

TU Delft
Faculteit der Civiele Techniek en Geowetenschappen
Subfaculteit Civiele Techniek
Afdeling Watermanagement

Tentamen CT3011 – Inleiding watermanagement

Datum : 29 oktober 2007
Tijd : 9.00 – 12.00

Het tentamen bestaat uit 2 delen. Het eerste deel gaat over Gezondheidstechniek. Het tweede deel gaat over Waterbeheersing. Elk deel telt voor 50% mee in het eindcijfer.

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. Licht ook de Juist of Onjuist vragen toe.

Een formuleblad met relevante formules voor het deel gezondheidstechniek is toegevoegd.

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

Gebruik voor elk deel een apart antwoordvel. Voorzie ieder vel van uw naam en studienummer.

Formuleblad CT3011 – Inleiding watermanagement

Algemene gegevens

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

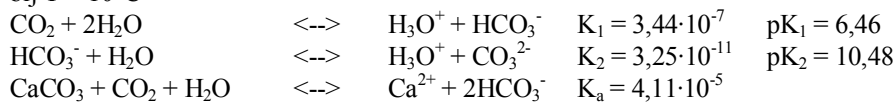
Element	Atoommassa	Element	Atoommassa
H	1	S	32
C	12	Cl	35,5
N	14	K	39
O	16	Ca	40
F	19	Mn	55
Na	23	Fe	56
Mg	24	As	75
Al	27	Pb	207
P	31		

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

Algemene gaswet: $c_g = p_a / (RT)$ $R = 8,3143 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

Tabel 3 - k_D -waarden voor verschillende gassen als functie van de temperatuur.

k_D	0°C	10°C	20°C
Stikstof	0,023	0,019	0,016
Zuurstof	0,049	0,041	0,033
Methaan	0,055	0,043	0,034
Kooldioxide	1,710	1,230	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

Darcy-Weisbach
$$\Delta H_w = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$\lambda = 0.02$$

Totale vertragingsverliezen
$$\Delta H_v = \sum \xi \cdot \left(\frac{v^2}{2 \cdot g} \right)$$

Totale kosten transportleiding
$$K_{\text{totaal}} = 19,2 \cdot 16,7 \cdot Q^3 \cdot D^{-5} \cdot L + 500 \cdot D \cdot L$$

Deel I Gezondheidstechniek

Vraag 1

Drinkwater in Nederland en de wereld

- 1.1 Noem 5 bijzondere kenmerken van de drinkwatervoorziening van Nederland.
- 1.2 Noem de 2 belangrijkste waterborne diseases die in ontwikkelingslanden verantwoordelijk zijn voor de sterfte van miljoenen kinderen.
- 1.3 Op welke wijze wordt het drinkwater in de USA gedesinfecteerd en wat zijn hiervan de nadelen?
- 1.4 Wat is het probleem met de waterkwaliteit van veel ondiepe putten in Bangladesh?

Vraag 2

Waterkwaliteit/microbiologie

- 2.1 Met welke microbiologische test werd tot voor kort bepaald of drinkwater al of niet microbiologisch betrouwbaar was?
- 2.2 Sinds het incident in Milwauki worden aanvullende eisen gesteld. Welke?
- 2.3 Wat is tegenwoordig het probleem bij het 'bewijzen' van de microbiologische betrouwbaarheid van drinkwater?

Vraag 3

Waterkwaliteit/chemie

- 3.1 Bereken de concentratie van zuurstof in water dat in evenwicht is met de buitenlucht (1 atm, 10gr).
- 3.2 Een bronwaterfabrikant stopt 4,4 g CO₂ in 1 liter water. Wat wordt de pH?
- 3.3 Welke 4 soorten waterkwaliteitsnormen worden in de waterleidingwet genoemd?

