

Verkennd onderzoek naar de mogelijke uitloging van schadelijke stoffen uit hergebruikt composiet

Circulaire Economie



Lectoraat Kunststoftechnologie

research @ University of
Applied Sciences

Windesheim



Colofon

Titel:	Verkennd onderzoek naar de mogelijke uitloging van metalen en anionen uit hergebruikt composiet
ISBN	9789083059174
Publicatie nummer:	LKT-RE-108371-2001
Publicatie datum:	September 2020
Auteurs:	Eric Roetman, MSc Albert ten Busschen, Phd.
Subsidieverstrekker:	SIA KIEM-GoChem
In samenwerking met:	Margie Topp, Phd. Koen Hermans, Bsc. Pieter Schreuder, Bsc.
Fotografie:	Windesheim Zwolle

Dit is een uitgave van Christelijke Hogeschool Windesheim. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.



Inhoudsopgave

1. Inleiding	1
2. Doelstelling.....	4
3. Betrokken bedrijven	5
4. Steekproeftrekking.....	6
5. Beschikbaarheidsproef.....	8
6. Productie proefstuk	10
7. Diffusieproef	12
8. Conclusies en Aanbevelingen	14

SUMMARY

From 2015 till present, the Professorship for Polymer Engineering (University of Applied Sciences Windesheim, The Netherlands) has developed the principle of structural re-use of End-of-Life (EoL) thermoset composite products. Together with a consortium of over 50 SMEs, multinationals and government bodies an industrial methodology was developed to generate new structural materials from EoL, such as thermoset boats, windmill blades, train coaches etc.

The method is based on keeping the composite structure of EoL products but machining them into smaller parts, either strips or flakes with a large L/D-ratio, which then act as reinforcing elements in new products. In this manner the properties of the EoL composite, like mechanical strength, stiffness and water resistance, remain unimpaired and are transferred to the new product.

To prove the viability of the method, full-scale demonstrators were developed and installed at various locations in the Netherlands, for instance retaining walls (Almere) and guiding beams (Delfzijl).

Because the material based on EoL composites is newly developed, safe use with respect to leaching of heavy metals and salts needed to be proven to allow for introduction in the civil engineering market. A test programme was therefore set up and carried out by an independent lab, SGS Intron, to investigate the effects of leaching in the presence of groundwater or rainwater.

For the test programme EoL composite was selected from obsolete boat hulls from a scrapyard. On purpose, strips of material were chosen from the engine room (possible diesel and oil contaminations), and in a variety of colours and coatings ("old" pigments and anti-fouling coatings) from different boat hulls.

The first part of the test programme served to establish the presence and quantification of heavy metals and salts on the composite using the availability test according to NEN 7371. The EoL strips were ground to particles smaller than 125 µm and subsequently extracted with demineralized water at varying pH.

The outcome of this test can be found on page 10 and 11, Chapter 5. Not surprisingly PCB's and Copper were found, as these are well known contaminations from marine antifouling paints. Zinc, Mercury, Cadmium, mineral oil, Nickel and PAH's were also found, again the unintended side effect from processes and products used in ship yards.

The second part of the test programme served to establish the possible leaching of these contaminations from a new composite laminate after the flakes or strips are embedded in resin as reinforcing elements in a new composite. Production of the test specimen is shown in Chapter 6. The "harmonised standard for assessment of the release of dangerous substances from construction products" was used to give information about the leaching from this specimen. To determine the release, the diffusion test was carried out according to EN CEN/TS 16673-2 (DSLIT Dynamic Surface Leaching test and NEN 7375, over a period of 64 days). During this test the specimen is placed in pure water which is refreshed according to a specific schedule and the released concentrations of the elements are analysed. From these concentrations the emission is calculated.

The results can be found in table 3 on page 14, Chapter 7: very minimal to no leaching of heavy metals and salts was detected. The levels remained far below the maximum allowable limit.

To simulate what would happen to a damaged civil engineering structure like the forementioned retaining walls or guiding structures, in a next experiment the test specimen was damaged by sanding an area of 4 x 8 cms and also by drilling two cylindrical holes in the laminate. This should allow leaching from the core of the laminate. The results can be found in table 4, page 15, Chapter 7. The diffusion test again showed no leaching of heavy metals and salts.

The diffusion tests show that the method of structural re-use of EoL composite can be safely used to create civil engineering structures and environmentally comply to the Dutch Soil Quality Decree. The emission limits in the Dutch Soil Quality Decree set for the release of heavy metals and salts are based on a maximum enrichment of the soil or surface water of not more than 1% in 100 years.



Samenvatting

In 2015 is het lectoraat Kunststoftechnologie een praktijkgericht onderzoek begonnen om de mogelijkheden van hergebruik van composiet te onderzoeken met een consortium van bedrijven. Deze afvalstroom kon nog niet worden gerecycled, maar in de afgelopen jaren is door het onderzoek van Windesheim een methode ontwikkeld die hergebruik van composiet wél mogelijk maakt.

Doordat hergebruikt composiet nog weinig is toegepast, is er nog geen onderzoek gedaan naar de uitloging van dit materiaal. Bij dit type onderzoek wordt gemeten of er wel of geen metalen of anionen oplossen of uitspoelen door de jarenlange invloed van regen of (grond)water. Dit onderzoek is belangrijk om hergebruikt composiet op grotere schaal te kunnen verwerken en toe te passen in de weg- en waterbouw.

Binnen dit onderzoeksproject is de uitloging van hergebruikt composiet onderzocht door een beschikbaarheidsproef en een diffusieproef. De uitkomst is dat er geen risico is op schadelijke uitloging en dat het materiaal ruimschoots voldoet aan het geldende bouwbesluit voor uitloging en de NEN-normen. Voor dit onderzoek is een sample genomen van verschillende ontmantelde polyester boten. Ondanks dat er diverse vervuilingen zijn aangetroffen op dit polyester kon dit niet uitlogen als het verwerkt was in een nieuw product van hergebruikt composiet. Zelfs nadat het proefstuk was beschadigd en doorboort, bleef de uitloging ruim binnen de gestelde normen tijdens de diffusieproef.



1. Inleiding

Composiet

Onder composieten worden vezel-versterkte kunststoffen verstaan. Door de combinatie van bijvoorbeeld glasvezels en polyester kunnen uit composiet sterke en lichte producten worden ontwikkeld die onder andere worden toegepast in de recreatie, bouw, elektrotechniek, automobiellindustrie, transport en luchtvaart. Bootrompen van plezierjachten worden al vele decennia lang van glasvezelversterkt polyester gemaakt. De laatste dertig jaar worden moderne windmolens in toenemende mate ingezet voor energieopwekking. De rotorbladen van deze molens zijn gemaakt van vezel-versterkte kunststoffen.

Afvalstromen

De afvalstroom van composiet-producten neemt jaarlijks toe. De verwachting is dat in Nederland de hoeveelheid afval van bootrompen toeneemt van 1400 ton/jaar in 2015 naar 4000 ton/jaar in 2030. De afvalstroom van windmolenrotorbladen is 1300 ton/jaar en dit neemt in de komende jaren ook verder toe tot 2800 ton/jaar^{1,2}. Dit composiet afval kan niet via de gangbare recyclemethodes worden verwerkt. Vezel-versterkte kunststoffen zijn moeilijk recyclebaar omdat het bestaat uit vezels die gebonden zijn door een thermoharde kunststofhars. Een thermoharder is een niet-smeltbare kunststof. Dit maakt recycling niet mogelijk zonder degradatie van de componenten. Ook is terugwinning van energie lastig doordat het restmateriaal zorgt voor verstoppingen in de verbrandingsinstallaties³.



Figuur 1: Twee stromen van end-of-life composiet: windmolen rotoren en boten

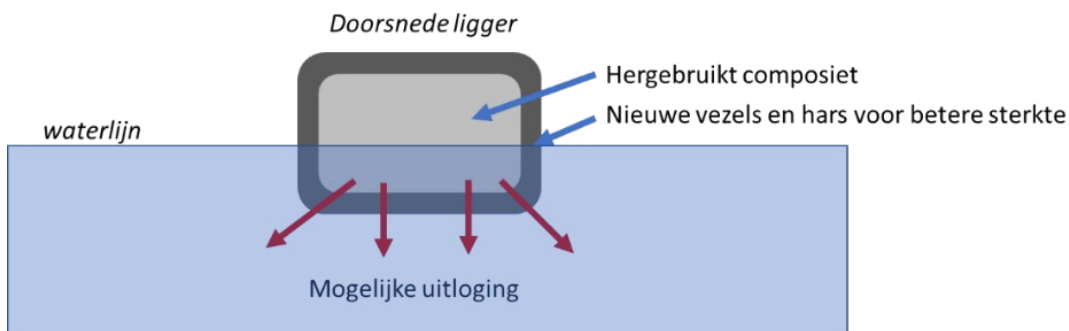
¹ De samenvatting van dit onderzoek is opgenomen in NRK kunststof & rubber # 4/2017

² Busschen, ten A. Bouwmeester, J. Schreuder, P. (2016) Hergebruik van thermoharde composieten; <https://www.windesheim.nl/onderzoek/onderzoeksthemas/technologie/kunststoftechnologie/onderzoeksprojecten/kiemvang/onderzoeksprojecten/hergebruik-van-thermoharde-composieten/>

³ Job, S. Leeke, G. Tarisai, P. Oliveux, G. Pickering, S. Aizat Shuaib, N. (2016) Composites Recycling. Where are we now? ; <https://compositesuk.co.uk/system/files/documents/Recycling%20Report%202016.pdf>

Praktijkgericht onderzoek

In 2015 is het lectoraat Kunststoftechnologie van Hogeschool Windesheim een breed praktijkgericht onderzoek begonnen met verschillende midden- en kleinbedrijven naar het hergebruik van End-of-Life (EoL) composiet. Dit is gestart met een 7-tal kortdurende projecten in de periode 2015-2017. Het daaruit volgende verdiepende onderzoek is tijdens de twee opvolgende jaren georganiseerd binnen het onderzoeksproject 'Industrieel Hergebruik van EoL Composieten'. Het doel van dit onderzoek was om de hoogwaardige eigenschappen van het composiet zoveel mogelijk te behouden. Het afvalcomposiet is niet teruggebracht tot de oorspronkelijke grondstoffen (versterkingsvezels en thermoharde kunststofhars) maar het is intact gelaten in relatief grote stroken of vlokken. Het versneden materiaal wordt opnieuw gebonden met een hars en aan de buitenzijde afgewerkt met een laag nieuwe vezels ter versterking. Deze buitenste laag dient tegelijk om de vlokken af te schermen. Op deze manier is nieuw constructiemateriaal ontwikkeld. Tijdens het onderzoek zijn verschillende vragen gesteld omtrent mogelijke uitloging van schadelijke stoffen. Onderstaande figuur toont de situatie van een product uit hergebruikt composiet waaruit mogelijk schadelijke stoffen uitlogen.



