

TU Delft
Faculteit der Civiele Techniek en Geowetenschappen
Afdeling Watermanagement

Tentamen CT3011 – Inleiding watermanagement

Datum : 27 oktober 2008
Tijd : 14.00 – 17.00

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.

Een A4-tje met eigen aantekeningen is NIET toegestaan, een formuleblad met relevante formules is toegevoegd.

Indien er onduidelijkheden zijn betreffende de vraagstelling, meldt 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.

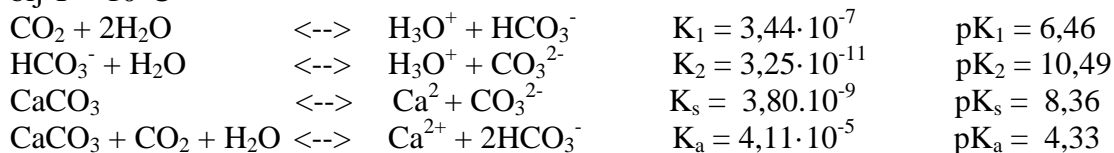
Element	Atoommassa	Element	Atoommassa
H	1	S	32
C	12	Cl	35,5
N	14	K	39
O	16	Ca	40
F	19	Mn	55
Na	23	Fe	56
Mg	24	As	75
Al	27	Pb	207
P	31		

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

Wet van Henry $c_s = k_d \cdot c_g$ (mol/m³)

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 vertragsingsverliezen

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

Totale kosten transportleiding

$$K_{\text{totaal}} = 19,2 \cdot 16,7 \cdot Q^3 \cdot D^{-5} \cdot L + 500 \cdot D \cdot L \text{ (50 jaar)}$$

Deel I Gezondheidstechniek

Vraag 1

Waterkwaliteit

- 1.1 Noem de drie belangrijkste nadelen van het gebruik van chloor bij de drinkwaterzuivering.
- 1.2 Noem de belangrijkste technische maatregelen waardoor de Nederlandse waterbedrijven in staat zijn om betrouwbaar drinkwater te produceren zonder chloor te gebruiken. Maak onderscheid tussen grondwater en oppervlaktewater als bron.
- 1.3 Een bronwater heeft de volgende samenstelling: Ca: 40 mg/l, Na: 23 mg/l, Mg: 5mg/l, SO_4^{2-} : 96 mg/l, HCO_3^- : 61 mg/l. Bereken de concentratie aan Cl⁻.
- 1.4 Lees bijlage 1 over de Nyos-ramp. Gebruik uw gezond boeren verstand bij de beantwoording van de volgende vragen:
Hoe hoog zal de concentratie aan CO₂ zijn op de bodem van het meer (tip: ga ervan uit dat het vulkaangas volledig uit CO₂ bestaat)?
Is het mogelijk om met 1 buis van 40cm doorsnede in 3 jaar de geaccumuleerde massa van 1.600.000 ton CO₂ af te voeren (tip: ga uit van een stijgsnelheid van het water/gasmengsel in de buizen van 10 m/s)?
Kunt U een schatting maken of de aanname van een stijgsnelheid van 10 m/s klopt (tip: lees de bijlage nog eens goed door) ?

Vraag 2

Grondwater

- 2.1 Welke verontreinigingen verwacht u in diep anaëroob grondwater? Geef een geschikt zuiveringsschema en geef aan welke waterkwaliteitsparameters bij elk zuiveringsproces veranderen en in welke mate?
- 2.2 Geef in de beide Tillmanscurven (Bijlage 2) de samenstelling weer van natuurlijk regenwater. Wat is globaal de concentratie aan CO₂, HCO₃⁻ en Ca²⁺? Wat is de pH en de p*H*_s?
- 2.3 Een grondwater heeft de volgende samenstelling: Ca²⁺= 2,0 mmol/l, HCO₃⁻= 4,0 mmol/l, pH= 6,46. Overwogen wordt om dit water in kalk-koolzuurevenwicht te brengen door beluchting. Wat is na beluchting de p*H*_s en wat voor CO₂ rendement is hiervoor nodig?
- 2.4 Bereken met uw gezond boeren verstand hoeveel nitraat en hoeveel bestrijdingsmiddel boeren jaarlijks mogen gebruiken in het intrekgebied van PS Amersfoort (cap. 5 miljoen m³/j).

