



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Risicobeoordeling van het gebruik van thermisch gereinigde grond in Perkpolder (Zeeland)

RIVM Rapport 2018-0063
E. Brand et al.



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Risicobeoordeling van het gebruik van thermisch gereinigde grond in Perkpolder (Zeeland)

RIVM Rapport 2018-0063

Colofon

© RIVM 2018

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

DOI 10.21945/RIVM-2018-0063

E. Brand (projectcoördinator), RIVM
P.F. Otte (auteur), RIVM
F.A. Swartjes (auteur), RIVM
A. Wintersen (auteur), RIVM
P.J.C.M. Janssen (auteur), RIVM
M. Rutgers (auteur), RIVM
W.I. Hagens (auteur), RIVM
M. Brouwer (auteur), GGD Zeeland

Contact:

Ellen Brand

Centrum voor duurzaamheid, milieu en gezondheid

ellen.brand@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van Rijkswaterstaat, in het kader van zaak-id '31127507 Onderzoek toepassing TGG Perkpolder'.

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven

Nederland

www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

Risicobeoordeling van het gebruik van thermisch gereinigde grond in Perkpolder (Zeeland)

In Perkpolder (Zeeland) is thermisch gereinigde grond (TGG) gebruikt als vulmateriaal bij de aanleg van een dijk. TGG is grondmateriaal dat wordt verhit om organische verontreinigende stoffen te verwijderen zodat het kan worden hergebruikt. In de TGG blijken nog verontreinigingen te zitten waardoor het grondmateriaal niet aan de kwaliteitseisen van de geldende bodemwetgeving voldoet. Deze verontreinigingen hebben tijdens het aanbrengen van de TGG geen gezondheidsrisico's voor de mens veroorzaakt. Wel kan de lage zuurgraad (hoge pH-waarde) van het materiaal na direct contact lichte irritaties van de huid veroorzaken. Deze klachten trekken weg als de blootstelling ophoudt.

Door de werkzaamheden kunnen gedurende korte tijd verhoogde concentraties fijn stof in de lucht aanwezig zijn geweest. Omwonenden kunnen daardoor ook blootgesteld zijn aan fijnstof van de thermisch gereinigde grond. Eventuele gezondheidseffecten zijn niet te kwantificeren, mede doordat luchtmetingen tijdens de werkzaamheden ontbreken. Gezondheidseffecten kunnen daarom niet worden uitgesloten.

Behalve naar gezondheidsrisico's is naar de effecten voor het milieu gekeken. Enkele normen voor de bodem, het grondwater en het oppervlaktewater blijken te zijn overschreden. Hierdoor worden onder andere natuurlijke processen in de bodem, het grondwater en het oppervlaktewater verstoord. Ook blijken het oppervlaktewater en grondwater niet geschikt te zijn voor het gebruik in de landbouw als drinkwater voor vee of als sproeiwater.

Dit blijkt uit een eerste analyse van de TGG, de bodem, het grond- en oppervlaktewater en onderzoek naar gezondheidseffecten door het RIVM. Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van Rijkswaterstaat nadat twijfel was ontstaan over het gebruik van de thermisch gereinigde grond.

In de toekomst moet er rekening mee worden gehouden dat stoffen uit de dijk naar het grondwater kunnen wegsijpelen. Daarom is het noodzakelijk om goed bij te houden of de aangetroffen concentraties van risicostoffen in grond- en oppervlaktewater stijgen. Indien nodig kan dan een handelingskader worden opgesteld om te voorkomen dat deze risicostoffen zich verspreiden. Verder wordt aanbevolen om bij toekomstige werkzaamheden met thermisch gereinigde grond, de grond zo min mogelijk te laten verwaaien. Tevens wordt geadviseerd om de kleilaag die op de dijk is aangelegd om direct contact te voorkomen, intact te houden.

Kernwoorden: TGG, thermisch gereinigde grond, pH, Perkpolder, risicobeoordeling.

Synopsis

Risk evaluation of the use of thermally-cleaned soil in Perkpolder (Zeeland, Holland)

In the Perkpolder (Zeeland), thermally-cleaned soil (TGG) has been used as a filler in the building of a dyke. TGG is raw soil material that is heated to remove organic contaminants so that it can be re-used. An analysis of the TGG used has shown that it still contains contaminants that do not meet the quality standards from current legislation. During the appliance of the TGG, these substances did not pose any risk to human health. However, on direct contact, the alkaline properties of the material can cause a slight irritation of the skin. These symptoms disappear when exposure ends.

Building work can cause increased concentrations of particulate matter in the air for a short time period. Residents can therefore also be exposed to particulate matter from the thermally cleaned soil. Potential health effects can not be quantified, due to the lack of required air measurements at the time of the building work. Health effects can therefore not be excluded.

Besides health risks, effects of the TGG on the environment were also looked at. Some of the norms for the soil, the ground water and the surface water have been exceeded. Amongst other things, the natural processes in the soil, the ground water and the surface water can be impaired. Also, the water is unsuitable to be used in agriculture, as drinking water for cattle or for irrigation water, for example.

This was shown by a first analyses of the TGG, the soil, the ground water, the surface water and an assessment of the health effects, carried out by the National Institute for Public Health and the Environment. This assessment took place, on behalf of the Directorate-General for Public Works and Water Management (Rijkswaterstaat) after doubt had arisen about the quality of the thermally-cleaned soil.

In the future, substances from the dyke can leach into the ground water. For this reason it will be necessary to monitor the concentrations in both the ground- and surface water to see if they are rising. So that action can be taken to prevent spreading. In addition, it has been recommended that during any future work with the thermally-cleaned soil, the soil should be prevented from blowing about as much as possible. Also, the covering layer on the dyke to prevent direct contact must remain intact.

Keywords: TGG, thermally-cleaned soil, pH, Perkpolder, risk evaluation.

Inhoudsopgave

Samenvatting — 9

1 Inleiding en vraagstelling — 15

- 1.1 Context en achtergrondinformatie — 15
- 1.1.1 Vraagstelling — 15
- 1.1.2 Wat is thermisch gereinigde grond? — 16
- 1.2 Leeswijzer — 16

2 Verkenning regelgeving en normen — 17

- 2.1 Bodem en grondwater — 17
- 2.1.1 Zorgplicht — 17
- 2.1.2 Circulaire bodemsanering — 18
- 2.1.3 Besluit bodemkwaliteit — 19
- 2.2 Besluit kwaliteitseisen en monitoring water (BKMW) — 22
- 2.3 Drinkwaterwet — 23
- 2.4 Landbouwkundig gebruik — 24
- 2.4.1 LAC-waarden grond — 24
- 2.4.2 Referentiewaarden voor veedrenking en sproeiwater — 24
- 2.5 Conclusie — 24

3 Analyse thermisch gereinigde grond — 27

- 3.1 Analyse meetresultaten — 27
- 3.1.1 Overzicht en statistische verdeling — 27
- 3.1.2 Organische stoffen — 32
- 3.2 Selectie relevante stoffen op basis van normoverschrijding — 34
- 3.2.1 Toetsing bodem — 35
- 3.2.2 Toetsing grondwater — 39
- 3.3 Niet-genormeerde stoffen en parameters — 40
- 3.3.1 Hoge pH (basische eigenschappen) — 41
- 3.3.2 Barium — 41
- 3.3.3 Sulfaat — 42
- 3.3.4 Bromide — 42
- 3.3.5 Fluoride — 43
- 3.4 Conclusie — 43

4 Beoordeling gezondheidsrisico's omwonenden — 45

- 4.1 Blootstelling aan verontreinigingen in de TGG — 45
- 4.1.1 Interviews met omwonenden — 45
- 4.1.2 Conceptueel blootstellingsmodel — 46
- 4.1.3 Modelinvoer — 49
- 4.1.4 Resultaten blootstelling aan verontreinigingen in de TGG — 51
- 4.2 Effecten als gevolg van een hoge pH in de TGG — 53
- 4.3 Blootstelling aan fijnstof — 54
- 4.4 Conclusie gezondheidsrisico's omwonenden — 55
- 4.4.1 Gezondheidsrisico's door blootstelling aan verontreinigingen in de TGG — 55
- 4.4.2 Gezondheidsrisico's door blootstelling aan hoge pH — 56
- 4.4.3 Gezondheidsrisico's door blootstelling aan fijnstof — 56

5	Beoordeling risico's bodem, grondwater en oppervlaktewater — 57
5.1	Risico's bodem en grondwater — 57
5.1.1	Niet-genormeerde stoffen — 57
5.1.2	Toxische druk bodem — 58
5.1.3	Effecten pH op bodem — 60
5.1.4	Toetsing waarden in grond aan LAC-waarden voor landbouwkundig gebruik — 60
5.1.5	Beoordeling grondwater — 62
5.1.6	Toetsing grondwater aan referentiewaarden voor landbouwkundig gebruik — 68
5.2	Risico's oppervlaktewater — 70
5.2.1	Toets aan normen BKMW — 70
5.2.2	Toets aan referentiewaarden voor veedrenking en sproeiwater — 70
5.3	Uitloging naar bodem, grondwater en oppervlaktewater — 71
5.3.1	Toetsing aan Emissietoetswaarden grootschalige toepassingen — 71
5.3.2	Toetsing aan Maximale Emissiewaarden grootschalige toepassingen — 72
5.3.3	Toetsing aan Maximale Emissiewaarden voor niet-vormgegeven bouwstoffen — 74
5.3.4	Beoordeling kwaliteit leeflaag — 75
5.4	Conclusie — 77
5.4.1	Bodem en grondwater — 77
5.4.2	Oppervlaktewater — 78
5.4.3	Uitloging — 78

6 Conclusies en aanbevelingen — 79

6.1	Conclusies — 79
6.1.1	Welke regelgeving en normen zijn van toepassing op thermisch gereinigde grond en op het werken met thermisch gereinigde grond? — 79
6.1.2	Wat is de statistische verdeling van de gemeten stoffen in het dijklichaam? — 80
6.1.3	Wat waren, tijdens het aanbrengen en na beëindiging van het werk, de gezondheidsrisico's van thermisch gereinigde grond voor omwonenden? — 80
6.1.4	Wat waren, tijdens het aanbrengen en na beëindiging van het werk van thermisch gereinigde grond, de risico's voor bodem, grondwater en oppervlaktewater? — 81
6.1.5	Wat zijn, na beëindiging van het werk, de gevolgen voor landbouwkundig gebruik van de dijk, zoals beweiding door vee? — 82
6.2	Aanbevelingen — 83
6.2.1	Aanvullend onderzoek — 83
6.2.2	Omwonenden en toekomstige werkzaamheden — 83
6.2.3	Gebruiksbeperking en leeflaag — 84

Referenties — 85

Bijlage 1: Resultaten CSOIL model — 89

Samenvatting

Nabij Perkpolder (gemeente Hulst, Zeeuws-Vlaanderen) is, voor het project 'Natuurcompensatie Perkpolder', een zeekering aangelegd waarbij thermisch gereinigde grond (TGG) is gebruikt als kern van de dijk. Na aanleg van de zeekering ontstonden er vragen over de civieltechnische stabiliteit van de kering en de eventuele consequenties voor de gezondheid van omwonenden en het milieu.

Op verzoek van Rijkswaterstaat heeft het RIVM onderzoek uitgevoerd naar gezondheidsrisico's van omwonenden door contact met stoffen in de TGG tijdens en na het aanleggen van de dijk in Perkpolder. Ook zijn de effecten op de omgeving (bodem, grond- en oppervlaktewater) en de chemische samenstelling van de toegepaste TGG beoordeeld en is er een overzicht gegeven van relevante regelgeving en normen. De beoordeling is uitgevoerd specifiek voor de situatie in Perkpolder en gebaseerd op een tweetal meetrondes in de periode oktober – december 2017 en kan dus niet zonder de lokale situatie te kennen, worden overgenomen voor TGG-gebruik elders in het land.

Wat is thermisch gereinigde grond?

Thermisch gereinigde grond ontstaat door verontreinigde grond onder zeer hoge temperatuur (circa 500 °C) te reinigen. Tijdens de thermische reiniging worden organische verbindingen (zoals bijvoorbeeld minerale olie en BTEX) verbrand. Anorganische verbindingen (zoals metalen) kunnen niet met thermische reiniging verwijderd worden en kunnen na behandeling dus nog aanwezig zijn. Na behandeling is de grond zwart van kleur en bevat deze geen organische stof meer waardoor planten er niet of nauwelijks op kunnen groeien en waardoor er geen organismen kunnen leven.

Analytisch onderzoek

In Perkpolder zijn de toegepaste TGG, de bodem onder en naast de dijk, het grondwater en het oppervlaktewater door Deltares bemonsterd en geanalyseerd op verontreinigingen. Deltares heeft ook de lokale hydrologische situatie in kaart gebracht. Voor details hierover wordt dan ook verwezen naar het onderzoek van Deltares (Van der Star en Van der Ruyt, (in prep)). De toegepaste TGG moet voldoen aan de kwaliteitseisen uit Regeling Bodemkwaliteit.

Uit het milieukundig onderzoek blijkt dat de thermisch gereinigde grond die is toegepast in Perkpolder, hogere concentraties metalen, anorganische stoffen en organische stoffen bevat dan de direct omliggende bodem naast de dijk. Niet op alle meetpunten wordt voldaan aan de kwaliteitseisen uit de Regeling bodemkwaliteit. Voor de stoffen toluen, minerale olie som (C10-C40), chroom en nikkel wordt op verschillende meetpunten de Maximale Waarde Industrie overschreden. Voor chroom en nikkel is de Maximale Waarde Industrie gelijk aan de Interventiewaarde bodem (grens waarboven sprake is van een ernstige bodemverontreiniging). Voor alle stoffen met uitzondering van toluen en minerale olie is de ecotoxicologische risicogrenswaarde bepalend voor de kwaliteitseis. De humane risicogrenswaarde ligt dus hoger dan de risicogrenswaarde voor ecologie. De volgende stoffen zijn geselecteerd

voor een verdere beoordeling voor humane, danwel ecologische effecten.

- barium;
- cadmium;
- chroom
- lood;
- kwik;
- nikkel;
- toluen;
- benzeen
- som PAK (grondwater);
- alfa-HCH;
- beta-HCH;
- som drins;
- minerale olie;
- sulfaat;
- bromide;
- hoge pH (basische eigenschappen).

Er is onderzocht of er variatie was in de samenstelling van de aangebrachte TGG. Het aantal monsters was te laag om voldoende onderbouwde uitspraken te kunnen doen over variatie binnen bodemtypen en de TGG. Tevens is het op basis van de genomen monsters niet mogelijk om een relatie te leggen tussen de aangetroffen concentraties aan stoffen in de TGG en in het grondwater en oppervlaktewater. Het is dus onduidelijk of de aangetroffen concentraties in het grond- danwel oppervlaktewater, afkomstig zijn uit de TGG.

Gezondheidsrisico's omwonenden bij aanleg van de dijk

Voor het onderzoek zijn omwonenden geïnterviewd over de overlast tijdens en na de werkzaamheden aan de dijk. Uit de interviews kwam naar voren dat omwonenden stofoverlast hebben ervaren door verwaaiing van de TGG tijdens het aanbrengen van de TGG in de dijk. Tot op de dag van vandaag treffen omwonenden de TGG in huis aan. Daarnaast was er geluidsoverlast door de werkzaamheden, en de zware vrachtwagens en machines zorgden voor veel trillingen in huis. Enkele omwonenden gaven aan dat ze tijdens de werkzaamheden gezondheidsklachten hebben ervaren. Men was ontevreden vanwege de overlast en de informatievoorziening rondom de werkzaamheden.

Op basis van de informatie uit de interviews zijn mogelijke blootstellingsroutes geïdentificeerd en de gezondheidsrisico's bepaald op basis van een gemiddeld-, hoog- en worst-case blootstellingsscenario. De drie scenario's onderscheiden zich door het gehanteerde percentage van de TGG in stof en voor het worst-case scenario ook in de hoeveelheid stof in de lucht. De verschillende scenario's zijn bedoeld om de bandbreedte van blootstelling en risico's in beeld te brengen. De uitkomsten van de beoordeling zijn getoetst aan de gestelde eisen uit de Regeling bodemkwaliteit en de Circulaire bodemsanering (respectievelijk de Maximale Waarden Industrie en de Interventiewaarden voor bodemverontreiniging).

Uit de beoordeling blijkt dat de gezondheidsrisico's voor omwonenden tijdens de verwerking van de TGG door de blootstelling aan verontreinigingen aanwezig in de TGG, klein tot verwaarloosbaar is. Op basis van deze blootstelling kunnen gezondheidsrisico's door blootstelling aan verontreinigingen in de TGG worden uitgesloten voor alle blootstellingsscenario's.

Uit onderzoek van de TGG is gebleken dat deze gebluste en ongebluste kalk bevat. Ongebluste kalk is op zichzelf niet toxisch maar veroorzaakt in combinatie met water een sterk basische oplossing. Dergelijke basische oplossingen zijn bij hoge blootstellingsniveaus, corrosief voor de huid en de ogen en kunnen ook bij inademing of inslikken lokale irritaties veroorzaken. De ernst van het effect is met name afhankelijk van de hoogte van de blootstelling.

De gezondheidsrisico's van de hoge pH (basische eigenschappen) zijn beoordeeld voor de situatie tijdens de verwerking van de TGG in de dijk, omdat de blootstelling toen het hoogste was. Uitgaand van een worst-case stofconcentratie in lucht en gebruik makend van een toetswaarde voor werknemers (intensief contact) wordt ingeschat dat voor omwonenden de kans op directe effecten op de luchtwegen tijdens het aanbrengen gering was. Ten tijde van de blootstelling aan het TGG-stof kan er sprake zijn geweest van kortdurende irritatie op de huid of ogen, die geen blijvend effect veroorzaakt. Op basis hiervan wordt geconcludeerd dat er geen gezondheidsrisico's door de hoge pH zijn.

Bouwwerkzaamheden kunnen gedurende korte tijd verhoogde fijnstofconcentraties veroorzaken, zo ook de aanleg van de dijk in Perkpolder. Een direct verband tussen de blootstelling aan fijnstof afkomstig van deze werkzaamheden en de eventueel daardoor ervaren gezondheidsklachten is lastig aan te tonen. Op basis van de beschikbare informatie is het niet mogelijk om de hoeveelheid fijnstof ten tijde van de werkzaamheden te voorspellen en daarmee de gezondheidseffecten van fijnstof voor omwonenden te kwantificeren. Onder andere het type en de intensiteit van de werkzaamheden, de weersomstandigheden en de vochtigheid van de locatie zijn van invloed op de mate van verwaaiing van de TGG. Om toch een inschatting te kunnen maken in welke mate omwonenden zijn blootgesteld aan fijn stof afkomstig van TGG, zijn metingen van de hoeveelheid fijn stof in de lucht ten tijde van de werkzaamheden noodzakelijk. Deze metingen zijn niet beschikbaar. Wel is de korrelgrootteverdeling van de TGG in de kern van de dijk onderzocht. Ongeveer 28% van de TGG die bemonsterd is heeft een korrelgrootteverdeling welke voldoet aan de definitie van inhaleerbaar stof (kleiner dan 100 μm). Ongeveer 15% voldoet aan de definitie van fijnstof (kleiner dan 10 μm). Daarmee is ongeveer 70% van de bemonsterde TGG niet beschikbaar voor inhalatie. Het is aannemelijk dat de fractie kleiner dan 100 μm tijdens de werkzaamheden aan verwaaiing onderhevig was. Bij blootstelling aan fijnstof kunnen ook beneden de wettelijke grenswaarden gezondheidseffecten optreden. Hoewel de fijnstofconcentratie ten tijde van de werkzaamheden onbekend is, kunnen er (tijdelijke) effecten optreden door blootstelling aan fijnstof bij direct omwonenden die hier gevoelig voor zijn. Dit geldt voor alle soorten stof en is niet beperkt tot het verwaaien van TGG-stof.

Na verwerking van de TGG is deze afgedekt met een kleilaag van minimaal 0,5 meter dik waardoor direct contact met de TGG niet mogelijk is. Ook verwaaiing van de TGG is, door de afdekking, uitgesloten. Daardoor is er na afronding van de werkzaamheden geen blootstelling aan de TGG mogelijk en zijn er geen gezondheidsrisico's. Het is belangrijk dat de leeflaag gedurende de gehele levensduur van de dijk intact blijft.

Bodem, grondwater en oppervlaktewater

Bodem en TGG

Op basis van de verhoogde concentraties toluene, benzeen, minerale olie som (C10-C40), chroom en nikkel in de TGG kunnen negatieve effecten op de bodemecologie optreden. De uitkomsten van een ecologische risicobeoordeling op basis van de toxische druk (TD) die organismen als gevolg van een mengsel van verontreinigingen ervaren, bevestigen dit beeld. Evenals de conclusie dat de hoge pH van de TGG sterk afwijkend is ten opzichte van de meeste Nederlandse bodems, en afwijkend is, vergeleken met de omliggende bodems in Perkpolder. Bij ecologische effecten moet gedacht worden aan het verstoren van het gezond functioneren van de bodem door o.a. sterfte van bodemorganismen (zoals wormen, bacteriën en nematoden) en de verstoring van natuurlijke processen (bijvoorbeeld bodemrespiratie (ademhaling), nitrificatie, afbraak organische stof enz).

In de grond onder de TGG zitten ook verhoogde concentraties barium en sulfaat (beide niet-genormeerde stoffen) ten opzichte van de omliggende bodem. Voor beide stoffen kunnen op korte afstand van de dijk, negatieve ecologische effecten optreden bij contact of uitloging van verontreinigingen naar grond- en oppervlaktewater.

De kwaliteit van de TGG is onvoldoende voor het beweiden door vee. Het is echter onwaarschijnlijk dat het vee of gewassen (gras dat gebruikt kan worden als veevoeder) in direct contact komen met de aangebrachte TGG vanwege de aangebrachte leeflaag. De aangebrachte leeflaag bovenop de TGG is eenmalig bemonsterd. Op basis van dit monster voldoet de leeflaag aan de kwaliteitsklasse industrie. Hiermee voldoet het monster niet aan het lokale bodembeleid waarin wordt gesteld dat de kwaliteit moet voldoen aan de Achtergrondwaarde. In hoeverre dit voor de gehele dijk geldt kan op basis van de dit ene meetpunt niet worden bepaald. De leeflaag voldoet wel aan de grenswaarden voor landbouwkundige doeleinden.

Grondwater

In grondwater zijn verhoogde concentraties (groter dan Interventiewaarde) voor barium, lood, kwik en PAK (som 10) aangetroffen. Bij een verdere duiding van de risico's aan de hand van drinkwaternormen en de nieuwste voorstellen voor humane en ecotoxicologische risicogrenzen, blijkt alleen lood de drinkwaternorm te overschrijden. Bij toetsing van het grondwater aan de drempelwaarden uit de Grondwaterrichtlijn, blijken arseen (humane onderbouwing), nikkel (ecologische onderbouwing) en lood (ecologische onderbouwing) niet te voldoen aan drempelwaarden. In de regio vindt geen winning van grondwater ten behoeve van drinkwater plaats. Er is dus geen sprake

van humane risico's als gevolg van consumptie van grondwater. Wel kunnen er negatieve effecten op de ecologie optreden.

De aangetroffen concentraties arseen, lood en sulfaat in grondwater maken deze ongeschikt voor landbouwkundige toepassing (drinkwater voor vee of sproeiwater). De dijk bevindt zich echter in een overwegend brak tot zout kwelwatersysteem. Het gebruik van dit grondwater als drinkwater voor vee danwel sproeiwater zal waarschijnlijk beperkt zijn.

Oppervlaktewater

In de bermsloot naast de dijk is één monsterpunt beschikbaar welke driemaal bemonsterd is. In deze bemonstering overschrijden zink en kwik de Milieukwaliteitseisen (MKE) en Maximaal Aanvaardbare Concentratie (MAC-MKE) voor oppervlaktewater. Beiden normen kennen een ecologische onderbouwing, waardoor ecologische effecten kunnen optreden zoals sterfte van waterorganismen. Ook de concentraties sulfaat zijn verhoogd in het oppervlaktewater. Hoewel er geen wettelijke toetsnorm voor sulfaat bestaat liggen de concentraties ruim boven de gerapporteerde concentraties voor secundaire effecten zoals sulfidevorming en eutrofiëring (overmatige algengroei) in oppervlaktewater.

Met betrekking tot het gebruik van oppervlaktewater voor drenking van vee wordt geconcludeerd dat de aanwezige concentraties sulfaat risico's vormen voor dierenwelzijn. Ook hier geldt dat de sloot overwegend brak water bevat en dat deze daarmee waarschijnlijk niet gebruikt wordt als drinkwater voor vee.

Uitloging

Om de risico's op uitloging van stoffen naar bodem en grondwater te beoordelen zijn de beschikbare analysegegevens ook getoetst aan de Maximale Emissiewaarden voor grootschalige toepassingen (zoals een dijk). Hierbij werden geen overschrijdingen geconstateerd. Voor een aantal stoffen bestaan er geen Maximale Emissiewaarden voor grootschalige toepassingen. Voor deze stoffen is aanvullend getoetst aan Maximale Emissiewaarde voor niet-vormgegeven bouwstoffen. Wettelijk is hiertoe geen verplichting omdat de TGG als grond wordt beoordeeld en niet als bouwstof. Ook bij deze aanvullende toetsing werden geen overschrijdingen geconstateerd. De aanvullende toetsing vindt plaats uitgaande van contact met een brak watersysteem omdat de chlorideconcentratie in het ontvangende grondwater in Perkpolder regelmatig hoger is dan 5000 mg/l. Als de uitloging van de TGG getoetst wordt zonder rekening te houden met het ontvangende grondwatersysteem, kan worden geconcludeerd dat de uitloging van bromide te hoog is en dat de uitloging van chloride en sulfaat licht verhoogd is. Dit geeft een indicatie dat ongewenste uitloging van deze en andere stoffen in de toekomst kan optreden en dat een verdere monitoring van grond- en oppervlaktewater noodzakelijk is.

Aanbevelingen

Op basis van het bovenstaande kunnen de volgende aanbevelingen worden gedaan:

- Met betrekking tot de samenstelling van de dijk en het gebruik van de leeflaag voor landbouwdoeleinden is een monstername over de gehele lengte van de dijk noodzakelijk;
- Voor de beoordeling van de kwaliteit van het oppervlaktewater en de mate van uitloging van stoffen uit de TGG, wordt geadviseerd het reeds geplande monitoringsprogramma langjarig voort te zetten;
- Bij toekomstige werkzaamheden met de TGG wordt geadviseerd om de mening van de direct omwonenden mee te wegen in de besluitvorming. Daarnaast moeten maatregelen worden getroffen om verwaaiing van de TGG te minimaliseren en er wordt geadviseerd om uit voorzorg stofmetingen te verrichten indien de TGG wordt toegepast in een bebouwde omgeving;
- De leeflaag moet in voldoende mate (minimale dikte van 0,5 meter) in stand worden gehouden om blootstelling aan TGG te voorkomen.

1 Inleiding en vraagstelling

1.1 Context en achtergrondinformatie

In het project Natuurcompensatie Perkpolder is een nieuwe zeekering bij Perkpolder (gemeente Hulst, Zeeuws-Vlaanderen) aangelegd. In een deel van deze nieuwe zeekering is in de kern, gebruik gemaakt van thermisch gereinigde grond (TGG). De TGG is afgedekt met een laag gebiedseigen klei van minimaal 0,5 meter dik.

In 2016 ontstond ongerustheid bij de waterkeringsbeheerder Rijkswaterstaat (RWS) met betrekking tot de toegepaste TGG in termen van mogelijk ongewenste effecten op milieu en gezondheid en ook de langetermijngevolgen van dit materiaal op de functionaliteit en het waterkerende vermogen van de waterkering. RWS heeft daarop Deltares gevraagd om een verkennend analytisch en civieltechnisch onderzoek uit te voeren op de bij Perkpolder toegepaste TGG. Dit onderzoek is eind 2015 afgerond en gerapporteerd in 2016. Hieruit bleken onzekerheden te bestaan over de civieltechnische aspecten (op de lange termijn) als ook de milieuhygiënische aspecten.

Tegelijkertijd is onduidelijkheid ontstaan over de vraag in hoeverre het materiaal effect kan hebben op de gezondheid van omwonenden die tijdens de uitvoeringsfase in aanraking zijn gekomen met het materiaal (Post et al., 2016).

1.1.1 Vraagstelling

De resultaten uit 2016 waren aanleiding voor Rijkswaterstaat om in 2017 een nader onderzoek te starten. De algemene doelstelling van het onderzoek is het bepalen van de geotechnische, chemische en milieukundige eigenschappen van de aangebrachte thermische gereinigde grond en het effect en de risico's van het gebruik van de TGG op de gezondheid van omwonenden en mogelijke effecten op de omgeving (bodem, grondwater en oppervlaktewater).

Het RIVM is gevraagd om mogelijke effecten op de gezondheid van bewoners en de omgeving te beoordelen.

Specifiek zijn de volgende vragen relevant:

1. Welke regelgeving en normen zijn van toepassing op de TGG en op het werken met de TGG?
2. Wat is de statistische verdeling van de gemeten stoffen in het dijklichaam?
3. Wat zijn, tijdens het aanbrengen en na beëindiging van het werk, de gezondheidsrisico's van de TGG voor omwonenden?
4. Wat zijn, tijdens het aanbrengen en na beëindiging van het werk, van de TGG, de risico's voor bodem, grondwater en oppervlaktewater?
5. Wat zijn, na beëindiging van het werk, de gevolgen voor landbouwkundig gebruik van de dijk, zoals beweiding door vee?

