

Wetsus Wiki Watertechnologie

Water in de kringloop



Scholieren experimenteren tijdens de JETNET CAREER DAY 2008

Korte beschrijving van een wereld van watertechnologie volgens Wetsus,
met vele links naar huidig onderzoek en ontwikkeling.

Inhoudsopgave

1	Water en Watertechnologie.....	3
2	Waterwinning en transport	4
2.1	Huidige waterwinning.....	4
2.1.1	Grondwaterwinning	4
2.1.2	Regenwaterwinning.....	6
2.1.3	Oppervlaktewaterwinning	7
2.2	Wetsus onderzoek waterwinning.....	9
2.2.1	Waterwinning uit waterdamp	9
2.2.2	Waterwinning uit zee	10
2.2.3	Waterwinning uit afvalwater	11
2.3	Huidige watertransport.....	12
2.3.1	Waterpompen	13
2.3.2	Waterleidingen	16
2.4	Wetsus onderzoek watertransport.....	17
2.4.1	Leidingen	17
2.4.2	Koppelstukken	17
3	Wateranalyse en kwaliteitsbeheersing	18
3.1	Huidige technieken voor wateranalyse.....	18
3.1.1	Laboratorium.....	18
3.1.2	Vissen	19
3.2	Wetsus onderzoek naar technieken voor wateranalyse	20
3.2.1	Lab on a chip	20
4	Drinkwater kwaliteitsverbetering.....	22
4.1	Huidige technieken voor drinkwaterverbetering.....	22
4.1.1	Beluchting, zandfiltratie en sedimentatie	22
4.1.2	Coagulatie, Flocculatie en sedimentatie	27
4.2	Wetsus onderzoek drinkwater kwaliteitsverbetering	28
4.2.1	Membraanfiltratie	28
4.2.2	Actieve koolfiltratie	30
4.2.3	Desinfectie door ozon, UV-licht en Chloor.....	32
4.2.4	Deioniseren.....	33
4.3	Toepassing in verbruikspunt drinkwatersystemen.....	34
4.3.1	Familiefilter.....	34
4.3.2	Lifestraw	34
5	Rioolwater zuivering	36
5.1	Huidige zuiveringstechnieken	36
5.1.1	Conventionele rioolwaterzuiveringsinstallatie	36
5.1.2	Ecologische rioolwaterzuivering	37
5.2	Wetsus onderzoek rioolwaterzuivering.....	39
5.2.1	Scheiden aan de bron	39
5.2.2	Membraanbioreactoren	40
5.2.3	Slibreductie (wormen)	41
5.2.4	Algen.....	41
6	Grondstoffen en energie uit water (kringloop gesloten).....	42
6.1	Huidige energiewinning uit water: de stuwdam	42
6.2	Wetsus onderzoek naar grondstoffen en energie uit water.....	44
6.2.1	Bio-electrochemie voor het produceren van electriciteit uit afval	44
6.2.2	Foto-biologische energiewinning	44
6.2.3	Mineraalwinning door kristallisatie en selectieve membranen.....	44
6.2.4	Blue energy	45

1 Water en Watertechnologie

Dit boekje gaat over water en over de vele toepassingen van water.

Door de groeiende wereldbevolking ontstaat een steeds grotere behoefte aan water. Er worden hoge kwaliteitseisen gesteld, terwijl de vervuiling van het water steeds groter en complexer wordt.

Het resultaat is dat water warmer, vuiler en schaarser wordt.

Hoofdstuk 2 gaat over de winning en het transport van water. Naast een stukje geschiedenis en de huidige praktijk wordt aandacht gegeven aan onderzoek en nieuwe ontwikkelingen.

Hoofdstuk 3 gaat over de analyse van water. Dat is belangrijk om er zeker van te zijn dat we een gezond glas water kunnen drinken. Ook is het voor de besturing van waterprocessen belangrijk.

Hoofdstuk 3 gaat over de kwaliteitsverbetering van drinkwater, zodat iedereen op deze wereld de beschikking krijgt over lekker en gezond drinkwater.

Hoofdstuk 4 gaat over de zuivering van rioolwater, waarin steeds meer gevaarlijke stoffen terecht komen. Deze zuivering moet energiezuinig en goedkoop zijn.

Hoofdstuk 5 gaat over het terugwinnen van kostbare grondstoffen en energie uit afvalwater. Uiteindelijk ontstaan hierdoor een aantal kringlopen waardoor we voor eeuwig een aantal belangrijke bouwstenen van ons leven kunnen blijven gebruiken.

2 Waterwinning en transport



2.1 Huidige waterwinning

2.1.1 Grondwaterwinning

Grondwater is een belangrijke bron voor schoon en veilig drinkwater. Grondwater is meestal afkomstig van neerslag. Deze neerslag komt direct in de grond of het komt eerst in meren of rivieren en stroomt daarna in de grond. Door de filterende werking van de grond wordt het water gereinigd. Grondwater kan zich over grote afstanden verplaatsen. Hierbij kan het niet verdampen en ook zijn er weinig schadelijke invloeden van buitenaf mogelijk. Bovendien is het ondergronds lekker koel.



Gravers van een put aan het werk

Om grondwater te kunnen gebruiken moet het uit de grond worden gehaald. Vaak is het dan direct klaar voor gebruik. Voor het verkrijgen van hoge kwaliteit drinkwater worden een aantal nabewerkingstappen uitgevoerd.

De winning van grondwater wordt gedaan met een waterput. Een waterput is meestal een gegraven of geboord gat in de grond naar een diepte waarin het grondwater aanwezig is. Deze diepte kan gering zijn 1 à 2 meter of tot wel 200 meter.



De waterput is klaar

Put graven

Het graven van een put is een heel karwei en kan alleen als de put niet te diep hoeft te zijn. Het gat moet groot genoeg zijn om in te staan. Daarna moet er een wand worden opgemetseld of met leem opgebouwd om instorting van het gat te voorkomen. Voor het graven van een put zijn slechts eenvoudige werktuigen nodig.

Put boren

Meestal worden waterputten geboord dit kan met geavanceerde apparatuur of handmatig. Er bestaan verschillende boortechnieken die afhankelijk van de grondsoort worden toegepast. Vaak worden voor een enkel gat meerdere technieken gecombineerd als er door verschillende grondlagen heen geboord moet worden. Als het boorgat klaar is wordt een buis ingelaten waar het grondwater aan de onderkant gemakkelijk in kan stromen zonder de buis te verstopen met zand of gruis.

Het winnen van grondwater is wereldwijd verbreid. In diverse hulpprojecten is geholpen door waterputten te slaan. Zowel het graven van een waterput als het boren is eenvoudig en goedkoop. De aanleg kost slechts enkel honderden euro. Het kan door lokale bevolking worden uitgevoerd. Ook de pompen voor het omhoog brengen van het water komen steeds meer van lokale producenten.



Klaar voor het plaatsen van de touwpomp

Er doen zich nog wel een paar problemen voor met grondwater: door overvloedige bemaling kunnen bronnen opdrogen of kan zout water binnendringen in de zoetwaterreserves.

Ook lossen er diverse stoffen op in het grondwater als deze stoffen in de grond zitten waar het grondwater doorheen sijpelt op weg naar de opvoerput. Voorbeelden van deze stoffen zijn ijzer, kalk, methaangas en arsenicum.

Sommige van deze stoffen zoals ijzer en kalk zijn niet echt schadelijk bij consumptie. Andere zoals methaangas kunnen zelfs nuttig zijn als ze kunnen worden gebruikt voor energiewinning, maar sommige stoffen zoals arsenicum zijn ronduit gevaarlijk! Omdat arsenicum vrijwel niet te detecteren was, zijn in het verleden veel moorden gepleegd door de slachtoffers te vergiften met arseenverbindingen. Arsenicum is wellicht de stof die in de geschiedenis voor gifmoord het meest werd gebruikt.



Bouwpakket voor het handmatig boren van drinkwaterputten



Moderne mechanische boorinstallatie

2.1.2 Regenwaterwinning

Vooral in kuststreken is grondwater vaak brak, en dus ondrinkbaar. Ook is het bij rotsachtige grond niet mogelijk om grondwaterputten te slaan. Daarom is men in dergelijke gebieden aangewezen op regenwater.

Om regenwater te winnen moet het worden opgevangen en opgeslagen voor later gebruik.

Voor het opvangen van regenwater is een groot en schoon oppervlak nodig. Vooral daken van huizen, kerken en van andere grote gebouwen lenen zich hier uitstekend voor. Vanaf deze daken kan het water worden afgevoerd naar een ton of een ondergrondse



Regenwaterverzamelbak op een van de Zeeuwse eilanden. De pomp hangt boven het keukenaanrecht direct achter het raam. Zie overloopgat en goot voor gebruikt water naar de straat

put of opslagbassin. Het water blijft hierin koel zodat het niet bederft door de groei van (micro)organismen.

Het water wordt soms voor het in de put komt grof gefilterd met behulp van turf of cokes. Het komt ook wel voor dat men in de put enkel vissen houdt, die helpen het water schoon te houden.

Water putten gebeurt met behulp van een putketel of aker, een kleine emmer. Ook gebruikt men vaak een handzuigerpomp met een zwengel die het water maximaal 5 meter verticaal kan verplaatsen.

Het opvangen van regenwater wordt overal ter wereld gebruikt waar voldoende neerslag is door het jaar heen. Ook voor het moderne watermanagement wordt het opvangen van regenwater weer van belang aangezien rioleringsystemen overbelast raken als het regenwater direct wordt geloosd in het riool. Opslaan en nuttig gebruik is ook hiervoor de oplossing.



Een regenwatertank bij een nieuwbouwhuis.

2.1.3 Oppervlaktewaterwinning

Oppervlaktewaterwinning is het gebruiken van water dat als neerslag of smeltwater is terechtgekomen in rivieren, kanalen en meren. Het is de meest eenvoudige manier van waterwinning door het simpel opscheppen op pompen uit een sloot, rivier of meer. Vaak moet het water dan nog wel worden gereinigd, want het oppervlaktewater wordt regelmatig vervuild, bijvoorbeeld met huisvuil, industrieafval en andere ongerechtigheden.



Schoon oppervlaktewater

Een inlaatpunt voor oppervlaktewater kan uit een aantal stappen bestaan:

Het grove vuil wordt door een raster als een zeef voor de inlaat van de pomp vandaan gehaald. Fijn vuil en bacteriën worden verwijderd door infiltratie of verschillende soorten filters. Het resulterende water kan naar de gebruikers worden

Een bijzondere vorm van oppervlaktewater is het zogenaamde Oevergrondwater. Dit is oppervlaktewater dat via meren, rivieren en andere waterlopen in de bodem infiltreert en vervolgens vlak naast de betreffende waterloop wordt opgepompt. In het landschap zijn dan in de buurt van de watergang merkwaardige 'molshopen' te vinden waarin zich een waterpompput bevindt. Oevergrondwater wordt hier opgepompt en via een buis naar een



Vervuild oppervlaktewater

drinkwaterzuiveringstation getransporteerd. De opening van de put ligt verhoogd om verontreiniging vanaf het maaiveld te voorkomen. De planten en het zand van de oever fungeren hierbij als filter, waardoor het water een stuk schoner is geworden. Dit is van belang bij sterk vervuilde waterlopen.

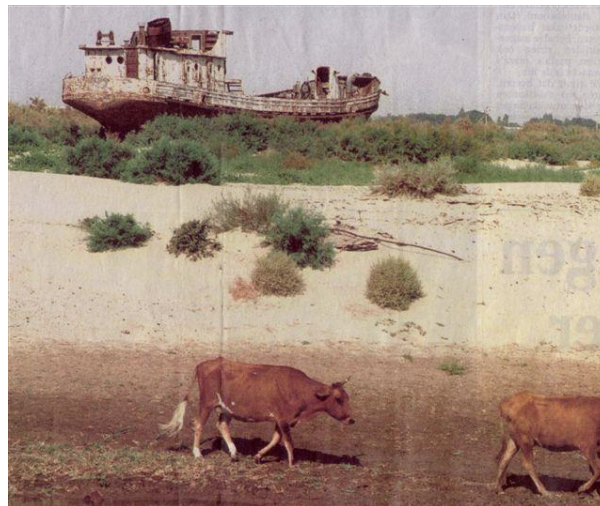
Door het grote gevaar op vervuiling is het van belang om sensoren toe te passen die de kwaliteit van het water continue in de gaten houden. Hierbij kan gebruik worden gemaakt



Vissen worden gebruikt om de kwaliteit van het water in de gaten te houden

van elektrische apparatuur, chemische analyse en van biologische methodes. Een eenvoudig voorbeeld is een bak met stromend inlaatwater waarin een paar vissen zwemmen: zolang het water goed is komen ze gemakkelijk tegen de stroom in. Zodra het water verslechtert, houden ze het niet meer bij en raken achterop.

De winning van oppervlaktewater heeft meer haken en ogen dan op het eerste gezicht lijkt. Naast de mogelijke vervuiling is het oppervlaktewater niet altijd beschikbaar, bijvoorbeeld als het al lang niet geregend heeft. Ook vallen meren droog als gevolg van intensieve waterwinning. Dit is zeer nadelig voor transport, visserij en voor landbouw.



