

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

RIVM rapport 2018-0063  
[redacted] et al.

Formatted: French (France)

Formatted: French (France)

VERTROUWELIJK

## 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.

[redacted], RIVM-DMG  
[redacted] RIVM-DMG, RIVM-DMG  
[redacted], RIVM-DMG  
[redacted], RIVM-DMG  
[redacted], RIVM-VSP  
[redacted] RIVM-DMG  
[redacted] RIVM-VLH  
[redacted], GGD Zeeland

Contact:

[redacted]

Centrum voor duurzaamheid, milieu en gezondheid

[redacted]@rivm.nl

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

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven

Nederland

[www.rivm.nl](http://www.rivm.nl)

Formatted: German (Germany)

## 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. Dit grondmateriaal wordt verhit om organische verontreinigende stoffen te verwijderen zodat het kan worden hergebruikt. Na een analyse van het toegepaste materiaal in Perkpolder blijkt dat er nog verontreinigingen in zitten die niet aan de kwaliteitseisen van de geldende bodemwetgeving voldoen. Deze stoffen hebben tijdens het aanbrengen van de TGG de aanleg van de dijk geen gezondheidsrisico's voor de mens veroorzaakt. Wel kan de hoge-lage zuurgraad van het materiaal na direct contact lichte irritaties van de huid veroorzaken. Deze klachten trekken weg als de blootstelling ophoudt.

Naast de blootstelling aan chemische stoffen zijn omwonenden tijdens de werkzaamheden blootgesteld aan fijn stof van thermisch gereinigde grond. Aangezien fijn stof bij alle concentraties gezondheidseffecten kan veroorzaken, kan dit door de blootstelling aan ingeademd stof tijdens de werkzaamheden zijn gebeurd.

Behalve naar gezondheidsrisico's is ook naar het effecten voor het milieu gekeken. Enkele De stofspecifieke 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 Het zijn het oppervlakte-water, grondwater en de grond zijn niet geschikt om te worden gebruikt voor het gebruik in de landbouw, bijvoorbeeld als drinkwater voor vee of als sproeiwater.

Dit blijkt uit onderzoek van het RIVM. Het is uitgevoerd in opdracht van Rijkswaterstaat nadat twijfel was ontstaan over de kwaliteit 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 in grond- en oppervlaktewater stijgen. Verder wordt aanbevolen om bij toekomstige werkzaamheden met thermisch gereinigde grond, de grond zo min mogelijk te laten verwaaien. Tevens wordt geadviseerd om moet de kleilaag die op de dijk is aangelegd om direct contact te voorkomen, in tact blijvende houden.

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

**Commented [E.V1]:** Op basis van een indicatief bodemonderzoek. harde conclusies zijn er nog niet zeker niet op basis van dit beperkte onderzoek.

**Commented [E.V2]:** Het is een hoge pH en een lage zuurgraad . foutief gewijzigd dus. pH12 is een hoge pH en een lage zuurgraad . pH 1 is een hoge zuurgraad en een lage pH

**Commented [E.V3]:** Geen goede wijzigingen

**Formatted:** Highlight

**Commented [E.V4]:** Is dit zo , oppervlaktewater controleren, gegevens zijn nog niet allemaal getoetst.

**Commented [E.V5]:** Basis hiervoor gelt op de grond ontbreekt .1 monster 1 de toplaag? En voldoet aan de LAC waarden

**Commented [E.V6]:** Dit is al een verplichting vanuit de GBT. is dus geen advies maar is wettelijk al verplicht

**Commented [E.V7]:** Wat is hier de basis voor ??de kleilaag is toch niet verontreinigd ,op basis van dit ene monster welke in industrie valt

## Synopsis

### **Risk assesment on the use of thermally cleaned soil in Perkpolder (Zeeland)**

Klik hier om uw tekst te typen

Keywords: thermally cleaned soil, [pHzuurgraad](#), Perkpolder risk  
assessment

VERTROUWELIJK

## Inhoudsopgave

### Samenvatting—8

<b>1</b>	<b>Inleiding en vraagstelling—<a href="#">1412</a></b>
1.1	Context en achtergrondinformatie— <a href="#">1412</a>
1.1.1	Vraagstelling— <a href="#">1412</a>
1.1.2	Wat is thermisch gereinigde grond?— <a href="#">1513</a>
1.2	Leeswijzer— <a href="#">1513</a>
<b>2</b>	<b>Verkenning regelgeving en normen—<a href="#">1614</a></b>
2.1	Bodem en grondwater— <a href="#">1614</a>
2.1.1	Zorgplicht— <a href="#">1614</a>
2.1.2	Circulaire Bodemsanering— <a href="#">1614</a>
2.1.3	Besluit bodemkwaliteit— <a href="#">1815</a>
2.1.4	Grondwaterrichtlijn— <a href="#">Error! Bookmark not defined.</a>
2.2	Besluit kwaliteitseisen en monitoring water (BKMW)— <a href="#">2119</a>
2.3	Drinkwaterwet— <a href="#">2119</a>
2.4	Landbouwkundig gebruik— <a href="#">2220</a>
2.4.1	LAC-waarden grond— <a href="#">2220</a>
2.4.2	Referentiewaarden voor veedrenking en sproeiwatersproeiwater— <a href="#">2220</a>
<b>3</b>	<b>Analyse thermisch gereinigde grond—<a href="#">2421</a></b>
3.1	Analyse meetresultaten— <a href="#">2421</a>
3.1.1	Overzicht en statistische verdeling— <a href="#">2421</a>
3.1.2	Organische stoffen— <a href="#">2924</a>
3.2	Selectie relevante stoffen op basis van normoverschrijding— <a href="#">3126</a>
3.2.1	Toetsing bodem— <a href="#">3226</a>
3.2.2	Toetsing grondwater— <a href="#">3730</a>
3.3	Niet genormeerde stoffen en parameters— <a href="#">3831</a>
3.3.1	Zuurgraad (pH)— <a href="#">3832</a>
3.3.2	Barium— <a href="#">3932</a>
3.3.3	Sulfaat— <a href="#">3933</a>
3.3.4	Bromide— <a href="#">4033</a>
3.3.5	Fluoride— <a href="#">4034</a>
3.4	Conclusie— <a href="#">4034</a>
<b>4</b>	<b>Beoordeling gezondheidsrisico's omwonenden—<a href="#">4235</a></b>
4.1	Blootstelling aan verontreinigingen in de TGG— <a href="#">4235</a>
4.1.1	Interviews met omwonenden— <a href="#">4235</a>
4.1.2	Conceptueel blootstellingsmodel— <a href="#">4336</a>
4.1.3	Modelinvoer— <a href="#">4538</a>
4.1.4	Resultaten blootstelling aan verontreinigingen in de TGG— <a href="#">4841</a>
4.2	Effecten als gevolg van een hoge pH-zuurgraad in de TGG— <a href="#">5043</a>
4.3	Blootstelling aan fijn stof— <a href="#">5245</a>
4.4	Conclusie gezondheidsrisico's omwonenden— <a href="#">5346</a>
4.4.1	Gezondheidsrisico's door blootstelling aan verontreinigingen in de TGG— <a href="#">5346</a>
4.4.2	Gezondheidsrisico's door blootstelling aan hoge pH— <a href="#">5346</a>
4.4.3	Gezondheidsrisico's door blootstelling fijn stof— <a href="#">5346</a>
<b>5</b>	<b>Beoordeling risico's bodem, grondwater en oppervlaktewater—<a href="#">5447</a></b>

5.1	Risico's bodem en grondwater— <a href="#">5447</a>
5.1.1	Niet genormeerde stoffen— <a href="#">5447</a>
5.1.2	Toxische druk bodem— <a href="#">5548</a>
5.1.3	Effecten <b>pHzuurgraad</b> op bodem— <a href="#">5749</a>
5.1.4	Toetsing waarden in grond aan LAC-waarden voor landbouwkundig gebruik— <a href="#">5750</a>
5.1.5	Beoordeling grondwater— <a href="#">5952</a>
5.1.6	Toetsing grondwater aan referentiewaarden voor landbouwkundig gebruik— <a href="#">6558</a>
5.2	Risico's oppervlaktewater— <a href="#">6759</a>
5.2.1	Toets aan normen BKMW— <a href="#">6759</a>
5.2.2	Toets aan referentiewaarden voor veedrenking en sproeiwater— <a href="#">6760</a>
5.3	Uitloging naar bodem, grondwater en oppervlaktewater— <a href="#">6861</a>
5.4	Conclusie— <a href="#">7467</a>
5.4.1	Bodem en grondwater— <a href="#">7467</a>
5.4.2	Oppervlaktewater— <a href="#">7568</a>
5.4.3	Uitloging— <a href="#">7568</a>
<b>6</b>	<b>Conclusies en aanbevelingen—<a href="#">7669</a></b>
6.1	Conclusies— <a href="#">7669</a>
6.1.1	Welke regelgeving en normen zijn van toepassing op thermisch gereinigde grond en op het werken met thermisch gereinigde grond?— <a href="#">7669</a>
6.1.2	Wat is de statistische verdeling van de gemeten stoffen in het dijklichaam?— <a href="#">7669</a>
6.1.3	Wat waren, tijdens het aanbrengen en na beëindiging van het werk de gezondheidsrisico's van thermisch gereinigde grond voor omwonenden?— <a href="#">7770</a>
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?— <a href="#">7870</a>
6.2	Aanbevelingen— <a href="#">7972</a>
6.2.1	Aanvullend onderzoek— <a href="#">7972</a>
6.2.2	Omwonenden en toekomstige werkzaamheden— <a href="#">8072</a>
6.2.3	Gebruiksbeperking en leeflaag— <a href="#">8073</a>
<b>Referenties</b>	<b>—<a href="#">8274</a></b>

VERTROUWELIJK

## 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.

Commented [EB8]: Wel kunnen een verwijzing naar het Deltares rapport opnemen in de hoofdtekst en de samenvatting. In het PS lijkt me dit weer te veel detail.

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 is de chemische samenstelling van de **toegepaste** TGG beoordeeld en is een overzicht gegeven van relevante regelgeving en normen. **De beoordeling is uitgevoerd specifiek voor de situatie in Perkpolder 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 waarin 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 Meurs G. en Van der Star W., (2018)).** De toegepaste TGG moet tenminste voldoen aan de kwaliteitseisen klasse industrie. Deze kwaliteitseisen zijn opgenomen in de Regeling Bodemkwaliteit.

Commented [HGe9]: Zie aangepast Deltares onderzoek dd. 19 april 2018, incl boringen B8 t/m B15.

Formatted: Font: 10 pt

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 toluene, 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 toluene 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;
- Tolueen;
- Benzeen
- Som PAK (grondwater);
- alfa-HCH;
- beta-HCH;
- Som drins;
- Minerale olie;
- Sulfaat;
- Bromide;
- Zuurgraad (pH).

