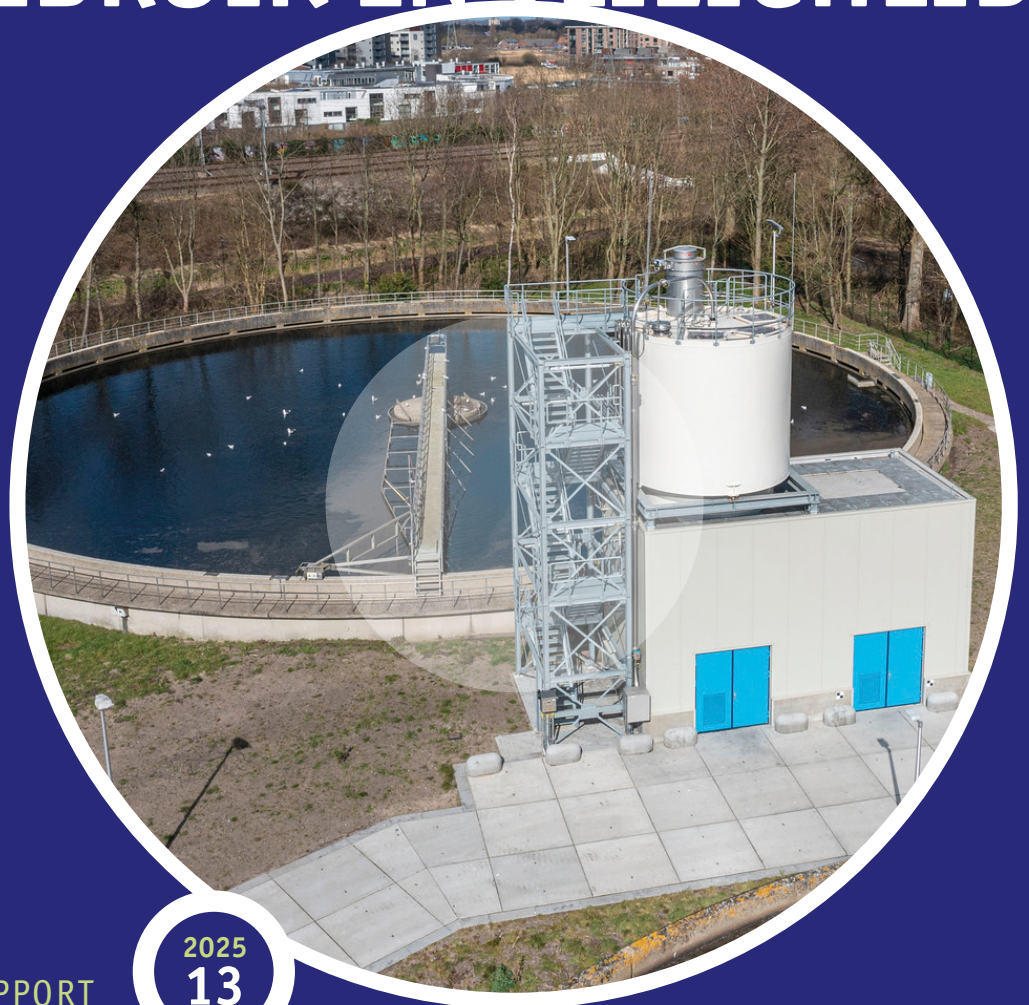


# ERVARINGEN EN INZICHTEN POEDERKOOLO OP RWZI'S: INKOOPE GEBRUIK EN VEILIGHEID



RAPPORT

2025  
13

ERVARINGEN EN INZICHTEN POEDERKOOL OP RWZI'S;  
INKOOP, GEBRUIK EN VEILIGHEID

RAPPORT

2025

13

ISBN 978.94.6479.101.3



# COLOFON

UITGAVE Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer  
Postbus 2180  
3800 CD Amersfoort

AUTEURS Mirit Hoek (TAUW)  
Joost van den Bulk (TAUW)  
Anouk Touwen (TAUW)

## BEGELEIDINGSCOMMISSIE

Ad de Man (Waterschap Limburg)  
Anna Koenis (Hoogheemraadschap van Rijnland)  
Bernadette Lohmann (Waterschap Zuiderzeeland)  
Cora Uijterlinde (STOWA)  
Karin Bertens Zorzano (Waterschap Aa en Maas)  
Sandra Malagón Jiménez (Waterschap Limburg)  
Wobke Gerritse (Waterschap Rivierenland)

OMSLAGFOTO Hoogheemraadschap van Rijnland

VORMGEVING Buro Vormvast

STOWA STOWA 2025-13

ISBN 978.94.6479.101.3

De inhoud van deze uitgave is met de grootst mogelijke zorg samengesteld. Niettemin aanvaarden de auteurs en de uitgever geen enkele aansprakelijkheid voor mogelijke onjuistheden in de publicatie, of eventuele gevolgen door toepassing van de inhoud ervan.

STOWA spant zich in de rechthebbenden van in de uitgave gebruikte afbeeldingen te respecteren conform het auteursrecht. Indien u desondanks van mening bent dat uw rechten in het geding zijn, dan verzoeken wij u contact met ons op te nemen.

# TEN GELEIDE

**Kennisdeling in de Community of Practice werkt: er is goede lering te trekken uit de beschikbare praktijkkennis met poederkool installaties.**

De afgelopen jaren zijn er op verschillende Nederlandse RWZI's poeder actiefkool (PAK) installaties in gebruik genomen voor de verwijdering van microverontreinigingen. Deze installaties leveren waardevolle praktijkkennis op voor toekomstige installaties. Dit geldt zowel voor het ontwerp van de installatie voor de opslag en dosering van PAK als voor de eigenschappen van verschillende PAK soorten, explosieveiligheid, beheer en onderhoud, duurzaamheid, kosten en aanbesteden. De beschikbare informatie uit de praktijk is in dit rapport op een overzichtelijke manier gebundeld zodat hier optimaal lering uit getrokken kan worden.

De komende jaren moeten er op steeds meer RWZI's microverontreinigingen worden verwijderd. Eén van de technieken hiervoor is het doseren van PAK. De geschatte poederkool (PAK) inkoop door Nederlandse waterschappen zal de komende jaren toenemen tot ca. 1.200 ton/j in 2028, orde grootte is hiermee en kostenpost van € 5 miljoen mee gemoeid.

In de "Community of Practice verwijdering microverontreinigingen" is een gebruikersgroep actief-kool opgericht om kennis te delen over de ervaringen met de toepassing van actiefkool voor de verwijdering van micro's. Bij de waterschappen is behoefte aan actuele kennis voor de bouw van PAK installaties en de aanbesteding voor de levering van PAK. De afweging tussen kosten en duurzaamheid speelt hier bijvoorbeeld een belangrijke rol. Ook is er een sterke behoefte naar inzicht over de te stellen eisen aan de kwaliteit van de kool en kennis over analysemethoden om de kwaliteit van de kool op gezette tijden te kunnen controleren.

Qua duurzaamheid zijn er verschillende keuzes mogelijk. Zo zijn er verschillende niet-fossiele poederkolen, PAK wat vrijkomt bij de reactivatie van granulair kool en mogelijk ook hergebruik van PAK afkomstig uit de drinkwaterindustrie.

Mark van der Werf  
Directeur STOWA

# SAMENVATTING

## AANLEIDING

Poederkool (PAK) is een effectief middel om microverontreinigingen te verwijderen uit afvalwater. Het doseren van PAK in actief slib (PACAS) vereist relatief lage investeringen en kan eenvoudig worden ingepast op een RWZI waardoor veel waterschappen deze techniek overwegen te realiseren. De geschatte PAK-inkoop van de Nederlandse waterschappen zal daardoor sterk toenemen, tot ca. 1.200 ton/j in 2028. Bij de waterschappen is behoefte aan inzicht in alle aspecten die komen kijken bij een PAK installatie; van de aanbesteding van PAK tot het beheer en onderhoud. In dit onderzoek wordt op basis van interviews met ervaringsdeskundigen verkend welke lessen er vanuit de praktijk getrokken kunnen worden. Dit rapport is bedoeld voor inkopers, technologen, operators, werkvoorbereiders en duurzaamheidsdeskundigen met betrekking tot het gebruik van PAK voor de afvalwaterzuivering.

## PAK: PRODUCTIE, GRONDSTOFFEN EN KENMERKEN

PAK wordt geproduceerd in vier stappen: carbonisatie, activatie, eventuele modificatie en nabehandeling (voor verkrijgen gewenste deeltjesgrootteverdeling). De manier van productie en de gebruikte grondstoffen maken dat de verschillende PAK soorten verschillende specifieke eigenschappen hebben, zowel op gebied van soortelijke massa, adsorptiecapaciteit als op het gebied van veiligheid/ gevoeligheid voor broei/explosie.

## PAK INSTALLATIES

Een PAK installatie bestaat uit een silo, gevolgd door een doseerinstallatie. De aangevoerde PAK wordt opgeslagen in een silo. Vervolgens wordt de PAK uit de silo getransporteerd naar een buffertank (hopper) van waaruit het naar een weegschaal (weger), buffer en tot slot het vortexvat gaat. In het vortexvat wordt het PAK gemengd met aanmaakwater (vaak gefilterd effluent) en verder getransporteerd als een slurry naar de actiefslibtank.

In Nederland wordt PAK al op een aantal RWZI's toegepast en ook voor drinkwaterproductie. Vanuit de praktijk zijn een aantal aanbevelingen naar voren gekomen:

- Het PAK doseersysteem is gevoelig voor verstoppingen; gebruik hiervoor óf gebroken drinkwater óf goed gefilterd bedrijfswater. De leverancier van het systeem beveelt aan om gebroken drinkwater te gebruiken voor de sproeinnozzles boven het vortexvat en bedrijfswater voor de waterstraalpompe. De sproeinnozzles zijn gevoelig voor verstoppingen en vereisen slechts een klein deel van het benodigde water (ca 100 liter/h). Daarnaast is het van belang preventief onderhoud te plegen aan de vortex ter voorkoming van verstoppingen.
- Hou bij het ontwerp van de PAK silo rekening met het vereiste stortvolume van PAK en de gewenste restvoorraad (ijzeren voorraad). Voor grotere installaties wordt een silo-volume van 80-85 m<sup>3</sup> aanbevolen zodat één volledig PAK transport kan worden gelost (≈50 m<sup>3</sup>) met daarbij minimaal 15 m<sup>3</sup> ruimte boven de kool om te lossen (15 m<sup>3</sup> vrij na het lossen) én een voorraad van een aantal dagen (Dunea hanteert 10 dagen 'ijzeren voorraad'). Door het realiseren van een grote silo minimaliseer je het aantal transportbewegingen wat een kostenbesparing betekent. Voor kleinere RWZI's met een lager PAK verbruik en kleinere silo's zijn kleinere leveringen mogelijk.
- Stortgewicht vs. soortelijk gewicht PAK is een aandachtspunt bij ontwerp en capaciteit van de doseerschroef. **Let op:** afhankelijk van het type PAK kan het soortelijk gewicht tot

een factor 2 variëren. Hou hier rekening mee bij het ontwerp van de silo en het doseersysteem!

- In een specifieke case is benoemd dat een chauffeur die ervaring heeft met PAK lossen een randvoorwaarde is omdat het daar belangrijk is dat de PAK langzaam gelost wordt (ivm volumereductie PAK na storten). Op andere locaties is dit niet specifiek benoemd.
- De risico's van een stofexplosie door PAK zijn niet te vergelijken met de risico's van biogas. De waterschappen hebben over het algemeen weinig ervaring met ATEX in relatie tot stofexplosies. Het kan voordelen hebben om bij het ontwerp van een installatie een stofexplosie expert te betrekken voor de ATEX zaken aangezien stof zich heel anders gedraagt dan gas (zie verder hoofdstuk 5).

### **ATEX**

Bij de opslag en dosering van PAK op een RWZI moet rekening worden gehouden met ATEX zones. Volgens de Nederlandse richtlijn (NPR) moet er een zone van 1 meter gehanteerd worden bij lekbronnen buiten en een zone van 3 meter binnen in gebouwen. De Nederlandse interpretatie van de Europese ATEX richtlijn leidt er toe dat er bij toepassing van deze richtlijn strengere ATEX eisen gelden dan voor PAK installaties die ontworpen zijn conform de Europese richtlijn.

Verder is het van belang dat de PAK installatie elektrisch geaard wordt. Bij het inblazen van PAK kan statische elektriciteit opbouwen.

De vorming van een stoflaag van PAK in de bedrijfsruimtes waar de binnen opgestelde onderdelen van de PAK installatie staan dient voorkomen te worden door periodiek reinigen van de betreffende bedrijfsruimtes.

Vanuit de MSDS sheets zijn er geen aanwijzingen dat het transport en/of de opslag van chemisch geactiveerd PAK meer risico's opleveren dan stoom-geactiveerd PAK. In ons omringende landen wordt in veel gevallen chemisch geactiveerde PAK toegepast op RWZI's.

### **PAK LEVERANCIERS EN TOEPASSING PAK OP RWZI'S**

Er is met een 5 tal PAK leveranciers gesproken welke allen PAK aanbieden voor de verwijdering van microverontreinigingen in afvalwater. Er is meer dan voldoende (niet-fossiele) PAK beschikbaar om te voldoen aan de vraag van Nederlandse RWZI's. De productie van PAK is een wereldmarkt waarbij PAK over het algemeen geproduceerd wordt in Azië en Amerika waarna het naar Europa wordt verscheept. Slechts enkele PAK worden in Europa geproduceerd uit Europese grondstoffen. Ook worden zowel stoom als chemisch geactiveerd PAK aangeboden door de verschillende leveranciers. In andere Europese landen, voornamelijk Duitsland en Zwitserland, wordt op tientallen RWZI's PAK toegepast voor de verwijdering van microverontreinigingen. Hierbij wordt zowel stoom- als chemisch geactiveerd PAK toegepast.

De prijzen die door PAK leveranciers afgegeven worden voor fossiele- en niet-fossiele PAK liggen ten tijde van schrijven in de orde van grootte van 2 – 2,5 euro/kg voor fossiele PAK en 3,0 – 3,5 euro/kg voor niet-fossiele PAK. Afhankelijk van de energieprijzen kan de PAK prijs schommelen. Met de hoge gasprijs in 2022/2023 steeg de PAK prijs bijvoorbeeld tot circa 4 euro/kg voor fossiele PAK.

### **SAMENSTELLING, UITLOGING EN UITSPOELING PAK**

In STOWA 2023-02 wordt geconcludeerd dat het toepassen van PAK uit steenkool leidt tot een toename van zwavel, kalium en natrium in het slib in de PACAS straat. Ten opzichte van de referentiestraat lagen de kalium en zwavelconcentraties in het slib van de PACAS straat respectievelijk 22% en 19% procent hoger. Kalium en zwavel zijn afkomstig uit

fossiele steenkool. In STOWA 2023-02 zijn eveneens metingen uitgevoerd om de eventuele uitloging van metalen naar de waterfase vast te stellen. In de waterfase zijn geen verhoogde concentraties metalen gemeten. Ook Dunea geeft aan dat er bij de PAK die zij toepassen voor de productie van drinkwater geen uitloging optreedt van metalen. De aanwezigheid van metalen in PAK is echter wel een punt van aandacht aangezien deze via het slib terecht komen bij de slibeindverwerkers.

De uitspoeling van PAK via het effluent naar het oppervlaktewater is onderzocht op verschillende RWZI's maar kan niet eenvoudig worden gekwantificeerd. Op basis van onderzoek op de RWZI Simpelveld wordt geconcludeerd dat de PAK concentratie in het effluent <1 mg/l (detectiegrens) bedraagt (STOWA 2023-02).

### BEHEER EN ONDERHOUD

Over het algemeen zijn de beheerders positief over de installatie. Het beheer en onderhoud is te overzien, gemiddeld wordt een uur per dag besteed aan de installatie. Wel komt duidelijk naar voren dat de filtratie van het aanmaakwater erg belangrijk is, vooral voor de sproeinozzles. De beheerders zijn positief over het effect van de installatie op de verwijdering van microverontreinigingen. Daarbij wordt ook vermeld dat het erg belangrijk blijft om de installatie goed te onderhouden en beheren, er moet voldoende aandacht zijn om verstoppingen in de PAK doseerinstallatie te voorkomen.

### DUURZAAMHEID

De duurzaamheid van PAK kan worden beoordeeld aan de hand van de grondstof. Enerzijds is er fossiele PAK op basis van steenkool, anderzijds is er PAK op basis van niet-fossiele bronnen (o.a. hout), PAK dat vrijkomt bij de reactivatie van granulair kool, mengsels en hergebruik van PAK uit drinkwaterproductie en industriële processen. Ook worden er PAK geproduceerd uit een combinatie van grondstoffen, bijvoorbeeld een mengsel van grondstoffen van fossiel en niet-fossiele bronnen. Een ander criterium betreft de herkomst van de grondstof, maar die is over het algemeen moeilijk te toetsen omdat veel niet-fossiele PAK geproduceerd wordt in Azië en afkomstig is van kleinere toeleveranciers. Voor grondstoffen afkomstig uit Europa is de herkomst beter te toetsen.

Aan de hand van de grondstof is een inventarisatie gedaan naar de CO<sub>2</sub>-voetafdruk. Hieruit volgt dat de niet-hernieuwbare CO<sub>2</sub>-voetafdruk van fossiele PAK aanzienlijk hoger uitvalt dan van de overige bronnen. Dit kan worden verklaard doordat deze grondstof zelf geen CO<sub>2</sub>-emissie vertegenwoordigt.

TABEL 0.1

CO<sub>2</sub>-VOETAFDruk (NIET HERNIEUWBAAR) VERSCHILLENDE TYPEN PAK

PAK	kg CO <sub>2</sub> /kg <sup>A</sup>	kg CO <sub>2</sub> /kg <sup>B</sup>	kg CO <sub>2</sub> /kg <sup>C</sup>	g CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> influent <sup>D</sup>
Fossiele PAK	11,1	9,5		159 - 184
Niet fossiele PAK (hout)	3,9	0,9		21 - 69
PAK uit reactivatie	2,5	1,2		26 - 47
Hergebruikt PAK uit drinkwaterproductie			1,4	29

<sup>A</sup> STOWA CO<sub>2</sub> model

<sup>B</sup> Vilén et al. (2022) Comparative life cycle assessment of activated carbon production from various raw materials

<sup>C</sup> Herberekend o.b.v. KWR 2022, Hergebruik van actieve kool voor OMV verwijdering uit afvalwater

<sup>D</sup> Berekent met het STOWA CO<sub>2</sub> model

### AANBESTEDEN

Voor de aanbesteding van PAK kan het Dynamisch aankoopstelsel (DAS) van de waterschappen worden gebruikt. Het DAS systeem is een gezamenlijk aanbestedingssysteem van de waterschappen waarin leveranciers van grondstoffen opgenomen zijn.

Middels EMVI of BPKV kunnen criteria voor duurzaamheid en kwaliteit meegenomen worden in de aanbesteding.

Relevante criteria voor het beoordelen van de kwaliteit en duurzaamheid van aangeboden PAK betreffen:

- Verwijderingsrendement op microverontreinigingen (adsorptie isotherm bij gecertificeerd laboratorium)
- Grondstof PAK (fossiel, blend, niet fossiel) en/of CO<sub>2</sub>-voetafdruk
- Oorsprong PAK (binnen vs. buiten EU)
- Kenmerken PAK (o.a. deeltjesgrootte, dichtheid, vochtgehalte, ATEX gerelateerde parameters, via MSDS)
- Leveringszekerheid en referenties

### PRODUCTONTWIKKELINGEN

Een interessante productontwikkeling is het hergebruik van PAK uit de drinkwaterproductie. Op dit moment onderzoekt AquaMinerals in samenwerking met hoogheemraadschap van Rijnland, Aa en Maas en Dunea de mogelijkheden om verzadigd PAK uit de drinkwaterproductie in te zetten op AWZI Gouda. Potentiële voordelen hiervan zijn:

- Product wordt reeds als slurry aangeleverd dus een silo en complexe doseerinstallatie zijn niet nodig. Een eenvoudige container met menger en doseerpomp volstaan.
- Geen ATEX risico's vanwege aanlevering in slurry vorm.
- Lagere productkosten omdat het momenteel een afvalproduct betreft. Hogere transportkosten omdat de slurry 10 – 15% drogestof bevat. De totale kosten zijn naar verwachting lager.

Naast de bovengenoemde voordelen levert de toepassing van drinkwater PAK op RWZI's ook technische en juridische vragen op. Deze vragen worden als onderdeel van de pilot met hergebruik van drinkwater PAK op AWZI Gouda beantwoord.

### AANBEVELINGEN

Veel kennis en ervaring is al beschikbaar in Nederland met betrekking tot het aanbesteden en bedrijven van een PACAS installatie voor de verwijdering van microverontreinigingen. Als het besluit voor een PAK installatie genomen is, ga dan zo snel mogelijk langs bij full scale installaties van collega waterschappen om daar ervaring op te doen.