Het Aralmeer is grotendeels drooggefallen door overmatig gebruik van het oppervlaktewater voor irrigatieprojecten

2.2 Wetsus onderzoek waterwinning

2.2.1 Waterwinning uit waterdamp

De wind is een perfecte transporteur voor water in de vorm van waterdamp.

Door de warmte van de zon komt op zee waterdamp in de lucht. Door de wind wordt deze damp moeiteloos honderden kilometers landinwaarts getransporteerd. Vaak komt water daarna als neerslag naar beneden waar het in het oppervlaktewater terechtkomt, als grondwater wordt opgeslagen of naar zee terugkeert voor de volgende ronde.

Vaak echter komt de waterdamp niet als neerslag naar beneden, maar passeert ongebruikt gebieden die snakken naar een beetje vocht. In deze gebieden zou je op een of andere manier neerslag willen laten ontstaan uit de passerende waterdamp in de lucht.

Dauw is een vorm van neerslag die ontstaat als waterdamp in de lucht op vaste voorwerpen condenseert. Bij de winning van water uit waterdamp wordt waterdamp uit de lucht verzameld op een plek waar waterdruppels kunnen ontstaan.

Dauw ontstaat als de temperatuur van de lucht daalt tot onder het dauwpunt. Dit is de temperatuur waarbij de waterdampdruk van de luchtlaag vlak boven het aardoppervlak het verzadigingspunt bereikt. Dauw treedt meestal op rond zonsopgang in gebieden met een hoge luchtvochtigheid. Ook in woestijngebieden die grenzen aan een oceaan zoals de kust van Namibië of het noorden van Chili komt het verschijnsel, vaak samen met mist voor. De grote temperatuurverschillen tussen dag en nacht die gewoonlijk in een woestijn voorkomen spelen een belangrijke rol.

In dergelijke gebieden met grote temperatuurverschillen kunnen technieken worden



Een Nederlandse vinding, de 'waterpiramide' kan betaalbaar drinkwater uit vervuild zeewater maken, en is geschikt voor ontwikkelingslanden. Het geheim; gebruik gratis zonnewarmte om het water te zuiveren...



Dauwdruppels op een spinnenweb



Dauw op een plant

toegepast waarbij dauw wordt verzameld op voorwerpen. Een voorbeeld hiervan is een groot net dat als een spinnenweb is opgehangen. De dauw op de draden loopt naar beneden, wordt in gootjes opgevangen en naar een verzamelpunt geleid.

Een ander voorbeeld is een soort schaal met een stervormig gat in het midden, die om de voet van een plant wordt gezet. De dauw die

aan de onderkant van de schaal ontstaat, loopt naar het midden en geeft water aan de plant.

Een ander voorbeeld is de Dutch Rainmaker. Dit is een windmolen die een koelmachine aandrijft. Hiermee wordt een koelelement (condensor) koud gemaakt. Waterdamp uit de lucht condenseert op dit koelelement tot waterdruppels, die worden opgevangen in een verzamelbak.

Een Dutch Rainmaker windmolen zoals afgebeeld in het plaatje hierboven kan 8000 liter per dag produceren.



Een Dutch Rainmaker midden in de woestijn.

Onderzoek

De efficiëntie van de waterdampwinning kan enorm verbeterd worden door niet-poreuze waterdamp selectieve membranen te gebruiken. Deze membranen laten alleen waterdamp door naar de condensor. Hierdoor condenseert alleen de waterdamp en hoeft niet de hele luchtstroom te worden gekoeld. Naast deze energie-efficiëntie wordt ook de kwaliteit van het condenswater verbeterd aangezien geen stofdeeltjes, bacteriën, virussen of andere verontreinigingen het membraan kunnen passeren. Dit membraan moet een hoge permeabiliteit (doorlaatbaarheid) hebben en de opbouw van een grenslaag zonder waterdamp moet worden voorkomen door een totaal nieuw ontwerp. Ultradunne samengestelde membranen worden ontworpen met een filterlaag in het nanometergebied en een ondersteuningslaag die extreem open en poreus is. Deze membranen maken de locale, goedkope productie van water mogelijk, met een superieure kwaliteit en tegen een concurrerende prijs. De richtprijs voor de productie van drinkwater uit de lucht bedraagt €1,= per m³.

2.2.2 Waterwinning uit zee

Water komt op onze planeet in ontzettend grote hoeveelheden voor in de vorm van zeewater. Wat dat betreft zou er geen enkel waterprobleem hoeven te zijn als we dit water gemakkelijk zouden kunnen winnen. Wat overblijft, is dan nog het transportprobleem naar de gebruikers.

Het grootste probleem van dit zeewater is het zout in dit zeewater. Dit zout moet eerst worden verwijderd voordat zeewater bruikbaar is als drinkwater of voor landbouw en industrie.

Zout is een stof die heel goed oplost in water.



Zeewater als onuitputtelijke bron van drinkwater.

Omgekeerd is zout er niet gemakkelijk uit te halen omdat het zout bij het oplossen uiteen valt in de kleinste deeltjes namelijk afzonderlijke atomen (ionen). Deze zijn zo klein dat ze de meeste filters met gemak passeren.

Er zijn op dit moment twee basistechnieken in gebruik voor het op grote schaal ontzilten van zeewater:

- Bij de eerste methode wordt het water in meerdere stappen verdampt, waarna de damp wordt opgevangen en condenseert naar schoon water (Multistage Flash).
- Bij de tweede methode wordt water onder hoge druk door een heel fijn membraan geperst, waarbij de zoutdeeltjes achterblijven. Dit proces heet omgekeerde osmose en wordt op dit moment op grote schaal het meest toegepast.

Echter beide technieken zijn energie intensief. Als al onze waterwinning uit zee zou moeten komen, dan zou het wereld energieverbruik verdubbelen. Dit is veel te duur om uitvoerbaar te zijn. Bovendien produceren de twee methoden behoorlijke hoeveelheden chemicaliën (antiaanlag middelen en schoonmaakmiddelen, die in het milieu komen). Ze produceren een geconcentreerde pekelsroom waar je niets mee kan. De kosten voor waterproductie is te hoog voor gebruik in industrie en landbouw. Watergebruik door de landbouw (70% van de wereldwijde behoefte) vereist bulkhoeveelheden goedkoop irrigatiewater voor de voedselproductie. Voor de productie van één kg graan is 1 m³ (duizend liter) irrigatiewater nodig. Met de huidige graanprijs van € 0,20 per kg is het heel duidelijk dat de huidige prijs van ontzilt water veel te hoog is. Daarom is er onderzoek nodig naar nieuwe methodes voor ontzilting. We moeten heel goed begrijpen hoe zou water in elkaar zit en dan nieuwe methodes en duurzame technologie ontwikkelen om het zout er uit te halen.



Grootschalige omgekeerde osmose installatie voor de productie van drinkwater.

2.2.3 Waterwinning uit afvalwater

De behoefte aan industrieel water (20% van de totale waterbehoefte) is veel hoger dan de persoonlijke waterbehoefte (10% van wereldbehoefte). Het hergebruiken van afvalwater zou een duurzame bron van schoon water kunnen worden.

Membranefiltratie heeft de potentie om afvalwater voldoende te zuiveren voor hergebruik, gesteld dat de productie van geconcentreerde pekelsstromen wordt geminimaliseerd..

Voor het gebruik van membraanfiltratie op grote industriële schaal zijn er nieuwe membranen nodig, die niet vervuilen en die chemisch- en mechanisch resistent zijn. De hoeveelheid afvalwater vereist dat de membranen een grote doorstroom hebben en dat de filtereigenschappen niet gevoelig zijn voor hoge ionenconcentraties in de reststroom. Een belangrijk doel is om de reststroom (pekkel) te minimaliseren door het verwijderen van bepaalde zouten door neerslag. Hierdoor vermindert de reststroom tot minder dan 1% van het aanvankelijke toevoervolume en levert dit nagenoeg 100% hergebruik van water voor industriële doelen. In deze geïntegreerde aanpak is de controle van het chemisch evenwicht essentieel om anorganische componenten te verwijderen en water te leveren voor hergebruik, dat geen "kalk"laag achterlaat. De gekozen watercondities worden ook beperkt door de micro-organismes, die alleen de gewenste conversies kunnen uitvoeren bij bepaalde instellingen van PH, zoutconcentratie en temperatuur.

2.3 Huidige watertransport



2.3.1 Waterpompen

Voor de watervoorziening in ontwikkelingslanden is een waterpomp nodig, die te maken is met lokaal beschikbare materialen. Daarnaast moet de pomp door de gebruikers zelf eenvoudig te repareren zijn en tegen geringe kosten. Bovendien moet de pomp vervuiling van het water in de put voorkomen.

Voorbeelden van waterpompen zijn zuigerpompen, centrifugaalpompen en membraanpompen. Nadelen van deze pompen voor ontwikkelingslanden zijn de hoge investeringskosten, moeilijke technologie en benodigde mechanische of elektrische aandrijving.



Touwpomp in actie

Touwpomp

Een touwpomp is een type waterpomp die zeer goedkoop en eenvoudig te bouwen is. Deze pomp is tevens zeer eenvoudig te repareren en te onderhouden. Hij wordt voornamelijk in ontwikkelingslanden gebruikt voor drinkwater en voor irrigatie. De pomp kan water oppompen van een diepte tot wel 40 meter. De touwpomp werkt met een gesloten buis. Dit voorkomt vervuiling van het water in de put.

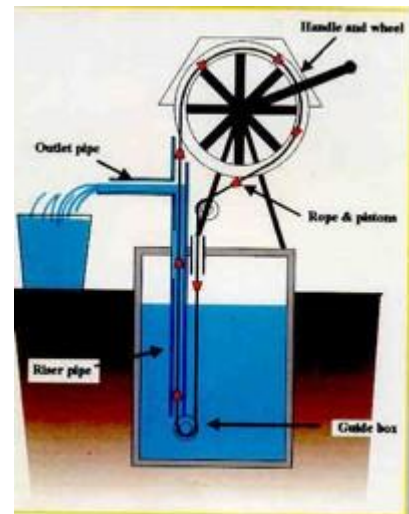
De pomp is gebaseerd op een oud Chinees principe: een mechanisme dat werkt met een knopentouw dat rond loopt.

Doordat het touw met de knopen lijkt op een rozenkrans, een 'Paternoster', wordt deze pomp ook wel Paternosterpomp genoemd.

Door te draaien aan een wiel boven de waterput wordt het touw in de put door een stijgpomp omhoog getrokken. Het touw heeft om de meter een knoop die precies in de pijp past. Daarmee wordt steeds een stukje waterkolom omhoog getild. Bij elke knoop die bovenkomt, loopt het water door een pijpje naar buiten.. Omdat het touw rondloopt wordt elke knoop vervolgens weer naar beneden geleid. Onderin de put zit ook een geleider zodat de knopen weer precies in de opvoerbuiskomen voor de volgende ronde.

In plaats van knopen kan ook gewerkt worden met zuigertjes van rubber, leer of polyetheen. Zuigertjes van polyetheen zijn te produceren met een extruder, rubber zuigers zijn van oude autobanden te maken.

Het touw loopt door een opvoerbuisk met een



Werking van de touwpomp

binnendiameter, die een fractie (0,5 - 1 mm) groter is dan de diameter van de zuigers. Het waterfilmpje langs de buiswand sluit de speling tussen de zuigertjes en de buis en zorgt tevens voor smering tussen zuiger en cilinder.

De stijgbuis wordt in zijn geheel in een waterput gezet. Vervolgens kan de bovenkant van de put worden afgesloten om vervuiling te voorkomen.

Naast handaangedreven touwpompen worden ook andere aandrijvingen toegepast: zoals door windenergie, een motor of trekdieren.



Touwpomp in een groententuin

In Nicaragua is de touwpomp inmiddels de standaard voor watervoorziening en zijn al 50.000 touwpompen geïnstalleerd. Daarnaast is de pomp succesvol geïntroduceerd in Mexico, Guatemala, Honduras, Ghana, Zimbabwe, Tanzania en Senegal.

Er kan gekozen worden tussen twee type touwpompen. Het houten model dat minder duurzaam is maar met eenvoudig gereedschap te fabriceren is. En het metalen model dat meer specifieke kennis en vaardigheden verlangt, maar duurzamer is en commercieel door lokale werkplaatsen te vervaardigen is.

<http://www.wot.utwente.nl/publications/ropepump/ropepump-intro.html>

http://water-right.nl/wat_wij_doen/touwpomp.html

http://www.youtube.com/results?search_query=rope+pump&search_type=&aq=f

<http://www.youtube.com/watch?v=7gGFzqdGE1w>

Zuigerpomp

Een zuigerpomp is een type waterpomp die zeer goedkoop en eenvoudig te bouwen is. In de 17e eeuw werden zuigerpompen veelal gebouwd op plaatsen waar oppervlaktewater niet voor handen was of vervuild. De zuigpomp kan water oppompen van een diepte tot 10 meter.

Zuigerpompen werden gebruikt voor gemeenschappelijk gebruik en is vaak een ontmoetingsplaats voor de bewoners. Doordat er in de 19e eeuw gebruik werd gemaakt van waterleidingen werd de zuigerpomp steeds minder van belang.

