



Hogeschool
VHL
University of Applied Sciences

Waterzuivering



**natuur
leven
technologie**

**Gecertificeerde
NLT-module voor havo**

versie 1.0

Colofon



De module Waterzuivering is bestemd voor de lessen Natuur, Leven en Technologie (NLT). De module is op 4 maart 2010 gecertificeerd door de Stuurgroep NLT voor gebruik op het havo in domein E, Opsporen en beschermen. Het certificeringsnummer van de module is 4022-052-HE.

De originele gecertificeerde module is in pdf-formaat downloadbaar via <http://www.betavak-nlt.nl>.

Op deze website staat uitgelegd welke aanpassingen docenten aan de module mogen maken, voor gebruik in de les, zonder daardoor de certificering teniet te doen.



De module is gemaakt in opdracht van het Landelijk Ontwikkelpunt NLT. Deze module is ontwikkeld door

- CSG Bogerman, Sneek, Francine Behnen
- CSG Bogerman, Sneek, Zwanneke van Meekeren-Ottow
- Zuyderzee College, Lemmer, Ger-Jan Goedvriend

Voor de totstandkoming is gebruik gemaakt van de expertise van:

- Van Hall Larenstein, Leeuwarden, Geert Truijen.

Aangepaste versies van deze module mogen alleen verspreid worden, indien in dit colofon vermeld wordt dat het een aangepaste versie betreft, onder vermelding van de naam van de auteur van de wijzigingen.

Materialen die leerlingen nodig hebben bij deze module zijn beschikbaar via het vaklokaal NLT:

► <http://www.vaklokaal-nlt.nl/>

© 2009. Versie 1.0

Het auteursrecht op de module berust bij Stichting Leerplan Ontwikkeling (SLO). SLO is derhalve de rechthebbende zoals bedoeld in de hieronder vermelde creative commons licentie.

De auteurs hebben bij de ontwikkeling van de module gebruik gemaakt van materiaal van derden en daarvoor toestemming verkregen. Bij het achterhalen en voldoen van de rechten op teksten, illustraties, enz. is de grootst mogelijke zorgvuldigheid betracht. Mochten er desondanks personen of instanties zijn die rechten menen te kunnen doen gelden op tekstgedeeltes, illustraties, enz. van een module, dan worden zij verzocht zich in verbinding te stellen met SLO.

De module is met zorg samengesteld en getest. Landelijk Ontwikkelpunt NLT, Stuurgroep NLT, SLO en auteurs aanvaarden geen enkele

aansprakelijkheid voor onjuistheden en/of onvolledigheden in de module. Ook aanvaarden Landelijk Ontwikkelpunt NLT, Stuurgroep NLT, SLO en auteurs geen enkele aansprakelijkheid voor enige schade, voortkomend uit (het gebruik van) deze module.

Voor deze module geldt een Creative Commons Naamsvermelding-Niet-commercieel-Gelijk delen 3.0 Nederland Licentie

► <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/nl>



Inhoudsopgave

Inleiding	1
Woordenlijst	3
Inleidende opdracht	5
Deel A Het ontstaan van afvalwater	7
1 Het riool	8
1.1 Inleiding	8
1.2 Geschiedenis van de riolering	9
1.3 De rioolwaterzuiveringsinstallatie	12
1.4 Verdieping: rioleringstechniek	12
Samenvatting van hoofdstuk 1	14
2 Gezond oppervlaktewater	15
2.1 Inleiding	15
2.2 Experiment met het simulatieprogramma MEER 2.0	16
2.3 Verdieping: beheersmaatregelen	19
Samenvatting van hoofdstuk 2	19
3 Op weg naar de rioolwaterzuiveringsinstallatie	20
3.1 Inleiding	20
3.2 Toiletpapier	21
3.3 Vezeldoekjes	27
Samenvatting van hoofdstuk 3	29
Deel B Zuivering van afvalwater	30
Inleiding deel B	31
4 Verwijderen van grove voorwerpen en fijne deeltjes uit afvalwater	33
4.1 Harken en zeven (stap 1)	33
4.2 Massascheiding: kleine deeltjes afscheiden (stap 2a)	36
4.3 Massascheiding: kleine deeltjes afscheiden, die lichter zijn dan water (stap 2b)	42
Samenvatting van hoofdstuk 4	44
5 Zwevende deeltjes afscheiden	45
5.1 Floteren	45
5.2 Verdieping: coagulatie en flocculatie	48
Samenvatting van hoofdstuk 5	50
6 Het verwijderen van biologisch afbreekbare opgeloste stoffen uit afvalwater (stap 3)	51
6.1 De lozingseisen	51
6.2 Bacteriën aan het werk	53
6.3 Verdieping Bacteriën: UASB reactor	60
Samenvatting van hoofdstuk 6	63
7 Fysisch-chemische zuivering (stap 4)	64
7.1 Chemische defosfatering	64

7.2 Fysisch-chemische zuivering van afvalwater	67
7.3 Verdieping: programma meer - kringlopen	67
7.4 Eindbewerking: polishing	68
7.5 Verdieping: fysisch-chemische zuivering	71
Samenvatting van hoofdstuk 7	72
8 Afsluiting	73
Bronnen	74
Bijlage 1 Verdieping: practicum verminderen van de turbiditeit in water	75
Bijlage 2 Achtergrondinformatie ecosystemen.....	80
Bijlage 3 Achtergrondinformatie fotosynthese.....	81
Bijlage 4 Het permanganaatgetal	82
Bijlage 5 Uitvoering proef volgens de wetenschappelijke methode	83
Bijlage 6 Oplosbaarheidstabel.....	85
Bijlage 7 Extra verdiepingsstof: het desah-project	86
Bijlage 8 URL-lijst	90

Inleiding

Het onderwerp van deze NLT module is de zuivering van afvalwater.

Afvalwater is water dat afvalstoffen bevat. Waar komen deze afvalstoffen vandaan? In de natuur bestaan namelijk geen afvalstoffen, in de natuur zijn alle stoffen die op deze aarde, dus ook in water voor kunnen komen **grondstoffen**.

Afvalstoffen in afvalwater zijn stoffen, die door mensen in het door hen gebruikte water worden gedaan.

De zuivering van afvalwater geschiedt in verschillende stappen. Om te begrijpen waarom deze verschillende zuiveringsstappen nodig zijn, gaan we eerst na hoe afvalwater ontstaat, zodat we weten welke afvalstoffen in het afvalwater aanwezig zijn. Daarover gaat **deel A: het ontstaan van afvalwater**.

In **deel B: de zuivering van afvalwater** gaan we bezig met de stappen die nodig zijn voor het verwijderen van de afvalstoffen uit het afvalwater. Die stappen staan in een logische volgorde: hoe gemakkelijker het afval is af te scheiden, hoe eerder dat gebeurt.

Schoon water wordt schaars. Deze veelgehoorde uitspraak is moeilijk te geloven, als we kijken naar de veelvuldige en hevige regenbuien, die gedurende grote delen van het jaar in Nederland vallen.



Figuur 1: Hoezo schoon water schaars?

Water gedraagt zich letterlijk als een vloeistof: het vloeit weg. En: daar waar het langs vloeit, daar neemt het iets van mee! Bijvoorbeeld als je een vies bord schoon spoelt onder de kraan. Het bord wordt schoon. Het vuile water gaat door de afvoer naar.... Ja, waarheen? Dáár gaat deze module over!

Je zult zien dat er biologie, natuurkunde, scheikunde en techniek aan te pas komt, om (af)waswater en toiletwater te zuiveren voordat het weer terugvloeit in het oppervlaktewater. Schoon oppervlaktewater is belangrijk voor het milieu en voor een gezonde leefomgeving. Vervuild oppervlaktewater veroorzaakt niet alleen een onaantrekkelijk aanzicht en stank, maar vormt ook een bedreiging voor de volksgezondheid. Genoeg reden dus om aandacht te schenken aan de zuivering van afvalwater.

Deze module bevat veel opdrachten en vragen waar je zelf actief mee aan de slag kunt. Bij ieder onderdeel voer je een experiment uit en zoek je zelf aanvullende informatie op via internet. Daarnaast vind je verschillende verdiepingsopdrachten die te maken hebben met verwante beroepen, zoals gezondheidstechnicus. Kies er een van die het beste aansluit bij jouw interesse en mogelijke vervolgopleiding.

Opgelet: houd tijdens alle experimenten een logboek bij in je labschrift, je hebt de aantekeningen nodig bij het schrijven van verslagen. Denk eraan, dat iemand anders alle stappen die jij hebt uitgevoerd, precies op die wijze moet kunnen herhalen, onder dezelfde omstandigheden. Het is dus belangrijk dat je alle stappen altijd en volledig vermeldt.

Houd verder voor jezelf een mindmap bij. Hierin geef je voor jezelf de verbanden weer tussen alle onderdelen van deze module en noteer je alle websites die je hebt geraadpleegd om antwoorden op vragen in deze module te vinden. Een handig en gratis programma om een digitale mindmap mee te maken is MindMeister.

Wat je kunt en kent na deze module

Wat kun je en wat weet je, als je deze module goed hebt doorgewerkt?

- Je kunt een natuurwetenschappelijk verantwoord onderzoek(je) opstellen en uitvoeren.
- Je kunt de juiste conclusies trekken uit meetgegevens.
- Je kent de betekenis van de woorden, die in het vakgebied van de waterzuivering worden gebruikt.
- Je kunt deze woorden gebruiken om de processen, die plaatsvinden tijdens het zuiveren van water, te beschrijven.
- Je kent de biologische, natuurkundige en scheikundige principes (de concepten) die gelden tijdens het zuiveringsproces.
- Je kunt deze principes gebruiken om je eigen afvalwater te zuiveren.

Woordenlijst

Woordenlijst basisstof

Inleiding	Gezond oppervlaktewater	Wat komt er in het riool	Vormscheiding	Massascheiding	Biologische reiniging	Chemische reiniging	Extra verdieping
riool	oppervlaktewater	keutels	voorscheiding	scheiding door verschil in massa	aerobe bacteriën	polishing	desah
Cloaca Maxima	ecosysteem	pies	harkrooster	bezinken	anaerobe bacteriën	absorptie	
zinkput	abiotische factoren	toiletpapier	zeven	influent	biologisch zuurstofverbruik (BZV)	adsorptie	
beerput	biotische factoren	krantenpapier	filtreren	effluent	lozingseisen	actieve kool	
sanitatie	fotosynthese	fecaliën		sedimentatie	stikstofkringloop	defosfateren	
RWZI	producenten	versnijdende pomp		opromen	aerobe zuivering		
afvalwater	consumenten	voorreiniging		floteren	anaerobe zuivering		
harkrooster, fijnrooster, zeef	reducenten	tissues		voorbezinktank	reducenten		
voorbezinktank	zelfreinigend vermogen	vezeldoekjes		vet	consumenten		
primaire slib	kringloop	maandverband		oplossing	nitriet		
actief slib	energiestroom	tampons		emulsie	nitraat		

beluchtingstank	nutriënten				ammonium		
nabezinktank	fosfaat				methaangas		
slibgistingstank	nitraat				biobrandstof		
	eutrofiëring						
	sediment						
	waterplanten (macrofyten)						
	algen (groen- en blauwalgen)						
	diatomeeën						
	zoöplankton						
	brasem						
	snoek						
	optimum						
	verbranding						

Woordenlijst verdieping

Inleiding	Gezond oppervlaktewater	Wat komt er in het riool	Vormscheiding	Massascheiding	Biologische reiniging	Chemische reiniging	Extra verdieping
Rioleringstechniek (gezondheids techniek)				aerometer	UASB		
zwart water, grijs water				homogeen	Anammox		
Bergingsbezink-tanks				coaguleren			
				flocculeren			
				verwijderingsrendement			
				bezinkingsnelheid			
				coagulatie			
				flocculatie			
				drukflotatie			
				DAF			

Inleidende opdracht

Zet de woorden in de basis- en verdiepingswoordenlijst in een woordspin, die ook wel ‘mind-map’ wordt genoemd. Gebruik eventueel de ► werkinstructie mind-mappen in de NLT Toolbox.

Gropeer woorden waarvan je de betekenis kent bij elkaar. Geef in je mind-map aan wat volgens jou de relatie van die woorden is met afvalwaterzuivering.

Groep de woorden waarvan je de betekenis nog niet kent op een manier die het jou gemakkelijk maakt om de betekenis van deze woorden te leren.

Werk in de loop van deze module je mind-map regelmatig bij. Een handig, gratis programma om een mindmap in te maken is MindMeister, ► [URL1](#).

In deze module krijg je ook regelmatig een vraag waarvan je het antwoord zelf op internet opzoekt. Verwerk deze antwoorden in deze mind-map, noteer daarbij ook het adres van de website waarop je het antwoord op de vraag hebt gevonden.

Als je je mind-map via MindMeister maakt, is het ook mogelijk om al je verslagen in de mind-map te hangen. Zo houd je alles overzichtelijk bij elkaar.

Deel A

Het ontstaan van afvalwater

1 Het riool

1.1 Inleiding

In Nederland vinden we schoon water heel vanzelfsprekend. Pas als we op een exotische vakantiebestemming zijn, realiseren we ons hoe bijzonder het eigenlijk is.



Figuur 2: schoon water is schaars!

Na bestudering van dit hoofdstuk weet je:

- wat het oudste riool ter wereld is
- hoe men in de middeleeuwen omging met afvalwater
- wat het belang is van schoon water voor de volksgezondheid
- waar ons afvalwater vandaan komt
- hoe een zinkput of beerput werkt
- hoe een RWZI werkt.

1. Introductieopdracht

- a. Voor welke dingen gebruik jij water?
- b. Sinds wanneer komt er schoon water bij ons uit de kraan? Raadpleeg internet, noteer de informatie en het webadres waar je de informatie hebt gevonden. Verwerk dit in je mind-map.
- c. Voor welk gebruik kan het water wat minder schoon zijn? Noem minstens twee toepassingen in huis en twee toepassingen buitenshuis. Raadpleeg internet, verwerk informatie in je mind-map, noteer het webadres.
- d. Zet de volgende landen in de juiste kolom in het overzicht in figuur 3. België, Turkije, Japan, Zuid-Afrika, India, Suriname, Indonesië, Argentinië, Australië, Zimbabwe

Merendeel huishoudens in het land aangesloten op riolering.	Huishoudens in steden aangesloten op riolering, huishoudens op platteland verzorgen sanitatie zelf.	Merendeel huishoudens in het land verzorgt sanitatie zelf (sanitatie betekent: scheiding van afval- en drinkwater).

Figuur 3: overzicht sanitatie in verschillende landen.

Raadpleeg internet, werk je mind-map bij.

1.2 Geschiedenis van de riolering

Wat je kunt en kent als je deze paragraaf goed hebt doorgewerkt:

- je kent de geschiedenis en de technische ontwikkeling van de riolering
- je kent de betekenis van de volgende woorden: sanitatie, riool, Cloaca Maxima, zinkput, beerput
- je past bovenstaande woorden toe om de processen, die plaatsvinden tijdens het zuiveren van water, uit te leggen en te beschrijven.



Figuur 4: Romeinse riolering - Cloaca Maxima. Bron: <http://www.teggelaar.com/rome/image/s/imagesub/imrome/R195.jpg>

De geschiedenis van het rioolstelsel gaat terug tot de tijd vóór de Grieken en de Romeinen. Bij opgravingen van steden en dorpen uit de Griekse en Romeinse tijd vindt men vaak nog overblijfselen die erop wijzen dat men toen al ingenieuze rioolstelsels en waterleidingen had. Huizen hadden nog geen aansluiting op het riool, meestal werd het afvalwater samen met het regenwater via goten afgevoerd naar het riool. Knossos, het paleis van koning Minos op Kreta, had al riolering. Dit paleis werd zo'n 1600 jaar voor het begin van onze jaartelling gebouwd.

Na de ineenstorting van het Romeinse Rijk en in de Middeleeuwen was er weinig goede riolering. Het afval, waaronder fecaliën (duur woord voor poep), werd op straat gegooid. Men deed zijn behoefte letterlijk overal: in de vrije natuur, op straat, op de mesthoop, vanaf de stadsmuur of in een emmer die vervolgens op straat werd geleegd. Als drinkwater gebruikte men regenwater en water uit ondiepe putten. Vaak kon het water pas worden gedronken zonder dat je er ziek van werd, als het was bewerkt tot bier, of als het was gekookt, zoals bij soep en kruidenthee.



Figuur 5: in de Middeleeuwen poepte je overal. Bron: http://www.dbnl.org/tekst/_kou002kou_d01_01/_kou002koud01ill12.gif



Figuur 6: poepdoos op beerput. Bron: <http://www.jenneken.nl/bekijk/pics/toilette.jpg>

2. Vraag

- Noem drie mogelijke gevolgen van open riolen voor de mensen in de middeleeuwen.
- Bier was vaak gezonder dan water. Hoe komt dit?

In de 18e eeuw begon men zogenaamde beerputten te bouwen, om de fecaliën op te vangen. De micro-organismen hieruit sijpelden vaak met het vocht vanuit de beerputten de grond in en kwamen in het grond- of oppervlaktewater terecht. Dit water werd vaak gebruikt als drinkwater. Dat veroorzaakte nogal eens ziektes. Soms werd de mest uit de putten gebruikt als meststof voor de akkerbouw.

Tijdens de Industriële Revolutie (vanaf 1750) nam het waterverbruik en daarmee de hoeveelheid afvalwater (met daarin veel organische stoffen) toe. De beschikbare beerputten raakten steeds sneller vol, veroorzaakten veel stank en er bleven epidemieën heersen.

Het duurde tot ver in de 19e en 20e eeuw voordat er in Europa en in de Verenigde Staten op grote schaal rioleringswerken werden uitgevoerd. In Londen was de cholera-epidemie van 1830 aanleiding om een rioolstelsel aan te leggen. Het afvalwater werd vanuit de steden afgevoerd naar het oppervlaktewater, waardoor de rivieren en waterlopen heel vies waren. Vanaf 1860 ging men bewust zoeken naar technische maatregelen om de riviervervuiling als gevolg van rioollossingen aan te pakken.

3. Opdracht

- Hoe werkt een zinkput of beerput? Raadpleeg internet, werk je mind-map bij.
- Verklaar de toename van het waterverbruik vanaf de Industriële Revolutie.

Dit was het begin van de afvalwaterbehandelingstechniek. Eerst bracht men het afvalwater op het land als bemesting. Maar er was te weinig grond beschikbaar. Daarna ging men allerlei proeven doen met de zuivering van rioolwater.

4. Practicum: eigen waterverbruik

Wat je kunt en kent als je dit practicum goed hebt afgewerkt:

- je kunt een natuurwetenschappelijk verantwoord onderzoek opstellen en uitvoeren
- je trekt juiste conclusies uit de meetgegevens.

Onderzoeksvraag

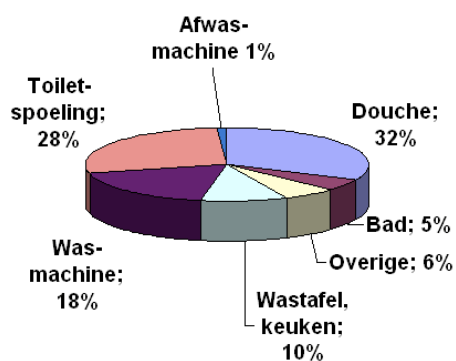
Wat is jouw waterverbruik per dag?

Hypothese

Het gemiddelde waterverbruik per Nederlander is 120 liter per dag, dus je veronderstelt dat je eigen gebruik daar in de buurt zit.

Experiment

Neem een week lang elke dag op het zelfde tijdstip (noteer welk tijdstip dat is) de stand van de watermeter op. Noteer van elke dag hoe vaak de wasmachine gedraaid heeft en hoe vaak er iemand gedoucht heeft of een bad genomen.



Figuur 7: je kunt het afvalwater onderverdelen in soorten afvalwaters. Een taartpunt is heel geschikt om een duidelijk overzicht te geven van deze verschillende stromen. Dit diagram geeft de huidige samenstelling van ons afvalwater weer.

Resultaten

Noteer het waterverbruik van elke dag in een tabel en verwerk dit tot een grafiek. Bereken het gemiddelde waterverbruik per dag en het gemiddelde verbruik per persoon per week.

Conclusie

Klopt je hypothese? Hoe verklaar je de verschillen in watergebruik per dag?

Discussie

Is alles goed gegaan? Kun je iets zeggen over wie en wat de grootste waterverbruiker in jouw gezin is? Wat

veroorzaakt het watergebruik op school, op het werk, op de sportschool? Hoeveel verwacht je dat er op één gemiddelde dag op school aan water wordt gebruikt? Hoe kun je je verwachting op waarheid nazoeken? Kun je waterbesparende maatregelen bedenken? Heb je suggesties voor nader onderzoek?

1.3 De rioolwaterzuiveringsinstallatie

Wat je kunt en kent als je deze paragraaf goed hebt doorgewerkt:

- je kent de betekenis van de volgende woorden: RWZI, afvalwater, harkrooster, fijnrooster, zeef, voorbezinktank, primair slib, actief slib, beluchtingstank, nabezinktank, slibgistingstank
- je past bovenstaande woorden toe om de processen, die plaatsvinden tijdens het zuiveren van water, uit te leggen en te beschrijven.

Op vele plaatsen in ons land zijn *Riool Water Zuiverings Installaties* (RWZI) gevestigd. Bezoek zo'n RWZI en laat je informeren, zodat je vraag 5 kunt beantwoorden.

Je kunt ook naar ► URL2 gaan voor meer informatie.



Figuur 8: overzichtsfoto van een RWZI, zie ► URL2 voor een virtuele rondgang over deze zuiveringsinstallatie. Bron: <http://www.reestenwieden.nl>

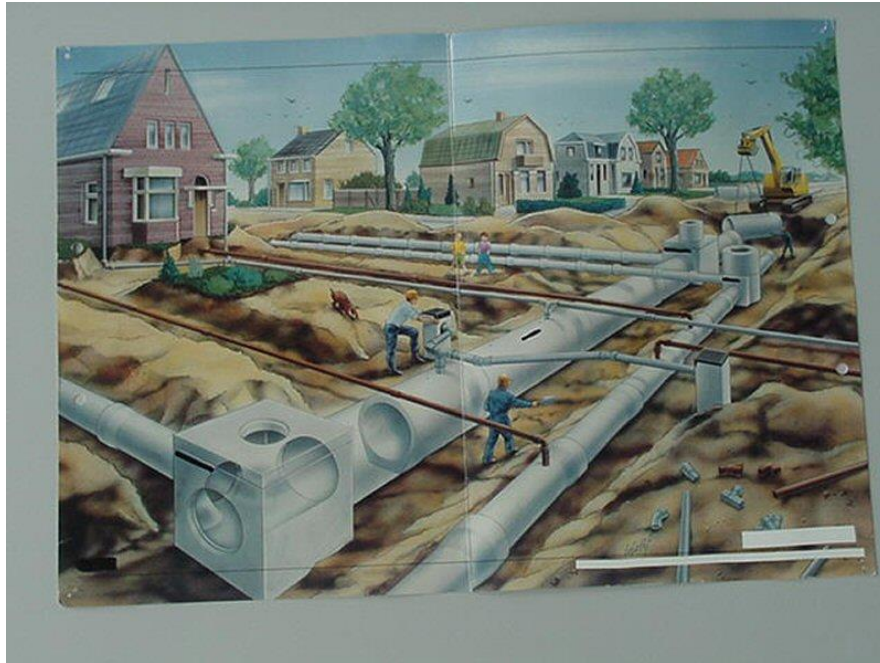
5. Vraag

- Hoe worden niet-opgeloste stoffen verwijderd uit het afvalwater?
- Wat gebeurt er in de voorbezinktanks?
- Wat is primair slib?
- Hoe wordt vet verwijderd?
- Wat is actief slib en wat doet het?
- Wat gebeurt er in de beluchtingstanks?
- Wat gebeurt er in de nabezinktanks?
- Hoe kan het water evt. nagezuiverd worden?
- Wat gebeurt er vervolgens met het water?
- Wat gebeurt er met het slib?
- Wat gebeurt er in de slibgistingstanks?

1.4 Verdieping: rioleringstechniek

Voordat het afvalwater bij de RWZI komt, wordt het vervoerd in het riool. In Nederland zorgen de gemeenten voor de aanleg en het onderhoud van het rioleringsstelsel.