Er is discussie over de eventuele risico's van chemisch geactiveerd PAK. Aanbevolen wordt om bij een aanbesteding niet bij voorbaat chemisch geactiveerd PAK uit te sluiten, maar een doelstelling op te nemen voor het verwijderingsrendement en producteisen voor onder meer explosieveiligheid zoals opgenomen in Bijlage 6. Verder wordt aanbevolen referenties op te vragen waar de betreffende PAK in de praktijk wordt toegepast. Op die manier wordt uiteindelijk de meest geschikte PAK geselecteerd.

Bij keuringsinstituten zoals DEKRA en instituten zoals het Duitse IFA <sup>1</sup> is veel kennis beschikbaar over de explosie karakteristieken van PAK en andere poedervormige materialen. Vragen rondom explosieveiligheid kunnen in een eventuele vervolgfase gezamenlijk met dergelijke partijen opgepakt worden.

Er is beperkt informatie beschikbaar over de eventuele uitloging van metalen en andere stoffen vanuit PAK naar de waterfase. Om uit te sluiten dat er uitloging optreedt wordt aanbevolen om uitlogingstesten uit te voeren op verschillende types PAK.

1 IFA - Databases on hazardous substances: GESTIS-DUST-EX



In STOWA 2023-02 wordt geconcludeerd dat het toepassen van PAK uit steenkool leidt tot een toename van zwavel, kalium en natrium in het slib. Kalium en zwavel zijn afkomstig uit fossiele steenkool. Het toevoegen van zware metalen aan het slib is ongewenst. Veel (aan kool gebonden en niet vluchtige) metalen gaan uiteindelijk naar de eindverwerking en komen in de assen terecht. En ook daar gelden weer kwaliteitseisen. Aanbevolen wordt om in een vervolgonderzoek voor verschillende types PAK de samenstelling vast te stellen. Specifiek voor wat betreft zware metalen.

Voor het kwantificeren van de uitspoeling van PAK is momenteel nog geen bruikbare methode beschikbaar maar wellicht bieden ontwikkelingen zoals de thermogravimetrische analyse uitkomst.

Aanbevolen wordt om contact op te nemen met Duitse/Zwitserse onderzoeksinstituten en na te gaan of er vorderingen gemaakt zijn op dit onderwerp.

# AFKORTINGENLIJST

ATEX	: ATmosphères EXplosibles
BPKV	: Beste Prijs Kwaliteit Verhouding
CO <sub>2</sub>	: Koolstofdioxide
CO	: Koolstofmonoxide
GAK	: Granulair actief kool
H <sub>2</sub>	: Diwaterstof
HC	: Koolwaterstof
Kst	: Maximale drukstijgsnelheid
LEL	: Lowest explosive limit
MOE	: Minimale ontstekingsenergie
MOT	: Minimale ontsteektemperatuur
MSDS	: Material safety data sheet (veiligheidsinformatieblad)
N <sub>2</sub>	: Distikstof
NO <sub>x</sub>	: Stikstofoxide
PAK	: Poeder actief kool
PACAS	: Powdered activated carbon in activated sludge
PFAS	: Poly- en perfluoralkylstoffen
P <sub>max</sub>	: Maximale Explosie overdruk

# STOWA IN HET KORT

## **HOE WE WERKEN**

STOWA is het kennis- en innovatiecentrum voor regionale waterbeheerders in Nederland; de waterschappen en provincies. We helpen ze met het verkrijgen van nieuwe kennis en inzichten die nodig zijn om de opgaven van de regionale waterbeheerders beter te kunnen uitvoeren. Dat doen we door kennisvragen te formuleren en te selecteren in programmacommissies. We zetten ons onderzoek uit bij een keur aan experts, adviesbureaus, instituten en universiteiten, die we begeleiden tijdens hun werk. We zorgen voor de beschikbaarstelling en verspreiding van de kennis, inzichten en antwoorden aan de gezamenlijke waterbeheerders. We stimuleren de uitwisseling van kennis en ervaringen, via bijeenkomsten, werkgroepen, excursies, conferenties en communities of practice. We werken samen met onder andere ministeries, Rijkswaterstaat, gemeenten, drinkwaterbedrijven.

## **WAT WE ONDERZOEKEN**

Inhoudelijk richt STOWA zich op alle onderdelen van waterbeheer, van waterkering en stedelijk waterbeheer tot waterzuivering en watersystemen. Belangrijke thema's daarbij zijn klimaatadaptatie, waterveiligheid, waterkwaliteit en ecologie, energietransitie en circulaire economie.

De kennisvragen die STOWA beantwoordt liggen meestal op technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk-juridisch of sociaalwetenschappelijk gebied. Onze kennis is altijd gericht op de praktijk van regionale waterbeheerders. Dat is waar we voor staan, als Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer.

## **WIE WE ZIJN**

STOWA is als kennisorganisatie onafhankelijk, onpartijdig en transparant. De afnemers van onze kennis moeten erop kunnen vertrouwen dat de inhoud van onze rapporten objectief en representatief is. Alleen zo kan onze kennis worden ingezet voor beter waterbeheer en innovaties die antwoord geven op de uitdagingen van vandaag en morgen. Het is aan regionale waterbeheerders zelf te bepalen hoe ze de kennis van STOWA in de praktijk gebruiken. STOWA kan daarbij een rol spelen als adviseur, maar is geen uitvoerder of regisseur.

STOWA is een stichting die de richtlijnen volgt voor organisaties zonder winstoogmerk (RJ-640). In ons jaarverslag is daarom naast de cijfermatige jaarrekening onder meer ook een directieverslag over de stichting, haar activiteiten en kentallen opgenomen.

# ERVARINGEN EN INZICHTEN POEDERKOOLOP RWZI'S; INKOOP, GEBRUIK EN VEILIGHEID

## INHOUD

	TEN GELEIDE	
	SAMENVATTING	
	AFKORTINGENLIJST	
	STOWA IN HET KORT	
<b>1</b>	<b>INLEIDING</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>METHODE</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>PAK: PRODUCTIE, GRONDSTOFFEN EN KENMERKEN</b>	<b>4</b>
<b>3.1</b>	Inleiding	4
<b>3.2</b>	Grondstoffen en productie van PAK	4
<b>3.3</b>	Activatie (stoom vs. chemisch)	5
<b>3.4</b>	Kenmerken PAK	5
<b>4</b>	<b>PAK INSTALLATIES</b>	<b>7</b>
<b>4.1</b>	Beschrijving PAK installatie	7
4.1.1	Silo	7
4.1.2	Silo uitlaat- en doseersysteem	10
4.1.3	Vortexvat	12
<b>4.2</b>	Reeds gerealiseerde PAK installaties	13
4.2.1	Lessons learned	14
<b>5</b>	<b>ATEX</b>	<b>16</b>
<b>5.1</b>	Inleiding	16
<b>5.2</b>	Normen	16
<b>5.3</b>	Risico's	20
<b>5.4</b>	Maatregelen	22
<b>5.5</b>	Beheer en onderhoud	23

<b>6</b>	<b>PAK LEVERANCIERS EN DE UITspoELING EN UITLOGING VAN(UIT) PAK</b>	<b>24</b>
<b>6.1</b>	Inleiding	24
<b>6.2</b>	Resultaten interviews PAK leveranciers	24
<b>6.3</b>	Uitloging overige verontreinigingen	25
<b>6.4</b>	Uitspoeling PAK	26
<b>7</b>	<b>BEHEER EN ONDERHOUD</b>	<b>28</b>
<b>8</b>	<b>DUURZAAMHEID</b>	<b>29</b>
<b>8.1</b>	Inleiding	29
<b>8.2</b>	Grondstof en oorsprong	29
<b>8.3</b>	CO <sub>2</sub> voetafdruk	29
<b>9</b>	<b>AANBESTEDEN</b>	<b>31</b>
<b>9.1</b>	Inleiding	31
<b>9.2</b>	Hoe kan PAK binnen de regels van de waterschappen aanbesteed worden?	31
<b>9.3</b>	Hoe kunnen duurzaamheid en kwaliteit afgewogen worden?	31
<b>9.4</b>	Hoe kan gecontroleerd worden dat de 'productkwaliteit' wordt geleverd, die in de aanbesteding is ingekocht?	32
<b>9.5</b>	Aanbesteden bij reeds toepassen PAK	33
<b>10</b>	<b>PRODUCTONTWIKKELINGEN</b>	<b>34</b>
<b>10.1</b>	Inleiding	34
<b>10.2</b>	Hergebruik Poederkool (PAK) Dunea	34
<b>10.3</b>	Overige ontwikkelingen	35
<b>11</b>	<b>CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN</b>	<b>36</b>
<b>11.1</b>	Conclusies	36
<b>11.2</b>	Aanbevelingen	38
<b>BIJLAGE 1</b>	<b>OVERZICHT AFGENOMEN INTERVIEWS</b>	<b>40</b>
<b>BIJLAGE 2</b>	<b>BEPALING VAN DE ZONE AFMETINGEN - ATEX</b>	<b>41</b>
<b>BIJLAGE 3</b>	<b>BEHEER EN ONDERHOUD</b>	<b>42</b>
<b>BIJLAGE 4</b>	<b>VOORBEELDEN AANBESTEDING</b>	<b>44</b>
<b>BIJLAGE 5</b>	<b>VOORBEELD PROTOCOL PAK TESTEN AQUON</b>	<b>48</b>
<b>BIJLAGE 6</b>	<b>VOORBEELD PRODUCTSPECIFICATIES</b>	<b>50</b>

# 1

## INLEIDING

### AANLEIDING

In de Community of Practice verwijdering microverontreinigingen is een gebruikersgroep actiefkool opgericht om kennis te delen over de ervaringen met de toepassing van actief kool voor de verwijdering van microverontreinigingen op RWZI's. In Nederland wordt het doseren van poederactiefkool (PAK) in het actief slib (PACAS) al op verschillende RWZI's toegepast, met goede resultaten. Echter, tot nu toe werd met name verse PAK uit steenkool gebruikt, wat de CO<sub>2</sub>-voetafdruk van de RWZI aanzienlijk vergroot. De duurzaamheid van PAK kan worden verbeterd door hernieuwbare grondstoffen, soms zelfs uit afvalstromen, te gebruiken en/of door actief kool lokaal te produceren (STOWA 2021,24). Duurzamere PAK wordt gemaakt uit (afval) hout, kokosschalen, MDF, gebruikt (granulair) kool uit de drinkwatersector en andere biobased bronnen. Elk type wordt gekenmerkt door specifieke eigenschappen door de aard van de gebruikte grondstof, maar ook de wijze van productie.

Bij technologen en inkopers van de waterschappen is behoefte aan meer kennis om de levering van PAK aan te besteden. De afweging tussen kosten en duurzaamheid speelt daarbij een belangrijke rol. Ook is er behoefte aan inzicht over de te stellen kwaliteitseisen van de PAK en kennis over analysemethoden om de kwaliteit van de PAK op gezette tijden te kunnen (laten) controleren. Het gaat hierbij zowel om het specifiek adsorptievermogen voor de verwijdering van de micro's, als om fysieke eigenschappen zoals dichtheid, vochtgehalte, asgehalte en deeltjesgrootte die van belang zijn voor het bedienen van de PAK installatie. Vanuit duurzaamheidsoogpunt is de CO<sub>2</sub>-voetafdruk belangrijk. Informatie rondom het productieproces en de resulterende CO<sub>2</sub>-voetafdruk 'af fabriek' dient beter inzichtelijk te worden gemaakt en gecombineerd te worden met de effectiviteit van de PAK: een PAK kan een lage CO<sub>2</sub>-voetafdruk per kg hebben, maar minder effectief zijn waardoor er meer gedoseerd moet worden voor dezelfde verwijderingsrendementen. Daarnaast zijn er kennisvragen over de karakteristieken van PAK en de noodzakelijke ATEX-maatregelen bij opslag en dosering op de RWZI die genomen dienen te worden.

### DOEL

De vragen die ten grondslag liggen in dit rapport betreffen:

- Welke ATEX-maatregelen zijn er bij de opslag en dosering op een RWZI nodig en welke eisen worden er door de leverancier van de (opslag- en doseer)installatie gesteld aan de PAK?
- Welke kwaliteitseisen kunnen er worden gesteld aan PAK voor de verwijdering van micro's aan de koolleveranciers?
- Hoe kan de kwaliteit van de PAK gecontroleerd worden? (voor- en nadelen van verschillende testen/ protocollen)
- Hoe kan de PAK binnen de regels van de waterschappen aanbesteed worden?
- Hoe kunnen duurzaamheid en kwaliteit afgewogen worden?
- Een categorie indeling voor verschillende duurzame PAK
- Verzamelen informatie van leveranciers om voor de verschillende categorieën duurzame PAK een CO<sub>2</sub>-voetafdruk te berekenen

- Hoe kan gecontroleerd worden dat de 'productkwaliteit' wordt geleverd, die in de aanbesteding is ingekocht?
- Wat is het onderscheid tussen de diverse PAK producten (leveranciers) en zijn er nog productontwikkelingen te verwachten?

Deze vragen hebben richting gegeven aan dit rapport en worden in de afzonderlijke hoofdstukken beantwoord.

### **LEESWIJZER**

Hoofdstuk 2 beschrijft de in dit onderzoek gebruikte methode. In hoofdstuk 3 volgt het productieproces, de gebruikte grondstoffen en kenmerken van PAK waarna in hoofdstuk 4 de werking van een PAK installatie en de verschillende opties hierin beschreven worden. In hoofdstuk 5 wordt ingegaan op alles rondom ATEX. Hoofdstuk 6 beschrijft de informatie over de verschillende PAK vanuit leveranciers en de uitspoeling van PAK. Hoofdstuk 7 gaat in op het beheer en onderhoud bij het bedienen van een PAK-installatie. In hoofdstuk 8 wordt de duurzaamheid van PAK beschouwd. Hoofdstuk 9 gaat in op alle belangrijke zaken rondom aanbesteden van PAK. In hoofdstuk 10 worden productontwikkelingen genoemd. Ten slotte worden in hoofdstuk 11 conclusies getrokken en aanbevelingen gedaan.

# 2

## METHODE

In deze studie is op basis van interviews met gebruikersdeskundigen, leveranciers van PAK (installaties) en experts informatie verzameld over de verschillende aspecten die komen kijken bij het aanbesteden en toepassen van PAK voor de waterschappen.

Allereerst heeft de gebruikersgroep actief kool in 2023 middels interviews informatie opgehaald bij PAK leveranciers. Vervolgens is in 2024 een uitgebreidere inventarisatie gedaan van de te interviewen partijen en te beantwoorden vragen. In 2024 zijn in totaal 12 interviews afgenomen met experts op het gebied van poederkool installaties, PAK leveranciers, beheerders en ATEX deskundigen van waterschappen waar PAK wordt gebruikt en een drinkwaterbedrijf.

Deze experts zijn via Teams geïnterviewd. In Bijlage 1 is een lijst opgenomen met de geraadpleegde partijen. Daarnaast is literatuur geraadpleegd voor aanvullende informatie.

Onderliggende rapportage is opgesteld aan de hand van de resultaten uit de interviews en literatuuronderzoek.



# 3

## PAK: PRODUCTIE, GRONDSTOFFEN EN KENMERKEN

### 3.1 INLEIDING

Actief kool is (verkoold) koolstofrijk materiaal wat een activatiestap heeft ondergaan. Via stoom of een chemische bewerkingsstap wordt het verkoolde materiaal geactiveerd waardoor er een groot aantal zeer fijne poriën in de kool ontstaan. De kool heeft hierdoor een groot specifiek oppervlak waaraan stoffen kunnen adsorberen.

Dit hoofdstuk beschrijft het productieproces van PAK, de verschillende grondstoffen, kenmerken van PAK en de leveranciers. Specifiek wordt ingegaan op de PAK soorten die geschikt zijn voor de verwijdering van microverontreinigingen uit afvalwater.

### 3.2 GRONDSTOFFEN EN PRODUCTIE VAN PAK

PAK kan gemaakt worden uit fossiele bronnen zoals steenkool en bruinkool maar ook uit allerlei organische (rest)stromen zoals hout, kokosnootschillen, snoeiafval, pitten en pindadoppen (STOWA 2021-24). Voor de verwijdering van microverontreinigingen wordt vooral PAK uit steenkool of hout toegepast. Actief kool uit kokosnoot heeft vooral veel micro poriën en is daardoor minder geschikt voor het verwijderen van medicijnresten, daarnaast is PAK uit pitten en pindadoppen niet commercieel beschikbaar.

De oorsprong van actief kool ligt grotendeels buiten Europa (Azië en Amerika). Hier staan dan ook de carbonisatie- en activatiefabrieken. Enkele leveranciers hebben ook productielocaties in Europa; zo staat er een fabriek voor carbonisatie en activatie in Frankrijk voor kool gemaakt van dennenhout en wordt er ook in België en Nederland een beperkte hoeveelheid PAK geproduceerd. Ook in Finland staan productielocaties.

Het produceren van PAK gebeurt in vier stappen (STOWA 2023-32):

1. Carbonisatie: hierbij wordt een deel van het organisch materiaal bij hoge temperatuur verwijderd. Bij steenkool heeft de carbonisatie al plaatsgevonden in de ondergrond. Het carboniseren kan ook chemisch plaatsvinden door toevoegen van chemicaliën. Bij chemische carbonisatie vindt ook al voor een groot gedeelte activatie plaats, waardoor de volgende stap soms overgeslagen kan worden.
2. Activatie: dit gebeurt door blootstelling aan stoom of chemicaliën, waardoor een poreuze structuur ontstaat.
3. Eventueel kan na het activeren de kool nog verder gemodificeerd worden, bijvoorbeeld door impregneren met chemicaliën om de adsorptie-eigenschappen te verbeteren.
4. Behandeling om de gewenste deeltjesgrootteverdeling te verkrijgen, zoals bijvoorbeeld malen, breken, zeven of persen tot pellets.

Carbonisatie en activatie gebeurt over het algemeen in één fabriek waarbij de warmte die vrijkomt in het carbonisatieproces wordt gebruikt voor de activatie.

Bij het gebruik van niet fossiele grondstoffen wordt het product eerst verkoold voordat het geactiveerd wordt. Afhankelijk van de grondstof en de mate van activatie ontstaat een bepaalde poriestructuur. Afhankelijk van de poriegrootte en de poriegrootte-verdeling is de PAK geschikt om bepaalde moleculen in meer of mindere mate te adsorberen.

### 3.3 ACTIVATIE (STOOM VERSUS CHEMISCH)

Na carbonisatie (omzetting van de grondstof in kool) vindt activatie plaats. Er zijn verschillende manieren om een grondstof zoals steenkool te activeren; dit kan zowel met stoom als op chemische wijze. De manier van activeren heeft effect op de eigenschappen en kwaliteit van de PAK. Bij stoom activatie wordt de steenkool bij een hoge temperatuur (ca 800°C) in een roterende oven geactiveerd. Door de hoge temperatuur reageren gedeeltes van de steenkool weg door vergassing, hierdoor ontstaan poriën. Bij chemische activatie vindt dit proces plaats door het impregneren met zuur, doorgaans fosforzuur. Chemische activatie resulteert doorgaans in een verder geactiveerde PAK (STOWA 2020-19).

Eén van de geïnterviewde leveranciers geeft aan geen chemisch geactiveerd PAK te produceren. Onder andere vanwege regels m.b.t. transport en opslag. Een andere leverancier heeft juist alleen chemisch geactiveerde PAK en ervaart hier geen belemmeringen mee bij de toepassing op RWZI's in voornamelijk Duitsland en Zwitserland. Dan zijn er ook nog leveranciers die zowel chemisch als stoom geactiveerde PAK produceren en soms ook een blend hiervan. Vanuit één van de leveranciers wordt dan ook de aanbeveling gedaan om bij een aanbesteding niet bij voorbaat chemisch geactiveerde PAK uit te sluiten, maar een doelstelling op te nemen voor het verwijderingsrendement. Veel buitenlandse RWZI's passen chemisch geactiveerde PAK toe. Overige kenmerken met betrekking tot chemisch en stoom geactiveerde PAK worden verder toegelicht in paragraaf 5.3.

### 3.4 KENMERKEN PAK

Verschillende soorten PAK hebben verschillende kenmerken welke van invloed kunnen zijn op de capaciteit van de silo en de doseerinstallatie. Een aantal fysische eigenschappen die relevant zijn voor RWZI-gebruik staan in onderstaande tabel beschreven.

