

RAPPORT

**Westdijk Bunschoten/Spakenburg:
Toepassing Thermische Gereinigde
Grond (TGG)**

Deelrapport grondwateronderzoek

Klant: Waterschap Vallei en Veluwe

Referentie: T&PBD9964R001D0.1

Versie: 0.1/Concept

Datum: 20 december 2017

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX Amersfoort
Netherlands
Transport & Planning
Trade register number: 56515154

+31 88 348 20 00 T
+31 33 463 36 52 F
info@rhdhv.com E
royalhaskoningdhv.com W

Titel document: Westdijk Bunschoten/Spakenburg: Toepassing Thermische Gereinigde Grond (TGG)
Ondertitel: Westdijk-TGG
Referentie: T&PBD9964R001D0.1
Versie: 0.1/Concept
Datum: 20 december 2017
Projectnaam: Westdijk-TGG
Projectnummer: BD9964
Auteur(s): ██████████

Opgesteld door: ██████████

Gecontroleerd door: ██████████

Datum/Initialen: 2017-12-20 / ██████████

Goedgekeurd door: ██████████

Datum/Initialen: 2017-12-20 / ██████████

Classificatie

Vertrouwelijk



Disclaimer

No part of these specifications/printed matter may be reproduced and/or published by print, photocopy, microfilm or by any other means, without the prior written permission of HaskoningDHV Nederland B.V.; nor may they be used, without such permission, for any purposes other than that for which they were produced. HaskoningDHV Nederland B.V. accepts no responsibility or liability for these specifications/printed matter to any party other than the persons by whom it was commissioned and as concluded under that Appointment. The integrated QHSE management system of HaskoningDHV Nederland B.V. has been certified in accordance with ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 and OHSAS 18001:2007.

Inhoud

1	Situatie	1
1.1	Situatie	1
1.2	Opzet	1
1.3	Samenvatting	2
2	Uitgevoerd onderzoek	3
2.1	Inventarisatie en beoordeling grondwatermeetgegevens onderzoek B-WARE	3
2.2	Kritische stoffen en verantwoording analysepakket meetronden	4
2.2.1	Opzet	4
2.2.2	Onderzoeksresultaten	5
2.3	Aard en omvang verontreinigingssituatie	8
2.3.1	Opzet	8
2.3.2	Onderzoeksresultaten	8
2.4	Trendanalyse	10
2.5	Stoftransport: relatie met het geohydrologisch onderzoek	10
2.6	Interpretatie: werking systeem	11
3	Conclusie	13

Bijlagen

1. Resultaten meetronde 1: september 2017
2. Resultaten meetronde 2, 3 en 4: oktober-november-december 2017
3. Resultaten uitgezet per bodemlaag en in de tijd (trend)
4. Ligging meetpunten: ruimtelijk en per transect

1 Situatie

1.1 Situatie

Het Waterschap Vallei & Veluwe (WSVV) heeft aan de Westdijk in Bunschoten/Spakenburg in 2016 (uitvoering) en 2017 (afwerking) een dijkversterking uitgevoerd door de binnenberm te vergroten. In de kern van de aanberming is thermisch gereinigde grond (TGG) toegepast, als bekleding is klei toegepast.

In de oppervlaktewater van de aanliggende sloot van de aanberming zijn stoffen gemeten waarvan de concentraties sterk afwijken ten opzichte van de omgeving. Op basis hiervan heeft het Waterschap Vallei en Veluwe (initiatiefnemer en eigenaar) een bodemonderzoek laten uitvoeren door B-WARE (Biogeochemical Watermanagement & Applied Research on Ecosystems) een het onderzoeksinstituut dat deel uitmaakt van de Radboud Universiteit Nijmegen. In het onderzoek van B-WARE ligt de nadruk op inzicht te krijgen en het begrijpen van chemische en ecologische bodemprocessen (identificatie bron en de potentiële effecten) en op basis hiervan een voorspelling te doen. De insteek van het B-WARE onderzoek is derhalve anders dan de wijze waarop de mate en omvang van de bodemverontreiniging van grond en grondwater wordt vastgesteld binnen de Nederlandse bodemwetgeving (Wet bodembescherming). Binnen de bodemwetgeving is het gebruikelijk om ook de bron te identificeren maar dan deze te koppelen aan de aard met omvang en op basis hiervan een maatregel te ontwerpen met de randvoorwaarden uit de Wet bodembescherming. Gevolg: de potentiële processen met potentiële effecten in de TGG-toepassing zijn benoemd maar er is geen inzicht in de bronsterkte en de mate van omvang van de ontstane bodemverontreiniging (het werkelijke effect) in de directe omgeving.

Het Waterschap Vallei en Veluwe (WSVV) wil zijn verantwoordelijkheid nemen en de ontstane verontreiniging aanpakken op de wijze zoals de Wet bodembescherming dit verplicht. Uit het B-WARE onderzoek blijkt dat het onder de TGG liggende grond niet negatief is beïnvloed door de TGG maar dat het grondwater ter plaatse is verontreinigd en dat via het grondwater het oppervlaktewater wordt verontreinigd. In welke mate en welke omvang het grondwater is verontreinigd is niet bekend. Dit is wel nodig voor het ontwerpen van een maatregel dat voldoet aan de randvoorwaarden uit de Wet bodembescherming. Vandaar dat er aanvullend onderzoek is geïnitieerd waarvan het grondwateronderzoek een onderdeel is. Het doel van het grondwateronderzoek is het inzichtelijk maken en begrijpen van de ontstane verontreinigingssituatie.

Dit deelrapport beschrijft het grondwateronderzoek en is één van de vier deelrapporten van het Eindrapport "Westdijk Bunschoten/Spakenburg: Toepassing Thermische Gereinigde Grond (TGG), Rapportage bodemsituatie in relatie tot artikel 13 wet bodembescherming.

1.2 Opzet

Het grondwateronderzoek bestaat uit de volgende onderdelen:

- Inventarisatie meetgegevens uit voorgaande meetronden en beoordelen op betrouwbaarheid.
- Vaststellen analysepakket kritische stoffen voor uitvoeren meetronden vanuit broninformatie en analyse grondwater dat in direct contact staat met de TGG.
- Uitvoeren van drie meetronden waarbij steeds meetpunten zijn toegevoegd om de verontreinigingssituatie beter te begrijpen.
- Vaststellen van de aard en omvang van de verontreiniging.
- Vaststellen van het verloop van de verontreinigingssituatie in de tijd (trend).
- Stofftransport : relatie met het geohydrologisch onderzoek.

