

Dienst Landelijk Gebied  
Ministerie van Economische Zaken  
[redacted] 10.2e  
Postbus 6  
4460 AA GOES

|                                     |  |                                   |
|-------------------------------------|--|-----------------------------------|
| <b>Datum</b><br>13 juni 2014        | <b>Ons kenmerk</b><br>1209989-000-GEO-0003 | <b>Aantal pagina's</b><br>9       |
| <b>Contactpersoon</b><br>[redacted] | <b>Doorkiesnummer</b><br>[redacted]        | <b>E-mail</b><br>[redacted] 10.2e |
|                                     |  | <b>Versie</b><br>2                |

**Onderwerp**  
Thermisch gereinigde grond Natuurcompensatie Perkpolder

Geachte heer [redacted], 10.2e

Hierbij doen wij u de definitieve versie van onze bevindingen en advies toekomen betreffende de toepassing van thermische gereinigde grond (TGG) ten behoeve van het project 'Natuurcompensatie Perkpolder'.

Naast enkele (kleine) tekstuele aanpassingen zijn, op verzoek van de heer [redacted], twee relevante emails als bijlage bijgevoegd. Tevens is een globale kostenraming bijgevoegd ten behoeve van een mogelijk vervolg, waarbij in eerste instantie onderzocht en aangegeven zal worden welk onderzoek op dit moment het beste voor het project Perkpolder op de aldaar toegepaste TGG uitgevoerd kan worden. 10.2e

## 1 Inleiding / algemeen

### 1.1 Probleemstelling

Ten behoeve van het project 'Natuurcompensatie Perkpolder' heeft Rijkswaterstaat een partij thermisch gereinigde grond aangeboden gekregen. Om meer zekerheid te krijgen ten aanzien van de eigenschappen van het materiaal en de toepassingsmogelijkheden is Deltares gevraagd hierin te adviseren. Het betreft een eerste verkennend onderzoek.

Het ligt in de bedoeling het materiaal toe te passen als kernmateriaal in een dijklichaam ter vervanging van normaliter toegepaste materialen zand en klei. Omdat het materiaal niet in leidraden (voor waterkeringen) genoemd wordt is aanvullend advies gewenst.

Er zijn wel enkele gegevens en parameters van het materiaal bekend, maar op basis daarvan kan niet met voldoende zekerheid vastgesteld worden dat het materiaal voldoende geschikt is voor de beoogde en mogelijk andere, meer generieke toepassing(en), binnen Rijkswaterstaat-projecten.



Datum  
13 juni 2014

Ons kenmerk  
1209989-000-GEO-0003

Pagina  
2/9

Ten behoeve van het onderzoek is d.d. 25 april 2014 door de Dienst Landelijkgebied (Ministerie Economische Zaken) aan Deltares opdracht verleend met kenmerk KGZE/2014/13771.

In het onderzoek komen de volgende aspecten aan de orde:

- Toepassingsmogelijkheden en relevante parameters van het materiaal.
- Beoordelen van de geschiktheid van het materiaal op basis van uit de literatuur bekende gegevens.
- Advies ten aanzien van toepassing, voor-/en nadelen, hiaten en witte vlekken en op welke wijze deze zo nodig ingevuld kunnen worden.

Voor wat betreft de toepassings mogelijkheden beperkt deze notitie zich tot de fysische eigenschappen van het materiaal. Aangenomen wordt dat, gezien het reinigingsproces, het aangeboden materiaal ook voldoet aan toepassing vanuit milieutechnische eisen en milieuwetgeving.

