JAARGANG 24 NUMMER 2 JUNI 2020

GEOkunst

ONAFHANKELIJK VAKBLAD
VOOR GEBRUIKERS VAN
GEOKUNSTSTOFFEN

WATERBERGING IN VERHARDINGSCONSTRUCTIES

TOEPASSING VAN GEOKUNSTSTOFFEN IN DE GROND-, WEG- EN WATERBOUW: KENNISDELING WERKT BETER

GEOKUNST WORDT MEDE MOGELIJK GEMAAKT DOOR:

Sub-Sponsors

Low & Bonar
Progress through performance

Low & Bonar
Westervoortsedijk 73
6827 AV Arnhem
Tel. +31 (0) 85 744 1300
Fax +31 (0) 85 744 1310
info@lowandbonar.com
www.lowandbonar.com

NAUE

NAUE GmbH & Co. KG
Gewerbestr. 2
32339 Espelkamp – Germany
Tel. +49 5743 41-0
Fax +49 5743 41-240
info@naue.com
www.naue.com

TENCATE
materials that make a difference

TenCate Geosynthetics
Netherlands BV
Europalaan 206
7559 SC HEengelo
service.nl@tencategeo.com
www.tencategeo.eu

Mede-ondersteuners

enviro QUALITY CONTROL BV

Enviro Quality Control B.V.
Daalseweg 1-B
3611 AA Oud-Zuilen
Tel. +31 (0)30 244 1404
mail@enviro-quality-control.nl
www.eqc.nu

Strukton Civiel

Strukton Civiel Regio West
Scharwoude 9
1634 EA Scharwoude
Tel. +31 (0)229 54 77 00
info@struktonciviel.com
www.strukton.com

De collectieve leden van de NGO zijn:

CDR International BV, Rijssen
Cofra B.V., Amsterdam
Deltares, Delft
Enviro Quality Control BV, Maarssen
Fugro NL Land B.V., Leidschendam
Genap BV, 's Heerenberg
Geopex Products (Europe) BV, Gouderak
GeoTec Solutions BV, Culemborg
GID Milieutechniek, Velddriel
Huesker Synthetic BV, Rosmalen
InfraDelft BV, Delft
Juta Holland BV, Oldenmarkt
Kiwa NV, Rijswijk
Kwast Consult, Houten
Low & Bonar, Arnhem
Movares Nederland BV, Utrecht
Naue GmbH & Co. KG, Espelkamp
Prosé Geotechniek BV, Leeuwarden
Quality Services BV, Bennekom
Robusta BV, Genemuiden
Rijkswaterstaat, Utrecht
S&P Clever Reinforcement Company Benelux, Aalsmeer
Strukton Civiel, Scharwoude
Stybenex, Nijmegen
T&F Handelsonderneming BV, Oosteind
Ten Cate Geosynthetics Netherlands BV, Nijverdal
Tensar International, 's-Hertogenbosch
Terre Armee BV, Waddinxveen
Witteveen + Bos, Deventer

Enka® Solutions

EnkaGrid® & EnkaMat®

Grondwapening en erosiebescherming
bij waterkeringen en dijkversterkingen

Low & Bonar

Low & Bonar
Westervoortsedijk 73, 6827 AV Arnhem | T +31 85 744 1300
lowandbonar.com/civilengineering | civilengineering@lowandbonar.com

VAN DE REDACTIE

BESTE GEOKUNSTLEZERS,

De Nederlandse Geotextiel Organisatie (NGO) zet al jaren in op kennis delen en beschikbaar stellen. De Geokunst is een van onze mogelijkheden om nieuwe toepassingen of producten onder de aandacht te brengen.
Om het bereik hiervan nog groter te maken zullen we deze artikelen ook gaan delen via onze LinkedIn: *www.linkedin.com/company/ngo-nederlandse-geotextiel-organisatie*
Volg ons daar ook voor aankondigingen en om je aan te melden voor bijeenkomsten.

In deze editie van de GeoKunst aandacht voor een van onze meest recente bijeenkomsten, de kennismiddag samen met Rijkswaterstaat en Prorail.
Rijkswaterstaat is sinds 2019 lid van de NGO om ontwikkelingen te volgen en verdieping te zoeken. Iwan Klein van Rijkswaterstaat geeft het nut van deze dag aan, met als thema, 'kennisdeling werkt beter'. Tijdens deze middag was direct de toegevoegde waarde te zien, met open discussies en beter inzicht in de mogelijkheden en de vragen vanuit de markt.

Het eerste artikel van deze editie gaat over waterberging in verhardingsconstructies. Een pilot project in Amsterdam waar onder een trambaan een waterberging is gecreëerd. Een mooi voorbeeld van een nieuwe oplossing en het delen van de kennis die tijdens dit project is opgedaan.

Veel leesplezier met deze GeoKunst,

Jeroen Ruiter
Eindredacteur GeoKunst

COLOFON

Geokunst wordt uitgegeven door de Nederlandse Geotextielorganisatie. Het is bedoeld voor beleidsmakers, opdrachtgevers, ontwerpers, aannemers en uitvoerders van werken in de grond-, weg- en waterbouw en de milieutechniek. Geokunst verschijnt vier maal per jaar en wordt op aanvraag toegezonden.

Eindredactie **J. Ruiter**
Tekstredactie **J. van Deen**
Redactieraad **A. Bezuijen**
P. van Duijnen
M. Duškov
S. van Eekelen
P. ter Horst
Productie **Uitgeverij Educom**

Een abonnement kan worden aangevraagd bij:
Nederlandse Geotextielorganisatie (NGO)
info@ngo.nl
www.ngo.nl

Youri Dirne
AquaBASE

Marco Hazenkamp
TenCate Geosynthetics

WATERBERGING IN VERHARDINGSCONSTRUCTIES

Amsterdam Rainproof
elke druppel telt

Inleiding

Door klimaatverandering krijgen we vaker en heviger te maken met wateroverlast en overstromingen, of juist met hitte en droogte. Dat levert risico's en het is van groot belang dat Nederland zich aanpast aan deze veranderingen. Als we niets doen, kan aanzienlijke schade in onze steden en het landelijk gebied optreden. Stortbuien en langdurige neerslag zullen naar verwachting overal wateroverlast veroorzaken.

