

VAKGROEP GROENE CHEMIE EN TECHNOLOGII

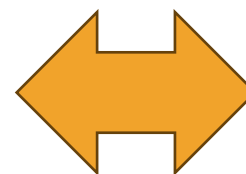
**LABORATORIUM VOOR INDUSTRIËLE WATER EN ECO TECHNOLOGIE
(LIWET)**

FOSFAATADSORPTIEFILTERS

THEORETISCHE BESCHOUWING

DIEDERIK ROUSSEAU, 02/02/2026, BRL

WATERKWALITEIT VLAANDEREN – FOSFOR



VLAREM II, bijlage 2.3.1

- Stromend: < 0,14 mg P/L (zijkant)
- Meer: < 0,03 – 0,11 mg P/L (zijkant)

Chemische precipitatie
Electrocoagulatie – flocculatie
Algen/bacteriën/planten
Ionenuitwisseling
Membraanfiltratie



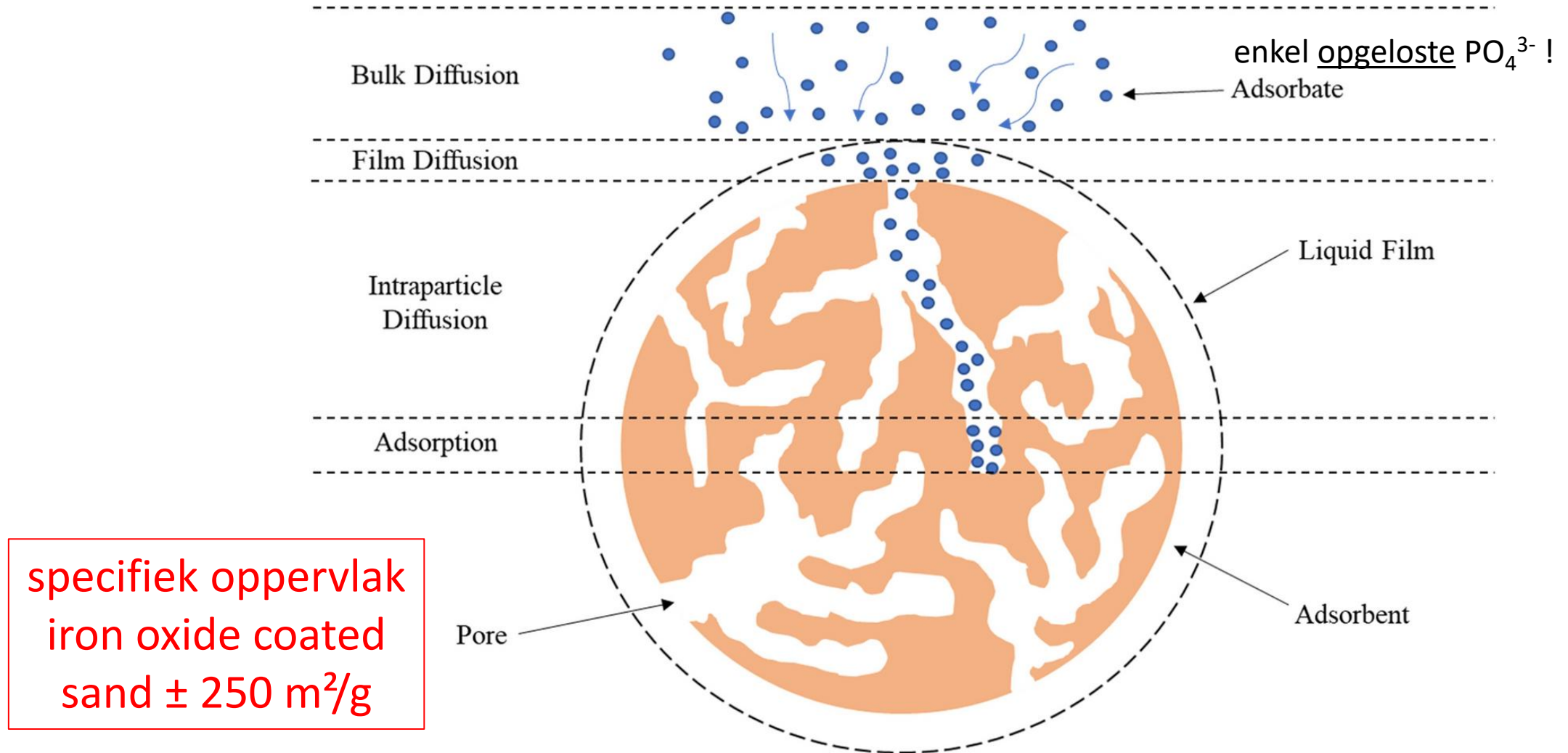
ADSORPTIEFILTER

Geen energie nodig
Geen chemicaliën nodig (?)
Geen slibproductie
Weinig klimaatgevoelig
Geen (frequente) regeneratie nodig
Geen concentraatstromen

