**WATERZUIVERING**

**Inleiding**

Dit is een profielwerkstuk over waterzuivering voor het vak scheikunde. We wilden ons profielwerkstuk eerst maken over afvalwaterzuivering, maar omdat we meer informatie vonden over waterzuivering in het algemeen hebben we besloten om het over waterzuivering in het algemeen te doen. Dit onderwerp is ons aangeraden door de scheikundeleraar.

In het eerste hoofdstuk gaan we in op water en behandelen we de waterkringloop en de problemen die daarbij ontstaan. We hebben dit als eerste hoofdstuk gekozen, omdat we het belangrijk vonden om eerst iets over water in het algemeen te vertellen, voordat we aan de zuiveringsmethodes beginnen.

Het tweede hoofdstuk gaat over waterschappen. We vertellen iets over de geschiedenis, en over de verschillende soorten taken en bevoegdheden van de waterschappen in ons eigen waterrijke Nederland. We hebben hier voor gekozen, omdat de waterschappen een belangrijke rol spelen bij de zuivering van water en bij het onderhoud van water.

Het derde hoofdstuk gaat over drinkwaterzuivering. In dit hoofdstuk gaan we het hebben over de zuiveringsmethodes voor water om het tot drinkwater te transformeren, en aan welke eisen het water dan moet voldoen. Waarom we hier voor gekozen hebben ligt voor de hand.

Het vierde hoofdstuk gaat over het zuiveren van afvalwater. We gaan in op de biologische, chemische en op de mechanische zuivering van het afvalwater. Ook gaan we in op de rioolwaterzuiveringsinstallatie en hebben we het kort over de ionenuitwisseling.

Inhoud

[1. Water in het algemeen. 3](#_Toc124681246)

[1.1 Water is de basis van het leven 3](#_Toc124681247)

[1.2 De kringloop van het water en de problemen 5](#_Toc124681248)

[2. Waterschappen 8](#_Toc124681249)

[2.1 Het ontstaan van de eerste waterschappen 8](#_Toc124681250)

[2.2 Wat zijn waterschappen? 9](#_Toc124681251)

[2.3 Wat doen waterschappen? 9](#_Toc124681252)

[3. Drinkwaterzuivering 11](#_Toc124681253)

[3.1. Beluchting en ontgassing 11](#_Toc124681254)

[3.2. Filtratie 13](#_Toc124681255)

[3.3. Actieve koolfiltratie 14](#_Toc124681256)

[3.4. Ontharding 15](#_Toc124681257)

[3.5. Nanofiltratie en omgekeerde osmose 16](#_Toc124681258)

[3.6. Coagulatie en vlokvorming 16](#_Toc124681259)

[3.7. Bezinking 17](#_Toc124681260)

[3.8. Flotatie 17](#_Toc124681261)

[4. Afvalwaterzuivering 18](#_Toc124681262)

[4.1 Samenstelling van het afvalwater 18](#_Toc124681263)

[4.2 Mechanische zuivering 18](#_Toc124681264)

[4.3 Biologische zuivering. 19](#_Toc124681265)

[4.4 De rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI). 21](#_Toc124681266)

# 1. Water in het algemeen.

## 1.1 Water is de basis van het leven

Water bezit eigenschappen die het uniek maken en daardoor is een leven zonder water welhaast ondenkbaar. Het protoplasma van een levende cel bevat circa 80% water. Bij de meeste reacties die zich in een cel afspelen vervult water een rol, hetzij als reagens of als reactie medium.

Water is een goed oplosmiddel en daarom een ideaal transportmiddel voor voedingsstoffen en afvalstoffen.

Door zijn hoge soortelijke warmte (4,185 kj/kg) kan het water de grote temperatuurschommelingen, waaraan onze aarde is blootgesteld, voor een groot deel opvangen en teniet doen.

Het bijzondere van water is dat het in vaste vorm, dat wil zeggen dat ijs, een lagere soortelijke massa bezit dan in vloeibare vorm. IJs zal daardoor op water drijven waardoor het de onderliggende watermassa en de daarin aanwezige planten- en dierenwereld voor afkoeling beschermt.

Het is nu geenszins verwonderlijk dat het leven op onze planeet zijn eerste kansen heeft gekregen in het water.

De totale watermassa op aarde bedraagt ongeveer 1400 miljoen km3. Slechts 3%

hiervan is zoet waarvan 1% gebonden is in de ijskappen aan de polen. De overige 2% zoetwater neemt meer actief deel aan de grote kringloop. De helft hiervan is opgeborgen in de grote Noord-Amerikaanse meren, zodat voor de inhoud van de rivieren, de overige meren en al het grondwater nog 1%, dat is 14 miljoen km³ overblijft.

Over het totale landoppervlak van de aarde (ongeveer 150 miljoen km²) verdeeld komt dit neer op een schijf van gemiddeld ongeveer 100 meter dikte. De hoeveelheid water in de atmosfeer bedraagt slechts 0,002% van het water op aarde.

De verdamping van de zeeën op aarde is ongeveer 75 mm per jaar groter dan de neerslag in die zeeën. Jaarlijks begeeft zich dus 0,027 miljoen km³ water door de lucht van zee naar land, om over en door de bodem in zee terug te keren. Tijdens deze grote kringloop verblijft een waterdeeltje gemiddeld ongeveer 1 jaar in de atmosfeer, 1000 jaar op het land en 50000 jaar in zee.

In Nederland bedraagt de gemiddelde neerslag ongeveer 700 mm per jaar. Een gedeelte van deze neerslag stroomt bovengronds af of verdampt, of direct of nadat het door planten is opgenomen. Het restant wordt in de lage gebieden van ons land afgevoerd naar de sloten waarvan het peil kunstmatig wordt beheerst.

In de hoge gronden en duinen komt het restant als "nuttige neerslag" ten goede

aan het grondwater.

Het percentage nuttige neerslag hangt in hoofdzaak af van de aard van de begroeiing. Onder gunstige omstandigheden in de duinen bedraagt de nuttige neerslag ongeveer 60% van de totale neerslag; op de hoge gronden is het percentage niet groter dan 30 à 35.

Slechts een gedeelte van de nuttige neerslag is winbaar; dit in verband met landbouwbelangen, droogvallen van beken en riviertjes, gevaar voor verzilting enzovoort.