Vraag 4

Grondwater

- 4.1 Noem de 3 verschillende soorten grondwater, geef aan welke verontreinigingen je in deze bronnen verwacht en welke zuiveringsschema's geschikt zijn.
- 4.2 Juist of onjuist? Een zandfilter wordt altijd ontworpen op het piekverbruik.
- 4.3 Juist of onjuist? Terugspoelen van een zandfilter kan leiden tot een verslechtering van de drinkwaterkwaliteit.

Vraag 5

Oppervlaktewater

- 5.1 Noem de 3 verschillende manieren waarop uit oppervlaktewater drinkwater kan worden gemaakt, geef aan welke verontreinigingen je in de bronnen verwacht en welke zuiveringsschema's geschikt zijn.
- 5.2 Welke eisen worden gesteld aan de drinkwaterkwaliteit m.b.t hardheid en conditionering? Welke problemen worden hiermee voorkomen?
- 5.3 Hoe vaak komen innamestops van oppervlaktewater ongeveer voor en hoelang duren ze?

Vraag 6

Waterverbruik

- 6.1 Op welke wijze kan het waterverbruik voor koelwater verminderd worden?
- 6.2 Gegeven is waterverbruik van Tabel 5. Bereken het benodigde volume van de reinwaterkelder voor volledige buffering en geef de ontwerpcapaciteit van de zuivering en van de distributiepompen.

Tabel 5 – Waterverbruik uit een reinwaterkelder (totaal 2400 m³/d)

Periode	Uit (m ³)
1	60
2	45
3	40
4	35
5	35
6	40
7	50
8	100
9	135
10	150
11	145
12	135

Periode	Uit (m ³)
13	130
14	130
15	120
16	115
17	120
18	140
19	150
20	140
21	120
22	100
23	90
24	75

Vraag 7*Transport en distributie*

7.1 Juist of onjuist? Een leidingnet wordt altijd op het gemiddelde verbruik van de maximum dag ontworpen.

7.2 Gegeven: Debiet: 10.000 m³/h
 Transport afstand: 54 km

Bereken de meest economische diameter van de leiding.

7.3 Juist of onjuist? Als de reële rente stijgt, wordt de meest economische diameter kleiner.

Deel II Waterbeheer

Het maximaal te behalen aantal punten per onderdeel staat aangegeven (totaal 100). Als u de buitenopdracht heeft ingeleverd, kunt u Vraag 4 overslaan. Het formuleblad is niet voor dit gedeelte bedoeld.

Vraag 1

Inleidende vragen

- Welke overheid is in Nederland verantwoordelijk voor het bepalen van streefpeilen en het handhaven van waterniveaus in polders en boezems? (5 punten)
- Wat zijn de twee belangrijkste irrigatie methodes (=manier waarop water van kanaal naar plant wordt gebracht) in Nederland? (5 punten)
- Wat zijn globaal gezien de vijf belangrijkste functies van reservoirs? (5 punten)
- Wat zal de impact zijn van de wereld water problematiek als grootschalig mais en suikerriet wordt verbouwd voor het produceren van bio-ethanol? (5 punten)
- Bij het ontwerp van de afvoercapaciteit van een polder wordt voor een eerste orde benadering vaak de regenduurlijn gebruikt. Wat zijn de twee belangrijkste ontwerp variabelen die met de regenduurlijn kunnen worden bepaald?

Vraag 2

Afleidingen

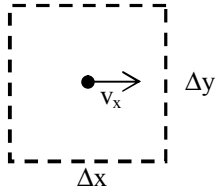
- a) Gegeven is:

- De wet van Darcy, $v_x = -K \frac{\partial h}{\partial x}$, waarin v_x [L/T] de gemiddelde snelheid in de x-richting is, K de verzadigde doorlatendheid [L/T], h de stijghoogte [L], en x afstand [L];
- continuïteit (er gaat geen water verloren, er wordt geen water aangemaakt)

Gevraagd wordt de twee-dimensionale Laplace vergelijking

$$\nabla^2 h = \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} = 0$$

af te leiden voor het met water verzadigde controle volume Δx , Δy :



(10 punten)