Ruimtebeslag
Veel materiaal nodig
Regeneratie of finale
bestemming?
Duurzaamheid

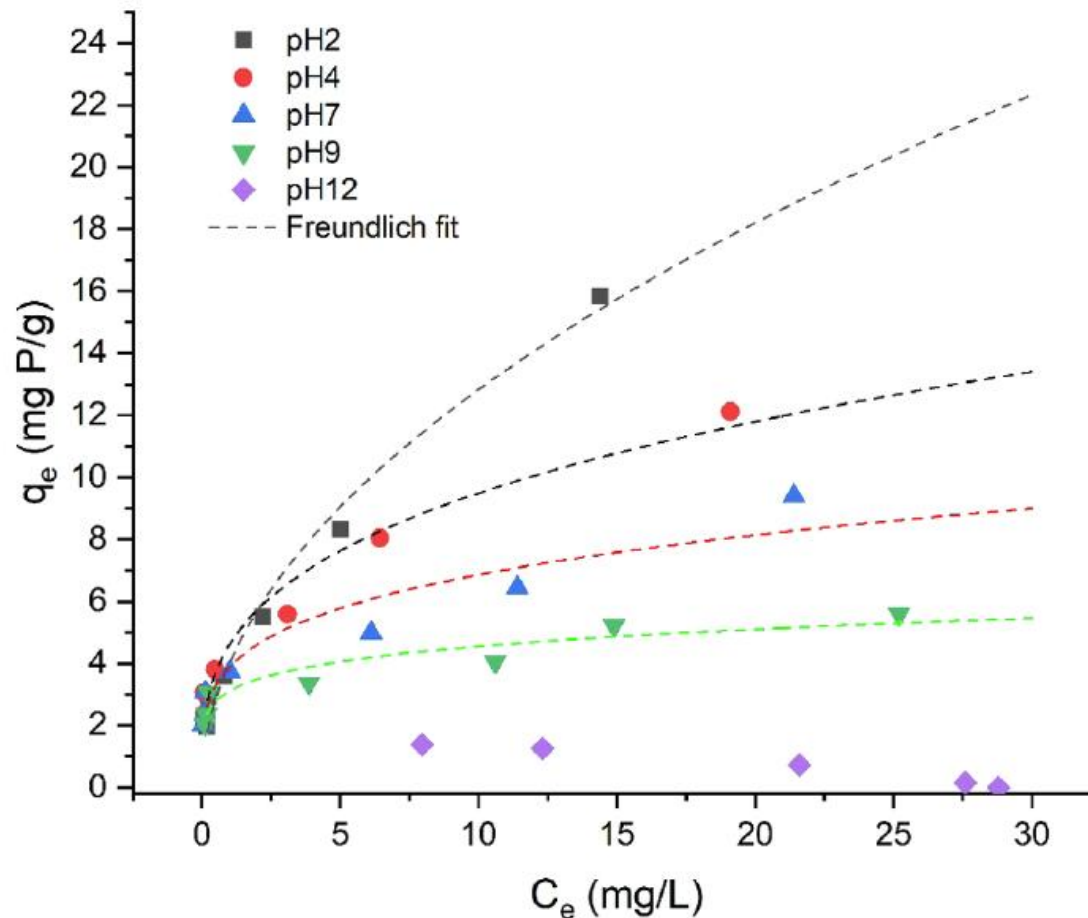
Lage P concentraties
haalbaar
Landschappelijk inpasbaar

P ADSORPTIE - MECHANISMEN



P ADSORPTIE - INVLOEDSFACTOREN

- pH → beïnvloedt speciatie (bv. H_2PO_4^- vs HPO_4^{2-} vs PO_4^{3-}) en oppervlaktelading a