TABEL 3.1 FYSISCH EIGENSCHAPPEN PAK VAN BELANG VOOR RWZI-GEBRUIK (STOWA 2020-19)

Fysische eigenschap	Relevantie voor de gebruiker	Typische ranges
Watergehalte	Een te hoog vochtgehalte vergroot het risico dat PAK in de silo 'samenkleeft' en vanuit de silo niet goed doorloopt naar de doseerunit en weegunit. Echter, actief kool is een hygroscopische stof die water zeer snel bindt. Het watergehalte varieert afhankelijk van de grondstof. Een te grote beperking sluit toekomstige alternatieven uit.	<15%
Asgehalte	Aandeel van het product zonder adsorptievermogen. Een groter aandeel as leidt tot een toename in slijbgehalte.	<15%
Deeltjesgrootteverdeling	Voorkomen van uitspoeling PAK naar oppervlaktewater; kleine PAK-deeltjes laden sneller, ze bezinken echter minder goed en zijn daarom moeilijker te scheiden.	>1 - <10000 µm
Bulkdichtheid	Bepaalt opslag en capaciteit doseerinstallatie; een hoge dichtheid PAK vereist minder volume in silo en vereist een kleinere capaciteit doseerinstallatie en andersom; voor PAK met een lage dichtheid heb je grotere transportschroeven nodig.	200-700 kg/m <sup>3</sup>

De bulkdichtheid hangt nauw samen met de grondstof die wordt gebruikt. Een hout gebaseerde PAK is bijvoorbeeld lichter dan PAK van steenkool. Dit betekent ook dat er dan meer opslag nodig is voor een op hout gebaseerde PAK.

Afhankelijk van de poriegrootte en de poriegrootte-verdeling is de PAK geschikt om bepaalde moleculen in meer of mindere mate te adsorberen, dit hangt mede af van de gebruikte grondstoffen. PAK uit hout en steenkool zijn zeer geschikt voor de verwijdering van microverontreinigingen terwijl PAK uit kokosschillen niet over de juiste poriegrootte beschikt.

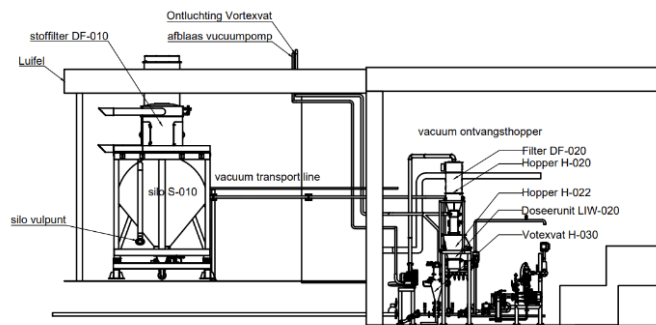
## 4

## PAK INSTALLATIES

## 4.1 BESCHRIJVING PAK INSTALLATIE

Er zijn verschillende leveranciers van PAK opslag en doseerinstallaties. Het principe van de installaties is hetzelfde. PAK wordt opgeslagen in een silo. Vervolgens wordt de PAK uit de silo getransporteerd naar een buffertank (hopper) van waaruit het naar een weegschaal (weger), buffer en tot slot het vortexvat gaat. In het vortexvat wordt PAK gemengd met aanmaak water (vaak gefilterd effluent) en verder getransporteerd naar de actiefslibtank. PAK in de silo wordt met behulp van gedroogde perslucht in beweging gehouden, om inklinken te voorkomen. Bijkomend voordeel hiervan is dat de PAK geen vocht op kan nemen zodat het niet gaat plakken. Een impressie van de PAK opslag en doseerinstallatie in Groesbeek is weergegeven in Figuur 4.1. Deze installatie beschikt in tegenstelling tot andere PAK installaties over drie lage PAK silo's die met elkaar verbonden zijn. Een hoge silo was op Groesbeek niet toegestaan vanwege eisen aan de maximale bouwhoogte, waardoor de silo uitgevoerd is als drie gekoppelde lage silo's.

FIGUUR 4.1 OVERZICHTSTEKENING GROESBEEK (BRON: GERICKE)



De specifieke onderdelen van de PAK installatie zijn navolgend uitgebreid beschreven. Hierbij is uitgegaan van een Sülzle installatie met een Gericke doseersysteem. Installaties van andere leveranciers kunnen verschillen en op details zijn er bij reeds gebouwde demonstratie-installaties in Nederland afwijkende keuzes gemaakt. Ook worden PAK installaties nog steeds door ontwikkelt waardoor de beschreven installatie een momentopname betreft.

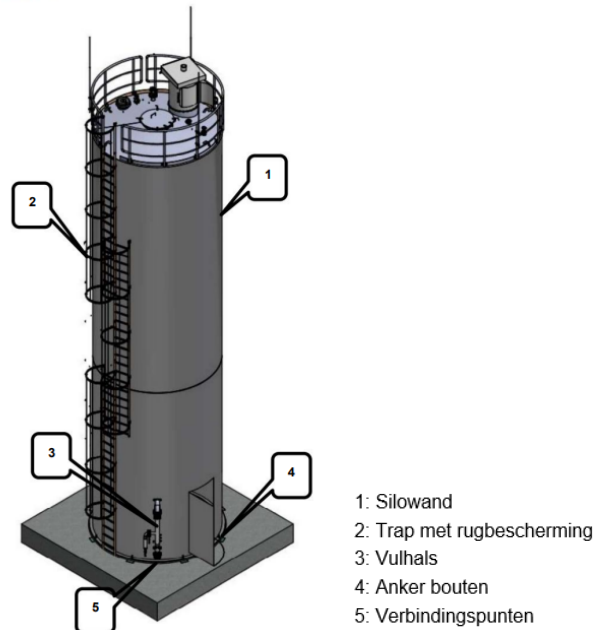
## 4.1.1 SILO

PAK wordt opgeslagen in een silo. De dimensionering van het nuttig (netto) volume van de silo is afhankelijk van bouwvoorschriften en klantwensen. Bij een hoog jaargebruik wordt het nuttig volume bij voorkeur zo groot gekozen dat een vrachtransport een volledige vracht kan lossen. Het nuttige volume betreft het volume na aftrek van de reservecapaciteit 'ijzeren voorraad' en het benodigde volume om te compenseren voor het grotere stortvolume van PAK op het moment van lossen.

Zo past Dunea bij voorkeur een silo van minimaal 80-85 m<sup>3</sup> toe i.v.m. benodigd stortvolume. Het volume moet bij voorkeur groot genoeg zijn voor 1 tankwagen (≈50 m<sup>3</sup>) met daarbij minimaal 15 m<sup>3</sup> ruimte boven de PAK om te lossen (15 m<sup>3</sup> vrij na het lossen) én een voorraad van een aantal dagen (Dunea hanteert 10 dagen 'ijzeren voorraad').

De stalen mantel van de silo is minimaal 4 mm dik, daardoor is de mantel bliksem-geleidend, dit is noodzakelijk. De bliksemafleiders die op het dak van de silo zijn geïnstalleerd, leiden de bliksem via de mantel of bliksembeveiliging af naar de aardingvoorziening van het fundament. Een voorbeeld van een silo is weergegeven in Figuur 4.2

FIGUUR 4.2 SILO (BRON: SÚLZLE)



### HET SILO-DAK

Op het dak van de silo is naast bliksemafleiders ook andere apparatuur geïnstalleerd, namelijk het overdrukfilter, de CO-sensor (of broei sensor), continue niveau-sensor, druksensor, het over- en onderdrukventiel, mangat met beschermrooster, explosieluik en de overvulbeveiliging.

Het overdrukfilter zorgt voor drukcompensatie tijdens het vullen van de silo. De broeisensor zit aan de 'schone zijde' van het filter, het detecteert de gasvormige producten in de vorm van CO bij onvolledige verbranding. Om de druk in de silo te bewaken, wordt er een druksensor gebruikt die het vullen van de silo onderbreekt wanneer een grenswaarde bereikt wordt. Voor het meten van de silo-vulstand wordt gebruik gemaakt van een continue niveaumeting. Een sensor meet de vulstand in het cilindrische deel van de silo. Wanneer deze grenswaarde bereikt wordt, zal de silo niet verder gevuld worden totdat de waarde opnieuw laag genoeg is. Tevens kan de silo voorzien worden van een gewichtsmeting.

Het over- en onderdrukventiel is mechanisch en zal in uitzonderlijke storingsgevallen het drukverschil in de silo met de omgeving compenseren. Er zit ook een mangat in de silo voor inspectiedoeleinden, het beschermrooster is afneembaar.

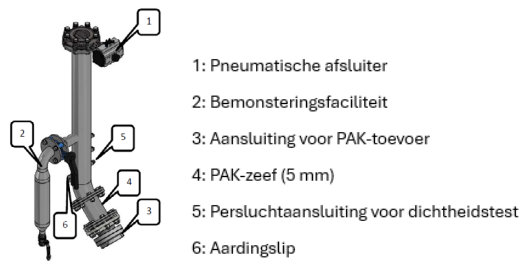
#### *Het vullen van de silo*

De standaard bedieningspost voor vullen wordt gebruikt voor het initialiseren en bewaken van het silo-vulproces. De PAK-silo bevat een lokale bedieningspost die in de directe nabijheid van het PAK-doseersysteem wordt geïnstalleerd. Via het bedieningspaneel kan het systeem worden bediend en kunnen parameters worden ingesteld.

Het vullen van de silo wordt gestart met een drukknop, de bedieningspost geeft door middel van knipperende of continu brandende lampjes de status van het vulproces aan. De storingsindicator signaleert een storing in het vulproces. De stappen van het vulproces, de tekstmeldingen en de bedrijfsparameters zoals silo-vulstand, silo-druk, drukverlies bij dichtheidscontrole en andere parameters kunnen worden afgelezen op de besturingspost. Als de bedieningspost zich niet dichtbij het vulpunt en besturingspost bevindt, kan er een automatische silovullingsmechanisme geïnstalleerd worden.

Om de silo automatisch te vullen (Figuur 4.3), kan er gebruik worden gemaakt van een vulstuk voor automatische silovulling. Dit werkt met een automatische dichtheidstest. Via de geïntegreerde bemonsteringsfaciliteit kan tijdens het vullen van de silo één of meerdere monsters van de geleverde PAK worden genomen. Hierbij wordt eerst de kogelkraan gesloten. Tijdens het vullen van de silo wordt de handklep voorzichtig geopend en gesloten, zodat de PAK in de bemonsteringsfaciliteit kan komen. Terwijl de handklep gesloten is, wordt de kogelkraan voorzichtig geopend om PAK naar de container te vervoeren. Dit proces wordt meerdere keren herhaald tijdens het vullen van de silo.

**FIGUUR 4.3** VULSTUK AUTOMATISCHE VULLING



Het hierboven beschreven vulsysteem is een optie, maar is zeker niet overal toegepast. Op Groesbeek zit er bij het vulpunt bijvoorbeeld geen besturingspost. In de silo zit wel een niveaumeting, deze is uit te lezen op de besturingskast binnen. Bij hoog niveau gaat bij het vulpunt een alarm af (akoestisch + flitslamp), het vulpunt wordt dan automatisch gesloten. Het is aan de chauffeur om dan het vullen te staken.

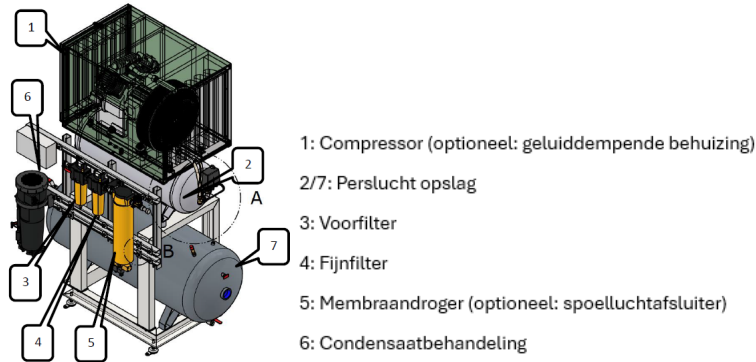
Normaliter gaat het alarm niet af. Dit gebeurt alleen als er door snel vullen veel werveling in de silo ontstaat. Als het alarm dan af gaat zal de chauffeur moeten wachten tot het PAK in de silo is neergedaald en inklinkt.

### FLUIDISATIE

De stromingseigenschappen van PAK worden negatief beïnvloed door vocht, daarom dient de PAK droog opgeslagen te worden. Voor de fluidisatie wordt perslucht gebruikt. De perslucht die in de PAK wordt gebracht, stroomt van onder naar boven door de silo richting het silo-filter. Tijdens dit proces neemt de droge perslucht het resterende vocht in de PAK op, waardoor de PAK tegelijkertijd droogt en de PAK in beweging gehouden wordt. De beluchting geschiedt via Vibrapads welke via een combinatie van beluchting en trillingen de stromingseigenschappen en het afvoerproces optimaliseren.

Het grootste persluchtverbruik wordt gevormd door de PAK-fluidisering. Bij elke hervulling van de PAK weegschaal wordt de fluidisering geactiveerd. In Figuur 4.4 wordt de perslucht generator weergegeven.

FIGUUR 4.4 PERSLUCHT GENERATOR (BRON: SÜLZLE)



### BROEI-DETECTIE

Het is in principe uitgesloten dat PAK in de silo tot ontbranding komt omdat er in het systeem geen ontstekingsbron aanwezig is. Om toch een eventuele brand/smeulhaarden te detecteren kan gebruik worden gemaakt van een broeimeter en/of een CO-sensor. De sensor meet o.a. de CO-concentratie van de lucht die langs de sensor stroomt en de silo verlaat via het filter. Deze luchtstroom wordt gecreëerd door de Vibrapads. Bij een verhoogde CO-concentratie wordt het systeem uitgeschakeld, geblokkeerd voor gebruik en wordt de toevoer van perslucht naar de silo voorkomen. Daarnaast is er een aansluitpunt op de onderste Vibrapadring voor mogelijke inertisering met stikstof.

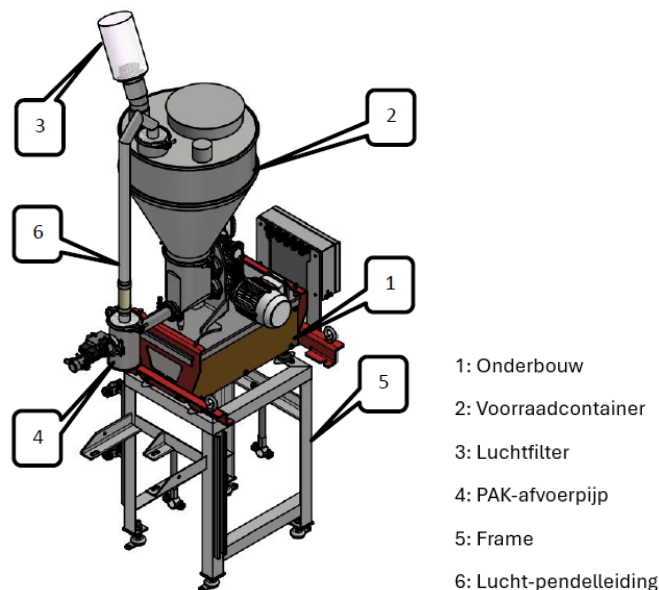
#### 4.1.2 SILO UITLAAT- EN DOSEERSYSTEEM

Voor de afvoer van PAK bevat de silo een uitlaat- en doseersysteem. Vervolgens gaat het PAK via de weegschaal en het vortexvat naar de suspensielijn. Onderaan de uitlaat van de silo zit een regelafsluiter gemonteerd, aan deze afsluiter zit een roterende klep die de onderliggende weegschaal vult met PAK zodra het bijvulniveau bereikt is. Tussen de roterende klep en de weegschaal zit een pneumatische afsluiter.

### DE WEEGSCHAAL

Figuur 4.5 geeft de componenten van de weegschaal weer.

FIGUUR 4.5 WEEGSCHAAL (BRON: SÜLZLE)



Er wordt gebruik gemaakt van een precisie-doseerweegschaal. Hiermee kan zowel continue als discontinue gravimetrische dosering van PAK worden uitgevoerd. De PAK heeft een bulkdichtheid in het bereik van 0,15 kg/dm<sup>3</sup> tot 0,60 kg/dm<sup>3</sup>. De doseernauwkeurigheid is volgens NAMUR minimaal 1%. De weegschaalcontroller wordt meestal geïntegreerd in de bedieningspost. Om de weegschaal te scheiden van de rest van de installatie, zijn er manchetten bevestigd aan de vulopening en het PAK-afvoerpijpje.

In de onderbouw van de weegschaal bevinden zich de weegcel, de oliedempte demper, de veer, de mechanische begrenzers en de tegenwichten voor tarra compensatie.

De voorraadcontainer van de weegschaal heeft een capaciteit van 30 L. Er is een luchtfilter en een lucht-pendelleiding aanwezig om tijdens bedrijf luchtwisseling met de omgeving te garanderen.

De weegschaal heeft twee aandrijvingen. Eén aandrijving heeft een vaste snelheid en zorgt ervoor dat de 'losmachine' de PAK in de voorraadcontainer los maakt om een betere afvoer te garanderen. De andere aandrijving is toerentalgeregeld en drijft een doseerspiraal aan die zich bevindt in de doseerbuis. Deze doseerbuis transporteert de PAK vanuit de voorraadcontainer naar de vortexvat.

Aan het PAK-afvoerpijpje is een pneumatische klep geïnstalleerd die de doseerbuis sluit wanneer er niet wordt gedoseerd. Bij het bereiken van een instelbare drempelwaarde voor het starten van het hervulproces van de weegschaal, geeft de weegschaalcontroller een signaal aan de overkoepelende besturing van het systeem. Hierdoor worden de mechanische afvoer en de fluidisatie van de silo geactiveerd en wordt de weegschaal gevuld tot het instelbare hervulniveau.

Nadat de weegschaal is gevuld, werkt deze in een gravimetrische doseercyclus totdat het startpunt van het hervulproces is bereikt. De toerentalregeling van de doseerschroef wordt uitgevoerd door de weegschaalcontroller, die de regelwaarde bepaalt op basis van de werkelijke doseerprestaties en de gewenste waarde.

Het hervullen van de weegschaal gebeurt discontinu en kan tot wel 10 keer per uur plaatsvinden. Tijdens het hervullen van de weegschaal wordt het doseren van PAK in de onderliggende vortexvat altijd continu uitgevoerd.

### **STRATEGIEËN DOSEERREGELAAR**

Er zijn verschillende regelstrategieën beschikbaar voor de PAK-doseerhoeveelheid, namelijk:

1. Bedrijf met een vast ingestelde waarde
2. Dosering op basis van debiet
3. Doorstroom proportionele interval-doseermodus
4. Doorstroom proportionele doseerhoeveelheid met correctie delta SAK

Bij bedrijf met een vast ingestelde waarde wordt een constante PAK-doseerhoeveelheid per tijdseenheid gedoseerd, waarbij er rekening kan worden gehouden met het verloop van het debiet van de RWZI gedurende de dag. Dit geldt alleen als het debiet van de betreffende RWZI voorspelbaar varieert over de dag. Bij dosering op basis van debiet wordt voor het berekenen van de doseerhoeveelheid gebruik gemaakt van een proportionele waarde, bijvoorbeeld het influent van de RWZI. De doseerhoeveelheid is het product van de factoren debiet en PAK concentratie, de concentratie is instelbaar. Hierdoor volgt de doseerhoeveelheid het dagverloop van de waterzuiveringsinstallatie. Bij hogere RWA debieten, bijvoorbeeld vanaf 2xDWA, wordt de dosering afgevlakt.

Wanneer de gewenste PAK-doseerhoeveelheid onder de technisch mogelijke PAK-doseerhoeveelheid valt, wordt er gebruik gemaakt van de doorstroomproportionele interval-doseermodus. Hierbij wordt de benodigde PAK gedoseerd in een doseerperiode en een pauze-

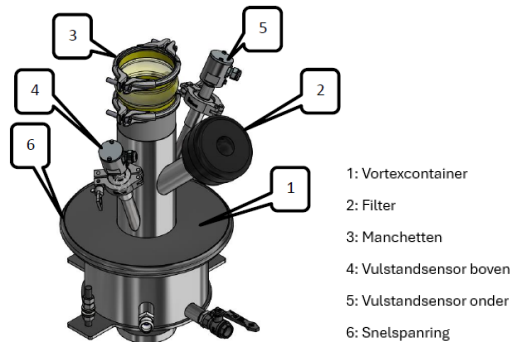


periode, die samen de werkingsduur van de intervaldoseermodus vormen. Met de vierde strategie kan door een aanvullende meting van delta SAK in het influent en effluent van de waterzuiveringsinstallatie de gewenste doseerhoeveelheid worden gecorrigeerd op basis van de waterkwaliteit. Als de waterkwaliteit in het effluent van de waterzuiveringsinstallatie slechter is dan gewenst, wordt automatisch een extra hoeveelheid PAK gedoseerd met een correctiefactor.

