

## **BIJLAGE 1; Kosteneffectiviteit van actiefkoolfiltratie voor pentachloorfenolverwijdering uit grondwater (eerder ingebracht door Appellanten SME en VMW)**

### **Inleiding**

In het verweerschrift d.d. 14 mei 2020 gaat RWS Oost-Nederland in op de kosteneffectiviteit van de verwijdering van pentachloorfenol uit grondwater. Voor de kosteneffectieve verwijdering van pentachloorfenol (PCP) wordt een drempelwaarde gehanteerd van € 4555,00 per kilogram verwijderde PCP, per jaar. Een dergelijke kosteneffectiviteitsdrempel is tot stand gekomen en gevalideerd aan de hand van beschikbare casussen uit het verleden en is als zodanig beschreven in de door het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat gepubliceerde nota 'Kosteneffectiviteit van maatregelen ter beperking van wateremissies, 2018'. Daarin komt actiefkoolfiltratie naar voren als de beste beschikbare techniek (BBT) voor de verwijdering van PCP uit grondwater. De nota en de bijbehorende kosteneffectiviteitstool (KE-tool) zijn beschikbaar via de Helpdesk Water: <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/emissiebeheer/vergunningen/vergunningaanvraag>

### **Pentachloorfenolverwijdering door middel van actiefkoolfiltratie**

In voornoemd verweerschrift van RWS Oost-Nederland wordt verwezen naar een Tauw-notitie d.d. 16 maart 2018 getiteld:

'Melding lozing (kwaliteit) onttrekkingswater sanering Enka-pluim Ede'. In deze notitie wordt in Hoofdstuk 3.6.1 nader ingegaan op de kosteneffectiviteit van pentachloorfenolverwijdering bij grondwaterzuivering, met name door toepassing van actiefkoolfiltratie.

Met betrekking tot actiefkoolfiltratie merken wij in het onderstaande het volgende op over de beladingsgraad, de invloed van de temperatuur en de kosteneffectiviteit van pentachloorfenolverwijdering.

### **Beladingsgraad**

Uitgaande van een debiet van 10m<sup>3</sup>/uur en een concentratie van 10 µg PCP/l vervuild grondwater uit de Maandereng volgt na een verdunning met 15 m<sup>3</sup>/uur met schoon grondwater uit de Rietkampen een concentratie van 4 µg PCP/l. Dit komt uit op een vracht van 876 gram PCP per jaar. Door Tauw BV (p.10/21) wordt gesteld: 'Het is aannemelijk dat de maximale beladingsgraad van slechts 0,1 gram PCP per kilogram actieve kool bedraagt'. Dat resulteert vervolgens, bij een jaarvracht van 876 gram PCP, in een actiefkoolverbruik van 8.760 kg per jaar. Tegen een prijs van € 10,00 per kilogram actieve kool resulteert dit volgens Tauw BV in een jaarlijkse kostenpost van € 87.600,00. De zuiveringskosten komen daarmee, aldus nog steeds Tauw BV, ver boven de kosteneffectiviteitsdrempel uit. Wij bestrijden dat.

Zoals tijdens de rechtszitting op 28 mei 2020 reeds is opgemerkt door Mooi Wageningen lijkt deze jaarlijkse kostenpost van € 87.600,00 in geen enkele verhouding te staan tot hetgeen redelijkerwijs op grond van de nota 'Kosteneffectiviteit' verwacht mag worden. Dit klemt des te meer omdat in de Tauw-notitie wordt verwezen naar Figuur 3.3 'Beladingsgraad van pentachloorfenol op actieve kool' (p. 11/21). Nog afgezien van (a) het ontbreken van enige berekeningsmethodiek en (b) en het in strijd met het auteursrecht weglaten van een bronvermelding, is de interpretatie van deze figuur foutief omdat het hier desorptiegrafiek betreft. In plaats daarvan had gebruik gemaakt moeten worden van een adsorptiegrafiek waaruit de mate waarin pentachloorfenol hecht aan actieve kool kwantitatief is af te leiden. Voorts stelt Tauw BV ten onrechte op p.10/21 dat deze stof goed oplosbaar is in water en derhalve slecht adsorbeert aan actieve kool. De pH van het grondwater in de Enka-pluim is echter nagenoeg neutraal (pH 7.2);

*Buijs Agro-Services*

Schuurhoven 19, 6721SM Bennekom, the Netherlands

KvK Arnhem 09101545, tel: +31(0)318301880

e-mail: [Jelmerbuijs@gmail.com](mailto:Jelmerbuijs@gmail.com)

pentachloorfenol is dan ongedissocieerd, dus hydrofoob van karakter, slecht oplosbaar en goed adsorberend aan actieve kool.

