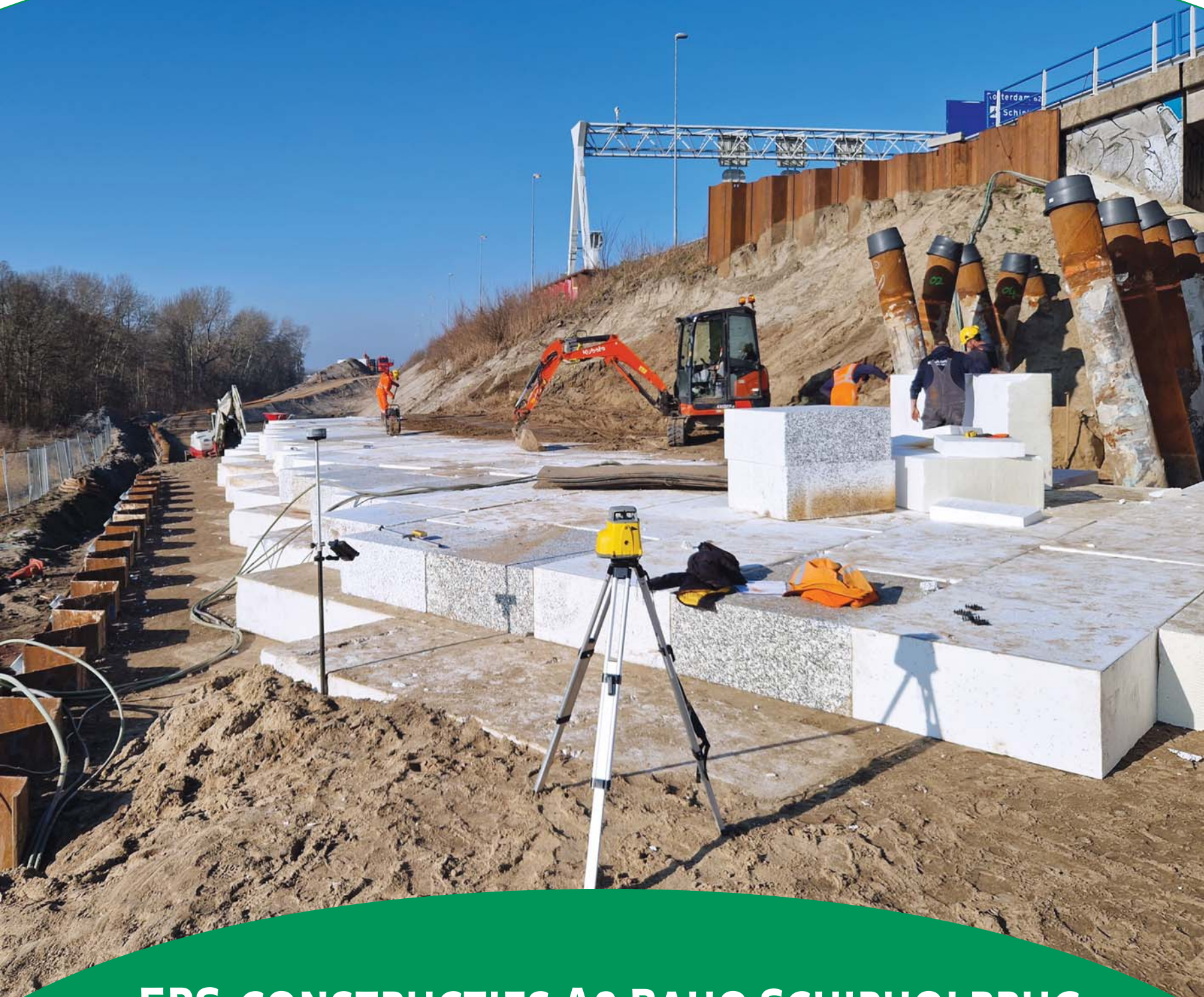


JAARGANG 27 NUMMER 4 NOVEMBER 2023

Geotechniek

ONAFHANKELIJK VAKBLAD
VOOR GEBRUIKERS VAN
GEOKUNSTSTOFFEN



EPS-CONSTRUCTIES A9 BAHO SCHIPHOLBRUG

GEOKUNST WORDT MEDE MOGELIJK GEMAAKT DOOR:

HOOFD-SPONSORS



Westervoortsedijk 73
6827 AV Arnhem
Tel. +31 (0) 85 744 1300
www.enkasolutions.com



TenCate Geosynthetics Netherlands BV
Europalaan 206
7559 SC Hengelo
www.tencategeo.eu



Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestr. 2
32339 Espelkamp – Germany
Tel. +49 5743 410 www.naue.com

Bestuur 'Nederlandse Geotextiel Organisatie' (NGO - IGS Netherlands):

Erik Kwast, Rijk Gerritsen, Iljo Fluit, Suzanne van Eekelen, Leo Kuljanski,
Joris van den Berg. Technisch secretaris Joop Groenveld.

DE GEZAMENLIJKE LEDEN VAN DE NGO ZIJN:

CDR International BV, Rijssen
Cofra B.V., Amsterdam
Deltares, Delft
Enviro Quality Control BV, Maarssen



Westervoortsedijk 73, 6827 AV Arnhem
Tel. 0031(0) 85 744 13 00
www.enkasolutions.com

Fugro NL Land B.V., Leidschendam
Geonius, Geleen



Middelblok 154, 2831 BR Gouderak
Tel. 0031(0)182 37 73 27
www.geopex.com



Goorsestraat 1, 7041 GA 's-Heerenberg
Tel. 0031 (0)466 16 44
www.genap.nl

GID Milieutechniek, Velddriel
Havenbedrijf Rotterdam
Huesker Synthetic BV, Rosmalen



Veilingweg 24
6681 LA Bommel
www.joostenkunststoffen.nl

Juta Holland BV, Oldemarkt
Kiwa NV, Rijswijk
Kwast Consult, Houten
Movares Nederland BV, Utrecht



Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestr. 2 32339 Espelkamp – Germany
Tel. +49 5743 410 www.naue.com
netherlands@naue.com