#### 4.1.3 VORTEXVAT

Het vortexvat bestaat uit verschillende componenten, weergegeven in Figuur 4.6

FIGUUR 4.6 ONDERDELEN VORTEXVAT (BRON: SÜLZLE)



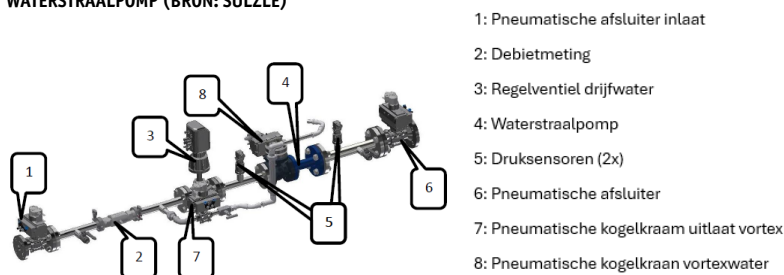
Het vortexvat is verbonden met de weegschaal via de manchet, de uitvoerzijde van het vortexvat is verbonden met de waterstraalpompe. In de container komen PAK en vortexwater samen. In het onderste deel van het vortexvat is een kegel geïnstalleerd, het vortexwater stroomt vanaf onderin het vat langs de buitenkant van de kegel omhoog en stroomt dan over de overlooprand. Binnenin de kegel vormt zich een waterfilm, waar het PAK op valt. De waterstraalpompe zuigt de waterfilm met het PAK naar beneden, in de pompe mengt de PAK zich met het water en lucht tot een suspensie. Door de overlooprand en de waterstraalpompe wordt aerosolvorming in het vortexvat voorkomen.

Het vortexvat is uitgerust met twee geleidende niveausensoren. De onderste niveausensor is bedoeld om opstuwend vortexwater, PAK of een mengsel van beide stoffen in de kegel te detecteren. De bovenste niveausensor wordt gebruikt om een automatische spoeling van het vortexvat te realiseren en begrenst de hoogte van het opstuwend water in de kegel van het vortexvat.

#### WATERSTRAALPOMPE

Figuur 4.7 geeft het systeem en de onderdelen weer.

FIGUUR 4.7 WATERSTRAALPOMPE (BRON: SÜLZLE)



Onder de vortexvat bevindt zich de waterstraalpompe. De invoerzijde is aangesloten op het bedrijfswatersysteem en de uitlaat is verbonden met de suspensieleiding. De pneumatische afsluiter aan de invoerzijde opent of onderbreekt de watertoevoer. De debietmeting meet de doorstroming van het water, de doorstroming wordt geregeld door het regelventiel. De druksensoren meten de druk van het water en de suspensie voor en na de waterstraalpompe, het drukverschil tussen de sensoren wordt door de waterstraalpompe omgezet in zuigvermogen. Hoe stabiel dit proces is, hoe stabiel de suspensieproductie is.

#### DISTRIBUTIESYSTEEM SUSPENSIE

Vanuit de uitlaat van de waterstraalpompe wordt een suspensiereservoir gevuld, vanuit dit reservoir gaat de suspensie via een verbindingsleiding naar de suspensieverdeler. De lucht die aanwezig is in de suspensie wordt verwijderd in het suspensiereservoir, dit zorgt voor een optimale suspensieverdeling. Het suspensiereservoir wordt geregeld op een constante druk met behulp van drukbewaking en kogelkranen. Het constante drukniveau zorgt voor een continu transport van ontluchte suspensie van het suspensiereservoir naar de suspensieverdeler en van de suspensieverdeler naar de individuele doseerpunten zonder het gebruik van pompen.

Om te voorkomen dat het suspensiereservoir tijdens bedrijf leegloopt of overloopt, wordt het suspensiereservoir geregeld op een bepaald niveau met behulp van niveaumeting, dat pendelt tussen twee punten. In het bovenste gedeelte van het suspensiereservoir is altijd een luchtlaag aanwezig. Bij overmatige belasting wordt de druk in het suspensiereservoir afgevoerd via het veiligheidsventiel. Na het uitschakelen van het systeem kan het suspensiereservoir worden leeggemaakt via de pneumatische kogelkraan.

#### 4.2 REEDS GEREALISEERDE PAK INSTALLATIES

In Nederland wordt PAK al op een aantal RWZI's toegepast en ook voor drinkwaterzuivering (Dunea).

TABEL 4.1 KENMERKEN REEDS GEREALISEERDE PAK INSTALLATIES

	AWZI Leiden Noord	RWZI Oijen	RWZI Dinther	RWZI Groesbeek	RWZI Simpelveld (Nereda)	RWZI Nieuwe Waterweg	Dunea Scheveningen/ Monster/Katwijk
Capaciteit RWZI a 150 g TZV	140.000	360.000	271.000	25.000	11.880	*	nvt
Capaciteit PAK opslag (m <sup>3</sup> )	75	85		30	43		
Capaciteit PAK dosering (kg PAK/h)	2 * 24	2 * 4 - 40	65	8	85		
In gebruik name	2021/2022	2023	2024	2024	2024	2024	
Leverancier installatie	ADS/Nijhuis/ Gericke	GMB/ TBMA		Gericke	Sülzle	Sülzle	Gericke (Scheveningen/ Monster)

\*behandeling afvalwater kassen t.b.v. gewasbeschermingsmiddelen, dosering 30 mg PAK/l

AWZI Leiden Noord (Rijmland):

De PACAS installatie is geleverd door de combinatie ADS/Nijhuis/Gericke. De installatie is opgeleverd in 2021 waarmee het de eerste PAK installatie op een Nederlandse RWZI is. De PAK silo is 75 m<sup>3</sup>. Op de sproeinzzles is tijdelijk gebroken drinkwater aangesloten, de hoofdverdunding wordt gedaan met gefilterd effluent, ingenomen voor het zandfilter.

De installatie is ontworpen voor een doseerrange van 5-25 mg/l en een maximaal te behandelen debiet van ca. 1900 m<sup>3</sup>/h.

*RWZI Oijen en Dinther (Aa en Maas):*

De installatie in Oijen is gebouwd door van GMB (hoofdaannemer) en TBMA en opgeleverd in 2023. De silo heeft een volume van 85 m<sup>3</sup>. De dosering van de PAK gebeurt debietsproportioneel. Het DWA debiet van RWZI Oijen is in de praktijk ongeveer 1200 m<sup>3</sup>/h, het te behandelen debiet bedraagt maximaal 2x DWA, dit komt overeen met 3.200 m<sup>3</sup>/h. Maximaal kan er 80 kg PAK/h gedoseerd worden.

De installatie in Dinther is in 2024 opgeleverd en kan maximaal 2.600 m<sup>3</sup>/h behandelen. Maximaal kan er 65 kg PAK/h gedoseerd worden.

Zowel voor Oijen als Dinther geldt een PAK doseerrange van 5 – 25 mg PAK/l.

*RWZI Groesbeek (Rivierenland):*

Op Groesbeek is de PAK silo liggend uitgevoerd, in de vorm van 3 kleine silo's van 10 m<sup>3</sup>. Reden hiervoor is beperking in bouwhoogte vanuit het bestemmingsplan. De installatie is van Gericke. De capaciteit van de installatie is 8 kg PAK/h bij een influentdebiet van 275 m<sup>3</sup>/h.

*RWZI Simpelveld (WBL):*

Eind 2024 zal de PAK installatie op RWZI Simpelveld in bedrijf worden gesteld. De capaciteit wordt 85 kg PAK/h. De doseercapaciteit is relatief groot omdat gedoseerd wordt op een Nereda en er in kortere tijd (orde grootte enkele minuten tijdens de beluchtingsfase) ingebracht moet worden. Silo-grootte is 43 m<sup>3</sup>.

*RWZI Nieuwe Waterweg:*

De PACAS installatie op RWZI Nieuwe Waterweg verwerkt het effluent van de RWZI. Op deze RWZI is een kassencomplex aangesloten welke hoge concentraties gewasbeschermingsmiddelen bevat. Dit effluent van de RWZI wordt in een door Sülzle geleverde installatie behandeld bij een relatief hoge PAK dosering van 30 mg/l.

**DRINKWATERSTATIONS SCHEVENINGEN, MONSTER EN KATWIJK (DUNEA):**

De silo in Scheveningen is 100 m<sup>3</sup> en hier staan er 2 van. Die op Katwijk is 80 m<sup>3</sup>, de nieuwe silo's worden er 2 van 130 m<sup>3</sup>. In Monster staat dezelfde installatie als in Scheveningen. Deze installaties zijn bedoeld voor de verwijdering van kleur, geur en PFAS.

**4.2.1 LESSONS LEARNED**

Vanuit de praktijk zijn een aantal aanbevelingen naar voren gekomen:

- Het PAK doseersysteem is gevoelig voor verstoppingen; gebruik hiervoor óf gebroken drinkwater óf goed gefilterd bedrijfswater. Daarnaast is het van belang preventief onderhoud te plegen aan de vortex ter voorkoming van verstoppingen. Zowel op Leiden Noord als op Groesbeek zijn problemen met verstoppingen geconstateerd en wordt momenteel gekeken naar een extra filter voor de bedrijfswaterinstallatie.
- Volume van de silo bij voorkeur minimaal 80-85 m<sup>3</sup> (bij hoge jaarverbruiken) i.v.m. benodigd stortvolume. Het volume moet bij voorkeur groot genoeg zijn voor 1 tankwagen (+/- 50 m<sup>3</sup>) met daarbij minimaal 15 m<sup>3</sup> ruimte boven de PAK om te lossen (15 m<sup>3</sup> vrij na het lossen) én een voorraad van een aantal dagen (Dunea hanteert 10 dagen 'ijzeren voorraad'). Voor lagere verbruiken op kleinere RWZI's zijn kleinere leveringen ook mogelijk.
- Stortgewicht vs. soortelijk gewicht PAK is een aandachtspunt bij ontwerp en capaciteit van de silo. Hou bij het ontwerp van de silo rekening met het stortvolume van PAK.
- **Let op: Afhankelijk van het type PAK kan het soortelijk gewicht tot een factor 2 variëren. Houd hier rekening mee bij het ontwerp van de silo en het doseersysteem**

- Op RWZI Oijen en Dinther is dit opgelost door 2 verschillende schroeven te hebben (elke met een andere dichtheidsrange). Op deze manier zit men niet vast aan 1 dichtheid/type PAK.
- Het is handig om een chauffeur te hebben met ervaring in PAK lossen; het is bijvoorbeeld belangrijk om langzaam te lossen, PAK moet kunnen “bezinken”. Deze verantwoordelijkheid ligt vaak bij de PAK leverancier (contractueel vastgelegd).
- Het is aan te bevelen om een stofexplosie expert te betrekken voor de ATEX zaken aangezien stof zich heel anders gedraagt dan gas (zie verder hoofdstuk 5)

#### **ERVARINGEN BEDRIJFSWATERFILTER**

Wat de filtering van het bedrijfswaterfilter betreft zijn enkele ervaringen geïnventariseerd ten aanzien van de poriëgrootte van het filter:

- Op de RWZI Groesbeek is het 200 µm filter vervangen door een 50 µm filter maar dat sloeg meteen dicht en is daarom weer verwisseld. De leverancier geeft aan dat het probleem naar verwachting ontstaat door de sproeiers in combinatie met de zeer lichte poeder waardoor aangroei ontstaat. Of dit met een ander filter opgelost kan worden betwijfelt de leverancier (met drinkwater is het waarschijnlijk wel mogelijk). Een oplossingsrichting is om naar een ander principe te gaan om het water aan te voeren in de mengconus met de poeder (vortexvat). Het water zal dan in een ring in de conus stromen en zich verdelen over de wand door meerdere overstroompunten. De hoop is dat hierdoor minder problemen optreden met vocht en de aanhechting van PAK.
- De PACAS installatie op de RWZI Simpelveld is nog niet in bedrijf genomen. Sülzle vraagt een filtering tot 500 µm. WBL heeft een filter geïnstalleerd van 200 µm. De praktijk moet nog uitwijzen hoe het filter gaat functioneren.

Al met al blijkt het niet eenvoudig om bedrijfswater op te werken tot de gewenste kwaliteit voor toepassing in de sproeinozzles. Een zeer fijn filter is niet altijd de oplossing omdat dit snel dicht kan slaan. Aanbevolen wordt om voor de sproeinozzles gebroken drinkwater te gebruiken en de hoofdverdunning te doen met bedrijfswater.

# 5

## ATEX

### 5.1 INLEIDING

Bij de opslag en dosering van PAK op een RWZI zijn ATEX-maatregelen van toepassing. Deze maatregelen en aandachtspunten worden in dit hoofdstuk toegelicht.

### 5.2 NORMEN

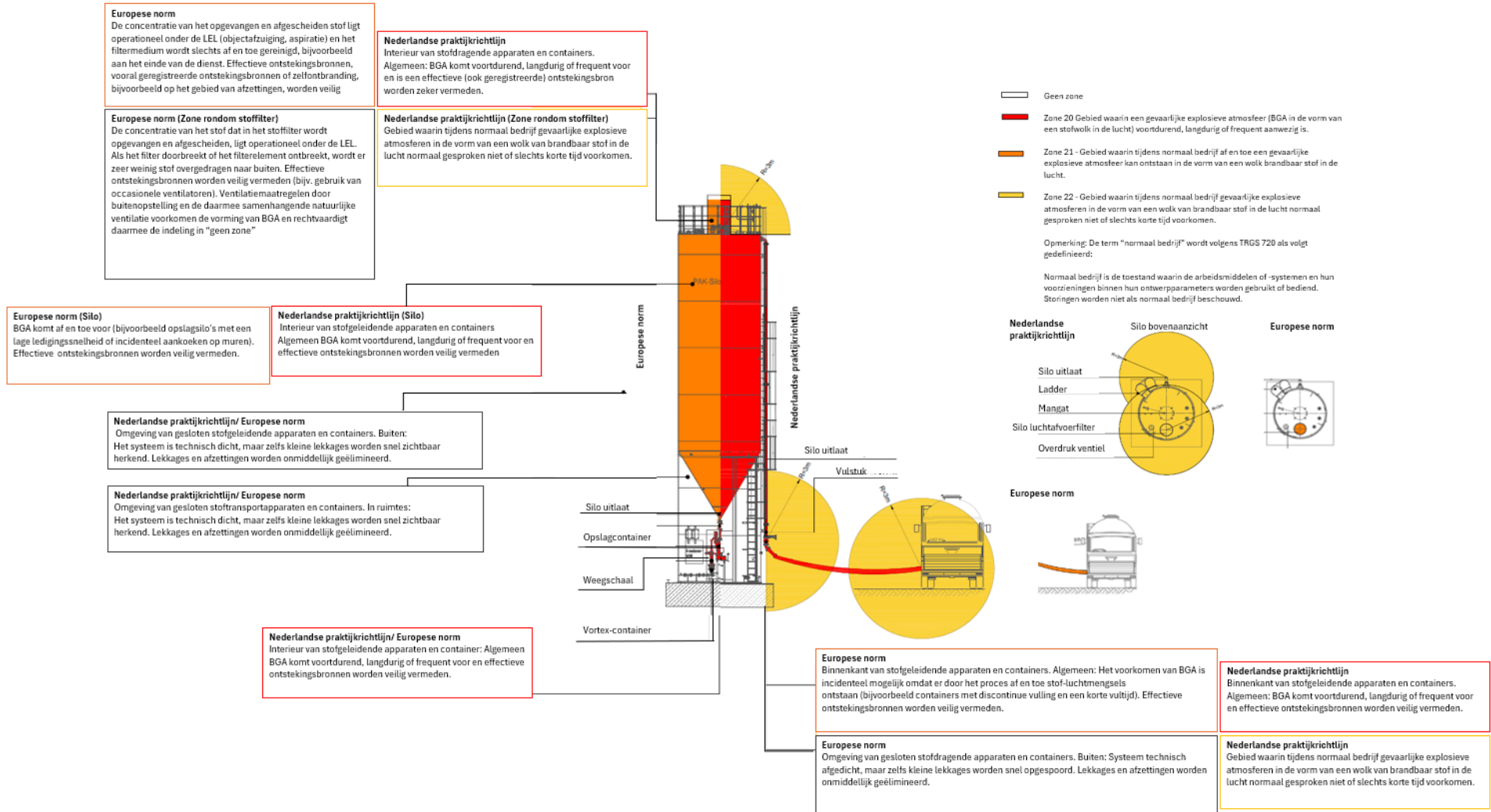
Welke installatie-onderdelen er onder ATEX vallen, is bepaald bij zonereren. Afhankelijk van het toepassen van de NEN-EN-IEC 60079-10-2 (Europese norm) of de NPR7910-2 (Nederlandse praktijkrichtlijn) kan de ATEX-zonering er anders uitzien. Voor de EU richtlijn gelden de ATEX 153 en ATEX 114. Daarin wordt gesteld waaraan een installatie moet voldoen. Volgens die richtlijn moet je per lekbron berekenen wat het risico is. Met de Nederlandse Praktijk Richtlijn (NPR) is dat gestandaardiseerd en hoeft dit niet per lekbron te worden berekend. Volgens de NPR moet er een zone van 1 meter gehanteerd worden bij lekbronnen buiten en een zone van 3 meter bij een binnen opstelling waardoor er niet gerekend hoeft te worden en er in vergelijking met de Europese norm een grotere ATEX zone geldt. Wanneer de installatie onder een afdak staat wordt dit ook gezien als binnen-opstelling. Een stappenplan voor de bepaling van zones staat opgenomen in Bijlage 2. Een voorbeeld van de zones is navolgend weergegeven.

De NPR7910-2 zit aan de veilige kant, en resulteert in meer, andere en/of grotere ATEX-zones. Hierdoor worden wellicht organisatorische en technische maatregelen voorgeschreven die bij toepassing van de Europese norm niet nodig zijn. Figuur 5.1 en Tabel 5.1 geven inzicht in de verschillen die hierdoor kunnen ontstaan qua zonering.

**TABEL 5.1** ATEX ZONERING NPR VERSUS EU NORM

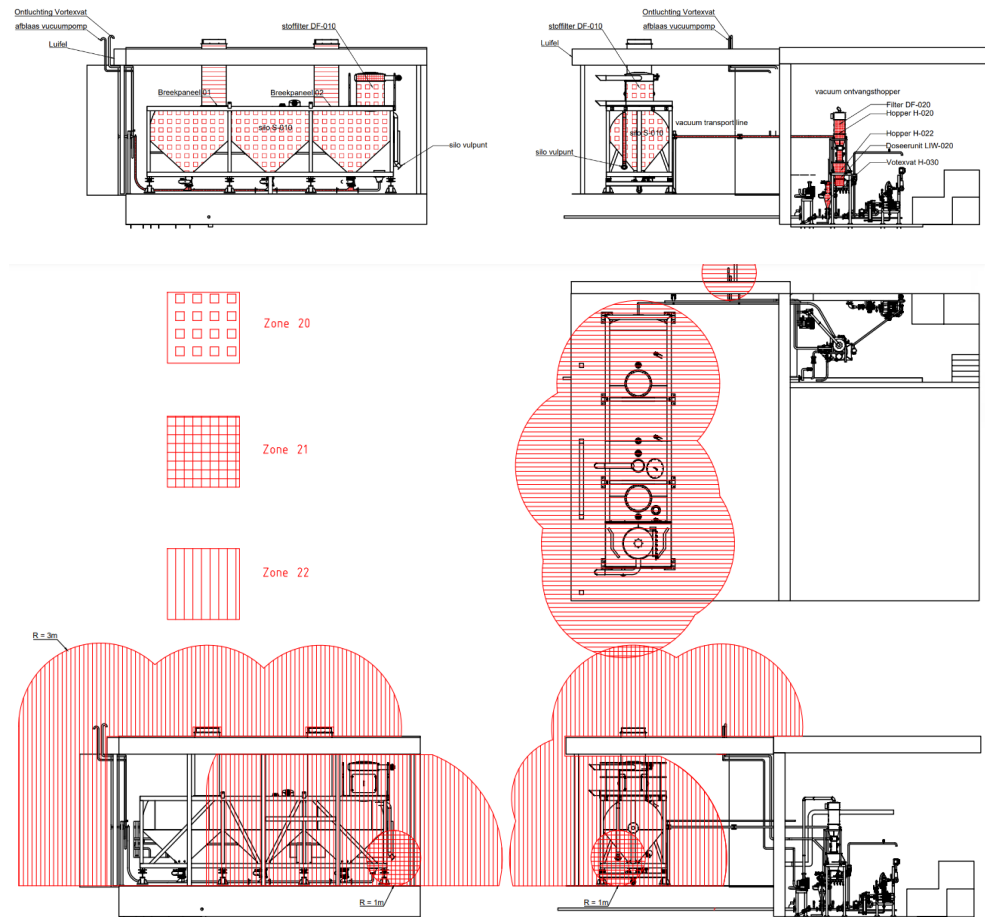
Onderdeel	Zone Nederland	Zone EU
Stoffilter	20	21
Zone rondom stoffilter	22	Geen zone
Silo	20	21
Binnenkant stofgeleidende apparaten (slang voor vullen silo)	20	21
Omgeving afgesloten stofdragende apparaten	22	Geen zone
Binnenkant stofgeleidende apparaten (doseerapparaat)	20	20

**FIGUUR 5.1 ATEX ZONERINGEN VOLGENS DE EUROPESE NORM EN DE NEDERLANDSE PRAKTIJKRICHTLIJN**



In Figuur 5.2 is een voorbeeld opgenomen van de ATEX zonerings van de PACAS installatie Groesbeek. Deze installatie betreft 3 onder een afdak opgestelde silo's en een inpandige aanmaak- en doseerinstallatie. Het bovenste deel van het figuur betreft de zonerings binnen in de installatie terwijl het onderste deel van het figuur de zonerings buiten de installatie weergeeft.

