de hand van de standaardreeksen van Rijtema (1969).

In fase III worden in het veld boringen uitgevoerd per representatief oppervlak, in de meest voorkomende bodemeenheid, zoals afgelezen van de bodemkaart. Op grond van deze waarnemingen, zijn opnieuw op basis van in hoofdzaak textuurschattingen, pF en K- Ψ gegevens geschat. De hier verrichtte boringen hebben ook ten doel te onderzoeken of de via de bodemkaart gegeven benaming van de grond wel juist is. Immers, vlakken op bodemkaarten bezitten steeds een zekere onzuiverheid. Bovendien zijn de beschrijvingen



Afb. 14 Relatieve kosten van gegevensverzameling in de fasen I t/m IV en samenvatting van de procedures behorend bij de verschillende fasen

van de voorkomende bodemeenheden in het bijbehorende rapport altijd vrij globaal, zeker voor de ondergrond die juist voor de simulatie van veel belang is. Dit in ogenschouw nemende kan worden opgemerkt dat boringen voor bodemkartering over het algemeen gegevens verschaffen tot een diepte van ten hoogste 120 cm - mv., terwijl in fase III in het kader van dit project dieper is geboord. Dit met als doel wat inzicht in de dieper gelegen lagen te verkrijgen. Boringen ter plaatse kunnen dus veel onzekerheid wegnemen. Bovendien kan de bewortelingsdiepte worden waargenomen. Wel moet in het algemeen worden opgemerkt dat het aantal boringen per knooppunt noodzakelijkerwijs beperkt is. Het gevaar bestaat dat de resultaten van één boring als representatief voor een knooppunt worden beschouwd terwijl meerdere boringen mogelijk een zekere variatie zouden kunnen aantonen in b.v. bewortelingsdiepte. Toch kan over het algemeen worden geconcludeerd dat na boring een duidelijker vaststelling van de bodemkundige gegevens mogelijk is (en dus schattingen van bijbehorende fysische karakteristieken) dan bij gebruik van de bodemkaart alleen. Of dit verschil relevant is voor de simulatieresultaten zal moeten blijken uit een vergelijking van fasen II en III.

In fase IV, ten slotte, wordt, voortbouwend op fase III, het accent gelegd op het meten van de benodigde fysische bodemkarakteristieken, in plaats van het schatten door middel van standaardreeksen (fasen I t/m III). Uiteraard zijn standaardreeksen verkregen door metingen elders. Naarmate elders meer metingen zijn verricht neemt de kans toe dat redelijke schattingen kunnen worden gemaakt van pF en $K-\psi$ gegevens voor identieke gronden waar niet gemeten is.

De fasenbenadering is, zoals reeds gesteld, vooral van belang op basis van economische overwegingen. Getracht is daarom de relatieve kosten van de te volgen procedures in de verschillende fasen te schatten. Uit afb. 14 blijkt dat de kosten zeer sterk toenemen naarmate er veld- en laboratoriumwerkzaamheden nodig zijn.

Tenslotte moet nog worden opgemerkt dat alleen resultaten zijn berekend voor ieder knooppunt op basis van de volgens de bodemkaart meest voorkomende bodemeenheid. Het oorspronkelijke plan om de berekeningen per knooppunt ook toe te passen voor de bodemeenheid die precies op het knooppunt voorkwam, is niet uitgevoerd. Het verschil met de nu gevolgde procedure bestaat uit het planimetrieren van de binnen het representatief oppervlak op de bodemkaart voorkomende eenheden. Dit neemt relatief gezien weinig tijd, waardoor de nu gevolgde procedure het meest zinvol lijkt, omdat uiteindelijk uitspraken over een oppervlak van 25 ha worden gedaan (zie ook verder commentaar in hoofdstuk 3.4).

3.2 Gegevens fase II

Voor de 289 knooppunten die het proefgebied Over-Betuwe telt (zie bijl. 3) zijn bodemkundige gegevens afgeleid uit bestaande bodemkaarten en de daarbij behorende toelichtingen. In deze fase zijn zowel de bodemkundige gegevens (voorkomende lagen, dikte bovengrond etc.) als de fysische gegevens geschat op basis van resp. de bodemkaarten en bestaande pF en $K-\psi$ tabellen, welke laatste doorgaans zijn gebaseerd op correlaties met de textuur van de grond.

Er is onderscheid gemaakt in fase IIa en IIb. In fase IIa zijn gegevens aangevoerd voor ieder knooppunt, uitgaande van de bodemeenheid waarop het desbetreffende knooppunt is gelegen. In fase IIb zijn gegevens verstrekt voor die bodemeenheid, waarvan de grootste oppervlakte voorkomt binnen het representatief oppervlak.

In veel gevallen (gemerkt met * in bijlage 3 met gegevens van fase IIb) komt het knooppunt voor op de bodemeenheid die binnen de desbetreffende oppervlakte het sterkst is vertegenwoordigd. In deze situatie zijn

voor het genoemde knooppunt de getabelleerde gegevens voor fase IIa en IIb identiek. Bij het uitwerken van de hier gepresenteerde gegevens is gebruik gemaakt van de veldkaarten, schaal 1 : 25 000, die door de karterers in het kader van de kartering van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, zijn vervaardigd (zie ref. 1 en 2). Er is gebruik gemaakt van de meest gedetailleerde gegevens, die wel eens iets af kunnen wijken, van die welke direct via de Bodemkaart, schaal 1 : 50 000, zouden zijn verkregen. De bodemkundige gegevens zijn afgeleid uit de gedetailleerde beschrijvingen van de kaarteenheden, zoals deze zijn weergegeven in de Toelichtingen bij de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000 (Stichting voor Bodemkartering, 1973 en 1975). Een enigszins beknopte en specifiek op het Proefgebied Over-Betuwe gerichte beschrijving wordt aangetroffen in hoofdstuk 2.

De fysische gegevens zijn geschat op basis van thans beschikbare tabellen, die berusten op correlaties met textuur. Voor de pF is ondermeer gebruik gemaakt van gegevens uit het rapport Grondwaterbeheer Achterhoek. Voor de K- Ψ zijn de Rijtema-waarden aangehouden. Een samenvattende tabel van alle gebruikte pF en K- Ψ relaties is bijgevoegd (bijlage 3)*.

In tabel 1 wordt een opsomming gegeven van alle voorkomende bodemeenheden en de ingenomen oppervlakte (die middels planimetreren is bepaald). In bijlage 3, waarin de gegevens voor fase IIa en IIb worden gepresenteerd, is ook aangegeven de oppervlakte van ieder representatief oppervlak rond elk knooppunt (varieert tussen 25 ha en 100 ha). Bovendien is aangegeven welk percentage van het element wordt ingenomen door de benoemde bodemeenheid (= bodemeenheid op knooppunt voor fase IIa; = bodemeenheid die binnen het representatief oppervlak het meest voorkomt in fase IIb).

3.3 Gegevens fase III

Bij deze fase zijn de bodemkundige gegevens niet zoals bij fase II afgeleid van bestaande bodemkaarten in correlatie met de daarbij behorende toelichting en de bestaande literatuur, maar ook verkregen uit boringen tot + 3 m diepte. Dit maakt een veel meer gedifferentieerde benaming mogelijk. In fase II is onderscheid gemaakt in fase IIa en IIb. Bij fase III is echter uitgegaan van de werkwijze welke gevolgd is bij fase IIb, hetgeen inhoudt, dat geboord is binnen de bodemeenheid, die binnen de representatieve oppervlakte het sterkst vertegenwoordigd is.

Bij knooppunten welke in fase IIb met bebouwing of water zijn aangemerkt, werd in fase III (wanneer niet het gehele knooppunt bebouwd of water was) de op één na grootste eenheid omschreven, omdat boren in sterk bebouwde gebieden etc. weinig relevant mag worden geacht. De desbetreffende knooppuntnummers zijn in fase III omcirkeld. Aangezien bodemeenheid, oppervlakte en oppervlaktepercentage in fase III identiek zijn aan fase IIb, zijn deze gegevens niet opnieuw vermeld. De Gt (grondwatertrap) wijkt in sommige gevallen echter wel af, zodat deze wel opnieuw is weergegeven.

* Bij de simulatie van de hydrologie van de zware kleigronden (komgronden) is op basis van bestaande kennis de noodzaak gebleken om over te gaan tot de onderscheiding van een aantal lagen. De eigenschappen daarvan kunnen op basis van het werk van Van Hoorn (1960) als volgt worden geschat: laag 1: 0-20 cm; laterale K_{verz} = 50 cm/dag; laag 2: 20-70 cm; K_{verz} = 5 cm/dag; laag 3: 70 cm tot diepe zand = K_{verz} = 1 m/dag ("korte klei"). Deze indeling is onbevredigend en zal worden verbeterd in fase III.

Gezien het feit, dat aan fase III een aanzienlijke hoeveelheid veldwerk ten grondslag ligt, zal hierop iets dieper worden ingegaan. Zoals vermeld is per knooppunt qua bodemeenheid de eenheid met de grootste oppervlakte gekozen. Binnen deze eenheid werd een representatief punt gezocht, zo dicht mogelijk bij het aangegeven knooppunt. De boorpunten staan weergegeven in bijlage 2. Van de topografische ligging van het boorpunt werd een situatieschets gemaakt en een boring verricht tot + 3 m diepte. Van deze boring werd vervolgens een profielschets gemaakt.

Hierin is vermeld o.a.:

- a. bodemgebruik
- b. bewortelingsdiepte
- c. GHG (gemiddeld hoogste grondwaterstand)*
- d. GLG (gemiddeld laagste grondwaterstand)*
- e. Gt, afgeleid uit de punten c en d (in enkele gevallen is een associatie van twee Gt-klassen gebruikt, omdat het boorpunt zich op een overgang bevindt)
- f. boorpuntencode en profielverloop.

Verder werd laagsgewijs aangegeven:

1. organische-stofgehalte
2. textuur - % lutum ($< 2 \mu\text{m}$)
- % leem ($< 50 \mu\text{m}$)
3. M50 (mediaan van het zand)
4. rijpingsklasse
5. kalkklasse

Voorts is bij de komkleiprofielen onderscheid gemaakt in lagen I t/m IV, zoals besproken met Rolf en Kovar (R.I.D.), nl.:

Laag I : goed doorwortelde bovengrond (0-20 à 30 cm) met een (geschatte) horizontale K_{verz} van 50 cm/dag

Laag II : de slecht of niet doorwortelde laag komklei waarvan altijd is aangenomen dat de K_{verz} laag was (Van Hoorn, 1960). Uit onze metingen in dit gebied maar vooral in de Tielerwaard is echter gebleken dat de verticale K_{verz} niet laag is (gemiddeld 57 cm/dag). Wel is de K_{verz} lager dan de er onder liggende laag III. De geschatte dikte van laag II varieert zoals aangegeven in de tabellen.

Laag III: dit dikwijls als "korte klei" aangeduide materiaal heeft een veel betere verzadigde doorlatendheid (+ 100 cm/dag), zoals al aangetoond door Van Hoorn (1960). Soms bestaat de laag uit brokkelig veen. In veel gevallen gaat laag III door tot dieper dan 3 m - maaiveld.

Laag IV : een eventueel voorkomende dichtere laag, welke aansluit op de onderkant van laag III. Het materiaal bestaat uit bagger of verslagen veen, met een compacte structuur, met een, op grond van metingen elders, geschatte K_{verz} van 3 cm/dag. Soms komt deze laag voor op de overgang naar het zand (gemakshalve laag V genoemd), in andere gevallen gaat deze laag door tot dieper dan 3 m - maaiveld. Een ondergrens is dan niet aangegeven. Het zand

* De GHG en de GLG zijn niet gemeten, maar ter plaatse geschat op basis van waargenomen veld- en profielkenmerken zoals: hoogteligging, ontwatering, roest- en reductievlekken. Overigens zijn deze waarnemingen voor de simulatie met GELGAM niet relevant, omdat de grondwaterstand door het model wordt gesimuleerd en niet als gegeven wordt ingevoerd.

is bij de boringen in de komkleigronden maar 41 keer aangeboord (op een totaal van 132 boringen). Daar waar het zand niet is aangeboord, zullen de kaarten van de R.G.D. de zanddiepte moeten aangeven.

Nogmaals wordt benadrukt dat de I, II, III, IV en V (zand) terminologie alleen van toepassing is op de komkleigronden (132 boringen op een totaal van 289 boringen in dit gebied). Voor de andere gronden geldt de ook voor 't Klooster gebruikte terminologie in termen van "bewortelde bovengrond" en "ondergrond", zoals door De Laat toegepast (Deelrapport Bouma en Van Heesen, 1979). De fysische gegevens zijn ook in fase III geschat op basis van thans beschikbare tabellen. De meer specifieke keuzemogelijkheid als gevolg van het beschikbaar zijn van boringen, heeft wat verschuiving teweeggebracht. In fase II zijn namelijk de knooppunten qua textuur en profielverloop benoemd naar de vlaksgewijze beschrijving van de Toelichtingen bij de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, terwijl in fase III een puntsgewijze informatie (d.m.v. boringen) is verkregen. Een zelfde bodemeenheid heeft identieke eigenschappen op verschillende knooppunten in fase II, maar niet noodzakelijkerwijze in fase III.

Schattingen van pF en $K-\psi$ gegevens, volgens de door Rijtema (1969) gegeven standaardreeksen berusten op correlaties met de textuur. Deze zijn door hem uitgedrukt in het Engels, volgens de in de USA gebruikte textuurdriehoek (afb. 15). Door nu op deze driehoek de Nederlandse "Kleidriehoek" te projecteren, kunnen de Amerikaanse termen in Nederlandse lutumklassen worden "vertaald". Het merendeel van de analyses van de Nederlandse rivierkleigronden ligt in de grijze zone. Voor de pF van de bovengrond is tevens gebruik gemaakt van gegevens uit het rapport Grondwaterbeheer Achterhoek (Van Holst en Van Heesen, 1974) en Int. Mededeling nr. 8 van de Stichting voor Bodemkartering (Krabbenborg, 1973). Samenvattende tabellen van alle gebruikte pF en $K-\psi$ relaties zijn bijgevoegd (bijlage 4).

3.4 Fase IV

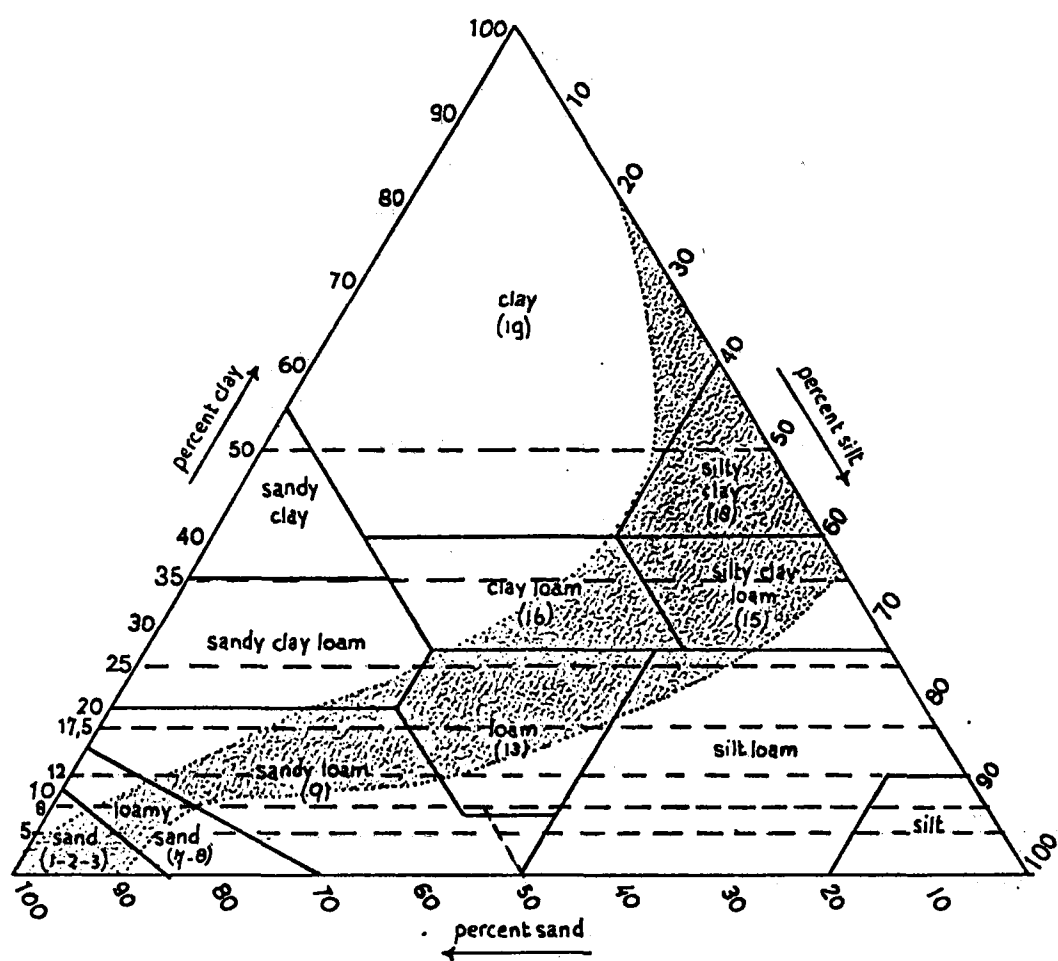
3.4.1 Inleiding

Meting van pF -gegevens en van $K-\psi$ relaties zullen afzonderlijk worden besproken. Met name de meting van de doorlatendheid K , voor zowel verzadigde als onverzadigde grond, zal in detail worden besproken omdat hierbij enkele nieuwe methoden zijn toegepast. Na de presentatie van de toegekende gegevens per knooppunt en de beschrijving van de methoden zal nog een kort overzicht worden gegeven van de problemen die optreden wanneer de traditionele stromingstheorie wordt toegepast op heterogene, zwellende kleigronden. Hoewel er op het moment dat dit verslag wordt geschreven nog geen simulatieresultaten beschikbaar zijn, mag worden aangenomen dat op een later tijdstip laatstgenoemde overwegingen van praktisch belang zullen zijn.

3.4.2 Gegevens fase IV

Bij deze fase worden de meest actuele gegevens verstrekt, van de 289 knooppunten in het proefgebied Over-Betuwe (bijlage 3). Zoals omschreven in het projectvoorstel, is bij deze fase voortgeborduurd op de fase III-gegevens; verkregen uit boringen tot 3 m.

In fase III werden $K-\psi$ en pF -curven voor de ondergrond toegediend op basis van Rijtema-waarden, die zijn geschat aan de hand van tijdens het veldwerk geconstateerde texturen. In fase IV zijn met behulp van de heteroluchtmethode $D-\theta$ curven bepaald, die via pF -gegevens zijn omgezet in $K-\psi$ relaties.



Afb. 15 Guide for textural classification (Soil Survey Manual, 1969), waarop de Rijtema-waarden (pF en K-ψ) zijn gebaseerd (getrokken lijn), met daarop geprojecteerd de Nederlandse indeling volgens de zgn. "kleidriehoek" (onderbroken lijn). Het merendeel van de analyse ligt in de grijze zone.

% lutum	naam	samenvattende namen	
0 - 5	kleiarm zand 1)	zand	
5 - 8	kleilig zand 1)		
8 - 12	zeer lichte zavel	lichte zavel	zavel
12 - 17,5	matig lichte zavel		
17,5 - 25	zware zavel	zware klei	klei
25 - 35	lichte klei		
35 - 50	matig zware klei		
50 - 100	zeer zware klei		

Indeling en benaming naar het lutumgehalte

- 1) tevens meer dan 50% zandfractie
- bij 0 - 50% zandfractie
- 0 - 5% kleiarm silt
- 5 - 8% kleilig silt

De bemonsterde profielen liggen in het proefgebied Over-Betuwe en in het nabij gelegen ruilverkavelingsgebied met een overeenkomstige naam. Voor elke relevante textuurgroep zijn vijftien monsters verzameld.

Gezien de aard van het simulatiemodel zijn deze monsters genomen in de laag, die direct aansluit op de doorwortelde zone: Immers de verkregen curven dienen voor de berekening van de capillaire opstijging vanuit het grondwater naar de onderkant van de doorwortelde zone. Van de betreffende lagen zijn grondmonsters genomen voor een textuur- en organische-stofanalyse. Deze waarden zijn nodig voor het berekenen van de pF-curve, volgens de door de Afdeling Bodemtechniek geleverde formules (zie hoofdstuk 3.4.3).

De lijst met K- Ψ relaties geeft middels de nummers 1 t/m 5 de door ons gemeten waarden weer, die zijn toegekend aan ondergronden met meer dan 8% lutum (zavel- en kleigronden). De nummers 6 t/m 9 geven Rijtema-waarden weer.

Aangezien door ons geen K- Ψ metingen in zand- en veengronden zijn verricht, zijn deze waarden gelijk aan die van fase III (de nummering is echter gewijzigd).

Aangaande de tabel met pF gegevens (bijlage 2) kan worden opgemerkt, dat de gegevens voor de niet kleibovengronden en ondergronden ongewijzigd zijn gebleven. Voor de boven- en ondergronden met meer dan 8% lutum (zavel- en kleigronden) zijn nieuwe waarden geïntroduceerd, welke afgeleid zijn uit de door Afdeling Bodemtechniek geleverde formules (zie 3.4.3).

Naast de met de heteluchtmethode gemeten K- Ψ relaties, zijn ook met behulp van de boorgatenmethode waarden voor K_{verz} gemeten. Voor iedere textuurklasse van de zavel- en kleigronden is in bijlage 1 een representatieve waarde ingevoerd. Deze waarden zijn over het algemeen hoger dan de K_0 waarden uit de Rijtema formules, en dit zal bij de simulatie waarschijnlijk wel effect hebben. Overigens is door Rijtema reeds gesteld dat K_0 niet identiek is aan K_{verz} , omdat de laatste vaak door structurele poriën (wormgangen, scheuren) wordt bepaald en daardoor hoger is dan K_0 .

3.4.3 Bepaling van regressievergelijkingen voor pF-curven van rivierkleigronden

Op de Afdeling Bodemtechniek van Stiboka zijn de laatste jaren de beschikbare pF gegevens statistisch verwerkt. Vele honderden monsters zijn in het rivierkleigebied gemeten, en het leek zinvol om van deze gegevens uit te gaan in dit onderzoek dat immers gericht is op het doen van uitspraken over op de bodemkaart voorkomende vlakken. Daarbij is de ruimtelijke variatie van essentieel belang. Voor rivierklei gelden de gegevens die in tabellen 4 en 5 zijn opgenomen, en waarmee voor iedere in de laatste kolom aangegeven pF-waarde, het vochtgehalte berekend kan worden voor onder- en bovengronden volgens de algemene formule:

$$pF = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_3 \text{ of:}$$

$$pF = b_0 + b_1 \cdot \text{hum} + b_2 \cdot \text{lut} + b_3 \cdot \text{S.V.}$$

waarbij: hum = % humus; lut = % lutum, en S.V. = soortelijk volume = $1/\text{dichtheid (cm}^3/\text{gram)}$.