## 1.2 Beschikbare informatie

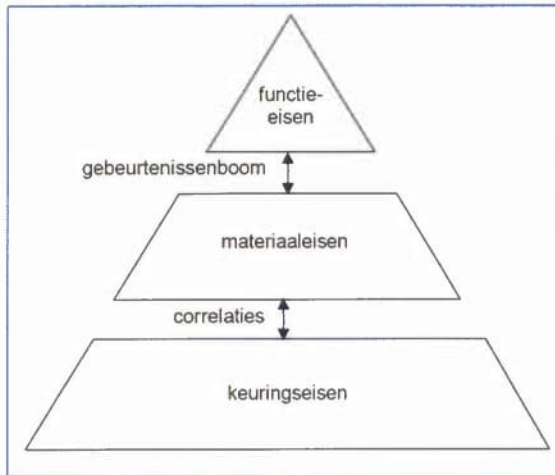
Ten behoeve van het onderzoek is gebruik gemaakt van onder meer de volgende gegevens:

- [1] CUR-publicatie 89-1; Toepassing van alternatieve materialen in de waterbouw, Literatuurstudie, 1989
- [2] CROW-publicatie 121, Ophogingen en ophoogmaterialen; 1997
- [3] CROW-publicatie 281, Materialen in (constructieve) ophogingen en aanvullingen; richtlijn ter beoordeling van alternatieven voor zand.
- [4] Artikelen-serie Land en Water 2006-08/-10/-11; Nieuwe materialen toepassen met oude kennis; deel 1, 2 en 3.
- [5] Fugro, Memo Laboratoriumonderzoek ATM-zand, d.d. 19 oktober 2011, ref.: 1711-0026-000.M01.
- [6] Deltares project 1206375; Specialistische ondersteuning in DO-fasen Noordwaard.
- [7] Internet, [www.bodemrichtlijn.nl](http://www.bodemrichtlijn.nl); thermische reiniging grond, constructief gedrag, materiaal eigenschappen, bouw- en afvalstoffen.

Daarnaast is gebruik gemaakt van bij Deltares beschikbare expert-kennis.

## 2 Methode van onderzoek

Het onderzoek is voornamelijk gebaseerd op literatuurgegevens en aanwezige ervaringen en expert-kennis van Deltares. Verder is gebruik gemaakt van de beoordelingsmethode, die in de jaren 90 is ontwikkeld door RWS/CUR/CROW (CUR 89-1, CROW-121 en CROW 281). Deze methode is gebaseerd op een door Rijkswaterstaat ontwikkelde eisenpiramide.



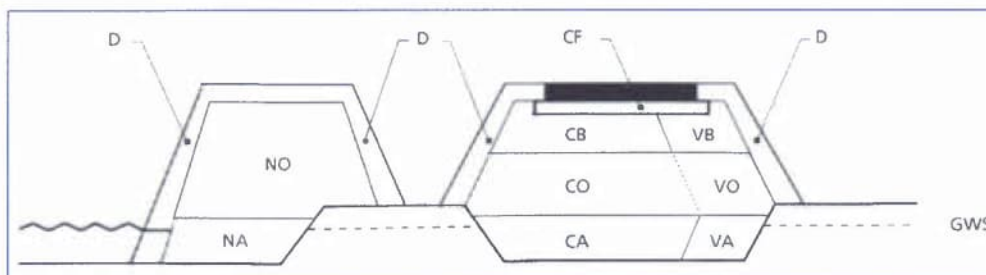
Figuur 2.1 Eisenpiramide in vereenvoudigde vorm

Het vertrekpunt zijn de functie-eisen vanuit een bepaalde toepassing. Verdere uitwerking voor een bepaald type constructie leidt vervolgens tot een lijst materiaaleisen, die bijdraagt tot het vervullen van de functie-eisen; bijvoorbeeld: schuifweerstand, doorlatendheid, zetting/klink e.d. De onderste laag bestaat tenslotte uit keuringseisen, zowel vooraf als tijdens de werkzaamheden. Hiermee wordt een beheerste uitvoering mogelijk; bijvoorbeeld het keuren van de gestelde eisen aan de korrelverdeling of de verdichting van het verwerkte materiaal.