- Conclusie over de huidige mate en omvang en de route van verspreiden inclusief de verwachting van het gedrag in de nabije en verre toekomst indien er geen maatregel wordt genomen.

1.3 Samenvatting

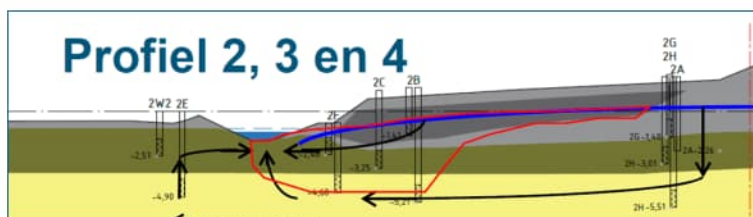
Het Waterschap Vallei en Veluwe (WSVV) wil de ontstane verontreiniging aanpakken op de wijze zoals de Wet bodembescherming dit verplicht en heeft inzicht nodig in de aard en omvang (horizontaal en verticaal) van de grondwaterverontreiniging en het grondwatersysteem. Deze informatie is één van de inputparameters voor het ontwerpen van een maatregel dat voldoet aan de randvoorwaarden uit de Wet bodembescherming.

Uit het grondwateronderzoek blijkt het grondwater in de TGG-toepassing sterk verontreinigd met molybdeen en dat de niet genormeerde stoffen in hoge concentraties aanwezig zijn, verder heeft dit grondwater hoge pH. In de veenlaag dat in direct contact staat met de TGG zijn hogere waarden gemeten dan in zijn directe omgeving. In de zandlaag daaronder zijn plaatselijk lichte verhogingen gemeten als in de directe omgeving. Op de overige meetpunten zijn de meetwaarden vergelijkbaar met de directe omgeving.

Voor het vaststellen van de omvang (horizontaal en verticaal) zijn alleen de meetwaarden van de stof bromide bruikbaar omdat bromide omdat deze lage en stabiele achtergrondwaarden heeft, geen retardatie en geen kation is dat uitwisselt met klei of veenlagen (CEC). De overige meetwaarden dienen om het verontreinigingsbeeld te verifiëren. Hetzelfde geldt voor het vaststellen van het verloop in concentratie in de tijd (trend).

Uit de relatie tussen het grondwateronderzoek en de geohydrologie blijkt dat de verontreiniging zich bevindt in de TGG/grondwater en dat er alleen verspreiding plaatsvindt ter plaatse van de voormalige sloot. Door de samenstelling van de bodem (klei en gezette veenlaag) en het gedrag van het grondwater is de contour van de verontreiniging stabiel en fungeert de sloot als afvoer van de verontreiniging. Het is maar de vraag of het sterker bemalen van de sloot effect heeft op de verspreiding, wel op de concentraties van de stoffen in het oppervlaktewater van de sloot. De sloot fungeert als een soort drain voor de afvoer van de verontreiniging. Hiermee is voorkomen dat de verontreiniging zich horizontaal of verticaal verspreidt.

Op basis van de onderzoeksresultaten is de horizontale en verticale contour vastgesteld. De horizontale contour ligt tussen de sloot en de TGG in de aanberming. In figuur 1.1 is de verticale verontreinigingssituatie weergegeven.



Figuur 1.1: Verontreinigingssituatie verticaal

Het uitgangspunt bij het ontwerpen van een maatregel is het voorkomen dat het grondwater uit de TGG naar het onder gelegen grondwater stroomt en daarmee de kwaliteit van het oppervlaktewater negatief beïnvloed.

2 Uitgevoerd onderzoek

2.1 Inventarisatie en beoordeling grondwatermeetgegevens onderzoek B-WARE

Het doel van het onderzoeksrapport van B-WARE is inzicht te krijgen in potentiële risico's en niet om gegevens te verzamelen voor het ontwerpen van een maatregel met de randvoorwaarden zoals opgenomen in artikel 13 Wbb en 7 Bbk. Immers was tijd van het uitvoeren van het onderzoek dit nog helemaal geen issue. Vanwege deze insteek geeft het onderzoek van B-WARE onvoldoende informatie om een maatregel te ontwerpen, echter is er wel degelijk informatie verzameld dat prima te gebruiken is. In de beoordeling geven wij aan welke informatie er bruikbaar is en welke niet.

Uit de beoordeling blijkt het volgende:

- Er zijn meetpunten met peilbuizen geplaatst in vier transecten of raaien. Het aantal meetpunten per transect varieert.
- De filters van de peilbuizen zijn in de verschillende bodemlagen on en onder de TGG-toepassing afgesteld.
- De TGG is alleen toegepast in de aanberming van het dijklichaam ligt deels in het grondwater, waardoor er een optimaal contact is tussen de TGG en het grondwater. Hierdoor zijn bij metingen van dit grondwater hoge concentraties gemeten van bromide, chloride, sulfaat, arseen, molybdeen, nikkel, vanadium, natrium, kalium en calcium. De concentraties van molybdeen en vanadium overschrijden de interventiewaarde, de concentraties van de anionen en (aard)alkalimetalen hebben geen normwaarden maar zijn wel zeer hoog.
- In de bodemlaag onder de TGG is alleen op meetpunt 3B2 in het veen arseen boven de interventiewaarde gemeten. Echter is een deel van het peilfilter afgesteld in de TGG/grondwater waardoor deze meetwaarden niet een beeld geven of en in welke mate de veenlaag daadwerkelijk is verontreinigd. Hetzelfde geldt voor de peilbuis 4B2.
- Nikkel is ook boven de interventiewaarde gemeten in andere bodemlagen onder de TGG maar ook op het referentietransect. Hierdoor is het aantreffen van nikkel niet te realiseren aan de TGG-toepassing.
- De streefwaarde voor diverse metalen in de TGG/grondwater wordt overschreden.
- De resultaten van de hydrologische modellering (op basis van sulfaat, chloride en natrium) duiden op de uitspoeling van elementen uit de TGG laag via de onderliggende bodem naar de watergang ten zuiden van de Westdijk waar het water opkwelt. De modellering is vrij grof en geeft inzicht op een langere termijn op basis van algemene parameters, de periodieke en de continue metingen met divers zijn hierin niet meegenomen.
- Het goed voorspellen van de mate van uitspoeling van stoffen uit de TGG en de potentiële effecten hiervan op de omgeving is complex.
- De mate en omvang van verontreiniging in de onderliggende bodemlagen is niet in beeld.
- Er zijn maar enkele grondwatermetingen uitgevoerd door een laboratorium met een accreditatie of certificatie voor het uitvoeren van deze analyses. De meeste metingen zijn in eigen beheer uitgevoerd.
- Naast de peilbuizen zijn ook keramische cups geplaatst om het grondwater te bemonsteren. De methode van onderzoek met peilbuizen valt binnen de voorwaarden van de normdocumenten, het gebruik van keramische cups is innovatief en relatief nieuw voor dit type onderzoeken. Het nadeel van het gebruik van keramische cups is het effect van het gebruik van bentoniet op de keramische cup. Bentoniet is essentieel om de onderlinge en mogelijk ook verontreinigde bodemlagen af te sluiten. Bij het afsluiten van bodemlagen op meetpunten met een keramische cup is weinig bentoniet gebruikt waardoor de betrouwbaarheid van de meetwaarden niet te