Deltares onderzoekt de geotechnische en chemische eigenschappen. Hiervoor heeft Deltares de TGG, de bodem, het grondwater en het

oppervlaktewater bemonsterd en geanalyseerd. Ook brengt Deltares de hydrologische situatie rondom de dijk in kaart. Het RIVM maakt gebruik van de monsterdata van Deltares uit een tweetal meetrondes in de periode oktober – december 2017, voor de beoordeling van mogelijke effecten op de gezondheid van bewoners en de omgeving.

De beoordeling van het RIVM is uitgevoerd specifiek voor de situatie in Perkpolder en kan dus niet zonder meer, worden overgenomen voor TGG-gebruik elders in het land.

1.1.2 *Wat is thermisch gereinigde grond?*

Thermisch gereinigde grond ontstaat door verontreinigde grond in een draaiende metalen trommel onder zeer hoge temperatuur (circa 500 °C) te reinigen. Tijdens de thermische reiniging worden uitsluitend organische verbindingen (zoals bijvoorbeeld minerale olie en BTEX) verwijderd door verbranding. Ook alle organische stof uit de bodem wordt in dit proces verbrand waardoor planten niet of nauwelijks op de TGG kunnen groeien. Ook kunnen er geen organismen in de TGG leven. Door de verbrandingsresten van de organische verontreinigingen krijgt het materiaal een zwarte kleur.

Anorganische verbindingen (zoals metalen, met uitzondering van kwik) kunnen niet met thermische reiniging verwijderd worden en kunnen na behandeling dus nog aanwezig zijn. Thermische gereinigde grond wordt verhandeld als alternatief voor ophoogzand en toegepast in (grond)werken zoals geluidswallen en in het geval van Perkpolder, ook dijken.

1.2 **Leeswijzer**

In hoofdstuk 2 wordt een overzicht gegeven van relevante regelgeving en normen voor de TGG. Het gaat hierbij om regelgeving voor toepassing, risicobeoordeling en uitloging van stoffen uit de TGG. In hoofdstuk 3 worden de resultaten van de monsternamen door Deltares geanalyseerd. Op basis van deze analyse wordt een selectie gemaakt van relevante stoffen voor het verdere onderzoek. Hoofdstuk 4 beschrijft de mogelijke gezondheidskundige risico's voor omwonenden tijdens en na het aanbrengen van de TGG. In hoofdstuk 5 worden de mogelijke risico's voor bodem, grondwater en oppervlaktewater beschreven, evenals de mogelijke uitloging van stoffen uit de TGG naar deze compartimenten. Tot slot worden in hoofdstuk 6 de resultaten per onderzoeksvraag samengevat en worden er enkele aanbevelingen gedaan.

2 Verkenning regelgeving en normen

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van relevante regelgeving en normen voor de TGG. Er wordt onderscheid gemaakt tussen wettelijk verplichte regelgeving voor de toepassing, risicobeoordeling en uitloging van stoffen uit de TGG en aanvullende wet- en regelgeving ten behoeve van een nadere duiding van mogelijke risico's. Verder beperkt dit hoofdstuk zich tot de wet- en regelgeving die van toepassing is op dat deel van de dijk wat zich landinwaards bevindt (kruin en binnentalud van de dijk). Het buitendijkse deel (buitentalud vanaf de buitenkruinlijn) valt onder het oppervlaktewater en daarop is de Waterwet van toepassing. Het buitendijkse deel zal hier niet worden behandeld.

Tot slot staat in de Nota van Toelichting (Staatsblad, 2007) het volgende met betrekking tot gereinigde grond: "*Gereinigde grond betreft grond die wordt ontdaan van zijn verontreinigingen en is na die behandeling uiteraard gewoon nog grond*". Uitgaande van deze toelichting, wordt TGG in het vervolg van dit hoofdstuk beoordeeld conform het bodemkwaliteitskader.

2.1 Bodem en grondwater

2.1.1 *Zorgplicht*

Voor de toepassing van bouwstoffen, grond en baggerspecie wordt in het Besluit Bodemkwaliteit (Bbk) in artikel 7 een zorgplicht neergelegd. In deze zorgplicht wordt gesteld dat verontreiniging of aantasting van een oppervlaktewater door het toepassen van bouwstoffen, grond en baggerspecie, in beginsel moet worden voorkomen. Als er toch een verontreiniging of aantasting optreedt moeten de effecten zoveel mogelijk worden beperkt voor zover dit redelijkwijs kan worden gevraagd.

Ook voor nieuwe verontreinigingen (veroorzaakt na 1987), is in artikel 13 van de Wet bodembescherming (Wbb) een zorgplicht neergelegd. De zorgplicht houdt in dat verontreiniging of aantasting van de bodem in beginsel moet worden voorkomen. Als door een calamiteit of door onzorgvuldig gebruik van de bodem zich toch een verontreiniging van de bodem heeft voorgedaan, dienen de gevolgen te worden beperkt en de verontreiniging zo veel mogelijk ongedaan te worden gemaakt.

De zorgplicht is dus tweeledig:

1. men dient alle maatregelen te nemen om verontreiniging van de bodem te voorkomen;
2. indien er toch sprake is van een verontreiniging, zorg te dragen voor herstel (de herstelplicht).

Het gebruik van thermisch gereinigde grond in Perkpolder betreft een nieuwe situatie met mogelijk uitloging van verontreinigingen naar grond- en oppervlaktewater als gevolg. De zorgplicht (zowel artikel 7 van het Bbk, als artikel 13 van de Wbb) is daarom van toepassing. Aan de zorgplicht kan als volgt invulling worden gegeven:

1. Inzicht geven in de verontreinigingssituatie, bron en emissie;

2. De risico's voor mens en milieu en ten gevolge van verspreiding in grondwater in kaart brengen;
3. Indien nodig: aanpak voor herstel maken.

In deze rapportage wordt invulling gegeven aan punt 1 en 2.

2.1.2 *Circulaire bodemsanering*

Om inzicht te krijgen in de verontreinigingssituatie en mogelijke risico's voor mens en milieu kan gebruikt worden gemaakt van het bodeminstrumentarium van de Circulaire bodemsanering 2013. In de Circulaire bodemsanering staat de uitwerking van het saneringscriterium waarmee wordt vastgesteld of een spoedige sanering noodzakelijk is. De circulaire omvat dus met name de risicobeoordeling en de saneringsdoelstelling. In de circulaire zijn de Streef- en Interventiewaarden voor bodem en grondwater opgenomen.

Streefwaarde bodem en grondwater

De streefwaarden markeren de grens tussen schone (niet beïnvloed door menselijke activiteiten) en verontreinigde bodem of grondwater. De streefwaarden zijn een ijkpunt voor de milieukwaliteit op de lange termijn. Indien de streefwaarde wordt overschreden, vloeien daar geen verplichtingen uit voor het bevoegd gezag. In de jaren negentig van de vorige eeuw fungeerde de streefwaarde als saneringsdoelstelling. Omdat een dergelijke doelstelling vaak financieel en technisch onhaalbaar bleek, is deze saneringsdoelstelling gaandeweg verlaten.

Interventiewaarde grond

De Interventiewaarden voor grond en grondwater markeren de grens waarboven sprake is van een ernstige bodemverontreiniging. De Interventiewaarden voor grond zijn gebaseerd op mogelijk onaanvaardbare risico's voor de mens of het ecosysteem en worden als volgt bepaald:

1. voor de mens wordt de bodemconcentratie bepaald die bij het bodemgebruik 'wonen met tuin' leidt tot blootstelling ter hoogte van het MTR-humaan (Maximaal Toelaatbaar Risico). De situatie 'wonen met tuin' is een relatief gevoelige wijze van bodemgebruik, waarbij alle blootstellingsroutes van de mens van toepassing zijn;
2. voor het ecosysteem wordt de bodemconcentratie bepaald die leidt tot 50% potentieel aangetaste soorten of bodemprocessen (HC50).

De laagste van de twee afgeleide bodemconcentraties is de Interventiewaarde grond (Wezenbeek, 2008).

De Wet bodembescherming schrijft voor dat het bevoegd gezag een beschikking neemt over de ernst van de verontreiniging (artikel 29 Wet bodembescherming), bij overschrijding van de gemiddeld gemeten concentratie in minimaal 25 m³ grond en 100 m³ porieverzadigd ondergrondvolume voor een grondwaterverontreiniging. Hierna volgt een 'Nader Onderzoek' en een beoordeling van de spoedeisendheid van sanering (artikel 37 Wet bodembescherming, spoed of geen spoed).

Interventiewaarde grondwater

De vigerende Interventiewaarden voor grondwater dateren nog uit de jaren negentig en missen ten dele een directe onderbouwing op basis van een risicobenadering. De getalswaarden van de Interventiewaarden (Circulaire bodemsanering 2013) voor grondwater zijn afgeleid volgens uitgangspunten die op essentiële punten afwijken van de uitgangspunten die zijn toegepast voor de Interventiewaarde grond.

Er zijn daarom in 2001 en 2012 voorstellen gedaan voor herziening van de Interventiewaarden grondwater (Lijzen et al., 2001; Brand et al., 2012) met een goede aansluiting bij de uitgangspunten en methodiek voor de normen voor grond. Deze voorstellen zijn niet in wet- en regelgeving geformaliseerd maar worden in deze rapportage gebruikt om een nadere duiding aan de analyseresultaten te geven.

2.1.3

Besluit bodemkwaliteit

Het doel van het Besluit bodemkwaliteit (Bbk) is duurzaam bodembeheer. Er wordt gestreefd naar een balans tussen bescherming van de bodemkwaliteit voor mens en milieu enerzijds en gebruik van de bodem voor maatschappelijke ontwikkelingen zoals woningbouw of aanleg van wegen anderzijds.

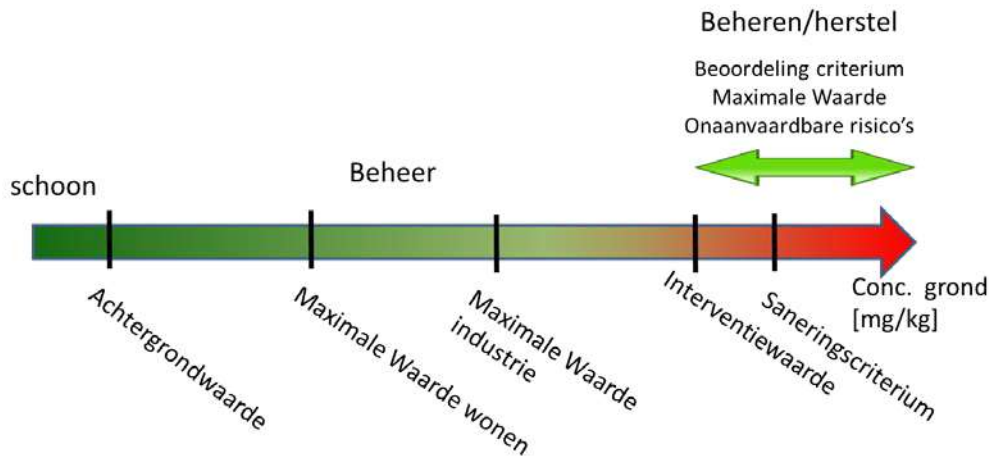
Het besluit bevat regels ten aanzien van kwaliteitsborging van de bodemwerkzaamheden (Kwalibo), en het omgaan met bouwstoffen, grond en baggerspecie.

Maximale Waarden

Voor het generieke toetsingskader in het Besluit bodemkwaliteit zijn de zogenoemde Maximale Waarden voor de bodemfunctieklassen Wonen en Industrie ontwikkeld.

Deze twee waarden liggen tussen de Achtergrondwaarde (de grens voor vrij grond- en baggerverzet) en de Interventiewaarden in.

De Maximale Waarden hebben als doel om een duurzaam geschikte toestand van de bodem te waarborgen, gegeven het gebruik. Dit betekent dat de bodem, indien deze aan deze normen voldoet, blijvend geschikt wordt geacht voor de uitgeoefende bodemfunctie. In Figuur 2.1 wordt de relatie tussen de verschillende bodemnormen voor hergebruik van grond en spoedbepaling weergegeven.



Figuur 2.1: Schematisch overzicht van de normen voor hergebruik van grond en spoedbepaling.

Uitloging

Voor gereinigde grond staat in de Nota van Toelichting op het Besluit Bodemkwaliteit (Staatsblad 469, 2007): "Gereinigde grond betreft grond die wordt ontdaan van zijn verontreinigingen en is na die behandeling uiteraard gewoon nog grond."

In het Besluit bodemkwaliteit (Besluit bodemkwaliteit, 2018) is in Hoofdstuk 4 (Grond en baggerspecie) de toetsing besproken voor "de toepassing van grond of baggerspecie in bouw- en weg constructies, waaronder mede worden begrepen wegen, spoorwegen en geluidswallen"(artikel. 35b) en "de toepassing van grond of baggerspecie in ophogingen in waterbouwkundige constructies" (artikel. 35d). Hier valt de toepassing van de TGG in een dijklichaam zoals in Perkpolder onder. In het kader van een gebiedsspecifiek toetsingskader voor de algemene toepassing, kan het bevoegde gezag voor het toepassen van grond op of in de bodem voor een door hem aangewezen bodembeheergebied, lokale Maximale Waarden vaststellen. Onder voorwaarden kunnen lokale Maximale Waarden boven de Maximale Waarden voor de bodemfunctieklasse industrie worden vastgesteld (artikel. 44.2).

In het geval van de Perkpolder is de gebiedskwaliteit vastgelegd in de Nota bodembeheer voor de landbodem in Zeeuwsch Vlaanderen (Marmos, 2015). In deze Nota is gebiedsspecifiek beleid vastgesteld voor Perkpolder. Volgens de Nota worden zeedijken tot de functie 'overige' gerekend. Voor de functie 'overige' hanteert het bevoegde gezag de kwaliteitsklasse Achtergrondwaarde (schoon). Voor het voormalige veerplein, waar een deel van de dijk ook onderdeel van uitmaakt, is lokaal beleid vastgesteld en mag worden voldaan aan de kwaliteitsklasse wonen.

Grootschalige toepassingen

Voor grootschalige toepassingen geldt een apart beleid. Grootschalige toepassingen zijn toepassingen van grond in een laagdikte van minimaal twee meter en een minimale omvang van 5000 m³. Hieruit volgt dat de dijkophoging met de TGG, een grootschalige toepassing is. Voor

grootschalige toepassingen geldt dat de kwaliteit van de grond voldoet aan:

*"de bij regeling van Onze Ministers vast te stellen maximale emissiewaarden;
bij toepassing op of in de bodem de Maximale Waarden voor de bodemfunctieklassen industrie, bedoeld in artikel 55, tweede lid;*

*...
op de desbetreffende grond of baggerspecie een leeflaag of een laag bouwstoffen wordt aangebracht;*

*...
De leeflaag, bedoeld in het eerste lid, onder b, heeft een minimale dikte van een halve meter. Bij regeling van Onze Ministers kunnen op grond van milieuhygiënische overwegingen nadere regels worden gesteld met betrekking tot de dikte van de leeflaag of de laag bouwstoffen" (artikel 63 Bbk).*

De kwaliteit van de leeflaag moet aansluiten bij de milieuhygiënische kwaliteit van de omgeving. In het geval van Perkpolder is dit de kwaliteitsklasse Achtergrondwaarde, met uitzondering van het voormalige veerplein, waar moet worden voldaan aan de kwaliteitsklasse wonen.

In de Handreiking Besluit bodemkwaliteit (Bodem+, NN) staat dat de normstelling voor de grond die wordt toegepast in grootschalige toepassingen gebaseerd is op Emissiewaarden. Daarnaast mag een partij toe te passen grond de Maximale Waarden voor de klasse industrie niet overschrijden. Verder gelden aparte normen voor de kwaliteit van de leeflaag en voor de kwaliteit van bermen en taluds. Voor grootschalige toepassingen geldt geen toetsing aan de kwaliteit van de ontvangende bodem, zoals bij de algemene toepassingen het geval is. In plaats daarvan gelden emissiewaarden om te voorkomen dat ontoelaatbare uitloging naar de bodem en het grondwater plaatsvindt.

De emissiewaarden bestaan uit:

- Emissietoetswaarden voor grootschalige toepassingen;
- Maximale Emissiewaarden voor grootschalige toepassingen.

De toetsing aan de Emissietoetswaarden is een eenvoudige toetsing op basis van de rekenkundige gemiddelden van de concentraties van de gemeten stoffen in de toe te passen grond. Deze Emissietoetswaarden komen overeen met de t-waarden uit het voormalige Bouwstoffenbesluit.

Als de kwaliteit van de toe te passen grond voldoet aan de Emissietoetswaarden, hoeft er conform het Besluit bodemkwaliteit geen verdere toetsing aan de Maximale emissiewaarden plaats te vinden. Onderzoek naar de emissie is dan niet nodig. Als de kwaliteit niet voldoet aan de Emissietoetswaarden, dan moet een (langduriger en duurder) uitloogonderzoek worden uitgevoerd om te toetsen aan de Maximale Emissiewaarden. Gezien de opgedane praktijkervaringen met het voormalige Bouwstoffenbesluit zal dit volgens de handreiking Besluit bodemkwaliteit in de meeste gevallen niet nodig zijn.

Bovendien geldt dat de leeflaag van ten minste een halve meter geschikt moet zijn voor de functie en moet passen bij de daadwerkelijke kwaliteit van de omliggende bodem. De kwaliteit van de leeflaag moet daarom voor de dijkophoging in de Perkpolder tenminste voldoen aan het lokale beleid waarbij de Achtergrondwaarde wordt toegepast of de Maximale Waarde Wonen voor het deel van de dijk dat valt onder het voormalige veerplein. De leeflaag mag op plaatsen bestaan uit een laag bouwstoffen (bijvoorbeeld klinkers of asfalt bij de aanleg van een weg). In dit geval moet de kwaliteit van de bouwstof voldoen aan de samenstellings- en emissiewaarden voor bouwstoffen.

Bouwstoffen

Omdat de TGG wordt beoordeeld als grond, hoeft deze niet te voldoen aan de Maximale Samenstellings- en Emissiewaarden, zoals geformuleerd in Bijlage A van de Regeling bodemkwaliteit voor bouwstoffen. In deze rapportage worden de Maximale Emissiewaarden wel gebruik om verdere duiding te geven aan de risico's van uitloging van stoffen naar bodem en grondwater.

De Maximale Samenstellings- en Emissiewaarden zijn emissiewaarden voor anorganische stoffen zoals metalen en samenstellingswaarden voor organische stoffen. Er worden drie categorieën bouwstoffen onderscheiden: open toepassing van niet-vormgegeven en van vormgegeven bouwstoffen en geïsoleerde toepassing van vormgegeven bouwstoffen. De samenstellingswaarden zijn gelijk voor vormgegeven bouwstoffen, niet-vormgegeven bouwstoffen en IBC¹-bouwstoffen. De Maximale Emissiewaarden verschillen tussen de verschillende categorieën van bouwstoffen.

Uitvoeringsaspecten zoals de hoogte van een werk, het al dan niet toepassen van isolatie, de aard van het bouw materiaal (vormgegeven of niet-vormgegeven), toepassing op/in de bodem of in het oppervlaktewater komen tot uitdrukking in de diverse scenario's waarmee kritische emissiewaarden zijn berekend (Verschoor et al., 2006). Uit de verschillende varianten heeft het toenmalige Ministerie van VROM een voorkeursvariant gekozen. Deze variant gaat uit van niet-vormgegeven bouwstoffen met een open toepassing en een toepassingshoogte van 0,5 meter, uitgaande van de risicobenadering in bodem en grondwater. In de voorkeursvariant is de keuze gemaakt voor een middeling van concentraties in bodem en grondwater over de bovenste meter en een tijdraam van honderd jaar.

2.2 Besluit kwaliteitseisen en monitoring water (BKMW)

Indien sprake is van een immissie van stoffen uit het dijklichaam in aangrenzend oppervlaktewater, kan een verslechtering optreden van de grondwater en oppervlaktewaterkwaliteit die in strijd is met de Kaderrichtlijn Water en/of de grondwaterrichtlijn.

¹ IBC-bouwstoffen zijn niet-vormgegeven bouwstoffen die alleen mogen worden toegepast met isolatie-, beheers- en controle- (IBC) maatregelen, omdat het toepassen zonder deze maatregelen anders leidt tot teveel emissies naar het milieu.

De Europese Kaderrichtlijn water (2000/60/EG) is in Nederland geïmplementeerd via de Waterwet. De normen uit Richtlijn 2013/39/EU zijn in Nederland overgenomen in het herziene Besluit kwaliteitseisen en monitoring water 2009 (BKMW, 2009). De milieukwaliteitseisen uit het BKMW zijn voornamelijk (maar niet uitsluitend) gebaseerd op ecotoxicologische gegevens en geven daarmee tevens een indicatie van de aantasting van de ecologische kwaliteit van het oppervlaktewater.

De BKMW voorziet ook in de normen voor de Europese Grondwaterrichtlijn (GWR). Deze schrijft (Europees vastgestelde) grondwaterkwaliteitsnormen voor nitraat en bestrijdingsmiddelen voor. Voor chloride, nikkel, arseen, cadmium, lood en totaal fosfor zijn drempelwaarden afgeleid en nationaal vastgesteld. Deze drempelwaarden zijn gebaseerd op de risico's voor aquatische ecosystemen die afhankelijk zijn van het grondwaterlichaam, het gebruik van grondwater voor de bereiding van drinkwater en de achtergrondwaarde van het grondwaterlichaam.²

2.3 Drinkwaterwet

Er is in de omgeving van de dijk bij Perkpolder geen sprake van winning van grondwater ten behoeve van de drinkwatervoorziening. Een toetsing aan normen voor drinkwater is daarom niet verplicht. Toch is één van de criteria waarop de Interventiewaarde voor grondwater is gebaseerd 'het direct kunnen consumeren van grondwater als drinkwater' (zie ook paragraaf 2.1.2). Voor sommige van de aangetroffen stoffen in het grondwater van Perkpolder kan de Interventiewaarde dus gebaseerd zijn op de consumptie van grondwater als drinkwater. Hierdoor wordt er indirect een uitspraak gedaan over de geschiktheid van het grondwater in Perkpolder als drinkwater.

In het geval van een overschrijding van een Interventiewaarde voor grondwater welke gebaseerd is op de consumptie van grondwater als drinkwater, is ook een beoordeling ten opzichte van drinkwaternormen in beschouwing genomen. De drinkwaternormen stellen eisen aan de kwaliteit van het (drink)water dat uit de kraan komt en worden in de praktijk ook gebruikt om in grondwaterbeschermingsgebieden te beoordelen. Daar waar de drinkwaternorm hoger ligt dan een Interventiewaarde welke gebaseerd is op consumptie van grondwater, bestaat er dan ook geen risico voor de gezondheid. De toetsing voor drinkwater heeft in het geval van Perkpolder dus geen formele betekenis en dient slechts ter duiding van risico's.

De Drinkwaterwet (Drinkwaterwet, 2009) vloeit voort uit de Europese Drinkwaterrichtlijn. Deze wet is in 2011 in werking getreden en heeft primair als doel de drinkwatervoorziening in Nederland duurzaam veilig te stellen. De reikwijdte van de wet strekt zich uit van bron tot kraan. Het Drinkwaterbesluit (Drinkwaterbesluit, 2011) vormt de Nederlandse implementatie van de normen voor drinkwater uit de Europese Drinkwaterrichtlijn 98/83/EG met een klein aantal toevoegingen. Hierin

² De grondwaterkwaliteitsnormen en drempelwaarden zijn verankerd in het Besluit kwaliteitseisen en monitoring water (Bkmw, 2009) en herzien in 2015. De grondwaterkwaliteitsnormen en drempelwaarden grondwater zijn overgenomen in het Besluit kwaliteit leefomgeving (1 juli 2016).

zijn de normen voor drinkwater vastgelegd (in Tabel II Chemische parameters).

2.4 Landbouwkundig gebruik

2.4.1 LAC-waarden grond

Bescherming van de landbouwproductie wordt overwegend in andere kaders geregeld (Warenwet, veevoedernormen) en dus niet door specifieke bodemnormen. Er zijn advieswaarden afgeleid (de LAC 2006-waarden, Römken et al., 2007), die dienen als kennisbron om de risico's voor de landbouwproductie te beoordelen.

De in 2006/2007 gereviseerde LAC-waarden zijn bedoeld als richtlijn voor de beoordeling van de bodemkwaliteit voor landbouwkundige doeleinden en hebben geen juridische status.

De LAC-waarden zijn afgeleid voor de bodemtypen zand, klei en veen en voor verschillende vormen van landbouwkundig gebruik. Met het oog op de samenstelling van de TGG is ervoor gekozen om deze te toetsen aan de LAC-waarden voor zand. De leeflaag bestaat uit gebiedseigen klei en zal worden getoets aan de waarde voor klei.

Het gras afkomstig van de dijk in Perkpolder wordt gebruikt als veevoeder voor vleeschapen. Dit gebruik komt het beste overeen met de gebruiksvorm 'beweid grasland'.

De mogelijke eindpunten die gebruikt zijn voor de afleiding van LAC-waarden zijn: warenwetnormen (voor dierlijke en/of plantaardige producten), veevoedernormen, normen voor diergezondheid en normen voor fytotoxiciteit. Voor de afleiding van de LAC-waarden voor beweid grasland zijn al deze eindpunten, met uitzondering van de warenwetnormen voor plantaardige producten, toegepast. De LAC-waarde is vastgesteld als de laagste waarde die wordt bepaald op basis van voorgaande criteria en is gemaximeerd op de Interventiewaarde bodem.

2.4.2 Referentiewaarden voor veedrenking en sproeiwater

Om de kwaliteit van het bemonsterde grond- en oppervlaktewater te toetsen in relatie tot (mogelijk) gebruik als water voor veedrenking en sproeiwater, zijn referentiewaarden gehanteerd voor een selectie van metalen en sulfaat en nitraat (Twisk en De Zeeuw, 2008; Dusseldorp et al., 2007). De aangehaalde publicaties verwijzen (deels) weer naar oorspronkelijke bronnen die niet meer achterhaald konden worden. De waarden hebben geen juridische status, een overschrijding van de referentiewaarden moet gezien worden als een indicatie dat de kwaliteit van grond- of oppervlaktewater mogelijk niet geschikt is voor het beoogde gebruik. Indien voor stoffen meerdere referentiewaarden beschikbaar waren, is getoetst aan de laagst beschikbare waarde.

2.5 Conclusie

Uitgaande van de volgende toelichting op gereinigde grond "*Gereinigde grond betreft grond die wordt ontdaan van zijn verontreinigingen en is na die behandeling uiteraard gewoon nog grond*" (Staatsblad, 2007), is

het bodemkwaliteitskader van toepassing op de beoordeling van de toegepaste TGG in Perkpolder.

De dijktoepassing in Perkpolder is een grootschalige toepassing. Resumerend moeten drie toetsingen worden uitgevoerd voor de toepassing van de TGG in een grootschalige toepassing:

- toetsing van de TGG aan de Maximale Waarden Industrie;
- toetsing aan emissiewaarden om te voorkomen dat ontoelaatbare uitloging naar de bodem en het grondwater plaatsvindt;
- toetsing van de kwaliteit van de leeflaag aan de Lokale Maximale Waarden voor hergebruik van grond. Voor de zeedijk in Perkpolder is dit de Achtergrondwaarde, met uitzondering van het gedeelte van de dijk dat in het voormalige veerplein ligt. In het voormalige veerplein wordt de Lokale Maximale Waarde Wonen aangehouden.

Omdat er nog geen meetgegevens beschikbaar zijn voor de zeedijk in het voormalige veerplein-gebied, zal in deze rapportage de Achtergrondwaarde als toetsnorm voor de leeflaag worden aangehouden. Voor grootschalige toepassingen geldt geen toetsing aan de kwaliteit van de ontvangende bodem, zoals bij de algemene toepassingen van grond wel het geval is.

Omdat de dijk na 1987 is aangelegd is tevens de zorgplicht van toepassing. De zorgplicht houdt in dat verontreiniging of aantasting van de bodem in beginsel moet worden voorkomen. Als zich toch een verontreiniging van de bodem heeft voorgedaan, dienen de gevolgen te worden beperkt en de verontreiniging zoveel mogelijk ongedaan te worden gemaakt door:

1. Inzicht te geven in de verontreinigingssituatie, bron en emissie;
2. De risico's voor mens en milieu en ten gevolge van verspreiding in grondwater in kaart brengen;
3. Indien nodig: Aanpak voor herstel maken.

Het grondwater en oppervlaktewater onder en naast de dijk moeten voldoen aan de milieukwaliteitseisen uit het Besluit kwaliteitseisen en monitoring water (BKMW). Hiermee wordt invulling gegeven aan de eisen uit de Europese Kaderrichtlijn water en de grondwaterrichtlijn.

3 Analyse thermisch gereinigde grond

In opdracht van Rijkswaterstaat heeft Deltares de TGG, de bodem, het grondwater en het oppervlaktewater bemonsterd en geanalyseerd. Ook heeft Deltares het hydrologische systeem in kaart gebracht (Van der Star en Van der Ruyt, in prep). Voor deze risicobeoordeling zijn de meetgegevens gebruikt van een tweetal meetrondes in de periode oktober - december 2017. Op basis van deze analyse heeft het RIVM een selectie gemaakt van relevante stoffen voor de verdere beoordeling. De resultaten van de analyse worden in dit hoofdstuk beschreven.

