

NOTA 1374

september 1982

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding  
Wageningen

**ALTERRA**

Wageningen Universiteit & Research centr.  
Omgevingswetenschappen  
Centrum Water & Klimaat  
*Team Integraal Waterbeheer*

BODEMFYSISCH INTERPRETATIE VAN DE

BODEMKUNDIGE GEGEVENS VAN HET

ZUIDELIJK PEELGEBIED

Projectgroep Zuidelijk Peelgebied 10

ing. G.W. Bloemen

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, dus geen officiële publikaties.

Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek nog niet is afgesloten.

Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut in aanmerking

## I N H O U D

	blz.
1. INLEIDING	1
2. TOEGEPASTE REKENMETHODES	2
3. DE BODEMKUNDIGE EENHEDEN IN HET GEBIED	3
4. DE ONDERGROND	5
4.1. Eigenschappen van het moedermateriaal	5
4.2. De invloed van een op grotere diepte veranderende ondergrond	7
5. DE MINERALE GRONDEN	8
5.1. De invloed van het moedermateriaal	8
5.2. De betekenis van bodemvorming	9
6. DE VEENGRONDEN	10
6.1. De betekenis van de veendikte	10
6.2. De invloed van het moedermateriaal	12
6.3. Een vereenvoudigde indeling van veengronden	13
7. DE BODEMFYSISCH E EENHEDEN	14
7.1. Samenvatting van de $V_m$ -W relaties	14
7.2. Berekening van gemiddelde $V_m$ -W relaties	15
7.3. De constanten voor de berekening van de capillaire doorlatendheid van de bodemfysische eenheden	19
7.4. De verbreiding van de bodemfysische eenheden	21
7.5. De vochtgehalten bij verschillende vochtspanningen in de bodemfysische eenheden	21
8. SLOTOPMERKINGEN	24

**ALTERRA**  
Wageningen Universiteit & Research centre  
Omgevingswetenschappen  
Centrum Water & Klimaat  
Team Integraal Waterbeheer

## 1. INLEIDING

De bedoeling van bodemfysische interpretatie van bodemkundige gegevens is het toegankelijk maken van deze gegevens voor modelberekeningen. Hiermee wordt de gewasgroei in verband met de waterhuishouding van de grond gesimuleerd.

De bodemfysische interpretatie leidt tot een indeling in bodemfysische eenheden, die aangeven waar vergelijkbare voorwaarden voor capillaire vochtstroming bestaan. Deze voorwaarden komen tot uiting in de relaties tussen de grootte van de capillaire fluxen, die bij gegeven vochtspanning de bovengrond bereiken en de grondwaterdiepte. Deze relaties zijn afhankelijk van de k-h functies van opeenvolgende lagen in de bodemfysische eenheden. Deze moeten dan ook in het model worden ingevoerd.

De bodemfysische indeling komt tot stand door van alle bodemkundige eenheden, die in het betreffende gebied zijn te onderscheiden, de relatie tussen de maximale capillaire flux, die de bovengrond kan bereiken en de grondwaterdiepte vast te stellen. Vergelijkbare relaties leveren bodemfysische eenheden op. Welke eisen aan deze vergelijkbaarheid worden gesteld, hangt ervan af in hoeverre men de bodemkundige variatie wil vereenvoudigen.

Bodemfysische eenheden hebben in beginsel geen bodemkundige identiteit meer. Weliswaar is het heel goed mogelijk dat een bodemfysische eenheid wordt gevormd door één enkele bodemkundige eenheid, maar daar staat tegenover dat sterk verschillende bodemkundige eenheden vergelijkbare voorwaarde voor capillaire stroming hebben. De bodemfysische eenheid wordt dan ook alleen gedefinieerd door een opeenvolging van bodemlagen met de daarvoor geldende k-h functies. Tevens worden  $\theta$ -h functies van deze lagen verschaft. In deze nota wordt de bodemfysische

interpretatie van de bodemkundige gegevens van het Zuidelijk Peelgebied behandeld. Het is een onderdeel van de regionale projectstudie naar het beheer van grond- en oppervlaktewater.

## 2. TOEGEPASTE REKENMETHODES

De relaties tussen de maximale capillaire flux  $v_m$ , die de bovengrond kan bereiken en de grondwaterdiepte  $W$  worden voor alle bodemkundige eenheden bepaald met behulp van het computerprogramma CRISP, dat uitvoerig is beschreven door Bloemen (1980b). Met dit programma wordt de stijghoogte berekend van capillaire fluxen in gelaagde bodemprofielen bij gegeven grondwaterdiepten. Daarbij worden de constanten voor de berekening van de  $k$ - $h$  relaties van de opeenvolgende bodemlagen ingevoerd. Voor deze berekening wordt uitgegaan van de door Brooks en Corey (1964) afgeleide formule, die door Bloemen (1980a) werd gemodificeerd om het effect van hysteresis op de  $k$ - $h$  relatie te verantwoorden. De gemodificeerde formule is:

$$k = 0,5 k_s \left( \frac{h_a}{r \cdot h} \right)^{n_s} \quad h < h_a \quad (1)$$

$$\text{waarin: } n_s = \log_{10} \left[ 2 \left( \frac{h_a}{h_0} \right)^{n_d} \right] / \log_{10} \left( \frac{h_a}{r \cdot h_0} \right) \quad (2)$$

Hierin is  $k_s$  de verzadigde doorlatendheid. Deze blijft geldig totdat de vochtspanning de waarde  $h_a$  bereikt, waarbij tijdens uitdroging vanuit verzadiging de wijdeste doorlopende poriën hun water verliezen. De snelheid waarmee  $k$  vanaf  $k_s$  afneemt, als  $h$  vanaf  $h_a$  toeneemt, is  $n_d$ . De factor  $r$  herleidt  $h_a$  tot de waarde waarbij na herbevochtiging van droge grond onvolledige verzadiging en een maximale doorlatendheid van  $0,5 k_s$  is bereikt. Bij de vochtspanning  $h_0$  is de waarde van  $k$  verwaarloosbaar klein.

De waarden van  $k_s$ ,  $h_a$  en  $n_d$  worden berekend op grond van hun empirische relaties met de textuureigenschappen en het humusgehalte van minerale bodemlagen (BLOEMEN, 1980a) en met de dichtheid van veenlagen (BLOEMEN, 1981). Voor de waarden van de factor  $r$  worden die van Kuntze (1966) gebruikt. Deze zijn 4,5 voor zand, 3,1 voor laagveen, 1,9 en 3,4 voor hoogveen met een dichtheid van respectievelijk  $< 0,1 \text{ g.cm}^{-3}$  en  $> 0,1 \text{ g.cm}^{-3}$ . De waarde van  $h_o$  is geschat op  $10^3 \text{ cm}$  voor grof zand,  $10^4$  voor fijn en middel fijn zand en  $10^5$  voor veen. In de volgende beschouwingen zal nog slechts worden gesproken over de constanten  $0,5 k_s$ ,  $\frac{h_a}{r}$  en  $n_s$  in vergelijking (1).

De  $\check{v}_m$ -W relaties, die met behulp van het programma CRISP worden bepaald, hebben alleen theoretische betekenis omdat ze berusten op de veronderstelling dat bij iedere grondwaterdiepte de vochtspanningsgradiënt in de grond optreedt, die nodig is voor maximale capillaire flux. Gegevens over de werkelijke ontwikkeling van de vochtspanningsgradiënt bij dalende grondwaterstanden ontbreken echter. De berekening is dan ook uitsluitend bedoeld om een vergelijking tussen de capillaire eigenschappen van de verschillende bodemkundige eenheden te kunnen maken.

### 3. DE BODEMKUNDIGE EENHEDEN IN HET GEBIED

Met bodemkundige eenheden worden hiermee bedoeld de combinaties van bodemtype en moedermateriaal tot op een diepte waarin men bij de modelberekeningen geïnteresseerd is. In het onderhavige geval is dit maximaal 300 cm onder maaiveld.

Informatie over bodemtype en moedermateriaal is beschikbaar op de kaartbladen en in de bijbehorende toelichtingen van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50 000, en van de Geologische kaart van Nederland, schaal 1:50 000. Het betreffende gebied ligt verdeeld over de kaartbladen 51 O, 52 W, 57 O en 58 W.