Tevens is onderzocht of er variatie was in de samenstelling de aangebrachte TGG. Het aantal monsters was te laag om voldoende onderbouwde uitspraken te kunnen doen over variatie binnen bodemtypen en de TGG. Tevens was 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 aan stoffen in het grond- danwel oppervlaktewater, afkomstig zijn uit de TGG, of afkomstig zijn van voormalige (bedrijfs)-activiteiten in dit gebied.

#### **Gezondheidsrisico's omwonenden bij aanleg van de dijk**

Voor het onderzoek zijn omwonenden geïnterviewd over de overlast tijdens en na de werkzaamheden aanleg vanaan de dijk. Uit de interviews kwam naar voren dat omwonenden stofoverlast hebben ervaren door verwaaiing van de TGG tijdens de aanleg van de dijk 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 aangehouden 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 (ten tijde van de uitvoering van de werkzaamheden) door de blootstelling aan verontreinigingen aanwezig in de TGG, klein tot verwaarloosbaar is. Op basis van deze blootstelling kunnen onaanvaardbare 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 pHzuurgraad zijn beoordeeld voor de situatie tijdens de verwerking van de TGG in de dijk, omdat de blootstelling toen het hoogste was. Uitgaand van een maximaal mogelijk-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 geweest zijn van kortdurende irritatie op de huid of ogen, die geen blijvend effect veroorzaakt. Op basis hiervan wordt geconcludeerd dat er degeen gezondheidsrisico's zijn door de hoge pHzuurgraad klein zijn.

Op basis van de beschikbare informatie is het niet mogelijk om de hoeveelheid fijn stof ten tijde van de werkzaamheden te voorspellen en daarmee de gezondheidseffecten van fijn stof voor omwonenden te kwantificeren. Om wel een beoordeling te kunnen doen 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 15% van de TGG die bemonsterd is heeft een korrelgrootteverdeling welke voldoet aan de definitie van fijn stof (kleiner dan 10 µm) en ongeveer 28% voldoet aan de definitie van inhaleerbaar stof (kleiner dan 100 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. Echter de hoeveelheid deeltjes in de lucht kan zonder metingen niet worden ingeschat, omdat o.a. het type werkzaamheden maar-ook- de weersomstandigheden en de vochtigheid van de locatie van invloed zijn op de mate van verwaaiing. Bij blootstelling aan fijn stof kunnen ook beneden de huidige-wettelijke grenswaarden gezondheidseffecten optreden. Hiermee kunnen (tijdelijke) effecten optreden stof bij mensen die hier gevoelig voor zijn. Dit geldt voor alle soorten stof en is dit niet beperkt tot het verwaaien van TGG-stof.

Na ~~verwerking van de TGG het aanleggen van de dijk~~ is deze TGG afgedekt met een kleilaag van minimaal 0,5 m 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 en grondwater

Op basis van de verhoogde concentraties toluen, benzeen, minerale olie som (C10-C40), chroom en nikkel in de TGG kunnen negatieve effecten op de bodemecologie niet worden uitgesloten 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. ~~De hoge TD is indicatief voor de onacceptabele effecten op het ecosysteem.~~ Evenals de conclusie dat de pHzuurgraad van de TGG sterk afwijkend is ten opzichte van de meeste Nederlandse bodems, en afwijkend is vergeleken met de omringende 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).

**Commented [EB10]:** Uitleggen wat de ecologische gevolgen kunnen zijn, tevens kijken of dit in hoofdstuk 5 voldoende is uitgelegd.

In de grond onder de dijk-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, effecten op de negatieve ecologische effecten optreden bij contact of uitloging van verontreinigingen naar grond en -oppervlaktewater niet worden uitgesloten.

**Formatted:** Font: Verdana, 10 pt, Font color: Auto

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. Voor landbouwkundige doelinden is de concentratie nikkel in de leeflaag echter te hoog. Nikkel is zeer giftig voor planten en weinig toxisch voor mensen en zoogdieren. Deze overschrijding geeft dan ook voornamelijk problemen met het laten groeien van beplanting (zoals gras) op de dijk.

**Formatted:** Highlight

#### Grondwater

In grondwater zijn verhoogde concentraties (groter dan Interventiewaarde) voor barium, lood, kwik-en, PAK (som 10) en Ftalaten (totaal) aangetroffen. Bij een verdere duiding van de risico's aan de hand van drinkwaternormen en de nieuwste voorstellen voor nieuwe humane en ecotoxicologische risicogrenzen, blijkt alleen lood de drinkwaternorm te overschrijden. Deze overschrijding vind plaats in een monster welke niet conform het standaard protocol is genomen. Hierdoor kan de aangetroffen concentratie tijdelijk verhoogd zijn. Bij toetsing van het grondwater aan de drempelwaarden uit de

**Formatted:** Font: Italic

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 grondwatersysteem. Het gebruik van dit brakke grondwater als drinkwater voor vee danwel sproeiwater zal waarschijnlijk beperkt zijn.

Hoe zit het met de aangetroffen concentraties aan Ftalaten (totaal) in het grondwater boven interventiewaarden en wat de effecten daarvan zijn (oa drinkwaterwinning, ecologie, veedrenking)?

#### *Oppervlaktewater*

In de bermsloot naast de dijk is één monsterpunt beschikbaar welke driemaal bemonsterd is. In deze bemonstering overschrijden Zzink en kwik overschrijden in de bermsloot de Milieukwaliteitseisen (MKE) en Maximaal Aanvaardbare Concentratie (MAC-MKE) voor oppervlaktewater. Beiden normen kennen een ecologische onderbouwing, waardoor ecologische effecten op het aquatische ecosysteem niet zijn uitgesloten kunnen optreden zoals sterfte van waterorganismen. Ook de 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 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 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 is naast de Maximale Waarde Industrie 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. Op grond van deze aanvullende toetsing kan worden geconcludeerd dat de uitloging van bromide te hoog is en dat de uitloging van chloride en sulfaat aan de hoge kant is. Dit geeft een indicatie dat uitloging van deze en andere stoffen in de toekomst kan optreden en dat een verdere monitoring van grond- en oppervlaktewater noodzakelijk is. Gebaseerd op de huidige concentraties is de uitloging van barium, seleen en fluoride acceptabel.

VERTROUWELIJK

## 1 Inleiding en vraagstelling

### 1.1 Context en achtergrondinformatie

In het project Natuurcompensatie Perkpolder is een nieuwe zeekering kering 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 enige ongerustheid bij de waterkeringsbeheerder Rijkswaterstaat (RWS) met betrekking tot de toegepaste TGG in termen van mogelijke ongewenste effecten op milieu en gezondheid en ook de lange termijn gevolgen 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?
- 4.5. Wat zijn na afronding de gevolgen voor landbouwkundig gebruik van de dijk, zoals beweiding door vee?

Deltares zal het onderzoek naar de geotechnische en chemische eigenschappen uitvoeren. 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.

Commented [SW(11)]: Klopt dit wel RWS was opdrachtgever voor de bouw van de nieuwe dijk die inmiddels is overgedragen aan het Waterschap Scheldestromen.

Formatted: Highlight

Formatted: Highlight

~~Hiervoor heeft Deltares de TGG, de bodem, het grondwater en het oppervlaktewater bemonsterd en geanalyseerd. Het RIVM maakt gebruik van deze monsterdata van Deltares 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 ~~er~~ niet of nauwelijks op ~~de TGG~~ kunnen groeien. ~~Ook -en waarin kunnen er~~ geen organismen ~~kunnen in de TGG~~ leven. Door de verbrandingsresten van de organische verontreinigingen krijgt het materiaal een zwarte kleur. Anorganische verbindingen (zoals metalen ~~en asbest~~) kunnen niet met thermische reiniging verwijderd worden en kunnen na behandeling dus nog aanwezig zijn. Thermische gereinigde grond wordt verhandeld als alternatief voor ophoozand 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 dijk naar deze compartimenten. Tot slot worden in hoofdstuk 6 de resultaten per onderzoeksvraag samengevat en worden er enkele aanbevelingen gedaan.

- Formatted: Font: 10 pt
- Formatted: Font: 10 pt
- Formatted: Normal, No bullets or numbering, Tab stops: 0 cm, Left
- Formatted: Font: 10 pt
- Formatted: Font: 10 pt
- Formatted: Font:

## 2 Verkenning regelgeving en normen

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van relevante regelgeving en normen voor de TGG. Er wordt in dit rapport onderscheid gemaakt tussen wettelijk verplichte regelgeving voor de toepassing, risicobeoordeling en uitlogging 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). 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.

Formatted: Font: Not Italic

Formatted: Font: Not Italic, Font color: Black

Formatted: Font color: Black

### 2.1 Bodem en grondwater

#### 2.1.1 Zorgplicht

Voor nieuwe verontreinigingen (veroorzaakt na 1987), is in de Wet bodembescherming (Wbb) in artikel 13 de 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 zoveel mogelijk ongedaan te worden gemaakt. De zorgplicht is dus tweeledig: a) men dient alle maatregelen te nemen om verontreiniging van de bodem te voorkomen en, b) 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 uitlogging van verontreinigingen naar grond- en oppervlaktewater als gevolg. De zorgplicht (artikel 13) 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 bullets 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 droge bodem (Wezenbeek, 2008).

De Wet bodembescherming schrijft voor dat het bevoegd gezag een beschikking neemt over de ernst van de verontreiniging (artikel 29 van de Wet bodembescherming), bij overschrijding van de gemiddeld gemeten concentratie in minimaal 25 m<sup>3</sup> grond en 100 m<sup>3</sup> 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 analyse resultaten 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.

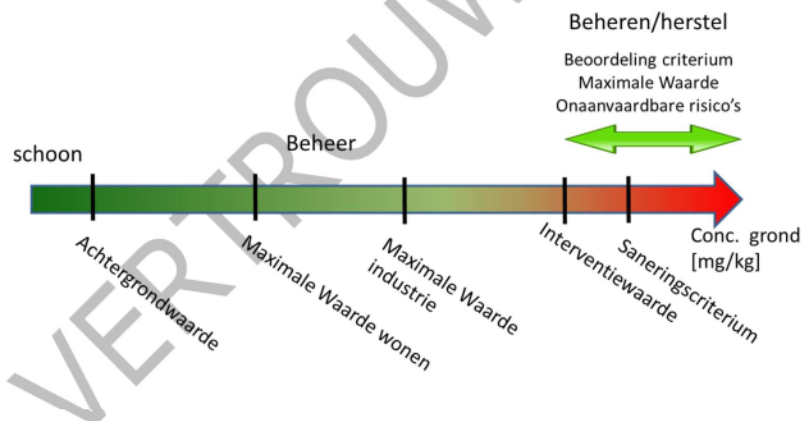
Het besluit bevat regels ten aanzien van:

- 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: een 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, 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,

Formatted: Line spacing: single, Allow hanging punctuation, Font Alignment: Auto

waaronder mede worden begrepen wegen, spoorwegen en geluidswallen”(Art. 35b) en “de toepassing van grond of baggerspecie in ophogingen in waterbouwkundige constructies” (Art. 35d). Hier valt de toepassing van grond in een dijklichaam zoals in de Perkpolder onder. In het kader van een gebiedsspecifiek toetsingskader voor de algemene toepassing, kan de gemeenteraad voor het toepassen van grond op of in de bodem voor een door hem aangewezen bodembeheergebied, lokale Maximale Waarden vaststellen. De lokale Maximale Waarden kunnen voor het toepassen van grond niet boven de Maximale Waarden voor de bodemfunctieklasse industrie worden vastgesteld (Art. 45.2). Onder voorwaarden kunnen lokale Maximale Waarden boven de Maximale Waarden voor de bodemfunctieklasse industrie worden vastgesteld (Art. 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. Toegepaste grond dient te voldoen aan de kwaliteitsklasse wonen.