Anticiperend op de wateroverlast zijn overheden op zoek naar mogelijkheden om in de openbare ruimte water te bergen en te laten infiltreren. Het helpt niet dat het grootste beschikbare openbare oppervlak in grote steden uit verharding bestaat zoals wegen, trottoirs en pleinen. Deze verhardingsconstructies zijn ontworpen en aangelegd conform kwaliteitseisen (samenstelling, verdichting, stijfheid, draagkracht) zoals geformuleerd in de RAW standaard en zoals gehanteerd in ontwerprichtlijnen. Gaan we deze constructies in samenstelling en opbouw vervangen door waterbergende constructies zoals bijvoorbeeld kratten, steenwol of grof granulair materiaal dan is het noodzakelijk dat we de functionele kwaliteitseisen blijven handhaven. Daarvoor is het noodzakelijk dat naast het in de markt zetten van deze infiltratievoorzieningen door de producent onderzoek wordt gedaan naar de impact op met name de draagkracht van de verhardingsconstructie.

Klimaatbestendig en waterrobuust

De kern van de Deltabeslissing Ruimtelijke Adaptatie is dat Nederland in 2050 klimaatbestendig en waterrobuust is ingericht. Overheden gaan ervoor zorgen dat schade door hittestress, wateroverlast, droogte en overstromingen zo min mogelijk toeneemt en letten daarop bij de aanleg van nieuwe woonwijken en bedrijventerreinen, het opknappen van bestaande bebouwing, vervanging van rioleringen en wegonderhoud.

Door de klimaatverandering is een omslag in het denken nodig: klimaatbestendig en waterrobuust inrichten moet een vanzelfsprekend onderdeel van ruimtelijke (her)ontwikkelingen worden. Onder meer moeten overheden (gemeentes, provincies, waterschappen) zorgdragen voor het verwerken van het hemelwater in hun beheersgebied.

Amsterdam Rainproof

Amsterdam Rainproof is een initiatief om samen met bewoners, bedrijven, kennisinstellingen en overheid Amsterdam beter bestand te maken tegen de vaker voorkomende hoosbuien. Sterker nog: de bedoeling is het gratis regenwater, dat nu afgevoerd wordt, beter te benutten. De schade door hoosbuien ontstaat vooral doordat de stad verhard is door gebouwen, asfalt en betegelde tuinen. Met de conventionele bouwwijze gaat er geen druppel doorheen.
Het voorkómen van wateroverlast in dichtbebouwd gebied vraagt om slimme oplossingen en anders omgaan met regenwater. Een van de in praktijk al gerealiseerde oplossingen in Amsterdam is het combineren van functies door het bergen van regenwater onder de trambaan. Er liggen vele kilometers trambaan in Amsterdam en omdat er onder de trambaan weinig kabels en leidingen liggen, vroeg Waternet zich af of deze ruimte zou kunnen worden gebruikt voor waterberging.

Figuur 1 – De trambaan in de Rooseveltlaan

Bergen van regenwater onder trambaan

De haalbaarheid van het bergen van regenwater onder de trambaan is in de periode 2013-2014 onderzocht door Royal Haskoning-DHV in opdracht van Waternet en in samenwerking met het GVB en de dienst Metro en Tram (MeT). De trambaan ligt doorgaans midden in de straat en iets hoger dan de naastgelegen wegverhardingen. Verschillende typen technische voorzieningen zijn voorgesteld en afgewogen. De voorkeursoplossingen gaan uit van waterberging onder de trambaan in een verbeterd grondpakket met een hoog poriëngehalte (=veel ruimte voor water). Bij de trambaan Rooseveltlaan wordt het water in de berging gebracht met een aantal drainages en op een ander gedeelte met een rij waterbergingskratjes langs de trambaan. Tijdens regenval wordt de bergingsvoorziening onder de trambaan gevuld en wordt het water geleidelijk afgevoerd naar het grondwater. Indien de bergingsvoorziening vol is, stroomt het water via de nooduitlaat naar de bestaande riolering. De berging fungeert in de zomerperiode tevens als infiltratiebed bij een te lage grondwaterstand. Mogelijk kan de berging ook een rol spelen bij het afvlakken van hogere grondwaterstanden in de winter (als gevolg van herstel van nu nog lekkende riolen in de buurt). Om in de winter overlast te voorkomen is er tijdens de werkzaamheden al een drain in de parallelweg meegelegd.

Pilot

Na de haalbaarheidsstudie is door Waternet besloten om waterberging onder de trambaan verder uit te werken met een pilot in twee straten in de Rivierenbuurt en de Willemsparkbuurt. Uiteindelijk is alleen de pilot in de Rooseveltlaan gerealiseerd op een 300 m lang tracé tussen de Maasstraat en de Waalstraat. Het hydrologische onderzoek van Waternet gaf aan dat een positief effect op de grondwaterstand viel te verwachten, naast de waterbergingsfunctie tijdens hevige buien.

De hemelwaterbergingsvoorziening in de trambaan op de Rooseveltlaan heeft een inhoud van 523 m3 onder 4,5 ha aaneengesloten verharding. De bergingsvoorziening onder de desbetreffende trambaan is in de zomer van 2019 aangelegd en wordt momenteel gemonitord.

SAMENVATTING

Waterberging onder een trambaan is een technische uitdaging die de Gemeente Amsterdam, GVB en Waternet hebben aangedurfd. Met de pilot Rooseveltlaan is aangetoond dat het mogelijk is om een trambaan te bouwen op 35% holle ruimte en tevens te voldoen aan de constructieve eisen van de beheerders. Het ontwerp en de geotechnische onderbouwing van de constructie vereist maatwerk en is alleen mogelijk wanneer de eigenschappen van de constructiecomponenten onderbouwd kunnen worden.

Het pilotproject heeft ons geleerd dat we voorzichtig moeten zijn met de enorme groei aan ogenschijnlijke mogelijkheden van waterbergende constructies onder essentiële delen van de Nederlandse infrastructuur. Ontwerpers dienen de kwaliteitseisen te handhaven en randvoorwaarden aan te geven voor een verantwoorde en duurzame toepassing.

AquaBASE-buffer

Voor de waterberging is een samenwerking aangegaan met AquaBASE, partner in Amsterdam Rainproof. AquaBASE levert maatwerkproducten op het gebied van waterbergingsvoorzieningen. Daarbij wordt de waterberging zo ontworpen dat er niet wordt ingeleverd op de functie of kwaliteit van de openbare ruimte. Maatwerk was vereist bij deze berging onder de trambaan, ook al omdat het de eerste in z'n soort is. Een grote uitdaging lag in het aanbrengen van de juiste betonverharding, om ervoor te zorgen dat het gewicht en de trillingen van de trams de waterbergende constructie niet beschadigen.