Normec QS, Bennekom
Robusta BV, Genemuiden
Rijkswaterstaat, Utrecht



Kerkstraat 14, 4191 AB Geldermalsen
Tel. 0031 (0) 6 10 97 58 26
www.stybenex.nl

Tefab B.V., Gilze



TenCate Geosynthetics Netherlands B.V.
Europalaan 206, 7559 SC Hengelo
Tel. 0031(0) 546 544811 www.tencategeo.eu



Tensar International B.V.
Helftheuvelweg 11
5222 AV 's-Hertogenbosch
Tel. 0031(0) 73 624 1916 www.tensar.nl



Trisoplast Mineral Liners
Oude Weistraat 17, 5334 LK Velddriel
Tel. 0031(0) 418 63 6030 www.trisoplast.com

Witteveen + Bos, Deventer

BESTE LEZERS,

In dit GeoKunst magazine vinden jullie een interessant artikel van Erik Kwast en Henk van der Velden over de EPS-constructies bij A9BaHo Schipholbrug. In het artikel wordt ingegaan op het ontwerp en de uitvoering van de lichtgewicht ophogingen met behulp van EPS (Expanded PolyStyreen). Bij de complexe situatie van de Schipholbrug zijn de verbredingen van de A9 gebouwd met EPS om de extra belastingen op het landhoofd en op de fundering van de brug tot een minimum te beperken. Het artikel gaat ook in op actuele vragen rond duurzaamheid en milieuprestaties van EPS en vergelijking met andere lichtgewicht ophoogmaterialen. Hiernaast geeft het artikel aanbevelingen voor de gewenste toekomstige situatie met beschikbaarheid van geverifieerde categorie 1 data voor alle lichte ophoogmaterialen. Met dergelijke informatie kan onderling accuraat een vergelijking worden opgesteld. Hiermee is een duurzame afweging voor het type te gebruiken materiaal mogelijk.

De afweging voor het gebruiken van duurzame bouwmaterialen wordt steeds belangrijker. In dit kader kunnen we melden dat er momenteel goede stappen worden gemaakt in een nieuwe CROW-publicatie ten aanzien van de duurzaamheid bij geokunststoffen. Deze publicatie wordt geschreven onder leiding van het CROW, waarbij een grote werkgroep met deskundigen zich richt op verschillende duurzaamheids-aspecten voor het gebruik van geokunststoffen. Dit betreft bijvoorbeeld (technische) overwegingen voor het gebruik van geokunststoffen, milieu-impact (uitloging, microplastics), milieuprestaties met levenscyclusanalyse (LCA), implementatie van duurzaamheid bij het ontwerp van constructies, uitvoeringsaspecten, beheer en onderhoud. Ook gaat de publicatie in op de situatie van einde levensduur, waarbij constructies moeten worden afgebroken, materialen te scheiden en te recyclen naar nieuwe

grondstoffen. Met een dergelijke benadering kunnen constructies volledig circulair worden. Het doel van de omvangrijke CROW-publicatie is om alle state-of-art kennis over duurzaamheid van geokunststoffen te bundelen. Hiervoor zit een uitgebreide werkgroep van deskundigen bij elkaar. Hierbij is er inbreng vanuit Rijkswaterstaat, Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP), waterschappen, kennisinstellingen (Deltares), ingenieursbureaus, aannemers, producenten en leveranciers. Per kennisgebied zijn de deskundigen gekoppeld aan een bepaald onderwerp. Er is een actief schrijfteam en een grote klankbordgroep voor review en aanvullingen waar nodig.

De publicatie wordt geschreven in het Engels en later vertaald naar het Nederlands. Zoals het er nu uitziet zullen de eerste hoofdstukken (online) verschijnen rond deze tijd en afronding is voorzien in 2024.

Dit is alvast een mooi vooruitzicht naar het nieuwe jaar!

Be smart. Be sustainable.

Rijk Gerritsen

Eindredacteur Geokunst



RECTIFICATIE

Bij het Engelstalige artikel 'Geogrid-anchored sheet pile walls under strip footing surcharge loading, small-scale experiments' gepubliceerd in Geokunst 2023#3 en de special GeoArt is per abuis 1 co-auteur niet weergegeven. Toevoeging is Piet van Duijnen van GeoTec Solutions als co-auteur bij dit artikel.

COLOFON

Geokunst wordt uitgegeven door de Nederlandse Geotextiel Organisatie (NGO). Het vaktijdschrift verschijnt vier keer per jaar en wordt toegezonden aan abonnees of op verzoek. De NGO is de officiële Nederlandse afdeling van de International Geotextile Society (IGS). De NGO is een vereniging zonder winstoogmerk bestaande uit kennisinstellingen, laboratoria, inspectie- en certificatieinstellingen, ingenieursbureaus, aannemers, overheidsinstanties, producenten en leveranciers. De NGO stimuleert kennis over duurzaam ontwerpen, verantwoord gebruik en bouwen met hoogwaardige geokunststoffen met vele toepassingen in de civiele techniek, waterbouw, milieu en bouw.

Disclaimer Geokunst betreft een onafhankelijke vaktijdschrift. Ondanks constante zorg en aandacht die wordt besteed aan de samenstelling van het vaktijdschrift kan de Nederlandse Geotextiel Organisatie (NGO) of redactieraad niet instaan voor de volledigheid, juistheid of voortdurende actualiteit van gepubliceerde gegevens. De NGO of betrokken leden aanvaarden dan ook geen aansprakelijkheid voor enigerlei directe of indirecte schade, van welke aard ook, die voortvloeit uit of in enig opzicht verband

Eindredactie **Rijk Gerritsen**
Tekstredactie **Jurjen van Deen**
Redactieraad **Adam Bezuijen, Piet van Duijnen, Suzanne van Eekelen**
Paul ter Horst, Tara van der Peet
Productie **Uitgeverij Educom**

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



houdt met gepubliceerde gegevens of het gebruik daarvan. De inhoud van artikelen wordt opgesteld door de betreffende auteur(s) en niet (noodzakelijkerwijs) door de NGO. Bij artikelen zijn auteurs, met uitsluiting van NGO, verantwoordelijk voor correcte inhoud en uitingen. De NGO kan dan ook op geen enkele manier verantwoordelijk worden gehouden voor de inhoud en is niet aansprakelijk voor enigerlei directe of indirecte schade die mogelijk voortvloeit uit betreffende inhoud of uitingen.