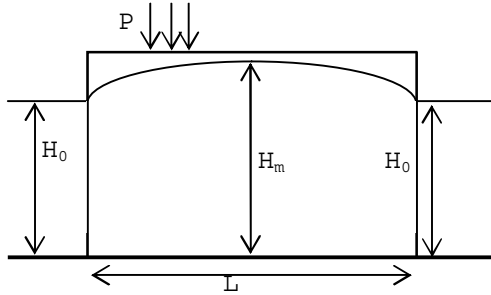
- b) Vaak is het lastig de Laplace vergelijking analytisch op te lossen. In plaats daarvan worden verticale energie verliezen t.o.v. de horizontale verliezen vaak verwaarloosd en kan men de Boussinesq vergelijking gebruiken:

$$\mu \frac{\partial H(x,t)}{\partial t} = P(x,t) + \frac{1}{2} K_s \frac{\partial^2 H(x,t)}{\partial x^2}$$

Voor onderstaande geometrie en een continue stroming waarbij de grondwaterspiegel in evenwicht is met de constante regen, kan men de formule van Donnan gebruiken om de hoogste waterstand, in het midden tussen de drains, te berekenen:

$$H_m^2 = H_0^2 + \frac{1}{4} \frac{PL^2}{K_s} \quad (\text{Donnan})$$

Hierin is H_m (m) de grondwaterhoogte tussen de drains op $x=L/2$, H_0 (m) de waterhoogte in de drains, P (m/s) de regenval, L de afstand tussen de drains, en K_s (m²/s) de verzadigde doorlatendheid van de bodem. Het perceel ligt op een ondoorlatende laag. In onderstaande schets zijn horizontale en verticale afstanden niet in de juiste verhouding weergegeven.



Leid Donnan af, uitgaande van de Boussinesq vergelijking. (15 punten)

Vraag 3

Berekeningen

- a) Voor het berekenen van de gewasbehoefte, E (W/m^2), wordt vaak gebruik gemaakt van de formule van Penman:

$$E = \frac{\Delta R_N + \gamma \cdot f(u) \cdot (e_A^* - e_A)}{\Delta + \gamma}$$

Hierin is $f(u) = 7.28(1 + 0.54 \cdot u_{2m})$ ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{hPa}$) de windfunctie met u_{2m} (m/s) de windsnelheid op twee meter, Δ de helling van de dampspanningscurve (hPa/K) op het punt waar $T = T_{2m}$ (=lucht temperatuur op twee meter), R_N de netto straling (W/m^2), $\gamma = 0.67$ (hPa/K) de psychrometrische constante, e_A^* de verzadigde dampspanning op twee meter (hPa), en e_A de actuele dampspanning op twee meter (hPa). Wellicht ten overvloede, de verdampingswarmte van water $\lambda = 2445$ kJ/kg en de dichtheid van water $\rho = 1000$ kg/m^3 .

De volgende meetgegevens, gemiddeld over de dag, zijn beschikbaar voor een irrigatie gebied:

$$u_{2m} = 1,5 \text{ m/s}$$

$$R_N = 120 \text{ W/m}^2$$

$$\Delta = 1,45 \text{ hPa/K}$$

$$e_A^* = 23 \text{ hPa}$$

$$e_A = 17 \text{ hPa}$$

Hoeveel is de gewasbehoefte, E , in W/m^2 ? (8 punten)

Hoeveel is de gewasbehoefte, E , in mm/dag ? (5 punten)

- b) Het irrigatiegebied is 1200 ha groot. Uitgaande van een continue toevoer hoe groot moet dan de toevoer Q (m^3/s) zijn om de gewasbehoefte te dekken, ervan uitgaande dat er verder geen verliezen optreden? Indien u onder 3a geen antwoord heeft gevonden, ga dan uit van $E = 6$ mm/dag . (6 punten)
- c) Om de toevoer, Q (m^3/s), te meten wordt een lange driehoekige overlaat gebruikt met als afvoer formule:

$$Q = C_v \cdot C_d \cdot \frac{1}{2} \sqrt{2g} \cdot \tan(\gamma) \cdot \left(\frac{4}{5}\right)^{5/2} \cdot H_0^{5/2}$$