Ten aanzien van de betreffende constructie onderdelen, waaraan eisen gesteld kunnen worden, wordt een uniforme indeling gehanteerd. Grond kan daarbij toegepast worden als:

- constructieve aanvullingen of ophogingen (wegen, dijken e.d.)
- niet constructieve aanvulling of ophoging (bijvoorbeeld geluidswallen)
- afdek- of bermgrond
- deklaag en kernmateriaal bij dijken.

Daarnaast kan ook nog een grondverbetering voorkomen (= aanvulling) en specifiek bij dijken een toplaag en filtermateriaal. De betreffende constructie onderdelen zijn in Figuur 2.2 en Figuur 2.3 weergegeven.



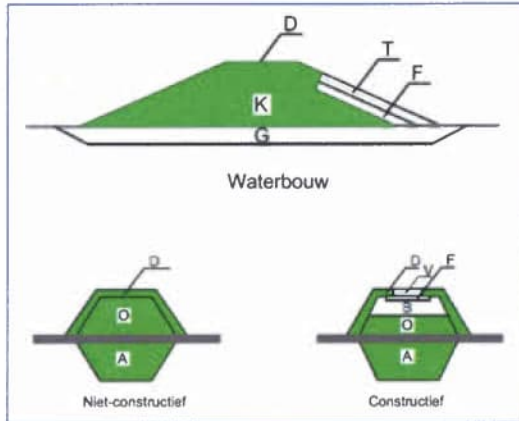
Figuur 2.2 Schematische weergave constructie onderdelen (1) (bron: CROW 281)