Voor de coëfficiënten b_0 , b_1 , b_2 en b_3 zijn ook standaardafwijkingen aangegeven. De door middel van deze formules berekende pF curven zijn gebruikt bij het schatten van pF curven voor onder- en bovengrond ten behoeve van GELGAM, terwijl de formule voor de ondergrond ook is gebruikt voor de transformatie van $D(\theta)$ in $K(\Psi)$ (zie hoofdstuk 3.4.4).

Jonge Rivierklei - bovengrond Relatie pF-waarden= $b_0+b_1 \cdot \text{humus}+b_2 \cdot \text{lutum}+b_3$. S.V.

b_0	$\pm S$	b_1	$\pm S$	b_2	$\pm S$	b_3	$\pm S$	pF
-36,84	$\pm 2,49$	+0,040	$\pm 0,129$	+0,062	$\pm 0,022$	+95,04	$\pm 3,93$	0,4
-36,21	$\pm 4,87$	-0,162	$\pm 0,206$	+0,159	$\pm 0,046$	+89,30	$\pm 6,95$	1,0
-29,85	$\pm 6,46$	+0,137	$\pm 0,314$	+0,135	$\pm 0,057$	+77,98	$\pm 9,80$	1,5
-29,93	$\pm 3,38$	+0,187	$\pm 0,175$	+0,213	$\pm 0,030$	+72,47	$\pm 5,31$	2,0
-27,37	$\pm 3,56$	+0,064	$\pm 0,184$	+0,242	$\pm 0,032$	+66,63	$\pm 5,60$	2,3
-27,87	$\pm 4,63$	+0,162	$\pm 0,229$	+0,224	$\pm 0,039$	+64,70	$\pm 6,99$	2,7
- 2,48	$\pm 7,14$	+1,164	$\pm 0,412$	+0,455	$\pm 0,046$	+10,71	$\pm 12,02$	3,4
-12,67	$\pm 4,50$	+0,34	$\pm 0,24$	+0,39	$\pm 0,03$	+24,30	$\pm 7,53$	4,2

Tabel 4 Basisgegevens voor het berekenen van de pF-curven (bovengrond)

Jonge rivierklei - ondergrond Relatie pF-waarden= $b_0+b_1 \cdot \text{humus}+b_2 \cdot \text{lutum}+b_3$. S.V.

b_0	$\pm S$	b_1	$\pm S$	b_2	$\pm S$	b_3	$\pm S$	pF
-35,64	$\pm 0,80$	+0,105	$\pm 0,133$	+0,098	$\pm 0,0087$	+92,18	$\pm 1,40$	0,4
-38,03	$\pm 0,83$	+0,239	$\pm 0,152$	+0,118	$\pm 0,0095$	+92,74	$\pm 1,45$	1,0
-39,39	$\pm 1,02$	-0,012	$\pm 0,188$	+0,148	$\pm 0,0117$	+91,73	$\pm 1,79$	1,5
-34,03	$\pm 1,74$	-0,339	$\pm 0,178$	+0,234	$\pm 0,014$	+78,15	$\pm 2,97$	2,0
-38,89	$\pm 1,29$	+0,151	$\pm 0,209$	+0,252	$\pm 0,0133$	+81,20	$\pm 2,23$	2,3
-35,93	$\pm 1,74$	-0,346	$\pm 0,330$	+0,319	$\pm 0,0185$	+72,00	$\pm 2,99$	2,7
-16,10	$\pm 2,19$	+0,445	$\pm 0,414$	+0,384	$\pm 0,0232$	+36,26	$\pm 3,76$	3,4
- 7,30	$\pm 1,39$	+0,557	$\pm 0,230$	+0,338	$\pm 0,0150$	+17,63	$\pm 2,42$	4,2

Tabel 5 Basisgegevens voor het berekenen van de pF-curven (ondergrond)

3.4.4 Bepaling van doorlatendheden

3.4.4.1 Inleiding

Een drietal technieken, waarvan twee in detail zullen worden toegelicht, zijn in dit onderzoek toegepast: (1) De kolommenmethode voor het meten van K_{verz} in grond boven de grondwaterspiegel. (2) De heteluchtmethode voor het meten van $D(\theta)$, en via transformatie met behulp van de pF curve: $K(\psi)$. (3) De boorgatenmethode voor het meten van K_{verz} beneden de grondwaterspiegel. Deze methode geldt als een standaardmethode waarvan er vele goede beschrijvingen bestaan. Er zal dan ook geen gedetailleerde beschrijving worden gepresenteerd in dit verslag. Verwezen wordt naar Van Beers (1958). De kolommenmethode en de heteluchtmethode zullen nu gedetailleerd worden besproken.

3.4.4.2 De kolommenmethode voor het meten van K_{verz}

Baker en Bouma (1976) introduceerden een nieuwe methode voor het bepalen van de verticale verzadigde doorlatendheid van grond boven de grondwaterspiegel. Deze "kolommenmethode" werd ook toegepast bij een onderzoek naar de doorlatendheid van pikkleigronden in de omgeving van Schagen, bij een onderzoek naar de doorlatendheid van knipkleigronden in Friesland en bij een onderzoek naar de doorlatendheid van komkleigronden (Bouma, Dekker en Verlinden, 1976; Dekker en Bouma, 1976; Dekker en Bouma 1978a; Dekker en Bouma 1978b).

Er zijn andere methoden beschikbaar voor het meten van K_{verz} , zowel in het laboratorium als in het veld, maar hieraan kleven wat bezwaren. Zo wordt bij de dubbele buizenmethode (Bouwer, 1962) een K_{verz} gemeten, die zowel door een horizontale als door een verticale component wordt bepaald. Deze waarden kunnen misleidend zijn als specifiek de verticale doorlatendheid gezocht wordt. De boorgatenmethode is ontworpen voor meting van K_{verz} beneden de grondwaterspiegel. Aangezien ten minste een hydrostatische druk van 30 cm aanwezig moet zijn kan deze methode niet goed worden toegepast in oppervlaktelagen tot een diepte van in de praktijk zo'n 50 cm. Bovendien is bij de boorgatenmethode de kans op versmering van de wanden van het boorgat vrij groot, wat kan leiden tot te lage waarden. De algemene verwachting dat de doorlatendheid van de komklei, pikklei en knipklei laag zou zijn, is voor een deel te verklaren uit het gebruik van de boorgatenmethode. Met behulp van infiltrometers kunnen infiltratiesnelheden worden bepaald, maar die moeten met behulp van gemeten vochtpotentialen worden omgezet in K-waarden. Dit vereist nogal wat instrumentatie (zie Van Hoorn, 1960).

Tenslotte kunnen ook monsterringen worden genomen. Onvoldoende monstergrootte kan echter tot minder representatieve waarden leiden, bijvoorbeeld bij de methode die gebruik maakt van 100 cm³ ringmonsters (Anderson and Bouma, 1973). Ook het nemen van de ringen kan verdichtingen veroorzaken, die met name in de zwaardere gronden, waar weinig poriën actief aan de stroming deelnemen, de gemeten K_{verz} waarden sterk kunnen beïnvloeden. De hier te bespreken kolommenmethode heeft weinig van al deze bezwaren. Het gebruikte monster is groot en absoluut ongestoord. Bovendien zijn fysische randvoorwaarden in het ééndimensionale stromingspatroon goed gedefinieerd.

Vervaardiging kolommen

Bij de kolommenmethode wordt een verticale grondkolom met een diameter van 30 cm en een hoogte van 20 tot 40 cm voorzichtig ter plaatse uitgesneden in een kuil. De hoogte van de kolom kan worden aangepast aan de dikte van de te meten laag; een hoogte van 40 cm is echter wel de limiet

in verband met de hanteerbaarheid van de kolom. Op de kolom wordt een tien cm hoge infiltrometer geplaatst, nadat de natuurlijke bodemstructuur aan de bovenzijde van de kolom is uitgeprepareerd (zie afb. 16). De zijanten van de kolom worden afgesloten met modelgips, dat als een vloeibare pasta in een mal wordt gegoten met een dikte van vijf cm rondom de kolom. Voordat dit gebeurt, wordt de verticale wand van de kolom ingewreven met een klei-pasta om laterale beweging van gips in de kolom te voorkomen. Nadat het gips is hard geworden, wordt de kolom losgemaakt van de ondergrond, uit de kuil gehaald en waterpas op een paar plankjes op het maaiveld opgesteld (afb. 17). Bij diepe homogene gronden kan ook zonder bezwaar in situ worden gemeten. Bij lage buitentemperaturen kan de harding van het gips worden versneld door het gebruiken van lauw water.

Wijze en tijdstip van het meten

De infiltrometer wordt gevuld met water en de infiltratiesnelheid wordt gemeten met een buret. Deze is voorzien van een mariotte apparaat, waardoor een lage hydrostatische druk kan worden gehandhaafd boven de grondkolom (Bouma, 1977). De test wordt voortgezet tot een constante infiltratiesnelheid is bereikt gedurende verschillende uren. Deze meting is fysisch goed gedefinieerd omdat atmosferische druk aanwezig is aan de losgemaakte onderkant van de kolom waar het water uitstroomt. Dit maakt de "vertaling" van de gemeten stroomsnelheid in een K_{verz} gemakkelijk. Volgens de wet van Darcy is $V = K \times i$. In deze formule wordt met V de verticale infiltratiesnelheid, met K de verticale verzadigde doorlatendheid en met i de gradiënt aangeduid. Daar aan de onderkant van de grondkolom een atmosferische druk heerst is de gradiënt ongeveer 1 cm/cm en derhalve is $V = K$.

Het minst doorlatende laagje in de kolom is van doorslaggevende betekenis op de waarde van de gemeten K_{verz} . Immers de snelheid waarmee het water door de kolom kan stromen, wordt bepaald door het gedeelte van de kolom met de laagste doorlatendheid.

Bodemstructuur en poriëndistributies variëren per seizoen als gevolg van zwel- en krimpprocessen bij bevochtiging en uitdroging. In de winterperiode, normaliter de natte periode van het jaar met een neerslagoverschot en hoge grondwaterstanden, heeft zwel van de klei gedurende vele weken of maanden plaats. In de zomer heeft ten gevolge van uitdroging scheurvorming plaats. Bij metingen op dezelfde plekken zal men in het vroege voorjaar relatief lage en in de zomer relatief hoge K_{verz} waarden vinden. De verticale verzadigde doorlatendheid kan dan ook het beste in het vroege voorjaar worden gemeten als het een onderzoek betreft naar de oorzaken of het mogelijk optreden van wateroverlast in het natte seizoen.

Referenties

- Anderson, J.L. and J. Bouma, 1973: Relationships between hydraulic conductivity and morphometric data of an argillic horizon. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 37:408-413.
- Baker, F.G. and J. Bouma, 1976: Variability of hydraulic conductivity in two subsurface horizons of two silt loam soils. Soil Sci. Soc. Amer. Journal. Vol. 40:219-222.
- Bouma, J., L.W. Dekker and H.L. Verlinden, 1976: Drainage and vertical hydraulic conductivity of some Dutch "knik" clay soils. Agricultural Water Management 1(1976)67-78.
- Bouma, J. 1977: Soil Survey and the study of water in unsaturated soil. Simplified theory and some case studies. Soil Survey Papers no 13.
- Bouwer, H., 1962: Field determination of hydraulic conductivity above a water table with the double tube method. Soil Sci. Amer. Proc. 26:330-335.

- Dekker, L.W. en J. Bouma, 1976: De verticale verzadigde doorlatendheid van enige gronden met een pikkleilaag in de omgeving van Schagen. Rapport nr. 1274, Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Dekker, L.W. en J. Bouma, 1978a: De invloed van drainage en verbeterde ontwatering op de verticale verzadigde doorlatendheid van komklei- en knipkleigronden. Rapport nr. 1416, Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Dekker, L.W. en J. Bouma, 1978b: Relaties tussen de verticale verzadigde doorlatendheid van enige komkleigronden en het voorkomen van plasvorming. Cultuurtechnisch Tijdschrift (in druk).
- Hoorn, J.W. van, 1960: Grondwaterstroming in komgrond en de bepaling van enige hydrologische grootheden in verband met het ontwateringssysteem. Versl. Landbouwk. Onderz. nr. 66.10 Wageningen.

3.4.4.3 De heteluchtmethode voor het meten van K_{onverz}

Inleiding

De heteluchtmethode is gepubliceerd door Arya et al. in 1975 (Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 39:424-430). Het is een snelle, goedkope methode om de vochtvereffeningscoëfficiënt ($D = \text{diffusivity}$) te meten, als functie van het vochtgehalte (θ). Via de pF-curve kan deze worden omgezet in een K-h relatie die op dit moment voor ons het meest interessant is.

De methode kan als volgt kort worden samengevat:

Een klein ongestoord grondmonster (diameter 5 cm, hoogte ± 9 cm) wordt in een stalen ring van 10 cm hoogte, bemonsterd en in het lab. verzadigd (afb. 18). Hete lucht (250°C) wordt geblazen op het bovenoppervlak, waarbij de onderkant goed is afgesloten. Uitdroging van de grond leidt tot gewichtsverlies wat periodiek wordt gemeten door weging. Voor de berekening is het nodig dat het gewichtsverlies in de tijd evenredig is met $\sqrt{t}$. Verder mag het vochtgehalte onderin de ring niet veranderen, (semi-infinite soil) hetgeen beperkingen oplegt aan de duur van de heteluchttoediening ($t = 10-15$ minuten). Ook moet, theoretisch, het uiteindelijke vochtgehalte aan het bovenoppervlak "onmiddellijk" worden bereikt. Dit maakt het gebruik van een heteluchtbron noodzakelijk. Zodra de proef is beëindigd, wordt het monster uit de ring gedrukt en wordt het vochtgehalte bepaald als functie van de diepte in de ring vanaf het bovenoppervlak (x). Berekening van D gebeurt met de volgende formule, waarvan de termen al gedefinieerd zijn:

$$D(\theta) = \frac{1}{2t} \cdot \frac{dx}{d\theta} \int_{\theta_x}^{\theta_i} x, d\theta$$

en

$$K(h) = D(\theta) \cdot \frac{d\theta}{dh}$$

$d\theta/dh$ is de helling van de pF-curve.

De methode is niet geschikt voor vochtgehalten nabij verzadiging, omdat daar de helling erg vlak is, maar levert goede waarden vanaf b.v. $h = -30$ cm. Een groot voordeel van de methode is het feit dat waarden worden verkregen voor lage vochtgehalten en vochtpotentialen buiten tensiometerbereik. Verder is de methode goedkoop, snel en betrekkelijk eenvoudig. Als zodanig is ze uniek vergeleken met andere methoden, en uitermate geschikt voor toepassing in de veldbodemkunde waar het belangrijker is om een eenvoudige, snelle methode op veel plaatsen toe te passen dan een gecompliceerde, langdurige methode op maar enkele plaatsen.

datum 9-6-78 kolom nr: 140^a hoogte 98 mm diameter 50.

grondsoort: lichte klei

begingewicht: 566,51 gr

begingewicht + tarra: 577,50 gr

cylinder: vuil, nat 193,18 gr schoon, droog 193,

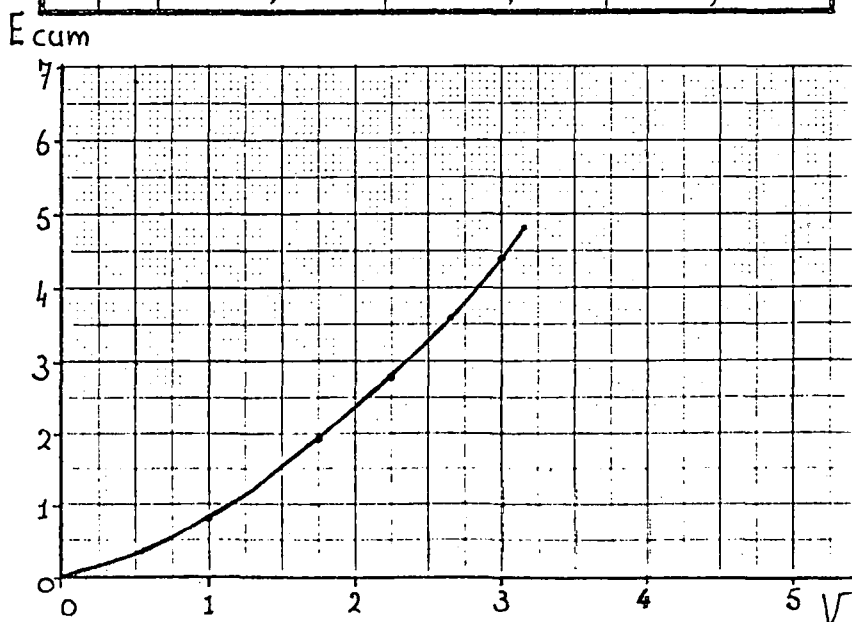
vuil, droog 193,13 gr grond 0,13...

water ... 0,05 gr

minuten t	$\sqrt{t}$	gewicht in gr.	E cum. in gr
→ 1	1	576,75	0,75
2	1,41	,	
→ 3	1,73	575,54	1,96
4	2	,	
→ 5	2,24	574,70	2,80
6	2,45	,	
→ 7	2,65	573,91	3,59
8	2,83	,	
→ 9	3	573,09	4,41
→ 10	3,16	572,69	4,81
11	3,32	,	
12	3,46	,	
13	3,61	,	
14	3,74	,	
15	3,87	,	
16	4	,	
17	4,12	,	
18	4,24	,	
19	4,36	,	
20	4,47	,	
21	4,58	,	
22	4,69	,	
23	4,80	,	
24	4,90	,	
25	5	,	

nr	Leeg gewicht in gr.	nat gewicht in gr.	drooggewicht in gr.
24	34,07	53,50	52,29
26	34,88	51,20	48,77
28	32,13	52,21	48,90
29	33,94	58,70	54,46
32	36,42	65,89	61,18
33	34,31	59,08	54,70
35	34,47	62,15	57,29
37	33,72	65,96	60,30
38	37,66	66,28	61,08
40	35,80	60,57	56,10
44	34,60	67,55	61,59
45	36,18	68,88	62,59
47	33,67	64,50	58,90
48	36,67	58,57	54,50
	,	,	,
	,	,	,

Tabel 6 Benodigde gegevens voor de heteluchtmethode



1	1.00	1.00	2.14
2	.34	5.00	2.35
3	.31	4.00	2.70
4	.39	2.00	2.79
5	.31	1.00	2.35
6	.37	1.40	3.10
7	.74	1.00	3.20
8	.37	1.10	3.19
9	.60	1.00	3.65
10	.29	.40	3.44
11	.24	.70	3.40
12	.23	.70	4.10
13	.22	.60	4.10
14	.21	.60	4.50
15	.19	.60	4.50
16	.18	.50	4.75
17	.17	.50	4.40
18	.15	.30	5.10
19	.13	.10	5.20
20	.11	.10	5.40
21	.10	.30	5.40
22	.10	.30	5.40
23	.08	.20	6.10
24	.08	.30	6.10
25	.07	.20	6.30
26	.06	.10	6.30
27	.05	.10	6.40
28	.04	.10	6.30
29	.03	.10	6.40
30	.02	.00	6.75
31	.02	.00	6.75
32	.01	.00	6.40
33	.01	.00	6.40
34	.01	.00	6.40
35	.01	.00	6.40

Andere gegeven waarden zijn berekeningsgegevens. De invoer voor de computer bestaat uit THETA, LOGPSI en PLAATS (bovenste drie kolommen). De PLAATS-waarde (= cm beneden de top van het monster) wordt afgelezen via fig. 22 en is karakteristiek voor iedere grond.

THETA	PLAATS	LUGSI	MIER	KIER	AFGELE	AFLOPS	PSICH
1.352	9.0700	2.150	0	0	330.000	-22.500	0.000
1.353	9.0700	2.350	0	0	270.000	-17.500	223.872
1.354	2.0000	2.500	0	0	180.000	-17.500	316.228
1.355	2.0000	2.700	0	0	17.500	-17.500	501.187
1.356	1.5000	2.950	0	0	30.000	-15.100	707.946
1.357	1.4000	3.000	0	0	20.000	-17.500	1003.000
1.358	1.2500	3.200	0	0	15.000	-17.500	1504.893
1.359	1.1000	3.150	0	0	12.500	-15.000	2238.721
1.360	1.0000	3.500	0	0	10.000	-10.000	3162.271
1.361	0.9000	3.550	0	0	6.000	-15.000	4466.436
1.362	0.8000	3.800	0	0	7.000	-15.000	6330.573
1.363	0.7000	3.950	0	0	5.500	-15.000	8912.519
1.364	0.6000	4.100	0	0	4.500	-12.500	12349.284
1.365	0.5000	4.200	0	0	3.800	-12.500	15940.932
1.366	0.4000	4.350	0	0	3.000	-10.000	22367.211
1.367	0.3000	4.500	0	0	3.000	-10.000	31622.777
1.368	0.2000	4.600	0	0	3.000	-12.500	44666.359
1.369	0.1000	4.600	0	0	3.000	-12.500	56234.133
1.370	0.0000	5.000	0	0	3.000	-12.500	79432.823
1.371	0.9000	5.100	0	0	3.000	-12.500	100000.000
1.372	0.8000	5.100	0	0	3.000	-12.500	125000.000
1.373	0.7000	5.200	0	0	3.000	-15.000	170000.000
1.374	0.6000	5.300	0	0	3.000	-15.000	251000.000
1.375	0.5000	5.500	0	0	3.000	-12.500	354000.000
1.376	0.4000	5.500	0	0	3.000	-12.500	466000.000
1.377	0.3000	5.800	0	0	3.000	-15.000	630000.000
1.378	0.2000	6.000	0	0	3.000	-12.500	891000.000
1.379	0.1000	6.100	0	0	3.000	-12.500	1122000.000
1.380	0.0000	6.200	0	0	3.000	-12.500	1500000.000
1.381	0.9000	6.300	0	0	3.000	-10.000	1990000.000
1.382	0.8000	6.400	0	0	3.000	-10.000	2510000.000
1.383	0.7000	6.500	0	0	3.000	-10.000	3160000.000
1.384	0.6000	6.600	0	0	3.000	-12.500	3981000.000
1.385	0.5000	6.750	0	0	3.000	-12.500	5062341.333
1.386	0.4000	6.800	0	0	2.500	-7.500	7079457.252

DETA	THE FA	DIFFUS	DOONLA	CAGULA	AFOPSI
1485	334	8725	8742-04	140F-00	111E-23
1483	334	7775	8722-04	1274C-01	740E-04
1466	327	2902	1402-04	214E-01	494E-26
1442	110	2134	862E-04	129E-01	485E-06
1385	334	1375	365E-04	571E-02	245E-84
1272	285	1636	213F-02	202E-02	191E-04
1148	206	1173	141F-02	213E-02	191E-24
1089	272	8075	894E-06	119E-02	640E-03
1045	266	8020	897E-06	894E-03	640E-03
2131	253	8746	142E-06	382E-03	382E-03
2017	249	860F	198E-06	285E-03	219E-05
2284	239	8157	120E-06	182E-03	275E-03
2263	231	8353	775F-07	112E-03	219E-03
2413	212	8363	472E-07	672E-04	142E-05
2404	208	8372	341E-07	692E-04	217E-06
2543	190	8342	297E-07	620F-04	777E-06
2521	180	8330	241E-07	444E-04	619E-06
2555	170	8334	174E-07	701F-04	438E-06
2567	163	8346	177E-07	250E-04	435E-06
2585	150	8413	114F-07	164E-04	127E-05
2601	144	8420	845E-08	646E-05	183E-05
2643	130	8427	442E-08	704E-05	115E-06
2643	120	8432	424E-08	616E-05	944E-07
2510	110	8438	341F-08	4491E-05	775F-07
2653	100	8443	273F-08	2943E-05	450E-07
2643	90	8444	175E-08	282E-05	342E-07
3011	80	8450	147E-08	202F-05	317E-07
3030	73	8455	090F-09	146E-05	219E-07
3167	63	8459	948E-09	164E-05	215E-07
3075	56F	8461	793F-09	115E-05	173E-07
3051	44	8461	744E-09	77E-05	117E-07
3013	33	8471	544E-09	744E-06	804E-07
3011	22	8444	337E-09	481E-06	804E-07

Practische beschrijving voor de uitvoering

Veldwerk

Op basis van de vooraf gemaakte profielbeschrijving wordt bepaald welke horizonten voor deze methode bemonsterd dienen te worden. Belangrijk is met name de laag welke direct aansluit op de wortelzone en verder alle horizonten met een afwijkende textuur of dichtheid tot aan de GLG. Een voorwaarde is echter dat de te bemonsteren laag homogeen is (dus niet ge-laagd).