Vaak gaat het afvalwater eerst via een vrij-verval-riolering naar eenemaal. Daarvandaan wordt het via een pomp naar het rioolstelsel getransporteerd. Een aantal gemalen zorgt voor het vervoer. Onderweg heb je met verschillende leidingdiameters te maken, verschillende capaciteiten van pompen en een toenemende hoeveelheid water die onderweg in de riolering spoelt. De hoeveelheid aangevoerd water is mede afhankelijk van de hoeveelheid neerslag.



Figuur 9: rioolwerkzaamheden in Appingedam. Bron: Hans Toutenhoofd, Kijlstra Bestrating, Veendam

1.4.1 Kosten van het riool

De aanleg van riolering kost gemiddeld € 450,- per meter, dat is € 0,45 per millimeter. In Nederland ligt ongeveer 80.000 kilometer riolering, met een totale waarde van 36 miljard euro. In Nederland zijn meer dan 6 miljoen woningen, de kosten van de riolering zijn per woning gemiddeld € 6000,-. De riolering kan zeker 50 jaar mee (als hele wijken tenminste niet eerder worden herontworpen en gebouwd). Per jaar komen de kosten van het aanleggen van riolering dan neer op € 120.000,-. Dit is nog exclusief de kosten van het beheer en onderhoud. Het riool kan beschadigd raken en gaan lekken als gevolg van scheuren, kapotte voegen of boomwortels. Ook kan het riool verzakken. Dit soort problemen moeten zo snel mogelijk verholpen worden, omdat het afvalwater de bodem kan verontreinigen.

Voor de antwoorden op opdracht 6 zul je contact moeten opnemen met iemand van het gemeentehuis. De werking van pompen e.d. kun je ook via sites over rioleringstechniek uitzoeken. Voor de liefhebbers is het interessant om een keer mee te gaan met een riolinspectie.

Rioleringstechniek (ook wel gezondheidstechniek genoemd) is een onderdeel van de studie Civiele Techniek/Weg- en Waterbouw. Voor leerlingen met interesse in techniek kan het interessant zijn om uit te zoeken wat deze studie inhoudt en welke mogelijkheden je hiermee hebt.

6. Opdracht

- Onderzoek hoeveel vrij verval er in jouw woonplaats in de riolering is.
- Onderzoek hoe een riolpomp werkt (via Internet, mind-map)

- c. Hoeveel rioolpompen passeert het afvalwater vanaf jouw huis tot aan de RWZI?
- d. Welke verschillende diameters hebben de rioolbuizen in dit traject?
- e. Informeer bij jouw plaatselijke gemeente hoe de onderhoudstoestand van het rioolstelsel is.
- f. Zijn er plannen om binnenkort groot onderhoud te verrichten? Zo ja, welke?
- g. Welke maatregelen zijn er genomen om overbelasting van het riool bij hevige regenval te voorkomen? (bijv. bergbezinkbassins).
- h. Zoek uit hoe deze maatregelen werken.
- i. Welke maatregelen zijn er genomen om zwaar vervuild afvalwater (zogeneten “zwart” water) te scheiden van minder vervuild afvalwater (zogeneten “grijs” water)?

Het zuiveren van het afvalwater kost meer tijd, energie en geld wanneer het water vervuild is met stoffen die daar niet in thuishoren. De afvoer van de gootsteen, het toilet en de douche is alleen bedoeld voor het afvoeren van afvalwater. Gebruik deze dus niet voor stoffen en afval die in de afvalbak horen en het riool kunnen verstopen, zoals etensresten, vet, olie, koffiedik, theebladeren, condooms en tampons.

Samenvatting van hoofdstuk 1

Hoofdstuk 1 liet ons kennismaken met de riolering als aanvoer van afvalwater dat gezuiverd moet worden. Dit afvalwater bestaat uit water dat gebruikt is voor toilet- en gootsteenspoelingen en voor baden en douchen (deze laatste stroom is ca. 30% van het totaal!).

Het bevat fecaliën, zeepresten en huidvet. Dit zijn afbreekbare organische stoffen. Verder zouten als fosfaten en keukenzout, die in principe af te scheiden zijn.

De stoffen worden uit het water gehaald door de behandeling in een rioolwaterzuivering, waar eerst de grove, en vervolgens steeds fijnere deeltjes en tenslotte de opgeloste stoffen uit het afvalwater worden afgescheiden. Dat gebeurt door middel van de voorzuivering, die bestaat uit zeven en bezinken (groeve en fijne deeltjes) en vervolgens door middel van de biologische zuivering met actief slib, dat bestaat uit vlokken met daarin bacteriën. Nadat deze hun werk hebben gedaan, worden de bacterievlokken uit het gereinigde afvalwater afgescheiden door bezinken en teruggevoerd naar de tanks voor de biologische zuivering.

Bronnen 1-3

2 Gezond oppervlaktewater

Hoofdstuk 1 was een verkenning van het fenomeen afvalwater en hoe men daar in de loop van de geschiedenis mee om ging. In dit hoofdstuk verkennen we wat gezond oppervlaktewater is en wat het belang daarvan is voor de gezondheid van mensen.

Na bestudering van dit hoofdstuk weet je:

- wat het belang is van gezond oppervlaktewater
- hoe op hoofdlijnen het ecosysteem in gezond oppervlaktewater in Nederland werkt
- hoe de kringloop van stoffen in gezond oppervlaktewater verloopt
- hoe (zonne-)energie door het ecosysteem van gezond oppervlaktewater stroomt.

2.1 Inleiding

Wat je kunt en kent als je deze paragraaf goed hebt doorgewerkt:

- je kent het ecosysteem van gezond oppervlaktewater
- je kent de betekenis van de volgende woorden: oppervlaktewater, ecosysteem, abiotische factoren, biotische factoren, fotosynthese, verbranding, producenten, consumenten, reducenten, zelfreinigend vermogen, kringloop, energiestroom
- je past bovenstaande woorden toe om de processen die plaatsvinden tijdens het zuiveren van water, uit te leggen en te beschrijven.



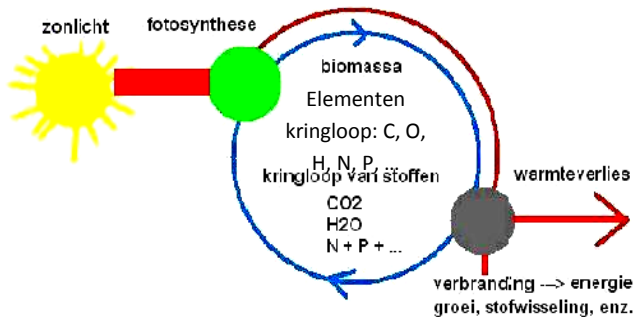
Figuur 10: voedselkringloop als ecosysteem.
Bron: getekend door Roxy Bergsma, leerling van CSG Boerman te Sneek (2009)

Wij zijn als mensen voor onze gezondheid afhankelijk van een gezond milieu. Oppervlaktewater is een onderdeel van dat milieu. In Nederland hebben we vrij veel oppervlaktewater. Gezond oppervlaktewater biedt mogelijkheden om te vissen, te varen en te zwemmen. Vuil oppervlaktewater is geen gezicht, stinkt, maakt oppervlaktewater zuurstofloos en kan een bedreiging vormen voor de gezondheid van mensen.

Gezond oppervlaktewater is een uitgebreid **ecosysteem**, waarin allerlei organismen samen leven en van elkaar afhankelijk zijn. Als alle organismen in evenwicht zijn, dan houden ze met elkaar het oppervlaktewater schoon en helder. We noemen dit het **zelfreinigend vermogen** van het ecosysteem. Dit zelfreinigend vermogen heeft echter grenzen. Bij zware belasting met sterk verontreinigd afvalwater wordt dit zelfreinigend vermogen verstoord. Vandaar dat het belangrijk is om afvalwater zodanig op te schonen dat het terug kan vloeien naar het oppervlaktewater zonder het zelfreinigend vermogen te verstoren. Dat gebeurt bij de waterzuivering: daar gaan we zo ver, dat het gezuiverde water op het oppervlaktewater

geloosd kan worden, zodat het oppervlaktewater gezond blijft.

In deze paragraaf bestuderen we, met behulp van het simulatieprogramma 'Meer', de mogelijke effecten op het ecosysteem van oppervlaktewater, als we dat verontreinigen met stoffen die ook in afvalwater voorkomen.



Figuur 11: energiestroom van zon via aarde naar heelal.

7. Introductievraag

- Bekijk de illustratie (figuur 11). Geef in eigen woorden weer hoe de energiestroom in een meer gaat.
- Geef ook in eigen woorden weer hoe de kringloop van de stoffen in een meer gaat.
- Hoe komt het dat er bij de energie geen sprake is van een echte kringloop en bij de stoffen wel?

2.2 Experiment met het simulatieprogramma MEER 2.0

Wat je kunt en kent als je deze paragraaf goed hebt doorgewerkt:

- je kunt een simulatieprogramma gebruiken
- je kunt een natuurwetenschappelijk verantwoord onderzoek(je) opstellen en uitvoeren
- je kunt de juiste conclusies trekken uit de resultaten van de simulaties
- je kent de betekenis van de volgende woorden; nutriënten, fosfaat, nitraat, eutrofiëring, sediment, waterplanten (macrofyten), algen (groen- en blauwalgen), diatomeeën, zoöplankton, brasem, snoek, optimum, abiotische factoren, biotische factoren
- je kunt deze woorden gebruiken om de processen die plaatsvinden tijdens het zuiveren van water, te beschrijven
- je kent de biotische en abiotische factoren die van invloed zijn op de kringloopprocessen in Meer
- je kunt een factor selecteren en een voorspelling doen over het effect van een verandering van deze factor in de simulatie Meer.

Met behulp van het computerprogramma MEER 2.0 kun je onderzoeken wat er gebeurt als het water voedselrijker wordt, dus meer fosfaat en nitraat krijgt. Dit zijn stoffen die in een meer terechtkomen via afvalwater van verschillende bronnen. Dit heet **eutrofiëring**.

Het is een vereenvoudigd model, dat wil zeggen dat niet alle factoren meegenomen worden.

De factoren die wel meegenomen worden zijn de volgende:

- NP-sediment - stikstof en fosfaat op de bodem van het meer.
- Waterplanten (macrofyten) - deze hebben zonlicht nodig voor de

fotosynthese.

- Detritus - afval/uitscheiding van planten/dieren.
- Algen - groen- en blauwalgen en diatomeeën - deze kunnen met beperkt zonlicht toe en vinden stikstof en fosfaat lekker.
- Zoöplankton - kleine diertjes die algen eten.
- Brasem - vissen die zoöplankton eten, hierbij woelen ze de bodem om, waardoor het zicht minder wordt.
- Snoek - vissen die o.a. brasems eten, ze verschuilen zich tussen de waterplanten, ze hebben goed zicht nodig om te kunnen jagen.

Onderzoeksvraag

Wat gebeurt er met het water van een meer als dit voedselrijker wordt, dus meer fosfaat en nitraat krijgt?

Hypothese

.....

2.2.1 Aan het werk met Meer 2.0

Werkwijze

Via ► URL3 kan het demoprogramma gedownload worden. Als de school werkt met Compex examens, staat het programma op het netwerk bij biologie (VWO 2006, Havo 2003). De iconen via Compex zijn net iets anders dan die wanneer je het programma via pgsim downloadt. De Compex iconen staan telkens tussen haakjes.



Figuur 12: helppagina in het programma Meer.

Stap 1

Open het programma Meer. Ga eerst naar Help en laat je informeren over het programma.

Stap 2

Ga dan naar **Wijzig**. Je kunt kiezen uit: Doelen, Meerkarakter, Beheer, Nutriënten en Simulatie. Bij Simulatie kun je kiezen uit Seizoenmodel en Jaarmodel. Het programma begint altijd met Seizoenmodel.

Stap 3

Kies **Nutriënten**. Met een mooi plaatje wordt hier weergegeven wat de aanvoer van P (fosfaat) en N (nitraat) is uit de verschillende bronnen. Je kunt deze bronnen aan- en uitschakelen door op het bijbehorende v-tekentje te klikken.

8. Opdracht

- a. Noteer de waarden van elke bron afzonderlijk plus het totaal in figuur 13. Wat is de grootste leverancier van nutriënten?

Leverancier	kg Fosfaat/jaar (P/J)	kg Stikstof/jaar (N/J)
Bos	450	8750
Veeteelt		
Landbouw		
Industrie		
Neerslag		
Totaal		

Figuur 13: tabel met hoeveelheden nutriënten.

- b. Ga nu naar **Toestand** (Optie Simulatie Start), **Open Grafiek** (Tonen, Grafiek). Wat wordt op de x-as weergegeven? Welke verschillende dingen (variabelen) kunnen op de y-as weergegeven worden? Zoek op wat deze termen betekenen. In elk geval zijn het niet 7 verschillende vissoorten.
- c. Wat zijn de coördinaten van de optima (toppen van de grafieken) van de verschillende variabelen? Geef hierbij niet alleen getallen weer, maar ook wat die getallen voorstellen. B.v. op de x-as nr. 8 is de maand augustus.
- d. Activeer 5 achtereenvolgende jaren. (Met de optie Simulatie start en dan klikken op Tonen grafiek krijg je een nieuw jaar.) Welke verschillen zie je als je zomer en winter vergelijkt binnen een jaar en in verschillende jaren? Let vooral op het verschil tussen het 1^e en 2^e jaar bij de macrofyten.
- e. Welke waarden worden er weergegeven?
- f. Activeer 5 achtereenvolgende jaren. Welke veranderingen vinden er plaats?

Stap 4

Ga nu naar **Wijzig, simulatie** en kies **Jaarmodel, Toestand, Open Grafiek**. (Optie Wijzig simulatiemodel... en kies jaarmodel, Simulatie: Start en Tonen: Grafiek.)

9. Opdracht

- a. Wat wordt er in de grafiek weergegeven?
- b. Ga heen en terug in de tijd en kijk wat er gebeurt met de verschillende organismen in de grafiek.
Geef een verklaring voor wat er gebeurt.

Conclusie

Klopt je hypothese?

Wat is het antwoord op je onderzoeksvraag?

Discussie

Zijn er dingen anders gegaan dan je gedacht had? Kun je daar een verklaring voor geven?

2.3 Verdieping: beheersmaatregelen

Bedenk oplossingen om de snoeken terug te krijgen in het meer.

Stap 5

Ga naar **Beheer**.

10. Opdracht

- Welke beheersmogelijkheden zijn er?
- Kies een beheersmogelijkheid uit, voer deze uit en kijk in de grafiek wat voor effect deze heeft. Geef van elke beheersmogelijkheid exact weer hoe je die uitvoert en wat de effecten zijn op de korte en lange termijn.
- Onderzoek welke maatregelen er in werkelijkheid bij jou in de buurt genomen zijn om eutrofiëring tegen te gaan. Hiervoor zul je contact moeten opnemen met iemand van gemeentewerken.
- Wat is het effect van de genomen maatregelen?

Een voorbeeld van een meer waar uitgebreide maatregelen zijn genomen, is het Nannewijd bij Oudehaske, dicht bij Heerenveen. Eventueel kun je uitzoeken wat daar gedaan is en wat de resultaten zijn.

Samenvatting van hoofdstuk 2

In hoofdstuk 2 is aan de orde gekomen wat gezond oppervlaktewater inhoudt. Het is oppervlaktewater waarin een gezond ecosysteem aanwezig is. Een ecosysteem is een “samenwerkingsverband” tussen levende organismen, die de meeste kleinschalige verstoringen het hoofd kunnen bieden. Zo’n verstoring is bijvoorbeeld het toevoegen van een kleine hoeveelheid afbreekbaar afval aan het oppervlaktewater.

Met behulp van het programma Meer 2.0 kan voor vele verstoringen met een computer worden nagegaan wat het effect van de verstoring is. Met behulp van het programma is het effect van beheersmaatregelen op het ecosysteem in het oppervlaktewater na te gaan.

Bronnen 4-6

3 Op weg naar de rioolwaterzuiveringsinstallatie

Na bestudering van dit hoofdstuk weet je:

- wat de samenstelling van gemiddeld afvalwater is
- wat het belang is van voorreiniging
- welke effecten verschillende soorten toiletpapier op het zuiveringsproces hebben
- wat wordt verstaan onder de 'doekjesproblematiek'.

3.1 Inleiding



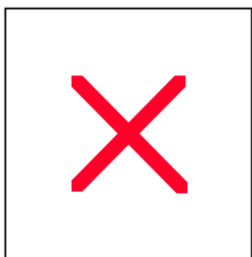
Figuur 14: water aan- en

Vroeger werd afvalwater rechtstreeks buiten gestort. Er vond geen reiniging plaats. Dit vuile water sijpelde vanzelf naar het oppervlakte water. In omgevingen waar niet zo heel veel mensen leven heeft het oppervlaktewater voldoende zelfreinigend vermogen om kleine hoeveelheden vervuilingen op te vangen. In dichtbevolkte landen als Nederland gaat dit echter niet meer. Het afvalwater wordt via het rioolstelsel naar een afvalwaterzuivering gebracht, geschoond en dan pas geloosd op het oppervlaktewater. Er komt meer dan alleen poep en plas in het riool. In dit hoofdstuk bestuderen we wat er allemaal in het riool komt en welk effect dat kan hebben op het latere zuiveringsproces.

Voordat we gaan nadenken over wat we uit het rioolwater willen halen, is het logisch om na te denken over wat er zoal in het riool komt.

11. Vraag

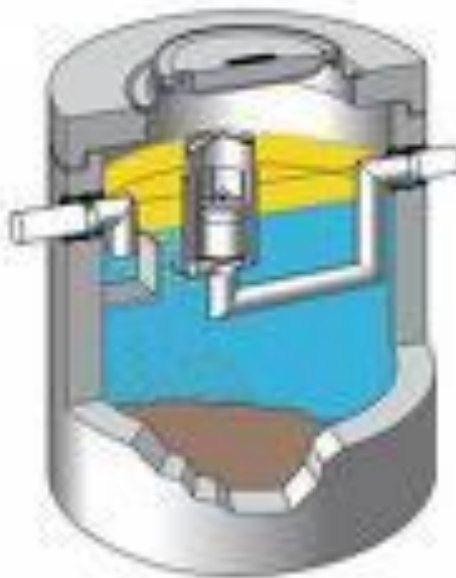
- a. Welke bronnen in en om huis lozen op het riool?
- b. Bedenk voor elk van deze bronnen wat er behalve water nog meer geloosd wordt.
- c. De meeste mensen zorgen er wel voor dat hun eigen afvoer niet verstopt raakt. Waarom zouden ze dat doen?



Figuur 15: teken: "Doorgang verboden".

- a. In openbare gelegenheden zoals campings, cafés en tankstations is de zorg voor de afvoer van afvalwater minder duidelijk geregeld. (Bij je rondleiding in de RWZI heb je daar de gevolgen van gezien. Zie ook paragraaf 4.1 Harken en zeven). Wat zegt dit over het gedrag van mensen? Is het aanbrengen van stickers met het teken zoals in figuur 15 met vermelding van de ongewenste stoffen een oplossing?
- b. Via rioolputten in het wegdek wordt overtollig regenwater afgevoerd. Wat kan er met dit regenwater nog meer in het riool terecht komen?
- c. Naast huishoudelijk afvalwater is er ook bedrijfsafvalwater. Voor bedrijven gelden vaak speciale regels, zodat hun afvalwater eerst voorgereinigd wordt. Daarna stroomt het pas in het gewone riool naar

de RWZI. Bedenk waarvoor dit nuttig is en welke stoffen er bijvoorbeeld op die manier niet in het riool terecht komen.



Figuur 16: werkingsprincipe van een olie-afscheider. Een olie-afscheider is een vat waarin oliedruppels in water in rust naar het wateroppervlak kunnen bewegen. Het mondstuk in het midden van het vat voert de verzamelde olie af. Bron: <http://www.afwateringstechniek.nl>

3.2 Toiletpapier

Wat je kunt en kent als je deze paragraaf goed hebt doorgewerkt:

- je kunt een natuurwetenschappelijk verantwoord onderzoek(je) opstellen en uitvoeren
- je kunt de juiste conclusies trekken uit meetgegevens
- je kent de betekenis van de volgende woorden: absorptie, trekvastheid, vezeldoekjes, fecaliën
- je past bovenstaande woorden toe om de processen die plaatsvinden tijdens het zuiveren van water, uit te leggen en te beschrijven
- je gebruikt de uitkomst van het onderzoek naar toiletpapier om te beoordelen of het toiletpapier dat je gebruikt, problemen veroorzaakt bij het vervoer van afvalwater naar de RWZI en of het gebruikte papier schadelijk is voor het zuiveringsproces van afvalwater.

Wanneer de grote boodschap is verricht begint de rioolwaterzuivering al. De fecaliën (duur woord voor poep), vallen meestal na enige tijd in het water uit elkaar. In Nederland is het gebruikelijk om het gebruikte toiletpapier samen met de poep weg te spoelen. Dat is niet in alle landen de gewoonte. Op het eiland Kreta ligt het oudste rioolstelsel ter wereld. Het is op afschot aangelegd, dat wil zeggen de watergang is juist schuin genoeg aangelegd dat het water weg loopt. Dit rioolstelsel is goed in staat om fecaliën en urine met water af te voeren, maar raakt gemakkelijk verstopt door toiletpapier. De schuinte is dus onvoldoende voor de afvoer

van toiletpapier. Vandaar dat veel bewoners op Kreta het toiletpapier na gebruik in een afvallemmer deponeren en niet in de toiletpot. Het rioolstelsel in Nederland is erop ingericht dat iedereen toiletpapier met de boodschap weg kan spoelen. Toch kost het de rioolwaterzuiveringen heel veel moeite om dit papier weer uit het water te verwijderen voordat het echte zuiveringsproces begint. Het soort toiletpapier maakt daarbij veel uit. De consument (gebruiker) let bij het kiezen van een soort toiletpapier op prijs en gebruiksgevoel bij de gevoelige lichaamsdelen. Een medewerker van een RWZI kijkt vooral naar hoe goed het toiletpapier afgebroken kan worden. Met practicum 12: toiletpapier kijken we naar de verschillende soorten toiletpapier die in het riool komen en de gevolgen hiervan voor het vervoer van afvalwater en voor het zuiveringsproces in de RWZI.

12. Practicum: toiletpapier

Lees eerst de tekst van het experiment geheel door.

Je onderzoekt op natuurwetenschappelijke wijze welk toiletpapier het beste is. De onderzoeksvraag en de hypothese zijn in dit geval al vermeld en ook de tabellen voor de meetgegevens zijn al samengesteld. De metingen verricht je zelf. Zet de meetwaarden in de tabellen en trek je conclusies uit de verkregen meetwaarden.

De criteria waaraan goed toiletpapier moet voldoen staan in het volgende lijstje:

1. prijs per velletje
2. zacht aanvoelen
3. trekvastheid droog
4. waterabsorptie
5. trekvastheid nat
6. klontvorming na mixen
7. (eventueel zelf invullen)

Onderzoeksvraag

Welk toiletpapier is het beste?

Hypothese

Het beste toiletpapier voldoet aan zoveel mogelijk van de eisen.

Benodigdheden

verschillende soorten toiletpapier (100% kringloop toiletpapier, zacht toiletpapier, ultrazacht toiletpapier en vochtig toiletpapier)

maatcilinder, 250 mL

druppelpipet

keukenmachine

gewichtjes aan knijpertjes.

Werkwijze

Voer onderstaande deelexperimenten uit voor elke soort toiletpapier en vul de resultaten in de tabellen in. De gemeten waarden in de tabel van figuur 17. De punten die je aan elke variabele toekent vul je in de tabellen van figuren 18 en 19 in.

1. Prijs per velletje

Reken uit hoeveel het toiletpapier per velletje kost. Vul de prijs per velletje in figuur 17 in. Voor figuur 18 (consument) krijgt het goedkoopste toiletpapier 4 punten, het duurste krijgt 1 punt. Wat vul je in figuur 19 (medewerker RWZI) in?

