



UvA-DARE (Digital Academic Repository)

Onderzoek naar verzadigde doorlatendheid, textuur en samenstelling van enkele karakteristieke slecht doorlatende lagen in de ondergrond van de Mariapeel

Cammeraat, L.H.; Sevink, J.

Publication date

2024

License

Unspecified

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Cammeraat, L. H., & Sevink, J. (2024). *Onderzoek naar verzadigde doorlatendheid, textuur en samenstelling van enkele karakteristieke slecht doorlatende lagen in de ondergrond van de Mariapeel*. UvA Universiteit van Amsterdam, IBED.

General rights

It is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), other than for strictly personal, individual use, unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

Disclaimer/Complaints regulations

If you believe that digital publication of certain material infringes any of your rights or (privacy) interests, please let the Library know, stating your reasons. In case of a legitimate complaint, the Library will make the material inaccessible and/or remove it from the website. Please Ask the Library: <https://uba.uva.nl/en/contact>, or a letter to: Library of the University of Amsterdam, Secretariat, Singel 425, 1012 WP Amsterdam, The Netherlands. You will be contacted as soon as possible.



Onderzoek naar verzadigde doorlatendheid, textuur en samenstelling van enkele karakteristieke slecht doorlatende lagen in de ondergrond van de Mariapeel

L.H. Cammeraat en J. Sevink

IBED, Universiteit van Amsterdam, 16 december 2024

1. Inleiding.

Eerder onderzoek in Brabantse natuurgebieden met hangwatervennen en aanverwante slecht gedraineerde ecosystemen wees op een belangrijke rol in hun ontstaan en huidige functioneren van ondiep voorkomende lemige lagen, veelal ingeschakeld in dekzand en gekenmerkt als 'spekkoeklagen'. Ook in het gebied van de Mariapeel bij Helenaveen komen dit soort 'spekkoeklagen' voor, waarbij de behoefte ontstond tot nadere karakterisering van de verzadigde doorlatendheid van deze lagen, alsook hun feitelijke lemigheid en hun herkomst, afgeleid uit de samenstelling. Dit leidde tot onderzoek van een zestal spekkoeklagen, waarvan de resultaten gepresenteerd worden.

Bij eerder onderzoek, uitgevoerd aan het Beuven en de Groote Heide is eveneens aandacht besteed aan deze 'spekkoeklagen'. Voor zover relevant worden de resultaten van het onderzoek van de Mariapeel vergeleken met de resultaten van dit eerdere onderzoek.

2. Bemonstering

Op 6 locaties (zie tabel 1 en figuur 1) zijn elk 2 replica's van ongestoorde bodemonsters van 100 cm³ gestoken van de op 60-100 cm diepte voorkomende lemige lagen ('spekkoek'). De replica's werden op ongeveer 1 m van elkaar genomen. De ongestoord gestoken monsters zijn gebruikt voor de analyse van de verzadigde doorlatendheid (Ksat) en vervolgens voor de textuuranalyse. De diepte van de lemige laag werd van tevoren bepaald met een Edelmanboor. De locaties zijn gekozen op basis van de resultaten van de eerder uitgevoerde transectboringen (zie het rapport van Jansen et al. (2024): Samenvattende conclusies van de Ecohydrologische System Analyse van compartiment 1 in de Mariapeel), waarbij bodems zijn gekozen met relatief matig ontwikkelde lemige lagen. Immers, van sterk lemige lagen, die ook voorkomen in de Mariapeel, is op voorhand al duidelijk dat hun verzadigde doorlatendheid zeer laag is.

Tabel 1. Monsterlocatie en diepte (* locaties in Nederlands RD systeem)

Nummer	Monster diepte (cm beneden maaiveld)	Datum	X-coördinaat*	Y-coördinaat*
1	100	2-10-2024	192849	379670
2	100	2-10-2024	192803	379326
3	90	2-10-2024	192835	379224
4	100	2-10-2024	192799	379092
5	60	2-10-2024	192564	378977
6	70	2-10-2024	193225	378423



Figuur 1: Locatie van de monsterpunten (beeld Google Earth)