Duurzame en innovatieve oplossingen met geo-materialen van Naue

Duurzaamheid wordt steeds belangrijker bij civieltechnische projecten. Naue heeft jarenlange ervaring met duurzame bouwmaterialen en totaaloplossingen. Rijk Gerritsen, Manager Geotechnical and Hydraulic Engineering bij Naue Prosé Geotechniek B.V., vertelt enthousiast: "Het is super om actief te mogen bijdragen aan duurzame oplossingen voor de Grond-, Weg- en Waterbouw (GWW). Door duurzaamheidsaspecten te koppelen in ontwerpen, de materiaallevering en uitvoering, heb ik één van de leukste banen van Nederland."

Naue Prosé levert geo-bouwmaterialen die de uitvoering van projecten in de GWW aanzienlijk verbeteren. "Met onze hoogwaardige materialen worden constructies op een betere manier ontworpen en uitgevoerd. Onze geokunststoffen zijn hoogwaardige bouwmaterialen, die toepasbaar zijn voor een lange levensduur die loopt van 50 tot wel 120 jaar."

"Met onze materialen worden duurzame constructies gebouwd. Zelfs in zeer uitdagende omstandigheden, zoals slappe ondergrond (klei/veen) of beperkte werkruimte. Denk aan toepassingen voor wegen, spoorwegen en dijken. We optimaliseren bijvoorbeeld wegfunderingen, voorkomen uitspoeling van grondtaluds of zorgen voor voldoende sterkte en waterafdichting bij een dijk."

SLIMMER BOUWEN

Door het toepassen van geo-bouwmaterialen kan er bij projecten in de civiele techniek slimmer worden gebouwd. "Constructies worden duurzamer. Het beperkt bouwrisico's, vermindert materiaaltransport, verlaagt de bouwkosten en ook de uitvoering verloopt sneller. Een groot voordeel is de vermindering van primaire grondstoffen zoals zand, grind en klei. Deze materialen worden met de jaren steeds schaarser. Voor projecteigenaren is het belangrijk dat er minder onderhoud nodig is in de gebruiksfase. Ten slotte is ook CO₂-uitstoot aanzienlijk lager in vergelijking met traditionele bouwmethoden."

"Met Naue lopen we voorop in duurzame projectbenadering en de ontwikkeling van nieuwe materialen. Onlangs is een website gelanceerd <https://thinkactgreen.eu/> Op deze website wordt ingegaan op drie bouwstenen voor

duurzaam projectsucces. We richten ons op materialen met een duurzame basis. We zijn bijvoorbeeld de enige leverancier van een volledig biobased en biologisch afbreekbaar vlies. Dit materiaal bevat geen kunststof en wordt onder natuurlijke omstandigheden afgebroken zonder enige verontreiniging voor het milieu. Dit kan bij specifieke toepassingen van grote meerwaarde zijn."

SNELLERE UITVOERING

Geo-bouwmaterialen bieden een grote toegevoegde waarde en potentie voor civiele en waterbouwkundige projecten. "Bentonietmatten zijn in een pilot geïnstalleerd bij verschillende dijktrajecten in Beesel. Deze unieke pilot is opgezet in samenwerking met Waterschap Limburg en aannemers Mourik Infra en FL."

Een bentonietmat is een zelf dichtend geo-composiet dat bestaat uit twee lagen hoogwaardig geotextiel gevuld met natuurlijk bentonietpoeder. "Deze mat is ongeveer een centimeter dik en heeft dezelfde waterdichtheid als één meter klei. Dat is bijna onvoorstelbaar. Ter illustratie: één vrachtwagen met bentonietmatten staat ongeveer gelijk aan 250 vrachtwagens met klei."

"Met de toepassing kan lokale grond zoveel mogelijk binnen het project worden hergebruikt. Dit is zeer aantrekkelijk voor zowel een waterschap als aannemer. Niet alleen is er veel minder CO₂-uitstoot, ook de druk op de omgeving neemt af. Omwonenden ondervinden veel minder overlast van één vrachtwagen die bentonietmatten naar de locatie vervoert dan vele vrachtwagens met klei. Met andere woorden: goed voor mens, omgeving en milieu."



Dijkversterking Beesel met installatie van bentonietmatten op de kruin en taluds van de waterkering voor volledige vervanging van een water afdichtende kleilaag van 1 meter (Waterschap Limburg, Mourik Infra, FL).



‘Een slimme en duurzame oplossing met geotextiel kan de CO₂-uitstoot met 50-70% verminderen’

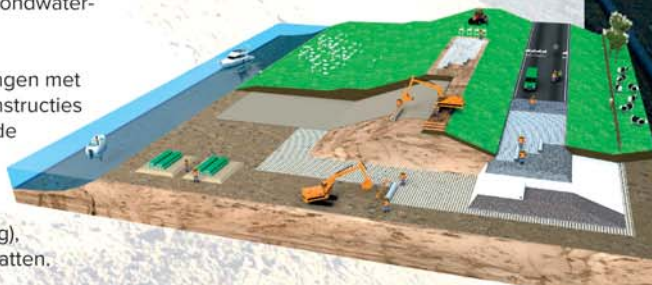
NAUE TOEGEVOEGDE WAARDE

Talrijke toepassingen en voordelen met geobouwmaterialen in grondwerken, civiele en waterbouwkundige projecten:

- Toepassingen bij dijken, kustbescherming, wegen, werkplatforms, kraanopstelplaatsen, tunnels, spoorwegen, kanalen en watergangen, wateropslag bekken, grondwaterbescherming en stortplaatsen.
- Innovatieve en duurzame oplossingen met bentonietmatten (GCL) en folieconstructies (afdichtingssystemen), zandgevulde geotextiele containers (geobags), geogrids (grond- en funderingswapening), nonwoven geotextiel (filtratie, scheiding en bescherming), erosiebescherming en drainagematten.
- Bewezen oplossingen die kunnen worden aangepast aan uitdagende projectomstandigheden.
- Ondersteuning vanaf de eerste haalbaarheid, ontwerp met berekeningen en tekeningen, levering van materialen en installatie.