Gegeven zijn de correctie factoren $C_v = 1.12$ en $C_d = 0.89$, de zwaartekracht versnelling $g = 9,8$ m/s^2 , en de ontwerphoek $\gamma = 60^\circ$. Wat is de waterhoogte, H_0 (m), bij de onder 3b berekende toevoer? Indien u onder 3b geen antwoord heeft kunnen vinden, gebruik dan 0.90 m^3/s . (3 punten)

- d) Is, nabij de overgang van de overlaat naar het kanaal, het stromingsbeeld nog steeds continu? (3 punten)

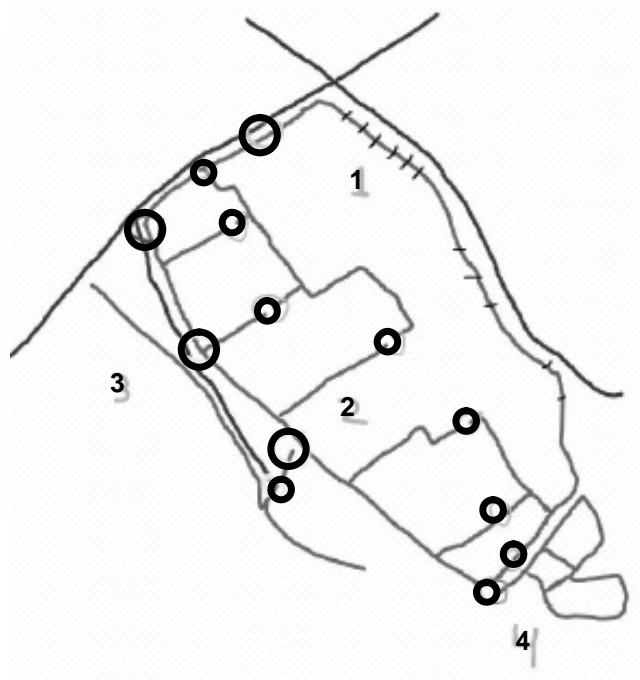
Vraag 4

Buitenopdracht

Deze opgave dient gemaakt te worden als er geen buitenopdracht is ingeleverd. De opgave mag gemaakt worden door iedereen. Het hoogste aantal punten zal gelden.

In de Oranjepolder is de afgelopen jaren regelmatig wateroverlast geweest. Het watersysteem van de polder is schematisch weergegeven in benedenstaande figuur.

- De streepjes in gebied 1 geven de lokaties van de duikers in de waterloop aan.
- De cijfers geven aan welke stukken van de polder hoger en lager liggen (waarbij 1 het hoogste gebied is en 4 het laagste).
- In deze figuur verwijzen de cirkels naar lokaties waar het mogelijk is de doorstroming in de kanalen van de polder te bevorderen.



- a) Leg uit waarom bij extreme regenval op het oorspronkelijke watersysteem gebied 1 de meeste wateroverlast kende. (6 punten)
- b) Als gegeven is dat de pomp die het water uit de polder op de boezem afwatert bij 3 staat, leg dan uit hoe de waterstromen in de polder verlopen. Geef aan welke kunstwerken noodzakelijk zijn om deze waterstromen te realiseren. (6 punten)
- c) Leg uit of het bevorderen van de doorstroming van kanalen in de polder een effectieve maatregel is om wateroverlast te voorkomen. (6 punten)
- d) Noem drie andere maatregelen die genomen zouden kunnen worden om de wateroverlast in de polder tegen te gaan. Geef van iedere maatregel voor- en nadelen. (7 punten)