2. Gevoel

Neem van iedere soort toiletpapier een velletje. Leg ze voor je op tafel in volgorde van zacht aanvoelen. Vul “zacht”, “minder zacht” enz. in figuur 17 in. Het papier dat het ruwste aanvoelt geef je 1 punt in de tabel van de consument. Het papier dat het zachtste aanvoelt geef je 4 punten. Wat vul je in bij de medewerker RWZI?

3. Trekvastheid droog papier

Neem van iedere soort toiletpapier een velletje. Houd het velletje omhoog en klem de gewichtjes onderaan. Noteer in figuur 17 bij welk gewicht het papier scheurt. Leg vervolgens de papiertjes weer op volgorde. Het papier dat het snelste scheurt geef je 1 punt in de tabel van de consument. Het papier dat het meeste gewicht kan houden krijgt 4 punten. Wat vul je in als wenselijke eigenschap van toiletpapier bij de medewerker RWZI?

4. Aantal mL water absorptie

Neem van iedere soort toiletpapier 4 velletjes en stapel ze per soort op elkaar. Vul de maatcilinder met 250 mL water. Neem de druppelpipet, zuig wat water uit de maatcilinder en spuit dat midden op een stapeltje toiletpapier. Wacht eventjes. Als het bovenste toiletpapiertje helemaal nat wordt stop je en kijk je hoeveel mL water je uit de maatcilinder hebt gehaald. Als er nog delen van het bovenste toiletpapiertje droog zijn en er ook geen water langs het onderste papiertje weglekt, vul je de pipet nogmaals en spuit er weer wat water op. Noteer in figuur 17 hoeveel water het toiletpapier helemaal op kan nemen. Het papier dat het minste water vasthoudt krijgt 1 punt in de tabel van de consument. Het papier dat het meeste water vast houdt krijgt 4 punten. Wat vul je in bij de medewerker RWZI?

5. Trekvastheid nat papier

Haal voorzichtig een vochtig velletje van het stapeltje. Houd het velletje omhoog en klem de gewichtjes onderaan. Noteer in tabel 1 bij hoeveel gewicht het papier scheurt. Het papier dat het snelste scheurt geef je 1

punt in de tabel van de consument. Het papier dat het minst snel scheurt geef je 4 punten. Wat vul je in bij de medewerker RWZI?

6. Klontvorming na mixen

Pak een stapeltje nat toiletpapier en stop het in de keukenmachine. Doe er 200 mL water bij en zet de machine 5 tellen aan. Noteer in figuur 17 hoe de drab er uit ziet (evt. foto).

Het papier met de kleinste klonten geef je 4 punten in de tabel van de medewerker RWZI. Het papier met de grootste klonten geef je 1 punt. Wat vul je in bij de consument?

Kieper eventuele drab in een daarvoor bestemd afvalvat, niet door de gootsteen. Veeg de binnenkant van de keukenmachine schoon met tissue, zodat alle drab eruit is. Stop dan het volgende stapeltje toiletpapier in de keukenmachine.

Resultaten

Vul de tabellen van figuur 18 en 19 verder in.

Geef van te voren aan welke kolommen je het belangrijkst vindt. Dat doe je als volgt in de kolom: “mate van belang”. Verdeel 12 scorepunten over de 6 kolommen. Als je alles even belangrijk vindt, dan geef je aan iedere kolom 2 punten. Zijn er kenmerken van toiletpapier die je belangrijker vindt, dan pas je het aantal punten aan. Je mag met delen van punten werken.

Geef aan wat je overwegingen zijn om bepaalde kenmerken van toiletpapier belangrijker te vinden dan andere. Onderbouw dit met informatie over toiletpapier en de afbreekbaarheid van toiletpapier.

<u>Gemeten waarden</u>								
Soort toiletpapier	Prijs per velletje	Voelt aan: Ruw, zacht, heel zacht	Trekvastheiddroog	mL water absorptie	Trekvastheid nat	Klontvorming na mixen		
100% kringloop								
Zacht								
Ultrazacht								
Vochtig								

Figuur 17: tabel met gemeten waarden.

<u>Belang voor Consument</u>								
Soort toiletpapier	Prijs per velletje	Voelt aan: Ruw, zacht, heel zacht	Trekvastheid droog	mL water absorptie	Trekvastheid nat	Klontvorming na mixin	Totaal score	Aan te bevelen ja/nee
Mate van belang								
100% kringloop								
Zacht								
Ultrazacht								
Vochtig								

Figuur 18: tabel belang voor de consument.

<u>Belang voor Medewerker RWZI</u>								
Soort toiletpapier	Prijs per velletje	Voelt aan: Ruw, zacht, heel zacht	Trekvastheid droog	mL water absorptie	Trekvastheid nat	Klontvorming na mixin	Totaal score	Aan te bevelen ja/nee
Mate van belang								
100% kringloop								
Zacht								
Ultrazacht								
Vochtig								

Figuur 19: tabel belang voor de medewerker RWZI.



Figuur 20: de geperste drab uit rioolwater: voor een groot deel bestaand uit toiletpapier.

Totaalscore

Vermenigvuldig in iedere cel in de tabel de behaalde score met de mate van belang. Tel vervolgens per regel de score bij elkaar op.

Conclusie

Welk toiletpapier haalt de hoogste score bij de consument en welke bij medewerker RWZI?

Komt je resultaat overeen met de hypothese die je van tevoren hebt opgesteld?

Discussie

Zou je dit toiletpapier aan anderen aanbevelen? Waarom wel/niet? Welk toiletpapier zou je als medewerker van een RWZI aanbevelen en welk toiletpapier juist niet? Op grond

waarvan zou je deze aanbevelingen doen? Lees hiervoor ook onderstaand artikel.

Zijn er dingen fout gegaan? Heb je suggesties hoe het beter kan? Zijn er dingen die je nader zou willen onderzoeken?

1. Bron: "Zacht toiletpapier erger dan een Hummer"

Joren Gettemans

BRUSSEL, 27 februari 2009 (IPS) - In de VS ontstaat commotie rond het gebruik van zijdezacht toiletpapier. Toiletpapier wordt amper enkele seconden gebruikt, maar de schade voor milieu en klimaat zijn veel groter dan die van een benzineverslindende Hummer, zeggen milieuorganisaties.

Het zachte toiletpapier, dat uit meerdere laagjes bestaat, is een aanslag op het milieu door de grote hoeveelheden chemicaliën die bij het productieproces gebruikt worden. Het grootste probleem is echter de enorme vraag naar vers gekapt hout, wat een enorme vernieling van bosgebieden met zich meebrengt en de klimaatverandering in de hand werkt.

“Dit is een product dat we amper drie seconden lang gebruiken, maar waarvan de ecologische gevolgen dramatisch zijn”, zegt wetenschapper Allen Hershkowitz van de Natural Resources Defence Council. “De volgende generaties zullen ons toiletpapier als een van de grootste excessen van deze tijd zien. Toiletpapier maken van vers gekapt hout is een stuk erger dan met een Hummer rijden voor wat de gevolgen voor het klimaat aangaat.”

Volgens Hershkowitz is meer dan 98% van het toiletpapier in de VS afkomstig van verse houtvezels. In Europa is de toestand beter, maar ook hier is nog maar 40% van het papier afkomstig van gerecycleerde producten.

Karton

De milieuorganisatie Greenpeace is een campagne gestart om het bewustzijn rond toiletpapier in de VS aan te wakkeren. “In de VS bestaat nog altijd de mythe dat gerecycleerd toiletpapier van een lage kwaliteit is, dat het aanvoelt als karton en onmogelijk te gebruiken is”, zegt Lindsey Allen van Greenpeace in de Britse krant The Guardian.

De markt van het toiletpapier is erg competitief en de fabrikanten doen er alles aan om hun producten als de zachtste en meest luxueuze aan te prijzen.

Papiergigant Kimberly-Clark spendeerde in het derde kwartaal van 2008 alleen al 25 miljoen dollar om Amerikanen te overtuigen een zacht papiertje te gebruiken. In 2008 steeg het gebruik van luxemerken met 40 procent in de VS.

In Europa voerde het Wereld Natuur Fonds enkele jaren geleden een gelijkaardige campagne. Uit een onderzoek van de organisatie was gebleken dat elke Europeaan jaarlijks zo'n 13 kilogram toiletpapier gebruikt, wat voor de Europese Unie neerkomt op een totaal verbruik van zo'n 22 miljard rollen per jaar. In 2006 bleek dat ook in Europa de papiergiganten als Kimberly-Clark en Proctor & Gamble nog veel meer inspanningen moeten leveren om hun producten milieuvriendelijker te maken.

Bron:

[http://www.mo.be/index.php?id=63&tx_uwnews_pi2\[art_id\]=24196&cHash=754c663f6b](http://www.mo.be/index.php?id=63&tx_uwnews_pi2[art_id]=24196&cHash=754c663f6b)

3.3 Vezeldoekjes

Wat je kunt en kent als je deze paragraaf goed hebt doorgewerkt:

- je kent de betekenis van de volgende woorden: rioolgemaalpom, debiet, vezeldoekjes, doekjesproblematiek, versnijdende pomp
- je past bovenstaande woorden toe om de processen die plaatsvinden tijdens het zuiveren van water, uit te leggen en te beschrijven
- je past de opgedane kennis toe in je dagelijkse praktijk.

Rioolwater met afwaswater, fecaliën en toiletpapier, komt in een wijk uit alle huizen samen. Een meestal elektrische rioolgemaalpom zorgt ervoor dat het rioolwater uit een wijk met een bepaalde doorstromingsnelheid (debiet) verder naar de rioolwaterzuivering gaat. Het debiet is belangrijk omdat anders deeltjes uit het rioolwater in de leidingen kunnen bezinken en verstoppingen veroorzaken.

Een rioolgemaalpom is in staat om de meest voorkomende onderdelen in rioolwater door te pompen zoals poep en toiletpapier. Tegenwoordig zijn vezeldoekjes in zwang. Deze doekjes veroorzaken grote problemen bij de rioolgemaalpom.

2. Bron: verstopping rioolgemaal door reinigingsdoekjes

Steeds vaker wordt zogenoemde vochtig toiletpapier gebruikt in plaats van 'gewoon' toiletpapier. Na gebruik belanden deze vochtige doekjes in het toilet.



Dat geeft problemen omdat ze zijn gemaakt van stof. Ze vergaan niet in het water zoals toiletpapier.
Het gevolg is dat het rioleringssysteem vastloopt. De vezels van de doekjes verstopen namelijk de leidingen en verstoren de pomp.

Het rioolgemaal in Kerkeveld is door het weggooien van reinigingsdoekjes in het toilet in korte tijd al twee keer vastgelopen. Hierdoor loopt het rioolsysteem vast en moet worden gerepareerd. Het kost ook veel geld om de pompen te herstellen.

Dus, gooi reinigingsdoekjes niet in het toilet maar in de vuilnisbak.

Bron: <http://hernen.allesvan.nl/>

13. Opdracht

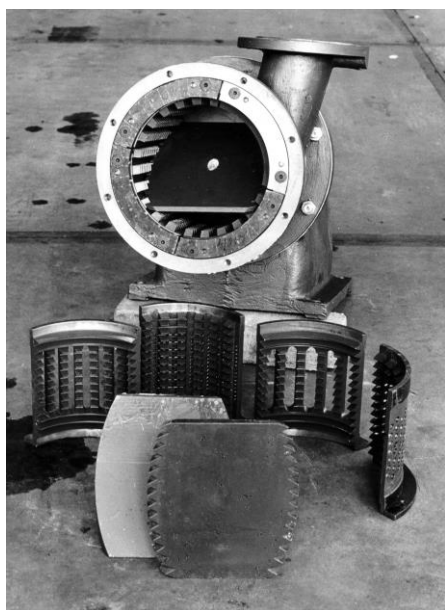
- In bron 2 van de gemeente Wijchen staat “...ze vergaan niet in het water...”. Met de proef over toiletpapier heb je gezien wat er gebeurt met toiletpapier en vochtige doekjes in een keukenmachine. Leg uit op welke manier de vochtige doekjes een rioolgemaalpomp kunnen ontregelen.
- Leg uit op welke manieren de vochtige toiletdoekjes verstoppingen kunnen veroorzaken in het riool.
- Bekijk de video op ►URL4. Leg in stappen uit wat er in deze video gebeurt.
- Wie, vind jij, moet opdraaien voor de kosten van reparatie of vervanging van een rioolgemaalpomp die stuk gaat als gevolg van het gebruik van vezeldoekjes?



Figuur 21: rioolpompen en zojuist geplaatste betonnen rioolput. Bron: <http://www.landustrie.nl>

Er zijn rioolgemaalpompen waarbij de doorgangen door de pomp zo groot zijn dat de doekjes er makkelijk doorheen gaan. Deze doekjes komen, mits ze niet blijven haken achter terugslagkleppen in de rioolwaterleiding, in hun geheel aan bij de rioolwaterzuivering.

Er zijn andere rioolgemaalpompen die eerst het aangevoerde water met inhoud versnijden. Deze pompen snijden het toiletpapier en doekjes



Figuur 22: voorbeeld van een versnijdende pomp. Bron: <http://www.rijkswaterstaat.nl>

helemaal fijn voordat ze door de pomp gaan. Het water dat door de pomp heen gaat vormt achter de pomp een draaikolk. De versneden resten van de doekjes komen in het midden van de kolk, waar weinig beweging is, weer bij elkaar en gaan dan aan elkaar klitten. Ook dit levert verstoppingen op.

De versneden resten van doekjes die niet gaan klitten maar in het water blijven zweven veroorzaken verderop in de rioolwaterzuivering problemen omdat ze blijven haken aan beluchtinstallaties (bron 7).

14. Opdracht

Noem drie maatregelen die de doekjesproblematiek kunnen verminderen. Schrijf deze op in de linkerkolom in de tabel van figuur 23. Geef bij iedere maatregel aan wie de maatregel zou moeten opstellen, wie de maatregel zou

moeten uitvoeren en wie er toe zou moeten zien op de naleving van de maatregel.

Beschrijving maatregel	Opsteller maatregel	Uitvoerder maatregel	Naleving maatregel

Figuur 23: maatregelen doekjesproblematiek.

Samenvatting van hoofdstuk 3

Vanaf het punt waar het rioolwater ontstaat (bij de toilet, de gootsteen of het afvoerputje van de douche) vloeit het rioolwater door een meestal lang buizenstelsel naar de zuiveringsinstallatie. Onderweg vindt al bezinking plaats van zand en grove delen, ook treedt al het uit elkaar vallen van toiletpapier en de afbraak van organische stoffen op. Bij een groot afvalwateraanbod door de buizen wordt het bezonken zand weer met het water meegenomen en daarbij alle onderweg bezonken grove delen. Pompen in zinkputten onderweg helpen bij het transport van het afvalwater. Deze pompen moeten bestand zijn tegen zand en grove delen. Het zijn vaak versnijdende pompen. Maar de in de keukens veel gebruikte (meestal gele) schoonmaakdoekjes zijn moeilijk te versnijden. Die blijven steken in het versnijdmechaniek en verstopen de pomp.

Deel B

Zuivering van afvalwater

Inleiding deel B

Wat je na bestudering van de hoofdstukken uit deel B kent en kunt:

- je weet welke de vier hoofdstappen in de zuivering van afvalwater zijn
- je weet welke natuurkundige, scheikundige en biologische principes toegepast worden in het zuiveringsproces
- je kunt de 4 hoofdstappen en de principes van het zuiveringsproces toepassen op het afvalwater dat je krijgt uitgereikt door de docent en de technische onderwijs assistent (TOA).

In de vorige drie hoofdstukken hebben we gekeken wat er zoal in het riool komt en hoe het vervuilde water naar de RWZI wordt gebracht.

In de volgende vier hoofdstukken kijken we hoe het vervuilde water in stappen weer schoon wordt. Dit proces wordt uitgevoerd in 4 reinigingsstappen:

Stap 1 **Harken en zeven**: het verwijderen van grote voorwerpen die vaak per ongeluk in het riool terecht zijn gekomen. Als deze vaste delen uit het water zijn gehaald blijft er nog behoorlijk verontreinigd water over, wat nog beslist niet geloosd mag worden op het oppervlaktewater.

Stap 2 **Massascheiding**: zand en andere vaste stoffen bezinken in de voorbezinktank. Het water dat daarna overblijft is nog steeds niet schoon, het bevat namelijk veel stoffen die, zoals je in het programma Meer hebt gezien, grote gevolgen kunnen hebben voor het ecosysteem. Dus ook dit water is nog niet klaar om geloosd te worden.

Stap 3 **Biologische zuivering**: via anaërobe gistingsprocessen en aerobe afbraak breken bacteriën die van nature in het afvalwater voorkomen een heleboel stoffen af. Deze bacteriën groeien en vormen slib. Het water dat voortvloeit nadat de bacteriën veel stoffen hebben opgegeten is behoorlijk schoon, maar soms nog niet schoon genoeg om te lozen.

Stap 4 **Chemische reiniging**: er volgen dan nog enkele stappen met chemische processen om het water zo schoon en helder te maken dat het mag uitstromen naar het oppervlaktewater.

Inleidende opdracht

Bekijk ► URL5 voor een animatie van reinigingsstappen die op een iets andere manier zijn beschreven.

Herken je de vier hoofdstappen, zoals ze in de opsomming van de vorige paragraaf staan vermeld? Zet de namen van de reinigingsstappen zoals die

in ► URL5 zijn genoemd, naast die in de opsomming uit de vorige paragraaf.

4 Verwijderen van grove voorwerpen en fijne deeltjes uit afvalwater

Wat je kunt en kent als je dit hoofdstuk goed hebt doorgewerkt:

- je kent de betekenis van de volgende woorden: harken en zeven, vormscheiding
- je past bovenstaande woorden toe om de processen die plaatsvinden tijdens het zuiveren van water, uit te leggen en te beschrijven.

Je weet nu wat er zoal via het riool bij de rioolwaterzuiveringsinstallatie aan kan komen. In dit hoofdstuk bestuderen we de eerste stap van het zuiveringsproces: het verwijderen van de grote objecten uit het afvalwater.



Figuur 24: een rooster met grove spullen uit het rioolwater.

4.1 Harken en zeven (stap 1)

Harken en zeven is een scheiding op basis van vorm.

In het water dat de rioolwaterzuivering binnenkomt zitten allerlei stoffen. Er zitten opgeloste stoffen in die het water een bruinigrijze kleur geven en vaste stoffen van verschillende grootte.

Deze vaste stoffen kunnen flink groot zijn. Alles wat door het rooster van een rioolput kan, komt uiteindelijk bij de zuiveringsinstallatie terecht. De tendens is dat mazen van roosters steeds kleiner worden (om zo min mogelijk grove delen in de waterzuiveringsinstallatie te krijgen).



Figuur 25: spullen die bij de RWZI binnenkomen.

15. Opdracht

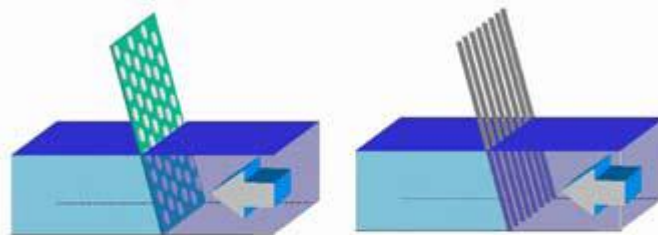
Bekijk figuur 25 van spullen die in ongeveer een week bij de rioolwaterzuivering zijn binnen gekomen. Maak een zo compleet mogelijke

lijst van de spullen die je op de foto ziet. Geef aan hoe ieder voorwerp vermoedelijk in het riool gekomen is. Geef ook aan waarom het noodzakelijk is te voorkomen dat deze voorwerpen in het oppervlaktewater terecht komen.

Voorwerp	Vermoedelijk in riool gekomen via: toilet, afvoer wasmachine, gootsteen, put op straat, regenwaterafvoer, (zelf invullen)	Mogelijke schade wanneer voorwerp in het oppervlaktewater terecht komt: snijwonden bij zwemmers en/of vissen, verstoring natuurlijk evenwicht, vies gezicht, (zelf invullen)

Figuur 26: tabel met rioolvoorwerpen.

De eerste stap in het zuiveringsproces op de RWZI is de **vormscheiding**. Bij vormscheiding worden de met het blote oog zichtbare voorwerpen uit het afvalwater gehaald door gebruik te maken van hun vorm. Dit gebeurt bij de meeste RWZI's met behulp van een harkrooster of een zeef.



Figuur 27: links: zeef; rechts: rooster. Bron: http://www.stowa.nl/uploads/publicaties2/mID_4924_cID_3914_84286683_STOWA%202007%2025.pdf, bladzijde 22

Dergelijke roosters en zeven hebben nagenoeg dezelfde werking. Zeven raken echter sneller verstopt dan roosters!

16. Vraag

Zie figuur 28. Wat voor soort roosters zijn dit?



Figuur 28: twee soorten roosters. Bron: <http://www.rijkswaterstaat.nl>.

Het rioolwater stroomt door het rooster heen. De vaste delen blijven hangen in de zeef of het rooster.

Bij een **harkrooster** schuiven regelmatig de tanden van een hark door de roostersleuven en harken het achterblijvende vuil naar boven toe. Bij een **zeef** schuift regelmatig een vuilschraper langs de zeef om het vuil van de zeef af te schrapen.

Zodra er weer een schoon stuk rooster aan de onderkant verschijnt, stroomt het rioolwater weer vlot door. Het vuil dat in de hark of de schraper blijft zitten, glijdt er op een andere plaats vanaf, en gaat dan naar een pers waarna het uiteindelijk in de vuilcontainer terecht komt. Dat een harkrooster ook een bron van inspiratie kan betekenen voor een dichter bewijst het gedicht in bron 3.

3. Bron: harkrooster

Hier vindt de droefheid van de wereld zijn laatste rustplaats
 Het oude zeer van het nieuwe land wordt op het droge geharkt
 onttrokken aan de maalstroom van de maatschappij
 De bittere nasmaak die werd weggespoeld, komt bovendien
 Slechts een enkeling glipt watervlug door de mazen

Dit is de laatste rustplaats
 van het tandeloze gebit
 de failliete bankpas
 van het haar dat de schedel
 niet meer bedekt

Ontdaan van zijn last
 vloeit het water voort
 om nog te bezinken
 en met helder gemoed
 de wereld tegemoet te treden

Niels Blomberg,
 augustus 2006

Bron: http://www.zuiderzeeland.nl/ons_waterschap/de_waterdichter/harkrooster
(zie voor meer gedichten ► URL6)

17. Opdracht

Welke van de genoemde dingen in het gedicht over een harkrooster vind je terug op de foto van de RWZI (figuur 8), of bij de RWZI van Waterschap Vallei & Eem uit opdracht 15, of heb je zelf gezien tijdens je rondleiding in de RWZI?

4.2 Massascheiding: kleine deeltjes afscheiden (stap 2a)

Na bestudering van deze paragraaf weet je

- wat bezinken is
- welke stoffen bezinken bij massascheiding in de voorbezinktank
- wat influent is en wat effluent is
- dat sedimentatie een duur woord voor bezinken is
- wat de betekenis is van de volgende woorden: bezinken, sedimenteren, massascheiding, voorbezinktank, effluent
- de bovenstaande woorden toe te passen om de processen die plaatsvinden tijdens het zuiveren van water, te beschrijven en uit te leggen.

Het afscheiden van kleine deeltjes is een scheiding op basis van massa. Na de eerste stap van het zuiveringsproces - het harken en zeven van de grote delen uit het afvalwater - blijft een vies bruin grijs water over waar nog van alles in zit. In de tweede zuiveringsstap worden de kleine dingen die door de hark of de zeef glipten, gescheiden van het water. Er zijn twee groepen kleine deeltjes die gescheiden kunnen worden: de kleine deeltjes die zwaarder zijn dan water en zinken (stap 2a van de zuivering), en de kleine deeltjes die lichter zijn dan water en blijven drijven (stap 2b van de zuivering). Stap 2b wordt in hoofdstuk 5 beschreven.

In paragraaf 4.1 heb je onderzocht welke grotere objecten er in afvalwater kunnen zitten, hoe je kunt voorkomen dat onwenselijke objecten in het afvalwater terecht komen en hoe je grotere objecten die toch in het afvalwater terecht zijn gekomen er uit kunt halen met behulp van harken en zeven.

Het is in principe mogelijk om het water door een serie filters met steeds kleinere mazen te laten lopen om zo de kleine deeltjes er uit te halen.

