## Veilig en gezond drinkwater maken

Alles wat op aarde leeft, is van water afhankelijk, zo sterk zelfs dat zonder water leven niet mogelijk is. Bijna alle grote beschavingen zijn rondom water ontstaan, waarbij het water niet alleen noodzakelijk was voor consumptie, maar ook voor de ontwikkeling van de landbouw en voor het ontstaan van handel en transport. De geschiedenis laat zien dat de ontwikkeling van grote beschavingen in belangrijke mate afhing van de vooruitgang die geboekt kon worden op het gebied van watertechnologie en watermanagement.

Het kunnen gebruiken van veilig en gezond drinkwater is een basisvoorwaarde voor een lang en gezond leven. In Nederland vinden we het vanzelfsprekend dat er een goede kwaliteit drinkwater uit de kraan komt, maar op heel veel plaatsen in de wereld is dat niet het geval. De kwaliteit van het Nederlandse kraanwater behoort tot de beste van de wereld. Dit komt omdat er bij de bereiding diverse zuiveringsstappen worden toegepast en in tegenstelling tot de meeste andere landen wordt er voor de hoofddesinfectie geen chloor gebruikt. Daardoor heeft het Nederlandse kraanwater een lekkere en natuurlijke smaak.

Voor de productie van drinkwater kan gebruik gemaakt worden van verschillende bronnen, zoals grondwater en oppervlaktewater. In Nederland wordt zo’n 60% van het drinkwater gemaakt van natuurlijk grondwater en de rest wordt direct of indirect uit oppervlaktewater gewonnen. Het grondwater heeft (meestal) een constante samenstelling en is hygiënisch veilig, wat betekent dat het geen schadelijke micro-organismen bevat. Soms kan het grondwater direct gedronken worden, maar meestal is er nog een behandeling nodig om bijvoorbeeld het aanwezige ijzer, mangaan, methaan en/of ammonium (deels) te verwijderen. In het westen van Nederland wordt veel gebruik gemaakt van oppervlaktewater, omdat er onvoldoende zoet grondwater voorhanden is. Dit oppervlaktewater kan direct gezuiverd worden tot drinkwater. Een andere mogelijkheid is om het oppervlaktewater eerst te infiltreren in de grond, bijvoorbeeld in de duingebieden of oevers, waardoor de waterkwaliteit sterk verbetert en schadelijke micro-organismen afsterven.

Voor de directe zuivering van oppervlaktewater zijn er diverse zuiveringsstappen nodig. Vaak wordt rivierwater eerst opgeslagen in bassins of bekkens, waarin al een zekere mate van natuurlijke zelfreiniging plaatsvindt. Zo liggen er in het Nationaal Park De Biesbosch drie grote – geschakelde – voorraadbekkens waarbij water wordt ingenomen uit de rivier de Maas. Na een totale verblijftijd van circa 5 maanden, en centrale ontharding, wordt het water getransporteerd naar vier drinkwaterproductielocaties van Evides Waterbedrijf. Op de productielocaties wordt het water gezuiverd tot schoon en veilig drinkwater.



*Fig.1: De Biesboschbekkens: het water wordt ingenomen vanuit de Maas in het spaarbekken ‘De Gijster’, en vandaaruit overgepompt naar het volgende bekken ‘Honderd en Dertig’ en tenslotte naar het laatste bekken ‘Petrusplaat’.*

De processtappen die nodig zijn voor de zuivering van oppervlaktewater kun je globaal indelen in:

1) voorzuivering: microzeven, coagulatie, dubbellaags filter

2) hoofddesinfectie: UV licht

3) nazuivering: actief koolfilters, op pH brengen en zuurstof inlaten

Op de drinkwaterzuiveringslocatie wordt het water uit de Biesboschbekkens allereerst door microzeven geleid (zie afbeelding 2a), waardoor grove vuildeeltjes uit het water verwijderd worden. Daarna wordt er een vlokmiddel, ijzerchloride, aan het water toegevoegd, dat ervoor zorgt dat gedispergeerde kleine (colloïdale) deeltjes gaan samenklonteren (coaguleren).

Er worden daarbij kleine vlokjes gevormd, die uit het water worden verwijderd door ze te laten bezinken en ze vervolgens over een (dubbellaags)filter (bestaande uit zand en antraciet of grind) te filtreren (afbeelding 2b).

In een volgende stap wordt het gefiltreerde water met ultraviolet licht (UV) (afbeelding 2c) gedesinfecteerd. Daarna wordt het water over actief-koolfilters geleid (afbeelding 2d), waarbij in het rivierwater aanwezige organische stoffen, bijvoorbeeld microverontreinigingen zoals gewasbeschermingsmiddelen en medicijnresten, aan de kool adsorberen – en dus worden verwijderd – en waarbij tevens alle geur-, kleur- en smaakstoffen uit het water verdwijnen.

Tenslotte wordt het water op de juiste pH gebracht en wordt er, in de zomer, zuurstof toegevoegd. Het gezuiverde drinkwater wordt vervolgens opgeslagen in reinwaterreservoirs en vandaaruit getransporteerd naar huishoudens en bedrijven.

Figuur 2 geeft een schematisch overzicht van de zuiveringstappen op Nederlands grootste drinkwaterzuiveringslocatie Berenplaat, met een jaarlijkse productie van circa 100M m3 (capaciteit is circa 150 M m3).



*Fig. 2: Overzicht van de diverse zuiveringsstappen op drinkwaterproductielocatie ‘Berenplaat’: a) microzeven, b) dubbellaagsfilter, c) UV-desinfectie en d) actiefkoolfilters*.