Deel Gezondheidstechniek

1. Drinkwater in Nederland en de wereld
 - 1.1 Noem 5 bijzondere kenmerken van de drinkwatervoorziening van Nederland.
Antw: geen chloor, hoge kwaliteit, focus op volksgezondheid, laag lekverlies, goede samenwerking/organisatiegraad, voorkeur voor grondwater, bescherming bron, meervoudige barrières, zacht water, hoge leveringszekerheid
 - 1.2 Noem de 2 belangrijkste waterborne diseases die in ontwikkelingslanden verantwoordelijk zijn voor de sterfte van miljoenen .
Antw: cholera, typhus
 - 1.3 Op welke wijze wordt het drinkwater in de USA gedesinfecteerd en wat zijn hiervan de nadelen?
Antw: chloor, THM's en werkt niet tegen Crypto
 - 1.4 Wat is het probleem met de waterkwaliteit van veel ondiepe putten in Bangladesh?
Antw: Arseen
2. Waterkwaliteit/microbiologie
 - 2.1 Met welke microbiologische test werd tot voor kort bepaald of drinkwater al of niet microbiologisch betrouwbaar was?
Antw: indicator E-coli, afwezig in 100ml
 - 2.2 Sinds het incident in Milwauki worden aanvullende eisen gesteld. Welke?
Antw: Aantonen risico minder dan 10^{-4} voor o.m. Crypto en Giardia
 - 2.3 Wat is tegenwoordig het probleem bij het 'bewijzen' van de microbiologische betrouwbaarheid van drinkwater?
Antw: concentraties te laag, dus risicoanalyse op basis van modellen
3. Waterkwaliteit/chemie
 - 3.1 Bereken de concentratie van zuurstof in water dat in evenwicht is met de buitenlucht.
*Antw: 21% O₂, 1atm. $101.325 * 0,21 = 21.300 \text{ Pa}$
 $c_g = p_a / (RT)$ $R = 8,3143 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ $c_g = 9,05 \text{ mol/m}^3$ Met een verdelingscoefficient van 0,041 $\rightarrow 0,041 * 9,05 = 0,37 \text{ mol/m}^3$. Moleculaire massa van 32 g $\rightarrow 0,37 * 32 = 12 \text{ g/m}^3$ (mg/l)*
 - 3.2 Een bronwaterfabrikant stopt 4,4 g CO₂ in 1 liter water. Wat wordt de pH?
*Antw: Ingebrachte hoeveelheid CO₂ $4,4/44 = 0,1 \text{ mol}$. Als x mol CO₂ dissocieert dan ontstaat hierbij x mol H⁺, x mol HCO₃⁻ en 1-x mol CO₂. Uit $K_1 = x*x/(0,1-x) = 4,5 * 10^{-7}$ volgt dat x = 0,00021 mol/l ofwel 0,21 mmol/l. Dus pH = -log(0,00021) = 3,68.*
 - 3.3 Welke 4 soorten waterkwaliteitsnormen worden in de waterleidingwet genoemd?
Antw: gezondheidskundig, technisch, organoleptisch, voorzorg

4. Grondwater

4.1 Noem de 3 verschillende soorten grondwater, geef aan welke verontreinigingen je in deze bronnen verwacht en welke zuiveringsschema's geschikt zijn.

Antw: aerob freatisch grondwater, licht anaeroob grondwater, diep anaeroob grondwater. Toevoegen van zuurstof, verwijderen van CO₂, ijzer, mangaan, ammonium, methaan, waterstofsulfide. Beluchting, ontharding, snelle zandfiltratie, droogfiltratie.

4.2 Juist of onjuist?: Een zandfilter wordt altijd ontworpen op het piekverbruik

Antw: Onjuist.

4.3 Juist of onjuist?: Terugspoelen van een zandfilter kan leiden tot een verslechtering van de drinkwaterkwaliteit .

Antw: juist, deeltjesdoorslag.

5. Oppervlaktewater

5.1 Noem de 3 verschillende manieren waarop uit oppervlaktewater drinkwater kan worden gemaakt, geef aan welke verontreinigingen je in de bronnen verwacht en welke zuiveringsschema's geschikt zijn.