3.1 Analyse meetresultaten

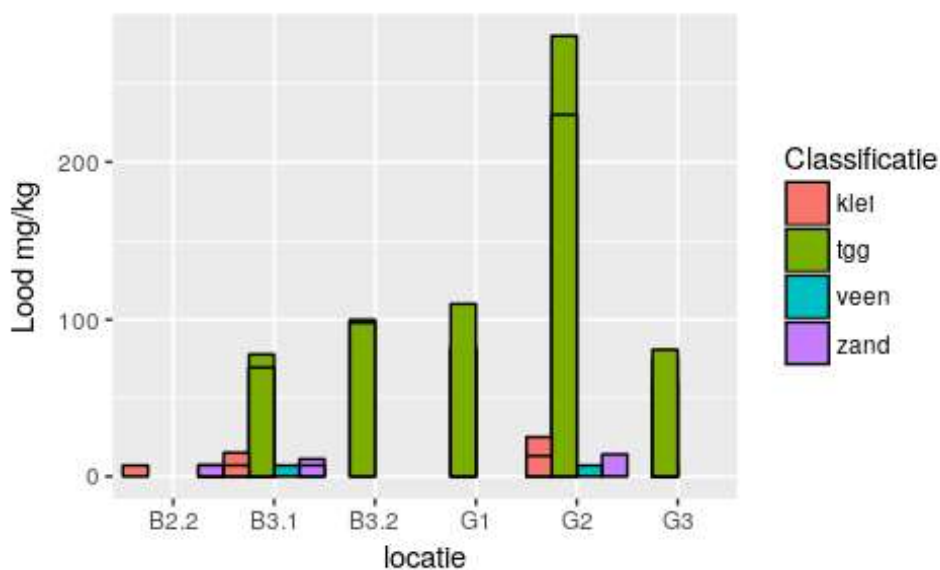
De gemeten concentraties in de TGG en de bodem zijn beoordeeld op verschillen in concentratie tussen de TGG en de omliggende bodem. Ook zijn de concentraties uitgezet tegen de diepte waarop het monster is genomen. De anorganische componenten zijn ook uitgezet tegen aluminium als proxy om te beoordelen of de waargenomen variatie verband had met de natuurlijke variatie in concentraties.

Het aantal monsters was te laag om voldoende onderbouwde statistische uitspraken te kunnen doen over variatie binnen bodemtypen en de TGG. Zo is het op basis van het aantal monsters niet mogelijk om een onderbouwde uitspraak te doen of de TGG uit verschillende partijen bestaat. Tevens is het op basis van de meetgegevens niet mogelijk om een relatie te leggen tussen de aangetroffen concentraties in de TGG en de aangetroffen concentraties in de bodem, het grondwater en oppervlaktewater.

3.1.1 *Overzicht en statistische verdeling*

De concentraties van metalen, anorganische stoffen en organische stoffen is in het algemeen veel hoger in de TGG dan de omliggende bodem. Figuren 3.1 t/m 3.7 laten een aantal voorbeelden zien waar de concentratie van de verschillende locaties is uitgezet in staafdiagrammen.

In Figuur 3.1 staan de concentraties lood. Uit de figuur blijkt dat lood in het algemeen veel hogere concentraties heeft in de TGG dan in de omliggende bodem. Dit blijkt ook uit de statistische kengetallen in Tabel 3.1, zowel het gemiddelde als de mediaan liggen voor de TGG een stuk hoger. Het patroon dat de TGG hogere concentraties heeft, gaat op voor de meeste metalen, waaronder cadmium, koper, kwik, antimoon, tin en zink.

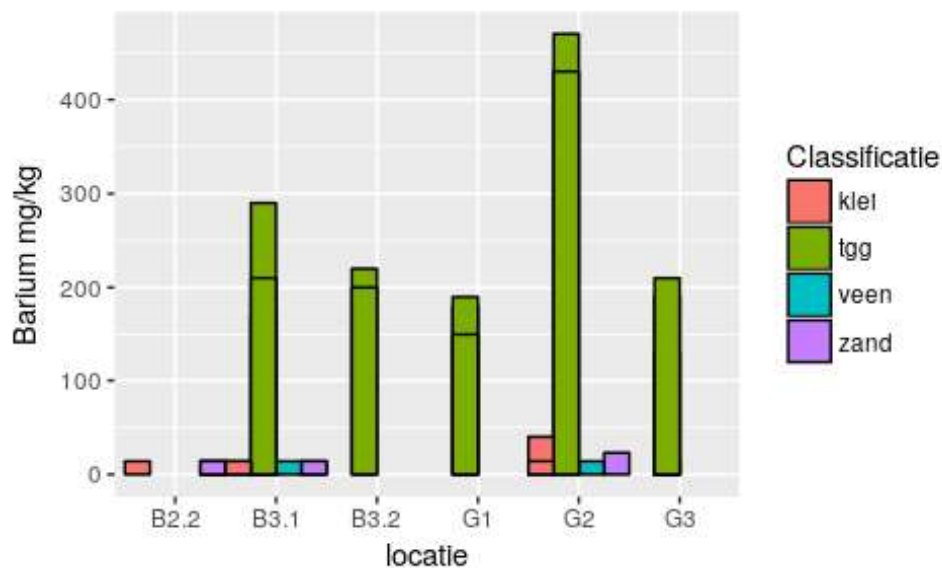


Figuur 3.1: Stafdiagram met de concentratie lood voor de verschillende TGG- en bodemmonsters. Op de x-as staan de verschillende meetpunten en op de Y-as de concentratie. Als er meerdere monsters op dezelfde locatie zijn genomen, zijn de staven over elkaar heen geplot. De horizontale lijn geeft de hoogte van de afzonderlijke staven weer.

Tabel 3.1: Statistische kengetallen van lood: het aantal metingen, het gemiddelde (gemiddeld), de standaarddeviatie (sd), het minimum en maximum (min, max), het 5- en 95-percentiel (p5, p95), de mediaan, en de median absolute deviatie (mad).

groep	aantal	gemiddeld	sd	min	p5	mediaan	mad	p95	max
klei	5	13,40	7,40	7	7,0	13,0	8,9	23,00	25
TGG	14	101,36	70,05	7	40,8	80,5	21,5	247,50	280
veen	2	7,00	0,00	7	7,0	7,0	0,0	7,00	7
zand	6	8,83	2,99	7	7,0	7,0	0,0	13,25	14

Figuur 3.2 en Tabel 3.2 laten de gegevens voor barium zien, ook hier zijn de concentraties in de TGG hoger dan in de omliggende bodem.

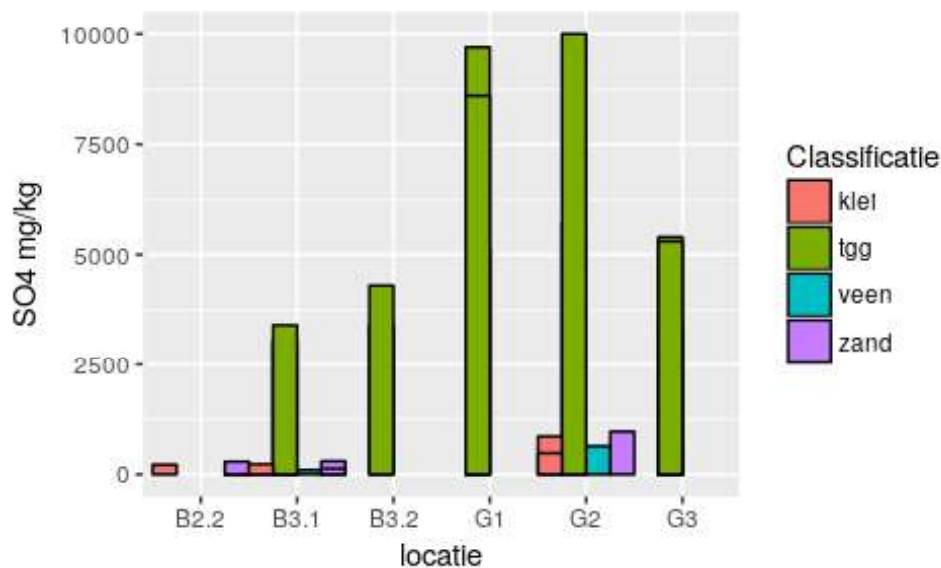


Figuur 3.2: Staafdiagram met de concentratie barium voor de verschillende TGG- en bodemonsters. Op de x-as staan de verschillende meetpunten en op de Y-as de concentratie. Als er meerdere monsters op dezelfde locatie zijn genomen, zijn de staven over elkaar heen geplot. De horizontale lijn geeft de hoogte van de afzonderlijke staven weer.

Tabel 3.2: Statistische kengetallen van barium: het aantal metingen, het gemiddelde (gemiddeld), de standaarddeviatie (sd), het minimum en maximum (min, max), het 5- en 95-percentiel (p5, p95), de mediaan, en de median absolute deviatie (mad).

groep	aantal	gemiddeld	sd	min	p5	mediaan	mad	p95	max
klei	5	19,20	11,63	14	14,0	14	0,00	34,80	40
TGG	14	218,14	115,49	14	89,4	195	37,06	444,00	470
veen	2	14,00	0,00	14	14,0	14	0,00	14,00	14
zand	6	15,50	3,67	14	14,0	14	0,00	20,75	23

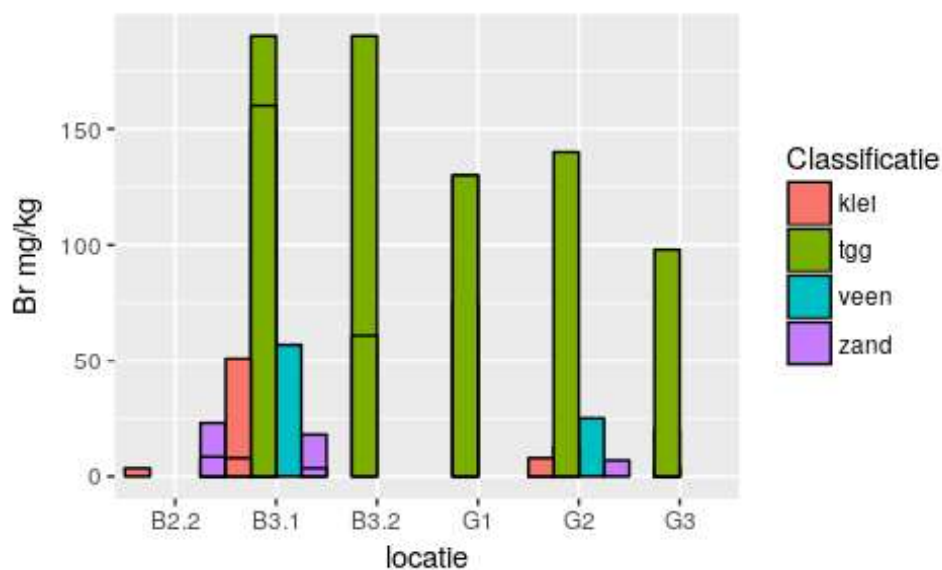
De overige anorganische componenten staan in de Figuren 3.3 t/m 3.5 en Tabellen 3.3 t/m 3.5, respectievelijk sulfaat (SO₄), bromide (Br) en fluoride (F). Ook voor deze stoffen geldt dat de concentraties in de TGG hoger zijn dan in de omliggende bodem.



Figuur 3.3: Staafdiagram met de concentratie sulfaat voor de verschillende TGG- en bodemonsters. Op de x-as staan de verschillende meetpunten en op de Y-as de concentratie. Als er meerdere monsters op dezelfde locatie zijn genomen, zijn de staven over elkaar heen geplot. De horizontale lijn geeft de hoogte van de afzonderlijke staven weer.

Tabel 3.3: Statistische kengetallen van sulfaat: het aantal metingen, het gemiddelde (gemiddeld), de standaarddeviatie (sd), het minimum en maximum (min, max), het 5- en 95-percentiel (p5, p95), de mediaan, en de median absolute deviatie (mad).

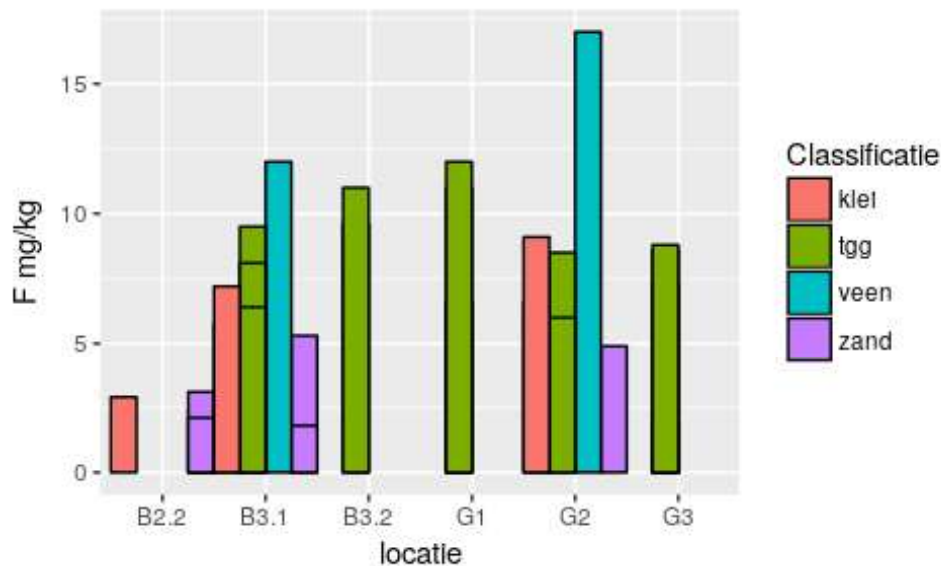
groep	aantal	gemiddeld	sd	min	p5	mediaan	mad	p95	max
klei	5	384,00	296,19	130	148,0	230	148,26	784,0	860
TGG	14	5067,86	2721,96	550	2142,5	4700	1927,38	9805,0	10000
veen	2	370,00	381,84	100	127,0	370	400,30	613,0	640
zand	6	351,67	309,48	130	145,0	260	81,54	802,5	970



Figuur 3.4: Staafdiagram met de concentratie bromide voor de verschillende TGG- en bodemonsters. Op de x-as staan de verschillende meetpunten en op de Y-as de concentratie. Als er meerdere monsters op dezelfde locatie zijn genomen, zijn de staven over elkaar heen geplot. De horizontale lijn geeft de hoogte van de afzonderlijke staven weer.

Tabel 3.4: Statistische kengetallen van bromide: het aantal metingen, het gemiddelde (gemiddeld), de standaarddeviatie (sd), het minimum en maximum (min, max), het 5- en 95-percentiel (p5, p95), de mediaan, en de median absolute deviatie (mad).

groep	aantal	gemiddeld	sd	min	p5	mediaan	mad	p95	max
klei	5	14,76	20,38	3,5	3,5	7,9	6,52	42,38	51
TGG	14	97,43	68,14	3,5	3,5	114,0	73,39	190,00	190
veen	2	41,00	22,63	25,0	26,6	41,0	23,72	55,40	57
zand	6	10,55	8,10	3,5	3,5	7,7	6,15	21,75	23



Figuur 3.5: Staafdiagram met de concentratie fluoride voor de verschillende TGG- en bodemonsters. Op de x-as staan de verschillende meetpunten en op de Y-as de concentratie. Als er meerdere monsters op dezelfde locatie zijn genomen, zijn de staven over elkaar heen geplot. De horizontale lijn geeft de hoogte van de afzonderlijke staven weer.

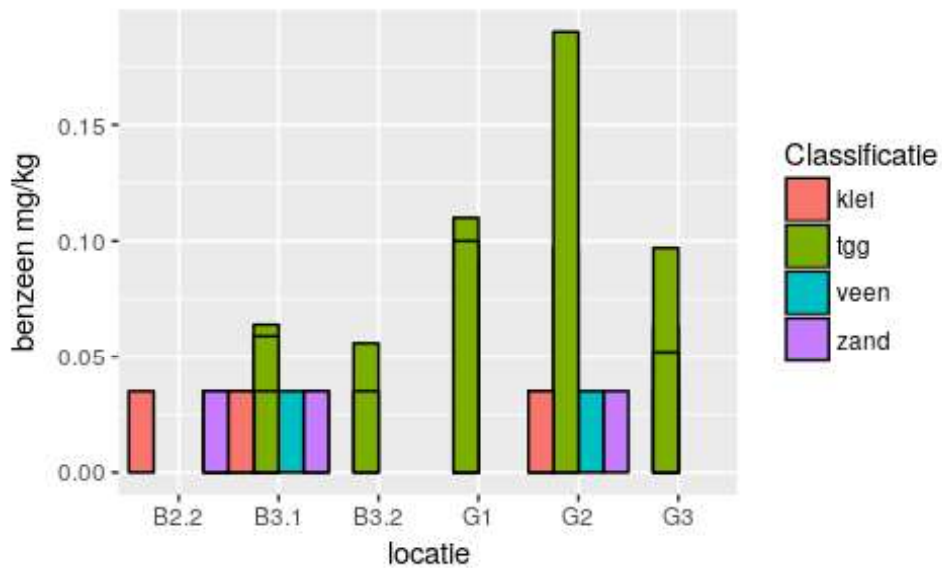
Tabel 3.5: Statistische kengetallen van fluoride: het aantal metingen, het gemiddelde (gemiddeld), de standaarddeviatie (sd), het minimum en maximum (min, max), het 5- en 95-percentiel (p5, p95), de mediaan, en de median absolute deviatie (mad).

groep	aantal	gemiddeld	sd	min	p5	mediaan	mad	p95	max
klei	5	6,32	2,27	2,9	3,480	6,6	1,19	8,72	9,1
TGG	14	8,24	2,56	1,9	4,565	8,6	2,37	11,35	12,0
veen	2	14,50	3,54	12,0	12,250	14,5	3,71	16,75	17,0
zand	6	3,27	1,49	1,8	1,875	2,8	1,19	5,20	5,3

3.1.2

Organische stoffen

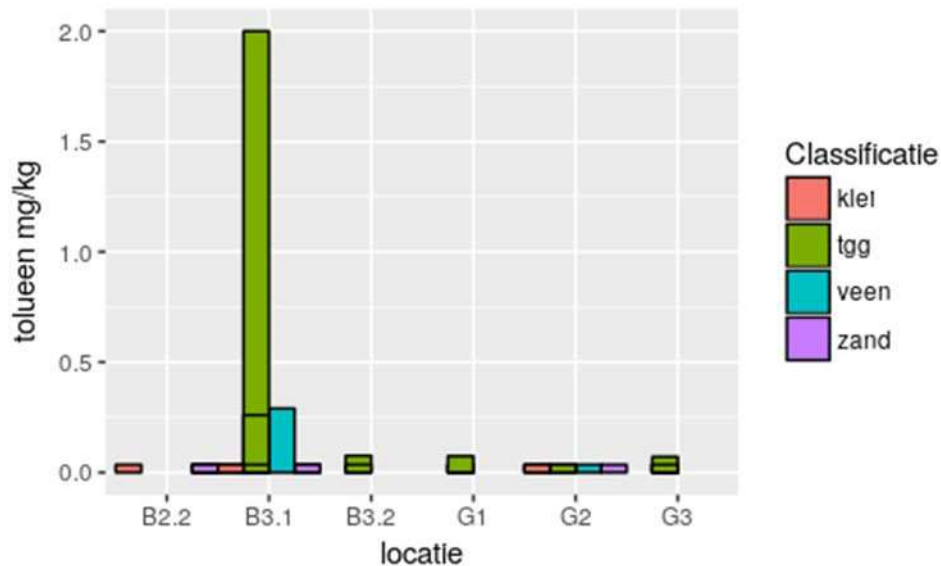
Een tweetal voorbeelden van vluchtige organische stoffen zijn gegeven in de Figuren 3.6 en 3.7 en de kengetallen in de Tabellen 3.6 en 3.7. Net als bij de metalen geldt ook hier dat de concentraties van stoffen in de TGG hoger zijn dan de omliggende bodem. Kenmerkend voor vluchtige organische stoffen is dat zij niet van nature in de bodem voorkomen, dit in tegenstelling tot de genoemde metalen en anorganische stoffen in de voorgaande paragraaf.



Figuur 3.6: Staafdiagram met de concentratie benzeen voor de verschillende TGG- en bodemonsters. Op de x-as staan de verschillende meetpunten en op de Y-as de concentratie. Als er meerdere monsters op dezelfde locatie zijn genomen, zijn de staven over elkaar heen geplot. De horizontale lijn geeft de hoogte van de afzonderlijke staven weer.

Figuur 3.6: Statistische kengetallen van benzeen: het aantal metingen, het gemiddelde (gemiddeld), de standaarddeviatie (sd), het minimum en maximum (min, max), het 5- en 95-percentiel (p5, p95), de mediaan, en de median absolute deviatie (mad).

groep	aantal	gemiddeld	sd	min	p5	mediaan	mad	p95	max
klei	5	0,03	0,00	0,035	0,035	0,0	0,00	0,035	0,035
TGG	14	0,08	0,04	0,035	0,035	0,1	0,04	0,138	0,190
veen	2	0,03	0,00	0,035	0,035	0,0	0,00	0,035	0,035
zand	6	0,03	0,00	0,035	0,035	0,0	0,00	0,035	0,035



Figuur 3.7: Staafdiagram met de concentratie toluen voor de verschillende TGG- en bodemmonsters. Op de x-as staan de verschillende meetpunten en op de Y-as de concentratie. Als er meerdere monsters op dezelfde locatie zijn genomen, zijn de staven over elkaar heen geplot. De horizontale lijn geeft de hoogte van de afzonderlijke staven weer.

Tabel 3.7: Statistische kengetallen van toluen: het aantal metingen, het gemiddelde (gemiddeld), de standaarddeviatie (sd), het minimum en maximum (min, max), het 5- en 95-percentiel (p5, p95), de mediaan, en de median absolute deviatie (mad).

groep	aantal	gemiddeld	sd	min	p5	mediaan	mad	p95	max
klei	5	0,03	0,00	0,035	0,03500	0,0	0,00	0,03500	0,035
TGG	14	0,20	0,52	0,035	0,03500	0,0	0,00	0,86900	2,000
veen	2	0,16	0,18	0,035	0,04775	0,2	0,19	0,27725	0,290
zand	6	0,03	0,00	0,035	0,03500	0,0	0,00	0,03500	0,035

3.2 Selectie relevante stoffen op basis van normoverschrijding

Voor de beoordeling van de aanwezige stoffen in Perkpolder is een zeer uitgebreid stoffenpakket gehanteerd. Of stoffen relevant zijn voor de verdere risicobeoordeling hangt af van de aangetroffen concentraties. Om tot een selectie van relevante stoffen te komen is getoetst aan de normen die van toepassing zijn op TGG. Aanvullend zijn de concentraties in het grondwater getoetst op de Interventiewaarde voor grondwater. Stoffen waarvoor een overschrijding wordt geconstateerd in de TGG en/of het grondwater, worden geselecteerd voor de verdere risicobeoordeling.

Voor de TGG zijn twee meetreeksen (respectievelijk de B- en G-nummers) beschikbaar in de dijk. In totaal waren er zeven meetpunten en zijn er in die meetpunten op verschillende dieptes monsters genomen. Aanvullend waren er negen meetpunten voor grondwater welke eveneens op verschillende dieptes zijn bemonsterd. Er was beschikking over één meetpunt in de leeflaag en één meetpunt in de bermsloot. Voor het grond- en oppervlaktewater waren inmiddels drie meetrondes uitgevoerd waarvan de eerste slechts indicatief kon worden gebruikt wegens het niet aanhouden van de wachtperiode van 7 dagen. Hierdoor kunnen de

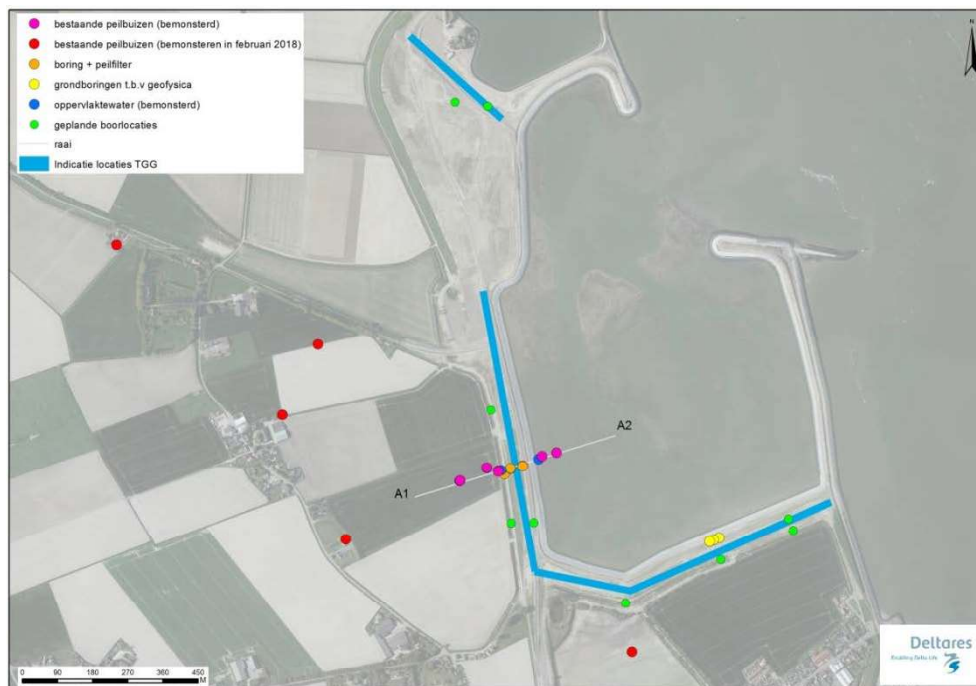
concentraties tijdelijk verhoogd zijn als gevolg van verstoring en contaminatie tijdens het plaatsen van de peilbuis.

3.2.1

Toetsing bodem

Voor een beoordeling van de kwaliteit van de thermisch gereinigde grond zijn de analysegegevens van Deltares gebruikt zoals aangeleverd voor de meetpunten in de TGG. De monsternamen zijn in twee groepen verdeeld, de zogenoemde B-nummers en de G-nummers. Zie respectievelijk de oranje en gele bollen in Figuur 3.8. Het gaat om de volgende monsterpunten:

- B3.1 op dieptes:
 - 4,00-5,00 m
 - 6,00-7,00 m
 - 8,00-8,40 m
- B3.2 op dieptes:
 - 5,00-5,30 m
 - 2,00-2,30 m
- G1 op dieptes:
 - 4,65 m
 - 6,25 m
 - 9,25 m
- G2 op dieptes:
 - 5,00 m
 - 9,00 m
- G3 op dieptes:
 - 3,25 m
 - 4,75 m
 - 7,5 m
 - 9,5 m



Figuur 3.8: Indicatieve ligging van zeedijk waar de TGG is toegepast en de verschillende locaties van de monsternamen. De oranje en gele bollen vertegenwoordigen de gebruikte meetpunten voor deze rapportage. Overgenomen uit Van Meurs en Van der Star (2018).

De analyseresultaten zijn vergeleken met de normen voor bodem uit het Besluit bodemkwaliteit en de Circulaire bodemsanering. Het aantal TGG-monsters voldeed niet aan de eisen die gesteld worden aan bodemonderzoek conform de NEN5740. Daarmee was het aantal monsters te laag om voldoende onderbouwde uitspraken te kunnen doen of de TGG voldoet aan de gestelde criteria voor toepassing. De beoordeling die plaatsvindt, is dan ook indicatief voor geldende wet- en regelgeving.

Volgens de Regeling bodemkwaliteit moet de TGG voor alle stoffen ten minste voldoen aan de Maximale Waarde Industrie. Volgens het productcertificaat waaronder de TGG wordt geleverd kan de TGG aan deze voorwaarde voldoen en wordt de exacte kwaliteit beschreven in het grondbewijs dat bij iedere toegepaste partij wordt meegeleverd (zie kader, productcertificaat GR-052/7 uitgegeven op 01-09-2017 en geldend tot 10-02-2018 door SGS Intron certificatie).

Productcertificaat GR-052/7 thermisch gereinigde grond**1. PRODUCTSPECIFICATIE****1.1 Milieuhygiënische specificatie**

De partij grond voldoet aan de milieuhygiënische specificaties zoals deze gesteld zijn in het Besluit bodemkwaliteit en heeft hierbij een kwalificatie als:

...

Voor de toepassingen in of op de bodem:

- grond* die voldoet aan de Achtergrondwaarden met inachtneming van art 4.2.2 lid 4 en lid 5 van de Rbk of;
- grond* die voldoet aan de Maximale Waarden bodemkwaliteitsklasse wonen of;
- grond* die voldoet aan de Maximale Waarden bodemkwaliteitsklasse industrie.

...

Voor de toepassing in een grootschalige toepassing:

- grond* die voldoet aan de Maximale Waarden voor grootschalige bodemtoepassingen”.

De milieuhygiënische kwaliteit van de geleverde partij staat apart aangegeven op het grondbewijs dat bij de partij behoort (zie onder merken).

... (SGS Intron, 2017).

In Tabel 3.8 worden de bevindingen weergegeven van de toetsing aan de Maximale Waarde Industrie.

Tabel 3.8: Overschrijdingen na toetsing van de TGG aan het Besluit bodemkwaliteit en de Circulaire bodemsanering 2013.

Meetpunt	Stof	Concentratie in de TGG* (mg/kg)	Maximale Waarde Industrie (mg/kg)	Factor overschrijding	Opmerking
B3.1 (4,00-5,00)	tolueen	8	1,25	6,4	Afkapgrens is beleidsmatige keuze
G1 (9,25)	minerale olie tot (C10-C40)	714,3	500	1,42	Afkapgrens is beleidsmatige keuze
G2 (5)	chrom	204,78	180**	1,14	De Maximale Waarde Industrie kent een ecologische onderbouwing en is daarmee strenger dan de humane grens

Meetpunt	Stof	Concentratie in de TGG* (mg/kg)	Maximale Waarde Industrie (mg/kg)	Factor overschrijding	Opmerking
G2 (5)	nikkel	127,0	100**	1,27	De Maximale Waarde Industrie kent een ecologische onderbouwing en is daarmee strenger dan de humane grens
G2 (9)	nikkel	143,8	100**	1,43	De Maximale Waarde Industrie kent een ecologische onderbouwing en is daarmee strenger dan de humane grens

* De genoemde concentraties in thermisch gereinigde grond zijn gecorrigeerd voor organische stof en lutum percentage.

