



Stuurparameters Actieve Kool

Deelrapport 3: Studie naar correlaties en regressies
waterkwaliteit, bedrijfsvoering en koolkwaliteit

BTO 2013.221(s)
December 2012

Stuurparameters Actieve Kool

Deelrapport 3: Studie naar correlaties en regressies
waterkwaliteit, bedrijfsvoering en koolkwaliteit

BTO 2013.221(s)
December 2012

© 2012 KWR

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Colofon

Titel

Stuurparameters Actieve Kool, Deelrapport 3: Studie naar correlaties en regressies waterkwaliteit, bedrijfsvoering en koolkwaliteit

Opdrachtnummer

B111720

Rapportnummer

BTO 2013.221(s)

Onderzoeksprogramma

Waterbehandeling

Projectmanager

D. Vries

Opdrachtgever

CvO

Kwaliteitsborger(s)

Jan Post

Auteur(s)

Dirk Vries

Verzonden aan

Dit rapport is verspreid onder BTO-participanten en is openbaar.

De resultaten zijn tevens gepresenteerd aan de Contactgroep Filtratie op 28 maart 2012.

Voorwoord

De meeste drinkwaterproductielocaties die oppervlaktewater of oeverfiltraat als ruw waterbron gebruiken zijn uitgerust met actief-koolfilters (AKFs). Veel van deze koolfilters moeten regelmatig gereactiveerd worden. De reactivatiefrequentie van de kool is in het verleden proefondervindelijk bepaald om doorslag van bestrijdingsmiddelen te voorkomen. Deze bestrijdingsmiddelen zijn tegenwoordig echter vaak nauwelijks meer meetbaar aanwezig. Het reactivatiecriterium is daarmee ook niet meer actueel. Nu is uit BTO onderzoek 2010-2012 naar voren gekomen dat het te overwegen is om niet langer de waterkwaliteit als uitgangspunt te nemen voor reactivatie. Het zou immers zo kunnen zijn dat de filtraatkwaliteit voor langere tijd wel voldoende is, maar dat te lange looptijden zonder doorslag ertoe leiden dat de kool een zeer slechte kwaliteit krijgt en daardoor nauwelijks meer te reactiveren is. Dit betekent een kostbare reactivatie met veel koolverlies of kostbare vervanging van de kool. Kortom: operatie geslaagd (het water is gezuiverd), maar de dokter is overleden (ten koste van de kool)...

Deze studie is een derde deelrapport van een reeksrapportage binnen het door BTO (Bedrijfstakonderzoek) gefinancierde project *Stuurparameters Actieve Kool*. Dit deelrapport bevat de resultaten van een studie naar correlaties en regressies tussen waterkwaliteit, bedrijfsvoering (deelrapport 1) en koolkwaliteit (deelrapport 2).

In voorgaand BTO onderzoek zijn van achttien waterproductiebedrijven met AKF in Nederland en Vlaanderen ~4 koolparameters geclassificeerd. Van de betreffende AKFs is daarnaast de bedrijfsvoering geïnventariseerd aan de hand van ~3 operationele parameters. In dit rapport is gekeken naar mogelijke correlaties van de koolkwaliteit met de bedrijfsvoering en/of de waterkwaliteit (~220 waterkwaliteitsparameters uit REWAB voor ruw en rein water). Als deze correlaties bestaand, dan kan er mogelijk iets gezegd worden over hoe sommige koolparameters binnen acceptabele grenzen gehouden kunnen worden door de reactivatiefrequentie af te stemmen op de waterkwaliteit.

Inhoud

Voorwoord	1
Inhoud	3
1 Inleiding	5
1.1 Algemeen	5
1.2 Projectomschrijving	5
1.3 Leeswijzer	6
2 Overzicht gegevens productielocaties	7
3 Koolkarakterisering en koolclassificatie	9
3.1 Parameters koolkarakterisatie	9
3.2 Onafhankelijkheid karakterisering	10
3.3 Classificatie van 'spent activated carbon'	10
4 Correlatie- en regressiestudie naar waterkwaliteit, bedrijfsvoering en koolkwaliteit	12
4.1 Waterkwaliteit versus koolkwaliteit	12
4.2 Operationele parameters versus koolkwaliteit	12
4.3 Gecombineerde parameters waterkwaliteit en bedrijfsvoering versus koolkwaliteit	13
5 Stuurparameters	16
5.1 Proof-of-principle	16
6 Conclusies en aanbevelingen	17
7 Referenties	18
I Operationele parameters	19
II REWAB parameterlijst	20
III Correlatiestatistieken RUW water; 2008	24
IV Correlatiestatistieken REIN water; 2009	28
V Regressie; rein water 2009	29
VI Regressie; ruw water 2008	32

1 Inleiding

1.1 Algemeen

Actieve kool wordt wereldwijd op tal van plaatsen ingezet om ongewenste materialen zoals organische verbindingen of metaalionen, te verwijderen. In de jaren '80 en '90 hebben vele Nederlandse en Vlaamse waterleidingsbedrijven filters van actieve koolstof met korrelstructuur (GAC) geïnstalleerd. Tegenwoordig zijn de meeste zuiveringsstations ten behoeve van drinkwaterproductie die oppervlaktewater of oeverfiltraat als ruw waterbron gebruiken, uitgerust met deze actief-koolfilters (AKFs).

1.2 Projectomschrijving

Diverse constatering hebben ertoe bijgedragen het project Stuurparameters Actieve Kool vorm te geven:

- de aanwezigheid van nieuwe microverontreinigingen in de waterbronnen en beschikbaarheid van actuele waterkwaliteitsdata;
- duurzaamheid ten aanzien van het beheer van de kool;
- efficiëntie van de huidige bedrijfsvoering van het AKF-proces ten aanzien van de drinkwaterkwaliteit;
- huidige effectiviteit van de beheersmaatregelen van de kwaliteit van actieve kool en operationele kosten van de AKF.

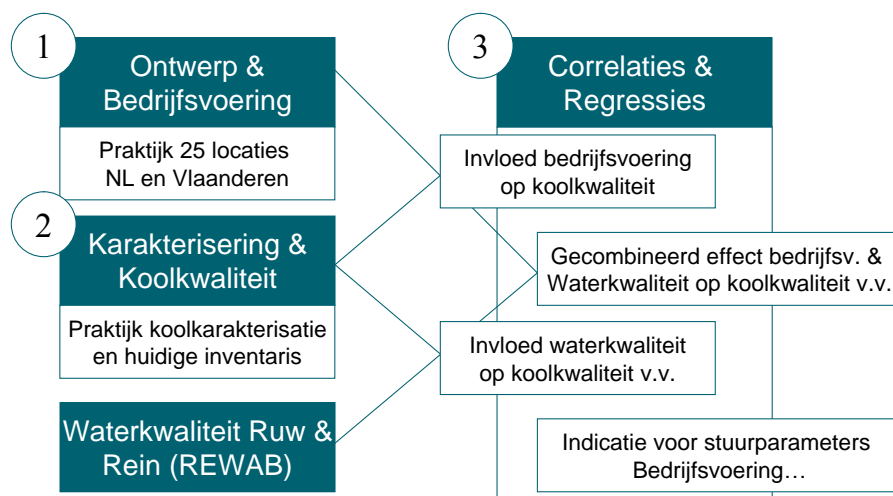
Deze constatering vormen een directe aanleiding om de huidige parameters voor het sturen van de bedrijfsvoering en het beheer van het AKF-proces tegen het licht te houden. Dit heeft de Nederlandse waterleidingsbedrijven gedreven om een gezamenlijk onderzoeksproject bij KWR te starten.

In dit rapport wordt (statistisch) getest of er indicatieparameters zijn die duiden op een (correlatief) verband tussen koolparameters, parameters in de bedrijfsvoering van koolfiltratie en/of gemeten parameters van drinkwaterkwaliteit.

De activiteiten en opbrengsten in dit project zijn als volgt gedefinieerd.

Activiteiten en opbrengsten

De belangrijkste vragen in de kwestie over de bedrijfsvoering en beheer van AKF zijn vertaald in de volgende fasering van het project met daaraan gekoppelde activiteiten en opbrengsten, zie **Figuur 1-1**.



Figuur 1-1: Schematische opzet van het project om te komen tot stuurparameters voor bedrijfsvoering AKF (nummers refereren aan de rapporten)

- Overzicht van ontwerp-, bedrijfsvoerings- en waterkwaliteitsparameters die voor de bedrijfsvoering en beheer van AKF bij Nederlandse en Vlaamse waterleidingbedrijven in gebruik zijn. Door middel van een schriftelijke questionnaire en aanvullende telefonische interviews is een inventarisatie verkregen van deze stuurparameters voor AKF. *Deelrapport 1*
- Overzicht van de koolkarakteristieken van AKF die bij Nederlandse en Vlaamse waterleidingbedrijven in gebruik zijn. In deze fase zijn de leveranciers van actieve kool betrokken. *Deelrapport 2*
- Onderzoek naar de optimale procedure met betrekking tot de juiste stuurparameters ten behoeve van de bedrijfsvoering en beheer van AKF. Daartoe worden de resultaten van de vorige activiteiten geïntegreerd en wordt een testbare methodiek gepresenteerd met betrekking tot de stuurparameters voor AKF. *Deelrapport 3 (voorliggende rapport)*

1.3 Leeswijzer

Het rapport is als volgt ingedeeld. De belangrijkste resultaten en conclusies uit de deelrapporten 1 en 2 worden in dit rapport opgenomen in respectievelijk Hoofdstuk 2 en 3. Hoofdstuk 4 presenteert de resultaten van statistische beschouwing van waterkwaliteit versus koolkwaliteit, koolkwaliteit versus operationele parameters en tenslotte een combinatie van waterkwaliteit en operationele parameters versus de koolkwaliteit. Het rapport sluit af met een voorstel om tot een bepaling te komen van nieuwe stuurparameters ter beoordeling van de actieve kool in relatie tot de zuivering en een hoofdstuk met conclusies en aanbevelingen.

2 Overzicht gegevens productielocaties

In dit hoofdstuk worden de resultaten van deelrapport (1): Overzicht bedrijfsvoering actief-koolinstallaties bij Nederlandse en Vlaamse drinkwaterbedrijven, samengevat.

Door middel van een schriftelijke questionnaire is geïnventariseerd welke stuurparameters voor de bedrijfsvoering en beheer van AKF worden gebruikt op 25 drinkwaterproductielocaties in Nederland en Vlaanderen. Daarbij is de questionnaire onderverdeeld in de volgende aspecten: (1) procestechnologie, (2) actieve kool, (3) bedrijfsvoering en (4) specificaties van AKFs. Vanuit de ingevulde questionnaires zijn overzichten gegenereerd in tabelvorm. De verkregen inzichten en analyses worden per aspect samengevat. Ten behoeve van een eenduidige lijn, wordt de vragenlijst gevolgd met als gevolg dat er in enkele gevallen uitspraken worden herhaald.