Antw: rechtstreeks, oeverfiltratie, duinfiltratie. Troebelheid, bacterien en microverontreinigingen. Bekkens, coagulatie, flocculatie, snelfiltratie, langzame zandfiltratie, actiefkoolfiltratie, ozonisatie, uv-desinfectie, etc.

5.2 Welke eisen worden gesteld aan de drinkwaterkwaliteit m.b.t hardheid en conditionering? Welke problemen worden hiermee voorkomen?

Antw: TH 1,5 mmol/l, TAC 2 mmol/l, SI=0, pH 8.3, geen afzettingen CaCO₃, geen corrosie, melaaoplossing.

5.3 Hoe vaak komen innamestops van oppervlaktewater ongeveer voor en hoelang duren ze?

Antw: Enkele keren per jaar, 1-2 weken.

6. Waterverbruik

6.1 Op welke wijze kan het waterverbruik voor koelwater verminderd worden?

Antw: Koeltoren

6.2 Gegeven is waterverbruik van Tabel 5. Bereken het benodigde volume van de reinwaterkelder voor volledige buffering en geef de ontwerpcapaciteit van de zuivering en van de distributiepompen.

Antw: 430 m³, 100 m³/h, 150 m³/h.

7. Transport en distributie

7.1 Juist of onjuist? Een leidingnet wordt altijd op het gemiddelde verbruik van de maximum dag ontworpen.

Antw: Onjuist

7.2 Gegeven: Debiet: 10.000 m³/h
 Transport afstand: 54 km

Bereken de meest economische diameter van de leiding.

*Antw: Q= 2,78 m³/s Dopt = 1,2*Q^{1/2} = 2m of v=0,88 m/s A=3,16m² D=2m*

7.3 Juist of onjuist? Als de reële rente stijgt, wordt de meest economische diameter kleiner.

Antw: Juist

Deel Waterbeheer

Vraag 1

Algemeen

a) Welke overheid is in Nederland verantwoordelijk voor het bepalen van streefpeilen en het handhaven van waterniveaus in polders en boezems? (5 punten)

Waterschappen

b) Wat zijn de twee belangrijkste irrigatie methodes (=manier waarop water van kanaal naar plant wordt gebracht) in Nederland? (5 punten)

Insturing via drains en sprinkler irrigatie

c) Wat zijn globaal gezien de vijf belangrijkste functies van reservoirs? (5 punten)

Waterkracht, irrigatie, vloed controle, drinkwater, navigatie

d) Wat zal de impact zijn van de wereld water problematiek als grootschalig mais en suikerriet wordt verbouwd voor het produceren van bio-ethanol? (5 punten)

Aangezien het verbouwen van mais en suikerriet veel water benodigt, zal deze ontwikkeling de problematiek sterk verscherpen.

e) Bij het ontwerp van een polder wordt voor een eerste orde benadering vaak de regenduurlijn gebruikt voor de dimensionering van kanalen en gemalen. Wat zijn de twee belangrijkste ontwerp variabelen die met de regenduurlijn kunnen worden bepaald?

Berging en afvoercapaciteit

Vraag 2: Afleidingen

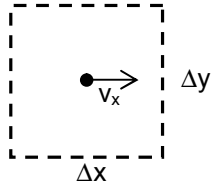
a) Gegeven is:

1. De wet van Darcy, $v_x = -K \frac{\partial h}{\partial x}$, waarin v_x [L/T] de gemiddelde snelheid in de x-richting is, K de verzadigde doorlatendheid [L/T], h de stijghoogte [L], en x afstand [L];
2. continuïteit (er gaat geen water verloren, er wordt geen water aangemaakt)

Gevraagd wordt de twee-dimensionale Laplace vergelijking

$$\nabla^2 h = \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} = 0$$

af te leiden voor het met water verzadigde controle volume Δx , Δy :



(10 punten)