In ontwikkelingslanden zoals Afrika, Zuid-Amerika en Azië is de gemeenschappelijke zuigerpomp nog altijd erg belangrijk en is het slaan van waterpompen een belangrijk middel om besmettelijke ziekten te voorkomen.

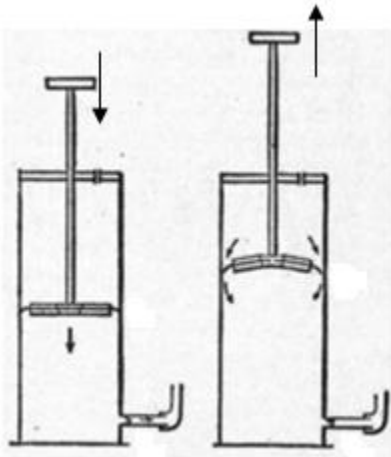
De zuigerpomp met 1 klep kan het water opzuigen tot een diepte tot ongeveer 5 meter en theoretisch maximaal 10 meter.

De aanvoerbuis (A) is aan de bovenzijde afgesloten met een ventiel of terugslagklep, waardoor het water alleen naar boven kan bewegen.

De zuiger (B) bevat aan de bovenzijde een ventiel.

Tijdens de neergaande beweging stijgt de druk onder de zuiger waardoor het ventiel van de aanvoerbuis zich sluit. Het water stroomt door het open ventiel in de zuiger.

Tijdens de opgaande beweging sluit het ventiel in de zuiger zich en wordt het water onder de zuiger door de onderdruk naar boven gezogen. Het water dat boven de zuiger staat wordt naar boven verplaatst totdat het door de uitstroomopening (C) stroomt.



Fietspomp

Een fietspomp werkt volgens hetzelfde principe. De zuiger in de fietspomp laat in een richting lucht door tussen de zuiger en de buitenwand. Het ventiel in het fietswiel is de uitwendige klep.

Een van de levensbehoeften van mensen is een veilige en goede watervoorziening, vooral in ontwikkelingslanden. Waterbronnen worden namelijk snel en gemakkelijk geïnfecteerd met ziekten wanneer deze in direct contact staan met de buitenlucht. Oplossingen zijn bijvoorbeeld afgesloten putten en of gebruik maken van zuigerpompen. Het (grond)water wordt vanuit een afgesloten put opgepompt. Zuigerpompen worden veel toegepast in ontwikkelingslanden, omdat ze eenvoudig te maken zijn en weinig kosten.

Meer informatie is onder andere te vinden op:

<http://www.wot.utwente.nl/informatie/terrein/handpomp.html>

<http://www.pompenvantorre.com/documentatie.html>

Drukrioleringspomp: Wetterfretter

In drukrioleringsystemen wordt het vuile water vanaf de gebruikers naar de zuiveringsinstallaties gepompt. Een groot probleem hierbij wordt gevormd door de verschillende bestanddelen die in het water zijn terechtgekomen. Deze kunnen het leidingsysteem verstoppen en pompen laten vastlopen. Vooral de natte billendoekjes zijn hiervoor berucht aangezien ze van sterke vezels zijn gemaakt.

Voor het verpompen van vuilwater is een pomp nodig die niet verstopt raakt door vaste bestanddelen en vezeldoekjes. Een voorbeeld hiervan is de succesvolle **Wetterfretter**, pomptype DSP18-5 van Landustrie.

De Wetterfretter is een dompelpomp die aan de onderkant het vuile water aanzuigt. Binnenin zit een waaier in een speciaal gevormd pomphuis, die zorgt voor het verpompen van het water. Aan de buitenkant draaien drie messen met grote snelheid langs de inlaatgaten. Door deze hoge snelheid worden de doekjes in miniem kleine stukjes versneden.



Een doos Wetties: natte vezeldoekjes



Onderaanzicht van de Wetterfretter. Drie mesjes draaien met razende snelheid over de inlaatopeningen.

De pomp heeft al bewezen, dat het veel voorkomende probleem van pompverstopping door vezeldoekjes, is opgelost. De pompen blijven altijd draaien en vieze schoonmaakklusjes bij vastgelopen pompen behoren tot het verleden.

De pompen worden toegepast in:

- ❑ hogedruk gemalen
- ❑ drukrioleringsystemen
- ❑ sproeipomp op slibruimers
- ❑ drainagepomp en irrigatie
- ❑ beluchtingspomp
- ❑ industrieel afvalwater
- ❑ bergbezinkbassins
- ❑ visvijvers

2.3.2 Waterleidingen

Omdat mensen vaak ver weg van de waterbron wonen, moeten we het water verplaatsen, van bron naar woonplaats. In sommige landen gaat het om enkele meters, in andere landen gaat het om vele kilometers. We moeten dus goed bedenken wat voor soort vervoer van het water we willen. Sommige soorten vervoer zijn duur, andere goedkoop. Sommige soorten vervoer zijn snel vervuild, andere heel schoon.

Nederland liggen de leidingen onder de grond, de temperatuur van het drinkwater is daardoor erg stabiel. Op het eiland Curaçao, een eiland van de Nederlandse Antillen, liggen de waterleidingen op veel plaatsen boven de grond. Het is meestal lekker weer op Curaçao, waardoor de buizen opwarmen. In warm water kunnen ziekten sneller groeien, waardoor het water vervuild raakt. Dit is dus zeker iets om over na te denken.

De leidingen kunnen van verschillende materialen gemaakt worden.

Een aantal veel gebruikte materialen zijn onder andere koper, lood, polyetheen, PVC, gietijzer en cement.

Lood wordt tegenwoordig niet meer veel gebruikt voor waterleidingen. Lood lost namelijk langzaam op in water. Het loodgehalte in water zal hierdoor flink stijgen, dit is niet goed voor ons, loodvergiftiging. Vroeger lieten de mensen het water eerst een tijdje stromen voordat ze het water gingen gebruiken. Het water met een te hoog loodgehalte stroomde hierdoor weg.



Loden waterleiding

Koperen leidingen zijn eenvoudig aan te leggen.

Koper kun je eenvoudig solderen en of met knelkoppelingen aan elkaar vast maken, ook buigen kan gemakkelijk met koper. Helaas is koper de laatste jaren flink duurder geworden.



Koperen waterleiding

Leidingen van kunststof zijn eenvoudig te verlijmen en of met knelkoppelingen aan elkaar vast maken. Ze gaan lang mee en gaan niet snel stuk.

Levering van drinkwater via een leidingnetwerk kennen we in Nederland sinds 12 december 1853 en startte in Amsterdam. In de tijd hiervoor kwam het drinkwater uit

putten en bronnen. Een bron van infectieziekten als tyfus en cholera, waar vele mensen dood door gingen. De putten en bronnen werden vervangen door leidingen. De drinkwater kwaliteit versterkte heel snel en minder mensen gingen dood aan infectieziekten. Inmiddels telt ons land een ingewikkeld netwerk van buizen en leidingen van duizenden kilometers lang, allemaal voor ons drinkwater.

2.4 Wetsus onderzoek watertransport

2.4.1 Leidingen

Wetsus doet onderzoek naar inspectie van waterleidingen om zwakke plekken en lekken op te sporen. Hiermee kunnen problemen snel worden opgelost en liefst zelfs voorkomen. Dat is niet eenvoudig aangezien de meeste waterleidingen onder de grond liggen. Het is ondoenlijk om alle waterleidingen voor inspectie op te graven. Soms kan een inspectierobot in de leiding worden ingebracht, maar vaak ook niet. Bovendien is de snelheid van belang om snel een lek op te sporen en te dichten. Een veelbelovende techniek inspecteert een PVC leiding met behulp van een akoestisch signaal.

2.4.2 Koppelstukken

Naast de leidingen zelf zijn de koppelstukken belangrijk om een waterleidingnetwerk in elkaar te zetten. Tegenwoordig zijn er koppelstukken waar je de leidingen aanbrengt door ze er gewoon in te duwen. Dit werkt heel snel en gemakkelijk. Bovendien heb je geen speciaal gereedschap nodig.

De vraag is hoe lang deze koppelstukken goed blijven en hoe je er achter kan komen of een koppelstuk problemen zal gaan opleveren. Wetsus wil hier kennis opbouwen om uiteindelijk te kunnen voorspellen of een koppeling goed is. Hiermee moeten toekomstige lekkages met alle bijkomende problemen van opsporing, reparatie onderbreking van de watervoorziening en vervuiling, worden voorkomen.



PVC koppelstukken

3 Wateranalyse en kwaliteitsbeheersing



3.1 Huidige technieken voor wateranalyse

3.1.1 Laboratorium

Omdat ook water dat schoon lijkt vervuild kan zijn is een laboratorium nodig. Afvalwater wat in een zuiveringsinstallatie is schoongemaakt moet gecontroleerd worden. Water dat gebruikt wordt om eten te bereiden moet de juiste goede stoffen bevatten en vervuilende stoffen moeten er niet in zitten. Dit soort onderzoek gebeurt in een laboratorium.

In een waterlaboratorium wordt het water goed in de gaten gehouden. Bij elke waterzuivering is een waterlaboratorium



Aan het werk in het waterlaboratorium.

aanwezig. Overal waar drinkwater gemaakt wordt is een waterlaboratorium aanwezig. Zelfs in de fabriek waar ze eierdoosjes produceren is een waterlaboratorium. In een dergelijk waterlaboratorium kijken ze welke stoffen er in het water aanwezig zijn. Ook wordt er gekeken of de juiste hoeveelheden gewenste stoffen erin zitten.

Voor deze metingen zijn veel verschillende methoden ontwikkeld. Elk waterlab controleert het water ook op verschillende stoffen. Zo hoeft een waterlaboratorium in een eierdoosjesfabriek veel minder op bacteriën te controleren dan een waterlab van drinkwater. De zuurgraad kan worden gemeten met stukjes speciaal papier, bij zuur water krijgt het papiertje een andere kleur.

Waterlaboratoria onderzoeken, adviseren, ontwikkelen, meten, bewaken en beheren water. Ze zijn adviseur van waterleidingbedrijven, recreatieve bedrijven, chemische industrie, levensmiddelenindustrie, zuivelindustrie, zorginstellingen, zwembaden, overheden, tuincentra, overal waar water belangrijk is. Waterlaboratoria zorgen voor kostenbesparing en een beter milieu.

Links

<http://www.hetwaterlaboratorium.nl/>
<http://www.wln.nl/>

3.1.2 Vissen

Behalve in een laboratorium wordt het water ook direct in het systeem in de gaten gehouden. Dit is noodzakelijk om sneller in te kunnen grijpen. Elke test in het laboratorium kost tijd. Het water moet verzameld worden, naar het laboratorium gebracht worden en daar vervolgens onderzocht worden. De onderzoeken kosten vervolgens tijd en dan duurt het meestal nog even voor de uitslag er is. Deze uitslag moet vervolgens ergens



Voor het meten van zuurstof wordt forel ingezet

uitgelezen worden en dan pas weten de mensen wat er moet gebeuren om het water op de gewenste kwaliteit te houden. Het zou gemakkelijker zijn om iets te hebben waarbij direct duidelijk wordt wat er aan de hand is. Zo'n systeem is er al en is bijvoorbeeld in gebruik bij enkele kanaaltjes waar het gezuiverde water van waterzuiveringsinstallaties uitstroomt. Ze gebruiken hier forellen die harder zwemmen in water met meer zuurstof. Ze komen dan verder tegen de stroom in. Een computer registreert waar de vissen zich bevinden en kan dan automatisch regelen dat er meer of minder zuurstof in het water komt.

3.2 Wetsus onderzoek naar technieken voor wateranalyse

De wereld heeft dringend behoefte aan nieuwe online giftigheidsensors. Om te voorkomen dat verontreinigingen ons drinkwater/irrigatiewater netwerk binnendringen, zullen online sensors essentieel zijn om snel te reageren op het verschijnen van onbekende stoffen in de waterbron.

Er is behoefte aan sensors die een reactie geven, zelfs als de identiteit van het gif niet vooraf bekend is. Zulke alarmsystemen moeten functioneren in omgevingen waar directe reactie bij calamiteiten cruciaal is, bijvoorbeeld in drinkwater productie fabrieken.

De online detectie van ziekteverwekkers staat voor drie uitdagingen:

- ❑ de kleine afmetingen van een typische bacterie ($\sim 1 \mu\text{m} \sim 0,000\ 001 \text{ m}$);
- ❑ de noodzaak ze te detecteren in zo laag mogelijke concentraties (~ 1 bacterie per liter);
- ❑ de mogelijkheid om onderscheid te maken tussen ziekteverwekkers en niet-ziekteverwekkers.

Buiten de ontwikkeling van innovatieve sensors is er behoefte om het volgende te onderzoeken:

1. integratie van data uit monsters, beelden en video, verzameld in alarmsystemen;
2. robuustheid en fouttolerantie van sensors om informatieve data te verzamelen;
3. monitor strategieën;
4. leren van sensor data om inzicht te krijgen in herstel strategieën in geval van alarm.