garanderen is en per meetpunt beoordeeld moet worden. Wij hebben de onderzoeksresultaten van het grondwater bij metingen op de meetpunten met de keramische cups beoordeeld als wel/geen en weinig/groot effect door de TGG.

- In het oppervlaktewater van de sloot zijn dezelfde stoffen gemeten als in de TGG/grondwater aanwezig zijn.

Wij concluderen uit het onderzoeksrapport van B-WARE het volgende:

- In de TGG/grondwater zit een cocktail van stoffen waarvan vanadium en molybdeen de interventiewaarde overschrijden en de concentraties van de anionen en (aard)alkalimetalen hebben geen normwaarden maar wel zeer hoog zijn.
- Er zijn verhogingen gemeten in de veenlaag direct onder de TGG-toepassing maar in welke mate is niet vast te stellen omdat de filters niet goed zijn afgesteld of dat de afdichting tussen de bodemlagen onvoldoende is.
- In de klei en zandlaag zijn geen verhogingen gemeten ten opzichte van de omgeving. Het lijkt erop dat de verontreiniging zich niet naar dieper gelegen lagen verspreidt. Echter staat dit haaks op de resultaten van de hydrologische modellering.
- Er zijn keramische cups gebruikt en veel analyses zijn uitgevoerd in eigen beheer. **Beiden passen** niet op de bodemregelgeving (KWALIBO) en de meetresultaten daarvan kunnen alleen gebruikt worden om een beeld te vormen van de situatie (aard, mate en omvang).
- Er zijn heel weinig valide meetresultaten om vast te stellen in welke mate en omvang het grondwater verontreinigd is. Deze informatie is veel te karig om een maatregel te ontwerpen waarmee de grondwaterverontreiniging ongedaan gemaakt moet worden.

Commented [redacted]: Deze zin aanpassen niet aangeven dat het gaat om bodemregelgeving en dat de meetresultaten zijn geleverd met wel as3000 onderzoek

2.2 Kritische stoffen en verantwoording analysepakket meetronden

2.2.1 Opzet

Het onderzoek is als volgt uitgevoerd:

- In overleg met Bodemplus is een breed analysepakket gedefinieerd op basis van de kritische stoffen in het productieproces van de TGG bij ATM. Hierbij zijn naast de standaardparameters voor het meten van bodemverontreiniging ook de kritische stoffen door de bijmenging met asfalt meegenomen, het verbranden van het mengsel op een temperatuur van 650°C en het versneld afkoelen met proceswater.
- Van de vier transecten zijn de meetpunten geselecteerd waarvan de filters van de peilbuizen zijn afgesteld in de TGG en het grondwater, dit zijn de vier B-peilbuizen. In deze peilbuizen vindt, al een jaar lang, het maximale contact of uitwisseling plaats tussen de TGG en het grondwater waardoor er een worse case verontreinigingssituatie ontstaat.
- De stoffen die na toetsing aan de streef- en interventiewaarden uit de circulaire bodemsanering boven de streefwaarde zijn getoetst zijn geselecteerd voor de navolgende meetronde.
- Om de stabiliteit van het gedefinieerde analysepakket te verifiëren (niet de concentraties) is in de laatste meetronde (december 2017) dit brede analysepakket wederom voor deze peilbuizen gemeten en vergeleken met de resultaten uit de eerste meetronde (meetronde september 2017).
- Voor de accreditatie en toetsing geldt het volgende:
 - Niet alle stoffen van het analysepakket zijn geaccrediteerd in het AS 3110-3190-protocol waardoor niet voor alle stoffen een rapportagegrens is vastgesteld. Deze stoffen betreffen bromide, fluoride, fenol en chloorfenolen, Ca/Se/Na/K en TBT/TFT.
 - In de circulaire bodemsanering zijn voor niet alle stoffen streef- en interventiewaarde of alleen indicatieve waarden vastgesteld.

Het grondwater van dit onderdeel van het grondwateronderzoek is onderzocht op de onderstaande stoffen:

- Antimoon (Sb)
- Arseen (As)
- Barium (Ba)
- Cadmium (Cd)
- Chroom (Cr)
- Kobalt (Co)
- Koper (Cu)
- Kwik (Hg)
- Lood (Pb)
- Molybdeen (Mo)
- Nikkel (Ni)
- Zink (Zn)
- Tin (Sn)
- Vanadium (V)
- Seleen (Se)
- Beryllium (Be)
- Kalium
- Natrium
- Calcium
- PAK
- PCB
- OCB
- Aromatische stoffen (BTEXNS)
- Minerale olie
- Sulfaat
- Fluoride
- Chloride
- Bromide
- Cyanide vrij en totaal
- Fenolen
- Cresolen
- Vluchtige gechloreerde koolwaterstoffen
- Chloorbenzenen (compleet vluchtig en niet-vluchtig)
- Chloorfenolen(compleet)
- Tributyltinverbindingen (TFT en TBT)

2.2.2 Onderzoekresultaten

In bijlage 1 zijn de getoetste onderzoekresultaten en de analysecertificaten opgenomen. In bijlage 4 is de meetpuntenkaart opgenomen. In tabel 2.1 is een overzicht opgenomen van de stoffen die de streefwaarde overschrijden en van de individuele stoffen waarvan de som een toetsingswaarde hebben. Voor de volledigheid en beeldvorming is de interventiewaarde ook in de tabel opgenomen.