** Tevens Interventiewaarde bodem.

Op basis van Tabel 3.8 wordt geconcludeerd dat de thermisch gereinigde grond niet op alle meetpunten voldoet aan de kwaliteitseisen zoals deze zijn opgenomen in het Besluit bodemkwaliteit. Voor de stoffen toluen, minerale olie som (C10-C40), chroom en nikkel wordt op verschillende meetpunten de Maximale Waarde Industrie overschreden. Voor chroom en nikkel is de Maximale Waarde Industrie gelijk aan de Interventiewaarde bodem (grens waarboven sprake is van een ernstige bodemverontreiniging). Voor alle stoffen met uitzondering van toluen en minerale olie is de ecologische blootstelling bepalend voor de gehanteerde norm.

De concentraties toluen en minerale olie op de monsterpunten B3.1 (4,00-5,00) en G1 (9,25) in de TGG liggen niet in de lijn der verwachting. Vanwege de thermische behandeling van de grond worden er geen verhoogde concentraties van organische stoffen in de TGG verwacht. Aanvullend hierop worden er in twaalf monsters concentraties groter dan de Maximale Waarde Wonen (zie paragraaf 2.1.3) aangetroffen voor benzeen, toluen, alfa-HCH, beta-HCH en som drins (zie Tabel 3.9). Hiermee voldoet de kwaliteit van de TGG in deze monsters aan de klasse industrie. Voor deze stoffen wordt voldaan aan generieke regelgeving. Het is onduidelijk wat de oorzaak is van de verhoogde concentraties organische verontreinigingen.

Tabel 3.9: Verhoogde concentraties organische verontreinigingen op diverse meetpunten in het TGG materiaal.

Meetpunt	Stof	Concentratie in de TGG* (mg/kg)	Maximale Waarde Wonen (mg/kg)	Maximale Waarde Industrie (mg/kg)	Opmerking
B3.1 (4,00-5,00)	benzeen	0,26	0,2	1	Afkapgrens kent een beleidsmatige keuze
B3.1 (6,00-7,00)	benzeen	0,28	0,2	1	Afkapgrens kent een beleidsmatige keuze

Meetpunt	Stof	Concentratie in de TGG* (mg/kg)	Maximale Waarde Wonen (mg/kg)	Maximale Waarde Industrie (mg/kg)	Opmerking
B3.2 (5,00-5,30)	benzeen	0,22	0,2	1	Afkapgrens kent een beleidsmatige keuze
B3.1 (6,00-7,00)	tolueen	1,2	0,2	1,25	Afkapgrens kent een beleidsmatige keuze
B3.2 (5,00-5,30)	tolueen	0,29	0,2	1,25	Afkapgrens kent een beleidsmatige keuze
B3.1 (6,00-7,00)	alfa-HCH	0,013	0,0010	0,5	De Maximale Waarde Industrie kent een ecologische onderbouwing en is daarmee strenger dan de humane grens
B3.2 (5,00-5,30)	alfa-HCH	0,0038	0,0010	0,5	De Maximale Waarde Industrie kent een ecologische onderbouwing en is daarmee strenger dan de humane grens
B3.1 (4,00-5,00)	beta-HCH	0,018	0,0020	0,5	De Maximale Waarde Industrie kent een humane onderbouwing en is daarmee strenger dan de ecologische grens
B3.1 (6,00-7,00)	beta-HCH	0,020	0,0020	0,5	De Maximale Waarde Industrie kent een humane onderbouwing en is daarmee strenger dan de ecologische grens
B3.1 (8,00-8,40)	beta-HCH	0,010	0,0020	0,5	De Maximale Waarde Industrie kent een humane onderbouwing en is daarmee strenger dan de ecologische grens
B3.2 (5,00-5,30)	beta-HCH	0,030	0,0020	0,5	De Maximale Waarde Industrie kent een humane onderbouwing en is daarmee strenger dan de ecologische grens
B3.2 (5,00-5,30)	drins (som)	0,088	0,04	0,014	De Maximale Waarde Industrie kent een ecologische onderbouwing en is daarmee strenger dan de humane grens

* De genoemde concentraties in thermisch gereinigde grond zijn gecorrigeerd voor organische stof en lutum percentage.

3.2.2 Toetsing grondwater

In Tabel 3.10 zijn de stoffen gegeven waarvoor sprake is van overschrijding van de Interventiewaarde in grondwater. Tevens is de factor van overschrijding in de tabel opgenomen.

Tabel 3.10: Stoffen waarvoor sprake is van overschrijding van de interventiewaarde in grondwater en factor van overschrijding.

Peilbuis	Stof	Concentratie in peilbuis ($\mu\text{g/l}$)	Meetronde	Interventiewaarde grondwater ($\mu\text{g/l}$)	Factor overschrijding interventiewaarde	Opmerking
B2.2 (7,50-8,50)	barium	640	1	625	1,02	Meting is indicatief wegens ontbreken rustperiode na plaatsing
B3.1 (16,50-17,50)	barium	680	1	625	1,09	Meting is indicatief wegens ontbreken rustperiode na plaatsing
B1.1 (2,50-3,5)	lood	310	1	75	4,13	Meting is indicatief wegens ontbreken rustperiode na plaatsing
B3.1 (9,90-10,90)	barium	630	2	625	1,01	-
B1.2 (8,40-9,40)	kwik	0,36	3	0,3	1,20	-
B3.1 (9,90-10,90)	PAK (VROM 10)	1,22	2	-	1,22	Somfracties conform Circulaire Bodemsanering. Een waarde boven 1 is een overschrijding

Uit Tabel 3.10 is te concluderen dat er sprake is van een overschrijding van de Interventiewaarde voor barium in grondwater met een factor 1,01 tot 1,09. De overschrijding treedt op, zowel onder de dijk, als aan de voet van de dijk (aan de landinwaartse kant), waar de TGG niet is toegepast en ook naast de dijk (landinwaarts). Voor lood en kwik wordt de Interventiewaarde eveneens overschreden in het grondwater naast de dijk met respectievelijk een factor 4,3 en 1,2. De Interventiewaarde voor PAK (VROM 10) wordt overschreden (factor 1,22) in het grondwater onder de dijk.

In hoofdstuk 5 wordt een nadere duiding gegeven aan deze overschrijdingen.

3.3 Niet-genormeerde stoffen en parameters

Naast de gangbare stoffen zoals opgenomen in de bodemwetgeving zijn er ook niet-genormeerde stoffen en parameters. Voor deze stoffen en parameters kan dus niet getoetst worden aan formeel vastgestelde (risico-onderbouwde) toetsnormen. Ook in Perkpolder worden niet-genormeerde stoffen aangetroffen. Enkele relevante stoffen worden hierna besproken.

3.3.1 *Hoge pH (basische eigenschappen)*

In de TGG zijn, volgens de thans beschikbare gegevens, gebluste kalk (CaCO_3) en ongebluste kalk (CaO) aanwezig. CaO is reactief en vormt met water in een exotherme reactie³ het hydroxide Ca(OH)_2 dat zorgt voor een verhoging van de pH waarde. Dat de TGG in combinatie met water een sterk basische oplossing vormt, zal primair door de aanwezigheid van CaO komen.

Sterk basische oplossingen zijn corrosief voor de huid en ogen en kunnen ook bij inademing of inslikken (ernstige) lokale irritatie veroorzaken. De te verwachten kritische effecten voor de sterk basische oplossing die wordt gevormd bij contact van de TGG met water is oogirritatie, huidirritatie (bij dermaal contact), luchtwegirritatie en mogelijk ook verminderde longfunctie (bij inademing stofdeeltjes) en slokdarmirritatie (bij inslikken stofdeeltjes). De mate waarin de irriterende effecten kunnen optreden is onder andere afhankelijk van de mate van blootstelling. Het risico op blootstelling is het grootst tijdens het aanbrengen van het materiaal omdat de kans op verwaaiing dan het grootst is.

De pH is een cruciale parameter voor het functioneren van het ecosysteem. Organismen en ecologische processen worden beïnvloed door de pH. Organismen beschikken over regulatiemechanismen om de interne (intracellulaire) pH op het juiste niveau te houden, rond de pH 7 (neutraal). Veel organismen hebben specifieke regulatiemechanismen om een lagere pH (zuur-minnende soorten) of hogere pH (base-minnende soorten) het hoofd te bieden. De optimale condities voor wat betreft de pH zijn dus soort-specifiek.

Voor pH bestaat geen norm in de bodemwetgeving. De beoordeling van mogelijke effecten van een verhoogde pH kan voor de inhalatoire blootstelling plaatsvinden op basis van een bestaande arbeidstoxicologische norm voor $\text{CaO}/\text{Ca(OH)}_2$. Voor de huid, ogen en orale route is slechts een kwalitatieve indicatie mogelijk. In hoofdstuk 4 wordt de humane beoordeling nader toegelicht. In hoofdstuk 5 worden de effecten van de hoge pH op bodem, grondwater en oppervlaktewater beschreven.

3.3.2 *Barium*

Barium wordt op diverse meetpunten aangetroffen en de range bedraagt 329-561 mg/kg (standaard bodem) in de B-nummers en 20-910 mg/kg (standaard bodem) in de G-nummers. In de Circulaire bodemsanering is hierover het volgende opgenomen: *"de Interventiewaarde grond voor barium is tijdelijk ingetrokken omdat is gebleken dat de waarde lager was dan het gehalte dat van nature in de bodem voorkomt. Indien er sprake is van verhoogde bariumgehalten ten opzichte van de natuurlijke achtergrond als gevolg van een antropogene bron, kan dit gehalte worden beoordeeld op basis van de voormalige Interventiewaarde voor barium van 920 mg/kg d.s. Deze voormalige Interventiewaarde is op dezelfde manier onderbouwd als de Interventiewaarden voor de meeste andere*

³ Een exotherm proces is een proces dat energie vrijmaakt. Deze energie komt vaak vrij in de vorm van warmte.

metalen en is voor barium inclusief een natuurlijk achtergrondgehalte van 190 mg/kg d.s" (Circulaire bodemsanering, 2013).

Uit de monsteranalyses blijkt dat de oude interventiewaarde van 920 mg/kg in de TGG niet wordt overschreden, maar wel geëvenaard. Uit de analyse in paragraaf 3.1.1 blijkt er sprake te zijn van verhoogde concentraties barium in de TGG ten opzichte van bariumconcentraties in de omliggende bodem. Ook wordt de Interventiewaarde voor barium in grondwater overschreden. Daarom wordt barium meegenomen in de verdere beoordeling.

3.3.3 *Sulfaat*

In de TGG worden concentraties sulfaat aangetroffen in de range van 3000-4300 mg/kg voor de monsters met B-nummers en 3400 mg/kg – 10.000 mg/kg voor de G-nummers. Voor sulfaat bestaat geen bodemnorm of indicatie voor een bodemnorm.

In 2008 is door het RIVM onderzocht of het mogelijk is tot normstelling van sulfaat in grondwater te komen (Brand et al., 2008). Hierin werd het volgende geconcludeerd: "Gezien de geringe toxiciteit van sulfaat en het ontbreken van relevante literatuur hierover is het lastig is om tot een volledige risico-onderbouwing te komen. Wat humane toxicologische risico's betreft is het niet mogelijk om een MTR af te leiden. Met betrekking tot ecologische toxiciteit is een interval voor een MTReco bepaald in analogie met de afleiding van een MTReco voor chloride. Tevens kan geconcludeerd worden dat sulfaat in plaats van toxicologische effecten waarschijnlijk eerder secundaire ecologische effecten veroorzaakt, zoals de vorming van sulfide en interne eutrofiëring. Met deze ecologische effecten is in de huidige risico-onderbouwing geen rekening gehouden" (Brand et al., 2008).

Het bovenstaande geldt voor risico's in relatie tot grondwater maar kan kwalitatief doorgetrokken worden naar de concentratie in bodem en de TGG. In hoofdstuk 5 wordt een nadere beschouwing gegeven op mogelijke risico van sulfaat voor bodem, grondwater en oppervlaktewater.

3.3.4 *Bromide*

De TGG bevat bromideconcentraties in de range van 61-190 mg/kg voor de B-nummers en voor de G-nummers in de range van kleiner dan de detectielimiet-140 mg/kg. Naast de dijk worden concentraties aangetroffen tot maximaal 23 mg/kg (meetpunt B2.2 diepte 5,25 m). Op enkele meetpunten is de concentratie bromide dus verhoogd ten opzichte van de achtergrondconcentratie in de omliggende bodem.

Voor bromide bestaan geen wettelijke normen. In de vierde nota waterhuishouding regeringsbeslissing Min VenW (1998), wordt een streefwaarde van 20 mg/kg in sediment en een streefwaarde van 0,3 µg/l in grondwater genoemd. De onderbouwing van deze waarden is echter onduidelijk en niet te herleiden. In marine gebieden zoals Perkpolder kunnen van nature verhoogde concentraties worden aangetroffen.

Een overschrijding van de streefwaarde betekent dat er op termijn mogelijk een effect op het lokale systeem kan optreden vanwege de uitloging van bromide. Echter, op dit moment valt dit niet nader te kwantificeren. Bromide wordt wel meegenomen in de beoordeling van mogelijke uitloging uit de TGG.

3.3.5 Fluoride

Fluoride wordt in de TGG aangetroffen in de range van 9,5–11 mg/kg voor de B-nummers en 6–12 mg/kg voor de G-nummers. De maximale concentratie die naast de dijk in de bodem is gemeten is 3,1 mg/kg (B2.2 diepte 5,25 m). De aangetroffen concentraties fluoride in de TGG liggen daarmee net iets boven de concentraties in de omliggende bodem. Voor fluoride bestaan geen vastgestelde normen maar er is wel een ad hoc risicogrens voor humane blootstelling van 24 mg/kg. Hier blijven de aangetroffen concentraties onder. Er worden daarmee geen risico's voor humane blootstelling verwacht. In welke mate er sprake is van ecologische risico's kan niet nader worden gekwantificeerd. Fluoride wordt net als bromide meegenomen in de beoordeling van mogelijke uitloging uit de TGG.

3.4 Conclusie

De gemeten concentraties in de diverse TGG-monsters zijn vergeleken met de geldende wet- en regelgeving. Het grondwater is getoetst aan de Interventiewaarden als indicatie voor potentiële risico's. Op basis van de geconstateerde overschrijdingen zijn de volgende stoffen geselecteerd voor een verdere beoordeling voor humane, dan wel ecologische effecten:

- cadmium;
- chroom;
- lood;
- kwik;
- nikkel;
- toluen;
- benzeen;
- som PAK;
- alfa-HCH;
- beta-HCH;
- som drins;
- minerale olie;
- barium;
- sulfaat;
- bromide;
- fluoride;
- hoge pH (basische eigenschappen).

4 Beoordeling gezondheidsrisico's omwonenden

In hoofdstuk 3 is geconstateerd dat de concentraties van een aantal metalen en organische stoffen in de TGG en grondwater verhoogd zijn. De overschrijding van de Maximale Waarde Industrie voor één of meer stoffen en bij meerdere TGG-monsterpunten is de aanleiding om nauwkeuriger de risico's van de toegepaste TGG in Perkpolder te onderzoeken.

In dit hoofdstuk wordt ingezoomd op de mogelijke gezondheidkundige risico's voor omwonenden tijdens en na het aanbrengen van de TGG. De risicobeoordeling van omwonenden bestaat uit de volgende drie onderdelen:

- blootstelling aan verontreinigingen in de TGG;
- blootstelling aan de verhoogde pH van de TGG;
- blootstelling aan de TGG-stof zelf.

4.1 Blootstelling aan verontreinigingen in de TGG

4.1.1 *Interviews met omwonenden*

Om een realistisch beeld te vormen van de mogelijke blootstelling van direct omwonenden aan de TGG, tijdens en na de werkzaamheden, heeft het RIVM interviews gehouden. In een gesprek, waarbij ook de GGD Zeeland aanwezig was, is de omwonenden gevraagd hoe ze de werkzaamheden hebben ervaren. Er zijn vragen gesteld over bijvoorbeeld de ervaren overlast, of de omwonenden in aanraking kwamen met de TGG, klachten, hun zorgen en op welke manier de omwonenden op de hoogte zijn gehouden van het verloop van de werkzaamheden. Daarnaast is ook naar de gezinssamenstelling gevraagd en naar de activiteiten in en rond het huis.

Uitkomsten interviews met omwonenden

Uit de interviews blijkt dat de omwonenden overlast hebben ervaren van verwaaiend stof. Volgens de omwonenden was dit stof nauwelijks buitenshuis te houden. Alle omwonenden geven aan dat ze vrijwel dagelijks het stof moesten wegzuigen. Echter, er was steeds aanvoer van nieuw stof. Ook op het moment van de interviews is er nog steeds stof in de woning aanwezig, bijvoorbeeld onder het dakbeschoot waar het niet makkelijk te verwijderen is. Langs deze weg komt het stof nog steeds de woning in. De omwonenden gaven ook aan dat tijdens de werkzaamheden nauwelijks maatregelen werden genomen om stofvorming tegen te gaan. Hierdoor was de aanwezige TGG gevoelig voor verwaaiing.

Naast de stofoverlast was er ook geluidsoverlast door de werkzaamheden en de zware vrachtwagens en machines zorgden ook voor trillingen in huis.

Enkele omwonenden gaven aan dat ze tijdens de werkzaamheden gezondheidsklachten hebben ervaren en dat tot de dag van het interview deze klachten voortduren. De omwonenden waren tijdens de werkzaamheden niet erg bezorgd maar naderhand is deze bezorgdheid wel toegenomen. Men was ontevreden over de mate van overlast, de

informatievoorziening en de response op klachten rondom de werkzaamheden.

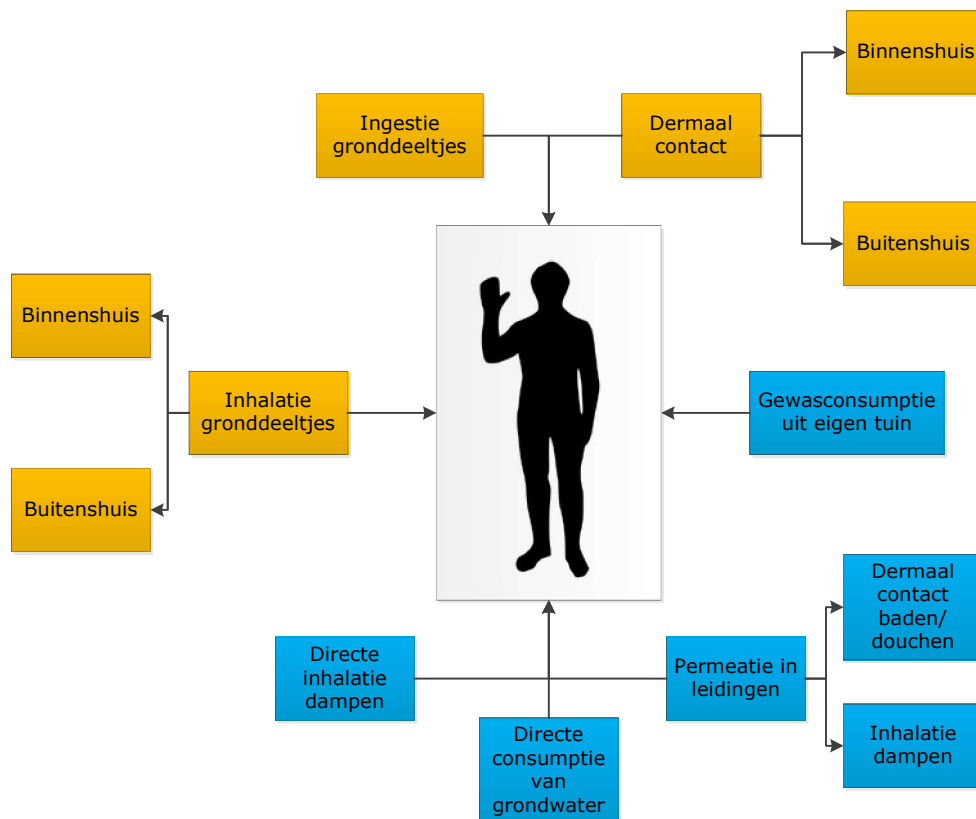
Daar waar van toepassing zijn omwonenden tijdens de werkzaamheden gestopt met hun moestuin. Er was nergens sprake van een waterbron voor eigen gebruik en er zijn geen kinderen onder de omwonenden. Wel komen er af en toe kinderen op bezoek.

Samengevat wordt de blootstelling aan de TGG ten tijde van de werkzaamheden op basis van de interviews als volgt ingeschat:

- via inhalatie van stof: hoog;
- via dermaal contact met stof: hoog;
- via consumptie van groenten uit eigen tuin: afwezig;
- via grondwater consumptie: afwezig;
- aanwezigheid van kinderen op de locatie: beperkt.

4.1.2 *Conceptueel blootstellingsmodel*

Blootstelling aan de thermisch gereinigde grond en de daarin aanwezige verontreinigingen kan via verschillende routes plaatsvinden. Op basis van de interviews is het in Figuur 4.1 beschreven conceptueel blootstellingsmodel voor de blootstelling aan de verontreinigde TGG beschreven. Afhankelijk van een specifieke situatie kan een individuele blootstellingsroute meer of minder relevant zijn. Door middel van kleuren is aangegeven welke blootstellingsroutes wel relevant (oranje) en welke routes niet relevant zijn (blauw) voor de situatie van omwonenden in Perkpolder. Onder de figuur is beschreven waarom de blootstellingsroutes al dan niet relevant worden geacht.



Figuur 4.1: Conceptueel blootstellingsmodel omwonenden aan bodemverontreiniging. De blootstellingsroutes in blauw zijn niet relevant voor de situatie in Perkpolder. De blootstellingsroutes in oranje zijn wel relevant voor Perkpolder.

Relevante routes omwonenden

Ingestie van verontreinigde gronddeeltjes

Deze blootstellingsroute is voornamelijk relevant voor niet-vluchtige verontreinigingen zoals metalen. In het geval van Perkpolder is deze route tevens relevant voor het contact met de thermisch gereinigde grond in verband met de hoge pH van het materiaal. Zowel volwassenen als kinderen worden via ingestie blootgesteld aan gronddeeltjes, al speelt de route een grotere rol bij de blootstelling van kleine kinderen vanwege het hand-mond contact.

Inhalatie van verontreinigde gronddeeltjes

De blootstelling door middel van inhalatie van verontreinigde gronddeeltjes is meestal beperkt in verhouding tot de bijdrage van ingestie van gronddeeltjes. Uit de interviews met omwonenden blijkt echter dat er ten tijde van het aanbrengen van de TGG in de dijk, sprake was van ernstige stofhinder. Daarom verdient deze blootstellingsroute in het geval van Perkpolder speciale aandacht. De mate van stofvorming wordt grotendeels bepaald door de volgende factoren: type en intensiteit van de werkzaamheden, vochtigheid op de locatie (beperkt), mate van vegetatie (afwezig), windsterkte (aanwezig) en korrelgrootteverdeling van het materiaal (fractieverdeling van 2 tot

8000 µm) (o.a. Korcz et al., 2009; Lin & Yeh 2007). Al deze factoren zijn van toepassing in Perkpolder. Daardoor kan de blootstelling van omwonenden via deze route een grotere rol spelen dan gewoonlijk het geval is bij de beoordeling van de risico's van bodemverontreinigingen (wonen met tuin-scenario).

Niet-relevante routes omwonenden

Gewasconsumptie uit eigen tuin

Blootstelling aan verontreinigingen door middel van consumptie van gewassen uit eigen tuin is doorgaans een belangrijke blootstellingsroute bij de beoordeling van de risico's van bodemverontreiniging. In het geval van Perkpolder is deze blootstellingsroute afwezig, omdat de bodem waarin de planten groeien, zelf niet verontreinigd is. Daarmee is opname in de gewassen nagenoeg uitgesloten en blijft er alleen sprake van depositie van de thermisch gereinigde grond en de daarin aanwezige verontreinigingen op de gewassen. Daarnaast is door de bewoners aangegeven dat zij ten tijde van de werkzaamheden uit voorzorg gestopt zijn met de moestuin.

Directe inhalatie van dampen

Directe inhalatie van dampen is alleen relevant indien er sprake is van hoge concentraties (zeer) vluchtige organische verontreinigingen in de directe nabijheid van de woning (zoals een huis bovenop een verontreinigde locatie). Het thermisch reinigen van grond is één van de manieren om deze organische verontreinigingen uit de grond te verwijderen. (Zeer) hoge concentraties worden daarom niet verwacht in de TGG. Uit de analyses blijkt er toch nog sprake te zijn van verhoogde concentraties benzeen (voldoet aan Maximale Waarde Industrie), toluen (groter dan klasse industrie en daarmee niet toepasbaar) en minerale olie (som C10-C40) (groter dan klasse industrie en daarmee niet toepasbaar) in de TGG. Voor blootstelling aan vluchtige organische verontreinigingen geldt dat de hoeveelheid grond die tijdens de werkzaamheden de woning is binnengewaaid, in verhouding te klein is om via uitdamping een verhoging van de concentraties binnenshuis te veroorzaken. Buitenshuis zullen dampen die zijn vrijgekomen tijdens de werkzaamheden direct verdunnen door de aanwezige wind en de omwonenden niet bereiken. Door de aangebrachte leeflaag na afronding van de werkzaamheden kan blootstelling onder de huidige omstandigheden niet meer plaatsvinden.

Directe consumptie van grondwater

Directe consumptie van grondwater uit private putten komt in Zeeland nauwelijks voor. Ook de omwonenden van Perkpolder hebben aangegeven dat er geen sprake is van een grondwaterbron op de locatie, blootstelling via deze route is daarmee uitgesloten.

Permeatie in leidingen

Sommige verontreinigingen zijn in staat om in waterleidingen van LDPE (Lagedichtheidpolyetheen) binnen te dringen. Deze route speelt een beperkte rol in de blootstelling aan bodemverontreiniging en bovendien vereist het dat de LDPE-leiding in de verontreinigde grond ligt. Hiervan is in Perkpolder geen sprake.

4.1.3 *Modelinvoer*

De gezondheidsrisico's door blootstelling aan de TGG zijn bepaald voor de geselecteerde aandachtstoffen (zie paragraaf 3.4) met behulp van blootstellingsmodellering met CSOIL conform het CSOIL formularium (Brand et al., 2007). De modellering van de blootstelling is daarmee uitgevoerd conform het wettelijk voorgeschreven model Sanscrit⁴ (Circulaire bodemsanering, 2013).

Op basis van de informatie verkregen uit de interviews en de kenmerkende blootstellingsroutes wordt er een risicobeoordeling uitgevoerd voor drie scenario's. Een gemiddeld en een hoog scenario voor blootstelling, daarnaast wordt een worst-case scenario uitgevoerd dat bedoeld is om de uiterste risicogrens te bepalen. Met de drie scenario's wordt de bandbreedte aangegeven waarbinnen de risico's zich zullen bevinden. Voor de relevante blootstellingsroutes wordt hierna beschreven welke invoergegevens zijn gebruikt voor het model.

Ingestie van verontreinigde gronddeeltjes

De beoordeling van de gezondheidsrisico's is uitgevoerd conform de methodiek voor bodemverontreiniging (Circulaire bodemsanering, 2013). Deze beoordeling is gebaseerd op een levenslang gemiddelde blootstelling. In het geval van Perkpolder is er geen sprake van levenslange blootstelling en daarom zal de beoordeling van het risico een overschatting zijn van het daadwerkelijke risico.

Bij de beoordeling wordt er van uitgegaan dat een volwassene 50 mg/dag (jaargemiddelde blootstelling) aan gronddeeltjes inslikt en een kind 100 mg/dag. Deze inname correspondeert met het door de US EPA gestelde bovenste percentiel (US EPA, 2011). Een waarde van 50 en 100 mg/dag voor de jaargemiddelde ingestie wordt als een veilige waarde beschouwd om de risico's door ingestie vast te stellen. De ingestie van gronddeeltjes wordt bepaald door het gedrag en de inrichting van huis en tuin. Er is geen reden om aan te nemen dat, tijdens de werkzaamheden aan de dijk, de gemiddelde ingestie van gronddeeltjes afwijkt van de generieke (standaard) parameterwaarden.

Tijdens de werkzaamheden kan de thermisch gereinigde grond met de wind worden aangevoerd richting de woonomgeving en zich voor een deel afzetten op de bodem. Het is onbekend hoeveel de thermisch gereinigde grond zich heeft afgezet op de contactlaag (de toplaag van de bodem) van de woonomgeving. Daarom wordt uitgegaan van drie scenario's:

1. De contactlaag van de bodem bevat 10% TGG (is senario 'gemiddeld').
2. De contactlaag van de bodem bevat uit 50% TGG (is senario 'hoog').
3. De contactlaag van de bodem bestaat uit 90% TGG (is senario 'worst-case').

⁴ Sanscrit is een beslissingsondersteunende systeem om de spoedeisendheid van bodemsanering vast te stellen op basis van risico's voor mens, milieu en als gevolg van verspreiding. In Sanscrit is het CSOIL model geïntegreerd voor de beoordeling van de gezondheidsrisico's. Dit is beschreven in de circulaire bodemsanering 2013.

Het 'worst-case' scenario kan waarschijnlijk alleen optreden in de directe omgeving van het werk.

In Tabel 4.1 worden de details gegeven van de drie scenario's.