1. Procestechnologie

a. Doelstelling

Het AKF wordt voornamelijk toegepast met als doel microverontreinigingen te verwijderen. Iets minder dan de helft van de waterleidingbedrijven geeft ook aan de AKF te gebruiken om de biologische activiteit en/of nagroei in het distributienet te verminderen. Andere doelstellingen die minder vaak worden genoemd zijn verbetering van geur, smaak en kleur of toepassing als adsorptiefilter voor anorganische componenten.

b. Plaats in de zuivering

De plaatsing van het AKF is vaak aan het eind van de zuiveringstrein. Drie waterleidingbedrijven hebben het AKF het meer upstream in de zuivering: WML Grubbenvorst (NB. slechts 3 (N=3) zuiveringsstappen), WBG De Punt (N=7) en Pidpa Schoten (N=6); met N het aantal zuiveringsstappen.

c. Capaciteit AKF

Er is een vrij grote spreiding in capaciteit van productielocaties. Als eveneens naar de uurcapaciteit per actiefkoolfilter wordt gekeken, dan lijkt er een evenredig verband te bestaan tussen de grootte van een productielocatie en de uurcapaciteit van elk afzonderlijk filter: hoe groter de locatie, hoe groter de capaciteit van het filter. Waarschijnlijk spelen hier kostenoverwegingen en een zekere mate van redundantie ten behoeve van leveringszekerheid een rol.

d. Zuiveringstechnologische data en ervaringen

Zuiveringstechnologische data en ervaringen zijn divers. Met betrekking tot het het adsorptiefront geven alleen WML Heel en WML Roosteren aan deze actief te volgen. Bij productielocatie BrabantWater Macharen, Vierlingsbeek en Boxmeer wordt het adsorptiefront vroegtijdig (alvorens het de onderkant van het bed bereikt) gedetecteerd.

Bij alle bedrijven wordt vermeld dat het zuurstofgebruik en de pH van het effluent van de AKF nauwlettend in de gaten wordt gehouden nadat de kool ververst of gereactiveerd is. Sommige waterleidingbedrijven hebben geen of nauwelijks last van seizoensgebonden variaties in zuurstof en pH (WML, VMW Kluzen), bij Evides Braakman zijn er geen seizoensgebonden pH-verschillen. Bij de andere waterleidingbedrijven is er wel een seizoensgebonden effect in pH en zuurstof, of zijn er geen data beschikbaar. In enkele gevallen is er voldoende zuurstof aanwezig in het influent van de AKF door geforceerde beluchting of ozonatie in de zuiveringstap ervoor.

2. Actieve kool

a. Koolkeuze

Meest genoemde eisen die aan actieve kool worden gesteld zijn: jodiumgetal en asgehalte, gevolgd door de uniformiteitscoëfficiënt en de korrelgrootteverdeling. Uit de inventarisatie valt op te merken dat er ook belang wordt gehecht aan de hydraulische eigenschappen van actieve kool. Als motief voor de aanschaf en reactivatie wordt in de helft van de responsies ook aangegeven dat commerciële overwegingen een rol spelen.

b. Huidige koolinventaris

Zie punt 3c: Bedrijfsvoering, reactiveren.

c. *Beheer kool*

De procedures voor beheer van de koolfilters zijn in grote lijnen hetzelfde: alle filters worden vlakgespoeld, de meeste filters worden bemonsterd en (bijna) alle filters worden ingelopen alvorens ze in gebruik worden genomen. Met uitzondering van productielocatie PWN Andijk, wordt bij alle filters dan ook een hoogtemeting uitgevoerd.

3. Bedrijfsvoering

a. *Filtratiebedrijf*

Er bestaat een vrij grote spreiding in contacttijd: de gemiddelde contacttijd is ca. 19 minuten met een standaarddeviatie van 8 minuten.

b. *Terugspoelen*

Alle filters worden vlakgespoeld bij ingebruikname verse kool. Verder is dit onderwerp deels behandeld in Beheer Kool (zie punt 2c).

c. *Reactiveren*

Net als bij de contacttijd, bestaat er ook een grote variatie (de helft van het gemiddelde) in tijd van inbedrijfsname tot reactiveren: de standtijd. Standtijden verschillen per productielocatie aanzienlijk. Gemiddeld duurt het 2,3 jaar (ofwel 43.000 bedvolumina) voordat actieve kool wordt gereactiveerd, met een standaard deviatie van 1,4 jaar. De verliezen worden hierbij geschat op 9%.

Er wordt voornamelijk (N=20 bedrijven) op filtraatkwaliteit besloten of tot reactivatie wordt overgegaan. Met name microverontreinigingen worden hierbij genoemd. Daarnaast wordt de standtijd ook vaak als criterium opgegeven (N=10).

4. Uitvoering en dimensionering filters

De AKFs zijn van het type drukfilters, alle in staal met coating uitgevoerd; of gravitatiefilters, doorgaans in beton uitgevoerd (uitgezonderd de gravitatiefilters van BW Macharen en BW Vierlingsbeek). Met uitzondering van VMW Kluzen (drukfilter) , VMW Gavers (gravitaitefilter) en VMW De Punt (gravitatiefilter), hebben alle AKFs een filterdoppenbodem.

Dimensies van de koolfilters verschillen aanzienlijk, maar gemiddeld neemt het actieve kool ca. 71 m³ volume in per AKF. De spreiding in standaarddeviatie is meer dan de helft van dit gemiddelde. Het grootste koolvolume per AKF is te vinden bij PWN Lagrand, terwijl Vitens Laren over de kleinste koolvolume per AKF beschikt.

5. Vergelijkende analyse

a. *Contacttijd en uurcapaciteit*

Een vergelijking tussen contacttijd en uurcapaciteit van actieve koolfilters toont aan dat een correlatie lijkt te ontbreken, of, met andere woorden: de contacttijden zijn of worden op andere factoren gestuurd dan puur alleen op benodigde capaciteit.

b. *Contacttijd en standtijd*

Gesteld dat de kwaliteit van verse kool bij plaatsing van de kool bij elke productielocatie hetzelfde zou zijn en bovendien de kool net voor reactivatie van eenzelfde kwaliteit zou zijn, dan is te verwachten dat de contacttijd zo is afgestemd dat voor alle productielocaties hetzelfde aantal BV's benodigd zijn. Het 'geen-correlatie'-effect is niet eenduidig zichtbaar, wegens te weinig gegevens om de uitkomsten statistisch verantwoord te kunnen onderbouwen.

3 Koolkarakterisering en koolclassificatie

Adsorptie van organische microverontreinigingen op actieve kool is een proces waarin een groot aantal parameters een rol speelt. Om de eigenschappen van actieve kool te kunnen vergelijken en beslissingen ten aanzien van koolbeleid te kunnen nemen, is het nodig de kool te kunnen karakteriseren.

Daartoe zijn in deelrapport 2 (Overzicht koolkarakteristieken bij Nederlandse en Vlaamse drinkwaterbedrijven) de volgende vragen gesteld. Deze worden in de navolgende paragrafen kort samengevat.

Hoe wordt de kool gekarakteriseerd, en, wat zegt de karakterisatie?	3.1 Parameters koolkarakterisatie
a Wat zeggen de parameters die worden bepaald door de koolleverancier?	
b Wat is de betekenis voor de prestaties van de kool?	
Hoe onafhankelijk is de karakterisering (en classificering)?	3.2 Onafhankelijkheid karakterisering
a Maakt het uit wie de kool karakteriseert?	
b Hoe onafhankelijk zijn de verschillende parameters onderling?	
Hoe wordt de kool geclassificeerd?	3.3 Classificatie van 'spent activated carbon'

3.1 Parameters koolkarakterisatie

Er zijn diverse methoden die gebruikt kunnen worden om kool te karakteriseren. We onderscheiden directe methoden, die een eigenschap van de kool vrij direct bepalen, denk bijvoorbeeld aan het specifiek oppervlak of de samenstelling van functionele groepen op het oppervlak. Anderzijds definiëren we indirecte methoden, waarbij het adsorptie-gedrag wordt gekarakteriseerd door bepaalde standaardverbindingen aan bepaalde kooieigenschappen te relateren.

Een deel van die parameters heeft direct betrekking op de actieve kool zelf, zoals bijvoorbeeld het specifiek oppervlak, de poriegrootte(verdeling) en de samenstelling van de functionele groepen op het oppervlak. Het type uitgangsmateriaal en de gebruikte activeringsmethode hebben grote invloed op het bereik van deze parameters. Daarnaast speelt ook de omgeving een belangrijke rol, zoals bijvoorbeeld de pH en de aanwezigheid van elektrolyten, die ondermeer de oppervlaktelading van de actieve kool mede bepalen. Ten slotte is ook een eventueel reactivatieproces belangrijk voor de eigenschappen van de actieve kool.

Door de vele factoren die invloed kunnen hebben op de adsorptiecapaciteit, -lading en -kinetiek van actieve kool, zal het een duur en intensief proces zijn om al deze factoren te karakteriseren om daarmee de kool te duiden. In de praktijk wordt door koolleveranciers daarom voornamelijk de voorkeur gegeven aan karakterisering die snel en betrouwbaar zijn in de uitvoering. Als gevolg worden veelal indirecte koolparameters bepaald. Na een zekere levensduur wordt door de leverancier geadviseerd om op basis van de mechanische sterkte, deeltjesgrootteverdeling, jodiumadsorptie, maar vooral op basis van de hoeveelheid kalk die op de kool is neergeslagen, tot volledige vervanging van de kool over te gaan. Deze bepalingen zijn geschikt om te kunnen vergelijken of een nieuwe batch van hetzelfde type kool vergelijkbaar is met een oudere batch, of dat na reactivatie de kool weer min of meer vergelijkbaar is met de oorspronkelijk kool. De totstandkoming van dit advies wordt aan de hand van een classificatie volgens CEFIC-richtlijnen, waarbij de kool op basis van deze vier koolparameters wordt ingedeeld in drie kwaliteitsklassen (van hoogwaardig naar laagwaardig).

Hoewel snel en betrouwbaar in de bepaling van parameters, is een nadeel van het gebruik van deze parameters de beperkte betekenis voor het effect van de actieve kool in een zuiveringsproces. Dit als gevolg van een of meerdere van de volgende factoren: onderlinge afhankelijkheid, uitgangsmateriaal en activeringsmethode, samenstelling van het te zuiveren water, pH, enzovoorts. Wetenschappelijk is bovendien nog niet aangetoond hoe de waarden van koolparameters een indicatie kunnen geven over de gewenste reactivatie-frequentie, of om vast te stellen of een bepaald type kool in een bepaalde toepassing wel of niet geschikt is. Praktijkproeven zullen hier uitsluitsel moeten geven.