Antwoord

I: Continuïteit: Stroming door linker vlak + stroming door rechter vlak:

$$\text{links in:} \quad \left(V_x - \frac{1}{2} \Delta x \cdot \frac{\partial V_x}{\partial x} \right) \cdot \Delta y$$

$$\text{rechts uit:} \quad \left(V_x + \frac{1}{2} \Delta x \cdot \frac{\partial V_x}{\partial x} \right) \cdot \Delta y$$

$$\text{verschil uit-in:} \quad \frac{\partial V_x}{\partial x} \Delta x \cdot \Delta y$$

Zelfde voor y-richting. De som van de twee richtingen moet nul zijn (onsamendrukbaar) waarna delen door $\Delta x \cdot \Delta y$ geeft:

$$\frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial V_y}{\partial y} = 0$$

II: Darcy:

$$V_x = -K_s \frac{\partial h}{\partial x}$$

III: I&II

$$\rightarrow -K_s \left(\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} \right) = 0$$

$$\text{Delen door } -K_s \text{ geeft } \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} = 0$$

$$\text{of: } \nabla^2 h = 0$$

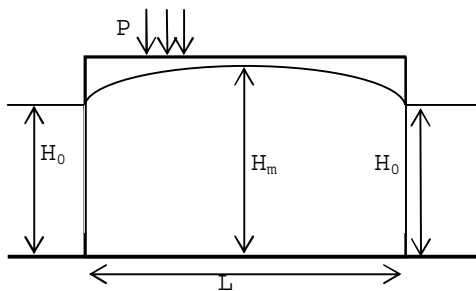
- b) Vaak is het lastig de Laplace vergelijking analytisch op te lossen. In plaats daarvan worden verticale energie verliezen t.o.v. de horizontale verliezen vaak verwaarloosd en kan men de Boussinesq vergelijking gebruiken:

$$\mu \frac{\partial H(x,t)}{\partial t} = P(x,t) + \frac{1}{2} K_s \frac{\partial^2 H(x,t)}{\partial x^2}$$

Voor onderstaande geometrie en een continue stroming waarbij de grondwaterspiegel in evenwicht is met de constante regen, kan men de formule van Donnan gebruiken om de hoogste waterstand, in het midden tussen de drains, te berekenen:

$$H_m^2 = H_0^2 + \frac{1}{4} \frac{PL^2}{K_s} \quad (\text{Donnan})$$

Hierin is H_m (m) de grondwaterhoogte tussen de drains op $x=L/2$, H_0 (m) de waterhoogte in de drains, P (m/s) de regenval, L de afstand tussen de drains, en K_s (m²/s) de verzadigde doorlatendheid van de bodem. Het perceel ligt op een ondoorlatende laag. In onderstaande schets zijn horizontale en verticale afstanden niet in de juiste verhouding weergegeven.



Leid Donnan af, uitgaande van de Boussinesq vergelijking. (15 punten)

Antwoord

Continue stroming $\mu \frac{\partial H(x,t)}{\partial t} = 0$ geeft:

$$\frac{2P}{K_s} = -\frac{d^2 H^2}{dx^2}$$

Tweemaal scheiding van variabelen en integreren:

$$\frac{2P}{K_s} x + C_1 = -\frac{dH^2}{dx}$$

$$\frac{P}{K_s} x^2 + C_1 x + C_2 = -H^2$$

Randvoorwaardes invullen:

$$x = 0 \Rightarrow H = H_0 \Rightarrow C_2 = -H_0^2$$

$$x = L \Rightarrow H = H_0 \Rightarrow C_1 = -\frac{PL}{K_S}$$

Verloop $H(x)$:

$$\frac{P}{K_S}x^2 - \frac{PL}{K_S} \cdot x - H_0^2 = -H^2$$

Maximale grondwaterstand op $x=0.5L$:

$$x = \frac{1}{2}L \Rightarrow H = H_m \Rightarrow \frac{1}{4}\frac{PL^2}{K_S} - \frac{1}{2}\frac{PL^2}{K_S} - H_0^2 = -H_m^2$$