Tabel 4.1: Berekening van de concentraties stoffen in de contactlaag voor de verschillende scenario's (voor blootstelling door ingestie van gronddeeltjes en dermale opname).

Scenario	% van de contactlaag bodem verontreinigd met de TGG	Berekening bodemgehalte (Cb) contactlaag
gemiddeld	10%	$C_b = 0,1 \cdot C_{TGG} + 0,9 \cdot AW$
hoog	50%	$C_b = 0,5 \cdot C_{TGG} + 0,5 \cdot AW$
worst-case	90%	$C_b = 0,9 \cdot C_{TGG} + 0,1 \cdot AW$

C_b: concentratie van stoffen in de contactlaag (mg/kg).

C_{TGG}: concentratie van stoffen in de TGG (mg/kg).

AW: Achtergrondwaarde bodem in (mg/kg).

Inhalatie van verontreinigde gronddeeltjes binnen en buiten

In de situatie rondom Perkpolder was er ten tijde van het aanbrengen van de TGG in de dijk sprake van stofoverlast. In de hierna volgende paragrafen wordt gekeken naar de mogelijke effecten van inhalatie van dit stof uitgaande van de chemische samenstelling van het stof. In paragraaf 4.3 wordt de blootstelling aan het fijnstof zelf behandeld.

Stof bestaat uit verschillende bestanddelen. Eén van de bestanddelen is bodemstof en deze bestaat doorgaans uit de belangrijkste bestanddelen van de bodem: silicaten, aluminium, calcium, ijzer en kalium. De bijdrage van bodemstof ligt in reguliere situaties in de orde van 4-7% (Buijsman et al., 2013).

Standaard wordt in de risicobeoordeling van bodemverontreiniging een deeltjesconcentratie van 52,5 µg/m³ binnenshuis en 70 µg/m³ buitenshuis gebruikt. Deze waarden beschrijven een relatief hoge blootstelling aan deeltjes die afkomstig zijn van bodemstof. In de risicobeoordeling wordt voor de inhalatie van thermisch gereinigde grond geen onderscheid gemaakt tussen inhalatie buiten- en binnenshuis.

Voor de risicobeoordeling van de TGG zijn drie scenario's doorgerekend: een gemiddelde en hoge blootstelling (70 µg/m³ binnen- en buitenshuis) en een worst-case scenario met een gehalte van stof van 200 µg/m³ (bedoeld om de bandbreedte van blootstelling en risico's in beeld te brengen). Een daggemiddelde stofconcentratie van 200 µg/m³ in de lucht is in de Nederlandse regelgeving gekozen als waarde waarboven sprake is van ernstige smog (Zuurbier et al., 2012). De drie scenario's onderscheiden zich door het aangehouden percentage van de TGG in stof en voor het worst-case scenario ook in de hoeveelheid stof in de lucht. Zie Tabel 4.2 voor de details.

Tabel 4.2: hoeveelheid van stof in de lucht en de aanwezigheid van de TGG in het stof.

Scenario	Hoeveelheid stof in de lucht	Aanwezigheid van de TGG in stof is afhankelijk van weer en windrichting
gemiddeld	70 µg/m ³	10% (gemiddeld; variabele windrichting, droog en nat)
hoog	70 µg/m ³	50% (richting naar woonomgeving)
worst-case	200 µg/m ³	90% (richting naar woonomgeving/worst-case)

Samenvattend geeft Tabel 4.3 de invoergehalten voor de modellering van de blootstelling door ingestie van gronddeeltjes, dermale opname en inhalatie van grond in stof. Alleen de risico's van de geselecteerde aandachtstoffen worden bepaald.

Tabel 4.3: Invoerconcentratie modellering van de blootstelling door ingestie van verontreinigde gronddeeltjes, dermale opname en inhalatie van verontreinigde grond in stof.

Stof	Maximale concentratie in de TGG (mg/kg)	AW (mg/kg)	Invoerconcentratie Cb (mg/kg) voor ingestie, inhalatie en dermale blootstelling		
			10% TGG (gemiddeld)	50% TGG (hoog)	90% TGG (worst-case)
barium	910	190	262	550	838
cadmium	4,32	0,6	0,97	2,46	3,95
chromium	205	55	70	130	190
nikkel	143	35	46	89	132
benzeen	0,28	0,2	0,21	0,24	0,27
tolueen	8	0,2	0,98	4,10	7,22
alfa-HCH	0,013	0,001	0,0022	0,0070	0,012
beta-HCH	0,03	0,002	0,0048	0,016	0,027
som drins*	0,088		0,0088	0,044	0,079
minerale olie**	714	190	242	452	662

* Voor de bepaling van de risico's van drins zijn dieldrin, endrin en aldrin beoordeeld.

** De bepaling van de risico's van minerale olie is gedaan op basis van de twee meest kritische TPH-fracties,, namelijk aromatisch >C10-EC12 en >C12-EC16.

4.1.4

Resultaten blootstelling aan verontreinigingen in de TGG

In Tabel 4.4 zijn de resultaten van de risicobeoordeling gegeven voor de drie blootstellingsscenario's: gemiddeld, hoog en worst-case. Voor de aandachtstoffen wordt de berekenende risico-index vermeld.

De risico-index

Dit is de verhouding tussen de blootstelling en het Maximaal Toelaatbaar Risiconiveau (MTR-humaan):

- Als de risico-index lager is dan 0,01, zijn de risico's verwaarloosbaar.
- Als de risico-index lager is dan 1, zijn de risico's aanvaardbaar en zijn er geen gezondheidseffecten te verwachten.

- Als de risico-index hoger is dan 1 spreekt men van een onaanvaardbaar risico en dienen er maatregelen te worden genomen om de blootstelling te verminderen.

Het MTR-humaan (Maximaal Toelaatbaar Risiconiveau voor de mens) geeft het niveau van levenslang gemiddelde blootstelling aan waaronder geen of aanvaardbare effecten op de gezondheid zijn.

Voor de CSOIL-model parameterwaarden wordt verwezen naar Brand et al., (2007). In Bijlage 1 is een uitdraai opgenomen voor de beoordeling van Perkpolder.

Tabel 4.5 beschrijft de bijdrage per blootstellingsroute voor het scenario 'worst-case'. Voor de andere scenario's zijn er kleine verschillen, maar het globale beeld is gelijk. Voor alle scenario's is de blootstelling via ingestie het grootst. De blootstelling via inhalatie en dermale opname is zeer klein.

Conclusie

De aanwezigheid van stoffen in de TGG leidt niet tot humane risico's.

Tabel 4.4: Resultaten risicobeoordeling voor drie blootstellingsscenario's.

Scenario	Gemiddeld	Hoog	Worst-case
Contaminant	Risico-index blootst / MTR	Risico- index blootst / MTR	Risico- index blootst / MTR
barium	0,02	0,03	0,05
cadmium	<0,01	<0,01	0,01
chroom (III)*	0,02	0,03	0,05
nikkel	0,03	0,08	0,31
benzeen	<0,01	<0,01	<0,01
tolueen	<0,01	<0,01	<0,01
a-HCH	<0,01	<0,01	<0,01
b-HCH	<0,01	<0,01	<0,01
dieldrin	<0,01	<0,01	<0,01
endrin	<0,01	<0,01	<0,01
aldrin	<0,01	<0,01	<0,01
olie aroma EC12-EC16**	<0,01	0,02	0,02
olie aroma EC16-EC21**	0,01	0,02	0,03
Combitox: drins (***)	<0,01	<0,01	<0,01
Combitox: minerale olie (***)	0,02	0,04	0,05
Combitox: HCH (***)	<0,01	<0,01	<0,01

* Vaak wordt bij de metingen geen onderscheid gemaakt tussen chroom (III) en chroom (VI). Dit is bij de metingen van chroom in de TGG in eerste instantie ook niet gedaan. Later is aanvullend nog een samenstellingsonderzoek voor chroom uitgevoerd. Hieruit bleek dat de aanwezige chroom (VI)-concentraties lager zijn dan de rapportagegrens van 0,5 mg/kg. Ter vergelijking de Interventiewaarde voor chroom (VI) is 78 mg/kg. Chroom in de bodem komt meestal voor in de chroom (III)-waardige vorm. Chroom (VI) is instabiel in de bodem en verspreidt zich gemakkelijk zowel in zuur als alkalisch milieu (Kabata-Pendias en Pendias, 1992).

** Minerale olie bestaat uit tientallen fracties. Voor de risico-inschatting is uitgegaan van de twee meest kritische fracties namelijk aromatisch >EC10-EC12 en >EC12-EC1.

*** Voor de berekening van de combitox is aangenomen dat de individuele componenten in gelijke hoeveelheden voorkomen. Deze aanname leidt mogelijk tot een overschatting van het werkelijke risico. De risico-index zal, bij analyse van de individuele componenten lager uitpakken.

Tabel 4.5: Percentuele bijdrage van de verschillende blootstellingsroutes aan de totale blootstelling voor scenario 'worst-case'.

Contaminant	Ingestie grond	Dermale opname binnen grond	Dermale opname buiten grond	Inhalatie grond
barium	97,2%	0,0%	0,0%	2,8%
cadmium	97,2%	0,0%	0,0%	2,8%
chrom (III)	97,2%	0,0%	0,0%	2,8%
nikkel	97,2%	0,0%	0,0%	2,8%
benzeen	89,1%	0,6%	7,7%	2,6%
tolueen	89,1%	0,6%	7,7%	2,6%
a-HCH	89,1%	0,6%	7,7%	2,6%
b-HCH	89,1%	0,6%	7,7%	2,6%
dieldrin	89,1%	0,6%	7,7%	2,6%
endrin	89,1%	0,6%	7,7%	2,6%
aldrin	89,1%	0,6%	7,7%	2,6%
Minerale olie arom. EC12-EC16	89,1%	0,6%	7,7%	2,6%
Minerale olie arom. EC16-EC21	89,1%	0,6%	7,7%	2,6%

4.2 Effecten als gevolg van een hoge pH in de TGG

Voor zover bekend bestaat er geen norm voor de blootstelling van omwonenden aan een hoge pH. Voor werknemers bestaan wel buitenlandse normen. Om voor omwonenden een beoordeling te kunnen doen van mogelijke effecten als gevolg van een hoge pH, wordt gebruik gemaakt van enkele worst-case aannames en de buitenlandse norm voor werknemers.

De gerapporteerde hoge pH voor de TGG wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de omzetting van ongebluste kalk (CaO) naar calciumhydroxide (Ca(OH)₂) bij contact met water. In ongebruikte TGG werd door Deltares (2016) een concentratie ongebluste kalk gerapporteerd van 6,3 tot 14,9 gram/100 gram TGG.

De toxicologie van CaO en Ca(OH)₂ is beoordeeld door de Europese Scientific Committee on Occupational Exposure Limits (SCOEL) in 2008. Cement heeft ook een hoog gehalte aan CaO en heeft net als de bemonsterde TGG een sterk basisch karakter. Om deze reden gebruikt de SCOEL data voor cement om de effecten door CaO en Ca(OH)₂ te beoordelen. Bij cement kan de pH na watercontact oplopen tot boven pH 13. De kans op effecten in inwendige organen (systemische effecten) na contact met of inname van CaO/Ca(OH)₂ wordt door SCOEL als laag ingeschat. De kans op overschrijding van de Tolerable Upper Intake Level (Aanvaardbare bovengrens voor inname) van 2500 mg/dag voor calcium is namelijk gering.

Bij contact met de basische oplossing die wordt gevormd als de TGG in aanraking komt met water, zijn directe irriterende effecten mogelijk op de plaats van contact. Dat wil zeggen op de huid bij dermaal contact of contact met de mond of de ogen of met de keel en luchtwegen bij inademing. Bij inademing zou een verminderde ademhalingsfunctie

kunnen optreden. Voor de inhalatoire route geeft de SCOEL (2008) een toetswaarde van $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in respirabel stof (kleiner dan $10 \mu\text{m}$) waarbij CaO en $\text{Ca}(\text{OH})_2$ geen effect meer hebben op de luchtwegen bij langdurige blootstelling van gezonde werknemers (zonder luchtbeschermingsmaatregelen). Deze concentratie is bruikbaar als gezondheidskundige toetswaarde voor de mogelijke inhalatoire blootstelling van omwonenden aan de TGG. Een werknemer zal immers intensiever in contact zijn met de TGG dan een omwonende en daarmee is de beoordeling conservatief van aard.

Op basis van formule [1] kan worden berekend dat de maximale blootstelling aan $\text{CaO}/\text{Ca}(\text{OH})_2$ via de TGG, $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bedraagt. Hierbij is uitgegaan van de eerder gehanteerde worst-case concentratie voor stof in de lucht van $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in combinatie met een aandeel van 90% van de TGG in stof (als maat voor de mogelijke blootstelling van omwonenden tijdens het aanbrengen van de TGG).

$$\text{Max Conc.}_{\text{CaO}/\text{Ca}(\text{OH})_2} = \text{TGG Conc.}_{\text{CaO}/\text{Ca}(\text{OH})_2} * \#D * \%TGG \quad [1]$$

Waarin:

- Max Conc. $\text{CaO}/\text{Ca}(\text{OH})_2$ = de maximale concentratie $\text{CaO}/\text{Ca}(\text{OH})_2$ uitgaande van een worst-case aanname;
- TGG Conc. $\text{CaO}/\text{Ca}(\text{OH})_2$ = de maximale aangetroffen concentratie $\text{CaO}/\text{Ca}(\text{OH})_2$ in de TGG-monsters (15 g/100 g TGG);
- #D = de hoeveelheid bodemstof in de lucht ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$);
- %TGG= het percentage van de TGG in de hoeveelheid bodemstof.

De door de SCOEL afgeleide toetswaarde voor gezonde werknemers van $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ heeft betrekking op de respirabele fractie. De inhalatoire blootstelling aan $\text{CaO}/\text{Ca}(\text{OH})_2$ via de respirabele fractie zal lager zijn dan $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De marge tussen de toetswaarde van $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en de geschatte worst-case blootstellingsconcentratie van $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ is voldoende groot om de kans op ademhalingseffecten door de aanwezigheid van $\text{CaO}/\text{Ca}(\text{OH})_2$ (en dus door de hoge pH in de TGG als gevolg daarvan) als gering te kunnen kenschetsen.

Uit de interviews bleek dat een enkele omwonende irritatie van de huid en ogen heeft ervaren tijdens de werkzaamheden. De kans op effecten als gevolg van deze irritatie klein, gezien de droge vorm van het TGG-materiaal. Bovendien zijn de irritatie-effecten als gevolg van hoge pH direct van aard en stoppen deze nadat er geen vervolcontact met de TGG plaatsvindt.

4.3 Blootstelling aan fijnstof

Stof kan zowel op de chemische samenstelling (paragraaf 4.1.3) als op de fysische karakterisering worden beoordeeld. Eén van de meest bekende fysische karakterisering van stofvormige luchtverontreiniging is ook wel bekend als fijnstof (PM10). Stof in de lucht bestaat uit deeltjes van zeer uiteenlopende groottes. Fijnstof bevat de fractie deeltjes met een aerodynamische diameter van kleiner dan $10 \mu\text{m}$.

Er is geen drempelwaarde voor de gezondheidseffecten van fijnstof aangetoond. Dit houdt in dat er geen concentratiewaarde is aan te geven waar beneden studies geen gezondheidseffecten vinden. Bij de gezondheidseffecten van fijnstof is niet aan te geven welke individuen het precies betreft. Wel is aannemelijk dat bij een grotere gevoeligheid het risico op gezondheidseffecten groter is. Hierbij valt bijvoorbeeld te denken aan oudere mensen en mensen met hart- en vaat-, en luchtweg- en longaandoeningen vanwege een verminderde functie van afweermechanismen. Zowel fijnstof (PM10) als het fijnere deel van fijnstof (PM2,5) zijn geassocieerd met gezondheidseffecten. Daarom zullen ook beneden de huidige grenswaarden voor fijnstof in de buitenlucht gezondheidseffecten kunnen optreden (Buijsman et al., 2013).

Bouwwerkzaamheden kunnen gedurende korte tijd verhoogde fijnstofconcentraties veroorzaken, zo ook de aanleg van de dijk in Perkpolder. Ten tijde van de werkzaamheden in Perkpolder zijn geen metingen verricht naar de hoeveelheid fijnstof in de lucht. Hierdoor is een direct verband tussen de blootstelling aan fijnstof afkomstig van deze werkzaamheden en de eventueel daardoor ervaren gezondheidsklachten lastig aan te tonen. Wel is de korrelgrootteverdeling van de TGG in de dijk bepaald. Hieruit bleek dat ongeveer 15% van de TGG die bemonsterd is, een korrelgrootteverdeling heeft welke voldoet aan de definitie van inhaleerbaar stof (kleiner dan 100 µm) en ongeveer 15% voldoet aan de definitie van fijnstof (kleiner dan 10 µm). Daarmee is ongeveer 70% van de bemonsterde TGG niet beschikbaar voor inhalatie (Van der Kaap, 2017). Het is aannemelijk dat de fractie kleiner dan 10 µm tijdens de werkzaamheden aan verwaaiing onderhevig was. De hoeveelheid fijnstof in de lucht kan zonder metingen ten tijde van de werkzaamheden niet worden geschat. De concentratie in lucht wordt onder andere beïnvloed door het type werkzaamheden maar ook de weersomstandigheden zijn van invloed op het verwaaien. In tegenstelling tot de beoordeling van de chemische samenstelling van het stof, kan in het geval van fijnstof ook niet worden gewerkt met een worst-case scenario, omdat ook onder de grenswaarde effecten kunnen worden waargenomen bij mensen die hier gevoelig voor zijn. In het algemeen geldt, dat bij meer fijnstof in de lucht er meer gezondheidseffecten kunnen optreden. Hoewel de fijnstofconcentratie ten tijde van de werkzaamheden onbekend is, kunnen gezondheidseffecten als gevolg van het aanbrengen van de TGG niet worden uitgesloten.

Na aanleg van de dijk voorkomt de aangebrachte leeflaag het verwaaien van de TGG. Onder de huidige omstandigheden wordt dan ook geen verdere blootstelling aan de TGG verwacht.

4.4 Conclusie gezondheidsrisico's omwonenden

4.4.1

Gezondheidsrisico's door blootstelling aan verontreinigingen in de TGG

De gezondheidsrisico's zijn bepaald met het CSOIL-model op basis van een gemiddeld-, hoog- en worst-case blootstellingsscenario. Deze scenario's zijn onder andere gebaseerd op een locatiebeoordeling en op basis van de informatie uit de afgenomen interviews.

Uit de modelberekeningen blijkt dat de risico-indices voor alle stoffen en voor alle scenario's kleiner zijn dan 1. Voor de meeste stoffen is de risico-index kleiner dan 0,01.

Met betrekking tot eventuele gezondheidsrisico's voor omwonenden tijdens de verwerking van de TGG in de dijk (ten tijde van de uitvoering van de werkzaamheden) kan daarom worden geconcludeerd:

- De gezondheidsrisico's voor volwassenen en kinderen, tijdens de aanleg van de dijk door de blootstelling aan verontreinigingen aanwezig in de TGG, zijn verwaarloosbaar. Daardoor kunnen gezondheidseffecten door blootstelling aan stoffen in de TGG worden uitgesloten. Ook indien wordt uitgegaan van een worst-case blootstellingsscenario.

Met betrekking tot eventuele gezondheidsrisico's voor omwonenden na de afronding van de werkzaamheden kan worden geconcludeerd:

- Na afronding van de werkzaamheden is de TGG afgedekt met een kleilaag (leeflaag) waardoor direct contact met de TGG onmogelijk is. Ook verwaaiing van de TGG is, door de leeflaag, uitgesloten. Daardoor is er geen blootstelling aan de TGG mogelijk en zijn er geen risico's.

4.4.2 *Gezondheidsrisico's door blootstelling aan hoge pH*

Tijdens de verwerking van de TGG in de dijk is er voor de omwonenden een verhoogde blootstelling aan de TGG geweest, met een hoge pH (basisch). Uitgaand van de maximaal mogelijke stofconcentratie in lucht en gebruik makend van een toetswaarde voor gezonde werknemers wordt ingeschat dat voor omwonenden de kans op directe effecten op de luchtwegen gering was. Een enkele omwonende heeft irritatie van de huid en ogen ervaren tijdens de werkzaamheden. De kans op effecten als gevolg van deze irritatie is klein, gezien de droge vorm van het TGG-materiaal. Bovendien zijn de irritatie-effecten als gevolg van hoge pH direct van aard en stoppen deze nadat er geen vervolcontact met de TGG plaatsvindt.

4.4.3 *Gezondheidsrisico's door blootstelling aan fijnstof*

Op basis van de beschikbare informatie is het niet mogelijk om de hoeveelheid stof ten tijde van de werkzaamheden te voorspellen. Hierdoor is het tevens niet mogelijk om de gezondheidseffecten te kwantificeren. Bekend is dat bij blootstelling aan fijnstof ook beneden de huidige grenswaarden voor fijnstof in de buitenlucht gezondheidseffecten kunnen optreden en dat er sprake was van verhoogde stofconcentraties tijdens de werkzaamheden. Hiermee kunnen (tijdelijke) gezondheidseffecten als gevolg van de werkzaamheden niet worden uitgesloten.

5 Beoordeling risico's bodem, grondwater en oppervlaktewater

In hoofdstuk 3 is geconstateerd dat voor een aantal metalen en organische stoffen de concentraties in de TGG en grondwater verhoogd zijn. De overschrijding van de Interventiewaarden voor één of meer stoffen in meerdere van de TGG-monsterpunten is de aanleiding om de risico's in Perkpolder voor bodem, grondwater en oppervlaktewater nader te onderzoeken. In dit hoofdstuk wordt ingezoomd op de mogelijke risico's voor bodem, grondwater, oppervlaktewater, landbouwkundige gebruik (veedrenking, beweiding en sproeiwater) en uitloging van stoffen naar bodem en grondwater.

De beoordeling van risico's kan worden gedaan op basis van humane effecten en ecologische effecten. Bij humane effecten is er sprake van een gezondheidseffect door blootstelling aan een verontreiniging. Bij ecologische effecten moet gedacht worden aan het verstoren van het gezond functioneren van het ecosysteem door o.a. sterfte van organismen, doorvergiftiging in de ecologische voedselketen en de verstoring van natuurlijke processen (zoals bodemrespiratie (ademhaling), nitrificatie en afbraak van organische stof).

5.1 Risico's bodem en grondwater

5.1.1 *Niet-genormeerde stoffen*

Barium

Er is op de locatie Perkpolder sprake van verhoogde bariumgehalten in de TGG ten opzichte van de concentraties in de omliggende bodem. De Interventiewaarde grond voor barium is tijdelijk ingetrokken. Bij verhoogde bariumgehalten (ten opzichte van de aanwezige achtergrond) kan beoordeeld worden op basis van de voormalige Interventiewaarde voor barium van 920 mg/kg d.s. De Interventiewaarde wordt niet overschreden maar wel geëvenaard.

In 2012 is door Brand et al. een herziene risicogrens voor barium voorgesteld van 400 mg/kg ds. Deze norm is inclusief een achtergrondwaarde van 190 mg/kg en kent een ecologische risico-onderbouwing. De waarde is niet formeel vastgesteld door het beleid, maar geeft wel een indicatie voor mogelijke risico's. Op grond van deze waarde kunnen er effecten optreden op de bodemecologie bij langdurig contact met de thermisch gereinigde grond.

Sulfaat

Uit metingen in de reguliere bodem onder en naast de dijk blijkt dat de maximum concentratie sulfaat 970 mg/kg is (meetpunt G2 diepte 14,25). Omdat dit onder de dijk is kan er sprake zijn van uitspoeling van sulfaat uit de TGG. Naast de dijk is de concentratie maximaal 290 mg/kg (meetpunt B2.2 diepte 10,15 m). De concentraties (3.000 tot maximaal 10.000 mg/kg) in de TGG zijn daarmee duidelijk verhoogd ten opzichte van de aanwezige achtergrondconcentraties. Indicatief kan bij uitspoeling van sulfaat naar zoet grondwater worden uitgegaan van een ecologische risicogrenswaarde voor acuut effect in grondwater tussen de 10 en 100 mg/l.

Sulfaat lijkt echter voornamelijk secundaire risico's te veroorzaken, zoals de vorming van het toxische sulfide door afbraak van organische stof en het optreden van interne eutrofiëring in oppervlaktewater.

In het geval van interne eutrofiëring zal sulfaat onder anaerobe omstandigheden dienen als alternatieve elektronenacceptor voor de afbraak van organisch materiaal. Bij voldoende bicarbonaat, ontstaat een reactie waarbij sulfide samen met het aanwezige ijzer, ijzersulfiden (o.a. pyriet) vormt. Hiermee kan een groot deel van het aanwezige ijzer in de bodem worden gebonden. Dit ijzer speelt een rol in de binding van fosfaat in onder andere ijzerfosfaat (FePO_4). Daarnaast is een deel van het fosfaat gebonden aan ijzer(hydr)oxiden (FeOOH). Naarmate de sulfiden meer ijzer binden, zal de concentratie aan ijzer afnemen, waardoor fosfaat niet meer of slechts marginaal kan worden gebonden. Door de toename van fosfaat in het oppervlaktewater kan er overmatige algenbloei optreden, wat vervolgens voor zuurstofloze omstandigheden en sterfte van organismen kan zorgen. Interne eutrofiëring is een complex proces dat door verschillende factoren kan worden beïnvloed. De aanwezigheid van fosfaat en ijzer zijn ook mede bepalend voor dit proces. Vanwege de complexiteit is het dan ook moeilijk een algemene concentratie af te leiden om te bepalen wanneer dit proces gaat plaatsvinden. Interne eutrofiëring kan al optreden bij concentraties tussen de 10-19 mg/l (Brand et al., 2008).

5.1.2 *Toxische druk bodem*

Voor de risico's voor het ecosysteem wordt het risico van de verontreinigende stoffen samen bepaald in een zogenoemde maat voor de toxische druk (TD). De eenheid voor de TD is msPAF (meer stoffen Potentieel Aangetaste Fractie), die aangeeft welke fractie van de in het laboratorium getoetste soorten organismen een effect ondervindt van het stoffenmengsel in de TGG-monsters. De TD-methode wordt gebruikt in de beoordeling van historische verontreinigde locaties maar kan indicatief worden gebruikt voor de beoordeling van mogelijk ecologische risico's van de TGG.

In de rekentool Sanscrit⁵ is gekozen voor het effectniveau van 50% (EC50) op soorten, met andere woorden bij de betreffende concentratie ondervindt een soort 50% effect op groei, reproductie, sterfte, enzovoort. Dit niveau is hoger dan het effectniveau voor Interventiewaarden en andere normen, dat is namelijk HC50 (Hazardous Concentration 50%). De HC50 is gebaseerd op NOEC-waarden (No-observed Effect Concentration). Voor de achtergronden van deze toetsing wordt verwezen naar het rapport van Rutgers et al., (2008).

Er worden twee criteria voor de TD gehanteerd (0,25 en 0,65 msPAF), en vier criteria voor verontreinigd oppervlak (50, 500, 5000, 50.000 m²). In Tabel 5.1 is voor alle monsters de TD berekend met behulp van de Sanscrit (versie TD_Sanscrit170.xls). Vele monsters (vooral de monsters die geen TGG bevatten) hebben een TD van 0 (geen druk). De meeste van de TGG-monsters hebben een verhoogde TD (gemiddeld

⁵ Sanscrit is een beslissingsondersteunende systeem om de spoedeisendheid van bodemsanering vast te stellen op basis van risico's voor mens, milieu en als gevolg van verspreiding en kan benaderd worden via www.sanscrit.nl.

0,29, mediaan 0,25). Het exacte oppervlak waarop de TGG is toegepast is niet bekend, maar een eerste ruwe schatting bedraagt 70.000 m²; dit overschrijdt het hoogste oppervlakcriterium bij de minst gevoelige bodemgebruiksfunctie voor het ecosysteem (industrie en infrastructuur). De hoge TD is daarmee indicatief voor de onacceptabele effecten op het ecosysteem, bij een beoordeling volgens Sanscrit.

De stoffen die verantwoordelijk zijn voor de verhoogde TD zijn metalen, met name koper, barium, nikkel, zink, chroom, arseen en soms ook vanadium, kobalt en lood. In monster B3.1 (6,00-7,00 buis) is endrin aangetroffen en in monster B3.2 (5,00-5,30 emmer) zijn endrin en dieldrin aangetroffen. Deze organische stoffen leveren ook een bijdrage aan de totale TD, respectievelijk 0,06 en 0,016.

Conclusie

De hoge TD van de TGG-monsters is indicatief voor de onacceptabele effecten op het ecosysteem. De metaal-verontreinigingen zijn verantwoordelijk voor de hoge TD in de TGG-monsters. In twee monsters dragen de pesticiden endrin en dieldrin bij aan de TD.

Tabel 5.1: Analyse van monsters voor de beoordeling van de ecologische risico's op basis van toxische druk (TD) van de TGG. De gekleurde cellen geven het percentage soorten aan wat is blootgesteld aan de gestelde grenzen. Dit zijn: geel = kleiner dan 0,15%, oranje = 0,15%-0,65% en rood = groter dan 0,65%.