Het bijgesloten artikel van Mollah en Robinson in Water Research (1996) is over deze kwantitatieve relatie blijkens de onderstaande figuur helder en duidelijk. Op grond van de in dit artikel aangevoerde berekeningsmethodiek kan het volgende worden afgeleid over de adsorptie van pentachloorfenol aan actieve kool en dus ook over het jaarlijkse actiefkoolverbruik. Op grond van deze publicatie is het jaarlijks actief koolverbruik namelijk beduidend lager. Voor de de beladingsgraad  $q$ , ofwel de adsorptie van PCP aan actieve kool, hanteren deze auteurs de Radke-Prausnitz vergelijking:

$$q = a.C_{exp}(b) / (1 + c.C_{exp}(b-1))$$

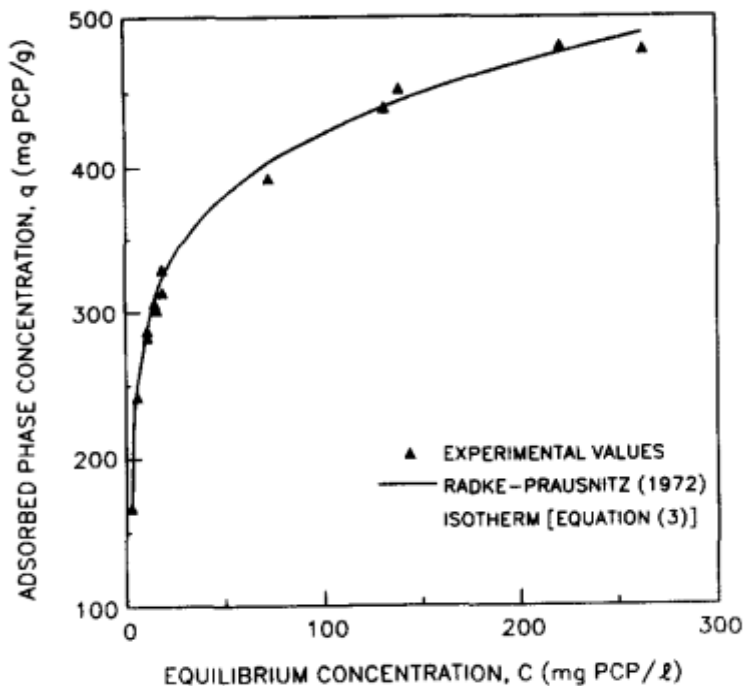


Fig. 1. Adsorption of PCP on GAC from aqueous solution at 30°C and pH 8.5.

Bij substitutie van de door Mollah en Robinson in Tabel 1 gegeven coëfficiënten  $a$ ,  $b$  en  $c$  door respectievelijk 223, 0,14 en 0,42 volgt voor een **concentratie (C) van 4 µg PCP/l** een **beladingsgraad (q) van 2 gram PCP per kg actieve kool**. Uitgaande van deze beladingsgraad  $q$  en een jaarvrucht van 876 gram PCP volgt een jaarverbruik van 438 kg actieve kool.

Zonder verdunnen met schoon grondwater uit de Rietkampen komen we voor alléén de Maandereng bij een debiet van 10m<sup>3</sup>/uur en 10 µg PCP/l ook tot een jaarvrucht van 876 gram PCP.

Volgen we aansluitend de berekeningsmethodiek van Mollah en Robinson voor een **concentratie (C) van 10 µg PCP/l** dan **resulteert dat in een beladingsgraad van 5 gram PCP per kg actieve kool**. Op jaarbasis is dan minder, namelijk 175 kg actieve kool nodig. Waarbij wij nog opmerken dat, in tegenstelling tot hetgeen Tauw BV onderaan p. 10/21 stelt, het actiefkoolgebruik niet duurder maar juist relatief goedkoper wordt.