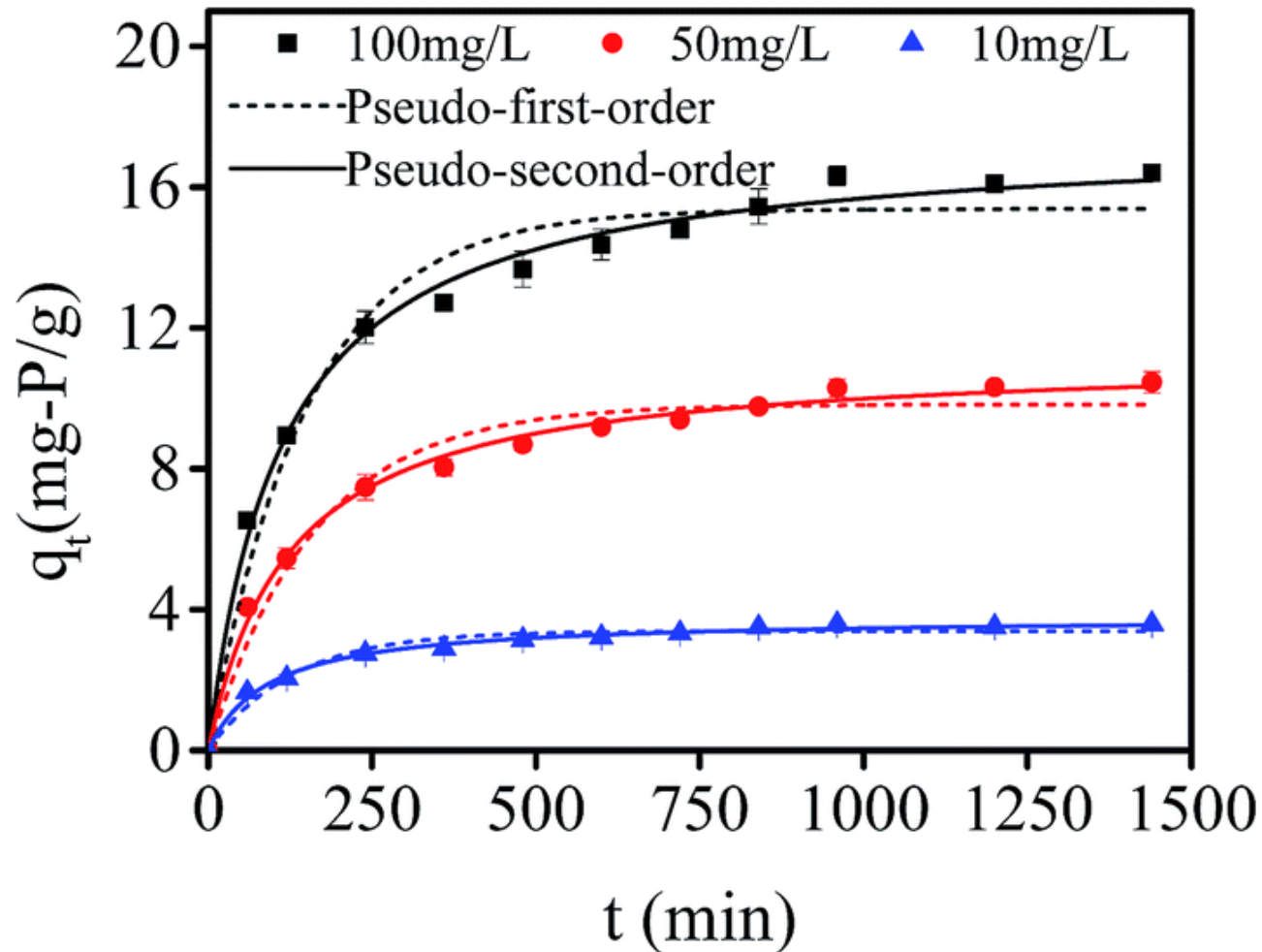
Zhang R. et al (2022)
Separation and Purification
Technology

Iron oxide coated sand

P ADSORPTIE - INVLOEDSFACTOREN

- pH → beïnvloedt speciatie (bv. H_2PO_4^- vs HPO_4^{2-} vs PO_4^{3-}) en oppervlaktelading
- Stroomsnelheid / graad van menging: invloed op diffusie
- Contacttijd: evenwicht na enkele minuten tot 3-4 dagen
- Temperatuur: invloed op diffusie en binding
- Korrelgrootte ($d \downarrow \rightarrow m^2/g \uparrow$) vs. “bulk”porositeit (verstopping, waterdoorlaatbaar)
- Concurrerende stoffen zoals SO_4^{2-} , Cl^- , DOM, ...

P ADSORPTIE - SUPER INVLOEDSFACTOR = CONCENTRATIE

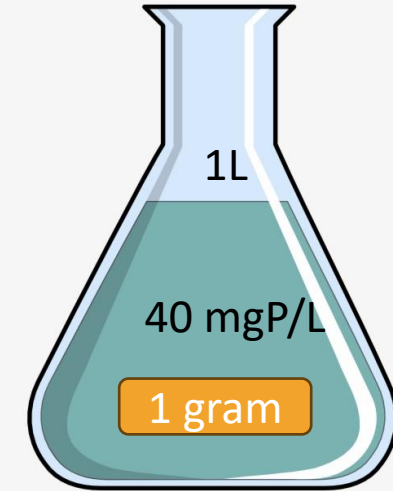
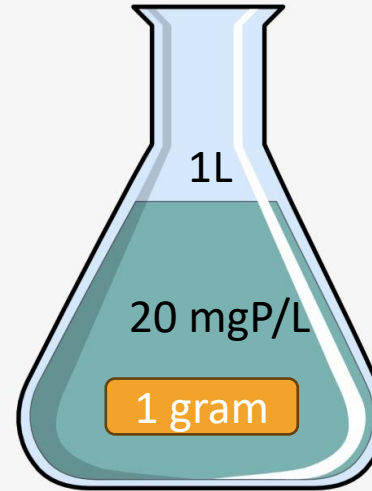
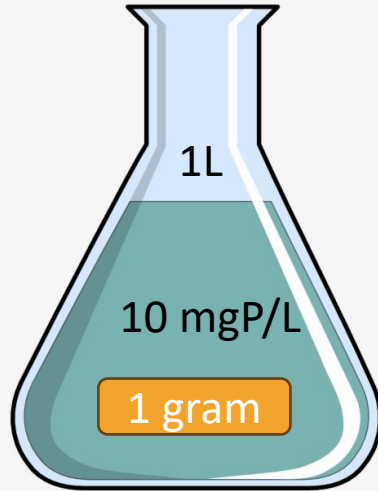