3.2 Onafhankelijkheid karakterisering

Zowel vervanging als reactivatie zijn kostbare aangelegenheden. Het is daarom van belang te testen of deze parameters onderling onafhankelijk van elkaar zijn en of beide koolleveranciers dezelfde resultaten verkrijgen bij een test met hetzelfde actiefkool-monster.

a Round Robin test - Maakt het uit wie de kool karakteriseert?

Met behulp van twee statistische toetsen zijn resultaten verkregen die getoond worden in Tabel 3-1. Uit de p-waarden blijkt dat alleen voor het joodgetal een eenduidig vergelijk tussen beide koolleveranciers mogelijk is. Voor het calciumgehalte en het asgetal is het gemiddelde weliswaar gelijk, maar is de spreiding ongelijk, waardoor niet zondermeer een eenduidig vergelijk gemaakt kan worden. De ball-pan hardness (BPH) geeft grote onderlinge verschillen tussen beide leveranciers, waarbij opgemerkt wordt dat Chemviron structureel een lagere BPH meet dan Norit. Gemiddeld is dit verschil 4,7 procentpunten. Beide leveranciers ondernemen naar aanleiding van dit laatste resultaat actie om in CEFIC-verband te komen tot verdere standaardisatie van de BPH-bepaling.

Tabel 3-1: testen waarbij de nulhypothese wordt getoetst of de resultaten van Round robin test tussen leveranciers Chemviron en Norit vergelijkbaar zijn.

	p-waarde (Student-t, tweezijdig)	p-waarde (Welch-t, tweezijdig)	Conclusie ten aanzien van nulhypothese
Calciumgehalte	0,00236	0,51	Wel zelfde gemiddelde, maar eenduidig vergelijk niet mogelijk omdat spreiding ongelijk is.
Joodgetal	0,44	0,83	Vergelijk van joodgetal mogelijk (zelfde uitkomsten)
BPH	$1,47 \cdot 10^{-6}$	$8,05 \cdot 10^{-4}$	Geen vergelijk mogelijk (uitkomsten verschillen teveel)
Asgetal	$1,40 \cdot 10^{-5}$	0,27	Wel zelfde gemiddelde, maar eenduidig vergelijk niet mogelijk omdat spreiding ongelijk is.

Tot slot zij opgemerkt dat de classificering van de kool volgens de CEFIC-classificatie voor wat betreft het joodgetal en het calciumgehalte in het merendeel niet onderscheidend is. De CEFIC-classificatie voor wat betreft de BPH zal de kool voorsnog door Chemviron één klasse lager worden geclassificeerd dan door Norit. Voor wat betreft de undersize is er geen vergelijking gemaakt, aangezien deze slechts door één van de leveranciers was bepaald.

b Hoe onafhankelijk zijn de verschillende parameters onderling?

Statistische beschouwing van een dataset van Nederlandse en Vlaamse waterproductiebedrijven wijst uit dat de door de koolleveranciers gebruikte koolparameters redelijk onafhankelijk van elkaar zijn. Bij één locatie met relatief veel data, die één type kool gebruikt en een min of meer identieke historie heeft, zijn de koolparameters ook min of meer onafhankelijk van elkaar. Voor het asgetal zijn er zwakke correlaties gevonden ($R^2 \approx 0.3$) met het jood- en het calciumgetal. Er zijn geen significante (significantiengrens 5%) correlaties tussen koolparameters aangetoond voor de parameters MPD (mean pore diameter), AD (apparent density) en met de (stand)tijd.

3.3 Classificatie van 'spent activated carbon'

Tenslotte is van achttien waterproductiebedrijven in Nederland en Vlaanderen, een set aan koolparameters geclassificeerd volgens de CEFIC-richtlijnen (zie ACPA 2010) aan de hand van periodieke bepalingen van kool die voor reactivatie werd aangeboden aan de koolleveranciers gedurende de periode 2009 - 2010. Voor alle productiebedrijven geldt dat de actiefkoolfilters één voor één periodiek worden gereactiveerd en nooit allemaal tegelijk. De gemiddelde koolkwaliteit over deze

periodieken is daarom een representatieve indicatie van de koolkwaliteit van een productiebedrijf in 2009 en 2010.

De CEFIC-classificaties zijn in Tabel 3-2 weergegeven:

Tabel 3-2: CEFIC-classificering kool van achttien waterproductiebedrijven, gemeten in de periode 2009 – 2010.

Bedrijf	WML Heel *	WML Grubbenvorst	WML Roosteren	VMW Kluzen	VMW Blankaart	VMW Gavers	Evides Berenplaat	Evides Baanhoek	Evides Braakman	Evides Kralingen	PWN Andijk WPJ/WRK-III, Heel	WBG De Punt *	Pidpa Schoten	Waternet Leiduin	Waternet Weesperk. *	BW Macharen	BW Vierlingsbeek	BW Boxmeer	BW Nuland	Vitens WMN *	Vitens Engelse Werk *	Vitens Groenekan *
CEFIC_Iodine	2.5	2.0	2.5	2.1	2.0	2.1	3.0	1.8	3.0	2.1	2.2	3.0	2.1	2.2	3.0	3.0	3.0	3.0	2.2	1.0	2.2	3.0
CEFIC_BPH	2.0	1.0	1.3	1.3	1.7	1.5	3.0	1.2	1.5	1.3	2.7	1.3	1.3	2.7	3.0	3.0	3.0	3.0	1.6	2.5	2.2	2.5
CEFIC_Calcium	2.3	1.7	2.0	1.2	1.0	1.9	2.0	1.6	2.0	1.3	1.7	1.3	1.3	1.7	2.0	3.0	3.0	3.0	1.8	2.0	1.4	2.0
CEFIC_undersize																						
CEFIC_totaal	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	2	2	2	3

* BPH van deze locaties is gecorrigeerd om tot vergelijkbare waarden te komen (zie Round Robin test)

Uit Tabel 3-2 blijkt dat dertien van de achttien locaties zouden worden geclassificeerd in klasse 2 en vijf in klasse 3. Er dient hierbij opgemerkt te worden (a) dat de kleinste zeeffractie (undersize) niet is meegenomen in deze classificatie en (b) de resultaten van de hardheid van de kool gelijkgetrokken is naar de resultaten van koolleverancier Chemviron.

4 Correlatie- en regressiestudie naar waterkwaliteit, bedrijfsvoering en koolkwaliteit

Tussen de waterkwaliteit, bedrijfsvoering en koolkwaliteit zijn er allerlei oorzakelijke verbanden. Er is echter geen zicht op hoe deze verbanden zich laten vangen in fysische of chemische wetmatigheden tussen de parameters als gemeten door waterleidingbedrijven en koolleveranciers. De data die beschikbaar is gesteld (questionnaire ingevuld door de waterleidingbedrijven, REWAB- en koolgegevens) is daarom onderworpen aan een statistische test teneinde te achterhalen of, en zo ja, in welke mate, er correlaties tussen deze factoren zijn te duiden.

De volgende vragen komen bij de statistische toetsing aan de orde:

Gegeven de waterkwaliteit, zegt dat iets over de koolkwaliteit? <i>Voor ruwwater?</i> <i>Voor rein water?</i>	4.1 Waterkwaliteit versus koolkwaliteit
Gegeven de bedrijfsvoering, zegt dat iets over de koolkwaliteit?	4.2 Operationele parameters versus koolkwaliteit
Gegeven de combinatie van bedrijfsvoering en waterkwaliteit, zegt dat iets over de koolkwaliteit?	4.3 Gecombineerde parameters waterkwaliteit en bedrijfsvoering versus koolkwaliteit

De methodiek die voor de Pearson-correlatiestudie gebruikt is, staat beschreven in Deelrapport 2. De criteria die gebruikt zijn om tabellen met correlatiestatistieken (zie Appendix II en III) te vullen zijn als volgt gedefinieerd:

- het aantal meetpunten (of pompstations) moet groter of gelijk zijn aan 8;
- het betrouwbaarheidsniveau is op 5% gesteld.

Een correlatiecoëfficiënt hoger dan tenminste 0.65 en een Q^2 hoger dan tenminste 0.70 worden als sterke correlatie beschouwd.

4.1 Waterkwaliteit versus koolkwaliteit

Ruwwaterkwaliteit versus koolkwaliteit

Circa 220 REWAB-parameters (zie Appendix I) die gemeten zijn in 2008 zijn vergeleken met de gemeten waarden van de koolgegevens. Om causaliteit van waterkwaliteit naar koolkwaliteit niet uit te sluiten worden gegevens gebruikt uit 2008, en koolgegevens die bepaald zijn in de periode 2009, 2010. Slechts zwakke correlaties worden gevonden, waaronder magnesium die met AD nog het beste correleert. Appendix II geeft de complete set van gevonden correlaties met waterkwaliteit (zie kolom: geen operationele parameter) weer, waarbij de grens is gesteld om correlaties met een $Q^2 \geq 0.65$ te tonen.