Locatie	Monster	Classificatie	Diepte (m-mv)	Mv	Hoogte (m-NAP)	TD totaal (msPAFtot)	TD org stof msPAF org stoffen
B2.2	2,00-2,30	zand	2,15	3,1	0,905	0	0
B2.2	5,00-5,30	zand	5,25	3,1	-2,195	0	0
B2.2	10,00-10,30	zand	10,2	3,1	-7,095	0	0
B2.2	3,00-3,30	klei	3,15	3,1	-0,095	0	0
B3.1	4,00-5,00	TGG	4,50	9,2	4,651	0,24	0
B3.1	6,00-7,00	TGG	6,50	9,2	2,651	0,38	0,06
B3.1	8,00-8,40	TGG	8,20	9,2	0,951	0,27	0
B3.1	12,20-12,70	veen	12,5	9,2	-3,299	0	0
B3.1	8,55-8,74	klei	8,65	9,2	0,501	0	0
B3.1	13,80-14,80	klei	14,3	9,2	-5,149	0	0
B3.1	9,70-11,20	zand	10,0	9,2	-0,849	0	0
B3.1	16,80-17,30	zand	17,1	9,2	-7,899	0	0
B3.2	5,00 - 5,30	TGG	5,15	9,2	4,017	0,39	0,16
B3.2	2,00-2,30	TGG	2,15	9,2	7,017	0,32	0
G1	4,00 - 5,30	TGG	4,65	9,0	4,35	0,13	0
G1	5,50-7,00	TGG	6,25	9,0	2,75	0,19	0
G1	8,50-10,00	TGG	9,25	9,0	-0,25	0,06	0
G2	0,00-1,00	Klei	0,50	9,0	8,5	0,04	0
G2	4,00-6,00	TGG	5,00	9,0	4	0,73	0
G2	8,00-10,00	TGG	9,00	9,0	0	0,72	0
G2	10,50-11,00	klei	10,6	9,0	-1,75	0,00	0
G2	11,50-12,70	veen	12,1	9,0	-3,1	0,00	0

Locatie	Monster	Classificatie	Diepte	Mv	Hoogte	TD totaal	TD org stof
			(m-mv)		(m-NAP)	(msPAFtot)	msPAF org stoffen
G2	13,00-15,50	zand	14,3	9,0	-5,25	0,02	0
G3	2,50-4,00	TGG	3,25	9,0	5,75	0,00	0
G3	4,50-5,00	TGG	4,75	9,0	4,25	0,14	0
G3	7,00-8,00	TGG	7,50	9,0	1,5	0,25	0
G3	9,00-10,00	TGG	9,50	9,0	-0,5	0,25	0

5.1.3 Effecten pH op bodem

De hoogste totale bodembiodiversiteit in Nederland wordt aangetroffen bij een bodem-pH die rond of iets lager ligt dan 7.

De niet-beheerde bodems op de arme zandgronden (bos, hei en gras) hebben een lage pH waarde van ongeveer 3,5 (pH-KCl) (Rutgers en Dirven-Van Breemen, 2012). De hoogste natuurlijke bodem-pH wordt aangetroffen bij de zeekleiafzettingen (akkerbouw: pH-KCl ongeveer 7,6) als gevolg van de aanwezige schelpenresten.

De pH van de TGG is ongeveer 9,3 (pH-KCl en pH-H₂O). Dat is hoog vergeleken bij de pH van de meeste bodems in Nederland. De pH van de omringende zand, klei en veenbodem in Perkpolder is relatief hoog, maar toch lager dan de TGG: gemiddeld 7,8 pH(KCl) en 8,6 pH(H₂O). Afhankelijk van de analysemethode is dat 0,7 tot 1,5 pH eenheid lager.

Conclusie

De pH van de TGG is sterk atypisch is voor de meeste Nederlandse bodems, en atypisch is vergeleken met de omringende bodems in Perkpolder. Bovendien is de pH dermate hoog dat verwacht wordt dat de bodembiodiversiteit in de TGG en direct daaronder lager is dan in de gemiddelde Nederlandse bodem. De TGG zal daarom niet (gaan) functioneren als een reguliere bodem.

5.1.4 Toetsing waarden in grond aan LAC-waarden voor landbouwkundig gebruik

De TGG bevindt zich onder een leeflaag van tenminste 0,5 meter (klei)grond in het dijklichaam. Vanuit het oogpunt van de risicobeoordeling voor vee, is de leeflaag het meest relevant. Omdat er slechts één meting beschikbaar is in die leeflaag (meetpunt G2 diepte 0,5 meter) kan op basis van deze meting geen directe uitspraak worden gedaan over kwaliteit van de gehele leeflaag.

Bij toetsing van de leeflaag aan de LAC-waarde voor klei en de functie beweide grasland, worden geen overschrijdingen geconstateerd. Om de risico's voor landbouwkundig gebruik van de dijk verder te onderbouwen, moeten er aanvullende metingen worden verricht in de afdeklaag over de gehele lengte van de dijk.

Als worst-case zijn ook alle gemeten concentraties in de TGG vergeleken met de LAC-waarden. Voor de beoordeling zijn alle TGG-monsters, ongeacht de diepte, getoetst aan de LAC-waarden voor beweide grasland

op zand. Het is echter onwaarschijnlijk dat gewassen of vee in direct contact komen met de TGG onder de leeflaag.

Voor de monsters uit de eerste meetronde (B-nummers) zijn er enkele geringe overschrijdingen voor de metalen koper, nikkel en zink (Tabel 5.2). De monsters uit de aanvullende meetpunten G1-3 laten overschrijdingen zien voor cadmium, chroom, koper, nikkel, lood en zink (Tabel 5.3). Voor de organische stoffen waarvoor LAC-waarden zijn afgeleid vinden geen overschrijdingen plaats. Zou de TGG zich ook in de wortelzone van het gras bevinden, dan treden er mogelijk risico's op voor het landbouwkundig gebruik als landbouwgrond en beweiding door vee.

Tabel 5.2: Toetsing monsters eerste meetronde (B-nummers) aan LAC-waarden voor beweide grasland op zand (in mg/kg). Rood gedrukte concentraties zijn overschrijdingen van de LAC-waarden.

		Arseen	Cadmium	Chroom	Koper	Kwik	Nikkel	Lood	Zink
LAC-waarden zand		30	1	100	30/50	2	15	150	150
locatie	diepte (-mv)	Aangetroffen concentratie (mg/kg)							
B3.1	4,5	7,00	0,71	43	27	0,53	24	69	120
B3.1	6,5	8,1	0,67	66	27	0,61	22	78	140
B3.1	8,2	12	0,61	40	20	0,78	20	69	160
B3.2	2,15	10	0,71	38	34	0,68	31	98	130
B3.2	5,15	8,3	0,8	41	30	0,63	23	100	160

Tabel 5.3: Toetsing monsters tweede meetronde (G-nummers) aan LAC-waarden voor beweide grasland op zand (in mg/kg). Het monster in de leeflaag is getoetst aan de LAC-waarden voor beweide grasland op klei (in mg/kg). Rood gedrukte concentraties zijn overschrijdingen van de LAC-waarden.

		Arseen	Cadmium	Chroom	Koper	Kwik	Nikkel	Lood	Zink
LAC-waarden zand		30	1	100	30/50	2	15	150	150
locatie	diepte (-mv)	Aangetroffen concentratie (mg/kg)							
G1	4,65	8,4	0,54	26	20	0,85	18	83	100
G1	6,25	6,7	0,77	39	28	0,49	25	80	100
G1	9,25	8,1	0,77	32	27	0,48	23	110	110
G2	5	30	2,6	120	66	1,3	52	280	330
G2	9	21	2,5	74	77	1,4	53	230	360
G2	10,75	6,3	<0,20	37	7,2	<0,050	21	13	47
G3	3,25	8,8	0,21	21	<5,0	<0,050	<4,0	<10	42
G3	4,75	11	0,77	110	18	0,36	16	59	95
G3	7,5	15	0,83	34	51	0,53	26	75	120
G3	9,5	8,2	0,62	46	27	0,33	31	81	120
LAC-waarden klei		50	2	180	30/80	2	50	150	660
G2 (leeflaag)	0,5	24	0,27	60	14	<0,050	32	25	85

Conclusie

Voor de concentraties zoals gemeten op het meetpunt G2 in de leeflaag, worden geen overschrijdingen van de LAC-waarden geconstateerd. Echter, om de risico's voor landbouwkundig gebruik van de dijk verder te onderbouwen, moeten er aanvullende metingen worden verricht in de afdeklaag over de gehele lengte van de dijk.

De TGG in het dijklichaam is ongeschikt voor de toepassing als landbouwkundig gebruik, hoewel de kans op direct contact van vee met de TGG gering is. Zou de TGG zich ook in de wortelzone van het gras bevinden, dan treden er mogelijk risico's op voor het landbouwkundig gebruik als landbouwgrond en beweiding door vee.

5.1.5 Beoordeling grondwater

In hoofdstuk 3 werd voor een aantal stoffen een overschrijding van de Interventiewaarde grondwater geconstateerd. Het gaat hierbij om overschrijdingen van de Interventiewaarden voor barium, lood, kwik en PAKs. In deze paragraaf wordt duiding gegeven aan deze overschrijdingen door aanvullend te toetsen aan voorstellen voor nieuwe risicogrenzen en de normen voor drinkwater.

De Interventiewaarde voor barium in grondwater is gebaseerd op het direct (zonder zuivering) kunnen drinken van grondwater als drinkwater

(Van den Berg en Roels, 1991). De risicogrenswaarde gebaseerd op evenwicht met de Interventiewaarde grond (welke gebaseerd is op ecologische risico's) is veel hoger: 11.000 µg/l. Voor lood is de Interventiewaarde eveneens gebaseerd op het direct (zonder zuivering) kunnen drinken van grondwater als drinkwater (Van den Berg en Roels, 1991). De risicogrenswaarde gebaseerd op evenwicht met de Interventiewaarde grond (welke gebaseerd is op ecologische risico's) is echter van dezelfde orde grootte.

De Interventiewaarde voor kwik in grondwater is gebaseerd op evenwicht met de Interventiewaarde grond (welke gebaseerd is op ecologische risico's (Van den Berg en Roels, 1991).

Voor wat betreft de duiding van de overschrijdingen van Interventiewaarden grondwater is het zinvoller om de meest recente risicogrenswaarden in beschouwing te nemen. Deze risicogrenswaarden hebben een goede aansluiting bij de huidige uitgangspunten en methodiek voor de normen voor grond maar zijn niet geformaliseerd in wetgeving. De risicogrenswaarden worden beschreven in Lijzen et al., (2001) en in Brand et al., (2012). Er zijn drie risicogrenswaarden afgeleid, zoals weergegeven in Tabel 5.4:

- gebaseerd op ecologische risico's voor het aquatische ecosysteem;
- gebaseerd op evenwicht met de humaan toxicologisch onderbouwde risicogrenswaarde voor grond;
- gebaseerd op het direct (zonder zuivering) kunnen drinken van grondwater als drinkwater.

Barium

In meetronde één overschrijdt barium in twee meetpunten de Interventiewaarde respectievelijk met een factor 1,02 en 1,09. De gemeten concentraties in meetronde één zijn slechts indicatief, omdat bij deze bemonstering de verplichte wachtperiode van zeven dagen niet is aangehouden. Hierdoor kunnen concentraties in het grondwater tijdelijk verhoogd zijn als gevolg van contaminatie tijdens het plaatsen van de peilbuis en verstoring van het systeem. In meetronde twee overschrijdt barium nogmaals de Interventiewaarde met een factor 1,01. Zowel de Interventiewaarde (625 µg/l) als het voorstel voor de nieuwe risicogrenswaarde (630 µg/l) zijn gebaseerd op het direct (zonder zuivering) kunnen drinken van grondwater als drinkwater. Omdat de Interventiewaarde gebaseerd is op de consumptie van grondwater als drinkwater wordt aanvullend getoetst aan de drinkwaternorm voor barium van 700 µg/l. Deze wordt in geen van de grondwatermonsters overschreden. Voor barium is er dus geen sprake van een gezondheidskundig risico.

Het feit dat er toch Interventiewaarden grondwater voor barium overschreden worden (in zeer geringe mate), komt doordat de berekening van de Interventiewaarde toentertijd net iets lager uitpakte dan de huidige drinkwaternorm.

Lood

Voor lood wordt de Interventiewaarde alleen in de eerste meetronde overschreden. Net als bij barium is deze meting slechts indicatief te

gebruiken wegens het ontbreken van de verplichte wachtperiode. Er is sprake van:

- een overschrijding van de risicogrenswaarde gebaseerd op ecologische risico's voor het aquatische ecosysteem (factor 2);
- een overschrijding van de risicogrenswaarden gebaseerd op evenwicht met de humaan toxicologisch onderbouwde risicogrenswaarde voor grond (factor 18);
- een overschrijding van de risicogrenswaarde gebaseerd op het direct (zonder zuivering) kunnen drinken van grondwater als drinkwater (factor 5,7).

De drinkwaternorm voor lood van 10 µg/l wordt eveneens overschreden (met een factor 31). De risicogrenswaarde gebaseerd op evenwicht met de humaan-toxicologisch onderbouwde risicogrenswaarde voor grond heeft in feite een signaalfunctie. Bij overschrijding van deze concentratie in grondwater zou er sprake kunnen zijn van overschrijding van de humaan-toxicologisch onderbouwde risicogrenswaarde voor grond. De overschrijding van de risicogrenswaarden gebaseerd op ecologische risico's voor het aquatische ecosysteem (met een factor 2) wijst op een aantasting van het grondwaterecosysteem boven het zogenoemde ernstig risiconiveau.

Kwik

Voor kwik wordt de Interventiewaarde alleen in meetronde drie overschreden. Bij een aanvullende toetsing aan het voorstel voor een nieuwe risicogrenswaarde is geen sprake van een overschrijding van risicogrenswaarden voor anorganisch kwik. De gemeten concentraties in de grondwatermonsters zijn een factor 39 tot 189 lager dan de risicogrenswaarden. Voor organisch kwik worden de risicogrenswaarden eveneens niet overschreden, maar in minder ruime mate. De gemeten concentraties in de grondwatermonsters liggen een factor 1,03 en 8,3 lager dan de risicogrenswaarden. De drinkwaternorm voor kwik van 1 µg/l wordt eveneens niet overschreden. Voor kwik geldt dat de Interventiewaarde lager is dan de drinkwaternorm, omdat de empirisch afgeleide risicogrenswaarde voor ecologische risico's voor het aquatische ecosysteem lager uitpakt. Het kan dus voorkomen dat concentraties in het grondwater voldoende laag zijn om het grondwater als drinkwater te gebruiken, maar dat de concentraties onvoldoende zijn voor de ecologische bescherming van dat grondwater.

Het grondwatermonster met een overschrijding (factor 1,22) van de Interventiewaarde voor Som PAK in grondwater, midden op de dijk onder de TGG, kan niet getoetst worden aan een som-norm. Wel ligt de concentratie lager dan de risicogrenswaarden van de individuele PAKs.

Conclusies

Voor barium en kwik worden op enkele locaties de Interventiewaarden grondwater overschreden. Deze Interventiewaarde zijn destijds gebaseerd op de consumptie van grondwater als drinkwater. Gezien de datering van deze Interventiewaarden zijn de concentraties ook vergeleken met de meer recente drinkwaternormen. De gemeten concentraties liggen beneden de drinkwaternorm. Bovendien is er geen

sprake van consumptie van grondwater als drinkwater. Hierdoor worden er geen gezondheidsrisico's verwacht.

Voor lood kan slechts indicatief een uitspraak worden gedaan omdat deze alleen in verhoogde concentratie aanwezig is in de meetronde waarvoor de verplichte wachttijd niet is aangehouden. Op basis van deze ene meting zou het grondwater niet direct (zonder zuivering) als drinkwater kunnen worden gebruikt. Gezien de locatie, waarbij geen intensieve aanwezigheid van mensen is (geen groningestie door kinderen en geen groenteconsumptie) zijn de werkelijke gezondheidsrisico's ten gevolge van de aanwezigheid van lood echter niet als hoog te kwalificeren. De overschrijding van de risicogrenswaarden gebaseerd op ecologische risico's voor het aquatische ecosysteem wijst op een mogelijke aantasting van het grondwaterecosysteem boven het zogenaamde ernstig risiconiveau.

Drempelwaarden

Naast de Interventiewaarden uit de Circulaire bodemsanering en drinkwaternormen uit de Drinkwaterwet zijn er in de Grondwaterrichtlijn (waarvan de implementatie in het Besluit kwaliteitseisen en monitoring water, 2009; BKMW ligt) ook drempelwaarden voor grondwater opgenomen. In Tabel 5.5 zijn de stoffen weergegeven waarvoor sprake is van overschrijding van de drempelwaarde. Dit is conform de toetsing volgens de Kaderrichtlijn water. Voor de drempelwaarden is gekozen voor de categorie 'Zout grondwater in ondiepe zandlagen' uit het BKMW.

Tabel 5.4: Stoffen waarvoor in grondwater sprake is van overschrijding van de Interventiewaarde grondwater en risicogrenswaarden uit Lijzen et al., 2001 en Brand et al., (2012; alleen barium).

Peilbuis	Stof	Concentratie in peilbuis (µg/l)	Risicogrenswaarde (Lijzen et al., 2001)			Opmerking
			Eco-logische risico's	Evenwicht met humtox risicogrenswaarde grond	Consumptie grondwater	
B2.2 (7,50-8,50)	barium	640	17000*	3690*	628*	-
B3.1 (16,50-17,50)	barium	680	17000*	3690*	628*	-
B1.1 (2,50-3,5)	lood	310	150	17	54	-
B3.1 (9,90-10,90)	barium	630	17000*	3690*	628*	-
B3.1 (9,90-10,90)	PAK (VROM 10)	1,22	-	-	-	Somfracties conform Circulaire bodemsanering. Een waarde boven 1 is een overschrijding
B1.2 (8,40-9,40)	kwik	0,36	14	28	67	Anorganisch kwik
			0,37	-	3	Organisch kwik

* Afkomstig uit Brand et al. (2012).

Tabel 5.5: Stoffen waarvoor in grondwater sprake is van overschrijding van de drempelwaarde.

Peilbuis	Stof	Concentratie in de TGG ($\mu\text{g/l}$)	Drempelwaarde ($\mu\text{g/l}$)*	Factor overschrijding drempelwaarde*	Meetronde	Opmerking
B2.1 (4,50-5,50)	arseen	60	18,7	3,2	1	Meetting is indicatief wegens ontbreken rustperiode na plaatsing
B3.1 (9,90-10,90)	nikkel	23	20	1,2	1	Meetting is indicatief wegens ontbreken rustperiode na plaatsing
B1.1 (2,50-3,50)	lood	310	7,4	42	1	Meetting is indicatief wegens ontbreken rustperiode na plaatsing
B1.2 (5,50-6,50)	arseen	22	18,7	1,2	2	-
B2.1 (4,50-5,50)	arseen	60	18,7	3,2	2	-
B3.1 (9,90-10,90)	nikkel	25	20	1,3	2	-
B2.1 (4,50-5,50)	arseen	45	18,7	2,4	3	-
B2.2 (7,50-8,50)	arseen	20	18,7	1,1	3	-
B3.1 (9,90-10,90)	arseen	21	18,7	1,1	3	-

* Geldend voor de categorie 'Zout grondwater in ondiepe zandlagen' uit het BKMW.

Uit Tabel 5.5 zijn de volgende conclusies te trekken:

- De drempelwaarde voor arseen in grondwater is tijdens alle drie de meetrondes overschreden, met een factor variërend van 1,1 tot 3,2. Opvallend is dat er bij iedere meetronde op meerdere diepere plekken sprake is van overschrijding van de drempelwaarde voor arseen, alhoewel die overschrijding beperkt blijft. Voor de drempelwaarde voor arseen is 'humaan gebruik van grondwater' het meest gevoelige criterium. De drempelwaarde is gebaseerd op de achtergrondwaarde in grondwater in Nederland (95 percentiel van de meetgegevens). De reden hiervoor is dat deze hoger is dan de drinkwaternorm. In dat geval wordt voor het criterium 'humaan gebruik van grondwater' de achtergrondwaarde genomen (De Nijs et al., 2011). Omdat er in Perkpolder geen grondwater wordt gebruikt als drinkwater is er geen sprake van een humaan risico.
- Voor de nikkelconcentratie in grondwater is sprake van overschrijding van de drempelwaarde in het filter op 9,90-10,90 meter in B3.1 tijdens twee van de drie meetrondes, met een factor variërend van 1,2 tot 1,3. Voor de drempelwaarde voor nikkel is 'humaan gebruik van grondwater' eveneens het meest gevoelige criterium. De drempelwaarde is gebaseerd op de achtergrondwaarde in grondwater in Nederland (95 percentiel van de meetgegevens). De reden hiervoor is dat deze hoger is dan de drinkwaternorm. In dat geval wordt voor het criterium 'humaan gebruik van grondwater' de achtergrondwaarde genomen (De Nijs et al., 2011). Omdat er in Perkpolder geen grondwater wordt gebruikt als drinkwater is er geen sprake van een humaan risico.
- De lood-concentratie in grondwater overschrijdt de drempelwaarde tijdens één meetronde en alleen op 2,50-3,50 meter diepte, met een factor 42. Deze drempelwaarde is gebaseerd op het ecologisch criterium voor oppervlaktewater. Het ecologisch criterium voor oppervlaktewater is gebaseerd op het MTR (Maximaal Toelaatbaar Risiconiveau) voor oppervlaktewater (MTR_{opp}). Voor lood kan slechts indicatief een uitspraak worden gedaan omdat deze alleen in een verhoogde concentratie aanwezig is in de meetronde waarvoor de verplichte wachttijd niet is aangehouden.

5.1.6 *Toetsing grondwater aan referentiewaarden voor landbouwkundig gebruik*

Het grondwater in het gebied rondom de dijk in Perkpolder bestaat overwegend uit een brak tot zout kwelwatersysteem. Hierdoor is het grondwater minder geschikt om als sproeiwater of ten behoeve van veedrenking te worden gebruikt. Toch zijn de aangetroffen stoffen in de grondwatermonsters uit voorzorg getoetst aan de referentiewaarden voor veedrenking en sproeiwater. Zoals beschreven in paragraaf 2.4.2 hebben deze referentiewaarden geen wettelijke status, maar vormt de toetsing een indicatie van de (on)geschiktheid van de toepassing van grond- en oppervlaktewater als drinkwater voor vee en als sproeiwater. Tabel 5.6 geeft een overzicht van de overschrijdingen van de referentiewaarden.

Tabel 5.6: Overschrijdingen referentiewaarden in grondwater voor landbouwkundig gebruik.

Component	Monster	Bemonstering	Concentratie	Referentiewaarde veedrenking	Referentiewaarde sproeiwater
Arseen	TGG-2.1 (B2.1)	1	60 µg/l		50 µg/l
		2	52 µg/l		
Lood	TGG-1.1 (B1.1)	1	310 µg/l	50 µg/l	50 µg/l
Sulfaat	EC102 (350-450)	1	770 mg/l	250 mg/l	
		2	990 mg/l		
	EC102 (900-1000)	1	1700 mg/l		
		2	1100 mg/l		
	Pb 2a (1100-1200)	1	1300 mg/l		
		2	1200 mg/l		
	Pb 2a (1700-1800)	1	1200 mg/l		
		2	1300 mg/l		
	Pb 2a (700-800)	1	1100 mg/l		
		2	1100 mg/l		
	T1 (1100-1200)	1	1100 mg/l		
		2	1200 mg/l		
		3	1100 mg/l		
	T1-1-1 T1 (600-700)	1	990 mg/l		
		2	700 mg/l		
		3	780 mg/l		
	TGG-1.2 (B1.2) (550-650)	1	900 mg/l		
		2	1000 mg/l		
	TGG-1.2 (B1.2) (840-940)	1	930 mg/l		
		2	980 mg/l		
TGG-2.2 (B2.2) (750-850)	1	330 mg/l			
	2	440 mg/l			
TGG2.2 (B2.2)(1000-1100)	1	780 mg/l			
	2	890 mg/l			
TGG-3.1 (B3.1) (1650-1750)	1	380 mg/l			
	2	780 mg/l			
TGG-3.2 (B3.2) (13,90-14,90)	2	360 mg/l			

Naast een eenmalige geringe overschrijding van de referentiewaarde voor arseen in sproeiwater en een overschrijding van de referentiewaarden voor veedrenking en sproeiwater voor lood is er in een groot deel van de grondwatermonsters sprake van een overschrijding van de referentiewaarde voor veedrenking voor sulfaat van 250 mg/l. Sulfaat kan effecten hebben op het metabolisme van vee. Eén van de mogelijke consequenties van blootstelling van vee aan sulfaat is de verminderde opname van koper, waardoor kopergebrek kan ontstaan (Rietra en Harmsen, 2005).

Conclusie

Het grondwatersysteem in Perkpolder is een brak tot zout kwelwatersysteem en daardoor minder geschikt voor landbouwkundige doeleinden. Op basis van de in Tabel 5.6 getoonde overschrijdingen kan aanvullend worden geconcludeerd dat het grondwater ten tijde van de bemonsteringen ongeschikt was als sproeiwater of drinkwater voor vee.

5.2 Risico's oppervlaktewater

5.2.1 Toets aan normen BKMW

Ten tijde van het opstellen van dit rapport heeft Deltares het slotwater van de bermsloot nabij de dijk driemaal bemonsterd (monster TGG-4b). Deze meetcampagne loopt na afronding van dit rapport door. Zink en kwik overschrijden in respectievelijk meetronde twee en drie het jaargemiddelde MKE (Milieukwaliteitseis) en het MAC-MKE (Maximaal Aanvaardbare Concentratie) (zie Tabel 5.7).

De MKE-waarden voor zink en kwik zijn gebaseerd op ecologische risicogrenzen (ICBR, 2009; Verbruggen et al., 2015). Bij de aangetroffen concentratie zink kunnen voor een beperkt aantal aquatische soorten chronische effecten optreden. De risicogrenzen voor kwik zijn gebaseerd op een concentratie in vis waarbij vogels en zoogdieren beschermd zijn tegen de gevolgen van doorvergiftiging (Verbruggen et al., 2015). Bij de afleiding van de waarde in water wordt opgemerkt dat de achtergrondwaarde in Nederlands oppervlaktewater en bij drinkwaterinnamepunten doorgaans hoger ligt dan de risicogrens die wordt gehanteerd voor de onderbouwing van het JG-MKE. Bij de afleiding ecologische risicogrens is een veiligheidsfactor van 10 toegepast op de laagste geen-effectconcentratie (NOEC) voor zoogdieren (Verbruggen et al., 2015). De overschrijding in het monster waarin kwik werd aangetroffen bedraagt minder dan deze factor 10. Het is daarom te verwachten dat er in deze situatie niet of zeer beperkt effecten zullen zijn door kwik als gevolg van doorvergiftiging.

In het bemonsterde slotwater werd de drinkwaternorm voor sulfaat (Bijlage 3 van BKMW) overschreden. De verhoogde sulfaatgehalten (tussen 990, 700 en 390 mg/l) vormen een indicatie dat zeer mobiele verbindingen, zoals sulfaat, kunnen uitloggen naar het oppervlaktewater. Sulfaat in gehalten zoals aangetroffen tijdens de bemonstering kan verder een risico vormen voor het oppervlaktewater-ecosysteem, zie hiervoor de opmerkingen over sulfaat in grondwater in paragraaf 5.1.1.

5.2.2 Toets aan referentiewaarden voor veedrenking en sproeiwater

Ondanks dat er sprake is van een brak tot zout watersysteem in Perkpolder zijn de slotwatermonsters uit voorzorg getoetst aan de referentiewaarden voor veedrenking en sproeiwater (zie Tabel 5.7). Daaruit blijkt dat de concentraties voor sulfaat in de drie bemonsteringsrondes de referentiewaarde (van 250 mg/l) aanzienlijk overschrijden. De aangetroffen gehalten sulfaat vormen daarmee mogelijk een bedreiging voor de diergezondheid in geval er sprake zou zijn van veedrenking.

Tabel 5.7: Overschrijdingen van normen en referentiewaarden in slootwater.

Stof	Bemonstering	Concentratie	Referentie- waarde veedrenking	Referentie- waarde sproeiwater	JG-MKE	MAC- MKE
Sulfaat	1	840 mg/l	250 mg/l	-	-	-
	2	700 mg/l				
	3	390 mg/l				
Zink	5	22 µg/l	-	-	7,8 µg/l	15,6 µg/l
Kwik	3	0,075 µg/l	10 µg/l	-	0,00007 µg/l	0,07 µg/l

5.3 Uitloging naar bodem, grondwater en oppervlaktewater

Voor de dijktoepassing in Perkpolder kan worden uitgegaan van een grootschalige toepassing. In paragraaf 2.1.3 werd het wettelijk kader voor toetsing hiervoor beschreven. Resumerend moeten drie toetsingen worden uitgevoerd:

- toetsing van de TGG aan de Maximale Waarden Industrie (wettelijk) (zie hoofdstuk 3);
- toetsing aan emissiewaarden om te voorkomen dat ontoelaatbare uitloging naar de bodem en het grondwater plaatsvindt;
- toetsing van de kwaliteit van de leeflaag aan Lokale Achtergrondwaarde.

Voor grootschalige toepassingen geldt geen toetsing aan de kwaliteit van de ontvangende bodem, zoals bij de algemene toepassingen het geval is.

De emissiewaarden bestaan uit:

- Emissietoetswaarden voor grootschalige toepassingen en;
- Maximale Emissiewaarden voor grootschalige toepassingen.

De toetsing aan de Emissietoetswaarden is een eenvoudige toetsing op basis van de rekenkundige gemiddelden van de gemeten stof en in de toe te passen grond. Als de kwaliteit van de toe te passen grond voldoet aan de Emissietoetswaarden, wordt op grond van de opgedane praktijkervaring met het voormalige Bouwstoffenbesluit aangenomen dat ook wordt voldaan aan de Maximale Emissiewaarden. Onderzoek naar de emissie is dan niet nodig. Als de kwaliteit niet voldoet aan de Emissietoetswaarden, dan moet een (langduriger en duurder) uitloogonderzoek worden uitgevoerd om te toetsen aan de Maximale Emissiewaarden.