Formatted: Font:

Formatted: Font: (Default) Verdana, Font color: Text 1

*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 m<sup>3</sup>. 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 bodemfunctieklasse 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” (Art. 63 van het Bbk).

Formatted: Font: Italic

Formatted: Font: Italic

Formatted: Font: Italic

Formatted: Font: Verdana, 10 pt, Italic, Font color: Text 1

Formatted: Font: Verdana, 10 pt, Italic, Font color: Text 1

Formatted: Font: Italic

Formatted: Font: Verdana, 10 pt, Italic, Font color: Text 1

Kwaliteit van de leeflaag moet aansluiten bij de milieuhygiënische kwaliteit van de omgeving.

Formatted: Font: Verdana, Italic

Formatted: Default Paragraph Font, Font: Times New Roman, 12 pt, Italic, Font color: Auto

Formatted: Font: 10 pt, Font color: Text 1

Formatted: Normal

Commented [SW(12)]: Waar staat dit voor?

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

en

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

Als de kwaliteit van de toe te passen grond voldoet aan de Emissietoetswaarden, hoeft er conform het Bouwstoffenbesluit 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 praktijkervaringen met het Bouwstoffenbesluit zal dit volgens de handreiking Besluit bodemkwaliteit in de meeste gevallen niet nodig zijn.

Bovendien geldt dat de leeflaag van tenminste een halve meter geschikt moet zijn voor de functie en 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 de (Lokale) Maximale Waarde voor industrie. 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 bouwstoffen voldoen aan de samenstellings- en emissiewaarden voor bouwstoffen.

#### *Bouwstoffen*

Omdat de TGG wordt beoordeeld als grond, hoeft deze niet te voldoen aan de de maximale samenstellings- en emissiewaarden, zoals geformuleerd in Bijlage A van de Regeling bodemkwaliteit voor bouwstoffen. In deze rapportage worden de maximale emissiewaarden wel gebruikt om verder duiding te geven aan de risico's op uitloging van stoffen naar bodem en grondwater.

De maximale samenstellings- en emissiewaarden zijn emissiewaarden voor anorganische stoffen zoals metalen en samenstellingwaarden 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 IBC<sup>1</sup>-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

**Commented [SW(13)]:** Dit is verwarrend. Hoe moet dit worden gelezen? Het Bouwstoffenbesluit is niet meer van kracht en vervangen door het Besluit Bodemkwaliteit. Wellicht goed om dit in een voetnoot o.i.d. te vermelden.

**Commented [SW(14)]:** Klopt dit wel: kwaliteit leeflaag klasse Industrie, want conform de Nota Bodembeheer moet toegepaste grond voldoen aan klassen Wonen.

<sup>1</sup> 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.

van VROM een voorkeursvariant gekozen. Deze variant gaat uit van niet-vormgegeven bouwstoffen met een open toepassing en een toepassingshoogte van 0,5 m, 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 100 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.

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<sup>2</sup>.

## 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 voor 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

Formatted: Highlight

<sup>2</sup> 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).

praktijk ook gebruikt om in grondwaterberschemingsgebieden 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 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, Romkens 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 te toetsen aan de LAC-waarden voor zand. In de praktijk zijn dit de strengste (laagste) waarden.

Het gras afkomstig van de dijk in Perkpolder wordt gebruikt als veevoeder voor vleesschapen. Voor zover bekend wordt de dijk in Perkpolder niet gebruikt voor directe begrazing door vee. Wel kan het gemaaid gras worden toegepast als veevoer. 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 dierlijken 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 sproeiwatersproeiwater

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.

Formatted: Font: Verdana

Formatted: Font: Verdana

Formatted: Font: Verdana

Formatted: Font: Verdana

Voor de dijktoepassing in Perkpolder kan worden uitgegaan van een grootschalige toepassing. Resumerend moeten drie toetsingen worden uitgevoerd voor de toepassing van de TGG in een grootschalige toepassing:

- toetsing aan de Lokale Maximale Waarden voor hergebruik van grond;
- toetsing aan emissiewaarden om te voorkomen dat ontoelaatbare uitloging naar de bodem en het grondwater plaatsvindt;
- toetsing van de kwaliteit van de leeflaag.

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 milieukwaliteits-eisen uit het Besluit kwaliteitseisen en monitoring water. 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 de periode oktober 2017 tot en met 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 alsook variatie tussen groepen. 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.

Formatted: Font: 10 pt

Formatted: Font: 10 pt

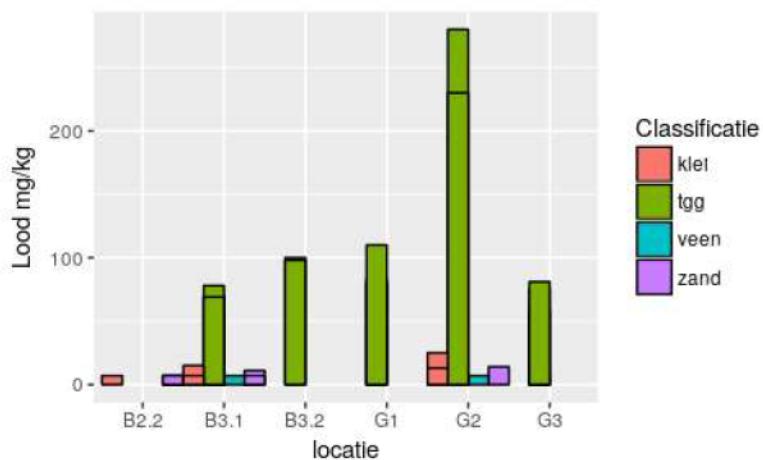
##### 3.1.1 Overzicht en statistische verdeling

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.

Formatted: Highlight



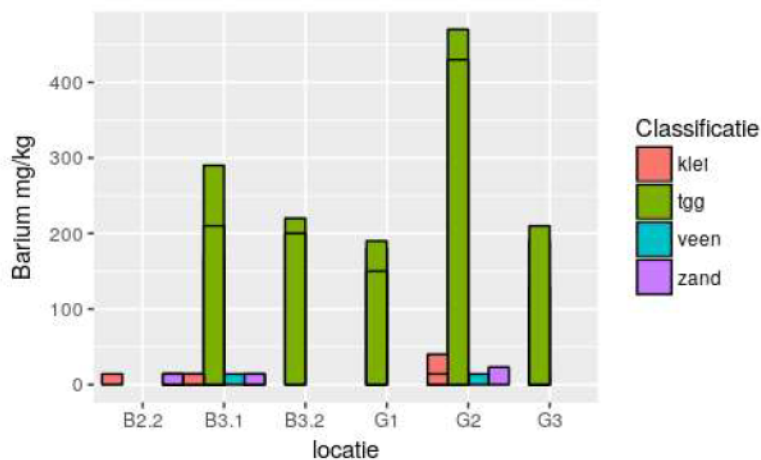


Figuur 3.1: stafdiagram met de concentratie lood voor de verschillende TGG- en bodemmonsters. Op de x-as staan de verschillende meetpunten en op de Y-as de concentratie. Als er meerdere monsters op dezelfde locatie zijn genomen, zijn de staven over elkaar heen geplot. De horizontale lijn geeft de hoogte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

Tabel 3.1: statistische kengetallen van lood: het aantal metingen, het gemiddelde (gemiddeld), de standaard deviatie (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.

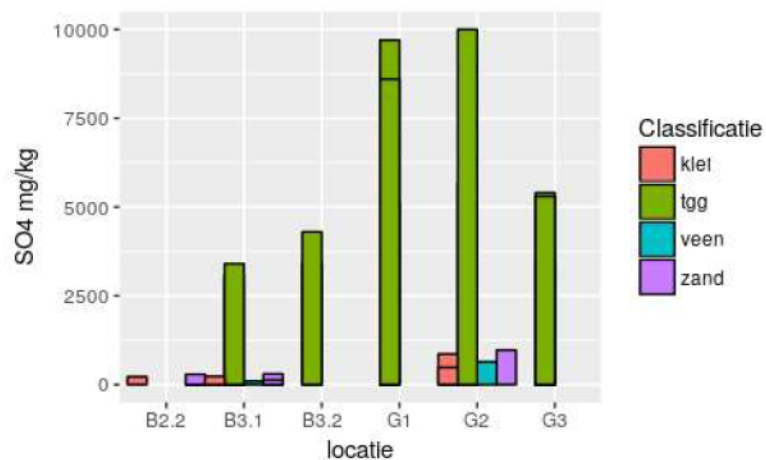


Figuur 3.2: stafdiagram met de concentratie barium voor de verschillende TGG- en bodemmonsters. Op de x-as staan de verschillende meetpunten en op de Y-as de concentratie. Als er meerdere monsters op dezelfde locatie zijn genomen, zijn de staven over elkaar heen geplot. De horizontale lijn geeft de hoogte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

Tabel 3.2: statistische kengetallen van barium: het aantal metingen, het gemiddelde (gemiddeld), de standaard deviatie (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

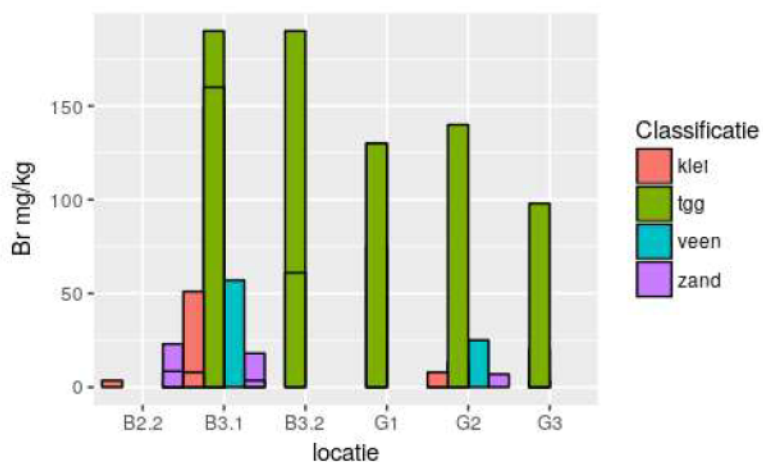
De overige anorganische componenten staan in de Figuren 3.3 t/m 3.5 en Tabellen 3.3 t/m 3.5, respectievelijk sulfaat (SO<sub>4</sub>), bromide (Br) en fluoride (F). Ook voor deze stoffen geldt dat de concentraties in de TGG hoger zijn dan in de omliggende bodem.