**FIGUUR 5.2** ATEX ZONES BIJ PAK-INSTALLATIE GROESBEEK; ZONES BINNEN IN DE PAK INSTALLATIE (BOVEN) EN ZONES BUITEN DE INSTALLATIE (ONDER); BRON: GERICKE

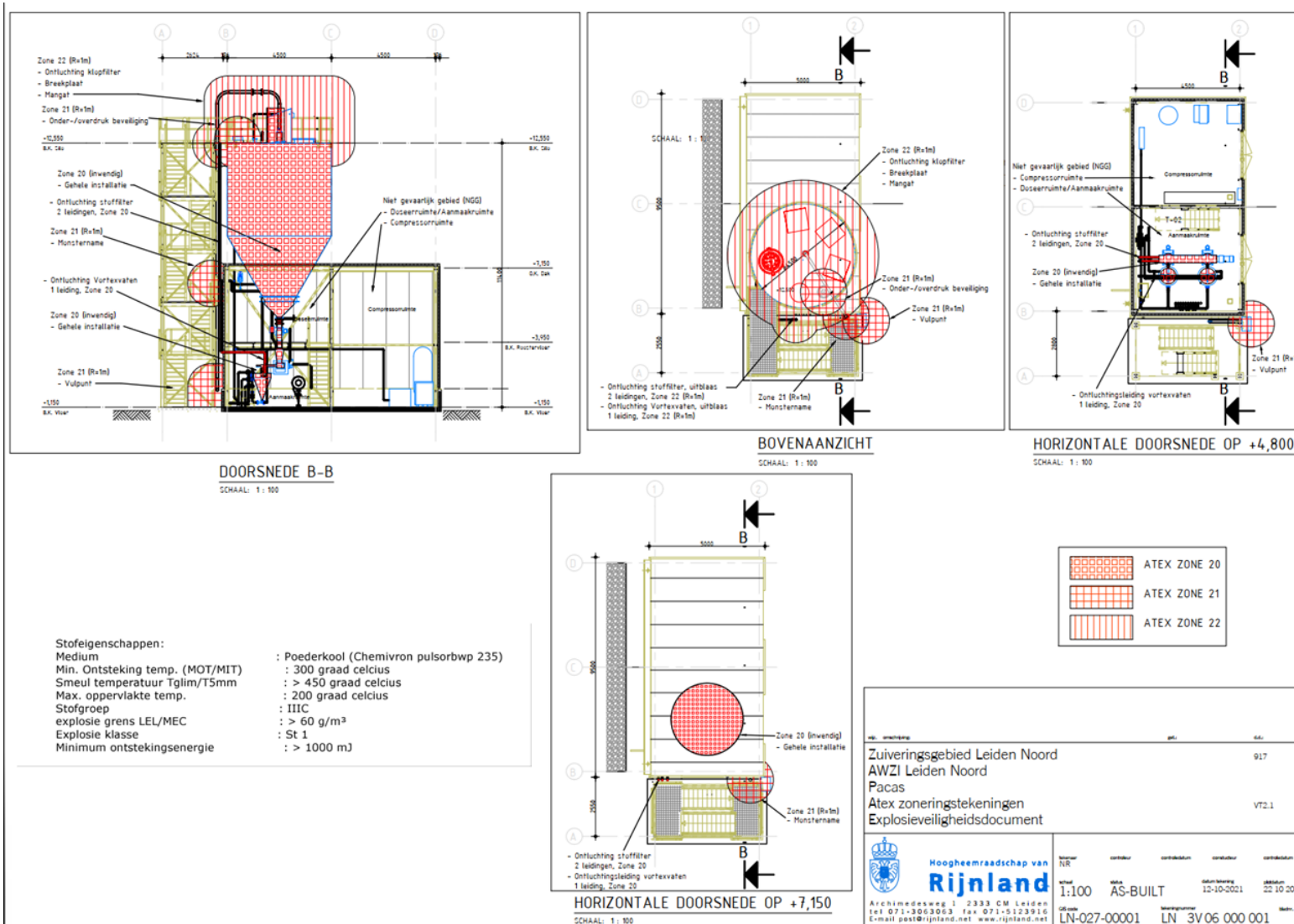


In Figuur 5.3 is een ATEX zoneringssteking van AWZI Leiden Noord weergegeven.

Op hoofdlijnen blijkt uit de figuren dat het volgende kan worden aangehouden voor de zonerings:

- Inwendig silo en stof geleidende apparaten: zone 20
- Omgeving afgesloten stof dragende apparaten: geen zone (NGG)
- Rondom klop/stof filter: zone 22 (dak silo)
- Vulpunt en overdruk beveiliging: zone 21

**FIGUUR 5.3 A**    **TEX ZONERINGSTEKENING AWZI LEIDEN NOORD (BRON: RIJNLAND)**





Op enkele Nederlandse RWZI's is discussie over de ruimte waar de PAK doseerinstallatie in staat. In principe is deze ruimte niet ATEX, omdat deze ruimte stofvrij is. Echter zijn er verschillende voorbeelden waar de installatie vaak open is voor onderhoud en de ruimte niet stofvrij is.

### 5.3 RISICO'S

Het transport en de opslag van PAK kan risico's met zich meebrengen. De volgende categorieën worden onderscheiden:

- Transport (opbouw statische elektriciteit)
- Opslag (opbouw statische elektriciteit, broei, stofexplosie)

#### TRANSPORT

Uit de interviews met PAK leveranciers volgt dat over het transport van chemisch geactiveerd PAK verschillende antwoorden gegeven worden. De ene leverancier geeft aan dat chemisch geactiveerd PAK niet in bulk mag worden getransporteerd terwijl de ander stelt dat dit geen probleem is en daar ook documenten (lab analyses, inspecties DEKRA) voor heeft aangeleverd.

Het lijkt er op dat niet puur gekeken moet worden naar of de PAK wel of niet chemisch geactiveerd is, maar meer in detail naar de eventuele bijkomende risico's en de certificering om die risico's te ondervangen.

Opbouw van statische elektriciteit dient bij het transport van PAK voorkomen te worden.

#### OPSLAG

Bij het transport van PAK vanuit de vrachtwagen naar de PAK opslag kan zich statische elektriciteit opbouwen. De PAK opslag- en doseerinstallatie dient daarom elektrisch geaard te zijn om de opbouw van statische elektriciteit te voorkomen.

Bij de opslag van PAK is er in theorie kans op broei, wat uiteindelijk tot een brand of explosie zou kunnen leiden. Dit wordt in de praktijk ondervangen door eisen te stellen aan het vochtgehalte in de aangeleverde PAK en droge lucht door de silo te blijven. In veiligheidsdocumenten voor de opslag van PAK wordt gesteld dat de temperatuur in de silo niet boven de 80 °C mag komen omdat er dan mogelijk sprake is van broei. Wel is er nog veel onzekerheid over de waarde van 80 °C. Indien deze temperatuur overschreden wordt dient de luchttoevoer naar de PAK silo afgesloten te worden en dient de PAK silo geïnertiseerd te worden middels stikstof. Inertiseren met stikstof is een optie maar brengt ook risico's met zich mee. De installatie is niet gasdicht. Vullen met stikstof betekend waarschijnlijk dat de ruimte in het gebouw zich vult met stikstof wat weer een risico is voor personeel. Een andere optie is vullen met water.

Op het moment dat PAK in de vorm van een stofwolk vrijkomt uit de silo kan zich in theorie een stofexplosie voordoen. PAK is bij hoge temperaturen brandbaar waardoor er de mogelijkheid is dat een stofexplosie optreedt. De deeltjesgrootte is van invloed op de kans van het ontstaan van een explosie. Als vuistregel geldt dat deeltjes van < 500 micron een risico kunnen vormen. Vervolgens geeft de onderste explosiegrens (ofwel Lower Explosion Limit – LEL) aan vanaf welke concentratie van die stof, opgewerfeld in de lucht, een explosieve atmosfeer kan ontstaan. Bij poedervormige stoffen ligt die waarde in de orde grootte van 10 gram tot enkele kilogrammen per kubieke meter. Deze concentraties kunnen al worden

bereikt bij het storten van poeders en/of het opwerpen van aanwezige stoflagen. Het vochtgehalte is van invloed op het stuifgedrag van een stof en daarmee op de kans dat een explosieve atmosfeer ontstaat (EIM\_stofbestrijding\_2019\_compressed.pdf (bulkuids.nl)).

Volgens verschillende PAK leveranciers is er een verschil tussen chemisch geactiveerd PAK en stoom geactiveerd PAK. Stoom geactiveerde PAK komt met ca 900 graden uit de oven, waardoor het risico op ontbranding klein is. Bij chemische activatie is er een iets hoger risico op ontbranding omdat het activatie proces niet bij hoge temperaturen plaatsvindt en de voor activatie toegepaste chemicaliën een katalytische werking kunnen hebben op de structuur van PAK waardoor PAK sneller kan ontbranden.

Om bovenstaande bewering te toetsen is een analyse uitgevoerd op de MSDS sheets van zowel chemisch- als stoom geactiveerde PAK. Uit deze analyse volgt geen verband tussen een lagere ontbrandingstemperatuur en chemische activatie. Hieruit volgt dat het belangrijk is om niet slechts af te gaan op het feit of de PAK wel of niet chemisch geactiveerd is, maar uit te gaan van de stofexplosie-eigenschappen die worden benoemd in de MSDS sheets.

In de navolgende paragraaf zijn de MSDS sheets van verschillende PAK naast elkaar gelegd om eventuele verbanden tussen het type PAK en het risico op stofexplosies inzichtelijk te maken.

#### **ANALYSE MSDS SHEETS**

De volgende parameters zijn middels MSDS sheets geïnventariseerd om eventueel onderscheid tussen stoom- en chemisch geactiveerd PAK te beoordelen:

- Minimale ontsteektemperatuur (MOT)
- Minimale ontstekingsenergie (MOE)
- Smeultemperatuur
- Maximale Explosie overdruk (Pmax)
- Maximale drukstijgsnelheid (Kst-waarde)

##### *Minimale ontsteek temperatuur en minimale ontstekingsenergie*

De voornaamste stoffeigenschappen met betrekking tot de ontsteekgevoeligheid zijn de minimale ontsteektemperatuur (MOT), de minimale ontstekingsenergie (MOE) en de smeultemperatuur. De MOT is de minimale temperatuur van een heet oppervlak waarmee een stofwolk kan worden ontstoken. De MOE is de minimale energie van een vonk waarmee een stofwolk kan worden ontstoken. De smeultemperatuur is de minimale temperatuur van een oppervlak die een stoflaag met een dikte van 5 mm kan ontsteken. Deze waarden geven geen informatie over de kans op het ontstaan van een explosieve atmosfeer, maar laten zien hoe moeilijk of gemakkelijk een stofwolk of stoflaag ontsteekt als die eenmaal aanwezig is. Ook in verband met de ontsteekgevoeligheid zijn deeltjesgrootte en vochtgehalte belangrijke eigenschappen. Over het algemeen geldt: hoe kleiner de deeltjesgrootte en hoe lager het vochtgehalte, hoe minder energie voor een ontsteking nodig is (EIM\_stofbestrijding\_2019\_compressed.pdf (bulkuids.nl)).

##### *Maximale explosieoverdruk*

Het effect van een stofexplosie hangt af van stoffeigenschappen zoals de maximale explosieoverdruk (Pmax) en de maximale drukstijgsnelheid (Kst-waarde) bij een explosie in een gesloten systeem. De waarden hiervan zijn nodig bij de keuze of het ontwerp van gevolg beperkende beheersmaatregelen (EIM\_stofbestrijding\_2019\_compressed.pdf (bulkuids.nl)).

In onderstaande tabel zijn de ranges van de inventarisatie van MSDS sheets voor verschillende PAK opgenomen.

**TABEL 5.2 BELANGRIJKSTE GEGEVENS UIT MSDS SHEETS**

Stofeigenschap	Eenheid	PAK voor verwijdering micro's
LEL	g/m <sup>3</sup>	20 - 60
MOT	°C	400 - 740
MOE	mJ	500 - 1200
Smeultemperatuur	°C	350 - 450
Pmax	bar	6 - 8
Kst	bar m/s	21 - 126

In Tabel 5.3 worden een viertal PAK MSDS sheets vergeleken (2 stoom geactiveerd en 2 chemisch geactiveerd) op ATEX gerelateerde parameters om eventuele verschillen tussen stoom en chemisch geactiveerde PAK inzichtelijk te maken. Uit de vergelijking komt echter naar voren dat op basis van deze gegevens geen duidelijk onderscheid gemaakt kan worden. Relevante eigenschappen zoals de Kst, MOT en Pmax laten geen eenduidig beeld zien. Het is niet per definitie zo dat stoom of chemisch geactiveerde PAK bij een hogere temperatuur ontbrandt (MOT) of dat chemisch of stoom geactiveerde PAK een hogere explosiedruk en drukstijgsnelheid hebben. In andere Europese landen wordt veelvuldig chemisch geactiveerd PAK toegepast voor de verwijdering van microverontreinigingen uit afvalwater. Aanbevolen wordt om een PAK te beoordelen op de MSDS sheet en niet op de wijze van activatie. Het is daarbij van belang om chemisch geactiveerd PAK niet bij voorbaat uit te sluiten van een aanbesteding.

**TABEL 5.3 VERGELIJKING MSDS SHEETS**

Aspect	Eenheid	1	2	3	4
Kst	bar m/s	21	90	88	47
MOT	°C	590	520	540	740
LEL	g/m <sup>3</sup>	60	60	60	60
Pmax	bar	79	332	200	175
Activatie	stoom/ chemisch	Stoom	Chemisch	Stoom	Chemisch

## 5.4 MAATREGELEN

De PAK opslagsilo is voorzien van een temperatuurmeting en een broeimeter (combinatie van CO, H<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> en HC). Dit om eventuele broei in de silo te constateren zodat tijdig maatregelen genomen kunnen worden. In plaats van een broeimeter wordt ook wel eens alleen een CO meter toegepast. In veel gevallen is een aansluitvoorziening voor stikstof (N<sub>2</sub>) voorzien om in geval van broei zuurstof te verdringen in de opslag-silo. Stikstof verdringt de lucht en vermindert of elimineert daardoor de oxidatie van materialen. Vloeibare stikstof hoeft niet op locatie aanwezig te zijn en kan worden aangevoerd op het moment dat er daadwerkelijk sprake is van broei. Er is nog geen eenduidigheid over welke waarden van de meters tot een alarm moeten leiden. Het is van belang om dit helder vast te leggen. Wel zijn er al enkele voorbeelden. Bij Rijnland alarmeert de temperatuurbewaking indien de temperatuur in de silo >80°C is. De installatie wordt dan vergrendeld. Er zijn voor de temperatuurbewaking van de opslag-silo op drie niveaus metingen geïnstalleerd; een temperatuur-meting boven in de opslag silo, een meting midden in de silo, en een meting onder in de silo. Leverancier Sülzle geeft aan dat de CO meting een eerste alarm geeft bij 300 ppm en daarna een definitief alarm bij 500 ppm. De temperatuursensor in de

silos geeft alarm bij een temperatuur van meer dan 90°C. Wanneer deze waarden worden overschreden wordt de installatie stilgezet (stopzetten perslucht en afvoer PAK).

Zoals beschreven in paragraaf 5.3 is het van belang dat de PAK installatie elektrisch geaard wordt om opbouw van statische elektriciteit te vermijden. Bij het inblazen van PAK kan statische elektriciteit opbouwen.

Het kan voordelen hebben om bij het ontwerp van een installatie een stofexplosie expert te betrekken. Waterschappen hebben veel ervaring met ATEX in relatie tot biogas, maar op het gebied van stof is er andere kennis vereist.

## **5.5 BEHEER EN ONDERHOUD**

Vanwege het risico op stofopbouw is het van belang de bedrijfsruimte met de PAK doseerinstallatie regelmatig te reinigen met een ATEX stofzuiger en vloeren eventueel af te spuiten ter voorkoming van stofophoping. Overige beheer en onderhoudsmaatregelen worden benoemd in hoofdstuk 7.

# 6

## PAK LEVERANCIERS EN DE UITSPOELING EN UITLOGING VAN (UIT) PAK

### 6.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk beschrijven we de resultaten van de interviews die gevoerd zijn met leveranciers van PAK. Daarnaast gaan we in op specifieke aandachtspunten waaronder de uitloging van verontreinigingen vanuit PAK en de uitspoeling van PAK naar het oppervlaktewater.

### 6.2 RESULTATEN INTERVIEWS PAK LEVERANCIERS

Er zijn verschillende leveranciers in binnen-en buitenland die PAK kunnen leveren aan de Nederlandse waterschappen. In het kader van dit onderzoek zijn interviews uitgevoerde met enkele van de grote leveranciers:

- Brenntag
- Norit
- Chemviron
- CSC
- Jacobi

Alle geïnterviewde leveranciers hebben aangegeven interesse te hebben in het leveren van PAK voor de Nederlandse RWZI's. Alle leveranciers benoemen specifieke PAK die geschikt geacht worden om microverontreinigingen te verwijderen uit afvalwater. In Tabel 6.1 zijn de belangrijkste kenmerken opgenomen waarbij de namen van de leveranciers geanonimiseerd en in willekeurige volgorde weergegeven zijn.

TABEL 6.1 RESULTATEN INTERVIEWS LEVERANCIERS (ANNO 2024)

Leverancier	1	2	3	4	5	Eenheid
Levering	>25.000		Productie 18.000, reactivatie 15.000		ca 15.000 tot 20.000 ton per jaar	Ton PAK /j
Gebruikte grondstoffen	Hout, blend (hout/fossiel)	Hout, blend, fossiel	Hout	Hout, steenkool	Hout, fossiel	
Bron grondstof	Azië	Azië	Azië	Europa, Azië, VS	Mondiaal	
Kosten*	2 – 3	3	2 – 3		2 – 3	EUR/ kg PAK
Kwaliteits- controle bij levering	Joodgetal, asgehalte, vocht, dichtheid			Deeltjesgrootte, joodgetal, vochtgehalte	Dichtheid, joodgetal, vochtgehalte, deeltjesgrootte, molassenummer, asgehalte, pH	
Testen voor rendement op micro's	Molasse test, UV254	molasse test, UV254	UV254	UV254	Molassetest	
Testen bij aanbesteding	Adsorptie isotherm		Adsorptie isotherm		Adsorptie isotherm	
Interesse NL markt	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	
Ingeschreven in DAS-systeem	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	
Activatie	Stoom en chemisch	Stoom	Stoom en chemisch	Stoom en chemisch		
Referenties op RWZI's	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	

\*Let op dit is prijspeil 2024, prijzen zijn verkregen middels interviews

Uit de tabel komt naar voren dat alle leveranciers PAK aanbieden gebaseerd op hout, één van hen haalt deze grondstof (deels) uit Europa. Wat verder opvalt is dat alle leveranciers aan RWZI's leveren. Ook de leveranciers met chemisch geactiveerd PAK. Chemisch geactiveerd PAK wordt veel toegepast op Duitse en Zwitserse RWZI's. Er is meer dan voldoende productiecapaciteit beschikbaar om aan de PAK vraag van de Nederlandse RWZI's te voldoen.

Verder wordt door de leveranciers aangegeven dat bij een aanbesteding een adsorptie isotherm opgesteld dient te worden op het specifieke water van de RWZI en bij voorkeur bij verschillende doseerconcentraties. Het testprotocol wat Aquon hiervoor hanteert is opgenomen in Bijlage 5.

Alle leveranciers zijn ingeschreven in het DAS systeem en geven aan interesse te hebben om aan de Nederlandse RWZI's te leveren. De door leveranciers genoemde prijzen liggen rond de 2 euro per kg voor fossiele PAK en 3 euro per kg voor niet-fossiele PAK. Navraag bij waterschappen die recent PAK hebben aanbesteed levert een prijs op van 2 - 2,5 euro/kg voor fossiele PAK en 3 – 3,5 euro/kg voor niet fossiele PAK.

