

PM+ Van Abbe
Stratumsedijk 10
5611 ND Eindhoven

Betreft: Infiltratieonderzoek Kromveld (ong.) in Deurne.

Best, 18 januari 2021

Geachte heer,

Op uw verzoek heeft Landslide milieu-adviesbureau een infiltratieonderzoek uitgevoerd ter plaatse van de locatie Kromveld (ong.) in Deurne. De locatie is onbebouwd. Omdat het voornemen bestaat om op deze locatie (zie figuur 1) 3 woningen te bouwen, waarvan het hemelwater afkomstig van nieuw verhard oppervlak in de bodem geïnfiltreerd moet worden, is op vrijdag 14 januari jl. een infiltratieonderzoek uitgevoerd. Deze briefrapportage beschrijft de uitkomsten van dit onderzoek.

Figuur 1: Situering (links) en impressie (rechts) van de onderzoekslocatie Kromveld (ong.) in Deurne.



1. Opzet infiltratieonderzoek

Ter plaatse van de onderzoekslocatie zijn 6 infiltratiemetingen uitgevoerd in de onverzadigde zone (boven de grondwaterspiegel), is het grondwaterpeil in een bestaande peilbuis gemeten en zijn 3 boringen geplaatst tot een maximale diepte van 2,27 meter minus maaiveld (m-mv). In de ondiepe bovengrond tot maximaal 0,7 m-mv zijn 3 dubbele-ring-infiltratiemetingen uitgevoerd waarbij de verticale waterdoorlatendheid (K_v) van de bovengrond gemeten is. Dieper in de ondergrond tot maximaal 2,04 m-mv zijn 3 metingen met de omgekeerde boorgatmethode uitgevoerd waarbij de horizontale waterdoorlatendheid (K_h) is gemeten. De boorprofielen zijn opgenomen in bijlage A en de uitwerking van de afzonderlijke infiltratiemetingen in bijlage B (dubbele-ring-infiltratiemetingen) en in bijlage C (omgekeerde putproeven).



2. Bevindingen

Tot de geboorde einddiepte bestaat de bodem uit fijn tot matig fijn zand. Tot circa 0,7 m-mv zijn bijmengingen met leem (lemig zand) aangetroffen. Daarna wordt de bodem steeds zandiger en wordt niet of nauwelijks meer leem aangetroffen (bijlage A). Op basis van de bodemopbouw wordt ondiep een beperkte tot matige infiltratiecapaciteit verwacht, maar neemt de infiltratiecapaciteit met de diepte snel toe tot goed of zeer goed. De situering van alle meetpunten en van de bestaande peilbuis is weergegeven in figuur 2. In deze figuur is ook de ligging van de aangrenzende begraafplaats opgenomen.

Figuur 2: Situering van de 3 dubbele-ring-infiltratiemetingen (RM1 t/m RM3), de 3 omgekeerde putproeven (OP1 t/m OP3) en de bestaande peilbuis ter plaatse van de onderzoekslocatie en de ligging van de begraafplaats.



Uit de meetresultaten blijkt, dat de bodemopbouw een goede indicator is voor de doorlatendheid. Vanaf het maaiveld tot een diepte van 0,7 m-mv zijn K_v -waarden gemeten die variëren van 0,3 tot 1,8 m/d. Infiltratie van hemelwater in dit traject is, zeker naar verloop van tijd, “beperkt tot matig”. Dieper beneden maaiveld, in het traject 1,27 tot 2,04 m-mv, zijn K_h -waarden gemeten die variëren van 22,7 tot 31,8 m/d. Deze laag is zeer goed waterdoorlatend en geschikt voor infiltratie (tabel 1).



Tabel 1: Overzicht meetwaarden Kromveld (ong.) Deurne.