INI Naue

Naue Prosé Geotechniek B.V.
Postbus 564
8901 BJ Leeuwarden
netherlands@naue.com
naue.com • thinkactgreen.eu



Schematisch overzicht toepassing geobouwmaterialen bij waterkeringen met bentonietmatten, grondwapening, nonwoven geotextiel voor filtratie/scheiding en erosiebescherming op de taluds.



ing. Erik Kwast
Kwast Consult / Joosten Concepts



ir. Henk van der Velden
Fugro / VeenIX

EPS-CONSTRUCTIES A9 BAHO SCHIPHOLBRUG

Inleiding

Om de bereikbaarheid van de noordelijke Randstad te verbeteren, breidt Rijkswaterstaat het wegennet uit tussen Schiphol, Amsterdam en Almere (SAA project). Een goede bereikbaarheid van deze regio is belangrijk voor de economische ontwikkeling en de werkgelegenheid in het gebied. De verbreding van de A9 tussen de knooppunten Badhoevedorp en Holendrecht (A9BaHo) is hiervan onderdeel. De weg wordt uitgebreid van drie naar vier rijstroken per rijrichting. Ook komt er een wisselstrook.

Bij Amstelveen wordt de A9 over 1,6 kilometer verdiept aangelegd. De leefbaarheid op het traject wordt onder andere verbeterd ten opzichte van de huidige situatie door het aanleggen van 14 kilometer aan geluidsschermen. Sommige van de bestaande kunstwerken worden gerenoveerd, anderen worden vervangen. Niet alleen de uitvoering maakt deel uit van het project, ook het onderhoud na oplevering is inbegrepen.

VeenIX, de uitvoerder van dit project, werkt gedurende het ontwerp en de realisatie van het project nauw samen met opdrachtgever Rijkswaterstaat en met andere stakeholders zoals de gemeenten Haarlemmermeer, Amstelveen, Ouder-Amstel en Amsterdam, waterschappen en de Provincie Noord-Holland.

De verbreding van de A9 heeft invloed op de bestaande Schipholbrug over de Ringvaart Haarlemmermeerpolder in verband met belastingen en grondvervormingen. Er is getoetst in hoeverre het weglichaam kan worden opgehoogd in de nabijheid van de bestaande landhoofden. Uitgangspunt is om de belastingen tot een minimum te beperken omdat de beschikbare bouw- en zettingstijd voor het aanbrengen van de ophoging minimaal is. Daarom is besloten om de verbredingen rond de Schipholbrug (en een aantal andere kunstwerken op het A9BaHo project) te bouwen met EPS (Expanded PolyStyreen), zie figuur 1. Bij de keuze van type licht ophoogmateriaal spelen geotechnische aspecten (onder andere zettingen en opdrijven), bouwkosten en uitvoerbaarheid een belangrijke rol. Daarnaast zijn duurzaamheid op basis van de Milieu Kosten Indicator (MKI-waarde) en circulariteit essentiële overwegingen bij de keuze. Ook in de aanbesteding voor A9BaHo was hiervoor een prestatiecriteria opgenomen. Dit was mede de reden om te kiezen

voor EPS als lichtgewicht en duurzaam ophoogmateriaal. Dit artikel geeft achtergrondinformatie over de beoordeling van de duurzaamheid in relatie tot de Nationale Milieudatabase (NMD) en de onderlinge vergelijking van duurzaamheid van lichtgewicht ophoogmaterialen.

Het geotechnisch ontwerp voor de EPS-constructies inclusief raakvlakken is uitgewerkt door Fugro in samenwerking met Kwast Consult. Joosten Concepts verzorgde het 2D- en 3D-legplan en leverde de complete EPS-constructie, bestaande uit EPS-blokken, kramplaten en beschermende folie, geotextiel en betonmat. Bonneveld Gewapende Grondconstructies, verzorgde de aanleg van de EPS-constructie.

Bodemopbouw en grondwaterstand

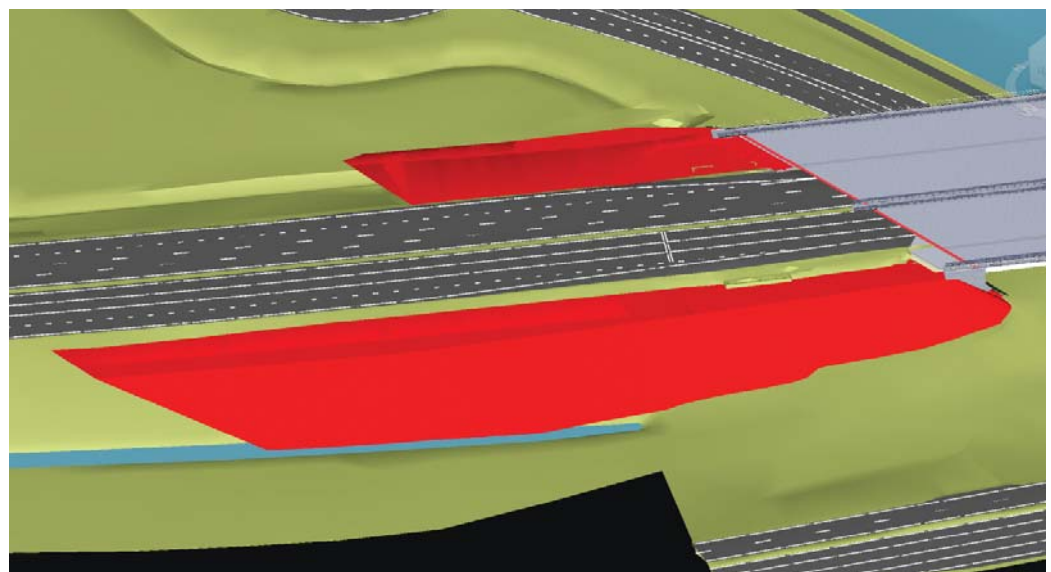
De bodemopbouw rond de Schipholbrug wordt gekenmerkt door een samendrukbaar pakket met een dikte van circa 10 m. Naast het Hollandveen en het Basisveen zijn kleilagen en wadzandlagen aanwezig (overheersend klei dan wel zand, zie figuur 2). De grondwaterstand bevindt zich op circa 1 à 2 m onder het maaiveld. Op enige afstand van de Ringvaart kan sprake zijn van een hogere grondwaterstand.

Ontwerp EPS-constructie

De A9 wordt aangepast van 2 x 3 rijstroken naar 2 x 4 rijstroken. De landhoofden van de brug

worden hiervoor verbreed. Om het bestaande landhoofd en de paalfundering niet extra horizontaal en verticaal te belasten door grond, wordt het baanlichaam achter de uitbreiding van het landhoofd in de lengte-richting van de weg aangevuld met lichtgewicht EPS. Ook de bestaande aardebaan met een talud van 1:2 wordt verbreed met een EPS-constructie, in de dwarsrichting van de weg. Aansluitend aan de EPS-constructie in lengte-richting is een traditionele voorbelasting met zand en verticale drainage toegepast. De dikte van de EPS-constructie varieert in lengte- en dwarsdwarsrichting van 0 tot maximaal 6,0 m. Hiermee is een zettingsarme overgangsconstructie ontworpen in lengte- en dwarsrichting.

De lengte van de EPS-constructie voor de uitbreiding aan noordwest-, noordoost- en zuidoostzijde achter de landhoofden bedraagt circa 80 m. Vanwege de aanwezigheid van een bestaande waterleiding ten zuiden van de te realiseren verbreding is de EPS-ophoging aan de zuidwestzijde fors langer (circa 200 m lang). De EPS-ophoging wordt opgebouwd achter een verankerde damwand, die op deze locatie noodzakelijk is voor toekomstige ontgraving voor onderhoud aan de leiding. Door de aanwezigheid van bestaande infrastructuur aan de noordoostzijde is een talud met afbouw van de EPS-constructie hier niet haalbaar. Hiervoor is een



Figuur 1 – Situatie Schipholbrug westzijde met EPS-contouren van de noordelijke en zuidelijke verbreding van de A9 (rode vlakken).

SAMENVATTING

De verbredingen van de A9 rond de Schipholbrug worden met behulp van EPS gebouwd om de extra belastingen op het landhoofd en op de fundering van de brug tot een minimum te beperken. Daarnaast kan aan de gestelde zettingseisen worden voldaan met een korte bouwperiode en zonder extra zettingstijd. Ook

is de milieubelasting (MKI-waarde) van EPS ten opzichte van andere lichtgewicht ophoogmaterialen gunstig. Diverse ontwerpberekeningen zijn uitgevoerd om aan te tonen dat aan de gestelde zettingseisen wordt voldaan, inclusief een eindige elementenberekening ter verificatie van de verticale EPS-wand.

verticale EPS-wand met schanskorfbekleding voorzien.

Opbouw wegconstructie

Boven het EPS is de dikte van de wegconstructie van de rijbaan gemiddeld 1,05 m. Deze bestaat uit 0,25 m asfalt, 0,3 m hydraulisch menggranulaat en 0,5 m menggranulaat. In het menggranulaat worden 2 lagen Tensor TriAx geogrid opgenomen ter verhoging van de dynamische stijfheid van de wegconstructie. De bovenzijde en zijkanten van het EPS worden afgedekt met een oliebestendig LDPE-folie. Tussen onderzijde menggranulaat en folie wordt een beschermend TenCate Polyfelt P50 geotextiel aangebracht.

Ontwerpberekeningen

Om aan te tonen dat wordt voldaan aan de eisen uit de normen, ontwerprichtlijnen en het PvE zijn diverse ontwerpberekeningen verricht. Voor de bouw- en gebruiksfase wordt betrouwbaarheidsklasse RC1 aangehouden, met aslasten van maximaal 115 kN (regulier 11,5 ton, het wettelijk maximum voor wegverkeer) en een calamiteitenbelasting van 200 kN (incidenteel 20 ton), conform CROW 325 (2013).

Voor de keuze van het toe te passen EPS-type zijn volgens de vigerende ontwerprichtlijn CROW 325 (2013) de materiaalspanningen gecontroleerd voor de rijbaan en voor de overgangsconstructie (stootplaten). Bij toepassing van EPS 100 onder

de rijbaan en EPS 150 onder de stootplaten wordt voldaan aan de eisen aan de materiaalsterkte op bezwijken (korte duur), kruipvervorming (lange duur) en cyclische verkeersbelasting in de gebruiksfase. Opdrijven in de bouw- en gebruiksfase is in deze situatie niet kritisch.

Keuze lichtgewicht ophoogmateriaal en zettingen

Door het lage volumegegewicht van EPS kan ondanks de forse ophogingen een evenwichtsconstructie worden gerealiseerd, zodat na een korte bouwperiode van 2 tot 4 weken voldaan wordt aan de restzettingseisen zonder additionele zettingstijd. Bij toepassing van andere lichtgewicht ophoogmaterialen, die beduidend hogere volumegewichten hebben (tabel 1), is dit niet haalbaar. Dit was primair de reden om te kiezen voor EPS. Daarnaast is de milieubelasting (MKI-waarde) van EPS ten opzichte van andere lichtgewicht ophoogmaterialen gunstig. Dit was mede de reden te kiezen voor EPS als lichtgewicht en duurzaam ophoogmateriaal.

De zettingen van de EPS-constructie zijn berekend met het zettingsprogramma D-Settlement, model NEN-Bjerrum. De berekende restzetting inclusief autonome zetting en kruipvervorming van het EPS bedraagt maximaal 0,09 m. Dit voldoet aan de gestelde restzettingseisen na 30 jaar ($\leq 0,10$ m). De kruipvervormingen van het EPS zijn bepaald op basis van het onderzoek in het

EPS White Book (2014). Ook de verschilzetting in dwarsrichting voldoet aan de eis ($\leq 1\%$). De berekende rotatie van de stootplaten is enigszins groter dan 1% van de stootplaatlengte, waardoor na 10 tot 15 jaar uitvlakken van het asfalt is voorzien met de reguliere vervanging van de deklaag.

Ontwerp verticale EPS-wand

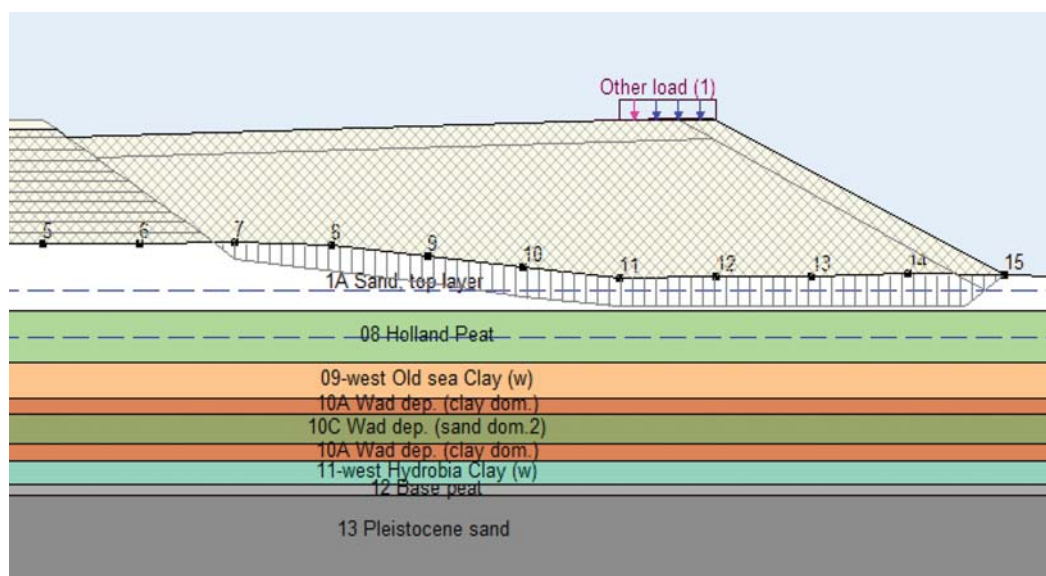
Aan de noordoostzijde is een volledig talud met afbouw van de EPS-constructie niet haalbaar en wordt een verticale EPS-wand met schanskorfbekleding gerealiseerd (figuur 3). Achter de verticale EPS-wand is een talud onder 1:2 aanwezig en een gronddekking van 1,0 m. Om de stabiliteit van de groundbekleding op het EPS (microstabiliteit) te waarborgen, wordt een gewapende grondconstructie met een hoogte van 1,0 m (voorzijde) en wapeningslengte van 3,0 m toegepast met een inkassing in de EPS-constructie. De schanskorfbekleding wordt gefundeerd op een betonnen strook op 0,8 m minus maaiveld op een verbrede voet van de EPS-constructie onder maaiveld (fundering op staal). Aan de bovenzijde is de schanskorf horizontaal verankerd in de gewapende grond. Hiermee is de horizontale stabiliteit van de schanskorf verzekerd en zijn verschilzettingen beperkt. Gezien de hogere belastingen onder de gewapende grond en fundering van de schanskorf is een hogere EPS kwaliteit (EPS 200) nodig. Voor de brandwerendheid van de verticale EPS-wand wordt achter de schanskorf een Concrete Canvas betonmat (dikte 5 mm) aangebracht.

Plaxis model

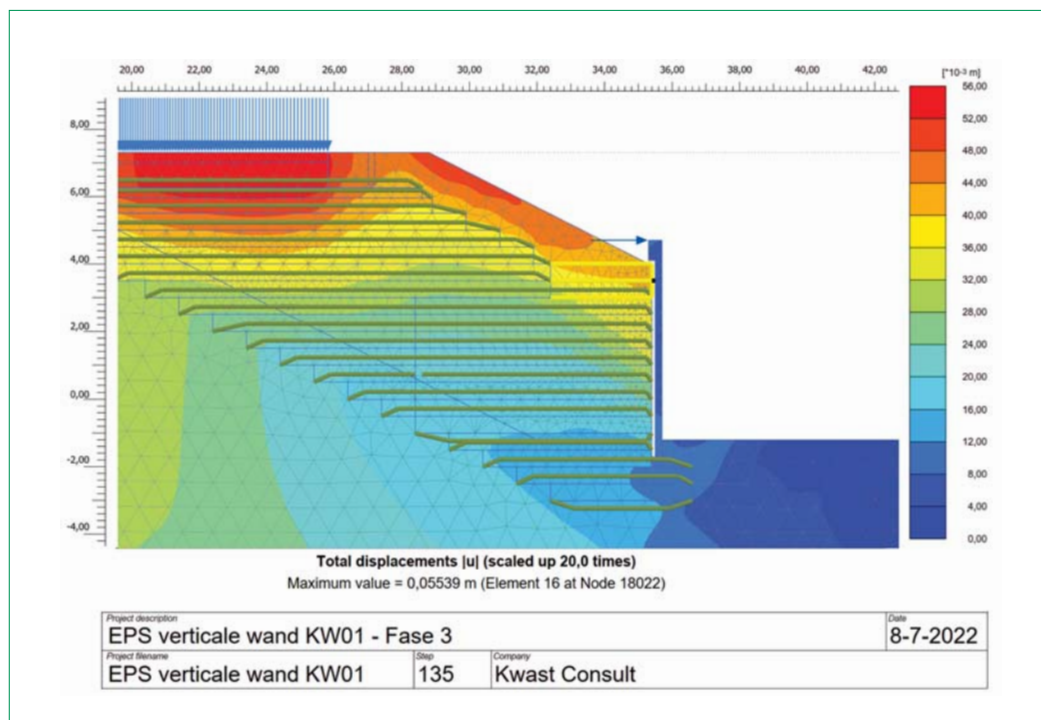
Voor het ontwerp van de verticale EPS-wand inclusief gewapende grondconstructie en schanskorfbekleding is gebruik gemaakt van het eindige elementen programma Plaxis 2D. De constructie is ingedeeld als kerende constructie in betrouwbaarheidsklasse RC2. De aangehouden wrijvingsfactor tussen de horizontale lagen van EPS-blokken (interface) bedraagt 0,5. Met het integrale Plaxis-model is de macrostabiliteit van de constructie in UGT gecontroleerd en zijn de optredende vervormingen voor de verschillende bouwfasen beoordeeld (zie figuur 3).

Duurzaamheid EPS en andere lichte ophoogmaterialen

De Nationale Milieudatabase (NMD) bevat milieudata van bouwproducten en is de gegevensbron voor de instrumenten (bijvoorbeeld DuboCalc) die de milieuprestatie van bouwwerken berekenen.



Figuur 2 - Lengteprofiel D-Settlement met indicatieve bodemopbouw rond de Schipholbrug. Het kruislings gearceerde vlak betreft de EPS-ophoging.



Figuur 3 – Plaxis model met berekende totale verplaatsingen (BGT) verticale EPS-wand met schankorfbekleding. In de figuur is het bestaande talud zichtbaar en de EPS (grijs gearceerd) die deels onder het bestaande talud wordt aangebracht.

Tabel 1 - Overzicht MKI-waarden per m3 van lichte ophoogmaterialen

(Bron: LCA Rapport, 2021, categorie 3 data inclusief 30% toeslag)

Lichtgewicht materiaal	Volumegewicht boven gws* [kN/m3]	MKI-waarde [in €]	MKI-waarde [in %]
Ophoogzand**	18,0	4,11	100
EPS-type 100	0,2	7,79	190
Schuimbeton (550 kg/m3)	5,5	11,96	291
Bims (gebroken, sortering 0/16 mm)	11,0	9,00	219
Flugsand (gebroken, sortering 0/8 mm)	12,0	3,45	84
Geëxpandeerde kleikorrels (gebroken, sortering 4/8 mm)	6,5	28,17	685
Schuimglas (gebroken, sortering 10/50 mm)	4,5	96,17	2.340

* Vochtig verdicht gewicht voor granulaire materialen volgens CROW 325 (2013).

** Ophoogzand (geen lichtgewicht materiaal) als referentie aangegeven.

De NMD kent drie categorieën met productinformatie:

Categorie 1: getoetste 'merk gebonden' data van individuele producenten en toeleveranciers.

Categorie 2: getoetste 'merk ongebonden (merkloze)' data van een branche of groep producenten.

Categorie 3: ongetoetste 'merk ongebonden' data in eigendom en onder beheer van stichting NMD.

De data van categorie 3 vormen een vangnet als producenten of branches zelf geen productkaarten aanbieden. De productkaarten van categorie 3 data hebben een toeslagfactor van 30% teneinde de industrie te stimuleren om bedrijfseigen Life Cycle Analyses (LCA's) uit te voeren en de

resultaten in te brengen. De milieu-scores van de EPS-producten zelf zijn in werkelijkheid nog lager. Dit komt omdat in EPS, zeker in de GWW, veel recycklaat wordt toegepast.

Lichte ophoogmaterialen in de NMD

Sinds 2020 worden alle nieuwe categorie 3 productkaarten voor de GWW-sector geleverd met een LCA rapport van het product. Ook voor lichtgewicht ophoogmaterialen is de LCA uitgewerkt: EPS (EPS 100), bims, flugsand, geëxpandeerde kleikorrels, schuimglas en schuimbeton. Tabel 1 toont de lichtgewicht ophoogmaterialen in de NMD. Zie ook referentie Kwast en Goes, 2022.

De NMD hanteert forfaitaire waarden voor de verwerking van materialen aan het einde van hun

levensduur. Uit marktinformatie blijkt dat een groot deel van het vrijkomende EPS uit de GWW geschikt is voor recycling of hergebruik. Direct hergebruik is het minst milieubelastend en vergt weinig bewerking. Bij gebrek aan harde data hanteert de NMD echter toch een conservatief "einde leven-scenario" voor EPS in de GWW. Stybenex, branchevereniging van EPS-fabrikanten, streeft naar een realistisch scenario.

Sinds 2021 zijn diverse fabrikanten en leveranciers bezig om bedrijfseigen geverifieerde LCA's per product te laten opstellen, wat leidt tot lagere MKI-waarden dan gerapporteerd in de LCA rapportage (2021) voor categorie 3 data. De categorie 1 data van een specifiek product wordt vastgelegd in een zogenaamde EPD (Environmental Product Declaration). Een EPD is een verkorte versie van een LCA en eenvoudiger te lezen. Een EPD wordt door een fabrikant of leverancier aangeleverd en moet door een onafhankelijke deskundige worden gecontroleerd volgens vastgestelde internationale normering. De geldigheidsduur bedraagt normaal 5 jaar.

In de NMD (status juni 2023) zijn momenteel slechts twee ophoogmaterialen als categorie 1 data beschikbaar: EPS en geëxpandeerde kleikorrels. Leveranciers en fabrikanten zijn nog terughoudend om beschikbare EPD's te laten opnemen in de NMD. Daarnaast zijn voor diverse lichte ophoogmaterialen nog geen EPD's beschikbaar. De range van MKI-waarden voor EPS 100 categorie 1 ligt tussen € 1,50 en € 3,00 per m³, afhankelijk van de fabrikant. De MKI-waarde voor geëxpandeerde kleikorrels (gebroken, sortering 4/8 mm) categorie 1 bedraagt circa € 2,00 per m³. Voor beide lichtgewicht ophoogmaterialen geldt dat de categorie 1 MKI-waarden substantieel lager liggen dan de categorie 3 data. Mede oorzaak voor het grote verschil tussen categorie 1 en 3 data is het gehanteerde "eindeleven-scenario". Direct hergebruik is het minst milieubelastend en vergt weinig bewerking. Recycling van het vrijkomende materiaal aan einde levensduur is ook relatief gunstig, maar storten of verbranden van het vrijkomende materiaal levert een forse milieubelasting op. Bij categorie 3 data is een conservatief scenario voor einde levensduur aangehouden.

EPS gaat spaarzaam om met eindige grondstoffen: het bestaat voor 2% uit polystyreen en voor 98% uit lucht. EPS is een 'monomateriaal': het bestaat uit één materiaalsoort en is daardoor bij uitstek geschikt voor recycling. 65% van het EPS dat vrijkomt op de bouwplaats wordt gerecycled door het te vermalen of te compacteren en smelten. Voor de productie van EPS voor de GWW-sector wordt, afhankelijk van leverancier en de benodigde druksterkte, zo'n twintig tot vijftig procent EPS-recycklaat toegepast. De vervuilinggraad van vrijkomende EPS-blokken (aanhangend

vuil en grond) is van invloed op de mogelijkheden van recycling.

Momenteel is vergelijking van onafhankelijke categorie 1 data voor lichte ophoogmaterialen niet mogelijk en geeft vergelijking van de beschikbare categorie 3 data voor lichte ophoogmaterialen geen accuraat beeld. De gewenste toekomstige situatie is de beschikbaarheid van geverifieerde categorie 1 data voor alle lichte ophoogmaterialen vanuit verschillende leveranciers per type materiaal. Hiermee worden onafhankelijke accurate MKI-waarden onderling vergelijkbaar, met een range per type product.

Raakvlakken EPS

De raakvlakken van het EPS met diverse objecten vormden ook voor dit project weer een uitdaging. In diverse ontwerp sessies met de verschillende disciplines zijn deze raakvlakken stapsgewijs opgelost. Voor de Schipholbrug zijn de belangrijkste raakvlakken: inpassing en verankering van permanente damwanden, inpassing van tijdelijke damwanden, funderingsblokken van lichtmasten (fundering op staal) boven het EPS, EPS rondom de paalfundering van de landhoofden, EPS rondom de paalfundering van verkeersportalen, inpassing van riolering en kolken boven het EPS.

Het ontwerp is vertaald naar een EPS-legplan per laag (2D) en in een 3D EPS-model. Met de clash detectie van het 3D BIM-model is gecontroleerd of de EPS-blokken, met name ter plaatse van de lastige 3D-situaties, goed inpasbaar zijn. De clashes zijn in verschillende iteratieslagen opgelost. Hiermee is een robuust en uitvoerbaar ontwerp uitgewerkt.

Van ontwerp naar uitvoering

Het EPS-legplan per laag (2D) met referentiepunten vormt de basis voor de uitvoering. Ter bescherming van de EPS-constructie wordt deze afgedekt met een LDPE-folie van 0,5 mm dikte. De EPS-blokken met een dikte van 0,20, 0,25 of 0,50 m worden kruislings gelegd, zodat de voegen van de twee lagen niet boven elkaar

liggen. Om onderling verschuiven van de losse blokken in de bouwfase te voorkomen, zijn kunststof kramplaten toegepast. Voor het aanbrengen en verdichten van de funderingslaag op het EPS is licht mate-rieeel ingezet om overbelasting van het EPS te voorkomen. In figuur 4 en 5 is de aanleg van de EPS-constructie te zien, deels aangebracht rondom de funderingspalen van het nieuwe landhoofd. Door de gespecialiseerde aannemer is het maken van inkassingen in een EPS-blok met een snijdraad doorontwikkeld (zie figuur 6) waarbij geen EPS-korrels vrijkomen en vervuiling op de bouwplaats en in de omgeving wordt voorkomen. Begin 2023 zijn achter en tussen de palen van de verbrede landhoofden van de Schipholbrug de EPS-ophogingen gerealiseerd.

Conclusies

Om aanvullende belastingen op het landhoofd en op de fundering van de Schipholbrug in de A9 te beperken en bouw- en zettingstijd te minimaliseren, is toepassing van EPS een effectieve maatregel, die bovendien leidt tot een duurzame oplossing met lage MKI-waarde.

Door de aanwezigheid van bestaande infrastructuur aan de noordoostzijde is een talud met afbouw van de EPS-constructie hier niet haalbaar. Hiervoor is een verticale EPS-wand met schanskorbekleding als oplossing goed inpas-

baar en rekenkundig onderbouwd met een enkele elementen berekening.

De gewenste toekomstige situatie is de beschikbaarheid van geverifieerde categorie 1 data voor alle lichte ophoogmaterialen, zodat onderlinge accurate vergelijking mogelijk wordt en een duurzame afweging voor het type materiaal kan plaatsvinden.

Literatuurlijst

- CROW 325 (2013), Lichte ophoogmaterialen in de wegebouw.
- DuboCalc (versie 6.0), Softwaretool om snel en eenvoudig de milieukosten van ontwerpvarianten van GWW-werken te berekenen (www.dubocalc.nl).
- EPS White Book (2014), EUMEPS Background Information on standardisation of EPS.
- Kwast, E. en Goes, R. (2022), EPS zorgt voor een duurzame en circulaire infrastructuur, Land+Water, oktober 2022, p 30-32.
- LCA Rapportage (2021) Categorie 3 data Nationale Milieudatabase, Hoofdstuk 22 Grondwerken (versie 1.3, 22 december 2021) en hoofdstuk 80 Funderingslagen (versie 1.2, oktober 2021).
- NMD (geraadpleegd juni 2023), De Nationale Milieudatabase, Het fundament voor duurzame bouw (www.milieudatabase.nl). ●

Figuur 4 – Overzicht opbouw EPS-constructie achter landhoofd zuid-oostzijde.



Figuur 5 – Overzicht opbouw EPS-constructie onder en naast landhoofd zuidoostzijde.



Figuur 6 – Detail inpassing EPS-blokken rondom de paalfundering.



TENCATE

Geolon® HMi

ALLES-IN-ÉÉN OPLOSSING:
STERKE KWALITEIT DIE JE ZIET!

Een onmiskenbaar design gecombineerd
met de hoogste technische prestaties



Tel: + 31 (0)546 544 811
nederland@tencategeo.com
www.tencategeo.eu

TENCATE
GEOSYNTHETICS

A Solmax
Company

enka®solutions



ENKAMAT® A20 EROSIEBESCHERMINGSMAT

Versterkt natuurlijke wortelstelsels met groene en langdurig
beschermde oevers als resultaat. Al meer dan 40 jaar bewezen.
www.enkasolutions.com

FREUDENBERG
PERFORMANCE MATERIALS



FREUDENBERG
INNOVATING TOGETHER