Figuur 3.3: staafdiagram met de concentratie sulfaat voor de verschillende TGG- en 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 3.3: statistische kengetallen van sulfaat: het aantal metingen, het gemiddelde (gemiddeld), de standaard deviatie (sd), het minimum en maximum (min, max), het 5- en 95-percentiel (p5, p95), de mediaan, en de median absolute deviatie (mad).

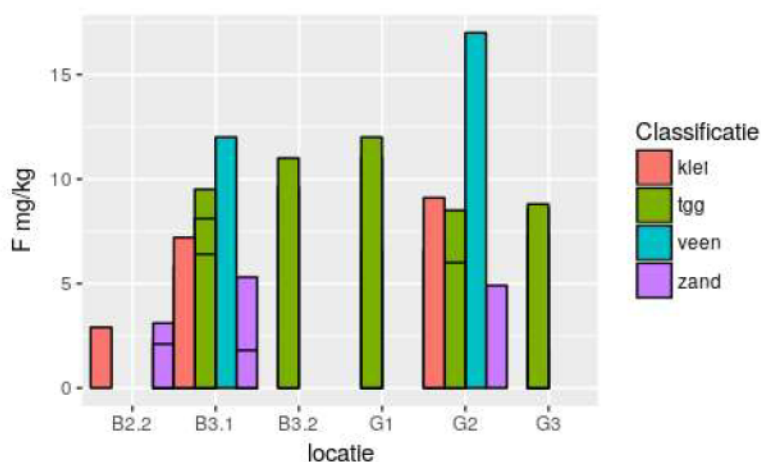
groep	aantal	gemiddeld	sd	min	p5	mediaan	mad	p95	max
klei	5	384,00	296,19	130	148,0	230	148,26	784,0	860
TGG	14	5067,86	2721,96	550	2142,5	4700	1927,38	9805,0	10000
veen	2	370,00	381,84	100	127,0	370	400,30	613,0	640
zand	6	351,67	309,48	130	145,0	260	81,54	802,5	970



Figuur 3.4: stafdiagram met de concentratie bromide 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 3.4: statistische kengetallen van bromide: het aantal metingen, het gemiddelde (gemiddeld), de standaard deviatie (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



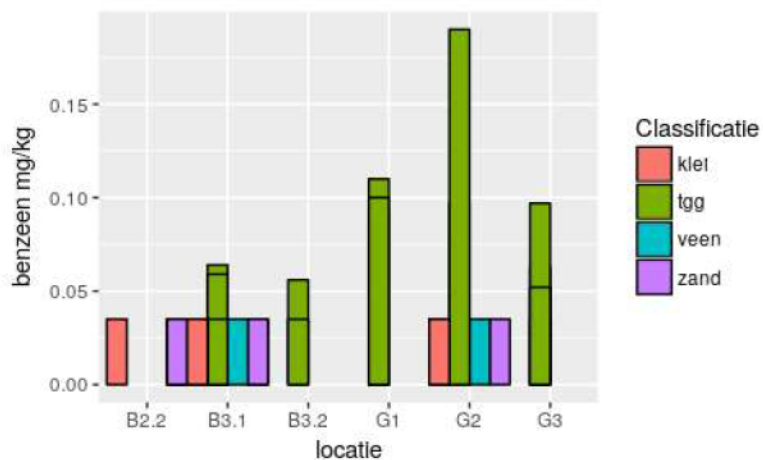
Figuur 3.5: stafdiagram met de concentratie fluoride voor de verschillende TGG- en bodemmonsters. Op de x-as staan de verschillende meetpunten en op de Y-as de concentratie. Als er meerdere monsters op dezelfde locatie zijn genomen, zijn de staven over elkaar heen geplott. De horizontale lijn geeft de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

Tabel 3.5: statistische kengetallen van fluoride: het aantal metingen, het gemiddelde (gemiddeld), de standaard deviatie (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

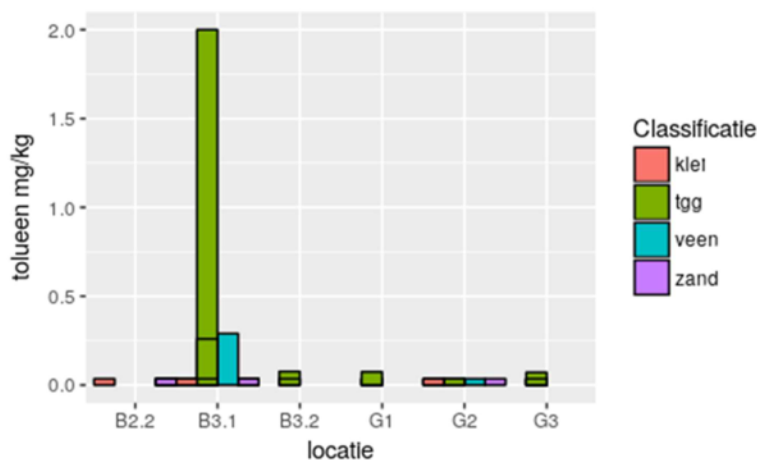
Een tweetal voorbeelden van vluchtige organische stoffen zijn gegeven in de Figuren 3.6 en 3.7 en de kengetallen in de Tabellen 3.6 en 3.7. Net als bij de metalen geldt ook hier dat de concentraties van stoffen in de TGG hoger zijn dan de omliggende bodem. Kenmerkend voor vluchtige organische stoffen 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: stafdiagram met de concentratie benzeen 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.

Figuur 3.6: statistische kengetallen van benzeen: het aantal metingen, het gemiddelde (gemiddeld), de standaard deviatie (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: stafdiagram 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 standaard deviatie (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 waren dit zijn twee meetreeksen (respectievelijk de B en G nummers) van de TGG 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 3

meetrondes uitgevoerd waarvan de eerste slechts indicatief kon worden gebruikt wegens het niet aanhouden van de wachtperiode van 7 dagen.

### 3.2.1

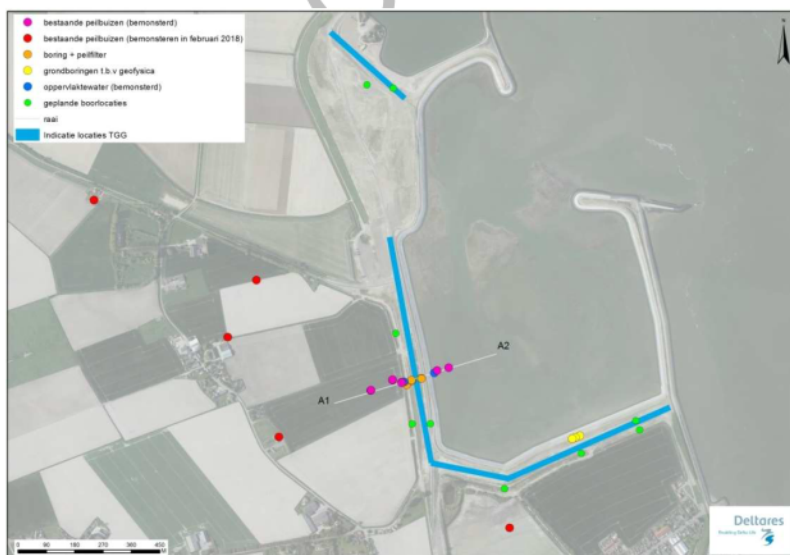
#### *Toetsing bodem*

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 verdeeld in twee groepen, de zogenaamde 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

**Commented [SW(15)]:** Het komt de leesbaarheid ten goede om de Deltareskaartjes met de juiste aanduiding van monsterpunten op te nemen in de tekst.

**Formatted:** Bulleted + Level: 1 + Aligned at: 0 cm + Indent at: 0,63 cm



Figuur 3.8: Indicatieve ligging van zeedijk waar de TGG is toegepast en de verschillende locaties van de monster*names*. *De oranje en gele bollen*

**Formatted:** Font: Italic



vertegenwoordigen de gebruikte meetpunten voor deze rapportage.  
Overgenomen uit Van Meurs en Van der Star (2018).

De analysesresultaten zijn vergeleken met de normen voor bodem uit het Besluit bodemkwaliteit en de Circulaire Bodemsanering. Het aantal TGG-monsters voldeed echter 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 ~~het~~ de Regeling bodemkwaliteit moet de TGG voor alle stoffen ten minste moeten voldoen aan de Maximale Waarde industrie. Het bevoegde gezag heeft aanvullend Lokale Maximale Waarden vastgesteld voor Perkpolder. Deze lokale waarden gaan uit van de kwaliteitsklasse wonen. Volgens het productcertificaat waaronder de TGG wordt geleverd kan de TGG aan beide voorwaarden 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).*

**Commented [SW(16):** Zoals nu gesteld kan dit gelezen als zijnde de norm terwijl in het onderhavige Deltaresonderzoek geen sprake was van een onderzoek ter onderbouwing van een erkend bewijsmiddel Bbk.

**Formatted:** Font: Verdana, Italic

In Tabel 3.8 worden de bevindingen weergegeven van de toetsing aan de Maximale Waarde industrie en de Interventiewaarde bodem.

Tabel 3.8: overschrijdingen na toetsing van de TGG aan de 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 beleidsmatig
G2 (5)	chroom	204,78	180**	1,14	De interventiewaarde kent een ecologische onderbouwing en is daarmee strenger dan de humane grens
G2 (5)	nikkel	127,0	100**	1,27	De interventiewaarde kent een ecologische onderbouwing en is daarmee strenger dan de humane grens
G2 (9)	nikkel	143,8	100**	1,43	De interventiewaarde 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 en **het lokale beleid, de Circulaire bodemsanering**. Voor de stoffen tolueen, 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 tolueen en minerale olie is de ecologische blootstelling bepalend voor de gehanteerde norm.

De concentraties tolueen 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 12 monsters concentraties groter dan de Maximale Waarde Wonen (zie paragraaf 2.1.3) **maar kleiner dan Maximale Waarde Industrie** aangetroffen voor benzeen, tolueen, alfa-HCH, beta-HCH en som drins (zie Tabel 3.9). **Hiermee voldoet de kwaliteit aan klasse industrie**. Voor deze stoffen wordt wel voldaan aan **het productcertificaat en -generieke de** regelgeving **maar niet aan het lokale beleid**. Het is onduidelijk wat de oorzaak **is van de** verhoogde concentraties organische verontreinigingen.