5.3.1 Toetsing aan Emissietoetswaarden grootschalige toepassingen

In Tabel 5.8 zijn de rekenkundig gemiddelde waarden weergegeven van de concentraties van metalen in de TGG. Bovendien zijn de Emissietoetswaarden in deze tabel opgenomen. De rekenkundig gemiddelde waarden van de concentraties van metalen in de TGG zijn de rekenkundig gemiddelden van acht TGG-monsters: vijf aan de westkant van de dijk (B3.1 en B3.2) en drie later genomen monsters aan de zuidkant van de dijk (G).

Uit de tabel volgt dat er voor geen enkele stof waarvoor Emissietoetswaarden beschikbaar zijn deze overschreden wordt. In Tabel 5.8 zijn tevens de percentages van het rekenkundige gemiddelde weergegeven ten opzichte van de Emissietoetswaarde. Hieruit volgt dat

de Emissietoetswaarde voor minimaal 4% (molybdeen) en maximaal 77% (vanadium) wordt 'opgevuld' door de concentratie in de TGG.

Opgemerkt moet worden dat voor 11 van de 24 stoffen geen Emissietoetswaarden beschikbaar zijn. Voor deze stoffen kan dan ook geen uitspraak worden gedaan.

Tabel 5.8: Rekenkundig gemiddelde waarden van de concentraties van metalen in de TGG, Emissietoetswaarden en de percentages van het rekenkundige gemiddelde ten opzichte van de Emissietoetswaarde.

Stof	Rekenkundig gemiddelde (mg/kg ds)	Emissietoetswaarde (mg/kg ds)	Percentage
Aluminium (Al)	10.500	-	-
Antimoon (Sb)	2	9	28
Arseen (As)	15	42	35
Boor (B)	12	-	-
Barium (Ba)	390	-	-
Beryllium (Be)	2	-	-
Cadmium (Cd)	1	4,3	27
Calcium (Ca)	54.375	-	-
Chroom (Cr)	73	180	41
Kobalt (Co)	27	130	20
Koper (Cu)	53	113	47
Lood (Pb)	132	308	43
IJzer (Fe)	14750	-	-
Kwik (Hg)	1	4,8	19
Kalium (K)	2125	-	-
Magnesium (Mg)	5388	-	-
Molybdeen (Mo)	4	105	4
Natrium (Na)	2043	-	-
Nikkel (Ni)	64	100	64
Seleen (Se)	7	-	-
Tin (Sn)	17	450	4
Strontium (Sr)	46	-	-
Vanadium (V)	113	146	77
Zink (Zn)	290	430	67

5.3.2

Toetsing aan Maximale Emissiewaarden grootschalige toepassingen

Op grond van de opgedane praktijkervaring met het Bouwstoffenbesluit en de toetsing aan de Emissietoetswaarde, wordt aangenomen dat ook wordt voldaan aan de Maximale Emissiewaarden (Bodem+, NN). Onderzoek naar de emissie is dan volgens de huidige wetgeving niet nodig.

In opdracht van Rijkswaterstaat heeft Deltares uit voorzorg toch een uitloogonderzoek uitgevoerd voor de TGG voor Perkpolder, waarmee toetsing aan de Maximale Emissiewaarden mogelijk is. Hierbij is de uitloog bepaald voor vier monsters genomen midden op de dijk onder

de TGG (drie monsters op verschillende dieptes uit B3.1 en één monster uit emmermateriaal uit B3.2). Voor de vier gemeten concentraties zijn de rekenkundige gemiddelden bepaald van de uitloogwaarden, welke zijn vergeleken met de Maximale Emissiewaarden.

Deze toetsing geeft een vergelijkbaar beeld als de toetsing van de concentraties aan de Emissietoetswaarden (zie Tabel 5.9). Voor geen van de metalen worden Maximale Emissiewaarden overschreden. In Tabel 5.9 zijn tevens de percentages van het rekenkundige gemiddelde weergegeven ten opzichte van de Maximale Emissiewaarden. Hieruit volgt dat de Maximale Emissiewaarden minimaal minder dan 1% (kwik en lood) en maximaal 59% (antimoon) wordt 'opgevuld' door de metalen in de TGG.

Tabel 5.9: Percentages van het rekenkundige gemiddelde van de concentraties in de TGG weergegeven ten opzichte van de Maximale Emissiewaarden.

Stof	Rekenkundig gemiddelde (mg/kg ds)	Maximale emissiewaarde (mg/kg ds)	Percentage
Antimoon (Sb)	0,041	0,07	59
Arseen (As)	0,028	0,61	5
Barium (Ba)	0,66	-	-
Cadmium (Cd)	0,00050	0,051	1
Chroom (Cr)	0,030	0,17	18
Kobalt (Co)	0,023	0,24	10
Koper (Cu)	0,026	1	3
Kwik (Hg)	0,00024	0,49	0,05
Lood (Pb)	0,020	15	0,1
Molybdeen (Mo)	0,19	0,48	39
Nikkel (Ni)	0,019	0,21	9
Seleen (Se)	0,013	-	-
Tin (Sn)	0,020	0,093	21
Vanadium (V)	0,75	1,9	39
Zink (Zn)	0,052	2,1	2
Bromide	153	-	-
Chloride	873	-	-
Fluoride	4,4	-	-
Sulfaat	2669	-	-

Voor deze toetsing moet worden opgemerkt dat voor zes van de vijftien stoffen geen Maximale Emissiewaarden voor grootschalige toepassingen op of in de bodem beschikbaar zijn. Voor deze stoffen kan volgens de van toepassing zijnde regelgeving dan ook geen uitspraak worden gedaan of de uitloog acceptabel is. Hieronder bevinden zich stoffen die in de TGG in sterk verhoogde concentraties werden aangetroffen ten opzichte van de bodem. Dat geldt voor barium, bromide en sulfaat; niet voor seleen, chloride en fluoride (zie ook hoofdstuk 3). In de volgende

paragraaf wordt daarom aanvullend getoetst aan de regelgeving voor niet-vormgegeven bouwstoffen, hoewel dit wettelijk niet verplicht is.

5.3.3 *Toetsing aan Maximale Emissiewaarden voor niet-vormgegeven bouwstoffen*

Om voor de stoffen barium, seleen, bromide, chloride, fluoride en sulfaat toch een indicatie te krijgen van de mate van uitloging, zijn de rekenkundige gemiddelden van de concentraties in de vier TGG-monsters vergeleken met de Maximale Emissiewaarden voor niet-vormgegeven bouwstoffen uit de Regeling bodemkwaliteit. Het is echter niet verplicht om de TGG hieraan te toetsen.

De Maximale Emissiewaarden voor niet-vormgegeven bouwstoffen zijn anders afgeleid en dienen een ander doel dan de Maximale Emissiewaarden voor grootschalige toepassingen op of in de bodem. Voor de stoffen waarvoor beide waarden zijn afgeleid, zijn deze van vergelijkbare orde⁶. Daarom wordt verondersteld dat toetsing aan de Maximale Emissiewaarden voor niet-vormgegeven bouwstoffen in ieder geval een indicatie geeft van de uitloging uit de TGG voor Perkpolder.

Bij deze toetsing wordt contact met een brak watersysteem verondersteld omdat de chlorideconcentratie in het ontvangende grondwater regelmatig hoger is dan 5000 mg/l. In dat geval komen de Maximale Emissiewaarden voor bromide en chloride te vervallen en worden de Maximale Emissiewaarden voor fluoride en sulfaat vermenigvuldigd met vier.

De resultaten uit deze toetsing zijn weergegeven in Tabel 5.10. Hieruit is te concluderen dat er op basis van de beschikbare analysegegevens geen overschrijdingen plaatsvinden van de Maximale emissiewaarden voor niet-vormgegeven bouwstoffen, uitgaande van contact met een brak watersysteem.

Zou de uitloging van de TGG getoetst worden zonder rekening te houden met het ontvangende grondwatersysteem, dan blijkt dat bromide de Maximale Emissiewaarden voor niet-vormgegeven bouwstoffen met een factor 8 overschrijdt. Bovendien worden in dat geval de Maximale Emissiewaarden voor niet-vormgegeven bouwstoffen licht overschreden voor chloride (factor 1,4) en sulfaat (factor 1,1). Dit geeft een indicatie dat ongewenste uitloging van deze en andere stoffen uit de TGG in de toekomst kan optreden en dat een verdere monitoring van grond- en oppervlaktewater noodzakelijk is.

Conclusie

Resumerend kan worden geconcludeerd dat de aangetroffen concentraties voor de stoffen waarvoor normen beschikbaar zijn, op basis van de beschikbare analysegegevens voldoen aan de Maximale Emissiewaarden voor grootschalige toepassingen. Echter voor enkele stoffen, te weten barium, bromide, seleen, fluoride, chloride en sulfaat,

⁶ De Maximale emissiewaarden voor niet-vormgegeven bouwstoffen variëren van een factor 4,6 hoger (antimoon) tot een factor 6,5 lager (lood) dan de Maximale emissiewaarden voor grootschalige toepassingen op of in de bodem. De uitzondering hierop is kwik. Hiervoor is de Maximale emissiewaarde voor niet-vormgegeven bouwstoffen een factor 25 lager dan die voor grootschalige toepassingen in of op de bodem.

ontbreken de Maximale Emissiewaarden voor grootschalige toepassingen op of in de bodem. Daarom is voor deze stoffen aanvullend getoetst aan de Maximale emissiewaarde voor niet-vormgegeven bouwstoffen. Wettelijk is hiervoor geen verplichting. Uit deze aanvullende toetsing blijkt dat er eveneens geen overschrijdingen zijn van de Maximale emissiewaarde voor niet-vormgegeven bouwstoffen als uitgegaan wordt van contact met een brak watersysteem. Als de uitloging van de TGG getoetst wordt zonder rekening te houden met het ontvangende grondwatersysteem, dan blijkt de uitloging van bromide te hoog en de uitloging van chloride en sulfaat licht verhoogd. (factor 1,1). Dit geeft een indicatie dat ongewenste uitloging van deze en andere stoffen in de toekomst kan optreden en dat een verdere monitoring van grond- en oppervlaktewater noodzakelijk is.

Tabel 5.10: Percentages van het rekenkundige gemiddelde van de concentraties in de TGG ten opzichte van de Maximale Emissiewaarden voor niet-vormgegeven bouwstoffen (voor stoffen waarvoor Maximale Emissiewaarden voor grootschalige toepassingen op of in de bodem ontbreken).

Stof	Rekenkundig gemiddelde (mg/kg ds)	Maximale Emissiewaarde niet-vormgegeven bouwstoffen (mg/kg ds)	Overschrijding Factor (brak water)	Overschrijding Factor (zoetwater)
Barium	0,66	22	-	-
Seleen	0,013	0,15	-	-
Bromide	153	20 (-*)	-	8
Chloride	873	616 (-*)	-	1,4
Fluoride	4,4	55 (220*)	-	-
Sulfaat	2669	2430 (9720*)	-	1,1

* In afwijking van de in tabel 5.10 opgenomen maximale emissiewaarden, gelden bij de toepassing van bouwstoffen op plaatsen waar een direct contact (mogelijk) is met zeewater of brak water met van nature een chloride-gehalte van meer dan 5.000 mg/l: a) geen maximale emissiewaarden voor chloride en bromide, en b) de in de tabel opgenomen maximale emissiewaarden voor fluoride en sulfaat vermenigvuldigd met een factor 4.

5.3.4 *Beoordeling kwaliteit leeflaag*

Een grootschalige toepassing moet worden afgedekt met een leeflaag van ten minste 0,5 meter. Deze leeflaag moet geschikt zijn voor de functie en passen bij de daadwerkelijke kwaliteit van de omliggende bodem. De minimum eis is kwaliteitsklasse industrie. Het is aan het beleid om te beoordelen aan welke functie of functies de kwaliteit van de leeflaag moet voldoen. Hierbij kan rekening worden gehouden met de natuurfunctie buitendijks en/of met de landbouwfunctie binnendijks. Lokaal heeft het bevoegde gezag gesteld dat er voldaan moet worden aan de kwaliteitseis Achtergrondwaarde.

Van de leeflaag is in Perkpolder slechts één grondmonster genomen, gelegen op het zuidelijke gedeelte van de dijk. Er kan daarmee geen uitspraak worden gedaan over de kwaliteit van de leeflaag over de gehele lengte van de dijk.

Het kleimonster is genomen 0,5 meter beneden maaiveld. In dit grondmonster liggen de concentraties van alle bemonsterde organische stoffen beneden de achtergrondconcentratie (duurzaam geschikt). Dat geldt ook voor de meerderheid van de bemonsterde metalen (acht van de dertien). Voor de resterende vijf metalen wordt de achtergrondconcentratie overschreden (zie Tabel 5.11). Hiervan voldoen er drie aan de Maximale Waarde Wonen en twee aan de Maximale Waarden Industrie. De vergelijking van de concentraties in het ene grondmonster in de leeflaag met achtergrondwaarden en Maximale waarden geeft hooguit een grove indicatie van de kwaliteit van de gehele leeflaag. Aanvullende metingen in de leeflaag zijn nodig om dit beter te onderbouwen.

Tabel 5.11: Concentratie voor de metalen in het grondmonster in de leeflaag en vergelijking met de Achtergrondwaarde en de Maximale Waarden Wonen en Industrie.

Stof	Concentratie (mg/kg ds)	Klassificatie
Aluminium (Al)	21000	
Antimoon (Sb)	1,05	Lager dan achtergrondwaarde
Arseen (As)	31,52	Voldoet aan Maximale Waarde Industrie
Barium (Ba)	57	
Beryllium (Be)	2,205	
Calcium (Ca)	55000	
Cadmium (Cd)	0,384	Lager dan Achtergrondwaarde
Chroom (Cr)	73,71	Voldoet aan Maximale Waarde Industrie
Kobalt (Co)	18,29	Voldoet aan Maximale Waarde Wonen
Koper (Cu)	19,67	Lager dan Achtergrondwaarde
IJzer (Fe)	42000	
Kalium (K)	5700	
Kwik (Hg)	0,0411	Lager dan Achtergrondwaarde
Lood (Pb)	31,39	Lager dan Achtergrondwaarde
Magnesium (Mg)	12000	
Molybdeen (Mo)	1,05	Lager dan Achtergrondwaarde
Natrium (Na)	620	
Nikkel (Ni)	43,58	Voldoet aan Maximale Waarde Industrie
Seleen (Se)	7	
Strontium (Sr)	160	
Tin (Sn)	1,487	Lager dan Achtergrondwaarde
Vanadium (V)	96,69	Voldoet aan Maximale Waarde Wonen
Zink (Zn)	118,9	Lager dan Achtergrondwaarde

5.4 Conclusie

5.4.1 *Bodem en grondwater*

Bodem

In de TGG zijn de concentraties barium en sulfaat hoger dan in het omliggende gebied. Voor barium blijken de concentraties boven de meeste recente voorstellen voor risicogrenzen voor bodem te liggen. Daarom kunnen ecologische effecten bij langdurig contact met de TGG optreden. Voor sulfaat bestaat er geen toetswaarde in bodem, wel kan kwalitatief worden geconcludeerd dat de concentraties sulfaat in de TGG een risico geven op secundaire effecten zoals sulfidevorming en eutrofiëring van oppervlaktewater indien het sulfaat hiermee in contact komt.

Voor de TGG is een indicatieve toxische druk (TD)-beoordeling uitgevoerd. De conclusie hieruit is dat metalen verantwoordelijk zijn voor een hoge TD voor het bodemgebruik industrie. Een TD wordt normaliter gebruikt bij de beoordeling van historische verontreinigde locaties (van voor 1987). In het geval van Perkpolder is hier geen sprake van en geeft de TD een indicatie voor negatieve effecten op het (bodem)ecosysteem.

De pH van de TGG is sterk atypisch voor de meeste Nederlandse bodems, en atypisch vergeleken met de omliggende bodems in Perkpolder. Dit heeft gevolgen voor de bodemecologie indien deze in contact komt met de TGG.

De kwaliteit van de TGG is onvoldoende voor het beweiden van vee. Het is echter onwaarschijnlijk dat het vee of gewassen (gras wat gebruikt kan worden als veevoeder) in direct contact komen met de aangebrachte TGG. De leeflaag van klei bovenop de TGG voldoet wel aan de waarden voor beweid grasland. De beoordeling van de leeflaag is gebaseerd op slechts één meetpunt. Dit is onvoldoende om een uitspraak over de kwaliteit te doen voor de gehele lengte van de dijk. Om de geschiktheid van de dijk voor landbouwkundig gebruik beter te kunnen beoordelen zijn aanvullende metingen noodzakelijk.

Grondwater

Voor barium en kwik worden op enkele locaties de Interventiewaarden overschreden. Gezien de datering van deze Interventiewaarden zijn de concentraties ook vergeleken met de meer recente drinkwaternormen. De gemeten concentraties liggen beneden de drinkwaternorm. Daarnaast is er op de locatie bij Perkpolder geen sprake van grondwaterwinning ten behoeve van drinkwater. Hierdoor worden er geen gezondheidsrisico's verwacht. Het kan wel voorkomen dat de concentraties in grondwater voldoende laag zijn om het grondwater als drinkwater te gebruiken, maar dat de concentraties onvoldoende zijn voor de ecologische bescherming van dat grondwater.

Ondanks dat er op de locatie in Perkpolder sprake is van een brak tot zoute kwelsituatie, is het grondwater uit voorzorg getoetst aan referentiewaarde voor landbouwkundig gebruik. De concentratie arseen in grondwater overschrijden de referentiewaarde voor sproeiwater. Dat

geldt ook voor lood en sulfaat. Voor deze stoffen wordt ook de referentiewaarde voor veedrenking overschreden. Het grondwater was dus ten tijde van de bemonsteringen ongeschikt als sproeiwater of drinkwater voor vee.

5.4.2 *Oppervlaktewater*

Het aantal beschikbare metingen in de bermsloot is nog beperkt tot drie meetrondes. Op basis van deze resultaten kan slechts indicatief een uitspraak worden gedaan over mogelijke risico's. Wel geven de resultaten aanleiding voor het voortzetten van de monitoring van het oppervlaktewater.

Zink en kwik overschrijden in de bermsloot de MKE en MAC-MKE voor oppervlaktewater. Beide normen kennen een ecologische onderbouwing, waardoor effecten op het aquatische ecosysteem kunnen optreden.

Ook de aangetroffen concentraties sulfaat zijn verhoogd in het oppervlaktewater. Hoewel er geen eenduidige toetsnorm voor sulfaat bestaat, liggen de concentraties ruim boven de gerapporteerde concentraties voor secundaire effecten zoals sulfide vorming en eutrofiëring in oppervlaktewater.

Met betrekking tot het gebruik van oppervlaktewater voor drenking van vee wordt geconcludeerd dat de concentraties sulfaat risico's vormen voor dierenwelzijn. De bermsloot kenmerkt zich echter als brak water kwelsloot en zal daarom waarschijnlijk niet gebruikt worden als drinkwater voor vee.

5.4.3 *Uitloging*

Met betrekking tot de uitloging van stoffen uit de dijk naar bodem en grondwater kan worden geconcludeerd dat de stoffen waarvoor normen bestaan voldoen aan de gestelde Maximale Emissiewaarden voor grootschalige bodemtoepassingen uitgaande van de beschikbare analysegegevens. Wegens het ontbreken van een Maximale Emissiewaarde voor grootschalige bodemtoepassingen voor barium, seleen, bromide, chloride fluoride en sulfaat is aanvullend getoetst aan de Maximale Emissiewaarden voor niet-vormgegeven bouwstoffen. Ook hierbij worden geen overschrijdingen geconstateerd, indien uitgegaan wordt van contact met een brak watersysteem in Perkpolder. Zou de TGG getoetst worden zonder rekening te houden met het ontvangende grondwatersysteem, dan blijkt dat de uitloging van bromide te hoog is en dat de uitloging van chloride en sulfaat licht verhoogd is. Dit geeft een indicatie dat ongewenste uitloging van deze en andere stoffen in de toekomst kan optreden en dat een verdere monitoring van grond- en oppervlaktewater noodzakelijk is.

6 Conclusies en aanbevelingen

In dit hoofdstuk worden per onderzoeksvraag de conclusies samengevat, uitgaande van een tweetal meetrondes in de periode oktober - december 2017. Na de conclusies volgen enkele aanbevelingen.

6.1 Conclusies

6.1.1 *Welke regelgeving en normen zijn van toepassing op thermisch gereinigde grond en op het werken met thermisch gereinigde grond?* Uitgaande van de volgende zinsnede in de Nota van Toelichting op het Besluit bodemkwaliteit, wordt TGG beoordeeld conform het bodemkwaliteitskader. *"Gereinigde grond betreft grond die wordt ontdaan van zijn verontreinigingen en is na die behandeling uiteraard gewoon nog grond"* (Staatsblad, 2007).

De kwaliteit van de TGG moet bij aanbrengen voldoen aan het Besluit bodemkwaliteit en de Regeling bodemkwaliteit. Meer specifiek moet er tenminste worden voldaan aan de Maximale Waarde Industrie en de Emissietoetswaarde voor grootschalige toepassing. Voor Perkpolder heeft het bevoegde gezag ook lokaal beleid opgesteld. Hierin wordt gesteld dat de toepassingseis kwaliteitsklasse Achtergrondwaarde betreft. In het geval van Perkpolder heeft dit betrekking op de kwaliteit van de leeflaag.

Het grondwater dient te voldoen aan de drempelwaarden uit de Grondwaterrichtlijn en het oppervlaktewater moet voldoen aan de milieukwaliteitseisen uit de kaderrichtlijn water. Beide zijn opgenomen in het Besluit kwaliteitseisen en monitoring water (BKMW 2009).

Vanuit risico-oogpunt is de TGG aanvullend getoetst aan de geldende Interventiewaarden bodem uit de Circulaire bodemsanering 2013, de drinkwaternorm en de meest recente voorstellen voor humane of ecologische risicogrenswaarden. Dit is gedaan om te toetsen of er na toepassing sprake kan zijn van een geval van ernstige bodemverontreiniging.

Het grondwater is aanvullend getoetst aan de Interventiewaarden voor grondwater en bij overschrijdingen ook aan nieuwe voorstellen voor risicogrenswaarden en de drinkwaternorm, om verdere duiding te geven aan de risico's.

Zowel bodem, grondwater als oppervlaktewater zijn getoetst aan referentiewaarden voor landbouw. Voor bodem zijn dit de LAC-waarden voor beweid grasland. Het grondwater en oppervlaktewater zijn vergeleken met de referentiewaarden voor sproeiwater en water voor veedrenking. De toetsing voor landbouwkundig gebruik is niet verplicht vanuit wet- en regelgeving.

6.1.2 *Wat is de statistische verdeling van de gemeten stoffen in het dijklichaam?*

Het RIVM heeft gebruik gemaakt van de analyseresultaten zoals deze door Deltares zijn aangeleverd. Het aantal monsters was te laag om voldoende onderbouwde uitspraken te kunnen doen over variatie van aangetroffen stoffen binnen bodemtypen en de TGG. Op basis van het aantal monsters is het niet mogelijk om een statisch onderbouwde uitspraak te doen of de TGG uit verschillende partijen bestaat. Eveneens kan op basis van de meetgegevens geen uitspraak worden gedaan of de concentraties zoals aangetroffen in het grondwater en oppervlaktewater afkomstig zijn uit de TGG.

Wel kan op basis van de genomen monsters worden geconcludeerd dat de concentraties in de TGG afwijken van de natuurlijke concentraties aan stoffen in de bodem in het gebied. Dit is zowel voor metalen als anorganische en organische stoffen het geval.

Opvallend is dat in diverse monsters één of meerdere vluchtige organische verontreinigingen worden aangetroffen tot boven de kwaliteitseis industrie (zoals toluene en minerale olie (som C10-C40)). Gezien de thermische behandeling worden deze verontreinigingen niet verwacht in de TGG.

6.1.3 *Wat waren, tijdens het aanbrengen en na beëindiging van het werk, de gezondheidsrisico's van thermisch gereinigde grond voor omwonenden?*

Met betrekking tot eventuele gezondheidsrisico's voor omwonenden tijdens het aanbrengen van de TGG in de dijk (ten tijde van de uitvoering van de werkzaamheden) kan worden geconcludeerd dat:

- de gezondheidsrisico's voor volwassenen en kinderen door de blootstelling aan verontreinigingen in de TGG, verwaarloosbaar zijn. Gezondheidsrisico's als gevolg van deze verontreinigingen kunnen dan ook worden uitgesloten;
- de gezondheidsrisico's voor volwassenen en kinderen als gevolg van de hoge pH van de TGG laag zijn. De beoordeling is gedaan op basis van een toetsing aan een norm voor werknemers voor $\text{CaO}/\text{Ca}(\text{OH})_2$. Ten tijde van blootstelling aan het TGG-stof kan er sprake zijn geweest van kortdurende irritatie die geen blijvend effect veroorzaakt;
- het op basis van de beschikbare informatie, niet mogelijk is om de hoeveelheid stof ten tijde van de werkzaamheden te voorspellen en daarmee de gezondheidseffecten van fijnstof te kwantificeren. Wel is bekend dat bij blootstelling aan fijnstof ook beneden de huidige grenswaarden gezondheidseffecten kunnen optreden en dat er sprake was van verhoogde stofconcentraties tijdens de werkzaamheden. Hiermee kunnen (tijdelijke) gezondheidseffecten als gevolg van de werkzaamheden niet worden uitgesloten.

Met betrekking tot eventuele gezondheidsrisico's voor omwonenden na afronding van de werkzaamheden kan worden geconcludeerd dat:

- de dijk na afronding van de werkzaamheden is afgedekt met een leeflaag welke voldoet aan de gebruiksklasse Industrie. Hiermee is direct contact met de TGG onmogelijk. Ook verwaaiing van de

TGG is, door de leeflaag, uitgesloten. Daardoor is er geen blootstelling aan de TGG meer mogelijk en zijn er geen risico's;

- de effecten van de hoge pH voor de lange termijn verwaarloosbaar zijn.

6.1.4 *Wat waren, tijdens het aanbrengen en na beëindiging van het werk van thermisch gereinigde grond, de risico's voor bodem, grondwater en oppervlaktewater?*

Bodem

In de TGG worden verhoogde concentraties (groter dan Maximale Waarde Industrie) toluene, minerale olie (som C10-C40) chroom en nikkel aangetroffen. Daarnaast voldoet de TGG voor benzeen en enkele bestrijdingsmiddelen (alfa- en beta-HCH en som drins) aan de kwaliteitsklasse industrie. De pH van de TGG is hoger dan de pH in de meeste Nederlandse bodems, en verschilt van de omliggende bodems in Perkpolder. Op basis hiervan kunnen effecten op de ecologie (zoals sterfte van organismen en verstoring van bodemprocessen) optreden. De uitkomsten van een indicatieve toxische druk (TD)-beoordeling, bevestigen dit beeld.

Er worden ook verhoogde concentraties barium en sulfaat (beide niet-genormeerde stoffen) in de TGG aangetroffen. De toetsing wijst uit dat voor beide stoffen, effecten op de ecologie kunnen geven bij langdurig contact of uitloging naar oppervlaktewater.

Grondwater

In grondwater onder de dijk overschrijden de concentraties barium, lood, kwik en PAK 10 de Interventiewaarde. Omdat de gehanteerde Interventiewaarden uit de jaren negentig stammen en aan herziening toe zijn, is verdere duiding gegeven aan de hand van drinkwaternormen en voorstellen voor nieuwe risicogrenzen (Lijzen et al., 2001 en Brand et al., 2012). Hieruit blijkt dat alleen lood de drinkwaternorm overschrijdt. De overschrijding voor lood is slechts indicatief omdat de benodigde wachtperiode tussen de plaatsing van een peilbuis en de monsternamen niet is aangehouden. Bovendien vindt er in het gebied van de dijk geen winning van grondwater plaats voor de consumptie van drinkwater. Hierdoor zijn gezondheidseffecten als gevolg van consumptie uitgesloten.

Bij toetsing van het grondwater aan de drempelwaarden uit de BKMW, blijken arseen, nikkel en lood niet te voldoen aan drempelwaarden. Deze kennen respectievelijk een humane (arsen en nikkel) en ecologische onderbouwing (lood). Omdat er in Perkpolder geen grondwater wordt gebruikt als drinkwater is er geen sprake van een humaan risico wel kunnen er ecologische effecten optreden.

Oppervlaktewater

De beoordeling van het oppervlaktewater is gebaseerd op één monsterpunt welke driemaal bemonsterd is. Op basis van deze resultaten kan slechts indicatief een uitspraak worden gedaan over mogelijke risico's. Wel geven de resultaten aanleiding tot het voortzetten van de monitoring van het oppervlaktewater.

Zink en kwik overschrijden in de bermsloot de Milieukwaliteitseisen (MKE) en Maximaal Aanvaardbare Concentratie (MAC-MKE) voor oppervlaktewater. Er kan dus sprake zijn van effecten op het aquatische ecosysteem. Ook de aangetroffen concentraties sulfaat in het oppervlaktewater zijn verhoogd. Hoewel er geen wettelijke toetsnorm voor sulfaat bestaat, liggen de concentraties ruim boven de gerapporteerde concentraties voor secundaire effecten zoals sulfide vorming en eutrofiëring van het oppervlaktewater.

Uitloging

Op basis van de beschikbare analysegegevens en de beschikbare Maximale Emissiewaarden voor grootschalige bodemtoepassingen voldoen de stoffen in de TGG aan de gestelde eisen. Wegens het ontbreken van een Maximale Emissiewaarde is voor de volgende stoffen aanvullend getoetst aan de Maximale Emissiewaarden voor niet-vormgegeven bouwstoffen, barium, seleen, bromide, chloride, fluoride en sulfaat. Ook hierbij worden geen overschrijdingen geconstateerd als uitgegaan wordt van contact met een brak watersysteem in Perkpolder. Zou de TGG getoetst worden zonder rekening te houden met het ontvangende grondwatersysteem, dan blijkt dat de uitloging van bromide te hoog is en dat de uitloging van chloride en sulfaat licht verhoogd is. Dit geeft een indicatie dat ongewenste uitloging van deze en andere stoffen in de toekomst kan optreden en dat een verdere monitoring van grond- en oppervlaktewater noodzakelijk is.

