

Rapport nr. 2019

**BIBLIOTHEEK
STADSGEBOUW**

**BESCHRIJVING VAN DE WATERRETENTIE- EN
DOORLATENDHEIDSKARAKTERISTIEKEN UIT
DE STARINGREEKS MET ANALYTISCHE FUNCTIES**

J.H.M. Wösten

Stichting voor Bodemkartering, Wageningen, 1987



1511 - 262-440

23 NOV 1987

INHOUD	Blz.
1 INLEIDING	7
2 WERKWIJZE	9
3 RESULTATEN	13
LITERATUUR	7 15
TABELLEN	
Tabel 1. Indeling van de bouwstenen uit de Staringreeks	17
Tabel 2. Lijst van gebruikte symbolen	18
Tabel 3. Waarden voor de parameters θ_s , K_s , α , n en l per bouwsteen	19
Tabel 4. Programma voor de berekening van de analytische functies	20
FIGUREN	
GEMIDDELDE EN GEFITTE RELATIES VOOR DE BOVENGRONDEN	23
B1 Leemarm, zeer fijn tot matig fijn zand	25
B2 Zwak lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	26
B3 Sterk lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	27
B4 Zeer sterk lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	28
B7 Zeer lichte zavel	29
B8 Matig lichte zavel	30
B10 Lichte klei	31
B11 Matig zware klei	32
B12 Zeer zware klei	33
B16 Zandig veen en veen	34
B18 Kleilig veen	35
GEMIDDELDE EN GEFITTE RELATIES VOOR DE ONDERGRONDEN	37
O1 Leemarm, zeer fijn tot matig fijn zand	39
O2 Zwak lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	40
O3 Sterk lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	41
O4 Zeer sterk lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	42
O5 Grof zand	43
O6 Keileem	44
O8 Zeer lichte zavel	45
O9 Matig lichte zavel	46
O10 Zware zavel	47
O11 Lichte klei	48
O12 Matig zware klei	49
O13 Zeer zware klei	50
O15 Siltige klei	51
O16 Oligotroof veen	52
O17 Mesotroof en eutroof veen	53

1 INLEIDING

De waterretentiekarakteristiek ($h(\theta)$ -relatie) en de verzadigde en onverzadigde doorlatendheid ($K(h)$ -relatie) zijn belangrijke bodemfysische karakteristieken voor de stroming van water in de bodem. In de Staringreeks (Wösten et al., 1987) zijn de bij de Stichting voor Bodemkartering (STIBOKA) en het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding (ICW) aanwezige waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken gecombineerd en ingedeeld volgens de textuur-terminologie van het systeem van bodemclassificatie voor Nederland (De Bakker en Schelling, 1966). Tabel 1 geeft een overzicht van de gehanteerde indeling. In de Staringreeks worden de geometrisch gemiddelde bodemfysische karakteristieken van 18 bouwstenen voor zowel boven- als ondergrond in tabelvorm en grafisch gepresenteerd. Het gebruik van waarden in tabelvorm is in de praktijk omslachtig en bovendien inefficiënt als het gaat om het gebruik in numerieke modellen. In deze studie worden de waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken uit de Staringreeks beschreven met analytische functies die door Van Genuchten (1980) zijn opgesteld. De parameters in deze functies worden geschat door voor elke bouwsteen de functies gelijktijdig te fitten op zowel de waarden voor de waterretentiekarakteristiek als ook op de waarden voor de doorlatendheidskarakteristiek uit de Staringreeks, zoals weergegeven in de bijbehorende tabellen. Zoals is gebleken (zie ook de figuren in dit rapport) leverde de fitting-procedure een dermate goed resultaat op dat, nadat de analytische functies in de numerieke modellen voor de simulatie van de waterstroming zijn ingebouwd, de bodemfysische invoer in deze modellen nu kan worden vereenvoudigd tot het invoeren van zes parameters in plaats van de lastig te hanteren tabellen.

2 WERKWIJZE

Van Genuchten (1980) beschrijft het volumetrisch watergehalte, θ , als functie van de drukhoogte, h , met de volgende empirische vergelijking:

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{[1 + |\alpha h|^n]^m} \quad (\theta_r < \theta < \theta_s) \quad (1)$$

waarbij de subscripten s en r betrekking hebben op de verzadigde en residuaire waarden van θ . Het residuair watergehalte (θ_r) is het watergehalte waarbij de gradiënt $d\theta/dh$ nul wordt als $h \rightarrow -\infty$. In de praktijk is θ_r het watergehalte bij een grote negatieve waarde van de drukhoogte. De notaties α en n en m zijn parameters die de vorm van de curve bepalen. De parameter α (cm⁻¹) komt ongeveer overeen met de inverse van de drukhoogte bij het inflectiepunt, dit is het punt waar $d\theta/dh$ maximaal is. De dimensieloze parameter n bepaalt de snelheid waarmee de S-vormige waterretentiekarakteristiek tot de y-as nadert voor grote negatieve waarden van h . De waarde voor de parameter n is zodoende een maat voor de steilheid van de waterretentiekarakteristiek.

Aannemende dat $m = 1 - 1/n$, combineerde Van Genuchten vergelijking (1) met de volgende door Mualem (1976) opgestelde theoretische poriëngrootteverdeling:

$$K(h) = K_s S^k \left[\int_0^S \frac{1}{h(x)} dx / \int_0^1 \frac{1}{h(x)} dx \right]^2 \quad (2)$$

Hierin is k een onbekende parameter, x een hulpvariabele en S de relatieve verzadiging ($0 \leq S \leq 1$):

$$S = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} \quad (3)$$

Combinatie van vergelijking (1) en (2) leidt tot de volgende vergelijking (Van Genuchten, 1980):

$$K(S) = K_s S^\ell [1 - (1-S^{1/m})^m]^2 \quad (4)$$

of in termen van de drukhoogte:

$$K(h) = K_s \frac{\{[1 + |ah|^n]^m - |ah|^{n-1}\}^2}{[1 + |ah|^n]^{m(\ell+2)}} \quad (5)$$

Vergelijking (1) en (5) zijn de analytische functies die respectievelijk de waterretentie- en de doorlatendheidskarakteristiek beschrijven. Tabel 2 geeft een overzicht van de gehanteerde symbolen. In een aantal recente studies is aangetoond dat deze functies de waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van een grote verscheidenheid aan gronden goed beschrijven (bijv. Stephens and Rehfeld, 1985; Van Genuchten and Nielsen, 1985; Hopmans and Dane, 1986).

Van Genuchten (1986, niet gepubliceerd) schreef een niet-lineair optimalisatieprogramma (RETC) waarmee alle onbekende parameters (θ_r , θ_s , K_s , α , n en ℓ) in de vergelijkingen (1) en (5) gelijktijdig uit de waterretentie- en de doorlatendheidskarakteristiek kunnen worden geschat. In het RETC programma wordt de volgende object functie $O(b)$ volgens een door Marquardt (1963) ontwikkeld algoritme geminimaliseerd:

$$O(b) = \sum_{i=1}^M (w_1 \{\theta_i^* - \theta_i(b)\})^2 + \sum_{i=M+1}^N (w_1 w_2 w_i \{\ln(K_i^*) - \ln(K_i(b))\})^2 \quad (6)$$

In deze studie zijn θ_i^* en K_i^* de watergehalten en doorlatendheden van de gemiddelde karakteristieken uit de Staringreeks. $\theta_i(b)$ en $K_i(b)$ zijn de waarden die worden voorspeld door een vector $\{b\}$ bestaande uit onbekende parameters. M is het aantal waarden van de waterretentiekarakteristiek en N is het totaal aantal waarden van de waterretentie- en de doorlatendheidskarakteristiek samen. De parameters w_i zijn de wegingsfactoren voor de afzonderlijke waarnemingen. De parameters w_1 en w_2 zijn ook wegingsfactoren, w_1 wordt intern in het programma berekend. De parameter w_2 is een onafhankelijk invoergegeven waarmee meer of minder gewicht kan worden

toegekend aan de watergehaltenes vergeleken met de doorlatendheden. In deze studie heeft de parameter W_1 de waarde 1.0, behalve voor de zandgronden waarbij W_1 de veel kleinere waarde 0.1 moet aannemen om het voor deze gronden zo typerende steile gedeelte van de waterretentiekarakteristiek bij het inflectiepunt goed te kunnen beschrijven.

In zijn algemene vorm bevat de parametervector (b) alle parameters; (b) = $(\theta_r, \theta_s, K_s, \alpha, n \text{ en } l)$. In deze studie zijn de parameters θ_s en K_s de waarden voor de gemiddelde karakteristieken uit de Staringreeks waardoor het aantal onbekenden wordt gereduceerd tot vier. De parameter θ_r is oorspronkelijk ook onbekend verondersteld. Omdat echter maar weinig waarden voor de waterretentie- en de doorlatendheidskarakteristiek in het droge traject bekend zijn, is de analyse in deze studie beperkt tot drukhoogtes in het traject van 0 tot -5000 cm. Bij een eerste analyse bleek dat in dit geval θ_r praktisch gelijk was aan nul voor het merendeel van de bouwstenen. θ_r is daarom op nul gesteld voor alle bouwstenen waarna de gegevens opnieuw zijn geanalyseerd met de resterende onbekende parameters: (b) = (α, n, l) .

3 RESULTATEN

Tabel 3 geeft voor elke bouwsteen de waarden van θ_s en K_s voor de gemiddelde karakteristieken uit de Staringreeks en de waarden voor de onbekende parameters α , n en l in de analytische functies van Van Genuchten. De waarden voor de onbekende parameters zijn verkregen door het fitten van de geometrisch gemiddelde bodemfysische karakteristieken uit de Staringreeks.

De figuren B1 t/m O17 tonen de geometrisch gemiddelde karakteristieken uit de Staringreeks, aangeduid met 'gemiddeld', en de gefitte karakteristieken, aangeduid met 'gefit'. De waarde voor R^2 (R is de correlatie-coëfficiënt tussen de karakteristieken uit de Staringreeks en de karakteristieken die met de functies van Van Genuchten worden beschreven) varieert tussen 0.91 en 0.99 voor alle bouwstenen. Aangezien het traject van uiterste waarden rondom de gemiddelde karakteristieken uit de Staringreeks bovendien aanzienlijk is, kan worden geconcludeerd dat de functies van Van Genuchten een goede beschrijving geven van de karakteristieken uit de Staringreeks.

In deze studie is de beschrijving van de karakteristieken uit de Staringreeks beperkt tot drukhoogtes in het traject van 0 tot -5000 cm, dit betekent dat de resulterende analytische functies niet geschikt kunnen zijn voor de beschrijving van de karakteristieken in het droge traject waar $h < -5000$ cm.

In plaats van in numerieke modellen te werken met de lastig te hanteren tabellen uit de Staringreeks kunnen, nadat de analytische functies in de modellen zijn ingebouwd, de bodemfysische gegevens worden ingevoerd door middel van de in tabel 3 vermelde waarden van θ_s en K_s samen met de waarden voor de parameters α , n en l .

Tabel 4 geeft het programma voor de berekening van de waterretentie karakteristiek volgens vergelijking (1) en de doorlatendheidskarakteristiek volgens vergelijking (5).

Het gebruik van analytische functies in plaats van getabelleerde waarden in numerieke modellen kan bovendien de rekentijd van deze modellen verminderen.

De hier gepresenteerde functies zijn uiteraard ook alleen te gebruiken in die gevallen waarin ook de Staringreeks mag worden toegepast. Voor regionale toepassingen (schaal 1 : 50 000 of kleiner) waar het om globale benaderingen gaat, zijn de functies dus te gebruiken. Voor meer gedetailleerde toepassingen zijn de hier gepresenteerde functies echter te globaal en is het noodzakelijk de bodemfysische eigenschappen van het profiel op de desbetreffende lokatie te meten.

LITERATUUR

- Bakker, H. De en J. Schelling, 1966. *Systeem van bodemclassificatie voor Nederland; de hogere niveaus*. Pudoc, Wageningen. 217 pp.
- Hopmans, J.W. and J.H. Dane, 1986. Temperature dependence of soil hydraulic properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 50: 4-9.
- Marquardt, D.W., 1963. An algorithm for least-squares estimation of nonlinear parameters. *J. Soc. Ind. Appl. Math.*, 11: 431-441.
- Mualem, Y., 1976. A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. *Water Resour. Res.*, 12: 513-522.
- Stephens, D.B. and K.R. Rehfeldt, 1985. Evaluation of closed-form analytical models to calculate conductivity in a fine sand. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 49: 12-19.
- Genuchten, M.Th. Van, 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44(5) : 892-898.
- Genuchten, M.Th. Van and D.R. Nielsen, 1985. On describing and predicting the hydraulic properties of unsaturated soils. *Annales Geophysicae* 3(5) : 615-628.
- Wösten, J.H.M., M.H. Bannink en J. Beuving, 1987. *Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland : de Staringreeks*. STIBOKA-rapport 1932, ICW-rapport 18. 75 pp.