Datum  
13 juni 2014

Ons kenmerk  
1209989-000-GEO-0003

Pagina  
4/9

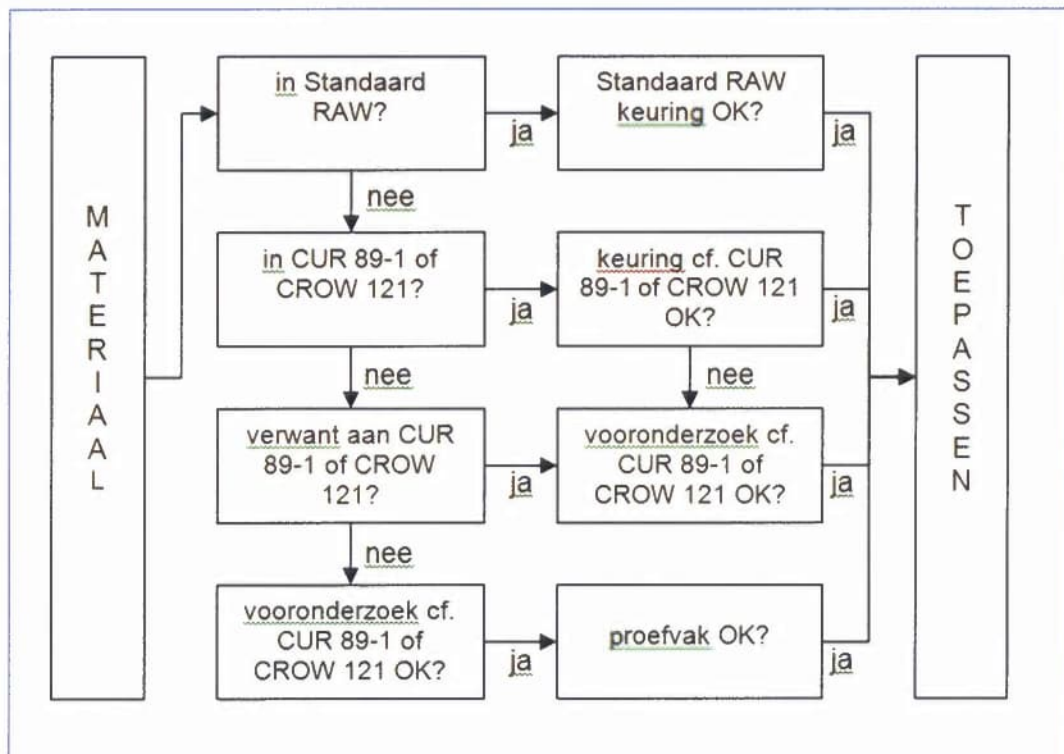


- C = constructief
- N = niet constructief
- A/G = aanvulling / grondverbetering
- O/K = ophoging / kernmateriaal (i.g.v. waterkeringen)
- V = verbreding (fig. 2.2) of verharding (fig. 2.3)
- D = deklaag
- B = belasting spreidende laag (m.n. wegen)
- F = funderingslaag of filterlaag (m.n. waterkeringen)
- T = toplaag (talusbekleding, ter bescherming onderliggend constructiemateriaal)

Figuur 2.3 Schematische weergave constructie onderdelen (1) (bron: CUR 89-1/ Bodemrichtlijn)

Het succes van de methode valt of staat met het vaststellen van de relaties tussen functie-eisen, materiaaleisen en keuringseisen.

Om te voorkomen dat, voor elke toepassing van een niet-standaard-materiaal uitgebreid laboratorium- en praktijkonderzoek, gedaan moet worden biedt bovengenoemde aanpak uitkomst. Een en ander is weergegeven in onderstaand stroomschema. Een en ander is tevens weergegeven in onderstaand stroomschema. Daarbij kan, afhankelijk van het materiaal en ervaringen meer of minder onderzoek nodig zijn.



Figuur 2.4 Stroomschema voor snelle beoordeling materialen.



**Datum**  
13 juni 2014

**Ons kenmerk**  
1209989-000-GEO-0003

**Pagina**  
5/9

De beoordeling van de geschiktheid van het materiaal (TGG) is gebaseerd op bovenstaande beoordelingsmethoden en uit literatuur bekende gegevens (zie paragraaf 1.2, Beschikbare informatie). TGG valt hierbij in de categorie: 'verwant aan CUR 89-1 of CROW 121'. In beide documenten komt het materiaal niet voor. In CROW 281 wordt TGG wel (erg summier) behandeld.

## 3 Resultaten onderzoek

### 3.1 Thermisch gereinigde grond

Thermisch gereinigde grond (TGG) wordt verkregen door verontreinigde grond eerst te drogen (verwijderen van het water). Vervolgens worden door thermische verhitting de verontreinigende stoffen vanaf/uit de bodembestanddelen verwijderd. Daarbij verdampt alle organisch verontreinigende stof. De anorganische verontreinigende stoffen (zware metalen, m.u.v. kwik en cyanide) verdwijnen echter niet. Opgemerkt wordt dat kleihoudende thermisch gereinigde grond een beter uitlooggedrag heeft, door een betere binding van zware metalen. Behalve de organische fractie verandert de samenstelling van de grond verder niet.

Er dient onderscheid gemaakt te worden in thermisch gereinigde grond, zand en granulaat. De voorwaarden voor toepassing, met name ook uit milieukundige overweging, worden mede bepaald door de reinigbaarheid van de grond, die onder andere afhankelijk is van de fysische en chemische samenstelling van de betreffende/aangeboden partij grond. Deze notie beperkt zich tot de toepassing vanuit fysische eigenschappen en samenstelling.

De uiteindelijke (civieltechnische) kwaliteit van TGG is sterk afhankelijk van de oorspronkelijke soort grond en samenstelling, de aanwezige verontreinigingen en de reinigingsmethode.

### 3.2 Toepassingsmogelijkheden en relevante parameters

Uit praktijk ervaringen blijkt, dat de toepasbaarheid van TGG niet zozeer bepaald wordt door fysische eisen, maar met name door de aanwezigheid van zware metalen en vergunningstechnische eisen voor organisch verontreinigende stoffen.