1.	RM1	K _v 0,6 m/d	0,35 m-mv	zwak lemig fijn zand	X 184.183	Y 387.231
2.	RM2	K _v 1,8 m/d	0,70 m-mv	(matig) fijn zand	X 184.174	Y 387.213
3.	RM3	K _v 0,6 m/d	0,35 m-mv	zwak lemig fijn zand	X 184.197	Y 387.225
4.	OP1	K _h 22,7 m/d	1,27-1,60 m-mv	(matig) fijn zand	X 184.194	Y 387.237
5.	OP2	K _h 22,9 m/d	1,61-2,04 m-mv	(matig) fijn zand	X 184.169	Y 387.218
6.	OP3	K _h 31,8 m/d	1,37-1,92 m-mv	(matig) fijn zand	X 184.188	Y 387.216
7.	PB1	n.v.t.	2,5 m-mv	onbekend	X 184.175	Y 387.217

3. Conclusies en aanbevelingen

Ter plaatse van de onderzoekslocatie is de bodem vanaf een diepte van circa 1,15 m-mv tot de geboorde einddiepte zeer goed doorlatend. Deze laag is geschikt voor het infiltreren van hemelwater. Het grondwaterpeil bevond zich op vrijdag 14 januari 2022 (hydrologische winter) op 2,5 m-mv. Daarmee is ook de onverzadigde laag boven het (hoogste) grondwaterpeil voldoende dik om hemelwater te infiltreren.

Een van de mogelijkheden om op deze locatie hemelwater te infiltreren, is om infiltratiesleuven aan te leggen met daarin een infiltratie- en transportriool, al dan niet met een overloop naar het gemeentelijke rioolstelsel. De detailuitwerking daarvan kan in een later stadium plaatsvinden, wanneer de omvang van de toename van het verhard oppervlak en de situering daarvan bekend zijn.

Mocht u naar aanleiding van het uitgevoerde onderzoek of de rapportage daarvan nog vragen of opmerkingen hebben, dan verneem ik die graag.

Met vriendelijke groeten,

*Landslide milieu-
adviesbureau*

Bijlage A Boorprofielen

Bijlage B Dubbele-ring-infiltratiemetingen

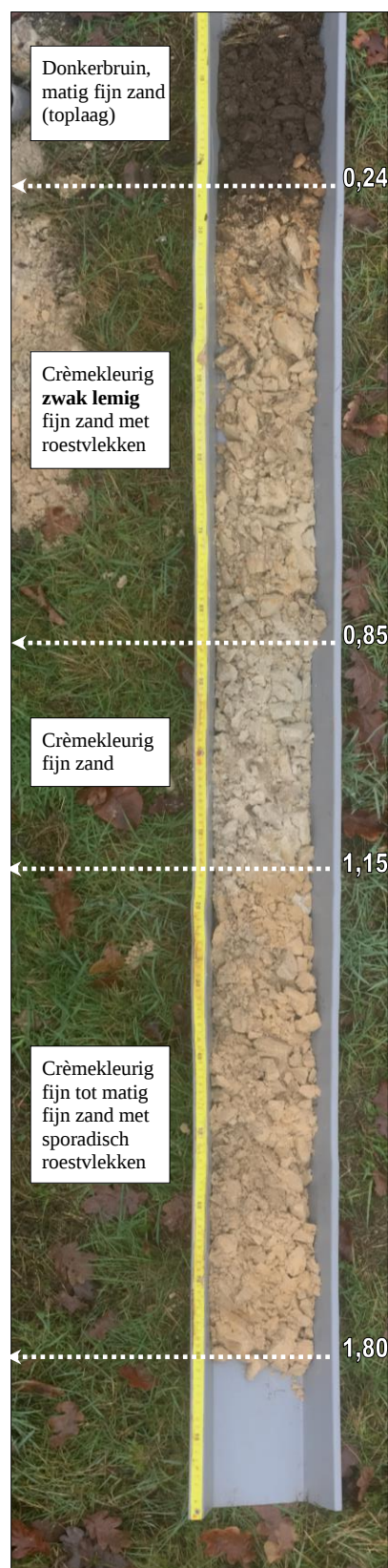
Bijlage C Omgekeerde putproeven



Bijlage A

Boorprofielen





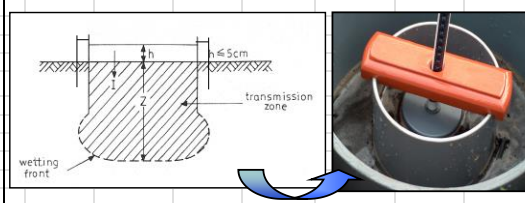
Bijlage B

Dubbele-ring-infiltratiemetingen



Berekenen van de verticale doorlatendheid (K_v) in de onverzadigde zone met behulp van de dubbele-ring-infiltrometer