Het uitvoeren van een aantal eenvoudige practicumproeven kan het proces van waterzuivering nabootsen.

Het gaat hierbij om: 1) coagulatie/flocculatie, 2) dubbellaagsfilter en 3): actiefkoolfiltratie.

Het is uiteraard niet de bedoeling om het water na het doorlopen van de proeven te drinken.

**Practicumproeven**

**Proef 1: Coagulatie/flocculatie**

Doel: (demonstratie van) de verwijdering van kleine gedispergeerde deeltjes uit oppervlaktewater door toevoeging van de coagulant (FeCl3). Het Fe3+ reageert met water, waarbij een niet oplosbaar ijzerhydroxide wordt gevormd volgens de reactie:

$$Fe^{3+}+3H\_{2}O\rightarrow Fe(OH)\_{3}+3H^{+}$$

De kleine deeltjes worden ingevangen in de ijzerhydroxidevlokken waarna ze bezinken of zullen gaan drijven

**Benodigdheden:**

Ruw-oppervlaktewater (slootwater, kanaalwater, rivierwater o.i.d.)
Pipet 10 ml
100 ml FeCl3 oplossing (2,5 g/L)
4 Bekerglazen + magneetroerder

**Uitvoering:**

1. Nummer de bekerglazen 1 t/m 4
2. Vul 4 bekerglazen met 500 ml ruw-oppervlakte water
3. Voeg de magneetroerders toe.
4. Voeg vervolgens respectievelijk aan 3 bekerglazen toe:

4 ml FeCl3, 8 ml FeCl3 en 12 ml FeCl3. Voeg aan referentiebekerglas 4 niets toe.

1. Zorg gedurende 2 min in ieder bekerglas voor goede menging van de FeCl3
2. Roer ieder bekerglas nog eens 15 min op lage stand
3. Stop de roerder en laat de vlokken bezinken
4. Beschrijf de verschillen tussen bekerglas 1 t/m 3 en bekerglas 4 (blanco) voor wat betreft de hoeveelheid en vlokgrootte van het bezinksel en helderheid van de vloeistof.

**Verwerking**

Noteer de resultaten van je waarnemingen in een tabel en beantwoordt de volgende vragen:

1. Waarom in stap 6 roeren op lage stand?
2. Wat is het gevolg van meer ijzer (III)chloride toevoegen?
3. Hoe kun je concluderen dat het water schoner is geworden?

**Proef 2: Dubbellaagsfilter**

Doel: Demonstratie van de werking van een zandfilter, waarbij gesuspendeerde deeltjes uit het water worden verwijderd door filtratie.

**Benodigdheden:**

Plastic fles
Watten
Zand en kiezeltjes
Schaar
Maatbeker met vies water, bijvoorbeeld slootwater met havervlokken of het water met de FeCl3 vlokken uit proef 1

**Uitvoering**

1. Knip het bovenstuk van de fles (ca 5 cm) en draai de dop eraf.
2. Zet het bovenstuk van de fles ondersteboven in het onderstuk.
3. Leg in de schenkopening van het bovenstuk een laagje watten.
4. Leg op de watten een laagje zand. Heb je grof en fijn zand? Leg dan eerst een laagje fijn zand en daarna een laagje grof zand.
5. Leg vervolgens een laagje kiezeltjes op het zand.
6. Giet het vieze water heel langzaam door het filter.
7. Bekijk het filtraat (moet transparant zijn).

8. Bekijk welk deel van het filter vervuild is geraakt en welke stof daar is achter gebleven.

9. Herhaal de proef met het andere ‘vieze’ water

**Proef 3: Actiefkoolfiltratie**

Doel: Demonstratie van de adsorptieve werking van actiefkool. Actiefkool is heel poreus, zodat het een groot inwendig oppervlak heeft (> 1000m2/g), waaraan verontreinigingen in het water kunnen adsorberen.

**Benodigdheden**

Miniatuur actief koolfilter, b.v. een trechter met filterpapier.

Bekerglas 200 ml
Bekerglas 150 ml

Actiefkool (b.v. Norit)
Inkt (mag ook verdunde koffie of thee zijn)

**Uitvoering**

1. Vul het (200 ml) bekerglas met water. Los de inkt/thee of koffie (paar druppeltjes) op in het water. Als te veel inkt gebruikt wordt, zal de kool snel doorslaan.
2. Vul de trechter met het filterpapier met actiefkool. Vul de actiefkoolfilter met water, zorg ervoor dat alle lucht uit kool verdwijnt. Laat het bovenstaande water weglopen.
3. Giet de inktoplossing uit het bekerglas in het actiefkoolfilter.
4. Laat de inktoplossing langzaam door het actiefkoolfilter lopen. Zorg voor voldoende contacttijd. In de drinkwaterzuivering worden contacttijden tussen de 10 en 40 minuten gebruikt.
5. Vang het filtraat op in een bekerglas (moet helder zijn).

Indien het water nog kleur bevat is het belangrijk de contacttijd te verlengen door meer actieve kool te gebruiken of langzamer te gieten. Ook kan er nog lucht in de kolom zitten, wat leidt tot kortsluitstroming en geen goed contact met de kool.

**Bronnen**

F. Rosario-Ortiz, J. Rose, V. Speight, U. von Gunten and J. Schnoor. 2016. How do you like your tap water, science Vol 351, p912-914.

P.J. de Moel, J.Q.J.C. Verberk en J.C. van Dijk. 2012 Drinkwater – Principes en praktijk. TU Delft.