Vanuit een gegraven kuil worden ringen met een lengte van 10 cm en een doorsnee van 5 cm verticaal ingebracht. Dit kan met de hand gebeuren (lichte gronden) of met verticaal werkende hydraulische apparatuur (zware gronden). Vervolgens worden de ringen met behulp van een mes of anderszins uitgerepareerd van een gaasje voorzien (om uitvallen van grond te voorkomen) en gemerkt. Voorts dient van de betreffende laag een grondmonster te worden genomen, voor een textuuranalyse die noodzakelijk is voor het berekenen van de pF-curve, volgens de door Poelman opgestelde formules.

Laboratoriumwerk

Voordat tot verdere bewerking kan worden overgegaan, dienen de met grond gevulde ringen volledig verzadigd te zijn.

De in tabel 6 gevraagde gegevens worden ingevuld zoals kolomnummer, hoogte grondniveau in de cylinder (afb. 18) en grondsoort. Van een 16-tal doosjes worden nummer en leeggewicht ingevuld. Het gewicht van de cylinder met grond (zonder gaasje) wordt genoteerd (begingewicht). Vervolgens wordt de onderkant van de cylinder met aluminiumfolie afgedekt en van hetzelfde materiaal een kraag rond de cylinder aangebracht, om zijdelingse verhit-ting van de ring te voorkomen (verdamping mag alleen aan het grondoppervlak geschieden). Ook begingewicht + tarra wordt genoteerd. Vervolgens wordt het geheel onder een op een statief geplaatste heteluchtbron gezet, met een trappeloze temperatuurregelaar (afb. 19).

De gewenste temperatuur en afstand tot de cylinder wordt ingesteld. Gebleken is dat een temperatuur van 250° C (stand 9) goed voldoet. De afstand tot de cylinder is 6,0 cm. Tegelijkertijd met de warmtebron wordt een stopwatch ingeschakeld. Dit om op gezette tijden (b.v. na 1, 3, 5 minuten) de cylinder met grond te wegen (afb. 20) en het cumulatief vocht-verlies in grammen te noteren (zie tabel 6). Op het grafiekje wordt E cumulatief uitgezet tegen de wortel uit de tijd. De lijn die door de verkregen punten kan worden getrokken dient recht te zijn. De tijdsduur van verhit-ting is afhankelijk van grondsoort en textuur en is meestal ten minste 10 maar niet meer dan 14 minuten.

Als grondregel kan worden gesteld, dat het niet erg zinvol is om de bepaling voort te zetten nadat de bovenkant van het monster al enkele mi-nuten luchtdroog is. Is deze periode verstreken, dan wordt de hetelucht-bron uitgeschakeld, het geheel nogmaals snel gewogen en de folie snel ver-wijderd. Vervolgens wordt de grond, door middel van een stempel uit de cylinder geduwd, plaksgewijs afgesneden (afb. 21) en in de vocht-doosjes gedaan (de eerste plakken 1 à 2 mm dik, daarna oplopend tot 6 à 8 mm dik, omdat zich bovenin grote vochtverschillen op korte afstand kunnen voor-doen). De doosjes met inhoud worden gewogen, genoteerd als nat gewicht in grammen (zie tabel 6) en gedroogd bij een temperatuur van 105° C. Na + 24 uur kan ook het drooggewicht worden genoteerd.

Verwerking

Uit de nu beschikbare gegevens kan onder andere worden berekend:
(zie tabel 6)

$$\begin{aligned}
 \text{a) droog volumegewicht} &= \frac{\text{totaal drooggewicht}}{\text{lengte} \times \text{oppervlakte kolom}} \\
 &= (\text{zie tabel 6}) \frac{304,13 + 0,13}{9,8 \times 19,63} = 1,58 \\
 \text{b) vochtgehalte bij verzadiging (vol. \%)} &= \\
 &= \frac{\text{begingewicht} - \text{drooggewicht} - \text{cylinder}}{\text{drooggewicht}} \times \text{dichtheid} \times 100 \\
 &= \frac{566,51 - 304,26 - 193,00}{304,26} = 0,2276 \times 1,58 \times 100 = 35,96\% \text{ (afb. 22)}
 \end{aligned}$$

c) vervolgens door ieder vochtdoosje:

1) het vol. % vocht (θ)

vb (zie tabel 6) vochtdoosje nr. 24

$$\begin{aligned}
 \text{gew. \% vocht (w)} &= \frac{\text{nat gewicht} - \text{drooggewicht}}{\text{drooggewicht} - \text{vochtdoosje}} = \frac{53,50 - 52,29}{52,29 - 34,07} = \\
 &0,0664 \times 100 = 6,64\%
 \end{aligned}$$

$$\theta = 6,64 \times 1,58 = 10,49\%$$

2) de equivalentdikte van de schijf

vb (zie tabel 6) vochtdoosje nr. 24

$$\frac{\text{drooggewicht} - \text{vochtdoosje}}{\text{dichtheid} \times \text{opp. ring}} = \frac{52,29 - 34,07}{1,58 \times 19,63} = 5,87 \text{ mm}$$

De berekende "volumepercentages vocht" (θ) kunnen worden uitgezet tegen "de afstand" (x) vanaf het verdampingsoppervlak (afb. 22). Door de verkregen punten wordt een lijn getrokken.

Ook het initiële vochtgehalte kan hierop worden ingetekend. Zo blijkt ook of de verhitting al of niet te lang geduurd heeft. De kromme lijn moet de rechte lijn zo dicht mogelijk naderen.

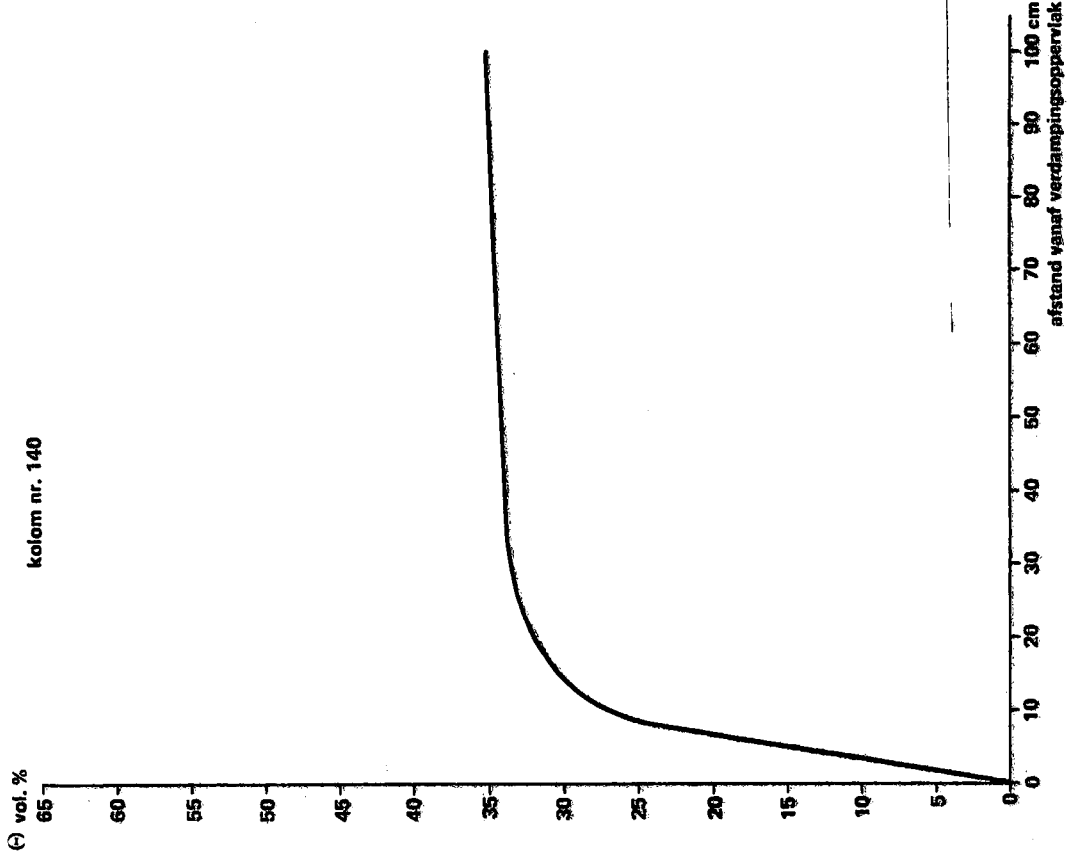
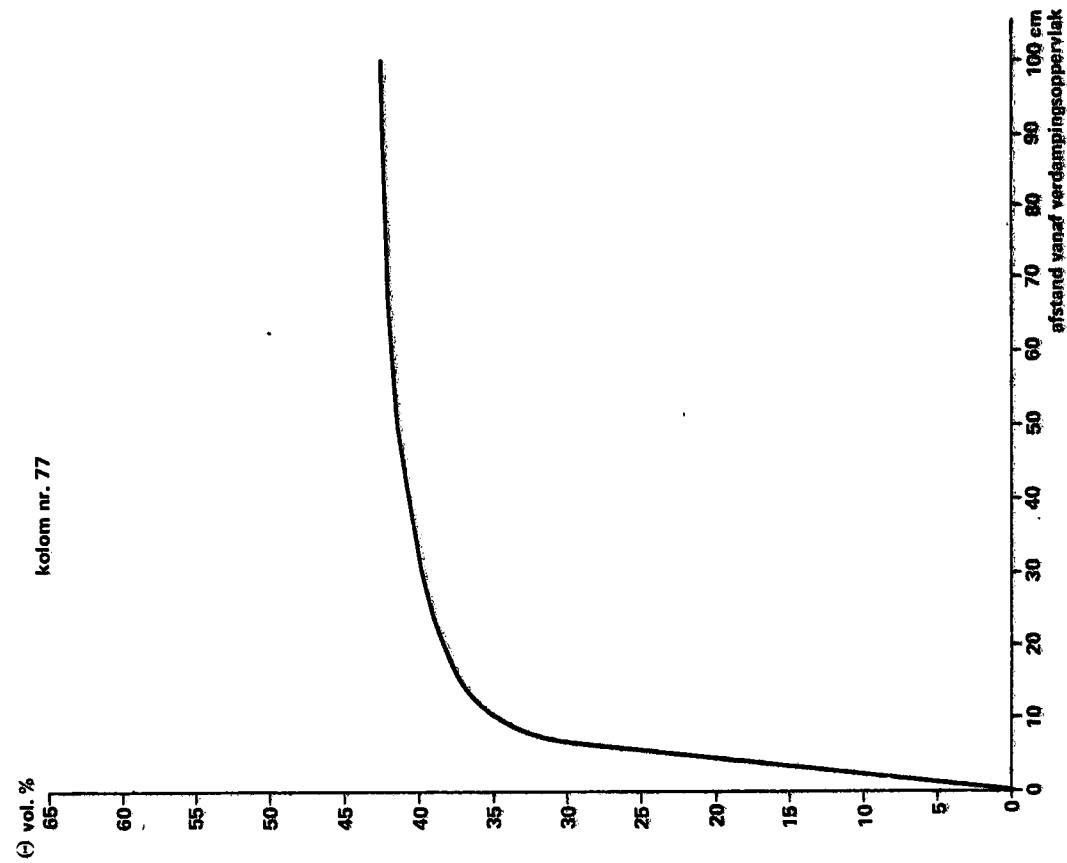
De nu ontstane curve dient te zamen met de pF-curve (afb. 23) (welke afzonderlijk gemeten of berekend kan worden met de door Poelman verstrekte formules, omdat textuur, org.-stofgehalte en specifiek volumegewicht bepaald zijn) als basis voor het invullen van afb. 22, die de afstand aangeeft tot het verdampend oppervlak (x) als functie van een regelmatig afnemend vochtgehalte (θ) en de overeenkomstige pF-waarde. De verkregen getallenreeksen worden voor de computerbewerking (Cyber) op kaarten geponst.

De computer-output levert K en D als functie van h en θ (zie voorbeeld in tabel 7). Deze kunnen op verschillende wijzen worden uitgezet en gepresenteerd. Via standaard-regressieanalyses (Wang-tafelcomputer) kunnen de verkregen gegevens in formules worden omgezet en kunnen standaardafwijkingen worden berekend indien meerdere monsters zijn bepaald.

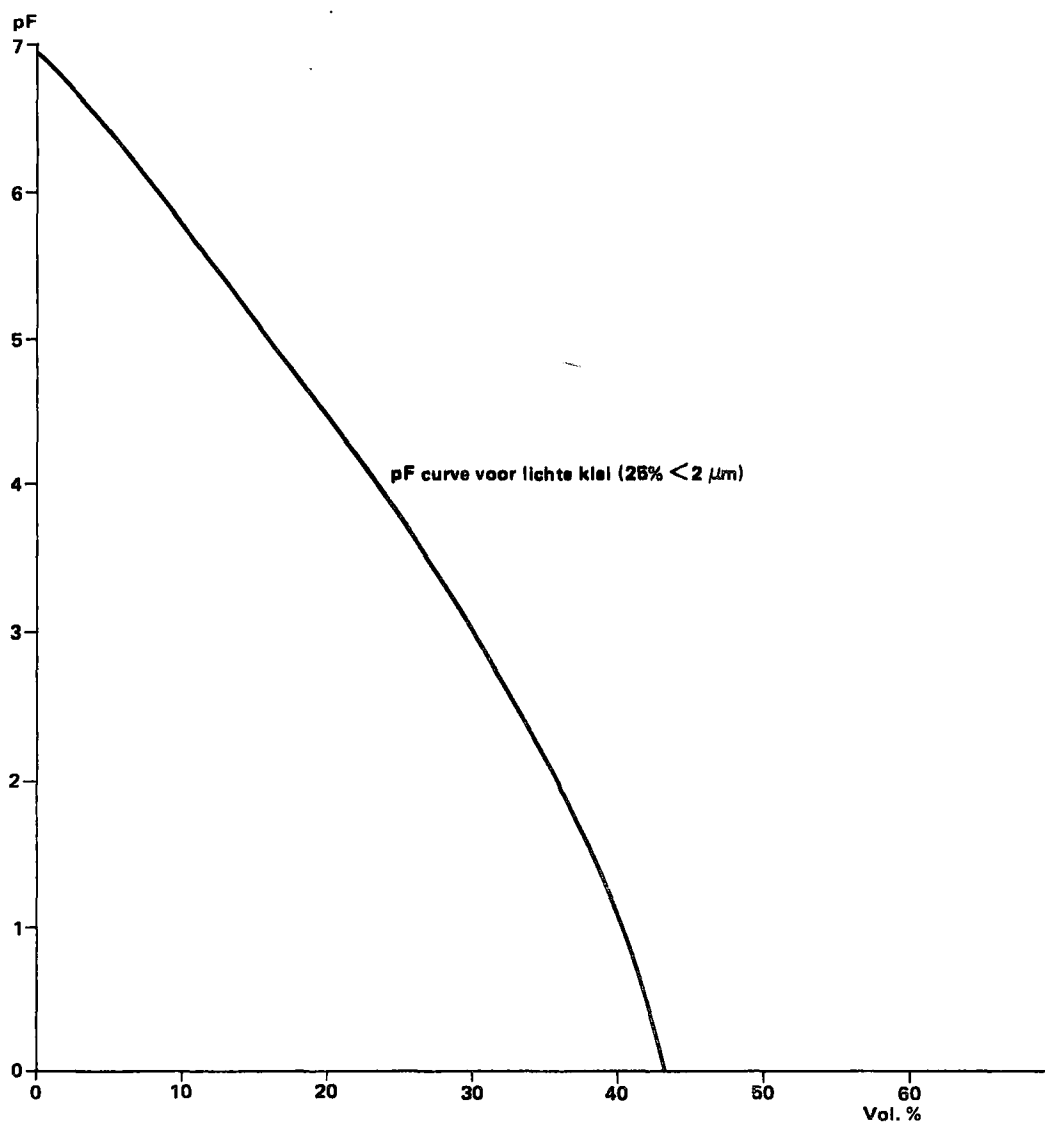
In het gebied Over-Betuwe en in het nabij gelegen ruilverkavelingsgebied zijn voor elke textuurgroep vijftien monsters verzameld. Gezien de aard van het simulatiemodel zijn deze monsters genomen op een diepte vlak beneden die van de beworteling. Immers de verkregen curven dienen voor de berekening van de capillaire opstijging van het grondwater naar de onderkant van de doorwortelde zone. De resultaten van de metingen staan weergegeven in afb. 24. In bijlage 5 zijn deze curven toegekend aan de verschillende knooppunten.

3.4.5 Waterhuishouding van heterogene, zwellende kleigronden

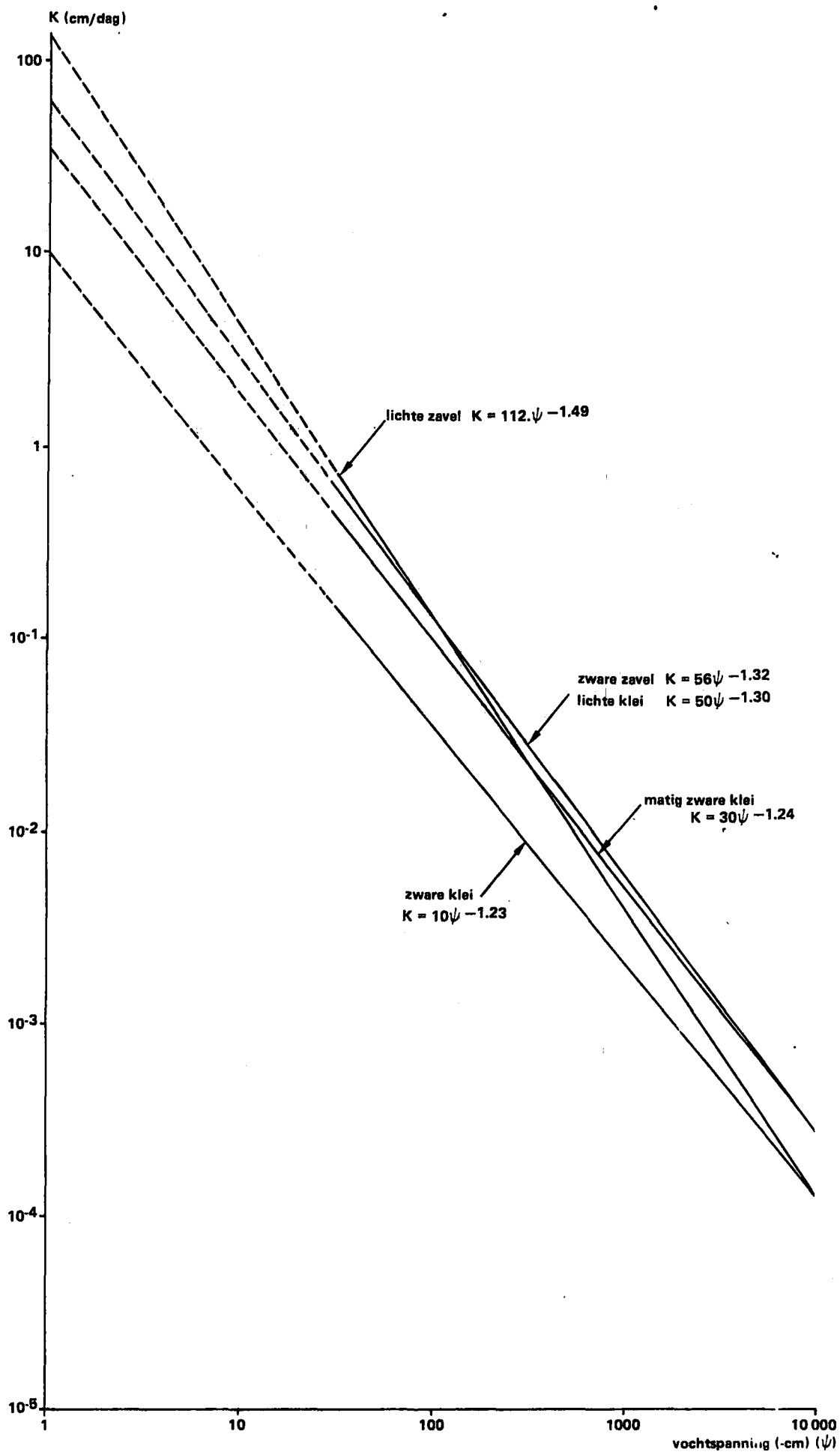
Het in dit project gebruikte simulatiemodel gaat, zoals alle nu gebruikte simulatiemodellen, uit van grond die isotroop is en homogeen en waarin de hydrologische condities op elke gegeven diepte op ieder tijdstip identiek zijn. Dit is natuurlijk een sterke vereenvoudiging van de werkelijkheid. Niettemin kunnen met het hier gebruikte model verschillende gron-



Afb. 22 Vochtgehaltecuren bepaald na toepassing van de heteluchtmethode



Afb. 23 pF-curve die wordt gebruikt bij de berekeningsmethode, behorend bij de heteluchtmethode

Afb. 24 $K\psi$ curven voor de verschillende textuurklassen

den worden vergeleken, waardoor zinvolle resultaten kunnen ontstaan. Toch lijkt het gewenst het complexe karakter van de hydrologie van kleigronden nader te belichten, onder meer ter illustratie van mogelijke foutbronnen. De hier te geven beschrijving is globaal en de lezer wordt verwezen naar verschillende publikaties die de afgelopen jaren over dit onderwerp zijn verschenen. Het afwijkende gedrag van zwellende kleigronden, kan worden samengevat in de volgende twee hoofdpunten.