De letterlijke basis voor het AquaBASE systeem is Accorder® van producent TenCate Geosynthetics in Hengelo. Accorder® is een nieuw, eenvoudig te installeren concept voor de funderingslaag van wegen. Het product is een geweven geotextiel bestaande uit pockets (compartimenten) van ongeveer 7 cm hoog en een parallellogramvormig ppervlak met zijden van ongeveer 7 cm (figuur 2). Hierdoor ontstaan per vierkante meter oppervlak tientallen gelijkvormige compartimenten die gevuld kunnen worden met een systeemvulling bestaande uit kalksteen in de gradatie 8/32. Uit onderzoek door Kiwa-KOAC blijkt dat door de compartimentering Accorder® in staat is om het ingestorte mineraal aggregaat beter op te sluiten, waardoor de constructielaag zich stijver gedraagt en daardoor meer weerstand tegen permanente vervorming heeft. Op deze manier kan de systeemvulling beter verdicht worden en kan een stabiele funderingslaag met 35-40% holle ruimte worden aangelegd.

De bodem van de compartimenten bestaat uit hetzelfde materiaal als dat van de opstaande zijden. De bodem zorgt voor scheiding van de ondergrond en het mineraal aggregaat 8/32. De openingsmaat van het gebruikte geotextiel is groot genoeg om voldoende waterdoorlatend te zijn om het gebufferde hemelwater optimaal te laten infiltreren.

Opbouw AquaBASE

Voor een stabiele onderlaag wordt de Accorder® gevuld met een systeemvulling bestaande uit een zeer grove en harde steenslag EcoBase A5 van de firma Rotim Steenbouw in de gradatie 8-32 mm met, na verdichting, 35-40% holle ruimte. De EcoBASE A5 systeemvulling voldoet aan alle milieueisen van het besluit bodemkwaliteit. Daarvoor wordt regelmatig zorgvuldig getest of het materiaal de Nederlandse bodem niet verstoort en wordt aangetoond dat EcoBASE A5 geen materialen bevat die de flora en fauna bedreigen. Het materiaal wordt ook volop in open-water-constructies toegepast waar de eisen aan het milieu het zwaarst zijn. EcoBASE A5 heeft een weerstand tegen verbrijzeling van LA19. Dit betekent dat de steen een voldoende hardheid heeft om dynamische belasting te kunnen weerstaan en niet zal verbrijzelen tijdens verdichting.

Figuur 2 – Geweven geocellen Accorder®

De laagdikte van de AquaBASE systeemvulling 8/32 is afhankelijk van het gewenste veiligheidsniveau (overschrijdingsfrequentie). De waterhuishoudkundige ingenieurs van Syntraal (dochter van Tauw) dimensioneren de benodigde buffercapaciteit van het AquaBASE systeem aan de hand van het plaatselijke neerslagverloop, het verhard oppervlak (daken en bestrating) en het infiltrerend vermogen van de ondergrond. Om ontbrekende informatie te verkrijgen voert Syntraal ook het hiervoor benodigde bodemonderzoek uit en beoordeelt in hoeverre de omgeving van invloed is op het functioneren in de gebruiksfase. Dat is nodig om de gradatie van het aanwezige materiaal en daarmee de infiltrerende eigenschappen alsmede de grondwaterstanden vast te stellen.

Daarnaast speelt Syntraal een belangrijke rol in de verdere ontwikkeling van AquaBASE en de monitoring van de aangebrachte AquaBASE systemen waarbij hun jarenlange ervaring op het gebied van o.a. waterpasserende en -doorlatende bestrating en infiltrerende capaciteiten van open funderingen een belangrijke rol speelt. Syntraal monitort de aangebrachte systemen om vast te stellen of het systeem functioneert zoals berekend en, indien nodig, herstel- of aanpassingsmaatregelen te definiëren.

De uiteindelijke AquaBASE verharding kan bestaan uit (waterpasserende of doorlatende) elementenverharding. Beton, asfalt en halfverhardingen zijn ook mogelijk. De Ecobase A5 8-32 mm systeemvulling wordt compleet omhuld met een TenCate TS10 nonwoven (vlies). De functie van het desbetreffende vlies is om te voorkomen dat fijne delen vanuit de straatlaag en/of aangrenzende trottoirs en groenstroken in de holle ruimte van de systeemvulling komen wat de buffercapaciteit zou reduceren.

Geotechnisch en verhardingsadvies

Het geotechnisch advies (DO) onderbouw trambaan Rivierenbuurt Amsterdam is opgesteld door Sweco. Dat ontwerp is in een door BAM Infra aangenomen bestek gevat. De aanleg van de infiltratievoorziening is gecombineerd met levensverlengend onderhoud van de trambaanconstructie door GVB. De opdrachtgever voor aanpassing van de trambaan is Waternet, met ondersteuning van de dienst MeT-Amsterdam en GVB. Sweco verzorgde het ontwerp van de onderbouw en de toetsing aan de eisen van MeT-Amsterdam. Het GVB zorgde zelf voor de uitwerking van het spoor met boven- en onderbedbeton (bovenbouwconstructie) en de bovenleiding.

Aangezien het ontwerp een reconstructie van een bestaande trambaan betrof, is uitgegaan van eenmaximale restzetting van 30 mm in 30 jaar, exclusief autonome bodemdaling. Voor de dimensies van de onderbouwconstructie is uitgegaan van het principe dwarsprofiel in figuur 4. Op basis van het geohydrologisch advies is de diktevan de infiltratielaag vergroot van 0,40 m tot 0,55 m met de onderzijde op NAP -0,55 m. De bovenzijde van de

trambaan is gelegen op circa NAP +0,45 m, zodat de totale dikte van de boven- en onderbouw gelijk is aan 1,0 m. Aan de zijkant is een overstort met schuifvoorzien, waarbij het water uit de infiltratievoorziening kan afstromen naar het riool. Dit ter voorkoming van het ontstaan van een te hoge grondwaterstand (hoger dan de onderzijde van het onderbedbeton) onder de trambaan.

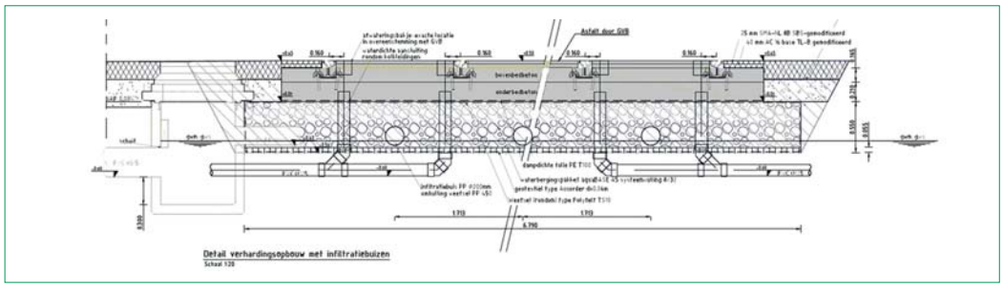
Funderingsadvies onderbouw

In het PvE was niet specifiek voorgeschreven welke veiligheidsklasse voor de onderbouw van de trambaan diende te worden aangehouden. Volgens de algemene indeling in NEN 9997-1 kon voor de berekening van de onderbouw van de trambaan worden uitgegaan vanveiligheidsklasse 2 (RC2), zijnde conventionele typen constructies en funderingen zonderbuitengewone risico's of complexe grond- of belastingsgesteldheid.