Bodemkundige eenheden ontstaan door onderscheidingen op drie niveau's:

- a. de bodemtypen, die in het gebied voorkomen en die varieëren van duinvaaggronden tot beekerdgronden. Verder komt een aanzienlijk oppervlakte van veengronden afgeleide bodemtypen voor

- b. het moedermateriaal waarin de bodemtypen ontstaan zijn of waarop veenvorming heeft plaats gehad. Dit is sterk verschillend en varieert van de grofzandige Veghelafzettingen tot Brabantse leem;
- c. de ondergrond, die op een diepte van hoogstens 2 meter kan veranderen als het moedermateriaal waarin de bodemtypen zijn ontstaan, dekzand is. Deze diepere ondergrond kan bestaan uit grofzandige Veghelafzettingen, fluvio-periglaciaal fijn zand, Brabantse leem, klei van Liessel of humeus fijn zand en leem uit de formatie van Asten.

In tabel 1 is een overzicht gegeven van de combinaties van bodemtype, moedermateriaal en ondergrond, die in het gebied voorkomen. Hieruit volgt dat er minimaal + 50 bodemkundige eenheden voorkomen. Van een aantal hiervan is het oppervlakte echter onbetekenend.

Tabel 1. Overzicht van de in het gebied voorkomende combinaties van bodemtype en moedermateriaal. Het dekzand kan binnen 2 m onder maaiveld overgaan in een andere ondergrond

Nr	Bodemtypen (zie toelichting op Bodemkaarten)		Ondergrond (zie figuur 1)				
	code	omschrijving	stuif		fluviope-	dekzand	
			Zand	Veghel	riglaciaal	Zwak lemig	sterk lemig
1	aVs	Madeveengronden op veenmosveen	<i>c</i>	<i>e</i>	<i>d</i> x	<i>a</i> x	<i>b</i>
2	zVs	Meerveengronden op veenmosveen			x	x	
3	Vs	Vlierveengronden op veenmosveen			x	x	
4	Vz	Vlierveengr., op zand (< 120 cm), zonder podzol			x		x
5	zVz	Meerveengr., op zand (< 120 cm), zonder podzol			x		x
6	aVp	Madeveengr., op zand (< 120 cm), met podzol			x	x	
7	zVp	Meerveengr., op zand (< 120 cm), met podzol			x	x	
8	Vp	Vlierveengr., op zand (< 120 cm), met podzol		<del>W</del>	x	x	
9	zWz	Moerige eerdgr., zanddek, moerige tussenlaag		x		x	
10	zWp	Moerige podzolgr., zanddek, moerige tussenlaag			x	x	x)
11	vWp	Moerige podzolgr. met moerige bovengrond		x	x	x	x)
12	vWz	Moerige eerdgr. met moerige bovengrond			x	x	
13	Hn	Veldpodzolgrond		X	x	(x)	[x]
14	chN	Laarpodzolgrond				x	
15	hd	Haarpodzolgrond	x		x	(x)	
16	EZg	Lage enkeerdgrond	X	[x]	x	x	x
17	zEZ	Hoge enkeerdgrond	x	[x]		x	x
18	pZg	Beekeerdgrond			x	x	x
19	pZn	Gooreerdgrond		x	x	(x)	[x]
20	Zd	Duinvaaggrond	x				
21	Zn	Vlakvaaggrond				x	x
22	Ln	Poldervaaggrond					x

x) alleen in samengestelde kaarteenheden

1 = 0  
2 = □  
3 = ◇

#### 4. DE ONDERGROND

##### 4.1. E i g e n s c h a p p e n v a n h e t m o e d e r m a t e - r i a a l

In figuur 1 zijn de sommatiecurven voor de korrelgrootteverdeling gegeven van de verschillende soorten moedermateriaal, die in het gebied worden onderscheiden. De gegevens zijn afkomstig uit de Toelichting op de Geologische Kaart 1:50 000, kaartblad 52W, en voor zover het de dekzanden betreft, uit het archief van de Stichting voor Bodemkartering.

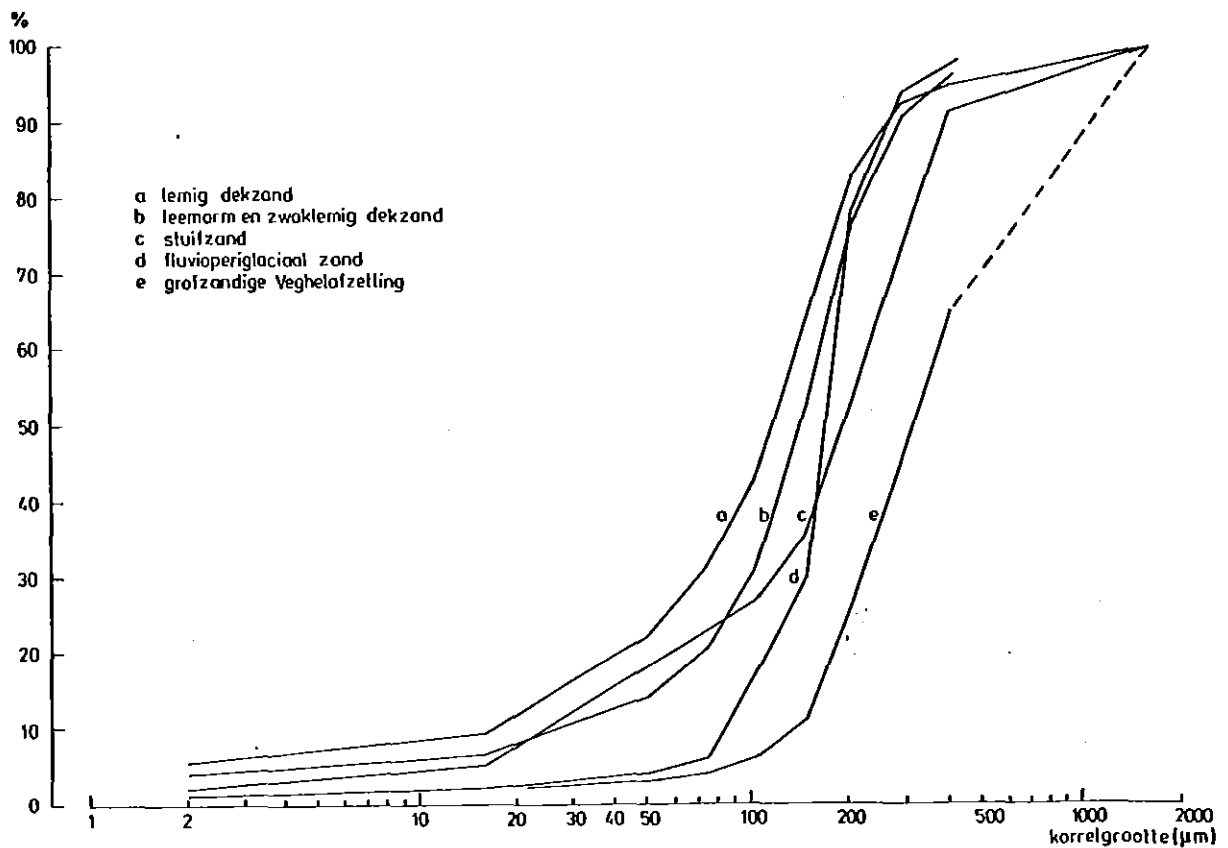


Fig. 1. De sommatiecurven voor de korrelgrootteverdeling van de verschillende soorten moedermateriaal in het Zuidelijk Peelgebied

Het blijkt dat de grofzandige Veghelafzettingen het hoogste mediaancijfer hebben, maar dat het stuifzand de eenzijdigste korrelgrootteverdeling heeft. Stuifzand heeft daardoor de slechtste capillaire

eigenschappen. Dit blijkt in figuur 2. Hierin is de stijghoogte van een capillaire flux van  $2 \text{ mm.d}^{-1}$  in een homogeen pakket van de verschillende moedermaterialen weergegeven als functie van de vochtspanning.