Methode:



Uitvoering:

1. Ringen correct installeren (h maximaal 5 cm!)
2. Onverzadigde zone voldoende (voor)verzadigen
3. Infiltratiemeting per meettraject in 3-voud uitvoeren
4. Meettabel invoeren en gemiddelde van 3 metingen berekenen

minuten cm	1 ^e serie	2 ^e serie	3 ^e serie
0:00	24,0		
13:00	23,5		
25:00	23,0		

0,6 m/d K_{sat} gemiddeld (berekend via l_{final})

Berekening:

1. K_{sat} berekenen volgens rekenmethode 1
2. Indicatieve foutmarge in rapportage vermeld

Rekenmethode 1 (Bron: Smedema en Reyrcroft, Londen, 1983)

Determination of the hydraulic conductivity

353

16.3.1 Infiltrometer-method

An infiltration measurement is carried out, using either a single or a double ring infiltrometer. Measurements can be made at the surface or at different depths below the soil surface (on 'steps' in a profile pit see figure 16.1). The infiltration rate (I) of water into the soil is governed by Darcy's Law:

$$I = K_s \frac{h+z-P}{z} \quad \dots \dots \dots (\text{eq. 16.4})$$

where: I = infiltration rate (m.day^{-1})
 K_s = hydraulic conductivity of the soil at moisture content θ (m.day^{-1})
 h = water depth on the soil surface (m)
 z = depth to the wetting front (m)
 P = soil water pressure at the wetting front, inside the transmission zone (m)

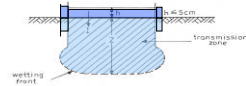


FIGURE 16.10 Single ring infiltration measurement

The moisture content in the transmission zone becomes virtually saturated so that $\theta \rightarrow \theta_{sat}$ and $P \rightarrow 0$ (this applies to most medium/heavy textured soils, but not for coarse textured soils). When $\theta \rightarrow \theta_{sat}$, also $K_s \rightarrow K_{sat}$. After prolonged infiltration, z becomes relatively large compared to $(h-P)$ so that the hydraulic gradient approaches unity ($\frac{h+z-P}{z} \rightarrow 1$).

$$\text{So:} \quad I_{final} = K_s \frac{h+z-P}{z} \sim K_{sat}$$

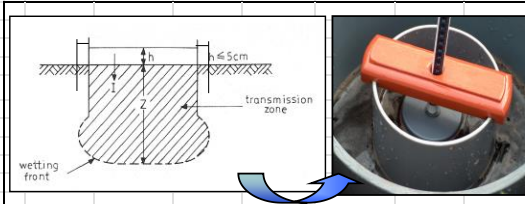
Evaluation

- (a) This method measures K_s (vertical hydraulic conductivity).
- (b) The method is simple but is not very accurate due to:
 - I_{final} only approximates K_{sat} (see above)
 - soil variability (small volume of soil involved; at least 3 replicates should be made to arrive at a reasonably reliable value)
 - disturbance of soil when driving the infiltrometer ring into the soil.

Datum: 14 januari 2022
 Locatie: Kromveld (ong.) Deurne
 Meetpuntnummer: RM-meetpunt 1
 Projectnummer: 2021-12-001
 Meetdiepte: 0,35 m -mv

Berekenen van de verticale doorlatendheid (K_v) in de onverzadigde zone met behulp van de dubbele-ring-infiltrometer

Methode:



Uitvoering:

1. Ringen correct installeren (h maximaal 5 cm!)
2. Onverzadigde zone voldoende (voor)verzadigen
3. Infiltratiemeting per meettraject in 3-voud uitvoeren
4. Meettabel invoeren en gemiddelde van 3 metingen berekenen

minuten cm	1 ^e serie	2 ^e serie	3 ^e serie
0:00	25,5		
14:00	23,7		
19:00	23,1		

1,8 m/d K_{sat} gemiddeld (berekend via l_{final})