Tabel 2.1: Overzicht stoffen

Onderdeel	Eenheid	1B	2B	3B	4B	Streefwaarde	Interventiewaarde
Filterdiepte	(m -mv)	1,20 - 2,20	1,20 - 2,20	1,50 - 2,50	2,00 - 3,00		
GWS	(m -bkpb)	2,18/1,95	2,03/1,70	2,03/1,70	1,95/1,75		
pH	(-)	11,7/11,6	10,7/11,2	8,0/7	11,5/11,5		
EC	(µS/cm)	6540/7400	20000/20000	7020/19000	20000/20000		
Antimoon (Sb)	(µg/l)	3,6/430	< 12 */180	13/5,6	< 30 */3,1	0,15 ¹	20
Arseen (As)	(µg/l)	45/42	76/81	16/110	220/220	10	60
Barium (Ba)	(µg/l)	67/57	95/73	42/72	< 200/67	50	220
Beryllium (Be)	(µg/l)	< 1,0/<1,0	< 1,0/<10*	4,0/<10 *	< 1,0/<10	0,05 ¹	15 ²
Cadmium (Cd)	(µg/l)	0,40/<0,20	1,3/3,2	0,68/2,6	2,1/3,4	0,4	6
Kwik (Hg)	(µg/l)	0,18/0,16	0,09/0,17	<0,05/0,05	0,70/0,55	0,05	0,3

Lood (Pb)	(µg/l)	< 2,0/<2,0	< 8,0/<20*	< 2,0/< 2,0	< 8,0/<20*	15	75
Molybdeen (Mo)	(µg/l)	510/270	2500/3000	960/3600	4000/1400	5	300
Seleen (Se)	(µg/l)	9,8/<5,0	91/210	16/11	220/250	0,07 ¹	160 ²
Tin (Sn)	(µg/l)	< 2,5/<2,5	< 10/<25	< 2,5/< 2,5	< 8,0/<2,5	2,2 ¹	50 ²
Vanadium	(µg/l)	680/440	640/970	3,4/11	1600/1400	1,2 ¹	70 ²
Chloride (Cl)	(mg/l)	1000/430	6000/6600	910/5100	7400/7100	100	---
Fluoride (F)	(mg/l)	0,6/1,1	1,0/0,7	3,1/3,3	1,1/1,2	0,5 ³	---
Bromide (Br)	(mg/l)	190/75	1200/1200	210/1200	1800/1800	0,3 ³	---
Sulfaat (SO ₄)	(mg/l)	2800/1100	16000/14000	3500/17000	26000/22000	150 ³	---
Cyanide vrij	(µg/l)	< 3,0/<3,0	< 3,0/<3,0	< 3,0/< 3,0	< 3,0/<3,0	5	20
Cyanide complex	(µg/l)	< 2,0/<5,0*	29/44	3,0/77	130/120	10	1500
Natrium	(mg/l)	2600/1100	15000/13000	3700/12000	20000/18000		
Kalium	(mg/l)	160/77	510/600	190/540	560/610		
Calcium	(mg/l)	77/70	480/470	300/480	430/400		
Benzeen	(µg/l)	0,29/0,22	<0,20/<0,20	<0,20/<0,20	<0,20/<0,20	0,2	30
Naftaleen	(µg/l)	<0,080*/<0,020	<0,080*/<0,020	<0,10*/<0,020	<0,10*/<0,020	0,01	70
Fenol	(µg/l)	5,7/2,1	12/2,6	7,3/<0,20	15/11	0,2	2000
O-cresol Creosolen (som)	(µg/l)	-	-	-	0,1/n.a. 0,10/n.a.	---	---
Monochloorfenol (som)	(µg/l)	n.a./n.a.	n.a./n.a.	n.a./n.a.	n.a./n.a.	0,3	100
Dichloorfenol (som)	(µg/l)	0,05/n.a.	n.a./n.a.	n.a./n.a.	n.a./n.a.	0,2	30
2,4 dichloorfenol	(µg/l)	n.a./n.a.	n.a./n.a.	n.a./n.a.	n.a./n.a.		
Trichloorfenol (som)	(µg/l)	n.a./n.a.	n.a./n.a.	n.a./n.a.	n.a./n.a.	0,03	10
Tetrachloorfenol (som)	(µg/l)	n.a./n.a.	n.a./n.a.	n.a./n.a.	n.a./n.a.	0,01	10

* Verhoogde rapportagegrens door matrixstoring

1 Streefwaarde diepe grondwater

2 Indicatief niveau voor ernstige verontreiniging

3 Streefwaarde beleidsmatige risiconorm

Uit de tabel blijkt het volgende:

- De metalen As, Sb, Hg, Mo, Se en V overschrijden de interventiewaarde. Voor Sb geldt dat de rapportagegrens verhoogd is vanwege matrixstoring door de hoge chlorideconcentratie. De

rapportagegrens ligt hoger dan interventiewaarde waardoor het monster getoetst is als overschrijding van de interventiewaarde.