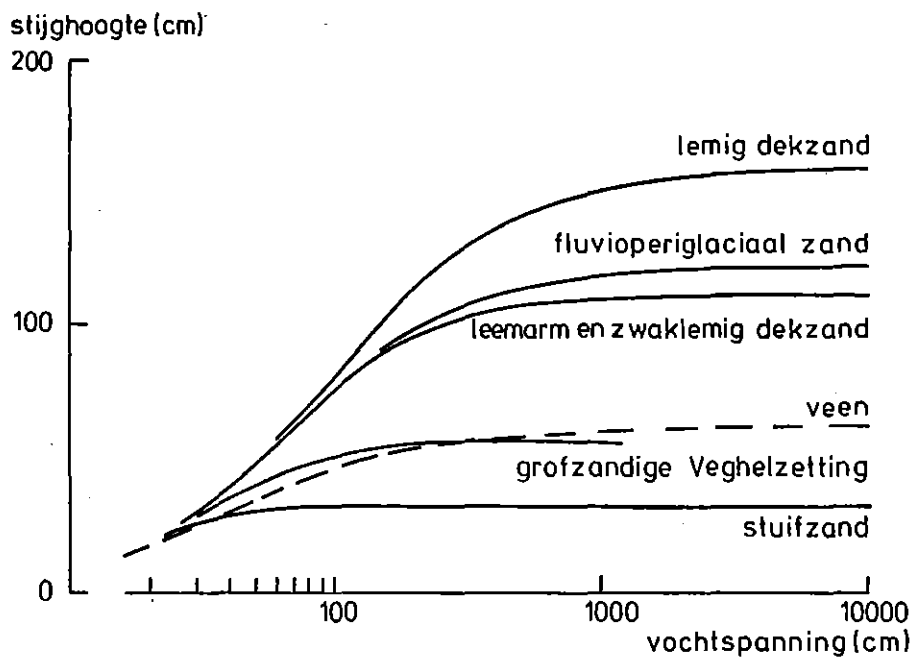


Fig. 2. De stijghoogten van een capillaire flux van  $2 \text{ mm.d}^{-1}$  in een homogeen pakket van de verschillende soorten moedermateriaal in figuur 1 als functie van de vochtspanning

In figuur 2 is ook de stijghoogte-curve voor een capillaire flux van  $2 \text{ mm.d}^{-1}$  in een veenpakket van een voor het gebied gemiddelde dichtheid weergegeven. In de beschikbare bronnen ontbreekt informatie over de dichtheid van het veen, die bepalend is voor de capillaire eigenschappen ervan (BLOEMEN, 1981). Door bemonstering werd vastgesteld dat de gemiddelde dichtheid  $0,14 \text{ gr.cm}^{-3}$  bedraagt. In verband met het toch al grote aantal bodemkundige onderscheidingen in het gebied werd met een gemiddelde waarde volstaan. Bovendien zijn de puntsgewijs voorkomende verticale variaties in veendichtheid groter dan de horizontale verschillen in gemiddelde dichtheid.



#### 4.2. De invloed van een op grotere diepte veranderende ondergrond

Ondanks de grote verschillen tussen de verschillende moedermaterialen is het de vraag of het van relevant belang is voor de capillaire eigenschappen van een bodemkundige eenheid, als op + 2 meter diepte het dekzand overgaat in een andere ondergrond. In deze gevallen kan er tot bij een grondwaterdiepte van + 2 meter per definitie geen verschil in  $v_m$  zijn. In figuur 3 is aangetoond dat bij diepere grondwaterstanden deze verschillen gering zijn.

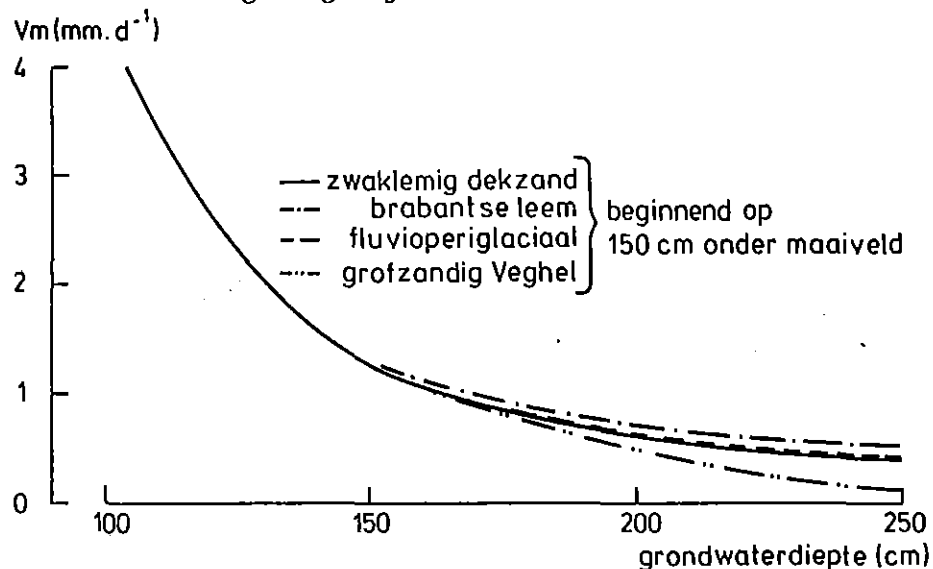


Fig. 3. De samenhang tussen de maximale capillaire flux  $v_m$ , die het maaiveld kan bereiken en de grondwaterdiepte  $W$  voor een veldpodzolgrond in zwak lemig dekzand met afwijkende ondergrond op 150 cm onder maaiveld

De  $v_m$ - $W$  relatie is weergegeven voor de in het gebied meest algemene combinatie van bodemtype en moedermateriaal namelijk veldpodzol in zwak lemig dekzand. Onderscheid is gemaakt tussen een afwijkende ondergrond, die begint op 150 cm onder maaiveld. Het blijkt dat de verschillen in  $v_m$  ook bij diepere grondwaterstanden gering blijven. Gezien tegen de achtergrond van het feit dat het grote aantal combinaties in tabel 1 vereenvoudiging van het kaartbeeld noodzakelijk zal maken is bij de verdere beschouwing geen rekening meer gehouden met van het moedermateriaal afwijkende ondergrond. Bovendien betreft het relatief geringe oppervlakten.

## 5. DE MINERALE GRONDEN

### 5.1. De invloed van het moedermateriaal

Bodemvorming heeft bovenin het pakket moedermateriaal plaats gevonden en alleen daar de voorwaarden voor capillaire stroming veranderd. Daarom zal de aard van het moedermateriaal van grote invloed zijn op de capillaire eigenschappen van de bodemkundige eenheden. Dit blijkt duidelijk in figuur 4. Hierin zijn de  $v_m$ -W relaties weergegeven voor veldpodzolgronden in verschillend moedermateriaal. De onderlinge verhoudingen hangen begrijpelijkerwijs nauw samen met die in figuur 2.

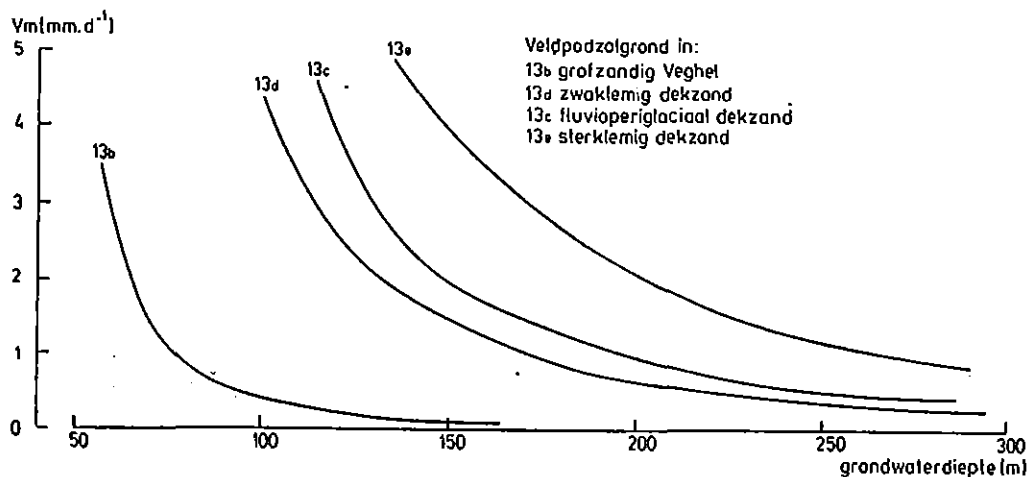


Fig. 4. De  $v_m$ -W relaties voor veldpodzolgronden in verschillend moedermateriaal

Naarmate de bodemvorming ingrijpender is geweest neemt de invloed van het moedermateriaal wel af maar blijft groot. Dit blijkt in figuur 5. Hierin zijn de  $v_m$ -W relaties weergegeven voor hoge zwarte enk eerdgronden met verschillend moedermateriaal. Dit bodemtype is dieper en humeuzer ontwikkeld dan het veldpodzol. De verschillen tussen de  $v_m$ -W relaties voor verschillend moedermateriaal zijn bij de enk eerdgronden dan ook beduidend kleiner dan bij de veldpodzolgronden.