6.1.5 Wat zijn, na beëindiging van het werk, de gevolgen voor landbouwkundig gebruik van de dijk, zoals beweiding door vee? Bodem

De kwaliteit van de TGG zelf is onvoldoende voor het beweiden door vee. Door de leeflaag is het echter onwaarschijnlijk dat het vee of gewassen (gras wat gebruikt kan worden als veevoeder) in direct contact komen met de TGG.

De toetsing van de leeflaag voor landbouwkundig gebruik is zeer beperkt omdat de uitspraak gebaseerd is op slechts één monsterpunt in de leeflaag van de dijk. Op basis van dit meetpunt voldoet de kwaliteit van de leeflaag voor landbouwkundig gebruik en als beweide grasland. Echter om deze conclusie verder te staven is aanvullend onderzoek van de leeflaag over de gehele lengte van de dijk noodzakelijk.

Grondwater

In Perkpolder is sprake van een overwegend brak tot zout kwelwatersysteem. Hierdoor is het grondwater minder geschikt voor landbouwkundig gebruik. Voor de volledigheid zijn de concentraties in het grondwater toch vergeleken met de referentiewaarden landbouwkundig gebruik.

De concentraties arseen in grondwater geven een overschrijding van de referentiewaarde voor sproeiwater. Lood en sulfaat geven ook een overschrijding van de referentiewaarde voor veedrenking. Hiervoor kan geconcludeerd worden dat het grondwater ten tijde van de bemonsteringen ongeschikt was als sproeiwater of drinkwater voor vee.

Oppervlaktewater

De concentraties sulfaat in het oppervlaktewater vormen risico's voor dierenwelzijn als het water voor de drenking van vee wordt gebruikt. Dit zal echter gezien het brak tot zoute kwelwatersysteem in de bermsloot beperkt het geval zijn.

6.2 Aanbevelingen

6.2.1 Aanvullend onderzoek

Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van de analysegegevens zoals deze tot op het moment van schrijven beschikbaar waren (periode oktober 2017 – december 2017).

Op basis van deze resultaten kan een uitspraak worden gedaan over de mogelijke risico's voor de gezondheid, ecologie en landbouw (indicatief). Echter vooral voor de beoordeling van de samenstelling van de dijk (hoofdstuk 3), risico's voor landbouw gerelateerd gebruik, kwaliteit van het oppervlaktewater en de mate van uitloging (hoofdstuk 5) zijn meer meetpunten noodzakelijk om een meer gefundeerde uitspraak te kunnen doen.

Echter met betrekking tot de samenstelling van de dijk en het gebruik voor landbouwdoeleinden en uitloging is een monstername over de gehele lengte van de dijk noodzakelijk en over een langere periode. Voor de samenstelling gaat het dan met name om de TGG, voor de landbouwactiviteiten gaat het voornamelijk om de kwaliteit van de leeflaag. Voor de beoordeling van de kwaliteit van het oppervlaktewater, de ecologische risico's en de mate van uitloging wordt geadviseerd het reeds geplande monitoringsprogramma langdurig voort te zetten. Daarmee kan voor de langere termijn worden beoordeeld of er sprake is van een toename of afname van stofconcentraties. Zodat indien nodig een handelingskader kan worden opgesteld om verspreiding te voorkomen. Als tracer voor de uitloging kan gebruik worden gemaakt van de stof bromide. Deze heeft namelijk een verhoogde concentratie in de TGG en in het grondwater direct onder de dijk. Bovendien is deze stof mobiel en daarmee één van de eerste stoffen die zal uitlogen.

6.2.2 Omwonenden en toekomstige werkzaamheden

Uit de interviews met omwonenden is gebleken dat men vooral ontevreden was over de mate van overlast, de informatievoorziening en de communicatie rondom de werkzaamheden. Gezien de specifieke zorgen die er heersen in Perkpolder en de ervaren overlast door direct omwonenden, wordt aanbevolen om in de verdere besluitvorming de omwonenden te betrekken en hun mening mee te wegen in het eindoordeel.

Bij toekomstige werkzaamheden met de TGG moeten maatregelen worden getroffen om verwaaiing van de TGG te minimaliseren. Dit zou neerkomen op het gebruik van afsluitbare kiepwagens, overdekte transportbanden, het afstemmen van de werkzaamheden op de weersomstandigheden en de toe- en afvoerwegen naar het gebied nat houden. Ook wordt geadviseerd om uit voorzorg stofmetingen te verrichten indien de werkzaamheden in bewoond gebied plaatsvinden.

6.2.3 *Gebruiksbeperking en leeflaag*

De kwaliteit van het grondwater en het oppervlaktewater gecombineerd met het brak kwelwatersysteem beperkt het landbouwkundig gebruik (veedrenking) grotendeels. Het wordt wel ontraden om zoet grondwater in de directe nabijheid van de dijk te onttrekken voor deze doeleinden. Zolang er sprake is van geen of beperkte uitloging kan het grondwater op grotere afstand (enkele tientallen meters) van de dijk (na een reguliere kwaliteitscontrole) wel gebruikt worden voor veedrenking. De kwaliteit van de TGG voldoet niet aan alle voorwaarden zoals die gesteld worden in de Regeling bodemkwaliteit. Echter zolang de leeflaag in voldoende mate (minimale dikte van 0,5 meter) in stand wordt gehouden is er geen blootstelling en zijn er geen gezondheidsrisico's te verwachten. Eerder werd al geadviseerd om aanvullende monsters van de leeflaag te nemen om te controleren of deze over de gehele lengte voldoet aan de gestelde kwaliteitseisen in het kader van toepassing in grootschalige toepassingen en voor landbouwkundig gebruik.

Referenties

- Besluit bodemkwaliteit, 2018. <http://wetten.overheid.nl/BWBR0022929/2016-05-24#> (geraadpleegd op 13-02-2018).
- Besluit kwaliteitseisen en monitoring water 2009. Geldend van 01-01-2017 t/m heden. <http://wetten.overheid.nl/BWBR0027061/2017-01-01>(geraadpleegd op 26-02-2018)
- Bodem+ (NN). Handreiking Besluit bodemkwaliteit. Senter Novem/Bodem+.
- Brand, E., Otte, P.F., Lijzen, J.P.A. (2007). CSOIL 2000: an exposure model for human risk assessment of soil contamination. A model description. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven, Nederland. RIVM-rapport 711701054.
- Brand, E., Baars, A.J., Verbruggen, E.M.J., Lijzen, J.P.A. (2008). Afleiding van milieurisicogrenzen voor sulfaat in oppervlaktewater, grondwater, bodem en waterbodem. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven, Nederland. RIVM-rapport 711701069.
- Brand, E., Bogte, J., Baars, B.J., Janssen, P., Tiesjema, G., van Herwijnen, R., Van Vlaardingen, P., Verbruggen, E. (2012). Proposal for Intervention Values soil and groundwater for the 2nd, 3rd and 4th series of compounds. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven, Nederland. RIVM-rapport 607711006.
- Buijsman, E., Cassee, F.R., Fischer, P.H., Hoogerbrugge, R., Maas, R.J.M., Van der Swaluw, E., Van Zanten, M.C. (2013). RIVM-dossier 'Fijnstof', hoofdstuk 1, 'Stof: hoe en wat'. [https://www.rivm.nl/Documenten_en_publicaties/Algemeen Actueel/Uitgaven/Milieu Leefomgeving/Dossier Fijn stof/Maart 2013/Stof hoe en wat.pdf](https://www.rivm.nl/Documenten_en_publicaties/Algemeen_Actueel/Uitgaven/Milieu_Leefomgeving/Dossier_Fijn_stof/Maart_2013/Stof_hoe_en_wat.pdf) (geraadpleegd op 06-03-2018).
- Circulaire bodemsanering. Geldend van 01-07-2013 tot heden. <http://wetten.overheid.nl/BWBR0033592/2013-07-01> (geraadpleegd op 20-03-2018).
- De Nijs, A.C.M., Verweij, W., Buis, E., Janssen, G., (2011). Methodiekontwikkeling Drempelwaarden Grondwater. Achtergrondconcentraties en Attenuatie- en Verdunningsfactoren. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven, Nederland. RIVM-rapport 607402003.
- Drinkwaterbesluit (2011). Besluit van 23 mei 2011, houdende bepalingen inzake de productie en distributie van drinkwater en de organisatie van de openbare drinkwatervoorziening (Drinkwaterbesluit). Staatsblad 2011/293.
- Drinkwaterwet (2009). Wet van 18 juli 2009, houdende nieuwe bepalingen met betrekking tot de productie en distributie van drinkwater en de organisatie van de openbare drinkwatervoorziening (Drinkwaterwet). http://wetten.overheid.nl/BWBR0026338/geldigheidsdatum_11-11-2015 (geraadpleegd op 02-03-2018).
- Dusseldorp, A., Otte, P.F., Lijzen, J.P.A., Versteegh, J.F.M. (2007). Advies gebruik grondwater onder zinkassen in de Kempen: Quicksan. Actualisatie advies mei 2005. Rijksinstituut voor

- Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven, Nederland. RIVM-rapport 609023011.
- Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn (ICBR) (2009). Afleiding van milieukwaliteitsnormen voor Rijnrelevante stoffen - juli 2009. Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn (ICBR) Kaiserin-Augusta-Anlagen 15, 56068 Koblenz, Duitsland. Rapportnummer 164. ISBN 3-935324-72-3.
- Kabata-Pendias, A., Pendias, H. (1992). Trace elements in soils and plants, 2nd Ed. CRC Press, Boca Raton, Florida, VS.
- Korczyk, M., Fudala, J., Kliś, C., (2009). Estimation of wind blown dust emissions in Europe and its vicinity. Atmospheric Environment 43 (2009) 1410–1420.
- Lijzen, J.P.A., Baars, A.J., Otte, P.F., Rikken, M.G.J., Swartjes, F.A., Verbruggen, E.M.J., Van Wezel, A.P. (2001). Technical evaluation of the Intervention Values for Soil/sediment and Groundwater. Human and ecotoxicological risk assessment and derivation of risk limits for soil, aquatic sediment and groundwater. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven, Nederland. RIVM-rapport 711701023.
- Lin, C., Yeh, J. (2007). Estimating dust emission from a sandbank on the downstream Jhuoshuei River under strong wind conditions. Atmospheric Environment 41 (2007) 7553–7561.
- Marmos bodemmanagement, (2015). Nota bodembeheer voor de landbodem van Zeeuwsch Vlaanderen. 2^{de} Herziening. <https://www.zeeuwsbodemvenster.nl/sites/zl-bodemvenster/files/notabodembeheer-zeeuws-vlaanderen-23-12-2015-hoofdttekst.pdf> (geraadpleegd op 19-04-2018).
- Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, (1991). LAC – signaalwaarden. <http://edepot.wur.nl/167289> (geraadpleegd op 19-04-2018).
- Ministerie Verkeer en Waterstaat, (1998). Vierde nota waterhuishouding regeringsbeslissing. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag, Nederland.
- Post, W.J., Venmans, A.A.M., Harkes, M.P., Van der Star, W.R.L. (2016). Analyse TGG Perkpolder. Eindrapport. Deltares, Delft, Nederland. Kenmerk 1220438-000-GEO-0012-jvm.
- Regeling bodemkwaliteit, 2018. <http://wetten.overheid.nl/BWBR0023085/2017-02-01> (geraadpleegd op 13-02-2018).
- Romkens, P.F.A.M., Groenenberg, J.E., Rietra, R.P.J.J., De Vries, W. (2007). Onderbouwing LAC-2006 waarden en overzicht van bodem-plantrelaties ten behoeve van de Risicotoolbox. Een overzicht van gebruikte data en toegepaste methoden. Alterra, Wageningen, Nederland. Alterra-rapport 1442.
- Rietra, R.P.J.J. en Harmsen, J. (2005). Geochemie van molybdeen in relatie tot (water)bodemkwaliteit, gewaskwaliteit en diergezondheid. Wageningen, Alterra, Nederland. Alterra-rapport 1281. 25 blz.; 1 tab.; 35 ref.
- Rutgers, M., Tuinstra, J., Spijker, J., Mesman, M., Wintersen, A., Posthuma, L. (2008). Risico's voor het ecosysteem in stap twee van het Saneringscriterium. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven, Nederland. RIVM-rapport 711701072.
- Rutgers, M., Dirven-Van Breemen, L., eds. (2012). Een gezonde bodem onder een duurzame samenleving. Rijksinstituut voor

- Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven, Nederland. RIVM-rapport 607406001.
- SCOEL (2008). Recommendation from the Scientific Committee on Occupational Exposure Limits for Calcium oxide (CaO) and calcium hydroxide (Ca(OH)₂). European Scientific Committee on Occupational Exposure Limits. <http://www.ser.nl/documents/43945.pdf> (geraadpleegd op 15-03-2018).
- SGS Intron. (2017). NL BSB® productcertificaat, nr. GR-052/7. SGS INTRON Certificatie B.V., Culemborg, Nederland. <http://www.atm.nl/web/Compliance/Kwaliteit.htm> (geraadpleegd op 20-03-2018)
- Staatsblad 469, 2007. Besluit van 22 november 2007, houdende regels inzake de kwaliteit van de bodem. <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stb-2007-469.html> (geraadpleegd op 20-04-2018)
- Twisk, W., De Zeeuw, A.C. (2008) Veedrenkingsonderzoek Krimpenerwaard.
- US EPA (2011). Exposure Factors Handbook (2011 Edition). Update (2017) for Chapter 5 of the Exposure Factors Handbook: Soil and Dust Ingestion. US EPA, United States. <https://cfpub.epa.gov/ncea/efp/recordisplay.cfm?deid=337521> (geraadpleegd op 05-02-2018)
- Van Meurs, G., Van der Star, W. (2018). Management-samenvatting milieukundigonderzoek TGG Perkpolder. Deltares, Delft, Nederland. Kenmerk: 11200482-000-GEO-0010
- Verschoor, A.J., Lijzen, J.P.A., Van den Broek, H.H., Cleven, R.F.M.J., Comans, R.N.J., Dijkstra, J.J., Vermij, P.H.M. (2006). Kritische emissiewaarden voor bouwstoffen. Milieuhygiënische onderbouwing en consequenties voor bouwmaterialen. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven, Nederland. RIVM-rapportnummer 711701043.
- Verbruggen, E.M.J., Van Herwijnen, R., Smit, C.E. (2015). Derivation of a water-based quality standard for secondary poisoning of mercury. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven, Nederland. RIVM-briefrapport 2015-0058.
- Van den Berg, R., en Roels, J. (1991). Beoordeling van risico's voor mens en milieu bij blootstelling aan bodemverontreiniging; Integratie van deelaspecten. RIVM-rapport 725201007, september 1991, RIVM, Bilthoven.
- Van der Kaap J.W. (2017). Geotechnisch laboratoriumonderzoek. Geotechnisch onderzoek TGG te Perkpolder. Wiertsema & Partners, Tolbert, Nederland. Projectnummer: VN-69657-1
- Van der Star, W., en Van der Ruyt, M. (in prep). Grond- en grondwateronderzoek dijkversterking Perkpolder. Eerste feitelijke rapportage. Deltares, Delft, Nederland. Kenmerk: 11200482-000
- Wezenbeek J. (2008). NOBO: Normstelling en bodemkwaliteitsbeoordeling. Onderbouwing en beleidsmatige keuzes voor de bodemnormen in 2005, 2006 en 2007. Ministerie van VROM, Den Haag, Nederland. <https://www.bodemplus.nl/onderwerpen/wet-regelgeving/bbk/instrumenten/nobo/> (geraadpleegd op 27-02-2018).
- Zuurbier, M., Van Buggenum, S., Burghgraef, F., Dijkema, M., Fischer, P., Van den Hout, K., Meijerink, M., Van Brederode, N.E. (2012). GGD-richtlijn medische milieukunde. Smog en gezondheid.

Rijksinstituut voor volksgezondheid en milieu (RIVM), Bilthoven,
Nederland. RIVM-rapport 609400006.

Bijlage 1: Resultaten CSOIL model

Scenario gemiddeld

naam gebruiker model	Gebruiker CSOIL	datum versie	26 februari 2010 1.0
bestandsnaam	C:\Users\Jet\Documents\Mijn Projecten\RIVM\CSoil 1.0 28-11-2008.xls		
naam locatie	TGG Perkpolder		
monsternummer	aandachtsstoffen		
Bodemgebruik	wonen met tuin		
opmerkingen	Scenario gemiddeld		
receptor	levenslang gemiddeld		

LOCATIE SPECIFIEKE GEGEVENS

beschrijving	waarde	eenheid
lutum gehalte	25,00	[%]
organisch stofgehalte	10,00	[%]
pH	6,00	[-]
bulkdichtheid droge grond	1,20	[kg/m ³]
volumewater fractie in bodem	0,30	[-]
volumelucht fractie in bodem	0,20	[-]
diepte verontreiniging t.o.v maaiveld	1,25	[m]
diepte kruipruimte t.o.v. maaiveld	0,50	[m]
hoogte kruipruimte	0,50	[m]
ventilatievoud kruipruimte	1,10	[1/h]
bijdrage kruipruimte lucht aan binnenlucht (fractie)	0,10	fraction

hoeveelheid grond deeltjes in lucht (binnen)	7,00E-02	[mg.m-3]
hoeveelheid grond deeltjes in lucht (buiten)	5,25E-02	[mg.m-3]

SRC HUMAAN, RISICO INDICES EN BLOOTSTELLINGSCONCENTRATIES

contaminant	bodemgehalte (mg/kg ds)	risicogrens bodem	risico index blootst / mtr	MTR (mg/kg bw.day)	TCL (mg/m3)	C binnenlucht (mg/m3)
barium	2,62E+02	n.v.t.	0,02	2,00E-02	0,00E+00	0,00E+00
cadmium	9,70E-01	n.v.t.	0,00	5,00E-04	0,00E+00	0,00E+00
chromium (III)	7,00E+01	n.v.t.	0,02	5,00E-03	6,00E-02	0,00E+00
nickel	4,60E+01	n.v.t.	0,03	5,00E-02	5,00E-05	0,00E+00
benzene	2,10E-01	n.v.t.	0,00	3,30E-03	2,00E-02	3,71E-03
toluene	9,80E-01	n.v.t.	0,00	2,23E-01	4,00E-01	1,26E-02
a-HCH	2,20E-03	n.v.t.	0,00	1,00E-03	2,50E-04	2,28E-08
b-HCH	4,80E-03	n.v.t.	0,00	2,00E-05	0,00E+00	4,48E-08
dieldrin	8,80E-03	n.v.t.	0,00	1,00E-04	3,50E-04	1,20E-10
endrin	8,80E-03	n.v.t.	0,00	2,00E-04	7,00E-04	3,58E-11
aromatic > EC12- EC16	2,42E+02	n.v.t.	0,01	4,00E-02	2,00E-01	1,60E-02
aromatic > EC16- EC21	2,42E+02	n.v.t.	0,01	3,00E-02	0,00E+00	3,29E-03
aldrin	8,80E-03	n.v.t.	0,00	1,00E-04	3,50E-04	1,24E-07

Combitox:	drins	2,96E-04
Combitox:	mineral oil	1,90E-02
Combitox:	HCH	3,27E-04

**BIJDRAGE (IN %) VAN DE VERSCHILLENDE ROUTES AAN DE TOTALE
BLOOTSTELLING**

contaminant	ingestie grond	dermale opname binnen grond	dermale opname buiten grond	inhalatie grond	inhalatie binnenlucht	inhalatie buitenlucht	inhalatie consumptie gewas eigen tuin	consumptie drinkwater	inhalatie damp douchen	dermale opname baden
barium	99,2%	0,0%	0,0%	0,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
cadmium	99,2%	0,0%	0,0%	0,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
chromium (III)	99,2%	0,0%	0,0%	0,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
nickel	99,2%	0,0%	0,0%	0,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
benzene	90,8%	0,6%	7,9%	0,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
toluene	90,8%	0,6%	7,9%	0,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
a-HCH	90,8%	0,6%	7,9%	0,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
b-HCH	90,8%	0,6%	7,9%	0,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
dieldrin	90,8%	0,6%	7,9%	0,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
endrin	90,8%	0,6%	7,9%	0,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
aromatic > EC12- EC16	90,8%	0,6%	7,9%	0,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
aromatic > EC16- EC21	90,8%	0,6%	7,9%	0,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
aldrin	90,8%	0,6%	7,9%	0,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Scenario hoog

naam gebruiker model	Gebruiker CSOIL	datum versie	26 feb 2018 1.0
bestandsnaam	C:\Users\Jet\Documents\Mijn Projecten\RIVM\CSoil 1.0 28-11-2008.xls		
naam locatie	TGG Perkpolder		
monsternummer	aandachtsstoffen		
Bodemgebruik	wonen met tuin		
opmerkingen	Scenario hoog		
receptor	levenslang gemiddeld		

LOCATIE SPECIFIEKE GEGEVENS

beschrijving	waarde	eenheid
lutum gehalte	25,00	[%]
organisch stofgehalte	10,00	[%]
pH	6,00	[-]
bulkdichtheid droge grond	1,20	[kg/m ³]
volumen vaste fractie in bodem	0,50	[-]
volumen water fractie in bodem	0,30	[-]
volumen lucht fractie in bodem	0,20	[-]
diepte verontreiniging t.o.v. maaiveld	1,25	[m]
diepte kruipruimte t.o.v. maaiveld	0,50	[m]
hoogte kruipruimte	0,50	[m]
ventilatievoud kruipruimte	1,10	[1/h]
bijdrage kruipruimte licht aan binnenlucht (fractie)	0,10	fractie
hoeveelheid grond deeltjes in lucht (binnen)	7,00E-02	[mg.m ⁻³]
hoeveelheid grond deeltjes in lucht (buiten)	7,00E-02	[mg.m ⁻³]

SRC HUMAAN, RISICO INDICES EN BLOOTSTELLINGSCONCENTRATIES

contaminant	bodemgehalte (mg/kg ds)	risicogrens bodem	risico index blootst / mtr	MTR (mg/kg bw.day)	TCL (mg/m3)	C binnenlucht (mg/m3)
barium	5,50E+02	n.v.t.	0,03	2,00E-02	0,00E+00	0,00E+00
cadmium	2,46E+00	n.v.t.	0,01	5,00E-04	0,00E+00	0,00E+00
chromium (III)	1,30E+02	n.v.t.	0,03	5,00E-03	6,00E-02	0,00E+00
nickel	8,90E+01	n.v.t.	0,08	5,00E-02	5,00E-05	0,00E+00
benzene	2,40E-01	n.v.t.	0,00	3,30E-03	2,00E-02	4,24E-03
toluene	9,80E-01	n.v.t.	0,00	2,23E-01	4,00E-01	1,26E-02
a-HCH	7,00E-03	n.v.t.	0,00	1,00E-03	2,50E-04	7,25E-08
b-HCH	1,60E-02	n.v.t.	0,00	2,00E-05	0,00E+00	1,49E-07
dieldrin	4,40E-02	n.v.t.	0,00	1,00E-04	3,50E-04	6,01E-10
endrin	4,40E-02	n.v.t.	0,00	2,00E-04	7,00E-04	1,79E-10
aromatic > EC12- EC16	4,52E+02	n.v.t.	0,02	4,00E-02	2,00E-01	2,98E-02
aromatic > EC16- EC21	4,52E+02	n.v.t.	0,02	3,00E-02	0,00E+00	6,15E-03
aldrin	4,40E-02	n.v.t.	0,00	1,00E-04	3,50E-04	6,20E-07
Combitorx: Combitorx: Combitorx:	drins mineral oil HCH		1,49E-03 3,56E-02 1,09E-03			

BIJDRAGE (IN %) VAN DE VERSCHILLENDE ROUTES AAN DE TOTALE BLOOTSTELLING

contaminant	ingestie grond	dermale opname binnen grond	dermale opname buiten grond	inhalatie grond	inhalatie binnenlucht	inhalatie buitenlucht	consumptie gewas eigen tuin	consumptie drinkwater	inhalatie douchen	inhalatie damp opname baden	dermale opname baden
barium	99,0%	0,0%	0,0%	1,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
cadmium	99,0%	0,0%	0,0%	1,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
chromium (III)	99,0%	0,0%	0,0%	1,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
nickel	99,0%	0,0%	0,0%	1,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
benzene	90,6%	0,6%	7,9%	0,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
toluene	90,6%	0,6%	7,9%	0,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
a-HCH	90,6%	0,6%	7,9%	0,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
b-HCH	90,6%	0,6%	7,9%	0,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
dieldrin	90,6%	0,6%	7,9%	0,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
endrin	90,6%	0,6%	7,9%	0,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
aromatic > EC12- EC16	90,6%	0,6%	7,9%	0,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
aromatic > EC16- EC21	90,6%	0,6%	7,9%	0,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
aldrin	90,6%	0,6%	7,9%	0,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Scenario Worst-case

naam gebruiker	Gebruiker	datum	26 feb 2018
model	CSOIL		
bestandsnaam	C:\Users\Jet\Documents\Mijn Projecten\RIVM\CSoil 1.0 28-11-2008.xls		
naam locatie	TGG Perkpolder		
monsternummer	aandachtsstoffen		
Bodemgebruik	wonen met tuin		
opmerkingen	Scenario Worst-case		
receptor	levenslang gemiddeld		

LOCATIE SPECIFIEKE GEGEVENS

beschrijving	waarde	eenheid
lutum gehalte	25,00	[%]
organisch stofgehalte	10,00	[%]
pH	6,00	[-]
bulkdichtheid droge grond	1,20	[kg/m ³]
volumen vaste fractie in bodem	0,50	[-]
volumen water fractie in bodem	0,30	[-]
volumen lucht fractie in bodem	0,20	[-]
diepte verontreiniging t.o.v maaiveld	1,25	[m]
diepte kruipruimte t.o.v. maaiveld	0,50	[m]
hoogte kruipruimte	0,50	[m]
ventilatievoud kruipruimte	1,10	[1/h]
bijdrage kruipruimte lucht aan binnenlucht (fractie)	0,10	fractie
hoeveelheid grond deeltjes in lucht (binnen)	2,00E-01	[mg.m ⁻³]
hoeveelheid grond deeltjes in lucht (buiten)	2,00E-01	[mg.m ⁻³]

SRC HUMAAN, RISICO INDICES EN BLOOTSTELLINGSCONCENTRATIES

contaminant	bodemgehalte (mg/kg ds)	risicogrens bodem	risico index blootst / mtr	MTR (mg/kg bw.day)	TCL (mg/m3)	C binnenlucht (mg/m3)
barium	8,38E+02	n.v.t.	0,05	2,00E-02	0,00E+00	0,00E+00
cadmium	3,95E+00	n.v.t.	0,01	5,00E-04	0,00E+00	0,00E+00
chromium (III)	1,90E+02	n.v.t.	0,05	5,00E-03	6,00E-02	0,00E+00
nickel	1,32E+02	n.v.t.	0,31	5,00E-02	5,00E-05	0,00E+00
benzene	2,70E-01	n.v.t.	0,00	3,30E-03	2,00E-02	4,77E-03
toluene	7,22E+00	n.v.t.	0,00	2,23E-01	4,00E-01	9,31E-02
a-HCH	1,20E-02	n.v.t.	0,00	1,00E-03	2,50E-04	1,24E-07
b-HCH	2,70E-02	n.v.t.	0,00	2,00E-05	0,00E+00	2,52E-07
dieldrin	7,90E-02	n.v.t.	0,00	1,00E-04	3,50E-04	1,08E-09
endrin	7,90E-02	n.v.t.	0,00	2,00E-04	7,00E-04	3,21E-10
aromatic > EC12- EC16	6,62E+02	n.v.t.	0,02	4,00E-02	2,00E-01	4,37E-02
aromatic > EC16- EC21	6,62E+02	n.v.t.	0,03	3,00E-02	0,00E+00	6,80E-03
aldrin	7,90E-02	n.v.t.	0,00	1,00E-04	3,50E-04	1,11E-06
Combitox:	drins		2,71E-03			
Combitox:	mineral oil		5,29E-02			
Combitox:	HCH		1,88E-03			

**BIJDRAGE (IN %) VAN DE VERSCHILLENDE ROUTES AAN DE TOTALE
BLOOTSTELLING**

contaminant	ingestie grond	dermale opname binnen grond	dermale opname buiten grond	inhalatie grond	inhalatie binnenlucht	inhalatie buitenlucht	inhalatie consumptie gewas eigen tuin	consumptie drinkwater	inhalatie damp douchen	dermale opname baden
barium	97,2%	0,0%	0,0%	2,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
cadmium	97,2%	0,0%	0,0%	2,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
chromium (III)	97,2%	0,0%	0,0%	2,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
nickel	97,2%	0,0%	0,0%	2,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
benzene	89,1%	0,6%	7,7%	2,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
toluene	89,1%	0,6%	7,7%	2,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
a-HCH	89,1%	0,6%	7,7%	2,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
b-HCH	89,1%	0,6%	7,7%	2,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
dieldrin	89,1%	0,6%	7,7%	2,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
endrin	89,1%	0,6%	7,7%	2,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
aromatic >EC12- EC16	89,1%	0,6%	7,7%	2,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
aromatic >EC16- EC21	89,1%	0,6%	7,7%	2,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
aldrin	89,1%	0,6%	7,7%	2,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

RIVM

De zorg voor morgen begint vandaag