18. Introductievraag

- Bedenk redenen waarom in de meeste RWZI's het water slechts door één harkrooster of zeef gaat.
- Bedenk waarom het belangrijk is voor het waterleven dat water helder is. Kijk eventueel terug in het hoofdstuk gezond oppervlaktewater om deze vraag te beantwoorden.



Figuur 29: inkepingen in de rand van de eerste bezinktank. Het water met zwevende delen en opgeloste stoffen vloeit over de rand en gaat door naar de volgende bewerking. Drijvende delen worden door de V-groeven tegengehouden.

Deeltjes waarvoor extreem fijnmazige zeven nodig zouden zijn, worden uit het water gehaald met verschillende methoden van **massascheiding**. Daarbij wordt gebruik gemaakt van het verschil in massa tussen de deeltjes en water.

Als deeltjes zwaarder zijn dan water, zijn geduld en afwezigheid van **stroming** goede middelen om ze te scheiden van het water. De deeltjes gaan dan **bezinken**, dit wordt ook wel **sedimenteren** genoemd. In twee aanvullende practica (19 en 20) kun je dit onderzoeken. Zand is zwaar en zinkt naar de bodem als het water een tijdje kan rusten. Andere vaste delen, zoals vliesjes en zemelen uit poep, zijn even groot als zand maar blijven in het water zweven. Door het water een tijdje te laten rusten, zinken de zware deeltjes, met een grotere massa, naar de bodem. De bezonken vaste delen komen op de bodem terecht van een voorbezinktank. In de tank draait heel langzaam een grote schrapper rond die de bezonken delen op de bodem van de tank bij elkaar veegt en afvoert.

Het water zonder zware delen vloeit aan de bovenkant van de tank over een rand in een goot. Dit water heet **effluent**. Dit woord is samengesteld uit e(x) wat 'uit' betekent en fluere wat 'stromen' betekent. Water dat wordt aangevoerd heet influent, letterlijk vertaald 'instromen'.

In het effluent zit nog van alles wat er uit moet voordat het water zuiver genoeg is. Dat gebeurt in latere zuiveringsstappen.

Eerst illustreert onderstaande practicum 19 het belang van massascheiding als stap tijdens waterzuivering.

19. Practicum: bezinken

In deze proef werk je niet met echt rioolwater, maar met water dat kunstmatig vervuild is met van te voren bekende stoffen. Het experiment wordt volgens de natuurwetenschappelijke methode uitgevoerd.

Materiaal en werkwijze zijn gegeven. Formuleer zelf de onderzoeksvraag en de hypothese. Lees hiervoor eerst even materiaal en werkwijze door.

Vul tijdens het uitvoeren van de proef de ontbrekende delen van het verslag aan. (Resultaten, conclusie, discussie).

Onderzoeksvraag

.....

Hypothese

.....

Materiaal

- twee (beker) glazen (ongeveer 0,3 L)
- een theezeef
- een eetlepel grond (daar zitten zowel grote deeltjes als kleine deeltjes in)
- twee eetlepels grof gemalen volkoren meel
- 0,20 L water
- pipet.

Werkwijze

Vul één beker met 0,2 L water. Doe een afgestreken eetlepel grond en twee afgestreken eetlepels volkoren meel in het bekersglas met water.

Meng goed.

Je hebt nu je rioolwater voor deze proef gemaakt.

1. Neem de zeef en houd deze vlak boven het nog droge bekersglas.
2. Giet voorzichtig je rioolwatermengsel door de zeef, met kleine scheutjes tegelijk.
3. Als al het rioolwater door de zeef is gegaan noteer je de kleur van het water.
4. Bekijk ook wat er in de zeef is achtergebleven. Noteer dit.
5. Bekijk de kleur van het water direct na het zeven. Noteer wat je ziet.
6. Laat het gezeefde rioolwater 10 minuten staan. Bekijk het water opnieuw en noteer wat je ziet. Hoeveel laagjes kun je in het bekersglas onderscheiden?
7. Maak een tekening van dit bekersglas en geef aan hoe breed de verschillende lagen zijn en welke stoffen vermoedelijk in de verschillende lagen zitten.
8. Doe een druppel op een objectglas. Prik met een pasteur pipet in de resten in de zeef en daarna in de druppel water op het objectglas. Dek af, zonder luchtbellen, met een dekglasje en bekijk het preparaat onder de microscoop. Neem een oculair met micrometer en meet de gemiddelde diameter van 10 middelgrote deeltjes. Noteer deze diameters in een tabel, denk eraan iedere kolom een titel te geven. Gebruik voor het maken van de tabel een spreadsheet, bijvoorbeeld Excel of een Google spreadsheet. Gooi de resten in de zeef weg in de vuilcontainer.

9. Zuig met een pipetje heel voorzichtig een klein beetje van het bovenste waterlaagje in het bekersglas op. Doe een druppel hiervan op een objectglas, dek af met een dekglasje en bekijk onder de microscoop. Meet weer de diameter van 10 middelgrote deeltjes. Noteer dit in een volgende kolom van de tabel.
10. Dek het glas met afvalwater af met een deksel of een beetje folie en zet het op een rustige plaats. Kijk na enkele uren (of de volgende les) opnieuw naar de te onderscheiden lagen. Wat valt je op?
11. Giet voorzichtig de bovenste laag uit het glas. Bekijk onder de microscoop wat hier allemaal in zit. Meet de diameter van 10 middelgrote deeltjes en noteer de resultaten in de derde kolom van de tabel.
12. Giet daarna de een na bovenste laag voorzichtig uit het glas. Bekijk ook dit onder de microscoop en maak tekeningen van wat je ziet. Was daarna de bekersglazen af en ruim alles op. Maak je tafel schoon en droog.
13. Bereken per kolom de gemiddelde diameter van de deeltjes. Vat dit samen in een staafdiagram (dit kun je eenvoudig aangeven in je spreadsheet).

Schrijf een compleet verslag over de proef. Gebruik daarbij je tabel en het staafdiagram. Welke conclusie kun je uit deze resultaten trekken? Welke onderzoeksvraag hoort daar bij? [Gebruik](#) voor het schrijven van een verslag de ►werkinstructie practicumverslag in de NLT Toolbox.

Vragen bij het practicum

- a. Tijdens de proef heb je gezien dat de zeef verstopt kan raken. Dat kan bij een rioolwaterzuivering ook gebeuren. Er komt immers steeds nieuw vies water binnen met daarin vaste onderdelen van verschillende grootte. Op welke manier zorgt een rioolwaterzuivering ervoor dat de zeef of hark steeds schoon blijft?
- b. Je hebt de resten uit de zeef weggegooid in de prullenbak. Hoe verwijdert een echte rioolwaterzuiveringsinstallatie de resten die in de zeef achterblijven? Zoek dit eventueel op via ►URL5.
- c. Bekijk de animatie op ►URL5.
 - Hoe heet het onderdeel van de rioolwaterzuivering waar vormscheiding plaatsvindt?
 - En bij welk onderdeel vindt massascheiding plaats?
- d. Wat is volgens jou de reden dat in de eerste bezinktank bij de afvalwaterzuivering de schraper heel langzaam over de bodem beweegt?

- e. In de proef dreef bovenop het gezeefde water het een en ander. Eigenlijk wil je dat in een waterzuiveringsproces kwijt. Op welke manier zou je dit kunnen scheiden van het effluent zonder bezinksels?
- f. Hoe kun je na de bezinking water en bezinksel van elkaar scheiden?
- g. Hoe wordt water en bezinksel gescheiden in een RWZI?

20. Verdiepingspracticum: bepaling van verschil in bezinkingssnelheid van zand- en kleideeltjes

In dit practicum ga je nog wat kleinere deeltjes van elkaar scheiden. Ook kun je de dichtheid meten met behulp van een areometer. Het is wel zaak dat de areometer redelijk nauwkeurig is, anders is het verschil te klein en

meet je niets. Deze proef wordt in de praktijk ook uitgevoerd om de grootte van de deeltjes in grondmonsters te bepalen, wat van belang is als er op grond gebouwd gaat worden. Interessant voor degenen die zich in grondmechanica willen verdiepen. (Informatie: Ing. Bureau Wiertsema en partners, Tolbert.)

Vraagstelling

Hoe schoon wordt water met klei en/of zand wanneer dit de gelegenheid krijgt om te bezinken?

(Toelichting: Om hier antwoord op te geven, moet je bepalen hoe je dit gaat meten. Wij doen dit aan de hand van de helderheid van het water, de dikte van het sediment op de bodem en de hoeveelheid deeltjes die nog in het water aanwezig zijn.)

Hypothese

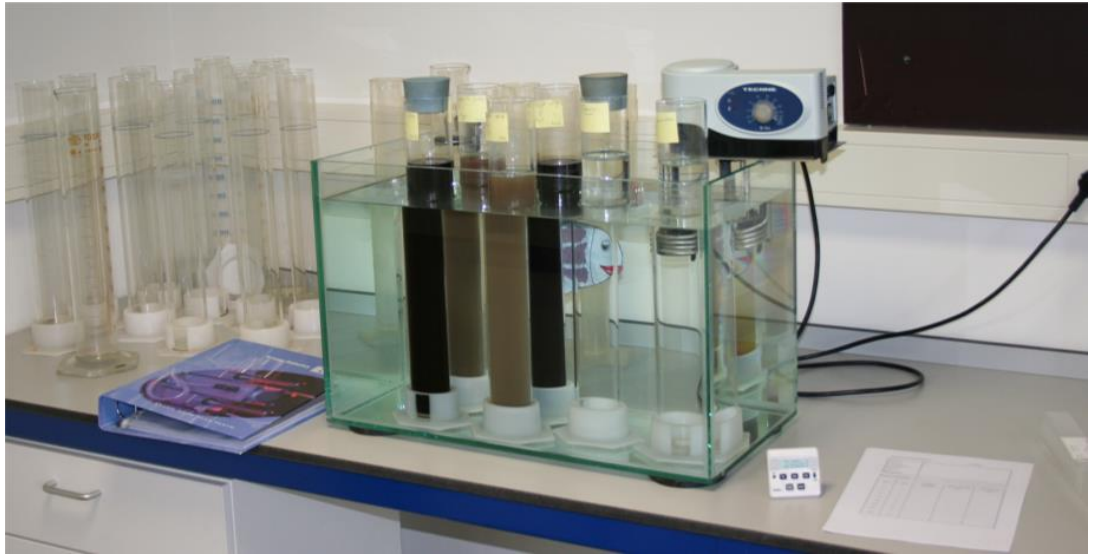
.....

Materiaal

- doorzichtige afsluitbare flessen of hoge potten (bezinkingscilinders) - inhoud ca. 1 liter, hoogte ca. 36 cm
- areometer - dit is een soort dobber met daarbovenop een schaalverdeling
- maatcilinder van 1 L met gedestilleerd water om areometer tussen metingen in te bewaren
- stopwatch
- thermometer
- droog zand en klei (bijvoorbeeld klei voor een kleimasker (drogist), dit is droog en kleinkorrelig)
- weegschaal, water.



Figuur 30: aerometer, ook wel hydrometer genoemd. Bron: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Bestand:Hydrometer6455.png>



Figuur 31: laboratoriumopstelling van een dichtheidsmeting bij constante temperatuur.

Werkwijze

1. IJk eerst de areometer: doe voorzichtig de areometer in een maatcilinder van 1 L gevuld met water. Lees de stand af en noteer deze. Dit is je nulstand. Haal de areometer uit de cilinder. Meet de temperatuur van het water. Koud water heeft een grotere dichtheid dan warm water. Welke invloed heeft de temperatuur dus op de bezinkingsnelheid? Zet de bezinkingscilinders op een plek waar de temperatuur zo veel mogelijk gelijk blijft.
2. Weeg 30 gram gedroogd zand af. Doe het in de cilinder en voeg ca. 100 mL water toe. Schud even flink, zodat het zand goed mengt. Vul daarna bij tot 1000 mL.
3. Doe de rubberstop op de cilinder. Draai de cilinder bijna ondersteboven en weer terug. Herhaal dit gedurende 60 seconden: 30 maal heen en 30 maal terug. Als er materiaal op de bodem blijft, moet je even flink schudden.
4. Zet de cilinder op een trillingsvrije plaats, druk de stopwatch in, verwijder de rubberstop en lees de areometer af na 2, 5, 15 en 30 en 60 minuten. Breng de areometer steeds 20 tot 25 seconden voor het tijdstip van aflezen voorzichtig in de vloeistof, ongeveer op de diepte waar hij blijft drijven. Lees de areometer aan de bovenzijde van de meniscus af. Verwijder onmiddellijk na het aflezen de areometer uit de vloeistof en breng hem met een draaiende beweging over in het glas met gedestilleerd water. De stand van de areometer is een maat voor de hoeveelheid deeltjes die nog in het water aanwezig zijn. Zet je metingen in een tabel. Verwerk de gegevens in deze tabel tot een grafiek. Areometerstand op de y-as, tijd op de x-as.

5. Neem waar wat er op de bodem van de cilinder gebeurt en meet na 2, 5, 15, 30 en 60 minuten de dikte van de sedimentlaag. Is het sediment homogeen? Noteer de metingen in een tabel. Zet ook deze metingen in een grafiek. Sedimentdikte op de y-as, tijd op de x-as.
6. Wat gebeurt er met de helderheid van het water?

Doe de stappen 2 t/m 6 ook voor klei en een mengsel van klei en zand. Je kunt met je volgende cilinder beginnen na je waarneming na 5 minuten. Neem waar wat de verschillen zijn.

Na een week kun je nog eens kijken. Wat is er inmiddels veranderd?

Resultaten

Tabellen en grafieken, bespreking van verschillen tussen zand, klei en het mengsel van zand en klei wat betreft snelheid van sedimentatie, hoeveelheid deeltjes die nog in het water aanwezig zijn en helderheid.

Conclusie

Klopt je hypothese?

Discussie

Kun je de verschillen verklaren tussen zand en klei aan de hand van de korrelgrootte? (Zand is grofkorreliger dan klei.) Is de vraagstelling beantwoord? Welke nieuwe vragen kun je stellen aan de hand van je onderzoek? Hoe zou je daar antwoord op kunnen vinden?

Wat voor eigen onderzoek zou je willen doen? Overleg met je docent en voer dit evt. uit. (Ideeën: ijklijn maken voor de areometer, aflezing van het gehalte aan gesuspendeerd materiaal op deze ijklijn; berekeningen van de bezinkingssnelheid van de deeltjes tijdens het bezinken in water.)

4.3 Massascheiding: kleine deeltjes afscheiden, die lichter zijn dan water (stap 2b)

Wat je kunt en kent als je deze paragraaf goed hebt doorgewerkt:

- je kent de betekenis van de volgende woorden: opromen, vet, oplossing, emulsie
- je past bovenstaande woorden toe om de processen die plaatsvinden tijdens het zuiveren van water, uit te leggen en te beschrijven.

Deeltjes met een grote dichtheid, “zware” deeltjes zoals zand, heb je laten bezinken uit je afvalwater. Maar er zijn ook deeltjes die niet naar beneden zakken, zoals vet en olie. Vet en olie zijn stoffen waarvan de dichtheid kleiner is dan water, die gaan dus drijven. Gebruikmakend van die eigenschap proberen we die stoffen in deze paragraaf uit het water te halen.

21. Introductievraag

- Noem 3 verschillende manieren waarop vet en olie in afvalwater terecht kan komen.
- Hoe komt het dat vet en olie niet in water oplossen?
- Wat kan er gebeuren in de RWZI's wanneer er grote hoeveelheden vet en olie in het afvalwater zitten?
- Wat zou er gebeuren met het oppervlaktewater wanneer vet en olie niet uit het afvalwater verwijderd zou worden? Wat voor gevolgen kan dit hebben voor het waterleven?
- Noem 3 verschillende soorten bedrijven die speciale installaties moeten hebben om vet en/of olie te scheiden van het afvalwater.



Figuur 32: geslagen room, een lekkernij van room. Room is melkvet, scheidt zich af uit melk door opromen.

22. Practicum: opromen

Bij het woord “opromen” denk je waarschijnlijk aan slagroom. En dat is niet zo’n rare gedachte, want slagroom bestaat voor een groot deel uit vet. En vet is lichter dan water. Bij opromen gebeurt dus het omgekeerde als bij bezinken: je wacht totdat het vette (waterafstotende) deel boven drijft.

Vraagstelling

Hoe kunnen verschillende vetten gescheiden worden uit het afvalwater?

Hypothese

.....

Materiaal

- slaolie, mayonaise, motorolie, afwasmiddel
- hoge bekgelazen of cilinders, ca. 500 mL
- warm (ca. 40 graden) en koud water, stopwatches.

Werkwijze

Doe ca. 50 mL slaolie in het bekgelaz/maatcilinder, vul het daarna aan tot 300 mL met warm water. Schud het geheel goed tot het helemaal gemengd is. Hoe ziet het geheel er uit direct na menging? Zet het bekgelaz op een trillingsvrije plaats en neem na 5, 10, 15 minuten waar wat er gebeurt. Meet steeds de dikte van de drijvende bovenlaag. Noteer deze in een tabel en werk dit uit in een grafiek. Neem ook andere veranderingen waar, zoals de kleur van het water en van de bovenlaag.

Doe daarna het zelfde met koud water.

Daarna dezelfde proeven met mayonaise en motorolie. Welke verschillen neem je waar? Laat de maatcilinders staan voor het volgende experiment (23. Floteren).

Resultaten

Geef overzichtelijk al je waarnemingen weer. Gebruik daarbij grafieken en korte toelichtingen op de grafieken. Let op! Trek bij je resultaten nog geen conclusies!

Conclusie

Bekijk de grafieken en trek je conclusies uit de meetgegevens in deze grafieken. Klopt je hypothese?

Discussie

Verklaar de verschillen tussen de verschillende stoffen. Hoe kun je na het opromen de vetsubstantie van het water scheiden? Is de vraagstelling voldoende beantwoord? Welke nieuwe vragen ben je tegengekomen? Hoe zou je die kunnen onderzoeken?

Samenvatting van hoofdstuk 4

De grove delen die met het rioolwater zijn meegereisd door de rioolbuizen worden daarvan bij aankomst in de rioolwaterzuivering afgevangen door een rooster, dat mechanisch met een soort hark wordt gereinigd, vandaar de naam harkrooster. Vervolgens passeert het afvalwater een aantal steeds fijner wordende zeven. De vorm van de af te scheiden grovere deeltjes wordt gebruikt voor de afscheiding door de zeven. Dit wordt vormscheiding genoemd. Het is belangrijk om dit materiaal af te scheiden omdat het de apparatuur en de leidingen in de rest van de installatie (dat later in het zuiveringsproces met dit afvalwater in contact komt) kan beschadigen of verstopen.

Het afvalwater met de hele fijne deeltjes, die maar moeilijk bezinken, wordt in tanks gepompt waarin het water bijna stilstaat. Dit is scheiding door het verschil in massa van deeltjes en water, massascheiding dus. De bezonken deeltjes vormen het sediment, het water dat inmiddels helder is geworden wordt het effluent genoemd.

Als de dichtheid van de deeltjes kleiner is dan water, dan gaan de deeltjes drijven. Dat is bijvoorbeeld met vetdruppeltjes en luchtbelletjes zo. Deze deeltjes zijn weer gemakkelijk af te scheiden door het water met rust te laten. De deeltjes gaan immers vanzelf naar de oppervlakte van het water. Dat noemen we opromen. Dan zijn er nog deeltjes in het water waarvan de dichtheid vrijwel gelijk is aan water. Deze deeltjes zweven in water. De afscheiding daarvan gaan we in hoofdstuk 5 nader bekijken.

5 Zwevende deeltjes afscheiden

Na het goed doorwerken van dit hoofdstuk kun je uitleggen:

- hoe zwevende deeltjes uit afvalwater worden afgescheiden
- hoe floteren werkt
- wat het woord hydrofoob betekent
- wat het belang is van hydrofobe eigenschappen van deeltjes voor het afscheiden uit water
- wat coagulatie/flocculatie betekent.

In water zwevende deeltjes kunnen zeer klein zijn, maar ook zeer groot. Denk maar eens aan algenlierten. Het belangrijkste van deze deeltjes is dat ze een dichtheid hebben die nauwelijks verschilt van water, hun massa per volume-eenheid is dus vrijwel gelijk aan de massa per volume-eenheid van water. Die deeltjes zijn niet met massascheiding uit het water af te scheiden, ze zinken niet van zichzelf, ze blijven in water zweven. Om deze deeltjes uit water af te scheiden moeten we een truc toepassen: deze deeltjes mengen we met luchtbelletjes in water. Als de deeltjes dan nog niet goed af te scheiden zijn kunnen we nog meer trucs toepassen. We veranderen de waterbindende eigenschappen van de deeltjes door het toevoegen van chemicaliën en laten de deeltjes zo aan elkaar hechten. Dit proces heet coagulatie/flocculatie. De deeltjes worden dan groter, waarna ze gemakkelijker bezinken (zie hoofdstuk 4), of waarna ze gemakkelijker hechten aan luchtbelletjes.

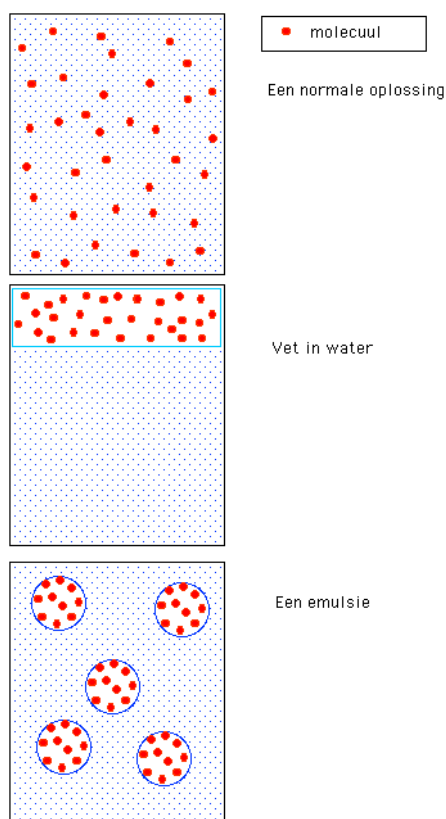
5.1 Floteren

Na het goed doorwerken van deze paragraaf kun je uitleggen:

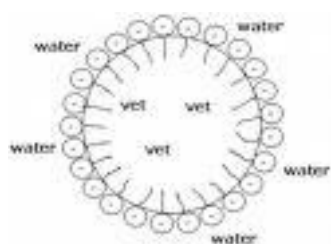
- hoe floteren werkt
- hoe zwevende deeltjes uit afvalwater worden afgescheiden
- wat de eigenschappen hydrofiel en hydrofoob voor gevolgen hebben bij het floteren
- waarom een emulsie door middel van floteren niet zonder hulpstoffen kan worden ontmengd.

Luchtbelletjes zijn in staat om in water zwevende deeltjes te binden. Een luchtbel heeft een dichtheid die veel kleiner is dan water. Dus deeltje en luchtbel samen hebben dan een massa per volume-eenheid die wel kleiner is dan water. De deeltjes met aangehechte luchtbel gaan dan drijven. Zeker als de deeltjes een beetje vetachtig zijn zullen luchtbelletjes gemakkelijk aan de deeltjes hechten. Vetachtige deeltjes zijn namelijk hydrofoob (waterafstotend), en hydrofobe deeltjes verzamelen zich op het oppervlak van luchtbelletjes. Als we dus luchtbelletjes in water brengen, dan verzamelen de vetachtige stoffen die zich in het water bevinden zich tegen

de luchtbelllen aan, en worden door de luchtbelllen naar het wateroppervlak getransporteerd. Dit verschijnsel wordt floteren genoemd. (Frans: floter = drijven).