Geschat is dat in Nederland per jaar maximaal 1,5 miljard m³ grondwater kan worden gewonnen. De waterbehoefte was in 1983 ongeveer 1,1 miljard m³. Hiervan werd voor 2/3 deel aan het grondwater onttrokken dat men vooral in het oosten en zuiden van ons land in de grond en ook in de duinen aan onze westkust

aantreft. In de lager gelegen gebieden, met name in het westen van het land en in grote delen van Friesland en Groningen, is het grondwater zout of brak.

De waterbehoefte in het jaar 2000 is geschat op 4 à 4,5 miljard m³. Dan zal dus jaarlijks minstens 2,5 miljard m³ oppervlaktewater moeten worden gewonnen. Dit zal hoofdzakelijk afkomstig moeten zijn van de rivieren de Rijn en de Maas; door deze rivieren passeert gemiddeld een hoeveelheid van 78 miljard m³ water ons land op weg naar zee.

Al dit benodigde water zal op een of andere manier gezuiverd en opgeslagen moeten worden. Hierna zal het gezuiverde water door een uitgebreid leidingnet gedistribueerd worden waarna de verbruikers het meer of minder vervuilen.

Dit vervuilde water mag niet zonder meer in sloten, kanalen en rivieren worden geloosd. Het vervuilde water gaat via een riolenstelsel naar afvalwaterzuiveringsinstallaties waar het gedeeltelijk wordt gezuiverd alvorens het weer terug wordt gevoerd naar het oppervlaktewater. Dit gezuiverde water heet "effluent".

## 1.2 De kringloop van het water en de problemen

We gaan nu de waterkringloop van ons eigen land eens bekijken. Als je op nationaal niveau een waterbalans opstelt, moet de aanvoer van water door neerslag en lozing overeenkomen met de afvoer door verdamping, onttrekking en afvoer naar zee.

De aanvoer van de rivieren in ons land bedraagt ruim 80 miljard m³ water per jaar (namelijk 69 miljard kuub Rijnwater, 8 miljard kuub Maaswater plus zo'n 3 miljard kuub van kleinere riviertjes). Verder valt er ruim 30 miljard kuub regen, hagel en sneeuw. De totale aanvoer in ons land bedraagt dus 110 miljard m³ water per jaar.

Twee derde van het regenwater (20 miljard kuub) verdampt. Eén derde (10 miljard kuub) verdwijnt als grondwater de bodem in. De waterleidingbedrijven claimen zo'n 1,2 miljard kuub per jaar (waarvan 800 miljoen kuub grondwater en 400 miljoen kuub Rijn- en Maaswater). Dit water wordt alleen maar tijdelijk aan de kringloop onttrokken. Na gebruik wordt het in de vorm van gezuiverd afvalwater op het oppervlaktewater geloosd. De rivieren voeren het overschot af naar zee.

Waterkringlopen kun je op diverse schalen beschouwen. Een kleinschalige kringloop vormt bijvoorbeeld ons eigen huis. De aanvoer van water via het drinkwaternet of met de regen die op het dak neerkomt moet in evenwicht zijn met de afvoer via regenpijp en het huisriool naar het straatriool. Is de douchekop teveel verkalkt, dan raakt de aanvoer geblokkeerd. Zit het afvoerputje verstopt, dan stopt de afvoer. In beide gevallen raakt de waterkringloop binnenshuis verstoord.

Een grootschaliger waterbalans valt op te stellen voor een straat, een wijk of een landstreek, of op landelijk niveau. Om rivieren zoals Rijn of Maas, Indus of Ganges echt goed te begrijpen moet je zelfs over de landsgrenzen kijken en de weg van het water in het hele stroomgebied, van oorsprong tot aan de monding, volgen.

Beschouwen we de waterkringloop op continentaal niveau, dan krijgen we te maken met mogelijke klimaatveranderingen op aarde, die tot omslag van grote golfstromen zouden kunnen leiden of tot uitbreiding van de Sahara en andere woestijnen. Op wereldschaal tenslotte speelt het probleem van het broeikaseffect.

Wat er precies gaat gebeuren is onbekend, maar onderzoekers hebben allerlei scenario's opgesteld. Mogelijk stijgt het koolzuurgasgehalte in de atmosfeer van 0,034 procent nu naar 0,060 procent in het jaar 2050. Dan zou de temperatuur op aarde gemiddeld wellicht twee tot drie graden omhoog gaan. In sommige streken zouden de temperatuursstijgingen nog veel extremer kunnen zijn. Hoe verder van de evenaar vandaan, hoe extremer de klimaatsveranderingen. De intensiteit van de neerslag (regen, hagel en sneeuw) en de verdamping zou met tien procent kunnen stijgen. Mede daardoor zou het klimaat in sommige gebieden heel anders worden. Minder sneeuw in West-Europa en in de Alpen wellicht. Dan trekken de gletschers zich terug en belandt er in het voorjaar veel meer smeltwater in de rivieren.

Ook in de poolstreken zouden ijskappen kunnen smelten. Volgens de somberste scenario's zou de zeespiegel dan wereldwijd vele meters kunnen stijgen. Maar volgens andere geleerden betekent een minder ijzig klimaat rond de Zuidpool, waar het nu gemiddeld zo'n 40 graden vriest, juist dat de warmere lucht er straks meer waterdamp zal kunnen bevatten. Dan zal er ook meer sneeuw vallen en worden de ijskappen juist dikker in plaats van dunner.

Op grotere schaal worden de problemen veel ingewikkelder. Om de belangen van drinkwaterwinning en industrie, landbouw en natuur harmonisch op elkaar af te stemmen ('duurzaam waterbeheer') moeten de betrokken partijen samenwerken. Bovendien eindigt een duurzaam waterbeheer niet bij de grenzen van gemeente, provincie of rijk.

Een voorbeeld van internationale samenwerking is het Rijn Actie Plan waarin de Rijnoeverstaten hun krachten hebben gebundeld. Het uiteindelijke ideaal is, de rivier weer zover in haar oorspronkelijke karakter te herstellen dat de zalm, zich hier weer lekker voelt. Zoals het er nu uitziet worden die doelstellingen althans in Nederland in 1995 nog niet gehaald.

Op de grote Milieuconferentie van de Verenigde Naties in Rio de Janeiro in juni 1992 werden staatshoofden uit de hele wereld het eens over het actieplan Agenda 21. Doelstelling is onder meer om voldoende water van goede kwaliteit voor de snel groeiende wereldbevolking beschikbaar te houden. Ecosystemen verdienen bescherming. En ziekten die verband houden met vervuild water moeten worden bestreden. Verder werd op de milieutop in Rio veel aandacht besteed aan de dreigende versterking van het broeikaseffect, dat tot een wereldwijde zeespiegelstijging kan leiden.