3.4.5.1 Heterogene stromingspatronen

De waterbeweging in een relatief homogene zandgrond vindt in principe plaats door de hele bodemmassa, waarbij vochtfronten zich overwegend als horizontale vlakken door het bodemprofiel bewegen. In kleigronden is dit anders. De gronddeeltjes die voorkomen binnen natuurlijke structuurelementen zijn zeer dicht gepakt, terwijl de elementen onderling door scheuren gescheiden zijn die 's zomers wijd openstaan, terwijl ze onder natte omstandigheden in de winter weer dichtzwellen. De verzadigde stroming vindt dan ook overwegend plaats via de grotere poriën (b.v. de scheuren, maar ook wortel- en wormgangen) terwijl het water in de structuurelementen inactief is ("dood" of "immobiel" water). In komgronden doet bij verzadigde stroming (gradiënt 1 cm/cm) vaak minder dan 1 vol. % van de poriën aan de stroming mee (Bouma et al 1977; Bouma and Wösten, 1979). Voor de in dit project gebruikte onverzadigde stroming is dit proces minder relevant, omdat de scheuren boven de grondwaterspiegel met lucht zijn gevuld en het water dus alleen (langzaam) door de structuurelementen naar boven kan stijgen. De heterogene stromingspatronen zijn echter wel belangrijk, in het kader van dit project, bij infiltratie vanaf het oppervlak in laat voorjaar, zomer en herfst wanneer scheuring door uitdroging optreedt. Bij vrij lage regenintensiteiten kan dan al veel water via de scheuren naar beneden stromen, ook al is de bodem binnen de structuurelementen onverzadigd (Bouma and Dekker, 1978; Bouma et al 1978, Bouma en Dekker, 1978). Het gelijktijdig voorkomen van "vrij" water en van onverzadigde grond op dezelfde diepte is niet mogelijk in de context van de gebruikte simulatiemodellen die berusten op de traditionele stromingstheorie. Het verschijnsel kan in principe worden verklaard door te bedenken dat de capaciteit van de structuurelementen om aan de bovenkant water op te nemen, beperkt is. Wanneer deze infiltratiesnelheid kleiner is dan de regenintensiteit, zal water langs de scheuren naar beneden stromen. Met behulp van kleurstoffen is geconstateerd dat dit inderdaad gebeurt in de vorm van smalle, grillig gevormde baantjes. Dit water wordt tijdens de neerwaartse beweging lateraal in de (droge) prisma's getrokken, maar zeker in komklei vindt op deze manier weinig transport plaats, en het water kan vrij grote dieptes bereiken. Bij flinke buien stijgt dan ook de grondwaterspiegel in deze gronden vaak zeer snel in korte tijd als gevolg van dit soort toevoer van water, die we "kortsluiting" hebben genoemd. Een snelle stijging wordt ook bevorderd door de geringe berging van kleigronden. Eén en ander betekent dat "gemeten" grondwaterstanden in kleigronden met enige reserve moeten worden beschouwd. Gebruik van 10-daagse periodes voor de in dit project gebruikte simulatieprogramma's geeft natuurlijk veel "vervlakking" van de pieken. Echter, resultaten van simulatieruns worden vergeleken en getoetst met "gemeten" grondwaterstanden. Het blijft dus erg belangrijk wanneer gemeten is. Een laatste implicatie van dit stromingsproces moet nog worden vermeld. Tijdens de neerwaartse beweging van het water langs de scheuren treedt, als gevolg van de laterale vochtspanningsgradiënt, enige horizontale infiltratie op. Er ontstaan dus "plekjes" waar relatief goed voor de plant beschikbaar water aanwezig is. Nu blijkt uit veldonderzoek dat op de verticale structuurvlakken ook vooral de plantwortels geconcentreerd zijn. (Het is überhaupt bijzonder moeilijk zoniet onmogelijk om een "effectieve" bewortelingsdiepte te schatten in dit soort

gronden omdat de wortels langs de scheuren tot grote diepte kunnen door-dringen). Met andere woorden, de wortels hebben de beschikking over relatief goed beschikbaar vocht langs de wanden van de scheuren, terwijl de sterk doorwortelde bovengrond zeer droog kan zijn. Een verdere analyse voert hier te ver. We volstaan met de constatering dat een beoordeling van de gewasreactie anders kan uitvallen dan werd verwacht op basis van een simulatie die uitgaat van homogene grond waar water aan het oppervlak infiltreert en waar het, in principe, als een horizontaal vlak naar beneden zakt.

3.4.5.2 Het niet constant zijn van fysische constanten

Bij de invoer van "karakteristieke" $K-\psi$ relaties en pF-curven, wordt min of meer aangenomen dat deze gegevens uniek zijn voor de grond. In kleigronden moet echter duidelijk worden gesproken van seizoenveranderingen, die niet alleen met behulp van de al bekende "hysteresis" kunnen worden verklaard. "Hysteresis" geeft aan dat iedere grond een verschillende relatie heeft tussen vochtgehalte enerzijds en vochtspanning anderzijds als functie van de wijze van bevochtiging. Een initieel droge grond die wordt bevochtigd tot een bepaalde vochtspanning heeft een ander (lager) vochtgehalte dan een initieel natte grond die tot dezelfde vochtspanning wordt afgezogen (zie ook Bouma, 1977). Echter, de relatie tussen het capillair geleidingsvermogen K en het vochtgehalte (θ) is constant in niet zwellende gronden. In zwellende gronden is één en ander ingewikkelder. Voortgaande zwel van een verzadigde kleigrond resulteerde in een geleidelijke afname van K_{verz} van 50 cm/dag tot 1 cm/dag in een periode van 4 maanden (Bouma and Wösten, 1979). Dit schreven we toe aan voortgaande zwel. Hoewel niet gemeten, mag worden aangenomen dat ook K_{onverz} varieert, zeker in het "natte" traject tot b.v. -40 cm. In droge, gescheurde toestand is K_{verz} zeer hoog. Kortom, $K-\psi$ is bepaald niet constant. Tot dusverre bestaan geen simulatieprogramma's die deze complexe factoren tot uiting brengen.

REFERENTIES

- Bouma, J. 1977: Soil survey and the study of water in unsaturated soil. Soil Survey Paper 13. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen. 107 p.
- Bouma, J., A. Jongerius, O. Boersma, A. Jager and D. Schoonderbeek, 1977: The function of different types of macropores during saturated flow through four swelling soil horizons. Soil Sci. Soc. Amer. Journal, 41:945-950.
- Bouma, J. and L.W. Dekker, 1978: A case study on infiltration into dry clay soil. I. Morphological observations. Geoderma 20:27-40.
- Bouma, J., L.W. Dekker and J.H.M. Wösten, 1978: A case study on infiltration into dry clay soil. II. Physical measurements. Geoderma 20:41-51.
- Bouma, J., A. Jongerius and D. Schoonderbeek, 1979: Calculation of hydraulic conductivity of some saturated clay soils using micromorphometric data. Soil Sci. Soc. Amer. Journal (march-april issue).
- Bouma, J. en L.W. Dekker, 1978: Infiltratiepatronen van water bij het beregenen van komkleigrasland. Cult. Technisch Tijdschrift :18, no. 2:88-96.
- Bouma, J. and J.H.M. Wösten, 1979: Flow patterns during extended saturated flow in two undisturbed swelling clay soils with different macrostructures. Soil Sci. Soc. Amer. J. (jan.-febr. issue).
- Bouma, J. en H.C. van Heesen, 1974: Waterwingebied 't Klooster. Toelichting bij de veldbodemkundige gevoeligheidsanalyse. Basisrapport Commissie Waterhuishouding Gelderland. Rapport van de Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Holst, A.F. van en H.C. van Heesen, 1974: Grondwaterbeheermodel Achterhoek. Rapport 1160 van de Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Krabbenborg, A.J., 1973: Standaard pF-curven van fijnzandige zandgronden. Interne Mededeling no. 8, Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Poelman, J.N.B. en Th. van Egmond, 1979: Uit eenvoudige grootheden berekende pF-formules voor zee- en rivierkleigronden. Nota 5 Afd. Bodemtechniek. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Rijtema, P.E., 1969: Soil moisture forecasting. Interne nota ICW, no. 513.
- Stichting voor Bodemkartering, 1973: Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000. Toelichting bij de bladen 39 W en O.
- Stichting voor Bodemkartering, 1975: Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000. Toelichting bij de bladen 40 W en O.

PROEFGEBIED OVER-BETUWE

(Werkgroep Commissie Bestudering Waterhuishouding Gelderland)

Proj. nr. 163.31

Bijlage 3

FASE II: GEBRUIK BODEMKAART

PROFGEBIED OVER-BETUWE

(Werkgroep Cie. Bestudering Waterhuishouding Gelderland)

No. pF-curve	Bodemkundige omschrijving	Volume percentage water bij:									
		pF 0 (verz.)	pF 0,4	pF 1,0	pF 1,5	pF 2,0	pF 2,3	pF 2,7	pF 3,4	pF 4,2	
Im 3.4 (1)	veldpodzolgrond	48,6	47,6	43,1	38,7	22,7	15,7	11,8	6,9	5,1	
Im 12.1 (1)	gooreerdgrond	50,8	50,1	46,1	43,9	35,0	26,9	21,5	13,0	8,3	
Ak 152.1 (2)	kleivaaggrond	42,5	42,0	41,0	39,5	36,0	34,0	30,0	23,0	17,0	
Ak 153.1 (2)	idem	44,5	44,0	43,0	41,5	38,0	36,5	34,0	28,0	22,0	
Ak 154.1 (2)	poldervaaggrond	45,5	45,0	44,0	42,5	40,5	40,0	38,0	34,0	28,0	
Ak 173.1 (2)	kleivaag/beekeerdgrond	53,0	52,0	50,5	47,5	44,0	41,0	37,0	30,0	23,0	
Ak 180.1 (2)	moderpodzolgrond	35,0	34,1	33,2	30,8	19,3	16,4	14,6	10,2	7,2	
Ak 183.1 (2)	bruine enkeerdgrond	44,0	43,7	43,4	36,6	26,8	20,1	17,8	13,1	10,0	
19	(3) idem (komklei)	54,0	53,7	53,3	52,7	51,9	49,8	47,0	40,2	32,1	

Textuur*		Idem van de voorkomende ondergronden									
1	(3) coarse sand	39,5	36,7	21,5	10,7	3,2	2,4	1,8	1,5	1,2	
2	" medium coarse sand	36,5	35,7	33,1	27,4	9,5	6,5	5,2	3,1	1,7	
3	" medium fine sand	35,0	33,4	32,5	30,5	15,5	8,0	6,1	4,3	2,3	
7	" loamy medium coarse sand	30,1	29,3	28,2	26,5	20,9	18,1	14,1	5,6	2,1	
9	" sandy loam	46,5	45,9	44,2	41,9	26,0	19,5	14,2	9,2	6,1	
13	" loam	50,3	49,8	48,6	48,0	42,0	29,5	24,8	16,7	9,8	
15	" silty clay loam	47,5	46,7	43,8	41,0	37,2	34,5	30,5	25,0	18,5	
16	" clay loam	44,5	43,7	42,9	42,1	41,1	39,3	36,6	34,2	25,5	
19	" basin clay	54,0	53,7	53,3	52,7	51,9	49,8	47,0	40,2	32,1	
20	" peat	86,3	85,5	83,2	81,6	76,3	70,5	64,9	35,6	26,5	

* : Volgens Am. Soil Survey Manual (1951)

(1) Interne mededeling nr. 8, Stiboka

(2) Grondwaterbeheermodel Achterhoek

(3) ICW nota nr. 513

Bijlage 3

PROEFGEBIED OVER-BETUWE

Werkgroep Commissie Bestudering Waterhuishouding Gelderland

Project nr. 163.31

Tabel met K- Ψ relaties

No. K- Ψ curve Rijtema	Textuur*	K_0 cm dag ⁻¹	α cm ⁻¹	Ψ_a cm	Ψ max. cm	a cm ^{2.4} dag ⁻¹
1	coarse sand	1120	0,224	10	80	0,080
2	medium coarse sand	300	0,138	0	90	0,63
3	medium fine sand	110	0,0822	0	125	3,30
7	loamy med.coarse sand	0,36	0,0378	0	135	2,10
9	sandy loam	16,5	0,0737	0	150	0,24
13	loam	5,0	0,0231	0	300	14,4
15	silty clay loam	1,5	0,0237	0	300	36,0
16	clay loam	0,98	0,0248	0	300	1,69
19	basin clay	0,22	0,0380	0	80	4,86
20	peat	5,3	0,1045	0	50	6,82

* Volgens Am. Soil Survey Manual (1951)

Volgens Rijtema (Nota 513) wordt de K- Ψ relatie in het traject verzadiging
→ Ψ max. aangegeven door:

$$K = K_0 \cdot e^{-\alpha (\Psi - \Psi_a)}$$

voor $\Psi_a = 0$: $K = K_0 \cdot e^{-\alpha \cdot \Psi}$

Voor het traject Ψ max. → pF 4,2 geldt dan:

$$K = a \Psi^{-1,4}$$

FASE IIa: Gebruik bodemkaart; bodemeenheid op knooppunt

Knoop- punt	Opper- vlakke in ha	% Opp.	Bodem- eenheid	Gt	pF-curve wortel- zone	Dikte eff. wortel- zone in cm	pF-curve ondergr.	K-ψ ondergr.	Hoogte- ligging in m + NAP
1	25	100	gY30	VII	Ak 180.1	25	1	1	44.9
2	50	96	gY30	VII	Ak 180.1	25	1	1	26.8
3	50	14	Hd21	VII	Im 3.4	20	2	2	18.5
4	50	100	gHd30	VII	Im 3.4	25	1	1	24.4
5	37½	100	gHd30	VII	Im 3.4	25	1	1	29.7
6	25	95	gHd30	VII	Im 3.4	25	1	1	30.0
7	25	50	gHd30	VII	Im 3.4	25	1	1	32.4
8	25	25	gHd30	VII	Im 3.4	25	1	1	31.4
9	25	85	gHd30	VII	Im 3.4	25	1	1	27.8
10	25	52	gHd30	VII	Im 3.4	25	1	1	23.5
11	25	70	Hd21	VII	Im 3.4	20	2	2	22.4
12	25	70	Hd21	VII	Im 3.4	20	2	2	28.3
13	37½	85	Hd21	VII	Im 3.4	20	2	2	33.4
14	50	12	Hd21	VII	Im 3.4	20	2	2	47.1
15	50	100	gY30	VII	Ak 180.1	25	1	1	61.9
16	50	100	gY30	VII	Ak 180.1	25	1	1	65.6
17	25	60	Bebouwing						69.9
18	50	99	gY30	VII	Ak 180.1	25	1	1	44.7
19	100	85	gY30	VII	Ak 180.1	25	1	1	24.8
20	100	75	gHd30	VII	Im 3.4	25	1	1	19.9
21	100	100	gHd30	VII	Im 3.4	25	1	1	25.8
22	75	95	gHd30	VII	Im 3.4	25	1	1	28.6
23	50	65	gHd30	VII	Im 3.4	25	1	1	30.0
24	50	42	gHd30	VII	Im 3.4	25	1	1	27.2
25	50	30	Hn21	VI	Im 3.4	30	3	3	23.6
26	50	50	gY30	VII	Ak 180.1	25	1	1	25.9
27	50	75	gY30	VII	Ak 180.1	25	1	1	27.8
28	50	95	gY30	VII	Ak 180.1	25	1	1	36.2
29	50	100	gY30	VII	Ak 180.1	25	1	1	47.6
30	75	65	Bebouwing						55.2
31	100	80	Bebouwing						49.6
32	100	80	gY30	VII	Ak 180.1	25	1	1	57.5
33	100	95	gY30	VII	Ak 180.1	25	1	1	54.3
34	50	100	Bebouwing						64.3
35	50	100	gY30	VII	Ak 180.1	25	1	1	35.2
36	100	60	gY30	VII	Ak 180.1	25	1	1	18.9
37	100	65	gHd30	VII	Im 3.4	25	1	1	21.0
38	100	88	Bebouwing						24.4
39	75	30	gHd30	VII	Im 3.4	25	1	1	20.5
40	50	12	pZn23g	II	Im 12.1	25	3	3	21.2
41	50	40	gY30	VII	Ak 180.1	25	1	1	25.8
42	50	90	gY30	VII	Ak 180.1	25	1	1	32.7
43	50	97	gY30	VII	Ak 180.1	25	1	1	39.5
44	50	80	gY30	VII	Ak 180.1	25	1	1	46.2
45	50	100	gY30	VII	Ak 180.1	25	1	1	53.1
46	50	80	gY30	VII	Ak 180.1	25	1	1	49.9
47	75	60	gY30	VII	Ak 180.1	25	1	1	41.1
48	100	90	Bebouwing						37.0
49	100	100	Bebouwing						34.3
50	100	90	Bebouwing						25.1

FASE IIa: Gebruik bodemkaart; bodemeenheid op knooppunt (vervolg)

Knoop- punt	Opperv- vlakte in ha	% Opp.	Bodem- eenheid	Gt	pF-curve wortel- zone	Dikte eff. wortel- zone in cm	pF-curve ondergr.	K-ψ ondergr.	Hoogte- ligging in m + NAP
51	50	75	Bebouwing						26.8
52	50	70	gY30	VII	Ak 180.1	25	1	1	22.6
53	100	50	Bebouwing						14.3
54	100	75	Bebouwing						14.3
55	100	30	Rn52A	u	Ak 153.1	40	2	2	14.8
56	75	80	gzEZ30	VII	Ak 183.1	70	1	1	22.7
57	50	65	gzEZ30	VII	Ak 183.1	70	1	1	29.7
58	50	50	gY30	VII	Ak 180.1	25	1	1	35.6
59	50	90	gY30	VII	Ak 180.1	25	1	1	43.1
60	50	80	gY30	VII	Ak 180.1	25	1	1	51.2
61	50	70	gY30	VII	Ak 180.1	25	1	1	48.2
62	50	35	Bebouwing						39.9
63	50	55	gY30	VII	Ak 180.1	25	1	1	30.6
64	75	15	Rd90A	u	Ak 154.1	80	13	13	18.1
65	100	28	Rd90A	u	Ak 154.1	80	13	13	10.7
66	100	58	Rd90A	u	Ak 154.1	80	13	13	10.8
67	100	25	Rd90A	VII	Ak 154.1	50	9	9	10.6
68	50	40	Rn45A	VI	Ak 154.1	50	13	13	10.5
69	37½	55	Rn52A	u	Ak 153.1	40	2	2	10.7
70	75	55	Bebouwing						10.0
71	75	45	Rn52A	u	Ak 153.1	40	2	2	9.2
72	75	42	Rn52A	u	Ak 153.1	40	2	2	9.6
73	56½	36	Rn82A	u	Ak 154.1	40	7	7	9.2
74	37½	60	Rn82A	u	Ak 154.1	40	7	7	9.9
75	37½	65	kZn30A	u	Ak 173.1	25	2	2	11.4
76	37½	72	Rd90A	u	Ak 154.1	80	13	13	12.1
77	37½	60	Rd90A	u	Ak 154.1	80	13	13	12.9
78	37½	25	Water						13.2
79	37½	50	Rn52A	u	Ak 153.1	40	2	2	12.5
80	37½	48	Rn52A	u	Ak 153.1	40	2	2	10.4
81	56½	40	Rn47C	V	19	50	13	13	9.0
82	75	50	Rn44c.v.	III	19	40	20	20	8.6
83	75	23	Rn66A	VI	Ak 154.1	70	19	19	9.2
84	75	33	Rn66A	VI	Ak 154.1	70	19	19	9.8
85	37½	60	Rn15A	VI	Ak 152.1	60	13	13	10.2
86	25	25	Rd90A	u	Ak 154.1	80	13	13	7.9
87	50	45	Rd90A	u	Ak 154.1	80	13	13	8.5
88	50	90	Rn52A	u	Ak 153.1	40	2	2	8.5
89	50	28	Rd90A	VI	Ak 154.1	50	9	9	9.3
90	37½	20	Rd90A	u	Ak 154.1	80	13	13	9.6
91	25	55	Rn82A	u	Ak 154.1	40	7	7	9.3
92	25	55	Rn82A	u	Ak 154.1	40	7	7	10.0
93	25	47	Rd90A	u	Ak 154.1	80	13	13	10.5
94	25	80	Water						9.1
95	25	15	Ophoging						9.6
96	25	45	Rn95A	VI	Ak 154.1	70	15	15	9.4
97	25	55	Bebouwing						8.8
98	37½	57	Rn95A	VI	Ak 154.1	70	15	15	8.7
99	50	60	Rn44c.v.	III	19	40	20	20	8.4
100	50	75	Rn44c.v.	III	19	40	20	20	8.2

u: uiterwaard

FASE IIa: Gebruik bodemkaart; bodemeenheid op knooppunt (vervolg)