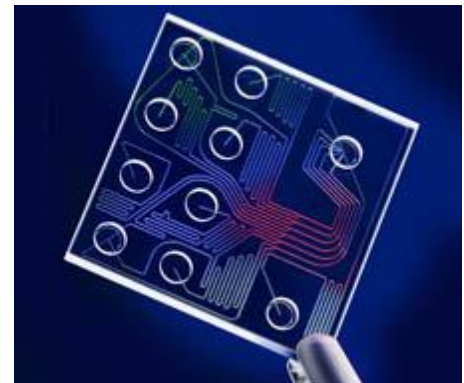
3.2.1 Lab on a chip

Voor de onderzoeken in laboratoria zijn vaak dure vloeistoffen nodig. Om het verbruik zoveel mogelijk te beperken zijn onderzoekers al decennia lang bezig met het ontwerpen van kleinere meetinstrumenten. Ook wilden de onderzoekers dat de metingen sneller resultaat weergeven, dat is gelukt.

Een lab-on-a-chip is een chip waar verschillende laboratoriumtests ondergebracht zijn. De chips zijn meestal ter grootte van enkele millimeters tot centimeters. Op een lab-on-a-chip kunnen dezelfde metingen uitgevoerd worden als in een groot laboratorium.

Door op nanoschaal verschillende soorten kanaaltjes te maken voor vloeistoffen, kunnen tegenwoordig pompjes, schakelaartjes, meetinstrumentjes enz. ontworpen. Door deze onderdelen op verschillende manieren achter elkaar aan te plakken, kunnen veel stoffen gemeten worden.

Tegenwoordig worden de chips al gebruikt in landen waar veel HIV voorkomt. Met een enkele druppel bloed kan al snel gekeken worden of een patiënt HIV heeft. Terwijl in arme landen vaak de middelen niet aanwezig



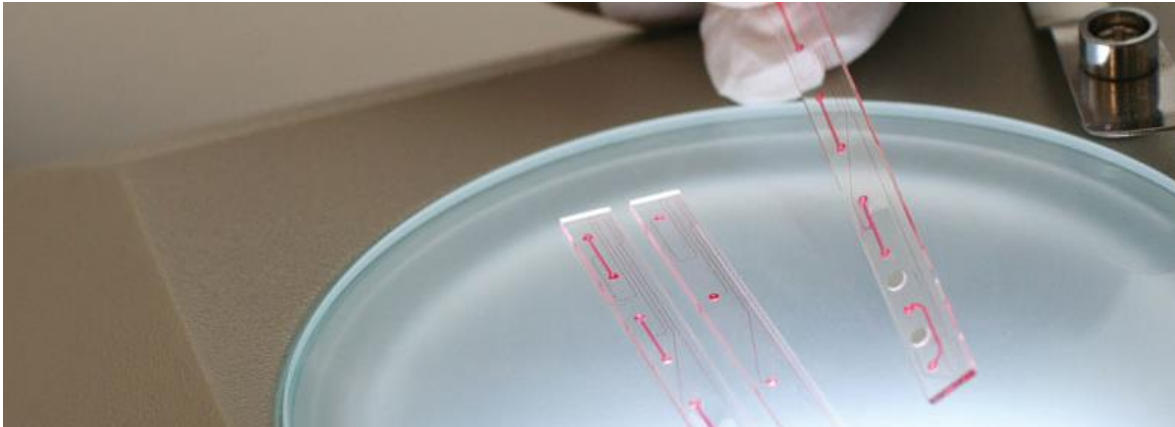
Een Lab-On-A-Chip

zijn om zulke tests uit te voeren. Een ander belangrijk punt van de chips is de snelheid. De vloeistoffen gaan veel sneller door een kleine chip dan door een heel onderzoek in een laboratorium. Doordat de chips zo klein zijn kunnen ze gemakkelijk veel dezelfde metingen doen, waardoor de resultaten erg accuraat zijn.

Links

<http://www.rsc.org/delivery/ArticleLinking/DisplayArticleForFree.cfm?doi=c004397b&JournalCode=LC>

<http://en.wikipedia.org/wiki/Lab-on-a-chip>



Een test wordt uitgevoerd met een Lab-On-A-Chip

4 Drinkwater kwaliteitsverbetering



4.1 Huidige technieken voor drinkwaterverbetering

4.1.1 Beluchting, zandfiltratie en sedimentatie

In water dat diep in de grond zit kunnen verschillende stoffen opgelost zijn, zoals ijzer, mangaan, kalk. In dit grondwater is geen zuurstof aanwezig. Zuurstof is nodig om deze opgeloste stoffen uit het water te kunnen verwijderen. Wel komen andere gassen (zoals kooldioxide en methaan) in het diepe grondwater voor, deze stoffen moeten eruit want die zijn ongezond voor je en niet lekker. Voordat het opgepompte water gefilterd wordt, moet het daarom eerst belucht worden. Hiermee wordt zuurstof in het water gebracht en worden gassen als kooldioxide en Methaan uit het water geblazen. De zuurstof reageert met de stoffen zoals ijzer en mangaan. Hierdoor ontstaan vlokken die gemakkelijk door de filters kunnen worden afgevangen.



Mangaan

Er zijn meerdere manieren om water te beluchten, onder andere:

- Versproeiing
- Cascade beluchting
- Plaatbeluchting
- Beluchtingstorens



Luchtballen in water

Versproeiing

Een sproeier perst water uit sproeikoppen. Het water valt dan in kleine druppels naar beneden op de filters. Doordat het zulke kleine druppels zijn, komt het veel in aanraking met de lucht en neemt snel zuurstof op.



Een draaiende sproeier op zuiveringsstation

Cascadebeluchting

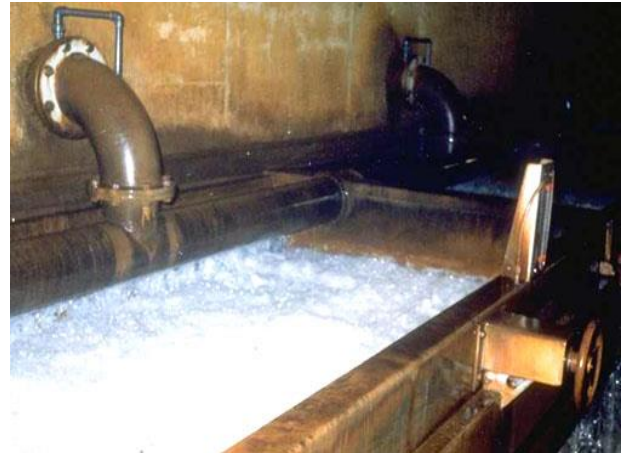


Cascades bij Vitens in Noordburgum

Bij cascadebeluchting stroomt het water door verschillende open bakken. Het water stroomt over de rand van de bovenste bak en valt naar de bak eronder. Je kunt het zien als een aantal kleine watervalletjes onder elkaar. Hoe goed de cascadebeluchting werkt hangt af van hoeveel treden er gebruikt worden en het hoogtevverschil tussen de verschillende treden.

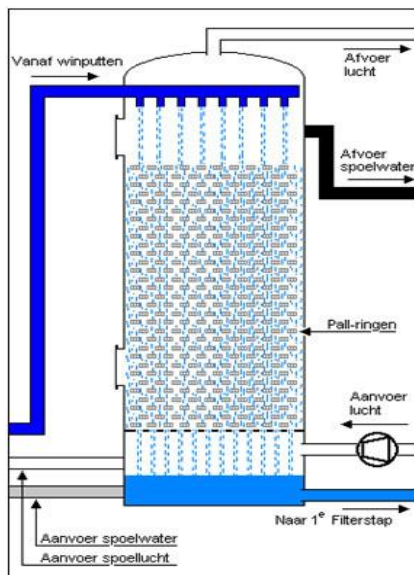
Plaatbeluchters

Bij plaatbeluchters stroomt het water over een plaat met kleine gaatjes. Door die gaatjes wordt onder hoge druk lucht gepompt. De effectiviteit van de plaatbeluchter is afhankelijk van de verhouding tussen water en lucht en door de hoeveelheid verse lucht die wordt toegevoegd.



plaatbeluchting

Beluchtingstorens



Het principe van een beluchtingstoren

Bij elk drinkwaterbedrijf wordt beluchting toegepast. Zowel in grote installaties als in kleine installaties. De kosten en benodigde technologie hangen af van de manier van beluchten. Zo zijn de cascades goedkoop en simpel, maar nemen veel ruimte in en zijn de torens duurder en complex, maar nemen minder ruimte in.

Wil je meer weten over beluchting? Kijk dan op:

<http://www.hatenboer-water.com/producten>
<http://www.verswater.nl/Water+is+schoon/Kraanwater+zuiveren.htm>
www.agromilieu.nl/extra/Beluchten.doc (voor landbouwwater)
<http://www.oasen.nl>

Zandfiltratie

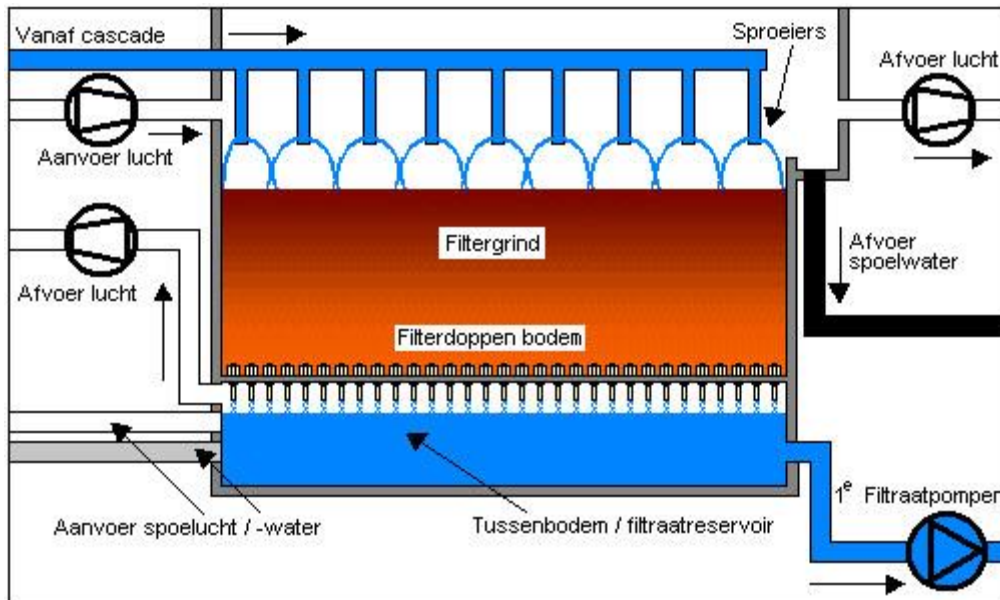
Zandfilters zijn de waterzuiveringinstallaties van de natuur, sinds altijd zijn er de duinen die het water filteren. Ook wordt regenwater wordt door andere soorten grond gereinigd terwijl het water naar beneden zakt tot het een ondoordringbare laag tegenkomt.

Tegenwoordig wordt de natuur veel nagebootst met door mensen gebouwde zandfilters. Zandfilters kun je in twee groepen verdelen. Zo heb je:

- Droogfilters
- Natfilters

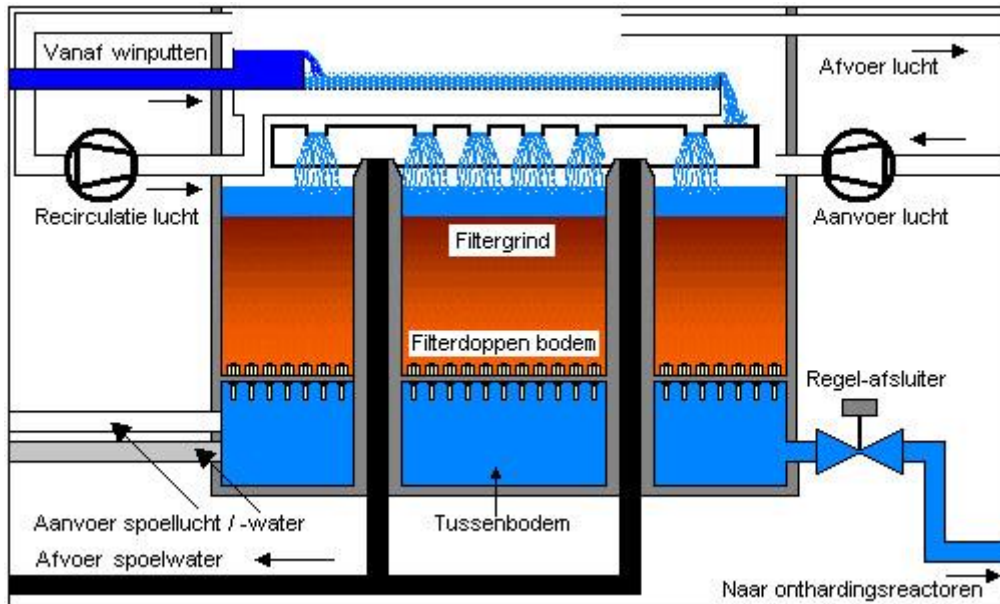
Beide soorten filters vangen vuil op (bijvoorbeeld gevormde vlokken van de beluchting) en zorgen voor bacteriologisch betrouwbaar water.

Droogfilters worden gebruikt als er veel ammonium in het water zit. Er is zuurstof nodig om ammonium om te zetten. Bij droogfiltratie sijpelt het water door het filterzand terwijl er van onder af lucht toegevoerd wordt. Ook ijzer en mangaan worden afgevangen, deze stoffen zitten in de vlokken van het beluchtingproces. Het filter moet schoongemaakt worden als het water niet meer wegstroomt.