### 6.3 UITLOGING OVERIGE VERONTREINIGINGEN

In STOWA 2023-02<sup>1</sup> wordt geconcludeerd dat het toepassen van PAK uit steenkool leidt tot een toename van zwavel, kalium en natrium in het slib in de PACAS straat. Ten opzichte van de referentiestraat lagen de kalium en zwavelconcentraties in het slib van de PACAS straat respectievelijk 22% en 19% procent hoger. Kalium en zwavel zijn afkomstig uit fossiele steenkool. In STOWA 2023-02 zijn eveneens metingen uitgevoerd om de eventuele uitloging van metalen naar de waterfase vast te stellen. In de waterfase zijn geen verhoogde concentraties metalen gemeten waardoor geconcludeerd kan worden dat er geen uitloging optreedt.

1 STOWA 2023-02, Pilot poederkooldosering RWZI Simpelveld

Ook Dunea geeft aan dat er bij de PAK die zij toepassen voor de productie van drinkwater geen uitloging optreedt van metalen.

Het feit dat er verhoogde concentraties kalium en zwavel aangetroffen zijn in het slib laat echter wel zien dat het gebruik van actief kool leidt tot een toename van ongewenste stoffen in het slib. Dit is niet verwonderlijk; actief kool bestaat gemiddeld voor 75 – 92% uit koolstof en voor de overige 8 – 25% uit andere stoffen. Afhankelijk van de grondstof en het productieproces van de kool betreft dit bijvoorbeeld waterstof, zuurstof en metalen <sup>2</sup>.

#### 6.4 UITSPOELING PAK

Bij toepassing van PAK in de waterzuivering eindigt deze hoofdzakelijk in het spuislib van de RWZI. De vraag is in welke mate PAK uitspoelt naar het oppervlaktewater. Dit is om allerlei redenen onwenselijk, onder meer omdat de PAK als gevolg van adsorptie beladen is geraakt met microverontreinigingen die nu juist niet in het oppervlaktewater thuis horen. Aan de andere kant wordt in STOWA 2023-32<sup>3</sup> geconcludeerd dat beladen PAK geen negatieve ecotoxicologische effecten heeft. Voor een brede toepassing van PAK in Nederland is het echter wel van belang om zicht te krijgen en te houden op de omvang van deze fractie.

Op basis van ervaringen in Zwitserland en Duitsland en ervaringen in pilots in Nederland wordt in STOWA 2023-32 geconcludeerd dat een visuele bepaling van de mate waarin filterpapier van kleur (zwarteheid) verandert, een goede indicatie geeft van de hoeveelheid PAK in een monster effluent (Schwarzgradbestimmung).

Deze methode is op de volgende locaties getest:

- Nereda PACAS RWZI Simpelveld: In STOWA 2023-02 (Pilot poederkooldosering RWZI Simpelveld) is deze methode uitgevoerd op de PAK straat én de referentiestraat van de Nereda Simpelveld. Geconcludeerd is dat de uitstroom van PAK in de afloop van de PAK-straat zeer beperkt is. De uitspoeling van PAK uit de Nereda lag altijd onder de 'rapportagegrens' van de Schwarzgradbestimmung (1 mg/l). Hieruit volgt dat het overgrote deel van de gedoseerde PAK in het slib wordt ingevangen.
- Op de AWZI Leiden Noord waar is een ijkreeks gemaakt maar latere metingen gaven een lichter filterpapiertje dan de ijkreeks. Conclusie was dat meten op deze RWZI niet veel zin heeft, omdat de verkleuring van het effluent zelf al te veel varieert.
- Op RWZI Oijen is volgens Schwarzgradbestimmung een ijkreeks opgesteld om de mogelijke uitspoeling van PAK in kaart te brengen. Echter vanwege kleur variaties in het effluent gaf deze test een vertekend beeld van mogelijke uitspoeling. Besloten is om deze testen voorlopig niet meer uit te voeren.
- Voor de pilot op AWZI Gouda is ook een ijkreeks gemaakt. Een eerste meting duidde niet op uitspoeling van PAK. Er kan nog niet vastgesteld worden of de methode hier beter bruikbaar is.
- Op RWZI Simpelveld wordt eveneens geconcludeerd dat de kleuring van het effluent zodanig fluctueert over de tijd dat een eerder opgesteld ijkreeks weinig zegt over het al dan niet uitspoelen van PAK.

<sup>2</sup> Dittmann et al, 2022, Characterization of activated carbons for water treatment using TGA-FTIR for analysis of oxygen-containing functional groups

<sup>3</sup> STOWA 2023-32, PAK in effluent

Op basis van de ervaringen op Simpelveld kan worden geconcludeerd dat er slechts zeer beperkt PAK uitspoelt naar het oppervlaktewater. Door de periodieke variatie in de kleur van het effluent is de Schwarzgradbestimmung methode echter niet geschikt gebleken voor toepassing op RWZI's zonder referentiestraat (zonder PACAS).

In een full-scale situatie kan overwogen worden om met een nauwkeuriger methode (bijvoorbeeld thermogravimetrische analyse) eventuele PAK resten in het effluent te kwantificeren.



# 7

## BEHEER EN ONDERHOUD

Net als andere onderdelen op de RWZI heeft een PAK installatie beheer en onderhoud nodig. Het beheer bestaat uit inspecties op alle onderdelen van de installatie; vervuiling, lekkage en werking. Het onderhoud bestaat uit het reinigen van aanmaakpompen, inspectie van de installatie (lekkage en werking), smeren, vervangen filters, compressor onderhoud, controleren over/onderdrukbeveiliging, controle van weegunit en inspectie van het gebouw NEN2767. Daarnaast moet jaarlijks inspectie plaatvinden op de bliksembeveiliging, de hijsbalk moet gekeurd worden en eens per 3 jaar worden elektrotechnische installatiedelen geïnspecteerd. Na 15 jaar moet afhankelijk van de inspectieresultaten worden bepaald of de installatie moet worden vervangen. In Bijlage 3 worden voorbeelden gegeven van beheer en onderhoud op AWZI Leiden- Noord en RWZI Oijen.

Op AWZI Leiden Noord wordt het vortex vat maandelijks voor een paar uur gevuld met een mengsel van azijnzuur en water om scaling te voorkomen (de afsluiters voor en na de ejecteur worden gesloten en het vortex vat wordt zo ver mogelijk gevuld).

Over het algemeen zijn de operators positief over de installatie. Het beheer en onderhoud is te overzien, gemiddeld wordt een uur per dag besteed aan de installatie. Wel komt duidelijk naar voren dat de filtratie van het aanmaakwater erg belangrijk is, zie ook paragraaf 4.2.1. Daarnaast is het effect van de installatie ook duidelijk te zien op de verwijdering van medicijnen en mogelijk ook verbetering van SVI. Ondanks de positiviteit blijkt wel dat het erg belangrijk blijft om de installatie goed te onderhouden en beheren, er moet voldoende aandacht voor zijn anders treden er verstoppingen op.

# 8

## DUURZAAMHEID

### 8.1 INLEIDING

Duurzaamheid is een belangrijk thema met betrekking tot PAK-dosering bij de waterschappen. Enerzijds moeten steeds meer stoffen uit het water worden verwijderd, anderzijds moeten de waterschappen energie- en CO<sub>2</sub>-neutraal worden waardoor de waterschappen gebaat zijn bij een zo laag mogelijke CO<sub>2</sub> footprint. Daarnaast spelen ook het type grondstof en de oorsprong mee in de duurzaamheidsafweging.

### 8.2 GRONDSTOF EN OORSPRONG

Een duidelijk onderscheid dat gemaakt kan worden, is de keuze tussen fossiele en niet-fossiele PAK. Waarbij fossiele PAK wordt geproduceerd uit steenkool en daarmee minder duurzaam is dan niet-fossiele PAK wat geproduceerd wordt uit grondstoffen als hout of kokosschillen. Ook worden er blends gemaakt van deels fossiele en deels niet-fossiele grondstoffen. Verder kan onderscheid gemaakt worden tussen vers PAK en PAK dat vrijkomt bij de reactivatie van granulair kool. Een nieuwe ontwikkeling is dat ook hergebruik van PAK uit de drinkwaterproductie en industriële processen wordt onderzocht, zie hoofdstuk 10.

Naast het type grondstof is ook de oorsprong van de grondstof relevant. De meeste grondstoffen (steenkool, hout) komen uit Azië of Amerika waar dan ook de carbonisatie- en activatie plaatsvinden. Slechts voor enkele PAK geldt dat de grondstoffen binnen de EU gewonnen worden en hier worden omgezet naar PAK, dit geldt voor enkele PAK op basis van hout. Van Europese grondstoffen is beter navolgbaar wat de oorsprong is en kan makkelijker getoetst worden of het een duurzame of niet-duurzame grondstof betreft zoals afvalhout of FSC hout.

Samengevat kan de volgende categorie indeling worden aangehouden, waarbij eveneens onderscheid moet worden gemaakt tussen de oorsprong van de grondstof (binnen- of buiten EU):

- Fossiele PAK
- Niet-fossiele PAK
- Mengsel (niet)fossiel/restproductie regeneratie GAK/overige mengsels
- Fossiele PAK, restproductie regeneratie GAK
- Hergebruik PAK uit drinkwater of industrie (in ontwikkeling)

### 8.3 CO<sub>2</sub> VOETAFDRIJK

Uit de interviews met leveranciers komt naar voren dat de LCA en resulterende CO<sub>2</sub>-voetafdruk van PAK op basis van steenkool inmiddels breed geaccepteerd is en momenteel tussen de 9,5 en 11 kg CO<sub>2</sub>/kg bedraagt. De voetafdruk van niet-fossiele PAK is nog niet eenduidig vastgelegd in een LCA omdat de grondstoffen vaak afkomstig zijn van kleine toeleveranciers. Niet-fossiele PAK wordt grotendeels geproduceerd in Azië waardoor de toeleveringsketen niet in beeld is.

Aan de hand van (internationale) literatuur is in deze studie getracht een inschatting te maken van de CO<sub>2</sub>-voetafdruk van niet-fossiele PAK en PAK uit reststromen.

Om een overzicht te krijgen van de verschillende CO<sub>2</sub>-voetafdrukken van verschillende typen PAK is onderscheid gemaakt tussen fossiele PAK, niet fossiele PAK (hout), PAK uit reactivatie en hergebruikte PAK (uit drinkwaterproductie). Op basis van recente literatuur is een verkenning gedaan naar de CO<sub>2</sub>-voetafdruk van niet fossiele PAK. Deze waarden zijn als input gebruikt in het CO<sub>2</sub> model van het IPMV om tot een CO<sub>2</sub> voetafdruk te komen uitgedrukt als kg CO<sub>2</sub>/ m<sup>3</sup> RWZI influent. Bij verschillende PAK soorten resulteert dit in een range. Tabel 8.1 geeft hiervan een overzicht. Hierbij is een dosering van 20 mg/l PAK aangenomen om tot 80% verwijdering te komen.

**TABEL 8.1** CO<sub>2</sub>-VOETAFDRIJK VERSCHILLENDE TYPEN PAK

PAK	kg CO <sub>2</sub> /kg <sup>A</sup>	kg CO <sub>2</sub> /kg <sup>B</sup>	kg CO <sub>2</sub> /kg <sup>C</sup>	g CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> RWZI influent <sup>D</sup>
Fossiele PAK	11,1	9,5		159 - 184
Niet fossiele PAK (hout)	3,9	0,9		21 - 69
PAK uit reactivatie	2,5	1,2		26 - 47
Hergebruikt PAK uit drinkwaterproductie			1,4	29

<sup>A</sup> STOWA CO<sub>2</sub> model IPMV

<sup>B</sup> Vilén et al. (2022) Comparative life cycle assessment of activated carbon production from various raw materials

<sup>C</sup> Her berekend o.b.v. KWR 2022, Hergebruik van actieve kool voor OMV verwijdering uit afvalwater

<sup>D</sup> Berekend met het STOWA CO<sub>2</sub> model

De getallen in de laatste kolom van Tabel 8.1 liggen in dezelfde orde grootte als de CO<sub>2</sub>-voetafdruk die KWR recent berekend heeft voor fossiele PAK en hergebruikte PAK uit de drinkwaterproductie. Ook de leveranciers van PAK komen met een CO<sub>2</sub>-voetafdruk variërend van 9 tot 11 kg CO<sub>2</sub>/kg PAK voor fossiele PAK. De studie van KWR kwam uit op een CO<sub>2</sub> voetafdruk van 0,078 kg CO<sub>2</sub>/ m<sup>3</sup> RWZI influent voor fossiele PAK en 0,011 kg CO<sub>2</sub>/ m<sup>3</sup> RWZI influent voor hergebruikte PAK (KWR-2022.048). Hiermee kan worden geconcludeerd dat de grondstof dé bepalende factor is in de CO<sub>2</sub>-voetafdruk van PAK. Een fossiele PAK heeft duidelijk een hogere CO<sub>2</sub>-voetafdruk dan niet-fossiele of hergebruikte/ gereactiveerde PAK.

**Noot:** In STOWA 2021-24 is de CO<sub>2</sub>-voetafdruk van niet-fossiele PAK bepaald op 64 – 127 g CO<sub>2</sub>/ m<sup>3</sup>. Op basis van voortschrijdend inzicht valt de CO<sub>2</sub>-voetafdruk van niet-fossiele PAK lager uit omdat destijds aangenomen werd dat de activatie van niet-fossiele PAK veel externe energie vereist. Dat is niet het geval, de energie voor stoom activatie wordt grotendeels geleverd door de energie die vrijkomt in het carbonisatieproces.

# 9

## AANBESTEDEN

### 9.1 INLEIDING

De afgelopen jaren is er door verschillende Nederlandse waterschappen ervaring opgedaan met de aanbesteding van PAK. In dit hoofdstuk is de kennis en ervaring uit deze aanbestedingen samengebracht. Naast de ervaring van de waterschappen die de aanbesteding hebben gedaan zijn ook PAK leveranciers betrokken om een beeld te krijgen van de aspecten die belangrijk zijn om mee te nemen in de aanbesteding.

### 9.2 HOE KAN PAK BINNEN DE REGELS VAN DE WATERSCHAPPEN AANBESTEED WORDEN?

Voor de aanbesteding van PAK kan het Dynamisch aankoopstelsel (DAS) worden gebruikt. Het DAS is een gezamenlijk aankoopstelsel van de waterschappen voor de aankoop van grondstoffen waarin leveranciers van grondstoffen opgenomen zijn. Leveranciers zoals Chemviron, Jacobi, Norit, Sibelco (heeft Act&Sorb overgenomen) en Brenntag zijn hierbij aangesloten. Nieuwe leveranciers kunnen een verzoek tot toelating indienen via [www.negometrix.nl](http://www.negometrix.nl). Voordeel van het DAS systeem is dat er geen Europese aanbesteding opgezet hoeft te worden en de doorlooptijden korter zijn.

Vanuit de PAK leveranciers die opgenomen zijn in het DAS systeem is de aanbeveling gekomen om een aanvraag via het DAS systeem te combineren met een persoonlijk bericht aan de verschillende leveranciers, zodat de aanbesteding niet 'gemist' wordt. Dit omdat meldingen vanuit het DAS systeem niet altijd opgemerkt worden en de titel niet altijd duidelijk maakt waar het over gaat. Ook geven waterschappen aan gemerkt te hebben dat een marktconsultatie over de specifieke situatie (leveringsgrootte, bereikbaarheid, etc.) toegevoegde waarde heeft.

### 9.3 HOE KUNNEN DUURZAAMHEID EN KWALITEIT AFGEWOGEN WORDEN?

Het gebruik van EMVI criteria kan helpen om duurzaamheid en kwaliteit goed mee te nemen in de aanbesteding. CSC adviseert hierbij om voor duurzaamheid vooral te kijken naar de oorsprong van de PAK grondstof en niet de CO<sub>2</sub> voetafdruk omdat deze nog in ontwikkeling is voor niet-fossiele PAK en dus niet altijd beschikbaar is of geen goed beeld geeft. Tegelijkertijd zijn LCA's van niet-fossiele PAK momenteel wel in opkomst en is er voldoende informatie te vinden om een richting te geven, zie ook hoofdstuk 8.

Mogelijke EMVI criteria:

- Verwijderingsrendement (lab testen)
- Grondstof PAK (fossiel, blend, niet-fossiel, afvalstof) en/of CO<sub>2</sub>-voetafdruk
- Oorsprong grondstof PAK (binnen vs. buiten EU)
- Manier van activatie (chemisch, stoom, blend)

Naast EMVI kan een PAK aanbesteding ook gegund worden op “Beste Prijs Kwaliteit Verhouding” (BPKV). Dit is recent door een waterschap toegepast voor een PAK aanbesteding waarbij de inschrijver met de “Beste prijs -kwaliteit verhouding” bepaald werd aan de hand van de volgende gunningcriteria. Voorbeelden van BPKV en EMVI aanbestedingen voor PAK zijn opgenomen in Bijlage 4.

In beide aanbestedingen zijn criteria opgenomen ten aanzien van prijs, kwaliteit, duurzaamheid en circulariteit. Voor de beoordeling van de kwaliteit wordt een adsorptie isotherm op RWZI effluent aanbevolen met verschillende PAK doseringen (bijvoorbeeld 10 en 20 mg PAK/l), zie ook Bijlage 5. Een lage PAK dosering geeft hierbij beter inzicht in het onderscheid in verwijderingsrendement tussen de verschillende PAK.

De invulling en het gewicht van de criteria verschilt. Zo beoordeelt het ene waterschap de duurzaamheid van een PAK aan de hand van een meegeleverd LCA terwijl het andere waterschap de duurzaamheid beoordeelt aan de hand van de CO<sub>2</sub> prestatieladder van de leverancier. Een andere mogelijkheid is om de duurzaamheid te beoordelen aan de hand van de oorsprong/bronmateriaal van de PAK (zie hoofdstuk 8).

#### **9.4 HOE KAN GECONTROLEERD WORDEN DAT DE ‘PRODUCTKWALITEIT’ WORDT GELEVERD, DIE IN DE AANBESTEDING IS INGEKOCHT?**

Bij het doen van een aanbesteding wordt aanbevolen om bij een gecertificeerd laboratorium een adsorptie isotherm uit te laten voeren voor de aangeboden PAK. Hiermee kan het verwijderingsrendement worden bepaald bij verschillende doseringen. Een voorbeeldprotocol staat opgenomen in de eerder aangehaalde Bijlage 5. Vaak wordt RWZI effluent gebruikt om isothermen op te stellen. Aanbevolen wordt om een maximaal aantal te testen PAK en doseringen vast te stellen (bijvoorbeeld maximaal 3 producten testen met 3 doseringen) om de analysekosten in de hand te houden. Deze test kan op het moment dat de PAK installatie reeds in bedrijf is eenvoudig herhaald worden bij twijfels over de effectiviteit van een PAK. Een randvoorwaarde hiervoor is dat monsternamen van de PAK bij levering mogelijk is via een monsternamekraan. Aanbevolen wordt daarom om een monsternamekraan op te nemen in de leiding naar het vulpunt van de silo.

Per geleverde PAK batch dient de leverancier een certificaat te verstrekken met in ieder geval de onderstaande informatie. Deze informatie is van belang voor het inregelen van de PAK installatie:

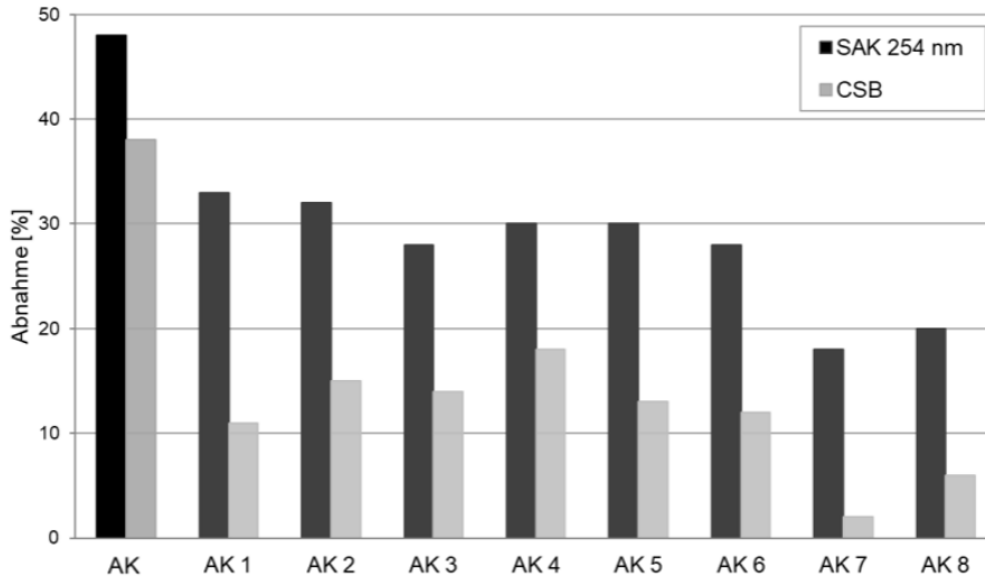
- Dichtheid
- Deeltjesgrootte
- Vochtgehalte

Andere parameters die vaak verstrekt worden bij levering betreffen het joodgetal en het asgehalte.