Om het noodlot af te wenden moet de uitstoot van koolzuurgas tot een minimum worden teruggedrongen. Dat kan door energiebesparing, door het inschakelen van alternatieve, duurzame energiebronnen zoals wind- en zonne-energie en door het tegengaan van ontbossing en het aanplanten van nieuwe bossen. Het is misschien een verrassende gedachte, dat ook het bosbouwbeleid in de wereld zijn weerslag op de water kringloop heeft.

# 2. Waterschappen

## 2.1 Het ontstaan van de eerste waterschappen

In de loop van de middeleeuwen ontstonden in het lage gedeelte van Nederland de eerste waterschappen. De bestaande gemeenschappen (de buurschappen) speelden daarin een belangrijke rol. De buurschappen hadden gekozen bestuurders en behartigden de belangen van de plaatselijke bevolking (te vergelijken met de huidige gemeenten). Ook de waterstaatszorg behoorde tot hun domein. De boeren en landbezitters waren verantwoordelijk voor het onderhoud van de lokale waterstaatswerken als dijkjes, kaden, sloten en waterwegen.

Meestal kon één buurschap de zorg voor dijkbouw en afwatering niet alleen aan. Er waren doorgaande waterkeringen nodig, dammen in riviermonden, afwateringssluizen en kanalen; een gigantische onderneming in een tijd dat alles met man- en paardenkracht moest gebeuren. Regionale samenwerking tussen buurschappen was daarom noodzaak. Zo ontstonden de eerste (streek-) waterschappen. Ze hadden een democratische werkwijze: de samenwerking van de plaatselijke gemeenschappen kwam niet alleen tot uiting in onderhoud van werken maar ook in medezeggenschap in het bestuur. De waterschappen zijn daarmee de oudste vorm van democratisch bestuur in Nederland.

Omstreeks 1850 bestonden in ons land circa 3500 waterschappen. In 1950 waren er door samenvoegingen nog 2500. Na de watersnoodramp in1953 kwam het proces van concentraties in een stroomversnelling. De roep om grote bestuurlijke (waterstaatkundige) eenheden leidde via verregaande samenvoegingen tot ruim 50 waterschappen op dit moment. Ondanks deze fusies vervult een deel van de waterschappen die tussen de twaalfde en de veertiende eeuw ontstonden nog steeds een rol. Ze bestaan vaak nog onder hun historische namen (hoog)heemraadschap of polderdistrict.

## 2.2 Wat zijn waterschappen?

De waterschappen zijn verantwoordelijk voor een goed waterbeheer. Dit gaat tegenwoordig heel wat verder dan het aanleggen van dijken en het bouwen van gemalen.

De activiteiten van het waterschap hebben nu meer dan ooit raakvlakken met ruimtelijke ordening, natuur- en milieubeheer en recreatie. Het waterschap moet de verschillende, soms tegenstrijdige belangen zo goed mogelijk op elkaar afstemmen. Het waterschap doet dat in samenspraak met het Rijk, de provincies, gemeenten en belangenorganisaties.

Het waterschap is dus niet verantwoordelijk voor het drinkwater. Daar zorgen de waterleidingbedrijven voor.

## 2.3 Wat doen waterschappen?

Waterschappen zijn overheden, net als provincies en gemeenten. Ze zijn zelfstandig en hebben eigen bevoegdheden. Ze kunnen regels stellen waaraan burgers zich moeten houden en ze kunnen belastingen heffen. Het verschil zit hem in de taken. Gemeenten en provincies houden zich bezig met diverse zaken van algemeen belang: onderwijs, cultuur, milieu, ruimtelijke ordening. Het waterschap kent maar één zorg: het waterbeheer in een bepaald gebied.

In de Grondwet en de Waterschapswet staat, dat de waterschappen voor een goed plaatselijk en regionaal waterbeheer moeten zorgen. De provincies hebben de bevoegdheid waterschappen op te richten en op te heffen en houden toezicht op het werk en de financiën.

 Verder bepalen de provincies:

- wat het waterschap doet;

- in welk gebied het waterschap werkzaam is;

- hoe het bestuur is samengesteld;

- hoe het bestuur gekozen wordt.

De eindverantwoordelijkheid voor een goed waterbeheer in het hele land ligt bij het Rijk, dat het 'oppertoezicht' uitoefent op de provincies. Het Rijk (de minister van Verkeer en Waterstaat) heeft zelf de verantwoordelijkheid voor waterstaatszaken van nationaal belang: de Noordzee en Waddenzee, de grote rivieren, het water van de zee-armen en de Deltawerken. Het ministerie van Verkeer en Waterstaat heeft daarvoor een eigen, uitvoerende dienst: Rijkswaterstaat.

De belangrijkste taken van waterschappen zijn:

- Dijkbeheer. Een waterschap beschermt het werkgebied tegen overstroming door rivieren en onderhoudt dijken en kaden in het werkgebied.

- Peilbeheer (waterkwantiteitszorg). Een waterschap beheerst het waterpeil in sloten, beken, en meren, en zorgt voor een goed evenwicht tussen de aan- en afvoer van water. Daarvoor maakt een waterschap gebruik van gemalen, stuwen en soms sluizen. Tevens is het waterschap verantwoordelijk voor het maaien en onderhouden van watergangen en het herstel van beken, waarbij natuurwaarden speciale aandacht krijgen.

- Kwaliteitsbeheer. Een waterschap zuivert het rioolwater in zuiveringsinstallaties, en verstrekt en controleert lozingsvergunningen en onderzoekt de waterkwaliteit. Daarnaast wordt het afvalwater van inwoners en bedrijven gezuiverd met behulp van rioolwaterzuiveringsinstallaties.

- Beheer van vaarwegen.  Indien aanwezig, wordt er ook onderhoud gepleegd aan vaarwegen, door het op diepte houden van vaargeulen worden de waterkanten beschermd tegen golfslag en worden sluizen en ophaalbruggen bediend.

- Meldpunt voor calamiteiten en klachten.  Het Waterschap dient tevens als meldpunt voor calamiteiten als hoogwater, en meldingen van maaisel in het water, maar ook botulisme en vervuiling van het water.