3. Laboratoriummethoden.

3.1 *Verzadigde doorlatendheid (Ksat)*

De ongestoorde monsters met een volume van 100 cm^3 zijn voor de analyse verzadigd met water door volledige onderdompeling voor 24 uur, en vervolgens gemeten met de 'falling head' methode op een Ksat apparaat van de firma METER (München). Water percoleert door het monster, loodrecht op de dwarsdoorsnede van de ring. De stroming (flow rate) en de hydraulische gradiënt worden vervolgens gemeten. De doorlatendheid (Ksat) wordt vervolgens berekend uit de volumetrische water flux gedeeld door het oppervlak van het monster (20 cm^2), de tijd, en de lengte van de bodemkolom van het monsters (5 cm), en de gradiënt van de 'hydraulic head' over de stroomrichting, volgens de stromingswet van Darcy. De metingen zijn uitgevoerd bij kamertemperatuur (ongeveer $20 \text{ }^\circ\text{C}$) en de gerapporteerde Ksat waarden zijn genormaliseerd naar $10 \text{ }^\circ\text{C}$. De uitkomsten zijn berekend met de software die bij het instrument is geleverd

3.2 *Bulk density*

De bulk density van het monster werd bepaald direct na de Ksat analyse door het drooggewicht van het monster te bepalen en te delen door het volume (100 cm^3) van het monster.

3.3 Textuur

De textuur werd bepaald, na het malen van het gedroogde monster in een vijzel en droog gezeefd over een 150 μm zeef. Vijf gram van de fijnere fractie ($<150 \mu\text{m}$) is gesuspenderd in demiwater met calgon oplossing als dispergeermiddel en is vervolgens geanalyseerd met een Micromeritics SediGraph III 5210 deeltjesgrootte-analysator, terwijl de fractie $>150 \mu\text{m}$ is onderverdeeld via het zeven van de gedroogde fractie over een set van zeven met verschillende doorlaatgroottes. De fractie $> 60 \mu\text{m}$ wordt als zand beschouwd.

4. Resultaten Ksat

4.1 Mariapeel

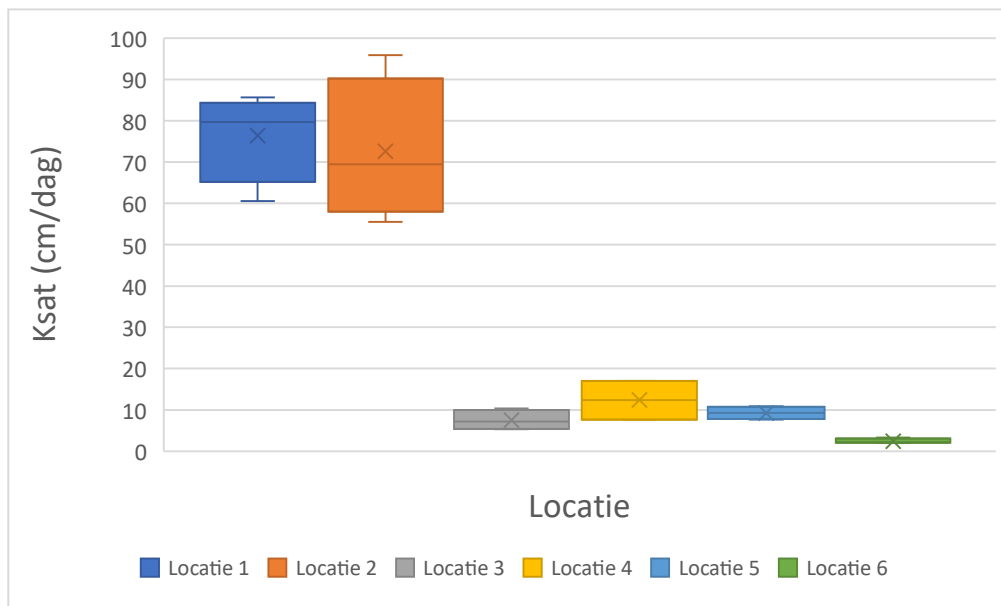
De resultaten van de verzadigde hydraulische doorlatendheid metingen zijn weergegeven in tabel 2 (in cm/dag). Elke meting van elk deelmonsters is twee maal herhaald (duplo meting) en de gemiddelde waarde van de metingen met de standaarddeviatie is aangegeven in de 2^e en 3^e kolom van tabel 2. Daarnaast is ook de laagst gemeten waarde van de Ksat per deelmonster weergegeven (4^e kolom) en het gemiddelde van alle 4 metingen per locatie (5^e kolom).