Conform de eisen voor de onderbouw is uitgegaan van de twee maatgevende laststelsels Trammaterieel/Toekomstig en Werkmaterieel/Aslaststelsel 2 voor het tramverkeer. Daarnaast diende rekening te worden gehouden met een gelijkmatig verdeelde verkeersbelasting. Aanvullend is een lokale maximale aslast (twee assen, as-afstand 1,2 m) voor de maatgevende aslast (Werkmaterieel/Aslaststelsel 2) beschouwd. Voor het eigen gewicht van de bovenbouwconstructie (betonplaat) is uitgegaan van een dikte van 0,45 m en volumegewicht van 25,0 kN/m3. Deze permanente belasting (belastingfactor 1,2) van de betonplaat is eveneens in tabel 5.1 weergegeven.Voor de zettingsberekeningen is geen verkeersbelasting in rekening gebracht.

Voor de berekeningen van het verticale en horizontale draagvermogen van de ondergrond ten behoeve van de fundering op staal is uitgegaan van de belastingen weergegeven in tabel 5.1. Het funderingsniveau is op NAP 0,0 m (onderzijde onderbedbeton) aangehouden. Het draagvermogen is getoetst volgens NEN 9997-1 voor een fundering op staal met hetprogramma D-Foundations.
Specifiek voor toepassing van het materiaal kalksteen onder een trambaanconstructie met hoge belastingen, is beoordeeld of het materiaal voldoende weerstand heeft tegen breuk. Op basis van door de leverancier aangeleverde specificaties van het kalkzandsteen is getoetst of het materiaal voldoet ten aanzien van weerstand tegen breuk volgens de eisenuit de Standaard CROW-bepalingen 2015. Dit was ruimschoots het geval. Risico's voor verlies van draagkracht door een hoge grondwaterstand onder de trambaan zijn minimaal gezien de aanwezigheid van een goede funderingslaag (kalksteen), en de resultaten van de funderingsberekeningen in combinatie met de overstortvoorziening voor beheersing van te hoge grondwaterstanden.
Voor de aanleg van de infiltratievoorziening wordt uitgegaan van een minimale verdichtingsgraad van 98% en een gemiddelde verdichtingsgraad van 100% (RAW-eis). Dit dient tijdens uitvoering te worden aangetoond door middel van de grindvervangproef (RAW proef 7 en 9) (figuur 5).

Figuur 3– 3a. Aanbrengen nonwovens voor scheiding. 3vb. Aanbrengen en vullen Accorder®. 3c. Accorder® en systeemvulling 8/32.



Figuur 4 – Principe dwarsprofiel trambaan op AquaBASE.

Figuur 5– a en b. Uitvoeren van de Grindvervangproef.

Omschrijving	*Afmeting fundering [m]*	*Verticale belasting bovenbouw [kN]*	*Verticale belasting verkeer [kN]*	*Verticale belasting totaal [kN]*	*Horizontale belasting [kN]*
Trammaterieel/ Toekomstig	5,2 (b) x 28,0 (l)	1.638 (SLS) 1.966 (ULS)	1.920 (SLS) 2.880 (ULS)	3.558 (SLS) 4.846 (ULS)	720 (SLS) 1.080 (ULS)
Werkmaterieel/ Aslaststelsel 2	5,2 (b) x 12,0 (l)	720 (SLS) 842 (ULS)	1.040 (SLS) 1.560 (ULS)	1.760 (SLS) 2.402 (ULS)	260 (SLS) 390 (ULS)
Verkeersbelasting	5,2 (b) x 28,0 (l)	1.638 (SLS) 1.966 (ULS)	2.912 (SLS) 4.368 (ULS)	4.550 (SLS) 6.334 (ULS)	n.v.t. n.v.t.
Werkmaterieel/ Maximale aslast	5,2 (b) x 2,2 (l)	129 (SLS) 154 (ULS)	520 (SLS) 780 (ULS)	649 (SLS) 934 (ULS)	n.v.t. n.v.t.

Tabel 5.1 - Verticale en horizontale belasting funderingsberekeningen

Conclusie

Waterberging onder een trambaan is technisch uitdagend maar de gemeente Amsterdam, GVB en Waternet hebben het aangedurfd, en met succes. Met de pilot Rooseveltlaan is aangetoond dat het mogelijk is om een duurzame trambaan te bouwen op 35% holle ruimte. Niettemin moeten we voorzichtig zijn met de enorme groei aan ogenschijnlijke mogelijkheden van waterbergende constructies onder essentiële delen van de Nederlandse infrastructuur. Ontwerpers dienen ook de bestaande kwaliteitseisen te handhaven en randvoorwaarden aan te geven voor verantwoorde en duurzame innovatieve toepassingen. Het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie legt zijn doelstelling in 2050. Dat lijkt ver weg maar we bouwen nu al aan constructies die over 30 jaar ook hun dienst nog bewijzen. Zo niet, dan is de investering grotendeels tevergeefs. ●

YOUR KNOWLEDGE PARTNER IN GEOSYNTHETICS

Europalaan 206
7559 SC Hengelo
Nederland

+31 (0)546 544 811
geonederland@tencategeo.com
www.tencategeo.nl

twitter: @tencate_geo_nl

TENCATE GEOSYNTHETICS

STERK, ROBUUST EN KOSTENEFFICIËNT

Secugrid® HS

Geogrid met hoge treksterkte

Toepassingen:

- Ophogingen op slappe ondergrond
- Gewapende matras voor o.a. paalmatrassytemen
- Voorkomen van ongelijkmatige zettingen door aardverschuivingen en ondergrond instabiliteit

Voordelen:

- Kortere bouwtijd door snellere consolidatie
- Kostenbesparend door optimalisering van het paalstramien
- Vergroting van de verkeersveiligheid