Ten slotte nog het volgende. In de Tauw-notitie wordt Figuur 2 uit de Mollah en Robinson publicatie ( zie Figuur 3.3 uit de Tauw-notitie). Bovendien neemt Tauw BV daarbij de originele tekst bij deze Figuur niet over. Uit die tekst blijkt dat pentachloorfenol, in tegenstelling tot wat Tauw BV beweert, juist goed aan actieve kool adsorbeert (maximaal 576,9 mg /gram).

### Invloed temperatuur

In de publicatie van Mollah en Robinson is de adsorptie van pentachloorfenol aan actieve kool bestudeerd bij 30°C. De auteurs geven in onderstaande Fig. 3 een relatie weer tussen watertemperatuur en adsorptie van pentachloorfenol aan actieve kool. Meer in het bijzonder betreft het hier het verband tussen de coëfficiënt  $a$  uit de Radke-Prausnitz vergelijking op de Y-as en de reciproke temperatuur in graden Kelvin op de X-as.

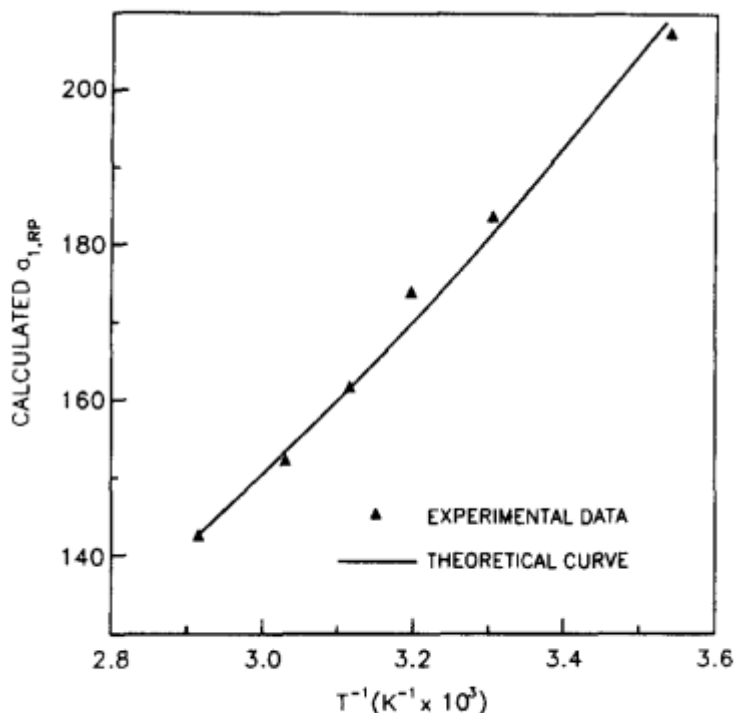


Fig. 3. Effect of temperature on equilibrium adsorption of PCP. pH = 11,  $G = 0.5$  g,  $V = 0.75$  l,  $C_0 = 300$  mg PCP/l.

Het te zuiveren grondwater in de Enka-pluim zal niet afwijken van het in Nederland geldende jaargemiddelde van 10°C (283K). Gelet op bovenstaande Figuur 3 hoort daarbij coëfficiënt  $a$  met een waarde van 208; uitgaande van de theoretische curve. De experimenten van Mollah en Robinson zijn uitgevoerd bij 30°C (303K); hieruit volgt een waarde van 180 voor coëfficiënt  $a$ . Hieruit volgt dat de efficiëntie van PCP-adsorptie aan actieve kool onder grondwateromstandigheden een factor 1,15 (208/180) gunstiger zal zijn. Aansluitend mogen voornoemde jaarverbruiken van actieve kool dienovereenkomstig gesteld worden op respectievelijk 380 en 152 kilogram per jaar.

### Kosteneffectiviteit pentachloorfenolverwijdering

In de studie van Mollah en Robinson is gebruikgemaakt van korrelvormige actieve kool, ofwel granular activated carbon (GAC) van het type Calgon F300. Dit type actief kool wordt in Nederland veelvuldig toegepast bij de bereiding van drinkwater en de zuivering van grondwater. Uit informatie op internet blijkt dat bij grootschalige praktijktoepassingen een kiloprijs van € 5,00 aannemelijk is. Kortom, de helft van wat in de Tauw-notitie zonder bronvermelding als (volgens ons te hoge)

*Buijs Agro-Services*

Schuurhoven 19, 6721SM Bennekom, the Netherlands

KvK Arnhem 09101545, tel: +31(0)318301880

e-mail: Jelmerbuijs@gmail.com

kostprijs wordt opgevoerd; namelijk € 10,00 per kilo van een overigens ongespecificeerde soort actieve kool.