#  3. Drinkwaterzuivering

In Nederland gebruiken we zowel grondwater als oppervlaktewater voor de productie van drinkwater. Na zuivering door het waterleidingbedrijf wordt het drinkwater via het leidingnet geleverd aan de consument. De eisen waaraan het water dan moet voldoen zijn:

Ammonium< 0.05 mg/lArsenicum0 - 0.2 mg/lChloride100 - 250 mg/lFluoride< 1.2 mg/lHardheid (Ca + Mg)5oDKleur10 mg/l Pt (platinaschaal)Mangaan< 0.05 mg/lNitraat0 - 100 mg/lOrganische stof< 10 mg/lTroebeling0.1 mg SiO2/lIJzer0.05 - 0.1 mg/lZuurstof2 - 6 mg/lZware metalenOntoelaatbaarpH gehalte7 - 8Zout gehalte< 175 mg/l

Twee derde van ons drinkwater wordt gemaakt van grondwater. Dit water wordt uit de bovenste grondlagen gehaald op een diepte van 50 tot 100 meter. Dit water is 10 tot 100 jaar oud. Over het algemeen is water van grotere diepte van betere kwaliteit.

Doordat het grondwater door de grond naar beneden is gezakt, zijn alle bacteriën en virussen al uit het water verwijderd. Daarom is het meestal niet nodig om het grondwater te desinfecteren. Onze grondwaterbronnen worden tegenwoordig regelmatig bedreigd door allerlei milieuverontreinigingen. Overbemesting, bestrijdingsmiddelen in de land- en tuinbouw verontreinigen het grondwater. Ook het lozen of storten van allerlei afval is een bedreiging voor het grondwater. Toch is het meeste grondwater nog van goede kwaliteit en het zuiveringsproces is daarom betrekkelijk eenvoudig.

Nu gaan we in op de zuivering van zowel grond- als oppervlakte water.

## 3.1. Beluchting en ontgassing

Beluchting en ontgassing, ofwel gasuitwisseling, van water is over het algemeen de eerste zuiveringsstap bij de bereiding van drinkwater uit grondwater en oevergrondwater. Het doel van de gasuitwisseling is het inbrengen van zuurstof (O2)en het verwijderen van kooldioxide (CO2), methaan (CH4), zwavelwaterstof (H2S), stikstof (N2) en vluchtige organische verbindingen.

Gasuitwisseling wordt zelden toegepast bij de bereiding van drinkwater uit oppervlaktewater omdat oevergrondwater lange tijd in contact is geweest met de lucht waardoor er reeds zuurstof in aanwezig is en er geen gassen als methaan, zwavelwaterstof enzovoort in voorkomen.

Om de gasuitwisseling tot stand te brengen zijn er door de jaren heen een aantal gasuitwisselingssystemen ontwikkeld. Hiervan volgen enige voorbeelden.

Cascadebeluchting

Het oudste beluchtingssysteem is de cascade (waterval). Bij een cascade valt het water via een overstortrand uit een verdeelbak in een lager gelegen cascadebak. Tijdens de val van het water in de lager gelegen cascadebak wordt lucht meegesleurd waardoor er belletjes ontstaan. De gasuitwisseling vindt plaats tussen de lucht in deze belletjes en het water. De cascade wordt veelvuldig toegepast vanwege haar eenvoud en haar ongevoeligheid tegen vervuiling en waterbelasting.

Torenbeluchting

De torenbeluchter, ook wel beluchtings- en ontgassingstoren genoemd, wordt gebruikt voor het verwijderen van zeer moeilijk verwijderbare gassen als vluchtige koolwaterstoffen, en voor de verwijdering van kooldioxide en methaan.

Een torenbeluchter bestaat uit een stalen of kunststoffen cilinder, die is gevuld met een pakking, meestal bestaande uit kunststoffen vormpjes. Boven in de toren wordt het water verdeeld over de pakking waarna het over het pakkingsoppervlak naar beneden stroomt. Lucht wordt met behulp van een ventilator van boven naar beneden in meestroom of van beneden naar boven in tegenstroom door de toren gevoerd.

Plaatbeluchting

Bij een plaatbeluchter stroomt het water horizontaal over een geperforeerde plaat waar in opwaartse richting met een ventilator zoveel lucht door wordt geblazen dat er een bellenbed ontstaat boven de plaat. Er ontstaat zo een intensief contact tussen water en lucht.

Plaatbeluchters worden voornamelijk gebruikt voor de verwijdering van methaan. Door de geringe bouwhoogte en de geringe opvoerhoogte die nodig is voor plaatbeluchters biedt deze goede mogelijkheden voor inpassing in een bestaand zuiveringsstation. Soms is het zelfs mogelijk om ze in de filterruimte direct boven de voorfilters te plaatsen.

Sproeibeluchting

Sproeiers worden zeer veel toegepast als gasuitwisselingssysteem vanwege hun eenvoudige inpasbaarheid. Ze kunnen boven in de filterruimte worden opgehangen en versproeien het water zodat er contactoppervlak ontstaat tussen lucht en water voor de gasuitwisseling. De lucht in de filterruimte wordt met behulp van een ventilator of door natuurlijke trek van het vallende water door luchtopeningen ververst. Bij droogfilters zorgen de sproeiers voor een gelijkmatige verdeling van het water over het filteroppervlak.

## 3.2. Filtratie

Bij zandfiltratie stroomt water door een laag fijn zand. Bij drinkwaterzuiveringen wordt gebruik gemaakt van natuurlijke filtratie, bijvoorbeeld in de duinen, of van filtratie-installaties.

De kwaliteit van het water verbetert wanneer het water door het zandbed stroomt. Het zwevende stof gehalte neemt af, bacteriën en micro-organismen sterven af, opgeloste stoffen (NH4+) en geoxideerde stoffen (Fe(OH3) en MnO2) worden uit het water verwijderd.

De filtratie-installaties zijn betonnen bakken of stalen cilinders waarin een zandlaag van 1 tot 2 meter is aangebracht. De oppervlakte van de zandfilters varieert sterk. Bij grondwaterzuiveringen komen door de vaak beperkte capaciteit van grondwaterpompstations filters van 6 m2 voor. Bij oppervlaktewaterzuiveringen (grote capaciteit) komen filters met een oppervlak tot 50 m2 voor.

Er wordt een onderscheid gemaakt bij zandfiltratie tussen langzame zandfilters en snelle zandfilters (in het vervolg snelfiltratie genoemd). De filtratiesnelheid van snelfilters bedraagt 5 – 20 m/h. Het zandbed heeft een hoogte van 1 – 2 meter en de korreldiameter is 0.5 – 3 mm. Bij langzame zandfilters bedraagt de snelheid van het water 0,1 – 1 m/h, de korreldiameter 0,1 – 0,3 mm en de bedhoogte 1m.