Oftewel:

$$H_m^2 = H_0^2 + \frac{1}{4}\frac{PL^2}{K_S} \quad (\text{Donnan})$$

Vraag 3: Berekeningen

- a) Voor het berekenen van de gewasbehoefte, E (W/m^2), wordt vaak gebruik gemaakt van de formule van Penman:

$$E = \frac{\Delta R_N + \gamma \cdot f(u) \cdot (e_A^* - e_A)}{\Delta + \gamma}$$

Hierin is $f(u) = 7.28(1 + 0.54 \cdot u_{2m})$ ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{hPa}$) de windfunctie met u_{2m} (m/s) de windsnelheid op twee meter, Δ de helling van de dampspanningscurve (hPa/K) op het punt waar $T = T_{2m}$ (=lucht temperatuur op twee meter), R_N de netto straling (W/m^2), $\gamma = 0.67$ (hPa/K) de psychrometrische constante, e_A^* de verzadigde dampspanning op twee meter (hPa), en e_A de actuele dampspanning op twee meter (hPa). Wellicht ten overvloede, de verdampingswarmte van water $\lambda = 2445$ kJ/kg en de dichtheid van water $\rho = 1000$ kg/m^3 .

De volgende meetgegevens, gemiddeld over de dag, zijn beschikbaar voor een irrigatie gebied:

$$u_{2m} = 1,5 \text{ m/s}$$

$$R_N = 120 \text{ W}/\text{m}^2$$

$$\Delta = 1,45 \text{ hPa}/\text{K}$$

$$e_A^* = 23 \text{ hPa}$$

$$e_A = 17 \text{ hPa}$$

Hoeveel is de gewasbehoefte, E , in W/m^2 ? (8 punten)

Hoeveel is de gewasbehoefte, E , in mm/dag ? (5 punten)

Antwoord

Invullen geeft $107 \text{ W}/\text{m}^2$. Per dag zijn er dus $86400 \cdot 107 / 1000 = 9245 \text{ J}/\text{m}^2$ beschikbaar voor de verdamping. Dit komt overeen met $3.8 \text{ kg}/\text{m}^2$ per dag, oftewel $3.8 \text{ mm}/\text{dag}$.

- b) Het irrigatiegebied is 1200 ha groot. Uitgaande van een continue toevoer hoe groot moet dan de toevoer Q (m^3/s) zijn om de gewasbehoefte te dekken, ervan uitgaande dat er verder geen verliezen optreden? Indien u onder 3a geen antwoord heeft gevonden, ga dan uit van $E=6$ mm/dag. (6 punten)

Antwoord

Hoeveelheid per dag: $0.0038 \cdot 1200 \cdot 10000 = 45600 m^3$. Dit komt overeen met $0.528 m^3/s$.

- c) Om de toevoer, Q (m^3/s), te meten wordt een lange driehoekige overlaat gebruikt met als afvoer formule:

$$Q = C_v \cdot C_d \cdot \frac{1}{2} \sqrt{2g} \cdot \tan(\gamma) \cdot \left(\frac{4}{5}\right)^{5/2} \cdot H_0^{5/2}$$

Gegeven zijn de correctie factoren $C_v=1.12$ en $C_d=0.89$, de zwaartekracht versnelling $g=9,8 m/s^2$, en de ontwerphoek $\gamma=60^\circ$. Wat is de waterhoogte, H_0 (m), bij de onder 3b berekende toevoer? Indien u onder 3b geen antwoord heeft kunnen vinden, gebruik dan $0.90 m^3/s$. (3 punten)

Antwoord

$$0.528 = 1.12 \cdot 0.89 \cdot 0.5 \cdot \sqrt{19.6} \cdot \tan(60) \cdot 0.57 \cdot H_0^{5/2}$$
$$H_0^{5/2} = 0.242 \text{ of } H_0 = 0.57 m$$

- d) Is, nabij de overgang van de overlaat naar het kanaal, het stromingsbeeld nog steeds continu? (3 punten)

Antwoord

Ja (maar niet eenparig).

Vraag 4

Buitenopgave

Hier worden geen antwoorden verstrekt.