Invloed op kinetiek, dus
op nodige contacttijd

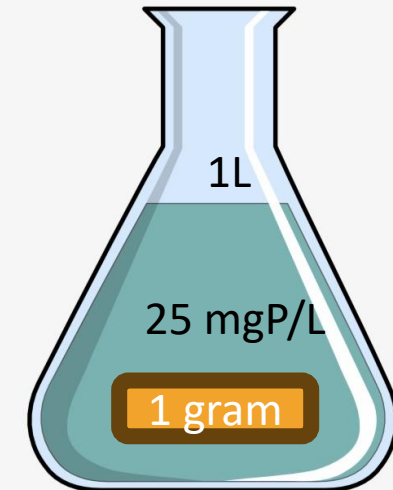
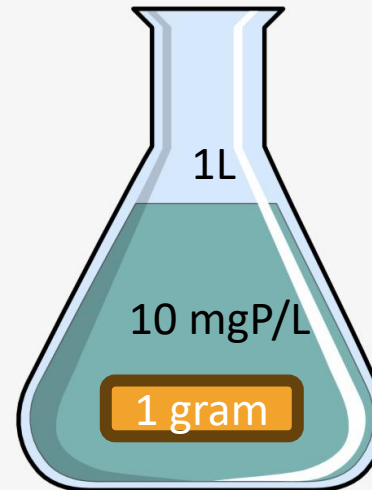
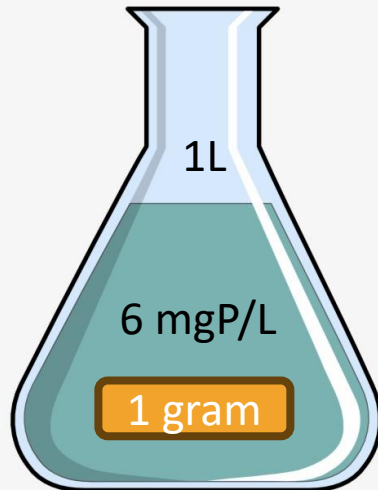
Invloed op finaal
geadsorbeerde
hoeveelheid P

P ADSORPTIE - SUPER INVLOEDSFACTOR = CONCENTRATIE

STAR
T

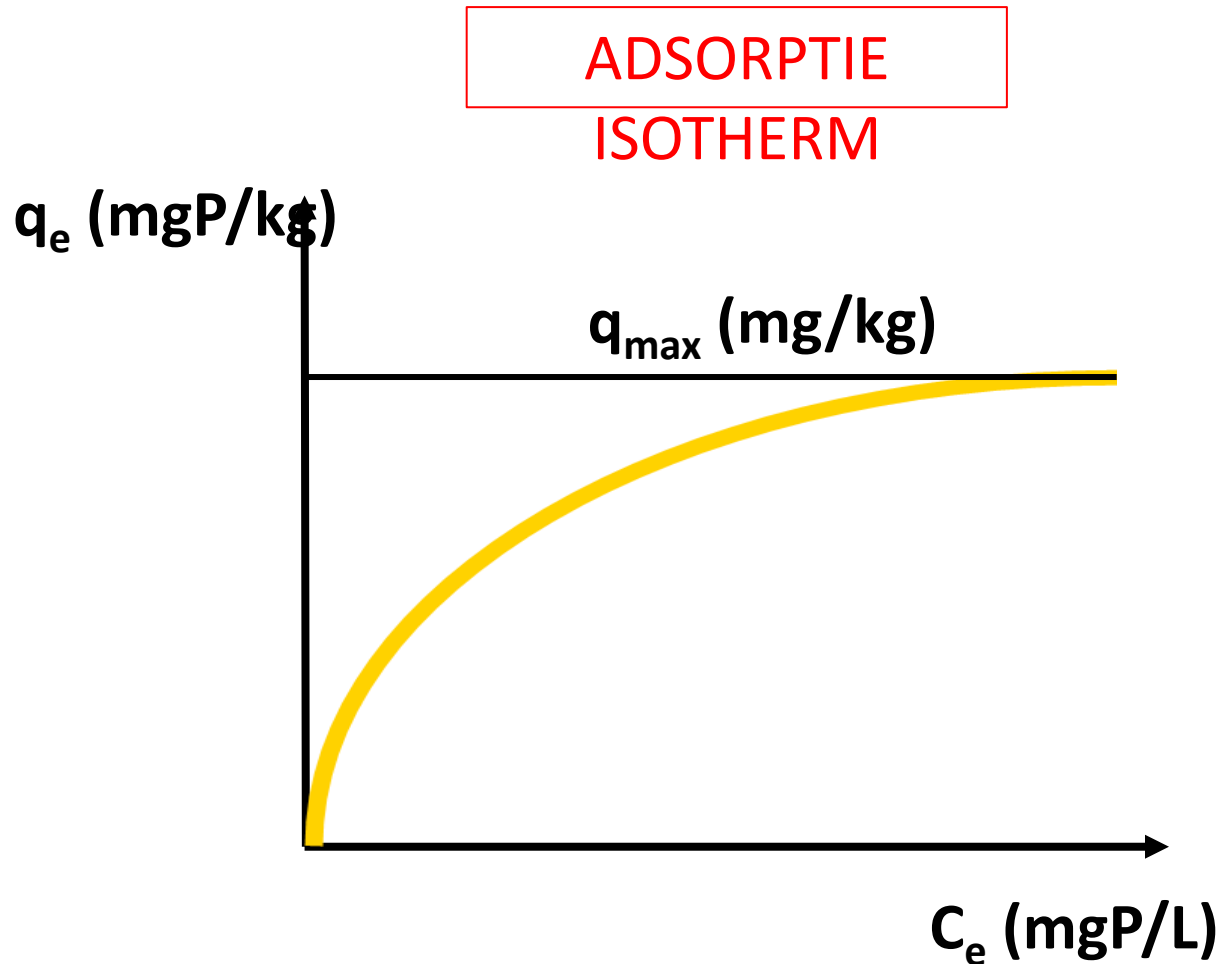


NA
48u



$$C_e = 6 \text{ mgP/L}, q_e = 4 \text{ mgP/g} \quad C_e = 10 \text{ mgP/L}, q_e = 10 \text{ mgP/g} \quad C_e = 25 \text{ mgP/L}, q_e = 15 \text{ mgP/g}$$

