

TU Delft
Faculteit der Civiele Techniek en Geowetenschappen
Sectie Gezondheidstechniek

Tentamen CT3420 - Gezondheidstechniek

Datum : 19 augustus 2008
Tijd : 9.00 - 12.00

Er zijn 4 vragen. 1 over oppervlaktewaterzuivering (25%), 1 over grondwaterzuivering (25%), 1 over riolering (25%) en 1 over afvalwaterzuivering (25%). Bij alle vragen staat voorop dat u inzicht moet tonen in de materie. Motiveer steeds uw antwoord en vraag u af of het antwoord compleet is.

Indien er onduidelijkheden zijn betreffende de vraagstelling, meld deze dan om verwarring te voorkomen.

Gebruik voor iedere vraag een apart antwoordvel. Voorzie ieder vel van uw naam en studienummer.

Een overzicht met algemene gegevens is bijgevoegd. U mag geen eigen aantekeningen bij het tentamen houden.

Overzicht vragen

1. Oppervlaktewaterzuivering
2. Grondwaterzuivering
3. Riolering
4. Afvalwaterzuivering

Algemene gegevens

Tabel 1 - Atoommassa van de belangrijkste elementen in de waterchemie.

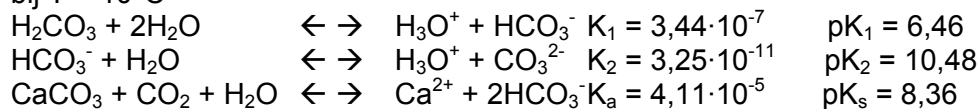
Element	Atoommassa	Element	Atoommassa
H	1	S	32
C	12	Cl	35.5
N	14	K	39
O	16	Ca	40
F	19	Mn	55
Na	23	Fe	56
Mg	24	As	75
Al	27	Pb	207
P	31		

Tabel 2 - Dynamische en kinematische viscositeit als functie van de temperatuur.

Temperatuur [°C]	Dynamische viscositeit [10^{-3} Pa·s]	Kinematische viscositeit [10^{-6} m ² /s]
0	1,79	1,79
5	1,52	1,52
10	1,31	1,31
15	1,15	1,15
20	1,01	1,01
25	0,90	0,90
30	0,80	0,80

Relevante formules waterchemie:

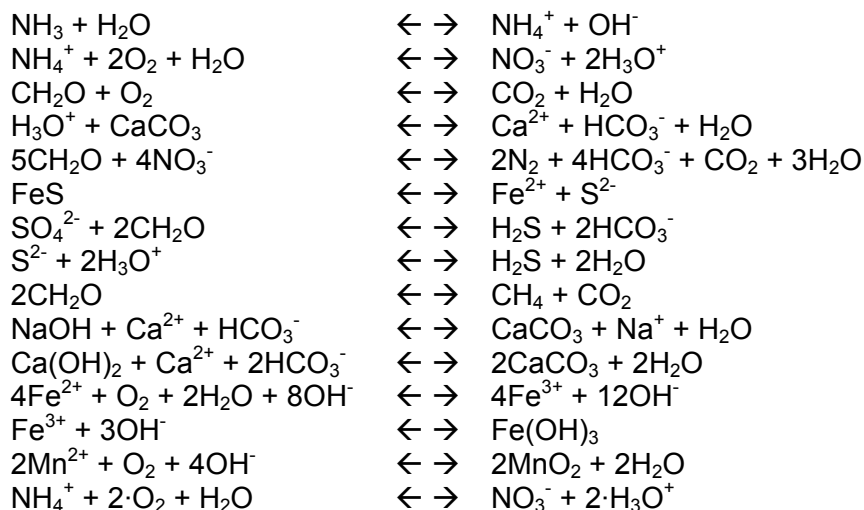
bij T = 10°C



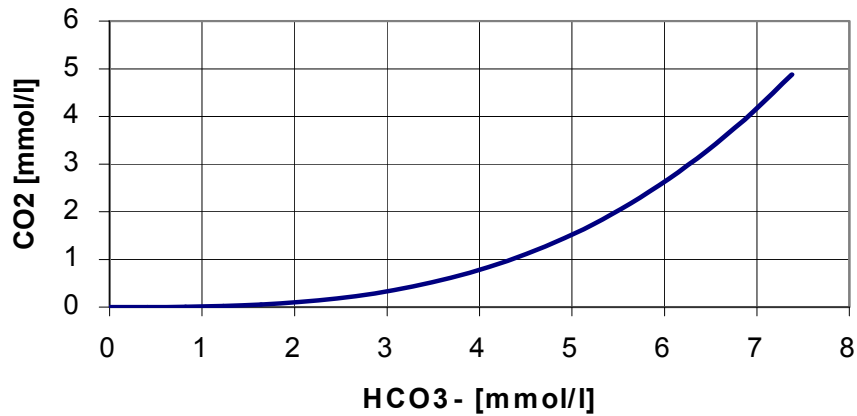
$$SI = \left(\frac{[\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{CO}_3^{2-}]}{K_s} \right) = pH - pH_s$$