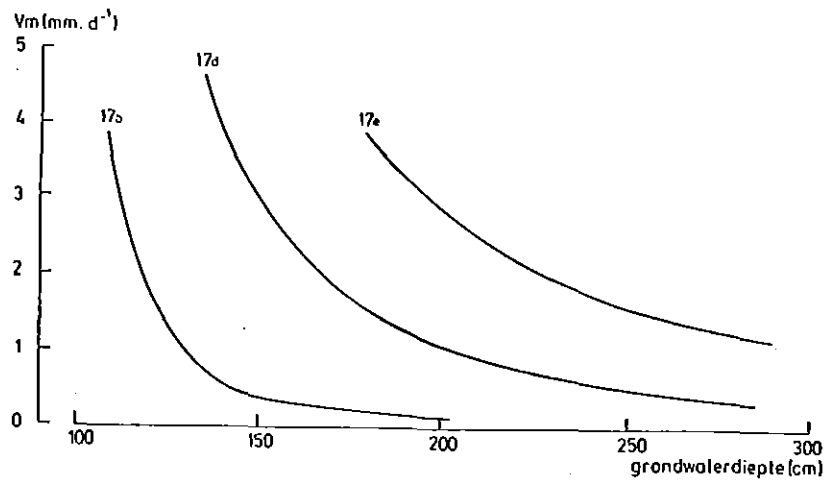


Fig. 5. De  $v_m$ - $W$  relaties voor hoge zwarte enk eerdgronden in verschillend moedermateriaal

### 5.2. De betekenis van bodemvorming

Dat bodemvorming als zodanig niet van dezelfde betekenis is voor de capillaire eigenschappen van een bodemkundige eenheid als het moedermateriaal volgt uit figuur 6.

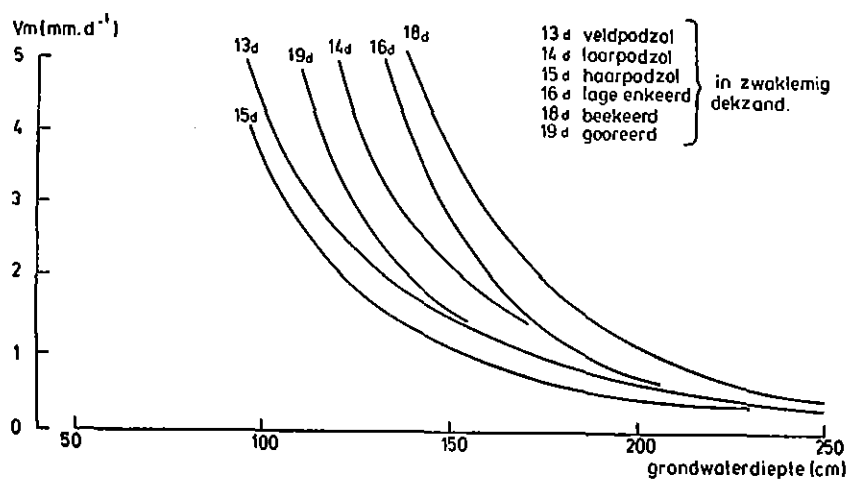


Fig. 6. De  $v_m$ - $W$  relaties voor verschillende bodemtypen in zwak lemig dekzand

Hierin zijn de  $v_m$ - $W$  relaties weergegeven voor verschillende bodemtypen in hetzelfde moedermateriaal. Als voorbeeld is het meest algemene moedermateriaal genomen namelijk het zwak lemig dekzand. De curves in figuur 6 liggen dicht bij elkaar dan in figuur 4. De voorwaarden voor capillaire stroming zijn minder afhankelijk van het bodemtype dan van het moedermateriaal. Dat dit sterker geldt naarmate het moedermateriaal zelf betere capillaire eigenschappen heeft valt af te leiden uit figuur 7. De verschillen tussen de  $v_m$ - $W$  relaties voor verschillende bodemtypen zijn in sterk lemig dekzand kleiner dan in zwak lemig dekzand. Uit figuur 2 bleek dat het eerste betere capillaire eigenschappen heeft dan het tweede.

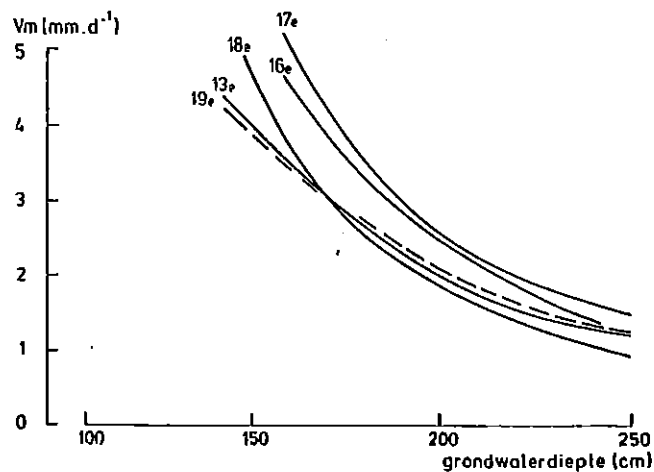


Fig. 7. De  $v_m$ - $W$  relaties voor verschillende bodemtypen in sterk lemig dekzand

## 6. DE VEENGRONDEN

### 6.1. De betekenis van de veendikte

Bodemvorming heeft niet alleen in maar ook op het moedermateriaal plaats gevonden namelijk door veengroei. Het veen met een gemiddelde dichtheid van  $\pm 0,14 \text{ g.cm}^{-3}$  heeft slechte capillaire eigenschappen,

zoals bleek in paragraaf 4. De capillaire eigenschappen van bodemkundige eenheden met veenlagen zullen dan ook sterk van de dikte hiervan afhankelijk zijn. In de bodemtypen 1 tot en met 12 in tabel 1 zijn op dit punt 4 groepen te onderscheiden namelijk:

1. veengronden met een zandondergrond op dieper dan 120 cm onder maaiveld (code Vs). De veendikte is gesteld op gemiddeld 130 cm;
2. veengronden met een zandondergrond op minder dan 120 cm onder maaiveld (code Vp en Vz). De veendikte is gemiddeld 55 cm. De diepte van de zandondergrond is gemiddeld 90 cm. Tussen veenlaag en zandondergrond komt meestal een grindlaag voor, evenals in de eerste groep;
3. moerige gronden met een veenlaag van gemiddeld 25 cm (code zW). De zandondergrond begint op 50-55 cm onder maaiveld;
4. moerige gronden zonder afzonderlijk te onderscheiden veenlaag (code vW). Deze gronden vormen de overgang naar de zandgronden.

In figuur 8 zijn voor deze vier groepen de  $v_m$ -W relaties weergegeven, geldig voor als het moedermateriaal zwak lemig dekzand is. De invloed van de veendikte is duidelijk.

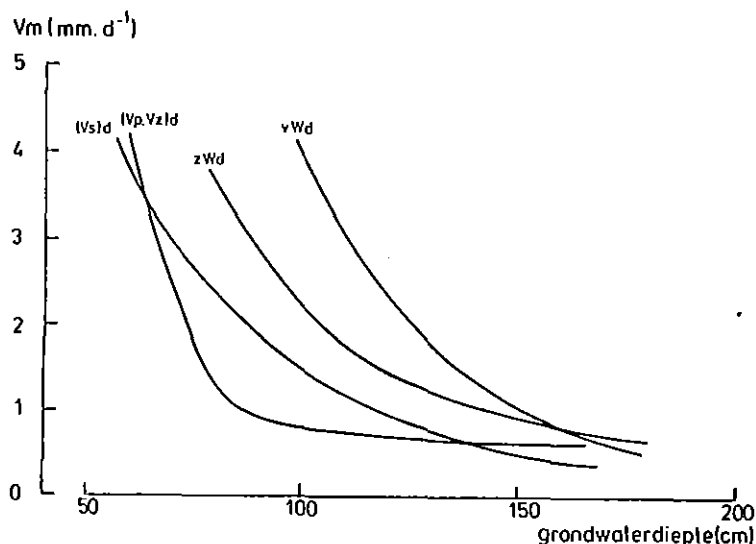


Fig. 8. De  $v_m$ -W relaties voor vier hoofdgroepen van de veengronden, in zwak lemig dekzand

De ongunstige invloed van de gliedelaag is groter als deze regelmatig boven het grondwater is. Daarom komt groep 2 ongunstiger uit dan groep 1.