Vraag 3

Oppervlaktewater

- 3.1 Noem de 4 eisen die gesteld worden aan bekkens.
- 3.2 Noem de 6 eisen die in Nederland gesteld worden aan de zuivering van oppervlaktewater.
- 3.3 Bekijk het zuiveringsschema van de Berenplaat uit bijlage 3. Geef van alle zuiveringsprocessen en doseringen aan wat hun functie is, welke kwaliteitsparameters veranderen en in welke mate.
- 3.4 Er wordt zuivere zuurstof gedoseerd aan het einde van het zuiveringsproces. Bedenk enkele redenen waarom er in dit geval geen cascades worden toegepast?

Vraag 4

Distributie

- 4.1 Een stad wordt rechtstreeks van water voorzien via een transportleiding van 25 km met een diameter van 1500 mm en een wandruwheid van 1 mm. Het maximale debiet is 12.500 m³/h. Bereken de snelheid en het totale wrijvingsverlies.
- 4.2 Is in dit geval het wrijvingsverlies of het vertragingverlies maatgevend en waarom?
- 4.3 De druk in de stad blijkt te laag te zijn. Wat voor oplossingen kunt u verzinnen? Geef voor- en nadelen.
- 4.4 Bereken het jaarlijks energieverbruik en de jaarlijkse energiekosten bij een constant verbruik van 12.500 m³/h.

Bijlagen Deel I Gezondheidstechniek

Bijlage 1: The Nyos disaster

Nyos – a natural CO₂ disaster

On August 21, 1986, a limnic eruption occurred at Lake Nyos (Cameroon) which triggered the sudden release of about 1.6 million tons of CO₂, equal to roughly one cubic kilometer. The gas spilled over the lip of the lake into a valley and two branching valleys, displacing all the air and suffocating some 1 700 people within 20 km of the lake, mostly rural villagers, as well as 3 500 livestock ^[14].

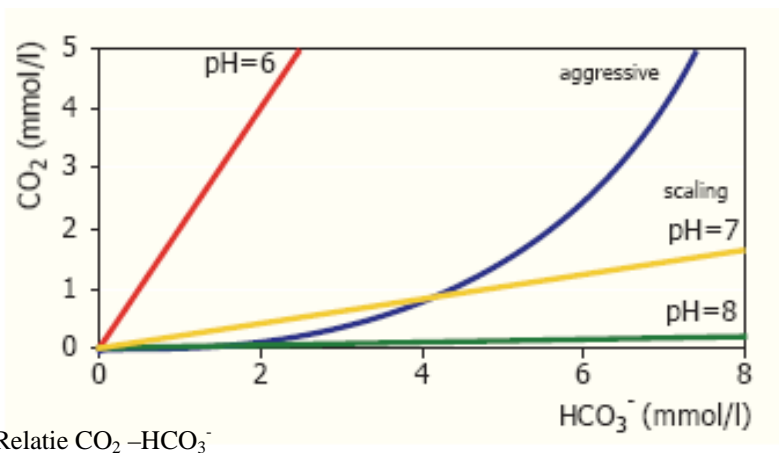
Investigations showed that a magma chamber beneath the region is an abundant source of carbon dioxide, which seeps up through the lake bed, charging the waters of Lake Nyos. Most of the time, the lake is stable and the CO₂ remains in solution in the lower layers of the 208 m deep lake, with the highest CO₂ content in the deeper layers. However, if an event such as an earthquake or volcanic eruption occurs, some deep water might be moved to a higher level with a lower static water pressure. The dissolved CO₂ might become into a super saturated state there, forcing CO₂ to come out of solution. The upward gas flow will create a complete turnover of the lake with an instant discharge of all dissolved CO₂.