$$pH_s = pK_2 - pK_s - \log([\text{Ca}^{2+}][\text{HCO}_3^-])$$

Gasuitwisseling: $\frac{dc}{dt} = k_2 \cdot (c_s - c), \quad \frac{c_s - c}{c_s - c_0} = e^{-k_2 \cdot t}$



Tillmans-curve



Figuur 1 - Tillmans curve

Tabel 3 - Verdelingscoefficient voor de oplosbaarheid in water van verschillende gassen als functie van de temperatuur

H	0°C	10°C	20°C
Stikstof	0,023	0,019	0,016
Zuurstof	0,049	0,039	0,033
Methaan	0,055	0,043	0,034
Kooldioxide	1,710	1,350	0,942
Zwavelwaterstof	4,690	3,650	2,870
Tetrachlooretheen	-	3,380	1,880
Trichlooretheen	-	4,100	2,390
Chloroform	-	9,620	5,070

Tabel 4 – Samenstelling lucht in volumeprocenten bij 10°C en onder atmosferische druk (101325 Pa).

Gas	Samenstelling [volumeprocenten]
Stikstof	78,084
Zuurstof	20,948
Argon	0,934
Koolzuur	0,034
Methaan	0,0001

Relevante formules riolering:

Overlaatformule:

$$Q = mBh^{\frac{3}{2}}$$

Waarin:

Q	debiet in m ³ /s
m	overlaatcoëfficiënt in m ^{0,5} /s
h	dikte overstortende straal in m

Lokale verliezen:

$$\Delta H = \xi \frac{Q|Q|}{2gA^2}$$

Waarin:

ΔH	verlies aan energiehogte in m
ξ	Verliescoëfficiënt (dimensieloos)
Q	debiet in m ³ /s
A	oppervlakte van de natte doorsnede in m ²
g	zwaartekrachtversnelling in m/s ²

Wrijvingsverlies in een leiding:

$$\Delta H = \frac{Q|Q|L}{C^2 R_h A^2}$$

Waarin

ΔH	verlies aan energiehogte in m
C	Chezy coëfficiënt in m ^{0,5} /s
Q	debiet in m ³ /s
L	lengte van de leiding
R_h	hydraulische straal in m
A	oppervlakte van de natte doorsnede in m ²

De hydraulische straal R_h is gedefinieerd als:

$$R_h = \frac{A}{P}$$

Waarin:

A	oppervlakte van de natte doorsnede in m ²
P	natte omtrek in m

De Chezy coëfficiënt is gedefinieerd als:

$$C = 18^{10} \log \left[\frac{12 R_h}{k_n} \right]$$

Waarin:

C	Chezy coëfficiënt in m ^{0,5} /s
R_h	hydraulische straal in m
k_n	wandruwheid in m

1. Oppervlaktewaterzuivering

Het Duinwaterbedrijf Zuid-Holland (DZH) neemt uit een stilstaande zijarm van de Maas, het Andelse Maasbekken genoemd, oppervlaktewater in en transporteert dit naar Bergambacht waar het een voorzuivering in de vorm van een filtratiefase ondergaat. Bergambacht ligt op een afstand van 30 km van het punt waar water aan het Andelse Maasbekken wordt onttrokken. Na de voorzuivering te Bergambacht wordt het water naar de duinen van Scheveningen getransporteerd. In deze duinen wordt het water geïnfiltrerd en na ongeveer 3 maanden wordt het water aan de duinen onttrokken. Vervolgens wordt het water onthard, wordt poederkool aan het water toegevoegd en daarna belucht en gefiltreerd met behulp van snelle en langzame zandfilters, waarna distributie in Den Haag en omstreken volgt.

- 1.1. Wat is de functie van het Andelse Maasbekken?
- 1.2. Wat zijn mogelijke gevolgen van het feit dat de voorzuivering pas plaatsvindt bij Bergambacht en niet aan het begin van de transportleiding bij het innamepunt van de Andelse Maas.
- 1.3. Wat is de functie van de duinen in het zuiveringssysteem van DZH?
- 1.4. Waarom wordt aan het duinwater poederkool toegevoegd? Wat is het nadeel van een poederkooldosering na de duinfiltratie?
- 1.5. In het verleden werd het water na de duinfiltratie verzameld in een open verzamelkom. Noem het nadeel aan deze manier van verzamelen van het duinwater.
- 1.6. In tabel 1 is de kwaliteit van het duinwater gegeven. Met duinwater wordt bedoeld water dat aan de duinen onttrokken wordt na een verblijftijd van 3 maanden. In tabel 1 staan op sommige plaatsen vraagtekens. Vul deze vraagtekens in en verklaar je antwoord.