**Commented [EB17]:** Met het lokale beleid wordt dit stuk ook in eens relevanter. Immers is de TGG hier klasse industrie

**Formatted:** Highlight

VERTROUWELIJK

Tabel 3.9: verhoogde *concentraties-gehalten* organische verontreinigingen op diverse *meetpunten* in 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
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

Commented [EB18]: Deze tabel aanvullen met >MW wonen? Gezien landelijk beleid

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)	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.

Commented [HGe21]: Hier ontbreekt Ftalaten (totaal).

Peilbuis	Stof	Concentratie in peilbuis (µg/l)	Meetronde	Interventiewaarde grondwater (µg/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

Commented [HGe19]: graag checken met concentraties die Deltares hanteert

Commented [HGe20]: checken en vergelijken met uitkomsten van historisch onderzoek, of hier sprake is van voormalige bedrijfsactiviteiten op deze plek en te relateren met Pb.

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-~~onder de~~ TGG, als aan de voet van dijk (aan de landinwaartse kant), waar de TGG niet is toegepast en ook naast de dijk (landinwaarts). Voor lood en kwik

Commented [HGe22]: wat is de achtergrondconcentratie van Barium in grondwater in dit gebied?

Commented [HGe23]: Idem wat is de achtergrondconcentratie van Lood en Kwik in grondwater in dit gebied? Check doen met historisch onderzoek.

wordt de Interventiewaarde eveneens overschreden in het grondwater naast de dijk met respectievelijk een factor 4,3 en 1,2. De Interventiewaarde voor PAK wordt overschreden (factor 1,22) in het grondwater onder de dijk.

Commented [HGe24]: Idem dezelfde vraag voor PAK. En check doen met historisch onderzoek.

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 Zuurgraad (pH)

In de TGG zijn, volgens de thans beschikbare gegevens, gebluste kalk ( $\text{CaCO}_3$ ) en ongebluste kalk (CaO) aanwezig. CaO is reactief en vormt met water in een exotherme reactie<sup>3</sup> het hydroxide  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dat zorgt voor verhoging van de pH-zuurgraad. Dat de TGG in combinatie met water een sterk basische oplossing vormt, zal primair door de aanwezigheid van CaO komen.

Formatted: Subscript

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

Voor pH-zuurgraad bestaat geen norm in de bodemwetgeving. De beoordeling van mogelijke effecten van een verhoogde pH-zuurgraad kan voor de inhalatoire blootstelling plaatsvinden op basis van een bestaande arbeidstoxicologische norm voor  $\text{CaO}/\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Voor de huid,

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

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 zuurgraad op bodem, grondwater 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 meest andere 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 barium concentraties in de omliggende bodem. 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 bromide concentraties 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 formele toetswaarden. In de vierde nota waterhuishouding regeringsbeslissing Min VenW (1998), wordt een streefwaarde van 20 mg/kg in sediment genoemd. De onderbouwing van deze waarde 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 zal dan ook wordt meegenomen in de beoordeling van mogelijke uitloging uit de TGG niet verder worden behandeld.

### 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 5,25m). 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 zal dan ook niet verder worden behandeld.

## 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 Samenvattend worden de volgende stoffen geslecteerd voor een verder e beoordeling voor hu~~ma~~ane, danwel ecologische effecten.

- Barium;
- Cadmium;
- Chroom
- Lood;
- Kwik;
- Nikkel;
- Tolueen;
- Benzeen
- Som PAK (grondwater);
- alfa-HCH;



- beta-HCH;
- Som drins;
- Minerale olie;
- Sulfaat;
- Bromide;
- Fluoride;
- Zuurgraad (pH).
- Ftalaten (totaal)

VERTROUWELIJK

## 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 gezondheidskundige 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 zuurgraadpH van de TGG;
- Blootstelling aan het 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 dakbeschot 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 De omwonenden gaven aan dat ze tijdens de werkzaamheden gezondheidsklachten hebben ervaren en dat tot de dag van het interview enkele-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 **is het zo dat komen** er af en toe kinderen op bezoek **zijn geweest**.

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

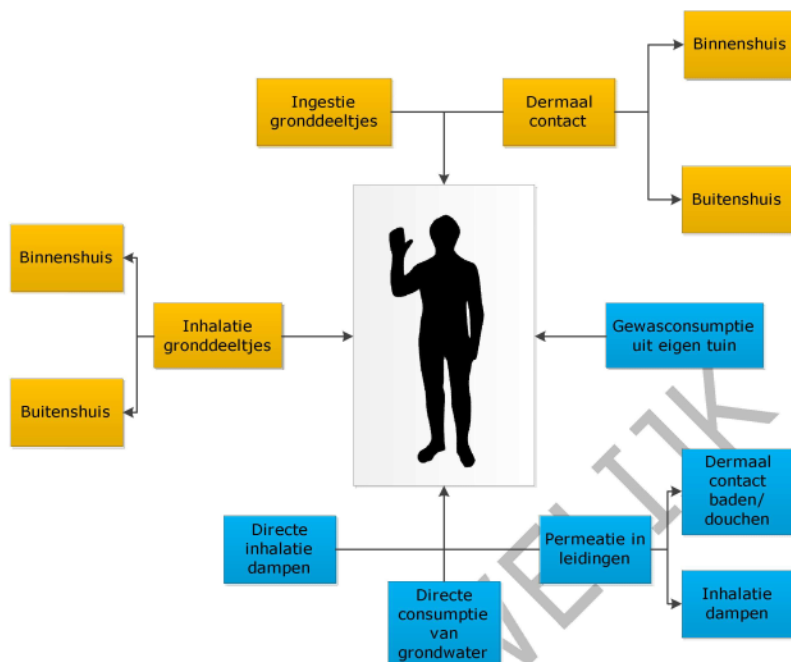
- via inhalatie van stof: hoog
- via dermaal contact met stof: hoog
- via consumptie van groenten uit eigen tuin: afwezig
- via grondwater consumptie: afwezig
- **via aanwezigheid van kinderen op de locatie**: beperkt

#### 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.

Formatted: Highlight



Figuur 4.1: Conceptueel blootstellingsmodel omwonenden aan bodemverontreiniging. De blootstellingsroutes in de blauw zijn niet relevant voor de situatie in Perkpolder. De blootstellingsroutes in de 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 **pHzuurgraad** 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 de aanleg van 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: vochtigheid op de locatie (beperkt), mate van vegetatie (afwezig), windsterkte (aanwezig) en korrelgrootte verdeling van het materiaal (fractieverdeling van 2 tot 8000  $\mu\text{m}$ ) (o.a. Korcz et al., 2009; Lin & Yeh 2007). Al deze factoren spelen een belangrijke rol in Perkpolder. Daardoor kan de blootstelling van omwonenden via deze

route een grotere rol spelen dan gewoonlijk het geval 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 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 binnenhuis 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 (Lagedichtheidpolyethene) 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 alle geselecteerde aandachtstoffen (zie paragraaf 3.2.1) 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 Sanscrit<sup>4</sup> (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 de door de US EPA gestelde bovenste percentiel voor volwassenen (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 scenario 'gemiddeld').<sub>2</sub>
- 2) De contactlaag van de bodem bevat uit 50% TGG (is scenario 'hoog').<sub>2</sub>
- 3) De contactlaag van de bodem bestaat uit 90% TGG (is scenario 'worst-case').<sub>2</sub>

Het 'worst-case' scenario **kanzal** waarschijnlijk alleen **optreden van toepassing zijn** in de directe omgeving van het werk.

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

<sup>4</sup> 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.

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%	$C_b = 0,1 * C_{TGG} + 0,9 * AW$
hoog	50%	$C_b = 0,5 * C_{TGG} + 0,5 * AW$
worst-case	90%	$C_b = 0,9 * C_{TGG} + 0,1 * AW$

$C_b$ : 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 **de aanleg van de 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 4.1.6 wordt de blootstelling aan het fijn stof 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  $52,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  binnenshuis en  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$  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 ( $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$  binnen- en buitenshuis) en een worst-case scenario met een gehalte van stof van  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (bedoeld om de bandbreedte van blootstelling en risico's in beeld te brengen). De een daggemiddelde stofconcentratie van  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  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: **H**oeveelheid 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 <sup>3</sup>	1) 10% (gemiddeld; variabele windrichting, droog en nat)
hoog	70 µg/m <sup>3</sup>	2) 50% (richting naar woonomgeving)
worst-case	200 µg/m <sup>3</sup>	3) 90% (richting naar woonomgeving/worst-case)

Samenvattend geeft Tabel 4.3 **g**eeft 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: **i**nvoerconcentratie 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 C <sub>b</sub> (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
chrom	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 het risico's van drins zijn dieldrin, endrin en aldrin beoordeeld

\*\* de bepaling van het 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 alle aandachtstoffen wordt de berekenende risico-index vermeld.

##### De risicoindex

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 betreft 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
chrom (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 aromaat EC12-EC16**	<0,01	0,02	0,02
olie aromaat 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 risicoinschatting is uitgegaan van de twee meest kritische fracties namelijk aromatisch >C10-EC12 en >C12-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 werkelijk 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 pHzuurgraad in de TGG

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

De gerapporteerde hoge pHzuurgraad voor de TGG wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de omzetting van ongebluste kalk (CaO) naar calciumhydroxide (Ca(OH)<sub>2</sub>) bij contact met water. In de 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)<sub>2</sub> is beoordeeld door de Europese Scientific Committee on Occupational Exposure Limits (SCOEL) in 2008. Zoals de SCOEL-beoordeling aangeeft, wordt CaO gevormd uit CaCO<sub>3</sub> (lijmsteen) door thermische afbraak. De aanwezigheid van CaO en CaCO<sub>3</sub> in de bemonsterde TGG is dan ook logisch. 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)<sub>2</sub> te beoordelen. Bij cement kan de pHzuurgraad 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)<sub>2</sub> 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 µg/m<sup>3</sup> in respirabel stof (kleiner dan 10µm) waarbij CaO en Ca(OH)<sub>2</sub> 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 CaO/Ca(OH)<sub>2</sub> via de TGG, 27 µg/m<sup>3</sup> bedraagt. Hierbij is uitgegaan van de eerder gehanteerde worst-case concentratie voor stof in de lucht van 200 µg/m<sup>3</sup> 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).

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

Waarin:

- Max Conc.CaO/Ca(OH)<sub>2</sub> = de maximale concentratie CaO/Ca(OH)<sub>2</sub> uitgaande van een worst-case aanname;
- TGG Conc.CaO/Ca(OH)<sub>2</sub> = de maximal aangetroffen concentratie CaO/Ca(OH)<sub>2</sub> in de TGG-monsters (15 g/100 g TGG);
- #D = de hoeveelheid bodemstof in de lucht (200 µg/m<sup>3</sup>);
- %TGG= het percentage van de TGG in de hoeveelheid bodemstof.