Knoop- punt	Oppervlakte in ha	% Opp.	Bodem- eenheid	Gt	pF-curve wortel- zone	Dikte eff. wortel- zone in cm	pF-curve ondergr.	K-ψ ondergr.	Hoogte- ligging in m + NAP
101	50	47	Rn94C	V	Ak 154.1	40	15	15	8.6
102	25	60	Rn15A	VI	Ak 152.1	60	13	13	9.4
103	25	28	Rn52A	u	Ak 153.1	40	2	2	8.0
104	50	50	Rd90A	VI	Ak 154.1	50	9	9	8.2
105	50	50	Rn67C	VI	Ak 154.1	40	15	15	7.9
106	50	70	Rn67C	VI	Ak 154.1	40	15	15	7.9
107	37½	52	Rn95A	VI	Ak 154.1	70	15	15	8.0
108	25	90	Rn95A	VI	Ak 154.1	70	15	15	8.1
109	25	70	Rn95A	VI	Ak 154.1	70	15	15	8.6
110	25	55	Rn95A	VI	Ak 154.1	70	15	15	8.9
111	25	52	Rn95A	VI	Ak 154.1	70	15	15	8.8
112	25	85	Rn15A	VI	Ak 152.1	60	13	13	8.6
113	25	60	Rn44C	V	19	40	19	19	8.4
114	25	30	Rn47C	V	19	50	13	13	8.4
115	37½	60	Rn95A	VI	Ak 154.1	70	15	15	8.6
116	50	60	Rn44c.v.	III	19	40	20	20	8.4
117	50	57	Rn44c.v.	III	19	40	20	20	8.3
118	50	90	Rn44C	V	19	40	19	19	8.5
119	25	28	Rn95A	VI	Ak 154.1	70	15	15	9.6
120	25	35	Rd10A	VI	Ak 152.1	50	9	9	8.2
121	50	53	Rd90A	VI	Ak 154.1	50	9	9	7.8
122	50	38	Rn44C	V	19	40	19	19	7.4
123	50	50	Rn67C	VI	Ak 154.1	40	15	15	7.7
124	37½	65	Rn47C	V	19	50	13	13	7.6
125	25	85	Rn66A	VI	Ak 154.1	70	19	19	7.7
126	25	90	Rn66A	VI	Ak 154.1	70	19	19	7.8
127	25	60	Rn66A	VI	Ak 154.1	70	19	19	7.7
128	25	60	Rn66A	VI	Ak 154.1	70	19	19	8.0
129	25	75	Rn66A	VI	Ak 154.1	70	19	19	8.0
130	25	55	Rn44C	V	19	40	19	19	8.1
131	25	80	Rn47C	V	19	50	13	13	8.2
132	37½	37	Rn67C	VI	Ak 154.1	40	15	15	8.4
133	50	85	Rn47C	V	19	50	13	13	8.4
134	50	70	Rn44C	V	19	40	19	19	8.2
135	50	82	Rn44C	V	19	40	19	19	8.5
136	25	55	Rn95A	VI	Ak 154.1	70	15	15	9.0
137	25	88	Rn95C	VI	Ak 154.1	70	15	15	7.7
138	50	80	Rn67C	V	Ak 154.1	40	15	15	7.5
139	50	75	Rn47C	V	19	50	13	13	7.3
140	50	70	Rn47C	V	19	50	13	13	7.6
141	37½	47	Rn67C	VI	Ak 154.1	40	15	15	7.6
142	25	90	Rn47C	V	19	50	13	13	7.6
143	25	63	Rn47C	V	19	50	13	13	7.5
144	25	100	Rn44C	V	19	40	19	19	7.4
145	25	72	Rn44C	V	19	40	19	19	7.7
146	25	70	Rn44C	V	19	40	19	19	7.9
147	25	35	Rn47C	V	19	50	13	13	8.0
148	25	75	Rn44C	V	19	40	19	19	8.1
149	37½	30	Rn47C	V	19	50	13	13	8.3
150	50	70	Rn47C	V	19	50	13	13	8.4

u : uiterwaard

FASE IIa: Gebruik bodemkaart; bodemeenheid op knooppunt (vervolg)

Knoop- punt	Oppervlakte in ha	% Opp.	Bodem- eenheid	Gt	pF-curve wortel- zone	Dikte eff. wortel- zone in cm	pF-curve ondergr.	K-Ψ ondergr.	Hoogte- ligging in m + NAP
151	50	70	Rn47C	V	19	50	13	13	8.3
152	50	52	bRn46C	V	19	40	16	16	8.6
153	25	25	Rn44c.v.	III	19	40	20	20	9.0
154	25	27	Rn67C	V	Ak 154.1	40	15	15	7.6
155	50	53	Rn95C	VI	Ak 154.1	70	15	15	7.4
156	50	65	Rn47C	V	19	50	13	13	7.3
157	50	70	Rn44C	III	19	40	19	19	7.1
158	37½	63	Rn44C	III	19	40	19	19	7.2
159	25	58	Rn47C	V	19	50	13	13	7.6
160	25	96	Rn47C	V	19	50	13	13	7.7
161	25	53	Rn44C	V	19	40	19	19	7.7
162	25	95	Rn47C	V	19	50	13	13	7.9
163	25	55	Rn44c.v.	III	19	40	20	20	7.8
164	25	80	Rn44c.v.	III	19	40	20	20	7.7
165	25	75	Rn44C	V	19	40	19	19	7.9
166	37½	35	Rn47C	V	19	50	13	13	8.4
167	50	22	Rn44C	III	19	40	19	19	8.4
168	50	40	Rn47C	V	19	40	19	19	8.5
169	50	20	Rn62C	VII	Ak 153.1	40	1	1	8.6
170	25	10	Rn44c.v.	III	19	40	20	20	8.7
171	25	93	Rd90A	VI	Ak 154.1	50	9	9	7.6
172	50	55	Rn95C	VI	Ak 154.1	70	15	15	7.5
173	50	50	Rn47C	V	19	40	19	19	7.4
174	50	55	Rn44C	III	19	40	19	19	7.0
175	37½	98	Rn44C	III	19	40	19	19	7.0
176	25	50	Rn44C	III	19	40	19	19	7.5
177	25	85	Rn47C	V	19	40	19	19	7.8
178	25	65	Rn47C	V	19	40	19	19	7.9
179	25	95	Rn47C	V	19	40	19	19	7.9
180	25	90	Rn44c.v.	III	19	40	20	20	7.7
181	25	98	Rn44c.v.	III	19	40	20	20	7.8
182	25	83	Rn44C	V	19	40	19	19	8.0
183	37½	37	Rn44C	V	19	40	19	19	8.4
184	50	68	Rn95A	VI/VII	Ak 154.1	70	15	15	8.5
185	50	32	Rn66A	VI	Ak 154.1	70	19	19	8.5
186	50	97	bRn46C	V	19	40	16	16	8.5
187	25	30	Terp		Ak 153.1	80	9	9	9.2
188	25	70	Rd90A	VI	Ak 154.1	50	9	9	7.5
189	50	90	Rd90A	VI	Ak 154.1	50	9	9	7.5
190	50	90	Rn95C	VI	Ak 154.1	70	15	15	7.4
191	50	85	Rn47C	V	19	40	19	19	7.4
192	37½	55	Rn47C	V	19	40	19	19	7.3
193	25	65	Rn47C	V	19	50	13	13	7.6
194	25	45	Rn95C	VI	Ak 154.1	70	15	15	7.7
195	25	72	Rn95C	VI	Ak 154.1	70	15	15	8.0
196	25	50	Rn47C	V	19	50	13	13	8.2
197	25	95	Rn44C	V	19	40	19	19	7.8
198	25	90	Rn44C	V	19	40	19	19	7.8
199	25	50	Rn47C	V	19	50	13	13	8.0
200	37½	60	Rn47C	V	19	50	13	13	8.4

FASE IIa: Gebruik bodemkaart; bodemeenheid op knooppunt (vervolg)

Knoop- punt	Opperv- vlakte in ha	% Opp.	Bodem- eenheid	Gt	pF-curve wortel- zone	Dikte eff. wortel- zone in cm	pF-curve ondergr.	K-ψ ondergr.	Hoogte- ligging in m + NAP
201	50	70	Rn95A	VI/VII	Ak 154.1	70	15	15	8.6
202	50	50	Rn66A	VI	Ak 154.1	70	19	19	8.7
203	50	65	bRn46C	V	19	40	16	16	8.5
204	25	95	Rn47C	V	19	50	13	13	8.5
205	37½	28	Rn94C	VI	Ak 154.1	40	15	15	7.7
206	75	75	Rd90A	VII	Ak 154.1	80	13	13	7.6
207	75	80	Rn95C	V	Ak 154.1	70	15	15	7.5
208	75	43	Rn95C	VI	Ak 154.1	70	15	15	7.5
209	56½	48	Rn44C	V	19	40	19	19	7.4
210	37½	67	Rn44C.v.	III	19	40	20	20	7.2
211	37½	55	Rn44C.v.	III	19	40	20	20	7.4
212	37½	53	Rn44C.v.	III	19	40	20	20	7.8
213	37½	35	Rn67C	VI	Ak 154.1	40	15	15	8.2
214	37½	60	Rn47C	V	19	50	13	13	8.2
215	37½	97	Rn47C	V	19	50	13	13	8.2
216	37½	60	Rn47C	V	19	50	13	13	8.2
217	56½	35	Rn67C	VI	Ak 154.1	40	15	15	8.4
218	75	92	Rn95A	VI/VII	Ak 154.1	70	15	15	8.7
219	75	32	Rn95A	VI/VII	Ak 154.1	70	15	15	8.9
220	75	55	bRn46C	V	19	40	16	16	8.8
221	37½	73	Rn47C	V	19	50	13	13	8.7
222	50	25	Rn47C	V	19	50	13	13	7.6
223	100	37	Rd90A	VI	Ak 154.1	50	9	9	7.6
224	100	50	Rn95C	VI	Ak 154.1	70	15	15	7.7
225	100	60	Rn47C	V	19	50	13	13	7.7
226	75	80	Rn44C.v.	III	19	40	20	20	7.3
227	50	90	Rn44C.v.	III	19	40	20	20	7.4
228	50	80	Rn44C.v.	III	19	40	20	20	7.5
229	50	72	Rn44C.v.	III	19	40	20	20	7.6
230	50	93	Rn44C	V	19	40	19	19	7.9
231	50	39	Rn44C	V	19	40	19	19	8.2
232	50	32	Rn67C	VI	Ak 154.1	40	15	15	8.3
233	50	30	Rn67C	VI	Ak 154.1	40	15	15	8.5
234	75	43	Rn67C	VI	Ak 154.1	40	15	15	8.5
235	100	82	Bebouwing						8.7
236	100	70	Bebouwing						9.0
237	100	23	Rn66A	VI	Ak 154.1	70	19	19	8.9
238	50	60	bRn46C	VI	19	40	16	16	9.2
239	50	30	Rn44C	III	19	40	19	19	7.3
240	100	52	Rn95C	VI	Ak 154.1	70	15	15	7.6
241	100	73	Rd90A	VI	Ak 154.1	50	9	9	8.0
242	100	44	Rd90A	VI	Ak 154.1	50	9	9	7.9
243	75	75	Rn44C	V	19	40	19	19	7.6
244	50	75	Rn44C	V	19	40	19	19	7.7
245	50	40	Rn67C	V	Ak 154.1	40	15	15	8.1
246	50	25	Terp		Ak 153.1	80	9	9	8.4
247	50	40	Rd10C	VII	Ak 152.1	40	9	9	8.7
248	50	68	Rn95A	VI/VII	Ak 154.1	70	15	15	8.2
249	50	77	Rn95A	VI/VII	Ak 154.1	70	15	15	8.4
250	50	45	Rn95A	VI/VII	Ak 154.1	70	15	15	8.4

FASE IIa: Gebruik bodemkaart; bodemeenheid op knooppunt (vervolg)

Knoop- punt	Oppervlakte in ha	% Opp.	Bodem- eenheid	Gt	pF-curve wortel- zone	Dikte eff. wortel- zone in cm	pF-curve ondergr.	K-Ψ ondergr.	Hoogte- ligging in m + NAP
251	75	60	Rd90A	VII	Ak 154.1	50	9	9	8.6
252	100	33	Rd90A	VII	Ak 154.1	50	9	9	8.6
253	100	45	Bebouwing						8.9
254	100	22	Water						9.2
255	50	95	Rn95A	VI/VII	Ak 154.1	70	15	15	9.1
256	50	20	Rn95A	VI	Ak 154.1	70	15	15	7.5
257	100	25	Rn95C	VI	Ak 154.1	70	15	15	7.7
258	100	90	Rd90A	VI	Ak 154.1	50	9	9	7.8
259	100	73	Rd90A	VI	Ak 154.1	50	9	9	8.1
260	75	42	Rn67C	V	Ak 154.1	40	15	15	8.1
261	50	52	Rd90A	VII	Ak 154.1	50	9	9	8.1
262	50	45	Rn95A	VI/VII	Ak 154.1	70	15	15	8.1
263	50	75	Rn95A	VI/VII	Ak 154.1	70	15	15	8.1
264	50	95	Rn95A	VI/VII	Ak 154.1	70	15	15	8.2
265	50	40	Rd90A	VII	Ak 154.1	50	9	9	8.2
266	50	25	Rn95A	VI	Ak 154.1	70	15	15	8.4
267	50	65	Rn67C	VI	Ak 154.1	40	15	15	8.4
268	75	53	Rn95A	VI	Ak 154.1	70	15	15	8.5
269	100	37	Rn67C	V	Ak 154.1	40	15	15	8.7
270	100	35	Rn67C	V	Ak 154.1	40	15	15	8.8
271	100	65	Rn95A	VI/VII	Ak 154.1	70	15	15	9.2
272	50	85	Rn67C	V	Ak 154.1	40	15	15	9.1
273	25	9	Water						8.3
274	50	80	Rn94C	V	Ak 154.1	40	15	15	7.7
275	50	60	Rd90A	VI	Ak 154.1	50	9	9	8.0
276	50	30	Rn67C	VI	Ak 154.1	40	15	15	8.2
277	37½	100	Rd90A	VII	Ak 154.1	50	9	9	8.2
278	25	40	Rn95A	VI/VII	Ak 154.1	70	15	15	8.2
279	25	90	Rn67C	VI	Ak 154.1	40	15	15	8.1
280	25	40	Rd90C	VII	Ak 154.1	60	2	2	8.2
281	25	20	Rn95A	VI/VII	Ak 154.1	70	15	15	8.2
282	25	25	Rn95A	VI/VII	Ak 154.1	70	15	15	8.3
283	25	77	Rn67C	VI	Ak 154.1	40	15	15	8.3
284	25	98	Rn67C	VI	Ak 154.1	40	15	15	8.5
285	37½	60	Rn67C	VI	Ak 154.1	40	15	15	8.6
286	50	83	Rd90C	VII	Ak 154.1	60	2	2	8.8
287	50	37	Rn67C	VI	Ak 154.1	40	15	15	9.0
288	50	90	Rn95A	VI/VII	Ak 154.1	70	15	15	9.6
289	25	100	Rn95A	VI/VII	Ak 154.1	70	15	15	9.3

FASE IIb: Gebruik bodemkaart; bodemeenheid die rond knooppunt meest voorkomt

Knoop- punt	Oppervlakte in ha	% Opp.	Legenda- eenheid	Gt	pF-curve wortel- zone	Dikte eff. wortel- zone in cm	pF-curve ondergr.	K-ψ ondergr.	Hoogte- ligging in m + NAP
1	25	100	* gY30	VII	Ak 180.1	25	1	1	44.9
2	50	96	* gY30	VII	Ak 180.1	25	1	1	26.8
3	50	62	gHd30	VII	Im 3.4	25	1	1	18.5
4	50	100	* gHd30	VII	Im 3.4	25	1	1	24.4
5	37½	100	* gHd30	VII	Im 3.4	25	1	1	29.7
6	25	95	* gHd30	VII	Im 3.4	25	1	1	30.0
7	25	50	* gHd30	VII	Im 3.4	25	1	1	32.4
8	25	75	Hd21	VII	Im 3.4	20	2	2	31.4
9	25	85	* gHd30	VII	Im 3.4	25	1	1	27.8
10	25	52	* gHd30	VII	Im 3.4	25	1	1	23.5
11	25	70	* Hd21	VII	Im 3.4	20	2	2	22.4
12	25	70	* Hd21	VII	Im 3.4	20	2	2	28.3
13	37½	85	* Hd21	VII	Im 3.4	20	2	2	33.4
14	50	85	gY30	VII	Ak 180.1	25	1	1	47.1
15	50	100	* gY30	VII	Ak 180.1	25	1	1	61.9
16	50	100	* gY30	VII	Ak 180.1	25	1	1	65.6
17	25	60	* Bebouwing						69.9
18	50	99	* gY30	VII	Ak 180.1	25	1	1	44.7
19	100	85	* gY30	VII	Ak 180.1	25	1	1	24.8
20	100	75	* gHd30	VII	Im 3.4	25	1	1	19.9
21	100	100	* gHd30	VII	Im 3.4	25	1	1	25.8
22	75	95	* gHd30	VII	Im 3.4	25	1	1	28.6
23	50	65	* gHd30	VII	Im 3.4	25	1	1	30.0
24	50	42	* gHd30	VII	Im 3.4	25	1	1	27.2
25	50	40	gHd30	VII	Im 3.4	25	1	1	23.6
26	50	50	* gY30	VII	Ak 180.1	25	1	1	25.9
27	50	75	* gY30	VII	Ak 180.1	25	1	1	27.8
28	50	95	* gY30	VII	Ak 180.1	25	1	1	36.2
29	50	100	* gY30	VII	Ak 180.1	25	1	1	47.6
30	75	65	* Bebouwing						55.2
31	100	80	* Bebouwing						49.6
32	100	80	* gY30	VII	Ak 180.1	25	1	1	57.5
33	100	95	* gY30	VII	Ak 180.1	25	1	1	54.3
34	50	100	* Bebouwing						64.3
35	50	100	* gY30	VII	Ak 180.1	25	1	1	35.2
36	100	60	* gY30	VII	Ak 180.1	25	1	1	18.9
37	100	65	* gHd30	VII	Im 3.4	25	1	1	21.0
38	100	88	* Bebouwing						24.4
39	75	40	Bebouwing						20.5
40	50	25	Bebouwing						21.2
41	50	40	* gY30	VII	Ak 180.1	25	1	1	25.8
42	50	90	* gY30	VII	Ak 180.1	25	1	1	32.7
43	50	97	* gY30	VII	Ak 180.1	25	1	1	39.5
44	50	80	* gY30	VII	Ak 180.1	25	1	1	46.2
45	50	100	* gY30	VII	Ak 180.1	25	1	1	53.1
46	50	80	* gY30	VII	Ak 180.1	25	1	1	49.9
47	75	60	* gY30	VII	Ak 180.1	25	1	1	41.1
48	100	90	* Bebouwing						37.0
49	100	100	* Bebouwing						34.3
50	100	90	* Bebouwing						25.1

* : bodemeenheid op knooppunt.

FAE IIb: Gebruik bodemkaart; bodemeenheid die rond knooppunt meest voorkomt (vervolg)

Knoop- punt	Oppervlakte in ha	% Opp.	Legenda- eenheid	Gt	pF-curve wortel- zone	Dikte eff. wortel- zone in cm	pF-curve ondergr.	K-ψ ondergr.	Hoogte- ligging in m + NAP
51	50	75	* Bebouwing						26.8
52	50	70	* gY30 VII		Ak 180.1	25	1	1	22.6
53	100	50	* Bebouwing						14.3
54	100	75	* Bebouwing						14.3
55	100	30	* Rn52A u		Ak 153.1	40	2	2	14.8
56	75	80	* gzEZ30 VII		Ak 183.1	70	1	1	22.7
57	50	65	* gzEZ30 VII		Ak 183.1	70	1	1	29.7
58	50	50	* gY30 VII		Ak 180.1	25	1	1	35.6
59	50	90	* gY30 VII		Ak 180.1	25	1	1	43.1
60	50	80	* gY30 VII		Ak 180.1	25	1	1	51.2
61	50	70	* gY30 VII		Ak 180.1	25	1	1	48.2
62	50	65	* gY30 VII		Ak 180.1	25	1	1	39.9
63	50	55	* gY30 VII		Ak 180.1	25	1	1	30.6
64	75	35	* gY30 VII		Ak 180.1	25	1	1	18.1
65	100	28	* Rd90A u		Ak 154.1	80	13	13	10.7
66	100	58	* Rd90A u		Ak 154.1	80	13	13	10.8
67	100	30	Water						10.6
68	50	40	* Rn45A VI		Ak 154.1	50	13	13	10.5
69	37½	55	* Rn52A u		Ak 153.1	40	2	2	10.7
70	75	55	* Bebouwing						10.0
71	75	45	* Rn52A u		Ak 153.1	40	2	2	9.2
72	75	45	Water						9.6
73	56½	53	Water						9.2
74	37½	60	* Rn82A u		Ak 154.1	40	7	7	9.9
75	37½	65	* kZn30A u		Ak 173.1	25	2	2	11.4
76	37½	72	* Rd90A u		Ak 154.1	80	13	13	12.1
77	37½	60	* Rd90A u		Ak 154.1	80	13	13	12.9
78	37½	25	* Water						13.2
79	37½	50	* Rn52A u		Ak 153.1	40	2	2	12.5
80	37½	48	* Rn52A u		Ak 153.1	40	2	2	10.4
81	56½	50	Rn95A VI		Ak 154.1	70	15	15	9.0
82	75	50	* Rn44c.v. III		19	40	20	20	8.6
83	75	48	Rn44c.v. III		19	40	20	20	9.2
84	75	35	Rn94C V		Ak 154.1	40	15	15	9.8
85	37½	60	* Rn15A VI		Ak 152.1	60	13	13	10.2
86	25	45	Rn52A u		Ak 153.1	40	2	2	7.9
87	50	45	* Rd90A u		Ak 154.1	80	13	13	8.5
88	50	90	* Rn52A u		Ak 153.1	40	2	2	8.5
89	50	45	Rn52A u		Ak 153.1	40	2	2	9.3
90	37½	30	Rn95A VI		Ak 154.1	70	15	15	9.6
91	25	55	* Rn82A u		Ak 154.1	40	7	7	9.3
92	25	55	* Rn82A u		Ak 154.1	40	7	7	10.0
93	25	47	* Rd90A u		Ak 154.1	80	13	13	10.5
94	25	80	* Water						9.1
95	25	43	Rn52A u		Ak 153.1	40	2	2	9.6
96	25	45	* Rn95A VI		Ak 154.1	70	15	15	9.4
97	25	55	* Bebouwing						8.8
98	37½	57	* Rn95A VI		Ak 154.1	70	15	15	8.7
99	50	60	* Rn44c.v. III		19	40	20	20	8.4
100	50	75	* Rn44c.v. III		19	40	20	20	8.2

* : bodemeenheid op knooppunt.

u : uiterwaard

FASE IIb: Gebruik bodemkaart; bodemeenheid die rond knooppunt meest voorkomt (vervolg)