Tabel 1 – Kwaliteit van het onttrokken duinwater

Parameter	Duinwater	Parameter	Duinwater
Temperatuur [°C]	?	Ijzer (Fe^{2+})	1,2
pH [-]	7,6	Mangaan	0,11
EGV [mS/m]	60,7	DOC [mg/l]	2,1
Chloride [mg/l]	74	Nikkel [$\mu\text{g/l}$]	2,0
Calcium [mg/l]	77	Atrazine [$\mu\text{g/l}$]	0,02
Waterstofcarbonaat [mg/l]	200	Koloniegetal, 22°C [n/ml]	300
Zuurstof [mg/l]	?	E-coli's [n/100 ml]	?
Koolzuur [mg/l]	9,4		
Zwevende stof [mg/l]	?		

2. Grondwaterzuivering

In tabel 2 staan de analyses van het ruwe water van twee zuiveringsstations gegeven. Het betreft een aerob grondwater en een evergrondwaterpompstation.

Tabel 2 - Waterkwaliteit voor een aantal parameters (indien geen eenheid vermeld is de eenheid in mg/l).

	aerob grondwater	oevergrondwater
ionen		
Na ⁺	9	69
Ca ²⁺	27	84
Mg ²⁺	2.5	12
Fe ²⁺	0	3.8
Mn ²⁺	0	0.9
NH ₄ ⁺	0	3
Cl ⁻	13	128
SO ₄ ²⁻	9	55
NO ₃ ⁻	7	< 0.1
HCO ₃ ⁻	78	223
gassen		
CO ₂	0.8	17.6
CH ₄	1.2	0.8
O ₂	11	0.0
overige parameters		
Temperatuur [°C]	10.5	12
Som bestrijdingsmiddelen [µg/l]	geen	0.05
pH [-]	8.1	7.3
bacteriën [n/100 ml]	0	600

- 2.1 In elk van de analysewaarden van de pompstations staat een foute analyse. Om welke parameter gaat het en waarom is deze parameter niet correct.
- 2.2 Bereken de pH van het ruwe water van beide watersoorten.
- 2.3 Geef voor elk van de pompstations een zuiveringsschema en vermeld wat de functie van elke zuiveringsstap is.

Een karakteristiek zuiveringsschema voor een pompstation met diep anaerob grondwater is:

winning, beluchting, droogfiltratie, beluchting, natfiltratie, reinwaterkelder.

Van het ruwe water zijn de volgende analyse-resultaten bekend:

NH_4^+ : 3.5 mg/l

Fe^{2+} : 4.3 mg/l

Mn^{2+} : 0.3 mg/l

NO_3^- : 0.08 mg/l

2.4 Bereken globaal de concentratie nitraat in het reine water en bereken hoeveel zuurstof nodig is voor de verwijdering van ammonium, ijzer en mangaan.

2.5 Wat is in dit schema de functie van de droogfiltratie?

3. Riolering

3.1 Geef twee redenen waarom sedimentafzettingen in een rioolstelsel ongewenst zijn.

3.2 Een put kent een in- en en uitstroomverlies. Afhankelijk van de vormgeving worden de volgende maximale waarden aangehouden:
Instroomverlies coëfficiënt 0,5 tot 0,6
Uitstroomverlies coëfficiënt 1,0

Door een riool met lengte van 100 m en een diameter van 400 mm moet een debiet van $0,050 \text{ m}^3/\text{s}$ worden afgevoerd, de leiding is geheel gevuld, de wandruwheid is 1 mm, er bevinden zich twee putten in de leiding, Hoeveel energieverlies treedt er op?