- De metalen Sb, As, Ba, Be, Cd, Hg, Mo, Se en V overschrijden de streefwaarde.
- Anion chloride overschrijdt in alle vier de grondwatermonsters de streefwaarde.
- Anion fluoride overschrijdt de streefwaarde.
- De anionen sulfaat en bromide zijn in hoge concentraties aanwezig.
- De pH is hoog.
- De metalen natrium, kalium en calcium hebben zeer hoge concentraties. Van deze stoffen is geen toetswaarde voor grondwater.
- Naftaleen is hoger gemeten dan de rapportagegrens vanwege matrixstoringen.
- Van cyanide is alleen het complex aanwezig waarvan in twee van de vier grondwatermonster de streefwaarde overschrijdt. Cyanide vrij is niet boven de rapportagegrens gemeten.
- Benzeen overschrijdt op één meetpunt de streefwaarde.
- Fenol is op alle vier de meetpunten boven de streefwaarde gemeten.
- Van de creosolen is alleen een waarde voor O-cresol gemeten. Voor creosolen is geen vastgestelde rapportagegrens binnen AS3000. De gemeten waarde van 0,1 µg/l is lager dan de som van 0,2 µg/l. Uit de toetsing blijkt dat de som creosolen wel de streefwaarde overschrijdt.
- In de meetronde van september 2017 is chloorfenolen op één van de vier meetpunten 2,4 dichloorfenol gemeten met dezelfde waarde als de ondergrens die is vastgelegd binnen de certificatie van de meting. Voor fenolen is de rapportagegrens binnen AS3000 niet vastgesteld. De gemeten waarde van 0,05 µg/l ligt ruim onder de som van 0,2 µg/l. Uit de toetsing blijkt dat de som dichloorfenolen wel de streefwaarde overschrijdt. In de meetronde van december 2017 zijn chloorfenolen niet meer boven de rapportagegrens gemeten.
- Er zijn meetwaarden hoger in de meetronde van december dan in september. Dit komt omdat het grondwater ongeveer 0,2 meter hoger staat vanwege meer toevoer van hemelwater. Daarmee is het natte volume groter en de uitwisseling hoger.

Op basis van de onderzoeksresultaten van deze meetronde is het onderstaande analysepakket gedefinieerd:

- | | | |
|------------------|---------------------------|------------|
| • Barium (Ba) | • Cyanide vrij en complex | • Sulfaat |
| • Cadmium (Cd) | • Fenol | • Fluoride |
| • Kobalt (Co) | • Benzeen | • Chloride |
| • Koper (Cu) | • Naftaleen | • Bromide |
| • Kwik (Hg) | | • Natrium |
| • Lood (Pb) | | • Kalium |
| • Molybdeen (Mo) | | • Calcium |
| • Nikkel (Ni) | | |
| • Zink (Zn) | | |
| • Antimoon (Sb) | | |
| • Arseen (As) | | |
| • Chroom (Cr) | | |
| • Vanadium (V) | | |
| • Seleen (Se) | | |
| • Beryllium (Be) | | |

NOTE: de pH en EC zijn tijdens de monsternamen gemeten en derhalve niet in het analysepakket opgenomen

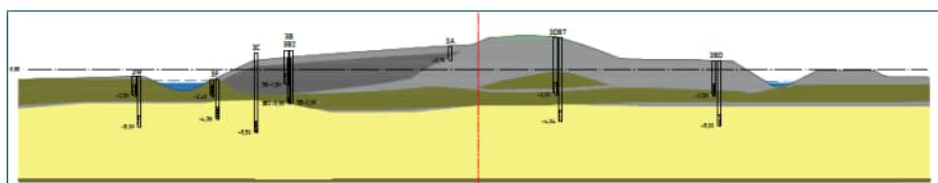
Motivatie analysepakket :

- De concentraties metalen en anionen overschrijden de streefwaarden.
- Natrium, calcium en kalium zijn in hoge concentraties aanwezig. Deze samen met de anionen vormen een beeld van de mate van uitloging.
- Fenol is aanwezig op alle vier de meetpunten.
- Benzeen is aanwezig op één meetpunt en is gemeten in het analysepakket van de (deel)partijkeuring op de toegepaste TGG.
- Cyanide complex gemeten boven de streefwaarde. Cyanide vrij is gemeten in het onderzoek waar Omegam het laboratoriumonderzoek voor heeft uitgevoerd.
- Naftaleen is hoger gemeten dan de rapportagegrens vanwege matrixstoringen.
- Overige parameters zijn in beide meetronden niet bevestigd.

2.3 Aard en omvang verontreinigingssituatie

2.3.1 Opzet

Er zijn vier meetronden uitgevoerd waarvan in de meetronde van september 2017 alleen het grondwater op de meetpunten is onderzocht waarvan de filter is de TGG en grondwater zijn afgesteld. In de overige drie meetronden (oktober, november en december 2017) is het grondwater op alle meetpunten onderzocht. Hierbij zijn meetpunten met peilbuizen bijgeplaatst om de verontreinigingssituatie beter in beeld te krijgen, ook zijn in de transecten 3 en 4 peilbuizen herplaatst die in de veenlaag onde de TGG waren afgesteld. In deze peilbuizen is een lekstroom vanuit de TGG waardoor de relatie tussen de meetwaarden en de veenlaag niet betrouwbaar zijn, anders gezegd met deze meetwaarden is de mate en omvang van de verontreiniging niet vast te stellen.



Figuur 2.2: Ligging meetpunten in transect, in dit geval transect 3

De meetwaarden zijn getoetst aan de streef- en interventiewaarde dan wel de indicatieve waarden uit de circulaire bodemsanering en per bodemlaag (TGG-klei-veen-zand) geschematiseerd. Op basis hiervan is de mate en omvang van de verontreinigingssituatie afgeleid.

2.3.2 Onderzoeksresultaten

In bijlage 2 zijn de getoetste onderzoeksresultaten en de analysecertificaten opgenomen van de drie meetronde. In bijlage 4 is de meetpuntenkaart opgenomen.

Uit de meetronden blijkt het volgende:

- De interventiewaarde wordt alleen overschreden op de meetpunten waarvan het filter van de peilbuis staat afgesteld in de TGG/grondwater, de B-peilbuizen. Op alle vier de meetpunten overschrijdt molybdeen altijd de interventiewaarde en plaatselijk en in de tijd overschrijden arseen en kwik ook de interventiewaarde.