Berekening:

1. K_{sat} berekenen volgens rekenmethode 1
2. Indicatieve foutmarge in rapportage vermeld

Rekenmethode 1 (Bron: Smedema en Reyrcroft, Londen, 1983)

Determination of the hydraulic conductivity

353

16.3.1 Infiltrometer-method

An infiltration measurement is carried out, using either a single or a double ring infiltrometer. Measurements can be made at the surface or at different depths below the soil surface (on 'steps' in a profile pit see figure 16.1). The infiltration rate (I) of water into the soil is governed by Darcy's Law:

$$I = K_s \frac{h+z-P}{z} \quad \dots \dots \dots (\text{eq. 16.4})$$

where: I = infiltration rate (m.day^{-1})
 K_s = hydraulic conductivity of the soil at moisture content θ (m.day^{-1})
 h = water depth on the soil surface (m)
 z = depth to the wetting front (m)
 P = soil water pressure at the wetting front, inside the transmission zone (m)

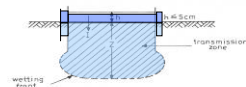


FIGURE 16.10 Single ring infiltration measurement

The moisture content in the transmission zone becomes virtually saturated so that $\theta \rightarrow \theta_{sat}$ and $P \rightarrow 0$ (this applies to most medium/heavy textured soils, but not for coarse textured soils). When $\theta \rightarrow \theta_{sat}$, also $K_s \rightarrow K_{sat}$. After prolonged infiltration, z becomes relatively large compared to $(h-P)$ so that the hydraulic gradient approaches unity ($\frac{h+z-P}{z} \rightarrow 1$).

$$\text{So:} \quad I_{final} = K_s \frac{h+z-P}{z} \sim K_{sat}$$

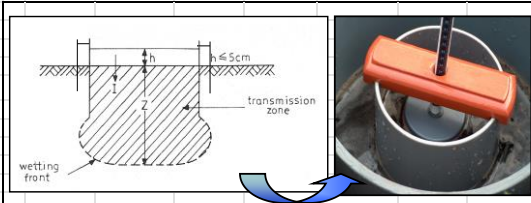
Evaluation

- (a) This method measures K_s (vertical hydraulic conductivity).
- (b) The method is simple but is not very accurate due to:
 - I_{final} only approximates K_{sat} (see above)
 - soil variability (small volume of soil involved; at least 3 replicates should be made to arrive at a reasonably reliable value)
 - disturbance of soil when driving the infiltrometer ring into the soil.

Datum: 14 januari 2022
 Locatie: Kromveld (ong.) Deurne
 Meetpuntnummer: RM-meetpunt 2
 Projectnummer: 2021-12-001
 Meetdiepte: 0,70 m -mv

Berekenen van de verticale doorlatendheid (K_v) in de onverzadigde zone met behulp van de dubbele-ring-infiltrometer

Methode:



Uitvoering:

1. Ringen correct installeren (h maximaal 5 cm!)
2. Onverzadigde zone voldoende (voor)verzadigen
3. Infiltratiemeting per meettraject in 3-voud uitvoeren
4. Meettabel invoeren en gemiddelde van 3 metingen berekenen

minuten cm	1 ^e serie	2 ^e serie	3 ^e serie
0:00	22,5		
18:00	22,1		

0,3 m/d K_{sat} gemiddeld (berekend via I_{final})

Berekening:

1. K_{sat} berekenen volgens rekenmethode 1
2. Indicatieve foutmarge in rapportage vermeld

Rekenmethode 1 (Bron: Smedema en Reyrcroft, Londen, 1983)