Figuur 33: verschil tussen een oplossing en een emulsie. Bron: http://www.bioplek.org/sheets/sheet_emulsie.html



Figuur 34: emulsiedeeltje, ook wel micel genoemd. Bron: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Micel>

Een **emulsie** is een bijzonder mengsel van water en olie. De oliedruppeltjes in water worden door de aanwezigheid van een emulgator verhinderd om te ontmengen. Zie figuur 34. De emulgator is namelijk een stof waarvan de moleculen de eigenschap hebben, dat ze aan het ene uiteinde van het molecuul (de kop) goed met water mengen (de kop is hydrofiel), terwijl het andere uiteinde van het molecuul (de staart) goed met olie mengt: de staart is hydrofoob. De emulgatormoleculen gaan op het oppervlak van de oliedruppeltjes liggen, zodanig dat de kop in het water steekt en de staart in de olie. Omdat de koppen van emulgatormoleculen elkaar afstoten, worden de geëmulgeerde oliedruppeltjes verhinderd om bij elkaar te vloeien tot een olielaag. Luchtbelletjes hechten niet goed aan de hydrofiel koppen van de emulgatormoleculen, dus emulsies kunnen niet zonder meer worden gefloeterd. Daarvoor moet de emulsie eerst gebroken worden. Er wordt een stof aan de emulsie toegevoegd die met de emulgatormoleculen reageert, zodat ze elkaar niet meer afstoten. Zo'n stof is bijvoorbeeld ijzerchloride (FeCl_3).

23. Practicum: floteren

Introductievragen bij het practicum

- Bij het opromen is het je waarschijnlijk opgevallen dat het water na toevoeging van vet niet helemaal schoon wordt, ook niet als het vet boven drijft. Hoe zou je dat kunnen verklaren?
- Als vet de keuze heeft tussen water en lucht, dan vloeit vet in lucht blijkbaar makkelijker samen dan in water. Geef hier een verklaring voor.
- Een manier om meer vet uit een mengsel van water en vet te halen, is om lucht toe te voegen.
- Bedenk een manier om meer lucht toe te voegen aan het water-en-vet mengsel.
- Hoe kun je de lucht zoveel mogelijk oppervlak geven, zodat het zoveel mogelijk raakvlak heeft met het vet?

In de waterzuivering wordt gebruik gemaakt van dit zelfde principe. Dat heet **floteren**.

23.1 Experiment floteren

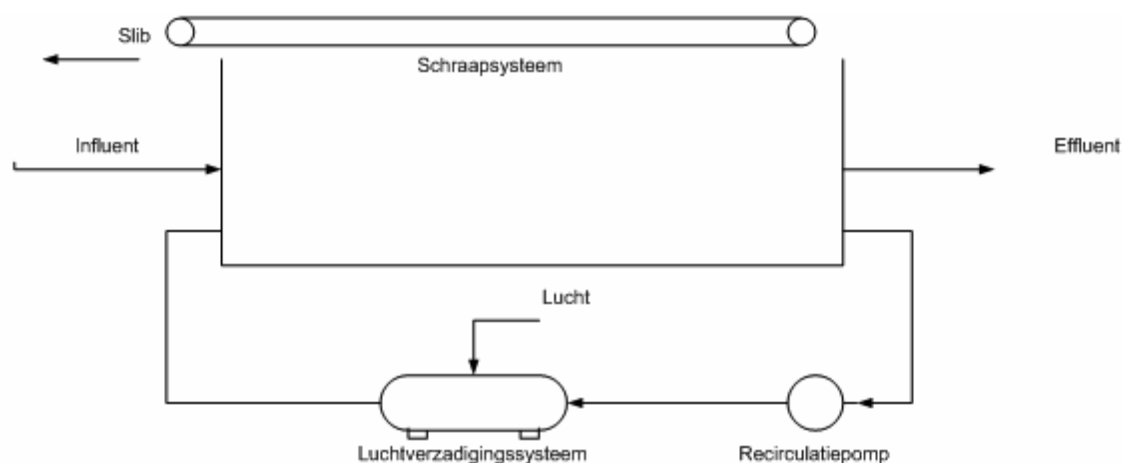
Bedenk zelf een experiment en voer het uit, waarbij je met behulp van floteren onderzoekt op welke manier meer vet uit het een water-met-vet mengsel te halen is. Pas de stappen van de natuurwetenschappelijke methode toe. Gebruik het materiaal van het experiment bij practicum 22: opromen. Maak verder gebruik van bruissteentjes of een plastic slangetje waarin kleine gaatjes zijn gemaakt om kleine luchtbelllen van onderaf door het water te laten lopen. Maak een verslag. Gebruik hiervoor de ►werkinstructie practicumverslag in de NLT Toolbox.

23.2 Experiment afwasmiddel

Je gebruikt je materiaal van experiment 23.1: floteren. Voeg 5 mL afwasmiddel toe, roer opnieuw en neem waar wat er gebeurt. Hoe kun je het effect van afwasmiddel verklaren?

Verwerkende vragen bij dit practicum

- Hoe wordt in een RWZI het vet gescheiden van het water? Internetvraag, werk je mind-map bij.
- Benzinestations en autowasstraten zijn verplicht om een olie-afscheidingsinstallatie te hebben. Zoek op hoe deze werkt en geef dit weer in je eigen woorden. Internetvraag, werk je mind-map bij.
- Bekijk figuur 35 goed. Dit is een schematische weergave van hoe je met behulp van luchtbelletjes zwevende deeltjes uit het oppervlaktewater kunt concentreren in de bovenlaag. Leg in je eigen woorden uit hoe dit werkt.



Figuur 35: floteren met onder druk opgeloste lucht in een dissolved air flotation (DAF) unit.
Bron: <http://www.emis.vito.be/techniekfiche/flotatie-door-middel-van-lucht>

5.2 Verdieping: coagulatie en flocculatie

Wat je kunt en kent als je deze paragraaf goed hebt doorgewerkt:

- je kent de betekenis van de volgende woorden: coagulatie, flocculatie, drukflotatie, DAF
- je past bovenstaande woorden toe om de processen die plaatsvinden tijdens het zuiveren van water, uit te leggen en te beschrijven.

Om het effect van floteren te versterken worden vaak coagulatiemiddelen en/of flocculatiemiddelen toegevoegd. Dat zijn chemicaliën die ervoor zorgen dat kleinere deeltjes omgevormd worden tot grotere deeltjes, die beter kunnen floteren.



Figuur 36: flotatietank. Te zien is het door flotatie gevormde schuim en de schuimafvoerbuis, die aan het wateroppervlak is gesitueerd.

24. Opdracht

- Zoek op wat coagulatiemiddelen zijn en bedenk een experiment om de flotatie hiermee te verbeteren. Volg weer de stappen van de natuurwetenschappelijke methode en maak een verslag. Internetopdracht, werk je mindmap bij, verwijst in je verslag van het experiment op de juiste manier naar de toegepaste informatie.
- Wat gebeurt er met het gevormde slib nadat het ingedikt en/of ontwaterd is?
- Welke verschillende soorten flotatie zijn er en wat zijn de kenmerken van die soorten?
- Wat houdt de Dissolved Air Flotation (DAF) techniek in?
- Wat zijn voor- en nadelen van de DAF techniek?
- Bij welke processen wordt flotatie toegepast?
- Wat is verwijderingsrendement?
- Waarvan is het verwijderingsrendement afhankelijk?
- Wat wordt bedoeld met vervluchtigen van stoffen?

4. Achtergrondinformatie: flotatie-apparatuur

Wist je dat:

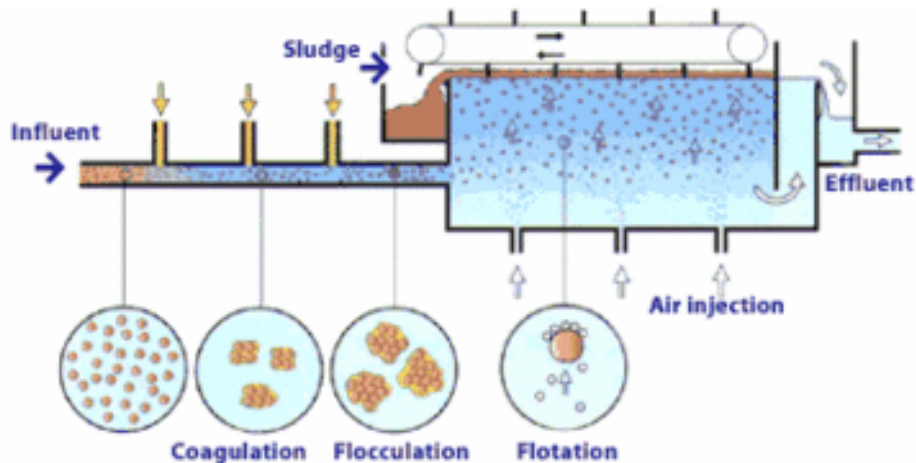
- een Dissolved Air Flotation-unit binnen 10 seconden hetzelfde kan als een slibbezinker in 10 uren?
- een DAF-unit een veel hoger drogestofgehalte kan halen dan een slibbezinker? Een ander voordeel van de DAF-unit is het afscheiden van een grote variëteit aan stoffen. Vaak zijn de bijkomende kosten aan chemische hulpmiddelen (coagulatiemiddelen en flocculatiemiddelen) relatief hoog, zeker indien hoge rendementen gewenst zijn.
- stoffen die zeer goed oplosbaar zijn, niet in dit systeem worden verwijderd.

Toepassing

Flotatie kan gezien worden als een alternatief voor een statische vetvang, olie-afscheider of bezinkingsbekken, al of niet gecombineerd met coagulatie/flocculatie. Sinds flotatie-installaties voldoende bedrijfszekerheid bieden, wint de techniek meer en meer veld. Voordelen zijn onder andere de mogelijke ruimtebesparing en de eenvoudige, continue afvoer van de gevormde drijfslaag. Bovendien kan een relatief hoog droge-stof-gehalte bereikt worden. Volgende toepassingen kunnen als voorbeeld vermeld worden:

- Voorzuivering van afvalwater in de voedingssector (NACE 15), onder andere in de vleesverwerking en slachthuizen. Het verwijderingsrendement voor zwevende stoffen en met name voor vetten is sterk afhankelijk van de conceptkeuze: fysische flotatie, flotatie met zuur-coagulatie of fysico-chemische flotatie;
- Voorzuivering van afvalwater dat vrijkomt bij vatenreiniging of tankcleaning;
- Verwijdering van minerale olie en andere slecht oplosbare koolwaterstoffen uit afvalwater en verontreinigd hemelwater, onder andere in olieraaffinaderijen (NACE 23.2 en 24) . Flotatie kan hierbij gepaard gaan met het vervluchtigen van gasvormige stoffen, zoals H_2S , NH_3 of organische koolstofverbindingen.

Bron: samengesteld door twee leerlingen van de RSG Bogerman in Sneek: Jildert Apperloo en Jan Visser



Figuur 37: coagulatie, flocculatie en flotatie in één apparaat. Bron: <http://www.emis.vito.be/Techniekblad>

Samenvatting van hoofdstuk 5

Zwevende deeltjes blijken de eigenschap te hebben dat ze gemakkelijk hechten aan luchtbelletjes. Aangezien luchtbelletjes vanzelf naar de oppervlakte van het water stijgen hebben we een methode voorhanden om zwevende deeltjes snel uit het water af te scheiden. Floteren heet deze techniek. De kunst is om zo klein mogelijke luchtbelletjes te maken, die niet te snel opstijgen, en die door hun kleine diameter een enorm groot oppervlak hebben. Ideaal voor zwevende deeltjes om zich aan te hechten. Hele kleine luchtbelletjes ontstaan door lucht eerst onder druk op te lossen in water en dan bij gewone atmosferische druk weer uit het water vrij te laten komen. Dit wordt Dissolved Air Flotation genoemd: flotatie door middel van opgeloste lucht.

Om de zwevende deeltjes in omvang te doen toenemen worden chemicaliën aan het te behandelen afvalwater toegevoegd. Dat toenemen in omvang wordt coagulatie en flocculatie genoemd. Eigenlijk betekenen die woorden samenklontering en vlokvorming.

6 Het verwijderen van biologisch afbreekbare opgeloste stoffen uit afvalwater (stap 3)

Na bestudering van dit hoofdstuk weet je:

- het verschil tussen aerobe en anaerobe bacteriën
- wat biologisch zuurstof verbruik (BZV) inhoudt
- het belang van lozingseisen voor het milieu
- hoe de stikstofkringloop werkt
- het verschil tussen aerobe zuivering en anaerobe zuivering.

In de vorige hoofdstukken ben je bezig geweest deeltjes uit het water te halen door te zeven (vormscheiding), door bezinken en opromen (massascheiding). Maar er zijn ook deeltjes die opgelost zijn in het water. Dat kunnen organische stoffen zijn, zoals suiker. Het kunnen ook anorganische stoffen zijn, zoals verschillende zouten. In de derde stap van het zuiveringsproces ligt de nadruk op het verwijderen van de **organische stoffen** uit het afvalwater. Het verwijderen van organische stoffen uit het afvalwater gebeurt met behulp van bacteriën. Bacteriën zijn levende wezens, vandaar dat deze stap de **‘biologische reiniging’** heet. Nadat de grote en de kleine dingen uit het afvalwater zijn gehaald blijft water over met een mengsel van opgeloste stoffen. Deze opgeloste stoffen kunnen op twee manieren uit het water gehaald worden: 1. door de opgeloste stoffen op te laten eten door bacteriën en 2. door de opgeloste stoffen neer te laten slaan met chemische middelen. Beide stappen worden in een RWZI toegepast. Je zult begrijpen dat het gebruik van chemische middelen de werking van bacteriën negatief kan beïnvloeden. Bovendien is chemische reiniging door de grote chemicaliënbehoefte veel duurder dan biologische reiniging. Daarom vindt biologische reiniging eerst plaats en daarna de chemische reiniging.

25. Vraag

Wat is het gevolg voor het waterleven als er teveel opgeloste stoffen in het (oppervlakte)water zijn? (zie hoofdstuk 2 Gezond oppervlaktewater, programma Meer).

6.1 De lozingseisen

In de vorige hoofdstukken ben je bezig geweest deeltjes uit het water te halen door te zeven (vormscheiding) en door bezinken en opromen (massascheiding). Maar er zijn ook deeltjes die opgelost zijn in het water.

Dat kunnen organische stoffen zijn, zoals suiker. Het kunnen ook anorganische stoffen zijn, zoals verschillende zouten.

Jouw afvalwater moet zo gezuiverd worden, dat het geloosd mag worden op oppervlaktewater. De overheid heeft een lijst opgesteld van kenmerken waaraan afvalwater moet voldoen als het geloosd wordt op het oppervlaktewater, zie de tabel van figuur 38.

parameter lozingseis	
chemisch zuurstofverbruik (CZV)	< 125 mg/l
totaal nitraat	< 10 - 15 mg/l
totaal fosfaat	< 1 - 2 mg/l
temperatuur	< 25 - 30°C
biologisch zuurstofverbruik (BZV)	< 10 - 20 mg/l
Figuur 38: indicatieve lozingseisen bij lozing op oppervlaktewater uit kleinschalige afvalwaterzuiveringsinstallaties. Bron: www.fo-industrie.nl/aspx/download.aspx?PagIdt=00000412&File=fo-91061552805.pdf	
chloride	< 200 - 300 mg/l
5. Onopgeloste bestanddelen	biologisch zuurstofverbruik (BZV) < 10 - 20 mg/l

Voor het vaststellen van verontreiniging van oppervlakte- en afvalwater wordt vaak gebruik gemaakt van de zogenaamde BZV-bepaling. Die geeft aan hoeveel zuurstof in het water gebruikt wordt als micro-organismen de organische stoffen afbreken zonder dat extra zuurstof wordt toegevoegd. Dit is belangrijk in de milieuwetgeving omdat het BZV van een lozing voorspelt hoeveel het zuurstofgehalte in het oppervlaktewater zal dalen. Als er teveel organische stoffen in afvalwater zitten, zal er te weinig zuurstof in het water overblijven voor andere organismen. Dat heeft dan dus ernstige gevolgen voor het ecosysteem.

Als het water voldoet aan de normen van de tabel van figuur 38, kunnen er niet teveel bacteriën in groeien.

Gevaarlijke stoffen als nikkel, lood enz. mogen ook niet in afvalwater voorkomen. In huishoudelijk afvalwater komen deze stoffen maar heel weinig voor. In zuiveringsinstallaties worden ze opgenomen in het zuiveringsslib. Ze vallen dan onder de “onopgeloste bestanddelen”.

26. Opdracht

- Zoek zelf op wat Chemisch Zuurstof Verbruik (in het engels: COD = chemical oxygen demand) inhoudt.
- Als de lozingseis van de organische stoffen overeenkomt met BZV = 20 mg O₂/L, bereken dan de minimale concentratie aan zuurstof, die nodig is voor de afbraak van deze organische stoffen.

6.2 Bacteriën aan het werk

Micro-organismen, zoals bacteriën, gebruiken organische stoffen uit het afvalwater als voeding voor zichzelf, om te leven en zich te vermenigvuldigen. “Organische stoffen” is een verzamelnaam van stoffen die door planten of dieren gemaakt zijn. Ze bestaan voornamelijk uit koolstof, waterstof, zuurstof, en stikstof, en zijn soms kleine hoeveelheden zwavel en fosfor.

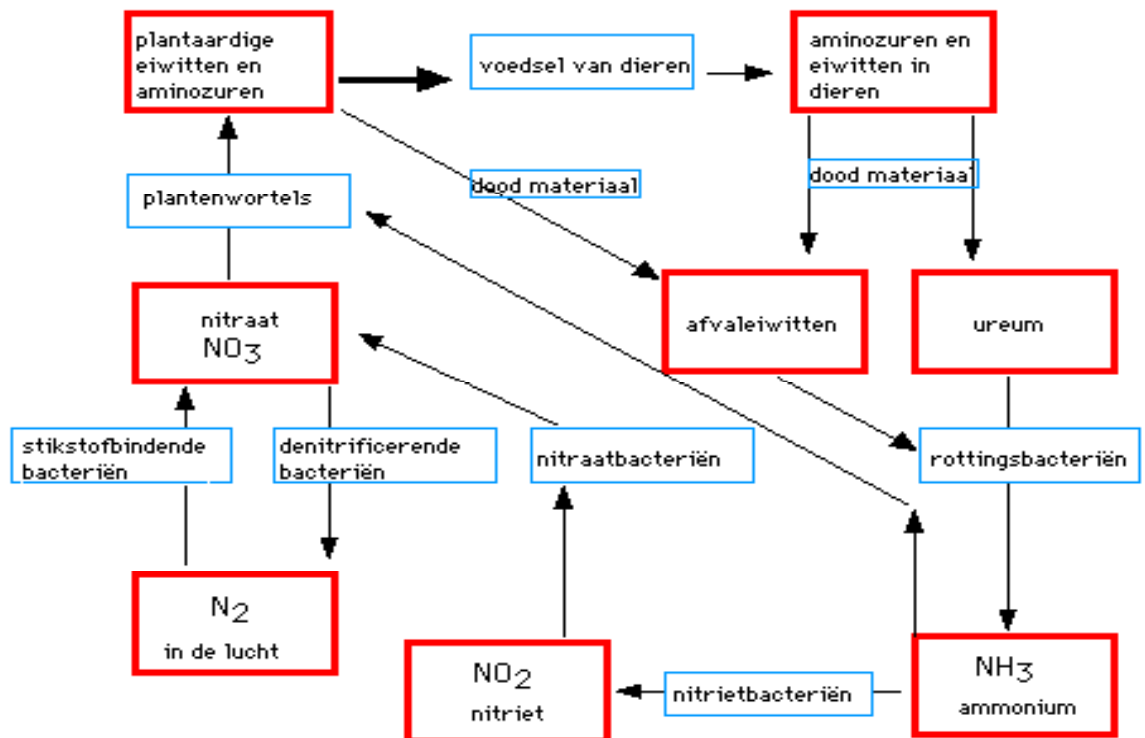
Vaak hebben bacteriën een voorkeur voor bepaalde stoffen. Sommige doen het goed op suiker. Andere kunnen nitraat omzetten in stikstofgas en daaruit energie halen. Die energie gebruiken ze dan weer om organische stoffen te verbranden.

Nitraat kan omgezet worden in nitriet (zie figuur 39). Onder bepaalde omstandigheden zijn micro-organismen in staat om fosfaationen in te bouwen in hun eigen organische moleculen of als reservevoedsel op te slaan in hun cellen. Hiervan wordt gebruikt gemaakt bij de biologische defosfatering

Om organische stoffen uit het afvalwater te verwijderen, laten we micro-organismen het werk doen. Deze bacteriën zijn in de vorm van korrels of vlokken (slib) te krijgen bij een waterzuiveringsinstallatie in de regio van jouw school.

27. Vraag

- a. Waarin wordt suiker omgezet om er energie uit te winnen?
- b. Bestudeer figuur 39. Hoe heet het proces waarbij nitraat wordt omgezet in stikstofgas?
- c. Via welke stappen kan stikstof dat in aminozuren in dieren zit, uiteindelijk omgezet worden in stikstof in de lucht? (noem stoffen en soorten bacteriën of andere organismen)
- d. Via welke stappen kan stikstof in de lucht ingebouwd worden in aminozuren in dieren? (noem stoffen en soorten bacteriën of andere organismen)
- e. Noem 2 organische stoffen waarin fosfaat aanwezig is.



Figuur 39: kringloop van stikstof. Bron: <http://www.bioplek.org>

In figuur 39 is een stikstofkringloop weergegeven. Behalve deze is er o.a. ook een koolstofkringloop en een fosforkringloop. In het programma Meer kun je hier meer informatie over vinden.

Waterzuivering zonder zuurstof



Figuur 40: anaerobe bacteriën. De volgende bacteriën zijn zichtbaar: staafvormige, coccen (bolvormig), streptococci (kleine ronde bolletjes aan elkaar geregen tot een streng), spirillen, flagellanten (staafjes met een flagel = zweepstaart). Bron: <http://www.lennotech.com/images/bacterien.jpg>

In veel gevallen wordt de organische stof, die in het milieu komt, met behulp van zuurstof door micro-organismen afgebroken. Maar omdat er in water niet erg veel zuurstof oplost, komt bij voldoende voedselaanbod al gauw de afbraak zonder zuurstof op gang.

Sommige organische stoffen zijn moeilijk met zuurstof af te breken. Er zijn micro-organismen die zich hebben gespecialiseerd om deze stoffen af te breken zonder zuurstof. Die micro-organismen kunnen zelfs geen zuurstof verdragen, bij aanwezigheid van zuurstof gaan ze dood. Ze worden **anaerobe bacteriën** genoemd. (Anaeroob betekent: niet belucht.)

28. Vraag

Wat heeft beluchten met zuurstof te maken? Leg uit.

Anaerobe bacteriën hebben als nadeel dat ze erg langzaam groeien, maar dat kan ook een voordeel zijn. Voor het volgende experiment heb je anaerobe bacteriën nodig. Deze bevinden zich in anaeroob slib, dit vind je in de bodem van een sloot of het komt uit een anaerobe reactor van een waterzuiveringsinstallatie.

Je gaat een experiment uitvoeren waarin anaerobe afbraak van organische stof plaatsvindt. We volgen de afbraak van zetmeel, een stof die in jouw synthetisch afvalwater aanwezig is.

Bij aerobe afbraak van koolhydraten (met zuurstof) ontstaan alleen CO_2 en H_2O . Bij anaerobe afbraak van koolhydraten (zonder zuurstof) ontstaan melkzuur, alcohol of methaan, en CO_2 .

Eiwitten bevatten ook Stikstof en een beetje Zwavel. Als dit in je afvalwater zit, kunnen ook ammoniak en waterstofsulfide ontstaan. Deze gassen zijn giftig en moeten met zorg worden afgevoerd.

Voor het experiment heb je water nodig dat volledig zuurstofloos is. Zuurstof is een gas, dat oplost in water. Maar bij hoge temperatuur lost er veel minder zuurstof op dan bij lagere temperatuur. In kokend water lost helemaal geen zuurstof op.

29. Vraag

Hoe maak je zuurstofloos water waarin bacteriën kunnen leven?

Je hebt dan anaeroob water. Aan jouw afvalwater voegen we de anaerobe bacteriën toe die afkomstig zijn uit een anaerobe waterzuiveringsinstallatie.

Experimenten 30 en 31 voer je uit bij kamertemperatuur.

30. Practicum: anaerobe zuivering van afvalwater - afbraak van zetmeel

Vraagstelling

Kan zetmeel worden verwijderd door anaerobe bacteriën? Welke producten ontstaan er dan?