Rein waterkwaliteit versus koolkwaliteit

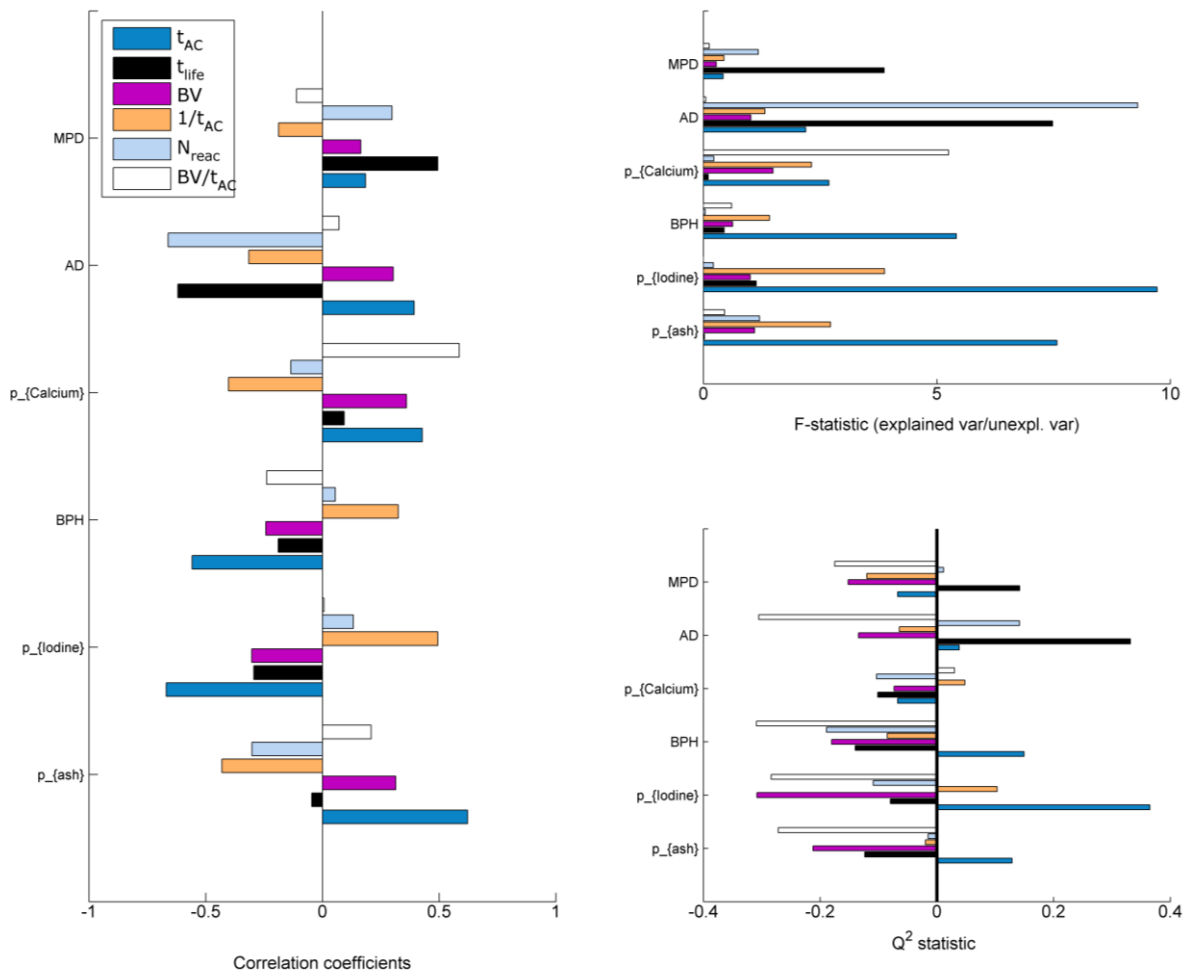
Ook voor het reine water worden circa 220 REWAB-parameters, gemeten zijn in 2009 vergeleken met de gemeten waarden van de koolgegevens. Er worden geen correlaties worden. Appendix II geeft de complete set van gevonden correlaties met waterkwaliteit (zie kolom: geen operationele parameter) weer.

4.2 Operationele parameters versus koolkwaliteit

De resultaten van de correlatie-analyse zijn grafisch weergegeven in Figuur 4-1. Slechts zwakke correlaties met operationele parameters worden gevonden:

- Standtijd (jaar of BV) met joodgetal, BPH, asgetal, calciumgetal
- Leeftijd kool (jaar of aantal reactivaties) met AD (Apparent Density).

Een correlatiecoëfficiënt hoger dan tenminste 0.65 en een Q^2 hoger dan tenminste 0.70 worden als sterke correlatie beschouwd.



Figuur 4-1: correlaties tussen koolkwaliteit en operationele parameters.

4.3 Gecombineerde parameters waterkwaliteit en bedrijfsvoering versus koolkwaliteit

Uit voorgaande (paragraaf 4.1 en 4.2) blijkt, dat indien de ca. 220 REWAB-parameters die gemeten zijn in 2009 worden vergeleken met de gemeten waarden van de koolgegevens, er slechts weinig correlaties zijn die statistisch significant zijn.

Tabel 4-1 geeft de correlaties weer bij een dataset van meer dan 10 punten, de complete set aan gevonden correlaties zijn weergegeven in Appendix III en Appendix IV. De meeste correlaties in deze set komen tussen bepaalde REWAB-parameters gecombineerd met de standtijd en het as- of joodgetal voor. Een hoog asgehalte, bijvoorbeeld na reactivatie, belemmert de porositeit en daarmee de activiteit van de kool sterk. Dit gegeven zou het relatief grote aantal correlaties met waterkwaliteitsparameters in combinatie met de standtijd van het AKF kunnen verklaren. De vetgedrukte rijen zijn sterke correlaties, waarbij het asgehalte buiten beschouwing is gelaten, weergegeven.

Tabel 4-1: correlaties tussen reinwaterkwaliteitsparameters (2009) en koolgegevens. Een selectie aan correlaties wordt getoond waarbij het aantal productielocaties minimaal 10 moet zijn en $Q^2 \geq 0.60$. De rijen zijn gesorteerd op de waarde van Q^2 . De correlaties zijn als volgt opgebouwd: <operationeel> · <REWAB> = <koolkwaliteit>.

t_{AKF}	$t_{leeftijd}$	BV	$(t_{AKF})^{-1}$	N reactivaties	BV _{load}	REWAB-nummer	REWAB-naam	Koolparameter	Corr (+/-)	N productielocaties	R ²	Q ²	F-waarde
x	-	-	-	-	-	401	Totaal org. koolstof (TOC)	p _{iodine}	-	11	0.78	0.76	32.8
x	-	-	-	-	-	271	Ammonium	p _{ash}	+	14	0.75	0.73	36.9
-	-	x	-	-	-	184	Saturatie-index	p _{ash}	+	12	0.71	0.68	24.5
x	-	-	-	-	-	232	Sulfaat	p _{ash}	+	14	0.70	0.67	28.0
x	-	-	-	-	-	250	Totale hardheid	p _{ash}	+	14	0.69	0.67	26.8
x	-	-	-	-	-	246	Magnesium	p _{ash}	+	14	0.71	0.65	29.5
x	-	-	-	-	-	244	Calcium	p _{ash}	+	14	0.65	0.63	22.4
-	x	-	-	-	-	340	Nikkel	p _{ash}	+	14	0.75	0.63	36.9
-	x	-	-	-	-	340	Nikkel	p _{iodine}	-	14	0.77	0.63	40.1
-	-	x	-	-	-	316	Barium	p _{calcium}	+	11	0.70	0.63	20.7

Gecombineerde ruwwaterkwaliteit en operationele parameters versus koolkwaliteit

Tabel 4-2: correlaties tussen ruwwaterkwaliteitsparameters (2008) en koolgegevens. Een selectie aan correlaties wordt getoond waarbij het aantal productielocaties minimaal 10 moet zijn en $Q^2 \geq 0.70$. De rijen zijn gesorteerd op de waarde van Q^2 . De correlaties zijn als volgt opgebouwd: <operationeel> · <REWAB> = <koolkwaliteit>.

geen	t_{AKF}	$t_{leeftijd}$	BV	$(t_{AKF})^{-1}$	N reactivaties	BV _{load}	REWAB-nummer	REWAB-naam	Koolparameter	Corr (+/-)	N productielocaties	R ²	PRSS	Q ²	F-waarde
-	-	-	-	-	-	x	244	Calcium	p _{Calcium}	+	10	0.95	0.31	0.94	138.4
-	-	-	-	-	-	x	200	EGV (elek. geleid. verm., 20 °C)	p _{Calcium}	+	10	0.92	0.45	0.91	97.4
-	-	-	x	-	-	-	306	Mangaan	p _{Calcium}	+	10	0.92	0.57	0.89	92.8
-	-	-	-	-	-	x	222	Waterstofcarbonaat	p _{Calcium}	+	10	0.89	0.65	0.88	68.0
-	-	-	-	-	-	x	8206	1,3-dichloorpropan	p _{ash}	+	10	0.87	0.84	0.86	52.5
-	-	-	-	-	-	x	1132	1,2,4-trichloorbenzeen	p _{ash}	+	10	0.86	0.91	0.85	49.1
-	-	-	-	-	-	x	8450	naftaleen	p _{ash}	+	10	0.86	0.90	0.85	50.2
-	-	-	-	-	-	x	1115	2-chloormethylbenzeen	p _{ash}	+	10	0.86	0.92	0.84	47.4
-	-	-	-	-	-	x	1131	1,2,3-trichloorbenzeen	p _{ash}	+	10	0.85	0.93	0.84	46.4
-	-	-	-	-	-	x	306	Mangaan	p _{Calcium}	+	10	0.89	0.85	0.84	67.3
-	x	-	-	-	-	-	301	IJzer	BPH	-	12	0.85	2.41	0.83	57.6

-	-	x	-	-	-	-	2043	Methyl-tertiair-butylether (MTBE)	AD	-	11	0.84	4.13	0.81	46.0
-	-	-	-	-	-	x	306	Mangaan	BPH	-	10	0.82	1.17	0.79	35.5
-	x	-	-	-	-	-	232	Sulfaat	p _{ash}	+	12	0.83	5.92	0.77	50.2
-	-	-	-	-	x	-	2043	Methyl-tertiair-butylether (MTBE)	AD	-	11	0.84	4.97	0.77	47.6
-	x	-	-	-	-	-	301	IJzer	p _{Iodine}	-	12	0.77	57.14	0.76	34.2
-	-	-	-	-	-	x	1089	ethylbenzeen	p _{Calcium}	+	10	0.80	1.31	0.75	32.1
-	x	-	-	-	-	-	161	Totaal alfa-aktiviteit	p _{ash}	+	11	0.84	7.33	0.71	47.4
-	-	-	-	-	-	x	1121	1,4-dichloorbenzeen	p _{Calcium}	+	10	0.78	1.50	0.71	28.5
-	-	-	x	-	-	-	301	IJzer	p _{Calcium}	+	10	0.75	1.59	0.70	24.4
-	-	-	-	-	-	x	200	EGV (elek. geleid.verm., 20 °C)	p _{ash}	+	10	0.72	1.75	0.70	20.6

Uiteraard geldt voor alle correlaties dat er gezocht zou moeten worden naar een mechanistische duiding, alvorens deze gebruikt kunnen worden voor de ontwikkeling van stuurparameters.