Determination of the hydraulic conductivity

353

16.3.1 Infiltrometer-method

An infiltration measurement is carried out, using either a single or a double ring infiltrometer. Measurements can be made at the surface or at different depths below the soil surface (on 'siege' in a profile pit see figure 16.1). The infiltration rate (I) of water into the soil is governed by Darcy's Law:

$$I = K_s \frac{h+z-P}{z} \quad \dots \text{(eq. 16.4)}$$

where: I = infiltration rate (m.day^{-1})
 K_s = hydraulic conductivity of the soil at moisture content θ (m.day^{-1})
 h = water depth on the soil surface (m)
 z = depth to the wetting front (m)
 P = soil water pressure at the wetting front, inside the transmission zone (m)

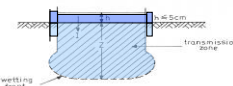


FIGURE 16.10 Single ring infiltration measurement

The moisture content in the transmission zone becomes virtually saturated so that $\theta \rightarrow \theta_{sat}$ and $P \rightarrow 0$ (this applies to most medium/heavy textured soils, but not for coarse textured soils). When $\theta \rightarrow \theta_{sat}$ also $K_s \rightarrow K_{sat}$. After prolonged infiltration, z becomes relatively large compared to $(h-P)$ so that the hydraulic gradient approaches unity $\left(\frac{h+z-P}{z} \rightarrow 1 \right)$.

$$I_{final} = K_s \frac{h+z-P}{z} \rightarrow K_{sat}$$

Evaluation

- (a) This method measures K_s (vertical hydraulic conductivity).
- (b) The method is simple but is not very accurate due to:
 - I_{final} only approximates K_{sat} (see above)
 - soil variability (small volume of soil involved; at least 3 replicates should be made to arrive at a reasonably reliable value)
 - disturbance of soil when driving the infiltrometer ring into the soil.

Datum: 14 januari 2022
 Locatie: Kromveld (ong.) Deurne
 Meetpuntnummer: **RM-meetpunt 3**
 Projectnummer: 2021-12-001
 Meetdiepte: 0,40 m-mv



Bijlage C

Omgekeerde putproeven



<u>ALGEMEEN</u>			
Projectomschrijving:	Omgekeerde putproeven ten behoeve van doorlatendheidsbepaling in de onverzadigde zone		
Locatie:	Kromveld (ong.) Deurne		
Uitvoerder(s) veldwerk:			
Projectleider:			
Projectnummer opdrachtgever:	n.v.t.		
Datum uitvoering metingen:	14 januari 2022		
Meetpuntnummer:	Meetpunt 1 (OP1)		
	Enkele meetserie		
Uitwerking meetgegevens:			
Datum uitwerking:	17 januari 2022		
Projectnummer:	2021-12-001		
<u>MATEN MEETOPSTELLING</u>			
Meetpunt (mp) tot onderkant buis:	1.68	[m]	
Meetpunt tot maaiveld:	0.08	[m]	
Maaiveld (mv) tot onderkant buis:	1.60	[m]	
Diameter (2r) boorgat:	0.07	[m]	
Straal (r) boorgat (peilbuisdiameter):	0.035	[m]	
Onderzochte bodemlaag:	1,27-1,60	[m-mv]	tijdens beschouwde meetperiode
Grondwaterstand (bij benadering):	2,5	[m-mv]	
Voorverzadiging boorgat met peilbuis:	6	[liter]	
<u>MEETGEGEVENS MEETREEKS(EN)</u>			
Tijd (t) (seconden)	meter minus mp (m-mp)	meter minus mv (m-mv)	stijghoogte (h) (m + referentieniveau)
0	1.30	1.22	0.38
18	1.35	1.27	0.33
28	1.40	1.32	0.28
38	1.45	1.37	0.23
53	1.50	1.42	0.18
75	1.55	1.47	0.13
120	1.65	1.57	0.03
<u>HORIZONTALE DOORLATENDHEID (OMGEKEERDE BOORGATMETHODE)</u>			
$k = 1.15 * r \left[\frac{\log(h_0 + r/2) - \log(h_t + r/2)}{t} \right] \quad [m/d]$			
K_h = 22,7 m/d (meettraject: 18 tot 75 seconden & 0,13 tot 0,33 meter boven referentieniveau)			