- Afwijkend is meetpunt 1B waar in zowel de TGG/grondwaterlaag als in de veenlaag hoger concentraties zijn gemeten, waarbij het opvallend is dat de concentraties in de veenlaag duidelijk hoger zijn dan in de TGG/grondwaterlaag. Dit duidt ook op lekstroom vanuit de TGG. Dit is overigens niet uit het bodemprofiel af te leiden, hier is de veenlaag afgedicht met bentoniet. Navraag bij "Het Veldwerkbureau" leert dat afdichten lastig is geweest en dat niet helemaal te garanderen is dat dit ook goed is gedaan. De enige andere verklaring is dat het veen van nature deze concentraties zal bevatten en dat is wel heel onwaarschijnlijk. Wij gaan er dan ook vanuit dat in deze peilbuis er lekstroom optreedt waardoor de meetwaarde niet al meting van de concentraties van de veenlaag te beschouwen zijn.
- Arseen is ook boven de interventiewaarde gemeten op meetpunten onder en op een grote afstand van de TGG-toepassing waardoor het niet met zekerheid is vast te stellen in welke mate arseen afkomstig is uit de TGG.
- De streefwaarde op alle meetpunten is overschreden voor chloride, chroom en barium. Deze stoffen zijn hier van nature aanwezig.
- Opvallend is dat vanadium niet boven de streefwaarde is gemeten, in asfalt is dit één van de kritische stoffen.
- Van de niet genormeerde stoffen zijn de anionen sulfaat, bromide en chloride in hoge tot zeer hoge concentraties aanwezig in het TGG/grondwater. In de bodemlagen daaronder zijn de concentraties veel lager waarbij de concentraties chloride en sulfaat zodanig fluctueren dat zij wel geschikt zijn om een beeld te vormen maar niet als bepalende stof voor het vaststellen van de mate en omvang van de verontreiniging. Bromide heeft een veel lagere en stabielere achtergrondwaarde en is als bepalende stof wel goed te gebruiken voor het vaststellen van de mate en omvang van de verontreiniging.
- Van de niet genormeerde stoffen zijn de (aard)alkalimetalen natrium, kalium en calcium in hoge tot zeer hoge concentraties aanwezig in het TGG/grondwater. In de bodemlagen daaronder zijn de concentraties veel lager waarbij alle drie de stoffen zodanig fluctueren dat zij wel geschikt zijn om een beeld te vormen maar niet als bepalende stof voor het vaststellen van de mate en omvang van de verontreiniging. Dit komt mede door de CEC (cation exchange capacity of kationenadsorptiecomplex) in de bodemlagen van veen en klei. Een veranderende zuurgraad kan hier ook een rol bij spelen.
- De zuurgraad of pH is hoog in het TGG/grondwater, 10-12. Dat is veel hoger dan in de bodemlaag van veen of klei er direct onder 6,5-7,5. Behalve op de twee meetpunten (3B en 4B) waar lekstroom uit de TGG optreedt, deze metingen zijn niet betrouwbaar. In de herplaatste peilbuis in de veenlaag op meetpunt 4B(2) is de meetronde van november de pH van 9 boven verwachting hoog en weer conform verwachting in de meetronde van december(7,3). Blijkbaar heeft het grondwater even nodig om weer te stabiliseren na plaatsing van een peilbuis. Uit het hele beeld blijkt wel dat de pH in de veen en kleilaag onder de TGG niet of nauwelijks verhoogd is. De TGG heeft geen directe invloed op de pH in het veen.
- Voor de elektrische geleiding (Ec) geldt hetzelfde als voor de pH. De Ec is in het TGG/grondwater veel hoger dan in de bodemlaag van veen of klei er direct onder.
- Indien wij de concentraties uitzetten per bodemlaag dan is het beeld dat de hoogste concentraties in de TGG/grondwaterlaag aanwezig zijn, daaronder zijn alleen concentraties gemeten in de veen en randje zandlaag onder de voormalige sloot en richting het oppervlaktewater. Hiermee loopt de verspreiding uit de TGG ter plaatse van de veenlaag via een boog richting de sloot.
- Dit is op alle vier de transecten vergelijkbaar en daarmee is ook de omvang van de grondwaterverontreiniging in beeld en afgeperkt.
- Bromide is hiervoor de beste stof omdat deze lage en stabiele achtergrondwaarden heeft, geen retardatie en geen kation is dat uitwisselt met klei of veenlagen. Al kun je je afvragen of retardatie in TGG zonder kleideeltjes en organische stof überhaupt optreedt. De overige stoffen bevestigen dit beeld, zie onderstaande figuur.

Bromide (Br)																	
Meetpunt	Z1	ZW2		ZF1	ZF2	ZC	ZB1	ZB2		ZG	ZH1	ZH2			ZJ	ZB02	
Ligging	welands	welands		slootbemi	slootbemi	putje	putje	putje		aanberming 4 meter vanaf de weg					Buitendijk 25 meter vanaf weg		
TGG/Grondwater							1000										
Klei										7,7							
Veen	7,8			5,9		5,9				2,9							1,2
Zand		8,1			2,9			8,2				7,6				1,8	

2.4 Trendanalyse

In bijlage 3 zijn per meetronde en per bodemlaag van elk transect de Ec, pH en de stoffen sulfaat, chloride, bromide, natrium, kalium, arseen, seleen, molybdeen, vanadium en fenol als concentratie weergegeven. Van de meetrondes oktober, november en december zijn deze compleet, van de meetronde september is alleen de TGG/grondwater onderzocht om het analysepakket te definiëren en verder zijn de alle meetgegevens van het grondwater uit het B-WARE rapport ook opgenomen. In de lengterichting is de concentratie per bodemlaag en tijdseenheid te volgen. Op basis hiervan is de trend af te leiden. Bij de interpretatie van de meetgegevens geldt dat alleen de stof bromide te gebruiken is voor het afleiden van een trend omdat deze lage en stabiele achtergrondwaarden heeft, geen retardatie en geen kation is dat uitwisselt met klei of veenlagen (CEC). Al kun je je afvragen of retardatie in TGG zonder kleideeltjes en organische stof optreed. De overige meetwaarden zijn gebruikt om het verontreinigingsbeeld te verifiëren.