5 Stuurparameters

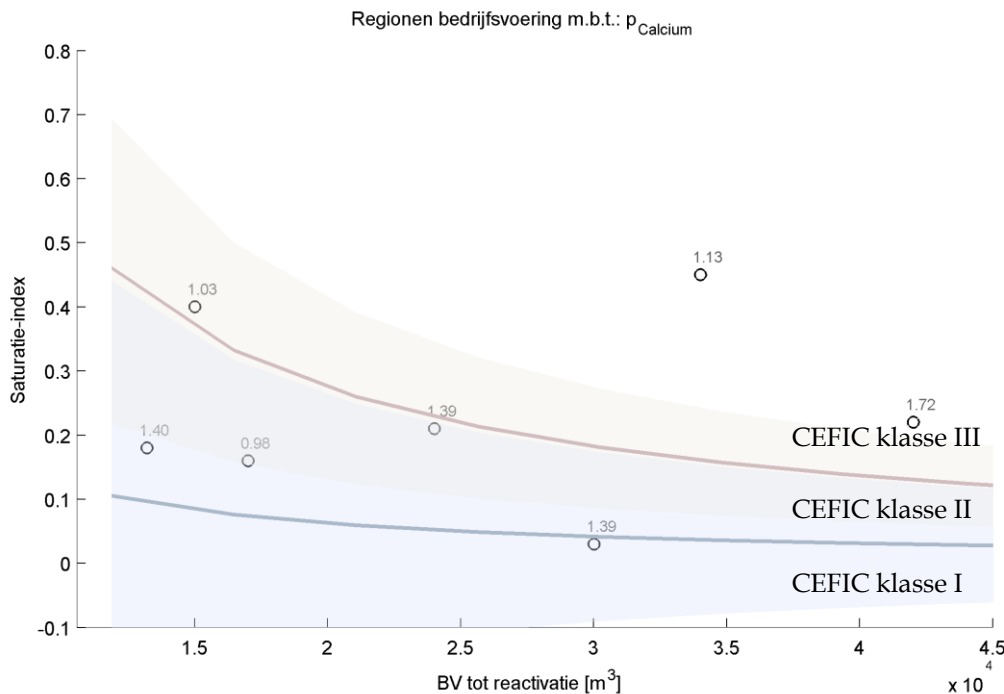
De dataset waaruit geput is voor correlatie- en regressieanalyse, kan worden gebruikt om te berekenen tussen welke grenzen een waterkwaliteitsparameter moet liggen naarmate de actieve kool langer wordt gebruikt. Een afgeleide parameter van de standtijd en belasting van de actieve kool is bijvoorbeeld het aantal bedvolumina (BV).

5.1 Proof-of-principle

In dit hoofdstuk wordt een voorbeeld getoond waarbij de 95%-betrouwbaarheidsintervallen en de regressielijnen als weergegeven in Appendix IV, zijn vertaald naar een regio waarbinnen de waterkwaliteitsparameter dient te liggen teneinde meer zekerheid te hebben over de kwaliteit van de actieve kool. Het voorbeeld betreft de relatie $SI \cdot \langle BV \text{ tot reactivatie} \rangle = p_{\text{Calcium}}$, die omgerekend is naar een relatie tussen SI en $\langle BV \text{ tot reactivatie} \rangle$. Het resultaat is de grafiek als in Figuur 5-1. De waarden van de koolparameters zijn eveneens, numeriek, weergegeven. De waarden voor het Calciumgetal (1.13 en 1.72) blijken buiten het betrouwbaarheidsinterval te liggen, terwijl de waarde 1.40 wel binnen het gedefinieerde bedrijfsvoeringsvlak ligt. Uit deze inconsistentie blijkt dat de lineaire regressie waarvan is uitgegaan, mogelijk een te simplistisch beeld geeft. Mogelijke verklaringen zijn:

- (a) de correlatie tussen $SI \cdot \langle BV \text{ tot reactivatie} \rangle$ en p_{Calcium} in werkelijkheid geen lineair verband heeft;
- (b) er andere factoren eveneens correleren met p_{Calcium} , waardoor de vertaling naar de relaties als in Figuur 5-1 niet opgaat.
- (c) Een combinatie van bovenstaande (a en b).

Een dataset met meer meetpunten (productielocaties) of een productielocatie met een groot aantal koolfilters, is benodigd om uitsluitsel over de ontwikkeling van een stuurparameter te kunnen geven.



Figuur 5-1: Diagram waarin de uit de correlatiestudie voorspelde CEFIC-koolkwaliteitsklassen I, II en III worden weergegeven (hier het Calciumgetal, klasse I <1 wt%, klasse II <2,5 wt% en klasse III >2,5 wt%) als functie van een waterkwaliteitsparameter (hier: Saturatie-index van het reine water) en een bedrijfsvoeringsparameter (hier: Aantal BV tot reactivatie). De rode lijn geeft de CEFIC-ondergrens III, de blauwe lijn de CEFIC-ondergrens II. Meetpunten (cirkels) worden getoond tezamen met de numerieke waarde van het Calciumgetal. Lichtrode en lichtblauwe vlak geven de 95%-betrouwbaarheidsintervallen van de rode en blauwe lijn respectievelijk aan.

6 Conclusies en aanbevelingen

De volgende conclusies zijn getrokken:

- Uit de questionnaire blijkt dat er een grote spreiding is in de operationele parameters contacttijd, standtijd, reactivatiefrequentie en capaciteit of dimensies van de koolfilters. Nagenoeg alle productielocaties hebben de AKF aan het eind van de 'zuiveringstrein'. De keuze voor actieve kool is doorgaans gebaseerd op de koolparameters *jodiumgetal* en *asgehalte*, gevolgd door de uniformiteitscoëfficiënt en de korrelgrootteverdeling. Daarnaast spelen kostenoverwegingen een grote rol.
- Uit de Round-Robin test volgt dat de meetresultaten van de BPH duiden op verschillen in methodiek tussen de leveranciers, met als gevolg dat de meetresultaten afkomstig van de ene leverancier niet vergeleken kan worden met de resultaten van de andere leverancier.
- De koolparameters kunnen als (redelijk) onafhankelijk van elkaar worden beschouwd.
- Uit analyse van correlatiestatistieken blijkt dat sturen op alleen standtijd minder voor de hand ligt, dan sturen op de standtijd in combinatie met enkele waterkwaliteitsparameters.
- Met behulp van een lineaire regressie tussen gecombineerde waterkwaliteit en operationele parameter versus een actieve koolparameter, kan een directe relatie worden gelegd tussen de operationele parameter en de gewenste waterkwaliteitsparameter. Deze methodiek functioneert onder de voorwaarde dat er geen andere waterkwaliteitsparameters correleren met de koolparameter, en onder de voorwaarde dat er sprake is van een lineair verband.

Aanbevelingen:

- Bij het wegvallen van oude gidsparementen en (te) lange looptijden zonder doorslag, zou koolkwaliteit als uitgangspunt genomen kunnen worden
- Indien de koolkwaliteit als uitgangspunt wordt genomen, dient er rekening gehouden te worden met de variatie in meetgegevens van de BPH tussen de koolleveranciers.
- Een dataset met meer meetpunten (productielocaties) of een productielocatie met een groot aantal koolfilters, is benodigd om uitsluitend over de ontwikkeling van een stuurparameter te kunnen geven.
- Deze studie heeft nog niet geleid tot een eenduidig of overtuigend nieuw reactivatiecriterium. De correlaties zijn namelijk gevonden met het ruwe en reine water (REWAB) in combinatie met de bedrijfsvoering. Hierdoor worden de correlaties vertroebeld door voor- en nazuiveringsstappen (zoals bijvoorbeeld conditionering). Met een beperkte set van waterkwaliteitsdata voor influent en filtraat van de AKF (te vragen aan de bedrijven) zou alsnog gekomen kunnen worden tot betekenisvollere en meer overtuigende correlaties.

7 Referenties

ACPA (2010) Activated Carbon Producers Association, *Guidelines for classification and measurement of spent activated carbon used in drinking water treatment*. Url:
http://www.cefic.org/Documents/Other/ACPASpentC_Class1001.pdf.

I Operationele parameters

In onderstaande tabel worden de waarden van de operationele parameters als gebruikt voor de correlatieve studie gepresenteerd.

Operationele parameters van waterproductiebedrijven.

Waterbedrijf	Productielocatie	standtijd	aantal reactivaties tot verversing kool	aantal bedvolumina per standtijd
WBG	De Punt	3.5	26	77700
WML	Heel	2	10	30000
WML	Grubbenvorst	1	12	17000
WML	Roosteren	2	3	34000
Vitens	Groenekan	2	12	geen data
Vitens	Zwolle	1.2	25	24000
Evides	Berenplaat	2	5.5	42000
Evides	Kralingen	3	1.5	90000
Evides	Baanhoek	1	4	120000
BrabantWater	Braakman	6	21	74000
BrabantWater	Marcharen	1.5	16	50000
BrabantWater	Vierlingsbeek	4.9	8.3	geen data
BrabantWater	Boxmeer	2.4	11.3	66600
BrabantWater	Nuland	1	5	13200
Waternet	Weesperkarspel	1.5	9.5	15000

II REWAB parameterlijst

KWR-nummer	Parameter	Eenheid
120	Temperatuur	°C
122	Zuurstof	mg/l O ₂
126	Troebelingsgraad	FTE
144	Chloordioxide	mg/l ClO ₂
160	Totaal beta-radioactiviteit	Bq/l
161	Totaal alfa-activiteit	Bq/l
162	Rest beta-radioakt. (tot.-K40)	Bq/l
164	Tritium	Bq/l
170	Geurverdunningsfactor bij 25 °C/20°C	-
172	Smaakverdunningsfactor bij 25 °C/20°C	-
173	Geurgetal, kwantitatief	-
174	Geur, kwalitatief	-
175	Smaakgetal, kwantitatief	-
176	Smaak, kwalitatief	-
180	Zuurgraad	pH
182	Evenwichts-pH	pHs
184	Saturatie-index	SI
186	Agressief koolzuur	mg/l CO ₂
188	Corrosie-index voor gietijzer en staal: $[\text{Cl}^-] + 2[\text{SO}_4^{2-}] / [\text{HCO}_3^-]$	-
190	Koperopl.verm., 16 h, ..°C	mg/l Cu
197	Theoretisch afzetbaar calciumcarbonaat bij 10°C, TACC10	mg/l
200	EGV (elek. geleid.verm., 20 °C)	mS/m
210	Anionen	meq/l
212	Kationen	meq/l
214	Ionenbalans	%
220	Koolstofdioxide	mg/l CO ₂
222	Waterstofcarbonaat	mg/l HCO ₃
224	Carbonaat	mg/l CO ₃
230	Chloride	mg/l Cl
232	Sulfaat	mg/l SO ₄
240	Natrium	mg/l Na
242	Kalium	mg/l K
244	Calcium	mg/l Ca
246	Magnesium	mg/l Mg
250	Totale hardheid	mmol/l
270	Ammonium	mg/l N
271	Ammonium	mg/l NH ₄
279	Somparameter $[\text{nitraat}]/50 + [\text{nitriet}]/3$	mg/l
280	Nitriet	mg/l N
281	Nitriet	mg/l NO ₂
282	Nitraat	mg/l N
283	Nitraat	mg/l NO ₃
284	Orthofosfaat	mg/l P
286	Totaal fosfaat	mg/l P
287	Silicaat	mg/l SiO ₂