Figuur 2: Uitlogingsproces

Dit praktijkgerichte onderzoek leidde al tot verschillende nieuwe verwerkingsmethodes om het EoL composiet te gebruiken en tot verschillende demonstrators, zoals damplanken, wrijfgordingen en dragline schotten. Inmiddels ontstaat er een eerste industrialisatie doordat verschillende composietproducenten hun productiemethodes hebben aangepast om hergebruikt composiet te verwerken in enkele producten.

Om de veiligheid en gezondheid voor de mens en het milieu te waarborgen dienen producenten, bij het op de Europese markt brengen van verschillende bouwmaterialen, aan te geven of er eventueel gevaarlijke stoffen kunnen vrijkomen (release of dangerous substances).

Er is echter nog geen onderzoek gedaan naar de uitloging van producten die hergebruikt composiet bevatten. Met uitloging wordt bedoeld dat mogelijk schadelijke stoffen vrijkomen als een product lang wordt blootgesteld aan water of een andere vloeistof. Doordat veel producten van hergebruikt composiet continu in het water staan of op natte grond liggen (zoals dragline schotten) is het belangrijk om te onderzoeken of er bij deze toepassingen geen schadelijke stoffen vrijkomen.

Een belangrijk gegeven bij de uitloging van hergebruikt composiet is dat er tijdens de levensduur van een boot, door particulier vaak reparaties worden uitgevoerd en nieuwe anti-fouling coatings worden aangebracht om de aangroei van organismen, algen en mosselen te voorkomen. In sommige gevallen

bevatten deze coatings stoffen als biociden, koper, en chloorrubber⁴. Deze coating zorgt voor het behoud van de vaareigenschappen maar als een boot wordt afgedankt, kan één of meerdere lagen van deze coating gehecht zijn aan de bootromp. Bij de voorbereiding van dit onderzoek is onderzocht of er nog resten van deze vervuilende coatings terug te vinden zijn in composiet-afval van polyester boten. Er zijn toen resten aangetroffen van o.a. zink, nikkel en lood. Het is daarom belangrijk te weten hoeveel van deze stoffen terechtkomen in het hergebruikte composiet en te bepalen of deze stoffen ook (kunnen) uitlogen in het oppervlakte- of grondwater.

Ondanks het feit dat (recycling) kunststofproducten en composieten op grond van de definitie niet direct onder de werkingssfeer van het Besluit bodemkwaliteit vallen, willen opdrachtgevers steeds vaker inzicht hebben in de uitloging van dit materiaal. Om inzicht te krijgen in de te verwachten uitloging wordt ook gebruikgemaakt van deze uitloogproeven, zodat dezelfde toetsing van de milieu-hygiënische kwaliteit kan plaatsvinden. Voor bedrijven die composiet willen hergebruiken is het daarom belangrijk dat er meer kennis komt over de uitloging van composiet.

In het afgelopen jaar zijn bijvoorbeeld verschillende vragen gesteld over de uitloging van composiet. Een voorbeeld is tijdens een lezing van Dr. Ir. Albert ten Busschen voor een vereniging van watersporters op 7 maart 2019 in de Dromedaris in Enkhuizen. Er werd de vraag gesteld of de vervuiling die op de hergebruikte bootrompen aanwezig is niet kan uitlogen. Naast vragen van booteigenaren, kwamen er ook vragen van Rijkswaterstaat en Gemeente Groningen toen demonstrators (damplanken en wrijfgordingen van hergebruikt composiet) werden geplaatst. Voordat hergebruik composiet op een grotere schaal wordt toegepast, is het belangrijk dat er een antwoord is op dit soort vragen over uitloging van hergebruikt composiet.

⁴ Een aantal jaren geleden is de wetgeving voor scheepscoatings reeds aangepast. Verhoeven, B.M. (2003) Rijkswaterstaat: Uitvoeringsdocument Scheepscoatings; FWVO-nota 03.02

2. Doelstelling

Het doel van dit project is om door middel van onderzoek van producten die bestaan uit hergebruikt composiet, de uitloging te bepalen. Het doel is om te komen met een antwoord op de volgende vragen die zijn gesteld in het werkveld:

- Kan al het end-of-life composiet materiaal worden hergebruikt in toepassingen in de bodem of oppervlaktewater als er geen uitloging mag optreden?
- Waar moet op gelet worden bij de selectie van end-of-life composiet voordat het wordt hergebruikt?
- Waarmee moet rekening worden gehouden als end-of-life composiet wordt verkleind, vervoerd en opgeslagen voordat het wordt hergebruikt?
- Hoe moeten chemische proeven naar uitloging van composiet in de toekomst worden ingericht?

Op basis van deze praktijkvragen zijn de volgende twee kennisvragen opgesteld:

- Wat is de chemische samenstelling van hergebruikt composiet dat bestaat uit bronmateriaal met o.a. coatings? Ofwel, welke stoffen kunnen er mogelijk uitlogen?
- Tot in welke mate is er uitloging bij hergebruikt composiet dat is samengesteld uit polyester bootrompen (met vervuilingen van o.a. coatings en reparaties)?

Als veelvoorkomende bouwmaterialen op de Europese markt worden gebracht moet er worden aangegeven of er eventueel gevaarlijke stoffen vrijkomen door uitloging (release of dangerous substances). In Nederland is dit vastgelegd in het Besluit bodemkwaliteit. In dit besluit zijn voor bouwstoffen (materialen waarin de totaalgehalten aan silicium, calcium en aluminium samen meer dan 10 massaprocenten van dat materiaal bedragen) maximale samenstellingswaarden voor organische parameters en maximale uitloogwaarden voor de anorganische parameters (zware metalen en zouten) opgenomen. Deze normen en richtlijnen zijn niet verplicht voor nieuwe materialen, zoals hergebruikt composiet, maar in dit onderzoek wordt het end-of-life composiet wel volgens deze normen onderzocht. Dit kader biedt namelijk duidelijke maximale emissiewaarden voor bouwstoffen in het oppervlaktewater en in de bodem. In het Besluit bodemkwaliteit zijn maximale emissiewaarden opgenomen voor de volgende metalen: antimoon (Sb), arseen (As), barium (Ba), cadmium (Cd), chroom (Cr), kobalt (Co), koper, (Cu), kwik (Hg), molybdeen (Mo), nikkel (Ni), seleen (Se), lood (Pb), tin (Sn), vanadium (V), zink (Zn). Daarnaast zijn er normen voor de volgende vier anionen: (fluoride (F), chloride (Cl), bromide (Br), sulfaat (SO₄)). De uitloogproeven zijn uitgevoerd volgens dit besluit en de geldende NEN normen door SGS Intron, een gerenommeerd laboratorium, zodat de proeven volgens alle geldende normen voor uitloging worden uitgevoerd.

In de oorspronkelijke onderzoeksopzet zouden zowel polyester boten als rotoren van windmolens worden onderzocht. Beide producten worden in de regel gemaakt van een polyesterhars (koudhardende kunststof) met een versterking van glasvezels. In de praktijk worden polyester boten echter nog vaak bewerkt, tijdens de bouw of periodiek onderhoud, met diverse coatings en harsen voor reparaties. Nadat de eerste proeven met een sample van end-of-life polyesterboten positieve resultaten liet zien, is er voor gekozen om niet dit onderzoek te herhalen met de minder vervuilde windmolenrotoren. De middelen voor dit onderzoek zijn aangewend voor aanvullend onderzoek om te bepalen welk effect beschadigingen van een product hebben op de uitloging van producten waarin end-of-life composiet is verwerkt.



3. Betrokken bedrijven

Het Lectoraat Kunststoftechnologie heeft al een consortium georganiseerd voor het inmiddels afgeronde project 'Industrieel hergebruik van EoL thermoharde composieten'. De bedrijven die zich georganiseerd hebben in dit consortium blijven grotendeels ook na de projectperiode verbonden aan het onderzoek naar hergebruik composiet en in het nieuw gestarte project 'Hybride hergebruik kunststoffen'. In dit consortium zijn onder andere de brancheorganisaties voor composiet (CompositesNL) en voor kunststoffen (Federatie NRK) betrokken en de Nederlandse Jachtbouw Industrie (NJI). Daarnaast participeren bedrijven vanuit de composiet verwerkende industrie, bouw- en infra, afvalsorteerders en verschillende kennisinstellingen. Ook zijn er diverse overheidsinstanties, zoals Waterschap Zuiderzeeland, Provincie Flevoland en Rijkswaterstaat verbonden aan dit consortium.

