Hoofdaandachtspunten uit de introductietekst in het leerlingenmateriaal.

Belang van veilig en gezond drinkwater.

* Alles wat op aarde leeft, is van water afhankelijk
* Bijna alle grote beschavingen zijn rondom water ontstaan,
* De ontwikkeling van grote beschavingen hing in belangrijke mate af van de

vooruitgang die geboekt kon worden op het gebied van watertechnologie en watermanagement.

Drinkwater in Nederland

* De kwaliteit van het Nederlandse kraanwater behoort tot de beste van de wereld.
* In Nederland wordt zo’n 60% van het drinkwater gemaakt van natuurlijk grondwater en de rest wordt direct of indirect uit oppervlaktewater gewonnen.
* In het westen van Nederland wordt veel gebruik gemaakt van oppervlaktewater, omdat er onvoldoende zoet grondwater voorhanden is.
* 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.

De zuivering

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

voorzuivering:

* microzeven, verwijderen grove vuildeeltjes
* coagulatie, vlokmiddel, ijzerchloride, zorgt dat gedispergeerde kleine (colloïdale) deeltjes gaan samenklonteren.
* dubbellaags filter, verwijdering kleine vlokjes over een (dubbellaags)filter (bestaande uit zand en antraciet)
* hoofddesinfectie: UV licht

nazuivering:

* actiefkoolfilters, adsorptie aanwezige organische stoffen, zoals gewasbeschermingsmiddelen en medicijnresten, waarbij tevens alle geur-, kleur- en smaakstoffen uit het water verdwijnen.
* op pH brengen en
* zuurstof inlaten

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.

Coagulatie en flocculatie

De begrippen coagulant en flocculant worden in de praktijk vaak door elkaar gebruikt onder de noemer ‘uitvlokken’. Het verwijderen van zwevend materiaal verloopt via twee na elkaar verlopende mechanismen: coagulatie en flocculatie. Zwevende (colloïdale) deeltjes in oppervlaktewater zijn meestal negatief geladen. Door deze lading stootten ze elkaar af; houden ze elkaar als het ware zwevend en willen dus niet bezinken/drijven. Door gebruik van een positief geladen coagulant (bijvoorbeeld een ijzer of aluminium bevattend product) wordt deze lading geneutraliseerd en kunnen eerder niet bezinkbare minuscule deeltjes, doordat ze elkaar niet meer afstoten, elkaar naderen en uitgroeien tot kleine vlokken (coagulatie). Over het algemeen bezinken of drijven zulke kleine vlokjes ook nog slecht. Door de dosering op te voeren en/of heel rustig te roeren zal de coagulant uiteindelijk ook als flocculant gaan werken waardoor de superkleine vlokjes groter worden en goed bezinkbare of floteerbare vlokken vormen. Extra hoge slibproductie is een vervelend neveneffect. Hier zit de overlap, cq verwarring, zeker als voor de coagulatie én flocculatie dezelfde stof wordt gebruikt zoals FeCl3 .

*NB: Belangrijk is om te beseffen dat de vlokken vooral bestaan uit het onoplosbare ijzerhydroxide. Hierin zitten de colloïdale vuildeeltjes opgesloten. Overigens is dit hele proces pH afhankelijk, bij een pH van rond de 8 zijn de ijzerhydroxide deeltjes ongeladen, waardoor coagulatie/flocculatie optreedt. Bij hogere of lagere pH gaan de ijzerhydroxidedeeltjes weer als colloïdale deeltjes in oplossing.*

Een flocculant is in staat om de hele kleine zwevende deeltjes in water tot goed verwijderbare vlokken - samen te laten groeien. Omdat het molecuul groot is, treedt er een wisselwerking met het oppervlak van het zwevende deeltje op. Flocculanten kunnen hoog-moleculaire stoffen (polymeren) met diverse functionele groepen zijn. De geladen deeltjes en/of kleine vlokjes worden aangetrokken tot de ladingsgroepen van het polymeer, waardoor een grotere vlok ontstaat. Omdat de colloïdale deeltjes niet allemaal dezelfde lading bezitten zijn er diverse ladingsgroepen noodzakelijk op de polymeerstructuur. Er bestaan zowel anionische, kationische als non-ionische polymeren. Zeer belangrijk voor een goede flocculatie is een juiste binding tussen het polymeer en de colloïdale deeltjes. Dit betekent dat naast de aard van de lading ook de spreiding van de lading over het molecuul van belang is, alsmede de lengte van het polymeer. Door de werking van deze elementen bestaan er enkele honderden verschillende polymeren met elk hun specifieke werkingsgebied. In een aantal gevallen kan het volstaan een flocculant toe te voegen om een goede afscheiding te bekomen. Meestal zal de combinatie van coagulant en flocculant vereist zijn.