288	Silicaat	mg/l Si
289	Silicaat, niet ionogeen	mg/l Si
300	Ijzer	mg/l Fe
301	Ijzer	µg/l Fe
304	Mangaan	mg/l Mn
306	Mangaan	µg/l Mn
310	Aluminium	µg/l Al
311	Aluminium, na filtratie over 0.45 µm	µg/l Al
312	Antimoon	µg/l Sb
314	Arseen	µg/l As
316	Barium	µg/l Ba
318	Beryllium	µg/l Be
322	Boor	mg/l B
324	Cadmium	µg/l Cd
326	Chroom	µg/l Cr
328	Cobalt	µg/l Co
330	Koper	µg/l Cu
332	Kwik	µg/l Hg
334	Lood	µg/l Pb
338	Molybdeen	µg/l Mo
340	Nikkel	µg/l Ni
342	Seleen	µg/l Se
343	Strontium	µg/l Sr
346	Tin	µg/l Sn
347	Tin, na filtratie over 0.45 µm	µg/l Sn
350	Vanadium	µg/l V
352	Zilver	µg/l Ag
354	Zink	µg/l Zn
368	Koper	mg/l Cu
369	Zink	mg/l Zn
375	Uranium	µg/l Zn
380	Bromide	mg/l Br
381	Bromide	µg/l Br
382	Fluoride	mg/l F
384	Jodide	µg/l I
386	-Totaal- cyanide	µg/l CN
388	Vrij cyanide	µg/l CN
394	Bromaat	µg/l BrO ₃
396	Chloraat	µg/l ClO ₃
398	Chloriet	µg/l ClO ₂
401	Totaal organisch koolstof (TOC)	mg/l C
403	Opgelost organisch koolstof (DOC)	mg/l C
408	Oxideerbaarheid met KMnO ₄	mg/l O ₂
410	UV-extinctie, 254 nm	1/m
412	Kleurintens., Pt/Co-schaal	mg/l Pt
420	Anionactieve detergentia	mg/l Na-lauryl-SO ₄
425	Nonionische plus kationische detergentia	mg/l
429	Minerale olie, GC-methode	µg/l
430	AOX (ads. org. geb. halog.)	µg/l Cl
431	AOX (ads. org. geb. halog.)	µmol X/l
437	AOBr (ads. org. geb. broom)	µg/l Br

438	AOI (ads. org. geb. jood)	µg/l I
442	AOS (ads. geb. zwavel)	µg/l S
451	Som trihalomethanen	µg/l
459	PAK, 6 van Borneff	µg/l
460	PAK, som 16 van EPA	µg/l
461	PAK, som 10	µg/l
466	Choline esterase remmers	µg/l paraoxon
600	Koloniegetal 22 □C, 3 dg GGA-gietplaat	kve/ml
602	Koloniegetal 37 □C, 2 dg GGA-gietplaat	kve/ml
606	Koloniegetal 22 □C, 10 dg R2A-strijkplaat	kve/ml
612	Bacteriën Coligroep (37 □C, onbevestigd)	kve/100 ml
614	Bacteriën Coligroep (37 □C, bevestigd)	kve/100 ml
626	Escherichia coli (bevestigd)	kve/100 ml
634	Enterococcen	kve/100 ml
635	Enterococcen (onbevestigd)	kve/100 ml
636	Escherichia coli (direct plating)	kve/ml
640	Aeromonas spp. 30 □C	kve/100 ml
641	Aeromonas spp. 37 □C	kve/100 ml
644	Sporen van sulfiet-reducerende clostridia	kve/100 ml
647	Legionella spp.	kvd/l
654	Legionella spp. (onbevestigd)	kve/l
664	Clostridium perfringens (met inbegrip van sporen)	kve/100 ml
690	AOC (assimileerbare organische koolstof)	µg/l
1027	broomchloormethaan	µg/l
1028	broomdichloormethaan	µg/l
1029	broomtrichloormethaan	µg/l
1033	dibroomchloormethaan	µg/l
1035	dibroommethaan	µg/l
1039	1,1-dichloorethaan	µg/l
1040	1,2-dichloorethaan	µg/l
1041	1,1-dichlooretheen	µg/l
1042	1,2-dichlooretheen	µg/l
1044	dichloormethaan	µg/l
1046	1,1-dichloorpropaan	µg/l
1047	2,2-dichloorpropaan	µg/l
1049	hexachloorbutadien	µg/l
1050	hexachloorethaan	µg/l
1056	tetrachlooretheen	µg/l
1057	tetrachloormethaan	µg/l
1058	tribroommethaan	µg/l
1061	1,1,1-trichloorethaan	µg/l
1062	1,1,2-trichloorethaan	µg/l
1063	trichlooretheen	µg/l
1064	trichloormethaan	µg/l
1070	1,2,3-trichloorpropaan	µg/l
1074	Benzeen	µg/l
1075	butyl-benzeen	µg/l
1077	cyclohexaan	µg/l
1080	1,2-dimethylbenzeen	µg/l
1081	1,3-dimethylbenzeen	µg/l
1082	1,4-dimethylbenzeen	µg/l

1088	ethenylbenzeen	µg/l
1089	ethylbenzeen	µg/l
1098	methylbenzeen	µg/l
1099	methylcyclohexaan	µg/l
1106	propylbenzeen	µg/l
1110	trimethylbenzeen	µg/l
1112	chloorbenzeen	µg/l
1115	2-chloormethylbenzeen	µg/l
1116	3-chloormethylbenzeen	µg/l
1119	1,2-dichloorbenzeen	µg/l
1120	1,3-dichloorbenzeen	µg/l
1121	1,4-dichloorbenzeen	µg/l
1127	pentachloorbenzeen	µg/l
1128	1,2,3,4-tetrachloorbenzeen	µg/l
1130	1,2,4,5-tetrachloorbenzeen	µg/l
1131	1,2,3-trichloorbenzeen	µg/l
1132	1,2,4-trichloorbenzeen	µg/l
1133	1,3,5-trichloorbenzeen	µg/l
1161	acenaftteen	µg/l
1162	acenaftyleen	µg/l
1163	antraceen	µg/l
1165	benzo(a)antraceen	µg/l
1166	benzo(b)fluorantheen	µg/l
1167	benzo(k)fluorantheen	µg/l
1168	benzo(ghi)peryleen	µg/l
1169	benzo(a)pyreen	µg/l
1170	bifenyyl	µg/l
1172	chryseen	µg/l
1173	dibenzo(a,h)antraceen	µg/l
1180	fenantreen	µg/l
1181	fluorantheen	µg/l
1182	fluoreen	µg/l
1183	indeno (1,2,3-cd)pyreen	µg/l
1188	pyreen	µg/l
1220	2,4,4'-trichloorbifenyyl	µg/l
1244	2,5,2',5'-tetrachloorbifenyyl	µg/l
1293	2,4,5,2',5'-pentachloorbifenyyl	µg/l
1310	2,4,5,3',4'-pentachloorbifenyyl	µg/l
1330	2,3,4,2',4',5'-hexachloorbifenyyl	µg/l
1345	2,4,5,2',4',5'-hexachloorbifenyyl	µg/l
1372	2,3,4,5,2',4',5'-heptachloorbifenyyl	µg/l
1428	diisopropylether	µg/l
1502	fenol	µg/l
1519	nonylfenol	µg/l

III Correlatiestatistieken RUW water; 2008

geen	t _{AKF}	t _{leeftijd}	BV	(t _{AKF}) ⁻¹	N_reac	BVload	REWAB-nummer	REWAB-naam	Koolparameter	Correlatie (+/-)	Aantal pompstations	R ²	PRSS	Q ²	F-waarde
x	-	-	-	-	-	-	246	Magnesium	AD	+	11	0.67	7.60	0.65	18.0
-	x	-	-	-	-	-	161	Totaal alfa-activiteit	p _{ash}	+	11	0.84	7.33	0.71	47.4
-	x	-	-	-	-	-	232	Sulfaat	p _{ash}	+	12	0.83	5.92	0.77	50.2
-	x	-	-	-	-	-	301	Ijzer	p _{ash}	+	12	0.81	9.69	0.62	42.0
-	x	-	-	-	-	-	2067	2,4 of 2,5 dichloorfenol	p _{ash}	+	9	0.84	6.92	0.68	35.6
-	x	-	-	-	-	-	8402	MCPB (4-(4-chloor-2-methylfenoxy)boterzuur)	p _{ash}	+	11	0.82	8.41	0.65	40.0
-	x	-	-	-	-	-	8551	2,4,5-T (2,4,5-trichloorfenoxyazijnzuur)	p _{ash}	+	11	0.82	8.41	0.65	40.0
-	x	-	-	-	-	-	232	Sulfaat	p _{lodine}	-	12	0.68	79.19	0.67	21.4
-	x	-	-	-	-	-	246	Magnesium	p _{lodine}	-	11	0.67	82.38	0.66	18.5
-	x	-	-	-	-	-	301	Ijzer	p _{lodine}	-	12	0.77	57.14	0.76	34.2
-	x	-	-	-	-	-	1035	dibroommethaan	p _{lodine}	-	8	0.69	95.39	0.63	13.4
-	x	-	-	-	-	-	1960	1-methyl-4-isopropylbenzeen	p _{lodine}	-	10	0.67	89.83	0.64	16.6
-	x	-	-	-	-	-	1998	T-butylbenzeen	p _{lodine}	-	9	0.68	98.15	0.61	15.2
-	x	-	-	-	-	-	2013	1,1 dichloorpropeen	p _{lodine}	-	10	0.69	95.87	0.61	17.4
-	x	-	-	-	-	-	2014	Broombenzeen	p _{lodine}	-	8	0.69	95.39	0.63	13.4
-	x	-	-	-	-	-	2019	Trichloorfluormethaan	p _{lodine}	-	8	0.69	95.39	0.63	13.4
-	x	-	-	-	-	-	2064	S-butylbenzeen	p _{lodine}	-	8	0.69	95.39	0.63	13.4
-	x	-	-	-	-	-	2086	1,2-dibroommethaan	p _{lodine}	-	8	0.69	95.39	0.63	13.4
-	x	-	-	-	-	-	8669	1-(3,4-dichloorfenyl)ureum	p _{lodine}	-	9	0.70	78.04	0.69	16.3
-	x	-	-	-	-	-	301	Ijzer	BPH	-	12	0.85	2.41	0.83	57.6
-	x	-	-	-	-	-	306	Mangaan	p _{Calcium}	+	12	0.79	2.54	0.67	37.1
-	-	x	-	-	-	-	1039	1,1-dichloorethaan	AD	-	11	0.65	8.69	0.62	16.7
-	-	x	-	-	-	-	1041	1,1-dichlooretheen	AD	-	11	0.65	8.69	0.62	16.7
-	-	x	-	-	-	-	2043	Methyl-tertiair-butylether (MTBE)	AD	-	11	0.84	4.13	0.81	46.0