Indien een waterschap meer informatie wenst over de kwaliteit van een geleverde batch PAK kan overwogen worden een UV absorptie test (SAK 254) uit te laten voeren door het laboratorium (Aquon, Eurofins). Nagenoeg alle PAK leveranciers geven aan dat de SAK 254 methode een goede indicatie geeft van het verwijderingsrendement op microverontreinigingen. Ook wordt door enkele leveranciers de melasse index genoemd. Deze test wordt niet uitgevoerd door externe laboratoria:

- SAK 254 nm reductie (UV absorptie): bij de SAK 254 nm reductie wordt gekeken naar de afname van absorptiecapaciteit (zie Figuur 9.1). Dit geeft een indicatie van de verwijdering van microverontreinigingen (STOWA 2020-19). De leveranciers geven aan dat deze test eenvoudig te doen is (mogelijk ook door waterschap zelf).
- Melasse index: standaardmethode voor de bepaling van de ontkleuring

FIGUUR 9.1 VOORBEELD SAK 254 NM REDUCTIE TEST, CSB STAAT VOOR CZV (BRON: CSC)



In een PAK aanbesteding worden over het algemeen productspecificaties opgenomen voor PAK. Deze specificaties worden als eisen meegegeven door de silo leverancier. In Bijlage 5 is een voorbeeld opgenomen uit een recente aanbesteding. Van belang is dat deze specificaties realistisch zijn en gegarandeerd kunnen worden.

## 9.5 AANBESTEDEN BIJ REEDS TOEPASSEN PAK

Op het moment dat er reeds PAK gedoseerd wordt op een RWZI zal er na één tot enkele jaren opnieuw aanbesteed moeten worden. De vraag is welk effluent in de aanbesteding gebruikt moet worden voor de adsorptie isotherm. Op de RWZI wordt immers al PAK gedoseerd.

De volgende opties kunnen worden overwogen:

- PAK dosering tijdelijk uitzetten en effluent van betreffende RWZI toepassen
- Influent van de betreffende RWZI toepassen
- Effluent van een nabije RWZI zonder PACAS toepassen

Verschillende waterschappen geven aan dat hun voorkeur uitgaat naar het toepassen van effluent van een vergelijkbare RWZI zonder PACAS. Het voordeel hiervan is dat de PACAS dosering niet gestopt hoeft te worden.

# 10

## PRODUCTONTWIKKELINGEN

### 10.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk wordt een doorkijk gegeven naar de productontwikkelingen.

### 10.2 HERGEBRUIK POEDERKOOL (PAK) DUNEA

Een interessante productontwikkeling is het hergebruik van PAK uit de drinkwaterproductie. Dunea heeft drie productielocaties waar PAK gebruikt wordt voor de verwijdering van kleur, geur en PFAS. Deze PAK is snel verzadigd voor kleine PFAS verbindingen en wordt vervolgens afgezet als afvalstof. De adsorptiecapaciteit van deze PAK is echter nog groot waardoor deze in potentie ingezet kan worden op RWZI's voor de verwijdering van microverontreinigingen. Als opvolging van een TKI-onderzoek naar mogelijkheden voor hergebruik van poederkool uit de drinkwaterbereiding<sup>4</sup> is in een samenwerking van Aquaminerals, Dunea, Hoogheemraadschap van Rijnland en waterschap Aa en Maas aanvullend (laboratorium)onderzoek gedaan. Hierbij zijn ook proeven uitgevoerd om zeker te zijn dat ook bij hoge doseringen geen PFAS uit de slurry desorbeert en met het effluent geloosd kan worden. Zowel bij tests met hoge slurrydosering aan een effluentmonster als aan demiwater kon geen toename aan PFAS buiten de meetonzekerheid worden vastgesteld. Ook in de praktijk zullen de PFAS concentraties worden gemonitord.

Momenteel vindt een full-scale pilot op AWZI Gouda plaats, waarin handling van de poederkool-slurry, effectiviteit voor de verwijdering van microverontreinigingen uit afvalwater en invloed op het zuiveringsproces worden onderzocht. Een belangrijk punt van onderzoek is de benodigde dosering om te komen tot de gewenste 80% verwijdering van micro verontreinigingen. Naar verwachting zal de pilot eind 2025 afgerond zijn waarna vastgesteld kan worden of het hergebruik van drinkwater PAK een kansrijk alternatief is voor vers PAK.

Hergebruik van drinkwater PAK heeft als voordeel dat de PAK reeds als slurry van 15- 17% drogestof aangeleverd wordt waardoor een eenvoudige opslag- en doseerinstallatie volstaan. De complexe stap om poederkool om te zetten naar een slurry heeft bij Dunea immers al plaatsgevonden. Ook ATEX maatregelen zijn in dit geval niet nodig. De pilot op AWZI Gouda wordt uitgevoerd met een container met onderafvoer en een menger. Vanuit de container wordt de slurry naar de beluchtingstank gepompt.

Er is op jaarbasis in theorie circa 1500 ton PAK beschikbaar vanuit Dunea. De geschatte PAK-inkoop van de waterschappen zal toenemen tot ca. 1.200 ton/j in 2028. Daarmee zou de PAK vanuit de drinkwaterzuivering, afhankelijk van de effectiviteit, voldoende zijn voor een substantieel deel van de totale behoefte.

4 KWR 2022.048 Hergebruik van actieve kool voor OMV verwijdering uit afvalwater

De potentiële voordelen van hergebruik van drinkwater PAK:

- Duurzaamheid (betreft een afvalstof die momenteel naar stortplaats gaat)
- Kosten (afvalstof is in potentie goedkoper vanwege vermeden eindverwerkingskosten)
- Eenvoudige PAK installatie (slurry container met roerwerk en doseerpomp volstaat, geen complexe installatie, geen ATEX en minder beheer en onderhoud)

### **10.3 OVERIGE ONTWIKKELINGEN**

Ook is er sprake van een partij die gerecycled MDF als grondstof wil gebruiken. Dit komt tot nu toe echter nog niet echt van de grond, maar zou wel een mooi duurzaam alternatief zijn. Een andere partij kijkt naar het gebruik van snoeihout. Dit is dan niet direct voor actief kool maar voor biochar.



# 11

## CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

### 11.1 CONCLUSIES

De vragen die ten grondslag liggen aan dit rapport betreffen:

- Welke ATEX-maatregelen zijn er bij de opslag en dosering op een RWZI nodig en welke eisen worden er door de leverancier van de (opslag- en doseer)installatie gesteld aan PAK?
- Welke kwaliteitseisen kunnen er worden gesteld aan PAK voor de verwijdering van micro's aan de PAK leveranciers?
- Hoe kan de kwaliteit van PAK gecontroleerd worden? (voor- en nadelen van verschillende testen/ protocollen)
- Hoe kan PAK binnen de regels van de waterschappen aanbesteed worden?
- Hoe kunnen duurzaamheid en kwaliteit afgewogen worden?
- Een categorie indeling voor verschillende duurzame PAK
- Verzamelen informatie van leveranciers om voor de verschillende categorieën duurzame PAK een CO<sub>2</sub>-voetafdruk te berekenen
- Hoe kan gecontroleerd worden dat de 'productkwaliteit' wordt geleverd, die in de aanbesteding is ingekocht?
- Wat is het onderscheid tussen de diverse PAK producten (leveranciers) en zijn er nog productontwikkelingen te verwachten?

De beantwoording van deze vragen is navolgend per onderwerp samengevat.

#### ATEX MAATREGELEN

PAK installaties vallen onder de ATEX richtlijn waardoor er binnen- en buiten de installatie ATEX zones gelden. Het ontstaan van statische elektriciteit dient bij het transport en de opslag van PAK vermeden te worden. De Nederlandse interpretatie van de Europese ATEX richtlijn leidt er toe dat er in Nederland strengere ATEX eisen gelden ten aanzien van PAK installaties dan bij het hanteren van de Europese norm.

Vanuit de MSDS sheets zijn er geen aanwijzingen dat het transport en/of de opslag van chemisch geactiveerd PAK meer risico's opleveren dan stoom-geactiveerd PAK. In ons omringende landen wordt in veel gevallen chemisch geactiveerde PAK toegepast op RWZI's.

#### KWALITEITSEISEN EN CONTROLE PAK (TESTEN)

De belangrijkste kwaliteitseis betreft het verwijderingsrendement op microverontreinigingen bij een specifieke dosering. Daarnaast zijn algemene kwaliteitseisen van belang voor het ontwerp van de installatie zoals de dichtheid, vochtgehalte, deeltjesgrootte en ATEX gerelateerde parameters. Tevens kunnen vanuit duurzaamheid eisen gesteld worden aan de grondstof en oorsprong van een PAK.

De kwaliteit van PAK dient bij een aanbesteding bij voorkeur vastgesteld te worden door een gecertificeerd laboratorium middels een adsorptie isotherm voor microverontreinigingen. De test wordt uitgevoerd op het effluent van de betreffende RWZI, bij voorkeur met verschillende PAK doseringen. Bij twijfels over de kwaliteit van een PAK kan de adsorptie isotherm op elk moment herhaald worden met effluent van een vergelijkbare RWZI. Tevens

is een datasheet van de specifieke PAK levering vereist om te toetsen aan de MSDS. Voor de dagelijkse praktijk kan het waterschap overwegen een SAK254 test uit te laten voeren op effluent van een vergelijkbare RWZI, om de kwaliteit van PAK te toetsen. Deze test wordt aangeboden door laboratoria zoals Aquon.

Bij een PAK levering dient een datasheet verstrekt te worden met onder andere parameters zoals vochtgehalte, dichtheid, asgehalte en jood getal.

#### **AANBESTEDEN PAK, AFWEGEN DUURZAAMHEID EN KWALITEIT**

Voor de aanbesteding van PAK kan het Dynamisch aankoopstelsel (DAS) worden gebruikt. Het DAS is een gezamenlijk aankoopstelsel van de waterschappen voor de aankoop van grondstoffen waarin leveranciers van grondstoffen opgenomen zijn. Dit bespaart tijd en kosten omdat een Europese aanbesteding niet nodig is.

Via EMVI of BPKV criteria kan het waterschap in een aanbesteding de juiste balans zoeken tussen prijs, verwijderingsrendement op microverontreinigingen, circulariteit en duurzaamheid. Via recent uitgevoerde aanbestedingen zijn hier voldoende handvatten voor bij de Nederlandse waterschappen. Enkele lessen uit recente aanbestedingen:

- Voor de beoordeling van de kwaliteit van PAK wordt een adsorptie isotherm aanbevolen (zie kopje kwaliteitseisen en controle)
- Duurzaamheid en circulariteit van PAK kan beoordeeld worden aan de hand van het bronmateriaal (fossiel, niet-fossiel, blend, afvalstof), de herkomst (EU vs niet-EU) en de CO<sub>2</sub> footprint van de specifieke PAK. Een CO<sub>2</sub>-footprint, in de vorm van een LCA, is voor veel niet-fossiele PAK (nog) niet beschikbaar vanwege de complexiteit van de toeleveringsketen

#### **CATEGORIE INDELING DUURZAME PAK EN CO<sub>2</sub>-VOETAFDruk**

PAK wordt over het algemeen geproduceerd in Azië en Amerika waarna het per boot naar Europa getransporteerd wordt. Het aandeel in Europa geproduceerde PAK is zeer beperkt.

- De duurzaamheid van PAK kan beoordeeld worden op verschillende criteria; grondstof (fossiel/niet-fossiel), oorsprong grondstof (binnen/buiten EU), CO<sub>2</sub>-voetafdruk
- De CO<sub>2</sub>-voetafdruk van niet-fossiele PAK valt met 25-77 gram/m<sup>3</sup> influent aanzienlijk lager uit dan die de 160-180 gram/m<sup>3</sup> van fossiele PAK omdat de grondstof geen CO<sub>2</sub> vertegenwoordigt. Overige bronnen van PAK zoals de PAK fractie die resteert na de reactivatie van GAK of hergebruikte PAK uit de drinkwaterproductie resteert in een nog lagere CO<sub>2</sub>-voetafdruk dan die van niet-fossiele PAK

#### **LESSEN UIT DE PRAKTIJK**

- Vanuit reeds gerealiseerde PAK installaties op RWZI's en drinkwaterproductielocaties kunnen belangrijke lessen getrokken worden voor het ontwerp en beheer van nieuwe installaties. Het PAK doseersysteem is bijvoorbeeld gevoelig voor verstoppingen; gebruik hiervoor óf gebroken drinkwater óf goed gefilterd bedrijfswater. De leverancier van het systeem beveelt aan om gebroken drinkwater te gebruiken voor de sproeinzzles boven het vortexvat en bedrijfswater voor de waterstraalpomp. De sproeinzzles zijn gevoelig voor verstoppingen en vereisen slechts een klein deel van het benodigde water (ca 100 liter/h). Daarnaast is het van belang preventief onderhoud te plegen aan de vortex ter voorkoming van verstoppingen.
- Daarnaast is het van belang preventief onderhoud te plegen aan de vortex ter voorkoming van verstoppingen.

- Het blijkt niet eenvoudig om bedrijfswater op te werken tot de gewenste kwaliteit. Een zeer fijn filter is niet altijd de oplossing omdat dit snel dicht kan slaan. Van belang is om de lessen die in de praktijk geleerd worden zo optimaal mogelijk te verwerken in het ontwerp.
- Op dit moment wordt er nog geëxperimenteerd met filters van 50 t/m 200 micron. Ook wordt er nagedacht over een ander principe; het water aanvoeren in de mengconus met de poeder (vortexvat). Het water zal dan in een ring in de conus stromen en zich verdelen over de wand door meerdere overstrom punten. Hiermee is de hoop op minder problemen met het vocht en de aanhechting van de poeder.

### **ONDSCHIED TUSSEN DE DIVERSE PAK PRODUCTEN EN ONTWIKKELINGEN**

Er is steeds meer vraag naar PAK bij de waterschappen voor de verwijdering van microverontreinigingen op RWZI's. Vanuit de PAK leveranciers is er meer dan voldoende aanbod beschikbaar om aan deze vraag te voldoen. Dat geldt ook voor niet-fossiele PAK.

De prijzen die door PAK leveranciers afgegeven worden voor fossiele- en niet-fossiele PAK liggen ten tijde van schrijven in de orde grootte van 2 – 2,5 euro/kg voor fossiele PAK en 3,0 – 3,5 euro/kg voor niet-fossiele PAK. Afhankelijk van de energieprijzen kan de PAK prijs schommelen. Met de hoge gasprijs in 2022/2023 steeg de PAK prijs bijvoorbeeld tot circa 4 euro/kg voor fossiele PAK. Een enkele leverancier levert niet-fossiele PAK die geproduceerd is uit Europees afvalhout.

Hergebruik van PAK slurry vanuit de drinkwatersector is een veelbelovende ontwikkeling om zowel de kosten, duurzaamheid, ATEX maatregelen en beheer- en onderhoud van PAK installaties te verbeteren. Momenteel onderzoeken Hoogheemraadschap van Rijnland in combinatie met Aqua minerals en Dunea de mogelijkheden om PAK slurry uit de drinkwaterproductie in te zetten op RWZI's. Op dit moment wordt een pilot uitgevoerd op de AWZI Gouda. Eind 2025 zijn de resultaten naar verwachting beschikbaar.

## **11.2 AANBEVELINGEN**

Veel kennis en ervaring is al beschikbaar in Nederland met betrekking tot het aanbesteden en bedrijven van een PACAS installatie voor de verwijdering van microverontreinigingen. Als het besluit voor een PAK installatie genomen is, ga dan zo snel mogelijk langs bij full scale installaties van collega waterschappen om daar ervaring op te doen.

Het kan voordelen hebben om bij het ontwerp van een installatie een stofexplosie expert te betrekken voor de ATEX zaken aangezien stof zich heel anders gedraagt dan gas

Er is discussie over de eventuele risico's van chemisch geactiveerd PAK. Aanbevolen wordt om bij een aanbesteding niet bij voorbaat chemisch geactiveerd PAK uit te sluiten, maar een doelstelling op te nemen voor het verwijderingsrendement en producteisen voor onder meer explosieveiligheid zoals opgenomen in Bijlage 6. Verder wordt aanbevolen referenties op te vragen waar de betreffende PAK in de praktijk wordt toegepast. Op die manier wordt uiteindelijk de meest geschikte PAK geselecteerd.

Bij keuringsinstituten zoals DEKRA en instituten zoals het Duitse IFA<sup>5</sup> is veel kennis beschikbaar over de explosie karakteristieken van PAK en andere poedervormige materialen. Vragen rondom explosieveiligheid kunnen in een eventuele vervolgfase gezamenlijk met dergelijke partijen opgepakt worden.

5 IFA - Databases on hazardous substances: GESTIS-DUST-EX

Er is beperkt informatie beschikbaar over de eventuele uitloging van metalen en andere stoffen vanuit PAK naar de waterfase. Om uit te sluiten dat er uitloging optreedt wordt aanbevolen om uitlogingstesten uit te voeren op verschillende types PAK.

In STOWA 2023-02 wordt geconcludeerd dat het toepassen van PAK uit steenkool leidt tot een toename van zwavel, kalium en natrium in het slib. Kalium en zwavel zijn afkomstig uit fossiele steenkool. Het toevoegen van zware metalen aan het slib is ongewenst. Veel (aan kool gebonden en niet vluchtige) metalen gaan uiteindelijk naar de eindverwerking en komen in de assen terecht. En ook daar gelden weer kwaliteitseisen. Aanbevolen wordt om in een vervolgonderzoek voor verschillende types PAK de samenstelling vast te stellen. Specifiek voor wat betreft zware metalen.

Voor het kwantificeren van de uitspoeling van PAK is momenteel nog geen bruikbare methode beschikbaar maar wellicht bieden ontwikkelingen zoals de thermogravimetrische analyse uitkomst.

Aanbevolen wordt om contact op te nemen met Duitse/Zwitserse onderzoeksinstituten en na te gaan of er vorderingen gemaakt zijn op dit onderwerp.

## BIJLAGE 1

## OVERZICHT AFGENOMEN INTERVIEWS

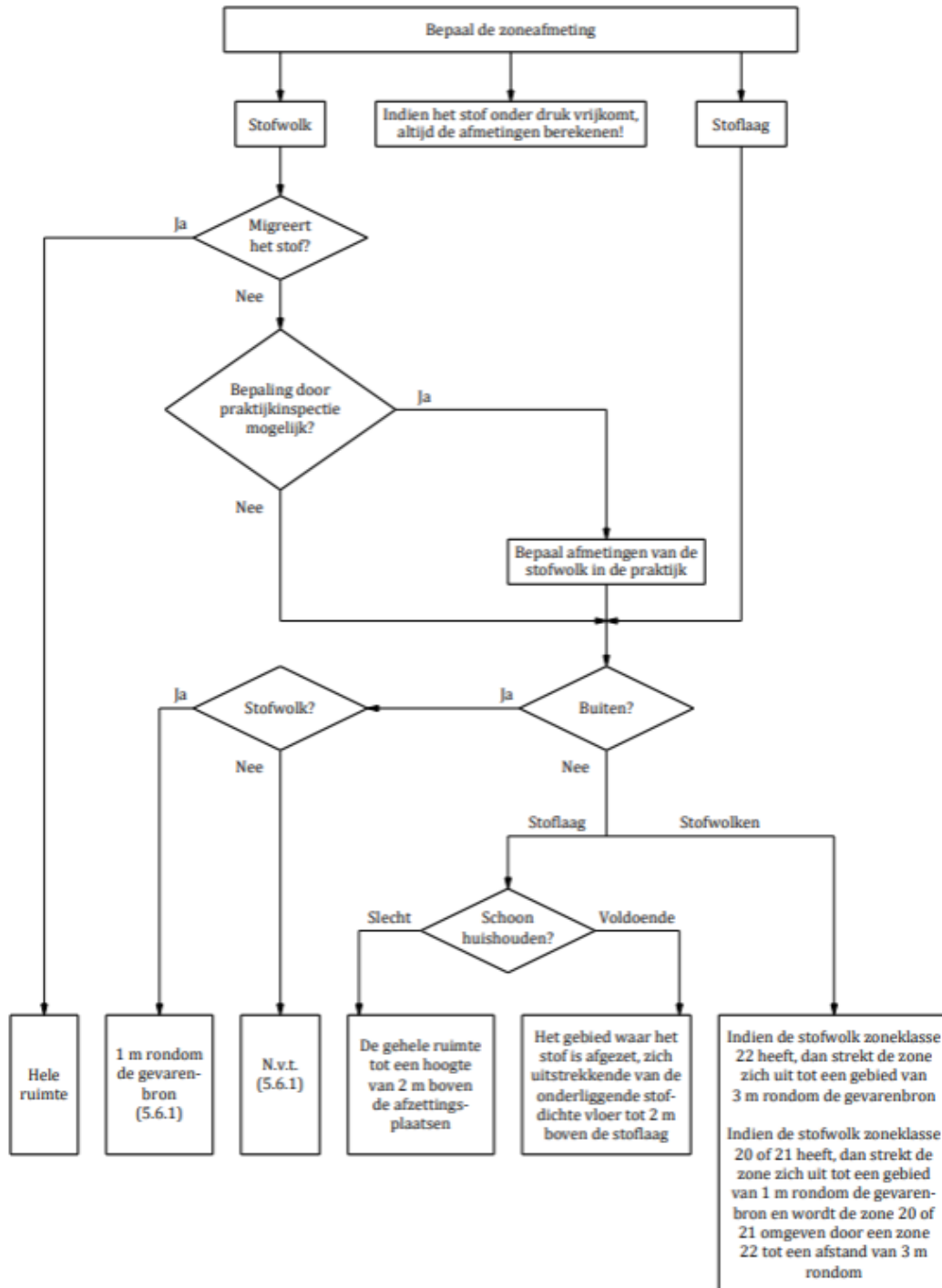
TABEL 11.1 GEÏNTERVIEWDE PARTIJEN

Bedrijven met ervaring	Dunea
	Rijnland
	Aa en Maas
	Rivierenland
	WBL
Leveranciers installaties	Sütlze
	Gericke
ATEX	ATEX adviseur Rijnland
	ATEX adviseur Aa en Maas
	ATEX adviseur WBL
Leveranciers poederkool	Brenntag
	Norit
	Chemviron
	CSC
	Jacobi
Aanbesteding	Inkoper Rijnland
	Inkoper Rivierenland
Ontwikkelingen	AquaMinerals/ Dunea / Rijnland

BIJLAGE 2

# BEPALING VAN DE ZONE AFMETINGEN - ATEX

NPR 7910-2:2020+C1:2021



## BIJLAGE 3

## BEHEER EN ONDERHOUD

## AWZI LEIDEN NOORD

Tabel 11.2 1<sup>e</sup>lijns beheer en onderhoud (AWZI Leiden Noord) Tabel 11.2 geeft een indicatie van de hoeveelheid en frequentie van het benodigde beheer en onderhoud.