Knoop- punt	Opperv- vlakte in ha	% Opp.	Legenda- eenheid	Gt	pF-curve wortel- zone	Dikte eff. wortel- zone in cm	pF-curve ondergr.	K-ψ ondergr.	Hoogte- ligging in m + NAP
101	50	47	* Rn94C	V	Ak 154.1	40	15	15	8.6
102	25	60	* Rn15A	VI	Ak 152.1	60	13	13	9.4
103	25	50	Rd90A	u	Ak 154.1	80	13	13	8.0
104	50	50	* Rd90A	VI	Ak 154.1	80	13	13	8.2
105	50	50	* Rn67C	VI	Ak 154.1	40	15	15	7.9
106	50	70	* Rn67C	VI	Ak 154.1	40	15	15	7.9
107	37½	52	* Rn95A	VI	Ak 154.1	70	15	15	8.0
108	25	90	* Rn95A	VI	Ak 154.1	70	15	15	8.1
109	25	70	* Rn95A	VI	Ak 154.1	70	15	15	8.6
110	25	55	* Rn95A	VI	Ak 154.1	70	15	15	8.9
111	25	52	* Rn95A	VI	Ak 154.1	70	15	15	8.8
112	25	85	* Rn15A	VI	Ak 152.1	60	13	13	8.6
113	25	60	* Rn44C	V	19	40	19	19	8.4
114	25	50	Rn44C	V	19	40	19	19	8.4
115	37½	60	* Rn95A	VI	Ak 154.1	70	15	15	8.6
116	50	60	* Rn44c.v. III		19	40	20	20	8.4
117	50	57	* Rn44c.v. III		19	40	20	20	8.3
118	50	90	* Rn44C	V	19	40	19	19	8.5
119	25	55	Bebouwing						9.6
120	25	55	Rd90A	VI	Ak 154.1	50	9	9	8.2
121	50	53	* Rd90A	VI	Ak 154.1	50	9	9	7.8
122	50	56	Rn47C	V	19	50	13	13	7.4
123	50	50	* Rn67C	VI	Ak 154.1	40	15	15	7.7
124	37½	65	* Rn47C	V	19	50	13	13	7.6
125	25	85	* Rn66A	VI	Ak 154.1	70	19	19	7.7
126	25	90	* Rn66A	VI	Ak 154.1	70	19	19	7.8
127	25	60	* Rn66A	VI	Ak 154.1	70	19	19	7.7
128	25	60	* Rn66A	VI	Ak 154.1	70	19	19	8.0
129	25	75	* Rn66A	VI	Ak 154.1	70	19	19	8.0
130	25	55	* Rn44C	V	19	40	19	19	8.1
131	25	80	* Rn47C	V	19	50	13	13	8.2
132	37½	37	* Rn67C	VI	Ak 154.1	40	15	15	8.4
133	50	85	* Rn47C	V	19	50	13	13	8.4
134	50	70	* Rn44C	V	19	40	19	19	8.2
135	50	82	* Rn44C	V	19	40	19	19	8.5
136	25	55	* Rn95A	VI	Ak 154.1	70	15	15	9.0
137	25	88	* Rn95C	VI	Ak 154.1	70	15	15	7.7
138	50	80	* Rn67C	V	Ak 154.1	40	15	15	7.5
139	50	75	* Rn47C	V	19	50	13	13	7.3
140	50	70	* Rn47C	V	19	50	13	13	7.6
141	37½	47	* Rn67C	VI	Ak 154.1	40	15	15	7.6
142	25	90	* Rn47C	V	19	50	13	13	7.6
143	25	63	* Rn47C	V	19	50	13	13	7.5
144	25	100	* Rn44C	V	19	40	19	19	7.4
145	25	72	* Rn44C	V	19	40	19	19	7.7
146	25	70	* Rn44C	V	19	40	19	19	7.9
147	25	45	Rn44C	V	19	40	19	19	8.0
148	25	75	* Rn44C	V	19	40	19	19	8.1
149	37½	55	Rn95A	VI	Ak 154.1	70	15	15	8.3
150	50	70	* Rn47C	V	19	50	13	13	8.4

* : bodemeenheid op knooppunt.

u : uiterwaard

FASE IIb: Gebruik bodemkaart; bodemeenheid die rond knooppunt meest voorkomt (vervolg)

Knoop- punt	Oppervlakte in ha	% Opp.	Legenda- eenheid	Gt	pF-curve wortel- zone	Dikte eff. wortel- zone in cm	pF-curve ondergr.	K- Ψ ondergr.	Hoogte- ligging in m + NAP
151	50	70	* Rn47C	V	19	50	13	13	8.3
152	50	52	* bRn46C	V	19	40	16	16	8.6
153	25	45	Rn44C	V	19	40	19	19	9.0
154	25	70	Rn95C	VI	Ak 154.1	70	15	15	7.6
155	50	53	* Rn95C	VI	Ak 154.1	70	15	15	7.4
156	50	65	* Rn47C	V	19	50	13	13	7.3
157	50	70	* Rn44C	III	19	40	19	19	7.1
158	37½	63	* Rn44C	III	19	40	19	19	7.2
159	25	58	* Rn47C	V	19	50	13	13	7.6
160	25	96	* Rn47C	V	19	50	13	13	7.7
161	25	53	* Rn44C	V	19	40	19	19	7.7
162	25	95	* Rn47C	V	19	50	13	13	7.9
163	25	55	* Rn44c.v. III		19	40	20	20	7.8
164	25	80	* Rn44c.v. III		19	40	20	20	7.7
165	25	75	* Rn44C	V	19	40	19	19	7.9
166	37½	50	Rn95A	VI	Ak 154.1	70	15	15	8.4
167	50	35	Rn47C	V	19	50	13	13	8.4
168	50	40	* Rn47C	V	19	50	13	13	8.5
169	50	80	bRn46C	V	19	40	16	16	8.6
170	25	75	Rn44C	V	19	40	19	19	8.7
171	25	93	* Rd90A	VI	Ak 154.1	50	9	9	7.6
172	50	55	* Rn95C	VI	Ak 154.1	70	15	15	7.5
173	50	50	* Rn47C	V	19	40	19	19	7.4
174	50	55	* Rn44C	III	19	40	19	19	7.0
175	37½	98	* Rn44C	III	19	40	19	19	7.5
176	25	50	* Rn44C	III	19	40	19	19	7.5
177	25	85	* Rn47C	V	19	40	19	19	7.8
178	25	65	* Rn47C	V	19	40	19	19	7.9
179	25	95	* Rn47C	V	19	40	19	19	7.9
180	25	90	* Rn44c.v. III		19	40	20	20	7.7
181	25	98	* Rn44c.v. III		19	40	20	20	7.8
182	25	83	* Rn44C	V	19	40	19	19	8.0
183	37½	42	Rn95A	VI	Ak 154.1	70	15	15	8.4
184	50	68	* Rn95A	VI/VII	Ak 154.1	70	15	15	8.5
185	50	45	Rn47C	V	19	40	19	19	8.5
186	50	97	* bRn46C	V	19	40	16	16	8.5
187	25	30	* T		Ak 153.1	80	9	9	9.2
188	25	70	* Rd90A	VI	Ak 154.1	50	9	9	7.5
189	50	90	* Rd90A	VI	Ak 154.1	50	9	9	7.5
190	50	90	* Rn95C	VI	Ak 154.1	70	15	15	7.4
191	50	85	* Rn47C	V	19	40	19	19	7.4
192	37½	55	* Rn47C	V	19	40	19	19	7.3
193	25	65	* Rn47C	V	19	50	13	13	7.6
194	25	45	* Rn95C	VI	Ak 154.1	70	15	15	7.7
195	25	72	* Rn95C	VI	Ak 154.1	70	15	15	8.0
196	25	50	* Rn47C	V	19	50	13	13	8.2
197	25	95	* Rn44C	V	19	40	19	19	7.8
198	25	90	* Rn44C	V	19	40	19	19	7.8
199	25	50	* Rn47C	V	19	50	13	13	8.0
200	37½	60	* Rn47C	V	19	50	13	13	8.4

* : bodemeenheid op knooppunt.

FASE IIb: Gebruik bodemkaart; bodemeenheid die rond knooppunt meest voorkomt (vervolg)

Knoop- punt	Opperv- vlakte in ha	% Opp.	Legenda- eenheid	Gt	pF-curve wortel- zone	Dikte eff. wortel- zone in cm	pF-curve ondergr.	K-ψ ondergr.	Hoogte- ligging in m + NAP
201	50	70	* Rn95A	VI/VII	Ak 154.1	70	15	15	8.6
202	50	50	* Rn66A	VI	Ak 154.1	70	19	19	8.7
203	50	65	* bRn46C	V	19	40	16	16	8.5
204	25	95	* Rn47C	V	19	50	13	13	8.5
205	37½	29	Rn95C	VI	Ak 154.1	70	15	15	7.7
206	75	75	* Rd90A	VII	Ak 154.1	80	13	13	7.6
207	75	80	* Rn95C	V	Ak 154.1	70	15	15	7.5
208	75	57	Rn47C	V	19	50	13	13	7.5
209	56½	48	* Rn44C	V	19	40	19	19	7.4
210	37½	67	* Rn44c.v. III		19	40	20	20	7.2
211	37½	55	Rn44c.v. III		19	40	20	20	7.4
212	37½	53	* Rn44c.v. III		19	40	20	20	7.8
213	37½	50	Rn44C	V	19	40	19	19	8.2
214	37½	60	* Rn47C	V	19	50	13	13	8.2
215	37½	97	* Rn47C	V	19	50	13	13	8.2
216	37½	60	* Rn47C	V	19	50	13	13	8.2
217	56½	35	* Rn67C	VI	Ak 154.1	40	15	15	8.4
218	75	92	* Rn95A	VI/VII	Ak 154.1	70	15	15	8.7
219	75	33	Rn66A	VI	Ak 154.1	70	19	19	8.9
220	75	55	* bRn46C	V	19	40	16	16	8.8
221	37½	73	* Rn47C	V	19	50	13	13	8.7
222	50	60	Rn95C	VI	Ak 154.1	70	15	15	7.6
223	100	37	* Rd90A	VI	Ak 154.1	50	9	9	7.6
224	100	50	* Rn95C	VI	Ak 154.1	70	15	15	7.7
225	100	60	* Rn47C	V	19	50	13	13	7.7
226	75	80	* Rn44c.v. III		19	40	20	20	7.3
227	50	90	* Rn44c.v. III		19	40	20	20	7.4
228	50	80	* Rn44c.v. III		19	40	20	20	7.5
229	50	72	* Rn44c.v. III		19	40	20	20	7.6
230	50	93	* Rn44C	V	19	40	19	19	7.9
231	50	52	Rn67C	VI	Ak 154.1	40	15	15	8.2
232	50	32	* Rn67C	VI	Ak 154.1	40	15	15	8.3
233	50	30	* Rn67C	VI	Ak 154.1	40	15	15	8.5
234	75	43	* Rn67C	VI	Ak 154.1	40	15	15	8.5
235	100	82	* Bebouwing						8.7
236	100	70	* Bebouwing						9.0
237	100	25	Rn95A	VI/VII	Ak 154.1	70	15	15	8.9
238	50	60	* bRn46C	VI	19	40	16	16	9.2
239	50	57	Rn94C	V	Ak 154.1	40	15	15	7.3
240	100	52	* Rn95C	VI	Ak 154.1	70	15	15	7.6
241	100	73	* Rd90A	VI	Ak 154.1	50	9	9	8.0
242	100	44	* Rd90A	VI	Ak 154.1	50	9	9	7.9
243	75	75	* Rn44C	V	19	40	19	19	7.6
244	50	75	* Rn44C	V	19	40	19	19	7.7
245	50	40	* Rn67C	V	Ak 154.1	40	15	15	8.1
246	50	40	Rn44C	V	19	40	19	19	8.4
247	50	40	* Rd10C	VII	Ak 152.1	40	9	9	8.7
248	50	68	* Rn95A	VI/VII	Ak 154.1	70	15	15	8.2
249	50	77	* Rn95A	VI/VII	Ak 154.1	70	15	15	8.4
250	50	45	* Rn95A	VI/VII	Ak 154.1	70	15	15	8.4

* : bodemeenheid op knooppunt.

FASE IIb: Gebruik bodemkaart; bodemeenheid die rond knooppunt meest voorkomt (vervolg)

Knoop- punt	Oppervlakte in ha	% Opp.	Legenda- eenheid	Gt	pF-curve wortel- zone	Dikte eff. wortel- zone in cm	pF-curve ondergr.	K-ψ ondergr.	Hoogte- ligging in m + NAP
251	75	60	* Rd90A	VII	Ak 154.1	50	9	9	8.6
252	100	33	* Rd90A	VII	Ak 154.1	50	9	9	8.6
253	100	45	* Bebouwing						8.9
254	100	50	Rd90A	VII	Ak 154.1	50	9	9	9.2
255	50	95	* Rn95A	VI/VII	Ak 154.1	70	15	15	9.1
256	50	75	Rn94C	V	Ak 154.1	40	15	15	7.5
257	100	45	Rn94C	V	Ak 154.1	40	15	15	7.7
258	100	90	* Rd90A	VI	Ak 154.1	50	9	9	7.8
259	100	73	* Rd90A	VI	Ak 154.1	50	9	9	8.1
260	75	43	Rd90A	VII	Ak 154.1	50	9	9	8.1
261	50	52	* Rd90A	VII	Ak 154.1	50	9	9	8.1
262	50	45	* Rn95A	VI/VII	Ak 154.1	70	15	15	8.1
263	50	75	* Rn95A	VI/VII	Ak 154.1	70	15	15	8.1
264	50	95	* Rn95A	VI/VII	Ak 154.1	70	15	15	8.2
265	50	50	Rn95A	VI/VII	Ak 154.1	70	15	15	8.2
266	50	30	Rn67C	VI	Ak 154.1	40	15	15	8.4
267	50	65	* Rn67C	VI	Ak 154.1	40	15	15	8.4
268	75	53	* Rn95A	VI	Ak 154.1	70	15	15	8.5
269	100	40	Rn95A	VI	Ak 154.1	70	15	15	8.7
270	100	50	Rn95A	VI/VII	Ak 154.1	70	15	15	8.8
271	100	65	* Rn95A	VI/VII	Ak 154.1	70	15	15	9.2
272	50	85	* Rn67C	V	Ak 154.1	40	15	15	9.1
273	25	80	Rn95A	VI	Ak 154.1	70	15	15	8.3
274	50	80	* Rn94C	V	Ak 154.1	40	15	15	7.7
275	50	60	* Rd90A	VI	Ak 154.1	50	9	9	8.0
276	50	35	Rd90A	VII	Ak 154.1	50	9	9	8.2
277	37½	100	* Rd90A	VII	Ak 154.1	50	9	9	8.2
278	25	60	Rd90A	VII	Ak 154.1	50	9	9	8.2
279	25	90	* Rn67C	VI	Ak 154.1	40	15	15	8.1
280	25	60	Rn67C	VI	Ak 154.1	40	15	15	8.2
281	25	70	Rn67C	VI	Ak 154.1	40	15	15	8.2
282	25	75	Rn67C	VI	Ak 154.1	40	15	15	8.3
283	25	77	* Rn67C	VI	Ak 154.1	40	15	15	8.3
284	25	98	* Rn67C	VI	Ak 154.1	40	15	15	8.5
285	37½	60	* Rn67C	VI	Ak 154.1	40	15	15	8.6
286	50	83	* Rd90C	VII	Ak 154.1	60	2	2	8.8
287	50	55	Rd90C	VII	Ak 154.1	60	2	2	9.0
288	50	90	* Rn95A	VI/VII	Ak 154.1	70	15	15	9.6
289	25	100	* Rn95A	VI/VII	Ak 154.1	70	15	15	9.3

Bijlage 4 (Fase III)
PROEFGEBIED OVER-BETUWE

(Werkgroep Commissie Bestudering Waterhuishouding Gelderland)

No. pF-curve	Bodemkundige omschrijving	Volume percentage water bij:									
		pF 0 (verz.)	pF 0,4	pF 1,0	pF 1,5	pF 2,0	pF 2,3	pF 2,7	pF 3,4	pF 4,2	
Im 3.4 (1)	veldpodzolgrond	48,6	47,6	43,1	38,7	22,7	15,7	11,8	6,9	5,1	
Im 4.4 (1)	idem	50,0	48,6	42,7	39,2	28,4	22,3	16,8	9,2	5,6	
Im 6.1 (1)	enkeerdgrond	45,7	44,5	41,5	37,7	24,8	17,9	13,3	7,1	5,1	
Im 7.1 (1)	enkeerdgrond	48,3	47,2	43,5	40,0	27,8	21,1	15,8	8,8	5,7	
Ak 151.1 (2)	kleivaaggrond	42,0	41,0	40,0	38,0	33,5	30,0	26,0	19,0	13,0	
Ak 152.1 (2)	idem	42,5	42,0	41,0	39,5	36,0	34,0	30,0	23,0	17,0	
Ak 153.1 (2)	idem	44,5	44,0	43,0	41,5	38,0	36,5	34,0	28,0	22,0	
Ak 154.1 (2)	idem	45,5	45,0	44,0	42,5	40,5	40,0	38,0	34,0	28,0	
Ak 155.1 (2)	idem	-	48,0	-	46,8	45,4	43,7	41,1	34,7	29,2	
Ak 180.1 (2)	moderpodzolgrond	35,0	34,1	33,2	30,8	19,3	16,4	14,6	10,2	7,2	
19 (3)	kleivaaggrond	54,0	53,7	53,3	52,7	51,9	49,8	47,0	40,2	32,1	

Textuur*		Idem van de voorkomende ondergronden									

1 (3)	coarse sand	39,5	36,7	21,5	10,7	3,2	2,4	1,8	1,5	1,2	
2 (3)	medium coarse sand	36,5	35,7	33,1	27,4	9,5	6,5	5,2	3,1	1,7	
3 (3)	medium fine sand	35,0	33,4	32,5	30,5	15,5	8,0	6,1	4,3	2,3	
8 (3)	loamy fine sand	43,9	43,5	39,9	30,7	17,9	14,6	11,5	8,5	6,0	
9 (3)	sandy loam	46,5	45,9	44,2	41,9	26,0	19,5	14,2	9,2	6,1	
13 (3)	loam	50,3	49,8	48,6	48,0	42,0	29,5	24,8	16,7	9,8	
15 (3)	silty clay loam	47,5	46,7	43,8	41,0	37,2	34,5	30,5	25,0	18,5	
16 (3)	clay loam	44,5	43,7	42,9	42,9	41,1	39,3	36,6	34,2	25,5	
18 (3)	silty clay	50,7	50,0	49,2	48,2	46,3	44,7	42,2	35,2	25,7	
19 (3)	basin clay	54,0	53,7	53,3	52,7	51,9	49,8	47,0	40,2	32,1	
20 (3)	peat	86,3	85,5	83,2	81,6	76,3	70,5	64,9	35,6	26,5	

* : Volgens Am. Soil Survey Manual (1951)
(1) Interne mededeling nr. 8, Stiboka
(2) Grondwaterbeheermodel Achterhoek
(3) ICW nota nr. 513

Bijlage 4

PROEFGEBIED OVER-BETUWE

Werkgroep Commissie Bestudering Waterhuishouding Gelderland

Project nr. 163.31

Tabel met K- ψ relaties

No. K- Rijtema	curve Textuur*	K_o cm dag ⁻¹	α cm ⁻¹	ψa cm	ψ_{max} cm	a cm ^{2.4} dag ⁻¹
1	coarse sand	1120	0,224	10	80	0,080
2	medium coarse sand	300	0,138	0	90	0,63
3	medium fine sand	110	0,0822	0	125	3,30
8	loamy fine sand	26,5	0,0398	0	200	16,4
9	sandy loam	16,5	0,0737	0	150	0,24
13	loam	5,0	0,0231	0	300	14,4
15	silty clay loam	1,5	0,0237	0	300	36,0
16	clay loam	0,98	0,0248	0	300	1,69
18	silty clay	1,3	0,0480	0	50	28,2
19	basin clay	0,22	0,0380	0	80	4,86
20	peat	5,3	0,1045	0	50	6,82

* Volgens Am Soil Survey Manual (1951)

Volgens Rijtema (Nota 513) wordt de K- ψ relatie in het traject verzadiging
→ ψ_{max} . aangegeven door:

$$K = K_o \cdot e^{-\alpha (\psi - \psi a)}$$

voor $\psi a = 0$: $K = K_o \cdot e^{-\alpha \cdot \psi}$

Voor het traject ψ_{max} . → pF 4,2 geldt dan:

$$K = a \psi^{-1,4}$$

Bijlage 4

Knoop- punt	Gt	pF-curve wortel- zone	dikte eff. wortel- zone in cm	pF-curve ondergr.	K- ψ ondergr.	bij komgrond diepte in cm			
						Laag II	Laag III	Laag IV	zand
1	VII	Ak 180.1	65	1	1				
2	VII	Ak 180.1	75	1	1				
3	VII	4.4	60	1	1				
4	VII	3.4	50	1	1				
5	VII	4.4	55	1	1				
6	VII	4.4	50	1	1				
7	VII	4.4	35	1	1				
8	VII	3.4	40	2	2				
9	VII	3.4	40	1	1				
10	VII	3.4	25	1	1				
11	VII	3.4	45	2	2				
12	VII	3.4	55	1	1				
13	VII	3.4	45	2	2				
14	VII	3.4	25	2	2				
15	VII	Ak 180.1	60	2	2				
16	VII	Ak 180.1	60	2	2				
17	VII	Ak 180.1	60	2	2				
18	VII	Ak 180.1	70	2	2				
19	VII	Ak 180.1	60	2	2				
20	VII	3.4	35	1	1				
21	VII	4.4	50	1	1				
22	VII	4.4	40	1	1				
23	VII	4.4	35	1	1				
24	VII	3.4	30	1	1				
25	VII	4.4	50	1	1				
26	VII	Ak 180.1	70	1	1				
27	VII	Ak 180.1	50	1	1				
28	VII	Ak 180.1	60	2	2				
29	VII	Ak 180.1	60	2	2				
30	VII	Ak 180.1	70	2	2				
31	VII	Ak 180.1	60	2	2				
32	VII	Ak 180.1	60	2	2				
33	VII	Ak 180.1	55	1	1				
34		Bebouwing							
35	VII	Ak 180.1	50	2	2				
36	VII	Ak 180.1	70	2	2				
37	VII	4.4	60	1	1				
38	VII	4.4	60	1	1				
39	VII	Ak 180.1	50	2	2				
40	VII	3.4	45	1	1				
41	VII	Ak 180.1	55	2	2				
42	VII	Ak 180.1	60	1	1				
43	VII	Ak 180.1	50	2	2				
44	VII	Ak 180.1	60	2	2				
45	VII	Ak 180.1	60	3	3				
46	VII	Ak 180.1	80	2	2				
47	VII	Ak 180.1	70	3	3				
48	VII	Ak 180.1	70	3	3				
49		Bebouwing							
50	VII	Ak 180.1	65	2	2				