NAUE

NAUE GmbH & Co. KG
Duitsland
Tel.: +49 5743 41-0
info@naue.com - www.naue.com

Iwan Klein
Rijkswaterstaat Grote Projecten en Onderhoud

Met medewerking van:
Drs. Dick van Regteren – Genap
Dr. ing. Dirk Walinga – Arcadis / Provinsje Fryslân
Drs. Iljo Fluit MBA – Quality Services
Dr. Ir. Milan Duškov - InfraDelft
Ir. Joris van den Berg - Huesker Synthetic
Dr.ir. Christ van Gurp - Weetvanwegen
Ing. Erik Kwast - Kwast Consult
Ing. Rijk Gerritsen - Enka-Solutions / Colbond

TOEPASSING VAN GEOKUNSTSTOFFEN IN DE GROND-, WEG- EN WATERBOUW: KENNISDELING WERKT BETER

Inleiding

In de dagelijkse bouwwereld van projecten in de infrastructuur zijn er vele toepassingen met geokunststoffen. Beter, efficiënter, milieuvriendelijker, duurzamer of goedkoper ontwerpen en bouwen is in veel gevallen mogelijk met het gebruik van de juiste geselecteerde geosynthetische hoogwaardige bouwmaterialen. In de grond-, weg- en waterbouw (GWW-sector) worden geokunststoffen al decennia lang gebruikt. Denk bijvoorbeeld aan het gebruik van geotextielen en geogrids in diverse toepassingen, lichtgewicht oplossingen, kunststof folies, e.d.

In de afgelopen jaren zien Rijkswaterstaat (RWS) en ProRail een toenemende mate van gebruik en toepassingsmogelijkheden van geokunststoffen bij projecten in de infrastructuur en waterbouw. Mede daarom is RWS medio 2019 lid geworden van de Nederlandse Geotextiel Organisatie (NGO). Op deze manier kan RWS als opdrachtgever de ontwikkelingen omtrent geokunststoffen volgen en waar nodig verdieping zoeken in oplossingsmogelijkheden en mogelijke innovaties. Op 19 februari 2020 organiseerden RWS, Prorail en NGO een gezamenlijke kennismiddag met ruim veertig deelnemers. Er was gekozen voor een brede opzet om een goed beeld te geven van de zeer diverse toepassingen van geokunststoffen bij infrastructurele projecten. De volgende onderwerpen kwamen aan bod:

1. Toepassing folieconstructies en kwaliteitsborging;
2. Toepassing kerende constructies van gewapende grond;
3. Funderingswapening voor wegen en spoorwegen;
4. Innovatieve toepassing met EPS;
5. Geokunststof systemen voor drainage en vibratiedemping bij wegen en spoorlijnen.

Kwaliteitsborging bij de toepassing van folieconstructies

Dick van Regteren, Dirk Walinga en Iljo Fluit

De toepassingsmogelijkheden van geokunststoffen zijn toegenomen doordat opdrachtgevers meer functioneel zijn gaan specificeren. Dat heeft het mogelijk gemaakt dat naast de traditionele oplossingen met andere bouwmaterialen ook geokunststoffen bij projecten kunnen worden ingezet. De positieve kenmerken zoals de bouwsnelheid, het hergebruik van grond en het geringere ruimtebeslag dragen bij aan de succesvolle inzet van geokunststoffen.

De kwaliteit is erbij gediend om het functioneel specificeren zoveel mogelijk naar voren te halen tot in de fasen van TB-keuzes, voorstudies en haalbaarheidsstudies. Hiernaast dienen projectteams breed samengesteld te worden met ook experts op het gebied van geokunststoffen. Geokunststoffen krijgen hiermee vanaf het begin een gelijkwaardige vergelijking met standaard-oplossingen in beton en staal. Het functionele eindresultaat over de levensduur van bouwwerken (bijvoorbeeld 100 jaar) is in veel gevallen beter voor de projecteigenaren.

Ook voor de opdrachtnemer kan het voordelen bieden vanaf het moment dat het bestek op de markt komt een integrale benadering vanuit de 'bouwteam-gedachte' te kiezen. Door experts in geokunststoffen in een zo vroeg mogelijk stadium aan te laten schuiven is er voor inschrijvende aannemers winst te behalen. Toepassing van geokunststoffen kan voordeel voor de bouwpartners opleveren mits de risico's vooraf goed in kaart zijn gebracht. Calculators zouden er daarbij goed aan doen aandacht te geven aan de voorwaarden en documenten die van toepassing worden verklaard op het werk, meer dan teksten te knippen en plakken uit voorgaande opdrachten.

Voor een optimale kwaliteitsborging van folieconstructies geldt dat de gehele keten van ontwerp-, aanleg- en beheerfasen meegenomen dient te worden. In 2018 heeft er mede in opdracht van Rijkswaterstaat een herziening plaats gevonden van de protocollen voor het toepassen van kunststof geomembranen voor bodembescherming en als gas- en vloeistofbarrièrelagen. Alle stakeholders hebben deelgenomen aan de actualisatie van deze protocollen. Daardoor is er sprake van een breed gedragen resultaat en eenduidigheid in de markt. NEN heeft de betreffende protocollen herzien, en deze zijn doorvertaald in wettelijke en

Figuur 1 – Gezamenlijke kennismiddag Rijkswaterstaat, Prorail en NGO.

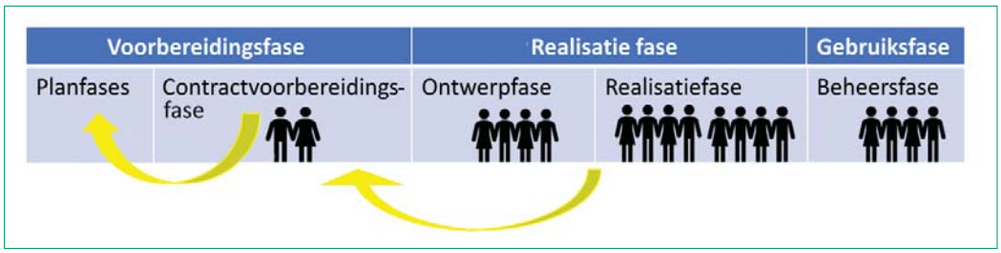
Figuur 2 – Uitvoering folieconstructie (LLDPE) met non-woven geotextiel beschermdoeken aan onder- en bovenzijde [Genap].

SAMENVATTING

De NGO bevordert kennisdeling en juiste toepassingen van geotextiel en geokunststoffen in Nederland. Op 19 februari 2020 organiseerde NGO samen met RWS en Prorail een gezamenlijke kennismiddag. Op deze kennismiddag zijn een groot aantal onderwerpen gepresenteerd over relevante toepassingen van geokunststoffen bij wegen en spoorlijnen. Aan de orde kwamen kwaliteitsborging, kerende constructies van gewapende grond, funderingswapening, toepassing van EPS, en systemen voor drainage en vibratiedemping.

private documenten, richtlijnen en normen, waaronder de SIKB protocollen voor IBC-werken en de folie BRL'en van Kiwa.