P ADSORPTIE - SUPER INVLOEDSFACTOR = CONCENTRATIE



P ADSORPTIE - SUPER INVLOEDSFACTOR = CONCENTRATIE

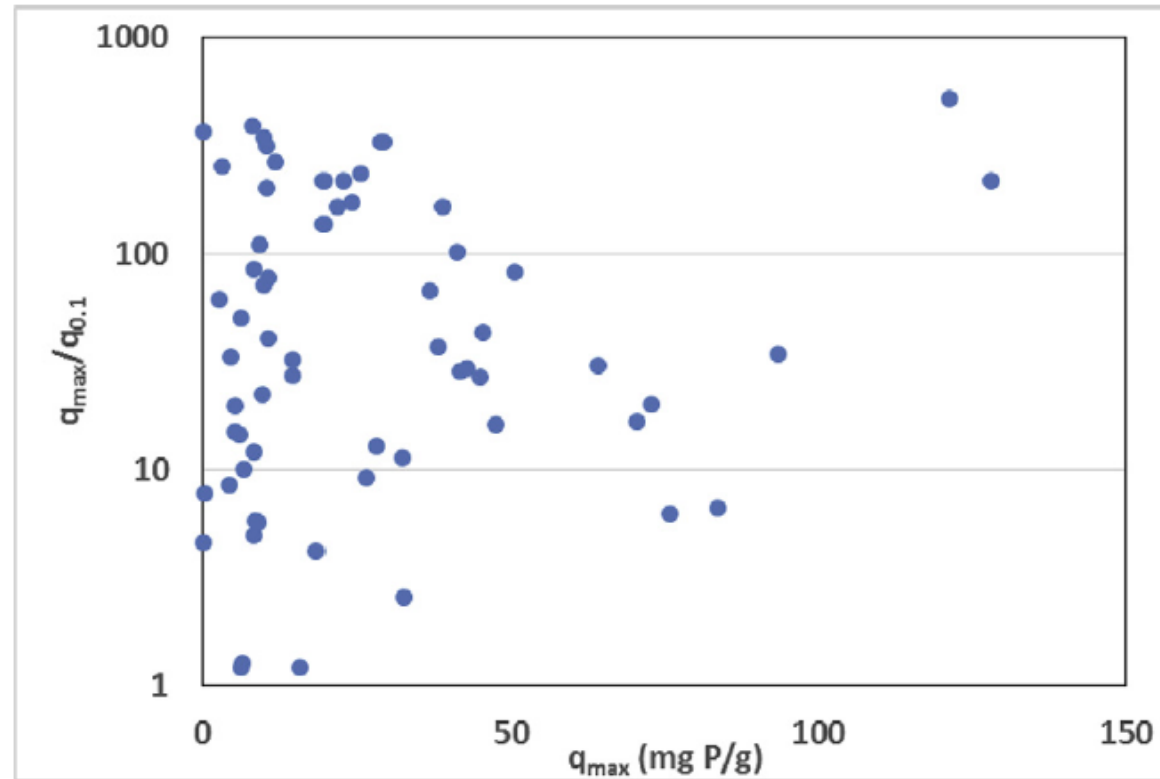


Fig. 2. Ratio of $q_{\max}$ to adsorption capacity at equilibrium concentration of 0.1 mg P/L as a function of $q_{\max}$ (references to the data points shown in Table S1 in supporting information).

P ADSORPTIE - ONDERZOEKSFASEN



BATCH TEST



**KOLOM
TEST**



PILOOT TEST



FULL-SCALE

P ADSORPTIE - MATERIAALGROEPEN



Quantitative evaluation on phosphate adsorption by **modified biochar**: A meta-analysis



Zeming Xu ^{a,b}, Changhui Zhang ^{a,b}, Chunhong Zhang ^{a,*}, Zhe Chen ^{a,c,*}



Phosphate adsorption by **metal organic frameworks**: Insights from a systematic review, meta-analysis, and predictive modelling with artificial neural networks



G. Alatrasta ^{a,*}, C. Pratt ^b, A. El Hanandeh ^a



Review

Sustainable **chitosan-based adsorbents** for phosphorus recovery and removal from wastewater: A review



Huayue Zhu ^{a,b,c,*}, Chundan Hu ^a, Ru Jiang ^{a,b,c,**}, Mei Xiao ^a, Yongqian Fu ^{a,b,c}, Qi Wang ^d, Kai Zhao ^{a,b,c,**}