De aanwezigheid en de aard van een zanddek op het veen is voor de capillaire eigenschappen van de betreffende eenheden van ondergeschikt belang.

## 6.2. De invloed van het moedermateriaal

De aard van het moedermateriaal zal voor veengronden alleen van belang zijn als de dikte van de veenlaag niet zo groot is dat deze een overheersende invloed op de capillaire eigenschappen gaat uitoefenen. In figuur 9 blijkt dat bij moerige gronden hier nog geen sprake van is en dat het moedermateriaal een vergelijkbare hoewel minder grote invloed heeft als bijvoorbeeld bij veldpodzolgronden (zie figuur 4). In moerige gronden met een veenlaag is deze invloed nog verder afgenomen en bij de veengronden met een veenlaag van gemiddeld 55 cm is het alleen nog van praktische betekenis of ze op de grofzandige Veghelafzettingen of op ander moedermateriaal zijn ontstaan. Het eerste komt echter niet voor.

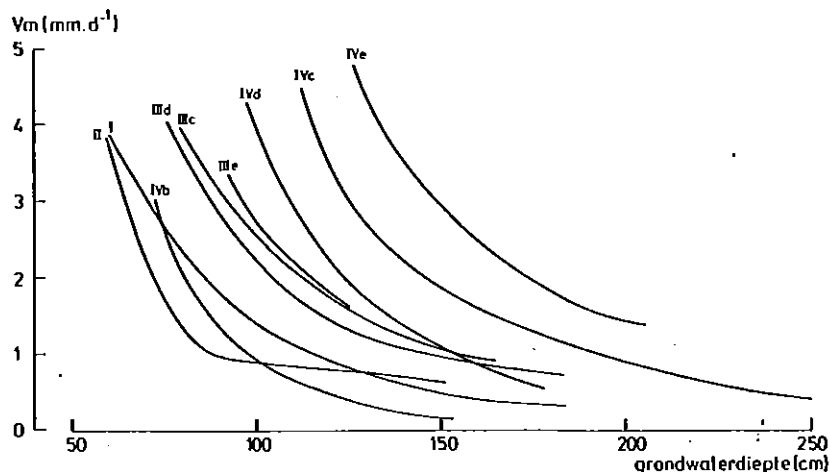


Fig. 9. De  $v_m$ -W relaties voor moerige en veengronden in verschillend moedermateriaal, voor zover dit van betekenis is

In veengronden met een zandondergrond op dieper dan 120 cm onder maaiveld is de aard van het moedermateriaal van geen enkele betekenis meer. Dit is begrijpelijk bij overweging van de konsekwenties van het in figuur 3 getoonde verschijnsel, namelijk dat verandering van de grond op grotere diepte geen betekenisvolle gevolgen heeft voor de capillaire eigenschappen van de bodemkundige eenheid.

### 6.3. Een vereenvoudigde indeling van veengronden

Vooruitlopend op de in paragraaf 7 aan de orde komende indeling in bodemfysische eenheden is er voldoende reden om de indeling van veengronden volgens de Bodemkaart van Nederland te vereenvoudigen. Het bleek immers dat de veensoort geen relevante informatie geeft over de dichtheid van het veen. Verder is de aard van de dunne bovengrond voor de capillaire eigenschappen van de veengrond van geen betekenis en hetzelfde geldt in afhankelijkheid van de veendikte, voor de aard van het moedermateriaal. Waar hierin geen onderscheid nodig is wordt aangenomen dat het meest algemene moedermateriaal, namelijk zwak lemig dekzand, voorkomt. In tabel 2 is de vereenvoudigde indeling van veengrond weergegeven. In figuur 9 zijn de bijbehorende  $v_m$ -W relaties verzameld.

Tabel 2. Overzicht van combinaties van veendikte en moedermateriaal met verschillende capillaire eigenschappen

Nr.	Code	Veghel	Fluvio- periglaciaal	Dekzand	
				zwak lemig	sterk lemig
	<i>c</i>	<i>e</i>	<i>d</i>	<i>a</i>	<i>b</i>
I	Vs			x	
II	Vp Vz			<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">x</span>	
III	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">zW</span>		<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">x</span>	x	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">◇</span>
IV	vW	x	x	x	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">◇</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">x</span>

◇ = 2

◇ = 3

## 7. DE BODEMFYSISCH E EENHEDEN

### 7.1. Samenvatting van de $v_m - W$ relaties

In figuur 10 zijn voor de meeste bodemkundige eenheden, die in het Zuidelijk Peelgebied voorkomen, de  $v_m - W$  relaties weergegeven. Ter wille van de duidelijkheid zijn er een paar weggelaten. De aanduidingen van de lijnen komen overeen met de nummering in de tabellen 1 en 2.

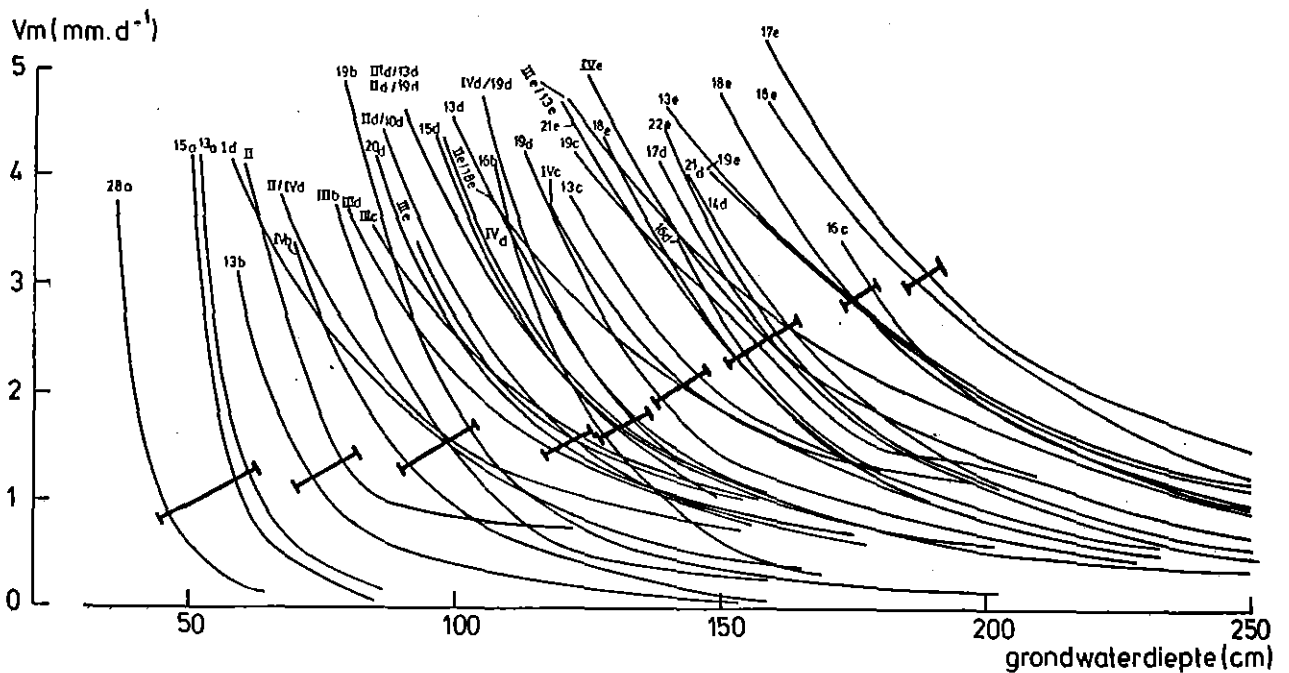


Fig. 10. De  $v_m - W$  relaties van de meeste bodemkundige eenheden, die in het Zuidelijk Peelgebied voorkomen. De lijnaanduiding stemt overeen met de nummering in de tabellen 1 en 2

De verscheidenheid in figuur 10 is opvallend groot maar valt geheel te verwachten op grond van de grote bodemkundige verschillen in het gebied. Het ene uiterste is de slecht ontwikkelde profielen in het stuifzand, het andere is de sterk door de mens beïnvloede profielen van de enkeerdgronden, ontstaan op sterk lemig dekzand. Alle andere bodemkundige eenheden liggen tussen deze uitersten en de rangschikking is objectief vastgesteld zoals in par. 2 is beschreven.