Snelfiltratie wordt in twee groepen onderverdeeld, namelijk natfiltratie en droogfiltratie. Bij natfiltratie is er altijd een laag water op het filter aanwezig, bij droogfiltratie niet. Droogfilters worden toegepast wanneer in het water veel ammonium aanwezig is. Bij de omzetting van ammonium door bacteriën wordt veel zuurstof uit het water gebruikt en om te voorkomen dat anaërobe in het filter optreedt dient water dat door het filter loopt continue in contact te zijn met lucht. Bij droogfiltratie sijpelt het water langs de korrels naar beneden, terwijl tegelijkertijd lucht tussen de korrels door naar boven gaat. De zuurstofconcentratie in het water wordt permanent aangevuld. Natfilters worden gebruikt wanneer de ammoniumconcentratie laag is en er geen anaërobe in het filterbed op zal treden. Natfilters zijn vaak de laatste zuiveringsstap in de grondwaterzuivering.

Na verloop van tijd is de ruimte tussen de poriën van de zandkorrels bezet door geaccumuleerd materiaal (ijzer- en mangaanvlokken). Het gevolg van deze accumulatie is dat het water steeds meer weerstand ondervindt wanneer het door het bed loopt, de weerstand van het bed neemt toe en de filtratiesnelheid neemt af. Op een bepaald moment is de weerstand zo groot dat het filterbed gespoeld dient te worden. Dan wordt de stromingsrichting van het water omgekeerd. Van onder af wordt water met een hoge snelheid (50 - 100 m/h) door het filterbed heen geleid. Door de turbulentie raakt het geaccumuleerde vuil los. Het vrijkomende spoelwater wordt afgevoerd naar een spoelwatervijver of spoelwaterzuivering.

## 3.3. Actieve koolfiltratie

In water zijn stoffen aanwezig die met zandfiltratie niet verwijderd worden. Deze stoffen zijn de opgeloste organische stoffen zoals:

- reuk en smaakstoffen;

- kleur;

- bestrijdingsmiddelen (bijv. atrazine, diuron).

De opgeloste organische stoffen kunnen uit water verwijderd worden door filtratie over actieve kool, in het vervolg aangeduid met actieve kool filtratie. Actieve kool is een stof met een hoog koolstofgehalte (bijv. steenkool, turf). Onder hoge temperaturen wordt dit materiaal verkoold waarbij de kool gedeeltelijk omgezet wordt in koolmonoxide en water. Hierdoor krijgt de kool een meer open structuur.

Opgeloste organische stoffen adsorberen wanneer ze door een actieve koolfilter stromen aan de actieve kool. De adsorptie is niet eindig, er stelt zich een evenwicht in tussen de in water aanwezige opgeloste stoffen en de hoeveelheid opgeloste stoffen die op de actieve kool geadsorbeerd zijn.

Naast filtratie over actieve kool is er nog een ander manier om organische stoffen te verwijderen, namelijk poederkool dosering. Aan water worden zeer fijne kooldeeltjes toegevoegd. Na een zekere tijd zal er een evenwicht optreden tussen de organische stof in het water en op de kool.

Actieve kool wordt voornamelijk gebruikt bij zuivering van oppervlaktewater. In oppervlaktewater zijn door uitspoeling van landbouwgronden bestrijdingsmiddelen aanwezig. Ook bij pompstation die oevergrondwater onttrekken wordt soms actieve koolfiltratie toegepast vanwege de aanwezigheid van bestrijdingsmiddelen in het gewonnen water. Bij grondwater kan actieve kool toegepast worden wanneer het water een hoge kleur heeft of wanneer er bestrijdingsmiddelen aanwezig zijn in het grondwater.

## 3.4. Ontharding

Grondwater bevindt zich normaal vele jaren in de ondergrond voordat het opgepompt wordt. Het water in de ondergrond is in een chemisch evenwicht. Wanneer het water nu opgepompt wordt en vervolgens belucht wordt, is het water niet meer in het kalkkoolzuur-evenwicht, de Ca2+en HCO3--ionen willen neerslaan in de vorm van calciumcarbonaat(Ca2+(aq) + 2HCO3-(aq)  --> CaCO3(s) + H2O(l) + CO2(aq)). Wanneer de calciumionen niet uit het water gehaald worden in de zuiveringsinstallatie zal kalk neerslaan in het leidingnet en bij de gebruikers thuis in wasmachines, waterkokers en boilers. Vandaar dat grondwater met een hoge hardheid onthard wordt. Deze ontharding vindt plaats in zogenaamde onthardingsreactoren (pelletreactoren).

## 3.5. Nanofiltratie en omgekeerde osmose

Membraanfiltratie is de naam voor de zuiveringstechniek die gebruik maakt van een semi-permeabel (vochtdoordringend) membraan voor de scheiding van stoffen van water. Membraanfiltratie is in Nederland lang gezien als een futuristisch, duur en ingewikkeld zuiveringsproces. Echter door de ontwikkeling die de techniek membraanfiltratie heeft doorgemaakt, is het nu een zuiveringstechniek voor de toekomst. De kwaliteit van het permeaat van een membraanfiltratie-installatie is uitstekend, de kosten van membraanfiltratie-installaties zijn door ontwikkelingen in modules en de lagere prijs van membranen gedaald.

Membraanfiltratie is in 2 groepen onder te verdelen, namelijk:

- micro- & ultrafiltratie welke voornamelijk zwevende stoffen en micro-organismen verwijderd;

- nanofiltratie en omgekeerde osmose welke opgeloste stoffen en micro-verontreinigingen verwijderd.

Het verschil tussen beide groepen is de grootte van de poriën van het membraan. Nanofiltratie membranen hebben zeer kleine poriën waardoor opgeloste stoffen en organische micro-verontreinigingen verwijderd kunnen worden. Bij omgekeerde osmose (RO) kan eigenlijk niet meer van poriën worden gesproken. Een RO membraan is een vlies waardoor water diffundeert en alle overige stoffen vrijwel geheel worden tegenhouden.

## 3.6. Coagulatie en vlokvorming

In oppervlaktewater zijn vele stoffen aanwezig. Deze stoffen dienen uit het water verwijderd te worden om er drinkwater van te produceren. Een grove opdeling naar stoffen is de volgende:

- gesuspendeerde of zwevende stoffen;

- colloïdale stoffen;

- opgeloste stoffen.