De door de SCOEL afgeleide toetswaarde voor gezonde werknemers van 1000 µg/m<sup>3</sup> heeft betrekking op de respirabele fractie. De inhalatoire blootstelling aan CaO/Ca(OH)<sub>2</sub> via de respirabele fractie zal lager zijn dan 27 µg/m<sup>3</sup>. De marge tussen de toetswaarde van 1000 µg/m<sup>3</sup> en de geschatte worst-case blootstellingsconcentratie van 27 µg/m<sup>3</sup> is voldoende groot om de kans op ademhalings-effecten door de aanwezigheid van CaO/Ca(OH)<sub>2</sub> (en dus door de hoge pH-zuurgraad in de TGG als gevolg daarvan) als gering te kunnen kenschetsen.

Uit de interviews bleek dat een enkele omwonende irritatie op de huid heeft ervaren tijdens de werkzaamheden. Voor de huid lijkt 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-zuurgraad direct van aard en stoppen deze nadat er geen vervolcontact met de TGG plaatsvindt.

### 4.3 Blootstelling aan fijn stof

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 fijn stof ( $PM_{10}$ ). Stof in de lucht bestaat uit deeltjes van zeer uiteenlopende groottes. Fijn stof bevat de fractie deeltjes met een diameter van kleiner dan  $10\mu m$ .

Er is geen drempelwaarde voor de gezondheidseffecten van fijn stof aangetoond. Dit houdt in dat er geen concentratiewaarde is aan te geven waar beneden studies geen gezondheidseffecten vinden. Bij de gezondheidseffecten van fijn stof 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 fijn stof ( $PM_{10}$ ) als het fijnere deel van fijn stof ( $PM_{2,5}$ ) zijn geassocieerd met gezondheidseffecten. Daarom zullen ook beneden de huidige grenswaarden voor fijn stof in de buitenlucht gezondheidseffecten kunnen optreden (Buijsman et al., 2013).

Ten tijde van de werkzaamheden in Perkpolder zijn geen metingen verricht naar de hoeveelheid fijn stof in de lucht. Hierdoor is het niet mogelijk om de blootstelling van omwonenden te kwantificeren. 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 fijn stof (kleiner dan  $10\mu m$ ) en ongeveer 28% voldoet aan de definitie van inhaalbaar stof (kleiner dan  $100\mu m$ ). Daarmee is ongeveer 70% van de bemonsterde TGG niet beschikbaar voor inhalatie (Van der Kaap, 2017). Het is aannemelijk dat de fractie kleiner dan  $100\mu m$  tijdens de werkzaamheden aan verwaaiing onderhevig was. De hoeveelheid deeltjes in de lucht kan zonder metingen ten tijde van de werkzaamheden niet worden ingeschat. De concentratie in lucht wordt o.a. 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 fijn stof 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. Er kunnen dan ook gezondheidseffecten zijn opgetreden als gevolg van het aanbrengen van de TGG.

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.

Formatted: Highlight

#### 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 aanleg van 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 van verontreinigingen aanwezig in de TGG, zijn *klein tot* verwaarloosbaar. Daardoor kunnen *geen* 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 aanleg van de dijk* kan worden geconcludeerd:

- Na *afronding van de aanleg van de dijk 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 de risico's verwaarloosbaar.

4.4.2 *Gezondheidsrisico's door blootstelling aan hoge pHzuurgraad*  
Tijdens de *de verwerking van de TGG in de dijk aanleg van de dijk (ten tijde van de uitvoering van de werkzaamheden)* is er voor de omwonenden *een* verhoogde blootstelling aan de TGG geweest, met een hoge *pHzuurgraad* (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 op de huid ervaren tijdens de werkzaamheden. Voor de huid lijkt 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 *pHzuurgraad* direct van aard en stoppen deze nadat er geen vervolcontact met de TGG plaatsvindt.

4.4.3 *Gezondheidsrisico's door blootstelling fijn stof*  
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. *Het is wel* *Wel* *aannemelijk dat zijn* omwonenden *zijn* blootgesteld aan een verhoogde fijn stof-inhalatie *tijdens het* *aanbrengen van de TGG*. Bekend is dat blootstelling aan fijn stof ook beneden de huidige grenswaarden voor fijn stof in de buitenlucht gezondheidseffecten kunnen optreden.

## 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, begrazing 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 stof. 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 verstooring 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. Omdat de Interventiewaarde grond voor barium tijdelijk is ingetrokken kan bij verhoogde bariumgehalten ten opzichte van de aanwezige achtergrond 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 ~~de~~ TGG. Naast de dijk zijn de concentraties 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 grondwater worden uitgegaan van een ecologische risicogrenswaarde voor acuut effect in grondwater voor sulfaat 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 eutrofiering in oppervlaktewater.

Formatted: Normal

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 eutrofiering kan al optreden bij concentraties tussen de 10-19 mg/l (Brand et al., 2008).

Formatted: Font: (Default) Verdana, 10 pt

Formatted: Font: (Default) Verdana, 10 pt

Formatted: Font: (Default) Verdana, 10 pt

Formatted: Font: (Default) Verdana, 10 pt

Formatted: Font: (Default) Verdana, 10 pt

Formatted: Font: (Default) Verdana, 10 pt, Subscript

Formatted: Font: (Default) Verdana, 10 pt

Formatted: Font: (Default) Verdana, 10 pt

Formatted: Font: (Default) Verdana, 10 pt

Formatted: Font: (Default) Verdana, 10 pt

Formatted: Font: (Default) Verdana, 10 pt

Formatted: Font: (Default) Verdana, 10 pt

Formatted: Font: (Default) Verdana, 10 pt

### 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 Sanscrit<sup>5</sup> 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, et cetera. Dit niveau is hoger dan het effectniveau voor Interventiewaarden en andere normen, dat is namelijk een 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 m<sup>2</sup>). In Tabel 5.1 is voor alle monsters de TD berekend met behulp van de Sanscrit (versie TD\_Sanscrit170.xls). Vele monsters (vooral de niet de TGG-monsters) hebben een TD van 0 (geen druk). De meeste van de TGG-monsters hebben een verhoogde TD (gemiddeld 0,28, mediaan

<sup>5</sup> 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](http://www.sanscrit.nl).

0,25). Het exacte oppervlak waarop de TGG is toegepast is niet bekend, maar een eerste ruwe schatting bedraagt 70.000 m<sup>2</sup>; dit overschrijdt het hoogste oppervlaktecriterium bij de minst gevoelige bodemgebruiksfunctie voor het ecosysteem (industrie en infrastructuur). De hoge TD is indicatief voor de onacceptabele effecten op het ecosysteem.

Commented [SW(25)]: Wellicht goed te vermelden waarop de schatting is gebaseerd.

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 B3.2 (5,00-5,30) is dieldrin aangetroffen als een organische stof die een positieve, doch geringe, bijdrage levert aan de totale TD.

#### 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.

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	0,35	0
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	0,28	0,02
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
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



Locatie	Monster	Classificatie	Diepte	Mv	Hoogte	TD totaal	TD org stof
			(m-mv)		(m-NAP)	(msPAFtot)	msPAF org stoffen
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 **pHzuurgraad** op bodem

De hoogste totale bodembiodiversiteit in Nederland wordt aangetroffen bij een bodem-**pHzuurgraad** die rond of iets lager ligt dan 7. De niet beheerde bodems op de arme zandgronden (bos, hei en gras) hebben een lage **pHzuurgraad waarde** van ongeveer 3,5 (pH-KCl) (Rutgers en Dirven-Van Breemen, 2012). De hoogste natuurlijke bodem-**pHzuurgraad** wordt aangetroffen bij de zeekleiafzettingen (akkerbouw: pH-KCl ongeveer 7,6) als gevolg van de aanwezige schelpenresten.

De **pHzuurgraad** van de TGG is ongeveer 9,3 (pH-KCl en pH-H<sub>2</sub>O). Dat is hoog vergeleken bij de **pHzuurgraad** van de meeste bodems in Nederland. De **pHzuurgraad** 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(H<sub>2</sub>O). Afhankelijk van de analysemethode is dat 0,7 tot 1,5 pH eenheid lager.

De conclusie is dat de **pHzuurgraad** van de TGG sterk atypisch is voor de meeste Nederlandse bodems, en atypisch is vergeleken met de omringende bodems in Perkpolder. Bovendien is de **pHzuurgraad** 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 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 0,5m (klei)grond in het dijklichaam. Vanuit het oogpunt van de risicobeoordeling voor vee, is de meest relevante diepte die van de leeflaag. Omdat er slechts één meting beschikbaar is in die leeflaag (meetpunt G2 diepte 0,5m) 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 Het meetpunt G2 diepte 0,5m blijkt dat deze niet** voldoet niet aan de LAC-waarde voor nikkel (zie Tabel 5.3). **Nikkel is weinig toxisch voor zoogdieren en mensen maar giftig voor planten. De LAC-waarde voor nikkel, welke dateert uit 1991, is dan ook gebaseerd op fytoxiciteit (Min van LNV, 1991). Dit heeft metname gevolgen voor het laten groeien van gewassen (zoals gras op de dijk).** -Om de risico's voor landbouwkundig gebruik van de dijk dit verder te onderbouwen, moeten er echter aanvullende monsters van de afdeklaag worden genomen over de gehele lengte van de dijk.

Formatted: Highlight

Als worst-case zijn ook alle gemeten concentraties in de TGG vergeleken met de LAC-waarden. Voor de beoordeling zijn alle grondmonsters, ongeacht de diepte, getoetst aan de LAC-waarden voor beweide grasland. Het is **echter** onwaarschijnlijk dat gewassen of vee in direct contact komen met de TGG **onder de leeflaag**.

Voor de monsters uit de 1<sup>e</sup> meetronde zijn er enkele geringe overschrijdingen voor de metalen koper, nikkel en zink. De monsters uit de aanvullende meetpunten G1-3 laten overschrijdingen zien voor cadmium, chroom, koper, nikkel en zink. Tabel 5.2 geeft een overzicht van de monsters en stoffen waarbij sprake was van een overschrijding. 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 aan LAC waarden voor beweide grasland (in mg/kg). Rood gedrukte concentraties zijn overschrijdingen van de LAC-waarden.