P ADSORPTIE - IOCS



IRON OXIDE COATED SAND

- Bijproduct van drinkwaterzuivering
- Specifieke oppervlakte: $\pm 250 \text{ m}^2/\text{gram}$
- 47 m% Fe, o.a. als $\text{Fe}(\text{OH})_3$
- $\pm 0,3 \text{ mgP/g}$ bij relevante concentraties

Zhang R. et al (2022), Separation and Purification Technology

Aquatuur rapport Lukas Willems, UGent

P ADSORPTIE - VALKUILEN

- Uitloging van stoffen
- pH effect

Media	Phosphorus retention g P/kg media	Effluent pH	Comment
<i>Natural media</i>			
Sand	0.1	7.4	HF wetland, full-scale
Apatite	14	7.0	550-day column experiment
Oyster shells (heated)	120	8.3	Batch test
Oyster shells (burnt)	830	12.6	Column test
Shell sand	335	8.6	HF wetland, 1 year
<i>Industrial by-products</i>			
Oil shale ash	25-60	> 12	Batch and pilot-scale experience
Blast furnace slags	1-2	> 10	Batch to full-scale experience
Fly ash	100-400	9 – 11	Batch to full-scale experience
<i>Manufactured products</i>			
Filtralite P ®	0.5-5	> 10	Batch to full-scale experience
Ferrosorp ®	up to 14	7 – 8	Batch to full-scale experience
LECA ®	up to 12	10 – 12	Batch to full-scale experience
Phosclean ®	up to 14	8.5 – 11	

P ADSORPTIE - VALKUILEN

- Uitloging van stoffen

WET VAN DARCY: $Q = K \times A \times (\Delta h / \Delta l)$

- pH effect

Q = debiet (m^3/dag)

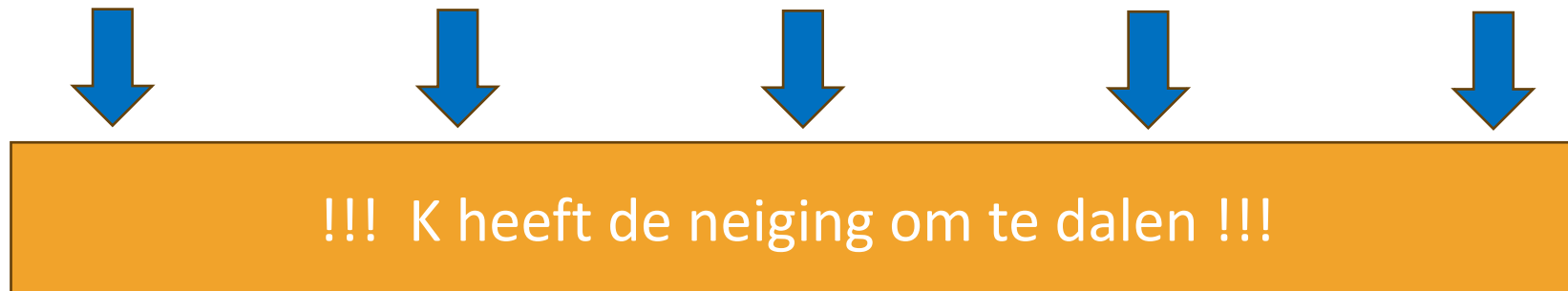
- Waterdoorlaatbaarheid

K = hydraulische conductiviteit (m/dag)

A = dwarsdoorsnede filter (m^2)

Δh = hydrostatisch drukverschil (m)

Δl = lengte van de filter (m)