Binnen het onderzoeksproject dat in dit rapport wordt beschreven zijn diverse bedrijven betrokken die direct betrokken zijn bij het hergebruik van composiet of een bijdrage kunnen leveren aan het onderzoek. De nadruk ligt op twee afvalstromen: bootrompen van polyester, en windmolens. De volgende bedrijven zijn betrokken:

- Bootjessloperij "het Harpje" is betrokken vanwege de kennis over het proces om end-of-life composiet geschikt te maken voor hergebruik. Daarnaast is 't Harpje betrokken bij het selecteren van het materiaal voor de steekproef;
- Composiet Service, een composiet verwerkend bedrijf, is betrokken vanwege de kennis en ervaring met het verwerken van end-of-life composiet;
- SGS Intron is betrokken vanwege de uitgebreide kennis over inspectie, controle, analyse en certificering van de uitloging van bouwmaterialen;
- De IJssel Coatings levert coatings en heeft een afdeling onderzoek en ontwikkeling voor nieuwe producten. Een voorbeeld is een coating zonder oplosmiddelen.

Het onderzoek is gefinancierd door het Nationale Regieorgaan Praktijkgericht Onderzoek SIA via de GoChem regeling. Dit is een subsidiekader voor praktijkgericht onderzoek dat gericht is op het uitvoeren van verkennend onderzoeken binnen de duurzame chemie.

4. Steekproeftrekking

Voor dit onderzoek is op 9 december 2019 een brede steekproef genomen van diverse boten uit het end-of-life composietmateriaal bij Bootjes Sloperij 't Harpje. Hierbij zijn stroken gezaagd van zowel de binnen- als de buitenzijde van boten, en de bovenkant en de onderwaterzijde. Er is ook polyestermateriaal geselecteerd uit machinekamers en van loopdekken en er zijn boten met verschillende kleuren coating gekozen. In totaal zijn er 26 proefstukken genomen. Het was niet mogelijk om exacte te bepalen uit hoeveel boten er materiaal is genomen. Dat komt doordat alle boten op het terrein van de bootjessloperij vrijwel direct worden verkleind. Van één boot die nog intact was, zijn vier verschillende delen geselecteerd. De andere stukken zijn op het zicht gekozen van de brokstukken die op het terrein lagen opgeslagen.



Figuur 3: tijdelijke opslag van verkleinde polyester boten

Er is uit elke plaat van de 26 plaatmonsters een strook gezaagd van ca. 80 bij 250 cm en een dikte van 8 mm. Deze 26 stroken zijn gebruikt voor het onderzoek. Deze stroken zijn later in twee stukken gezaagd, waarbij één deel is gebruikt voor de beschikbaarheidsproef en het andere deel is verwerkt in het proefstuk voor de diffusieproef. Figuur 4 toont de diverse stroken die gebruikt zijn voor het onderzoek.



Figuur 4: Ingekorte proefstukken (26 stuks) voor het onderzoek

5. Beschikbaarheidsproef

De beschikbaarheidsproef is uitgevoerd door SGS Intron waarbij is onderzocht welke materialen er in het end-of-life composiet aanwezig waren. Een beschikbaarheidsproef is een onderzoek waarbij wordt onderzocht welke materialen er in een materiaal aanwezig zijn (beschikbaar zijn) die eventueel zouden kunnen uitlogen. De test toont het worst case scenario en laat de maximaal mogelijke uitloging zien van de diverse chemische componenten in het materiaal. Voor deze proef wordt het materiaal vermalen tot delen van kleiner dan 125 µm. Het materiaal wordt vervolgens in gedemineraliseerd water geëxtraheerd met een pH-waarde die varieert tussen de 4 tot 7. Er wordt altijd gewerkt met een vaste verhouding van 50 liter gedemineraliseerd water per kilogram vaste stof. Het wordt uitgedrukt in mg/kg droge stof en de uitvoering van deze proef is vastgelegd in de Nederlandse norm NEN 7371.

Voor het onderzoek is niet alleen het end-of-life composiet zelf onderzocht maar ook materialen die aan het composiet zijn gehecht, zoals anti-fouling coatings, kleurpigmenten of olie. De stukken composiet zijn daarom ook opzettelijk niet schoongemaakt voordat deze zijn getest of verwerkt. Er is dus gestreefd naar een maximale verontreiniging en daarmee een worst case scenario. In Tabellen 1 en 2 staan de verontreinigingen die zijn aangetroffen in het geselecteerde materiaal.

Element	Maximale beschikbaarheid composiet/polyester [mg/kg d.s.]	Maximale emissie Besluit bodemkwaliteit NV-bouwstof [mg/kg d.s.]
antimoon (Sb)	0,37	0,32
arseen (As)	< 0,5	0,9
barium (Ba)	38	22
cadmium (Cd)	0,11	0,04
chromium (Cr)	1,5	0,63
kobalt (Co)	11	0,54
koper (Cu)	89	0,9
kwik (Hg)	< 0,0040	0,02
molybdeen (Mo)	0,31	1
lood (Pb)	20	2,3
nikkel (Ni)	0,95	0,44
seleen (Se)	< 0,070	0,15
tin (Sn)	< 0,20	0,4
vanadium (V)	< 2,0	1,8
zink (Zn)	230	4,5
fluoride (F)	10	55
chloride (Cl)	150	616
sulfaat (SO ₄)	390	2430
bromide (Br)	< 8,0	20

Tabel 1: aangetroffen metalen in sample van de 26 stroken

Organische verbinding	Gehalte in mengmonster composiet [mg/kg d.s.]	Maximale samenstellingswaarde uit het Besluit bodemkwaliteit [mg/kg d.s.]
PAK's (som)	26	50
PCB's (som)	0,12	0,5
Benzeen	2,6	1
Toloueen	99	1,25
Ethylbenzeen	78	1,25
Xylenen (som)	220	1,25
Fenol	3,4	1,25
Minerale olie	760	500

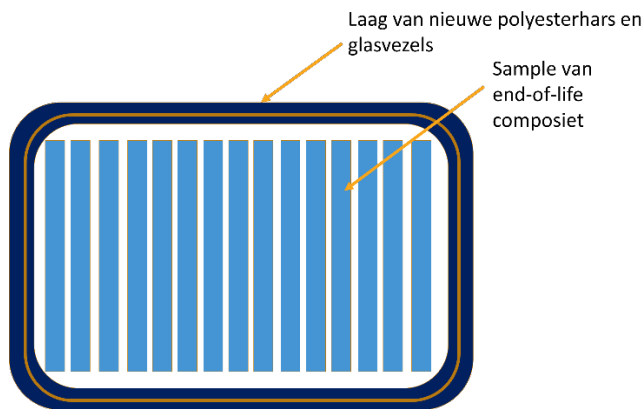
Tabel 2: aangetroffen materialen met organische verbindingen en olie

Veel stoffen die in hoge mate aanwezig zijn in het materiaal kunnen worden verklaard. Zo zijn stoffen zoals koper en PCBs ook in hoge mate in het oppervlakte water aangetroffen, doordat het in het verleden is verwerkt in zowel anti-fouling als scheepsscoatings. Andere vervuilingen die ook bij eerder onderzoek door Rijkswaterstaat zijn aangetroffen in het Nederlandse oppervlakte water zijn: zink, kwik, cadmium, minerale olie, nikkel en PAK's. De oorzaak hiervan was volgens een onderzoeker van Rijkswaterstaat: *"een onbedoeld neveneffect van gangbare processen of productgebruik, zoals het gebruik van antifoulingverven op scheepshuiden en het vrijkomen van schadelijke stoffen bij conserveringswerkzaamheden op scheepswerven"* (Verhoeven 2003, p.11). Verschillende stoffen die aanwezig waren in het sample lijken dus diverse coatings die in de afgelopen decennia zijn aangebracht op het polyester.

Ondanks dat er verontreinigingen aangetroffen zijn, betekent dit niet dat deze verontreinigingen in de praktijk ook uitlogen. Er is daarom een tweede onderzoek uitgevoerd, waarbij onderzocht is tot in welke mate deze stoffen in het milieu terecht kunnen komen. Dit is bepaald door het maken van een proefstuk waarmee een diffusieproef is uitgevoerd. In de volgende hoofdstukken is beschreven hoe het proefstuk is gemaakt en beproefd.

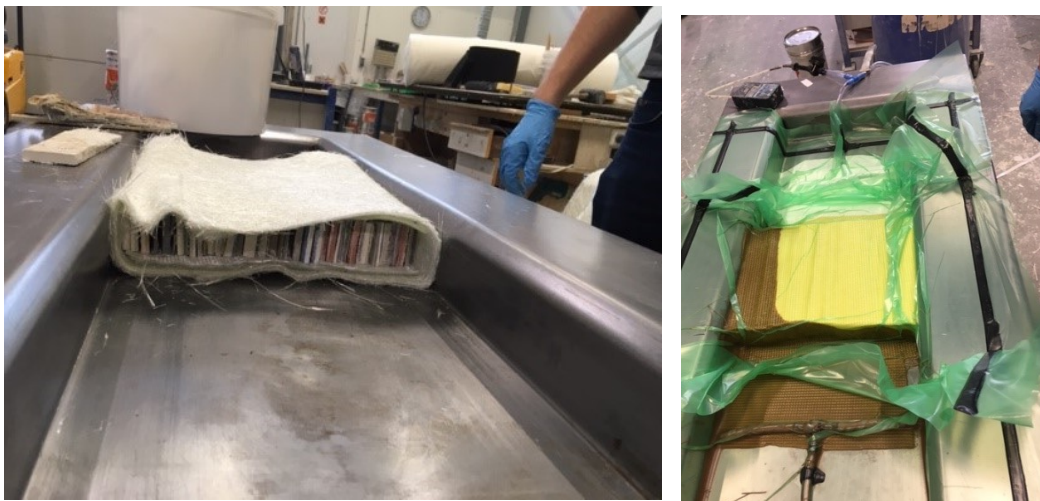
6. Productie proefstuk

Op 22 januari 2020 hebben onderzoekers van Hogeschool Windesheim samen met Composiet Service een proefstuk gemaakt van de sample. Het proefstuk is op dezelfde manier opgebouwd als de damwandplanken van hergebruikt composiet die geplaatst zijn bij de Beatrixsluis in Almere.



Figuur 5: opbouw proefstuk

Tijdens de productie zijn de verschillende samples van de bootrompen verwerkt en omhuld met twee lagen van glasvezels. Een schematische weergave van de opbouw staat in figuur 5.



Er is een hars gebruikt met een bruin pigment dat door middel van vacuüminfusie in het proefstuk is aangebracht. De volgende materialen zijn gebruikt bij het maken van het proefstuk:

- Glasversterking was een Polymat: 900 gr/m² (ca 80 x 25 cm, rondom gelegd) en daarnaast een UD-glaslegsel: 840 gr/m², ca 30 x 25 cm (beide zeiden)
- 26 stroken van hergebruikt composiet van diverse boten
- 3 kg Hars: Synolite 1967-G-9: DCPD-polyester hars van AOC (voorheen Aliancys)
- 2% Pigment, RAL 8024 van de IJssel coatings. Deze bestaat uit de kleuren titaanwit, oxidegeel, oxideroed en vlamroet (bevat alleen ijzeroxide als metaalverbinding)
- 2% Verharder: Trigonox 249 van Nouryon (voorheen Akzo-Nobel)

Over het sample is een combimat van peelply en flowmesh gelegd. Vervolgens zijn de aan- en afvoerslang aangebracht. Het geheel is afgedekt met vacuümfolie en bevestigd met "tacky tape". De temperatuur van de ruimte was hoger dan 15 graden Celsius. Na volledige infusie is de mal verwarmd met een straalkachel. Doordat de proef snel volgde op de productie is er gebruikt gemaakt

van “postcuring”. Dit is een warmte-behandeling die ervoor zorgt dat de hars volledig doorhardt en de optimale eind-eigenschappen behaalt.



Figuur 6: doorsnede van het proefstuk

Dit proefstuk is verstuurd naar het laboratorium van SGS Intron voor twee diffusieproeven. Bij de eerste proef is het proefstuk onbeschadigd gebruikt voor een diffusieproef. Voor de tweede diffusieproef is het proefstuk beschadigd. Er zijn twee gaten in geboord om te simuleren wat er gebeurt als er een leiding door de damwand wordt gevoerd. Daarnaast is een deel van het oppervlakte geschuurd om te simuleren wat er kan gebeuren als het oppervlakte zwaar is beschadigd door bijvoorbeeld een aanvaring met een schip.



Figuur 7: beschadiging van het product de eerste diffusieproef

7. Diffusieproef

Met het proefstuk is een diffusieproef uitgevoerd. Dit is een proef waarmee de uitloging van vaste- en niet-korrelvormige materialen kan worden bepaald in een periode van 64 dagen. Het proefstuk wordt bij deze proef in puur water geplaatst en is dus vrij van stoffen als magnesium- en calciumionen en carbonaat. In een vastgesteld tijdsschema wordt de vloeistof verversd en worden de emissies gemeten. De vloeistof wordt verversd volgens een logaritmische schaal en dat is na 0.25, 1, 2.25, 4, 9, 16, 36 en 64 dagen. Op basis van deze metingen kan de cumulatieve emissie worden bepaald in de eenheid mg/m^2 . De uitkomsten kunnen worden geëxtrapoleerd naar een langere periode en zo wordt inzicht gegeven tot in welke mate dit materiaal gaat uitlogen in een praktijk situatie. Het proces voor een diffusie proef is vastgelegd in de NEN normen 7375 en 7345.

De eerste diffusieproef is uitgevoerd met het onbeschadigde proefstuk, waarin een sample was verwerkt van polyester stroken van end-of-life boten. SGS Intron heeft daarbij de kopse kanten van het proefstuk afgewerkt met een coating. De uitkosten van dit onderzoek zijn weergegeven in de onderstaande tabel.

Laboratoriumnummer:	20,0548-1	
beschrijving:	Composiet met polyester restmateriaal	
Maximale emissie (BBK)	vormgegeven bouwstof E64d	
Door extrapolatie berekende emissie (64 dagen)		
Zuurgraad (pH)	7,55	
Element	Gemeten emissie [mg/m ²]	Maximale emissie [mg/m ²]
Antimoon (Sb)	0,9	8,7
Arseen (As)	<7,2	260
Barium (Ba)	<86	1.500
Cadmium (Cd)	<0,14	3,8
Kobalt (Co)	<4,3	60
Chroom (Cr)	<14	120
Koper (Cu)	<7,2	98
Kwik (Hg)	<0,06	1,4
Molybdeen (Mo)	<1,4	144
Nikkel (Ni)	<7,2	81
Lood (Pb)	<14	400
Seleen (Se)	<1,0	4,8
Tin (Sn)	<2,9	50
Vanadium (V)	<29	320
Zink (Zn)	<29	800
Fluoride (F)	<144	2.500
Chloride (Cl)	<72	110.000
Bromide (Br)	<4,3	670
Sulfaat (SO ₄)	<144	165.000

Tabel 3: uitkomsten diffusieproef met onbeschadigd proefstuk

Uit de diffusieproef blijkt dat de uitloging van het proefstuk onder de detectiewaarde is gebleven van de proef en er geen of zeer minimale uitloging plaatsvindt. Antimoon (sb) is het enige metaal dat is gedetecteerd, maar daar is de uitloging slechts 10,3% van de maximale emissiewaarde. Bij een diffusieproef worden alleen metalen gemeten en geen stoffen met organische verbindingen. De reden



hiervoor is dat stoffen met organische verbindingen niet-oplosbaar zijn in water, in tegenstelling tot veel metalen, waardoor er slechts een kleine kans is uitloging. Er zijn ook geen vastgestelde Europese normen voor uitloging van stoffen met organische verbindingen. Dus ondanks dat er in de sample verschillende verontreinigingen in het materiaal zijn aangetroffen bij de beschikbaarheidsproef, laat de eerste diffusieproef zien dat als het materiaal goed wordt verwerkt er geen risico is op schadelijke uitloging.

Na de eerste diffusieproef is aanvullend onderzoek gedaan om te onderzoeken of het materiaal kan uitlogen als er beschadigingen optreden in het materiaal. Op het moment dat de buitenzijde van het materiaal is beschadigd dan komt de binnenzijde, die is samengesteld uit gerecycled materiaal, direct in contact met water. Er zou dan alsnog uitloging kunnen plaatsvinden. Om dit te onderzoeken is het proefstuk beschadigd door er twee gaten in te boren en een deel van het oppervlakte te schuren, zoals is beschreven in hoofdstuk acht. SGS Intron heeft bepaald dat uiteindelijk acht procent van het oppervlakte van het proefstuk is beschadigd. De uitkomsten van de diffusieproef met de beschadigde proefstuk zijn weergegeven in tabel 4.

Laboratoriumnummer	20,1867-1	
beschrijving	Composiet met polyester restmateriaal na "beschadiging"	
Maximale emissie (BBK)	vormgegeven bouwstof E64d	
Door extrapolatie berekende emissie (64 dagen)		
Zuurgraad (pH)	8,54	
Element	Gemeten emissie [mg/m²]	Maximale emissie [mg/m²]
Antimoon (Sb)	<0,6	8,7
Arseen (As)	<7,2	260
Barium (Ba)	<86	1.500
Cadmium (Cd)	<0,14	3,8
Kobalt (Co)	<4,3	60
Chroom (Cr)	<14	120
Koper (Cu)	<7,2	98
Kwik (Hg)	<0,06	1,4
Molybdeen (Mo)	<1,4	144
Nikkel (Ni)	<7,2	81
Lood (Pb)	<14	400
Seleen (Se)	<1,0	4,8
Tin (Sn)	<2,9	50
Vanadium (V)	<29	320
Zink (Zn)	<29	800
Fluoride (F)	<144	2.500
Chloride (Cl)	<72	110.000
Bromide (Br)	<4,3	670
Sulfaat (SO ₄)	<144	165.000

Tabel 4: uitkomsten diffusieproef met beschadigd proefstuk

De beschadigde damplank is volgens de bepaling duurzame vormvastheid (artikel 3.2.3) uit de regeling bouwbesluit vormvast, omdat het tijdens de diffusieproef minder massaverlies heeft dan 30 gram/m². Tijdens de proef met de beschadigde damplank was er geen massaverlies tijdens de 64 dagen van de proef. Er kan daarom gesteld worden dat het materiaal duurzaam vormvast is.

8. Conclusies en Aanbevelingen

End-of-life composiet kan zonder grote risico's op uitloging worden toegepast in toepassingen van hergebruikt composiet als gebruik wordt gemaakt van de recycle-methode die is ontwikkeld door Hogeschool Windesheim. Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van end-of-life composiet van polyester boten die in de afgelopen decennia veelvuldig zijn bewerkt met diverse coatings en kleurpigmenten en daarnaast zijn vervuild met olie en anti-fouling. Door te kiezen voor een vervuilde sample is er gewerkt met een 'worst case scenario'. De opbouw van het proefstuk was gelijk aan de damplankprofielen van hergebruikt composiet die zijn geplaatst bij de Beatrixsluis in Almere.

Door een beschikbaarheidsproef is bepaald welke metalen, oliën en andere organische verbindingen aanwezig waren in dit sample. Dit materiaal is gebruikt om een proefstuk te maken dat is onderzocht door middel van een diffusieproef om de uitloging te kunnen bepalen. De conclusie van het onderzoek is dat er geen direct risico is dat de uitloging in oppervlaktewater of in de bodem de gestelde normen overschrijdt. Deze conclusie geldt voor damwanden en producten met een gelijke opbouw. Dhr Creuwels van SGS Intron beschreef dit op de volgende wijze: *"In het kader van de milieuhygiënische kwaliteit van het composiet product, met oud polyester bootmateriaal in de kern, zijn er voor de toepassing op of in de bodem of in grote oppervlakte wateren geen toepassingsbeperkingen door de mogelijk uitloging van zware metalen en zouten"*.

Doordat het hergebruikte composiet langs de waterlijn wordt toegepast, is er een kans op beschadigingen door bijvoorbeeld een aanvaring met een schip of een doorvoer van een leiding. Het proefstuk is daarom beschadigd en is de diffusieproef opnieuw uitgevoerd. Ook nadat deze beschadigingen waren aangebracht, bleven de waarden onder de gestelde normen en waren zelfs niet detecteerbaar met de gangbare meetapparatuur. Dit betekent dat als damplanken zijn beschadigd of zelfs doorboord, deze zonder risico in het oppervlakte water kunnen blijven. Door deze conclusie zijn er geen belangrijke aanvullende eisen nodig voor de selectie van composiet uit boten of de wijze waarop het wordt verkleind. Ook is er op dit moment geen aanvullend onderzoek nodig voor de uitloging van EoL composiet.



Bijlage, SGS INTRON Memo

MEMO

Aan / Hogeschool Windesheim
To:
T.a.v. / de heer E. Roetman
Attn.:
Betreft / RAAK project composieten
Subject:

Van / ing. H. Creuwels
From:
Aantal pagina's / 6
Number of pages:
Datum / 13 augustus 2020
Date:

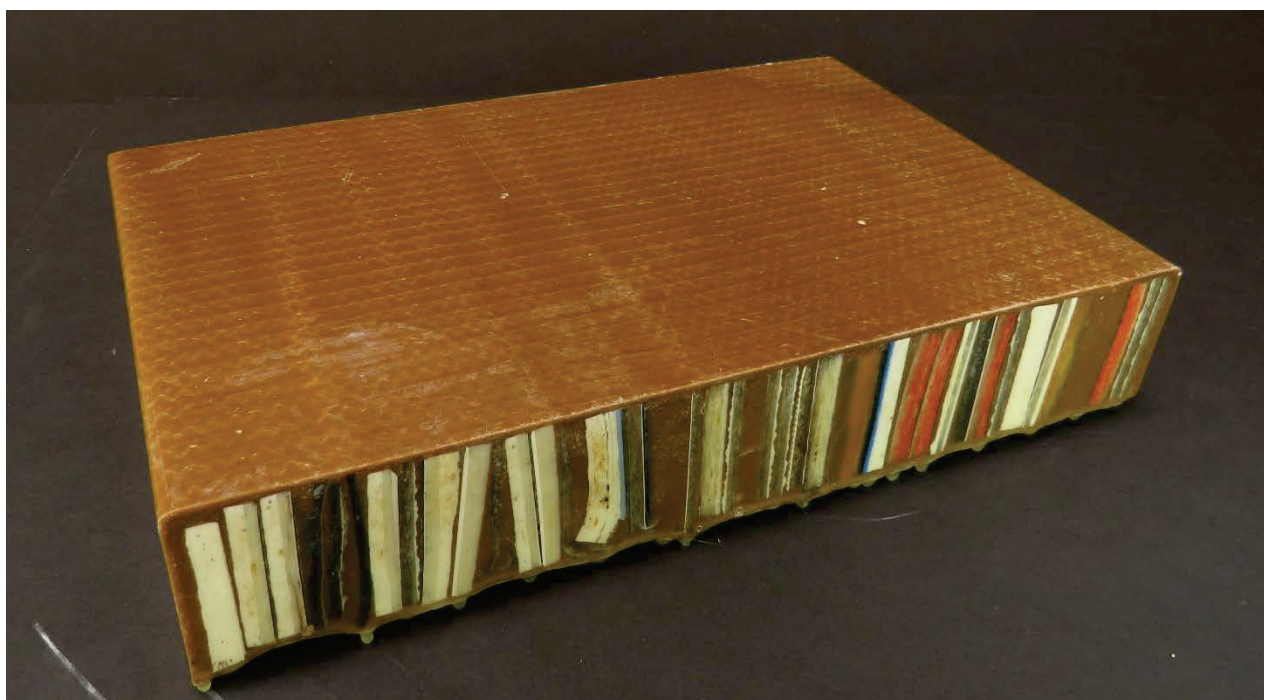
Geachte heer Roetman,

Hogeschool Windesheim doet als vervolg op het RAAK MKB project praktijkgericht onderzoek naar hergebruik van composiet.

In dit onderzoek zijn er onder verantwoordelijkheid van Windesheim Hogeschool proefstukken, vervaardigd voor de toepassing als kantbeschoeiing. In de kern van deze kantplanken is composiet restmateriaal verwerkt dat afkomstig is van oude polyester bootmateriaal.

Van het oud polyester bootmateriaal zijn strips gezaagd die in de kantplank zijn verwerkt, zoals zichtbaar is in onderstaande foto.

Foto 1: Kantplank proefstuk met in de kern de gezaagde strips afkomstig van polyester bootmateriaal



Omdat de kantplanken in de toepassing als kantbeschoeiing geheel of gedeeltelijk in het water staan bestaat de mogelijkheid dat er uit het nieuwe composiet product verbindingen uitlogen die in het oppervlakte water terecht kunnen komen. Als kader voor het bepalen van de uitloging is het Besluit bodemkwaliteit genomen, omdat in dit Besluit maximale emissiewaarden zijn opgenomen voor vormgegeven bouwstoffen die op of in de bodem of in grote oppervlakte wateren worden toegepast. In het Besluit bodemkwaliteit zijn maximale emissiewaarden opgenomen voor 15 metalen (antimoon (Sb), arseen (As), barium (Ba), cadmium (Cd), chroom (Cr), kobalt (Co), koper

(Cu), kwik (Hg), molybdeen (Mo), nikkel (Ni), seleen (Se), lood (Pb), tin (Sn), vanadium (V), zink (Zn) en 4 anionen (fluoride (F), chloride (Cl), bromide (Br), sulfaat (SO₄)).

Indien blijkt dat de uitloging uit het composiet product, met hergebruikt oud polyester bootmateriaal, lager is dan de in het Besluit bodemkwaliteit opgenomen maximale emissiewaarden, zijn er milieuhygiënisch gezien geen toepassingsbeperkingen voor het gebruik van deze kantplanken als beschoeiingsmateriaal. Om vast te stellen wat de emissie uit dit composiet product is, is de diffusieproef (NEN 7375) uitgevoerd. Voorafgaand aan het uitloogonderzoek zijn de beide zaagsneden gecoat, om uitloging vanuit de kern van het proefstuk te voorkomen. Deze coating is een voor de uitloging van de elementen een ondoordringbare barrière.

In de diffusieproef wordt er vanuit gegaan dat er diffusie gecontroleerde emissie plaatsvindt. Door dit uitloogmechanisme is het mogelijk de te verwachten emissie te berekenen door extrapolatie van de concentratie in de 3^e fractie (verversingsstap) van de diffusieproef. Op grond van de berekende emissie kunnen vervolgens de relevante elementen voor uitloging worden bepaald.

In onderstaande tabel is de berekende emissie van de 19 elementen weergegeven.

Tabel 1: Berekende emissie door extrapolatie van de concentratie in de 3^e fractie van de diffusieproef en toetsing aan de maximale emissiewaarden uit het Besluit bodemkwaliteit (BBK) voor vormgegeven bouwstoffen.

Laboratoriumnummer	20,0548-1	
	Composiet met polyester restmateriaal	
	Berekende emissie (64 dagen)	Maximale emissie (BBK) vormgegeven bouw stof
Zuurgraad (pH)	7,55	E _{64d}
Element	(mg/m ²)	(mg/m ²)
Antimoon (Sb)	0,9	8,7
Arseen (As)	<7,2	260
Barium (Ba)	<86	1.500
Cadmium (Cd)	<0,14	3,8
Kobalt (Co)	<4,3	60
Chroom (Cr)	<14	120
Koper (Cu)	<7,2	98
Kwik (Hg)	<0,06	1,4
Molybdeen (Mo)	<1,4	144
Nikkel (Ni)	<7,2	81
Lood (Pb)	<14	400
Seleen (Se)	<1,0	4,8
Tin (Sn)	<2,9	50
Vanadium (V)	<29	320
Zink (Zn)	<29	800
Fluoride (F)	<144	2.500
Chloride (Cl)	<72	110.000
Bromide (Br)	<4,3	670
Sulfaat (SO ₄)	<144	165.000

Uitsluitend voor antimoon (Sb) wordt een concentratie vastgesteld die net boven de aantoonbaarheidsgrens van de analyse ($0,6 \text{ mg/m}^2$) ligt. Om vast te stellen of en in welke mate antimoon (Sb) daadwerkelijk uitlooft is in alle 8 fracties van de diffusieproef de concentratie van antimoon bepaalt. Hieruit blijkt dat uitsluitend alleen in de 3^e fractie antimoon boven de aantoonbaarheidsgrens van de analyse wordt vastgesteld. In alle andere fracties wordt geen aantoonbare concentratie van antimoon vastgesteld. De gedetailleerde gegevens van het uitloogonderzoek zijn in bijlage 1 (analyserapport 20.0548) opgenomen.

Wanneer de daadwerkelijke emissie van antimoon (Sb) op grond van de vastgestelde concentraties in alle 8 fracties van de diffusieproef wordt berekend, levert dit een emissie van $0,31 \text{ mg/m}^2$ op. Deze berekende emissie van antimoon (Sb) bedraagt **slechts 3,5 %** van de maximale emissiewaarden bij de toetsing als vormgegeven bouwstoffen conform het Besluit bodemkwaliteit.

Er is aan het einde van de diffusieproef vastgesteld dat er geen massaverlies van composiet proefstuk heeft plaatsgevonden. Omdat het massaverlies lager is dan de gestelde eis voor vormgegeven bouwstoffen (massaverlies $< 30 \text{ g/m}^2$), wordt het composiet product als duurzaam vormvast aangemerkt. Dit houdt in dat het composiet product in contact met water vormvast blijft. De dichtheid van het composiet product bedraagt 1.410 kg/m^3 .

In het kader van de milieuhygiënische kwaliteit van het composiet product, met oud polyester bootmateriaal in de kern, zijn er voor de toepassing op of in de bodem of in grote oppervlakte wateren **geen toepassingsbeperkingen door de mogelijk uitloging van zware metalen en zouten..**

AANVULLEND UITLOOGONDERZOEK DOOR PRAKTIJK SIMULATIE VAN BESCHADIGING

Er kunnen in de praktijk, tijdens in het gebruik zijn van de composiet kantplanken, beschadigingen optreden door afschuring en botsingen door scheepvaart. Deze beschadigingen kunnen er toe leiden dat de binnenzijde van het composiet product, waarin het hergebruikte oud polyester bootmateriaal is toegepast alsnog in contact komt met water. Dit contact met water zou er toe kunnen leiden dat er alsnog uitloging plaats kan vinden gedurende de gebruiksfase.

Om vast te stellen of en in welke mate er toename in uitloging plaatsvindt nadat de composiet kantplank beschadigd is, is er een aanvullende diffusieproef uitgevoerd. Deze diffusieproef is uitgevoerd door aan de in het vorige onderzoek onderzochte composiet kantplank "gecontroleerde" beschadigingen aan te brengen. Deze gecontroleerde beschadigingen zijn aangebracht door op 2 plaatsen de composiet kantplank volledig te door boren. Tevens is van een deel van het composiet kantplank het oppervlak verwijderd, zodat de kern waarin zich het oud polyester bootmateriaal bevindt eveneens met water in contact kan komen.

Op foto 2 is de aangebrachte "beschadiging" zichtbaar. De **beschadiging bedraagt ca 8% van het totale oppervlak** van het proefstuk dat in contact met water komt.

Foto 2: Kantplank proefstuk met de aangebrachte beschadigingen.



Met het bovenstaand proefstuk is opnieuw de uitloging uitgevoerd met behulp van de diffusieproef. Met behulp van de concentraties van de elementen in de 3^e fractie van de diffusieproef is door extrapolatie opnieuw de te verwachten emissie berekend en weergegeven in tabel 2.

Tabel 2: Berekende emissie door extrapolatie van de concentratie in de 3^e fractie van de diffusieproef en toetsing aan de maximale emissiewaarden uit het Besluit bodemkwaliteit (BBK) voor vormgegeven bouwstoffen.

Laboratoriumnummer	20,1867-1	
	Composiet met polyester restmateriaal	
	na "beschadiging"	
	Door extrapolatie berekende emissie (64 dagen)	Maximale emissie (BBK) vormgegeven bouw stof
Zuurgraad (pH)	8,54	E64d
Element	(mg/m ²)	(mg/m ²)
Antimoon (Sb)	<0,6	8,7
Arseen (As)	<7,2	260
Barium (Ba)	<86	1.500
Cadmium (Cd)	<0,14	3,8
Kobalt (Co)	<4,3	60
Chroom (Cr)	<14	120
Koper (Cu)	<7,2	98
Kwik (Hg)	<0,06	1,4
Molybdeen (Mo)	<1,4	144
Nikkel (Ni)	<7,2	81
Lood (Pb)	<14	400
Seleen (Se)	<1,0	4,8
Tin (Sn)	<2,9	50
Vanadium (V)	<29	320
Zink (Zn)	<29	800
Fluoride (F)	<144	2.500
Chloride (Cl)	<72	110.000
Bromide (Br)	<4,3	670
Sulfaat (SO ₄)	<144	165.000

Voor **geen van de elementen** wordt uitloging aangetoond boven de aantoonbaarheidsgrens. Verder aanvullende concentratie bepalingen zijn daarom niet meer zinvol. De gedetailleerde gegevens van dit uitloogonderzoek zijn in bijlage 2 (analyserapport 20.1867) opgenomen.

Ondanks de beschadiging, bij doorboren van het proefstuk, blijkt dat de "beschadigde" damwandplank **ook duurzaam vormvast** is. Het massaverlies van de "beschadigde" damwandplank bedraagt 0 g/m² (eis vormgegeven bouwstof massaverlies: < 30 g/m²). Zelfs bij een beschadiging van 8% van het oppervlak, blijft de damwand plank duurzaam vormvast en is er geen meetbare uitloging van zware metalen of zouten waarneembaar.

Voor de toepassing van de damwand plank in de toekomst houdt dit tevens in dat de kantplanken voor eventuele bevestiging ook doorboord mogen worden op plekken die in contact kunnen komen met (oppervlakte) water.

Mochten er naar aanleiding van deze memo vragen zijn, neem dan gerust contact met mij op.

Met vriendelijke groet,

ing. H. Creuwels
adviseur
SGS INTRON B.V.

Bijlage 1: Analyserapport 20.0548a

Analysrapport

Aanvullende rapportage vervangt rapportage
23-4-2020

SGS INTRON B.V.

t.a.v. de heer ing. H.J.M.A. Creuwels

Postbus 5187

6130 PD SITTARD

Nederland

Datum : 07-05-2020
 Betreft : Uitloogonderzoek composiet met polyester recycling materiaal
 Uw code : A106260
 Laboratoriumnummer : 200548a
 Monsterneming : te Zwolle door opdrachtgever
 Periode onderzoek : 13-02-2020 t/m 07-05-2020

Monstergegevens

Monsternummer	Monstertype	Monstercode	Acceptatiedatum
1	composiet	composiet; nieuw composiet buitenzijde met kern van recycling polyester boor materiaal	13-02-2020
141	eluaat standtest	141	13-02-2020
142	eluaat standtest	142	13-02-2020
143	eluaat standtest	143	13-02-2020
144	eluaat standtest	144	13-02-2020
145	eluaat standtest	145	13-02-2020
146	eluaat standtest	146	13-02-2020
147	eluaat standtest	147	13-02-2020
148	eluaat standtest	148	13-02-2020

Opgesteld door: ing. A. Meijs
accountmanager

Geautoriseerd door: ing. W. Ubachs
accountmanager

Analysemethoden

Analyse	Analysetechniek	Methode	Q	u
Antimoon	AAS hydride generatie	NVN 7323 (1997), AP04-E-XIII	Q	
Arseen	ICP	NEN 6966, AP04-E-V	Q	
Barium	ICP	NEN 6966, AP04-E-X	Q	
Bromide	HPLC	NEN-EN-ISO 10304-1, AP04-E-XVII, NEN-EN 16192	Q	
Cadmium	ICP	NEN 6966, AP04-E-II	Q	
Chloride	HPLC	NEN-EN-ISO 10304-1, AP04-E-XVII, NEN-EN 16192	Q	
Chroom totaal	ICP	NEN 6966, AP04-E-VI	Q	
Conserveren		Eigen methode		
Diffusieproef (8 fracties)		NEN 7375 (2004), AP04-U-II	Q	
Fluoride	HPLC	NEN-EN-ISO 10304-1, AP04-E-XVIII, NEN-EN 16192	Q	
Geleidbaarheid 25°C	conductometrie	AP04-U-V, gelijkwaardig aan NEN-EN 16192 (NEN-ISO 7888)	Q	
Kobalt	ICP	NEN 6966, AP04-E-XII	Q	
Koper	ICP	NEN 6966, AP04-E-VII	Q	
Kwik	koude damp AAS	NEN 7324 (2001), AP04-E-VIII	Q	
Lood	ICP	NEN 6966, AP04-E-I	Q	
Molybdeen	ICP	NEN 6966, AP04-E-IX	Q	
Nikkel	ICP	NEN 6966, AP04-E-IV	Q	
pH	potentiometrie	NEN-ISO 10523, AP04-U-IV	Q	
Seleen	AAS hydride generatie	NVN 7323 (1997), AP04-E-XIV	Q	
Sulfaat	HPLC	NEN-EN-ISO 10304-1, AP04-E-XVII, NEN-EN 16192	Q	
Tin	ICP	NEN 6966, AP04-E-XI	Q	
Vanadium	ICP	NEN 6966, AP04-E-XV	Q	
Zink	ICP	NEN 6966, AP04-E-III	Q	

Q = geaccrediteerd door RvA, u = uitbesteed bij onderaannemer, Qu = geaccrediteerd bij de onderaannemer

Resultaten

Diffusieproef volgens NEN 7375:2004 nl

Monsteromschrijving: composiet
Herkomst monster: Zwolle

Opdrachtgever: SGS INTRON B.V.
Labnummer: 200548-1
Datum: 21-4-2020

Gegevens proefstuk		
droge dichtheid	1410	[kg/m ³]
totaal massaverlies:	0	[g/m ²]
totaal geometrisch oppervlak:	1323,3	[cm ²]
totale massa proefstukken:	4189,4	[g]
totaal volume:	2977,2	[cm ³]
massaverlies stap 1-2:	0	[g/m ²]
massaverlies stap 3-8:	0	[g/m ²]

Gegevens eluaten		
totaal uitloogvolume:	11910	[ml]
temperatuur:	20 ± 2	[°C]

Fractie		1	2	3	4	5	6	7	8
zuurgraad:	[pH]	8,1	8,1	7,6	6,6	6,2	5,9	8,5	6,4
geleidbaarheid:	[µS/cm]	3	2,7	1,9	1,5	2,5	1,6	3	2,6

Component	OBG [µg/l]	concentratie in het eluaat [µg/l]							
		< 0,40	< 0,40	0,60	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40
antimoon (Sb)	0,4	< 0,40	< 0,40	0,60	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40
arseen (As)	5	n.b.	n.b.	< 5,0	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
barium (Ba)	60	n.b.	n.b.	< 60	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
cadmium (Cd)	0,1	n.b.	n.b.	< 0,10	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
chromium (Cr)	10	n.b.	n.b.	< 10	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
kobalt (Co)	3	n.b.	n.b.	< 3,0	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
koper (Cu)	5	n.b.	n.b.	< 5,0	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
kwik (Hg)	0,04	n.b.	n.b.	< 0,040	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
molybdeen (Mo)	1	n.b.	n.b.	< 1,0	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
lood (Pb)	10	n.b.	n.b.	< 10	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
nikkel (Ni)	5	n.b.	n.b.	< 5,0	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
seleen (Se)	0,7	n.b.	n.b.	< 0,70	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
tin (Sn)	2	n.b.	n.b.	< 2,0	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
vanadium (V)	20	n.b.	n.b.	< 20	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
zink (Zn)	20	n.b.	n.b.	< 20	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
fluoride (F)	100	n.b.	n.b.	< 100	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
chloride (Cl)	50	n.b.	n.b.	< 50	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
sulfaat (SO ₄)	100	n.b.	n.b.	< 100	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
bromide (Br)	3	n.b.	n.b.	< 3,0	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
calcium (Ca)	1000	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
natrium (Na)	300	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.

Component	beschikbaarheid [mg/kg d.s.]	richtingscoëfficiënt						standaarddeviatie van rc					
		rc ₂₋₇	rc ₅₋₈	rc ₄₋₇	rc ₃₋₆	rc ₂₋₅	rc ₁₋₄	sd _{rc2-7}	sd _{rc5-8}	sd _{rc4-7}	sd _{rc3-6}	sd _{rc2-5}	sd _{rc1-4}
antimoon (Sb)	n.b.	0,06	0,07	-0,09	-0,10	0,16	0,56	0,11	0,13	0,11	0,12	0,25	0,11
arseen (As)	n.b.												
barium (Ba)	n.b.												
cadmium (Cd)	n.b.												
chromium (Cr)	n.b.												
kobalt (Co)	n.b.												
koper (Cu)	n.b.												
kwik (Hg)	n.b.												
molybdeen (Mo)	n.b.												
lood (Pb)	n.b.												
nikkel (Ni)	n.b.												
seleen (Se)	n.b.												
tin (Sn)	n.b.												
vanadium (V)	n.b.												
zink (Zn)	n.b.												
fluoride (F)	n.b.												
chloride (Cl)	n.b.												
sulfaat (SO ₄)	n.b.												
bromide (Br)	n.b.												
calcium (Ca)	n.b.												
natrium (Na)	n.b.												

n.b. = niet bepaald

Labnummer: 200548-1

Trajectgegevens

Component	uitloging diffusie bepaald	uitloogmechanisme bepalende traject	Σ64 [mg/m ²]			reden niet-diffusie- bepaald gedrag	opp.-afspoeling [mg/m ²]
			gemeten	berekend	bovengrens		
antimoon (Sb)	nee	n.v.t.	0,054 - 0,31		0,31	1	
arseen (As)							
barium (Ba)							
cadmium (Cd)							
chrom (Cr)							
kobalt (Co)							
koper (Cu)							
kwik (Hg)							
molybdeen (Mo)							
lood (Pb)							
nikkel (Ni)							
seleen (Se)							
tin (Sn)							
vanadium (V)							
zink (Zn)							
fluoride (F)							
chloride (Cl)							
sulfaat (SO ₄)							
bromide (Br)							
calcium (Ca)							
natrium (Na)							

Reden van niet-diffusiebepaald gedrag:

1. De gemeten concentraties zijn te laag
2. Afspoeling gevolgd door lage concentraties
3. Schijnbare uitputting / verschillende chemische vormen
4. Oplossen
5. Grote spreiding
6. Diffusie gevolgd door uitputting
7. Onbekend mechanisme

Component	Σ64 emissiewaarde diffusieproef (mg/m ²)	opm.	maximale emissie BBK (mg/m ²)			
			bodem	grote oppervlaktewateren	brak opp.water	
					of zeewater	
antimoon (Sb)	0,31	2	8,7	8,7	8,7	
arseen (As)			260	260	260	
barium (Ba)			1500	1500	1500	
cadmium (Cd)			3,8	3,8	3,8	
chrom (Cr)			120	120	120	
kobalt (Co)			60	60	60	
koper (Cu)			98	98	98	
kwik (Hg)			1,4	1,4	1,4	
molybdeen (Mo)			144	144	144	
lood (Pb)			400	400	400	
nikkel (Ni)			81	81	81	
seleen (Se)			4,8	4,8	4,8	
tin (Sn)			50	50	50	
vanadium (V)			320	460	320	
zink (Zn)			800	800	800	
fluoride (F)			2500	2500	10000	
chloride (Cl)			110000	110000	geen eis	
sulfaat (SO ₄)			165000	165000	660000	
bromide (Br)			670	670	geen eis	
calcium (Ca)			geen eis	geen eis	geen eis	
natrium (Na)			geen eis	geen eis	geen eis	

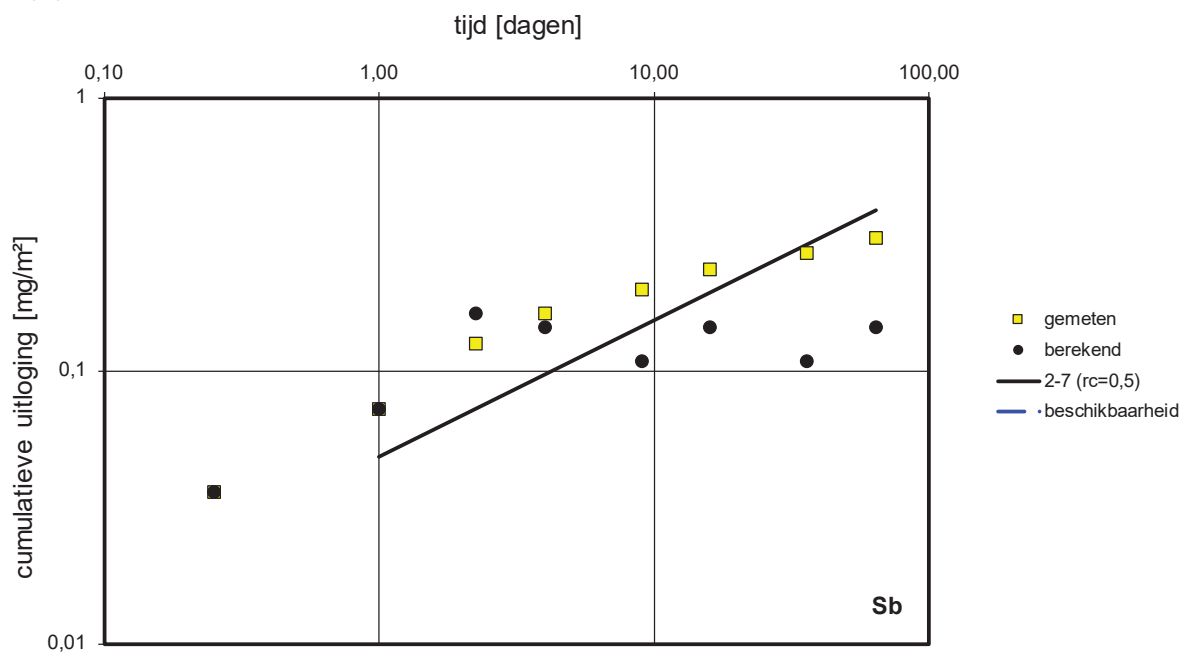
opmerking: 1: de emissiewaarde wijkt iets af van de berekening volgens NEN 7375 vanwege artikel 3.3.2 Regeling bodemkwaliteit

2: rc < 0,35 voor ten minste twee van de trajecten 2-5 en/of 3-6 en/of 4-7 en/of 5-8

De materiaalmatrix lost niet op

Monstercode: 200548-1

Uitloging van Sb



Opmerkingen bij deze aanvullende rapportage.

Op aangeven van de klant is aanvullende onderzoek uitgevoerd.

Informatie over de geschiktheid van de monsters voor analyse

SGS INTRON is conform internationale voorschriften (NEN-EN-ISO/IEC 17025) verplicht te controleren of aangeboden monsters geschikt zijn voor het beoogde onderzoek en moet borgen dat monsters niet achteruit gaan voordat het gehalte is zekergesteld. Het vereist daarom ook dat de leveranciers van monsters ze tijdig en op een juiste wijze verpakt en geconserveerd aanleveren bij het laboratorium.

Er zijn geen verschillen met de richtlijnen geconstateerd die mogelijk de betrouwbaarheid van de resultaten van onderstaande monsters of analyses hebben beïnvloed.

Het monster is niet geconserveerd aangeleverd.

Betreft monsters:	
-------------------	--

Het monster is voor de volgende analyse in een ongeschikte verpakking aangeleverd.

Betreft monsters:	
-------------------	--

De conserveringstermijn is voor de volgende analyse overschreden.

Analyse(s)	monster(s)

Bijlage 2: Analyserapport 20.1867

Analyserapport

SGS INTRON B.V.
t.a.v. de heer ing. H.J.M.A. Creuwels
Postbus 5187
6130 PD SITTARD
Nederland

Datum : 12-08-2020
Betreft : Uitloogonderzoek composiet met polyester recycling materiaal
Uw code : A106260
Laboratoriumnummer : 201867
Monsterneming : te Zwolle door Opdrachtgever
Periode onderzoek : 04-06-2020 t/m 11-08-2020

MONSTERGEGEVENS

Monsternummer	Monstertype	Monstercode	Acceptatiedatum
1	Composiet	composiet; nieuw composiet buitenzijde met kern van recycling polyester boot materiaal (na "beschadiging")	04-06-2020
141	eluaat standtest	141	04-06-2020
142	eluaat standtest	142	04-06-2020
143	eluaat standtest	143	04-06-2020
144	eluaat standtest	144	04-06-2020
145	eluaat standtest	145	04-06-2020
146	eluaat standtest	146	04-06-2020
147	eluaat standtest	147	04-06-2020
148	eluaat standtest	148	04-06-2020

ANALYSEMETHODEN

Analyse	Analysetechniek	Methode	Q	u
Antimoon	AAS hydride generatie	NVN 7323 (1997), AP04-E-XIII	Q	
Arseen	ICP	NEN 6966, AP04-E-V	Q	
Barium	ICP	NEN 6966, AP04-E-X	Q	
Bromide	HPLC	NEN-EN-ISO 10304-1, AP04-E-XVII, NEN-EN 16192	Q	
Cadmium	ICP	NEN 6966, AP04-E-II	Q	
Chloride	HPLC	NEN-EN-ISO 10304-1, AP04-E-XVII, NEN-EN 16192	Q	
Chroom totaal	ICP	NEN 6966, AP04-E-VI	Q	
Conserveren		Eigen methode		
Diffusieproef (8 fracties)		NEN 7375 (2004), AP04-U-II	Q	
Fluoride	HPLC	NEN-EN-ISO 10304-1, AP04-E-XVIII, NEN-EN 16192	Q	
Geleidbaarheid 25°C	conductometrie	AP04-U-V, gelijkwaardig aan NEN-EN 16192 (NEN-ISO 7888)	Q	
Kobalt	ICP	NEN 6966, AP04-E-XII	Q	
Koper	ICP	NEN 6966, AP04-E-VII	Q	
Kwik	koude damp AAS	NEN 7324 (2001), AP04-E-VIII	Q	
Lood	ICP	NEN 6966, AP04-E-I	Q	
Molybdeen	ICP	NEN 6966, AP04-E-IX	Q	
Nikkel	ICP	NEN 6966, AP04-E-IV	Q	
pH	potentiometrie	NEN-ISO 10523, AP04-U-IV	Q	
Seleen	AAS hydride generatie	NVN 7323 (1997), AP04-E-XIV	Q	
Sulfaat	HPLC	NEN-EN-ISO 10304-1, AP04-E-XVII, NEN-EN 16192	Q	
Tin	ICP	NEN 6966, AP04-E-XI	Q	
Vanadium	ICP	NEN 6966, AP04-E-XV	Q	
Zink	ICP	NEN 6966, AP04-E-III	Q	

Q = geaccrediteerd door RvA, u = uitbesteed bij onderaannemer, Qu = geaccrediteerd bij de onderaannemer

RESULTATEN

Diffusieproef volgens NEN 7375:2004 nl

Monsteromschrijving:	Composiet
Herkomst monster:	Zwolle

Opdrachtgever:	SGS INTRON B.V.
Labnummer:	201867-1
Datum:	11-8-2020

Gegevens proefstuk	
droge dichtheid	1410 [kg/m ³]
totaal massaverlies:	0 [g/m ²]
totaal geometrisch oppervlak:	1323,3 [cm ²]
totale massa proefstukken:	4189,4 [g]
totaal volume:	2977,2 [cm ³]
massaverlies stap 1-2:	0 [g/m ²]
massaverlies stap 3-8:	0 [g/m ²]

Gegevens eluaten	
totaal uitloogvolume:	11910 [ml]
temperatuur:	20 ± 2 [°C]

Fractie		1	2	3	4	5	6	7	8
zuurgraad:	[pH]	8,5	6,6	8,5	7,7	8,1	7,7	7,8	6,8
geleidbaarheid:	[µS/cm]	4	12	2,6	1,9	2,2	2,2	3,8	4,5

Component	OBG	concentratie in het eluaat							
	[µg/l]								
antimoon (Sb)	0,4	n.b.	n.b.	< 0,40	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
arseen (As)	5	n.b.	n.b.	< 5,0	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
barium (Ba)	60	n.b.	n.b.	< 60	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
cadmium (Cd)	0,1	n.b.	n.b.	< 0,10	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
chromium (Cr)	10	n.b.	n.b.	< 10	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
kobalt (Co)	3	n.b.	n.b.	< 3,0	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
koper (Cu)	5	n.b.	n.b.	< 5,0	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
kwik (Hg)	0,04	n.b.	n.b.	< 0,040	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
molybdeen (Mo)	1	n.b.	n.b.	< 1,0	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
lood (Pb)	10	n.b.	n.b.	< 10	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
nikkel (Ni)	5	n.b.	n.b.	< 5,0	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
seleen (Se)	0,7	n.b.	n.b.	< 0,70	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
tin (Sn)	2	n.b.	n.b.	< 2,0	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
vanadium (V)	20	n.b.	n.b.	< 20	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
zink (Zn)	20	n.b.	n.b.	< 20	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
fluoride (F)	100	n.b.	n.b.	< 100	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
chloride (Cl)	50	n.b.	n.b.	< 50	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
sulfaat (SO ₄)	100	n.b.	n.b.	< 100	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
bromide (Br)	3	n.b.	n.b.	< 3,0	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
calcium (Ca)	1000	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
natrium (Na)	300	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.

OPMERKINGEN

Monster Analyse

Opmerking

1	Diffusieproef (8 fracties)	uitloogoppervlak 238,58 2x mantel en rechthoek
---	----------------------------	--

INFORMATIE OVER DE GESCHIKTHEID VAN DE MONSTERS VOOR ANALYSE

SGS INTRON is conform internationale voorschriften (NEN-EN-ISO/IEC 17025) verplicht te controleren of aangeboden monsters geschikt zijn voor het beoogde onderzoek en moet borgen dat monsters niet achteruit gaan voordat het gehalte is zekergesteld. Het vereist daarom ook dat de leveranciers van monsters ze tijdig en op een juiste wijze verpakt en geconserveerd aanleveren bij het laboratorium.

Er zijn geen verschillen met de richtlijnen geconstateerd die mogelijk de betrouwbaarheid van de resultaten van onderstaande monsters of analyses hebben beïnvloed.

Het monster is niet geconserveerd aangeleverd.

Betreft monsters:	
-------------------	--

Het monster is voor de volgende analyse in een ongeschikte verpakking aangeleverd.

Betreft monsters:	
-------------------	--

De conserveringstermijn is voor de volgende analyse overschreden.

Analyse(s)	monster(s)

DISCLAIMER

- Dit rapport mag zonder schriftelijke toestemming van het SGS INTRON laboratorium uitsluitend in zijn geheel worden gereproduceerd.
- De resultaten hebben uitsluitend betrekking op de onderzochte monsters.
- De NEN-EN-ISO/IEC 17025 accreditatie omvat alle resultaten behorende bij analyses die bij analysemethoden met een Q zijn gemarkeerd.
- De meetonzekerheid van de gerapporteerde resultaten en overige prestatiekenmerken kunt u opvragen bij SGS INTRON
- Op verzoek kan een lijst van de geaccrediteerde analysemethodes opgevraagd worden, welke de relatie (conform, gelijkwaardig, eigen methode) met de onderliggende norm beschrijft.

Lectoraat Kunststoftechnologie

Het lectoraat Kunststoftechnologie stimuleert innovatie op het gebied van kunststofverwerking en -producten in het midden- en kleinbedrijf. Vanuit de onderzoeksprojecten, uitgevoerd door docenten van de technische opleidingen bij de Hogeschool Windesheim in samenwerking met bedrijven, vloeien nieuwe kennis en inzichten naar het Hoger Onderwijs én het bedrijfsleven.

Verkenkend onderzoek naar de mogelijke uitloging van schadelijke stoffen uit hergebruikt composiet

Het lectoraat Kunststoftechnologie is sinds 2015 praktijkgericht onderzoek aan het uitvoeren om de mogelijkheden van hergebruik van composiet te onderzoeken. Deze afvalstroom kon nog niet worden gerecycled maar in de afgelopen jaren is door het onderzoek van Windesheim een methode ontwikkeld die hergebruik van composiet wél mogelijk maakt.

Doordat het hergebruikte composiet nog weinig is toegepast, is er nog geen onderzoek gedaan naar de uitloging van dit materiaal. Bij dit type onderzoek wordt gemeten of er wel of geen metalen of anionen oplossen of uitspoelen door de jarenlange invloed van regen of (grond)water. Dit onderzoek is belangrijk om hergebruikt composiet op grotere schaal te kunnen verwerken en toe te passen in de weg- en waterbouw.



INTRON