-	-	x	-	-	-	-	1039	1,1-dichloorethaan	MPD	+	11	0.68	0.07	0.63	19.4
-	-	x	-	-	-	-	1041	1,1-dichlooretheen	MPD	+	11	0.68	0.07	0.63	19.4
-	-	x	-	-	-	-	2037	2-aminoacetofenon	MPD	+	9	0.80	0.09	0.67	27.4
-	-	x	-	-	-	-	2055	2,4- of 2,5-dichlooraniline	MPD	+	8	0.77	0.09	0.62	20.4
-	-	x	-	-	-	-	2057	2- of 4-methylaniline	MPD	+	8	0.77	0.09	0.62	20.4
-	-	x	-	-	-	-	2058	2-(trifluormethyl)aniline	MPD	+	9	0.80	0.09	0.67	27.4
-	-	-	x	-	-	-	161	Totaal alfa-aktiviteit	p _{ash}	+	9	0.70	2.08	0.65	16.4
-	-	-	x	-	-	-	306	Mangaan	p _{ash}	+	10	0.64	2.34	0.60	13.9
-	-	-	x	-	-	-	2087	n-butylbenzeen	p _{ash}	+	9	0.67	2.07	0.61	14.3
-	-	-	x	-	-	-	8044	bentazon	p _{iodine}	-	9	0.70	28.79	0.65	16.7
-	-	-	x	-	-	-	301	IJzer	BPH	-	10	0.71	1.94	0.66	19.2
-	-	-	x	-	-	-	306	Mangaan	BPH	-	10	0.75	1.94	0.66	23.7
-	-	-	x	-	-	-	301	IJzer	p _{Calcium}	+	10	0.75	1.59	0.70	24.4
-	-	-	x	-	-	-	306	Mangaan	p _{Calcium}	+	10	0.92	0.57	0.89	92.8
-	-	-	x	-	-	-	2088	1,2-dibroom-3-chloorpropaan	p _{Calcium}	+	8	0.70	1.93	0.62	14.0
-	-	-	x	-	-	-	8044	bentazon	p _{Calcium}	+	9	0.80	1.94	0.62	28.1
-	-	-	-	x	-	-									
-	-	-	-	-	x	-	1718	3,4,5-trichlooraniline	AD	-	10	0.66	6.98	0.61	15.3
-	-	-	-	-	x	-	1786	3-methylaniline	AD	-	10	0.66	6.98	0.61	15.3
-	-	-	-	-	x	-	2027	3,4-dimethylaniline	AD	-	10	0.66	6.98	0.61	15.3
-	-	-	-	-	x	-	2038	2-(fenylsulfon)aniline	AD	-	10	0.66	6.98	0.61	15.3
-	-	-	-	-	x	-	2043	Methyl-tertiar-butylether (MTBE)	AD	-	11	0.84	4.97	0.77	47.6
-	-	-	-	-	x	-	8222	2,6-diethylaniline	AD	-	10	0.66	6.98	0.61	15.3
-	-	-	-	-	-	x	161	Totaal alfa-aktiviteit	p _{ash}	+	9	0.83	1.17	0.81	34.7
-	-	-	-	-	-	x	200	EGV (elek. geleid.verm., 20 °C)	p _{ash}	+	10	0.72	1.75	0.70	20.6
-	-	-	-	-	-	x	222	Waterstofcarbonaat	p _{ash}	+	10	0.65	2.31	0.61	15.1
-	-	-	-	-	-	x	244	Calcium	p _{ash}	+	10	0.70	1.91	0.68	18.4
-	-	-	-	-	-	x	1115	2-chloormethylbenzeen	p _{ash}	+	10	0.86	0.92	0.84	47.4
-	-	-	-	-	-	x	1131	1,2,3-trichloorbenzeen	p _{ash}	+	10	0.85	0.93	0.84	46.4
-	-	-	-	-	-	x	1132	1,2,4-trichloorbenzeen	p _{ash}	+	10	0.86	0.91	0.85	49.1
-	-	-	-	-	-	x	1959	4-chloormethylbenzeen	p _{ash}	+	9	0.83	0.98	0.80	33.4
-	-	-	-	-	-	x	2013	1,1 dichloorpropeen	p _{ash}	+	9	0.65	1.93	0.62	13.1
-	-	-	-	-	-	x	2032	3 chloor-4-methoxyaniline	p _{ash}	+	8	0.75	1.53	0.67	17.9

-	-	-	-	-	-	x	2087	n-butylbenzeen	p _{ash}	+	9	0.85	0.89	0.83	38.6
-	-	-	-	-	-	x	2088	1,2-dibroom-3-chloorpropan	p _{ash}	+	8	0.84	0.84	0.82	30.4
-	-	-	-	-	-	x	8006	aldrin	p _{ash}	+	9	0.74	1.21	0.70	20.3
-	-	-	-	-	-	x	8044	bentazon	p _{ash}	+	9	0.75	1.43	0.73	21.4
-	-	-	-	-	-	x	8204	dichloorprop (2,4-DP)	p _{ash}	+	9	0.87	0.78	0.85	45.1
-	-	-	-	-	-	x	8206	1,3-dichloorpropan	p _{ash}	+	10	0.87	0.84	0.86	52.5
-	-	-	-	-	-	x	8401	MCPA (4-chloor-2-methylfenoxiazijnzuur)	p _{ash}	+	10	0.67	2.23	0.62	16.2
-	-	-	-	-	-	x	8402	MCPB (4-(4-chloor-2-methylfenoxy)boterzuur)	p _{ash}	+	9	0.70	1.84	0.66	16.2
-	-	-	-	-	-	x	8404	mecoprop (MCP)	p _{ash}	+	10	0.67	2.23	0.62	16.2
-	-	-	-	-	-	x	8434	metobromuron	p _{ash}	+	9	0.72	1.75	0.67	17.7
-	-	-	-	-	-	x	8450	naftaleen	p _{ash}	+	10	0.86	0.90	0.85	50.2
-	-	-	-	-	-	x	8551	2,4,5-T (2,4,5-trichloorfenoxiazijnzuur)	p _{ash}	+	9	0.70	1.84	0.66	16.2
-	-	-	-	-	-	x	8669	1-(3,4-dichloorfenyl)ureum	p _{ash}	+	8	0.68	1.83	0.61	12.8
-	-	-	-	-	-	x	222	Waterstofcarbonaat	BPH	-	10	0.69	2.00	0.64	17.9
-	-	-	-	-	-	x	306	Mangaan	BPH	-	10	0.82	1.17	0.79	35.5
-	-	-	-	-	-	x	1960	1-methyl-4-isopropylbenzeen	BPH	-	8	0.71	1.90	0.67	14.9
-	-	-	-	-	-	x	1998	T-butylbenzeen	BPH	-	8	0.71	1.90	0.67	14.9
-	-	-	-	-	-	x	2053	N,N-dimethylaniline	BPH	-	8	0.77	1.38	0.76	20.0
-	-	-	-	-	-	x	2056	2-methoxyaniline	BPH	-	8	0.77	1.38	0.76	20.0
-	-	-	-	-	-	x	8044	bentazon	BPH	-	9	0.70	2.09	0.63	16.7
-	-	-	-	-	-	x	120	Temperatuur	p _{Calcium}	+	10	0.76	1.72	0.67	24.8
-	-	-	-	-	-	x	180	Zuurgraad	p _{Calcium}	+	10	0.74	1.93	0.63	22.4
-	-	-	-	-	-	x	200	EGV (elek. geleid.verm., 20 °C)	p _{Calcium}	+	10	0.92	0.45	0.91	97.4
-	-	-	-	-	-	x	222	Waterstofcarbonaat	p _{Calcium}	+	10	0.89	0.65	0.88	68.0
-	-	-	-	-	-	x	244	Calcium	p _{Calcium}	+	10	0.95	0.31	0.94	138.4
-	-	-	-	-	-	x	301	Ijzer	p _{Calcium}	+	10	0.70	1.83	0.65	19.0
-	-	-	-	-	-	x	306	Mangaan	p _{Calcium}	+	10	0.89	0.85	0.84	67.3
-	-	-	-	-	-	x	1039	1,1-dichloorethaan	p _{Calcium}	+	9	0.80	1.23	0.74	27.2
-	-	-	-	-	-	x	1040	1,2-dichloorethaan	p _{Calcium}	+	10	0.74	1.86	0.65	23.2
-	-	-	-	-	-	x	1041	1,1-dichlooretheen	p _{Calcium}	+	9	0.80	1.23	0.74	27.2
-	-	-	-	-	-	x	1089	ethylbenzeen	p _{Calcium}	+	10	0.80	1.31	0.75	32.1

-	-	-	-	-	-	x	1119	1,2-dichloorbenzeen	pCalcium	+	10	0.71	2.10	0.60	19.3
-	-	-	-	-	-	x	1121	1,4-dichloorbenzeen	pCalcium	+	10	0.78	1.50	0.71	28.5
-	-	-	-	-	-	x	1132	1,2,4-trichloorbenzeen	pCalcium	+	10	0.73	1.99	0.62	21.5
-	-	-	-	-	-	x	1832	1,3,5-trimethylbenzeen	pCalcium	+	10	0.77	1.65	0.69	26.5
-	-	-	-	-	-	x	1960	1-methyl-4-isopropylbenzeen	pCalcium	+	8	0.86	0.75	0.84	37.5
-	-	-	-	-	-	x	1998	T-butylbenzeen	pCalcium	+	8	0.86	0.75	0.84	37.5
-	-	-	-	-	-	x	2013	1,1 dichloorpropeen	pCalcium	+	9	0.77	1.56	0.67	23.3
-	-	-	-	-	-	x	2032	3 chloor-4-methoxyaniline	pCalcium	+	8	0.74	1.94	0.61	16.8
-	-	-	-	-	-	x	2052	4- of 5-chloor-2-methylaniline	pCalcium	+	8	0.74	1.91	0.62	17.4
-	-	-	-	-	-	x	2053	N,N-dimethylaniline	pCalcium	+	8	0.84	0.94	0.81	30.8
-	-	-	-	-	-	x	2056	2-methoxyaniline	pCalcium	+	8	0.84	0.94	0.81	30.8
-	-	-	-	-	-	x	2067	2,4 of 2,5 dichloorfenol	pCalcium	+	8	0.65	1.98	0.61	11.2
-	-	-	-	-	-	x	2088	1,2-dibroom-3-chloorpropaan	pCalcium	+	8	0.79	1.76	0.65	23.0
-	-	-	-	-	-	x	8044	bentazon	pCalcium	+	9	0.96	0.26	0.95	157.7
-	-	-	-	-	-	x	8105	4-chloorfenoxiazijnzuur	pCalcium	+	8	0.87	0.78	0.83	40.3
-	-	-	-	-	-	x	8151	2,4-DB (4-(2,4-dichloorfenoxy)boterzuur)	pCalcium	+	8	0.87	0.78	0.83	40.3
-	-	-	-	-	-	x	8162	o,p-DDD	pCalcium	+	9	0.81	1.19	0.75	30.7
-	-	-	-	-	-	x	8164	o,p-DDE	pCalcium	+	9	0.81	1.19	0.75	30.7
-	-	-	-	-	-	x	8166	o,p-DDT	pCalcium	+	8	0.82	1.19	0.76	26.7
-	-	-	-	-	-	x	8204	dichloorprop (2,4-DP)	pCalcium	+	9	0.74	1.92	0.63	19.9
-	-	-	-	-	-	x	8206	1,3-dichloorpropaan	pCalcium	+	10	0.75	1.75	0.67	23.9
-	-	-	-	-	-	x	8379	isodrin	pCalcium	+	9	0.81	1.19	0.75	30.7
-	-	-	-	-	-	x	8434	metobromuron	pCalcium	+	9	0.71	1.91	0.63	17.3
-	-	-	-	-	-	x	8593	2,4,5-TP (2-(2,4,5-trichloorfenoxy)propionzuur)	pCalcium	+	8	0.87	0.78	0.83	40.3
-	-	-	-	-	-	x	8629	delta-HCH (delta-hexachloorcyclohexaan)	pCalcium	+	8	0.82	1.19	0.76	26.7
-	-	-	-	-	-	x	8669	1-(3,4-dichloorfenyl)ureum	pCalcium	+	8	0.73	1.82	0.64	16.0