Afhankelijk van het gewenste niveau van zekerheid wordt in de protocollen voor toepassing van geomembranen duidelijk aangegeven welke controleactiviteiten uitgevoerd moeten worden. De kwaliteit van het ontwerp, de duurzaamheid van de materialen, de kwaliteitsborging tijdens de uitvoering en het gevoerde beheer zijn hierin van belang. In toenemende mate wordt voor stortplaatsen, IBC-werken en civiele constructies in Nederland een levensduur van folieconstructies gevraagd van 100 jaar. Dit betekent dat naast volledig onafhankelijke inspectie onder accreditatie in de aanlegfase ook levensduuronderzoek op de toegepaste folie en representatieve lasverbindingen uitgevoerd moet worden in een geaccrediteerd laboratorium. De projectspecifieke interpretatie van het levensduuronderzoek wordt in dat geval uitgevoerd door een langeduur-gedragsdeskundige.



Figuur 3 – Overzicht verschillende projectfasen met het inbedden van oplossingen met geokunststoffen zo vroeg mogelijk in het proces.

Figuur 4 – Principe Gewapende Grond Constructie.

Figuur 5 – Bypass A9 Knooppunt Badhoevedorp.

Toepassing kerende constructies van gewapende grond

Joris van den Berg

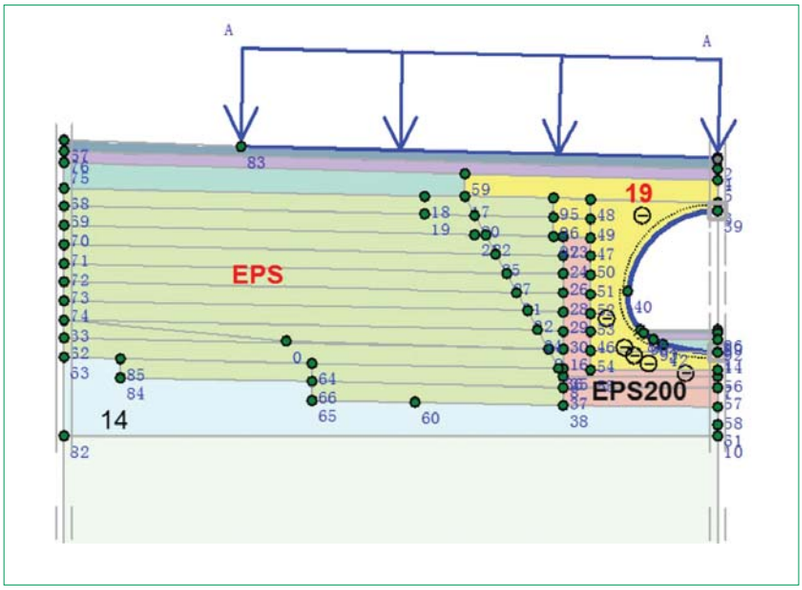
Het principe van gewapende grond is aan het einde van de vorige eeuw geïntroduceerd in Nederland en heeft inmiddels zijn intrede gedaan in tal van civieltechnische toepassingen, zoals keerwanden, funderingsconstructies, ankersystemen en ontlastconstructies. In een gewapende-grondconstructie is laagsgewijs een geogrid verankering gelegd (figuur 4). Geogrids hebben een relatief hoge treksterkte. Door interactie van de grond en het geogrid ontstaat een enigszins vormvaste constructie, waarop of waaraan een scala aan constructies kan worden geplaatst, respectievelijk kan worden verankerd.

Het efficiënt gebruik van grondstoffen, de snelle bouwmethode en de brede toepasbaarheid op slappe bodem, maken dat deze oplossing steeds vaker de standaard is in grondkeringen in Nederlandse infrawerken. Met de beschikbare ontwerpvrijheid in geïntegreerde contracten (design & construct) worden regelmatig nieuwe oplossingen met geokunststof bedacht én uitgevoerd. Denk bijvoorbeeld aan combinaties van funderings- en grondkeringsconcepten, zoals een hoog gefundeerd landhoofd op palen én gewapende grond, of een damwandverankering met geogrids. Met deze innovatieve civieltechnische concepten is Nederland toonaangevend op de internationale bouwmarkt.

Wel kennen dergelijke constructies specifieke aandachtspunten. Ten eerste is de kwaliteit van het aanvulmateriaal van belang voor de kwaliteit van de constructie: niet elk type grond is geschikt en niet elke combinatie van geokunststof en grond is geschikt. Ten tweede, in de context van duurzaamheid, zijn de methodes voor het terugwinnen en het hergebruik van het materiaal nog volop in ontwikkeling.

Door verbreding en verspreiding van specifieke kennis over het ontwerpen en werken met gewapende grond, bijvoorbeeld door de PAO-cursus 'Kerende constructies van gewapende grond', worden betere oplossingen ontworpen en regelmatig nieuwe/innovatieve concepten bedacht en

Figuur 6 – Publicatie C1001 Geokunststoffen als funderings-wapening in ongebonden funderingslagen.



Figuur 7-8 – Lichtgewicht tunnel-constructie N222 fietstunnel met omhullende EPS-blokken, ontwerp in eindig-elementen-model.

uitgevoerd. Er zijn voldoende aanknopingspunten voor verder onderzoek naar bijvoorbeeld materiaal-gebruik en -verbruik en de toepassing van alternatief aanvulmateriaal. Het gewapende-grond-principe biedt hiermee volop kansen binnen het circulaire gedachtegoed.

Funderingswapening voor wegen en spoorwegen

Christ van Gurp en Erik Kwast

De draagkracht van een wegfundering is van groot belang om, zeker in gebieden met een slappe grondslag, een weg-, terrein- of terminalverharding te kunnen realiseren. Recent is de CROW publicatie C1001 "Geokunststoffen als funderingswapening in ongebonden funderingslagen" uitgekomen. Christ van Gurp ging in op de ontwerpmethode voor wegen (asfaltwegen, straatsteenverhardingen en onverharde wegen) en liet aan de hand van een aantal voorbeelden de meerwaarde van toepassing van funderingswapening zien.
Het doel van funderingswapening kan zijn vergroting van de weerstand tegen permanente vervorming, vergroting van de lastspreiding en/of vermindering van de spanning op de dieper gelegen lagen en ondergrond. Deze effecten worden bereikt door een betere opsluiting van het mineraal aggregaat. De prestatie-indicatoren van funderingswapening zijn de effectieve werkhoogte, Support Improvement Factor (SIF) en Modulus Improvement Factor (MIF). Deze kunnen per type geokunststof worden bepaald met behulp van experimentele gegevens (proefvakken).