3.3 Leg uit waarom een locale verlies coëfficiënt nooit groter dan 1,0 kan zijn.

4. Afvalwaterzuivering

De waterlijn van een RWZI van 100.000 i.e. bestaat uit de volgende onderdelen:

grofrooster: capaciteit max. 4.500 m³/h
vijzelgemaal: 3 vijzels van elk 1.500 m³/h
gootzandvanger: 2 goten, elk 2,3m × 24m × 0,9 m (breedte × lengte × diepte)
fijnrooster: 3 stuks, elk 1.500 m³/h
voorbezinking: 2 ronde tanks 35m × 2,5m (diameter × zijwaterdiepte)
beluchting: totaal volume 10.000 m³; slibgehalte 3,5 g/L
nabezinking: 3 ronde tanks 49m × 2m (diameter × zijwaterdiepte)

Het dagdebiet bedraagt 14.000 m³/d, de maximale droogweeraanvoer is 1.100 m³/h en de maximale aanvoer (bij regen) is 4.500 m³/h

Gegevens

	<u>influent</u>	<u>afloop voorbezinking</u>	<u>effluent</u>	
BZV	200	140	7	mgO ₂ /L
CZV	500	350	50	mgO ₂ /L
Kjeldahl-N	50	45	4	mgN/L
Nitraat	0	0	20	mgN/L
Totaal P	6	5	3	mgP/L

Vragen:

- 4.1 Is de voorbezinking over- of onderbelast? Verklaar uw antwoord.
- 4.2 Controleer de dimensionering van de zandvanger; waarom zal het bezonken materiaal weinig organische stof bevatten?
- 4.3 Bereken de slibbelasting in het actief-slibgedeelte.
- 4.4 Verklaar de daling van het gehalte aan Kjeldahl-N (van 50 naar 4 mg/L); waarom is nitraat in het effluent zo hoog (20 mg/L); hoe zou het nitraat kunnen worden gereduceerd?
- 4.5 Wat is de minimale verblijftijd van het afvalwater in de totale RWZI?
- 4.6 Het fosfaatgehalte voldoet nog niet aan de lozingseis (1 mgP/L); hoe zou dit wel kunnen worden bereikt?
- 4.7 Het verse slib wordt ingedikt en daarna in gistingstanks behandeld; geef een schatting van de inhoud van deze gistingstanks.

1. Oppervlaktewaterzuivering

- 1.1 Het Andelse Maasbekken heeft als functie zelfreiniging van het oppervlaktewater. Doordat het water in het Andelse Maasbekken zeer langzaam stroomt zullen zwevende stoffen bezinken. Aan het begin van het bekken wordt een vlokmiddel gedoseerd waardoor fosfaten uit het water verwijderd worden en eutrofiering voorkomen wordt. Daarnaast heeft het bekken ook nog een analyse, voorraad en mengingsfunctie, echter de hoofdfunctie is zelfreiniging.
- 1.2 Doordat het oppervlaktewater niet voorgezuiverd wordt voordat het naar Bergambacht getransporteerd wordt bestaat de kans dat er dierlijke organismen (zoals driehoeksmosselen) in de leiding gaan groeien waardoor het energieverlies over de leiding toeneemt. Daarnaast kan vervuiling van de leidingen optreden.
- 1.3 De duinen hebben de volgende functies:
 - voorraadvorming: in tijden dat er geen water uit het Andelse Maasbekken ingenomen kan worden dan kan water dat in de ondergrond in de duinen is opgeslagen gebruikt worden om toch water te leveren;
 - desinfectie: doordat het water lange tijd in de ondergrond in de duinen verblijft zullen allerlei schadelijke organismen afsterven waardoor het water na de duininfiltratie microbiologisch betrouwbaar is;
 - afvlakking: doordat niet al het water even lang in de duinen verblijft, zullen kwaliteitsverschillen, die altijd in rivierwater aanwezig zijn, afgevlakt worden.
- 1.4 De poederkool wordt aan het duinwater toegevoegd om de smaak en kleur van het water te verbeteren en opgeloste organische stoffen, zoals bestrijdingsmiddelen uit het water te verwijderen. Het nadeel van poederkool dosering na de duinen is dat hierdoor de duinen met eventueel in het water aanwezige bestrijdingsmiddelen wordt verontreinigd. Een ander nadeel is dat de poederkool nog uit het water verwijderd dient te worden. Dit kan plaatsvinden in de navolgende snelfiltratie, die hierdoor echter wel iets zwaarder wordt belast.
- 1.5 Doordat de verzamelkom open is uitgevoerd, kan het microbiologisch betrouwbare water besmet worden met allerlei stoffen zoals plantenresten, uitwerpselen van dieren en zure regen.
- 1.6 De temperatuur dient ongeveer 10°C te bedragen. Dit is de normale temperatuur voor water in de ondergrond. De zuurstofconcentratie dient 0 mg/l te bedragen. In het water zijn namelijk ijzer (Fe²⁺) en mangaan aanwezig. Deze stoffen kunnen alleen onder anaerobe condities in water aanwezig zijn. Het zwevende stofgehalte zal vrijwel 0 mg/l bedragen, bijna alle zwevende stoffen worden uit het water verwijderd door filtratie in de ondergrond.