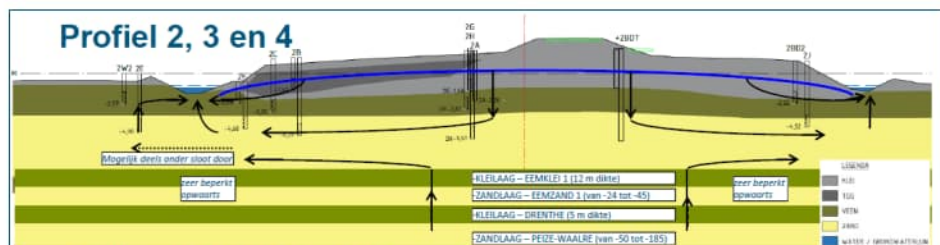
Uit de trendanalyse blijkt het volgende:

- De meetwaarden in de TGG/grondwater blijven vrij constant, de ene stof is iets hoger en de ander weer iets lager. De verschillen bij deze concentraties zijn in de marge van de monsternamen en meting. Hieruit volgt dat de uitwisseling tussen de stoffen en het grondwater in evenwicht is, dit duidt op een zeer lage grondwaterstroming met een maximale uitwisseling van stoffen.
- Voor de meetwaarden in de klei onder de aanberming vertoont de meetwaarde ook geen op- of neergaande trend. Ook hier geldt dat de verschillen bij deze concentraties zijn in de marge van de monsternamen en meting. Het grondwater in de kleilaag wordt niet beïnvloed door de hoge concentraties in de TGG/grondwater.
- Voor de veenlaag geldt het volgende:
 - De veen laag die in direct contact staat met het TGG/grondwater (ter plaatse van de voormalige sloot) is het grondwater in de veenlaag verontreinigd is, hier zijn van twee meetronden meetwaarden en daardoor is geen trend uit af te leiden omdat de meetgegevens van de meetpunten 1B2, 3B2 en 4B2 niet betrouwbaar zijn vanwege lekstroom uit de TGG.
 - In de veenlaag onder de kleilaag onder het TGG/grondwater zijn geen afwijkende meetwaarden aanwezig. Alle meetwaarden in de peilbuizen fluctueren enigszins binnen de marge van de meetwaarden uit de directe omgeving.
 - In de veenlaag tussen de sloot en het TGG/grondwater zijn de meetwaarden plaatselijk iets verhoogd ten opzichte van de directe omgeving. Hier is geen eenduidige op- of neerwaartse trend in te ontdekken. Transect 2 heeft de meeste meetwaarden in de tijd en op dit transect fluctueert de stof bromide 13-21-5,6 mg/l en de meetwaarden alkalimetalen geven wel een vrij constant beeld. De meetwaarden sulfaat en chloride geven een tegendraadse trend blijkt, als wij hier de uitschieters uithalen dan geeft het beeld van dit transect dat de meetwaarden in de tijd vrij constant zijn.
- In de zandlaag zijn plaatselijk onder de voormalige sloot licht afwijkende meetwaarden gemeten ten opzichte van de directe omgeving. In de tijd fluctueren deze meetwaarden licht waardoor er geen op- of neerwaartse trend is de te ontdekken. In de zandlaag zijn de meetwaarden vrij stabiel in de tijd.

- Op de binnen en buitendijkse meetpunten zijn geen afwijkende meetwaarden gemeten. Er zijn op deze meetpunten geen neerwaartse en opwaartse trends te ontdekken.

2.5 Stoftransport: relatie met het geohydrologisch onderzoek

In het deelrapport geohydrologie is het gedrag van het grondwater in, onder en rond het dijklichaam beschreven. In figuur 2.3 is de principeschets weergegeven.



Figuur 2.3: Principeschets gedrag grondwater

Uit het geohydrologisch onderzoek blijkt het volgende:

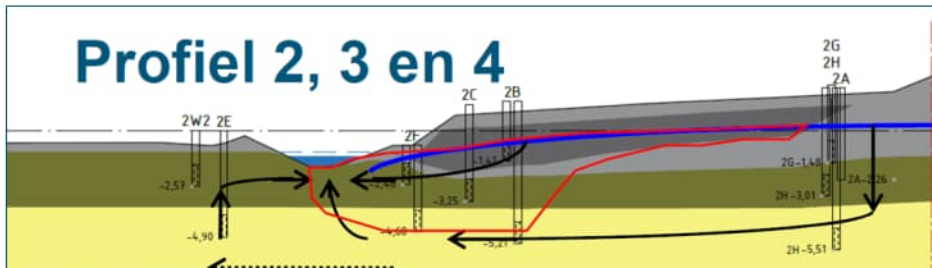
- Het grondwater in het dijklichaam staat ongeveer 1,6 meter hoger als het polderpeil in de sloot.
- Het grondwater staat zo hoog in de dijk vanwege de aanvoer van hemelwater en de slechte doorlatendheid van het materiaal, TGG, de kleilaag en de (mineraal arme) veenlaag. De veenlaag is 2,5 meter gezet tijdens het aanbrengen van de TGG waardoor de vezels compact zijn geworden en een slechte verticale doorlatendheid hebben.
- Bij de overgang talud/sloot is de waterdruk van het dijklichaam het hoogst. Dit wordt bevestigd door het gebrek aan groei van gras en visueel waarneembare lekkage uit het talud ter plaatse van de overgang.
- Door de kwel en het beheerste polderpeil stroomt het grondwater richting naar de polder.
- Het grondwater uit de TGG stroomt schuin af richting de voormalige sloot en infiltrereert in de veenlaag en zeer gering via in de kleilaag waarna het met het grondwater mengt dat richting de polder stroomt en door kwel uitkomt in de sloot.

2.6 Interpretatie: werking systeem

Het bodemsysteem van opbouw, gedrag grondwater en aard en mate van verontreiniging zijn de parameters op een maatregel te ontwerpen dat voldoet aan de randvoorwaarden zoals opgenomen in artikel 13 Wbb en 7 Bbk. Daarnaast geldt natuurlijk ook het voldoen aan de primaire functie vastgelegd in de veiligheidsnormen van de dijk.

De interpretatie van het systeem is visueel weergegeven in figuur 2.3. Uit deze figuur blijkt dat de verontreiniging zich bevindt in de TGG/grondwater en dat er alleen verspreiding plaatsvindt ter plaatse van de voormalige sloot. Door de samenstelling van de bodem (klei en gezette veenlaag) en het gedrag van het grondwater is de contour van de verontreiniging stabiel en fungeert de sloot als afvoer van de verontreiniging. Het is maar de vraag of het sterker bemalen van de sloot effect heeft op de verspreiding, wel op de concentraties van de stoffen in het oppervlaktewater van de sloot. De sloot fungeert als een soort drain voor de afvoer van de verontreiniging.