Hypothese

Zetmeel kan worden verwijderd door anaerobe zuivering. Dat blijkt uit diverse bronnen. Er ontstaan dan methaan (CH_4) en CO_2 , omdat zetmeel een koolhydraat is (dat dus uit C, H en O is opgebouwd).

Materiaal

- 5 mL anaeroob slib (afkomstig van een RWZI of AWZI, of uit drab uit een sloot).
- erlenmeyer van 1 liter, voorzien van een goed afsluitende doorboorde stop met slang. In deze erlenmeyer bevindt zich 500 mL gekookte zetmeeloplossing 0,5 % op kamertemperatuur, waaraan 10 gram natriumbicarbonaat (NaHCO_3) is toegevoegd om de zuurgraad op ca. 6,5 te houden.

- maatcilinder van 500 mL om het gevormde methaangas in op te vangen.
- monsternamespuit met slang.

Opstelling

Figuur 41: opstelling voor verzamelen van gas uit een erlenmeyer.

Werkwijze

Bouw de opstelling die in figuur 41 is aangegeven, zet de omgekeerde maatcilinder vast met een vingerklem aan een statief.

Vul een erlenmeyer met “afvalwater”: een gekookte 0,5% zetmeeloplossing toe die een pH tussen 6,5 en 7,5 heeft. ■

Voeg 5 mL anaeroob slib toe (hierna handen wassen!) De erlenmeyer niet schudden. Sluit de erlenmeyer met een goed passende stop met doorvoerbuis, waaraan een slang is bevestigd. Het uiteinde van de slang ligt in de onder water geplaatste opening van een omgekeerde maatcilinder, die gevuld is met water.

Door de maatverdeling op de maatcilinder is in iedere tussenstap de hoeveelheid geproduceerd gas af te lezen. Houd dit bij in een tabel. De hoeveelheid gas kan ook afgelezen worden met het programma Coach.

Meet de hoeveelheid methaan na 1, 2, 3 en 24 uur door de maatstreepjes van de omgekeerde maatcilinder af te lezen of volg de gasontwikkeling via het computermeetprogramma Coach 5.

Haal met een pasteurpipet een beetje afvalwater uit de erlenmeyer. Doe een druppel op het witte testplaatje. Voeg een druppel jood (oplossing van I_2 in KI-oplossing) toe: paarskleuring is positief (zetmeel aanwezig), geelbruin negatief.

(Extra: neem een monster van het gas uit de omgekeerde maatcilinder met de spuit voorzien van een slang en een afsluiter. Toon de vorming van methaangas aan door er een vlammetje bij te houden, terwijl de spuit langzaam wordt leeg gedrukt. Let op: brandgevaar!)

Resultaten

Zet je resultaten uit in grafieken.

Conclusie

Is de hypothese juist?

Discussie

Wat kan er eventueel verbeterd worden? Suggesties voor nader onderzoek.

31. Practicum: anaerobe zuivering van afvalwater - nitraat

Vraagstelling

Kan het nitraat dat in jouw afvalwater zit, worden verwijderd door anaerobe bacteriën? Welke producten ontstaan er dan?

Hypothese

Nitraat kan anaeroob verwijderd worden. Er ontstaat dan stikstofgas.

Materiaal

Zie practicum 30. Alleen niet 0,5% zetmeeloplossing, maar 0,05%. Bacteriën hebben dit nodig als voedsel, maar ze moeten niet teveel hebben. Het nitraatgehalte moet ca. 0,5 gewichts% zijn, los daarvoor het zout natriumnitraat (NaNO_3) op in de zetmeeloplossing. Bereken zelf hoeveel NaNO_3 moet worden opgelost in 500 mL zetmeeloplossing om een oplossing met 0,5 gewichts% NaNO_3 te krijgen.

Werkwijze

1. Meet het nitraatgehalte vóór de toevoeging van het slib met behulp van de visicolor ECO Nitraat bepaling, noteer deze meetwaarde in je labjournaal.
2. Vul beide maatglazen met 5 mL van het monsterwater. Plaats een maatglas in stand A van de comparateur.
3. Voeg 5 druppels NO_3^- -1 toe, sluit het glas en meng.
4. Voeg 1 maatlepeltje NO_3^- - 2 toe, sluit het glas en schud onmiddellijk 1 minuut.
5. Open na 5 minuten het glas en zet het in stand B van de comparateur.
6. Verschuif de comparateur over de kleurenkaart tot je dezelfde kleur ziet van bovenaf gezien door het glas. Lees de meetwaarde in de uitsparing van de comparateur tong.
7. Na gebruik beide maatglazen grondig spoelen en sluiten.

Vul een erlenmeyer van 500 mL met “afvalwater”. Voeg 5 mL anaeroob slib toe (hierna handen wassen!) De erlenmeyer niet schudden!

Voer na 1 uur weer de nitraattest uit. Na 2 uur weer. Evt. vaker met langere tussenpozen.

Resultaten

.....

Conclusie

.....

Discussie

.....

Waterzuivering met zuurstof

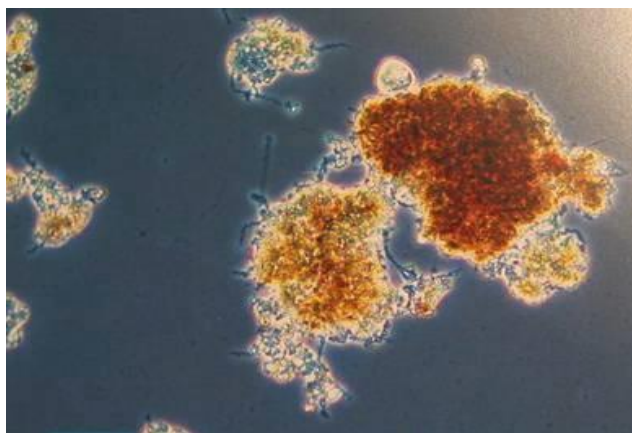
Er zijn ook micro-organismen die de opgeloste organische stoffen kunnen afbreken maar dan alleen als er zuurstof in het water aanwezig is. De omstandigheden van deze afbraak noemen we aeroob.

32. Opdracht

- Noem 2 organische stoffen die opgelost zijn in huishoudelijk afvalwater en die als voedsel kunnen dienen voor micro-organismen. (Hint: denk aan afwaswater van borden met jamklodders en aan kookwater van aardappels.)
- Welke omzettingsproducten kun je daarbij krijgen?
- Welke organische stoffen krijg je via de wc in je afvalwater?
- In welk deel van de RWZI gebeurt dit deel van de zuivering?
- Noem 2 problemen die kunnen ontstaan als de afbraak van organische stoffen door micro-organismen ongeremd gebeurt. Zie ook Inleiding en paragraaf 2.2.
- Micro-organismen hebben zuurstof nodig bij de omzetting van die organische stoffen. Als er veel organische stoffen in het water aanwezig zijn die worden afgebroken door micro-organismen, wat gebeurt er dan dus met de hoeveelheid zuurstof in het water?
- Wat heeft dat voor gevolgen voor het waterleven? Zie bijlage 2 Achtergrondinformatie ecosystemen en bijlage 3 Achtergrondinformatie fotosynthese.

In figuur 42 is zo'n kluitje micro-organismen te zien. Dit kluitje is in werkelijkheid een slibvlok met een grootte van ca. 1 mm.

Ammonium (NH_4^+) uit urine kan uit afvalwater verwijderd worden bij aerobe omstandigheden. Door O_2 in het water te brengen zetten micro-organismen het ammonium om in nitriet en nitraat. Zo ook met ureum.



Figuur 42: actief slibvlok. Bron:

<http://users.telenet.be/camus/HKJ/ICT%20Bio/4%20Schoonmaakploeg.htm>

33. Practicum: biologische zuivering

Bedenk met behulp van onderstaande materialenlijst zelf een experiment met biologische zuivering.

Je krijgt de volgende materialen ter beschikking.

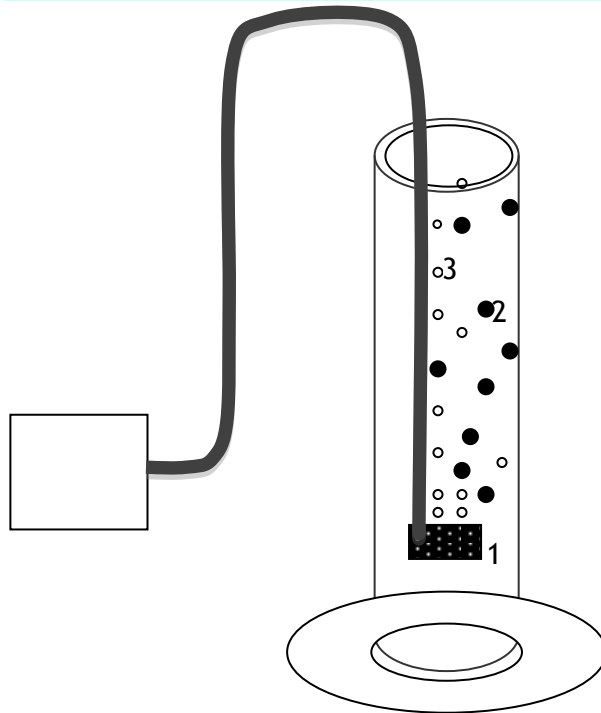
Let op: maak een keuze uit deze materialen voor jouw experiment, je hebt niet alles nodig wat in deze materialenlijst staat!

Materialenlijst:

- 5 mL slib (afkomstig van bijvoorbeeld een RWZI - dit kan sommige omzettingen aeroob en andere anaeroob doen - raadpleeg je verslag van de excursie naar de RWZI)
- evt. 5 mL anaeroob slib (bijvoorbeeld afkomstig van een desah project)
- erlenmeijer van 1 liter, voorzien van een goed afsluitende doorboorde stop met slang. In deze erlenmeyer bevindt zich 500 mL gekookte zetmeeloplossing 0,5 % op kamertemperatuur (gekookt = zuurstofloos) op kamertemperatuur, dat is gebufferd op pH = 6,5 met een bicarbonaatbuffer
- maatcilinder van 500 mL om het gevormde methaangas in op te vangen
- erlenmeyer met 1 liter nitraatoplossing (0,4%) met hieraan toegevoegd 0,05% zetmeel en een spoortje fosfaat
- erlenmeyer met 1 liter ureumoplossing met 0,05% zetmeel en een spoortje fosfaat
- monsternamespuit met slang
- jodiumoplossing voor bepaling van het zetmeelgehalte (bruinzwart houdt in aanwezigheid van zetmeel, geelbruin houdt in dat er geen zetmeel aanwezig is)
- visicolor nitraat test:
 1. Vul beide maatglazen met 5 mL van het monsterwater. Plaats een maatglas in stand A van de comparateur.
 2. Voeg 5 druppels NO₃ -1 toe, sluit het glas en meng.
 3. Voeg 1 maatlepeltje NO₃ - 2 toe, sluit het glas en schud onmiddellijk 1 minuut.
 4. Open na 5 minuten het glas en zet het in stand B van de comparateur.
 5. Verschuif de comparateur over de kleurenkaart tot je dezelfde kleur ziet van bovenaf gezien door het glas. Lees de meetwaarde in de uitsparing van de comparateur tong.
 6. Na gebruik beide maatglazen grondig spoelen en sluiten.
- beluchtungssteentje met aquariumpompje.

Bedenk nu zelf een vraagstelling, hypothese en werkwijze. Laat dit controleren door je docent. Voer dan je experiment uit. Noteer de resultaten, trek de conclusie en bespreek in de discussie wat er eventueel beter had gekund en welke suggesties je hebt voor nader onderzoek.

De proefopstelling in figuur 43 is geschikt voor een experiment met aerobe bacteriën.



Figuur 43: standglas met beluchting.

1. beluchtingssteentje
2. actief slibvlok
3. luchtbel

34. Opdracht

- a. Wat is de structuurformule van ureum en hoe komt ureum in het afvalwater terecht? Zoek het antwoord op internet!
- b. Waarom moet het beluchtingssteentje op de bodem liggen? Is gewoon contact maken met water niet genoeg?

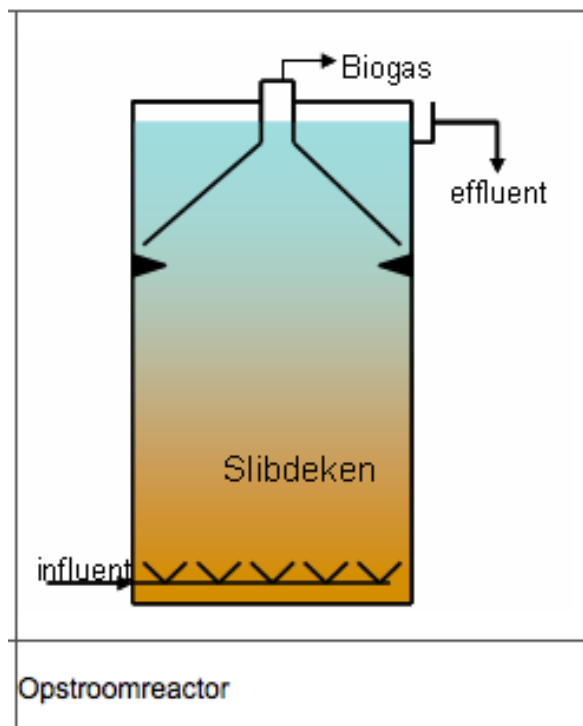
6.3 Verdieping Bacteriën: UASB reactor

In de waterzuivering wordt anaeroob slib vaak toegepast onder de naam **UASB: Upflow Anaerobic Sludge Bed**. Je weet inmiddels wat anaeroob betekent. **Sludge** is slib. De bacteriën in het slib zetten organische stoffen om in voornamelijk methaan, kooldioxide en water. **Upflow** houdt in dat het afvalwater van onder naar boven door een reactor stroomt. Daardoor worden de slibkorrels in suspensie gehouden of uitgespoeld. Zo blijven alleen de goed bezinkbare slibkorrels over. Bacteriën die niet klonteren worden met de waterstroom mee afgevoerd uit de reactorruimte. Op die manier selecteer je dus specialisten met de gewenste eigenschappen (methaanvorming en juiste bezinking).

Boven in de reactor zit een 3-fasenscheider om gas, vloeistof en vaste delen van elkaar te scheiden. Het gevormde biogas kan worden opgevangen in een gashouder en als brandstof dienen.

35. Vraag

- Beschrijf met gebruik van figuur 44 in eigen woorden hoe een UASB reactor werkt.
- Welke schadelijke stof zou er in het biogas kunnen zitten?
- Noem 3 punten waar op gelet moet worden om het proces gaande te houden.
- Bedenk hoe je zelf een UASB opstelling zou kunnen bouwen op school. Hoe zou je de gevormde gassen kunnen opvangen en gebruiken?



Figuur 44: de UASB-reactor. Bron: <http://www.emis.vito.be/anaerobe-biologische-afvalwaterzuivering>

Anammox-proces

Een manier om ammonium samen met nitriet uit afvalwater te verwijderen is kortgeleden ontwikkeld: via het **anammox proces** kan nitriet samen met ammonium door micro-organismen worden omgezet in N_2 -gas. In de tabel van figuur 45 zie je een overzicht van hoe verschillende stoffen door verschillende bacteriën afgebroken kunnen worden.

Figuur 45: overzicht bacteriën en omzettingen.

Stoffen in afvalwater	O ₂ -behoefte	Proces	Eindproduct	Soort micro-organismen
Suiker (koolhydraten)	O ₂	Aerobe omzetting	CO ₂ + H ₂ O	Gisten, bacteriën
Ammonium (NH ₄ ⁺)	O ₂	Nitrificeren	NO ₂ ⁻ , NO ₃ ⁻	Nitrificerende bacteriën
Nitriet (NO ₂ ⁻), nitraat (NO ₃ ⁻)	geen	Denitrificeren	N ₂ , H ₂ O	Denitrificerende bacteriën
Nitriet en ammonium	geen	Anammox	N ₂ , H ₂ O	Anammox-bacteriën
Suiker, zetmeel (koolhydraten)	geen	(Alcohol)gisting	Ethanol, CO ₂	Bakkersgist
Melksuiker	geen	Melkzuurgisting	Melkzuur en acetylazijnzuur	Melkzuurbacteriën
Sulfaat	geen	Sulfaatreductie, biologische ontzwaveling	S, S ²⁻	Sulfaatreducerende bacteriën, Zwavelbacteriën

36. Vraag

- Wat moet er in het water zitten om bacteriën de omzetting van ammonium naar nitriet en nitraat te laten doen?
- Wat moet er in het water zitten om te zorgen dat bacteriën nitraat verwijderen?
- Voor de Anammox reactie zijn zowel ammonium als nitriet nodig. Als koolstofhoudende voeding wordt methanol of ethanol gebruikt. Verklaar waarom juist deze koolstofhoudende voeding gebruikt wordt.

37. Opdracht

Zoek op internet wat de verschillen zijn tussen aeroob en anaeroob slib en zet deze in een tabel. Let daarbij op de volgende aspecten:

- Welke verwerking kost meer energie?
- Welk slib groeit sneller?
- Wat heeft dat voor consequenties voor de kosten van de verwerking van het teveel aan slib?
- Welke verwerking vraagt meer toezicht en onderhoud?
- Welk slib kan langer zonder voedsel?
- Welke eisen worden er gesteld aan de omstandigheden (temperatuur, pH)?
- Voor welke omzettingen kan welk slib zorgen?

Samenvatting van hoofdstuk 6

Biologisch afbreekbare stoffen zijn stoffen die door micro-organismen zoals bacteriën kunnen worden afgebroken. Er zijn bacteriën die alleen stoffen kunnen afbreken als er voldoende zuurstof in hun omgeving aanwezig is, deze bacteriën worden aerobe bacteriën genoemd. Er zijn ook bacteriën die zich hebben gespecialiseerd in het afbreken van organische stoffen in een omgeving waar geen zuurstof aanwezig is. Een voorbeeld van de laatste omstandigheid is slootmodder (slijk).

De zuurstof die de aerobe bacteriën nodig hebben voor afbraak van organische stoffen, wordt in het water gebracht door beluchters. Om water te beluchten is enorm veel energie nodig. Om te weten te komen hoeveel zuurstof bacteriën nodig hebben, is van veel organische stoffen in het laboratorium vastgesteld hoeveel zuurstof voor die stoffen nodig is om ze volledig te verbranden tot water en koolzuur. Je kunt dus een hoeveelheid organische stof uitdrukken in een zuurstofverbruik. Dit kan vastgesteld zijn met behulp van micro-organismen, dan wordt het zuurstofverbruik het Biologisch Zuurstofverbruik genoemd (afgekort BZV). Veel stoffen in afvalwater (zoals eiwitten) bevatten het element stikstof. Bij de aerobe afbraak van deze stoffen komt nitraat vrij. Dit is een voedingsstof voor planten, dus ook algen. Water waarin veel nitraat aanwezig is zal het ecosysteem van oppervlaktewater ernstig verstoren, dat uit zich in bovenmatige algengroei. Gelukkig kan nitraat in omstandigheden zonder zuurstof door micro-organismen worden omgezet in het ongevaarlijke en algemeen in lucht voorkomende stikstofgas. Stikstofgas kan weer door allerlei planten en bomen worden omgezet in eiwitten. Van eiwit via nitraat naar stikstof en dan weer naar eiwit wordt de stikstofkringloop genoemd.

7 Fysisch-chemische zuivering (stap 4)

Deze 4^e zuiveringsstap heet fysisch-chemische zuivering. Het chemische aspect is de toevoeging van chemische stoffen die een reactie vertonen met de vervuiling, meestal is dat de **vorming van een neerslag**. Het fysische aspect (fysisch = natuurkundig) is de **afscheiding** van de neergeslagen verontreiniging uit het water door bezinken, filtreren of floteren.

Na bestudering van dit hoofdstuk:

- weet je wat fysisch-chemische zuivering inhoudt
- kun je alternatieve chemicaliën opzoeken om allerlei positieve en negatieve ionen uit afvalwater te verwijderen
- kun je berekenen hoeveel chemicaliën je per liter afvalwater nodig hebt om een gegeven fosfaatconcentratie als neerslag te verwijderen
- kun je uitleggen welke toevoeging aan afvalwater nodig is om het te “polishen” (= eindzuiveren) .

Zoals je in hoofdstuk 6 gezien hebt, zorgen bacteriën voor de verwijdering van veel stoffen in je afvalwater. Maar het kan zijn, dat het water nog niet voldoet aan de lozingseisen genoemd in paragraaf 6.1. Dan moeten chemicaliën toegevoegd worden voor verdere zuivering. Fosfaten die zich in het afvalwater bevinden kunnen er met behulp van bacteriën uit gehaald worden. In de meeste RWZI's wordt fosfaat echter chemisch uit het afvalwater gehaald.

7.1 Chemische defosfatering

Wat je kunt en kent als je deze paragraaf goed hebt doorgewerkt:

- je kent de betekenis van de volgende woorden: ionen, demiwater, oplosbaarheid, reagens, tegenionen, neerslag, defosfatering, filtreren, residu, filtraat
- je past bovenstaande woorden toe om de processen die plaatsvinden tijdens het zuiveren van water, uit te leggen en te beschrijven.

38. Introductievraag

- a. Wat is een ion?
- b. Er zijn 3 soorten ionen. Welke zijn dat?
- c. Uit welke ionen bestaan de volgende zouten: keukenzout, ijzerfosfaat, ammoniumsulfaat, zuiveringszout? Als je de scheikundige formule van een zout niet weet, zoek dat dan op in je scheikundeboek, of in Binas bijvoorbeeld tabel 45A of tabel 66A en B.
- d. Wat gebeurt er met de keukenzoutdeeltjes als keukenzout oplost in water? Leg uit.

- e. Huishoudelijk afvalwater bevat ionen. Noem 3 ionen die zeker in huishoudelijk afvalwater voorkomen.
- f. Waarom moet de te testen oplossing een heldere oplossing zijn?

Voor de proeven in dit hoofdstuk krijg je als afvalwater een oplossing van natriumfosfaat in demiwater (= gedemineraliseerd water). Je voert de verwijdering van fosfaationen (=defosfatering) zelf uit.

Je kunt afvalwater testen op de aanwezigheid van fosfaationen, zie Binastabel 45A (Binas 5^e druk) of bijlage 6. In de test maak je gebruik van de slechte oplosbaarheid van fosfaationen samen met bijvoorbeeld ijzerionen (Fe^{3+}). In deze tabel staat aangegeven welke ionen de testvloeistof (het reagens genoemd) moet bevatten. Bij zo'n test op ionen kun je volstaan met een paar (2 à 3) druppels reagens.

In dit onderdeel ga je fosfaationen door middel van een neerslag afscheiden uit een heldere oplossing.

39. Practicum: fosfaat verwijderen (op fysisch-chemische wijze)

Voor het afscheiden van fosfaationen maak je gebruik van de eigenschap van fosfaationen, die in Binastabel 45A is te vinden. Zie ook de bijlage 5 en 6.

Vraagstelling

Hoe kunnen fosfaationen verwijderd worden uit een oplossing van natriumfosfaat?

Hypothese

- Schrijf eerst de kloppende reactievergelijking op van fosfaat met $\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$.
- Bereken ook de molmassa's van natriumfosfaat en ijzer(III)chloride.
- Bereken met een molberekening of de opgegeven hoeveelheden van natriumfosfaat en ijzer(III)chloride in de juiste massaverhouding met elkaar zijn, of dat er van één een overmaat is.
- Bereken hoeveel ijzerfosfaat je verwacht af te scheiden.
- Formuleer nu zelf een hypothese.

Materiaal

- 0,2 gram natriumfosfaat (Na_3PO_4)
- 0,2 gram ijzer(III)chloride (FeCl_3)
- demiwater
- horlogeglas
- pipet
- filter
- roerstaafje
- reageerbuizen.