Op de bodemkaarten komen kaartvlakken voor waarvan de inhoud is omschreven met twee enkelvoudige kaarteenheden omdat de afzonderlijke eenheden niet meer zijn weer te geven. Voor deze samengestelde kaart-eenheden zijn gemiddelde  $v_m$ -W relaties berekend, waarvan er enige in figuur 10 zijn weergegeven. Hierbij is ervan uitgegaan dat in de betreffende kaartvlakken de opwaartse capillaire flux een parallelstroming is door twee media met een oppervlakte verhouding van 1:1. In paragraaf 7.2. wordt verder op deze berekening ingegaan.

In figuur 10 is ook aangegeven hoe op grond van de  $v_m$ -W relaties de bodemkundige eenheden zijn samengevat tot 9 bodemfysische eenheden. In tabel 3 is genoteerd tot welke bodemfysische eenheden de onderscheidingen in tabel 1 en 2 behoren.

Tabel 3. De indeling van de bodemkundige eenheden in tabellen 1 en 2 in 9 bodemfysische eenheden

Nr	Onderscheidingen in tabellen 1 en 2
1	13a, 15a, 20a
2	13b, (II)
3	(I), IIIb, IVb, 19b
4	IIIc, d, e, II/19d, 20b
5	13d, 15d, 16b, 18d, IIIId/13d, IVd, IVd/19d
6	13c, k18d, 19d, IVc
7	14d, 16d, 17d, 19c, 21d, IVe, IIIe/13e
8	13e, 16c, 18e, 19e
9	16e, 17e

## 7.2. Berekening van gemiddelde $V_m$ -W relaties

Voor de bodemfysische eenheden in tabel 3 zijn de constanten in vergelijking (1) berekend, waarmee het rekenkundige gemiddelde van de  $v_m$ -W relaties van de afzonderlijke bodemkundige eenheden kan worden berekend, terwijl voor de samengestelde kaarteenheden de constanten

voor een "bodempysisch" gemiddelde werden berekend. De reden voor dit verschil is dat over de oppervlakteverhoudingen tussen de bodemkundige eenheden in een bodempysische eenheid niets bekend is, terwijl het ook geen aaneengesloten of gezamenlijke oppervlakten betreft.

Een voorbeeld kan beide berekeningen verduidelijken. Hiervoor is de samengestelde kaarteenheden IID/19d geschikt omdat de afzonderlijke eenheden nogal sterk verschillen. In tabel 4 is de opbouw van de bodemkundige eenheden IID en 19d weergegeven met voor de afzonderlijke lagen de constanten voor de berekening van de capillaire doorlatendheden met vergelijking (1).

Tabel 4. Overzicht van de opbouw van de bodemkundige eenheden IID en 19d met de constanten in vergelijking (1)

IID					19d				
Diepte	Aard	0,5 kg cm.d <sup>-1</sup>	$\frac{h}{r}$ cm	$n_s$	Diepte	Aard	0,5 kg cm.d <sup>-1</sup>	$\frac{h}{r}$ cm	$n_s$
0- 20 cm	humus zanddek	169	4,5	1,78	0- 25 cm	humusrijke zandbovengr.	169	4,5	1,69
20- 80 cm	veen	0,48	23	1,87	25- 45 cm	humusarm zwak lemig dekzand	169	4,5	2,20
80- 90 cm	smeerlaag	0,05	58	1,47	45-150 cm	uiterst humusarm zwak lemig dekzand	160	4,5	2,42
90-110 cm	matig humusarme overgangslaag	169	4,5	2,04	> 150 cm	zwak lemig dekzand	169	4,5	2,58
> 110 cm	uiterst humusarm zwak lemig dekzand	169	4,5	2,42					

Nu wordt eerst een gemiddelde voor de profielopbouw berekend. Uitgegaan wordt van de laagdiktes 0-20 cm, 20-25 cm, 25-45 cm, 45-80 cm, 80-90 cm, 90-110 cm, 110-150 cm en > 150 cm.

Voor de afzonderlijke lagen worden nu gemiddelde waarden voor de constanten in vergelijking (1) berekend. In figuur 11 is als voorbeeld de laag 80-90 cm in de samengestelde eenheid IID/19d genomen. De sterk verschillende k-h relaties voor de smeerlaag in IID en voor het uiterst humusarme zwaklemige dekzand in 19d zijn weergegeven. Voor de berekening van het bodempysische gemiddelde van  $V_m$ -W relaties worden de absolute k(h) waarden volgens de afzonderlijke k-h relaties gemiddeld; voor het rekenkundig gemiddelde worden de log k(h) waarden gemiddeld.

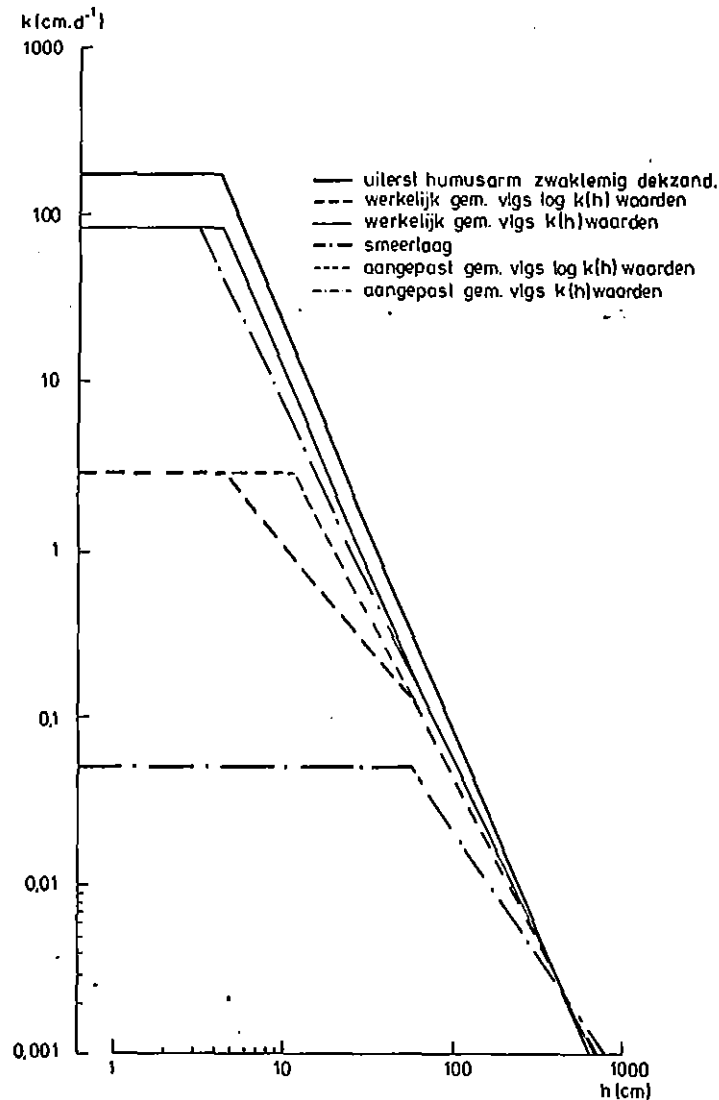


Fig. 11. De afzonderlijke k-h relaties van een smeerlaag en van uiterst humusarm zwaklemig dekzand en de gemiddelden volgens k(h) waarden en volgens log k(h) waarden

In beide gevallen kan de gemiddelde k-h relatie niet met 3 constanten worden beschreven en deze past daarom niet in het programma CRISP dat, zoals bleek in paragraaf 2, de basis voor de constructie van de  $v_m$ -W relaties vormt. Daarom zijn de gemiddelde k-h relaties aangepast door rechtlijnig te extrapoleren vanuit het traject voorbij de hoogste van de twee oorspronkelijke ha/r-waarden. De waarden van ha/r van de gemiddelde k-h relaties zijn dienovereenkomstig aangepast. In het traject tussen de ha/r waarden van de oorspronkelijke k-h relaties valt

$k(h)$  nu te laag uit voor het bodemfysisch gemiddelde en te hoog voor het rekenkundig gemiddelde.

De konsekwentie van het voorgaande voor de berekende gemiddelde  $V_m$ - $W$  relaties zal zijn dat het bodemfysisch gemiddelde wat te laag uit zal vallen en het rekenkundig gemiddelde wat te hoog. In de praktijk zal dit wel meevallen omdat de verschillen klein zijn en over een meestal zeer beperkt traject van  $h$  optreden.