Naast wegen wordt funderingswapening veelvuldig toegepast onder spoorwegen. Erik Kwast nam de toehoorders mee naar de toepassingen van funderingswapening onder overgangsconstructies, sporen en wissels. Bij aanleg van nieuwe spoor-infrastructuur is vanuit de ontwerpvoorschriften van ProRail toepassing van een combidoek (geo-composiet) voorgeschreven. Maar ook bij bovenbouwvernieuwing van bestaande spoorbanen is de toepassing van een combidoek gangbaar. Het combidoek zorgt voor scheiding van het ballast-materiaal en de ondergrond en verhoogt de stabiliteit van het ballastbed, beperkt de vervormingen van de onder- en bovenbouwconstructie door het treinverkeer en verbetert de waterhuishouding.

In de productspecificaties van ProRail zijn voor de geokunststoffen de minimale prestatie-eisen opgenomen, afhankelijk van de functie (scheiden, filteren, stabiliteit). Ontwerp van funderingswapening voor spoorwegen is, anders dan bij wegen, niet gebruikelijk. Uitgegaan wordt van de voorgeschreven minimale prestatie-eisen in de product-specificaties, die zich in de praktijk hebben bewezen.

Innovatieve toepassing met EPS

Milan Duškov

Bij aanwezigheid van dikke samendrukbare grondlagen, ruimtegebrek en het ontbreken van mogelijkheden voor voorbelasting, kan aanleg of uitbreiding van infrastructuur complex zijn. In deze gevallen zijn innovatieve toepassingen met EPS mogelijk voor het verkrijgen van een zettings- en onderhoudsarme/-vrije oplossing. Voor zulke complexe randvoorwaarden bestaan geschikte taludloze oplossingen met gebruik van EPS-blokken. Hierbij worden geen stalen damwanden gebruikt, maar wordt de EPS verticaal gestapeld. Projectvoorbeelden zijn de snelwegverbreding van de A76 en de A4all-trambaanophoging. Kosten-aspecten wegen vanzelfsprekend zwaar en de naastliggende infrastructuur moet normaal blijven functioneren. Bovendien wordt overlast voor de omwonenden maximaal beperkt. De zijdelingse

Figuur 9 –
Toepassing horizontale drainagemat als capillaire breeklaag onder een wegfundering. (Enka-Solutions / Colbond)

Figuur 10 –
Verticaal aanbrengen drainagemat bij grondkerende betonconstructies als kelderwanden, L-wanden, tunnels. (Enka-Solutions / Colbond)

steun zonder taluds wordt gecreëerd door de wrijving tussen de EPS-blokken. Daarbij spelen twee bijzondere materiaaleigenschappen een belangrijke rol. Ten eerste is de wrijvingscoëfficiënt tussen de EPS-blokken zo groot dat er een monolietachtig pakket ontstaat. Ten tweede resulteert de drukbelasting slechts in een kleine horizontale component vanwege de bijzonder lage dwarscontractiecoëfficiënt van het EPS. De lage volumieke massa (≤25 kg/m^3) van het EPS bevordert verder de stabiliteit en garandeert dat de ophogingconstructie een minimaal eigen gewicht heeft. Hiermee wordt geen of slechts een minieme belasting op de ondergrond afgegeven.

Het tweede deel van de presentatie betrof de ontwerpmethode voor een in het EPS-pakket of in de geconsolideerde zandophoging geïntegreerde zettingsvrije tunnelconstructie van plaatelementen. Deze ontwerpmethodiek is een noviteit. Afdoende zijdelingse steun wordt gewaarborgd door de omhulling van het schuimbeton met (sterkere) EPS-blokken. Een dergelijke tunnelconstructie ligt al onder de nieuwe rotonde van de provinciale weg N222. Ten opzichte van een betonnen tunnel met paalfundering is deze modulaire tunneloplossing van gegolfde stalen plaatelementen aanzienlijk goedkoper, sneller en zonder geluidsoverlast voor omwonenden uitvoerbaar. Dankzij de gebruikte materialen (schuimbeton, EPS, slechts 7 mm dikke gegolfde staalplaten, holle gabarit) veroorzaakt het eigen gewicht van de tunnelconstructie met de wegophoging nagenoeg geen zetting. De tunnelonderkant ligt onder het maaiveld en de massa van de ontgraven ondergrond compenseert het geminimaliseerde eigen gewicht.

Geokunststof systemen voor drainage en vibratiedemping bij wegen en spoorlijnen

Rijk Gerritsen

Bij veel projecten in de infrastructuur is het verkrijgen van een goede waterhuishouding een grote uitdaging. Toepassing van geokunststof drainagematten kan bij wegconstructies en spoorlijnen grote voordelen bieden door het verlagen van (extreme) grondwaterstanden, voorkómen van capillaire opstijging en het reduceren van trillingen en geluid. Verschillende functies als drainage, filtratie, bescherming en/of vibratiedemping kunnen worden ingevuld én gecombineerd. Geokunststof drainagematten worden bij wegconstructies en spoorlijnen in Nederland nog maar beperkt tegepast. Toch is dit een belangrijk innovatief product voor de grond-, weg- en waterbouwsector. Ontwerpen zijn hiermee namelijk te optimaliseren door versnelling van bouwprocessen, reductie van grondstoffengebruik (beperking CO2-uitstoot), lagere bouwkosten en beperking van hinder voor de omgeving.

De geokunststof composieten kunnen horizontaal of verticaal worden ingebouwd. Drainagematten kunnen verticaal worden aangebracht bij kerende constructies als bijvoorbeeld betonconstructies (kelderwanden, L-wanden, tunnels) of grondkerende constructies (damwanden, boorpalen, mixed-in-place wanden). Zie figuur 10. Horizontale toepassingen zijn drainagematten op de bovenzijde van ondergrondse parkeergarages, kelderconstructies, brugdekken, viaducten, ecoducten of groene daken. Voordelen zijn de geringe bouwhoogte en beperking gewicht, waarmee het ontwerp en de uitvoering geoptimaliseerd kunnen worden.

Composietmatten zijn ook zeer goed toepasbaar voor het reduceren van trillingen en geluid. Overlast hiervan is een veel voorkomend probleem bij weg- en spoorverbindingen in dichtbevolkte gebieden. Uit berekeningen en metingen blijkt dat trillingen tot 70% gereduceerd kunnen worden, indien de maatregel voor vibratiedemping geïmplementeerd wordt dicht bij de bron zoals bijvoorbeeld een spoorlijn of een drukke weg met zwaar verkeer.