Tabel 2: Resultaten verzadigde hydraulische doorlatendheid metingen (Ksat) genormaliseerd naar 10 °C.

Monster	Ksat	Ksat	Ksat	Ksat
	Gemiddelde (cm/dag)	Standaard deviatie (cm/ dag)	Minimum Waarde (cm/dag)	Gemiddelde alle metingen per monsters (cm/dag)
Locatie 1				
Monster 1A	73.09	17.72	60.57	76.38
Monster 1B	79.66	1.10	78.88	
Locatie 2				
Monster 2A	84.59	16.01	73.27	72.58
Monster 2B	60.57	7.21	55.47	
Locatie 3				
Monster 3A	5.45	0.33	5.29	7.52
Monster 3B	9.59	1.41	8.81	
Locatie 4				
Monster 4A	3657.60*	314.38	3507.84	1834.97
Monster 4B	12.34	8.55	7.66	
Locatie 5				
Monster 5A	10.63	0.18	10.37	9.26
Monster 5B	7.88	0.31	7.66	
Locatie 6				
Monster 6A	2.80	1.00	2.26	2.42
Monster 6B	2.04	0.07	2.00	

*afwijkende waarde

De resultaten geven aan dat de verzadigde doorlatendheid van de gemeten monsters een redelijk beperkte variatie vertoont tussen de 2-subsamples binnen 1 meter afstand van elkaar, maar dat de metingen per monster zelf een vrij grote standaarddeviatie kunnen hebben. Monster 4A lijkt een uitbuiters met zeer hoge doorlatendheden. Ook de waarden voor de 6 locaties verschillen aanzienlijk. De gevonden waarden komen echter overeen met waarden uit de literatuur die gebruikelijk zijn voor siltig zand ($86,4 - 0,86$ cm/dag; $10^{-5} - 10^{-7}$ m/s) en enkele met waarden voor siltige klei ($8,6 - 0,0086$ cm/dag; $10^{-6} - 10^{-9}$ m/s) en ook met de waarden die eerder gerapporteerd zijn (Beuven en Grootte Heide) uit onderzoek aan vergelijkbare afzettingen.



Figuur 2. Plots van de verzadigde doorlatendheid. De uitbuiters van monster 4A is hier weggelaten

De resultaten geven aan dat de verzadigde doorlatendheid van de gemeten monsters een redelijk beperkte variatie vertoont tussen de 2-subsamples binnen 1 meter afstand van elkaar, maar dat de metingen per monster zelf een vrij grote standaarddeviatie kunnen hebben. Monster 4A blijkt een uitbuiters te zijn met zeer hoge doorlatendheden. Ook de waarden voor de 6 locaties verschillen aanzienlijk. De gevonden waarden komen echter overeen met waarden uit de literatuur (zie o.a. Verzandvoort et al. 2012), die gebruikelijk zijn voor siltig zand ($86,4 - 0,86$ cm/dag; $10^{-5} - 10^{-7}$ m/s) en enkele met waarden voor siltige klei ($8,6 - 0,0086$ cm/dag; $10^{-6} - 10^{-9}$ m/s) en ook met de waarden die eerder gerapporteerd zijn (Beuven en Grootte Heide) uit onderzoek aan vergelijkbare afzettingen.

Er is duidelijk variatie tussen de verschillende monsterlocaties, maar ook binnen de monsterlocaties binnen 1 meter afstand (figuur 2). Opvallend is dat de doorlatendheid op Locatie 1 en Locatie 2 significant hoger is dan van Locatie 3 t/m 6 enerzijds en dat locatie 6 ook significant lager is dan locatie 3-5.

4.2 Vergelijking met Beuven en Grootte Heide

In tabel 3 en 4 staan de Ksat waarden gevonden voor monsters van het Beuven en Grootte Heide respectievelijk. Duidelijk is dat de waarden in dezelfde orde van grootte liggen, maar bij de Grootte Heide nog lagere doorlatendheidswaarden bereiken (<1 cm/dag).