Het aantal E-coli's in het water zal 0 bedragen. Door de lange verblijftijd in de ondergrond sterven alle micro-organismen af en is het water microbiologisch betrouwbaar.

2. Grondwaterzuivering

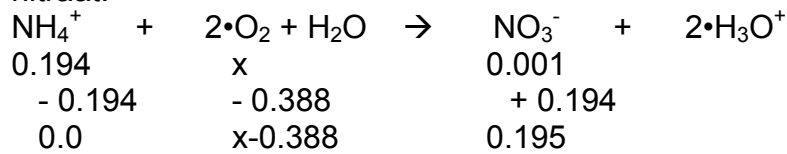
2.1 aerobisch grondwater:
methaan, in aerobisch grondwater kan geen methaan aanwezig zijn
oevergrondwater:
bacteriën, het aantal bacteriën is veel te hoog, door de bodempassage
dient het aantal bacteriën in de buurt van het aantal in grondwater te
liggen.

2.2 aerobisch grondwater:
winning, beluchting, natfiltratie, reinwaterkelder
oevergrondwater:
winning, beluchting, natfiltratie, ontharding, (actief koolfiltratie), UV-
desinfectie, reinwaterkelder

2.3 grondwater
pH = 8.3, agressief
oevergrondwater pH = 7.4, afzettend

2.4 $\text{NH}_4^+ = 3.5 \text{ mg/l} = 0.194 \text{ mmol/l}$
 $\text{Fe}^{2+} = 4.3 \text{ mg/l} = 0.077 \text{ mmol/l}$
 $\text{Mn}^{2+} = 0.3 \text{ mg/l} = 0.006 \text{ mmol/l}$
 $\text{NO}_3^- = 0.08 \text{ mg/l} = 0.001 \text{ mmol/l}$

nitraat:



in reinwater $0.195 \text{ mmol/l NO}_3^- = 12.1 \text{ mg/l NO}_3^-$

zuurstof:

Bij de omzetting van ammonium in nitraat wordt 0.388 mmol/l O_2
verbruikt. Bij de omzetting van Fe^{2+} tot Fe(OH)_3 wordt 0.019 mmol/l
en bij de omzetting van Mn^{2+} in MnO_2 wordt 0.003 mmol/l verbruikt. In
totaal wordt er 0.41 mmol/l ofwel 13.12 mg/l O_2 verbruikt.

2.5 inbrengen van zuurstof zodat ammonium, ijzer en mangaan omgezet
kunnen worden

3. Riolering

- 3.1 Sedimentafzettingen geven aanleiding tot een verhoogde hydraulische weerstand, waardoor eerder dan op grond van het ontwerp mag worden verwacht overbelasting ontstaat (Water op straat).

Sediment bevat relatief grote hoeveelheden verontreiniging, dit wordt tijdens de afvoer van neerslag opgewerveld, bij lozing op het oppervlaktewater via overstorten of regenwateruitlaten draagt dit sediment in belangrijke mate bij aan de aantasting van de kwaliteit van het ontvangende water.

Mogelijk derde reden: Sediment neemt ruimte in in het rioolstelsel waardoor de berging afneemt, dit leidt tot een grotere kans op overstortingen.

- 3.2 Een put kent een in- en en uitstroomverlies. Afhankelijk van de vormgeving worden de volgende maximale waarden aangehouden:
Instroomverlies coëfficiënt 0,5 tot 0,6
Uitstroomverlies coëfficiënt 1,0

- 3.3 Het stroomvoerende oppervlak is de gevulde situatie is

$$A_v = \frac{\pi}{4} D^2 = \frac{\pi}{4} 0,4^2 = 0,125 m^2$$

De hydraulische straal in de gevulde situatie is $R_{hv} = 0,25D = 0,100 m$

Daarmee wordt de waarde voor de Chézy-coëfficiënt:

$$C_v = 18 \log \left[\frac{12 R_{hv}}{k_n} \right] = 18 \log \left[\frac{12 * 0,100}{0,001} \right] = 55,42 m^{\frac{1}{2}} / s$$

Het gevraagde bodemverhang is dan, waarmee het wrijvingsverlies wordt $\Delta H = i_E * L = 0,000519 * 100 = 0,0519 m$

Het locale verlies in de put is:

$$\Delta H_{put} = \xi \frac{u^2}{2g} = 1,5 \frac{0,05^2}{2 * 9,813 * 0,125^2} = 0,012 m$$

Dus ongeveer 23% van het wrijvingsverlies langs de buiswand.

4. Afvalwaterzuivering

(niet ontvangen)