In het algemeen wordt TGG toegepast: in de wegenbouw (ophoogmateriaal), in geluidswallen, in de beton- en asfaltindustrie en op stortplaatsen (als afdek- of tussenlaag).

Toepassing in waterkeringen heeft, voor zover bekend, in Nederland nog niet plaatsgevonden. In Tabel 3.1 is aangegeven in welke constructie-onderdelen TGG in principe toepasbaar is.





Datum  
13 juni 2014

Ons kenmerk  
1209989-000-GEO-0003

Pagina  
6/9

| Wegen                     |                      |                        |         | Bouwrijp maken               |                                |                               |
|---------------------------|----------------------|------------------------|---------|------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| VB/CB                     | VO/CO                | CA/VA                  | D       | NO                           | NA                             | CS                            |
| belasting-spreidende laag | ophoging boven water | aanvulling onder water | deklaag | ophoging tuinen/groenstroken | aanvulling tuinen/groenstroken | ondergrond fundering op staal |
| mogelijk                  | ja*                  | nee                    | nee     | nee                          | nee                            | ja*                           |

| Geluidswallen        |                        |         | Landschapsarchitectuur |                        |         | Stortplaats |
|----------------------|------------------------|---------|------------------------|------------------------|---------|-------------|
| NO                   | NA                     | D       | NO                     | NA                     | D       | D           |
| ophoging boven water | aanvulling onder water | deklaag | ophoging boven water   | aanvulling onder water | deklaag | deklaag     |
| ja*                  | nee                    | nee     | ja*                    | nee                    | nee     | nee         |

ja\* Het materiaal is civieltechnisch toepasbaar, maar voldoet niet zonder aanvullende maatregelen aan de vigerende milieukundige wetgeving.

Tabel 3.1 Toepassingsgebieden voor thermisch gereinigde grond (bron: CROW 281)

Voor een dijklichaam betekent dit dat het materiaal vermoedelijk alleen toepasbaar zou kunnen zijn als kernmateriaal, of als ophoogmateriaal van een stabiliteitsberm. Dit dient formeel echter nog vastgesteld te worden op basis van een vergelijking van de eisen met de eigenschappen. Relevant constructief gedrag, voor zowel de uitvoeringsfase als de gebruiksfase, wordt daarbij met name bepaald door:

- De begaanbaarheid (draagkracht)
- De totaalstabiliteit
- Squeezing
- Kruip
- De volumevastheid (mechanisch (kruip), vertering, aantasting, klimaatbestendigheid (vorst))
- Het waterdoorlatend vermogen
- De duurzaamheid (verbrijzelingsgevoeligheid, vorst- en vochtgevoeligheid, zoutbestendigheid)
- Het uitlooggedrag (vanuit milieukundig aspect)

Relevante parameters voor de beoogde toepassing in waterkeringen zijn daarbij:

- Het evenwichtsdragvermogen c.q. de sterkte ofwel weerstand tegen afschuiven; (cohesie, inwendige wrijvingshoek;  $c$ ,  $\phi$ )
- De waterdoorlatendheid (vergelijkbaar met een klei- of zandkern bij dijken); (doorlatendheid,  $k$ )
- De vormvastheid (volumevastheid), deze is mede afhankelijk van de verdichting en het watergehalte; (elasticiteitsmodulus,  $E$ )
- Kruip/zettingsgedrag van het materiaal; (samendrukbaarheid, NEN,  $abc$ )



Deze parameters worden met name bepaald door de samenstelling en de korrelverdeling van het materiaal, het watergehalte en de mate van verdichting.