P ADSORPTIE - CHEMISCHE REGENERATIE

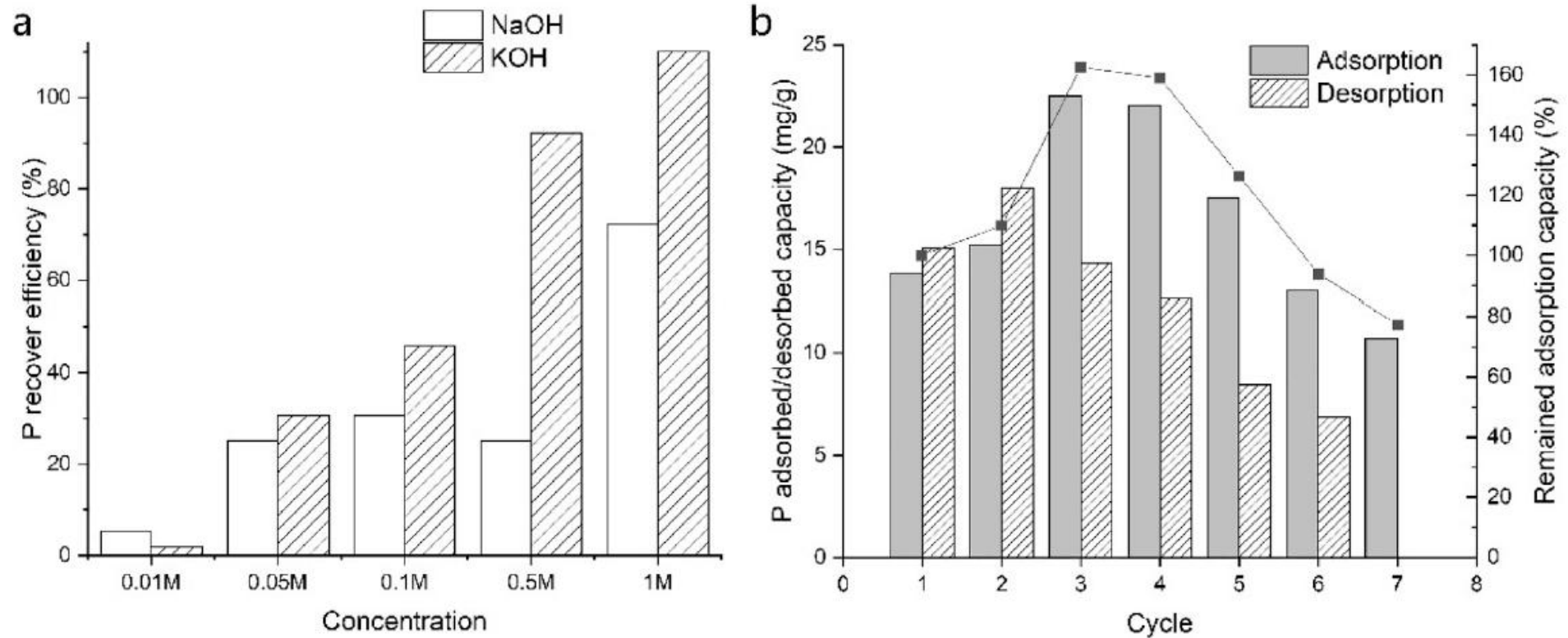


Fig. 8. Phosphorus recovery of **IOS** at (a) different concentrations of desorption agents and (b) adsorption/recovery efficiency of 0.5 M KOH determined by a reusability test (line is the reminded adsorption capacity % in each cycle).

P ADSORPTIE - “SPONTANE” REGENERATIE VIA RUSTPERIODES

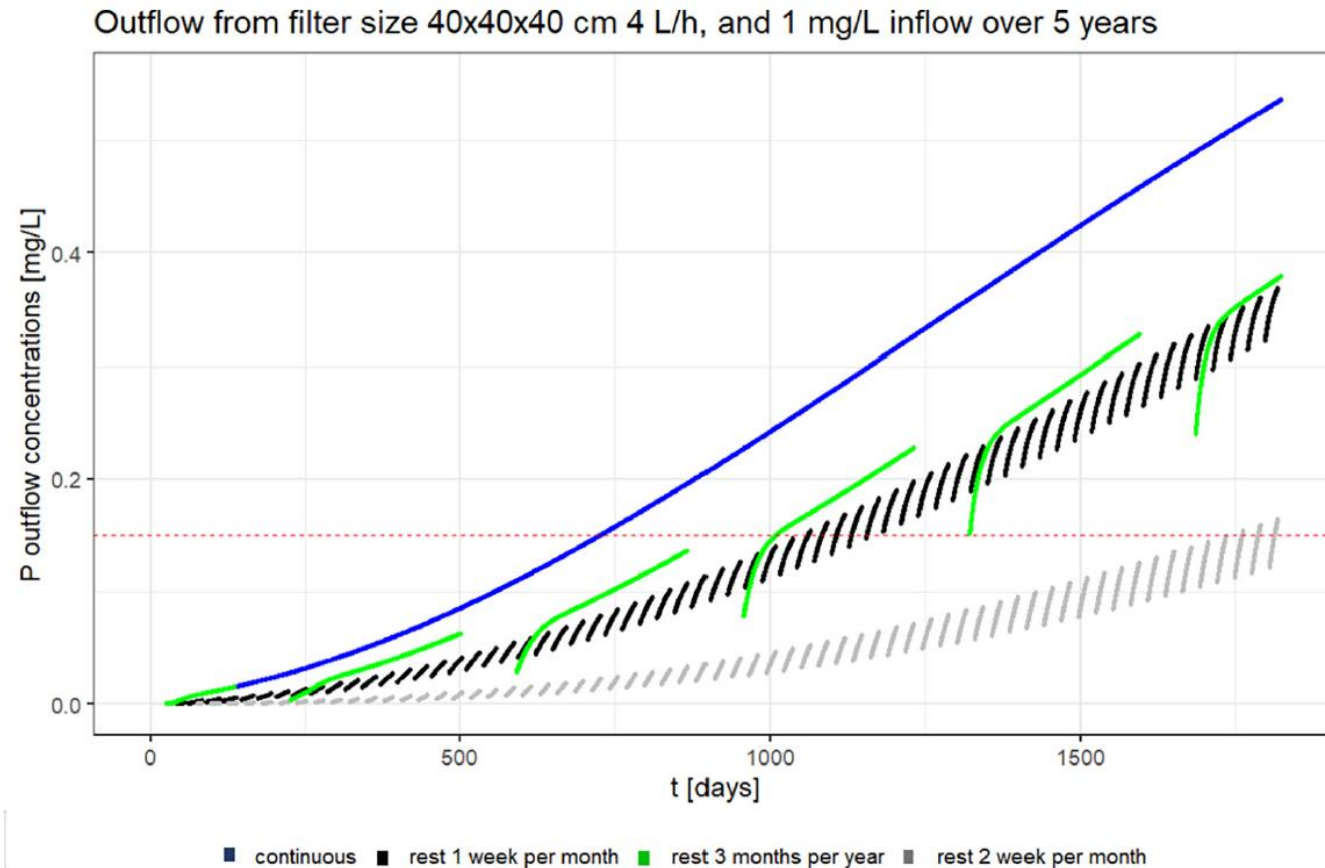
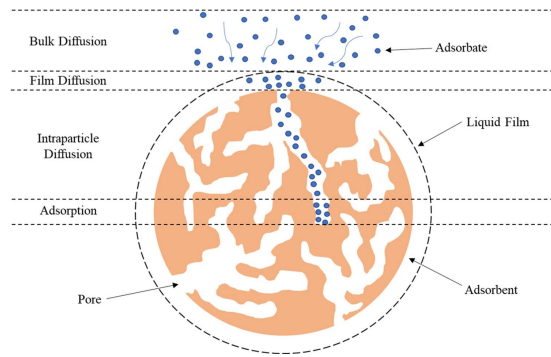