Werkwijze

1. Zoek de gevaren van het werken met natriumfosfaat en ijzer(III)chloride en de te nemen maatregelen op en noteer die. (Internetopdracht, mind-map bijwerken.)
2. Weeg ca. 0,2 gram natriumfosfaat af op een horlogeglas of een weegpapiertje en los die hoeveelheid op in 5 mL demiwater in een reageerbuis.
3. Weeg ca. 0,3 gram FeCl_3 af op een horlogeglas, en los die hoeveelheid op in een 2 mL demiwater in een reageerbuis. Verwarm het water tijdens het oplossen om dit sneller te laten verlopen.
4. Voeg de 2 mL FeCl_3 -oplossing druppelsgewijs met een pipetje bij de natriumfosfaatoplossing. Kijk bij iedere toegevoegde druppel wat er in de natriumfosfaatoplossing is te zien.
5. Laat de suspensie 15 minuten staan, roer de ontstane suspensie een aantal malen heel langzaam. Snel roeren maakt de gesuspendeerde deeltjes kapot, en langzaam roeren bevordert het groter worden van de deeltjes, zodat het filter niet verstopt raakt.
6. Filtreer de ontstane ijzerfosfaatsuspensie, droog deze en bepaal de massa ervan door weging.

Resultaten

De resultaten noteer je als antwoorden op de volgende vragen:

- a. Wat neem je waar nadat de ijzer(III)chloride-oplossing is toegevoegd aan de natriumfosfaatoplossing?
- b. Wat is in dit experiment het reagens op fosfaationen?
- c. Welke ionen blijven in de oplossing als opgeloste ionen?
- d. Welke onoplosbare stof ontstaat na het toevoegen van ijzer(III)chloride-oplossing aan de natriumfosfaatoplossing?
- e. Bepaal door weging hoeveel gram van deze onoplosbare stof er na affiltreren en drogen van deze stof er is gevormd.
- f. Wat is het effect van het filtreren op de helderheid van de natriumfosfaatoplossing, waarmee je dit experiment begon?
- g. Welke stof(fen) blijft/blijven over na het volledig indampen van het filtraat?
- h. Maak een tekening van de dwarsdoorsnede van een filter, waarvan de gaten duidelijk zichtbaar zijn. Vergelijk met behulp van de tekening het filteren van een suspensie met kleine deeltjes (die nog juist door het filter worden tegengehouden) met de filtratie van een suspensie met ongeveer 4x zo grote deeltjes. Geef de weg aan die het water aflegt tussen de deeltjes door, en door de gaten in het filter.

Conclusie

Klopt je hypothese?

Discussie

Wat kun je uit dit experiment leren over de zuivering van afvalwater?

Wat is er eventueel mis gegaan? Welke suggesties heb je voor nader onderzoek?

7.2 Fysisch-chemische zuivering van afvalwater

Nu je het experiment met een oplossing van natriumfosfaat hebt uitgevoerd, ga je de aanwezige ionen in je afvalwater neerslaan. Je weet niet precies welke ionen er nog in zitten. Er kunnen als negatieve ionen fosfaat, maar mogelijk ook sulfaat in het afvalwater aanwezig zijn. Er kunnen ook positieve ionen aanwezig zijn. Als het gezuiverde water opnieuw moet worden gebruikt zijn bijvoorbeeld calcium-, magnesium-, ijzer-, zink-, nikkel-, koper- en aluminium-ionen ongewenst. Je afvalwater is helder, want de voorgaande stappen van de zuivering zijn al doorlopen. Zoek in Binastabel 45A (Zie Binas of bijlage 6) op met welke ionen de ionen die in je afvalwater kunnen zitten, een neerslag vormen. Deze ionen worden “tegenionen” genoemd. Kies een negatief geladen tegenion zodanig dat de meeste positieve metaalionen ermee neerslaan. Hetzelfde doe je met de positieve tegenionen.

Maak een combinatie van de positieve en negatieve tegenionen als goed oplosbaar zout.

40. Vraag

- Welke ijzerconcentratie tref je aan in een oplossing die 0,2 g ijzertrichloride in 2 mL demiwater bevat?
- Welk zout kun je toevoegen aan je afvalwater om bijna alle metaalionen neer te slaan, zodat je ze kunt verwijderen uit het afvalwater?
- Wat zal er gedaan worden met het neerslag, dat bij fysisch-chemische zuivering wordt verkregen (fosfaatslib en metaalslib)?
- Wat betekent dit voor de kosten van de zuivering?

7.3 Verdieping: programma meer - kringlopen

In het programma Meer 2.0 is het mogelijk om het effect van de verwijdering van overtollige zouten zoals nitraat en fosfaat op de micro-organismen en de waterkwaliteit na te gaan.

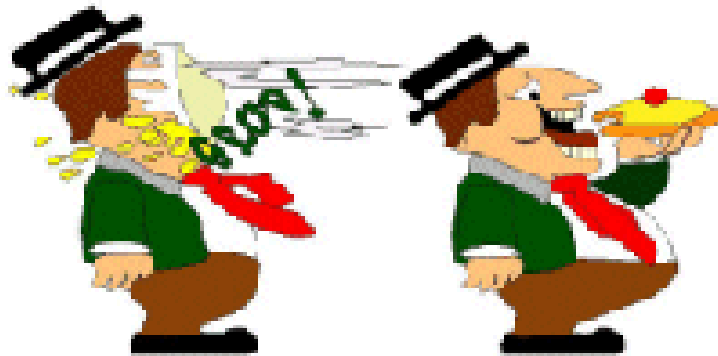
Stel zelf een onderzoeksvraag op en een hypothese en werk het onderzoek af volgens de natuurwetenschappelijke methode.

7.4 Eindbewerking: polishing

Wat je kunt en kent als je deze paragraaf goed hebt doorgewerkt:

- je kent de betekenis van de volgende woorden: absorptie, adsorptie, actieve kool, polishing
- je past bovenstaande woorden toe om de processen die plaatsvinden tijdens het zuiveren van water, uit te leggen en te beschrijven.

Adsorptie versus Absorptie

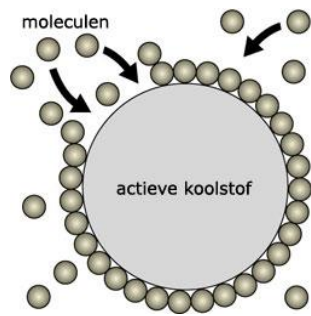


Figuur 46: adsorptie versus absorptie.

Inmiddels heb je heel wat zuiveringstechnieken onderzocht. Mogelijk is het water inmiddels schoon genoeg om op het oppervlaktewater geloosd te worden. Dan ben je dus klaar. Maar het is ook mogelijk dat het water toch nog niet helder genoeg is, bijvoorbeeld omdat er in de vorige zuiveringsstappen plotseling iets mis ging, of omdat stoffen moeilijk afbreekbaar zijn of op een andere manier te verwijderen. Een voorbeeld is humuszuren. Zie hoofdstuk 2 voor de gevolgen voor het waterleven wanneer het water te troebel is. Vooral kleurstoffen zijn lastig te verwijderen. Behalve dat deze voor troebeling van het water kunnen zorgen, kunnen ze ook giftig zijn. In dat geval is er nog een laatste stap nodig: adsorptie aan actieve kool.

41. Introductievraag

- Wat is adsorptie?
- Wat is absorptie?
- Noem twee manieren om betere adsorptie te krijgen.
- Wat wordt bedoeld met “actieve kool”?
- Waardoor is actieve kool zo geschikt als adsorptiemedium?
- Noem 3 verschillende stoffen die aan actieve kool kunnen adsorberen.
- Hoe wordt van deze eigenschap gebruik gemaakt als je iets verkeerd hebt gegeten?



Figuur 47: adsorptie aan actief kool

6. Achtergrondinformatie: adsorptie aan actief kool

Bij adsorptie wordt een oplosbare stof uit het water gehaald door middel van een vaste stof. De oplosbare stof hecht aan het oppervlak van de vaste stof. Hoe groter het oppervlak van de vaste stof, hoe meer hechting er dus is.

Let op: er is een verschil tussen **adsorptie** en **absorptie**. Bij adsorptie hechten de moleculen zich aan de buitenkant van het adsorptiemateriaal. Bij absorptie dringen de moleculen het materiaal binnen. Keukenpapier absorbeert dus water. Norit ontkleurt water door de kleurstoffen te adsorberen.

Oppervlaktevergroting is dus een manier om meer adsorptie te krijgen. Een andere manier is om de stoffen langer met elkaar in contact te brengen. Hoe langer de verblijftijd van de oplossing in het medium met de adsorberende stof, hoe meer adsorptie.

Hiervoor wordt actieve kool gebruikt. Door de speciale manier waarop actieve kool wordt geproduceerd, heeft het een zeer groot intern oppervlak (waarden van 500 - 1500 m²/g zijn normaal). En het oppervlak heeft plekken met hydrofiele en plekken met hydrofobe eigenschappen. Daardoor is actieve kool dus ideaal voor adsorptie.

Bron: <http://www.lenntech.nl/aktief-kool-poeder.htm>

42. Practicum: de werking van actieve kool testen

Actieve kool wordt gebruikt als (laatste) stap in het proces van waterzuivering. Dat ga je testen in het volgende experiment.

Vraagstelling

Krijg je schoner water na toevoeging van actief koolstof of na toevoeging van koolstofpoeder aan vervuild water?

Hypothese

.....

Materiaal

- vervuild water
- 2 bekerglazen
- actief kool poeder
- filterpapier
- koolstofpoeder
- ogen en neus voor waarnemingen.

Werkwijze

Voeg aan vervuild water wat koolstofpoeder toe, meng het goed, laat enige tijd staan en filtreer dit.

Ga na of de kleur en de geur verandert na toevoeging van de koolstofpoeder.

Laat het vervuilde water door een filter lopen.

Herhaal 1 maar nu met poeder van actieve kool en laat ook dit vervuilde water door een filter lopen.

Vergelijk de twee filtraten.

Resultaten

.....

Conclusie

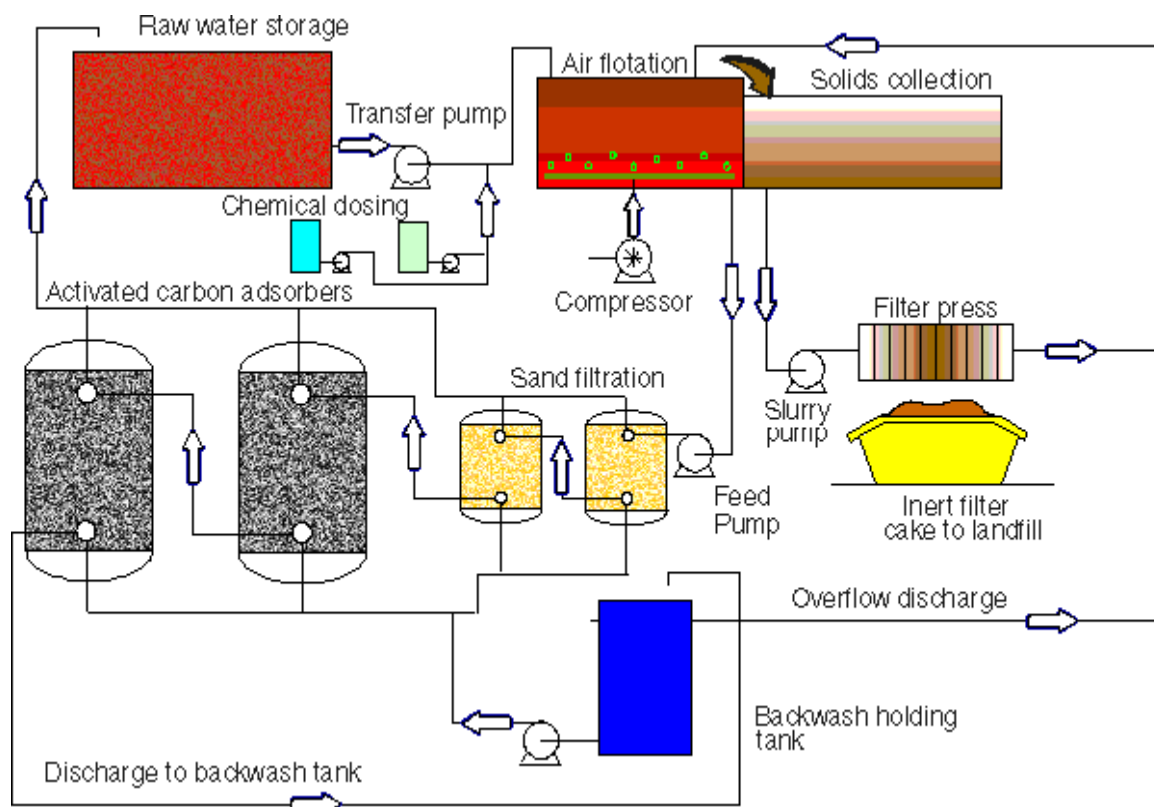
Klopt je hypothese?

Discussie

Verklaar de uitkomsten van de verschillende onderdelen. Is de vraagstelling beantwoord? Welke nieuwe vragen kun je stellen aan de hand van je onderzoek?

Verwerkende opdrachten

- a. Onderzoek hoe actieve kool wordt toegepast bij waterzuivering.
Internetopdracht, mind-map bijwerken
- b. Welke andere toepassingen zijn er van actieve kool?
- c. Hoe kan actief kool hergebruikt worden?
- d. Hoe wordt actieve koolfiltratie gecombineerd met andere manieren van filtratie?
- e. Welke toegevoegde waarde heeft de actieve koolfiltratie in deze gevallen?
- f. Geef een beschrijving van het hele zuiveringsproces van de installatie in figuur 48.
- g. Welke verschillende zuiveringstechnieken worden er toegepast?



Figuur 48: schema van een installatie voor de fysisch/chemisch zuivering van afvalwater. Hierin worden verschillende technieken toegepast: DAF, zandfiltratie, actieve kool filtratie. Bron: <http://www.lenntech.nl/aktief-kool-poeder.htm>

Procesbeschrijving

Actieve kool zit in een kolom waar het water van boven wordt ingepompt en verlaat de kolom via de bodem. De werking van actieve kool filters is afhankelijk van de temperatuur en van de te adsorberen componenten. Het water heeft een continue doorstroom door de kolom waardoor het filter periodiek zal moeten worden vervangen. Het gebruikte actieve kool kan geregenereerd worden op verschillende manieren. Een van de manieren is het terugwassen met stoom, na het wassen kan de actieve kool weer worden gebruikt, de efficiëntie neemt wel met 5-10% af en tevens verkruidt er ook een deel van het kool. Door met kolommen in serie te werken kun je tegengaan dat er een complete uitputting van een van de kolommen plaatsvindt.

7.5 Verdieping: fysisch-chemische zuivering

Een steeds groter probleem wordt het voorkomen van medicijnresten in afvalwater. Wanneer iemand behandeld wordt met radio-actieve stoffen, moeten ontlasting en urine gescheiden verzameld worden om vervuiling hiermee zoveel mogelijk tegen te gaan. Maar veel andere medicijnresten worden gewoon met ontlasting en urine weggespoeld. Denk bijvoorbeeld

aan de hormonen in de pil. Maar ook slaap- en kalmeringsmiddelen worden steeds meer gebruikt, evenals pijnbestrijders.

Dat heeft steeds grotere gevolgen voor het ecosysteem. Bij Zwolle wordt een speciale zuiveringsinstallatie gebouwd om medicijnresten af te breken.

Opdracht: Onderzoek welke medicijnresten het meest voorkomen (internetopdracht, mind-map bijwerken), wat hun invloed is op het ecosysteem, en welke maatregelen genomen kunnen worden om deze resten af te breken. Onderzoek ook welke maatregelen genomen kunnen worden om zoveel mogelijk te voorkomen dat medicijnresten in een RWZI terechtkomen.

Samenvatting van hoofdstuk 7

Na al de zuiveringsstappen van de vorige hoofdstukken is het afvalwater al aardig helder en schoon. Er zitten echter vaak nog opgeloste zouten in, die voedingsstoffen zijn voor algen in oppervlaktewater. Fosfaat is een van de belangrijkste zouten. Gelukkig kan door toevoeging van ijzer(III)zouten het fosfaat als ijzer(III)fosfaat worden verwijderd. Dit wordt chemische defosfatering genoemd. Omdat de ijzer(III)fosfaatdeeltjes door flotatie of bezinking uit het bijna schone afvalwater worden afgescheiden, wordt deze bewerking fysisch-chemische zuivering genoemd.

Als je de scheikundige reactie weet van een goed oplosbaar ijzer(III)zout met fosfaat, dan kun je via een molberekening bij een bepaalde fosfaatconcentratie precies uitrekenen hoeveel van het ijzer(III)zout nodig is per liter te reinigen water.

Een steeds groter probleem vormen de medicijnen, die in het afvalwater zitten. Om die uit het water te halen is een laatste zuiveringsstap nodig, die tevens een verzekering biedt voor eventuele calamiteiten met de toevoeging van chemicaliën tijdens het zuiveringsproces. Deze laatste zuiveringsstap is de dosering van actieve kool. Actieve kool deeltjes hebben een enorm groot oppervlak (de houtskool wordt aan een klein beetje zuurstof en waterdamp bij hoge temperatuur blootgesteld en dan ontstaan er ontelbare breukvlakjes in de koolbrokjes. Deze geven de kool een enorm groot oppervlak.) Medicijnresten hechten gemakkelijk aan het oppervlak van actieve kool. Dit aanhechten heet adsorptie. De actieve kool brokjes worden in een filter opgesloten waar dan het afvalwater doorheen wordt geleid of het wordt als poeder aan het afvalwater toegevoegd. Het poeder bezinkt en wordt in de tank gepompt waar de biologische zuivering plaatsvindt. Het mengt zich daar met het bacterieslib. Het teveel aan bacterieslib wordt door bezinking afgescheiden en ontwaterd en daarna verbrand. Het bacterieslib wordt actief slib genoemd.

8 Afsluiting

Eindopdracht/testopdracht: een afvalwater zuiveren, dat door de T.O.A./docent wordt samengesteld en aan de leerlingen verstrekt. In plaats hiervan kan ook gekozen worden voor een presentatie over een gekozen verdiepingsopdracht.

Bronnen

1. Afkoppelwinkel.nl,
<http://www.afkoppelwinkel.nl/riolering/geschiedenis/geschiedenis.html>
2. RioNED, <http://www.riool.info>
3. Lenntech, Water Treatment Solutions,
<http://www.lenntech.com/water-riolering-faq.htm>
4. Friesland leeft met water,
http://www.frieslandleeftmetwater.nl/download.asp?link='/files/26829/Bijlage_Wetterskip_Beslisnota.pdf&linkID=175217
5. Helpdesk water, http://www.helpdeskwater.nl/water-ruimte/ecologie_maatregelen/ingreep_in_de_chemie/externe/
6. Radboud Universiteit,
www.eco.science.ru.nl/mibiol/Art%20LL/Lamers%20et%20al%202004%20OBN%20laagven
7. Stowa, Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer,
http://www.stowa.nl/uploads/publicaties2/mID_4924_cID_3914_84286683_STOWA%202007%2025.pdf, Inventarisatie roosters en zeven
8. Informatiefolder DeSaH Sneek, samenwerking tussen o.a. Wetsus, Landustrie, gemeente Sneek

Bijlage 1 Verdieping: practicum

verminderen van de turbiditeit in water

In het experiment van deze bijlage ga je nog wat kleinere deeltjes van elkaar scheiden. Ook kun je de mate van doorzicht (die ook wel *turbiditeit* wordt genoemd) meten met behulp van een turbidimeter. Onderstaande proef wordt in de praktijk ook uitgevoerd om de grootte van de deeltjes in grondmonsters te bepalen, wat van belang is als er op grond gebouwd gaat worden. Interessant voor degenen die zich in grondmechanica willen verdiepen. De tekst van het experiment is in het Engels. Het is een experiment van PASCO scientific, een leverancier van meetapparatuur van schoollaboratoria.

Vraagstelling

Hoe schoon wordt water waarin klei aanwezig is als deze suspensie wordt behandeld met verschillende chemicaliën?

Activity S05: Reducing Turbidity in Water (Light Sensor)

Area	Concept	Macintosh® file	Windows® file
Biology/Ecology	Environment	S05 Turbidity	S05_TURB.SWS

- This activity has two parts: a **COLLECT** part and a **LAB** part.

Equipment Needed	Qty	Per Student	Qty
Light Sensor (CI-6504A)	1	Personal flotation device	1
Balance, Triple Beam (SE-8723)	1	Rubber boots (or waders)	1 pr
Base & Support Rod (ME-9355)	1	Protective gear	1 set
Bottle, square, clear, ~500 mL	3		
Clamp, Buret (SE-9446)	2	Chemicals and Consumables	Qty
Clamp, Multi (SE-9442)	1	Aluminum sulfate ($Al_2(SO_4)_3$)	5 g
Container, ~ 3 L	1	Calcium oxide (CaO)	2.5 g
Graduated cylinder, 100 mL	1	Iron (II) chloride ($FeCl_2$)	2.5 g
Light source, DC (e.g., pen light)	1	Cardboard box, ~15 by 15 by 12 cm	1
Knife	1	Label	3
Marking pen	1	Water (muddy)	2 L
Rod, Lab Stand, 45 cm (ME-8736)	1	Weighing paper	3

VOCABULARY	floc	flocculation	gelatinous	sedimentation
------------	------	--------------	------------	---------------

Purpose

How does the rate of reducing turbidity in water by **sedimentation** (allowing suspended matter to settle) compare to the rate of reducing turbidity by **flocculation** (using chemicals to remove suspended matter)?

Hypothesis

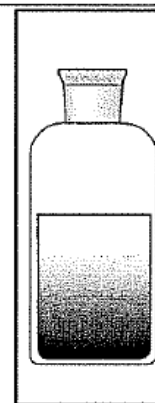
Background

One of the first steps in making water safe to drink is to remove any suspended matter from the water. Because much of the suspended matter in water settles to the bottom if allowed to set undisturbed, a water treatment plant puts water in holding areas for several hours. Some of the suspended matter sinks to the bottom, leaving the top portion of water less turbid. This process is **sedimentation**.

Smaller particles of suspended matter may not settle to the bottom no matter how much time the water sets undisturbed. In order to remove these smaller particles, water treatment plants use a process called **flocculation**. Chemical such as aluminum sulfate ("alum") or a mixture of calcium oxide ("lime") and iron chloride are added to the water. These chemicals form fluffy, gelatinous solids called **floc**. As the floc forms it gets larger and heavier and sinks to the bottom.

As floc drifts downward, the smaller particles of suspended matter clings to it. Once the floc arrives at the bottom, the top portion of the water is less turbid. Both processes may be used to remove suspended matter from water. Neither process harms the water.

You will collect some muddy, turbid water. You will measure how fast sedimentation makes the muddy water become clearer compared to how fast flocculation makes the muddy water become clearer.



SAFETY REMINDERS (COLLECT)

- Wear a personal flotation device (life jacket) when collecting water samples for this activity.
- Wear clothing that is appropriate for the outdoor part of this activity.

SAFETY REMINDERS (LAB)

- Wear protective gear while handling chemicals.
- Follow directions for using the equipment.
- Dispose of all chemicals and solutions properly.



Procedure

In this activity, use the Light Sensor to measure the clarity of the water samples. You will let one container set undisturbed so the rate of reducing turbidity by sedimentation can be measured. You will add aluminum sulfate to a second container, and a mixture of calcium oxide and iron chloride to the third container in order to measure the clarity due to flocculation.

[] PRE-LAB: COLLECT THE SAMPLE

1. Use a container to collect about 2 liters of non-clear water from a river, lake or pond. Put a label on the container and mark the label with the location of the water source.

Alternate Procedure: Add a small amount of dirt to 2 liters of water and shake vigorously to thoroughly mix the dirt and water.

[] A. SET UP THE EQUIPMENT

2. In the lab, measure out 5 g of aluminum sulfate (alum), 2.5 g of iron chloride, and 2.5 g of calcium oxide (lime) onto individual weighing papers.
3. Label the three square bottles. Label one bottle "CONTROL", a second bottle "ALUM", and a third bottle "IRON CHLORIDE + LIME".
4. Use a base and support rod, a lab stand rod, a multi-clamp (right-angle clamp), and two buret clamps to make a stand for the pen light and Light Sensor.
5. Adjust the position of the pen light and the Light Sensor so the square bottle just fits between them. Line up the pen light and the sensor so the light goes in a straight line through the bottle to the sensor.
- When the Light Sensor, bottle, and pen light are lined up, put strips of tape on the table to trace the position of the square bottle.
6. Use a cardboard box to make a "light shield" that can fit over the pen light, square bottle, and sensor.