Droogfilter: het water stroomt direct door het zand.

Natfilters worden, zoals de naam al zegt, constant nat gehouden. Het water stroomt van boven naar onder door het filtergrind. Het waterniveau aan de bovenkant geeft inzicht in hoe schoon het filter nog is. Is het filter te vies, dan stroomt het water over de rand. Om het filter schoon te maken wordt er water de andere kant op gepompt. Het water komt van onder door het filter en neemt het vuil mee wat afgevoerd wordt.



Natfilter: je ziet duidelijk een plas water bover de grindbak staan.

Zandfilters worden zeer veel ingezet. Ook bij zwembaden en vijvers worden zandfilters gebruikt.

Als je meer wil weten, kun je kijken op:

<http://www.oasen.nl/drinkwater/watermaken/Pages/zandfiltratie.aspx>

<http://www.youtube.com/watch?v=tNg3WLLd5TE>

<http://www.delta.tudelft.nl/nl/archief/artikel/een-zandfilter-kan-de-was-doen/10024>

Ter verrijking:

<http://www.lennotech.nl/continu-zandfilter.htm>

Sedimentatie

In sommige landen is het water prima te drinken. Er zitten dan geen ziekmakers meer in het water, maar nog wel wat vaste deeltjes zoals zand en modder. We noemen deze deeltjes ook wel sediment. Met een Sedimentfilter haal je de sedimentdeeltjes uit het water.

Een sedimentfilter is een filter die vaste deeltjes tegenhoudt. Deze sedimentfilters worden vaak toegepast in aquariums, maar ook bij waterzuiveringsinstallaties zijn (grote) sedimentfilters aanwezig om het drinkwater te produceren.

Een sedimentfilter wordt bijna altijd gebruikt in combinatie met andere



Sedimentfilter. De doorzichtige behuizing laat zien of het filter vol is.

waterzuiveringstechnieken. De vaste deeltjes worden er door een sedimentfilter uitgehaald, andere deeltjes passeren het sedimentfilter. Hoe klein de deeltjes moeten zijn om door het filter te kunnen hangt af van hoe groot de poriën (gaatjes) in het filter zijn. De filters zijn verkrijgbaar in verschillende maten, hiermee wordt niet de omtrek bedoeld, maar de grote van de poriën.

Omdat vaste deeltjes gemakkelijk een Reverse-Osmose membraan kapot kunnen maken, zit er voor een RO membraan altijd een sedimentfilter. Ook voor de meeste actiefkoolfilters zit een sedimentfilter. Sedimentfilters vind je eigenlijk overal. Zelfs het doucheputje zou je kunnen vergelijken met een sedimentfilter. Een vergiet is ook een sedimentfilter. Ze zijn dus afhankelijk van de gebruikte materialen ook goedkoop te ontwikkelen.

4.1.2 Coagulatie, Flocculatie en sedimentatie

In water zitten zogenaamde colloïdale deeltjes. Omdat er ook ongezonde stoffen kunnen voorkomen als colloïdale deeltjes moeten deze uit het water verwijderd worden. Colloïdale deeltjes zijn groter dan opgeloste deeltjes, maar kleiner dan gesuspendeerde deeltjes. Colloïdale deeltjes bezinken niet, met andere woorden ze zakken niet naar de bodem of gaan naar de oppervlak. Ze zijn ook te klein om gemakkelijk uit het water te filteren, net als de zwevende deeltjes. Dus voor colloïdale deeltjes heb je een andere techniek nodig.

De colloïdale deeltjes zijn negatief geladen. Ze stoten elkaar dus af en zullen niet gaan samenklitten. Dit maakt het niet gemakkelijker. Met de techniek Coagulatie zorg je ervoor dat er een positieve stof in het water aanwezig is, meestal opgelost ijzer. De colloïdale deeltjes gaan aan de ijzerdeeltjes klitten en vormen vlokken. Dit word dan ook flocculatie genoemd. Het proces flocculatie kan nog worden versneld door aan het water ook flocculanten toe te voegen. De laatste stap in het proces is het sedimenteren. De vlokken komen bovendrijven of zinken naar de bodem waarna ze gemakkelijk kunnen worden verwijderd.

Hoe kun je een waterzuivering met Coagulatie, flocculatie en sedimentatie tot stand brengen:

1. een coagulant toevoegen, bijvoorbeeld Aluminiumsulfaat, goed roeren zodat alles opgelost is.
2. langzaam roeren zodat er beweging in het water blijft, maar er wel vlokken kunnen vormen.
3. vang de vlokken af met bijvoorbeeld een scheidtrechter of een zandfilter.

Tegenwoordig wordt bij vrijwel elke waterzuivering gebruik gemaakt van bovenstaande techniek, je kunt dus meer informatie bij een waterbedrijf of een afvalwaterzuiveringsinstallatie vinden.

Meer informatie is te vinden op:

http://www.bodemrichtlijn.nl/bodembeheer/topics/deel%20e/07/e7_1.html
<http://books.google.com/> > zoeken op: C. Vandecasteele milieuproblemen

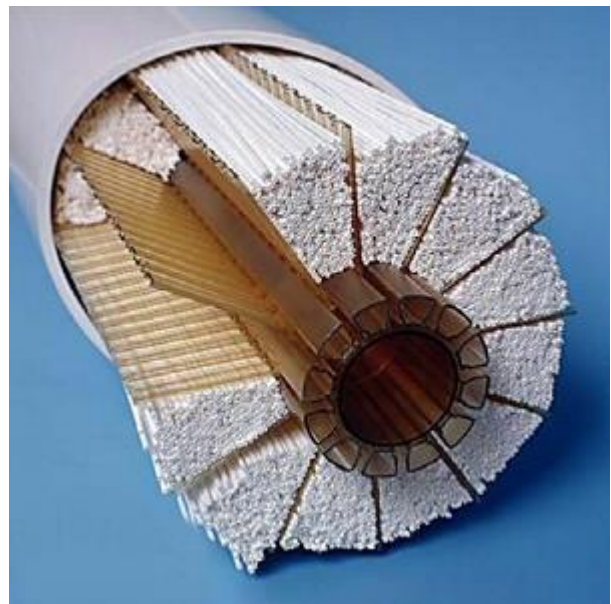
4.2 Wetsus onderzoek drinkwater kwaliteitsverbetering

Oppervlaktewater is een aantrekkelijke bron van water omdat het een gemakkelijke manier is om er aan te komen. Echter is er uitgebreide zuivering en desinfectie nodig voordat het kan worden gebruikt. Regen genereert water dat van bodem afloopt, het oppervlaktewater in, waarbij het grote hoeveelheden vervuiling meeneemt (vuil, olie van wegen, landbouwbestrijdingsmiddelen). Ook kan door overvloedige regenval het rioolsysteem overstromen, waarbij het oppervlaktewater wordt vervuild.

Het resultaat is dat het oppervlaktewater vervuild is met een grote hoeveelheid verschillende stoffen in verschillende concentraties. Traditionele reinigingstechnieken zijn niet altijd meer voldoende. Van grote zorg zijn pesticiden, onkruidbestrijdingsmiddelen en andere schadelijke chemicaliën in het oppervlaktewater, die uiteindelijk in ons drinkwater terecht kunnen komen. Het lange-termijn effect van zeer lage concentraties van deze bioactieve chemicaliën op de menselijke gezondheid is onbekend.

Het doden van ziekteverwekkers vóór consumptie is essentieel omdat een enkele dosis water met ziekteverwekkers kan leiden tot ernstige ziekte en zelfs de dood in bepaalde gevallen. Daarom is desinfectie en het verwijderen van sporen organisch materiaal van het grootste belang voor de productie van veilig drinkwater. Tegelijkertijd moet de vorming van gevaarlijke bijproducten worden voorkomen.

Hiervoor wordt onderzoek gedaan, dat leidt tot beter begrip van de natuurkundige en scheikundige eigenschappen van water en de vervuilingen daarin en bijdraagt tot de productie van drinkwater dat aantrekkelijk, gezond en lekker is. Het doel is om procestechnologie te ontwikkelen voor drinkwaterproductie uit oppervlaktewater voor kosten die vergelijkbaar zijn met die van het onttrekken en zuiveren van water uit waardevolle grondwaterreserves.



Dikke filterbuis opgebouwd uit vele dunne holle membranen.

De volgende technologieën worden onderzocht en ontwikkeld:

4.2.1 Membraanfiltratie

Een buismembraan is een membraan om water te zuiveren in de vorm van een buis. In de meeste gevallen wordt dit een capillair of tubulair membraan genoemd.

We gebruiken buismembranen om stoffen uit water te verwijderen. Het wordt veel toegepast om afvalwater te zuiveren. Deze Membranen kunnen worden vergeleken met zeer fijnmazige filters, waardoor alleen het water door de mazen past en de vuiligheid

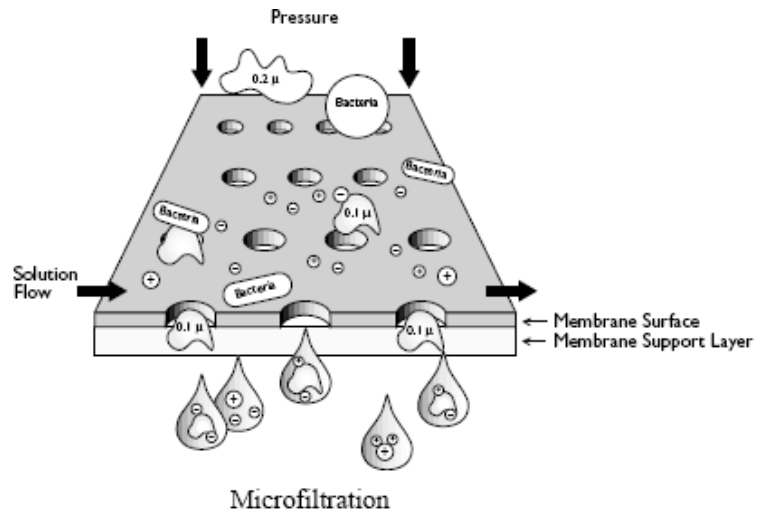
achterblijft. Je kunt een buismembraan vergelijken met een rietje. Door de wanden van het rietje kan (als je hart drukt) alleen water, alle andere stoffen passen er niet door.

In de zuiveringssystemen worden lange spaghetti-liertachtige membranen gebruikt, deze worden met duizenden bij elkaar gepakt om een groot oppervlak te realiseren. Er is een groot oppervlak nodig om genoeg water te kunnen reinigen.

De membranen kunnen op twee manieren worden gebruikt, namelijk: inside-out, of outside-in. Met andere woorden, je kunt vies water in de membranen spuiten, het schone water sijpelt dan aan de buitenkant, of we drukken vies water tegen de buitenkant, dan sijpelt het schone water in de binnenkant van de membranen.

Als een membraan gekozen wordt waarbij de mazen zo klein zijn dat alleen de waterdeeltjes erdoor passen noemen we dit omgekeerde osmose. Dit is zoals je zou verwachten osmose, maar dan omgekeerd. Er is wel kracht voor nodig, dus het kost energie. Als het water hard tegen het membraan geduwd wordt, zullen de zouten achterblijven en alleen het water zal doorstromen, omgekeerde osmose dus!

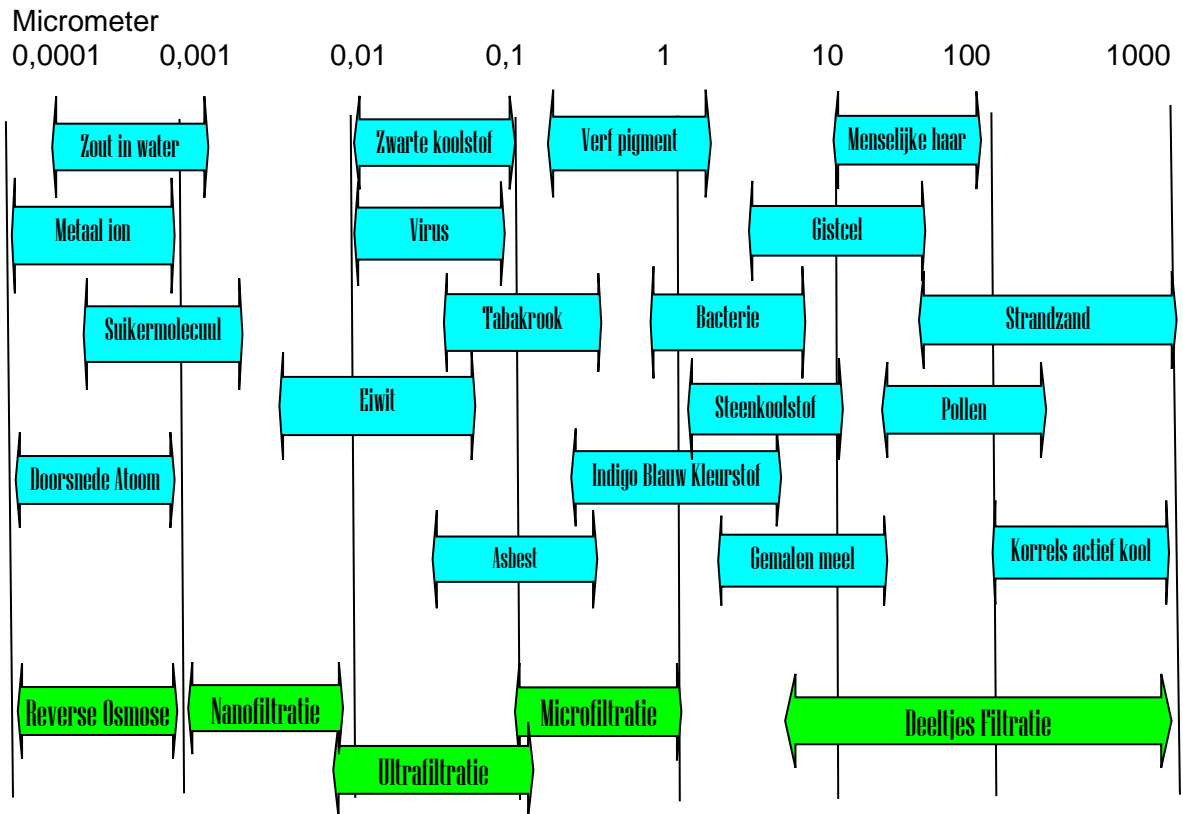
In onderstaand overzicht staan de maten van stoffen en voorwerpen en de verschillende filtermethodes die water kunnen zuiveren van deze stoffen.