Bijlage 4 (vervolg)

Knoop- punt	Gt	pF-curve wortel- zone	dikte eff. wortel- zone in cm	pF-curve ondergr.	K-Ψ ondergr.	bij komgrond diepte in cm			
						Laag II	Laag III	Laag IV	zand
51		Ak 153.1	60	1	1				
52	VII	Ak 180.1	55	1	1				
53	VII	Ak 180.1	80	2	2				
54		Ak 153.1	80	13	13				
55		Ak 153.1	40	2	2				
56	VII	6.1	100	2	2				
57	VII	7.1	85	2	2				
58	VII	Ak 180.1	70	2	2				
59	VII	Ak 180.1	50	1	1				
60	VII	Ak 180.1	55	1	1				
61	VII	Ak 180.1	80	2	2				
62	VII	Ak 180.1	50	2	2				
63	VII	Ak 180.1	50	1	1				
64	VII	Ak 180.1	55	1	1				
65		Ak 153.1	45	1	1				
66		Ak 153.1	80	13	13				
67		Ak 152.1	45	1	1				
68	VI	Ak 154.1	40	18	18				
69		Ak 154.1	50	18	18				
70		Ak 155.1	60	2	2				
71		Ak 153.1	60	2	2				
72		Ak 151.1	45	2	2				
73		Ak 155.1	60	15	15				
74		Ak 153.1	50	1	1				
75		Ak 153.1	40	1	1				
76		Ak 153.1	70	2	2				
77		Ak 153.1	70	13	13				
78		Ak 153.1	40	2	2				
79		Ak 153.1	30	18	18				
80		Ak 153.1	60	2	2				
81	VI	Ak 153.1	80	18	18				
82	III	Ak 155.1	50	18	18	40- 60	65 →		
83	III	Ak 154.1	30	19	19	25-140	140 →		
84	V	Ak 155.1	35	18	18	20- 80	80-230	230-270	
85	VI	Ak 153.1	80	13	13				
86		Ak 154.1	45	2	2				
87		Ak 152.1	60	3	3				
88		Ak 153.1	45	2	2				
89		Ak 153.1	70	2	2				
90	VII/VI	Ak 153.1	80	15	15				
91		Ak 152.1	60	15	15				
92		Ak 152.1	70	15	15				
93		Ak 152.1	70	13	13				
94		Ak 151.1	45	2	2				
95		Ak 152.1	40	3	3				
96	VI	Ak 153.1	80	13	13				
97		Bebouwing							
98	VI	Ak 152.1	80	13	13				
99	III	19	45	20	20	20- 65	65 →		
100	III	Ak 154.1	50	18	18	50-110	110 →		

Bijlage 4 (vervolg)

Knoop- punt	Gt	pF-curve wortel- zone	dikte eff. wortel- zone in cm	pF-curve ondergr.	K- Ψ ondergr.	bij komgrond diepte in cm			
						Laag II	Laag III	Laag IV	zand
101	V	Ak 155.1	30	19	19	25-140	140-195	195-250	
102	VI	Ak 153.1	80	18	18				
103		Ak 153.1	70	13	13				
104	VII	Ak 153.1	90	13	13				
105	VI	Ak 155.1	80	18	18	15-125	125 →		
106	VII	Ak 154.1	70	18	18	20-160	160-210		210 →
107	VII	Ak 154.1	85	18	18				
108	VI	Ak 153.1	70	18	18	70-150	150 →		
109	VI	Ak 154.1	60	18	18				
110	VI	Ak 153.1	70	15	15				
111	VI	Ak 153.1	90	16	16				
112	VI/VII	Ak 152.1	80	18	18				
113	VI/VII	Ak 153.1	45	18	18	45-110	110 →		
114	V/VI	19	60	18	18	35- 70	70 →		
115	V	Ak 154.1	40	18	18	20- 80	80 →		
116	III	19	40	19	19	20-115	115-260	260-300	
117	III	19	35	18	18	20-100	100 →		
118	V	19	30	19	19	15-140	140 →		
119	VI	Ak 153.1	75	13	13				
120	VI/VII	Ak 152.1	80	2	2				
121	VI/VII	Ak 152.1	70	13	13				
122	V	Ak 155.1	35	18	18	25- 90	90-160		160 →
123	VI	Ak 154.1	50	18	18	30-100	100-110		110 →
124	V	Ak 155.1	35	18	18	20-140	140 →		
125	VI	Ak 155.1	60	19	19	30-100	100-260		260 →
126	VI	Ak 154.1	70	19	19				
127	VI	Ak 154.1	50	19	19	40-120	120 →		
128	VI	Ak 153.1	40	19	19	40-130	130 →		
129	VI	Ak 154.1	40	19	19	20-145	145-190	190-210	250 →
130	V	19	30	19	19	25-150	150 →		
131	V	19	30	19	19	20-150	150-240	240-260	
132	VI	Ak 155.1	55	18	18	40- 90	90-205	205-260	
133	V	Ak 154.1	30	19	19	25-130	130 →		
134	III	19	30	19	19	20-115	115-245	245-260	
135	VI	Opgespoten	20	2	2				
136	VI	Ak 153.1	90	16	16				
137	VI	Ak 154.1	70	18	18	25-110	110-150		150 →
138	V/VI	Ak 154.1	50	18	18	50- 90	90-150		150 →
139	V	Ak 155.1	45	19	19	50-140	140-230		230 →
140	V/VI	Ak 153.1	80	18	18				
141	V	Ak 155.1	45	18	18	30- 70	70-150		150 →
142	V	19	35	19	19	20-110	110 →		
143	V	19	30	19	19	25-120	120-190	190-300	
144	III	19	30	19	19	15-125	125-200	200-260	
145	V	19	30	19	19	25-115	115-230	230-260	
146	V	19	30	19	19	25-110	110 →		
147	V	19	35	19	19	25-150	150-210	210-270	
148	V	19	30	19	19	20-130	130 →		
149	VI	Ak 154.1	70	9	9	40-135	135-240		
150	V/VI	19	35	18	18	30-165	165-240		240 →

Bijlage 4 (vervolg)

Knoop- punt	Gt	pF-curve wortel- zone	dikte eff. wortel- zone in cm	pF-curve ondergr.	K- Ψ ondergr.	bij komgrond diepte in cm			
						Laag II	Laag III	Laag IV	zand
151	V	19	30	19	19	20-110	110-240		240 →
152	V/VI	Ak 155.1	35	2	2	25- 90	90-260		260 →
153	III/V	19	30	18	18	25-145	145		
154	VI	Ak 155.1	45	18	18	50-140	140-230		230 →
155	VI	Ak 155.1	45	18	18	40- 95	95-150		150 →
156	V	19	35	18	18	25-130	130-170		170 →
157	V	19	40	19	19	40-120	120-210		210 →
158	III	19	35	19	19	25-120	120-180	180-250	
159	V	19	40	18	18	25- 90	90-250	250-300	
160	V/VI	Ak 155.1	40	18	18	40-120	120 →		
161	V	19	30	19	19	20- 90	90-205	205-280	
162	V	19	30	19	19	25- 90	90 →		
163	III/V	19	35	18	18	25- 80	80-175	175-280	
164	III	19	30	20	20	20- 65	65 →		
165	V	19	30	19	19	20-120	120 →		
166	VI	Ak 153.1	60	3	3				
167	V	19	35	19	19	25-140	140 →		
168	V	Ak 155.1	40	19	19	20- 70	70 →		
169	VI	19	35	19	19	30- 80	80-270		270 →
170	V	Ak 155.1	40	18	18	40-150	150 →		
171	VI	Ak 153.1	80	13	13				
172	VI	Ak 153.1	60	9	9				
173	VI	Ak 154.1	40	18	18	25- 90	90-105		105 →
174	III/IV	Ak 155.1	40	19	19	25-110	110-290		290 →
175	III	19	35	19	19	30-115	115 →		
176	III	19	35	19	19	20-100	100 →		
177	V/VI	19	35	18	18	30- 90	90-220		220 →
178	V/VI	Ak 155.1	60	18	18				
179	V/VI	Ak 155.1	35	18	18	20-110	110-290		290 →
180	III	19	30	19	19	20-110	110 →		
181	III/V	Ak 155.1	35	19	19	15-140	140 →		
182	V	19	40	19	19	15-180	180 →		
183	VI	Ak 153.1	90	15	15				
184	III	Ak 154.1	50	15	15				
185	III/V	19	90	18	18	20-135	135 →		
186	V/VI	19	45	18	18	20-100	100 →		
187	V	Ak 152.1	65	2	2				
188	VI/VII	Ak 153.1	70	16	16				
189	VI/VII	Ak 153.1	60	2	2				
190	VI	Ak 155.1	70	13	13				
191	V	19	35	19	19	25-100	100-165	165-260	
192	V	19	35	19	19	20- 95	95-170	170 →	
193	V	19	30	19	19	25-100	100 →		
194	VI	19	30	18	18	25- 90	90-230	230-300	
195	VI	19	45	18	18	25-100	100-250	250-280	
196	V/VI	Ak 155.1	45	18	18	40- 95	95 →		
197	III/V	Ak 155.1	35	18	18	20- 80	80-115	115-240	
198	V	19	30	19	19	80-105	105 →		
199	V	Ak 155.1	30	18	18	40-140	140-180	180-220	
200	V	19	30	18	18	25- 95	95-210	210-240	

Bijlage 4 (vervolg)

Knoop- punt	Gt	pF-curve wortel- zone	dikte eff. wortel- zone in cm	pF-curve ondergr.	K-Ψ ondergr.	bij komgrond diepte in cm			
						Laag II	Laag III	Laag IV	zand
201	VII	Ak 153.1	60	15	15				
202	VI	Ak 154.1	30	18	18	25-100	100-150	150-220	
203	VI	Ak 155.1	35	13	13	25- 60	60-145	145-180	
204	V	19	35	18	18	25- 80	80-140	140-200	
205	VI	Ak 155.1	60	19	19	30-160	160 →		
206	VI	Ak 154.1	65	16	16	20- 80	80-150	150 →	
207	V/VI	19	60	18	18	20-110	110-190	190 →	
208	V/VI	19	50	18	18	15- 70	70-280	280 →	
209	VI	Ak 155.1	45	18	18	15- 95	95 →		
210	III	19	30	19	19	20-140	140-220	220-240	
211	III	19	45	18	18	25-160	160 →		
212	V	19	30	18	18	20-100	100-200	200-240	
213	V	19	45	18	18	40- 90	90-250	250 →	
214	V	19	30	19	19	25-115	115-220	220-270	
215	V/VI	Ak 154.1	60	16	16				
216	V	Ak 154.1	45	18	18	20- 80	80-130	130-260	
217	V	Ak 154.1	50	16	16				
218	VII	Ak 152.1	80	8	8				
219	VI	Ak 155.1	50	18	18	25- 80	80-150	150 →	
220	VI/VII	Ak 154.1	80	19	19	20-120	120-200	200 →	
221	V	Ak 154.1	40	19	19	20-120	120-260		260 →
222	VI	Ak 155.1	60	18	18	35- 70	70 →		
223	VI	Ak 153.1	70	18	18	40-130	130 →		
224	VI	Ak 155.1	35	18	18	20- 70	70-170		170 →
225	V/VI	19	30	19	19	20- 80	80-170		200 →
226	III	19	30	19	19	20-130	130-200	200-260	
227	III	19	35	19	19	20- 95	95-130	130-290	
228	III	19	30	19	19	20-100	100 →		
229	III	19	30	19	19	20-130	130 →		
230	III	19	30	19	19	20-140	140 →		
231	VI	Ak 153.1	60	15	15				
232	VI	Ak 154.1	40	18	18	40- 75	75-140		140 →
233	VI/VII	Ak 153.1	70	2	2				
234	VI	Ak 153.1	60	18	18				
235		Bebouwing							
236		Bebouwing							
237	VI/VII	Ak 155.1	45	18	18				
238	VI	Ak 155.1	35	18	18	25-145	145-200		200 →
239	V/VI	Ak 154.1	30	18	18	30-120	120-170	170-250	
240	VI	Ak 153.1	65	18	18				
241	VII	Ak 153.1	60	9	9				
242	VI/VII	Ak 155.1	50	18	18	15-120	120-220		220 →
243	III/V	Ak 155.1	40	19	19	40-120	120-230	230-270	
244	III/V	Ak 154.1	50	16	16	70-150	150 →		
245	V	Ak 154.1	50	19	19	50-160	160 →		
246	VII	Ak 153.1	70	2	2				
247	VII	Ak 151.1	80	2	2				
248	VI	Ak 154.1	60	18	18	25- 80	80 →		
249	VII	Ak 153.1	55	2	2				
250	VII	Ak 155.1	65	2	2				

Bijlage 4 (vervolg)

Knoop- punt	Gt	pF-curve wortel- zone	dikte eff. wortel- zone in cm	pF-curve ondergr.	K-Ψ ondergr.	bij komgrond diepte in cm			
						Laag II	Laag III	Laag IV	zand
251	VII	Ak 153.1	60	1	1				
252		Bebouwing							
253		Bebouwing							
254	VI/VII	Ak 155.1	60	13	13				
255	VI	Ak 153.1	60	2	2				
256	VI/V	Ak 155.1	50	18	18				
257	VI	Ak 155.1	50	18	18	40-150	150→		
258	VI	Ak 154.1	70	2	2				
259	VII	Ak 154.1	80	2	2				
260	VII	Ak 153.1	80	2	2				
261	V/VI	Ak 155.1	35	19	19	30-120	120→		
262	VI	Ak 155.1	40	19	19	20-180	180→		
263	VII/VI	Ak 153.1	50	2	2				
264	VI	Ak 154.1	60	9	9				
265	VII	Ak 154.1	80	2	2				
266	VI	Ak 155.1	45	18	18	25-100	100-220		220→
267	V/VI	Ak 155.1	35	19	19	20-110	110-150		150→
268	VI	Ak 154.1	45	16	16	25- 60	60-120		120→
269	VI	Ak 154.1	70	18	18				
270	VI	Ak 154.1	45	9	9	20- 70	70-120		120→
271	VI/VII	Ak 153.1	90	15	15				
272	VI	Ak 154.1	60	18	18	30- 90	90→		
273	VI	Ak 153.1	80	9	9				
274	V	Ak 153.1	45	18	18	35- 80	80-210		210→
275	VI	Ak 153.1	65	15	15				
276	VI	Ak 153.1	65	15	15	40-100	100-125		125→
277	VII	Ak 153.1	70	18	18	70-120	120-220		220→
278	VII	Ak 153.1	70	19	19				
279	VI	Ak 154.1	40	19	19	25-110	110-150		150→
280	VI	Ak 153.1	60	15	15				
281	V/VI	Ak 155.1	40	18	18	30- 70	70-160		160→
282	VI	Ak 155.1	40	16	16	25- 60	60-130		130→
283	VI	Ak 155.1	50	15	15				
284	VI	Ak 154.1	45	2	2	25- 80	80-100		100→
285	VI	Ak 155.1	35	19	19	25-165	165-265		265→
286	VII	Ak 155.1	50	18	18	30- 80	80-120		120→
287	VII/VI	Ak 154.1	70	9	9				
288	VII	Ak 154.1	65	13	13				
289	VII	Ak 155.1	60	18	18	30- 90	90-130		130→

Bijlage 5 (Fase IV)

PROEFGEBIED OVER-BETUWE

(Werkgroep Commissie Bestudering Waterhuishouding Gelderland)
Project nr. 163.31

No. pF-curve (bovengrond)	Bodemkundige omschrijving of textuurklasse	Volume percentage water bij:									
		pF 0 (verz.)	pF 0,4	pF 1,0	pF 1,5	pF 2,0	pF 2,3	pF 2,7	pF 3,4	pF 4,2	
11 (4)	lichte zavel (8-17,5% <2 µm)	45,2	43,8	41,1	38,5	34,9	32,3	29,8	21,3	14,9	
12 (4)	zware zavel (17,5-25% <2 µm)	45,8	44,9	41,9	40,4	37,3	35,3	32,7	26,3	19,6	
13 (4)	lichte klei (25-35% <2 µm)	49,6	48,9	46,3	44,7	42,6	40,4	38,1	33,5	25,4	
14 (4)	matig zware klei (35-50% <2 µm)	50,8	50,5	49,8	48,3	46,5	44,9	41,9	37,2	32,0	
15 (4)	zware klei (>50% <2 µm)	53,1	52,9	52,4	51,5	50,0	48,9	46,9	42,9	37,7	
Im 3.4 (1)	veldpodzolgrond	48,6	47,6	43,1	38,7	22,7	15,7	11,8	6,9	5,1	
Im 4.4 (1)	idem	50,0	48,6	42,7	39,2	28,4	22,3	16,8	9,2	5,6	
Im 6.1 (1)	enkeerdgrond	45,7	44,5	41,5	37,7	24,8	17,9	13,3	7,1	5,1	
Im 7.1 (1)	idem	48,3	47,2	43,5	40,0	27,8	21,1	15,8	8,8	5,7	
Ak 180.1 (2)	moderpodzolgrond	35,0	34,1	33,2	30,8	19,3	16,4	14,6	10,2	7,2	
Idem van de voorkomende ondergronden:											
21 (4)	lichte zavel (8-17,5% <2 µm)	39,9	38,7	35,9	33,4	29,1	25,7	22,5	19,0	13,1	
22 (4)	zware zavel (17,5-25% <2 µm)	43,2	42,3	39,9	37,8	34,4	31,2	28,8	24,4	17,4	
23 (4)	lichte klei (25-35% <2 µm)	42,6	41,9	40,1	38,0	35,5	33,9	31,5	26,9	20,5	
24 (4)	matig zware klei (35-50% <2 µm)	48,5	47,6	46,4	45,3	44,1	43,0	40,5	36,0	27,7	
25 (4)	zware klei (>50% <2 µm)	56,2	55,9	54,7	53,3	52,0	50,5	49,0	43,5	32,6	
26 (3)	coarse sand	39,5	36,7	21,5	10,7	3,2	2,4	1,8	1,5	1,2	
27 (3)	medium coarse sand	36,5	35,7	33,1	27,4	9,5	6,5	5,2	3,1	1,7	
28 (3)	medium fine sand	35,0	33,4	32,5	30,5	15,5	8,0	6,1	4,3	2,3	
29 (3)	peat	86,3	85,5	83,2	81,6	76,3	70,5	64,9	35,6	26,5	

- (1) : Interne mededeling nr. 8, Stiboka
(2) : Grondwaterbeheermodel Achterhoek
(3) : ICW nota nr. 513
(4) : Afd. Bodemtechniek, Stiboka

Bijlage 5

PROEFGEBIED OVER-BETUWE

(Werkgroep Commissie Bestudering Waterhuishouding Gelderland)
Project nr. 163.31

Tabel met K- Ψ relaties

Nr. K- Ψ curve (gemeten)	Textuur	a cm dag ⁻¹	n	K _{verz} cm dag ⁻¹
1	lichte zavel (8-17,5% <2 μ m)	112	-1.49	150
2	zwane zavel (17,5-25% <2 μ m)	56	-1.32	75
3	lichte klei (25-35% <2 μ m)	50	-1.30	125
4	matig zwane klei (35-50% <2 μ m)	30	-1.24	100
5	zwane klei (>50% <2 μ m)	10	-1.23	50*

De gemeten K- Ψ relatie wordt weergegeven met de formule:

$$K = a \cdot \Psi^{-n}$$

Nr. K- curve Rijtema	Textuur*	K _o cm dag ⁻¹	α cm ⁻¹	Ψ_a cm	Ψ_{max} cm	a cm ^{2.4} dag ⁻¹
6	coarse sand	1120	0,224	10	80	0,080
7	medium coarse sand	300	0,138	0	90	0,63
8	medium fine sand	110	0,0822	0	125	3,30
9	peat	5,3	0,1045	0	50	6,82

* Volgens Am. Soil Survey Manual (1951)

Volgens Rijtema (nota 513) wordt de K- Ψ relatie in het traject verzadiging
→max aangegeven door:

$$K = K_{o.e} \cdot \alpha (\Psi - \Psi_a)$$

voor $\Psi_a = 0$: $K = K_{o.e} \cdot \alpha \Psi$

voor het traject $\Psi_{max} \rightarrow pF_{4,2}$ geldt dan: $K = a \Psi^{-1.4}$

* De K_{verz} van zwane klei (>50% <2 μ m) is zoals vermeld 50 cm dag⁻¹,
wanneer deze voorkomt in de hoedanigheid van laag II (zie bijlage 4).
Komt dit materiaal voor in de positie van laag III (dikwijls als "korte
klei" aangeduid) dan is de K_{verz} 100 cm dag (zie 3.3 Fase III).

knoop- punt	pF-curve wortelzone	pF-curve ondergrond	K- ψ ondergrond	Kverz ondergrond
1	Ak 180.1	26	6	1120
2	Ak 180.1	26	6	1120
3	4.4	26	6	1120
4	3.4	26	6	1120
5	4.4	26	6	1120
6	4.4	26	6	1120
7	4.4	26	6	1120
8	3.4	27	7	300
9	3.4	26	6	1120
10	3.4	26	6	1120
11	3.4	27	7	300
12	3.4	26	6	1120
13	3.4	27	7	300
14	3.4	27	7	300
15	Ak 180.1	27	7	300
16	Ak 180.1	27	7	300
17	Ak 180.1	27	7	300
18	Ak 180.1	27	7	300
19	Ak 180.1	27	7	300
20	3.4	26	6	1120
21	4.4	26	6	1120
22	4.4	26	6	1120
23	4.4	26	6	1120
24	3.4	26	6	1120
25	4.4	26	6	1120
26	Ak 180.1	26	6	1120
27	Ak 180.1	26	6	1120
28	Ak 180.1	27	7	300
29	Ak 180.1	27	7	300
30	Ak 180.1	27	7	300
31	Ak 180.1	27	7	300
32	Ak 180.1	27	7	300
33	Ak 180.1	26	6	1120
34	Bebouwing			
35	Ak 180.1	27	7	300
36	Ak 180.1	27	7	300
37	4.4	26	6	1120
38	4.4	26	6	1120
39	Ak 180.1	27	7	300
40	3.4	26	6	1120
41	Ak 180.1	27	7	300
42	Ak 180.1	26	6	1120
43	Ak 180.1	27	7	300
44	Ak 180.1	27	7	300
45	Ak 180.1	28	8	110
46	Ak 180.1	27	7	300
47	Ak 180.1	28	8	110
48	Ak 180.1	28	8	110
49	Bebouwing			
50	Ak 180.1	27	7	300