### 3.3 Kenmerkende eigenschappen

Zoals aangegeven in paragraaf 3.1 zijn de eigenschappen van TGG sterk afhankelijk van het oorspronkelijke materiaal en de reinigingsmethode. In het algemeen (bron CROW 281 / [www.bodemrichtlijn.nl](http://www.bodemrichtlijn.nl)) is gebleken dat:

- De korrelverdeling meestal voldoet aan die van zand voor ophogingen en aanvullingen
- Het materiaal is 'steriel' door verbranding van vrijwel alle organische bestanddelen. Hierdoor is de grond ongeschikt voor begroeiing. Voor sommige civieltechnische toepassingen kan dit positief zijn.
- Het materiaal heeft een hydrofoob karakter, waardoor het lastig is te verdichten, vooral in natte omstandigheden. Ook bemoeilijkt dit het bepalen van de verdichtingsgraad. Daarbij moet opgemerkt worden dat in laboratorium omstandigheden verdichting vaak wel goed mogelijk is omdat water dan wel goed met het materiaal gemengd kan worden.
- Door het vaak hoge percentage deeltjes  $< 63 \mu\text{m}$  is TGG is vaak veel gevoeliger voor vocht dan ongereinigde grond, vergelijkbaar met leem.
- Bij een te natte verwerking kunnen korrels uit elkaar vallen en 'verpappen'.
- Een hoog vochtgehalte kan er toe leiden dat verwerking en verdichting niet goed mogelijk zijn.
- TGG blijkt in het algemeen een lagere stijfheid te hebben dan ongereinigde grond.

Het is opmerkelijk, dat aangegeven wordt dat er reeds jarenlange ervaring met toepassing van het materiaal is (ophogingen, geluidswallen e.d.), maar dat er relatief weinig beproefde fysische parameters bekend zijn. Recentelijk is het materiaal toegepast binnen het Ruimte voor de Rivier project 'Noordwaard'. Besloten is het daar alleen toe te passen in wegen en kaden, en niet in agrarische terpen en in particuliere woonterpen. De reden hiervoor is dat thermisch gereinigde grond problemen kan geven met de afwatering en bomen hierin slecht kunnen wortelen. Een dikkere afdeklaag kan dan een optie zijn, maar dat is economisch en uitvoeringstechnisch niet aantrekkelijk.

In de bestudeerde rapportages wordt verder geen melding gemaakt van mechanische eigenschappen, classificatie-eigenschappen en/of toestandseigenschappen.

Wel is een literatuurverwijzing aangetroffen naar: Memo Thermisch gereinigde grond, CNW-ONO-G-1194v0a, Combinatie Noordwaard, 03-05-2012. Deze memo bevat mogelijk relevante informatie.

Indien het stroomschema uit Figuur 2.4 gevolgd wordt, dan blijkt dat het materiaal wel in CROW121/281 genoemd wordt, maar dat het vooralsnog voornamelijk ontbreekt aan concrete fysische parameters om een goede beoordeling te kunnen uitvoeren.

In de aangeleverde rapportage van Fugro [5], is wel een partij thermisch gereinigde zand op relevante parameters in het laboratorium onderzocht (zie paragraaf 3.4).

### 3.4 Memo Fugro ATM-zand [5]

Het door Fugro onderzochte materiaal betreft een partij thermisch gereinigde zand. Er is niet duidelijk of bekend in hoeverre dit thermisch gereinigde zand qua samenstelling afwijkt van de





Datum  
13 juni 2014

Ons kenmerk  
1209989-000-GEO-0003

Pagina  
8/9

thermisch gereinigde grond, die bij het project 'Natuurcompensatie Perkpolder' toegepast wordt. Het door Fugro onderzochte thermisch gereinigde zand is beoordeeld op de RAW-eisen voor zand in ophoging. Hiertoe zijn de volgende parameters bepaald:

- samenstelling; korrelverdeling; 2  $\mu\text{m}$ , 63  $\mu\text{m}$  en 2 mm
- humusgehalte; d.m.v. gloeiverlies
- verdichtingsgraad; d.m.v. proctorproeven
- schuifsterkte; d.m.v. triaxiaalproeven.