De werking van een membraanfilter.



Foto van een zuiveringssysteem



Meer informatie kun je vinden op:

<http://www.lenntech.nl/buisvormige-membranen.htm>

http://www.memprofs.nl/talen/nl/Membraanfiltratie_werking.html

<http://www.zuiverschoonwater.nl/werking-omgekeerde-osmose-waterzuiverings-systeem>

<http://www.mbrvarseveld.nl/>

http://palutech.nl/onderwerpen_nl/reverse_osmose.htm

(erg duidelijke site!)

http://www.ecololonex.com/Ecololonex_1/Education_Center_Home.html

http://palutech.nl/onderwerpen_nl/reverse_osmose.htm

4.2.2 Actieve koolfiltratie

Bij actieve koolfiltratie worden stoffen gezuiverd op basis van adsorptie, **aD**sorptie is iets anders dan **aB**sorptie. Bij adsorptie worden deeltjes die gefilterd worden aan het oppervlak van een ander deeltje gehecht. Hoe goed iets aan een adsorptiemiddel hecht hangt af van de grootte van het oppervlak. Actieve kool heeft een zeer groot oppervlak.

Actief kool is een natuurlijk product gemaakt van kool, hout of kokosnoot. Een actief koolfilter kan vrije chloor, chloor-amide, chloordioxide, fenol, organische oplosmiddelen en pesticiden verwijderen. Actieve koolfiltratie heeft tal van mogelijkheden binnen de industrie, de brouwerijen, waterleidingmaatschappijen en de afvalwaterbehandeling.

Actiefkool heeft zoals gezegd een zeer groot oppervlak waar deeltjes zich aan kunnen binden.

Het oppervlak van één gram actief kool is 1000 vierkante meter!! Een voetbalveld heeft als oppervlak 7000 vierkante meter. Dus zeven gram actief kool heeft hetzelfde oppervlak als een heel voetbalveld! Op de foto hiernaast is zichtbaar dat actief kool uit allemaal kanaaltjes en randjes bestaat. Deze foto is uiteraard zeer sterk uitvergroet.



Een theelepeltje actieve kool heeft hetzelfde oppervlak als een voetbalveld.

Een actief koolfilter wordt altijd na alle andere filters geplaatst. Het is namelijk zeer ongewenst om

(grotere) vaste deeltjes in het actief kool te krijgen, dan raken namelijk de poriën (gaatjes) van het kool sneller verstopt en is het effect van het kool sneller uitgewerkt.

Actief kool werkt dus zeer goed als adsorptiemiddel, helaas is het best duur spul. Actief koolfilters worden in Nederland ondanks de prijs steeds meer bij hobbyisten gebruikt bij het filteren van kleurstoffen uit vijver of aquarium. Als je actief kool op school hebt kun je de werking gemakkelijk aantonen met kleurstof, dit wordt binnen een uur opgenomen door het actief kool.

Als je meer wilt weten over actief kool kijk dan op:

www.norit.nl

<http://www.lennotech.nl/adsorptie.htm>

http://www.infomil.nl/onderwerpen/klimaat-lucht/luchtemissie/factsheets/overzicht-factsheets/adsorptie_actief/

www.beeldbank.nl

4.2.3 Desinfectie door ozon, UV-licht en Chloor.

Iedereen kent de geur van zwembadwater: juist, Chloor. Dit chloor wordt toegevoegd om het water schoon te houden. Niet alleen met chloor kunnen we water desinfecteren (ontdoen van infecties), dit kan ook met ozon en UV-licht.

Water waar micro-organismen in leven, kan zorgen voor infecties. Het is dus duidelijk zaak deze micro-organismen aan te pakken. We kunnen de micro-organismen doodmaken, maar dan zitten de ziekteverwekkers nog in het water. We kunnen de ziekteverwekkers die in de micro-organismen zitten tegelijkertijd aanpakken met bijvoorbeeld Chloor, UV-licht of ozon.

Door de celwand van de ziekteverwekkers kapot te maken kunnen ze niet meer overleven. We kunnen deze celwand kapotmaken door het heel hard door elkaar te schudden. UV licht met de goede golflengte kan dit voor ons doen en zo het water desinfecteren. Ook met ozon maak je de celwand stuk. Met Chloor maak je alles dood wat in het water zit, ook de ziekteverwekkers zullen door Chloor zo misvormd worden dat ze niet meer kunnen ziek maken.

In veel landen voegen ze ook een kleine hoeveelheid chloor toe in het drinkwater. De hoeveelheid is te klein om schadelijk te zijn voor mensen, maar is wel genoeg om het water te desinfecteren. UV-filters zijn er tegenwoordig in vele soorten en maten, ze zijn in Nederland voor een paar tientjes te koop voor het desinfecteren van vijver of aquariumwater. Ook zijn er kleine installaties verkrijgbaar voor toevoeging van Ozon.

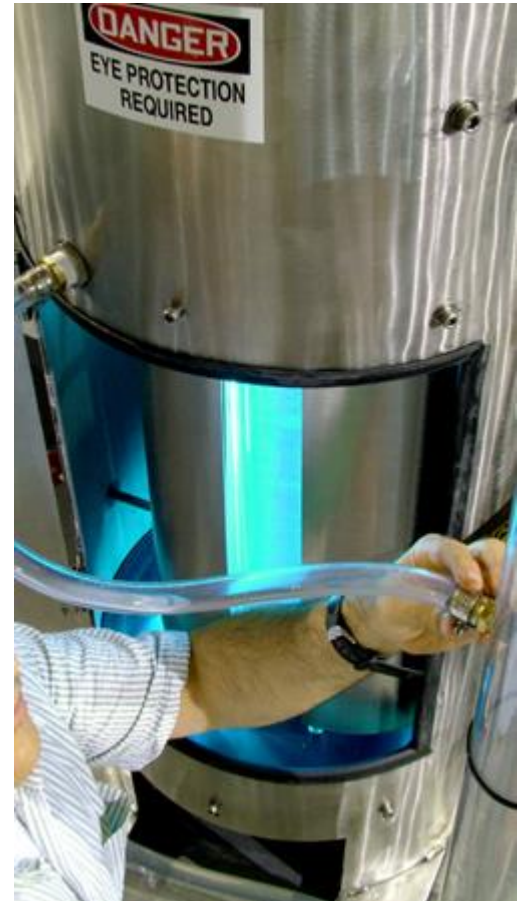
Er zitten ook nadelen aan deze wijzen van desinfectie, namelijk grote hoeveelheden chloor, Uv en Ozon zijn ongezond. Daarom is een goede controle nodig en wordt geëxperimenteerd met kleine systemen, die zeer lokaal en daardoor zeer efficiënt werken.

Links

<http://www.lennotech.nl/faq-uv-nl.htm>

http://www.rivm.nl/cib/infectieziekten-A-Z/standaardmethoden/2_desinfectie.jsp

http://www.rivm.nl/cib/infectieziekten-A-Z/standaardmethoden/2_desinfectie.jsp



Een UV lamp in een RVS behuizing

4.2.4 Deioniseren

Gevaarlijke stoffen

Omdat er in gefilterd en gedesinfecteerd water nog veel gevaarlijke stoffen kunnen zitten, kunnen we dit water niet zomaar drinken. Een voorbeeld van zulke 'onzichtbare stoffen' zijn de zogenaamde zware metalen zoals cadmium, zink of lood. Deze stoffen zijn gevaarlijk. We kunnen ze eruit halen met een zogenaamde ionenwisselaar. Een ionenwisselaar is een filter met allemaal bolletjes hars. Dit hars noemen we het dragermateriaal. Aan dit hars zitten heel veel onschadelijke ionen (geladen deeltjes).

Door het vervuilde water door de ionenwisselaar te laten stromen, willen de ionen op de harsbolletjes loskomen. Dit kan alleen als dezelfde lading terug op de harsbolletjes komt. Gelukkig zijn de zware metalen ook geladen deeltjes (ionen). De zware metalen blijven aan de harsbolletjes plakken en de ongevaarlijke ionen gaan met het water mee.

Als er te veel zware metalen aan de harsbolletjes plakken, dan moeten de bolletjes gespoeld worden. Dit kan door een vloeistof met heel veel ongevaarlijke ionen door het filter te laten stromen. Daarna even schoonspoelen met gewoon water en de ionenwisselaar is weer klaar voor gebruik.



Harsbolletjes als dragermateriaal

Ontkalking

Ionenwisselaars worden ook gebruikt om water te ontharden, dit is kalk uit het water verwijderen. Ionenwisselaars zijn niet duur in aanschaf. De grote kostenpost is het regenereren van de harsbolletjes. Dit moet vaak gebeuren om de ionenwisselaar optimaal te laten werken en er zijn chemicaliën voor nodig. Ionenwisselaars nemen in vergelijking met andere installaties ook niet veel ruimte in, ze kunnen in de hoogte gebouwd worden.

Links

<http://www.geonwater.nl/site/pagina/ionen>

<http://www.kalkvrij.nu/index.php/waterbehandeling/ionenwisselaars>

<http://www.cichlidenkwekers.nl/nitraat-filtering/>

4.3 Toepassing in verbruikspunt drinkwatersystemen

Omdat in veel landen wel een soort van watervoorziening is gemaakt, maar deze niet veilig water vervoert, is het soms nodig dit water vlak voor het drinken te zuiveren. Het water wordt dan gezuiverd bij het verbruikspunt. We noemen het dus verbruikspunt drinkwaterzuiveringssystemen.

Voorbeelden van verbruikspunt drinkwaterzuiveringssystemen zijn:

Familiefilter

Lifestraw

Links:

<http://www.water4life.eu/downloads/h2o06-2009.pdf>

4.3.1 Familiefilter

In Bangladesh zijn in de jaren tachtig redelijk veel waterputten geslagen door hulporganisaties. De mensen in Bangladesh hadden weer water te drinken en het leek dus een grote verbetering. Helaas werd het water opgepompt van een te ondiepe waterlaag. In deze waterlaag is arsenicum aanwezig, waar je erg ziek van wordt.

Het familiefilter is een combinatie van twee vaten, gevuld met zand en roest, erg goedkoop dus. Door het water door het roest en zand te laten stromen wordt het arseen gevangen door de roest. Het is dus erg simpel en goedkoop te maken.

Op de afbeelding is te zien dat de twee vaten met zand boven elkaar geplaatst zijn, hierdoor stroomt het water automatisch van de eerste naar de tweede. Onderin zit een kraantje waar het schone water uit komt.

Het filter kost nu om te maken 30 euro aan materialen, deze prijs gaat nog naar beneden als het als massaproduct gemaakt gaat worden. Hier is waarschijnlijk wel een markt voor aangezien Bangladesh niet het enige land met dit probleem is.

4.3.2 Lifestraw

Omdat in sommige landen helemaal geen watervoorziening is opgezet, drinken de mensen daar uit riviertjes en poelen. In deze poelen en riviertjes is het water vaak erg vervuild en worden mensen ziek. De lifestraw kan van dit vieze water drinkwater maken door er aan te zuigen.



De mobiele waterzuiveringsinstallatie weegt 20 kilo en werkt op zonne-energie.

De lifestraw is een soort rietje waarin verschillende soorten zuiveraars zitten. Door te zuigen, stroomt het water door de verschillende zuiveraars, waardoor het water schoon in de mond terecht komt.

Het verontreinigde water passeert eerst een filter met openingen van 100 micron, gevolgd door een tweede polyester filter met openingen van 15 micron. Met deze twee filters worden de grotere deeltjes en zelfs clusters van bacteriën uit het water gefilterd. Vervolgens komt het water in een kamer met jodiumparels die bacteriën, virussen en parasieten doden. De hierop volgende kamer is leeg: het jodium dat van de parels wordt gewassen, werkt daar nog even door. De laatste kamer bevat actieve koolstofgranulaat. Dit zorgt voor verdere zuivering en zorgt er tevens voor dat de jodiumsmaak voor een belangrijk deel wordt geneutraliseerd. Ook blijven de parasieten die toch door de pre-filters of de 'jodium-kamer' zijn gekomen, in deze kamer achter.