		Arseen	Cadmium	Chroom	Koper	Kwik	Nikkel	Lood	Zink
LAC-waarden		30	1	100	30/50	2	15	150	150
locatie	diepte (-mv)	Aangetroffen concentratie (mg/kg)							
B2.2	2,15	4,7	<0,20	18	<5,0	<0,050	5,9	<10	<20
B2.2	5,25	5,2	<0,20	18	<5,0	0,061	7,6	<10	30
B2.2	10,15	<4,0	<0,20	<10	<5,0	<0,050	4,6	<10	<20
B2.2	3,15	7,8	<0,20	19	<5,0	<0,050	8,3	<10	<20
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
B3.1	12,45	<4,0	<0,20	<10	<5,0	<0,050	<4,0	<10	<20
B3.1	8,65	13	0,23	22	7,9	0,054	9,6	15	30
B3.1	14,3	12	<0,20	24	<5,0	<0,050	13	<10	36
B3.1	10	6,1	<0,20	15	<5,0	<0,050	6,2	11	24
B3.1	17,05	<4,0	<0,20	<10	<5,0	<0,050	<4,0	<10	<20
B3.2	5,15	8,3	0,8	41	30	0,63	23	100	160
B3.2	2,15	10	0,71	38	34	0,68	31	98	130

Tabel 5.3: toetsing monsters tweede meetronde aan LAC-waarden voor beweide grasland (in mg/kg). Rood gedrukte concentraties zijn overschrijdingen van de LAC-waarden.

		Arseen	Cadmium	Chroom	Koper	Kwik	Nikkel	Lood	Zink
LAC-waarden		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	0,5	24	0,27	60	14	<0,050	32	25	85
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
G2	12,1	<4,0	<0,20	<10	<5,0	<0,050	<4,0	<10	<20
G2	14,25	16	<0,20	43	6	<0,050	22	14	52
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

#### Conclusie

De kwaliteit van het meetpunt G2 in de leeflaag, kan aanleiding geven voor verder onderzoek naar de kwaliteit van de leeflaag ten behoeve van landbouwkundig gebruik. Op basis van het enkele meetpunt in de leeflaag worden alleen effecten op gewassen (fytotoxiciteit) verwacht. De TGG in het dijklichaam is eveneens 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 voor barium 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 in dezelfde orde grootte. De Interventiewaarde voor grondwater voor kwik 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 in 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 1 é overschrijdt barium in twee meetpunten de Interventiewaarde respectievelijk met een factor 1,02 en 1,09. In meetronde 2 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 een toets gedaan 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 in 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. Aanvullend kan nog worden gemeld dat de gemeten concentraties in meetronde één slechts indicatief kunnen worden gebruikt, 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.

#### 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:

Formatted: Font: Italic

Formatted: Font: Italic

Formatted: Not Highlight

- 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 ~~wordt ruim overschreden (factor 18). Deze risicogrenswaarde~~ 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 zogenaamde ernstig risico-niveau. ~~Omdat voor een minder gevoelig bodemgebruik als industrie echter een minder strenge ecologische toetsing wordt toegepast, is hierbij geen sprake van een urgentie situatie. Aangezien de lood concentratie in een grondwatermonster op een locatie naast de dijk landinwaarts betreft is het de vraag of dit lood afkomstig is vanuit de TGG.~~

#### 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 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.

Het grondwatermonster met 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 somnorm. Wel ligt de concentratie lager dan de risicogrenswaarden van de individuele PAKs.

#### Conclusies

Voor barium en kwik worden op enkele locaties de Interventiewaarden voor 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

Formatted: Font: Italic

concentraties liggen beneden de drinkwaternorm. Bovendien is er geen sprake van consumptie van grondwater als drinkwater. Hierdoor worden er geen onacceptabele gezondheidsrisico's verwacht.

Formatted: Highlight

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 op de locaties waar voor lood de Interventiewaarde wordt overschreden kan het grondwater niet direct (zonder zuivering) als drinkwater kunnen worden gebruikt. Gezien de locatie, waarbij geen intensieve aanwezigheid van mensen is (geen grondingestie 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 aantasting van het grondwaterecosysteem boven het zogenaamde ernstig risico-niveau.

#### *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) (µg/l)			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 (µg/l)	Drempelwaarde (µg/l)*	Factor overschrijding drempelwaarde*	Meetronde	Opmerking
B2.1 (4,50 - 5,50)	arseen	60	18,7	3,2	1	Meeting is indicatief wegens ontbreken rustperiode na plaatsing
B3.1 (9,90-10,90)	nikkel	23	20	1,2	1	Meeting is indicatief wegens ontbreken rustperiode na plaatsing
B1.1 (2,50-3,50)	lood	310	7,4	42	1	Meeting 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 nikkel-concentratie 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<sub>opp</sub>). 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.

Formatted: Highlight

#### 5.1.6 Toetsing grondwater aan referentiewaarden voor landbouwkundig gebruik

Het grondwater in het gebied rondom de dijk in Perkpolder bestaat overwegend uit een zout kwelsysteem. Hierdoor is het grondwater minder geschikt om als sproeiwater of ten behoeve van veedrenking te worden gebruikt. Toch zijn de De-aangetroffen stoffen in de grondwatermonsters uit voorzorg zijn 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 sproeiwatersproeiwater. 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
	EC102 (350-450)	1	770 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)	1	360 mg/l	250 µg/l	
		2	360 mg/l		

Commented [HGe26]: ik schat in dat dit 250 mg/L moet zijn.

Naast een eenmalige geringe overschrijding van de referentiewaarde voor arseen in voor sproeiwater voor arseen 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 is de verminderde opname van koper, waardoor koperbrek kan ontstaan (Rietra en Harmsen, 2005).

### Conclusie

Het grondwatersysteem in Perkpolder is een zout kwelsysteem en daardoor minder geschikt ~~is~~ voor landbouwkundige doeleinden. Op basis van de in Tabel 5.6 getoonde overschrijdingen kan aanvullend worden geconcludeerd ~~worden~~ 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 slootwater van de berm-sloot 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<sup>2</sup> en drie<sup>3</sup> 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 risicogrenzen die wordt gehanteerd voor de onderbouwing van het JG-MKE. Bij de afleiding van de op biota gebaseerde risicogrenzen 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 slootwater 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 zoute kwelsloot zijn de De slootwatermonsters uit voorzorg getoetst zijn niet als de ~~grondwatermonsters 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	Formatted Table	
					JG-MKE	MKE
Sulfaat	1	840 mg/l	250 mg/l	-	-	-
	2	700 mg/l				
	3	390 mg/l				
Zink	5	22 µg/l	250 µg/L	-	7,8 µg/l	15,6 µg/l
Kwik	3	0,075 µg/l	1±0 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 aan de maximale waarden Industrie (wettelijk) en Lokale maximale waarde wonen (lokaal beleid) (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.

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 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.

#### 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

*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

Commented [SW(27)]: Wat wordt bedoeld?

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 rekenkundig 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 15 stoffen geen Maximale emissiewaarden voor grootschalige toepassingen op of in de bodem beschikbaar zijn. Voor deze stoffen kan volgens de van toepassing zijn de 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.

#### *Toetsing aan Maximale emissiewaarden voor niet vormgegeven bouwstoffen*

Om voor de stoffen barium, seleen, bromide, chloride, fluoride en sulfaat toch een indicatie te verkrijgen van de classificatie van de uitloging, zijn de rekenkundig 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.

Deze 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 orde grootte<sup>6</sup>. 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.

De resultaten uit deze toetsing zijn weergegeven in Tabel 5.10. In deze tabel is tevens de mate van overschrijding gegeven. Hieruit is te concluderen dat het rekenkundige gemiddelde van de concentraties bromide de Maximale emissiewaarden voor niet-vormgegeven bouwstoffen met een factor 8 overschrijdt. Bovendien worden de Maximale emissiewaarden voor niet-vormgegeven bouwstoffen licht overschreden voor chloride (factor 1,4) en sulfaat (factor 1,1). Voor de overige drie stoffen overschrijden de rekenkundige gemiddelden van de concentraties de Maximale emissiewaarden voor niet-vormgegeven bouwstoffen niet.

#### Conclusie

Resumerend kan worden geconcludeerd dat, de aangetroffen concentraties voor alle stoffen voldoen aan de Maximale emissiewaarden voor grootschalige bouwstoffen. Echter voor enkele stoffen ontbreken de Maximale emissiewaarden voor grootschalige toepassingen op of in de bodem. Daarom is voor barium, bromide, seleen, fluoride, chloride en sulfaat aanvullend getoetst aan de Maximale emissiewaarde voor niet vormgegeven bouwstoffen. Wettelijk is hiertoe geen verplichting. Uit de aanvullende toetsing blijkt dat uitloging van bromide te hoog is en dat de uitloging van chloride en sulfaat verhoogd zijn. De uitloging van barium, seleen en fluoride is op basis van de huidige metingen op dit moment acceptabel.

<sup>6</sup> 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.

*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
Barium	0,66	22	-
Seleen	0,013	0,15	-
Bromide	153	20	8
Chloride	873	616	1,4
Fluoride	4,4	55	-
Sulfaat	2669	2430	1,1

#### Beoordeling kwaliteit leeflaag

Een grootschalige toepassing moet worden afgedekt met een leeflaag van tenminste 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 echter kwaliteitsteits klasse 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 wonen.**

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 m 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 **drietwee** aan de Maximale waarde voor wonen en **drie-twee** aan de Maximale Waarden voor 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.**

**Commented [SW(28):** Zie ook de opmerking in 2.1.3 waar gesteld wordt dat leeflaag moet voldoen aan Industrie. Dat is dus niet consistent met deze tekst. Moet m.i. Wonen zijn.

**Formatted:** Highlight



Tabel 5.11: concentratie voor de metalen in het grondmonster in de leeflaag en vergelijking met de achtergrondwaarde en de Maximale waarden.

Stof	Concentratie (mg/kg ds)	
Aluminium (Al)	21000	
Antimoon (Sb)	1,05	Lager dan achtergrondwaarde
Arseen (As)	31,52	Voldoet aan Maximale Waarde wonen
Barium (Ba)	57	
Beryllium (Be)	2,205	
Boor (B)		
Calcium (Ca)	55000	
Cadmium (Cd)	0,384	Lager dan achtergrondwaarde
Chroom (Cr)	73,71	Voldoet aan Maximale Waarde wonen
Kobalt (Co)	18,29	Voldoet aan Maximale Waarde industrie
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 wonen
Seleen (Se)	7	
Strontium (Sr)	160	
Tin (Sn)	1,487	Lager dan achtergrondwaarde
Vanadium (V)	96,69	Voldoet aan Maximale Waarde industrie
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 ~~niet worden uitgesloten 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 sulfide vorming 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 ~~en acceptabele negatieve~~ effecten op het (bodem)ecosysteem.

De zuurgraad (pH) van de TGG is sterk atypisch voor de meeste Nederlandse bodems, en atypisch vergeleken met de omringende 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 door 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. ~~Zolang de~~ De leeflaag van klei bovenop de TGG ~~voldoet niet aan de LAC-Waarde voor nikkel. Nikkel is zeer giftig voor planten en weinig toxisch voor mensen en zoogdieren. behouden blijft, is blootstelling voor vee en gewassen beperkt tot een overschrijding van nikkel. Hierdoor is de leeflaag mogelijk ongeschikt voor de beweiding van vee.~~ De ~~beoordeling van de leeflaaguitspraak~~ 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 ~~en acceptabele~~ 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.