Tabel 3: Analytische data van monsters van het Beuven

Monster	Ks (cm/dag)	Dry BD (g/cm3)	%>250/300	%250-125 300-150	%125-63 150-53	%<63/53	gem % <53	verschil
								org.stof
1.2	121.9	1.648	27	49	18	7		
1.1		1.647	42,7	41,5	10,9	5	1,2	3,7
1.3		1,740	45,6	36,3	10,6	8	3,4	4,1
2.1	38.6	1.571	34	52	12	2		
2.2		1.525	1,7	30,3	44,4	24	17,0	6,5
2.3		1.546	5,4	28,4	43,3	23	15,3	7,6
3.3	2.4	1.684	3	43	47	8		
3.1		1.787	22,7	44,7	17,7	15	13,2	1,7
3.2		1.692	21,0	46,7	19,8	13	9,5	3,1
4.3	10.1	1.686	43	46	10	2		
4.1		1.552	16,8	51,6	22,1	9	5,0	4,5
4.2		1.632	13,7	54,6	16,8	15	7,2	7,8
5.2	6.8	1.683	27	47	18	8		
5.1		1.680	30,1	54,6	10,6	5	2,9	1,8
6.2	4.0	1.780	14	32	38	17		
6.1		1.750	21,5	44,2	19,4	15	12,0	2,9
6.3		1.776	23,7	42,1	18,8	15	13,5	1,8
7.1	137.0	1.573						

Tabel 4: Ksat data van de Groote Heide

Monster	Ksat (Gemiddelde)	Ksat (Standaard Deviatie)	Ksat (Minimum waarde)	Ksat Gemid. waarde (3 sub-samples)
	(cm/dag)	(cm/dag)	(cm/dag)	(cm/dag)
Locatie 1				
Sample 1A	4,93	0,71	4,43	50,03
Sample 1B	101,52	17,72	88,99	
Sample 1C	45,76	3,62	43,46	
Locatie 2				
Sample 2A	34,68	6,86	26,96	23,12
Sample 2B	0,31	0,07	0,22	
Sample 2C	1,30	0,20	1,12	
Locatie 3				
Sample 3A	5,71	0,96	4,91	2,77
Sample 3B	1,63	0,46	1,24	
Sample 3C	0,98	0,43	0,59	
Locatie 4				
Sample 4A	6,99	6,80	2,06	117,36
Sample 4B	347,33	50,28	311,90	
Sample 4C	3,86	0,53	3,43	

Locatie 5				
Sample 5A	0,57	0,15	0,49	9,57
Sample 5B	3,43	0,21	3,22	
Sample 5C	27,71	1,09	0,56	