To avoid future disasters, a permanent water fountain is installed, releasing CO₂ from the deep water layer. This fountain, driven by the gas flow itself, has a height of some 50 m ^[15]. The installed fountain should initially be into operation for some 3 years to create a more stable situation, and afterwards continuously balance the CO₂ inflow.

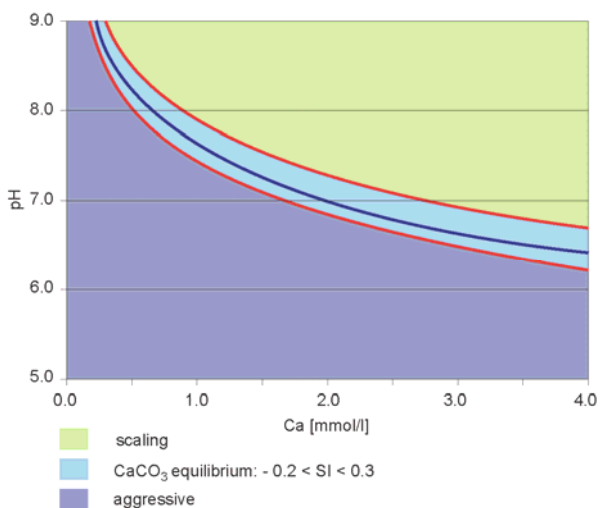


A permanent fountain discharges the CO₂ inflow in Lake Nyos (Cameroon) to prevent the recurring of the 1986 disaster ^[16].

Bijlage 2: Tilmanscurven



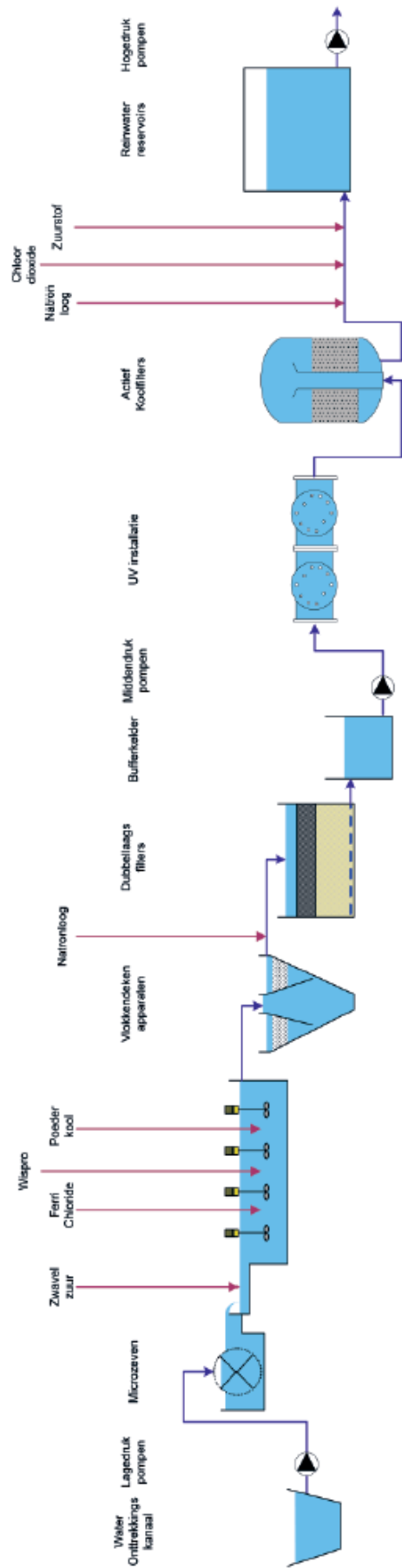
Relatie CO₂ –HCO₃⁻



Relatie Ca-pH

Bijlage 3: Zuiveringsschema Berenplaat

Nieuw zuiveringsopzet Productielocatie Berenplaat



Deel II Waterbeheer

Maximum aantal punten is 100, 25 per vraag.