Deeltjes met een dichtheid van 2650 kg/m3 (bijv. zand) en een diameter groter dan 10-5 m bezinken wanneer deze deeltjes in water aanwezig zijn. Kleinere deeltjes bezinken ook, maar dat duurt erg lang. Om deeltjes kleiner dan 10-5 m te verwijderen dienen deze deeltjes groter of zwaarder gemaakt te worden. Zwaarder maken van deeltjes is niet mogelijk, dus verwijdering van deeltjes is alleen mogelijk door middel van vergroting van de diameter.

Bij het proces coagulatie (samenvlokken) wordt een vlokmiddel aan water toegevoegd, bij het proces vlokvorming worden vlokken gevormd. Deze vlokken zijn een soort neerslag in water, waarin kleine deeltjes worden ingesloten.

## 3.7. Bezinking

Bezinking is een zuiveringsprincipe waarbij zwevende deeltjes als vlokken, zand en klei worden verwijderd uit water. Bezinking kan op natuurlijke wijze plaatsvinden in reservoirs en bekkens of met behulp van compacte bezinkinstallaties. Voorbeelden van bezinkinstallaties zijn horizontaal doorstroomde bezinktanks, lamellen bezinkers en vlokkendekeninstallaties.

Bij de bereiding van drinkwater uit oppervlaktewater wordt bezinking veelvuldig toegepast na de vlokvorming om snelle verstopping van de zandfilters te voorkomen. Bezinking wordt bij grondwater zuiveringsstations gebruikt bij de spoelwaterbehandeling.

## 3.8. Flotatie

Flotatie wordt toegepast bij oppervlakte-water zuiveringen voor vlokverwijdering en wordt dus altijd voorafgegaan door vlokvorming. Bij flotatie wordt onderscheid gemaakt tussen twee verschillende processen: het contact- of filtratieproces in de filtratiezone en de vlok-afscheiding in de zogenaamde afscheidingszone. Deze zones worden in de praktijkinstallaties gescheiden door een geleide-schot of een drempel.

# 4. Afvalwaterzuivering

Onder afvalwater, ook wel rioolwater genoemd, verstaat men onder andere:

- Huishoudelijk afvalwater

- Industrieel afvalwater.

## 4.1 Samenstelling van het afvalwater

De samenstelling van het afvalwater is zeer uiteenlopend van "kwaliteit". De oorzaak hiervan is natuurlijk het grote toepassingsgebied van water. In chemisch opzicht is huishoudelijk afvalwater in het algemeen zwak alkalisch en bevat organische- en minerale bestanddelen. Deze komen voor in zowel vaste als in opgeloste vorm.

In bacteriologisch opzicht is het gehalte aan bacteriën van grote betekenis.

In 1 cm³  afvalwater zijn in de regel meerdere miljoenen "kiemen" aanwezig. Daarin bevinden zich vaak de voor de gezondheid zeer schadelijke pathogenen. Deze bacteriën kunnen de volgende ziektes overbrengen: cholera, tyfus, paratyfus, tuberculose en miltvuur.

Het spreekt vanzelf dat het vernietigen van deze ziekteverwekkers van grote betekenis is. Dit vernietigingsproces vindt plaats in de rioolwaterzuiveringsinstallaties. Het afvalwater wordt aan deze installatie vanuit het rioleringssysteem aangevoerd. De kleur is dan grijs en het water ruikt sterk naar uitwerpselen.

Wordt afvalwater samen met regenwater afgevoerd, dan wordt het rioolwater slechts tijdelijk verdund. Het regenwater voert echter zand en andere verontreinigingen aan, welke de installatie sterk kunnen belasten.

## 4.2 Mechanische zuivering

Deeltjes die een dichtheid hebben die groter is dan water, zullen onder invloed van de zwaartekracht neerslaan. Ander deeltjes zullen echter pas na toevoeging van chemicaliën gaan samen klonteren en vervolgens bezinken.

Dit proces noemt men uitvlokken en vindt plaats in grote bezinkbekkens. Stoffen die zweven of drijven kunnen met behulp van chemicaliën en kleine luchtbelletjes worden afgescheiden. Men noemt dit flotatie. Dit proces kan nu binnen twee uur tot stand gebracht worden, wat belangrijk is voor de bepaling van de afmetingen van de afvalwaterbekkens.Alle gezonken afvalstoffen samen met het meegevoerde zand kunnen vanaf de bodem op mechanische wijze worden verwijderd. Veel drijvende afvalstoffen kunnen ook via een gotensysteem worden afgeschuimd.

## 4.3 Biologische zuivering.

De stofwisselings eindproducten van mens en dier zijn restanten van de voedingsmiddelen. Urine en eiwitten zijn daarvan, gezien hun hoge gehalte aan koolstof en stikstof, van grote betekenis. Deze stoffen vallen snel uiteen met behulp van chemische- en of biologische omzettingen. Zuurstof speelt bij dit proces een zeer grote rol. Zonder zuurstof is een reinigingsproces dan ook niet mogelijk.

In de stofwisseling van de bacteriën worden allereerst de vuildeeltjes in oxiden omgezet. Deze oxidatie is een biologisch proces, welke alleen door toevoer van zuurstof mogelijk is. Men spreekt hier dan ook van een aërobe reiniging. Omdat de bacteriën onder gunstige omstandigheden, dat wil zeggen bij voldoende vochtigheid, zuurstof en vuildeeltjes, zich zeer snel kunnen vermeerderen, is het zuurstofverbruik een maatstaf voor de vervuiling van het water.

Vervuild water heeft dus een (biochemische) behoefte aan zuurstof. Dit is steeds afhankelijk van zijn omgevingstemperatuur.

Bij lage temperatuur verloopt het afbraakproces langzamer dan bij een hogere temperatuur. Opgemerkt dient te worden dat het voorgaande uiteraard alleen van toepassing is voor stoffen die biologisch zijn af te breken. Het is dus niet van toepassing op chemicaliën van anorganische aard.

Naast de aërobe reinigingsfase is er tevens een anaërobe reiniging, welke vooral in de opslagbekkens van de installatie een grote rol speelt.

De hier levende bacteriën halen de benodigde zuurstof uit de in het vuil aanwezig gebonden zuurstof. Deze bacteriën kunnen dus tijdelijk leven zonder "lucht". Chemisch gezien noemt men dit proces: reductie.