[] B. SET UP THE EXPERIMENT

7. Start *ScienceWorkshop* and open the *ScienceWorkshop* file as follows:

Macintosh	Windows
S05 Turbidity	S05_TURB.SWS

- The *ScienceWorkshop* file opens with a Digits display and a Table display. The data collection rate is set to 1 s (once per second). Data recording is set to stop automatically at 30 seconds.
8. Connect the Light Sensor DIN plug into Analog Channel A on the interface.

9. Calibrate the Light Sensor using the pen light. Put clear water in the square bottle. Let the light transmitted through the clear water be "100% intensity".

[] C. DO THE EXPERIMENT

10. Fill each of the three square bottles with 500 mL of muddy, turbid water. Add 5 g of *aluminum sulfate* to the bottle labeled ALUM. Add 2.5 g of *iron chloride* and 2.5 g of *calcium oxide* to the bottle labeled IRON CHLORIDE + LIME.
11. Shake the bottle labeled CONTROL. Turn on the pen light. Put the bottle exactly between the Light Sensor and pen light. Add the cardboard "light shield" over the sensor and light.
12. When you are ready, record the amount of transmitted light for the water sample in the bottle.
13. Repeat the process for the bottle labeled ALUM, and then for the bottle labeled IRON CHLORIDE + LIME.
14. Allow the three bottles to set *undisturbed* for 30 minutes.
15. Repeat the measurement of transmitted light for each bottle.

NOTE: Move the bottles *very carefully*. Don't shake them or swirl the water.

16. Allow the three bottles to set *undisturbed* overnight.
17. Repeat the measurement of transmitted light for each bottle.
18. Dispose of the water samples as instructed.

[] D. ANALYZE THE DATA

19. Examine each run of data in the Table display to determine the average intensity of light that was transmitted through each sample of water at each of the three times. Record the average intensity of light for each sample.
20. Record the light intensity (% max) for each sample of water for each of the three times.

Data Table (Light Sensor)

Trial #	Sample	Time	Clarity (% max light intensity)
1	CONTROL	beginning	
2	ALUM	beginning	
3	IRON CHLORIDE + LIME	beginning	
4	CONTROL	after 30 minutes	
5	ALUM	after 30 minutes	
6	IRON CHLORIDE + LIME	after 30 minutes	
7	CONTROL	after overnight	
8	ALUM	after overnight	
9	IRON CHLORIDE + LIME	after overnight	

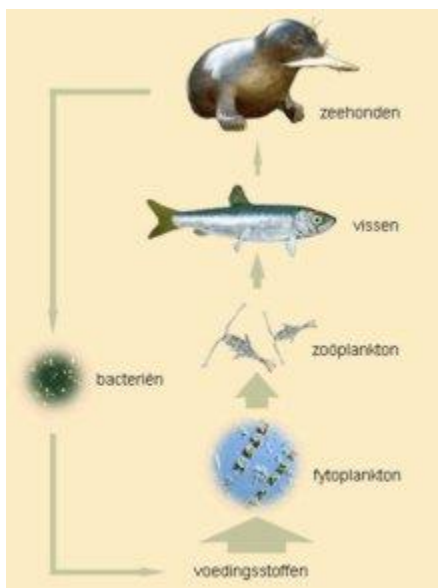
Questions

1. How does your hypothesis compare with the results?
2. How does sedimentation (the CONTROL) compare to flocculation for the rate of clarifying water?
3. Which chemical (ALUM or the IRON CHLORIDE + LIME) clarified the water more rapidly?

Bijlage 2 Achtergrondinformatie ecosystemen

Algemene definitie van het begrip ecosysteem is:

Een ecosysteem is het geheel van alle organismen in een begrensd gebied en de fysische en chemische omstandigheden die hen beïnvloeden.



Figuur 49: voedselkringloop in water als ecosysteem.

Bron: <http://www.natuurinformatie.nl>

Dat betekent dat een bepaald meer, rivier of sloot met alles erin, inclusief de natte oevers, een ecosysteem is.

Het is een open systeem en de begrenzing wordt in de praktijk vastgesteld.

Die fysische en chemische omstandigheden worden **abiotische factoren** genoemd. De fysische omstandigheden zijn bijvoorbeeld de temperatuur en de helderheid. Chemische omstandigheden zijn bijvoorbeeld de stoffen die in het water opgelost zijn. **Biotische factoren** zijn de organismen die er in leven.

Aan de basis van het leven in een ecosysteem staan de **PRODUCENTEN**, groene algen en waterplanten. Door middel van **fotosynthese** zetten zij met behulp van zonlicht koolstofdioxide om in glucose, daarbij komt zuurstof vrij. (Meer informatie over fotosynthese vind je in bijlage 3.)

De producenten dienen als voedsel voor de **CONSUMENTEN**.

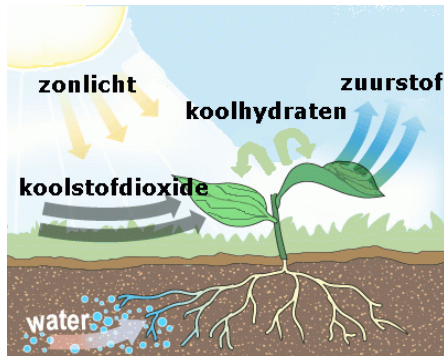
Daarbij worden verschillende “lagen” onderscheiden:

Consumenten van de 1^e orde zijn de herbivoren, de “grazers”. Op hun beurt dienen ze als voedsel voor consumenten van de 2^e orde, de roofdieren.

Zowel producenten als consumenten sterven af en de resten worden geconsumeerd door de **REDUCENTEN**. In Nederland worden daar vaak bacteriën en schimmels onder verstaan, maar het “opruimen” van plantaardige en dierlijke resten gebeurt ook door massa’s ééncelligen, wormpjes en allerlei soorten larven, de **DETRITUS-ETERS**.

Bijlage 3 Achtergrondinformatie

fotosynthese



Figuur 50: fotosynthese als deel van de zuurstofkringloop.

Bron: <http://www.detuingids.be>

Fotosynthese betekent: maken door licht. Bij de fotosynthese wordt biomassa gemaakt. Om het nut van helder water te begrijpen voor de aanmaak van biomassa onder water (algen en waterplanten dus) is het belangrijk iets te weten over de voedselkringloop. Door middel van fotosynthese zetten groene planten (dus ook waterplanten) koolstofdioxide om in glucose en zuurstof. Dit gebeurt onder invloed van zonlicht. Alle levende organismen hebben het omgekeerde proces: bij verbranding wordt zuurstof opgenomen en glucose wordt omgezet in koolstofdioxide en water. Hierbij komt energie vrij, die o.a. gebruikt wordt voor groei en beweging.

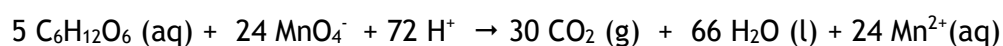
Groene planten dienen als voedsel voor planteneters. Die dienen weer als voedsel voor vleeseters. Bacteriën zorgen voor de afbraak van stoffen. Als je met de informatie die in deze bijlage staat de volgende vragen kunt beantwoorden, heb je inzicht in het belang van helder water voor planten en dieren die in water leven, en dus ook inzicht in het belang van helder water voor de mensen, die deze planten en dieren nodig hebben. Wat gebeurt er dus met de fotosynthese als het water troebel is? Wat gebeurt er dan met de hoeveelheid zuurstof in het water? Wat gebeurt er vervolgens met de planteneters? Wat gebeurt er daarna met de vleeseters?

43. Internetopdracht

Zoek via ► URL de factoren die een ecosysteem in een meer beïnvloeden.

Bijlage 4 Het permanganaatgetal

Opgeloste organische stof kan worden geoxideerd door een aangezuurde oplossing van kaliumpermanganaat. De hoeveelheid oxideerbare opgeloste stof wordt ook wel weergegeven met het permanganaatgetal, dit is de hoeveelheid kaliumpermanganaat in gram L⁻¹ die nodig is om de organische stof te oxideren. De volgende reacties treden dan op, waarbij de organische stof wordt voorgesteld door glucose (C₆H₁₂O₆):



In de reactievergelijking is te zien dat er op 5 mmol glucose (= 900 mg), 24 mmol permanganaat nodig is (dat is 4,3 gram KMnO₄) en 72 mmol H⁺, dat komt overeen met 36 mL van een 1 M oplossing van zwavelzuur (H₂SO₄) of 72 mL van een 0,5 M zwavelzuuroplossing.

Bijlage 5 Uitvoering proef volgens de wetenschappelijke methode

Je voert dit proefje uit volgens de *natuurwetenschappelijke methode*. Deze methode staat garant voor een duidelijke beschrijving van het experiment, zodat dit herhaalbaar is:

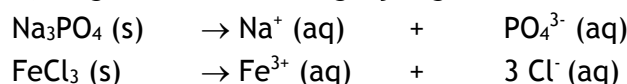
Stap 1. Hypothese opstellen

Een hypothese is het verwachte antwoord op de onderzoeksvraag, dit verwachte antwoord wordt altijd onderbouwd met argumenten. Een argument is een kennisfeit, dat je via een bron hebt gevonden. Vermeld die bron ook altijd bij je argumentatie van de hypothese.

Bij dit experiment is de onderzoeksvraag: Is met een neerslagreactie aan te tonen, dat er fosfaationen in de oplossing aanwezig zijn?

De argumenten worden in dit geval gehaald uit de oplosbaarheidstabel 45A van Binas.

Schrijf de zouten natriumfosfaat en ijzertrichloride in de scheikundige notatie. Bij het oplossen splitsen Na_3PO_4 en FeCl_3 in de afzonderlijke ionen, volgens de reactievergelijking:



Combineer in de Binastabel 45A “Oplosbaarheid van zouten” de ionen PO_4^{3-} met Fe^{3+} en Na^+ met Cl^- . De combinatie PO_4^{3-} en Fe^{3+} levert een slecht oplosbaar zout op: $\text{FePO}_4 \text{ (s)}$. De combinatie Na^+ met Cl^- levert een goed oplosbaar zout op, dat zout blijft dus in ionen gesplitst.

Je kunt nu de hypothese opstellen, die bij dit experiment hoort.

Hypothese:

Stap 2. Waarnemingentabel opstellen

Maak een tabelletje in je labschrift met 1 kolom en verdeel die in 6 rijen. Noem de kolom “waarneming” en nummer de rijen met 1, 2, 3, 4, 5 en 6.

Stap 3

Waarneming 1: kijk of de natriumfosfaatoplossing en de ijzertrichloride-oplossing helder zijn.

Noteren 1: noteer je waarneming over de helderheid in je labschrift.

Stap 4

Indien niet helder: schenk de natriumfosfaatoplossing door een trechter met papierfilter. Vang de oplossing op in een reageerbuis.

Waarneming 2: kijk of de gefiltreerde natriumfosfaatoplossing helder is.

Noteren 2: noteer je waarneming over de helderheid.

Stap 5. Reactie uitvoeren

Voeg vervolgens de ijzertrichloride-oplossing (2 mL) druppelsgewijs bij de bariumchlorideoplossing.

Waarneming 3: kijk wat er tijdens het bijdruppelen van ijzertrichloride-oplossing gebeurt in de reageerbuis met natriumfosfaatoplossing

Noteren 3: noteer je waarneming in je labschrift.

Stap 6. Neerslag laten bezinken

Wacht nu een minuut en kijk vervolgens weer naar de reageerbuis met natriumfosfaatoplossing.

Waarneming 4: bekijk wat zich verzamelt op de bodem van de reageerbuis.

Noteren 4: noteer je bevinding in het tabelletje in je labschrift.

Stap 7. Neerslag afscheiden uit de oplossing

Scheid het neerslag af door de inhoud van de reageerbuis te filtreren. Het filtraat vang je op in een schone reageerbuis.

Waarneming 5: bekijk het filtraat.

Noteren 5: noteer wat je waarneemt in je labschrift.

Stap 8. Indampen

Je kunt nu het filtraat gaan indampen, zover tot alle vloeistof is verdwenen: doe dat boven een Bunsenbrander op een lage blauwe vlam (dus met weinig warmte).

Waarneming 6: bekijk wat er op de bodem en tegen de wand van de reageerbuis overblijft nadat alle vocht is verdampt.

Noteren 6: noteer je bevinding in het tabelletje in je labschrift.

Bijlage 6 Oplosbaarheidstabel

Binastabel 45 A. Oplosbaarheid van zouten.

	NO ₃ ⁻	Ac ⁻ *	Cl ⁻	Br ⁻	I ⁻	SO ₄ ²⁻	F ⁻	S ²⁻	OH ⁻	SO ₃ ²⁻	CO ₃ ²⁻	PO ₄ ³⁻
Na ⁺	Goed	Goed	Goed	Goed	Goed	Goed	Goed	Goed	Goed	Goed	Goed	Goed
K ⁺	Goed	Goed	Goed	Goed	Goed	Goed	Goed	Goed	Goed	Goed	Goed	Goed
NH ₄ ⁺	Goed	Goed	Goed	Goed	Goed	Goed	Goed	reactie		Goed	reactie	reactie
Mg ²⁺	Goed	Goed	Goed	Goed	Goed	Goed	Slecht	Matig	Slecht	Matig	Slecht	Slecht
Al ³⁺	Goed	Goed	Goed	Goed	Goed	Goed	Goed	reactie	Slecht	reactie	reactie	Slecht
Fe ²⁺	Goed	Goed	Goed	Goed	Goed	Goed	Matig	Slecht	Slecht	Slecht	Slecht	Slecht
Fe ³⁺	Goed	Goed	Goed	Goed	Goed	Goed	Matig		Slecht	reactie	Slecht	Slecht
Zn ²⁺	Goed	Goed	Goed	Goed	Goed	Goed	Goed	Slecht	Slecht	Slecht	Slecht	Slecht
Cu ²⁺	Goed	Goed	Goed	Goed	Slecht	Goed	Goed	Slecht	Slecht	Slecht	Slecht	Slecht
Ca ²⁺	Goed	Goed	Goed	Goed	Goed	Matig	Slecht	Matig	Matig	Slecht	Slecht	Slecht
Ba ²⁺	Goed	Goed	Goed	Goed	Goed	Slecht	Matig	Matig	Goed	Slecht	Slecht	Slecht
Pb ²⁺	Goed	Goed	Matig	Matig	Slecht	slecht	Matig	Slecht	Slecht	Slecht	Slecht	Slecht

*Ac⁻ is acetaat: CH₃COO⁻

Bron: Binas Havo/VWO 5de druk. Wolters-Noordhoff

Bijlage 7 Extra verdiepingsstof: het desah-project

Je hebt gezien wat het belang is van goede afvalwaterzuivering, wat er zoal in het riool komt, en hoe dit er in vier hoofdstappen uit gehaald wordt voordat het water terugvloeit naar het oppervlaktewater.

De afvalwaterzuivering is volop in beweging en er zijn diverse experimenten om de zuivering van afvalwater efficiënter en duurzamer te laten verlopen. In deze bijlage kun je je verder verdiepen in één van deze experimenten.

Leerlingen kunnen een onderwerp naar keuze nemen, hier informatie over verzamelen en een presentatie hierover houden. Zodoende wordt een bredere kijk verkregen op onderwerpen die (zijdelings) met waterzuivering te maken hebben en wordt de waterzuivering in een grotere context geplaatst. Onder het kopje “Verdieping” zijn door de module heen al suggesties hiervoor gegeven. Hieronder volgen nog een aantal suggesties.

Duurzame ontwikkelingen

DeSaH. Een excursie naar een DeSaH project, b.v. in Sneek laat zien welke oplossingen bedacht worden voor toekomstige en aanstaande problemen.



Figuur 51: woonhuis met DeSaH.

Project DeSaH (Decentrale Sanitatie en Hergebruik)

In plaats van afvalwater te transporteren door kilometers betonnen riolering is het stukken goedkoper om afvalwater te behandelen op de plek waar het ontstaat. In het geval van huishoudelijk afvalwater is dit in de woonwijk. Iedere dag wordt er gemiddeld 140 liter huishoudelijk afvalwater per persoon geproduceerd (exclusief regenwater). Normaal gesproken wordt dit afgevoerd in een gemengd rioolstelsel.

Infrastructuur

Door het mengen van het huishoudelijk afvalwater ontstaat er een grote hoeveelheid afvalwater, die bestaat uit: licht verontreinigd grijswater (100L p*p*d) en een kleine hoeveelheid zwaar verontreinigd water: toiletwater (ook wel zwartwater) genoemd. Als deze stromen gescheiden

worden afgevoerd blijft de grijswaterstroom licht verontreinigd en makkelijk te zuiveren, terwijl de zwartwaterstroom met behulp van nieuwe behandelingstechnieken gezuiverd kan worden. Zo is het bijvoorbeeld mogelijk om gas te halen uit het zwartwater door dit water te vergisten.

Toiletwater

Zwartwater is rijk aan organisch materiaal, stikstof en fosfaat. Het organische materiaal wordt in de gistingsreactor omgezet in biogas. De gistingsreactor kan verkleind worden indien een geconcentreerdere stroom afvalwater wordt ingevoerd, om dit te verkrijgen dient er minder spoelwater gebruikt te worden. Door gebruik te maken van een vacuümtoilet is het mogelijk om slechts 1L te gebruiken in plaats van 7L (de gistingsreactor is in dit geval dus 7 keer kleiner!), dit betekent tevens een waterbesparing van 25% voor het totale drinkwaterverbruik. Uiteindelijk resulteert dit in een gemiddelde zwartwater productie van 7L per persoon per dag.

Keukenafval

In het demonstratieproject in Sneek is in één woning een shredder geplaatst zodat groente- en fruitafval niet meer in de groene container hoeven maar toegevoegd worden aan het afvalwater. Dit zou betekenen dat in een gebouw waar geen tuinafval geproduceerd wordt (bv. flat, school) alleen nog maar een grijze container nodig is. Binnen een woonwijk kan het ophalen van de groene container worden gereduceerd tot de zomermaanden of er kan desnoods gekeken worden naar een andere manier van inzamelen van tuinafval.



Figuur 52: warmtekrachtkoppeling.

Productie van heet water / elektriciteit

Door biogas te produceren op de plaats waar het gebruikt kan worden, bijvoorbeeld in een woonwijk, is een ideale combinatie mogelijk van decentrale afvalwaterzuivering en decentrale energie-opwekking *). Dit biogas kan in een cv-ketel of warmtekrachtkoppeling (wkk) gebruikt worden om heet water (plus stroom in geval van wkk) te maken. Het hete water kan in aangrenzende woningen gebruikt worden voor verwarming en/of tapwater. Het slib dat gevormd wordt tijdens vergisting kan hergebruikt worden in de landbouw.

*) momenteel is de micro - en mini-wkk erg in het nieuws, waarbij binnen de woning/woonwijk gas wordt verstoekt in een turbine/motor waarbij elektriciteit geproduceerd wordt en de hete uitlaatgassen worden gebruikt om heet water te genereren. Een conventionele energiecentrale heeft een rendement van maximaal 40% oftewel: 60% van de energie die erin gestopt wordt, wordt omgezet in

warmte. Deze warmte wordt middels koelwater afgevoerd. Indien er gebruik gemaakt wordt van een mini of microwkk dan kan deze warmte gebruikt worden in de woning(en).

Kunstmest productie

De waterige fractie die de gistingsreactor verlaat bevat voornamelijk stikstof, fosfaat, pathogenen, virussen en resterend organisch materiaal. Dit resterende organische materiaal wordt omgezet naar slib en CO₂ door het toevoegen van lucht. Het slib wordt daarna middels een membraan van het water gescheiden. Door het membraan worden tevens de virussen en pathogenen tegengehouden. Het water dat de membranen verlaat bevat grotendeels fosfaat en stikstof. Door magnesium toe te voegen ontstaat een kunstmest in korrelvorm, struviet genaamd.

Toekomstige wetgeving

Indien gewenst kan er nog een geavanceerde oxidatiestap nageschakeld worden om zeker te zijn dat alle pathogenen en virussen worden gedood en aanwezige hormoonverstorende stoffen en medicijnresten worden verwijderd. Door het zeer kleine volume waarin deze afvalstoffen zich bevinden is het relatief goedkoop om extra zuiveringstechnieken na te schakelen en op deze wijze extra afvalstoffen te verwijderen, indien toekomstige wetgeving dit vereist. Zo bevinden medicijnen en hormoonverstorende stoffen zich in plaats van in 140L afvalwater (dat is de totale hoeveelheid afvalwater die er per dag per persoon wordt geproduceerd) in slechts 7L afvalwater. Medicijnresten en hormoonverstorende stoffen bevinden zich namelijk alleen in toiletwater.

Hergebruik van water

De mogelijkheid bestaat om het gezuiverde grijze water (in combinatie met regenwater) te hergebruiken binnen de woonwijk, als water voor: spoelen van het toilet, wasmachine, vaatwasmachine, auto wassen, etc. Dit betekent een maximale waterbesparing van 50%.

Verskil met conventionele waterzuivering

Het unieke aan dit project is dus de introductie van een totaal nieuw concept met betrekking tot afvalwaterzuivering en organisch afval verwerking. Het grote verschil met de huidige afvalwaterzuivering is de opwekking van energie in plaats van gebruik van energie. Bij de conventionele zuivering wordt organisch materiaal met behulp van zuurstof (kost veel energie om dit in het afvalwater te krijgen) omgezet naar slib en CO₂, dit zijn beide componenten die verre van wenselijk zijn. Momenteel wordt veel organisch afval gecomposteerd, dit kost veel energie en het gevormde compost vindt geen afzet. Verder zijn er voor het huidige afvalwaterbehandelingsysteem zeer lange en grote (350-750mm) rioolbuizen noodzakelijk om het afvalwater over grote afstanden naar de centrale afvalwaterzuivering te transporteren. Dit is met het nieuwe

concept overbodig aangezien het afvalwater dicht bij de bron wordt gezuiverd.

Toekomstige installaties

Door de bouw van vele grote woonwijken dienen veel conventionele afvalwaterzuiveringsinstallaties te worden uitgebreid, aangezien zij niet berekend zijn op deze toename van afvalwater. Hier is vaak geen ruimte voor en indien de ruimte er wel is, dan is de grondprijs dermate hoog dat dit een dure investering is. De bouw van een decentraal afvalwaterzuiveringsstelsel is dan een ideale oplossing. Dit demonstratieproject laat zien wat de mogelijkheden zijn en biedt de mogelijkheid om het concept te optimaliseren voordat het daadwerkelijk grootschalig gebouwd gaat worden. Door de gemeente Sneek is reeds aangegeven dat zij ernaar streeft om de nieuwbouwwijk Harinxmaland (1200-1500 woningen) uit te rusten met het nieuwe afvalwaterbehandelingsstelsel. Ook het ziekenhuis en andere openbare gebouwen kunnen worden uitgerust met een dergelijk stelsel.

Bron 8

Bijlage 8 URL-lijst

URL1	Mindmeister http://www.mindmeister.com/ >download mindmap programma
URL2	Waterschap Reest en Wieden http://www.reestenwieden.nl/bedrijfsfilms_2/films/het_zuiveringsproces Video over het zuiveringsproces
URL3	Productgroep Simulaties van het Van Hall Instituut Business Center http://www.pgsim.nl/ >download demoprogramma
URL4	Kwakernaak http://www.kwakernaak.nl/?pg=video_helftheuvel Video renovatie rioolgemaal Helftheuvelweg, Den Bosch
URL5	Waterschapshuis http://www2.wve.waterschapshuis.asp4all.nl/rwzi/index.html Animatie 'Hoe wordt afvalwater gezuiverd?'
URL6	Waterschap Zuiderzeeland http://www.zuiderzeeland.nl/ons_waterschap/de_waterdichter De Waterdichter
URL7	Water on the web http://www.waterontheweb.org Advanced Technologies and real-time data in basic and water science

Interessante links

- Bioplek, biologiesite voor het voortgezet (secundair) onderwijs
<http://www.bioplek.org/>
Prachtig geordende site over vele biologische onderwerpen met mooie afbeeldingen.
- Wikibooks
http://nl.wikibooks.org/wiki/Chemie_Centraal/Mengsels#Soorten_mengsels
Een lovenswaardig streven om vele leerboeken vrij te downloaden op internet te zetten. In dit geval over chemische onderwerpen, maar nl.wikibooks.org leidt naar de pagina, die ook vele andere vakgebieden ontsluit.