

TU Delft
Faculteit der Civiele Techniek en Geowetenschappen
Subfaculteit Civiele Techniek
Sectie Gezondheidstechniek

Tentamen CT3420 – Civiele Gezondheidstechniek

Datum : 6 april 2005
Tijd : 14.00 - 17.00

Er zijn 4 vragen die even zwaar zullen worden gewogen. 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. Vraag 3 is een meerkeuze vraag.

Een A4-tje met eigen aantekeningen is **niet** toegestaan.

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.

Overzicht vragen

1. Waterkwaliteit/grondwater
2. Waterkwaliteit/oppervlaktewater
3. Riolering
4. Afvalwaterbehandeling

Algemene gegevens

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

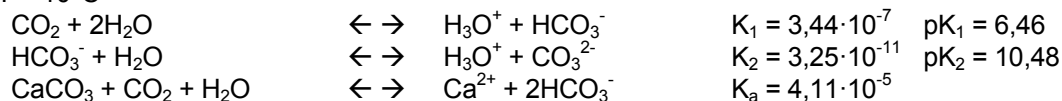
Element	Atoommassa	Element	Atoommassa
H	1	S	32
C	12	Cl	35.5
N	14	K	39
O	16	Ca	40
F	19	Mn	55
Na	23	Fe	56
Mg	24	As	75
Al	27	Pb	207
P	31		

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

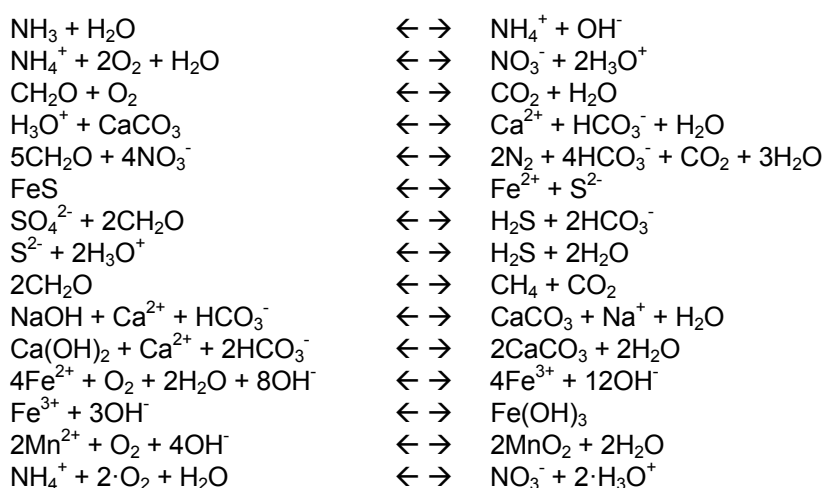
Temperatuur [°C]	Dynamische viscositeit [10^{-3} Pa·s]	Kinematische viscositeit [10^{-6} m ² /s]
0	1,79	1,79
5	1,52	1,52
10	1,31	1,31
15	1,15	1,15
20	1,01	1,01
25	0,90	0,90
30	0,80	0,80

Relevante formules waterchemie:

bij T = 10°C



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



Tabel 3 - Verdelingscoëfficiënt 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 m³/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 energiehoogte in m
- ξ Verliescoëfficiënt (dimensieloos)
- Q debiet in m³/s
- A oppervlakte van de natte doorsnede in m²
- G zwaartekrachtversnelling in m/s²

Wrijvingsverlies in een leiding:

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

Waarin

- ΔH verlies aan energiehoogte in m
- C Chezy coëfficiënt in m^{0,5}/s
- Q debiet in m³/s
- L lengte van de leiding
- R_h hydraulische straal in m
- A oppervlakte van de natte doorsnede in m²