De anaërobe bacteriën brengen nu in twee fasen het grove afbraakproces tot stand; namelijk door hydrolyse en verzuring. Tijdens dit proces worden in de regel de hoogmoleculaire (zwaardere) stoffen afgebroken. De benodigde zuurstof en koolstof voor dit afbraakproces wordt uit de chemische verbindingen gehaald. Dit wordt o.a. in de hand gewerkt door enzymen. De producten die hieruit ontstaan kunnen o.a. zijn:

- alcohol

- organische zuren

- zwavelwaterstof

- waterstof

- kooldioxide.

In water opgelost reageren al deze stoffen zuur. In deze fase, het zogenaamde zure rottingsproces, ontstaat een slijmerig, grijs, zeer onaangenaam ruikend slib.

Het rottingsproces is echter onvolledig verlopen. De belangrijkste groep bacteriën in deze eindfase zijn de methaanbacteriën, deze worden zo genoemd omdat hun belangrijkste eindproduct methaan is.

Deze bacteriën kunnen vervolgens organische stoffen in kleinere moleculaire vorm omzetten. Bij dit proces ontstaat onder andere:

- ammoniak

- kooldioxide

- methaan.

Methaan en kooldioxide ontwijken als gas, en ammoniak verbindt zich met water tot ammoniumhydroxide. Dit is een sterke base. In deze fase, het alkalisch rottingsproces (methaanrotting) ontstaat een zwart, reukloos slib, dat een volledig rottingsproces heeft doorgemaakt.

Het afgevoerde gas, ook wel biogas genoemd, heeft een stookwaarde van 6000 kW/m³ en bestaat uit 70% methaan en 30% kooldioxide. Het gas wordt veelal toegepast als brandstof voor gasmotoren, voor de verbranding van gedroogd rioolslib en eventueel het bijstoken van de stoomketel installaties.

## 4.4 De rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI).

 De rioolwaterzuiveringsinstallaties kunnen uit afvalwater geen drinkwater produceren. Ze behoren echter een zo goed mogelijke reinigingswerking te hebben zodat het afgevoerde water geen schade aan het oppervlaktewater kan toebrengen. Het afvoeren van ongezuiverd afvalwater naar oppervlakte- of grondwater is verboden!

Bij de nieuwbouw van een installatie wordt daarom door de overheid een volledig biologische reinigingsmethode geëist.

Als voorbeeld van een RWZI wordt de onder het Hoogheemraadschap West-Brabant vallende installatie te Bath besproken. Het afvalwater wordt door een persleiding aangevoerd. Geheel West-Brabant is hierop aangesloten, beginnende bij Moerdijk tot een 60 km verderop gelegen lozingspunt te Waarde aan de Westerschelde.

Voor figuur zie volgende blz.

De RWZI zuivert het water in twee stappen. Allereerst wordt het afvalwater verdeeld over vier voorbezinktanks (2). Hierin wordt het ontdaan van alle bezinkbare bestanddelen. Rond draaiende schrapers voeren deze bestanddelen, het zogenaamde primaire slib, af naar het midden van de tanks, waarna het slib naar de indikker gaat (10).

Vervolgens worden de opgeloste stoffen met behulp van bacteriën en lucht in de beluchtingtanks (4) afgebroken. Hiervoor moet zuurstof aan het water worden toegevoegd. Dit gebeurt door het inblazen van lucht. De toevoer wordt automatisch geregeld aan de hand van de zuurstofbehoefte in de tanks.

Het vrijgekomen slib wordt door gistingsbacteriën in de gistingstanks (12) omgezet in een niet rotbaar product, dat vervolgens op lagunen (droogvelden) wordt gedroogd door zon en wind.

Bij het gistingsproces komt biogas vrij wat in een gashouder (13) wordt opgeslagen. Het biogas dient als brandstof voor de verwarming van de tank en gebouwen en tevens het aandrijven van gasmotoren welke via generatoren zorgen voor de opwekking van elektriciteit. Hierdoor kunnen de verschillende elektromotoren worden gedreven en is de gehele installatie onafhankelijk van het openbare elektriciteitsnet. Om stankoverlast te voorkomen zijn de diverse onderdelen van de installatie afgedekt en wordt de lucht opgezogen en behandeld in zogenaamde compostfilters. Het "schone" water stroomt nu via de effluentsloot (6) naar het gemaal (7). Dit gemaal verpompt het gezuiverde water naar Waarde waar het in de westerschelde wordt geloosd.eloosd.

4.4.1 RWZI – technische beschrijving.

RWZI - technische beschrijving CAPACITEIT

Hydraulisch405.000 inwoners equivalenten

max. 14.000 m³/hVOORBEZINKTANKS

Aantal

Oppervlaktebelasting

Verblijftijd

4 stuks

max. 2,5 m³/m². h

min. 45 min.

 BELUCHTINGSTANKS

Aantal

Inhoud

Slibgehalte

Slibbelasting

Luchtinbreng (fijne bellen)

8 stuks

5.500 m³/stuk

3 kg/m³

0,15 kgBZV/kg ds. dg.

34.000 m³/hNABEZINKTANKS

Aantal

Oppervlaktebelasting

Verblijftijd

8 stuks

0,8 m³/m².h

min. 2,5 h

RETOURSLlBVIJZELS

Capaciteit

5.250/10.500 m³/hEFFLUENTGEMAAL

Capaciteit

max. 14.000 m³/hINDIKKING

Primair slib (gravitatie-indikking)

Secundair slib (flotatie-indikking)

Ca. 5% droge slib

Ca. 4% droge slib

 SLlBGISTINGSTANKS

Aantal

Inhoud

Verblijf tijd

2 stuks

5.430 m³/elk

20 dagenGASHOUDERS

Aantal

Inhoud

Gasproductie

2 stuks

750 m³/elk

5800 m³/dagGASMOTOREN EN BLOWERS

Aantal

Capaciteit

Vermogen

5 stuks

8500 m³/h/elk

200 kW/elkGASMOTOREN EN GENERATOREN

Aantal

Totaalvermogen

2 stuks

630 kW

##### 4.5 Het industriële afvalwater.

Het naar de rivieren afgevoerde industriële afvalwater is ongeveer viermaal groter dan het huishoudelijk afvalwater. Het bestaat uit meer dan 60% ongezuiverd koelwater terwijl de rest zo intensief is vervuild, dat de hierdoor ontstane schadelijke gevolgen voor het milieu aanzienlijk kunnen zijn. Het grootste gedeelte van het industriële afvalwater stroomt gezuiverd of gedeeltelijk gezuiverd naar het oppervlaktewater. Slechts een klein gedeelte wordt via het rioolsysteem afgevoerd naar een zuiveringsinstallatie.