The lifestraw kost tegenwoordig ongeveer een euro om te produceren. Dit is weinig geld, omdat de lifestraw gekocht kan worden door hulporganisaties, die ze gratis verstrekken. Het negatieve aan de lifestraw is dat de lifestraw niet goed zal werken zonder goede documentatie en voorlichting. Kinderen kunnen bijvoorbeeld aan de verkeerde kant gaan zuigen, waardoor ze alsnog (veel) ziekmakers binnenkrijgen en het onderhoud is ook erg belangrijk.



Met een kostprijs van nog geen Euro per stuk kunnen met de lifestraw honderdduizenden levens gered worden in rampgebieden.

Links

<http://kmilamartinez.files.wordpress.com/2008/07/exp-lifestraw-diagram.jpg>

<http://mens-en-samenleving.infonu.nl/diversen/21930-veilig-drinkwater-dankzij-de-lifestraw.html>

5 Rioolwater zuivering



5.1 Huidige zuiveringstechnieken

5.1.1 Conventionele rioolwaterzuiveringsinstallatie

Water dat uit de fabrieken komt is te vervuild om zo terug te laten stromen in de natuur. Ook water dat door huishoudens is gebruikt, bijvoorbeeld voor de toilet, is te vies om zo terug te laten stromen. Het moet dus eerst gereinigd worden. Dit gebeurt in een rioolwaterzuiveringsinstallatie of RWZI.

Een RWZI maakt het rioolwater schoon door af te kijken van de natuur. De natuur gebruikt drie vaste stappen om het water te reinigen. Dit zijn: 1. mechanische reiniging, 2. biologische reiniging, 3. splitsing. Deze drie stappen zijn ook in een RWZI terug te vinden.

Bij de mechanische reiniging worden alle vaste deeltjes zoals plastic zakjes, zand of wc papier alvast uit het water gehaald. Het water is nog steeds vies, maar er zitten geen vaste deeltjes meer in. In de natuur gebeurt dit doordat het water in de grond zakt, de vaste deeltjes kunnen dan niet meezakken.

Bij de biologische reiniging eten bacteriën al het organisch materiaal op, hiervoor hebben ze veel zuurstof nodig en daarom wordt er lucht in het water gepompt. In de natuur gebeurt dit doordat er lucht tussen de gronddeeltjes en bijvoorbeeld plantenwortels zit, hier hebben bacteriën genoeg zuurstof om te leven en veel water te zuiveren.

Bij de splitsing worden de bacteriën gevangen en teruggepompt naar de biologische reiniging. Het water wordt verder gepompt en er wordt goed gekeken of het schoon genoeg is, daarna wordt het terug gepompt in sloten en kanalen.

Elke stad in Nederland heeft wel een RWZI. De RWZI in Leeuwarden kan een hoeveelheid water van 8000 m³ per uur, dat is 8 miljoen liter water per uur! Helaas kost een RWZI zoals wij ze in Nederland hebben ruim 6 miljoen euro om te bouwen, de kosten om de RWZI draaiend te houden is hier niet eens in meegenomen.

Links

http://www.wve.nl/waterinfo/waterzuivering/hoe_werkt_een_rwzi

<http://nl.wikipedia.org/wiki/Rioolwaterzuiveringsinstallatie>

http://www.schooltv.nl/beeldbank/clip/20081204_water02

5.1.2 Ecologische rioolwaterzuivering

Helofytenfilter

Een helofytenfilter is een soort filter waarbij het water door een laag met zand en waterplanten wordt gepompt. Soms gebeurt dit door de zwaartekracht, soms worden ook pompen gebruikt. De onzuiverheden worden door bacteriën omgezet naar voeding voor de planten, terwijl de planten zuurstof naar de bacteriën pompen. Een handig systeem dus, waarbij verder geen pompen voor nodig zijn.

Helofytenfilters komen in grote en kleine schaal voor. Sommige



Helofytenfilter: micro-organismen tussen de rietplantjes zorgen voor glashelder water.

mensen hebben ze thuis bij hun aquarium of vijver. Op andere plekken worden helofytenfilters toegepast om het afvalwater van restaurants te zuiveren. In grote lijnen ziet een helofytenfilter er toch altijd hetzelfde uit, namelijk: een moerasachtig deel met helofyten, (dit zijn de planten die met hun wortels in het water staan, zoals riet, bies of de gele lis.) een aan en afvoer en natuurlijk water.

Het idee van een Helofytenfilter resulteert in een mooie rietkraag langs het water waarbij het water ook nog schoongemaakt wordt. We zien in Nederland erg veel Helofytenfilters zonder dat we het eigenlijk doorhebben. Langs de op en afritten van snelwegen zien we vaak een klein meertje met riet erin. Het water wat van de weg stroomt neemt olieresten mee en wordt naar deze meertjes geleid. Hier zetten de bacteriën de viezigheid om in plantenvoedsel! Het enige wat je eigenlijk moet doen, is ervoor zorgen dat er genoeg zonlicht is om de planten goed te laten groeien.

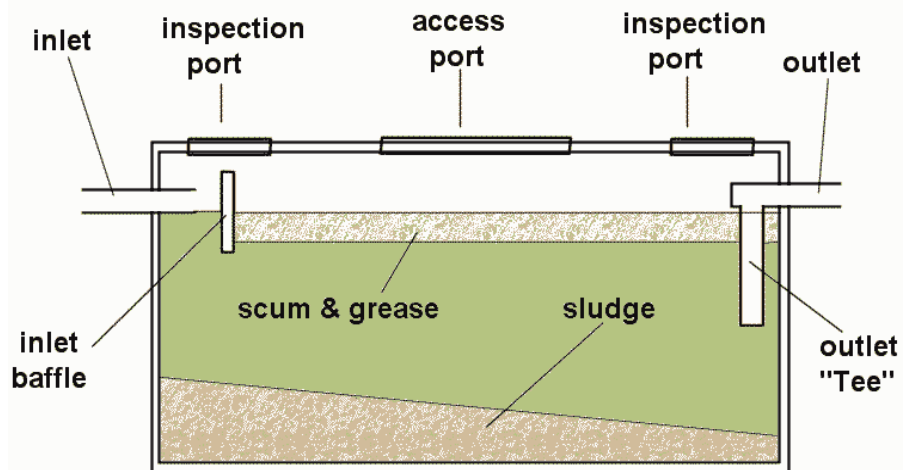
Links

<http://www.brinkvoswater.nl/>
<http://www.braamtuinen.nl/zwemvijver.html>
wikipedia

Septic tank

Omdat het voor sommige huizen te duur is om aan te sluiten op het riool, maken deze huishoudens het water zelf schoon. Het water is niet schoon genoeg om te drinken, maar kan veilig in de natuur gebracht worden. Vooral afgelegen bungalows en boshutjes maken gebruik van septic tanks.

Een septic tank is een bak waar het water doorheen stroomt. In de bak zinken de zware deeltjes naar de bodem. De te lichte deeltjes gaan juist drijven. Door bacteriën wordt een deel van het vuil opgegeten. De rest blijft op de bodem achter, een septic tank moet daarom zo nu en dan geleegd worden.



Schematische werking van een septic tank

Het schonere water stroomt door de uitgang weer naar buiten. Soms wordt er na de septic tank nog een andere zuiveringsvorm toegepast.

Een septic tank kan erg slecht tegen zeep en olie, omdat dit de bacteriën verstoort, er moet dus gezorgd worden dat zeep en olie niet in de tank komt. Ook is het belangrijk dat er geen doekjes of andere vaste stoffen in de tank terecht komen, omdat de tank gemakkelijk verstopt raakt. In Nederland is de septic tank nog steeds in gebruik en ook

in andere landen is zijn septic tanks vaak de manier van zuiveren voor het water in de natuur komt.

Links

http://nl.wikipedia.org/wiki/Septic_tank

http://www.zuiderzeeland.nl/agrariers/huishoudelijk/septic_tanks

5.2 Wetsus onderzoek rioolwaterzuivering

Waar water wordt gebruikt, ofwel voor huiselijk gebruik ofwel voor industriële doelen, wordt afvalwater geproduceerd. Dit afvalwater kan worden hergebruikt als industrieel proceswater of als irrigatiewater na geschikte behandeling.

Als het hergebruik van water geen optie is, wordt het behandelde rioolwater geloosd op het oppervlaktewater. In het jaar 2000 heeft de Europese Commissie regels opgesteld voor dit oppervlaktewater. Hiermee wordt de ecologische en chemische conditie van onze Aarde beschermd en verbeterd. Unieke en waardevolle natuurgebieden worden behouden. Drinkwaterbronnen en zwemwater worden beschermd tegen besmetting.

5.2.1 Scheiden aan de bron

Tegenwoordig is het nivo van gemeentelijke en industriële afvalwaterbehandeling over het algemeen onvoldoende om te voldoen aan deze Europese regels. De huidige praktijk voor gemeentelijk rioolwater bestaat uit grote gecentraliseerde, hoofdzakelijk biologische rioolzuiveringsinstallaties. Deze behandelen een mengsel van heel veel soorten afvalwater, bijvoorbeeld kleine hoeveelheden sterk geconcentreerd toiletwater en grotere hoeveelheden van minder vervuild water uit douches etc.

Bij een meer gedecentraliseerde aanpak, op een nivo van 100-1000 huishoudingen, kunnen afvalwaterstromen worden gescheiden: uit zwaar vervuild water wordt energieproductie en terugwinning van voedingsstoffen mogelijk gemaakt en licht vervuild water kan met een eenvoudiger behandeling resulteren in water dat kan worden hergebruikt. Een vergelijkbare scheiding van afvalwaterstromen is ook mogelijk in de industrie. Het is duidelijk dat dergelijke gedecentraliseerde aanpakken nieuwe types behandelingstechnologie nodig hebben, die meer dan 1000 keer meer geconcentreerd afvalwater aankunnen.

In beide gevallen zijn de belangrijkste vervuilers die moeten worden verwijderd of teruggewonnen om te voldoen aan de Europese regels:

1. zuurstof verbruikende stoffen;
2. de voedingsstoffen stikstof en fosfor;
3. zware metalen (arsenicum, cadmium, cobalt, chroom, koper etc.);
4. zouten;
5. microscopische organische vervuilingen.

Met name de laatste soort stoffen, die ons lichaam van binnen beschadigen of zelfs kanker verwekken, is van het grootste belang. Ze zijn moeilijk om te verwijderen en kunnen enorme negatieve effecten hebben op waterorganismes en drinkwater productie fabrieken binnendringen met alle gevolgen van dien.

Het belangrijkste struikelblok is dat conventionele biologische behandeling, meestal het aerobe actieve slik proces gebruikt in 80% van de wereld rioolwaterzuivering, niet kan voldoen aan de Europese regels. Bovendien zijn de huidige biologische waterbehandelingsprocessen netto gebruikers van energie en chemicaliën, stoten aanzienlijke hoeveelheden broeikasgassen uit (kooldioxide, methaan en stikstofoxide) en produceren enorme hoeveelheden vervuild slib dan moet worden getransporteerd en verbrand. Om de lozingskwaliteit van het rioolwater te verbeteren moeten innovatieve biotechnologische processen worden gecombineerd met natuurkundige en scheikundige processen, die in staat zijn om deze vervuilingen te verwijderen die niet worden meegenomen bij de biologische behandeling. Tegelijkertijd moeten ook het energieverbruik en de uitstoot van broeikasgas zoveel mogelijk worden verminderd. Hiervoor zijn innovatieve en multidisciplinaire rioolwaterzuiveringsconcepten nodig waarvan sommige wereldwijd kunnen worden geëxporteerd.

5.2.2 Membraanbioreactoren

Membraanbioreactoren (MBR) zijn gebaseerd op de combinatie van het biologische zuiveringsproces en een membraanfiltratie unit. Het membraan heeft een gemiddelde poriediameter van ca. 0,1 – 1 μm bij microfiltratie (MF) en ca. 0,01 – 0,1 μm bij ultrafiltratie (UF). De membranen zijn aaneengeschakeld in de vorm van modules: pakketten van buizen, holle vezels of platen.



Verschillende MBR-modules

Voor- en nadelen

Membraanbioreactoren hebben een aantal generieke kenmerken die leiden tot de specifieke voor- en nadelen:

Voordelen:

- Verminderd ruimtegebruik;
- Superieure effluent kwaliteit (100% scheiding van water en slib);
- Eventueel lagere slibproductie;
- Flexibele en gefaseerde/modulaire uitbreiding van bestaande awzi's.

Nadelen:

- Intensieve voorbehandeling nodig;
- Hoger energieverbruik ten opzichte van conventionele zuivering;
- Ervaring met grootschalige toepassing van MBRs is pas sinds vijf jaar beschikbaar.

Het onderzoek van Wetsus is erop gericht om een aantal van de voordelen verder uit de werken en tevens de nadelen op te heffen.

5.2.3 Slibreductie (wormen)

In de natuur om ons heen vinden we diverse vormen van slibverwerking. Een van deze vormen zijn wormen, die het slib opeten en verteren. Daarna worden de onverteerde resten door de wormen weer uitgepoept. Hierdoor neemt de hoeveelheid slib drastisch af.