Nadat van de afzonderlijke bodemlagen van het samengestelde kaart-eenheid de gemiddelde  $k$ - $h$  relaties op de beschreven wijze zijn berekend zijn de bodemfysische en de rekenkundig gemiddelde  $v_m$ - $W$  relaties berekend. In figuur 12 zijn deze weergegeven evenals de  $v_m$ - $W$  relaties van de kaarteenheden II d en 19 d. Zoals te verwachten is valt het bo-

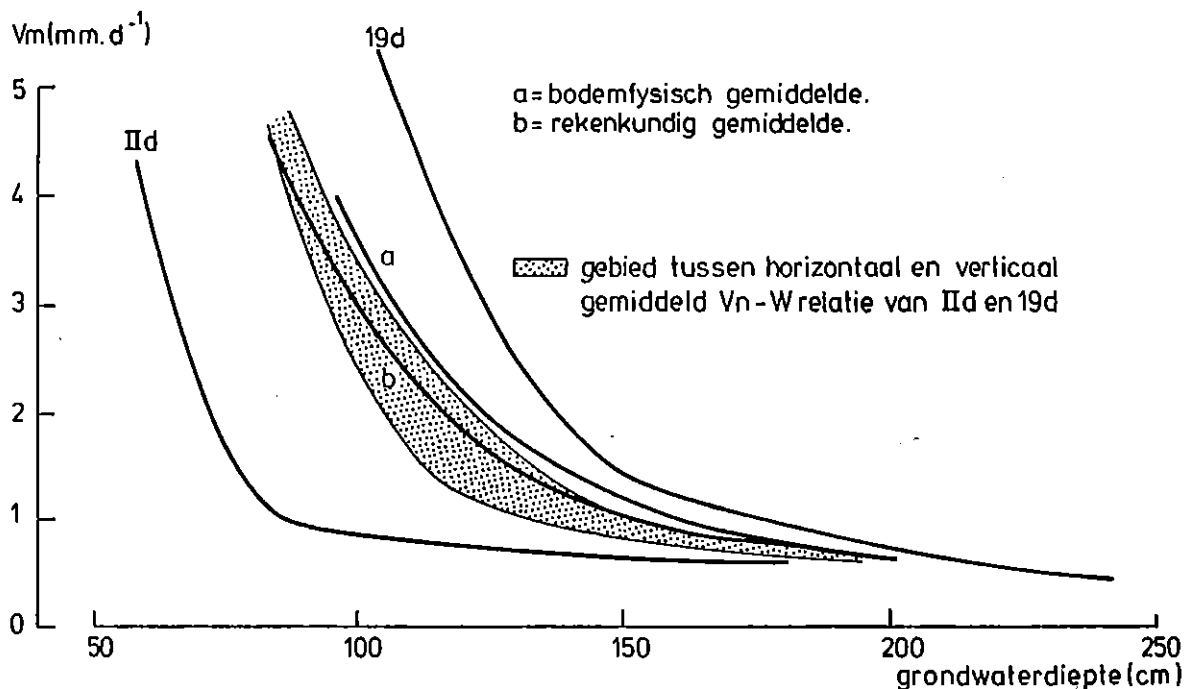


Fig. 12. De  $v_m$ - $W$  relaties van de bodemkundige eenheden II d en 19 d (volgens tabel 1) en het bodemfysisch en rekenkundig gemiddelde daarvan

demfysisch gemiddelde hoger uit dan het rekenkundig gemiddelde. Dit laatste past goed in het gebied dat wordt begrensd door de lijnen, die ontstaan als men tussen de twee afzonderlijke  $V_m$ - $W$  relaties het gemiddelde uitmeet evenwijdig aan de horizontale as of evenwijdig aan de verticale as. Dat op de hierboven beschreven wijze een eenduidige gedefinieerde gemiddelde  $v_m$ - $W$  relatie kan worden berekend is een onmisbaar onderdeel van de bodemfysische interpretatie van bodemkaarten.

### 7.3. D e c o n s t a n t e n v o o r d e b e r e k e n i n g v a n d e c a p i l l a i r e d o o r l a t e n d h e i d v a n d e b o d e m f y s i s c h e e e n h e d e n

De rekenkundig gemiddelde  $v_m$ - $W$  relaties van de negen bodemfysische eenheden in tabel 3 zijn weergegeven in figuur 13. Ze zijn berekend op grond van gemiddelde profielbouw en met gemiddelde waarden voor de constanten in vergelijking (1) die is weergegeven in tabel 5. Bij de

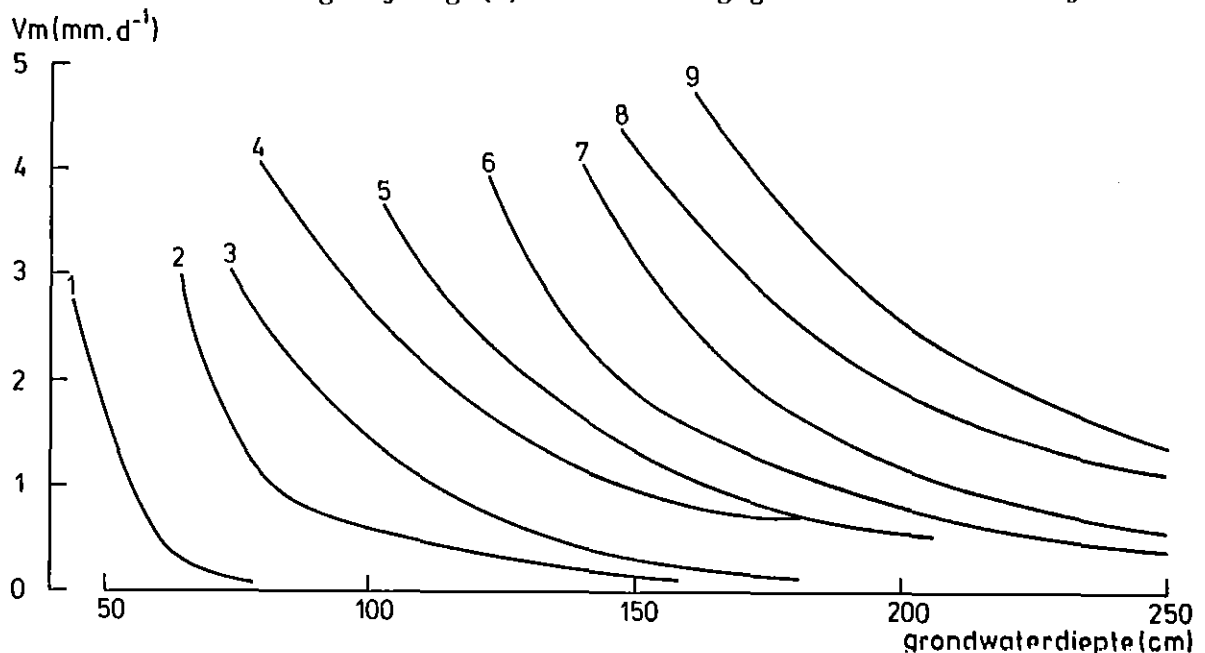


Fig. 13. Gemiddelde  $v_m$ - $W$  relaties van de bodemfysische eenheden ms 1 tot en met 9

berekening werden enige bodemkundige eenheden met een zeer gering oppervlak veronachtzaamd namelijk 19b, 16b en IVe. Bovendien werd enige vereenvoudiging toegepast door opeenvolgende lagen met zeer geringe

Tabel 5. Constanten voor de berekening van de capillaire doorlatend-  
 heid van de lagen in 9 bodemfysische eenheden

Diepte onder maaiveld	$0,5 k_s$ $\text{cm.d}^{-1}$	$\frac{ha}{r}$ cm	$n_s$	Diepte onder maaiveld	$0,5 k_s$ $\text{cm.d}^{-1}$	$\frac{ha}{r}$ cm	$n_s$
nr. 1				nr. 2			
0- 15 cm	125	6,7	3,55	0- 20 cm	330	3,3	1,96
15- 25 cm	125	7,0	3,42	20- 80 cm	17,6	5,8	2,46
25- 35 cm	125	7,0	4,10	80- 90 cm	5,7	7,0	2,26
> 35 cm	125	7,0	5,22	90-110 cm	330	3,2	2,54
				> 110 cm	330	3,2	2,73
nr. 3				nr. 4			
0- 24 cm	264	3,8	1,72	0- 15 cm	169	4,5	1,99
24- 55 cm	5,3	8,9	2,18	15- 28 cm	169	4,5	2,10
55- 70 cm	58,5	4,3	2,57	28- 55 cm	9	9,2	2,15
70-150 cm	58,5	4,2	2,65	> 55 cm	169	4,5	2,42
> 150 cm	412,7	3,0	2,83				
nr. 5				nr. 6			
0- 18 cm	169	4,5	1,78	0- 20 cm	158	3,7	1,66
18- 27 cm	169	4,5	1,73	20- 30 cm	158	3,8	1,84
> 27 cm	169	4,5	2,42	30- 60 cm	231	3,7	2,20
				> 60 cm	231	3,7	2,40
nr. 7				nr. 8			
0- 41 cm	231	3,7	1,77	0- 30 cm	120,3	3,8	1,69
41- 72 cm	231	3,7	2,00	30- 45 cm	120,3	3,9	1,85
> 72 cm	231	3,7	2,34	45- 70 cm	120,3	3,9	1,90
				70- 80 cm	140,4	4,3	1,99
				> 80 cm	164,2	4,2	2,16
nr. 9							
0- 55 cm	132	4,6	1,68				
55- 80 cm	132	4,6	1,69				
> 80 cm	132	4,6	2,14				

verschillen samen te voegen en de constanten te middelen. Met de constanten in tabel 5 kan op elke diepte in één van de bodemfysische eenheden de capillaire doorlatendheid van iedere gewenste vochtspanning worden berekend.