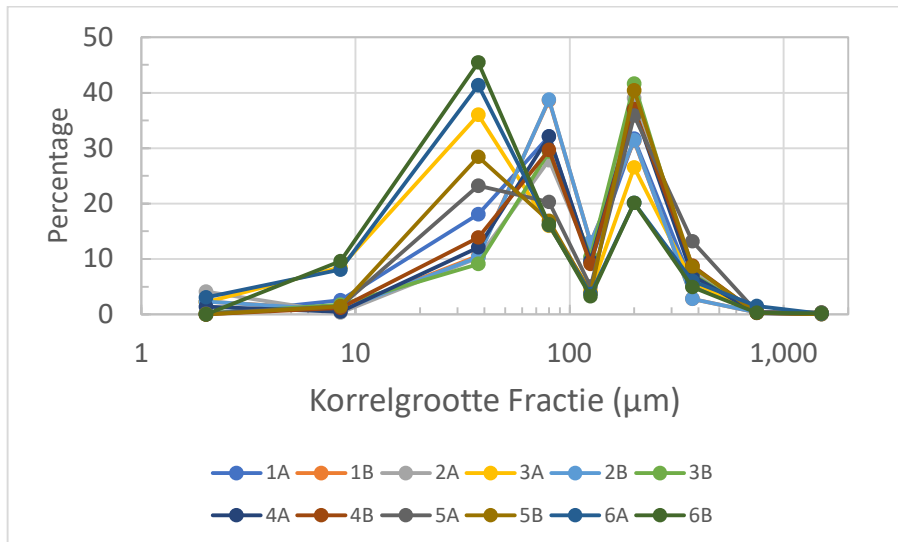
5. Resultaten Textuur en Bulk Density

5.1 Mariapeel

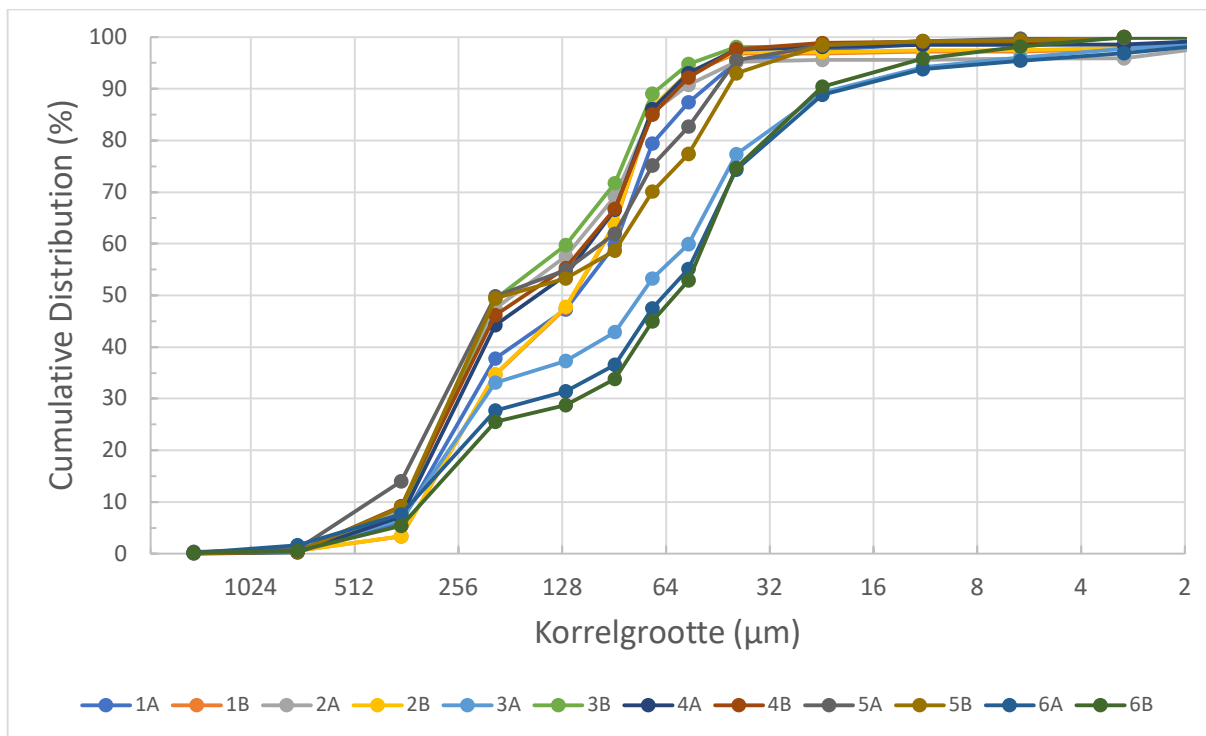
In tabel 4 wordt de textuur weergegeven, en de bulk density, waarbij de relatief fijne zand textuur duidelijk naar voren komt. De fractie 250-150 μm is in alle monsters relatief belangrijk. Figuur 3 laat zien dat alle monsters een dubbele piek hebben in de korrelgrootte verdeling, d.w.z. allemaal in de zand fractie 250-150 μm en een tweede in de silt fractie 60-15 μm of de zeer fijne zand fractie 100-60 μm .