Uit het uitgevoerde onderzoek en de analyse blijkt dat de betreffende (onderzochte) partij qua korrelverdeling ruimschoots voldoet aan de eisen die gelden voor zand in aanvulling.

Voor zover is na te gaan zijn de proeven correct uitgevoerd, en daarmee ook de laboratoriumresultaten.

Op gemerkt moet wel worden, zoals in paragraaf 3.3 is aangegeven, dat de laboratorium omstandigheden, zeker waar het betreft het watergehalte, wezenlijk anders kunnen zijn dan in de praktijk.

## 4 Advies

Op basis van bovenstaande gegevens en bevindingen wordt vooralsnog geadviseerd om de aangeboden partij thermisch gereinigde grond (TGG) voor de beoogde toepassing als kernmateriaal in een dijklichaam bij het project: 'Natuurcompensatie Perkpolder', zonder nader onderzoek niet toe te passen.

Er zijn vooralsnog te weinig gegevens en ervaringen voorhanden die toepassing rechtvaardigt. Gezien het feit, dat TGG reeds veelvuldig in ophogingen, geluidswallen e.d. is toegepast, mag verwacht worden dat het materiaal, onder bepaalde omstandigheden, ook in constructieonderdelen van een waterkering toegepast kan worden. Dit zou dan de toepassing als kernmateriaal in de dijk of als ophoogmateriaal van een (stabiliteits)berm kunnen betreffen. De betreffende laag dient altijd van een afdeklaag te worden voorzien.

Het door Fugro uitgevoerde onderzoek naar een partij thermisch gereinigd zand geeft weliswaar een positieve bevestiging, maar daarbij moet enerzijds opgemerkt worden dat het hier thermisch gereinigd zand betreft, dat mogelijk qua samenstelling aanzienlijk afwijkt van thermisch gereinigde grond. Anderzijds wijken de laboratoriumomstandigheden mogelijk ook teveel af van de praktijkomstandigheden.

Mede gezien het feit dat het materiaal reeds veelvuldig is toegepast wordt geadviseerd om, naast meer laboratoriumonderzoek en/of (materiaal)gegevens, ook meer ervaringsgegevens en praktijk metingen/gegevens te verzamelen en/of meer onderzoek hiernaar te verrichten. Dit is met name ook noodzakelijk voor een robuuste onderbouwing van de beoogde toepassing in waterkeringen. Een dergelijk onderzoek dient zich met name te richten op:

- de herkomst en oorspronkelijke samenstelling van een partij toe te passen TGG
- de samenstelling van het materiaal na thermische reiniging
- de uiteindelijke sterkte en vormvastheid van het materiaal in de praktijk



**Datum**  
13 juni 2014

**Ons kenmerk**  
1209989-000-GEO-0003

**Pagina**  
9/9

- de verwerkbaarheid van het materiaal en de behaalde verdichting; dit is mede afhankelijk van het watergehalte
- de doorlatendheid van het materiaal.

Tevens dient gekeken te worden of er mogelijk negatieve effecten zijn van een dergelijke steriele aanvulling (slecht begroeibaar) op de begroeibaarheid van de bovenliggende deklaag. Dit zal afhankelijk zijn van de benodigde worteldiepte.

Tot slot wordt geadviseerd om in ieder geval kennis te nemen van de notitie die, in het kader van het project 'Noordwaard', door de betreffende aannemerscombinatie is opgesteld: 'Memo Thermisch gereinigde grond, CNW-ONO-G-1194v0a', Combinatie Noordwaard, 03-05-2012.

Wij vertrouwen erop u hiermee voldoende te hebben ingelicht.  
Met vriendelijke groet,



10.2e





10.2e

Kopie aan 



10.2e

**Bijlage(n)**

- 1 Email TGG  09-06-2014.pdf 10.2e
- 2 Email TGG 28-05-2014.pdf
- 3 Kostenraming vervolgwerkzaamheden