Een andere bewezen toepassing is het gebruik van drainagematten onder wegconstructies en grondterpen. Het inbouwen van de drainagemat voorkomt capillaire opstijging van grondwater in het grondlichaam. Deze capillaire opstijging heeft volgens de RWS handleiding wegenbouw (1991) (zie figuur 9) in zandig materiaal een waarde van 0.5-0.6 m. Door het aanbrengen van de drainagemat kan deze hoogte aan granulair materiaal worden bespaard. Wegconstructies kunnen hiermee economischer gebouwd worden, waarbij in veel gevallen ook een langere levensduur mogelijk is en minder onderhoud noodzakelijk.

Conclusie

Binnen de infrastructuur zijn er vele mogelijkheden voor toepassing van geokunststoffen. Met het gebruik van de juiste geselecteerde geosynthetische hoogwaardige bouwmaterialen is het in veel gevallen mogelijk om beter, efficiënter, milieuvriendelijker, duurzamer of goedkoper te ontwerpen en te bouwen. RWS en ProRail willen de NGO en de sprekers bedanken voor hun bijdragen aan deze middag. Met goede discussies en vragen was deze kennismiddag zeer geslaagd. Door te horen wat mogelijk is, kunnen potentiële kansen beter of eerder worden benut. Hiernaast is het ook zeer belangrijk om te kijken naar eventuele beperkingen en/of onmogelijkheden van toepassingen. Dit alles geeft goede mogelijkheden om deze kennismiddag voor geokunststoffen gezamenlijk een vervolg te geven.

Referenties

- SBRCurnet, publicatie 198, Ontwerprichtlijn kerende constructies van gewapende grond, november 2017.
- CUR 221, Folieconstructies voor verdiept aangelegde infrastructuur, 2009.
- CUR/CROW-publicatie C1001, Geokunststoffen als funderingswapening in ongebonden funderingslagen, december 2017, CROW, Ede.
- Van Gurp, C. en Kwast, E., Ontwerpen met de nieuwe richtlijn voor funderingswapening, GeoKunst 2019 nummer 4 (november), p.66.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Handleiding wegenbouw, ontwerp Onderbouw, deel I Algemeen, deel II Techniek, december 1991. ●

OOMS-VOEG

Toepassing van de Ooms-voeg bij bruggen, viaducten en tunnels heeft voordelen voor beheerder, gebruiker en omwonende. De eerste voeg is toegepast in 2003 op de A50 en de techniek heeft zich bewezen op tal van andere plaatsen in Nederland.

- Reductie van geluid en trillingen geeft comfort en minder omgevingshinder
- Geen spoorvorming maakt het wegdek veilig
- Hoge kosteneffectiviteit doordat onderhoud niet nodig is

Strukton Civiel

Meer informatie:
www.ooms.nl/specialismen
www.struktonciviel.nl

enviro QUALITY CONTROL BV

Kwaliteit met zekerheid

Geaccrediteerd sinds 2005 door de Raad voor Accreditatie als type A onafhankelijke inspectie-instelling op basis van de NEN-ISO/IEC 17020, RvA registratie I188 voor het uitvoeren van inspecties bij:

- Aanleg van onder- en bovenafdichtingen van stortplaatsen
- Aanleg van een werk waarin IBC-bouwstof wordt toegepast voor protocol AS6901
- Tijdens de gebruiksfase van een IBC-werk voor protocol AS6902
- Levensduuronderzoek op kunststoffolie en lasverbindingen

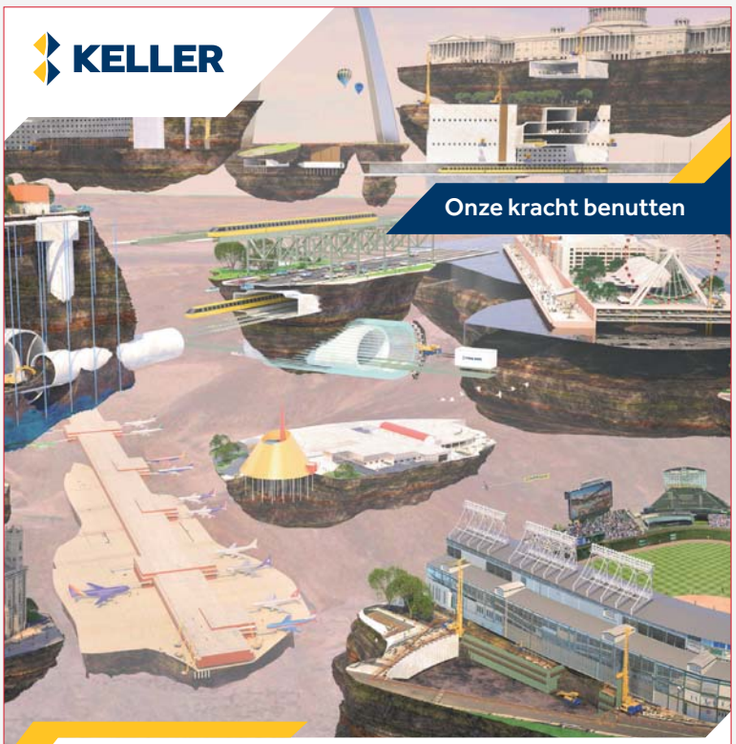
Inspectie in het werk

Testen op het werk

Beproeven in het laboratorium

+31 30 244 1404 www.eqc.nl

KELLER



Keller Funderingstechnieken B.V.
Europalaan 16 · Postbus 757
2400 AT Alphen aan de Rijn
Nederland

Telefoon +31 17 24 71-798

Voor uw funderings-en grondwater opgaven creëren wij efficiënte oplossingen. Complexe geotechnische vraagstukken worden door Keller Funderingstechnieken vertaald in een solide basis voor uw projecten.

Uw vragen beantwoorden wij, met genoegen !

r.looij@kellergrundbau.com
www.keller-funderingstechnieken.nl

VROOM
FUNDERINGSTECHNIEKEN

Vroom Funderingstechnieken is een allrounder in paalsystemen en prefab funderingsconstructies. Dankzij de brede expertise en jarenlange ervaring op funderingsgebied wordt Vroom vaak in een vroegtijdig stadium betrokken bij complexe en specialistische funderingswerkzaamheden. Bekijk onze projecten op vroom.nl.

- I.G.G. SCHROEFPALEN TYPE DPA, HEK, BETONSCHROEF EN BUISSCHROEF
- I.G.G. VIBROPALEN EN VIBRO-SD PALEN
- PREFAB BETONPALEN
- PREFAB BETONBOUW

CONTACT:
T. 0299409500
E. info@vroom.nl

VROOM.NL