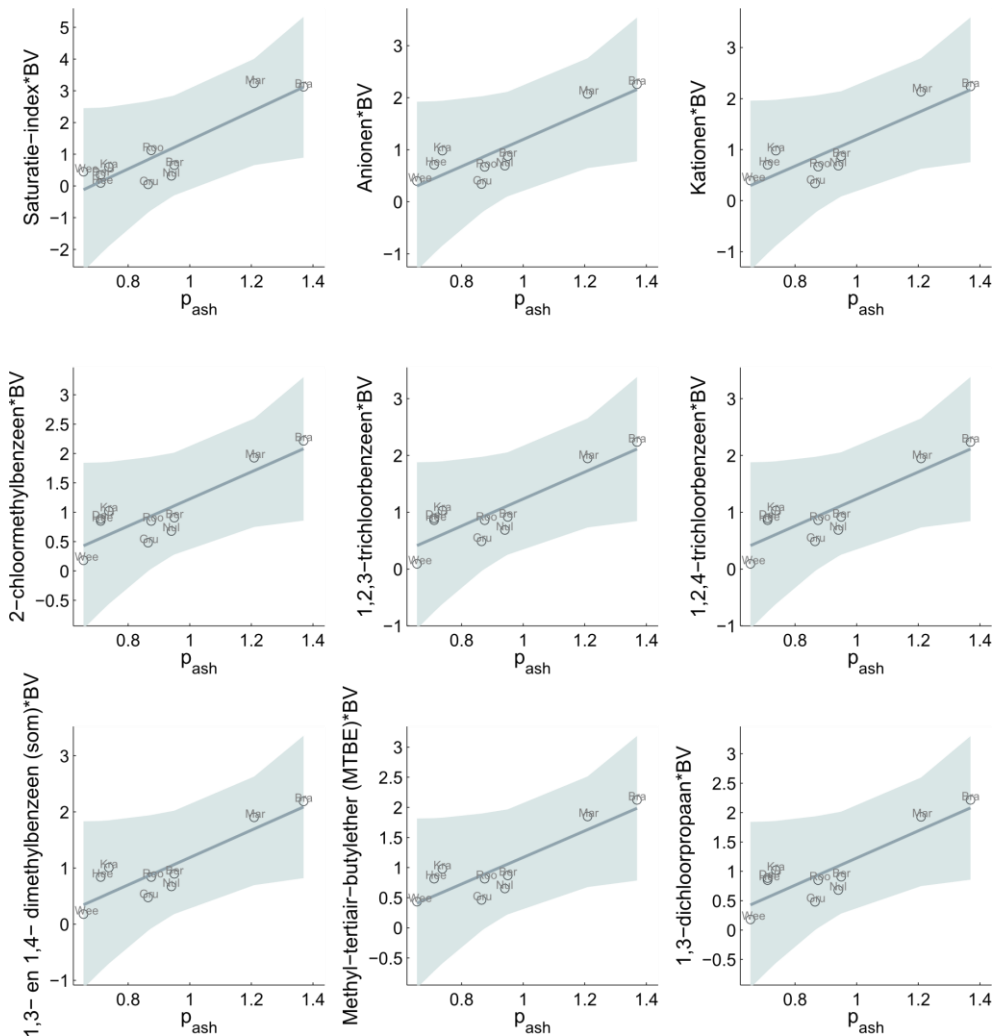
IV Correlatiestatistieken REIN water; 2009

geen	t _{AKF}	t _{leeftijd}	BV	(t _{AKF}) ⁻¹	N_reac	BVload	REWAB-nummer	REWAB-naam	Koolparameter	Correlatie (+ / -)	Aantal pompstations	R ²	PRSS	Q ²	F-waarde
x	-	-	-	-	-	-									
-	x	-	-	-	-	-	232	Sulfaat	p _{ash}	+	14	0.70	772.31	0.67	28.0
-	x	-	-	-	-	-	244	Calcium	p _{ash}	+	14	0.65	289.26	0.63	22.4
-	x	-	-	-	-	-	246	Magnesium	p _{ash}	+	14	0.71	60.67	0.65	29.5
-	x	-	-	-	-	-	250	Totale hardheid	p _{ash}	+	14	0.69	8.92	0.67	26.8
-	x	-	-	-	-	-	271	Ammonium	p _{ash}	+	14	0.75	0.15	0.73	36.9
-	x	-	-	-	-	-	316	Barium	p _{ash}	+	12	0.64	185.79	0.60	18.0
-	x	-	-	-	-	-	350	Vanadium	p _{ash}	+	8	0.79	3.14	0.63	22.0
-	x	-	-	-	-	-	222	Waterstofcarbonaat	p _{Iodine}	-	14	0.66	601.30	0.61	23.6
-	x	-	-	-	-	-	401	Totaal organisch koolstof (TOC)	p _{Iodine}	-	11	0.78	9.16	0.76	32.8
-	x	-	-	-	-	-	8026	atrazin	p _{Iodine}	-	9	0.68	0.05	0.62	14.6
-	x	-	-	-	-	-	8057	bromacil	p _{Iodine}	-	9	0.68	0.05	0.62	14.6
-	x	-	-	-	-	-	8176	desethylatrazin	p _{Iodine}	-	8	0.68	0.05	0.61	12.6
-	x	-	-	-	-	-	8482	parathion-ethyl	p _{Iodine}	-	9	0.68	0.05	0.62	14.6
-	x	-	-	-	-	-	8517	propazin	p _{Iodine}	-	9	0.68	0.05	0.62	14.6
-	x	-	-	-	-	-	8568	terbutylazin	p _{Iodine}	-	9	0.68	0.05	0.62	14.6
-	x	-	-	-	-	-	8417	metazachloor	BPH	-	8	0.83	0.02	0.78	28.4
-	x	-	-	-	-	-	8435	metolachloor	BPH	-	8	0.83	0.02	0.78	28.4
-	x	-	-	-	-	-	8526	pyrazofos	BPH	-	8	0.83	0.02	0.78	28.4
-	-	x	-	-	-	-	340	Nikkel	p _{ash}	+	14	0.75	101.37	0.63	36.9
-	-	x	-	-	-	-	340	Nikkel	p _{Iodine}	-	14	0.77	101.57	0.63	40.1
-	-	x	-	-	-	-	8434	metobromuron	BPH	-	8	0.85	0.89	0.69	34.3
-	-	-	x	-	-	-	184	Saturatie-index	p _{ash}	+	12	0.71	39987.58	0.68	24.5
-	-	-	x	-	-	-	184	Saturatie-index	p _{Calcium}	+	12	0.67	46407.12	0.63	20.2
-	-	-	x	-	-	-	316	Barium	p _{Calcium}	+	11	0.70	4136387.41	0.63	20.7
-	-	-	-	x	-	-	410	UV-extinctie, 254 nm*1/t _{AC}	AD	-	8	0.72	3.08	0.67	15.2
-	-	-	-	-	x	-	410	UV-extinctie, 254 nm	AD	-	8	0.82	75.68	0.75	28.0
-	-	-	-	-	-	x	328	Cobalt	p _{Calcium}	+	8	0.66	16500.31	0.61	11.8

V Regressie; rein water 2009

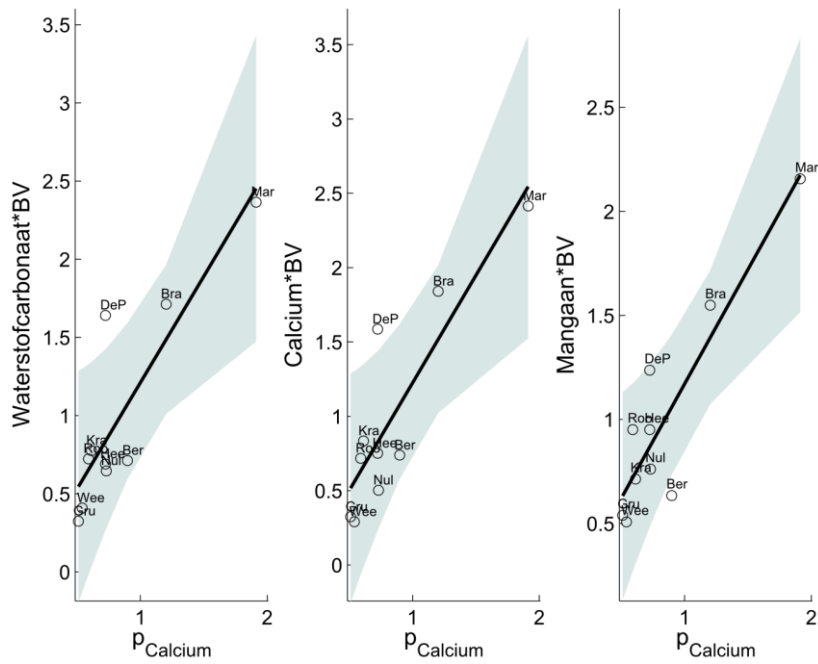
REWAB-kwaliteitsparameter vermenigvuldigd met BV versus asgehalte

Waterkwaliteitsparameters vermenigvuldigd met BV versus het asgehalte.



REWAB-kwaliteitsparameter vermenigvuldigd met BV versus calciumgetal

Waterkwaliteitsparameters vermenigvuldigd met BV versus het calciumgetal.



VI Regressie; ruw water 2008

Asgetal