#### 7.4. De v e r b r e i d i n g v a n d e b o d e m f y s i s c h e e e n h e d e n

De verbreiding van de bodemfysische eenheden is weergegeven op bijlage I. Van het noordelijk deel hiervan is een moderne geologische kaart (51 O, 1973, 52 W, 1976) beschikbaar, terwijl van het zuidelijk deel (voornamelijk 58 W) alleen de in 1933 uitgebrachte opname beschikbaar is, die een aanzienlijk minder gedetailleerd overzicht geeft. Dit deel van bijlage I zal dan ook wel minder betrouwbaar zijn dan het noordelijke gedeelte.

Het overzicht van de verbreiding van de bodemfysische eenheden is ontstaan door combinatie van bodemkaarten en geologische kaarten. Daarbij bleek dat er wel eens geen overeenstemming tussen beide kaartsoorten was, bijvoorbeeld voor wat de verbreiding van veenlagen of van het dagzomende grove zand betreft. Er werd van uitgegaan dat voor de oppervlakkige bodemvorming (tot  $+ 100$  cm-mv) de bodemkaarten maatgevende zijn, en voor de aard van het moedermateriaal de geologische kaarten.

#### 7.5. D e v o c h t g e h a l t e n b i j v e r s c h i l l e n d e v o c h t s p a n n i n g e n i n d e b o d e m f y s i s c h e e e n h e d e n

Voor de in tabel 5 onderscheiden lagen van de bodemfysische eenheden werden de gemiddelden berekend van de afzonderlijke  $\theta$ -h relaties voor de gegeven diepte in de samengevoegde bodemkundige eenheden. Hierbij werd gebruik gemaakt van een overzicht van de standaard  $\theta$ -h functies van zand- en veenkoloniale gronden dat door de Stichting voor Bodemkartering ter beschikking werd gesteld (KRABBENBORG e.a., 1980). Als eenvoudigste voorbeeld is de berekening van de gemiddelde  $\theta$ -h relaties voor de bodemfysische eenheid nr 9 in tabel 6 weergegeven. Deze eenheid

bestaat uit sterk lemige lage enk eerdgronden en sterk lemige hoge zwarte enk eerdgronden (16e en 17e in tabel 1). Aangegeven is van welke standaard  $\theta$ -h relatie van het Stiboka-overzicht de volumeprocenten vocht zijn overgenomen. Wanneer de specifieke  $\theta$ -h relatie niet beschikbaar is dan is de best passende gebruikt.

Tabel 6. Voorbeeld van de berekening van de gemiddelde  $\theta$ -h relaties voor de bodemfysische eenheid nr 9

Code tabel	Omschrijving	Standaard $\theta$ -h relatie Stiboka	0	1,0	1,5	1,7	pF 2,0	2,3	2,7	3,0	3,4	4,2
16e	sterk lemig, zeer humeus	IV - 1 - 6	50	47	44	42	38	34	28	23	18	12
17e	sterk lemig, matig humeus	I - 1 - 3	48	43	40	37	29	21	16	13	10	6
	0 - 55 cm-mv	gemiddeld	49	45	42	39	34	27	24	18	14	9
16e	sterk lemig, matig humeus	IV - 1 - 4	46	43	40	38	34	30	25	20	15	10
17e	sterk lemig, matig humusarm	I - 2 - 3	45	40	37	32	25	18	13	11	8	5
	55 - 80 cm-mv	gemiddeld	45	41	38	35	29	24	19	15	11	7
16e/ 17e	> 80 cm sterk lemig, uiterst humusarm	I - 5 - 3b	36	31	30	29	24	14	10	8	6	3

In tabel 7 zijn de gemiddelde volume procenten vocht bij verschillende vochtspanningen in de onderscheiden lagen van de bodemfysische eenheden weergegeven.

Tabel 7. Gemiddelde vochtgehalten in volumeprocenten bij verschillende vochtspanning h in de verschillende lagen van de bodemfysische eenheden in tabel 5 en op bijlage 1 PV = poriënvolume

Laagdiepte onder maaiveld	Vochtspanning h									
	PV	$10^1$	$10^{1,5}$	$10^{1,7}$	$10^2$	$10^{2,3}$	$10^{2,7}$	$10^3$	$10^{3,4}$	$10^{4,2}$
Eenheid nr 1										
0- 15 cm	48	42	36	25	12	8	7	5	4	3
15- 25 cm	45	38	33	22	9	7	6	4	3	2
25- 30 cm	42	36	31	21	9	6	5	4	3	2
> 30 cm	39	35	30	20	9	6	5	3	2	1
Eenheid nr 2										
0- 20 cm	45	38	32	26	18	15	11	9	7	4
20- 80 cm	64	59	53	48	43	38	33	24	19	11
80- 90 cm	60	54	55	45	42	39	34	30	26	17
90-110 cm	41	35	28	22	14	9	7	6	5	3
> 110 cm	37	31	27	21	15	10	7	5	4	2



Tabel 7 vervolg

Laagdiepte onder maaiveld	Vochtspanning h									
	PV	10 <sup>1</sup>	10 <sup>1,5</sup>	10 <sup>1,7</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>2,3</sup>	10 <sup>2,7</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>3,4</sup>	10 <sup>4,2</sup>
Eenheid nr 3										
0- 24 cm	45	38	33	29	22	18	13	11	8	5
24- 55 cm	72	68	63	60	55	50	43	31	25	15
55- 70 cm	55	49	43	38	33	30	25	19	15	9
70-150 cm	55	50	43	37	32	28	24	18	14	8
> 150 cm	38	31	25	19	13	9	7	5	4	2
Eenheid nr 4										
0- 15 cm	48	42	38	30	19	14	11	9	6	4
15- 28 cm	44	39	34	27	17	13	10	8	5	3
28- 55 cm	64	62	58	50	42	38	33	23	18	10
> 55 cm	38	33	30	23	14	9	7	4	3	2
Eenheid nr 5										
0- 18 cm	49	45	43	41	33	27	21	17	12	8
18- 27 cm	44	40	37	33	26	20	15	11	8	5
> 27 cm	37	34	29	21	14	9	7	5	4	2
Eenheid nr 6										
0- 20 cm	58	54	52	49	44	37	32	26	20	13
20- 30 cm	49	45	43	40	34	26	21	17	13	8
30- 60 cm	42	39	37	35	31	23	16	13	10	6
> 60 cm	36	35	33	29	19	13	9	7	5	3
Eenheid nr 7										
0- 41 cm	59	52	50	47	42	36	31	25	19	13
41- 72 cm	48	43	40	36	30	24	20	15	12	7
> 72 cm	38	33	31	26	18	11	8	5	4	2
Eenheid nr 8										
0- 30 cm	46	43	41	38	33	26	20	16	13	8
30- 45 cm	44	42	39	36	29	22	17	13	10	7
45- 70 cm	40	38	35	33	26	19	14	11	8	5
70- 80 cm	36	34	32	29	23	16	11	9	6	4
> 80 cm	34	33	31	29	22	15	11	8	6	4
Eenheid nr 9										
0- 55 cm	49	45	42	40	33	27	22	18	14	9
55- 80 cm	46	42	39	35	30	24	19	15	12	7
> 80 cm	36	31	30	27	24	14	10	8	6	3

Bijlage 1

VERBREIDING VAN DE BODEMFYSISCHE EENHEDEN IN TABEL 5