Formatted: Font: 10 pt

Ondanks dat er op de locatie in Perkpolder sprake is van een 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 niet zijn uitgesloten 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 zoute kwelsoot en zal daarom waarschijnlijk niet gebruikt worden als drinkwater voor vee.-

#### 5.4.25.4.3 *Uitloging*

Met betrekking tot de uitloging van stoffen uit de dijk naar bodem en grondwater kan worden geconcludeerd dat, de meeste stoffen voldoen aan de gestelde Maximale Emissiewaarden voor grootschalige bodemtoepassingen. 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. Hieruit blijkt dat de uitloging van bromide te hoog is en dat de uitloging van chloride en sulfaat verhoogd zijn. Op basis van de huidige meetgegevens dit moment is de uitloging van barium, seleen en fluoride waarschijnlijk acceptabel, uitgaande van het beleidskader voor niet vormgegeven bouwstoffen.

Formatted: Highlight

## 6 Conclusies en aanbevelingen

In dit hoofdstuk worden vraagsgewijs de conclusies samengevat. Daarna 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).*

Formatted: Font: Not Italic

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 voegebevoegde gezag ook lokaal beleid iopgesteld. Hierin wordt gesteld dat de toepassingeseis kwaliteitsklasse wonen betreft.

Het grondwater dient te voldoen aan de drempelwaarden uit de Grondwaterrichtlijn en het oppervlaktewater moet voldoen aan de milieukwaliteitseisen uit de kader richtlijn water. Beide zijn opgenomen in het Besluit kwaliteitseisen en monitoring water (BKMW 2009). Hiermee wordt invulling gegeven aan de Kaderrichtlijn water.

Vanuit risico-oogpunt is de TGG aanvullend getoetst aan de geldende Interventiewaarden bodem uit de Circulaire bodemsanering, 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. Deze toetsing voor landbouwkundig gebruikvee 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.

Formatted: Highlight

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, anorganische en organische stoffen het geval.

Opvallend is dat in diverse monsters één of meerdere vluchtige organische verontreinigingen worden aangetroffen (zoals toluen en benzeen). Gezien de thermische behandeling worden deze verontreiniging 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 aanleg van 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 pHzuurgraad van de TGG laag zijn. De beoordeling is gedaan op basis van een toetsing aan een norm voor werknemers voor CaO/Ca(OH)<sup>2</sup>. Ten tijde van blootstelling aan het TGG-stof kan er sprake zijn geweest van kortdurende irritatie die geen blijvend effect veroorzaakt;
- de gezondheidsrisico's voor volwassenen en kinderen door de blootstelling aan (verontreinigingen in) de TGG, verwaarloosbaar zijn;
- Op basis van de beschikbare informatie, het niet mogelijk is om de hoeveelheid stof ten tijde van de werkzaamheden te voorspellen en daarmee de gezondheidseffecten van fijn stof te kwantificeren. Wel is bekend dat bij blootstelling aan fijn stof ook beneden de huidige grenswaarden gezondheidseffecten kunnen optreden en dat er een verhoogde blootstelling van omwonenden heeft plaatsgevonden tijdens de werkzaamheden aannemelijk is. Hiermee zijn kunnen (tijdelijke) gezondheidseffecten als gevolg van de werkzaamheden niet uitgesloten optreden.

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

- de dijk na afronding van de werkzaamheden aanleg is afgedekt met een kleilaag-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 zuurgraad (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) toluen, benzeen, minerale olie (som C10-C40) chroom en nikkel aangetroffen. Daarnaast voldoet de TGG voor enkele bestrijdingsmiddelen (alfa- en beta-HCH en som drins) aan de kwaliteitsklasse industrie. Daarnaast is de pH-zuurgraad van TGG is hoger is dan de pH-zuurgraad in de meeste Nederlandse bodems, en verschilt van de omringende 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 direct contact of uitloging naar oppervlaktewater niet worden uitgesloten.

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 kwaliteit van de leeflaag wordt onvoldoende geacht voor gebruik als landbouwgrond of beweid grasland beweiding wegens een overschrijding van nikkel. Nikkel is zeer giftig voor planten en weinig toxisch voor mensen en zoogdieren. De ongeschiktheid zit hem dan ook in de beperkte groei van planten en niet in de toxiciteit voor dieren. Deze toetsing voor landbouw is zeer beperkt omdat de uitspraak gebaseerd is op slechts één monsterpunt. Om deze conclusie verder te staven is aanvullend onderzoek en monitoring van de leeflaag over de gehele lengte van de dijk noodzakelijk.

##### Grondwater

In grondwater onder de dijk zijn de concentraties barium, lood, kwik en PAK 10 en Ftalaten (totaal) hoger dan de Interventiewaarde. Omdat de gehanteerde Interventiewaarde 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 grondwaterplaats voor de consumptie van drinkwater. Hierdoor zijn gezondheidseffecten als gevolg van consumptie uitgesloten.

Bij toetsing van het grondwater aan de drempelwaarden uit de Grondwaterrichtlijn BKMW, blijken arseen, nikkel en lood niet te voldoen

Formatted: Highlight

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.

In Perkpolder is sprake van een overwegend 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 arsen 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*

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 zijn daarom niet uitgesloten. 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 in oppervlaktewater.

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

De beoordeling van het Ook voor oppervlaktewater is de beoordeling gebaseerd op één monsterpunt welke driemaal besmonsterd 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.

#### *Uitloging*

De meeste stoffen in de TGG voldoen aan de gestelde Maximale Emissiewaarden voor grootschalige bodemtoepassingen. 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. De uitloging van bromide is te hoog en de uitloging van chloride en sulfaat is verhoogd. Op basis van de huidige meetgegevens is de uitloging van barium, seleen en fluoride waarschijnlijk acceptabel.

## **6.2 Aanbevelingen**

### *6.2.1 Aanvullend onderzoek*

Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van de analysegegevens zoals deze tot het moment van schrijven beschikbaar waren.

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. [Daarnaast is het geohydrologisch onderzoek van Deltares nog niet afgerond. Ondiepe metingen in de eerste zandlaag geven aan dat er sprake is van opbolling van freatisch water in de dijk, mogelijk ontstaan door percolatie van water door de bovenkant of zijkant van de dijk. Zie bijlage J van Deltares milieutechnisch onderzoek april 2018. Er is aanvullend onderzoek nodig naar de percolatie van water door de dijk.](#)

Met betrekking tot de samenstelling van de dijk en het gebruik voor landbouwdoeleinden is een ~~monsternamenlijst over spreiding over~~ de gehele lengte van de dijk noodzakelijk. 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 en de mate van uitloging wordt geadviseerd het reeds geplande monitoringsprogramma langdurig door te zetten. Daarmee kan voor de langere termijn worden beoordeeld of er sprake is van een toename of afname van stofconcentraties. Als tracer voor de uitloging kan gebruikt worden gemaakt van de stof bromide. Deze heeft namelijk een duidelijk 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.

#### 6.2.3 *Gebruiksbeperking en leeflaag*

De kwaliteit van het grondwater en het oppervlaktewater [en de zoute kwelsituatie](#) beperkt het landbouwkundig gebruik (veedrenking). Het wordt ~~dan ook~~ ontraden om 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 0,5m) in stand wordt gehouden is er geen blootstelling en ~~dit~~ zijn er geen gezondheidsrisico's te verwachten. Eerder werd al geadviseerd om aanvullende monsters in de leeflaag te nemen om te controleren of deze over de gehele lengte voldoet aan de gestelde kwaliteitseisen voor toepassing in grootschalige toepassingen en voor landbouwkundige gebruik.

VERTROUWELIJK

## Referenties

Berg, R. Van den 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

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). Handrijking Besluit bodemkwaliteit. Senter Novem/  
Bodem+.

Formatted: English (United States)

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 rapnr. 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 rapnr. 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 rapnr. 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 'Fijn stof', 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 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 rapnr. 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](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: Quickscan. Actualisatie advies mei 2005. Rijksinstituut voor volksgezondheid en milieu (RIVM), Bilthoven, Nederland. RIVM rapnr. 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. Rapportnr. 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.

Korcz M., J., 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 rapnr. 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 landbouwbodem van Zeeuwsch Vlaanderen. 2<sup>de</sup> Herziening. <https://www.zeeuwsbodenvenster.nl/sites/zl-bodenvenster/files/notabodembeheer-zeeuws-vlaanderen-23-12-2015-hoofdtekst.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).

Van Meurs G., Van der Star W., (2018). Managementsamenvatting milieukundigonderzoek TGG

Formatted: Dutch (Netherlands)

Formatted: French (France)

Formatted: English (United States)

Formatted: Superscript

Formatted: Font: 10 pt

Formatted: Normal

Formatted: Font: 10 pt, Not Bold

Formatted: Font: 10 pt, Not Bold

Formatted: Font: 10 pt

Perkpolder. Deltares, Delft, Nederland. Kenmerk: 11200482-000-GEO-0010

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> (geraadpleed 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. Alterra-rapport 1442.

Min VenW, (1998). Vierde nota waterhuishouding regeringsbeslissing. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag, Nederland.

Rietra, R.P.J.J. en Harmsen, . (2005) Geochemie van molybdeen in relatie tot (water)bodemkwaliteit, gewaskwaliteit en diergezondheid. Wageningen, Alterra, 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 rapnr. 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 rapnr. 607406001.

Formatted: English (United States)

SCOEL (2008). Recommendation from the Scientific Committee on Occupational Exposure Limits for Calcium oxide (CaO) and calcium hydroxide (Ca(OH)<sub>2</sub>). European Scientific Committee on Occupational Exposure Limits. (<http://www.ser.nl/documents/43945.pdf> (geraadpleegd 15-03-2018)

Field Code Changed

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, 2007. Besluit van 22 november 2007, houdende regels inzake de kwaliteit van de bodem.  
<https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stb-2007-469.html#IDA1RFS> (geraadpleegd op 13-02-2018)

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)

Field Code Changed

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 rapnr. 711701043.

Verbruggen, E.M.J., Herwijnen, R. van, Smit, C.E. (2015) Derivation of a water-based quality standard for secondary poisoning of mercury. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven, Nederland. Briefrapportnr. 2015-0058.

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](#)

Formatted: Font: (Default) Verdana, 10 pt, Not Bold

Formatted: Font: (Default) Verdana, 10 pt, Not Bold

Formatted: Font: (Default) Verdana, Not Bold

Formatted: Font: (Default) Verdana

Formatted: Font:

Formatted: RIVM\_Standaard

▲ 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 rapnr. 609400006.

Bijlage 1: Resultaten CSOIL model

VERTROUWELIJK

VERTROUWELIJK