Tabel 5. Textuur data van de Mariapeel

Monster	Korrelgrootte fracties (μm)								
	Waarde in procenten (%)								
	2000-1000	1000-500	500-250	250-150	150-100	100-60	60-15	15-2	<2
1A	0.2	0.4	5.5	31.7	9.5	32.1	18.1	2.5	0.0
1B	0.2	0.4	2.8	31.3	13.0	38.6	10.5	0.9	2.3
2A	0.1	0.4	7.9	39.0	10.2	27.8	10.2	0.3	4.1
2B	0.2	0.4	2.8	31.4	13.0	38.7	10.4	0.8	2.3
3A	0.3	0.4	5.8	26.5	4.2	15.9	36.0	8.5	2.2
3B	0.1	0.3	7.2	41.6	10.4	29.3	9.1	1.7	0.2
4A	0.0	0.2	7.0	37.0	9.7	32.1	12.1	0.5	1.4
4B	0.1	0.3	8.8	37.0	9.1	29.7	13.9	1.2	0.0
5A	0.3	0.5	13.2	35.8	5.1	20.3	23.2	1.5	0.2
5B	0.1	0.3	8.6	40.4	3.8	16.8	28.4	1.5	0.0
6A	0.1	1.5	6.0	20.1	3.7	16.1	41.3	8.1	3.1
6B	0.2	0.3	4.9	20.1	3.2	16.2	45.5	9.6	0.0



Figuur 3: Korrelgrootteverdeling van alle genomen monsters



Figuur 4: Cumulatieve korrelgrootte verdeling van alle monsters

Figuur 4 laat de cumulatieve verdeling zien. Monster 3A, 6A en 6B laten een duidelijk andere verdeling zien dan de overige monsters, en een iets fijnere en grotere 2^e piek in de korrelgrootte verdeling (figuur 3). Van de verdelingen zijn de zand, silt en klei fracties berekend en ook de gemiddelde korrelgroottes (arithmetrisch, geometrisch en volgens Folk and Ward; zie Blott & Pye, 2001) (Tabel 6). Geen van de berekende korrelgrootteparameters toonde een significante correlatie met de Ksat waarden, al dan niet loggetransformeerd, behalve voor de bulk density die wel een significante correlatie heeft met de loggetransformeerde Ksat waarden voor alle waarnemingen ($r^2 = 0.33$; $p = 0.05$) en een iets betere correlatie (r^2

=0.44; p=0.02) zonder de uitbijter van monster 4A. Zoals te verwachten valt, geeft een hogere bulkdichtheid een lagere verzadigde doorlatendheid.

De monsters tonen voor wat de Ksat betreft een duidelijke 2-deling in 2 groepen, locatie 1 en 2 met een significante hogere doorlatendheid dan voor locatie 3 tot en met 6, als we de uitbijter van locatie 4A buiten beschouwing laten. Al deze waarden zijn vergelijkbaar met eerdere metingen op Groote Heide en het Beuven en komen overeen met de waarden die je van siltig zand zou kunnen verwachten. Deze zelfde tweedeling zien we niet terug in de korrelgrootte verdeling, maar (in mindere mate) wel in de bulk dichtheid wat zich uit in een significante correlatie tussen de bulk dichtheid en de log getransformeerde Ksat waarden.

Wel is er een tweedeling in de korrelgrootteverdelingen met een verschuiving van de tweede piek van zeer fijn zand naar silt (monster 6A en B en 3A). Het is ook duidelijk dat de korrelgrootteverdeling 2 pieken vertoont: de grootste in de fijne zand fractie en een iets minder hoge tweede piek in de zeer fijn zand en silt fractie. Deze twee pieken kunnen geïnterpreteerd worden als het gevolg van een menging van 2 materialen, namelijk dekzand en löss of zandige löss. Uit visuele waarnemingen is ook duidelijk dat deze 2 materialen niet homogeen gemengd zijn, maar afgezet in verschillende laagjes van fijner en grover materiaal, waarbij de fijnere laagjes soms maar een enkele millimeter dik zijn. De zandfractie is ook duidelijk prominenter aanwezig dan de zeer fijne zand en silt fractie, welke laatste als het ware is ingesloten in het grovere materiaal. De fijnste laag in het sediment bepaalt de doorlatendheid. Als bij de bemonstering net de fijnste laag gemist is resulteert dit in een hogere doorlatendheid. Daarnaast is het ook aannemelijk dat de laterale continuïteit van de siltige laagjes laag is, d.w.z. dat deze laagjes niet doorlopen, waardoor er lateraal grote variaties in het profiel kunnen optreden in korrelgrootte en dus doorlatendheid. Deze sedimentopbouw is typisch voor de oorsprong van het materiaal, namelijk dekzand met dunne verspoelde löss laagjes, die vermoedelijk ook kryoturbaat gestoord zijn. Omdat de aanwezigheid van laagjes met fijn materiaal de maximale doorlatendheid bepaalt, is ook de laagst gemeten doorlatendheid per locatie weergegeven in tabel 2 (kolom 4).