Vraag 1

Algemeen

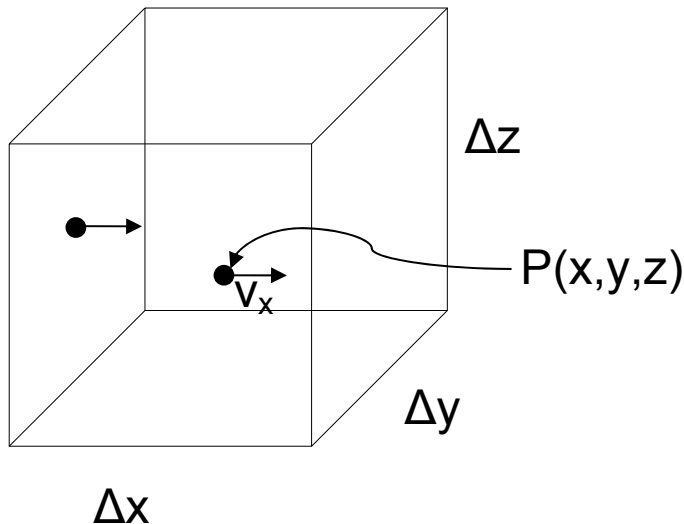
- Globaal wordt water gebruikt voor landbouw, huishoudens, en industrie. Zet deze sectoren op volgorde, met afnemende belangrijkheid. (5 punten)
- Welke overheid beheert voornamelijk de riolering in Nederland: Gemeente, Provincie, Rijk, of Waterschap? (5 punten)
- Staat het gebouw van Civiele Techniek in een polder? En de duinen bij Monster? (5 punten)
- Als men het debiet stroomafwaarts van een regelkunstwerk zo weinig mogelijk met de tijd wil laten variëren, wat is dan beter: een overlaat of een onderspuier? Beredeneer zeer kort. (5 punten)
- Hoeveel moleculen water verbruikt een tarwe plant ongeveer per molecuul vastgelegde kooldioxide? (5 punten)

Vraag 2

Afleiding formule debiet put

- Laplace (10 punten)

Beginpunt is een controle volume rond het punt $P(x,y,z)$.

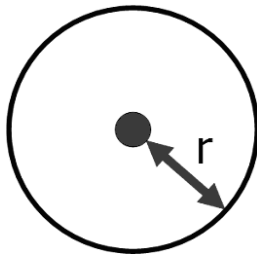


Leid met behulp van de formule van Darcy, $V_x = -K_s \frac{\partial h}{\partial x}$, de Laplace vergelijking af:

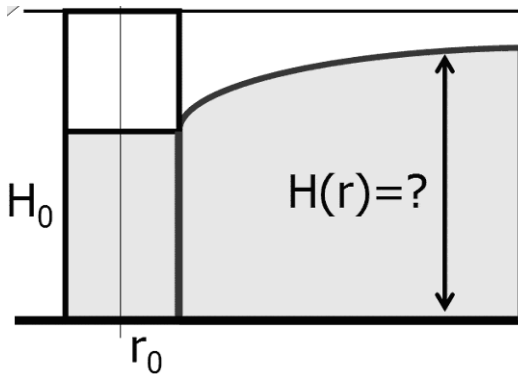
$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0 \quad (\text{Laplace})$$

waarbij h de stijghoogte van het grondwater is, V_x de stroomsnelheid in de x -richting, en K_s de verzadigde doorlatendheid van de grond, die in alle richtingen gelijk is.

b) Put (15 punten)



Boven aanzicht, kleine cirkel is de put met straal r_0 en r is de afstand van de put.



Zij aanzicht met H_0 waterstand in put, r_0 straal van de put, r de afstand van de put, en $H(r)$ de hoogte van het grondwater op de afstand r van de put. De put loopt door tot op een ondoorlatende laag.