5.2.4 Algen

Buiten het feit dat algen een duurzame bron vormen voor energie en grondstoffen zijn algen ook uitstekende zuiveraars van rioolwater. Met name fosfor en stikstof worden door de algen gebonden en zijn na afloop beschikbaar om weer in de voedselkringloop te worden opgenomen. Een groot voordeel is ook dat Kooldioxide wordt gebruikt, hetgeen gunstig is voor het verminderen van het broeikas effect.

6 Grondstoffen en energie uit water (kringloop gesloten)



Wetsus richt zich onder andere op duurzame energieproductie uit water met watertechnologie (zowel zout water als rioolwater) om mee te helpen aan de bestrijding van de energiecrisis. Een tweede, minder zichtbare crisis is de grondstoffencrisis. De verwachting is dat de vraag naar fosfaat en verscheidene metalen zoals zink, koper en lithium in de toekomst zal groeien. Fosfaat is een niet-hernieuwbare grondstof die wordt gewonnen uit fosfaat-rijke ertsen. De beschikbare wereldwijde voorraden van hoge-kwaliteit fosfaatgesteente vermindert en zal over ongeveer 100 jaar uitgeput raken. Als er goede technologie beschikbaar is die rioolwater kan omzetten in een herbruikbare bron van fosfaat, dan blijft er voldoende fosfaat beschikbaar voor de landbouw.

6.1 Huidige energiewinning uit water: de stuwdam

Er zijn veel verschillende manieren om energie op te wekken uit water, één van die manieren is door gebruik te maken van waterkracht. Stuwdammen maken hier ook gebruik van. Aan het einde van de tweede wereldoorlog zijn er vele stuwdammen gebouwd in de wereld, een alternatief voor de 'vieze steenkolen' energie.

Stuwdammen werken door middel van waterkracht, hierdoor heb je geen restproducten als CO2 en andere gevaarlijke / giftige gassen en zijn dus goed voor het milieu!

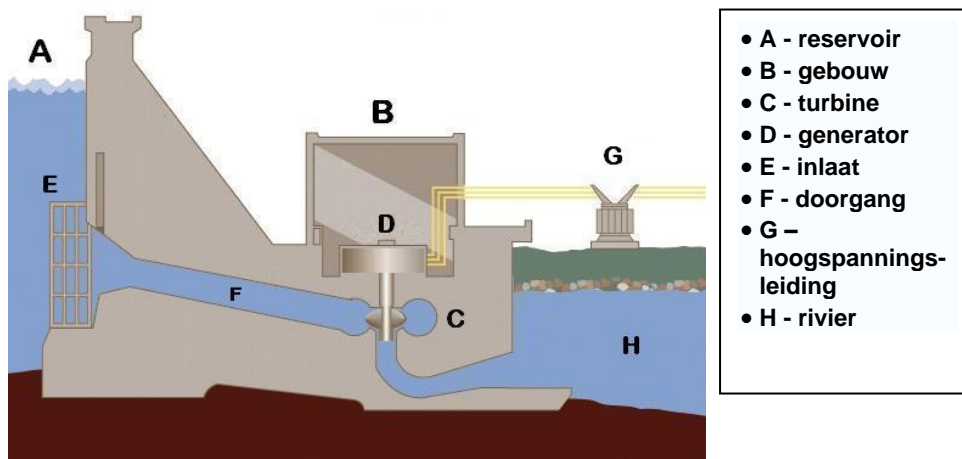
Tussen rivieren of zijstromen van rivieren worden grote dammen gebouwd zodat het water zich ophoopt voor de dam. Het water wordt geleid door een smalle buis waar door middel van een turbine energie wordt opgewekt.



Water perst onder hoge druk door een stuwdam.

De kracht van stromend water wordt met behulp van een waterturbine (schoepenrad) in een draaiende beweging omgezet. De as van de turbine wordt gekoppeld met een generator. Als deze generator ook draait wordt er elektrisch energie opgewekt. Zo'n generator is te vergelijken met een fietsdynamo. Bij een stuwdam ontstaat een groot hoogteverschil. Via een kanaal en een doorgang valbuis komt het water dan met grote snelheid bij de turbine.

Er zijn op aarde 800.000 stuwdammen te vinden! Daarvan zijn er 45.000 echt groot, met een hoogte van ten minste vijftien meter. Die dammen brengen de mensheid nogal wat



Schematische weergave van de opwekking van elektriciteit met een stuwdam.

voordelen. Zo zorgen ze voor maar liefst 20 procent van alle elektriciteit die we in de wereld verbruiken. En natuurlijk spelen ze een belangrijke rol bij het tegengaan van overstromingen. Verder maken ze grote waterreservoirs mogelijk voor irrigatie, recreatie en drinkwater.

6.2 Wetsus onderzoek naar grondstoffen en energie uit water

6.2.1 Bio-electrochemie voor het produceren van electriciteit uit afval

Organische stoffen uit afvalwater kunnen worden geoxideerd door elektrochemisch actieve micro-organismen. Deze micro-organismen converteren de biologisch afbreekbare stoffen (bijvoorbeeld vetzuren) in afvalwater naar koolstof dioxide, protonen en elektronen. De geproduceerde elektronen worden door nanodraden verplaatst naar een elektrode. De anode is elektrochemisch gekoppeld met de reductie van zuurstof aan de kathode. Omdat zuurstof de elektronen op een lager energieniveau aanneemt dat op dat waarmee ze zijn geproduceerd aan de biologische anode, wordt er een spanningsverschil gecreëerd tussen de anode en de kathode, die ervoor zorgt dat er elektronen stromen van de anode naar de kathode. Op deze manier wordt in een enkele stap electriciteit geproduceerd uit rioolwater, en ook bij een lagere temperatuur dan bij vergisting naar biogas. Microbiologische brandstofcellen bieden daarom een interessant alternatief voor de elektriciteitsproductie uit biogas.

6.2.2 Foto-biologische energiewinning

Micro-algen zijn fotoautotrofe micro-organismen die in het water leven. Ze groeien van anorganische voedingsstoffen en kunnen worden gebruikt om CO₂ en voedingsstoffen (Stikstof en Fosfor) terug te winnen uit afvalstromen. Deze worden teruggewonnen in de massa van microalgen die is samengesteld uit vetten, eiwitten en koolwaterstoffen. Productie van vetten voor biobrandstof is het hoofddoel van dit onderzoeksprogramma, maar ook de eiwit zal, en moet, worden gebruikt om de elementen kringloop te sluiten. De groei van micro-algen is gebaseerd op het gebruik van zonlicht om vrije energie te genereren en ook om de benodigde energieconsumptie voor CO₂ reductie te verminderen. De afhankelijkheid van het zonlicht zorgt voor een groot beslag op landoppervlak. Dit kan worden verminderd omdat de algen zullen worden gekweekt in een gesloten omgeving genaamd een fotobioreactor.

6.2.3 Mineraalwinning door kristallisatie en selectieve membranen.

Opgeloste ionen in afvalwater worden bij voorkeur verwijderd door selectieve kristallisatie. Dit kan worden bewerkstelligd door de toevoeging van chemicaliën, biologisch teweeggebrachte kristallisatie, elektroneerslag of ultrageluid. Voor bepaalde stoffen is specifieke kristallisatie uit mengsels niet mogelijk en zij moeten daarom uit het mengsel worden verwijderd in de opgeloste staat. Een manier om dit tot stand te brengen is door selectieve membranen te ontwerpen waarin bijvoorbeeld ethers, ionoforen of transport eiwitten worden gebruikt om stofspectifieke kanalen te maken om moleculen uit oplossingen te verwijderen.

6.2.4 Blue energy

Zon en zee zijn niet alleen de ideale combinatie voor een geweldige strandvakantie. Misschien heb je er nooit bij stil gestaan, maar in feite is de zee de grootste zonnecollector die bestaat. Door zonnestraling verdampt zeewater, terwijl het zout achterblijft in de zee. Voor deze scheiding van water en zout is dus energie nodig.

Het verdampte water vormt boven land regenwolken die vervolgens neerslaan. Dit zoete water komt dan in de vorm van regen terecht op het land en stroomt door de rivieren weer terug naar zee. De zoute zee wordt dan een beetje verdund met het zoete rivierwater. Deze verdunning levert dan weer energie op.

Met de energie van het mengen van het zoete rivierwater met het zoute zeewater wordt tot op heden niets gedaan. Dat is jammer, want het kan een hele goede bron zijn voor duurzame energie. Overal waar rivieren uitmonden in zee is deze energie beschikbaar, zo ook bijvoorbeeld bij de Afsluitdijk. Alleen in Nederland al zou 10% van de stroombehoefte geleverd kunnen worden uit deze schone bron. Het geschatte wereldwijde energiepotentieel uit riviermondingen wordt geschat op 2,6 TWatt, hetgeen ongeveer 20% van de totale energiebehoefte is en meer dan de wereldwijde elektriciteitsconsumptie (2,0 Twatt). Op dit moment is er nog geen technologie in de praktijk in staat om dit enorme potentieel te benutten. Dit betekent dat deze enorme energiebron verloren is.



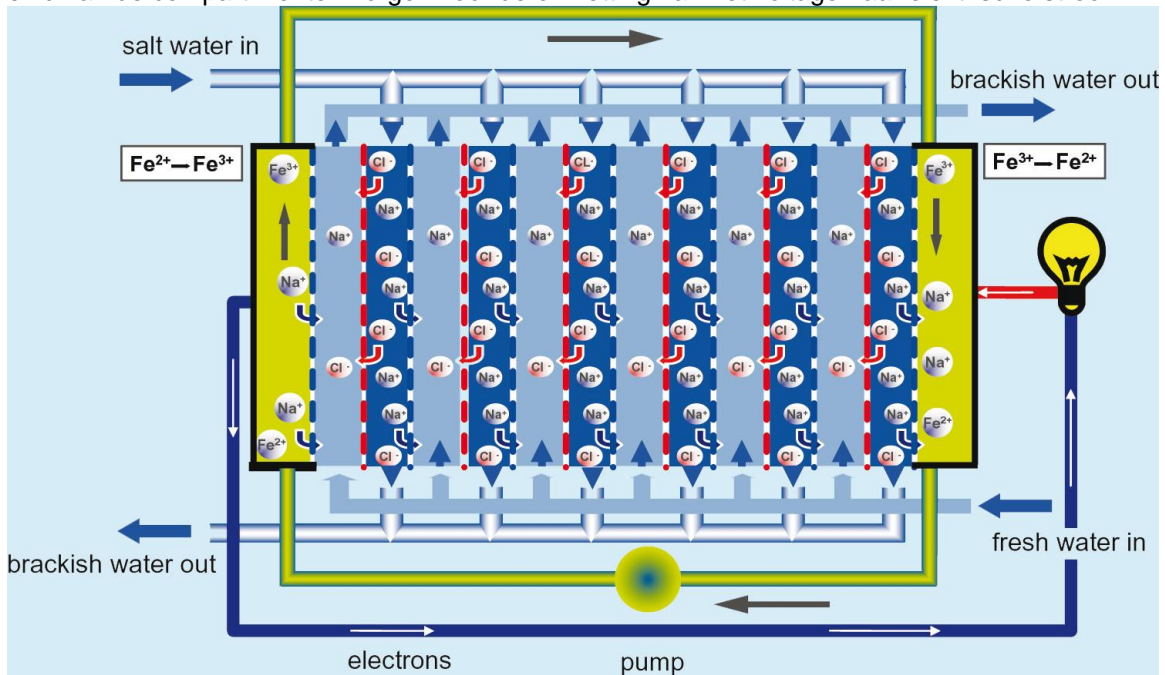
Blue energy centrale in de afsluitdijk bron: Rijkswaterstaat

Binnen het Blue Energy project bij Wetsus wordt deze technologie verder ontwikkeld. Hierdoor kunnen in de toekomst energiecentrales gebouwd worden die 'blauwe' stroom leveren.

De benodigde technologie is niet nieuw, maar eigenlijk ontwikkeld voor andere doeleinden, zoals zeewaterontzouting, brandstofcellen, batterijen en voor nierdialyse. De technologie is gebaseerd

op membranen. Dit zijn waterdichte kunststof folies die zoutdoorlatend zijn. Door deze membranen tussen het rivierwater en het zeewater te plaatsen, vindt menging plaats door zouttransport door deze membranen. Omdat opgelost zout bestaat uit positief geladen natriumionen en negatief geladen chloridenionen zijn er ook twee typen membranen nodig: één selectief doorlatend voor de positieve ionen en één die alleen negatieve ionen doorlaat. Door deze membranen nu afwisselend tussen rivier- en zeewater te plaatsen ontstaat een accu.

Het proces wordt hieronder schematisch weergegeven. Doordat de positieve natriumionen naar links bewegen en de negatieve chloridenionen naar rechts, ontstaat er een ladingsstroom. Ieder compartiment met zeewater en rivierwater levert een potentiaalverschil van 80mV. Door het plaatsen van meerdere compartimenten achter elkaar wordt het voltage hoger. De elektroden aan het eind van de compartimenten zorgen voor de omzetting van het voltage naar elektrische stroom.



Schematische werking van een blue energy centrale

Het doel is dat energie kan worden geproduceerd op een geschat prijsniveau van € 0,02 per kWh.