De problemen die zich voordoen bij reiniging van industrieel afvalwater zijn voor elke industrietak totaal verschillend.

Op de eerste plaats moet een goed inzicht worden verkregen omtrent het verloop van het productieproces. In het algemeen moet er een scheiding plaatsvinden tussen het schone afvalwater en het te behandelen vervuilde afvalwater. De toegepaste reinigingsmethodes bestaan meestal uit:

- chemische reiniging

- reiniging door ionen-uitwisseling.

**4.5.1 Chemische reiniging.**

De behandeling van het anorganisch afvalwater is een zuiver chemisch proces gericht op de chemische en natuurkundige eigenschappen van de te verwijderen stoffen.

Deze afvalwaterbehandeling berust nu op de chemische reacties, waarbij er steeds naar gestreefd wordt om stoffen te krijgen die gemakkelijk verwijderd kunnen worden.

Het biologisch-bacteriologisch proces is hier niet van toepassing! Het zou te ver voeren om alle toegepaste processen uit de industrie te bespreken, maar twee voorbeelden zullen deze behandelingsmethodes verduidelijken:

1e :  Methode van bezinken:

 Fe(III)2 (SO4)3 + 3Ca(OH)2 --> 2Fe(OH)3 + 3CaSO4

ijzersulfaat + calciumhydroxide --> ijzerhydroxide + calciumsulfaat.

Deze laatste twee stoffen zijn moeilijk oplosbaar en kunnen eenvoudig van elkaar worden gescheiden.

2e : Methode van indampen:

            H2SO4 + 2NaOH --> Na2SO4 + 2H2O

zwavelzuur + natriumhydroxide --> natriumsulfaat + water.

Deze laatste twee stoffen kunnen door indampen van elkaar worden gescheiden.

**4.5.2 Reiniging door ionenuitwisseling.**

Bij deze methode worden de giftige stoffen uit het afvalwater met behulp van ionenwisselaars verwijderd. Deze stoffen worden in zeer grote concentraties uit het afvalwater in de ionenwisselaar verzameld. Bij de regeneratie van de wisselaar worden de stoffen in een ontgiftingsinstallatie onschadelijk gemaakt.

Conclusie

Uit dit werkstuk blijkt dat de mens in de loop van jaren steeds meer te weten komt over het zuiveren van water. Van te voren dachten we dat zuiveringsmethodes heel ingewikkeld en moeilijk te verklaren waren, maar dit valt reuze mee. Sommige methodes zijn redelijk ingewikkeld, maar over het algemeen begrijpen we de methodes goed.

Uit het eerste hoofdstuk blijkt dat water zeer belangrijk is, en dat er zonder water geen leven mogelijk is. Ook is het zeer belangrijk dat we de kringloop van het water in stand houden.

Uit het tweede hoofdstuk blijkt dat de waterschappen nodig zijn om er voor te zorgen dat de kwaliteit van het water op peil blijft. Ze zijn nodig om de boeren en industrieën die het water vervuilen te controleren en te beboeten als ze iets verkeerds doen. Ze zorgen ook voor veiligheid, want zonder waterschappen zou de conditie van het water erg verslechteren, en zonder water is er immers geen leven mogelijk.

Ook blijkt dat ze aardig wat taken hebben, en dat ze een groot bestuur hebben.

In hoofdstuk drie en hoofdstuk vier komen drinkwaterzuivering en afvalwaterzuivering naar voren. Drinkwater wordt gewonnen uit grondwater en uit oppervlaktewater. Ze gebruiken meer grondwater dan oppervlakte water, omdat dit al voor een groot deel op een natuurlijke manier gezuiverd is. Voor de zuivering van drinkwater uit grondwater en oppervlakte water gaan veel stappen vooraf. Deze werden beschreven in hoofdstuk drie.

Voor afvalwaterzuivering zijn er een aantal verschillende methodes van zuivering. Er is mechanische, biologische, chemische en door middel van ionenuitwisseling.

 Logboek

WieWatWanneerDavidInformatie aanvragen bij Brabant Water.23-11-2002NickInformatie aanvragen bij Waterschap de Dommel.23-11-2002NickInformatie zoeken in de bibliotheek.10-10-2002DavidInformatie aanveragen bij DHV Water B.V.14-10-2002DavidInformatie zoeken op het internet.14-10-2002David & NickHoofdstukken indelen24-10-2002David & NickHet eerste hoofdstuk maken.24-10-2002, 25-10-2002David& NickHet tweede hoofdstuk maken.15-11-2002, 17-11-2002David & NickHet derde hoofdstuk maken.29-11-2002, 30-11-2002, 01-12-2002David & NickHet vierde hoofdstuk maken.27-12-2002, 29-12-2002, 30-12-2002David & NickInleiding, conclusie, literatuurlijst, titelpagina en inhoudsopgave maken.02-01-2002

Literatuurlijst

TitelAuteur  De WaterkrantBrabant WaterVan bron tot kraanBrabant waterAWZI BeheerDHV Water B.V.AfvalwaterketenDHV Water B.V.Schakelen in de waterketenDHV Water B.V.WaterwijzerVewinInformatie bladenVewinWatertechniekR.A. BuisRioolwaterzuiveringsinstallatieWaterschap de DommelMilieujaarverslagWaterschap de DommelWaterpark Groote BeerzeWaterschap de Dommel

Internet sites

water.pagina.nl
[www.brabantwater.nl](file:///C%3A%5CUsers%5CGebruiker%5CDesktop%5Cwww.brabantwater.nl)
[www.dommel.nl](file:///C%3A%5CUsers%5CGebruiker%5CDesktop%5Cwww.dommel.nl)
[www.vewin.nl](file:///C%3A%5CUsers%5CGebruiker%5CDesktop%5Cwww.vewin.nl)
[www.lenntech.com](file:///C%3A%5CUsers%5CGebruiker%5CDesktop%5Cwww.lenntech.com)
[www.wve.nl/organisatie/geschiedenis/ geschiedenis\_alg.html](file:///C%3A%5CUsers%5CGebruiker%5CDesktop%5Cwww.wve.nl%5Corganisatie%5Cgeschiedenis%5C%20geschiedenis_alg.html)