De 3-dimensionele Laplace vergelijking kan tot een 1-dimensionele vergelijking vereenvoudigd worden m.b.v. de Dupuit aanname. Men gaat er dan van uit dat verticale energie verliezen verwaarloosbaar zijn t.o.v. horizontale energie verliezen. Het lijndebit in de x -richting wordt dan:

$$q_x = K_s H \frac{\partial H}{\partial x}$$

waarbij q_x [L^2/T] het debiet in de x -richting door een lijn van hoogte H , K_s [L/T] de hydraulische doorlatendheid, H [L] de grondwaterstand.

Wanneer men een vast debiet Q [L^3/T] uit de put pompt, komt de grondwaterstand na verloop van tijd in evenwicht en verandert niet meer. Het verband tussen Q , r , en H wordt dan gegeven door:

$$\ln\left(\frac{r}{r_0}\right) = \frac{\pi K_s}{Q} \left((H(r))^2 - H_0^2 \right)$$

Leid deze formule af!

π is het bekende transcendent nummer dat men verkrijgt door de omtrek van een cirkel te delen door de doorsnede van diezelfde cirkel: 3.14159265... $\ln(\cdot)$ is de log functie met de basis e , een ander transcendent nummer met een waarde in de buurt van 2.7182818...

Vraag 3

Berekeningen irrigatie.

a) Bron (8 punten)

Net over de Duits-Nederlandse grens ligt de Eltenberg, een stuwwal met een hoogte van 82 m boven de nabije Rijn. De Eltenberg hoorde van 1949 tot 1962 bij Nederland, maar dat is verder niet van belang voor het beantwoorden van deze vraag. Op de Eltenberg vindt men de *Drususbrunnen*, een put van 57 m diep. Op de bodem van de put bevindt zich een ondoorlatende keileem laag. Als men niet pompt, is het water in de put 3,0 m diep. Tot 1931 kon men met de beschikbare technieken (touw+emmer) continu 50 liter per 5 minuten putten. De diepte van het water daalde dan tot 0,5 m. De doorsnede van de put is 3,0 m. De doorlatendheid van het zand rond de put is 10 m/dag.

Wat is de hoogte van het grondwater boven het keileem op 20 m afstand van de bron?

Gebruik daarvoor de inmiddels bekende formule:

$$\ln\left(\frac{r}{r_0}\right) = \frac{\pi K_s}{Q} \left((H(r))^2 - H_0^2 \right)$$

b) Gewasbehoefte (5 punten)

Er zijn verschillende formules in omloop om de irrigatie behoefte van een gewas te bepalen. In Nederland (en vlak daarbuiten) lijkt de formule van Makkink goed te werken:

$$E = \frac{0,0353\Delta}{\Delta + \gamma} \cdot [0,65 * R_s]$$

met E (mm/dag) de verdamping van een goed bewaterd grasveld, R_s (W/m^2) de inkomende zonnestraling, Δ ($kPa/^\circ C$) de helling van de dampspanningscurve, en γ ($kPa/^\circ C$) de psychrometrische constante. Gegeven is dat $R_s = 220 W/m^2$, $\Delta = 0,252 kPa/^\circ C$, en $\gamma = 0,066 kPa/^\circ C$.

Wat is de verdamping in mm/dag van een goed bewaterd grasveld?

c) Oppervlakte (4 punten)

Gegeven het debiet van de *Drususbrunnen* (50 liter per 5 minuten), hoe groot is het grasveld (in m^2) dat men hier continu zou kunnen irrigeren? Als u onder b) niets heeft gevonden, ga dan uit van een verdamping van 5 mm/dag.