Uitgaande van € 5,00 per kilogram bedragen de kosten voor actieve kool op jaarbasis voor de ingangconcentraties van 4 µg/l (Maandereng en Rietkampen) en 10 µg/l (Maandereng) respectievelijk € 1900,00 en € 760,00 per jaar. In vergelijking met het in de Tauw-notitie voor genoemde bedrag van € 87.600,00 per jaar is dit een factor 46 respectievelijk 115 keer minder.

### **Conclusie**

Gelet op het vorenstaande komen wij tot de conclusie dat de kosten voor actieve kool op jaarbasis beduidend onder de drempelwaarde € 4555,00 per kilogram verwijderde PCP liggen. Door Tauw BV is actiefkoolfiltratie als BBT voor de zuivering van grondwater uit de Enka-pluim ten onrechte niet onderzocht. De instemming van RWS Oost-Nederland met de achterliggende berekeningsmethodiek in de Tauw-notitie is ongegrond.

### **Literatuur**

Mollah, A.H. and Robinson, C.W. (1996). Pentachlorophenol adsorption and desorption characteristics of granular activated carbon – I. Isotherms. Water Research Vol.30, No 12, pp. 2901 – 2906.

## Reactie van ir. Michiel Hennink op de door Rijkswaterstaat en het waterschap ingediende stukken

Op pag. 2 van 13 van de brief van 11 juli 2022 noemt Rijkswaterstaat (RWS) het bezwaar van SME en VMW dat het in de rede had gelegen om via actieve koolfiltratie PCP kosteneffectief te verwijderen. Op blz. 6 van 14 verwijst RWS naar de verweerschriften die al eerder zijn ingediend. Uit deze stukken maken SME en VMW op dat RWS de milieuorganisaties niet volgt in hun standpunt dat actieve koolfiltratie een kosteneffectieve wijze is om PCP te verwijderen. RWS heeft zich daarbij beroepen op de melding van Tauw van 16 maart 2018.

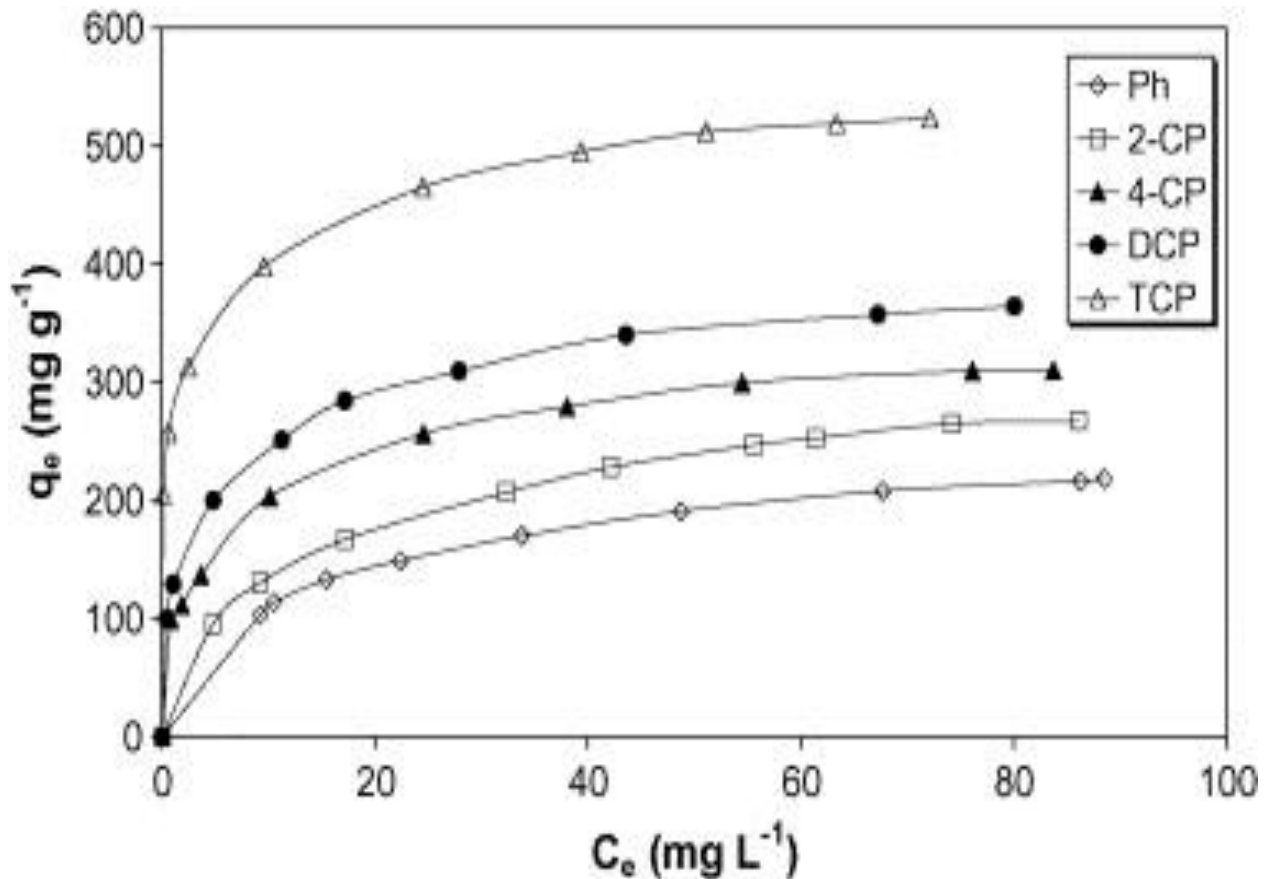
Over het standpunt van RWS over actieve koolfiltratie als verwijderingsmethode merk ik het volgende op.