TABEL 11.2 1<sup>E</sup>LIJNS BEHEER EN ONDERHOUD (AWZI LEIDEN NOORD)

Activiteit	Frequentie	Regie door	Toelichting
Inspectie installatie	1 wekelijks	Beheer	Vervuiling van de vortextrechter / ejector Lekkage van poeder Lekkage van olie bij de aandrijvingen Ongewone geluiden Normaal functioneren van de componenten Befestiging en beschadiging van de manchetverbindingen Controle van de instellingen van de druk reduceren
Inspectie installatie	2 wekelijks	Beheer	Stoffilter op silo dak: - Algehele controle op werking/lekkage Over/onderdruk ventiel op silo dak: - Algehele controle op werking/lekkage Trilbodem onder silo: - Algehele controle op werking/lekkage Doorvalsluis onder silo: - Algehele controle op werking/lekkage Transportschroef onder silo: - Algehele controle op werking/lekkage Filters op de doseerapparaten: - Algehele controle op werking/lekkage Doseerapparaten: - Algehele controle op werking/lekkage
Reinigen Aanmaakwaterpompen	4 wekelijks*	onderhoud	Betreft het reinigen van aanmaakwaterpomp t.b.v. de Pacas installatie.
Inspectie werking/lekkage installatie	6 maandelijks	onderhoud	Stoffilter op silo dak: - Algehele controle op werking/lekkage Over/onderdruk ventiel op silo dak: - Algehele controle op werking/lekkage Trilbodem onder silo: - Algehele controle op werking/lekkage Doorvalsluis onder silo: - Algehele controle op werking/lekkage Transportschroef onder silo: - Algehele controle op werking/lekkage Filters op de doseerapparaten: - Algehele controle op werking/lekkage Doseerapparaten: - Algehele controle op werking/lekkage - Inspecteer manchetten op verdroging
Smeren	jaarlijks	onderhoud	Transportschroef flenslager: smeren met SKF lagervet tot vet eruit komt Doorvalsluis: minimale hoeveelheid standaard Kettingvet/olie
Vervangen filters	jaarlijks	onderhoud	Vervangen filters op de doseerapparaten

\*Het 4-wekelijks reinigen van de pompen is hier erg locatie specifiek en wordt als het goed is veel minder frequent na het plaatsen van een aanvullend filter voor het aanmaakwater.

TABEL 11.3 2<sup>E</sup>LIJNS BEHEER EN ONDERHOUD (AWZI LEIDEN NOORD)

Activiteit	Frequentie	Regie door	Toelichting
Onderhoud werklucht compressor	jaarlijks	onderhoud	Compressor: - Oliewissel - Luchtfilters vervangen Adsorptiedroger: - Filters wisselen Aquamat: - Filter wisselen Netfilters: - Filters wisselen Cycloonafscheider: - Condensaftap controleren
Controleren over/onderdrukbeveiliging	Jaarlijks	onderhoud	Drukbeveiliging extern laten controleren
Controle van weegunit	Jaarlijks	onderhoud	Doseerapparaten: Controle van weegunit met gewichten / kalibreren
Inspectie gebouw NEN2767	6 jaarlijks	onderhoud	Inspectie

Voor de wet- en regelgeving zijn er daarnaast nog een aantal onderhoudswerkzaamheden:

TABEL 11.4 ONDERHOUD WET- EN REGELGEVING (AWZI LEIDEN NOORD)

Activiteit	Frequentie	Periode	Regie door	Toelichting
Inspectie bliksembeveiliging ATEX	Jaarlijks	jaarlijks	onderhoud	
Keuren hijsbalk	Jaarlijks	jaarlijks	onderhoud	Keuring hijsbalk
Inspectie elektrotechnische installatiedelen	3 jaarlijks	jaarlijks	onderhoud	Veiligheidsinspectie elektrische installaties (ATEX)

Na 15 jaar moet afhankelijk van de inspectieresultaten worden bepaald of de installatie moet worden vervangen.

### RWZI OIJEN

In het kader van dit onderzoek is gesproken met de operators van RWZI Oijen over hoe het onderhoud van de PACAS installatie wordt uitgevoerd. Hieruit komen de volgende zaken naar voren:

- De installatie is onderhoudsvriendelijke en je zou er niet elke dag tijd in hoeven stoppen, echter doet men dat wel om alles mooi schoon te houden en de installatie goed te leren kennen.
- Schoonmaken van de installatie is lastig, vooral de Vortexvaten. Dit doet men zelf 2 keer per week. De schoonmaak van de ruimte zelf is uitbesteed, de ruimte wordt 1 keer per maand stofvrij gemaakt.
- In het filterwerk zit veel slijtage dit is dan ook allemaal uit de installatie gehaald, verder is er bijna geen slijtage zoals je mag verwachten van een nieuwe installatie.
- De installatie werkt naar behoren, men zit nog in de ontdekkingsfase dus er zullen vast nog punten komen die ze anders willen hebben. Dit gaat in goed overleg met RWZI Dinther om elkaar te helpen.
- Het is duidelijk te zien via de monsterdagen dat er meer medicijnresten worden verwijderd, daarnaast lijkt de installatie ook een positief effect op de SVI te hebben.



## BIJLAGE 4

# VOORBEELDEN AANBESTEDING

## VOORBEELD 1: BPKV AANBESTEDING

Navolgend is voor bovengenoemd project de beoordelingsmethodiek beschreven aan de hand van de gehanteerde criteria en punten. **Let op:** de onderstaande beoordelingscriteria en toegekende punten betreffen een voorbeeld van een recente aanbesteding en dienen daarom enkel ter illustratie. Het waterschap kan zelf de wegingsfactor definiëren.

Het waterschap heeft er voor gekozen voor een gunning op BPKV. Hierbij is de volgende beoordeling gehanteerd:

1. Kwaliteit (60%)
  - a. Uitslag laboratorium testen (verwijderingsrendement microverontreinigingen)
  - b. Circulariteit
  - c. Duurzaamheid
2. Prijs (40%)

### *Uitslag laboratorium testen*

PAK dient minimaal 80% verwijderingsrendement te behalen voor 7 van de 11 gidsstoffen (let op: dit was destijds de norm, houdt nu rekening met nieuwe EU richtlijn). Deze zijn: 1,2,3-benzotriazool, carbamazepine, diclofenac, irbesartan, gabapentine, metropolol, hydrochloorthiazide, som van 4- en 5-methylbenzotriazool, sotalol, trimethoprim en venlaflaxine (let op: stoffenlijst verandert ook met nieuwe EU richtlijn). Beoordeling vindt plaats aan de hand van de mate waarin het aangeboden product de gidsstoffen verwijdert bij een specifieke dosering van ... mg PAK/l. Deze analyses worden uitgevoerd door een gecertificeerd lab. Het aantal te behalen punten is in onderstaande tabel opgenomen.

TABEL 11.5

PUNTEN UITSLAG LAB

Uitslag lab	Punten
80-85%	100
85,1-90%	200
>90,1%	300

### **CIRCULARITEIT**

Vanwege het doel om het gebruik van primaire grondstoffen (fossiel, mineraal, metaal) te reduceren dient de inschrijver in te vullen of het aangeboden product fossiel of niet-fossiele grondstof betreft en aan de hand van bijgeleverde documentatie aan te tonen uit welke grondstof de PAK is gemaakt. Het aantal te behalen punten is in onderstaande tabel opgenomen.

TABEL 11.6 PUNTEN CIRCULARITEIT

Circulariteit grondstof	Punten
Fossiele grondstof	0
Niet fossiele grondstof	100
Mengsel	...
Afvalstof (oorsprong fossiel)	...

Zoals in hoofdstuk 8 beschreven zou bovenstaande verdeling ook verder opgesplitst kunnen worden, waarin ook wordt gekeken naar blends, oorsprong van de PAK en eventuele hergebruik opties.

### Duurzaamheid

De inkoop van duurzame (groene) hulpstoffen draagt bij aan het doel van minder uitstoot van broeikasgassen. De inschrijver bewijst aan de hand van de geleverde documentatie of hij wel of niet gecertificeerd is volgens de CO<sub>2</sub>-prestatieladder en zo ja op welk niveau. Het aantal te behalen punten is in onderstaande tabel opgenomen.

TABEL 11.7 PUNTEN DUURZAAMHEID

Certificering CO <sub>2</sub> -prestatieladder	Punten
Nee	0
Niveau 1 t/m 3	50
Niveau 4 t/m 5	100

### PRIJS

De waardering van het onderdeel prijs wordt beoordeeld aan de hand van de aanbieding van de inschrijver. Naarmate de aanbieding beter is, zal deze beter worden beoordeeld. De berekeningsmethode is als volgt: Aantal punten = (Laagst ingediende prijs / Eigen prijs) \* maximaal te behalen aantal punten (400). De Inschrijver met de laagst aangeboden prijs krijgt het maximaal aantal te behalen punten (400).

### VOORBEELD 2: EMVI AANBESTEDING

De opdracht is gegund op basis van het criterium 'economisch meest voordelige Inschrijving', waarbij de Inschrijver die de Inschrijving met de laagste fictieve prijs heeft ingediend de Opdracht gegund heeft gekregen.

Welke Inschrijver de inschrijving met de laagste fictieve prijs heeft ingediend is aan de hand van de gunningscriteria prijs en kwaliteit bepaald. Aangezien het een kleine RWZI met een jaarverbruik van <100 m<sup>3</sup> PAK per jaar betreft is in het gunningscriterium prijs rekening gehouden met kleine leveringen.

Het gunningscriterium prijs bestaat uit 3 onderdelen:

- All-in prijs per kg poederkool bij een levering van 5 m<sup>3</sup>;
- Het uurtarief voor chauffeur en silowagen;
- All-in prijs per kg poederkool bij een levering van 15 m<sup>3</sup>.
- All-in prijs per kg poederkool bij een levering van 30 m<sup>3</sup>.

Deze onderdelen opgeteld leiden tot een aanbiedingsprijs.

Het gunningscriterium kwaliteit bestaat uit 3 onderdelen:

- a. verwijderingsrendement
- b. circulariteit
- c. duurzaamheid.

Op alle onderdelen kan een fictieve korting verdiend worden, afhankelijk van de prestaties en eigenschappen van de aangeboden poederkool. Verdere toelichting hieronder:

**TABEL 11.8** MAXIMAAL TE BEHALEN FICTIEVE KORTING PER ONDERDEEL

Subgunningscriteria Kwaliteit	Waarde maximaal te behalen fictieve korting in EUR excl. BTW
1. Verwijderingsrendement – Uitslag laboratorium testen	....
2. Circulariteit grondstof	....
3. Duurzaamheid	...
Totaal	....

#### a. Verwijderingsrendement – Uitslag laboratorium testen

Uitgangspunt: Het poederkool dient minimaal (gemiddeld) 80% verwijderingsrendement te behalen voor 7 van de 11 gidsstoffen. Deze zijn: 1,2,3-benzotriazool, carbamazepine, diclofenac, irbesartan, gabapentine, metropolol, hydrochloorthiazide, som van 4- en 5-methylbenzotriazool, sotalol, trimethoprim en venlafaxine.

Beoordeling: Beoordeling vindt plaats aan de hand van de mate waarin het aangeboden product de gidsstoffen verwijderd bij een dosering van ... mg PAK/l na 4 uur contacttijd. De testen worden uitgevoerd met DWA effluent van de RWZI, zonder dat PACAS-dosering op de RWZI in bedrijf is. De analyses worden in triplo uitgevoerd door een gecertificeerd laboratorium. De te verkrijgen korting loopt evenredig met het behaalde verwijderingsrendement voor 7 van de 11 gidsstoffen. Zowel het berekende verwijderingsrendement als de resulterende korting worden afgerond op gehele getallen/procentpunten.

Een verwijdering van 100% levert de maximale korting op terwijl een rendement onder de 80% uitsluiting betekent.

#### b. Circulaire grondstof

Uitgangspunt: Het waterschap heeft als doel om in 2030 het gebruik van primaire grondstoffen (fossiel, mineraal, metaal) te reduceren naar 50% ten opzichte van 2016.

Beoordeling: De inschrijver moet aan de hand van de geleverde documentatie bewijzen uit welke grondstof de poederkool is gemaakt. Bepaling van de fictieve korting wordt hieronder geschetst.

**TABEL 11.9** BEREKENING FICTIEVE KORTING GRONDSTOF

Circulaire grondstof	Fictieve korting in euro excl. BTW
Fossiele poederkool	....
Mengsel (50/50) fossiel en niet fossiel	.....
Niet fossiele poederkool	.....

### c. Duurzaamheid

Uitgangspunt: Het waterschap heeft als doel om in 2030 49% minder uitstoot van broeikasgassen te hebben t.o.v. 1990, en in 2050 100% neutraal te zijn. De inkoop van duurzamere (groene) hulpstoffen draagt bij aan dit doel.

Beoordeling: De inschrijver moet aan de hand van de geleverde documentatie bewijzen of het product wel of niet gecertificeerd is volgens de LCA-methode. Bepaling van de fictieve korting wordt hieronder geschetst.

TABEL 11.10

BEREKENING FICTIEVE KORTING DUURZAAMHEID

Circulaire grondstof	Fictieve korting in euro excl. BTW
Gecertificeerd LCA - Nee	.....
Gecertificeerd LCA - Ja	.....

## BIJLAGE 5

## VOORBEELD PROTOCOL PAK TESTEN AQUON

**MATERIALEN EN METHODEN**

Voor de testen wordt een jerrycan (10 liter) biologisch gezuiverd water (water van afloop nabezinktank (influent zandfilter)) bemonsterd. Hiermee kunnen in triplo 6 verschillende poederkolen getest worden. Indien meer testen gewenst zijn zal een grotere jerrycan bemonsterd moeten worden. De jerrycan wordt koel en donker bewaard tot de experimenten aanvangen. Dit dient echter wel binnen 7 dagen te zijn in verband met de conservering van de diverse gidsstoffen. Indien dit niet lukt zal een nieuwe jerrycan bemonsterd moeten worden.

De van verschillende leveranciers te testen poederkolen worden rechtstreeks door de leverancier naar het lab gestuurd.

Voor de analyse maakt het lab gebruik van het in opdracht van STOWA (in ILOW verband) opgezette onderzoek naar de analyse van gidsstoffen in RWZI's. De te analyseren componenten staan in tabel 1.

TABEL 11.11 COMPONENTEN IN GIDSSTOFFEN METHODE

Component	CAS nummer
Amisulpride	71675-85-9
Azithromycin	83905-01-5
Benzotriazol	95-14-7
Candesartan	139481-59-7
Carbamezapine	298-46-4
Citalopram	59729-33-8
Clarithromycine	81103-11-9
Diclofenac	15307-86-5
Furosemide	54-31-9
Gabapentine	60142-96-3
Hydrochloorthiazide	58-93-5
Irbesartan	138402-11-6
Metoprolol	37350-58-6
Propranolol	525-66-6
Sotalol	3930-20-9
4/5-methylbenzotriazol *	-
Sulfomethoxazol	723-46-6
Trimethoprim	738-70-5
Venlafaxin	93413-69-5

\*stof is de somparameter van 4 en 5 methylbenzotriazol, deze componenten zijn analytisch niet te scheiden.

**Uitvoering***Monstervoorbewerking*

Om de nulmeting uit te voeren wordt 1,00 ml monstermateriaal uit de jerrycan in triplo genomen voor analyse. De poederkolen van de diverse leveranciers worden in triplo getest door in een fles 500 ml monstermateriaal uit de jerrycan te gieten. Vervolgens wordt aan

de fles 5,00 mg poederkool toegevoegd. De fles wordt vervolgens 30 minuten geschud met een snelheid van 200 rpm op een schudmachine. Om zo min mogelijk bezinksel van het poederkool in het monster te krijgen moet deze na de schudprocedure 15 minuten bezinken. Vervolgens kan uit de fles 1,00 ml monster (analysemonster) genomen worden om de meting uit te voeren. Om beschadiging of verstopping van de apparatuur te voorkomen wordt indien na deze bezinkingsstap nog zwevende stof (poederkool) aanwezig is, het monster gecentrifugeerd om het poederkool neer te slaan. Wanneer dit onvoldoende effect heeft wordt het monster gefiltreerd over een PHENEX filter. Een PHENEX filter verwijdert deeltjes tot 0,2µm en heeft geen effect op de in monster aanwezige gidsstoffen. Om de werkwijze zo gelijk mogelijk te laten verlopen wordt de centrifuge en/of filtratiestap voor alle poederkolen toegepast indien dit voor één of meerdere poederkolen noodzakelijk blijkt te zijn.

### **Analyse**

Aan het analysemonster worden interne standaarden (gedeuteerde vorm van de te meten gidsstoffen) toegevoegd, waarna deze gereed is voor analyse. De analyse wordt uitgevoerd op een LC-MSMS systeem, waarbij voor kwantificering en bevestiging gebruik gemaakt wordt van 2 massa-overgangen van de te analyseren component. Voor de analyse wordt gebruik gemaakt van procedure V ORG 021 Geneesmiddelen en Hormoonresten in water.

### **Resultaten**

De resultaten van zowel de nulmetingen als de analysemonster metingen na voorbereiding met poederkool worden per component berekend. Door per poederkool de triplo's te middelen kan samen met het gemiddelde resultaat van de nulmeting het rendement van de gebruikte poederkool berekend worden. Per component zal het lab van de diverse poederkolen het rendement berekenen. Op basis van deze gegevens kan het waterschap bepalen welk poederkool zij het meest geschikt vindt voor gebruik bij de PACAS installatie.

## BIJLAGE 6

## VOORBEELD PRODUCTSPECIFICATIES

TABEL 11.12 PRODUCTSPECIFICATIES ZOALS OPGENOMEN IN EEN RECENTE AANBESTEDING

Kenmerk	Eenheid	PAK
Stortgewicht	Kg/m <sup>3</sup>	200-600
Deeltjesstructuur	Poeder / korrel / granulaat	Poeder
Korrelgrootte	µm	0-250 D50: 15-75
Hygroscopisch	Ja/ Nee	J
Vochtgehalte	%	<6
Vetgehalte	%	0
Oliegehalte	%	0
Slijtend	Ja / Nee	N
Beluchtbaar	Ja / Nee	J
Explosiegevoelig	Ja/ Nee	J
Kst	Bar.m/sec	<200
MIE	mJ	>1000
MIT	°C	>350
Pmax	Bar	<9
Gezondheidsrisico	Ja / nee	N
Giftig	Ja / Nee	N
Type activering	Chemisch / Stoom	Stoom