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

Vraag 1 Watertkwaliteit/grondwater

- 1.1 Een regendruppel valt op een bosgebied op de Veluwe. Bereken de evenwichtsconcentratie aan CO₂.
- 1.2 Bij het infiltreren in de bodem stijgt de concentratie aan CO₂ tot 44 mg/l ten gevolge van biologische afbraakprocessen. Wat wordt de pH, ervan uitgaande dat deze alleen door het koolzuurevenwicht wordt bepaald?
- 1.3 Het grondwater blijkt een calciumgehalte van 4 mg/l te hebben en een bicarbonaatgehalte van 6,1 mg/l. Bereken of dit water in kalk koolzuurevenwicht is, dan wel kalkagressief of kalkafzettend.
- 1.4 Een drinkwaterbedrijf wint het grondwater vanaf een diepte van 40 meter en voorziet een zuivering door middel van cascadebeluchting en filtratie over kalksteen. Na de beluchting is het CO₂-gehalte gedaald tot 22 mg/l. Bereken de evenwichtssamenstelling van het water, ervan uitgaande dat het koolzuur volledig wordt geneutraliseerd.
- 1.5 Hoeveel cascades zijn nodig indien het rendement per cascade 15% bedraagt?
- 1.6 De zuivering moet ontworpen worden voor een capaciteit van 5 miljoen m³ per jaar. Maak een ruwe schets van het zuiveringsgebouw, beschrijf welke ontwerpcriteria u daarvoor nodig heeft en neem realistische waarden aan voor deze criteria.

Vraag 2

Waterkwaliteit/oppervlaktewater

- 2.1 Oppervlaktewater bevat 10.000 E-coli/100ml. Hoe groot moet een propstroombekken zijn om dit gehalte te reduceren tot 10 E-coli/100ml? Neem voor de afstervingscoëfficiënt een waarde van $0,3 \text{ d}^{-1}$ aan.
- 2.2 Het oppervlaktewater wordt na het bekken voorgezuiverd (voor duininfiltratie) d.m.v. vlokvorming-bezinking-snelfiltratie. Wat zijn de functies van deze zuiveringsprocessen en welke parameters veranderen in gunstige zin?
- 2.3 De bezinking bestaat uit een 3 horizontaal doorstroomde tanks met ieder een lengte van 300 meter, een breedte van 20 meter en een diepte van 2 meter. Bereken de oppervlaktebelasting, ervan uitgaande dat het debiet $10.000 \text{ m}^3/\text{h}$ bedraagt.
- 2.4 De bezinking functioneert niet naar behoren. Welke verbeteringen overweegt U? Geef daarbij aan wat nader onderzocht dient te worden en welke opties het meest veelbelovend zijn.
- 2.5 Na infiltratie in de duinen wordt het water nabehandeld met poederkooldosering-beluchting-ontharding-snelfiltratie. Wat zijn de functies van deze zuiveringsprocessen en welke parameters veranderen in gunstige zin?
- 2.6 De looptijden van de snelfilters bedragen $T_q = 20$ uur en $T_r = 40$ uur. Zijn deze waarden acceptabel, zo ja waarom en zo nee waarom niet? Wat verbeteringsopties ziet U? Geef daarbij aan wat nader onderzocht dient te worden en welke opties het meest veelbelovend zijn.

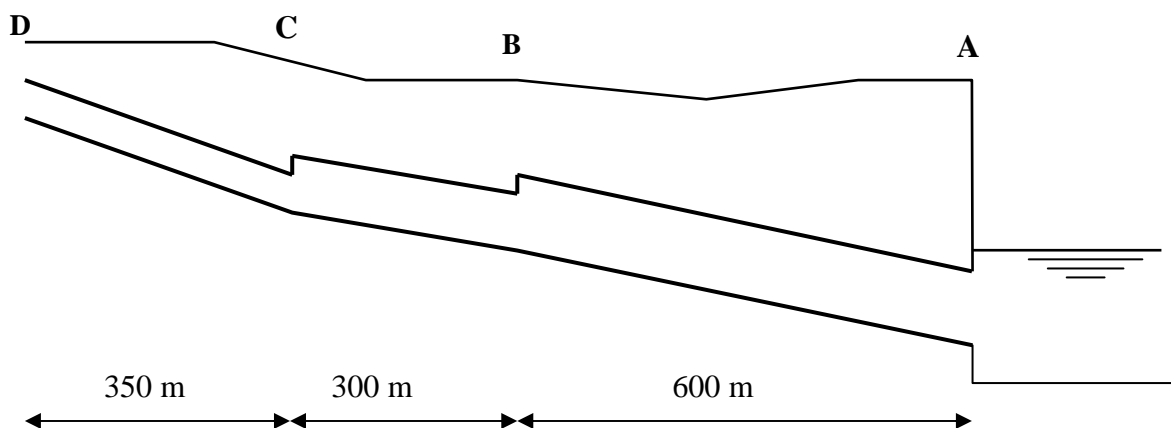
3. Riolering (meerkeuze vraag)