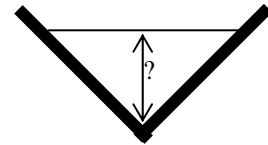
d) Aanvoerkanaal (8 punten)

Het grasveld ligt op 200 m van de *Drususbrunnen* en 2,0 m lager (het beschikbare verhang is dus 2,0 m per 200 m). Men wil een gootje aanleggen om het water naar het grasveld te laten stromen. Voor de dimensionering gebruikt men Manning:

$$V = K_m S^{1/2} R_h^{2/3}$$

Waarbij V (m/s) de gemiddelde stroomsnelheid is, K_m ($m^{1/3}/s$) de Manning constante is, die we hier op $20 m^{1/3}/s$ mogen stellen, S (-) het verhang, en R_h (m) de hydraulische straal. Ga uit een V-vormig profiel met een hoek van 90° :

Hoe diep zal het water in het gootje zijn? Laat berekening zien!



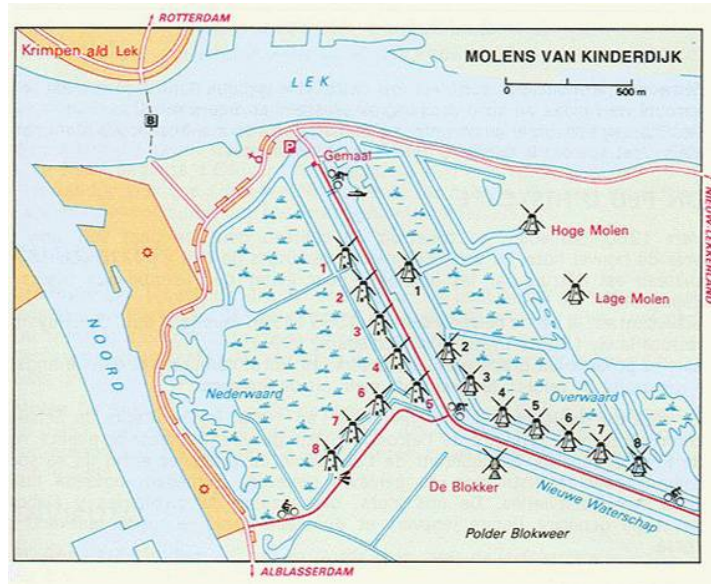
Vraag 4. Vervanging van de buitenopdracht

Deze vraag hoeft u niet te maken als u in het academisch jaar 2007-2008 de Buitenopdracht heeft ingeleverd. Uw cijfer voor de Buitenopdracht maal 2,5 is dan het aantal punten dat voor deze vraag wordt geteld. Indien u de Buitenopdracht heeft ingeleverd en deze vraag toch maakt, geldt het hoogste cijfer. Zie ommezijde voor foto's behorende bij deze vraag.

Kinderdijk

Nergens in de wereld vind je nog zoveel molens bij elkaar als in het dorpje Kinderdijk. Zo rond 1740 zijn hier 19 stevige molens gebouwd die tot op heden goed zijn onderhouden. De molens malen het overtollige water van de Alblasserwaard polders - die een stuk lager dan zee niveau liggen - naar de naastgelegen kanalen. Via een gemaal gaat het water naar de rivier de Lek. De rivier voert op haar beurt dit water weer af naar de (Noord) zee.

a) Geef minimaal twee mogelijke verklaringen waarom er twee kanalen richting het uitwateringspunt (gemaal) parallel aan elkaar lopen (zie kaartje en luchtfoto). (6 punten)



b) Waarom moesten de molens in de loop van de eeuwen een steeds groter hoogteverschil overbruggen? (4 punten)

c) Als gegeven is dat het oppervlak van het totaal te bemalen gebied 1500 hectare is, wat is dan de pompcapaciteit van het uitwaterende gemaal? (5 punten)

d) Van welk type is de pomp van het gemaal (zie foto)? (3 punten)

e) Gegeven dat er getijdewerking is op de Lek, leg uit welke maatregelen moeten worden genomen om te garanderen dat het gemaal altijd water kan lozen op de Lek. (4 punten)

f) De pompcapaciteit per pomp is 50% van de benodigde capaciteit. Waarom staan er dan toch drie pompen? (3 punten)