Op pagina 10 van de notitie van Tauw melding van 16 maart 2018<sup>1</sup> klopt, binnen de alinea over de kosteneffectiviteitsdrempel voor de adsorptie van in water opgeloste PCP op actieve kool, helaas alleen de typering als **“meest voor de hand liggende zuiveringsmethode”**. Voor het overige ontbeert deze alinea feitelijk grondslag.

De reeks adsorptie-isothermen in onderstaande figuur onderbouwt dat de adsorptiecapaciteit van Phenol zeer sterk toeneemt, naarmate er meer Chlooratomen in het molecuul aanwezig zijn.

---

<sup>1</sup> *Melding lozing (kwaliteit) onttrekkingswater sanering Enka-pluim Ede'* betreffende de behandeling van PCP-houdend grondwater afkomstig van het Enka-terrein in Ede.



Bron: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389407000568>

In de praktijk van het saneren van Phenol-houdend grondwater d.m.v. adsorptie aan actieve kool, ligt de beladingscapaciteit voor mg/l Phenol in de grootteorde van 10 % w/w. Wanneer deze Phenolconcentraties enkel ordes dalen, worden nog steeds beladingen gerealiseerd van 1 tot 3 % w/w. PCP zal in deze lagere concentraties zomaar een factor 5 tot 10 beter geadsorbeerd worden, dan Phenol.

Voor deze validatie wil ik bij PCP toch uitgaan van dezelfde (veel lagere) adsorptiecapaciteit als die voor Phenol en wel 3 % ofwel **30 gram PCP per kg actieve kool.** Tauw gaat in deze melding uit van een 300 keer lagere adsorptie capaciteit van **0,1 gram PCP per kg actieve kool.**

Wanneer we verder rekenen met een factor 100 i.p.v. 300, wordt ook direct duidelijk, dat:

- het jaarlijkse koolverbruik met een factor 100 daalt t.o.v. de door Tauw berekende hoeveelheid;
- het toepassen van “adsorptie van PCP aan actieve kool” daarmee dus wel ruimschoots binnen de “kosteneffectiviteitsnorm” blijft!

Ir. Michiel Hennink

14-09-2022

Tegenwoordig ben ik als “Expert Milieutechniek” verbonden aan HMVT b.v. in Ede.

Na de in 1985 voltooide studie Milieuhygiëne (LH Wageningen 1985), ben ik *als medeoprichter van HMVT sinds 1988 actief in de bodem- en grondwatersanering en zo ook intensief betrokken geweest bij de planvorming en realisatie van de inmiddels voltooide grondwatersanering van het Enka-terrein in Ede.*