3.1 Tijdens een regenbui van 15 minuten valt er 5,4 mm neerslag. Wat is de regenintensiteit?
A: 55 l/s.ha
B: 65 l/s.ha
C: 60 l/s.ha

3.2 Een verbeterd gescheiden stelsel is een gescheiden stelsel waarbij
A: Regenwaterbassins bij de regenwateruitlaten zijn aangebracht.
B: Een verbinding tussen het vuilwater- en het regenwaterstelsel is aangebracht.
C: De regenwaterriolen ruimer zijn gedimensioneerd.

3.3 De afkorting BZV staat voor
A: Biochemisch zuurstofverbruik
B: Biologisch zuurstofverbruik
C: Bacteriologisch zuurstofverbruik

3.4 Wat is de berging in onderstaand regenwaterstelsel?



Waterpeil +0,20 m NAP
bok A -0,80 m NAP
bok B +0,20 m NAP
bok C +0,60 m NAP
bok D +1,60 m NAP
streng AB = 800 mm
streng BC = 600 mm
streng CD = 400 mm

A: 242 m³
B: 280 m³
C: 430 m³

3.5 Door een buis met een lengte van 500 m en een diameter van 500 mm stroomt water met een debiet van 170 l/s. De buis is volledig gevuld. De wrijvingsfactor $\lambda = 0,025$. Wat is het wrijvingsverlies?
A: 0,75 m
B: 0,56 m
C: 0,96 m

- 3.6 Een gemengd stelsel heeft een verhard oppervlak van 8 ha. De berging is 640 m^3 en de pompoevercapaciteit is 22,2 l/s. Wat is de theoretische overstortingsfrequentie?
A: 5 à 6 x per jaar
B: 6 à 7 x per jaar
C: 8 à 9 x per jaar
- 3.7 De reductie van de vuilemissie door middel van een bergbezinkbassin wordt bewerkstelligd door:
A: In hoofdzaak het bergingsrendement
B: In hoofdzaak het bezinkingsrendement
C: In ongeveer gelijke mate door zowel het bergingsrendement als het bezinkingsrendement.
- 3.8 Hoeveel % van het drinkwater gaat in Nederland via het toilet naar het riool?
A: Ongeveer 40%
B: Ongeveer 33%
C: Ongeveer 25%
- 3.9 Met welke neerslagintensiteit wordt in Nederland een rioolstelsel in hellend gebied gedimensioneerd?
A: 45 l/s.ha
B: 60 l/s.ha
C: 90 l/s.ha
- 3.10 Hoeveel cm is het maximale uittreeverlies voor streng AB van vraag 4 als het debiet gelijk is aan 500 l/s?
A: 2 cm
B: 2,5 cm
C: 5 cm

4. Afvalwaterbehandeling

De waterlijn van een RWZI van 150.000 i.e. bestaat uit de volgende onderdelen:

- grofrooster – capaciteit max. 6.000 m³/h
- vijzelgemaal – 3 vijzels, elk 2.000 m³/h
- gootzandvanger – 3 goten, elk 2m*25m*0,9m (breedte*lengte*diepte)
- fijnrooster – 3 stuks, elk 2.000 m³/h
- voorbezinking – 2 ronde tanks, elk 44m*2m (diameter*zijwaterdiepte)
- beluchting – totaal volume 15.000 m³; slibgehalte 4 g/l
- nabezinking – 4 ronde tanks, elk 49m*2m (diameter*zijwaterdiepte)

Het dagdebiet bedraagt 21.000 m³/d; de maximale aanvoer is 6.000 m³/h

Gegevens	influent	afloop voorbezinking	effluent
BZV	350	200	8 mgO ₂ /l
CZV	850	500	70 mgO ₂ /l
Kjeldahl	65	60	4 mgN/l
nitraat	0	0	3 mgN/l
totaal-P	10	2	0,7 mgP/l

Vragen:

- 4.1 Waartoe dient het grofrooster?
- 4.2 Welke staafafstand zal het fijnrooster hebben?
5-10 mm
10-50 mm
50-100 mm
100-200 mm
- 4.3 Is de gootzandvanger over- of onderbelast? Verklaar uw antwoord.
Wat is de horizontale stroomsnelheid in de zandvanger?
- 4.4 Waarop duidt de lage concentratie van P-totaal in de afloop van de voorbezinking?
- 4.5 Waarom stijgt de nitraat-concentratie in de RWZI?
- 4.6 Waarom zijn er meer en grotere nabezinktanks nodig dan voorbezinktanks?
- 4.7 Bereken de gemiddelde verblijftijd van het afvalwater in de voorbezinktanks.
- 4.8 Bereken de slibbelasting
- 4.9 Geef een schatting voor de slibproductie in kgds/d en m³/d (neem hierbij aan dat het slib wordt ingedikt tot 50 kgds/m³)

Antwoorden:

Antwoorden:

- 1.1 $c_s = c_g \cdot H = p_a / RT \cdot H$. Lucht bevat 0,03% CO₂, dus $p_a = 0,03 \cdot 10^{-2} \cdot 10^5 = 30 \text{ Pa}$. $H/RT = 1,23/8,314 = 5,2 \cdot 10^{-4}$. c_s wordt dus $30 \cdot 5,2 \cdot 10^{-4} = 0,68 \text{ mg/l}$
- 1.2 De CO₂-concentratie is 1 mmol/l = 10^{-3} mol/l . $K_1 = x \cdot x / (10^{-3} - x) = 3,4 \cdot 10^{-7}$, dus $x = 1,7 \cdot 10^{-5}$, dus pH = 4,8.
- 1.3 $K_a = 4/40 \cdot 10^{-3} \cdot (6,1/61 \cdot 10^{-3})^2 / 10^{-3} = 10^{-9}$. Dit is lager dan $4,11 \cdot 10^{-5}$, dus het water is kalkagressief.
- 1.4 Het CO₂ gehalte van 22 mg/l = 0,5 mmol/l wordt omgezet in 0,5 mmol/l Ca en 1,0 mmol/l HCO₃⁻.
- 1.5 Rendement per trap 15%, totaal rendement 50 %, dus minimaal 5 trappen nodig, want dan bedraagt het rendement $1 - (1 - 0,15)^5 = 0,56$.
- 1.6 Capaciteit 5 miljoen m³/jaar = 570 m³/h. Piekfactor 1,5, dus 850 m³/h. Filtratiesnelheid 5 m/h, dus oppervlak 170 m². Stel 4 filters van 42,5 m², bedhoogte 2,5 m. Cascade 5 trappen, valhoogte 50 cm, mesbelasting 200 m³/m/h, dus meslengte 4 meter. Stel 2 eenheden, dus meslengte 2 meter, hoogte 3m, breedte 1 m. Cascade in apart deel gebouw, filters langs galerij.
- 2.1 $e^{-0,3 \cdot t} = 10^{-3}$, dus $t = 23$ dagen.
- 2.2 Functies zijn verwijdering zwevende stof en troebeling, onder meer om vervuiling leidingen verstoppen infiltratiepanden tegen te gaan, verder reductie microbiologie, met name mossellarven. Parameters die gunstiger worden zijn verder zware metalen, fosfaat (belangrijk voor algengroei in duinen)
- 2.3 $s_0 = 10000/300/4/20 = 0,4 \text{ m/h}$.
- 2.4 Beter voorbehandeling (vlokvorming, aanbevolen), reductie debiet (niet praktisch), betere stroming door geleideschotten, bijbouwen tanks, plaatsen lamellen, bouwen flotatie.
- 2.5 Poederkool voor adsorptie BM/geur/smaak, beluchting voor O₂ en Fe, ontharding voor verlaging Ca en snelfiltratie voor verwijdering Fe/carry over ontharding. Fe, Mn, NH₄, O₂, Ca, HCO₃, pH, BM, geur.smaak
- 2.6 Tr is goed, Tq is te laag (minder dan 24 uur). Verbeteren door kleinere korreldiameter, betere voorbehandeling (ontharding), lager debiet, hoger bedhoogte, automatisering terugspoelen, opwaartse filtratie of dubbellaagsfiltratie (aanbevolen).