*NB Het is ook mogelijk dat kleine vlokjes met een lage dichtheid gaan drijven en met behulp van flotatie kunnen worden verwijderd.* [*https://www.youtube.com/watch?v=d3TxZdJvxa8*](https://www.youtube.com/watch?v=d3TxZdJvxa8)

**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.

N.B. Meestal wordt er voor drinkwaterproductie geen flocculant toegevoegd en als dat al gebeurt dan zijn het negatief geladen natuurlijke polymeren zoals zetmeel.

Bij flotatie gaan de kleine vlokjes zich hechten aan de luchtbelletjes, waardoor ze gaan drijven. Die kleine vlokjes hebben nog steeds een iets hogere dichtheid dan die van water, en zonder de luchtbelletjes zouden ze ook gewoon bezinken, maar door de hechting aan de luchtbelletjes worden ze ‘lichter’ (Bert van der Wal).

Checken of de hoeveelheden genoemd in deze stap passen bij het oppervlaktewater dat verzameld is. Er kan ook een oplossing met klei gemaakt worden door de toa die model staat voor oppervlaktewater:

Bekerglas A: Chamotte klei (0,5 mm, K-30000) met houten pollepel de klei in 0,5 L water suspenderen. Daarna suspensie bezinken.

Bekerglas B: bovenstaande troebele water afschenken in het tweede bekerglas



Berekening:

Voor het uitvlokken van de oplossing van 0,5 L Chamotteklei wordt 0,029 gram

ijzer(III)chloride gebruikt. Deze hoeveelheid is aanwezig in 12 ml van de

ijzer(III)chloride-oplossing met concentratie 2,5 g/L.

De toevoegingen van 4 en 8 ml leiden waarschijnlijk wel tot uitvlokking, maar minder dan bij 12 ml en het overgebleven water na bezinking is minder helder.

Als FeCl3 . 6 H2O wordt gebruikt, moet 4,19 gram in een liter worden opgelost.

**Verwerking**

Geef de resultaten van je waarnemingen in een tabel weer en beantwoord 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?

Antwoorden:

Vraag 9 Door te roeren hebben deeltjes een grotere kans op contact, waardoor ook de kans op samenklonteren wordt vergroot. Een lage roersnelheid is nodig om de fragiele samengeklonterde vlokken niet kapot te slaan, wat bij een hoge roersnelheid zeker zal gebeuren.

Vraag 10 Toevoeging van meer ijzerchloride verhoogt de snelheid waarmee de colloïdale deeltjes destabiliseren en het ontstaan van vlokken.

Vraag 11 Als zwevende colloïdale deeltjes door uitvlokken bezinken of komen boven drijven en verwijderd worden, zal het overgebleven water helderder zijn. De troebelheid of optische dichtheid wordt gemeten in absorptie-eenheden bij een bepaalde golflengte (vaak 600 nm). Vergelijk van het water voor en na ‘uitvlokken’ geeft antwoord op de vraag of het water schoner (lees: minder zwevende deeltjes) 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

Antwoord 8:

Het zandfilter is opgebouwd uit vier lagen watten, fijn zand, grover zand en kiezels. De poriegrootte in de lagen loopt van klein naar groot van de kiezellaag naar de wattenlaag. In de lagen van kiezel tot watten zijn respectievelijk de grotere tot allerkleinste vervuilingen terug te vinden. Worden havervlokken gebruikt dan vinden we ze terug tussen de kiezels of grof zand.

**Proef 3: Actief koolfiltratie**

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. 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.
3) Vul de actief koolfilter met water, zorg ervoor dat alle lucht uit kool verdwijnt. Laat het bovenstaande water weglopen.
3. Giet de inktoplossing uit het bekerglas in het actief koolfilter.
4. Laat de inktoplossing langzaam door de 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.