Tabel 1. Indeling naar textuur (in % van de minerale delen), organische-stofgehalte (in % van de grond) en mediaan van de zandfractie (M50) van bouwstenen uit de 'Staringreeks' volgens de textuur-terminologie van het systeem van bodemclassificatie voor Nederland

Bouwsteen	Leem (%)	Lutum (%)	Organische stof (%)	M50 (µm)
BOVENGRONDEN				
Zand				
B1 leemarm, zeer fijn tot matig fijn zand	0- 10		0- 15	105- 210
B2 zwak lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	10- 18		0- 15	105- 210
B3 sterk lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	18- 33		0- 15	105- 210
B4 zeer sterk lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	33- 50		0- 15	105- 210
B5* grof zand			0- 15	210-2000
B6* keileem	0- 50		0- 15	50-2000
Zavel				
B7 zeer lichte zavel		8- 12	0- 15	
B8 matig lichte zavel		12- 18	0- 15	
B9* zware zavel		18- 25	0- 15	
Klei				
B10 lichte klei		25- 35	0- 15	
B11 matig zware klei		35- 50	0- 15	
B12 zeer zware klei		50-100	0- 15	
Leem				
B13* zandige leem	50- 85		0- 15	
B14* siltige leem	85-100		0- 15	
Moerig				
B15* venig zand		0- 8	15- 25	
B16 zandig veen en veen		0- 8	23-100	
B17* venige klei		8-100	16- 45	
B18 kleilig veen		8-100	25- 70	
ONDERGRONDEN				
Zand				
O1 leemarm, zeer fijn tot matig fijn zand	0- 10		0- 3	105- 210
O2 zwak lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	10- 18		0- 3	105- 210
O3 sterk lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	18- 33		0- 3	105- 210
O4 zeer sterk lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	33- 50		0- 3	105- 210
O5 grof zand			0- 3	210-2000
O6 keileem	0- 50		0- 3	50-2000
O7* beekleem	33- 50		0- 3	50- 150
Zavel				
O8 zeer lichte zavel		8- 12	0- 3	
O9 matig lichte zavel		12- 18	0- 3	
O10 zware zavel		18- 25	0- 3	
Klei				
O11 lichte klei		25- 35	0- 3	
O12 matig zware		35- 50	0- 3	
O13 zeer zware		50-100	0- 3	
Leem				
O14* zandige leem	50- 85		0- 3	
O15 siltige leem	85-100		0- 3	
Veen				
O16 oligotroof veen			35-100	
O17 mesotroof en eutroof veen			35-100	
O18* moerige tussenlaag			15- 35	

* Aan deze bouwsteen zijn tot op heden onvoldoende metingen verricht om een gemiddelde relatie te kunnen presenteren.

Tabel 2. Lijst van gebruikte symbolen

symbool	grootheid	eenheid
α	parameter in vergelijking (1)	cm ⁻¹
(b)	onbekende parametervector	-
h	drukhoogte	cm
K	onverzadigde doorlatendheid	cm/d
K _s	verzadigde doorlatendheid	cm/d
l	parameter in vergelijking (5)	-
M	aantal waarden van de waterretentiekarakteristiek	-
m	parameter in vergelijking (1)	-
N	aantal waarden van de waterretentie- en doorlatendheidskarakteristiek samen	-
n	parameter in vergelijking (1)	-
S	gereduceerd watergehalte	-
w _i	wegingsfactor in vergelijking (6)	-
W ₁	wegingsfactor in het optimalisatieproces	-
W ₂	wegingsfactor in het optimalisatieproces	-
θ	volumetrisch watergehalte	cm ³ /cm ³
θ_r	residuaire watergehalte	cm ³ /cm ³
θ_s	verzadigd watergehalte	cm ³ /cm ³

Tabel 3. Verzadigd watergehalte (θ_s) en verzadigde doorlatendheid (K_s) van de gemiddelde karakteristieken uit de Staringreeks en waarden voor de parameters α , n en l per bouwsteen.

	θ_s (cm ³ /cm ³)	K_s (cm/d)	α (cm ⁻¹)	n (-)	l (-)
BOVENGRONDEN					
Zand					
B1	0.37	33.34	0.0208	1.646	0.571
B2	0.43	32.21	0.0224	1.436	-0.304
B3	0.45	17.81	0.0152	1.412	-0.213
B4	0.42	54.80	0.0163	1.559	0.177
Zavel					
B7	0.40	25.10	0.0158	1.287	0.248
B8	0.40	22.90	0.0313	1.200	-3.578
Klei					
B10	0.44	31.10	0.0519	1.126	-6.552
B11	0.51	63.60	0.1562	1.099	-8.067
B12	0.57	98.20	0.1689	1.068	-10.286
Moerig					
B16	0.73	13.44	0.0134	1.320	0.534
B18	0.71	34.80	0.0284	1.141	1.086
ONDERGRONDEN					
Zand					
O1	0.35	99.70	0.0220	2.186	0.796
O2	0.38	63.90	0.0182	1.870	0.911
O3	0.34	44.60	0.0265	1.543	-0.333
O4	0.36	53.10	0.0216	1.540	-0.520
O5	0.33	223.00	0.0524	1.912	0.873
O6	0.41	5.48	0.0291	1.152	-6.864
Zavel					
O8	0.42	26.40	0.0248	1.321	-0.622
O9	0.41	24.00	0.0280	1.283	-1.559
O10	0.44	25.60	0.0231	1.212	-2.220
Klei					
O11	0.42	61.00	0.0420	1.125	-3.706
O12	0.49	10.80	0.0384	1.113	-6.743
O13	0.58	38.00	0.1122	1.063	-12.538
Leem					
O15	0.43	57.42	0.0207	1.224	-2.077
Veen					
O16	0.87	14.66	0.0179	1.275	0.539
O17	0.89	30.45	0.0145	1.252	1.019

Tabel 4. Programma voor de berekening van de analytische functies.

```

c  Programmering van de analytische functies voor de waterretentiekarak-
c  teristiek (vergelijking 1) en de doorlatendheidskarakteristiek (verge-
c  lijkning 5).
c  In dit voorbeeld worden de parameters interactief, via het scherm
c  ingelezen. De functies worden berekend voor 27 waarden van h.
c
c      integer h(30)
c      real thetas,ks,a,n,l,thetar,theta(30),k(30),x(30),y(30)
c
c  h      - drukhoogte                cm
c  thetas - verzadigd watergehalte    cm3/cm3
c  ks     - verzadigde doorlatendheid  cm/d
c  a      - parameter in vergelijking (1) cm-1
c  n      - parameter in vergelijking (1) -
c  l      - parameter in vergelijking (5) -
c  thetar - residuair watergehalte    cm3/cm3
c  theta  - volumetrisch watergehalte cm3/cm3
c  k      - onverzadigde doorlatendheid cm/d
c  x      - hulpvariabele             -
c  y      - hulpvariabele             -
c
c  openen uitvoerfile
c
c      open(unit=2,file='uit.dat',status='new')
c
c
c      data (h(i),i=1,27) /0,1,5,10,20,30,40,50,100,150,200,250,300,
*                          350,400,450,500,750,1000,1500,2000,
*                          2500,3000,3500,4000,4500,5000/
c
c  inlezen van de parameters
c
c      write(*,1)
c  1  format(' thetas=',)
c      read*,thetas
c      write(*,2)
c  2  format(' ks=',)
c      read*,ks
c      write(*,3)
c  3  format(' a=',)
c      read*,a
c      write(*,4)
c  4  format(' n=',)
c      read*,n
c      write(*,5)
c  5  format(' l=',)
c      read*,l
c      write(*,6)
c  6  format(' thetar=',)
c      read*,thetar

```



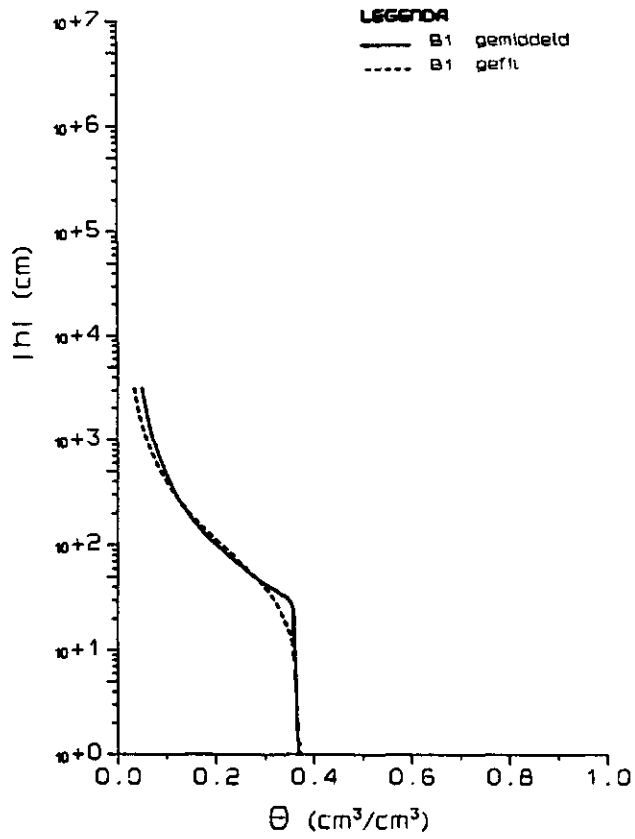
```

c
  do 10 i=1,27
c
c   berekening van de hulpvariabelen
c
  x(i)=(1+(a*h(i)**n)**(1-(1/n))
  y(i)=1+(a*h(i)**n
c
c   berekening van de waterretentiekarakteristiek
c
  theta(i)=thetar+(thetas-thetar)/x(i)
c
c   berekening van de doorlatendheidskarakteristiek
c
  k(i)=ks*(x(i)-(a*h(i)**(n-1))**2/y(i)**((1-1/n)*(1+2))
10  continue
c
c   wegschrijven van de resultaten
c
  write(2,20)
20  format(/7x,'h (cm)',12x,'theta (cm3/cm3)',11x,'k (cm/d)')
  do 30 i=1,27
  write(2,25) h(i),theta(i),k(i)
25  format(i10,f25.3,d25.4)
30  continue
  stop
  end

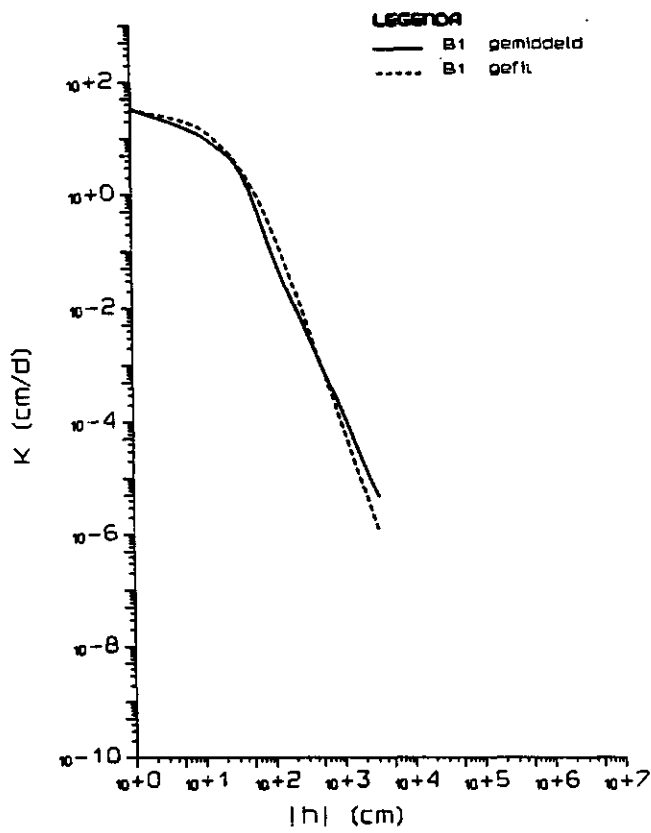
```


GEMIDDELDE EN GEFITTE RELATIES VOOR DE BOVENGRONDEN

(figuren B1 t/m B18)

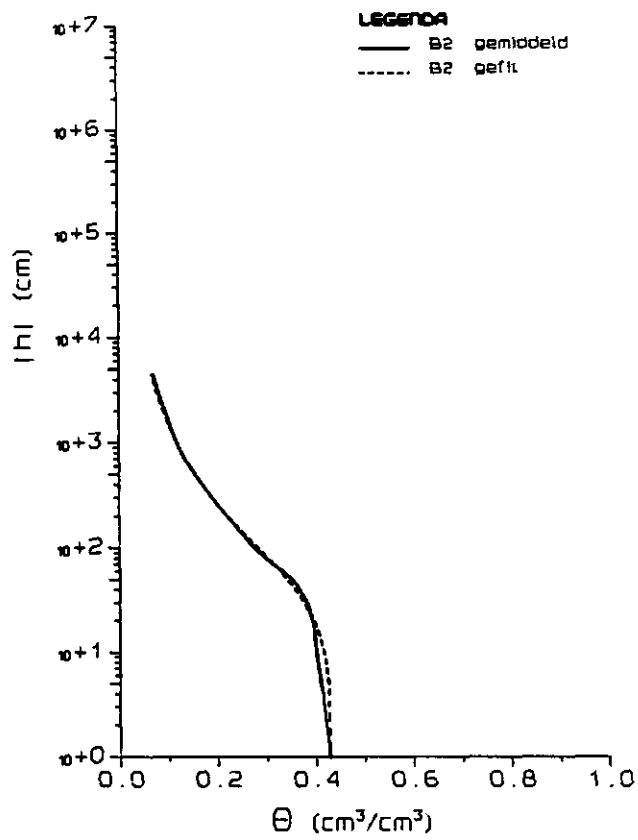


doorlatendheidskarakteristiek

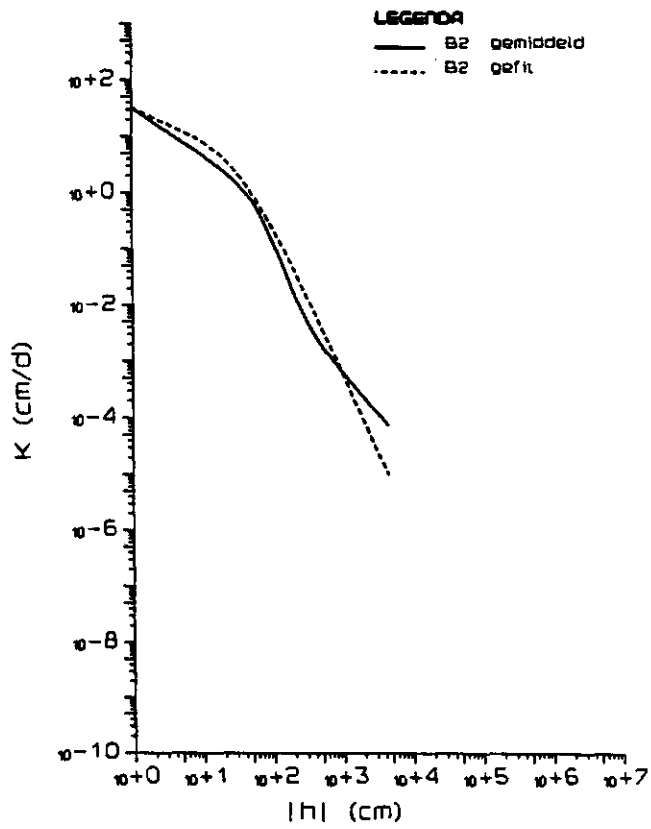


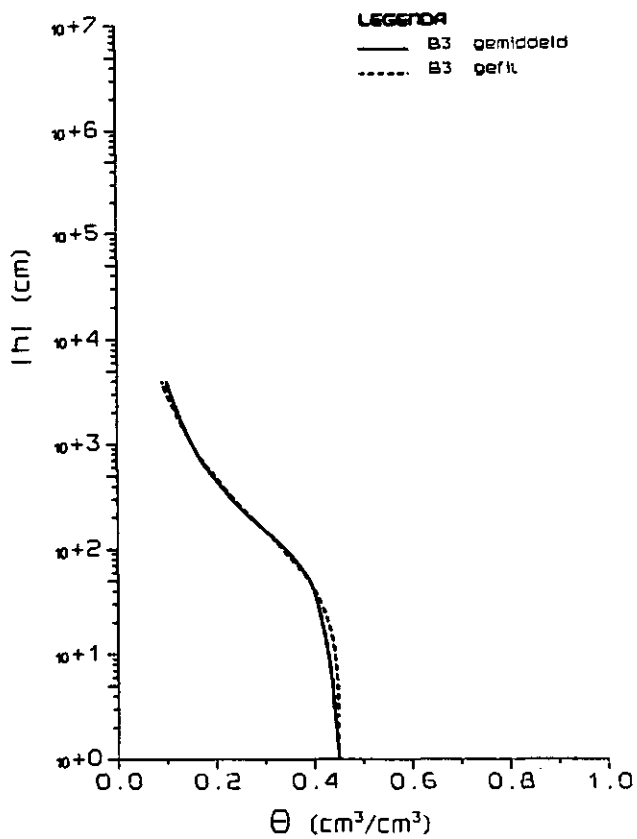
waterretentiekarakteristiek

26

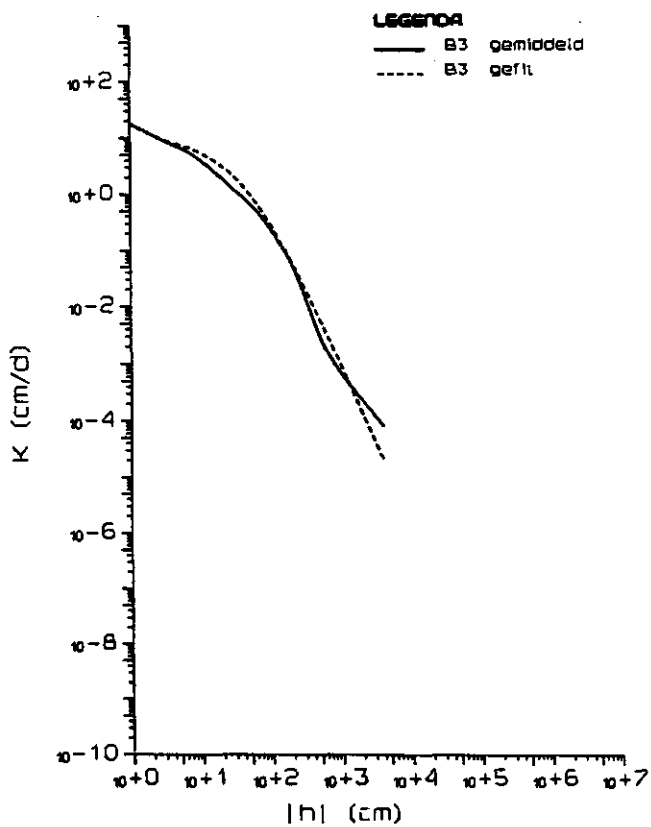


doorlatendheidskarakteristiek

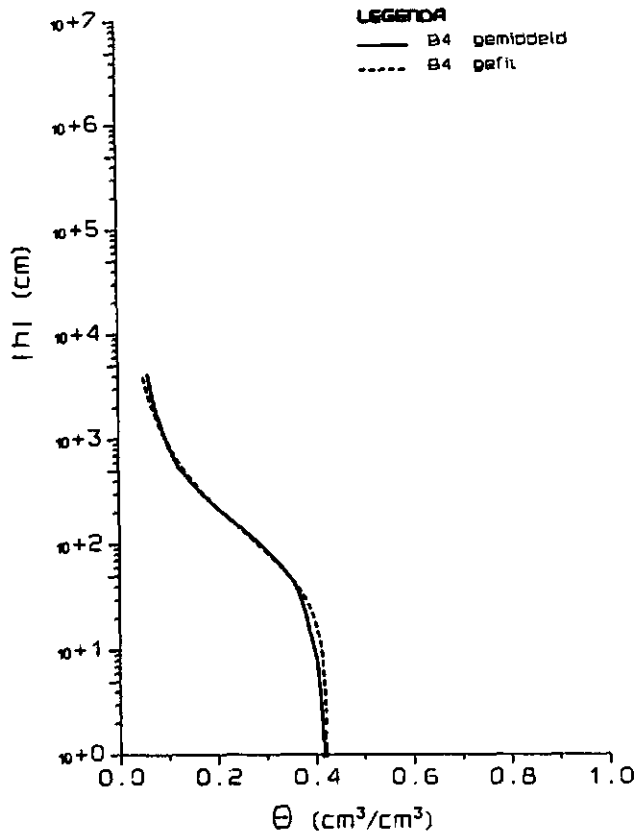




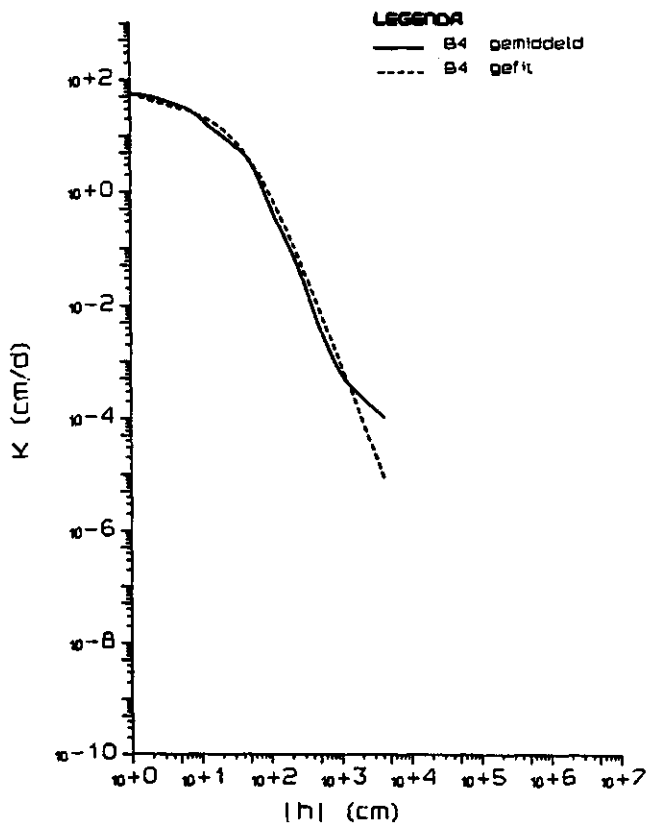
doorlatendheidskarakteristiek

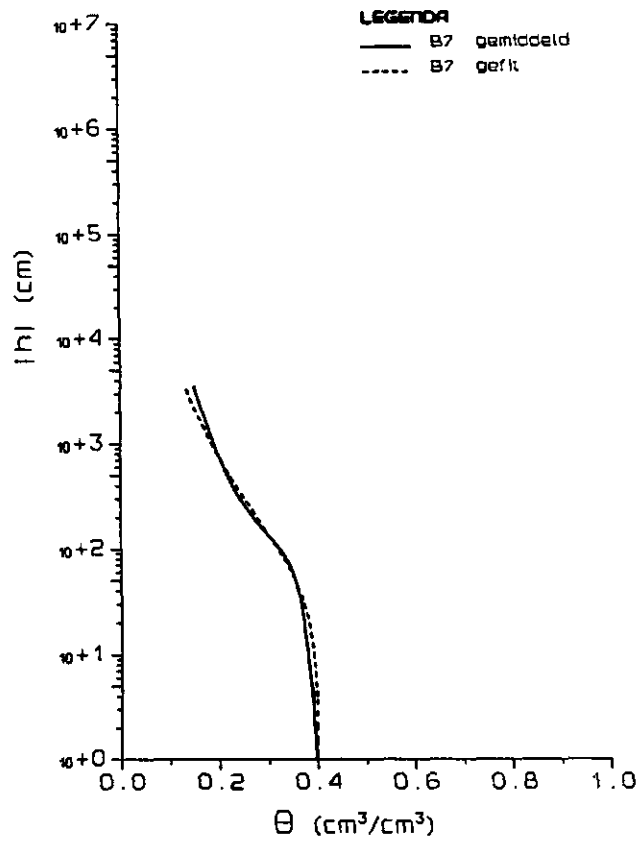


waterretentiekarakteristiek

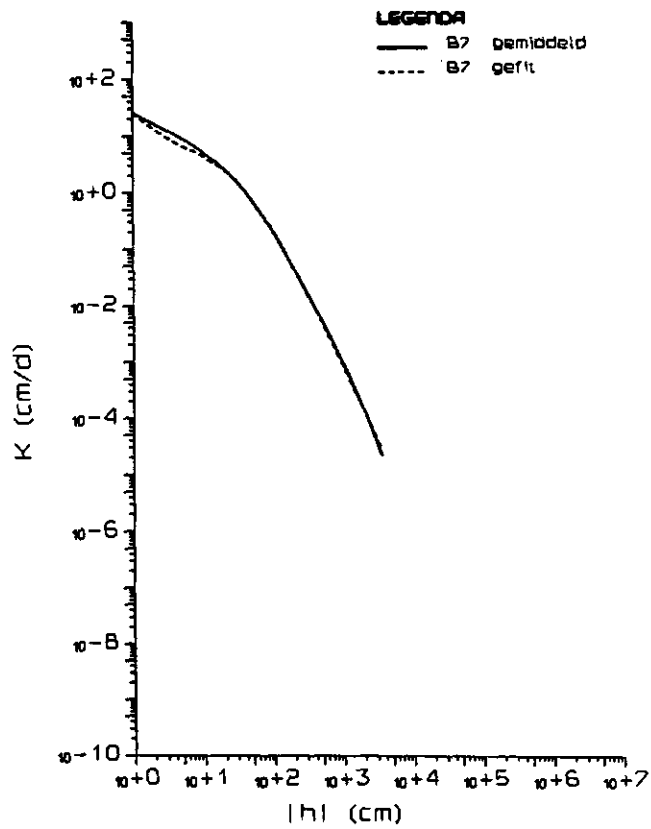


doorlatendheidskarakteristiek

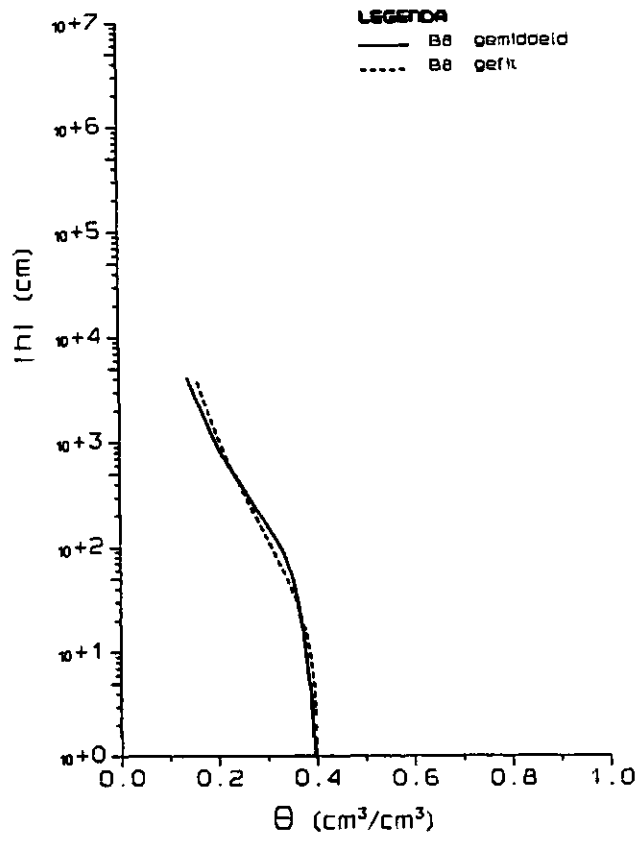




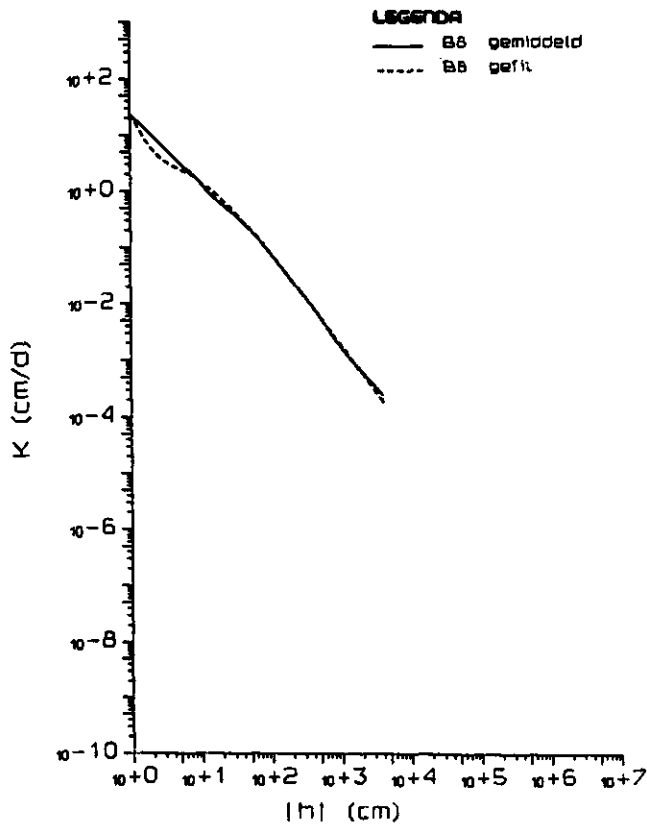
doorlatendheidskarakteristiek



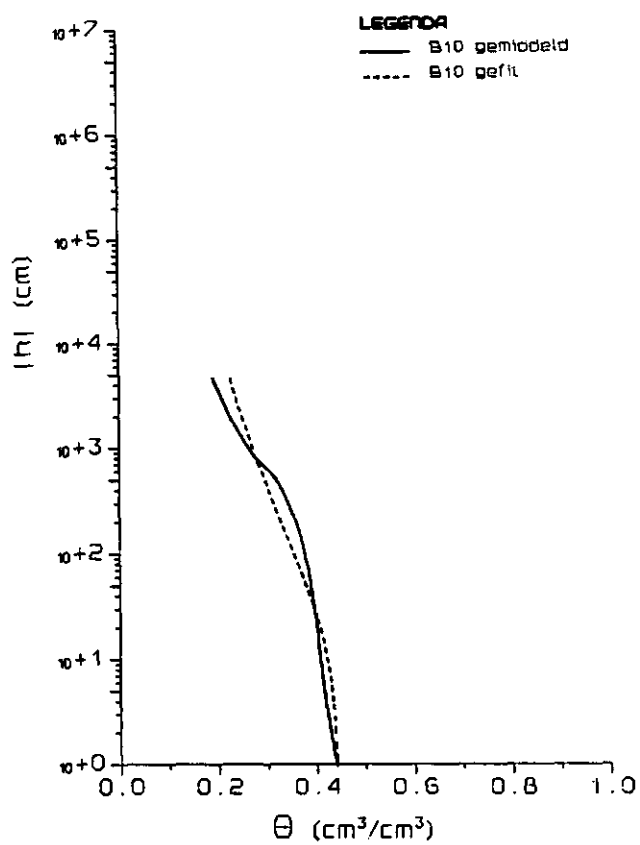
waterretentiekarakteristiek



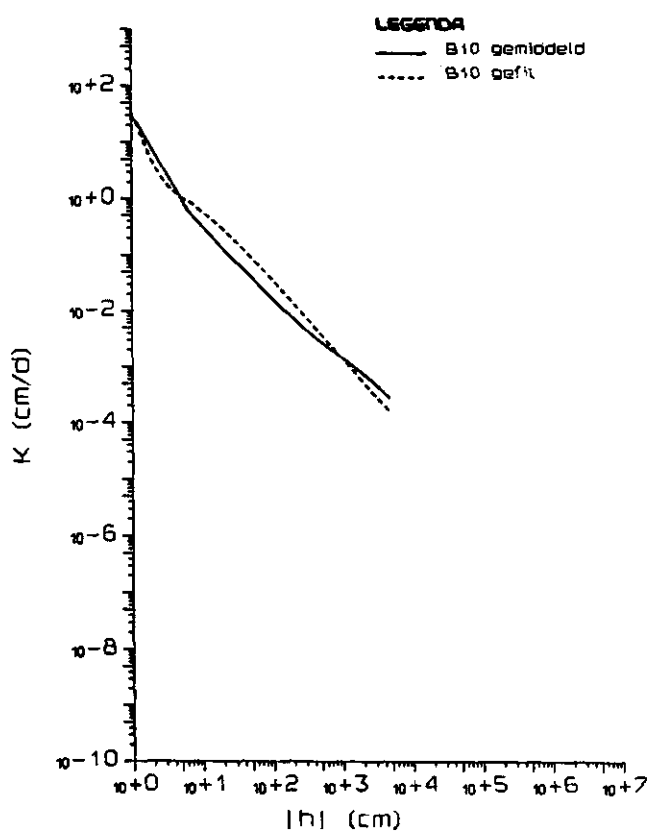
doorlatendheidskarakteristiek



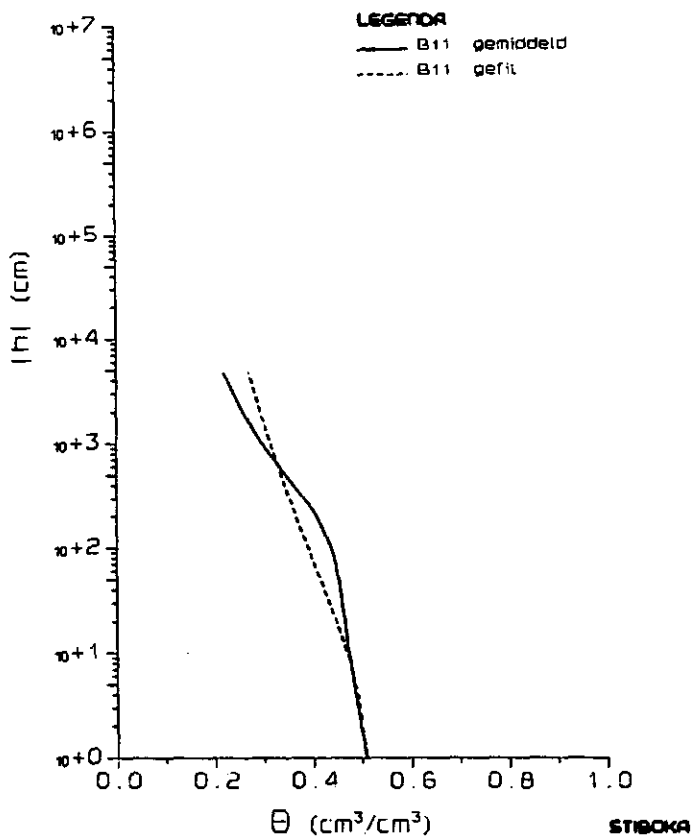
waterretentiekarakteristiek



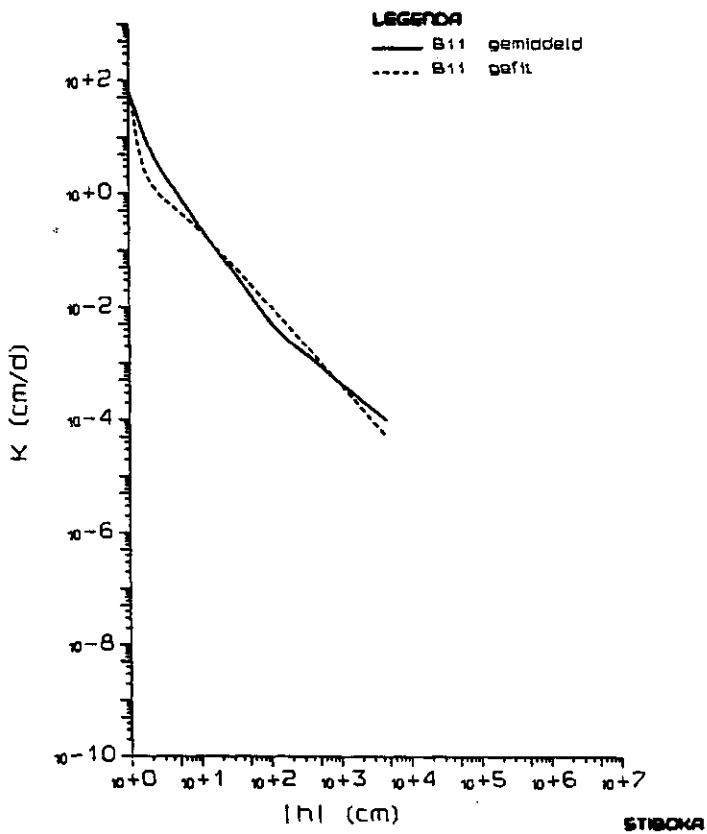
doorlatendheidskarakteristiek



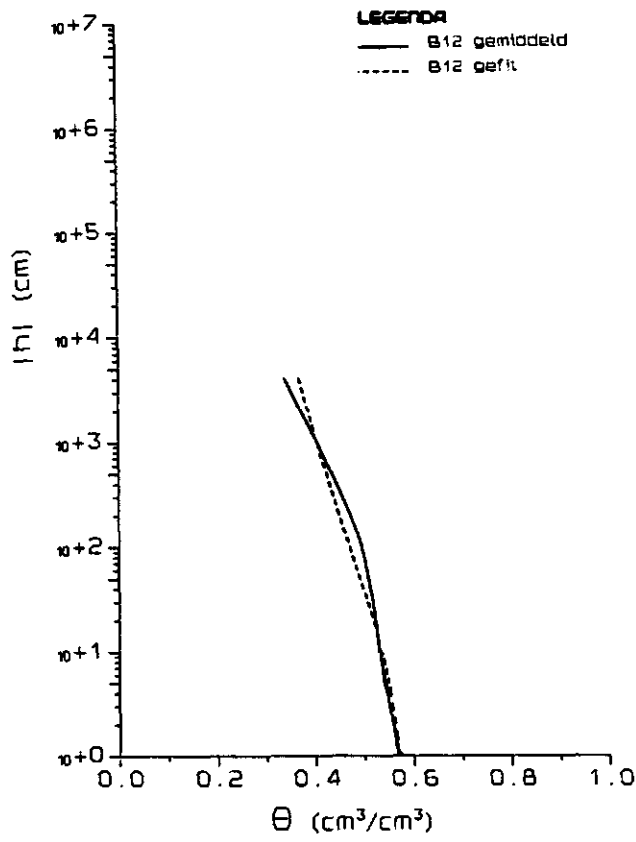
waterretentiekarakteristiek



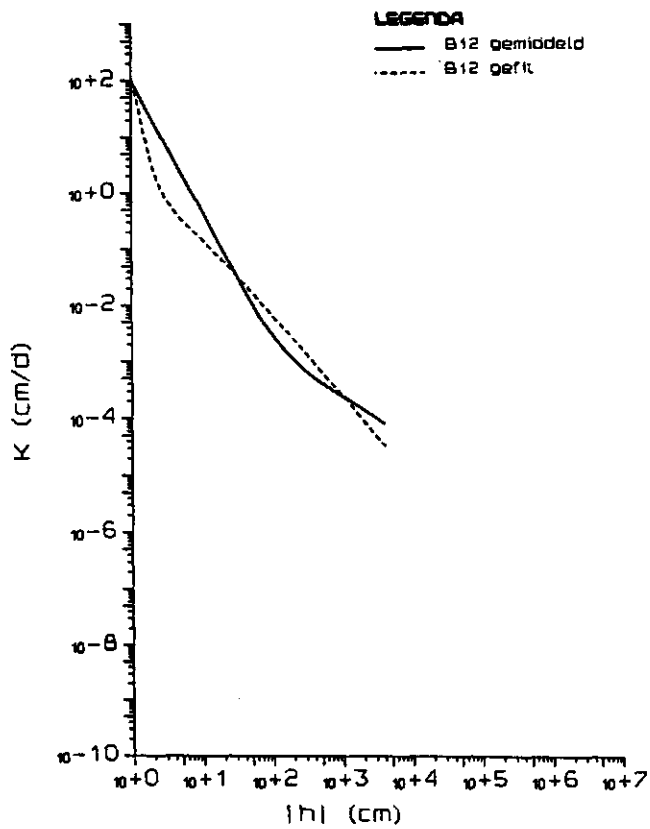
doorlatendheidskarakteristiek



waterretentiekarakteristiek

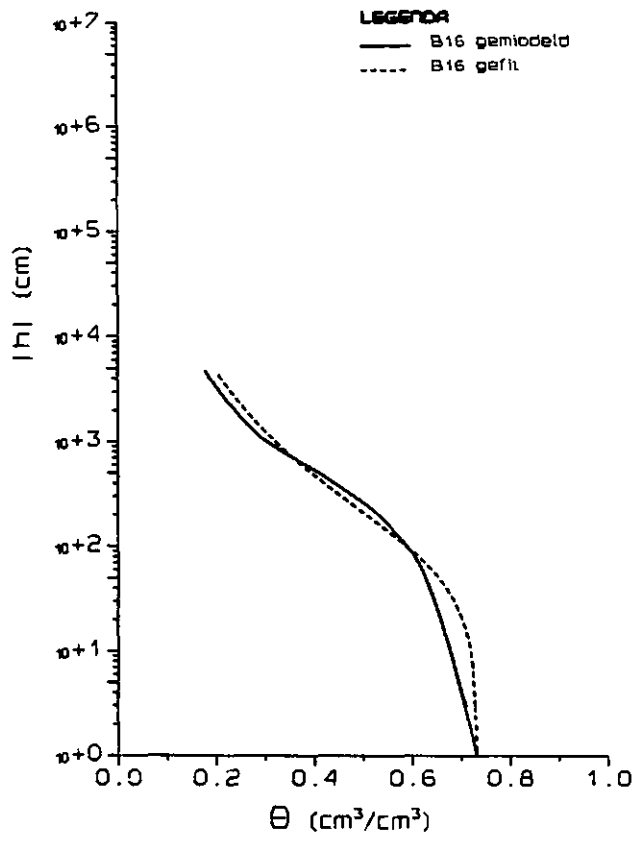


doorlatendheidskarakteristiek

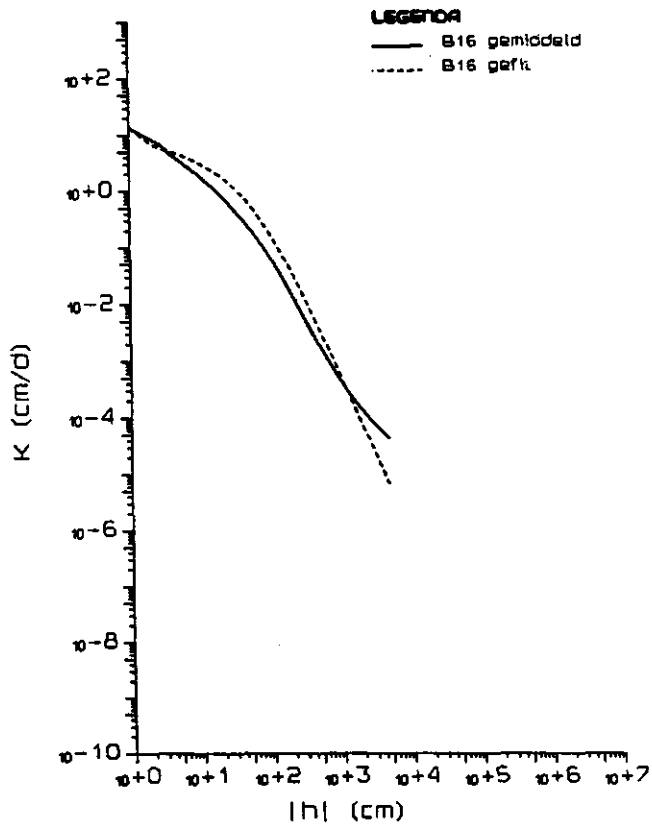


waterretentiekarakteristiek

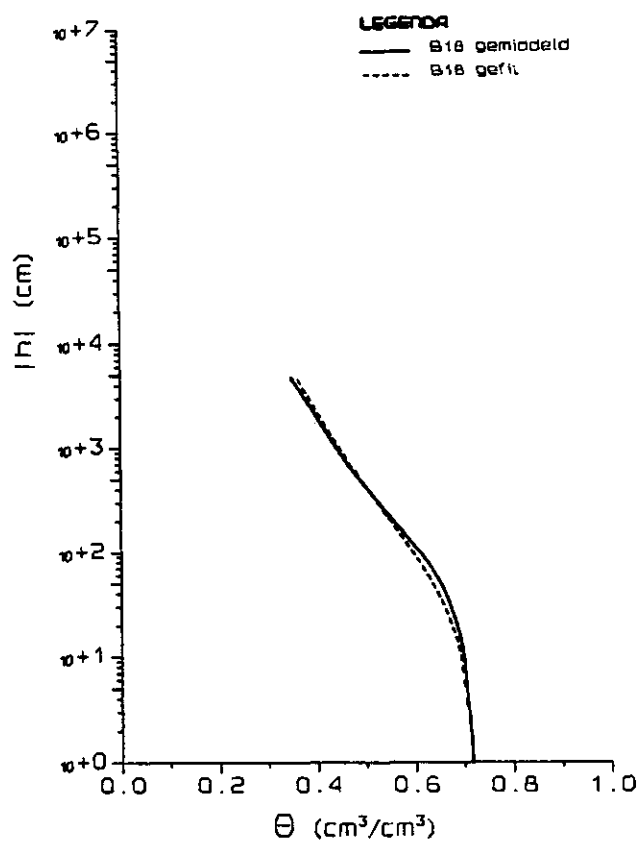
34



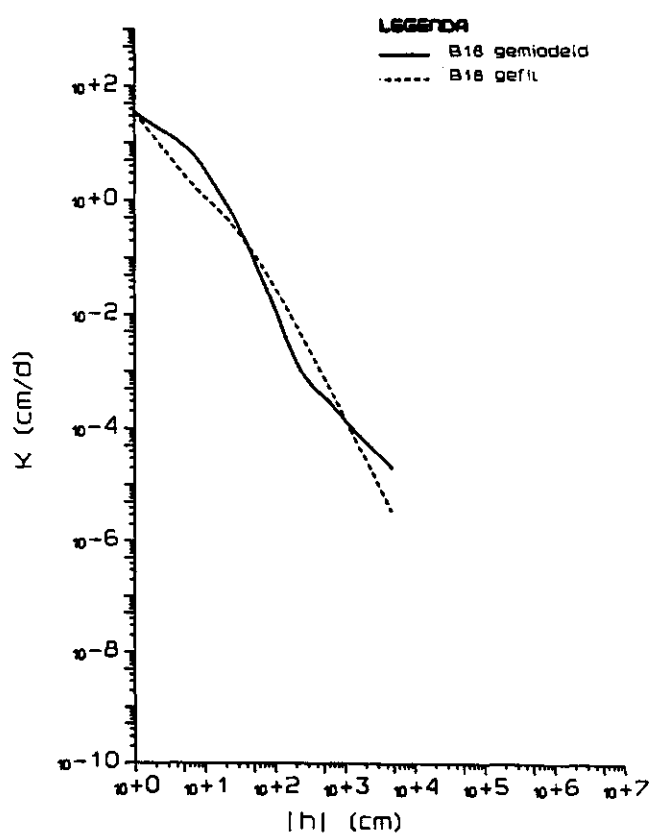
doorlatendheidskarakteristiek



waterrretiekarakteristiek

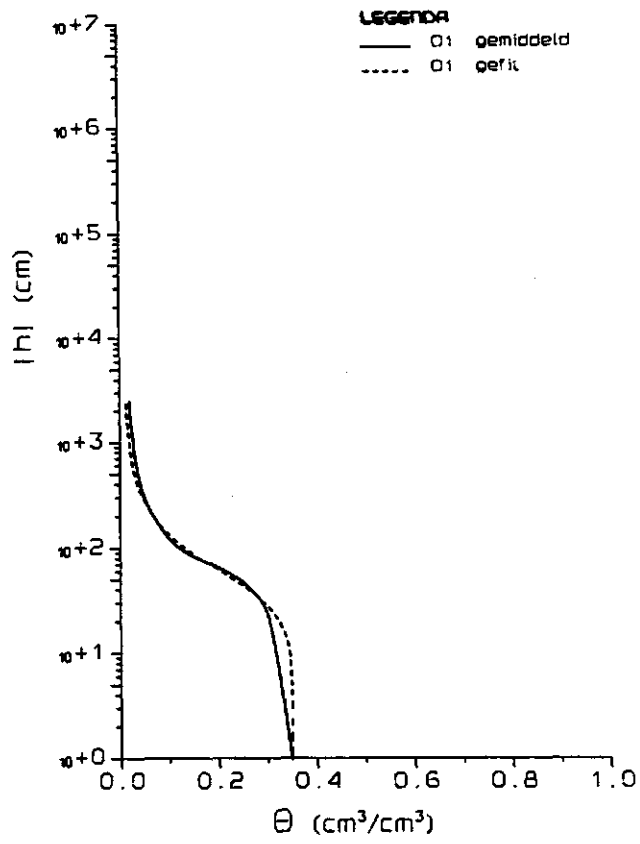


doorlatendheidskarakteristiek

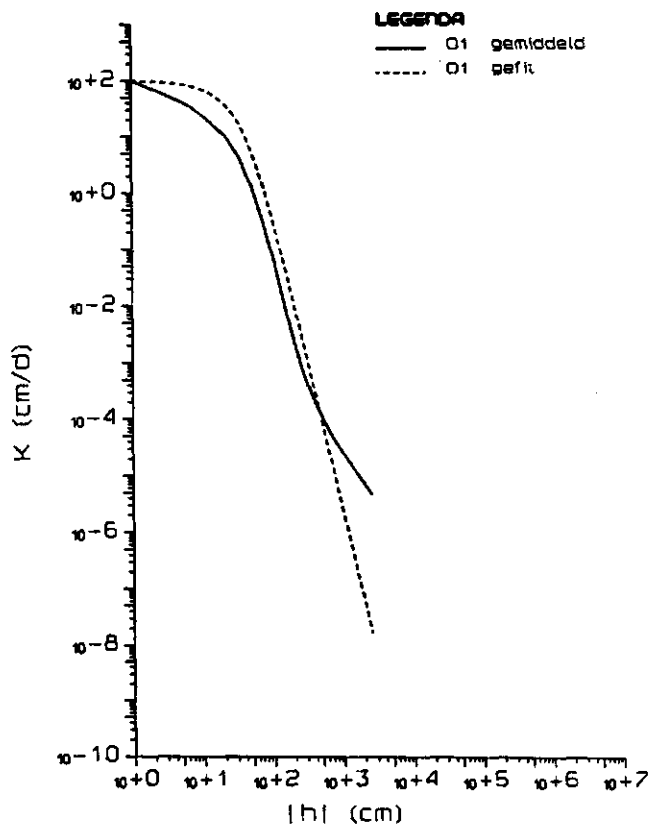


GEMIDDELDE EN GEFITTE RELATIES VOOR DE ONDERGRONDEN

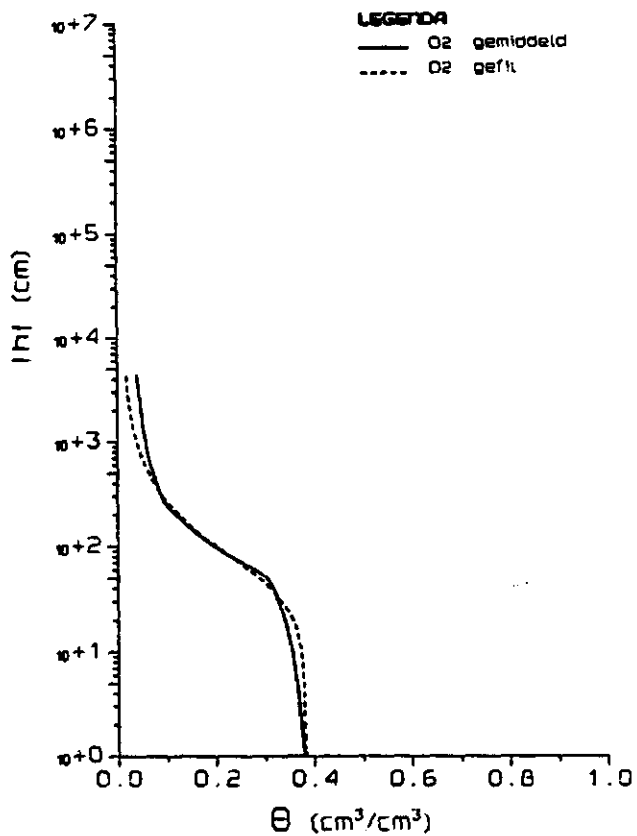
(figuren 01 t/m 017)



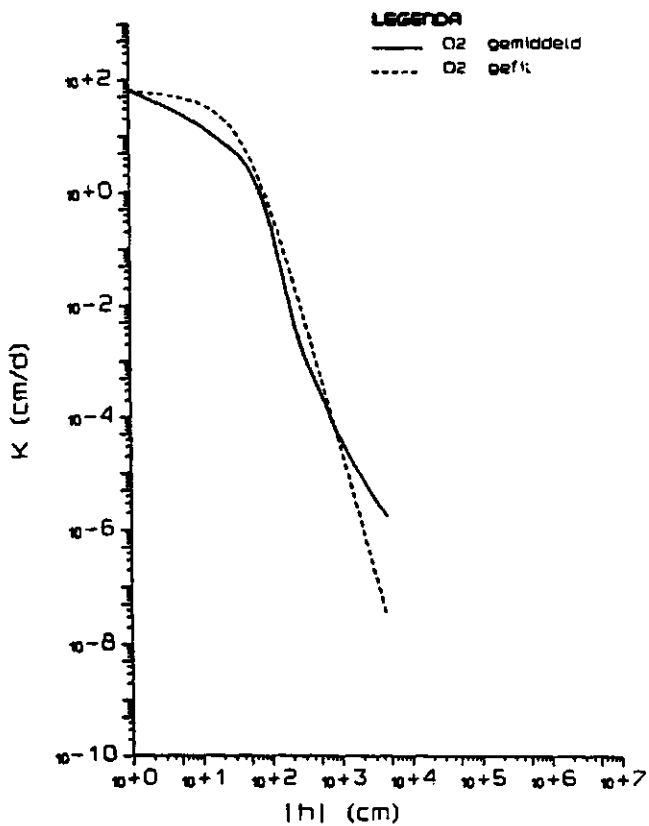
doorlatendheidskarakteristiek



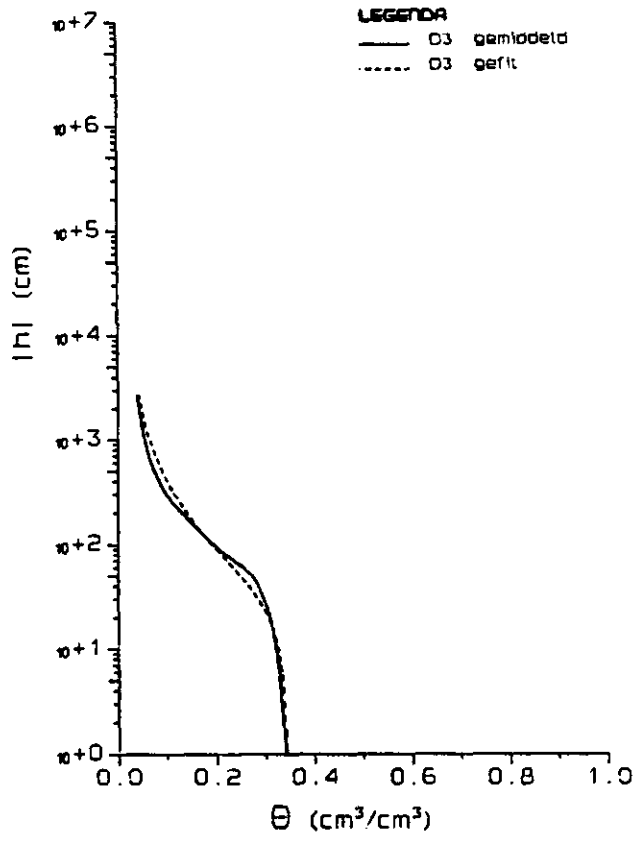
waterrretiekarakteristiek



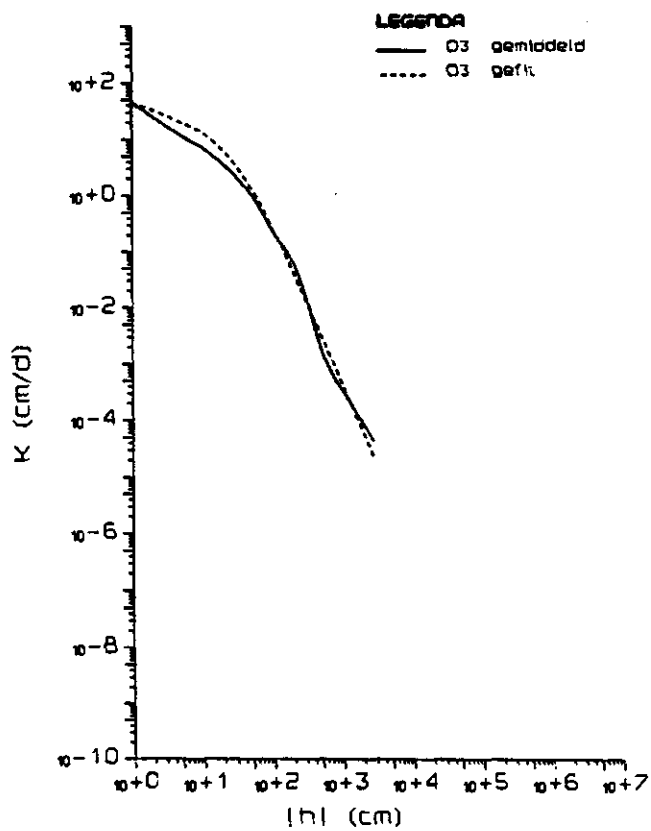
doorlatendheidskarakteristiek



waterretentie karakteristiek

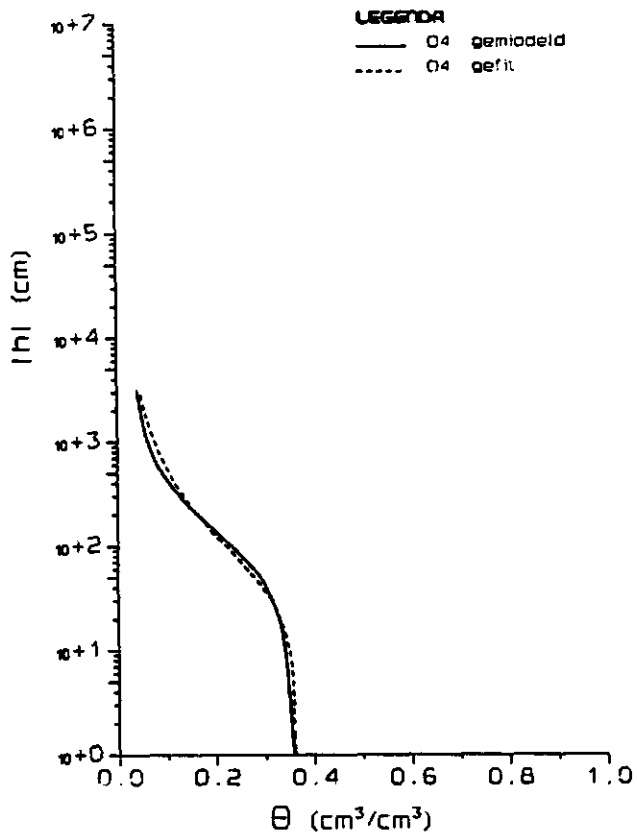


doorlatendheids karakteristiek

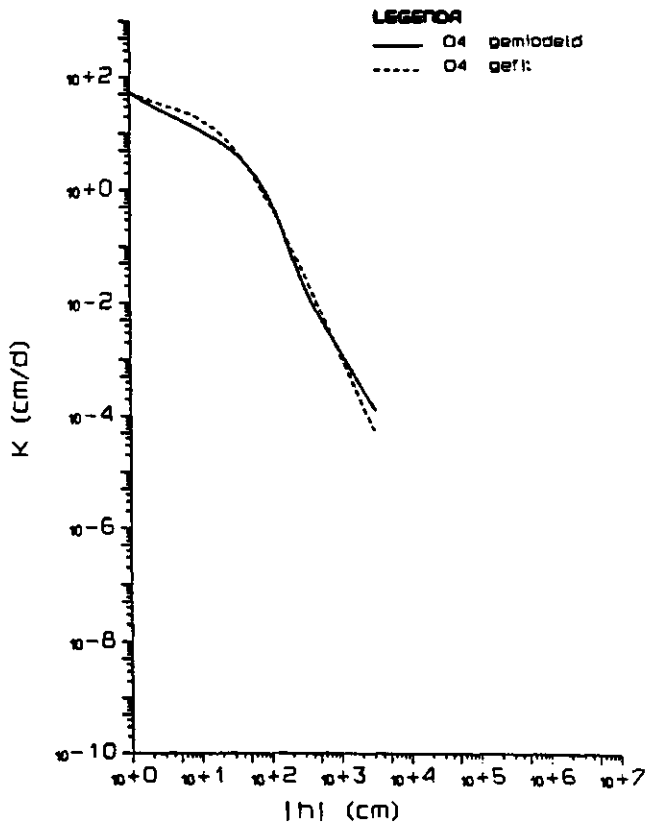


waterretentiekarakteristiek

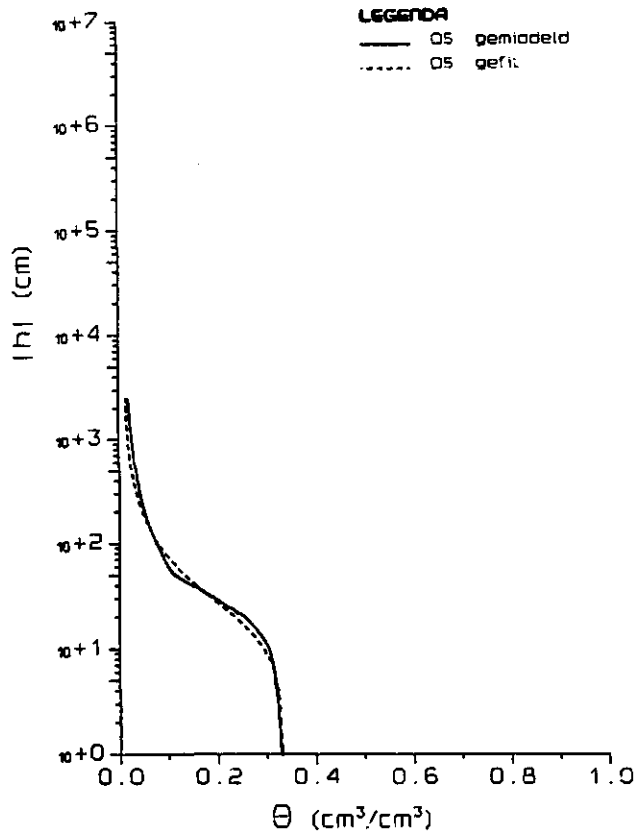
42



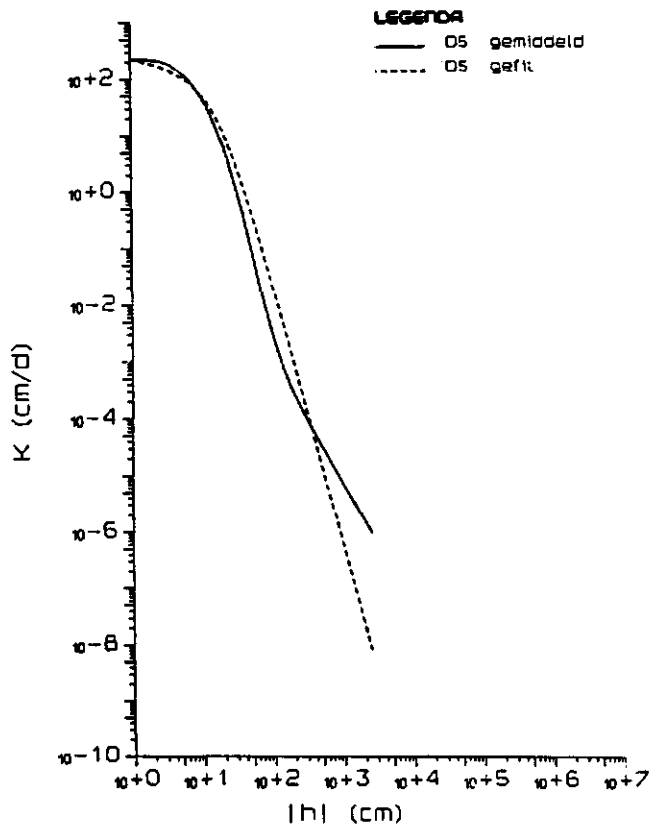
doorlatendheidskarakteristiek



waterretentiekarakteristiek

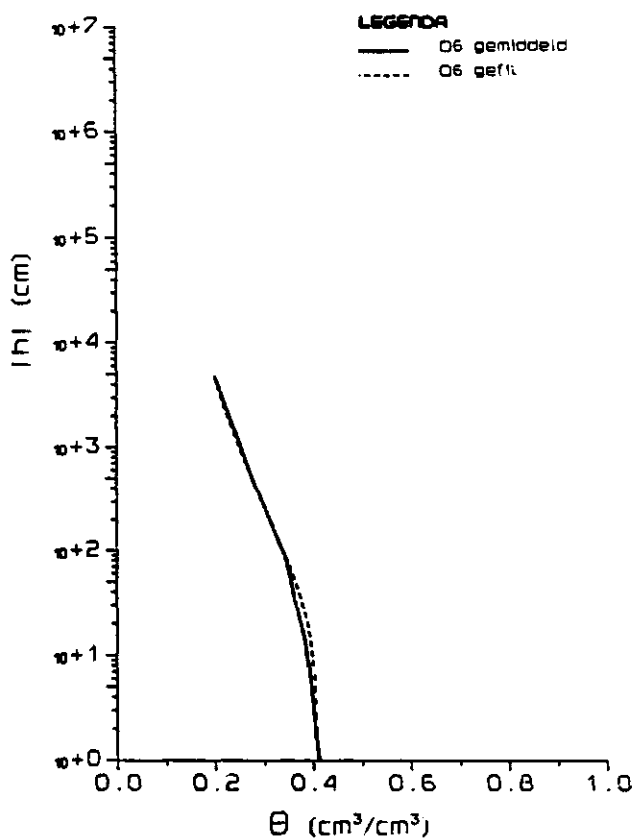


doorlatendheidskarakteristiek

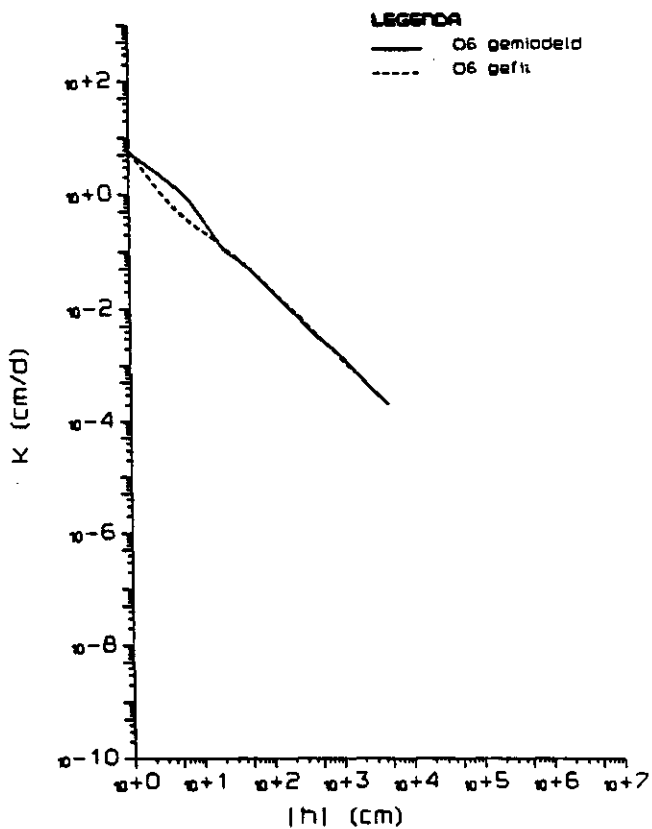


waterretentiekarakteristiek

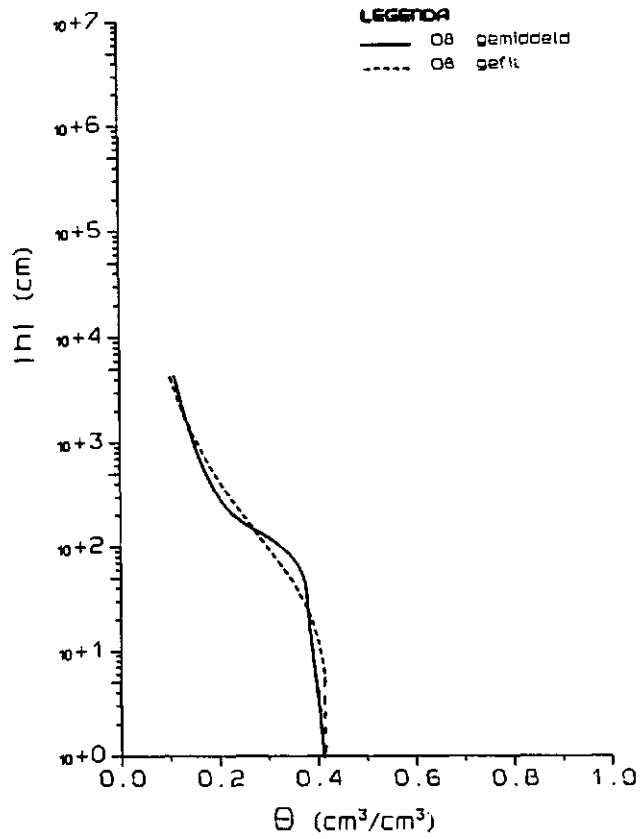
44



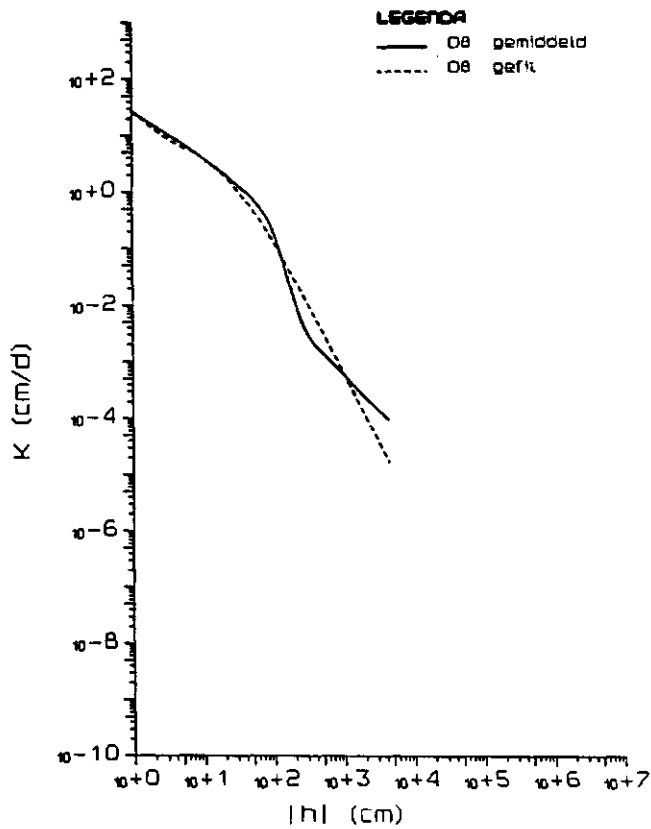
doorlatendheidskarakteristiek



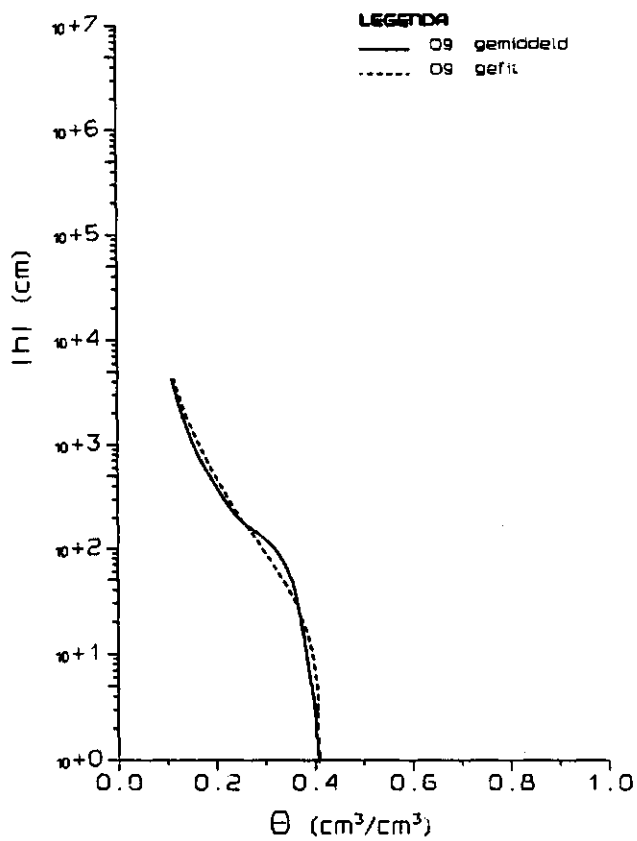
waterretentiekarakteristiek



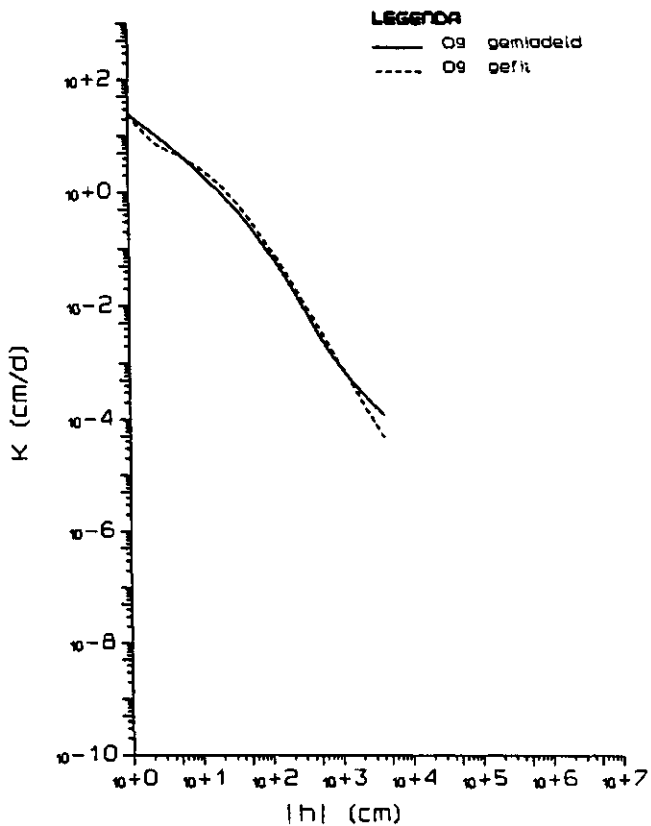
doortatendheidskarakteristiek



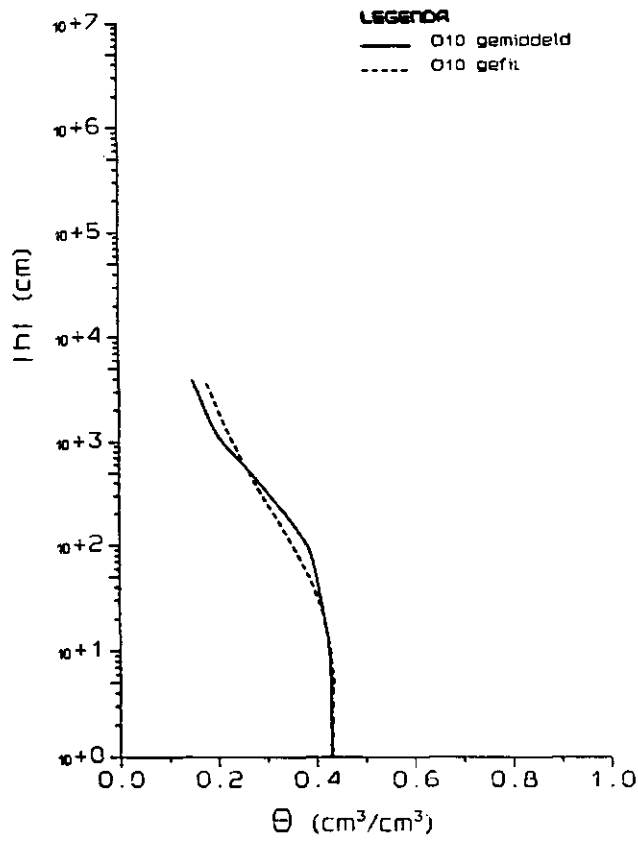
waterrretiekarakteristiek



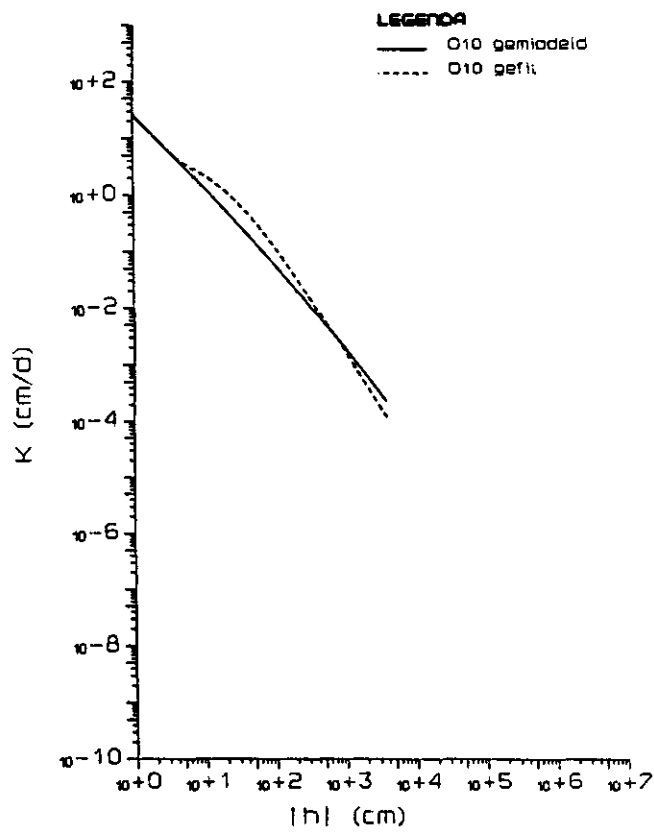
doorlatendheidskarakteristiek



waterretentiekarakteristiek

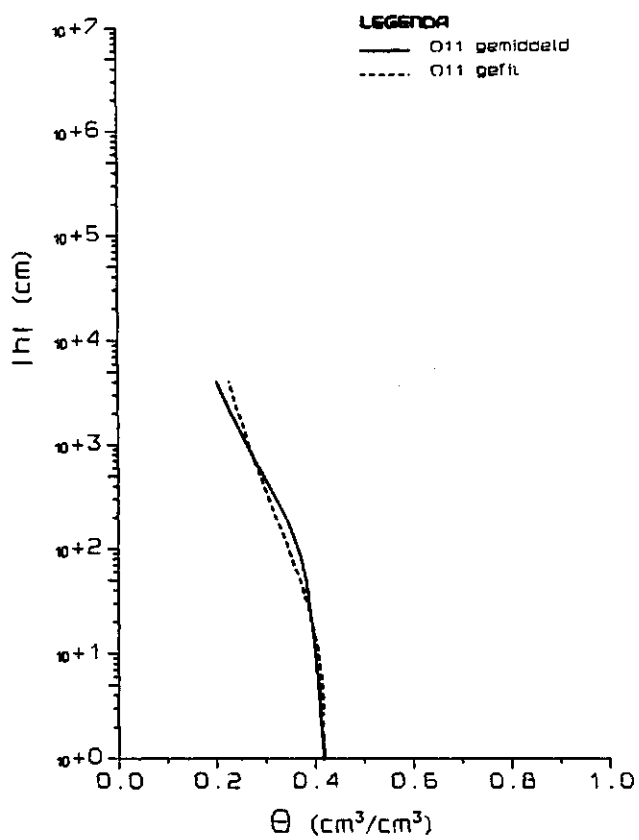


doorlatendheidskarakteristiek

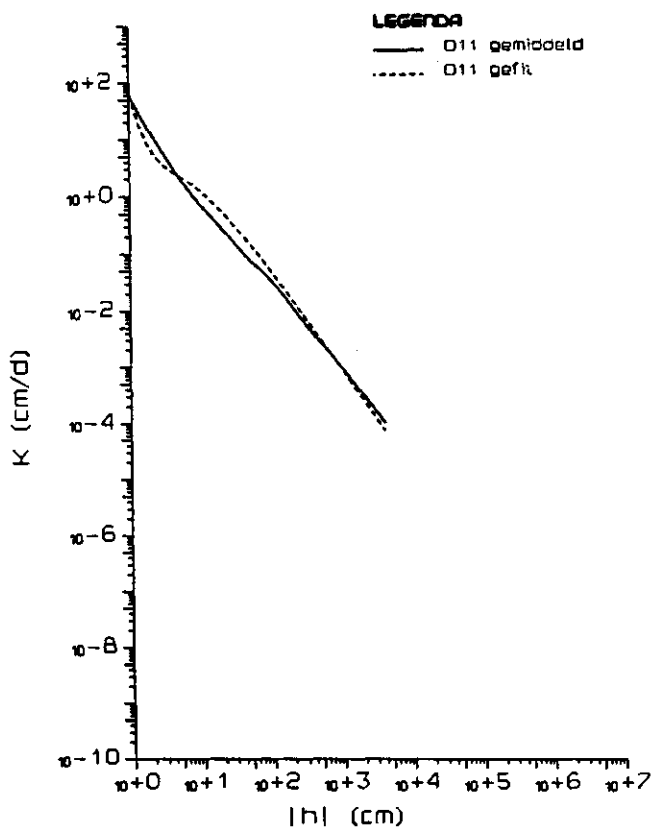


waternetentiekarakteristiek

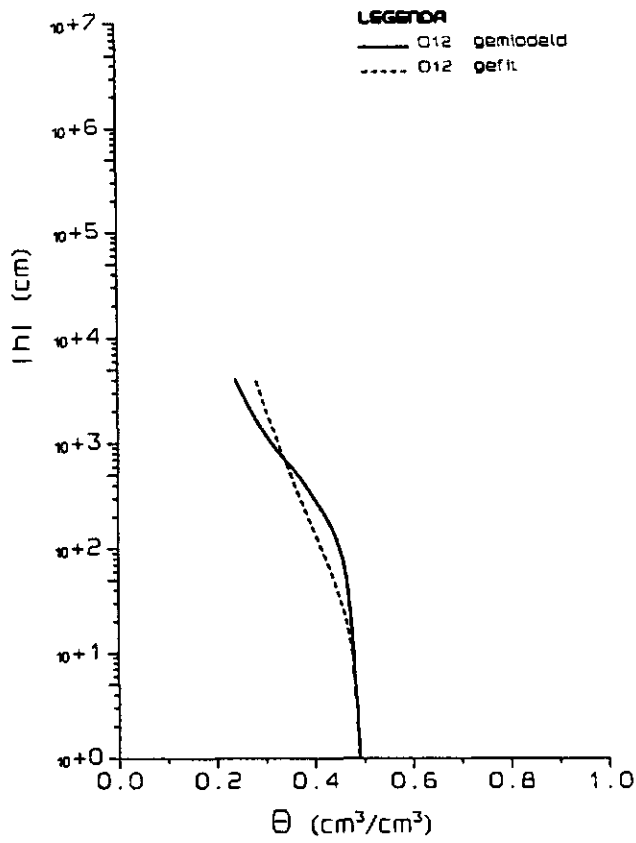
48



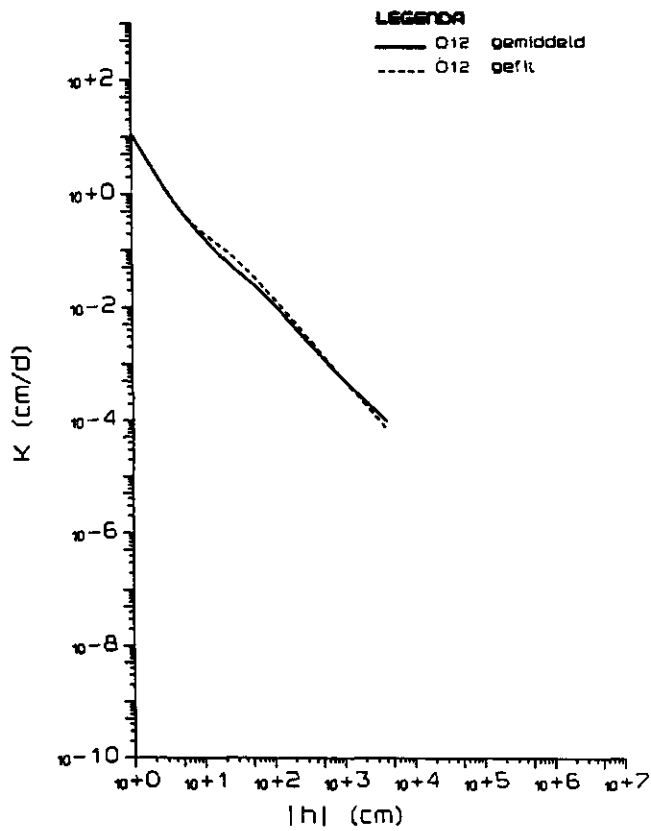
doorlatendheidskarakteristiek



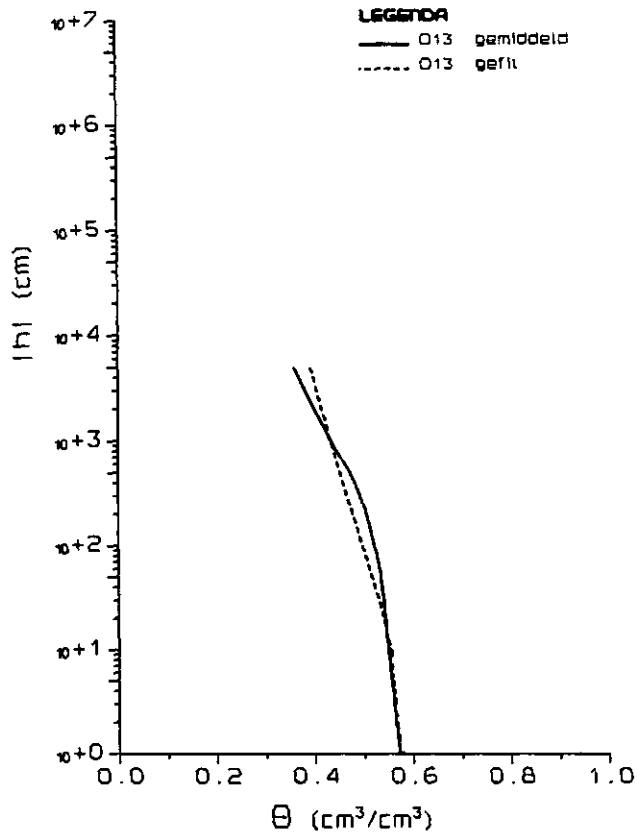
waterretentiekarakteristiek



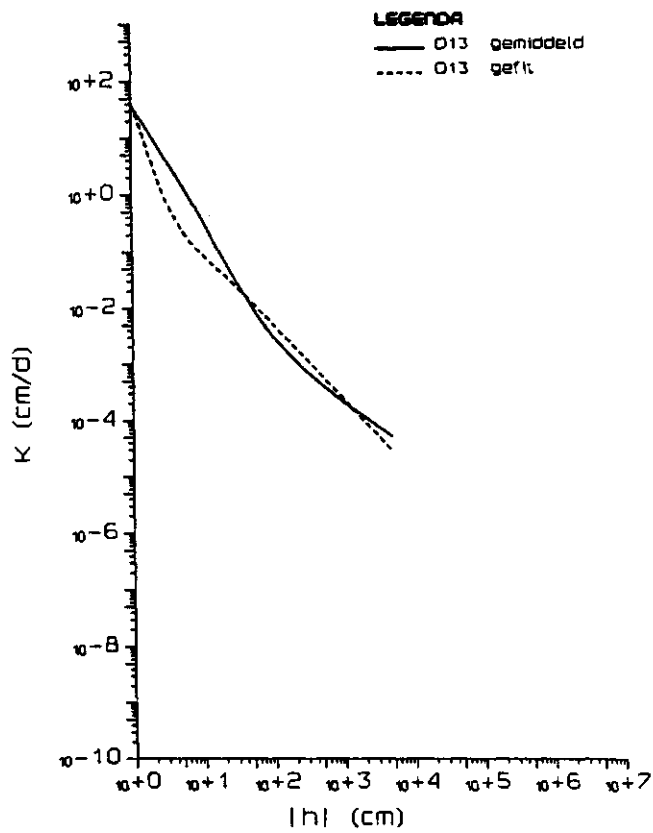
doorlatendheidskarakteristiek

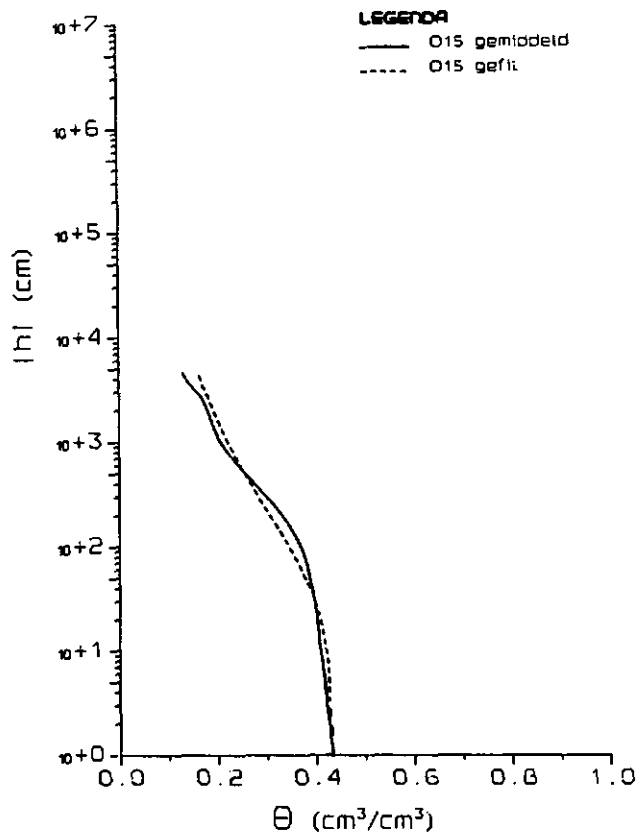


waterretentie karakteristiek

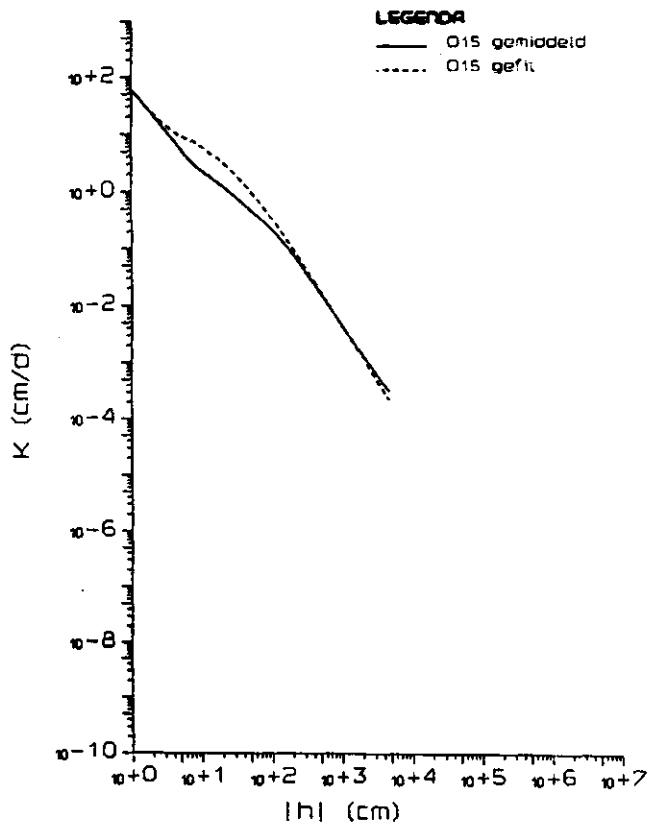


doorlatendheidskarakteristiek



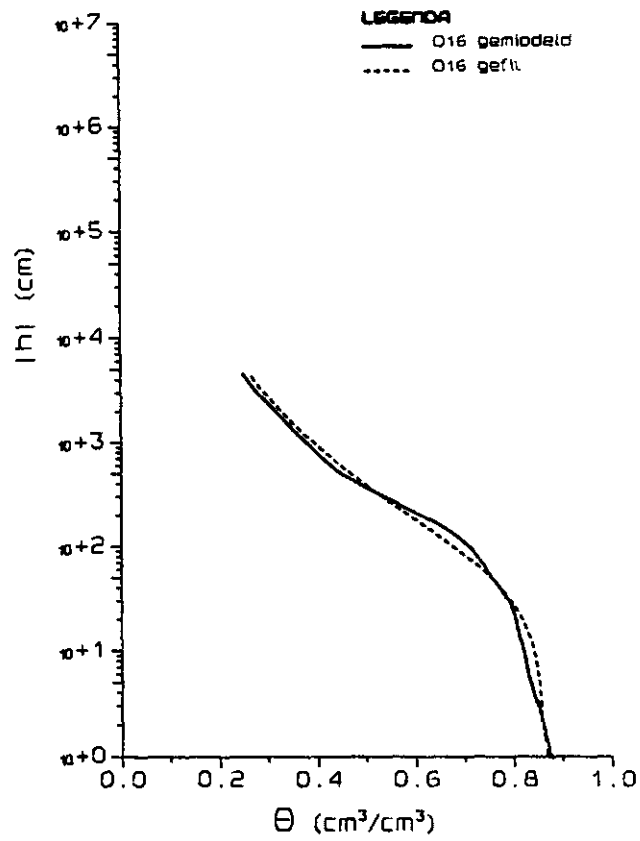


doorlatendheidskarakteristiek

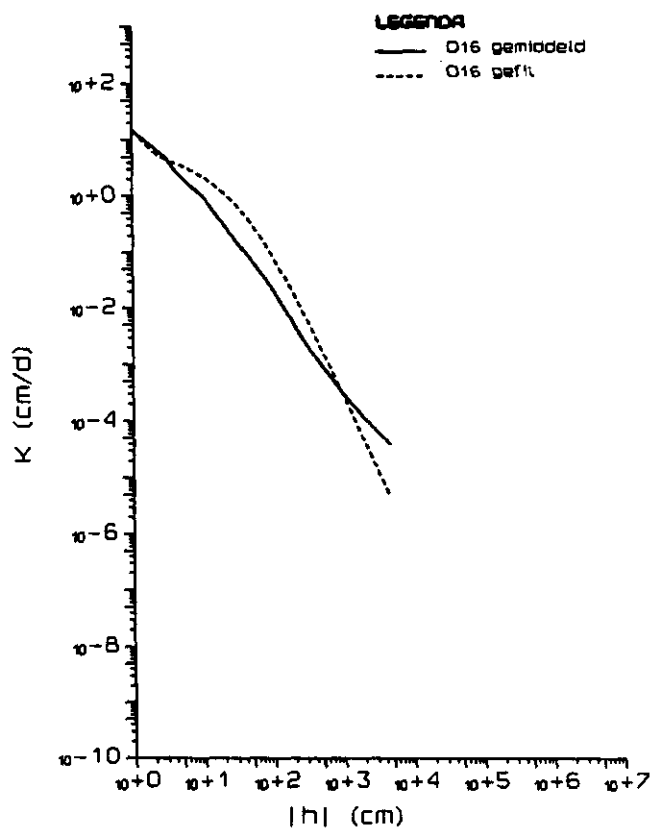


waterretentiekarakteristiek

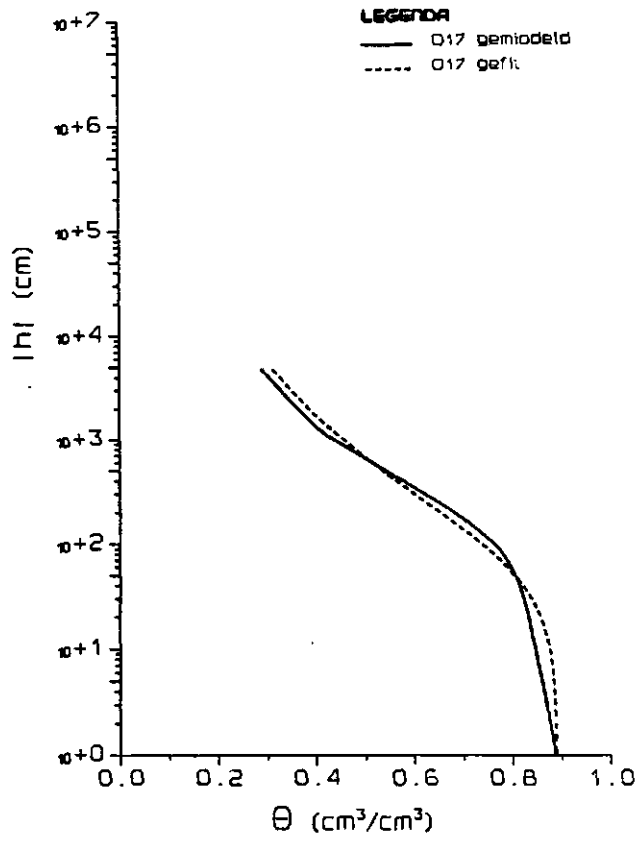
52



doorlatendheidskarakteristiek



waterretentiekarakteristiek



doorlatendheidskarakteristiek