ALGEMEEN			
Projectomschrijving:	Omgekeerde putproeven ten behoeve van doorlatendheidsbepaling in de onverzadigde zone		
Locatie:	Kromveld (ong.) Deurne		
Uitvoerder(s) veldwerk:			
Projectleider:			
Projectnummer opdrachtgever:	n.v.t.		
Datum uitvoering metingen:	14 januari 2022		
Meetpuntnummer:	Meetpunt 2 (OP2)		
	Enkele meetserie		
Uitwerking meetgegevens:			
Datum uitwerking:	17 januari 2022		
Projectnummer:	2021-12-001		
MATEN MEETOPSTELLING			
Meetpunt (mp) tot onderkant buis:	2.44	[m]	
Meetpunt tot maaiveld:	0.40	[m]	
Maaiveld (mv) tot onderkant buis:	2.04	[m]	
Diameter (2r) boorgat:	0.07	[m]	
Straal (r) boorgat (peilbuisdiameter):	0.035	[m]	
Onderzochte bodemlaag:	1,61-2,04	[m-mv]	tijdens beschouwde meetperiode
Grondwaterstand (bij benadering):	2,5	[m-mv]	
Voorverzadiging boorgat met peilbuis:	6	[liter]	
MEETGEGEVENS MEETREEKS(EN)			
Tijd (t) (seconden)	meter minus mp (m-mp)	meter minus mv (m-mv)	stijghoogte (h) (m + referentieniveau)
0	1.90	1.50	0.54
10	2.01	1.61	0.43
22	2.10	1.70	0.34
31	2.15	1.75	0.29
42	2.20	1.80	0.24
58	2.25	1.85	0.19
79	2.30	1.90	0.14
98	2.35	1.95	0.09
HORizontale DOORLATENDHEID (OMGEKEERDE BOORGATMETHODE)			
$k = 1.15 * r \left(\frac{\log(h_0 + r/2) - \log(h_t + r/2)}{t} \right) \quad [m/d]$			
$K_h = 22,9 \text{ m/d}$ (meettraject: 10 tot 79 seconden & 0,43 tot 0,14 meter boven referentieniveau)			

<u>ALGEMEEN</u>			
Projectomschrijving:	Omgekeerde putproeven ten behoeve van doorlatendheidsbepaling in de onverzadigde zone		
Locatie:	Kromveld (ong.) Deurne		
Uitvoerder(s) veldwerk:			
Projectleider:			
Projectnummer opdrachtgever:	n.v.t.		
Datum uitvoering metingen:	14 januari 2022		
Meetpuntnummer:	Meetpunt 3 (OP3)		
	Enkele meetserie		
Uitwerking meetgegevens:			
Datum uitwerking:	17 januari 2022		
Projectnummer:	2021-12-001		
<u>MATEN MEETOPSTELLING</u>			
Meetpunt (mp) tot onderkant buis:	2.45	[m]	
Meetpunt tot maaiveld:	0.53	[m]	
Maaiveld (mv) tot onderkant buis:	1.92	[m]	
Diameter (2r) boorgat:	0.07	[m]	
Straal (r) boorgat (peilbuisdiameter):	0.035	[m]	
Onderzochte bodemlaag:	1,37-1,92	[m-mv]	tijdens beschouwde meetperiode
Grondwaterstand (bij benadering):	2,5	[m-mv]	
Voorverzadiging boorgat met peilbuis:	10	[liter]	
<u>MEETGEGEVENS MEETREEKS(EN)</u>			
Tijd (t) (seconden)	meter minus mp (m-mp)	meter minus mv (m-mv)	stijghoogte (h) (m + referentieniveau)
0	1.80	1.27	0.65
7	1.90	1.37	0.55
17	2.00	1.47	0.45
30	2.10	1.57	0.35
49	2.20	1.67	0.25
75	2.30	1.77	0.15
<u>HORIZONTALE DOORLATENDHEID (OMGEKEERDE BOORGATMETHODE)</u>			
$k = 1.15 * r \left[\frac{\log(h_0 + r/2) - \log(h_t + r/2)}{t} \right] \quad [m/d]$			
$K_h = 31,8 \text{ m/d}$ (meettraject: 7 tot 75 seconden & 0,55 tot 0,15 meter boven referentieniveau)			