Vanwege de slechte doorlatendheid van de TGG en de lage afvoercapaciteit van de verontreiniging is er een grote contacttijd voor uitwisseling tussen de TGG en het grondwater. Dit is geverifieerd door het gedrag van het grondwater en de stabiele meetwaarden in het TGG/grondwater.



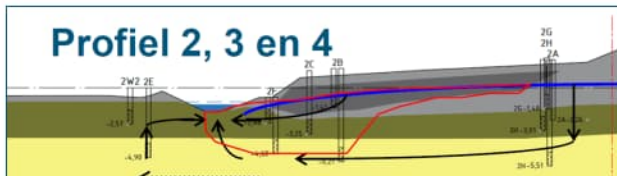
Figuur 2.4: verontreinigingssituatie grondwater

3 Conclusie

Het Waterschap Vallei en Veluwe (WSVV) wil de ontstane verontreiniging aanpakken op de wijze zoals de Wet bodembescherming dit verplicht en heeft inzicht nodig in de aard en omvang (horizontaal en verticaal) van de grondwaterverontreiniging en het grondwatersysteem. Deze informatie is één van de inputparameters voor het ontwerpen van een maatregel dat voldoet aan de randvoorwaarden uit de Wet bodembescherming.

Uit het grondwateronderzoek blijkt het volgende:

- Het analysepakket dat gebruikt is om de kritische parameters vast te stellen en te volgen in de meetronden is dekkend.
- In het dijklichaam met TGG staat grondwater tot ongeveer 1,6 meter boven het polderpeil. In deze bodemlaag zijn de hoogste concentraties aan stoffen gemeten. De kritische stoffen zijn de metalen molybdeen, kwik en arseen, de anionen (sulfaat, chloride, bromide) en de (aard)alkalimetalen (natrium, kalium, calcium).
 - Van de stoffen met een normwaarde overschrijdt molybdeen altijd de interventiewaarde op alle vier de meetpunten in het dijklichaam met TGG. Plaatselijk en in de tijd overschrijden ook antimoon, arseen en kwik de interventiewaarde in het dijklichaam met TGG. De streefwaarde is voor meerdere stoffen overschreden.
 - Van de niet genormeerde stoffen (anionen en (aard)alkalimetalen) zijn de concentraties erg hoog.
 - In deze bodemlaag zijn de pH (11-12) en de Ec hoog.
- Direct onder TGG-toepassing zijn in de kleilaag geen afwijkende waarden ten opzichte van de directe omgeving gemeten, in de veenlaag direct onder en naast de TGG-toepassing (ter plaatse van de voormalige sloot en de overloop naar de huidige sloot) wel. Voor de veenlaag geldt het volgende:
 - Na herstel van de peilbuizen met lekstroom zijn geen interventiewaarden overschrijdingen meer gemeten (alleen meetpunt 1B is niet hersteld en geeft afwijkende meetwaarden).
 - Van de niet genormeerde stoffen (anionen en (aard)alkalimetalen) zijn de concentraties hoger dan in de directe omgeving maar veel lager dan in het TGG/grondwater.
 - De pH van 6-7 wijkt niet substantieel af als op de meetpunten in de directe omgeving. De Ec is wel substantieel hoger.
- Alleen in de zandlaag onder de voormalige sloot zijn plaatselijk zeer geringe afwijkende waarde gemeten. In de zandlaag op de overige meetpunten niet.
- Op de meetpunten in het TGG/grondwater zijn gemeten concentraties vergelijkbaar in de tijd wat duidt op een evenwichtige uitwisseling van stoffen, een hoge contacttijd en een lage doorlatendheid. In veenlaag direct onder de TGG (ter plaatse van de voormalige sloot) is een vergelijkbaar beeld, wel fluctueren de meetwaarden meer.
- Voor het vaststellen van de omvang (horizontaal en verticaal) zijn alleen de meetwaarden van de stof bromide bruikbaar omdat bromide omdat deze lage en stabiele achtergrondwaarden heeft, geen retardatie en geen kation is dat uitwisselt met klei of veenlagen (CEC). De overige meetwaarden dienen om het verontreinigingsbeeld te verifiëren. Hetzelfde geldt voor het vaststellen van het verloop in concentratie in de tijd (trend).
- Door het bijzondere bodemopbouw van het dijklichaam en grondwatergedrag (kwel en beheerst polderpeil) is de verticale omvang van de verontreiniging beperkt tot de voormalige sloot en de huidige sloot, waarbij de dikte van de veenlaag bepalend is of er ook verhogingen in de zandlaag gemeten worden.
- Ruimtelijk of horizontaal beperkt de omvang zicht van rand sloot van de weiland en rand van de TGG-toepassing in de aanberming.



Uit de relatie tussen het grondwateronderzoek en de geohydrologie blijkt dat de verontreiniging zich bevindt in de TGG/grondwater en dat er alleen verspreiding plaatsvindt ter plaatse van de voormalige sloot. Door de samenstelling van de bodem (klei en gezette veenlaag) en het gedrag van het grondwater is de contour van de verontreiniging stabiel en fungeert de sloot als afvoer van de verontreiniging. Het is maar de vraag of het extra doorspoelen van de sloot effect heeft op het beheersen van de verspreiding, wel op de concentraties van de stoffen in het oppervlaktewater van de sloot. De sloot fungeert als een soort drain voor de afvoer van de verontreiniging.

Het uitgangspunt bij het ontwerpen van een maatregel is het voorkomen dat het grondwater uit de TGG naar het onder gelegen grondwater stroomt en daarmee de kwaliteit van het oppervlaktewater negatief beïnvloed.

Bijlage

1. Resultaten meetronde 1: september 2017

- Toetsing aan streef-, interventie,- en indicatiewaarden
- Analysecertificaten

Bijlage

2. Resultaten meetronde 2, 3 en 4: oktober-november-december 2017

- Toetsing aan streef-, interventie,- en indicatiewaarden
- Analysecertificaten

Bijlage

3. Resultaten uitgezet per bodemlaag en in de tijd (trend)

- Transect 1
- Transect 2
- Transect 3
- Transect 4

Vertrouwelijk



Bijlage

4. Ligging meetpunten: ruimtelijk en per transect

- Ligging meetpunten
- Dwarsdoorsnede dijklichaam per transect