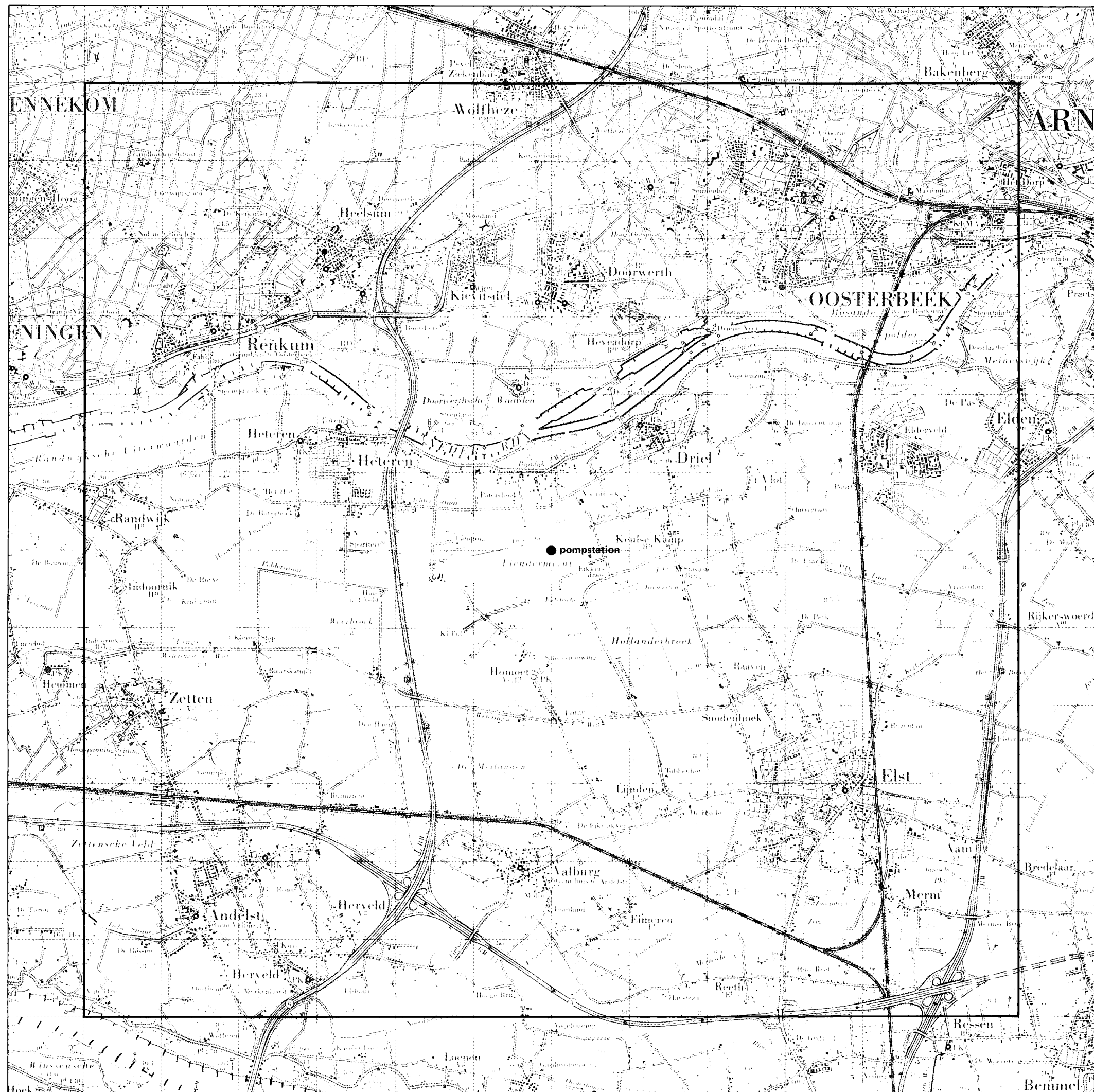
knoop- punt	pF-curve wortelzone	pF-curve ondergrond	K- Ψ ondergrond	Kverz ondergrond
51	11	26	6	1120
52	Ak 180.1	26	6	1120
53	Ak 180.1	27	7	300
54	12	21	1	150
55	11	27	7	300
56	6.1	27	7	300
57	7.1	27	7	300
58	Ak 180.1	27	7	300
59	Ak 180.1	26	6	1120
60	Ak 180.1	26	6	1120
61	Ak 180.1	27	7	300
62	Ak 180.1	27	7	300
63	Ak 180.1	26	6	1120
64	Ak 180.1	26	6	1120
65	12	26	6	1120
66	12	22	2	75
67	11	26	6	1120
68	13	24	4	100
69	13	24	4	100
70	14	27	7	300
71	12	27	7	300
72	11	27	7	300
73	14	24	4	100
74	12	26	6	1120
75	12	26	6	1120
76	12	27	7	300
77	12	23	3	125
78	12	27	7	300
79	12	24	4	100
80	12	27	7	300
81	12	24	4	100
82	14	24	4	100
83	13	25	5	50
84	14	24	4	100
85	12	23	3	125
86	13	27	7	300
87	11	28	8	110
88	11	27	7	300
89	12	27	7	300
90	11	24	4	100
91	11	24	4	100
92	11	22	2	75
93	11	22	2	75
94	11	27	7	300
95	11	28	8	110
96	12	22	2	75
97	Bebouwing			
98	11	22	2	75
99	14	29	9	5,3
100	13	24	4	100

knoop- punt	pF-curve wortelzone	pF-curve ondergrond	K- Ψ ondergrond	K _{verz} ondergrond
101	14	25	5	50
102	12	24	4	100
103	12	22	2	75
104	11	23	3	125
105	14	24	4	100
106	13	24	4	100
107	13	24	4	100
108	11	24	4	100
109	13	24	4	100
110	12	23	3	125
111	13	23	3	125
112	11	24	4	100
113	12	24	4	100
114	15	24	4	100
115	13	24	4	100
116	14	25	5	50
117	14	25	5	50
118	14	25	5	50
119	12	22	2	75
120	11	27	7	300
121	11	22	2	75
122	14	24	4	100
123	13	24	4	100
124	14	25	5	50
125	14	25	5	50
126	13	25	5	50
127	13	25	5	50
128	12	25	5	50
129	13	25	5	50
130	15	25	5	50
131	15	25	5	50
132	14	24	4	100
133	13	25	5	50
134	15	25	5	50
135	Opgespoten	24	4	100
136	12	23	3	125
137	13	24	4	100
138	13	23	3	125
139	14	25	5	50
140	12	23	3	125
141	14	24	4	100
142	14	25	5	50
143	14	25	5	50
144	14	25	5	50
145	14	25	5	50
146	14	25	5	50
147	14	25	5	50
148	14	25	5	50
149	12	21	1	1120
150	14	25	5	50

knoop- punt	pF-curve wortelzone	pF-curve ondergrond	K- Ψ ondergrond	K _{verz} ondergrond
151	14	25	5	50
152	14	27	7	300
153	14	24	4	100
154	12	25	5	50
155	14	25	5	50
156	14	25	5	50
157	14	25	5	50
158	14	25	5	50
159	14	24	4	100
160	14	25	5	50
161	15	25	5	50
162	14	25	5	50
163	14	24	4	100
164	14	29	9	53
165	14	25	5	50
166	12	28	8	110
167	14	25	5	50
168	14	25	5	50
169	14	25	5	50
170	13	25	5	50
171	12	22	2	75
172	12	21	1	150
173	13	24	4	100
174	14	25	5	50
175	14	25	5	50
176	14	25	5	50
177	14	25	5	50
178	14	24	4	100
179	14	25	5	50
180	14	25	5	50
181	14	25	5	50
182	14	25	5	50
183	12	24	4	100
184	13	23	3	125
185	15	25	5	50
186	14	25	5	50
187	11	27	7	300
188	12	23	3	125
189	11	27	7	300
190	13	22	2	75
191	14	25	5	50
192	14	25	5	50
193	14	25	5	50
194	14	25	5	50
195	14	25	5	50
196	13	25	5	50
197	14	25	5	50
198	14	25	5	50
199	14	25	5	50
200	14	25	5	50

knoop- punt	pF-curve wortelzone	pF-curve ondergrond	K- Ψ ondergrond	K _{verz} ondergrond
201	12	23	3	125
202	12	24	4	100
203	13	21	1	150
204	14	25	5	50
205	13	25	5	50
206	13	23	3	125
207	14	25	5	50
208	14	25	5	50
209	14	25	5	50
210	14	25	5	50
211	14	24	4	100
212	14	25	5	50
213	14	25	5	50
214	14	25	5	50
215	13	23	3	125
216	13	25	5	50
217	13	23	3	125
218	11	28	8	110
219	13	25	5	50
220	13	25	5	50
221	13	25	5	50
222	14	24	4	100
223	12	24	4	100
224	14	25	5	50
225	15	25	5	50
226	14	25	5	50
227	15	25	5	50
228	14	25	5	50
229	14	25	5	50
230	14	25	5	50
231	12	24	4	100
232	13	24	4	100
233	12	27	7	300
234	12	24	4	100
235	Bebouwing			
236	Bebouwing			
237	13	25	5	50
238	14	24	4	100
239	13	25	5	50
240	12	24	4	100
241	11	27	7	300
242	14	25	5	50
243	14	25	5	50
244	13	23	3	125
245	13	25	5	50
246	11	27	7	300
247	13	27	7	300
248	14	24	4	100
249	12	27	7	300
250	13	27	7	300

knoop- punt	pF-curve wortelzone	pF-curve ondergrond	K- Ψ ondergrond	Kverz ondergrond
251	12	26	6	1120
252	Bebouwing			
253	Bebouwing			
254	14	22	2	75
255	12	27	7	300
256	14	24	4	100
257	13	25	5	50
258	13	27	7	300
259	13	27	7	300
260	12	27	7	300
261	14	25	5	50
262	14	25	5	50
263	12	27	7	300
264	13	27	7	300
265	13	27	7	300
266	14	25	5	50
267	14	25	5	50
268	13	22	2	75
269	13	23	3	125
270	13	21	1	150
271	13	24	4	100
272	13	25	5	50
273	11	21	1	150
274	12	24	4	100
275	12	23	3	125
276	12	24	4	100
277	12	24	4	100
278	12	25	5	50
279	13	25	5	50
280	12	24	4	100
281	13	24	4	100
282	14	24	4	100
283	14	24	4	100
284	13	27	7	300
285	13	25	5	50
286	14	26	6	1120
287	13	22	2	75
288	13	22	2	75
289	14	25	5	50



Afb. 1 Situatiekaart, schaal 1:50 000 (Top.krt. 390 en 40W).



Foto Stiboka: R43-220

Afb. 3 Gezicht op de Betuwe, vanaf de hooggelegen stuwwal ten noorden van de Neder-Rijn



Foto Stiboka: R43 - 219

Afb. 5 De sterk "meanderende" Neder-Rijn, met links op de achtergrond de stad Arnhem



Foto Stiboka: R43 - 225

Afb. 7 Boerderij "De Hucht", gelegen op een "pol"

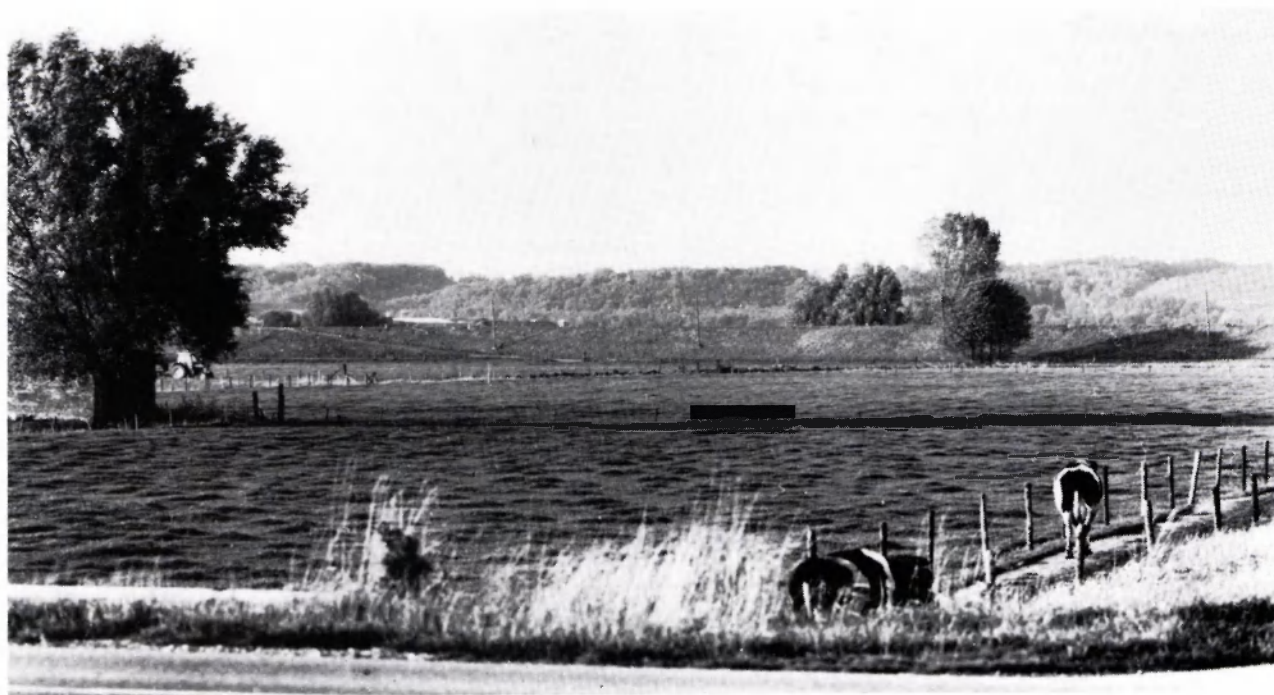


Foto Stiboka: R43 - 222

Afb. 9 Landschap, bestaande uit "jonge" gronden van eenheid Rn95A, gelegen voor de winterdijk van de Neder-Rijn (op de achtergrond de hooggelegen stuwwal van de Veluwe)



Foto Stiboka: R43 - 226

Afb. 10 Landschap, bestaande uit "oudere" gronden van eenheid Rn95A, ten noorden van Elst, waarop zoals dikwijls, boomgaarden zijn aangeplant



Foto Stiboka: R43 - 221

Afb. 11 Een van de grote komgebieden die in het onderzoeksgebied Over-Betuwe worden aangetroffen. Op de achtergrond het pompstation "Fikkersdries"



Foto Stiboka: R43 - 224

Afb. 13 De Linge; van bijzonder belang o.a. voor de waterbeheersing van de lage komgronden



Foto Stiboka nr.: 22608
Afb. 16 Uitgesneden verticale kolom zware komklei met een diameter van dertig cm en daarop aangebracht de ring van de infiltrometer.



Foto Stiboka nr.: 22609
Afb. 17 Meting van de verticale K verz. in een van de ondergrond losgemaakte kolom komklei

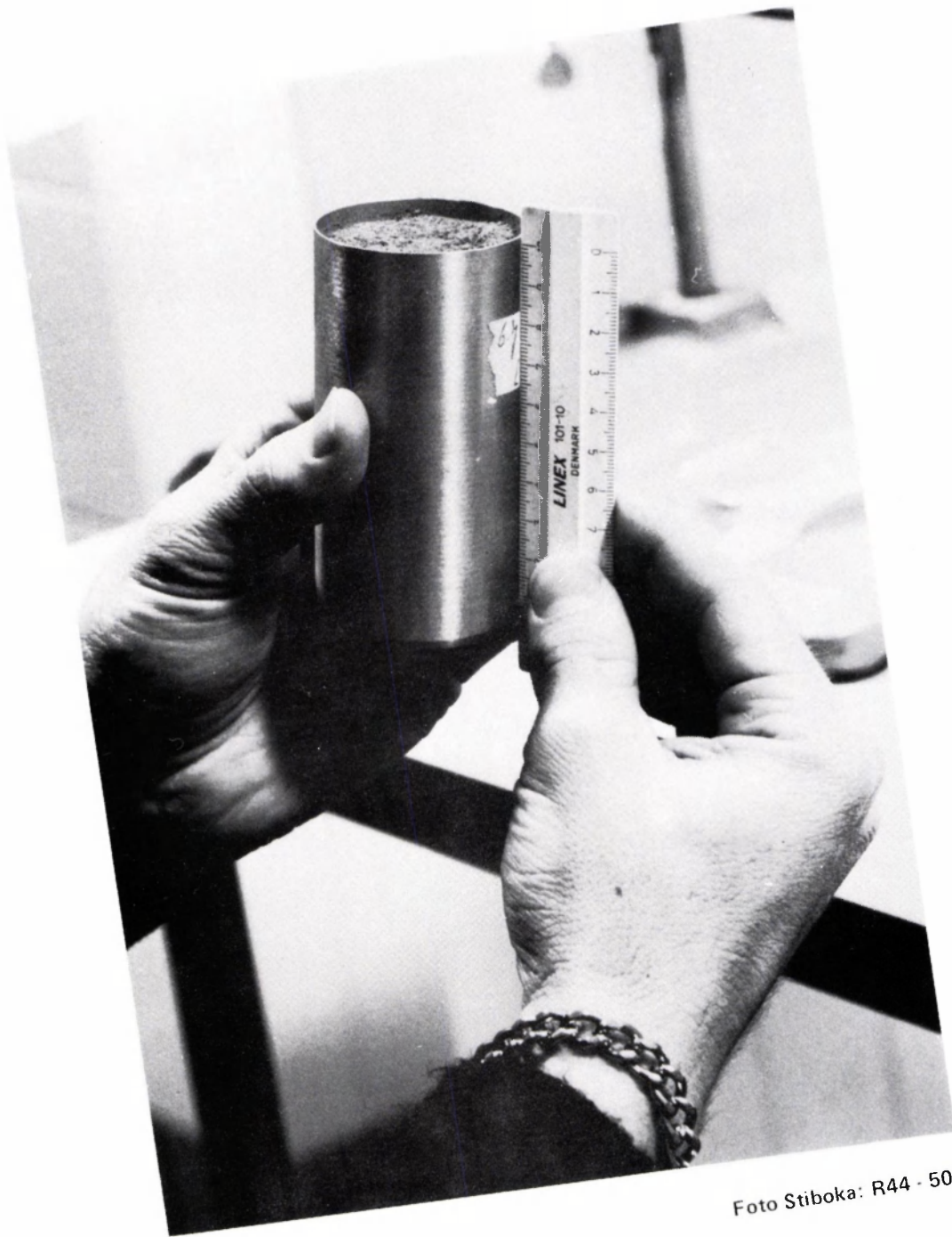


Foto Stiboka: R44 - 50

Afb. 18 Het grondniveau in de cylinder wordt gemeten

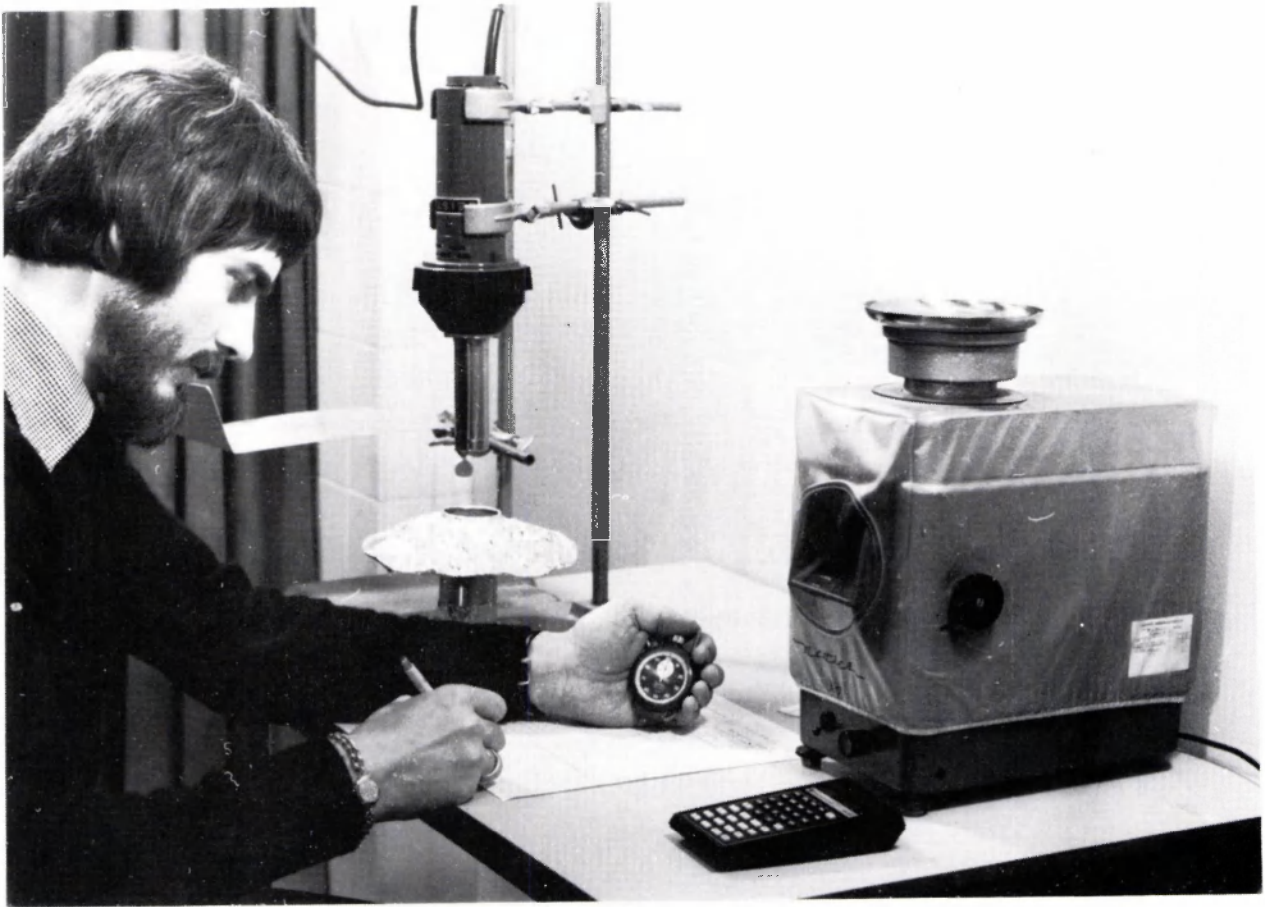


Foto Stiboka: R44 - 51

Afb. 19 Een op een statief geplaatste heteluchtbron, met daaronder de met grond gevulde cylinder



Foto Stiboka: R44 - 52

Afb. 20 Het op gezette tijden wegen van het monster, om het cumulatief gewichtsverlies te berekenen



Foto Stiboka: R44 - 53

Afb. 21 Met een stempel wordt de grond uit de cylinder geduwd en plaksgewijs afgesneden

**BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW**