



***Afbraak van PFAS en andere componenten in  
waterbodemsediment Twentekanaal en Amsterdam-  
Rijnkanaal onderzocht in potproef met kruidenachtige  
planten en mycorrhizaschimmels***

---

**In opdracht van Provincie Gelderland**

**Dr. Ir. J. (Jacqueline) Baar**  
10-1-2022



## Inhoud

1. Inleiding
  2. Methode
    - 2.1. Potproef
    - 2.2. Onderzoek naar fysische eigenschappen sediment
    - 2.3. Analyse sediment op chemische eigenschappen
      - 2.3.1. Analyse sediment op nutriënten
      - 2.3.2. Analyse sediment op verontreinigingen
    - 2.4. Analyse sediment op biologische karakteristieken
      - 2.4.1. Analyse sediment op voorkomen mycorrhizaschimmels
      - 2.4.2. Wortelanalyses
      - 2.4.3. Bladanalyses
  3. Resultaten
    - 3.1. Fysische eigenschappen sediment
    - 3.2. Chemische eigenschappen sediment
      - 3.2.1. Nutriënt gehalte sediment
      - 3.2.2. Verontreinigingen sediment
    - 3.3. Biologische karakteristieken
      - 3.3.1. Sporen mycorrhizaschimmels
      - 3.3.2. Wortelontwikkeling
      - 3.3.3. Metalen in bladeren
  4. Interpretatie resultaten
  5. Conclusies
  6. Suggesties voor vervolgonderzoek
  7. Literatuur en overige bronnen
- Bijlagen



Foto. Kruidachtige planten behandeld met gunstig bodemleven met mycorrhizaschimmels in sediment van Amsterdam-Rijnkanaal.

*Op alle diensten en producten zijn de algemene voorwaarden van Soil Best BV, ingeschreven in UBO-register, van toepassing.  
All our services and products are subject to the terms and conditions of Soil Best BV, signed up in UBO-register.*

**Soil Best BV Agro Business Park 22 6708 PW Wageningen Nederland**  
T: +31(0)6-83190634 W: [www.soilbest.nl](http://www.soilbest.nl) E: [info@soilbest.nl](mailto:info@soilbest.nl)

## **1. Inleiding**

In opdracht van de Provincie Gelderland is door Soil Best BV onderzoek verricht met een potproef naar de mogelijkheden om op duurzame wijze verontreinigd sediment uit watergangen geschikt te maken tot substraat dat kan worden toegepast op akkers. Het sediment was verontreinigd met zware metalen, minerale oliën, pcb's en PFAS (Rapport Waterbodemonderzoek, 2020). De verontreinigingen komen voort uit (eerdere) afzetting van sediment uit rivieren en we spreken daarom vaak van de Rijncocktail. De concentraties van deze verontreinigingen in het sediment zijn momenteel veelal niet laag genoeg om het sediment direct toe te kunnen passen op landbouwgrond volgens de huidige regels van besluit bodemkwaliteit. De resulterende bodemkwaliteitsklasse is "industrie" met als klassebepalende stoffen cadmium, zink, minerale olie en PCB's.

PFAS is de afkorting voor poly- en perfluoralkylstoffen ([www.rivm.nl/pfas](http://www.rivm.nl/pfas)). Dit zijn chemische stoffen, die door de mens zijn gemaakt en van nature niet voorkomen in het milieu. Voorbeelden van PFAS zijn PFOA, i.e. perfluorooctaan zuur en PFOS, i.e. perfluorooctaan sulfonaten. In totaal gaat het om enkele duizenden stoffen, ruim 6000 stoffen in deze stofgroep. De chemische industrie maakt veel gebruik van PFAS. De stoffen worden vanwege hun water- en vetafstotende eigenschappen verwerkt in uiteenlopende producten, waaronder pannen, bakpapier en jassen ([www.waarzitwatin.nl/stoffen/pfas](http://www.waarzitwatin.nl/stoffen/pfas)). PFAS worden dan ook al tientallen jaren toegepast in industriële en andere processen voor allerlei alledaagse producten, zoals verf, blusschuim, pannen, kleding en cosmetica.

Kenmerkend voor deze stoffen is dat ze persistent, mobiel en nauwelijks biologisch afbreekbaar zijn. Van PFAS is bekend dat ze een negatief effect hebben op milieu en gezondheid. Als mensen over een lange periode PFAS binnenkrijgen, ook in geringe hoeveelheden, kan dit nadelig zijn voor hun immuunsysteem. PFAS kunnen zich verspreiden via de lucht, bodem, voedsel en water. Door verplaatsing van bagger kan PFAS in grond- of oppervlaktewater te recht komen. Uit recent onderzoek is gebleken dat oppervlaktewater- en grondwaterbronnen voor de drinkwaterproductie lage concentraties PFAS bevatten. PFAS komt dan ook al voor in het drinkwater. De Nederlandse drinkwaterbedrijven voldoen aan de Europese norm voor PFAS in drinkwater, die in december 2020 is aangescherpt.

Verontreinigen in de bodem worden over het algemeen afgebroken door bodemorganismen. Dit zijn bodemschimmels en bodembacteriën. Mycorrhizaschimmels maken de groei van planten en bomen mogelijk in natuurlijke bodems (Baar en Ozinga, 2007; Baar, 2008). Mycorrhizaschimmels maken ook de groei van planten en bomen mogelijk in bodems met zware metalen. Wilgen langs de rivier De Waal bleken te kunnen groeien in verontreinigd sediment. Het sediment bevatte zware metalen. De wortels van de wilgen waren in symbiose met specifieke mycorrhizaschimmels die bescherming bodem tegen de zware metalen (Paradi en Baar, 2006). In Dordrecht, in opdracht van het bedrijf Biosoil BV, heeft Dr. Ir. Jacqueline Baar in 2014/2015 onderzocht of het mogelijk was om verontreinigingen met zware metalen, minerale oliën, PAK's en pcb's in sediment te reduceren met mycorrhizaschimmels. Een mengsel van kruidachtige planten werd ingezaaid met mycorrhizaschimmels in sediment afkomstig uit de Dordtse Kil. Na ca. drie maanden bleken de verontreinigingen te zijn afgenomen.

Toch is ook uit wetenschappelijk onderzoek gebleken dat planten een rol kunnen spelen bij reductie van PFAS uit bodemmateriaal. Uit Amerikaans kas experiment bleek dat dat rood zwenkgras PFOS had opgenomen in de bladeren, en rietzwenkgras PFPeA (Huff et al., 2020). Dit duidt er op dat kruidachtige planten, in dit geval grassen, kunnen bijdragen aan het saneren van met PFAS vervuilde bodems en sedimenten.

*Vliegenzwam, boleet en cantharel zijn bekende paddenstoelen. Het zijn voorbeelden van zogeheten mycorrhizaschimmels. Dit zijn bodemschimmels, die in symbiose leven met de meeste bloemen, grassen, perkplanten, heesters, bomen en akkerbouwgewassen. De symbiose bestaat er uit dat de schimmeldraden van mycorrhizaschimmels om en in de wortels groeien waar een uitwisseling tussen koolstof, nutriënten en water plaats vindt. Mycorrhizaschimmels kunnen met hun flinterdunne schimmeldraden water en nutriënten uit de bodem halen, op één na: koolstof. De koolstof afkomstig van de fotosynthese nemen de schimmels op uit de wortels in ruil voor nutriënten en water uit het mycelium, die aan de planten en bomen worden aangeleverd (Baar en Ozinga, 2007). Een mooie wederzijdse uitwisseling waarbij de mycorrhizaschimmels natuurlijke bemesters zijn. En dat is niet het enige. Mycorrhizaschimmels dragen ook bij aan de klimaatproblematiek. Planten en bomen absorberen momenteel ongeveer 30 procent van de menselijke CO<sub>2</sub>-uitstoot wereldwijd en bufferen de toenemende atmosferische kooldioxide (CO<sub>2</sub>) concentraties (Dunning, 2016; Terrer et al., 2016). In een nederlands onderzoek is aangetoond dat grove dennen en beuken met veel mycorrhizaschimmels maar liefst twee tot wel drie keer zoveel CO<sub>2</sub> opnemen ten opzichte van bomen met weinig tot geen mycorrhizaschimmels (Baar et al., 2009). Mycorrhizaschimmels leveren dan ook een aanzienlijke bijdrage aan de koolstofcyclus en het is cruciaal om mycorrhizaschimmels mee te nemen in beschouwingen en modellen over klimaatverandering (Terrer et al., 2016).*

Soil Best onder leiding van Dr. Ir. Jacqueline Baar, bodembiologe (zie Bijlage I), heeft een potproef opgezet om te onderzoeken of het mogelijk is om op duurzame wijze verontreinigd sediment uit watergangen bruikbaar te maken voor toepassingen in de praktijk, zoals in de landbouw.

In de potproef is nagegaan of het mogelijk is om sediment te begroeien met mengsels kruidachtige planten geïnoculeerd met verschillende soorten mycorrhizaschimmels. Deze schimmels zijn toegepast, omdat uit eerder onderzoek is gebleken dat mycorrhizaschimmels bijdragen aan het saneren van vervuilde bodems (zie voorgaande paragrafen).

De verschillende behandelingen met kruidachtige planten en mycorrhizaschimmels in de potproef zijn vergeleken met behandelingen met kruidachtige planten zonder mycorrhizaschimmels (onbehandeld). Ook is nagegaan of verontreinigingen, zoals zware metalen en PFAS verminderen, door de sedimenten te laten begroeien met mengsels kruidachtige planten geïnoculeerd met mycorrhizaschimmels. Tevens is bekeken of het gehalte aan PFAS en PFOA in de sedimenten zodanig kan worden verlaagd met mengsels van kruidachtige planten behandeld met mycorrhizaschimmels, dat het gehalte aan PFAS en PFOA voldoet aan de toepassingswaarde voor de landbouw (zie [www.bodemplus.nl/onderwerpen/wet-regelgeving/bbk/grond-bagger/handelingskader-pfas/handelingskader](http://www.bodemplus.nl/onderwerpen/wet-regelgeving/bbk/grond-bagger/handelingskader-pfas/handelingskader) en Bijlage V).

Voor de potproef is sediment door de Provincie Gelderland uit het Amsterdam-Rijnkanaal en het Twentekanaal aangeleverd.

In dit rapport zijn de gevolgde aanpak van de uitgevoerde potproef, analyses en resultaten beschreven.

## 2. Methode

### 2.1. Potproef

Sediment afkomstig uit het Twentekanaal is aangeleverd in april 2020 door de provincie Gelderland aan Soil Best, en sediment afkomstig uit het Amsterdam-Rijnkanaal in mei 2020. Het sediment van beide watergangen bevatte verontreinigingen van zware metalen, minerale oliën, ocb's, pcb's, fenolen en perfluor koolwaterstoffen die vallen onder PFAS (Rapport Waterbodemonderzoek, 2020).

Het sediment van elke watergang werd aangeleverd in 22 emmers van 10 liter. De emmers waarin het sediment werd aangeleverd, waren van zodanige kwaliteit dat geen PFAS vrij komt.

Het aangeleverde sediment van zowel het Twentekanaal als het Amsterdam-Rijnkanaal in de emmers was zeer nat. In feite bestond het sediment uit een waterige substantie (zie Foto 2.1.1.).



Foto 2.1.1. Sediment van het Twentekanaal, dat nog zeer nat was, bij aanlevering aan Soil Best in mei 2020.

Na aanlevering is het aangeleverde sediment gedroogd om de groei van planten mogelijk te maken en na te gaan of het mogelijk was om het sediment om te vormen tot een toepasbaar substraat. De emmers zijn open gezet, zodat het water in het sediment verdampte. Het sediment werd gedroogd tot het vochtgehalte in de bovenste 20 cm ca. 15% was. Bodems met een vochtgehalte van ca. 10% tot ca. 15% zijn geschikt voor de groei van planten.

#### ***Inzaaien kruidachtige planten met mycorrhizaschimmels***

In de kas van Soil Best zijn twintig emmers met het sediment van het Twentekanaal geplaatst en twintig emmers met sediment van het Amsterdam-Rijnkanaal (zie Foto 2.1.2.). Het vochtgehalte van het sediment was ca. 15%.

Voor het zaaien is de bovenste ca. 10 cm van het sediment losgemaakt. Het zaad en de mycorrhizaschimmels zijn in de bovenlaag aangebracht. Het sediment in de emmers is in juni 2020 ingezaaid met een mengsel van kruidachtige planten. Het mengsel van kruidachtige planten bestond uit vlinderbloemigen, kruisbloemigen en japanse haver. Dit mengsel is een groenbemester, dat in de akkerbouw veelvuldig wordt toegepast. Het mengsel is dan ook goed betaalbaar. Vlinderbloemigen en grasachtigen, zoals japanse haver, in het mengsel gaan



symbiose aan met mycorrhizaschimmels. Tot de kruisbloemigen behoren planten zoals koolachtigen, die hyperaccumulatoren van metalen zijn, en die de symbiose van mycorrhizaschimmels bij andere planten stimuleren.



Foto 2.1.2. Gedroogd sediment afkomstig uit het Twentekanaal in twintig emmers in de kas van Soil Best voor het bewerken en inzaaien van kruidachtige planten.

Alle emmers van het sediment van beide watergangen zijn ingezaaid met de kruidachtige mengsels, maar in zestien emmers zijn mycorrhizaschimmels aangebracht. Er waren drie behandelingen waaraan mycorrhizaschimmels passend bij de kruidachtige planten, zijn toegediend (zie Tabel 2.1.1.).

| Behandeling | Kanaal         | Behandelingen  | Aantal emmers |
|-------------|----------------|--|---------------|
| 1           | Twente         | Kruidachtige planten met mycorrhizaschimmels 1                           | 4             |
| 2           | Twente         | Kruidachtige planten met mycorrhizaschimmels 2                           | 4             |
| 3           | Twente         | Kruidachtige planten met mycorrhizaschimmels 3                           | 4             |
| 4           | Twente         | Kruidachtige planten met mycorrhizaschimmels 4 en <i>Trichoderma</i> sp. | 4             |
| 5           | Twente         | Kruidachtige planten   | 4             |
| 1           | Amsterdam-Rijn | Kruidachtige planten met mycorrhizaschimmels 1                           | 4             |
| 2           | Amsterdam-Rijn | Kruidachtige planten met mycorrhizaschimmels 2                           | 4             |
| 3           | Amsterdam-Rijn | Kruidachtige planten met mycorrhizaschimmels 3                           | 4             |
| 4           | Amsterdam-Rijn | Kruidachtige planten met mycorrhizaschimmels 4 en <i>Trichoderma</i> sp. | 4             |
| 5           | Amsterdam-Rijn | Kruidachtige planten   | 4             |

Tabel 2.1.1. Overzicht van behandelingen van de potproef met sediment afkomstig uit het Twentekanaal en sediment afkomstig uit het Amsterdam-Rijnkanaal. Aan behandeling 1 t/m 3 zijn mycorrhizaschimmels toegediend en aan behandeling 4 mycorrhizaschimmels met *Trichoderma* sp. Behandeling 5 was onbehandeld, waaraan geen mycorrhizaschimmels zijn toegediend.

De behandelingen met mycorrhizaschimmels verschilden in samenstelling. Eén behandeling bestond uit een lage dosering mycorrhizaschimmels en dominant de saprofytische

bodemschimmel *Trichoderma* sp. Vier emmers hebben geen mycorrhizaschimmels gekregen. Deze behandeling werd als de controle beschouwd (zie Tabel 2.1.1.).

De emmers zonder mycorrhizaschimmels, de controle behandelingen, stonden op ca. 25 cm afstand van de emmers met mycorrhizaschimmels. Het was niet mogelijk dat mycorrhizaschimmels van een behandelde emmer in een onbehandelde emmer kwamen. Deze symbiotische bodemschimmels vormen hun sporen in de bodem, die met bodemorganismen, zoals regenwormen, worden verplaatst. De afzonderlijke emmers met een dichte plastic wand op afstand van elkaar waren een te grote barrière voor verplaatsing van de mycorrhizaschimmels.

Twee keer per week is de proefopstelling gecontroleerd en zijn de planten verzorgd. Om de proef niet te beïnvloeden met extra PFAS is rekening gehouden met de wijze van verzorging. Er is dan ook water gegeven met grondwater omdat er vanuit is gegaan dat grondwater geen PFAS bevat. Er is een zinken gieter gebruikt, omdat plastic gieters PFAS bevatten. Een nadeel van het gebruik van een zinken gieter is de mogelijkheid dat zink vrij komt en accumuleert in de bodem.

## **2.2. Onderzoek naar fysische eigenschappen sediment**

Het sediment van zowel het Twentekanaal als het Amsterdam-Rijnkanaal is onderzocht op structuur. Er zijn visuele waarnemingen uitgevoerd na het drogen en voor het inzaaien van de planten in mei en juli 2020. Ook is de structuur van het sediment bepaald in oktober 2020 door visuele waarnemingen.

## **2.3. Analyse sediment op chemische eigenschappen**

Er zijn analyses op de chemische samenstelling van het sediment van zowel het Twentekanaal als het Amsterdam-Rijnkanaal uitgevoerd. Voor deze analyses heeft Soil Best zorg gedragen.

### **2.3.1. Analyse sediment op nutriënten**

Sediment van zowel het Twentekanaal als het Amsterdam-Rijnkanaal is bemonsterd in april en mei 2020 door het waterige sediment uit de emmers te nemen en te mengen. Het bemonsterde sediment van het Twentekanaal en van het Amsterdam-Rijnkanaal is door Soil Best voorbereid voor analyse. Soil Best heeft zorg gedragen voor analyse van de twee sedimentmonsters op beschikbaarheid van nutriënten, pH, organisch stofgehalte en EC.

In januari 2021 is sediment van het Twentekanaal en het Amsterdam-Rijnkanaal nogmaals bemonsterd. Het sediment was ingedroogd. Het sediment was op een bodem gaan lijken door er mengsels van kruidachtige planten met mycorrhizaschimmels op te laten groeien. Het in januari 2021 bemonsterde sediment afkomstig van het Twentekanaal en het Amsterdam-Rijnkanaal is door Soil Best gemengd en voorbereid voor analyse. De voorbereiding bestond uit zeven van het sediment. Wortels werden zo goed mogelijk uitgezeefd, zodat enkel het bodemmateriaal werd geanalyseerd. Het zeven van het sediment afkomstig uit het Twentekanaal verliep beter dan het zeven van het sediment afkomstig uit het Amsterdam-Rijnkanaal. Met het zeven van het bemonsterde sediment werd voorkomen dat een incorrecte bepaling van het organisch stofgehalte is uitgevoerd. Soil Best heeft zorg gedragen voor de analyse van de twee sedimentmonsters op beschikbaarheid van macro- en micronutriënten, pH, organisch stofgehalte en EC.

### **2.3.2. Analyse sediment op verontreinigingen**

In november 2020 is sediment van het Twentekanaal en het Amsterdam-Rijnkanaal bemonsterd en geanalyseerd op zware metalen, minerale oliën, organo bestrijdingsmiddelen, pcb's, fenolen en perfluor koolwaterstoffen, die vallen onder PFAS. Daarvoor is van elke behandeling een monster genomen. Van het sediment van het Twentekanaal zijn vijf monsters genomen evenals van het sediment van het Amsterdam-Rijnkanaal. Het bemonsterde sediment is door Soil Best overgedaan in PFAS-vrije potten. Het sediment is vervolgens geanalyseerd door het bodemlaboratorium Eurofins in Amsterdam, dat gespecialiseerd is in analyses van zware metalen, minerale oliën, organo bestrijdingsmiddelen, pcb's, fenolen en PFAS. Deze analyse was voorafgaand aan deze potproef ook uitgevoerd op sediment in het Twentekanaal in januari 2020 (Rapport Waterbodemonderzoek, 2020).

## **2.4. Analyse sediment op biologische karakteristieken**

Biologische karakteristieken worden beïnvloed door fysische en chemische eigenschappen van de bodem. Er bestaat een samenhang tussen de biologische, fysische en chemische eigenschappen van de bodem. In dit onderzoek zijn dan ook verschillende analyses op biologische karakteristieken uitgevoerd.

### **2.4.1. Analyse sediment op voorkomen mycorrhizaschimmels**

Elke behandeling is geanalyseerd op het voorkomen van sporen van mycorrhizaschimmels. Daarvoor is sediment van elke behandeling bemonsterd in december 2020. Een extractie is uitgevoerd door Soil Best, waarbij sporen van mycorrhizaschimmels in de vloeibare fractie komen. Vervolgens is microscopisch onderzocht hoeveel sporen per gram sediment voorkwamen.

### **2.4.2. Wortelanalyses**

In december 2020 zijn bodemmonsters met wortels genomen voor analyse op het voorkomen van mycorrhizaschimmels. Daarbij is van elke emmer een bodemmonster van de bovenste 30 cm genomen. In dit deel van de bodem bevindt zich over het algemeen het merendeel van de fijne (fijn vertakte) wortels met mycorrhizaschimmels als de bodemcondities gunstig zijn.

Uit de genomen bodemmonsters zijn de fijne wortels verzameld, die microscopisch onderzocht zijn in het laboratorium van Soil Best. De ontwikkeling en de conditie van de fijne wortels zijn bepaald. Ook is nagegaan in welke mate de wortels symbiose zijn aangegaan met mycorrhizaschimmels en wat de conditie van de gemycorrhizeerde worteltopjes was (Baar, 2015).

De waarnemingen zijn gerelateerd aan referenties voor waarnemingen aan mycorrhizaschimmels. Een bezetting van 0% tot 25% mycorrhizaschimmels geeft een slechte ontwikkeling weer, een bezetting van 25% tot 50% is ontoereikend en een bezetting van 50% tot 70% is matig. Een bezetting van 70% of meer geeft een goede ontwikkeling van fijne wortels en mycorrhizaschimmels weer (Baar, 2015).

### **2.4.3. Bladanalyses**

Bladeren van de kruidachtige planten in elke behandeling zijn bemonsterd in december 2020. De bladeren van elke behandeling zijn aangeleverd aan het onderzoekscentrum B-ware in Nijmegen. B-ware heeft de aangeleverde bladmonsters gedroogd bij 60 °C en vervolgens fijn gemalen. Daarvan is 200 mg genomen, hetgeen beschouwd werd als representatief. Het



200 mg gedroogde bladmateriaal is geanalyseerd met salpeterzuur en waterstofperoxide op het gehalte aan aluminium, arseen, borium, cadmium, chroom, kobalt, koper, molybdeen, nikkel, lood en strontium. B-ware heeft de analyse resultaten aangeleverd.

#### **2.4.4. Verwerking analyse resultaten**

De potproef is opgezet met vier herhalingen per behandeling, waarbij behandelingen met kruidachtige planten met verschillende soorten mycorrhizaschimmels werden vergeleken met behandelingen met kruidachtige planten zonder mycorrhizaschimmels (onbehandeld). Met deze opzet is het mogelijk om de verkregen resultaten statistisch te analyseren (Sokal and Rohlf, 2011).

Tijdens de uitvoering van de potproef werd duidelijk dat het uitvoeren van de analyses van elke behandeling het beoogde budget van deze potproef sterk zou overschrijden. Daarom is er voor gekozen om één herhaling van elke behandeling te analyseren, of om een mengmonster van elke behandeling te analyseren. Statistische analyses van de resultaten zijn niet van toepassing, omdat er maar een resultaat per behandeling is (Sokal and Rohlf, 2011).

De verkregen analyse resultaten van de verschillende behandelingen met diverse soorten mycorrhizaschimmels in het sediment van Twentekanaal zijn vergeleken met onbehandeld sediment van het Twentekanaal. Ook zijn de analyse resultaten van de verschillende behandelingen met diverse soorten mycorrhizaschimmels in het sediment van Amsterdam-Rijnkanaal vergeleken met onbehandeld sediment van het Amsterdam-Rijnkanaal. De verkregen resultaten zijn dan ook indicatief (Sokal and Rohlf, 2011).

Vervolgonderzoek is aanbevolen en de indicatieve resultaten van de uitgevoerde potproef met sedimenten van het Twentekanaal en het Amsterdam-Rijnkanaal kunnen voor het vervolgonderzoek als basis dienen (zie Hoofdstuk 6).

### **3. Resultaten**

#### **3.1. Fysische eigenschappen sediment**

Na het drogen van het sediment afkomstig van zowel het Twentekanaal als het Amsterdam-Rijnkanaal bleek uit visuele waarnemingen dat het sediment verdicht was geraakt en



Foto 3.1.1. Ingedroogd sediment afkomstig van het Twentekanaal, dat was ingeklonken, op 26 mei 2021.

ondoordringbaar was geworden. De bodem had weinig structuur en was ingeklonken (zie Foto 3.1.1. en 3.1.2.).



Foto 3.1.2. Ingedroogd sediment afkomstig van het Amsterdam-Rijnkanaal, dat was ingeklonken, op 26 mei 2021.

Na verder indrogen, raakte het sediment verder ingeklonken. Bij het los maken van de bodem voor het inzaaien van de kruidachtige planten, bleef het sediment uit kluiten bestaan. De kluiten in het sediment afkomstig uit het Amsterdam-Rijnkanaal waren aanzienlijk (zie Foto 3.1.3.) en groter van omvang dan die in het sediment van het Twentekanaal (zie Foto 3.1.4.).



Foto 3.1.3. Ingedroogd sediment met kluiten afkomstig uit het Amsterdam-Rijnkanaal op 9 juli 2021.



Foto 3.1.4. Ingedroogd sediment met kleine kluiten afkomstig uit het Twentekanaal op 9 juli 2021.



Foto 3.1.5. Sediment afkomstig uit het Twentekanaal verworden tot bewerkbaar substraat gedurende de potproef in december 2020.

Het sediment afkomstig uit het Twentekanaal bleek na begroeiën met kruidachtige planten en mycorrhizaschimmels veranderd te zijn in een bewerkbare bodem (zie Foto 3.1.5.). Uit visuele waarnemingen bleek dat het sediment los van structuur was en oogde als bodem.

## 3.2. Chemische eigenschappen sediment

### 3.2.1. Nutriëntgehalte sediment

#### *Twentekanaal*

Het onderzochte sediment afkomstig uit het Twentekanaal was een nutriëntbeperkt, kalkrijk sediment met veel ijzer en mangaan (zie Tabel 3.2.1.1.).



| Sediment Twentekanaal                                   | Hoeveelheid in mei 2020 | Waardering in mei 2020 | Hoeveelheid in januari 2021 | Waardering in januari 2021 |
|---|-------------------------|------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Totaal-N (mg/kg ds)                                     | 3360                    | Matig                  | 750                         | Laag                       |
| N-leverend vermogen (kg/ha/jr)                          | 250                     | Matig                  | 58                          | Laag                       |
| Nitraat-N (mg/l)  | <0.1                    | Laag                   | 14.2                        | Laag                       |
| Ammonium-N (mg/l)                                       | 19.0                    | Hoog                   | <0.1                        | Laag                       |
| Fosfor (mg/l)   | 0.2                     | Laag                   | 0.3                         | Laag                       |
| Fosfaat, Pw (mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /l)       | 14                      | Laag                   | 18                          | Laag                       |
| Fosfaat, P-AI (mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100 g) | 52                      | Hoog                   | 47                          | Hoog                       |
| Kalium (mg/l)   | 17.5                    | Laag                   | 7.8                         | Laag                       |
| Kalium, K-HCl (mg K <sub>2</sub> O/l)                   | 9                       | Laag                   | 9                           | Laag                       |
| K-getal (voorraad)                                      | 10                      | Laag                   | 14                          | Laag                       |
| Magnesium (mg/l)  | 40                      | Laag                   | 74.3                        | Matig                      |
| Zwavel (mg/l)   | 54.2                    | Hoog                   | 1155                        | Zeer hoog                  |
| Calcium (mg/l)  | 1678                    | Hoog                   | 3512                        | Zeer hoog                  |
| Borium (mg/l)   | 0.4                     | Matig                  | 0.3                         | Matig                      |
| Kobalt (mg/l)   | 0.5                     | Matig                  | <0.1                        | Laag                       |
| Koper (mg/l)  | <0.1                    | Laag                   | 3.5                         | Matig                      |
| IJzer (mg/l)  | 354                     | Hoog                   | 75.0                        | Matig                      |
| Mangaan (mg/l)  | 29.8                    | Hoog                   | 1.3                         | Matig                      |
| Molybdeen (mg/l)  | <0.1                    | Laag                   | <0.1                        | Laag                       |
| Zink (mg/l)   | 0.9                     | Laag                   | 27.7                        | Hoog                       |
| Natrium (mg/l)  | 28.3                    | Matig                  | 99.5                        | Hoog                       |
| Chloride (mg/l)   | 21.9                    | Matig                  | 61.8                        | Hoog                       |
| Silicium (mg/l)   | 30.4                    | Hoog                   | 32.0                        | Hoog                       |
| pH-KCl  | 7.3                     | Hoog                   | 7.3                         | Hoog                       |
| pH-H <sub>2</sub> O                                     | 7.6                     | Hoog                   | 7.6                         | Hoog                       |
| EC (mS/cm)  | 1.4                     | Hoog                   | 5.1                         | Zeer hoog                  |
| Organische stof (%)                                     | 7.3                     | Matig                  | 4.7                         | Matig                      |
| C/N verhouding  | 13                      | Matig                  | 36                          | Hoog                       |
| CEC (mmol <sup>+</sup> /kg)                             | 313                     | Matig                  | 315                         | Matig                      |

Tabel 3.2.1.1. Chemische eigenschappen van het sediment afkomstig van het Twentekanaal in april 2020 en in januari 2021. Met kleuren is de hoogte van een parameter weergegeven. De waardering is gebaseerd op de ontwikkeling van fijne wortels en mycorrhizaschimmels.

De hoeveelheid van verschillende nutriënten in het sediment van het Twentekanaal is tijdens de potproef verlaagd. De voorraad stikstof is afgenomen, evenals de hoeveelheid ammonium. Ook is het kalium-, ijzer, en mangaangehalte verlaagd. Het organisch stofgehalte is ook verminderd. Het fosfaatgehalte is ongeveer gelijk gebleven.

Het gehalte aan magnesium, calcium, zwavel, zink en natriumchloride in de bodem is toegenomen gedurende de proef. Vooral is de toename van calcium en zwavel opvallend hoog (zie Tabel 3.2.1.1.).

#### Amsterdam-Rijnkanaal

De onderzochte bodem van het Amsterdam-Rijnkanaal was een vrij nutriëntrijk, kalkrijk en enigszins verzilt sediment met veel mangaan en ijzer (zie Tabel 3.2.1.2.). Het sediment van

deze watergang was nutriëntrijker en meer zilt dan het sediment afkomstig uit het Twentekanaal.

| Monster sediment Amsterdam-Rijnkanaal                   | Hoeveelheid in mei 2020 | Waardering in mei 2020 | Hoeveelheid in januari 2021 | Waardering in januari 2021 |
|---|-------------------------|------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Totaal-N (mg/kg ds)                                     | 3420                    | Matig                  | 2710                        | Matig                      |
| N-leverend vermogen (kg/ha/jr)                          | 250                     | Matig                  | 126                         | Laag                       |
| Nitraat-N (mg/l)  | <0.1                    | Laag                   | 26.9                        | Laag                       |
| Ammonium-N (mg/l)                                       | 102                     | Hoog                   | <0.1                        | Laag                       |
| Fosfor (mg/l)   | 0.4                     | Laag                   | 0.5                         | Laag                       |
| Fosfaat, Pw (mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /l)       | 17                      | Laag                   | 18                          | Laag                       |
| Fosfaat, P-Al (mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100 g) | 69                      | Hoog                   | 57                          | Hoog                       |
| Kalium (mg/l)   | 43.5                    | Laag                   | 9.4                         | Laag                       |
| Kalium, K-HCl (mg K <sub>2</sub> O/l)                   | 26                      | Laag                   | 23                          | Laag                       |
| K-getal (voorraad)                                      | 29                      | Laag                   | 34                          | Laag                       |
| Magnesium (mg/l)  | 110                     | Hoog                   | 131                         | Hoog                       |
| Zwavel (mg/l)   | 93.4                    | Hoog                   | 1147                        | Zeer hoog                  |
| Calcium (mg/l)  | 1596                    | Hoog                   | 3341                        | Zeer hoog                  |
| Borium (mg/l)   | 0.6                     | Hoog                   | 0.4                         | Matig                      |
| Kobalt (mg/l)   | 0.8                     | Hoog                   | <0.1                        | Laag                       |
| Koper (mg/l)  | <0.1                    | Laag                   | 10.1                        | Hoog                       |
| IJzer (mg/l)  | 343                     | Hoog                   | 54.7                        | Matig                      |
| Mangaan (mg/l)  | 30.2                    | Hoog                   | 0.8                         | Laag                       |
| Molybdeen (mg/l)  | <0.1                    | Laag                   | <0.1                        | Laag                       |
| Zink (mg/l)   | 2.3                     | Laag                   | 85.3                        | Zeer hoog                  |
| Natrium (mg/l)  | 92.5                    | Hoog                   | 159                         | Hoog                       |
| Chloride (mg/l)   | 81.3                    | Hoog                   | 128                         | Hoog                       |
| Silicium (mg/l)   | 19.3                    | Matig                  | 28.0                        | Hoog                       |
| pH-KCl  | 7.6                     | Hoog                   | 7.5                         | Hoog                       |
| pH-H <sub>2</sub> O                                     | 7.7                     | Hoog                   | 7.7                         | Hoog                       |
| EC (mS/cm)  | 2.2                     | Hoog                   | 6.2                         | Zeer hoog                  |
| Organische stof (%)                                     | 7.9                     | Matig                  | 9.0                         | Hoog                       |
| C/N verhouding  | 13                      | Matig                  | 19                          | Matig                      |
| CEC (mmol <sup>+</sup> /kg)                             | 392                     | Matig                  | 536                         | Hoog                       |

Tabel 3.2.1.2. Chemische eigenschappen van het sediment afkomstig van het Amsterdam-Rijnkanaal in mei en januari 2021. Met kleuren is de hoogte van een parameter weergegeven. De waardering is gebaseerd op de ontwikkeling van fijne wortels en mycorrhizaschimmels.

De hoeveelheid van verschillende nutriënten in het sediment van het Amsterdam-Rijnkanaal is tijdens de potproef verlaagd. De voorraad stikstof is afgenomen, evenals de hoeveelheid ammonium. Ook is het kalium-, ijzer-, mangaan-, borium- en kobaltgehalte verlaagd. Het fosfaat- en magnesiumgehalte is ongeveer gelijk gebleven.

Het gehalte aan calcium, zwavel, zink, natriumchloride, organische stof en CEC in het sediment is toegenomen gedurende de proef. Vooral is de toename van calcium en zwavel opvallend hoog (zie Tabel 3.3.1.2.).



### 3.2.2. Verontreinigingen sediment

#### Twentekanaal

Uit de analyses bleek dat het gehalte van metalen in het sediment van het Twentekanaal over het algemeen is afgenomen gedurende de potproef. Het begroeien met kruidachtige planten met gunstig bodemleven (mycorrhizaschimmels) verminderde het gehalte aan arseen, cadmium en lood (zie Tabel 3.2.2.1. en Bijlage II). De reductie was het grootst in de behandelingen met mycorrhizaschimmels.

| Monster sediment van Twentekanaal in potproef | Hoe-<br>veel-<br>heid in<br>behan-<br>deling<br>1 | Hoe-<br>veel-<br>heid in<br>behan-<br>deling 2 | Hoe-<br>veel-<br>heid in<br>behan-<br>deling 3 | Hoe-<br>veel-<br>heid in<br>behan-<br>deling 4 | Hoe-<br>veel-<br>heid in<br>behan-<br>deling 5 |
|---|---|--|--|--|--|
| <i>Metalen</i>                                |   |  |  |  |  |
| Arseen (mg/kg ds)                             | 8.8   | 9.2  | 7.2  | 8.5  | 12.0   |
| Cadmium (mg/kg ds)                            | 0.73  | 0.70   | 0.74   | 0.87   | 1.0  |
| Lood (mg/kg ds)                               | 24  | 23   | 21   | 26   | 31   |
|   |   |  |  |  |  |
| <i>Minerale olie</i>                          |   |  |  |  |  |
| Minerale olie total (C10-C40) (mg/kg ds)      | 94  | 100  | 110  | 180  | 190  |
|   |   |  |  |  |  |
| <i>OCB's</i>                                  |   |  |  |  |  |
| OCB (som) LB (factor 0,7) (mg/kg ds)          | 0.015   | 0.015  | 0.017  | 0.016  | 0.015  |
| OCB (som) WB (factor 0,7) (mg/kg ds)          | 0.016   | 0.017  | 0.018  | 0.017  | 0.017  |
|   |   |  |  |  |  |
| <i>PCB's</i>                                  |   |  |  |  |  |
| PCB (som) (factor 0,7) (mg/kg ds)             | 0.023   | 0.036  | 0.030  | 0.030  | 0.012  |
|   |   |  |  |  |  |
| <i>Fenolen</i>                                |   |  |  |  |  |
| Pentachloorfenol (mg/kg ds)                   | <0.003  | <0.003   | <0.003   | <0.003   | <0.003   |
|   |   |  |  |  |  |
| <i>PerFluorKoolwaterstoffen</i>               |   |  |  |  |  |
| Som PFOA (*0,7) (ug/kg ds)                    | 0.2   | 0.2  | 0.1  | 0.1  | 0.3  |
| Som PFOS (*0,7) (ug/kg ds)                    | 0.9   | 0.9  | 0.6  | 0.7  | 2.3  |
|   |   |  |  |  |  |
| <i>PAK's</i>                                  |   |  |  |  |  |
| PAK VROM (10) (factor 0,7) (mg/kg ds)         | 5.7   | 7.2  | 4.1  | 6.6  | 5.3.   |

Tabel 3.2.2.1. Verontreinigingen in het sediment afkomstig van het Twentekanaal in potproef in november 2020.

Uit de analyses bleek dat het gehalte aan minerale olie was afgenomen in het sediment van het Twentekanaal begroeid met kruidachtige planten met mycorrhizaschimmels ten opzichte van sediment met kruidachtige planten zonder deze schimmels (onbehandeld, zie Tabel 3.2.2.1.). De reductie in de behandeling met de saprofytische bodemschimmel *Trichoderma* sp. was minder dan in de behandelingen met mycorrhizaschimmels.

Ook is het gehalte PFAS afgenomen, zowel het gehalte PFOA en PFOS, in het sediment van het Twentekanaal begroeid met kruidachtige planten met gunstig bodemleven ten opzichte

van onbehandeld. De reductie van PFOS was aanzienlijk met meer dan 50% (zie Tabel 3.2.2.1.). Dit duidt er op dat bodemorganismen een rol spelen bij de afbraak van PFAS.

De waargenomen hoeveelheden van PFOA in het sediment van het Twentekanaal (zie Tabel 3.2.2.1.) was in alle behandelingen lager dan de norm voor het toepassen van sediment in de landbouw, nl. 1,9 ug/kg. Ook waren de waarden van de overige PFAS in het sediment van het Twentekanaal behandeld met mycorrhizaschimmels lager dan de norm voor het toepassen van sediment in de landbouw, nl. 1,4 ug/kg ([www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/pfas](http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/pfas), [www.bodemplus.nl/onderwerpen/wet-regelgeving/bbk/grond-bagger/handelingskader-pfas](http://www.bodemplus.nl/onderwerpen/wet-regelgeving/bbk/grond-bagger/handelingskader-pfas) en bijlage V).

Het onbehandelde sediment voldeed dan ook niet aan de norm van 1,4 voor toepassing in landbouw en natuur voor overig PFAS, behalve voor PFOA. Het sediment dat was begroeid met kruidachtige planten samen met de mycorrhizaschimmels voldeed wel aan de norm van 1,4.

De begroeiing met kruidachtige planten met gunstig bodemleven verminderde het gehalte aan pcb's, fenolen en PAK's in het sediment van het Twentekanaal nauwelijks of niet (zie Tabel 3.2.2.1. en Bijlage II).

#### *Amsterdam-Rijnkanaal*

Uit de analyses bleek dat het gehalte aan verontreinigingen in het sediment van het Amsterdam-Rijnkanaal over het algemeen hoger was dan het gehalte in het sediment van Twentekanaal in de potproef (zie Tabel 3.2.2.2. en Bijlage III). Het begroeien van het sediment uit het Amsterdam-Rijnkanaal met kruidachtige planten met gunstig bodemleven verlaagde het gehalte aan verontreinigingen nauwelijks of niet ten opzichte sediment met kruidachtige planten zonder gunstig bodemleven (onbehandeld).

| Monster sediment van Amsterdam-Rijnkanaal | Hoe-<br>veel-<br>heid in<br>behan-<br>deling 1 | Hoe-<br>veel-<br>heid in<br>behan-<br>deling 2 | Hoe-<br>veel-<br>heid in<br>behan-<br>deling 3 | Hoe-<br>veel-<br>heid in<br>behan-<br>deling 4 | Hoe-<br>veel-<br>heid in<br>behan-<br>deling 5 |
|---|--|--|--|--|--|
| <i>Metalen</i>                            |  |  |  |  |  |
| Arseen (mg/kg ds)                         | 14   | 16   | 14   | 14   | 14.0   |
| Cadmium (mg/kg ds)                        | 1.6  | 1.8  | 1.7  | 1.6  | 1.6  |
| Lood (mg/kg ds)                           | 76   | 94   | 79   | 77   | 75   |
|   |  |  |  |  |  |
| <i>Minerale olie</i>                      |  |  |  |  |  |
| Minerale olie total (C10-C40) (mg/kg ds)  | 290  | 350  | 290  | 330  | 270  |
|   |  |  |  |  |  |
| <i>OCB's</i>                              |  |  |  |  |  |
| OCB (som) LB (factor 0,7) (mg/kg ds)      | 0.022  | 0.024  | 0.023  | 0.026  | 0.026  |
| OCB (som) WB (factor 0,7) (mg/kg ds)      | 0.021  | 0.023  | 0.022  | 0.023  | 0.021  |
|   |  |  |  |  |  |
| <i>PCB's</i>                              |  |  |  |  |  |
| PCB (som) (factor 0,7) (mg/kg ds)         | 0.056  | 0.069  | 0.057  | 0.063  | 0.060  |
|   |  |  |  |  |  |
| <i>Fenolen</i>                            |  |  |  |  |  |

|                                       |        |        |        |        |        |
|---------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Pentachloorfenol (mg/kg ds)           | <0.003 | <0.003 | <0.003 | <0.003 | <0.003 |
| <i>PerFluorKoolwaterstoffen</i>       |        |        |        |        |        |
| Som PFOA (*0,7) (µg/kg ds)            | 0.4    | 0.4    | 0.5    | 0.6    | 0.5    |
| Som PFOS (*0,7) (µg/kg ds)            | 2.6    | 2.8    | 4.2    | 4.2    | 2.9    |
| <i>PAK's</i>                          |        |        |        |        |        |
| PAK VROM (10) (factor 0,7) (mg/kg ds) | 3.2    | 4.1    | 3.4    | 4.0    | 3.3.   |

Tabel 3.2.2.2. Verontreinigingen in het sediment afkomstig van het Amsterdam-Rijnkanaal in de potproef in november 2020.

### 3.3. Biologische karakteristieken

#### 3.3.1. Sporen mycorrhizaschimmels

##### *Twentekanaal*

Uit de analyses op sporen van mycorrhizaschimmels in het sediment van het Twentekanaal kwam naar voren dat sporen van deze symbiotische schimmels werden gevonden in de behandelingen waaraan deze schimmels waren toegediend. In behandeling 1 werd het hoogste aantal sporen waargenomen. Ook in de behandelingen 2 en 3 werden vitale sporen van mycorrhizaschimmels gevonden. In behandeling 4 was het aantal sporen van mycorrhizaschimmels lager. In deze behandeling waren minder sporen toegediend, omdat ook de saprofytische bodemschimmel *Trichoderma* sp. was toegediend.

| Twentekanaal  | Mycorrhizaschimmels | Aantal                   | Conditie      |
|---------------|---------------------|--------------------------|---------------|
| Behandeling 1 | Aanwezig            | Ca. 18 sporen/gram grond | Vitale sporen |
| Behandeling 2 | Aanwezig            | Ca. 6 sporen/gram grond  | Vitale sporen |
| Behandeling 3 | Aanwezig            | Ca. 8 sporen/gram grond  | Vitale sporen |
| Behandeling 4 | Aanwezig            | Ca. 2 sporen/gram grond  | Vitale sporen |
| Behandeling 5 | Afwezig             | 0                        | -             |

Tabel 3.3.1.1. Voorkomen van sporen van mycorrhizaschimmels in het sediment van het Twentekanaal in de potproef in december 2020.

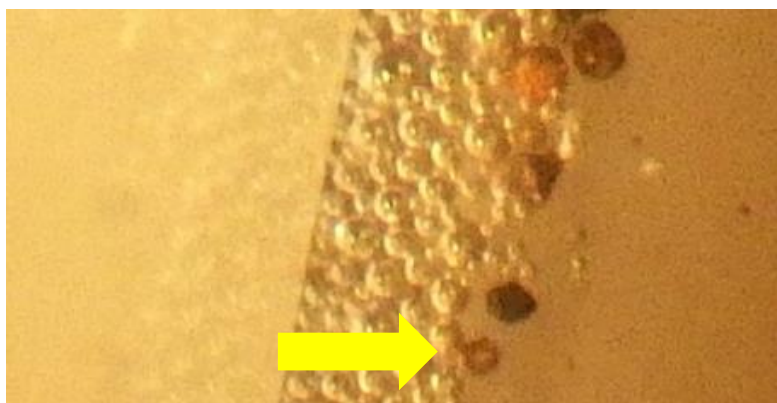


Foto 3.3.1.1. Vitale spore van een arbusculaire mycorrhizaschimmel waargenomen in behandeling 1 (zie gele pijl).

#### *Amsterdam-Rijnkanaal*

Er waren sporen van mycorrhizaschimmels in het sediment van het Amsterdam-Rijnkanaal aanwezig in de behandelingen waaraan deze schimmels waren toegediend (zie Tabel 3.3.1.2.). Het aantal sporen varieerde van drie tot zes sporen in de behandelingen. De sporen in behandeling 1 waren maar ten dele vitaal. Opvallend was dat de sporen klein waren.

| Amsterdam-Rijnkanaal | Mycorrhizaschimmels | Aantal                  | Conditie                            |
|----------------------|---------------------|-------------------------|-------------------------------------|
| Behandeling 1        | Aanwezig            | Ca. 6 sporen/gram grond | Vitale en niet-vitale kleine sporen |
| Behandeling 2        | Aanwezig            | Ca. 4 sporen/gram grond | Vitale kleine sporen                |
| Behandeling 3        | Aanwezig            | Ca. 3 sporen/gram grond | Vitale kleine sporen                |
| Behandeling 4        | Aanwezig            | Ca. 4 sporen/gram grond | Vitale kleine sporen                |
| Behandeling 5        | Afwezig             | 0                       | -                                   |

Tabel 3.3.1.2. Voorkomen van sporen van mycorrhizaschimmels in het sediment van het Amsterdam-Rijnkanaal in december 2020.

### 3.3.2. Wortelontwikkeling

#### *Twentekanaal*

De wortelontwikkeling van de kruidachtige planten was zeer goed in het sediment van het Twentekanaal in behandeling 1 van de potproef (zie Foto 3.3.2.1.). In de andere twee behandelingen met mycorrhizaschimmels was de bodem goed doorworteld. Er werden meer fijne wortels dan hoofdwortels waargenomen, en de wortels waren vitaal (zie Tabel 3.3.2.2.).

| Twentekanaal  | Wortelontwikkeling   | Conditie wortels       | Mycorrhizaschimmels                               |
|---------------|--|------------------------|---|
| Behandeling 1 | Zeer goed doorwortelde bodem tot ca. 30 cm diep; meer fijne wortels (ca. 70%) dan hoofdwortels (ca. 30%) aanwezig    | Goed; wortels vitaal   | Mycorrhizaschimmels rondom en in ca. 20 % wortels |
| Behandeling 2 | Goed doorwortelde bodem tot ca. 30 cm diep; meer fijne wortels (ca. 80%) dan hoofdwortels (ca. 20%) aanwezig         | Goed; wortels vitaal   | Mycorrhizaschimmels rondom en in ca. 10 % wortels |
| Behandeling 3 | Goed doorwortelde bodem tot ca. 30 cm diep; meer fijne wortels (ca. 70%) dan hoofdwortels (ca. 30%) aanwezig         | Goed; wortels vitaal   | Mycorrhizaschimmels rondom en in ca. 10 % wortels |
| Behandeling 4 | Matig doorwortelde bodem tot ca. 30 cm diep; hoofdwortels (ca. 50%) en fijne wortels (ca. 50%) aanwezig              | Matig; wortels fragiel | Mycorrhizaschimmels rondom en in ca. 5 % wortels  |
| Behandeling 5 | Ontoereikend doorwortelde bodem tot ca. 30 cm diep; meer hoofdwortels (ca. 80%) dan fijne wortels (ca. 20%) aanwezig | Matig; wortels fragiel | Mycorrhizaschimmels rondom en in ca. <1% wortels  |

Tabel 3.3.2.1. Ontwikkeling van wortels en mycorrhizaschimmels in het sediment van Twentekanaal in de potproef in december 2020.



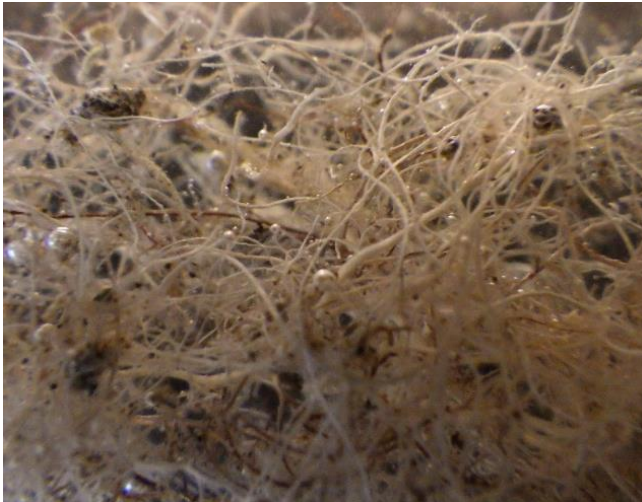


Foto 3.3.2.1. Fijne wortels van het mengsel van kruidachtige planten in het sediment van het Twentekanaal in behandeling 1 in de potproef.

In behandeling 4 met de saprofytische bodemschimmel *Trichoderma* sp. was het sediment matig doorworteld. Uit visuele waarnemingen bleek dat de bodem nat was. De conditie van de wortels was matig en de wortels waren niet stevig, maar fragiel.

In behandeling 5, waaraan geen mycorrhizaschimmels waren toegediend, werden meer hoofdwortels dan fijne wortels waargenomen. Bovendien was de conditie van de wortels matig en waren de wortels fragiel.

#### *Amsterdam-Rijnkanaal*

De wortelontwikkeling van de kruidachtige planten was matig in het sediment van het Amsterdam-Rijnkanaal in de behandelingen met mycorrhizaschimmels in de potproef (zie Tabel 3.3.2.2.). In het onbehandelde sediment was de wortelontwikkeling ontoereikend. Hoofdwortels waren het meest aanwezig (zie Tabel 3.3.2.2. en Foto 3.2.2.2.). De wortels waren vooral rondom de kluiten van het sediment van het Amsterdam-Rijnkanaal gegroeid (zie Foto 3.3.2.2.). De conditie van de wortels was matig. De meeste wortels waren niet stevig, maar fragiel.



Foto 3.3.2.2. Wortels van het mengsel van kruidachtige planten met mycorrhizaschimmels groeiend rondom de kluiten in het sediment van het Amsterdam-Rijnkanaal in behandeling 2.

*Amsterdam-Rijnkanaal*

| Amsterdam-Rijnkanaal | Wortelontwikkeling   | Conditie wortels                        | Mycorrhizaschimmels                               |
|----------------------|--|---|---|
| Behandeling 1        | Matig doorwortelde bodem tot ca. 30 cm diep; meer hoofdwortels (ca. 75%) dan fijne wortels (ca. 25%) aanwezig      | Matig; wortels licht bochtig en fragiel | Mycorrhizaschimmels rondom en in ca. 3% wortels   |
| Behandeling 2        | Matig doorwortelde bodem tot ca. 30 cm diep; meer hoofdwortels (ca. 80%) dan fijne wortels (ca. 20%) aanwezig      | Matig; wortels licht bochtig en fragiel | Mycorrhizaschimmels rondom en in ca. 2% wortels   |
| Behandeling 3        | Matig doorwortelde bodem tot ca. 30 cm diep; meer hoofdwortels (ca. 80%) dan fijne wortels (ca. 20%) aanwezig      | Matig; wortels fragiel                  | Mycorrhizaschimmels rondom en in ca. 1% wortels   |
| Behandeling 4        | Matig doorwortelde bodem tot ca. 30 cm diep; meer hoofdwortels (ca. 85%) dan fijne wortels (ca. 15%) aanwezig      | Matig; wortels licht bochtig en fragiel | Mycorrhizaschimmels rondom en in ca. 1% wortels   |
| Behandeling 5        | Ontoereikend doorwortelde bodem tot ca. 30 cm diep; meer hoofdwortels (ca. 95%) dan hoofdwortels (ca. 5%) aanwezig | Matig; wortels fragiel                  | Mycorrhizaschimmels rondom en in ca. <1 % wortels |

Tabel 3.3.2.2. Ontwikkeling van wortels en mycorrhizaschimmels in het sediment van het Amsterdam-Rijnkanaal in de potproef in december 2020.

### 3.3.3. Metalen in bladeren

*Twentekanaal*

Uit de bladanalyse bleek dat het gehalte van aluminium, arseen, chroom en nikkel lager was in de bladeren van de kruidachtige planten behandeld met mycorrhizaschimmels dan in de bladeren van de kruidachtige planten behandeld zonder mycorrhizaschimmels (onbehandeld, zie Tabel 3.3.3.1.).

| Bladmonster van Twentekanaal in potproef | Hoeveelheid in behandeling 1 | Hoeveelheid in behandeling 2 | Hoeveelheid in behandeling 3 | Hoeveelheid in behandeling 4 | Hoeveelheid in behandeling 5 |
|--|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Aluminium (mg/g ds)                      | 0,004262                     | 0,001064                     | 0,005571                     | 0,001044                     | 0,009196                     |
| Arseen (mg/g ds)                         | 4,60E-06                     | 1,57E-06                     | 6,00E-06                     | 1,25E-06                     | 8,19E-06                     |
| Cadmium (mg/g ds)                        | 4,81E-06                     | 3,85E-06                     | 7,30E-06                     | 3,32E-06                     | 5,28E-06                     |
| Chroom (mg/g ds)                         | 3,52E-05                     | 1,84E-05                     | 5,26E-05                     | 1,64E-05                     | 5,36E-05                     |
| Koper (mg/g ds)                          | 0,000136                     | 6,71E-05                     | 0,000102                     | 4,14E-05                     | 0,000127                     |
| Lood (mg/g ds)                           | 1,16E-05                     | 5,04E-06                     | 2,34E-05                     | 3,03E-06                     | 2,18E-05                     |
| Nikkel (mg/g ds)                         | 9,39E-05                     | 2,16E-05                     | 0,000157                     | 2,45E-05                     | 0,000158                     |

Tabel 3.3.3.1. Metalen in bladmonsters afkomstig van het Twentekanaal in potproef in november 2020.

Het cadmium-, lood- en kopergehalte in de bladmonsters was lager in drie behandelingen dan in onbehandeld. Alleen in het bladmonster van behandeling 3 was het cadmium- en loodgehalte hoger dan in onbehandeld, en in het bladmonster van behandeling 1 was het kopergehalte licht hoger (zie Tabel 3.3.3.1.). Het gehalte aan arseen, cadmium en lood was in alle behandelingen lager dan het maximumgehalte in veevoeder (zie RICHTLIJN 2002/32/EG VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD van 7 mei 2002 inzake ongewenste stoffen in diervoeding).

#### *Amsterdam-Rijnkanaal*

Uit de bladanalyse bleek dat het gehalte van de metalen in de bladeren van de kruidachtige planten varieerde tussen de behandelingen (zie Tabel 3.3.3.2. en Bijlage IV ). Het gehalte aan metalen was in slechts één of in enkele behandelingen met mycorrhizaschimmels lager dan het gehalte aan metalen in onbehandeld (zie Tabel 3.3.3.2.).

| Bladmonster van Amsterdam-Rijnkanaal in potproef | Hoeveelheid in behandeling 1 | Hoeveelheid in behandeling 2 | Hoeveelheid in behandeling 3 | Hoeveelheid in behandeling 4 | Hoeveelheid in behandeling 5 |
|--|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Arseen (mg/g ds)                                 | 4,06E-06                     | 1,83E-06                     | 1,34E-06                     | 1,69E-06                     | 1,66E-06                     |
| Cadmium (mg/g ds)                                | 5,78E-06                     | 5,68E-06                     | 3,32E-06                     | 5,51E-06                     | 4,92E-06                     |
| Lood (mg/g ds)                                   | 1,16E-05                     | 2,71E-06                     | 1,97E-05                     | 3,19E-06                     | 2,61E-05                     |

Tabel 3.3.3.2. Metalen in bladmonsters afkomstig van het Amsterdam-Rijnkanaal in potproef in november 2020.

#### 4. Interpretatie resultaten

De resultaten duiden er op dat het sediment van zowel het Twentekanaal als van het Amsterdam-Rijnkanaal bij opdrogen ingeklonken en ondoordringbaar werd. Het gedroogde sediment had niet alleen een slechte structuur, het was ook lastig te bewerken. Voor toepassingen in de praktijk wordt aangeraden om zeoliet met een hoge CEC (hoger dan 600

mmol<sup>+</sup>/kg) en schraal zand door het sediment te mengen. Daarmee wordt de structuur van het sediment verbeterd, evenals de bewerkbaarheid. De grote kluiten in het sediment van het Amsterdam-Rijnkanaal hadden met vermengen met zeoliet en schraal zand fijn gemaakt kunnen worden. Wortels van kruidachtige planten en schimmeldraden van mycorrhizaschimmels kunnen een mengsel van sediment, zeoliet en fijn zand gemakkelijker begroeien.

Gunstig is dat de analyse resultaten er op duiden dat een aanzienlijk deel van de nutriënten in het sediment in de potproef is afgenomen. Het inzaaien van het mengsel van kruidachtige planten bleek samen met mycorrhizaschimmels te kunnen groeien in het sediment van zowel het Twentekanaal als het Amsterdam-Rijnkanaal. De kruidachtige planten hebben nutriënten uit het sediment opgenomen voor de groei. Naar verwachting lijkt het dan ook mogelijk om het sediment met andere plantensoorten of zelfs bomen, zoals wilgen, te laten begroeien.

Bij de groei van de kruidachtige planten met mycorrhizaschimmels zijn bacteriën geactiveerd. Rondom de schimmeldraden van mycorrhizaschimmels ontwikkelen zich zg. helper-bacteriën. Deze bacteriën ontwikkelen zich veelal in organische stof en breken organische stof af, waardoor het organisch stofgehalte in de bodem kan afnemen. Daarbij komen nutriënten voor de planten beschikbaar.

Opvallend is dat de analyse resultaten er op duiden dat vooral zwavel en calcium, maar ook natriumchloride, is toegenomen. Deze nutriënten lijken te zijn meegekomen met het water geven. Het grondwater dat is gebruikt voor het water geven bleek na afloop van de potproef afkomstig te zijn van een gebied met veel zwavel en calcium. De kruidachtige planten, die samen met mycorrhizaschimmels, zijn ingezaaid in de sedimenten van Twentekanaal en Amsterdam-Rijnkanaal in de potten van de potproef, kunnen groeien in kalkhoudende, zwavelrijke en verzilte bodems. Mycorrhizaschimmels ontwikkelen zich goed in kalkhoudende bodems. Ook maken deze symbiotische schimmels de groei van planten en bomen mogelijk in zilte bodems. Maar de ontwikkeling van mycorrhizaschimmels wordt geremd door hoge zwavelgehalten. Indien het zwavelgehalte van de sedimenten van beide watergangen was verlaagd door toedienen van zeoliet en schraal zand, hadden naar verwachting de mycorrhizaschimmels zich uitgebreider kunnen ontwikkelen. De schimmeldraden van deze bodemschimmels hadden nog meer sediment kunnen doorgroeien. Uit visuele waarnemingen kwam naar voren dat de wortels van de kruidachtige planten samen met de mycorrhizaschimmels de kluiten in het sediment van het Amsterdam-Rijnkanaal nauwelijks of niet hadden doorgroeid in de potproef (zie Foto 4.2.).

Voor een vervolg met proeven naar reductie van PFAS wordt aangeraden om water te geven met regenwater of zelfs gedemineraliseerd water, maar niet met grondwater. Dit voorkomt onverwachte verhoging van nutriënten.

Ook raden wij aan om proeven in potten met gaten in de bodem uit te voeren in de toekomst. In potten met gaten kan een overmaat aan nutriënten uitspoelen. De bodem van de emmers in de uitgevoerde potproef was dicht, waardoor het zwavel en calcium accumuleerde in grote hoeveelheden. Ook kon het natriumchloride niet uitspoelen waardoor het sediment in de emmers enigszins verzilt raakte.

De analyse resultaten duiden er op dat de goede wortelontwikkeling met veel fijne wortels in de behandelingen met mycorrhizaschimmels in het sediment van het Twentekanaal (zie Foto 4.1.) een gunstig effect hadden. Het sediment raakte zodanig goed doorgroeid met fijne wortels dat het sediment is omgezet naar substraat met een goede structuur (zie Foto 3.1.5. en Foto 4.1.).





Foto. 4.1. Kruiemelige bodem met goede structuur en een groot aantal fijne wortels in behandeling 1 van de potproef met sediment van Twentekanaal in december 2020.

De analyse resultaten duiden er op dat een deel van de verontreinigingen in het sediment van het Twentekanaal is afgenomen. Ook duiden de resultaten er op dat het gehalte aan zware metalen waaronder aluminium, arseen, chroom en nikkel lager is in de bladeren van de kruidachtigen planten met mycorrhizaschimmels in het sediment van het Twentekanaal dan in onbehandeld.

Uit wetenschappelijk onderzoek bleek dat het gehalte aan lood in Paksoi planten met mycorrhizaschimmels significant lager was dan onbehandeld (Zhipeng, W.U. et al., 2016). Uit een andere studie kwam naar voren dat cadmium en koper werd vastgelegd in het mycelium van mycorrhizaschimmels bij *Aster tripolium* planten. Mycorrhizaschimmels maken planten tolerant voor metalen (Carvalho, L.M., Cacador, I. en Martins-Loucao, M.A. 2006).

Plantenwortels en mycorrhizaschimmels lijken te hebben bijgedragen aan de reductie van de verontreinigingen in het sediment. Uit visuele waarnemingen kwam naar voren dat fijne wortels en schimmeldraden van de mycorrhizaschimmels het sediment van het Twentekanaal hebben kunnen doorgroeien. De schimmeldraden zijn zo dun, nl. enkele micrometers dik, dat ze de kleinste poriën kunnen doorgroeien (Baar en Ozinga, 2007). De schimmeldraden en fijne wortels hebben de verontreinigingen in de hele emmer kunnen verminderen.

De reductie van de hoeveelheid zware metalen in het sediment van Twentekanaal lijken te kunnen worden verklaard door vastlegging van zware metalen door plantenwortels en mycorrhizaschimmels. Zware metalen blijven in wortels achter vanwege een barrière-effect (Waterlot, C. et al., 2017). Mycorrhizaschimmels stellen planten in staat om (zware) metalen in hun wortels en extern mycelium op te slaan (Vogel-Mikus, K., et al., 2006). Daarbij worden (zware) metalen in structuren van mycorrhizaschimmels, zoals vesikels (zie Baar en Ozinga, 2007), vastgelegd. Deze vastlegging verhindert de mobilisatie naar de bovengrondse delen van de planten, zoals bladeren (Vogel-Mikus, K., et al., 2006). De opname van zware metalen door plantenwortels en mycorrhizaschimmels hangt af van de beschikbaarheid van de metaalionen in de bodemoplossing. Ook zijn de pH en het carbonaatgehalte van de bodem van invloed op de opname (Waterlot, C. et al., 2017).



De analyse resultaten duiden er op dat PFAS in het sediment van het Twentekanaal verminderde gedurende de potproef. Het sediment begroeid met kruidachtige planten en mycorrhizaschimmels voldeed voor PFOA en overige PFAS aan de normen voor toepassen in de landbouw ([www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/pfas](http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/pfas), [www.bodemplus.nl/onderwerpen/wet-regelgeving/bbk/grond-bagger/handelingskader-pfas](http://www.bodemplus.nl/onderwerpen/wet-regelgeving/bbk/grond-bagger/handelingskader-pfas) en bijlage V). Daarentegen voldeed onbehandeld sediment voor PFOS niet aan de normen voor toepassing in de landbouw.

De reductie van PFAS suggereert dat bodemorganismen PFAS kunnen afbreken. Mycorrhizaschimmels zijn toegepast in de behandelingen en kunnen een rol hebben gespeeld in de vermindering van PFAS. Dat de bacteriën rondom de schimmeldraden van mycorrhizaschimmels daarbij een rol hebben gespeeld is nog waarschijnlijker (Sayer, 2021). Bacteriën kunnen sterke C-F verbinding verbreken, waarbij PFAS wordt ontdaan van fluoride (Ruiz-Urigüen et al., 2019). Uit wetenschappelijk onderzoek is naar voren gekomen dat planten ook kunnen bijdragen aan de reductie van PFAS. In een experiment met potten gevuld met water in Zweden is onderzocht of verschillende waterplanten PFOS en PFOA kunnen reduceren. Snavelzegge bleek een aanzienlijke hoeveelheid van deze stoffen op te kunnen nemen. Ook bleek brede waterpest effectief. Uit het water was ca. 5% PFOS en PFOA verdwenen (Greger, Landberg en Kaur, 2021).



Foto 4.2. Kluiten met wortels van de kruidachtige planten in behandeling 1 met sediment van het Amsterdam-Rijnkanaal in de potproef.

De analyse resultaten duiden er op, dat in het sediment van het Amsterdam-Rijnkanaal nauwelijks tot geen reductie van verontreinigingen plaats vond. Dit is waarschijnlijk veroorzaakt doordat de grote kluiten zo ingeklonken waren dat het niet mogelijk was voor de fijne wortels en mycorrhizaschimmels om de kluiten in enkele maanden te doorgroeien. Er waren wel fijne wortels zichtbaar, maar deze waren vooral rondom de kluiten gegroeid (zie Foto 4.2.).

Er werden kleine sporen mycorrhizaschimmels in het sediment van het Amsterdam-Rijnkanaal waargenomen. Kleine sporen kunnen overleven in bodems met verstoringen. Zo blijken kleine sporen bestand tegen hoge gehalte aan anorganische nutriënten, waaronder stikstof. Grote sporen verdwijnen in bodems met verstoringen. Het sediment in het Amsterdam-Rijnkanaal bevatte grote kluiten. Het gehalte van nutriënten en metalen was naar verwachting hoger in de kluiten dan in het losse sediment rondom de kluiten.

## 5. Conclusies

De analyse resultaten van de uitgevoerde potproef met sedimenten afkomstig uit het Twentekanaal en Amsterdam-Rijnkanaal duiden op het volgende:

Sediment uit watergangen is geschikt om planten op te laten groeien.

Bewerkingen vooraf vergroten de mogelijkheden om het sediment te laten begroeien met kruidachtige planten en mogelijk ook met bomen.

Het sediment kan door begroeiing met een groenbemester van kruidachtige planten samen met mycorrhizaschimmels veranderen in een substraat met goede structuur.

De analyse resultaten duiden er op dat verontreinigingen in het sediment van het Twentekanaal verminderen door begroeiing met planten met mycorrhizaschimmels.

De analyse resultaten duiden er op dat zware metalen zijn gereduceerd in de behandelingen met mycorrhizaschimmels ten opzichte van de behandeling zonder mycorrhizaschimmels.

De analyse resultaten duiden er op dat PFAS in het sediment van het Twentekanaal met mycorrhizaschimmels af nam met meer dan 50% ten opzichte van de behandeling zonder de schimmels.

De waarden van PFOA en PFAS in het met mycorrhizaschimmels behandelde sediment van het Twentekanaal lag lager dan de norm voor het toepassen van sediment in de landbouw.

## 6. Suggesties voor vervolgonderzoek

Vervolgonderzoek is aanbevolen. De volgende proeven en studies worden voorgesteld als voortzetting van de uitgevoerde potproef met sedimenten uit het Twentekanaal en Amsterdam-Rijnkanaal:

-een potproef met sediment uit verschillende watergangen, zoals kanalen en rivieren, opzetten met ten minste vier herhalingen binnen elke behandeling. Deze potproef is er op gericht om verschillende sedimenten afkomstig uit kanalen en rivieren op duurzame wijze bruikbaar te maken voor toepassingen in de praktijk, zoals in de landbouw. Nagegaan wordt of het mogelijk is om de verschillende sedimenten te begroeien met kruidachtige planten geïnoculeerd met mycorrhizaschimmels al dan niet in combinatie met goede kwaliteit zeoliet met een hoge CEC (hoger dan 600 mmol<sup>+</sup>/kg) en/of schraal zand. Daarbij wordt aangeraden om water te geven met gedemineraliseerd water om te voorkomen dat het gehalte van enkele nutriënten in het sediment wordt verhoogd. Ook worden aangeraden om gaten in de bodem van de potten of emmers te maken om vochtphoping te voorkomen.

-een veldproef met sediment uit een watergang, zoals een kanaal of rivier, uitvoeren. Deze veldproef heeft als doel om na te gaan of het mogelijk is om sediment uit een kanaal of rivier op duurzame wijze en in de praktijk in een bewerkbare bodem om te zetten door het te laten begroeien met verschillende kruidachtige planten geïnoculeerd met mycorrhizaschimmels. Daarbij kan een deel van sediment worden bewerkt met goede kwaliteit zeoliet met een hoge CEC (hoger dan 600 mmol<sup>+</sup>/kg) en/of schraal zand al dan niet in combinatie met het begroeien met kruidachtige planten geïnoculeerd met mycorrhizaschimmels.

-sediment uit één of meer watergangen, nadat het is gemengd met goede kwaliteit zeoliet met een hoge CEC (hoger dan 600 mmol<sup>+</sup>/kg) en/of schraal zand en begroeid met kruidachtige planten geïnoculeerd met mycorrhizaschimmels, aanbrengen op een akker of op grasland op zandgronden. Deze studie is er op gericht om na te gaan of sediment na bewerking kan worden toegepast op zandgronden om de bodemkwaliteit te verbeteren.

-een pilot studie opzetten waarin sediment *in situ* in een watergang, zoals een kanaal of rivier, wordt gereinigd met plantensoorten, zoals riet of zegge, en/of bomen, zoals wilgen, geïnoculeerd met passende mycorrhizaschimmels. Indien *in situ* reiniging mogelijk blijkt, kan het sediment uit de watergang mogelijk direct worden verwerkt in de praktijk, zoals in de landbouw.

## 7. Literatuur en overige bronnen

Baar, J. 2008. From Production to Application of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Agricultural Systems: Requirements and Needs. *Mycorrhiza*: p. 361-373. Springer-Verlag.

Baar, J. 2015. Development of soil quality metrics using mycorrhizal fungi. *Spanish Journal of Agricultural Research* 2010, 8(S1): S137-S143.

Baar J. en W. Ozinga. 2007. Mycorrhizaschimmels, sleutelfactor voor duurzame landbouw en natuur. KNNV-Uitgeverij.

Baar, J., Herder, K. den, Erk, A. van en Nieman, T. 2009. CO<sub>2</sub>-opname: de meerwaarde van mycorrhizaschimmels. *Vakblad natuur bos landschap / Stichting Vakblad Natuur Bos Landschap*. December, p. 18-20.

Carvalho, L.M., Cacador, I. en Martins-Loucao, M.A. 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi enhance root cadmium and copper accumulation in the roots of the salt marsh plant *Aster tripolium* L. *Plant Soil* 285 (1): 161–169.

Dunning, H. 2016. Plants' ability to slow climate change depends on their fungi. [www.imperial.ac.uk/news/173270/plants-ability-slow-climate-change-depends](http://www.imperial.ac.uk/news/173270/plants-ability-slow-climate-change-depends)

Greger, M., Landberg, T. en Kaur, H. 2021. Removal of PFAS from water by plants. *International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources* 28 (2): 1-6.

Huff, D.K., Morris, L.A., Sutter, L., Costanza J. en Kurt D.P. 2020. Accumulation of six PFAS compounds by woody and herbaceous plants: potential for phytoextraction. *International Journal of Phytoremediation* 22 (14): 1538-1550.

Paradi, I. en J. Baar. 2006. Mycorrhizal fungal diversity in willow forests of different age along the river Waal, The Netherlands. *Forest Ecology and Management* 237: 1-3.

Rapport Waterbodemonderzoek. Twentekanalen: 0.1-.3.0. 2020. MH Poly Consultants & Engineers BV.

RICHTLIJN 2002/32/EG VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD  
van 7 mei 2002 inzake ongewenste stoffen in diervoeding (PB L 140 van 30.5.2002, blz. 10)

Ruiz-Urigüen, M., Steingart, D. en Jaffé, P.P. 2019. Oxidation of ammonium by Feammox Acidimicrobiaceae sp. A6 in anaerobic electrolysis cells. *Environmental Science: Water Research & Technology* 5 (9): 1582-1592.

Sayer, R. 2021. Mechanisms of Phytodegradation and Mycoremediation in Organic Pollutants and Heavy Metals. MSc.-thesis Wageningen University.

Sokal, R.R. en J.F. Rohlf. 1994. *Biometry. The Principles and Practices of Statistics in Biological Research*, W.H. Freeman & Company.

Terrer, C., Vicca S., Hungate, B.A., Philips R.P. en Colin Prentice I. 2016. Mycorrhizal association as a primary control of the CO<sub>2</sub> fertilization effect. *Vol 353, Issue 6294*, pp. 72-74

Vogel-Mikus, K., Pongrac, P., Kump, P., Necemer, M. en Regvar, M. 2006. Colonisation of a Zn, Cd and Pb hyperaccumulator *Thlaspi praecox* Wulfen with indigenous arbuscular mycorrhizal fungal mixture induces changes in heavy metal and nutrient uptake. *Environmental Pollution* 139 (2): 362-371.

Waterlot, C., Pruvot, C., Marot, F. en Douay, F. 2017. Impact of a phosphate amendment on the environmental availability and phytoavailability of Cd and Pb in moderately and highly carbonated kitchen garden soils. *Pedosphere* 27 (3): 588–605.

Zhipeng, W.U., Weidong, W.U., Shenglu, Z.H.O.U. en Shaohua, W.U. 2016. Mycorrhizal inoculation affects Pb and Cd accumulation and translocation in Pakchoi (*Brassica chinensis* L.). *Pedosphere* 26 (1): 13–26.

[www.bodemplus.nl/onderwerpen/wet-regelgeving/bbk/grond-bagger/handelingskader-pfas](http://www.bodemplus.nl/onderwerpen/wet-regelgeving/bbk/grond-bagger/handelingskader-pfas)

[www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/pfas](http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/pfas)

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

[www.waarzitwatin.nl/stoffen/pfas](http://www.waarzitwatin.nl/stoffen/pfas)

## **Bijlagen**

### **Bijlage I**

#### **Achtergrond Dr. Ir. Jacqueline Baar, directeur/adviseur van Soil Best BV in Wageningen**

Dr. Ir. J. (Jacqueline) Baar heeft biologie gestudeerd aan de Landbouwniversiteit in Wageningen. Vervolgens promoveerde ze aan de Landbouwniversiteit in Wageningen op bodembioogie en mycorrhizaschimmels.

Na haar doctoraat was Jacqueline werkzaam als postdoctoraal onderzoek aan de Universiteit van Berkeley in de identificatie van mycorrhizaschimmels. Na twee jaar Berkeley won ze een Puls-beurs voor onderzoek naar mycorrhizaschimmels in natte bodems aan de Radboud Universiteit in Nijmegen. Van daaruit stapte Jacqueline over naar Praktijkonderzoek Plant en Omgeving (PPO) van Wageningen Universiteit waar ze zeven jaar werkte aan de toepassing van bodemorganismen, met name bodembacteriën, saprotrofe bodemschimmels en mycorrhizaschimmels, in de praktijk. Jacqueline ontwikkelde het concept om inheemse eetbare paddenstoelen in te zetten als een gezonde duurzame voedselbron met economische waarde. Jacqueline ontving voor dit idee een SBIR-subsidie van de Nederlandse minister van Landbouw. In 2007 heeft Jacqueline een door Europees gefinancierd netwerk opgezet, COST-Action 870, dat als doel had om de toepassing van mycorrhizaschimmels in de praktijk te vergroten.

Tien jaar geleden begon Jacqueline zelfstandig te werken. Ze heeft een adviesbureau opgericht op het gebied van bodembioogie en de toepassing van mycorrhizaschimmels, dat nu Soil Best BV heet. Jacqueline heeft de afgelopen jaren verschillende prijzen gewonnen, waaronder de hoogste ranking in de Nederlandse MKB-innovatie Top 100 van Gelderland in 2017. Ook stond Jacqueline in 2017 in de finale van de Accenture Innovation Awards.

Jacqueline heeft meer dan 120 publicaties geschreven. Zij is eerste auteur van het boek Mycorrhizaschimmels, sleutelfactor voor duurzame landbouw en natuur, en van het boek Mycorrhizal fungi (momenteel in revisie). Ook is Jacqueline editor van verschillende boeken over de toepassing van mycorrhizaschimmels.

Jacqueline is momenteel directeur en adviseur van Soil Best BV in Wageningen.



## Bijlage II

Analyse resultaten op zware metalen, minerale oliën, ocb's, pcb's, fenolen en perfluor koolwaterstoffen in het tot bodem verworden sediment afkomstig van het Twentekanaal in november 2020.

| Analyse                                       | Eenheid     | 1                       | 2          | 3          | 4           | 5          |
|---|-------------|-------------------------|------------|------------|-------------|------------|
| <b>Voorbehandeling</b>                        |             |                         |            |            |             |            |
| Cryogeen malen AS3000                         |             | Uitgevoerd              | Uitgevoerd | Uitgevoerd | Uitgevoerd  | Uitgevoerd |
| <b>Bodemkundige analyses</b>                  |             |                         |            |            |             |            |
| S Droge stof                                  | % (m/m)     | 84.8                    | 85.7       | 82.4       | 82.6        | 64.1       |
| S Organische stof                             | % (m/m) ds  | 3.4                     | 3.9        | 4.0        | 4.1         | 5.2        |
| Gloeirest                                     | % (m/m) ds  | 96                      | 96         | 96         | 95          | 94         |
| S Korrelgrootte < 2 µm, gravimetrisch         | % (m/m) ds  | 5.8                     | 5.4        | 5.9        | 7.0         | 11.3       |
| <b>Metalen</b>                                |             |                         |            |            |             |            |
| S Arseen (As)                                 | mg/kg ds    | 8.8                     | 9.2        | 7.2        | 8.5         | 12         |
| S Cadmium (Cd)                                | mg/kg ds    | 0.73                    | 0.70       | 0.74       | 0.87        | 1.0        |
| S Chroom (Cr)                                 | mg/kg ds    | 29                      | 30         | 37         | 40          | 34         |
| S Koper (Cu)                                  | mg/kg ds    | 21                      | 20         | 21         | 25          | 26         |
| S Kwik (Hg)                                   | mg/kg ds    | 0.20                    | 0.30       | 0.19       | 0.23        | 0.23       |
| S Nikkel (Ni)                                 | mg/kg ds    | 18                      | 19         | 19         | 18          | 20         |
| S Lood (Pb)                                   | mg/kg ds    | 24                      | 23         | 21         | 26          | 31         |
| S Zink (Zn)                                   | mg/kg ds    | 150                     | 140        | 140        | 160         | 190        |
| S Barium (Ba)                                 | mg/kg ds    | 110                     | 100        | 79         | 100         | 150        |
| S Kobalt (Co)                                 | mg/kg ds    | 8.9                     | 8.0        | 8.5        | 8.7         | 12         |
| S Molybdeen (Mo)                              | mg/kg ds    | <1.5                    | <1.5       | <1.5       | <1.5        | <1.5       |
| <b>Minerale olie</b>                          |             |                         |            |            |             |            |
| Minerale olie (C10-C12)                       | mg/kg ds    | <3.0                    | <3.0       | <3.0       | <3.0        | <3.0       |
| Minerale olie (C12-C16)                       | mg/kg ds    | <5.0                    | <5.0       | <5.0       | <5.0        | <5.0       |
| Minerale olie (C16-C21)                       | mg/kg ds    | 12                      | 12         | 14         | 21          | 20         |
| Minerale olie (C21-C30)                       | mg/kg ds    | 50                      | 54         | 59         | 95          | 96         |
| Minerale olie (C30-C35)                       | mg/kg ds    | 23                      | 25         | 24         | 47          | 50         |
| Minerale olie (C35-C40)                       | mg/kg ds    | 8.0                     | 8.8        | 9.2        | 15          | 16         |
| S Minerale olie totaal (C10-C40)              | mg/kg ds    | 94                      | 100        | 110        | 180         | 190        |
| Chromatogram olie (GC)                        |             | Zie bijl.               | Zie bijl.  | Zie bijl.  | Zie bijl.   | Zie bijl.  |
| <b>Organo chloorbestrijdingsmiddelen, OCB</b> |             |                         |            |            |             |            |
| S alfa-HCH                                    | mg/kg ds    | <0.0010                 | <0.0010    | <0.0010    | <0.0010     | <0.0010    |
| <b>Nr. Uw monsteromschrijving</b>             |             |                         |            |            |             |            |
| 1   | p20227-TWE1 | Opgegeven monstermatrix |            |            | Monster nr. |            |
| 2   | p20227-TWE2 | Grond (AS3000)          |            |            | 11679956    |            |
| 3   | p20227-TWE3 | Grond (AS3000)          |            |            | 11679957    |            |
| 4   | p20227-TWE4 | Grond (AS3000)          |            |            | 11679958    |            |
| 5   | p20227-TWE5 | Grond (AS3000)          |            |            | 11679959    |            |
|   |             | Grond (AS3000)          |            |            | 11679960    |            |

certimat analytica b.v.

Gildeweg 43-44  
3771 NB Borneveld  
P.O. Box 489  
3770 AL Borneveld NL

Tel. +31 (0)34 242 63 00  
Fax +31 (0)34 242 63 99  
E-mail info-env@eurofins.nl  
Site www.eurofins.nl

BNP Paribas S.A. 207 9248 08  
IBAN: NL71BNP00027924808  
BIC: BNPANL2R  
KvK/CoC No. 09086625  
STW/VRT No. NL 8045.14.883.001



Er door ENF geaccrediteerde versie  
A: ENF geaccrediteerde versie  
B: ENF geaccrediteerde versie  
C: ENF geaccrediteerde versie  
D: ENF geaccrediteerde versie  
E: ENF geaccrediteerde versie  
F: ENF geaccrediteerde versie

Dit certificaat mag uitsluitend in zijn geheel worden gereproduceerd.  
Eurofins Analytica B.V. is ISO 14001: 2015 gecertificeerd door TÜV  
en erkend door het Vlaamse Gewest (OVAM en Dep. Omgeving),  
het Brusselse Gewest (BIM), het Waalse Gewest (DGRNE-OWD)  
en door de overheid van Luxemburg (MEV).



| Analyse                                 | Eenheid  | 1                    | 2                    | 3                    | 4                    | 5                    |
|---|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| S beta-HCH                              | mg/kg ds | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              |
| S gamma-HCH                             | mg/kg ds | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              |
| S delta-HCH                             | mg/kg ds | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              |
| S Hexachloorbenzeen                     | mg/kg ds | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              |
| S Heptachloor                           | mg/kg ds | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              |
| S Heptachloorepoxide(cis- of A)         | mg/kg ds | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              |
| S Heptachloorepoxide(trans- of B)       | mg/kg ds | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              |
| S Hexachloorbutadieen                   | mg/kg ds | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              |
| S Aldrin                                | mg/kg ds | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              |
| S Dieldrin                              | mg/kg ds | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              |
| S Endrin                                | mg/kg ds | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              |
| S Isodrin                               | mg/kg ds | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              |
| S Telodrin                              | mg/kg ds | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              |
| S alfa-Endosulfan                       | mg/kg ds | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              |
| Q beta-Endosulfan                       | mg/kg ds | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              |
| S Endosulfansulfaat                     | mg/kg ds | <0.0020              | <0.0020              | <0.0020              | <0.0020              | <0.0020              |
| S alfa-Chloordaan                       | mg/kg ds | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              |
| S gamma-Chloordaan                      | mg/kg ds | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              |
| S o,p'-DDT                              | mg/kg ds | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              |
| S p,p'-DDT                              | mg/kg ds | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              |
| S o,p'-DDE                              | mg/kg ds | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              |
| S p,p'-DDE                              | mg/kg ds | <0.0010              | 0.0012               | 0.0015               | 0.0016               | 0.0012               |
| S o,p'-DDD                              | mg/kg ds | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              |
| S p,p'-DDD                              | mg/kg ds | <0.0010              | <0.0010              | 0.0019               | <0.0010              | <0.0010              |
| S HCH (som) (factor 0,7)                | mg/kg ds | 0.0021 <sup>1)</sup> | 0.0021 <sup>1)</sup> | 0.0021 <sup>1)</sup> | 0.0021 <sup>1)</sup> | 0.0021 <sup>1)</sup> |
| S Drins (som) (factor 0,7)              | mg/kg ds | 0.0021 <sup>1)</sup> | 0.0021 <sup>1)</sup> | 0.0021 <sup>1)</sup> | 0.0021 <sup>1)</sup> | 0.0021 <sup>1)</sup> |
| S Heptachloorepoxide (som) (factor 0,7) | mg/kg ds | 0.0014 <sup>1)</sup> | 0.0014 <sup>1)</sup> | 0.0014 <sup>1)</sup> | 0.0014 <sup>1)</sup> | 0.0014 <sup>1)</sup> |
| S DDD (som) (factor 0,7)                | mg/kg ds | 0.0014 <sup>1)</sup> | 0.0014 <sup>1)</sup> | 0.0026               | 0.0014 <sup>1)</sup> | 0.0014 <sup>1)</sup> |
| S DDE (som) (factor 0,7)                | mg/kg ds | 0.0014 <sup>1)</sup> | 0.0019               | 0.0022               | 0.0023               | 0.0019               |
| S DDT (som) (factor 0,7)                | mg/kg ds | 0.0014 <sup>1)</sup> | 0.0014 <sup>1)</sup> | 0.0014 <sup>1)</sup> | 0.0014 <sup>1)</sup> | 0.0014 <sup>1)</sup> |
| S DDX (som) (factor 0,7)                | mg/kg ds | 0.0042 <sup>1)</sup> | 0.0047               | 0.0062               | 0.0051               | 0.0047               |

| Nr. | Uw monsteromschrijving | Opgegeven monstermatrix | Monster nr. |
|-----|------------------------|-------------------------|-------------|
| 1   | p20227-TWE1            | Grond (AS3000)          | 11679956    |
| 2   | p20227-TWE2            | Grond (AS3000)          | 11679957    |
| 3   | p20227-TWE3            | Grond (AS3000)          | 11679958    |
| 4   | p20227-TWE4            | Grond (AS3000)          | 11679959    |
| 5   | p20227-TWE5            | Grond (AS3000)          | 11679960    |



1) door het geaccrediteerde verichting  
 2) AFM erkende en geaccrediteerde verichting  
 3) NEN 1218 erkende en geaccrediteerde verichting  
 4) VROM erkende verichting  
 5) Wvleis Gewest erkende verichting

corona analytica b.v.

Gildeweg 43-44 Tel. +31 (0)34 242 63 00  
 3771 NS Borneveld Fax +31 (0)34 242 63 99  
 P.O. Box 489 E-mail info-anv@eurofins.nl  
 3770 AL Borneveld NL Site www.eurofins.nl

BNP Paribas S.R. 227 9248 28  
 IBAN: NL718NPR0027924828  
 BIC: BNPANL2A  
 KvK/CoC No. 09086623  
 BTW/VAT No. NL 8049.14.003.001

Eurofins Analytica B.V. is ISO 14001: 2015 gecertificeerd door TÜV  
 en erkend door het Vlaamse Gewest (OVAM en Dep. Omgeving),  
 het Brusselse Gewest (RIM), het Waalse Gewest (DGRNE-OWO)  
 en door de overheid van Luxemburg (MIV).





| Analyse                              | Eenheid  | 1                    | 2                    | 3                    | 4                    | 5                    |
|--------------------------------------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| S Chlooraan (som) (factor 0,7)       | mg/kg ds | 0.0014 <sup>1)</sup> | 0.0014 <sup>2)</sup> | 0.0014 <sup>3)</sup> | 0.0014 <sup>4)</sup> | 0.0014 <sup>5)</sup> |
| S OCB (som) LB (factor 0,7)          | mg/kg ds | 0.015 <sup>1)</sup>  | 0.015                | 0.017                | 0.016                | 0.015                |
| S OCB (som) WB (factor 0,7)          | mg/kg ds | 0.016 <sup>1)</sup>  | 0.017                | 0.018                | 0.017                | 0.017                |
| Q Pentachloorbenzeen                 | mg/kg ds | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              |
| <b>Polychloorbifenylen, PCB</b>      |          |                      |                      |                      |                      |                      |
| S PCB 28                             | mg/kg ds | 0.0017               | 0.0011               | 0.0010               | <0.0010              | <0.0010              |
| S PCB 52                             | mg/kg ds | 0.0020               | 0.0025               | 0.0023               | 0.0027               | 0.0015               |
| S PCB 101                            | mg/kg ds | 0.0028               | 0.0057               | 0.0036               | 0.0040               | 0.0019               |
| S PCB 118                            | mg/kg ds | 0.0018               | 0.0025               | 0.0023               | <0.0010              | <0.0010              |
| S PCB 138                            | mg/kg ds | 0.0050 <sup>2)</sup> | 0.0080 <sup>2)</sup> | 0.0074 <sup>2)</sup> | 0.0070 <sup>2)</sup> | 0.0024 <sup>2)</sup> |
| S PCB 153                            | mg/kg ds | 0.0059               | 0.0094               | 0.0083               | 0.0090               | 0.0030               |
| S PCB 180                            | mg/kg ds | 0.0038               | 0.0067               | 0.0053               | 0.0058               | 0.0018               |
| S PCB (som 7) (factor 0,7)           | mg/kg ds | 0.023                | 0.036                | 0.030                | 0.030                | 0.012                |
| <b>Fenolen</b>                       |          |                      |                      |                      |                      |                      |
| Q Pentachloorfenol                   | mg/kg ds | <0.0030              | <0.0030              | <0.0030              | <0.0030              | <0.0030              |
| <b>Perfluorkoolwaterstoffen(PFC)</b> |          |                      |                      |                      |                      |                      |
| perfluorbutoanzuur (PFBA)            | µg/kg ds | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 |
| perfluorpentaanzuur (PFPeA)          | µg/kg ds | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 |
| perfluorhexaanzuur (PFHxA)           | µg/kg ds | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 |
| perfluorheptaanzuur (PFHpA)          | µg/kg ds | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 |
| perfluoroctaanzuur (PFOA) lineair    | µg/kg ds | 0.1                  | 0.2                  | <0.1                 | 0.1                  | 0.2                  |
| perfluoroctaanzuur (PFOA) vertakt    | µg/kg ds | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 |
| perfluornonaanzuur (PFNA)            | µg/kg ds | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 |
| perfluordecaanzuur (PFDA)            | µg/kg ds | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 |
| perfluorundecaanzuur (PFUnDA)        | µg/kg ds | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 |
| perfluordodecaanzuur (PFDoA)         | µg/kg ds | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 | 0.1                  |
| perfluortridecaanzuur (PFTrDA)       | µg/kg ds | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 |
| perfluortetradecaanzuur (PFTeDA)     | µg/kg ds | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 |
| perfluorhexadecaanzuur (PFHxDA)      | µg/kg ds | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 |
| perfluoroctadecaanzuur (PFODa)       | µg/kg ds | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 |

| Nr. | Uw monsteromschrijving | Opgegeven monstermatrix | Monster nr. |
|-----|------------------------|-------------------------|-------------|
| 1   | p20227-TWE1            | Grond (AS3000)          | 11679956    |
| 2   | p20227-TWE2            | Grond (AS3000)          | 11679957    |
| 3   | p20227-TWE3            | Grond (AS3000)          | 11679958    |
| 4   | p20227-TWE4            | Grond (AS3000)          | 11679959    |
| 5   | p20227-TWE5            | Grond (AS3000)          | 11679960    |



Q door IFA geaccrediteerde verificatie  
 A door AFSA erkende en geaccrediteerde verificatie  
 B door ICB erkende en geaccrediteerde verificatie  
 N door VARE erkende verificatie  
 W door Watec erkende verificatie

Dit certificaat mag uitsluitend in zijn geheel worden gereproduceerd.

euromat Analytica B.V.

Gildeweg 43-44 Tel. +31 (0)34 242 63 00  
 3771 NB Borneveld Fax +31 (0)34 242 63 99  
 P.O. Box 169 E-mail: info-env@euromat.nl  
 3770 RL Borneveld NL Site: www.euromat.nl

BNP Paribas S.A. 297 9249 28  
 IBAN: NL718NPAR0227924928  
 BIC: BNPANL2A  
 KvK/CoC No. 09088623  
 BTW/VAT No. NL 8043.14.883.001

euromat Analytica B.V. is ISO 14001: 2015 gecertificeerd door TUV  
 en erkend door het Vlaamse Gewest (OVAM en Dep. Omgeving),  
 het Brusselse Gewest (BIM), het Waalse Gewest (DGRNE-OND)  
 en door de overheid van Luxemburg (MEV).



| Analyse  | Eenheid  | 1      | 2      | 3                 | 4      | 5      |
|--|----------|--------|--------|-------------------|--------|--------|
| perfluorbutoansulfonzuur (PFBS)                        | µg/kg ds | <0.1   | <0.1   | <0.1              | <0.1   | <0.1   |
| perfluorpentaansulfonzuur (PFPeS)                      | µg/kg ds | <0.1   | <0.1   | <0.1              | <0.1   | <0.1   |
| perfluorhexaansulfonzuur (PFHxS)                       | µg/kg ds | <0.1   | <0.1   | <0.1              | <0.1   | <0.1   |
| perfluorheptaansulfonzuur (PFHpS)                      | µg/kg ds | <0.1   | <0.1   | <0.1              | <0.1   | <0.1   |
| perfluoroctaansulfonzuur (PFOS) lineair                | µg/kg ds | 0.9    | 0.8    | 0.5               | 0.7    | 2.0    |
| perfluoroctaansulfonzuur (PFOS) vertakt                | µg/kg ds | <0.1   | <0.1   | <0.1              | <0.1   | 0.3    |
| perfluordecaansulfonzuur (PFDS)                        | µg/kg ds | <0.1   | <0.1   | <0.1              | <0.1   | <0.1   |
| 4:2 fluortelomeer sulfonzuur (4:2 FTS)                 | µg/kg ds | <0.1   | <0.1   | <0.1              | <0.1   | <0.1   |
| 6:2 fluortelomeer sulfonzuur (6:2 FTS)                 | µg/kg ds | <0.1   | <0.1   | <0.1              | <0.1   | <0.1   |
| 8:2 fluortelomeer sulfonzuur (8:2 FTS)                 | µg/kg ds | <0.1   | <0.1   | <0.1              | <0.1   | <0.1   |
| 10:2 fluortelomeer sulfonzuur (10:2 FTS)               | µg/kg ds | <0.1   | <0.1   | <0.1              | <0.1   | <0.1   |
| N-methylperfluoroctaansulfonamideacetaat (MeFOSAA)     | µg/kg ds | <0.1   | <0.1   | <0.1              | <0.1   | 0.2    |
| N-ethylperfluoroctaansulfonamideacetaat (EtFOSAA)      | µg/kg ds | 0.1    | 0.1    | <0.1              | 0.1    | 0.3    |
| perfluoroctaansulfonamide (PFOSA)                      | µg/kg ds | <0.1   | <0.1   | <0.1              | <0.1   | 0.1    |
| N-methylperfluoroctaansulfonamide (MeFOSA)             | µg/kg ds | <0.1   | <0.1   | <0.1              | <0.1   | <0.1   |
| 8:2 fluortelomeerfosfaatdiester (8:2 diPAP)            | µg/kg ds | <0.1   | <0.1   | <0.1              | <0.1   | <0.1   |
| som PFOR (±0,7)  | µg/kg ds | 0.2    | 0.2    | 0.1 <sup>23</sup> | 0.2    | 0.3    |
| som PFOS (±0,7)  | µg/kg ds | 0.9    | 0.9    | 0.6               | 0.7    | 2.3    |
| <b>Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen, PAK</b> |          |        |        |                   |        |        |
| 5 Naftaleen  | mg/kg ds | <0.050 | <0.050 | <0.050            | <0.050 | <0.050 |
| 5 Fenanthreen  | mg/kg ds | 0.46   | 0.62   | 0.29              | 0.54   | 0.37   |
| 5 Anthraceen   | mg/kg ds | 0.14   | 0.22   | 0.12              | 0.15   | 0.13   |
| 5 Fluorantheen   | mg/kg ds | 1.2    | 1.6    | 0.89              | 1.4    | 1.2    |
| 5 Benzo(a)anthraceen                                   | mg/kg ds | 0.81   | 1.0    | 0.56              | 0.87   | 0.73   |
| 5 Chryseen   | mg/kg ds | 0.80   | 0.96   | 0.57              | 0.98   | 0.78   |
| 5 Benzo(k)fluorantheen                                 | mg/kg ds | 0.40   | 0.48   | 0.27              | 0.47   | 0.38   |
| 5 Benzo(a)pyreen                                       | mg/kg ds | 0.80   | 0.96   | 0.55              | 0.87   | 0.68   |

| Nr. | Uw monsteromschrijving | Opgegeven monstermatrix | Monster nr. |
|-----|------------------------|-------------------------|-------------|
| 1   | p20227-TWE1            | Grond (AS3000)          | 11679956    |
| 2   | p20227-TWE2            | Grond (AS3000)          | 11679957    |
| 3   | p20227-TWE3            | Grond (AS3000)          | 11679958    |
| 4   | p20227-TWE4            | Grond (AS3000)          | 11679959    |
| 5   | p20227-TWE5            | Grond (AS3000)          | 11679960    |

EUROFINS ANALYTICO B.V.

Gildeweg 43-44  
3771 NB Borneveld  
P.O. Box 489  
3770 AL Borneveld NL

Tel. +31 (0)34 243 63 00  
Fax +31 (0)34 243 63 99  
E-mail: info-env@eurofins.nl  
Site: www.eurofins.nl

BNP Paribas S.A. 207 9248 28  
IBAN: NL718NPA0227924828  
BIC: BNPANL33  
KvK/CoC No. 09088623  
BTW/VAT No. NL 8043.14.883.001



Op naar ISO gecertificeerde verificatie  
A: PFOS erkende en gecertificeerde verificatie  
B: NI-CEB erkende en gecertificeerde verificatie  
C: YARE erkende verificatie  
D: Waak Gewest erkende verificatie

Dit certificaat mag uitsluitend in zijn geheel worden gereproduceerd.  
Eurofins Analytica B.V. is ISO 14001: 2015 gecertificeerd door TÜV en erkend door het Vlaamse Gewest (OVAM en Dep. Omgeving), het Brusselse Gewest (SIN), het Waalse Gewest (DGRNE-OWD) en door de overheid van Luxemburg (MEV).





| Analyse                      | Eenheid  | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    |
|------------------------------|----------|------|------|------|------|------|
| 5 Benzo(ghi)peryleen         | mg/kg ds | 0.50 | 0.62 | 0.38 | 0.59 | 0.45 |
| 5 Indeno(123-cd)pyreen       | mg/kg ds | 0.58 | 0.70 | 0.42 | 0.65 | 0.52 |
| 5 PAK VROM (10) (factor 0,7) | mg/kg ds | 5.7  | 7.2  | 4.1  | 6.6  | 5.3  |

| Nr. | Uw monsteromschrijving | Opgegeven monstermatrix | Monster nr. |
|-----|------------------------|-------------------------|-------------|
| 1   | p20227-TWE1            | Grond (AS3000)          | 11679956    |
| 2   | p20227-TWE2            | Grond (AS3000)          | 11679957    |
| 3   | p20227-TWE3            | Grond (AS3000)          | 11679958    |
| 4   | p20227-TWE4            | Grond (AS3000)          | 11679959    |
| 5   | p20227-TWE5            | Grond (AS3000)          | 11679960    |



Q door het geaccrediteerde verichting  
 A AFSA erkende en geaccrediteerde verichting  
 G AG ISO erkende en geaccrediteerde verichting  
 N NABL erkende verichting  
 W Waal Gewest erkende verichting

Dit certificaat mag uitsluitend in zijn geheel worden gereproduceerd.  
 Eurofins Analytica B.V. is ISO 14001: 2015 gecertificeerd door TÜV  
 en erkend door het Vlaamse Gewest (OVRM en Dep. Omgeving),  
 het Brusselse Gewest (BIM), het Waalse Gewest (DGRNE-OWO)  
 en door de overheid van Luxemburg (MEV).



evomas analytica n.v.

Gildeweg 43-46 Tel. +31 (0)34 242 63 00  
 3771 NS Borneveld Fax +31 (0)34 242 63 99  
 P.O. Box 489 E-mail info-avn@eurofins.nl  
 3770 NL Borneveld NL Site www.eurofins.nl

BNP Paribas S.A. 207 9248 08  
 IBAN: NL7120P00207914808  
 BIC: BNPANL2A  
 KvK/CoC No. 09066623  
 BTW/VAT No. NL 8043.14.883.801





### Bijlage III

Analyse resultaten op zware metalen, minerale oliën, ocb's, pcb's, fenolen en perfluor koolwaterstoffen in het tot bodem verworven sediment afkomstig van het Amsterdam-Rijnkanaal in november 2020.

| Analyse                                       | Eenheid      | 6                              | 7          | 8          | 9                  | 10         |
|---|--------------|--------------------------------|------------|------------|--------------------|------------|
| <b>Voorbehandeling</b>                        |              |                                |            |            |                    |            |
| Cryogeen malen AS3000                         |              | Uitgevoerd                     | Uitgevoerd | Uitgevoerd | Uitgevoerd         | Uitgevoerd |
| <b>Bodemkundige analyses</b>                  |              |                                |            |            |                    |            |
| 5 Droge stof                                  | % (m/m)      | 83.9                           | 80.5       | 71.1       | 80.5               | 74.2       |
| 5 Organische stof                             | % (m/m) ds   | 6.2                            | 6.9        | 5.9        | 6.9                | 7.2        |
| Gloeirest                                     | % (m/m) ds   | 92                             | 92         | 92         | 92                 | 92         |
| 5 Korrelgrootte < 2 µm, gravimetrisch         | % (m/m) ds   | 19.4                           | 13.3       | 24.4       | 19.4               | 17.2       |
| <b>Metalen</b>                                |              |                                |            |            |                    |            |
| 5 Arseen (As)                                 | mg/kg ds     | 14                             | 16         | 14         | 14                 | 14         |
| 5 Cadmium (Cd)                                | mg/kg ds     | 1.6                            | 1.8        | 1.7        | 1.6                | 1.6        |
| 5 Chroom (Cr)                                 | mg/kg ds     | 63                             | 71         | 65         | 66                 | 64         |
| 5 Koper (Cu)                                  | mg/kg ds     | 56                             | 67         | 58         | 57                 | 57         |
| 5 Kwik (Hg)                                   | mg/kg ds     | 0.62                           | 0.83       | 0.68       | 0.66               | 0.65       |
| 5 Nikkel (Ni)                                 | mg/kg ds     | 36                             | 42         | 36         | 38                 | 36         |
| 5 Lood (Pb)                                   | mg/kg ds     | 76                             | 94         | 79         | 77                 | 75         |
| 5 Zink (Zn)                                   | mg/kg ds     | 360                            | 430        | 370        | 380                | 370        |
| 5 Barium (Ba)                                 | mg/kg ds     | 290                            | 350        | 310        | 300                | 280        |
| 5 Kobalt (Co)                                 | mg/kg ds     | 13                             | 15         | 14         | 13                 | 14         |
| 5 Molybdeen (Mo)                              | mg/kg ds     | <1.5                           | <1.5       | <1.5       | <1.5               | <1.5       |
| <b>Minerale olie</b>                          |              |                                |            |            |                    |            |
| Minerale olie (C10-C12)                       | mg/kg ds     | <3.0                           | <3.0       | <3.0       | <3.0               | <3.0       |
| Minerale olie (C12-C16)                       | mg/kg ds     | 5.8                            | 7.4        | 6.3        | 5.9                | 6.3        |
| Minerale olie (C16-C21)                       | mg/kg ds     | 27                             | 37         | 31         | 30                 | 29         |
| Minerale olie (C21-C30)                       | mg/kg ds     | 140                            | 180        | 150        | 170                | 140        |
| Minerale olie (C30-C35)                       | mg/kg ds     | 80                             | 87         | 72         | 87                 | 69         |
| Minerale olie (C35-C40)                       | mg/kg ds     | 29                             | 32         | 28         | 34                 | 26         |
| 5 Minerale olie totaal (C10-C40)              | mg/kg ds     | 290                            | 350        | 290        | 330                | 270        |
| Chromatogram olie (GC)                        |              | Zie bijl.                      | Zie bijl.  | Zie bijl.  | Zie bijl.          | Zie bijl.  |
| <b>Organo chloorbestrijdingsmiddelen, OCB</b> |              |                                |            |            |                    |            |
| 5 alfa-HCH                                    | mg/kg ds     | <0.0010                        | <0.0010    | <0.0010    | <0.0010            | <0.0010    |
| <b>Nr. Uw monsteromschrijving</b>             |              | <b>Opgegeven monstermatrix</b> |            |            | <b>Monster nr.</b> |            |
| 6   | p20227-AMRI1 | Grond (AS3000)                 |            |            | 11679961           |            |
| 7   | p20227-AMRI2 | Grond (AS3000)                 |            |            | 11679962           |            |
| 8   | p20227-AMRI3 | Grond (AS3000)                 |            |            | 11679963           |            |
| 9   | p20227-AMRI4 | Grond (AS3000)                 |            |            | 11679964           |            |
| 10  | p20227-AMRI5 | Grond (AS3000)                 |            |            | 11679965           |            |

|   |  |  |   |
|---|--|--|---|
|    |  | <p>Op door het geaccrediteerde verlichting<br/>         In RPSA erkende en geaccrediteerde verlichting<br/>         In NEN 3123 erkende en geaccrediteerde verlichting<br/>         In VIMB erkende verlichting<br/>         In Waals Gewest erkende verlichting</p> | <p>Dit certificaat mag uitsluitend in zijn geheel worden gereproduceerd.<br/>         Eurofins Analytica B.V. is ISO 14001: 2015 gecertificeerd door TÜV<br/>         en erkend door het Vlaamse Gewest (OVAM en Dep. Omgeving),<br/>         het Brusselse Gewest (SIB), het Waalse Gewest (DGRNE-OWD)<br/>         en door de overheid van Luxemburg (MIV).</p> |
| <p><b>EUROFINS ANALYTICA B.V.</b></p> <p>Gildeweg 43-44      Tel. +31 (0)34 242 63 00      BNP Paribas S.R. 227 9249 28      Eurofins Analytica B.V. is ISO 14001: 2015 gecertificeerd door TÜV<br/>         3771 NB Borneveld      Fax +31 (0)34 242 63 99      IBAN: NL718900227924803      en erkend door het Vlaamse Gewest (OVAM en Dep. Omgeving),<br/>         P.O. Box 459      E-mail: info-env@eurofins.nl      BIC: BNPANL33      het Brusselse Gewest (SIB), het Waalse Gewest (DGRNE-OWD)<br/>         3770 AL Borneveld NL      Site: www.eurofins.nl      KvK/CoC No. 09088623      en door de overheid van Luxemburg (MIV).</p> |  |   |   |

| Analyse                                 | Eenheid  | 6                    | 7                    | 8                    | 9                    | 10                   |
|---|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| S beta-HCH                              | mg/kg ds | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              |
| S gamma-HCH                             | mg/kg ds | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              |
| S delta-HCH                             | mg/kg ds | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              |
| S Hexachloorbenzeen                     | mg/kg ds | 0.0037               | 0.0038               | 0.0034               | 0.0052               | 0.0071               |
| S Heptachloor                           | mg/kg ds | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              |
| S Heptachloorepoxide(cis- of A)         | mg/kg ds | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              |
| S Heptachloorepoxide(trans- of B)       | mg/kg ds | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              |
| S Hexachloorbutadieen                   | mg/kg ds | 0.0010               | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              |
| S Aldrin                                | mg/kg ds | 0.0022               | 0.0023               | 0.0020               | 0.0026               | 0.0019               |
| S Dieldrin                              | mg/kg ds | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              |
| S Endrin                                | mg/kg ds | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              |
| S Isodrin                               | mg/kg ds | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              |
| S Telodrin                              | mg/kg ds | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              |
| S alfa-Endosulfan                       | mg/kg ds | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | 0.0019               |
| Q beta-Endosulfan                       | mg/kg ds | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              |
| S Endosulfansulfaat                     | mg/kg ds | <0.0020              | <0.0020              | <0.0020              | <0.0020              | <0.0020              |
| S alfa-Chloordoan                       | mg/kg ds | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              |
| S gamma-Chloordoan                      | mg/kg ds | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              |
| S o, p'-DDT                             | mg/kg ds | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              |
| S p, p'-DDT                             | mg/kg ds | <0.0010              | 0.0010               | <0.0010              | 0.0018               | <0.0010              |
| S o, p'-DDE                             | mg/kg ds | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              |
| S p, p'-DDE                             | mg/kg ds | 0.0028               | 0.0035               | 0.0027               | 0.0029               | 0.0027               |
| S o, p'-DDD                             | mg/kg ds | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              | <0.0010              |
| S p, p'-DDD                             | mg/kg ds | 0.0018               | 0.0024               | 0.0014               | 0.0023               | 0.0015               |
| S HCH (som) (factor 0,7)                | mg/kg ds | 0.0021 <sup>1)</sup> | 0.0021 <sup>1)</sup> | 0.0021 <sup>1)</sup> | 0.0021 <sup>1)</sup> | 0.0021 <sup>1)</sup> |
| S Drins (som) (factor 0,7)              | mg/kg ds | 0.0036               | 0.0037               | 0.0050               | 0.0040               | 0.0033               |
| S Heptachloorepoxide (som) (factor 0,7) | mg/kg ds | 0.0014 <sup>1)</sup> | 0.0014 <sup>1)</sup> | 0.0014 <sup>1)</sup> | 0.0014 <sup>1)</sup> | 0.0014 <sup>1)</sup> |
| S DDD (som) (factor 0,7)                | mg/kg ds | 0.0025               | 0.0031               | 0.0021               | 0.0030               | 0.0022               |
| S DDE (som) (factor 0,7)                | mg/kg ds | 0.0035               | 0.0042               | 0.0034               | 0.0036               | 0.0034               |
| S DDT (som) (factor 0,7)                | mg/kg ds | 0.0014 <sup>1)</sup> | 0.0017               | 0.0014 <sup>1)</sup> | 0.0025               | 0.0014 <sup>1)</sup> |
| S DDX (som) (factor 0,7)                | mg/kg ds | 0.0074               | 0.0090               | 0.0070               | 0.0092               | 0.0069               |

| Nr. | Uw monsteromschrijving | Opgegeven monstermatrix | Monster nr. |
|-----|------------------------|-------------------------|-------------|
| 6   | p20227-AMRI1           | Grond (ASJ000)          | 11679961    |
| 7   | p20227-AMRI2           | Grond (ASJ000)          | 11679962    |
| 8   | p20227-AMRI3           | Grond (ASJ000)          | 11679963    |
| 9   | p20227-AMRI4           | Grond (ASJ000)          | 11679964    |
| 10  | p20227-AMRI5           | Grond (ASJ000)          | 11679965    |

COVERIS ANALYTICA B.V.

Gildeweg 43-44 Tel. +31 (0)34 242 63 00  
 3771 NB Barneveld Fax +31 (0)34 242 63 99  
 P.O. Box 489 E-mail info-env@eurofins.nl  
 3770 AL Barneveld NL Site www.eurofins.nl

BNP Paribas S.A. 227 9248 28  
 IBAN: NL718NPR0227924828  
 BIC: BNPANL33  
 KvK/CoC No. 09088623  
 BTW/VAT No. NL 8043.14.883.801

Q door DIF geaccrediteerde verificatie  
 R door RPA geaccrediteerde verificatie  
 S door ALC geaccrediteerde verificatie  
 W door YUREL geaccrediteerde verificatie  
 X door Wals Gewest geaccrediteerde verificatie

Dit certificaat mag uitsluitend in zijn geheel worden gereproduceerd.  
 Eurofins Analytica B.V. is ISO 14001: 2015 gecertificeerd door TÜV  
 en erkend door het Vlaamse Gewest (OVAM en Dep. Omgeving),  
 het Brusselse Gewest (RIM), het Waalse Gewest (DGRNE-OWD)  
 en door de overheid van Luxemburg (MEV).



| Analyse                              | Eenheid  | 6                    | 7                    | 8                    | 9                    | 10                   |
|--------------------------------------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| S Chlooraan (som) (factor 0,7)       | mg/kg ds | 0.0014 <sup>2)</sup> | 0.0014 <sup>2)</sup> | 0.0014 <sup>2)</sup> | 0.0014 <sup>2)</sup> | 0.0014 <sup>2)</sup> |
| S OCB (som) LB (factor 0,7)          | mg/kg ds | 0.022                | 0.024                | 0.023                | 0.026                | 0.026                |
| S OCB (som) WB (factor 0,7)          | mg/kg ds | 0.021                | 0.023                | 0.022                | 0.023                | 0.021                |
| Q Pentachloorbenzeen                 | mg/kg ds | 0.0013               | 0.0015               | 0.0013               | 0.0014               | 0.0014               |
| <b>Polychloorbifenylen, PCB</b>      |          |                      |                      |                      |                      |                      |
| S PCB 28                             | mg/kg ds | 0.0058               | 0.0068               | 0.0055               | 0.0063               | 0.0056               |
| S PCB 52                             | mg/kg ds | 0.0059               | 0.0071               | 0.0058               | 0.0068               | 0.0057               |
| S PCB 101                            | mg/kg ds | 0.0087               | 0.010                | 0.0086               | 0.0095               | 0.0091               |
| S PCB 118                            | mg/kg ds | 0.0055               | 0.0065               | 0.0053               | 0.0059               | 0.0056               |
| S PCB 138                            | mg/kg ds | 0.012 <sup>2)</sup>  | 0.015 <sup>2)</sup>  | 0.012 <sup>2)</sup>  | 0.013 <sup>2)</sup>  | 0.013 <sup>2)</sup>  |
| S PCB 153                            | mg/kg ds | 0.013                | 0.016                | 0.014                | 0.015                | 0.014                |
| S PCB 180                            | mg/kg ds | 0.0058               | 0.0075               | 0.0067               | 0.0069               | 0.0066               |
| S PCB (som 7) (factor 0,7)           | mg/kg ds | 0.056                | 0.069                | 0.057                | 0.063                | 0.060                |
| <b>Fenolen</b>                       |          |                      |                      |                      |                      |                      |
| Q Pentachloorfenol                   | mg/kg ds | <0.0030              | <0.0030              | <0.0030              | <0.0030              | <0.0030              |
| <b>Perfluorkoolwaterstoffen(PFC)</b> |          |                      |                      |                      |                      |                      |
| perfluorbutaanzuur (PFBA)            | µg/kg ds | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 |
| perfluoropentaanzuur (PFPeA)         | µg/kg ds | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 | 0.1                  |
| perfluorhexaanzuur (PFHxA)           | µg/kg ds | 0.1                  | 0.1                  | 0.1                  | 0.2                  | 0.1                  |
| perfluorheptaanzuur (PFHpA)          | µg/kg ds | <0.1                 | <0.1                 | 0.1                  | 0.1                  | 0.1                  |
| perfluoroctaanzuur (PFDA) lineair    | µg/kg ds | 0.3                  | 0.3                  | 0.5                  | 0.5                  | 0.4                  |
| perfluoroctaanzuur (PFDA) vertakt    | µg/kg ds | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 |
| perfluorononaanzuur (PFNA)           | µg/kg ds | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 |
| perfluordecaanzuur (PFDA)            | µg/kg ds | 0.2                  | 0.2                  | 0.2                  | 0.2                  | 0.2                  |
| perfluorundecaanzuur (PFUnDA)        | µg/kg ds | 0.2                  | 0.1                  | 0.2                  | 0.2                  | 0.1                  |
| perfluordodecaanzuur (PFDoA)         | µg/kg ds | 0.3                  | 0.4                  | 0.3                  | 0.4                  | 0.3                  |
| perfluortridecaanzuur (PFTrDA)       | µg/kg ds | 0.2                  | 0.1                  | 0.1                  | 0.2                  | 0.2                  |
| perfluortetradecaanzuur (PFTeDA)     | µg/kg ds | 0.1                  | <0.1                 | <0.1                 | 0.1                  | <0.1                 |
| perfluorhexadecaanzuur (PFHxDA)      | µg/kg ds | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 |
| perfluoroctadecaanzuur (PFODa)       | µg/kg ds | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 | <0.1                 |

| Nr. | Uw monsteromschrijving | Opgegeven monstermatrix | Monster nr. |
|-----|------------------------|-------------------------|-------------|
| 6   | p20227-AMRI1           | Grond (AS3000)          | 11679961    |
| 7   | p20227-AMRI2           | Grond (AS3000)          | 11679962    |
| 8   | p20227-AMRI3           | Grond (AS3000)          | 11679963    |
| 9   | p20227-AMRI4           | Grond (AS3000)          | 11679964    |
| 10  | p20227-AMRI5           | Grond (AS3000)          | 11679965    |

corvus Analytica B.V.

Gildeweg 43-44  
3771 NB Borneveld  
P.O. Box 489  
3770 AL Borneveld NL



Tel. +31 (0)34 243 63 00  
Fax +31 (0)34 243 63 99  
E-mail info-env@eurofins.nl  
Site www.eurofins.nl

BNP Paribas S.A. 227 9248 28  
IBAN: NL718NPR0227924828  
BIC: BNPANL2A  
KvK/CoC No. 09088623  
BTW/VAT No. NL 8043.14.883.801

Q door ENF geaccrediteerde verificatie  
A door AFSA erkende en geaccrediteerde verificatie  
S door NEN-ISO 17025 erkende en geaccrediteerde verificatie  
N door VAREB erkende verificatie  
W door Waaik Gewest erkende verificatie

Dit certificaat mag uitsluitend in zijn geheel worden gereproduceerd.  
Eurofins Analytica B.V. is ISO 14001: 2015 gecertificeerd door TÜV en erkend door het Vlaamse Gewest (DYRM en Dep. Omgeving), het Brusselse Gewest (SIV), het Waalse Gewest (DGRNE-OWD) en door de overheid van Luxemburg (MEV).



| Analyse  | Eenheid      | 6  | 7     | 8  | 9   | 10    |
|--|--------------|--|-------|--|---|-------|
| perfluorbutoansulfonzuur (PFBS)  | µg/kg ds     | <0.1   | <0.1  | <0.1   | <0.1  | <0.1  |
| perfluorpentaansulfonzuur (PFPeS)  | µg/kg ds     | <0.1   | <0.1  | <0.1   | <0.1  | <0.1  |
| perfluorhexaansulfonzuur (PFHxS)   | µg/kg ds     | <0.1   | <0.1  | <0.1   | <0.1  | <0.1  |
| perfluorheptaansulfonzuur (PFHpS)  | µg/kg ds     | <0.1   | <0.1  | <0.1   | <0.1  | <0.1  |
| perfluoroctaansulfonzuur (PFOS) lineair  | µg/kg ds     | 2.4  | 2.6   | 3.8  | 3.9   | 2.6   |
| perfluoroctaansulfonzuur (PFOS) vertakt  | µg/kg ds     | 0.2  | 0.2   | 0.4  | 0.4   | 0.3   |
| perfluordecaansulfonzuur (PFDS)  | µg/kg ds     | <0.1   | <0.1  | <0.1   | <0.1  | <0.1  |
| 4:2 fluortelomeer sulfonzuur (4:2 FTS)   | µg/kg ds     | <0.1   | <0.1  | <0.1   | <0.1  | <0.1  |
| 6:2 fluortelomeer sulfonzuur (6:2 FTS)   | µg/kg ds     | <0.1   | <0.1  | <0.1   | <0.1  | <0.1  |
| 8:2 fluortelomeer sulfonzuur (8:2 FTS)   | µg/kg ds     | <0.1   | <0.1  | <0.1   | 0.1   | <0.1  |
| 10:2 fluortelomeer sulfonzuur (10:2 FTS)   | µg/kg ds     | 0.2  | 0.2   | 0.1  | 0.2   | 0.2   |
| N-methylperfluoroctaansulfonamideacetaat (MeFOSA)  | µg/kg ds     | <0.1   | <0.1  | 0.4  | 0.2   | 0.2   |
| N-ethylperfluoroctaansulfonamideacetaat (EtFOSA)   | µg/kg ds     | 1.1  | 1.4   | 2.7  | 2.3   | 1.3   |
| perfluoroctaansulfonamide (PFOSA)  | µg/kg ds     | <0.1   | <0.1  | 0.2  | <0.1  | 0.2   |
| N-methylperfluoroctaansulfonamide (MeFOSA)   | µg/kg ds     | <0.1   | <0.1  | <0.1   | <0.1  | <0.1  |
| 8:2 fluortelomeerfosfaatdiester (8:2 diPAP)  | µg/kg ds     | <0.1   | <0.1  | <0.1   | <0.1  | <0.1  |
| som PFOS (*0,7)  | µg/kg ds     | 0.4  | 0.4   | 0.5  | 0.6   | 0.5   |
| som PFOS (*0,7)  | µg/kg ds     | 2.6  | 2.8   | 4.2  | 4.2   | 2.9   |
| <b>Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen, PAK</b>   |              |  |       |  |   |       |
| 5 Naftaleen  | mg/kg ds     | 0.073  | 0.089 | 0.066  | 0.080   | 0.066 |
| 5 Fenanthreen  | mg/kg ds     | 0.28   | 0.38  | 0.33   | 0.34  | 0.30  |
| 5 Anthraceen   | mg/kg ds     | 0.17   | 0.18  | 0.15   | 0.23  | 0.15  |
| 5 Fluorantheen   | mg/kg ds     | 0.66   | 0.88  | 0.71   | 0.82  | 0.70  |
| 5 Benzo(a)anthraceen   | mg/kg ds     | 0.37   | 0.49  | 0.39   | 0.48  | 0.39  |
| 5 Chryseen   | mg/kg ds     | 0.45   | 0.58  | 0.47   | 0.57  | 0.46  |
| 5 Benzo(k)fluorantheen   | mg/kg ds     | 0.22   | 0.28  | 0.23   | 0.28  | 0.22  |
| 5 Benzo(a)pyreen   | mg/kg ds     | 0.36   | 0.48  | 0.40   | 0.47  | 0.38  |
| <b>Nr. Uw monsteromschrijving</b>  |              | <b>Opgegeven monstrematrix</b>   |       |  | <b>Monster nr.</b>  |       |
| 6  | p20227-AMRI1 | Grond (AS3000)   |       |  | 11679961  |       |
| 7  | p20227-AMRI2 | Grond (AS3000)   |       |  | 11679962  |       |
| 8  | p20227-AMRI3 | Grond (AS3000)   |       |  | 11679963  |       |
| 9  | p20227-AMRI4 | Grond (AS3000)   |       |  | 11679964  |       |
| 10   | p20227-AMRI5 | Grond (AS3000)   |       |  | 11679965  |       |
|   |              | (1) door Delft Geaccrediteerde verificatie<br>(2) BPSM erkende en geaccrediteerde verificatie<br>(3) NEN 1218 erkende en geaccrediteerde verificatie<br>(4) YAREL erkende verificatie<br>(5) Wals Gewest erkende verificatie |       |  |  |       |
| Eurofins Analytica B.V.<br>Gildeweg 43-46 Tel. +31 (0)34 242 63 00<br>3774 NB Barneveld Fax +31 (0)34 242 63 99<br>P.O. Box 489 E-mail info-env@eurofins.nl<br>3770 AL Barneveld NL Site www.eurofins.nl |              | BNP Paribas S.R. 207 P148 28<br>IBAN: NL71BNP020279314805<br>BIC: BNPAR128<br>KvK/CoC No. 09088603<br>BTW/VAT No. NL 8043.14.883.801   |       | Dit certificaat mag uitsluitend in zijn geheel worden gereproduceerd.<br>Eurofins Analytica B.V. is ISO 14001: 2015 gecertificeerd door TÜV<br>en erkend door het Vlaamse Gewest (OVAM en Dep. Omgeving),<br>het Brusselse Gewest (SIN), het Waalse Gewest (DGRNE-OWD)<br>en door de overheid van Luxemburg (MIV). |   |       |



| Analyse                      | Eenheid  | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
|------------------------------|----------|------|------|------|------|------|
| 5 Benzo(ghi)peryleen         | mg/kg ds | 0.29 | 0.36 | 0.31 | 0.36 | 0.29 |
| 5 Indeno(123-cd)pyreen       | mg/kg ds | 0.31 | 0.38 | 0.34 | 0.40 | 0.31 |
| 5 PAK VROM (10) (factor 0,7) | mg/kg ds | 3.2  | 4.1  | 3.4  | 4.0  | 3.3  |

| Nr. | Uw monsteromschrijving | Opgegeven monstermatrix | Monster nr. |
|-----|------------------------|-------------------------|-------------|
| 6   | p20227-AMRI1           | Grond (ASJ000)          | 11679961    |
| 7   | p20227-AMRI2           | Grond (ASJ000)          | 11679962    |
| 8   | p20227-AMRI3           | Grond (ASJ000)          | 11679963    |
| 9   | p20227-AMRI4           | Grond (ASJ000)          | 11679964    |
| 10  | p20227-AMRI5           | Grond (ASJ000)          | 11679965    |



door het Vlaamse Instituut voor de Milieuvraagstukken (IVM)  
 door het Vlaamse Instituut voor de Milieuvraagstukken (IVM) en de Vlaamse Milieuservice (Vlaamse Milieuservice)  
 door het Vlaamse Instituut voor de Milieuvraagstukken (IVM) en de Vlaamse Milieuservice (Vlaamse Milieuservice) en de Vlaamse Milieuservice (Vlaamse Milieuservice)  
 door het Vlaamse Instituut voor de Milieuvraagstukken (IVM) en de Vlaamse Milieuservice (Vlaamse Milieuservice) en de Vlaamse Milieuservice (Vlaamse Milieuservice) en de Vlaamse Milieuservice (Vlaamse Milieuservice)

Dit certificaat mag uitsluitend in zijn geheel worden gereproduceerd.  
 Eurofins Analytica B.V. is ISO 14001: 2015 gecertificeerd door TÜV en erkend door het Vlaamse Gewest (OVAM en Dep. Omgeving), het Brusselse Gewest (SIB), het Waalse Gewest (DGRNE-DWD) en door de overheid van Luxemburg (MIV).



EUROFINS ANALYTICA B.V.

Gildeweg 40-46 Tel. +31 (0)34 242 63 00  
 3771 NS Borneveld Fax +31 (0)34 242 63 99  
 P.O. Box 489 E-mail info-env@eurofins.nl  
 3770 NL Borneveld NL Site www.eurofins.nl

BNP Paribas S.A. 027 9248 08  
 IBAN: NL718NPA0227924808  
 BIC: BNPANL2R  
 KvK/CoC No. 09086623  
 BTW/VAT No. NL 8043.14.883.801



## Bijlage IV

Analyse resultaten op metalen in de bladeren van de kruidachtige planten in het sediment afkomstig van het Twentekanaal en Amsterdam-Rijnkanaal in november 2021.

| originele   |            |             |             |          |             |             |             |          |             |             |             |          |          |  |
|-------------|------------|-------------|-------------|----------|-------------|-------------|-------------|----------|-------------|-------------|-------------|----------|----------|--|
| Lab ID code | Sampled    | Aangeleverd | As          | B        | Cd          | Co          | Cr          | Cu       | Mo          | Ni          | Pb          | Sr       | Al       |  |
|             | date       | date        | mg/g        | mg/g     | mg/g        | mg/g        | mg/g        | mg/g     | mg/g        | mg/g        | mg/g        | mg/g     | mg/g     |  |
| 1 AMRI 1-3  | 28-12-2020 | 11-1-2021   | 4,06119E-06 | 0,000492 | 5,78202E-06 | 2,15081E-06 | 2,85576E-05 | 0,000104 | 8,99457E-05 | 4,50817E-05 | 1,16138E-05 | 0,00099  | 0,003576 |  |
| 2 AMRI 2-8  | 28-12-2020 | 11-1-2021   | 1,8337E-06  | 0,000635 | 5,67925E-06 | 7,32308E-07 | 1,77303E-05 | 9,88E-05 | 5,02558E-05 | 1,54794E-05 | 2,71402E-06 | 0,000895 | 0,000514 |  |
| 3 AMRI 3-11 | 28-12-2020 | 11-1-2021   | 1,34132E-06 | 0,000395 | 3,31891E-06 | 4,91947E-07 | 1,83073E-05 | 6,74E-05 | 4,31359E-05 | 1,1986E-05  | 1,96906E-06 | 0,000722 | 0,000383 |  |
| 4 AMRI 4-15 | 28-12-2020 | 11-1-2021   | 1,6908E-06  | 0,00057  | 5,50593E-06 | 7,82767E-07 | 1,67847E-05 | 9,58E-05 | 3,22017E-05 | 1,59642E-05 | 3,18898E-06 | 0,000954 | 0,000746 |  |
| 5 AMRI 5-17 | 28-12-2020 | 11-1-2021   | 1,65542E-06 | 0,000581 | 4,92453E-06 | 7,11171E-07 | 1,60037E-05 | 7,96E-05 | 3,10752E-05 | 1,31313E-05 | 2,61147E-06 | 0,001202 | 0,000564 |  |
| 6 TW 1-2    | 28-12-2020 | 11-1-2021   | 4,59692E-06 | 0,000505 | 4,81013E-06 | 4,09496E-06 | 3,51998E-05 | 0,000136 | 3,52608E-05 | 9,38921E-05 | 1,15927E-05 | 0,001198 | 0,004262 |  |
| 7 TW 2-6    | 28-12-2020 | 11-1-2021   | 1,56757E-06 | 0,000366 | 3,84594E-06 | 9,76919E-07 | 1,84387E-05 | 6,71E-05 | 2,41505E-05 | 2,16424E-05 | 5,04003E-06 | 0,0008   | 0,001064 |  |
| 8 TW 3-11   | 28-12-2020 | 11-1-2021   | 5,99263E-06 | 0,00043  | 7,30153E-06 | 5,56528E-06 | 5,25532E-05 | 0,000102 | 3,58783E-05 | 0,000156674 | 2,33902E-05 | 0,001096 | 0,005571 |  |
| 9 TW 4-15   | 28-12-2020 | 11-1-2021   | 1,24576E-06 | 0,000191 | 3,31483E-06 | 9,02836E-07 | 1,63918E-05 | 4,14E-05 | 1,85641E-05 | 2,45404E-05 | 3,03277E-06 | 0,00036  | 0,001044 |  |
| 10 TW 5-20  | 28-12-2020 | 11-1-2021   | 8,18634E-06 | 0,000402 | 5,28139E-06 | 7,25922E-06 | 5,3579E-05  | 0,000127 | 2,15909E-05 | 0,000157561 | 2,1815E-05  | 0,000948 | 0,009196 |  |

## Bijlage V

In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van de toepassingswaarden die in de onderscheiden situaties waarin grond en baggerspecie worden toegepast, kunnen worden gehanteerd. Dit zijn toepassingswaarden voor het toepassen van grond en baggerspecie, waarmee invulling wordt gegeven aan de wettelijke zorgplichten. Het is momenteel nog niet mogelijk om een cumulatieve toepassingswaarde voor PFAS vast te stellen. Daarom zijn er in het handelingskader alleen toepassingswaarden voor individuele PFAS aangegeven (zie Handelingskader, 2021).

| Categorie   | Toepassings situatie  | Toepassingswaarde<br>( $\mu\text{g}/\text{kg d.s.}$ ) <sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup> <sup>(4)</sup> <sup>(5)</sup><br><sup>(7)</sup> |
|---|---|---|
| <b>Op de landbodem</b>                              |   |   |
| 4.1   | Grond en baggerspecie toepassen   |   |
|   | <b>Bodemkwaliteitsklasse</b>  | <b>Bodemfunctieklaas</b>  |
|   | wonen of industrie  | wonen of industrie  |
|   | landbouw/natuur   | wonen of industrie  |
|   | Landbouw/natuur, wonen of industrie   | landbouw/natuur   |
| 4.2   | Baggerspecie verspreiden, als bedoeld in artikel 35, onder f, Bbk (verspreiden van baggerspecie op aangrenzend perceel of weilanddepot)   | PFOS = 3<br>PFOA = 7<br>Overige PFAS = 3  |
| 4.3   | Grond en baggerspecie grootschalig toepassen  | PFOS = 3<br>PFOA = 7<br>Overige PFAS = 3  |
| 4.4   | Grond en baggerspecie toepassen in grondwaterbeschermingsgebieden   | Gebiedskwaliteit, indien niet bekend 0,1  |
| 4.5, vervallen                                      | Grond en baggerspecie toepassen onder grondwaterniveau, met inbegrip van grootschalige toepassing.  | Vervalt, zie categorie 4.1, 4.2 en 4.3  |
| <b>In een oppervlaktewaterlichaam<sup>(9)</sup></b> |   |   |
| 4.6, vervallen                                      | Grond toepassen   | Vervalt, zie categorie 4.8.2, 4.9.1 en 4.9.2  |
| 4.7   | Baggerspecie verspreiden in hetzelfde oppervlaktewaterlichaam of aansluitende (sedimentdelende) <sup>(10)</sup> stroomafwaarts gelegen oppervlaktewaterlichamen (als bedoeld in artikel 35, onder g, Bbk  | Toepasbaar, wel meten en toetsen op uitschieters <sup>(9)</sup> .   |
| 4.8.1   | Baggerspecie toepassen in hetzelfde oppervlaktewaterlichaam in ophogingen in waterbouwkundige constructies, uitgezonderd de diepe plas, als bedoeld in artikel 35, onder d, Bbk   | Toepasbaar, wel meten en toetsen op uitschieters <sup>(9)</sup> .   |
| 4.8.2   | Het in een ander oppervlaktewaterlichaam uitgezonderd een diepe plas <sup>(11)</sup> : <ul style="list-style-type: none"> <li>verspreiden van baggerspecie (bij niet-sedimentdelende oppervlaktewaterlichamen) als bedoeld in artikel 35, onder g, Bbk en</li> <li>het toepassen van baggerspecie en grond in ophogingen in waterbouwkundige constructies als bedoeld in artikel 35, onder d, Bbk.</li> </ul> | Rijkswater: PFOS = 3,7<br>PFOA = 0,8<br>Overige PFAS = 0,8<br><br>Anders: PFOS = 1,1<br>PFOA = 0,8<br>Overige PFAS = 0,8            |
| 4.9.1   | Baggerspecie en grond toepassen in niet-vrijliggende diepe plassen die in open verbinding staan met een rijkswater <sup>(12)</sup><br><sup>(6)</sup>  | PFOS = 3,7<br>PFOA = 0,8<br>Overige PFAS = 0,8  |



Soil Best BV

*Op weg naar toepassing van waterbodemsediment in landbouw*

|       |   |  |
|-------|---|--|
| 4.9.2 | Baggerspecie en grond toepassen in andere diepe plassen dan bedoeld onder 4.9.1 <sup>(5)(6)</sup> | PFOS = 1,1<br>PFOA = 0,8<br>Overige PFAS = 0,8 |
|-------|---|--|