Tabel 6. Ksat waarde, gemiddelde korrelgroottes, zand, silt en klei gehalten en de bulk dichtheid. De gemiddelde korrelgroottes zijn als arithmetrisch, geometrisch en volgen Folk & Ward (F&W) gegeven.

Monster nummer	Ksat (cm/dag)	logKsat (log cm/dag)	Gemiddelde Korrelgrootte			Zand (%)	Silt (%)	Klei (%)	Silt +Klei (%)	Bulk dichtheid (g/cm ³)
			Arithmetric (µm)	Geometric (µm)	F & W (µm)					
1A	73,1	1,864	229,0	152,1	155,3	79,1	19,6	1,4	20,9	1,64
1B	79,7	1,901	239,6	152,9	156,9	86,8	13,2	0,0	13,2	1,60
2A	84,6	1,927	267,3	168,2	198,6	85,4	10,5	4,1	14,6	1,66
2B	60,6	1,782	217,1	148,2	163,5	86,3	11,4	2,3	13,7	1,53
3A	5,4	0,736	194,9	98,5	108,0	70,3	26,8	2,9	29,7	1,69
3B	9,6	0,982	272,5	193,6	207,8	89,0	10,8	0,2	11,0	1,65
4A	3657,6	3,563	254,9	175,0	185,7	86,0	12,6	1,4	14,0	1,62
4B	12,3	1,091	266,3	182,8	192,9	85,0	15,0	0,0	15,0	1,62
5A	10,6	1,026	285,1	177,7	191,0	75,2	24,7	0,2	24,8	1,82
5B	7,9	0,897	262,0	165,4	178,7	70,1	29,9	0,0	29,9	1,84
6A	2,8	0,447	189,6	88,7	99,0	47,5	49,4	3,1	52,5	1,79
6B	2,0	0,310	164,9	87,7	94,9	45,0	55,0	0,0	55,0	1,74

De verschillen tussen de 2 replica metingen aan hetzelfde monster zijn waarschijnlijk te relateren aan interne degradatie of verandering van het monster zelf gedurende de meting. Dit kan optreden als water door het monster stroomt waarbij poriën dichtslibben of juist weer opengaan en daarmee de doorlatendheid beïnvloedt.

Monster 4A is een duidelijke uitbijter voor wat betreft de verzadigde doorlatendheid, maar niet qua korrelgrootteverdeling of bulkdichtheid. Waarschijnlijk is hier bij de monsternamen iets fout gegaan, waardoor extra percolatie door het monster op kon treden bij de Ksat meting, bijv. door scheurvorming.

7. Slotopmerkingen

De analyses aan de monsters van de Mariapeel bevestigen het beeld, dat eerder al was gevonden voor de 'spekkoek' van het Beuven en Groote Heide. De 'spekkoek' lagen vertonen een zeer lage doorlatendheid voor een relatief zandig materiaal. Dit gaat gepaard met een hogere bulkdichtheid als gevolg van de dichte pakking van de 'leemlagen', die vermoedelijk bestaan uit verspoelde löss. Dat hier inderdaad sprake is van verspoelde löss of zandige löss kan worden afgeleid uit de textuur (duidelijke top in de fractie 2-60 μm c.q. 60-80 μm).

8. Literatuur

Blott, S.J. and Pye, K., 2001. GRADISTAT: A grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms*, 26: 1237-1248

Verzandvoort, S. J. E., H. R. J. Vroon, J. G. Wesseling, Gerben Bakker, Klaas Oostindie, G. H. Stoffelsen, A. H. Heidema, and G. B. M. Heuvelink. Naar een database van bodemhydraulische karakteristieken voor Nederland. No. 2238. Alterra, 2012.