Fig. 5. P outflow concentrations for practical example of a 5-year ICS filter operation with 4 different operative scenarios: (i) continuous flow, (ii) resting 3 months a year (during summer time), (iii) resting 1 week and (iv) 2 weeks per month. The dashed red line indicates the target outflow concentration, 0.15 mg/L.

Prof. dr. ir. Diederik Rousseau

LABO VOOR INDUSTRIËLE WATER EN ECO TECHNOLOGIE
(LIWET)
VAKGROEP GROENE CHEMIE EN TECHNOLOGIE

Diederik.Rousseau@ugent.be



[Universiteit Gent](#)



[@ugent](#)



[@ugent](#)



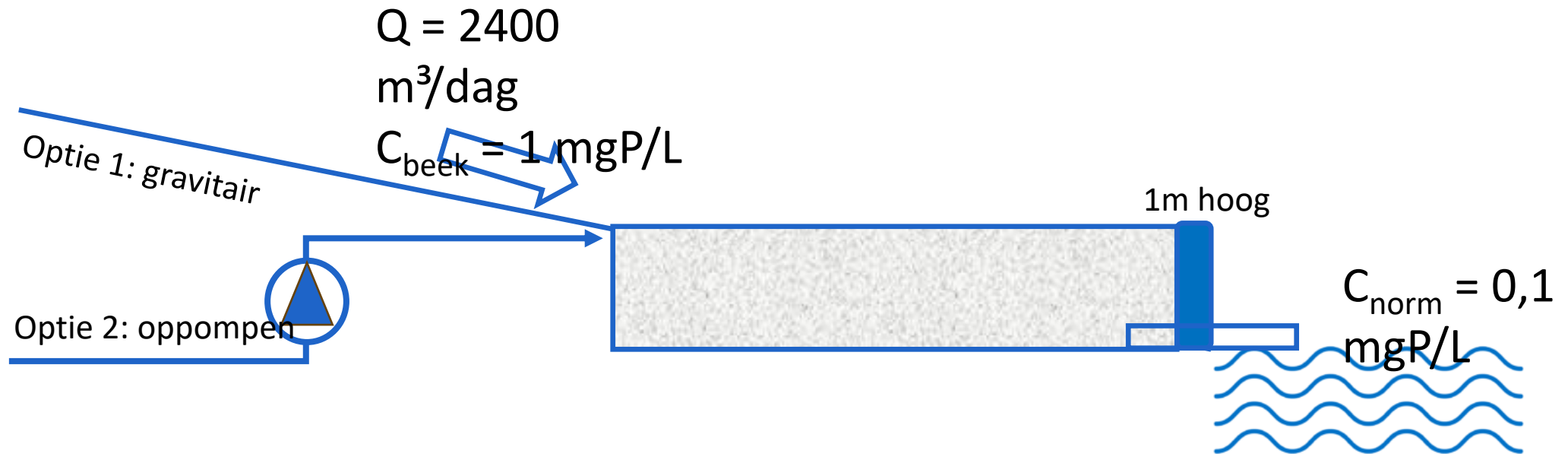
[Ghent University](#)



[youtube.com/ugent](#)

www.ugent.be

VOORBEELD ONTWERPREGELS - UITGANGSSITUATIE



STAP 1: MATERIAALKENMERKEN (leverancier, literatuur of eigen laboproeve)

- Porositeit = 30% & hydraulische conductiviteit = 40 m/d
- Minimale contacttijd voor gewenst % verwijdering (i.c. 90%) = 0,2 dagen
- $q_{0,1} = 0,5 \text{ g P/kg adsorbens}$
- Bulkdensiteit = 1400 kg/m^3

VOORBEELD ONTWERPREGELS - BEREKENINGEN

STAP 2: VOLUME EN OPPERVLAKTE VAN DE FILTER

- $0,2 \text{ dagen} \times 2400 \text{ m}^3/\text{dag} = 480 \text{ m}^3$ (!! = poriënvolume)
- $480 \text{ m}^3 / 0,3 = 1600 \text{ m}^3$
- $1600 \text{ m}^3 / 1\text{m} = 1600 \text{ m}^2$

VOORBEELD ONTWERPREGELS - BEREKENINGEN

STAP 3: WET VAN DARCY VOOR STROMING IN POREUZE MEDIA

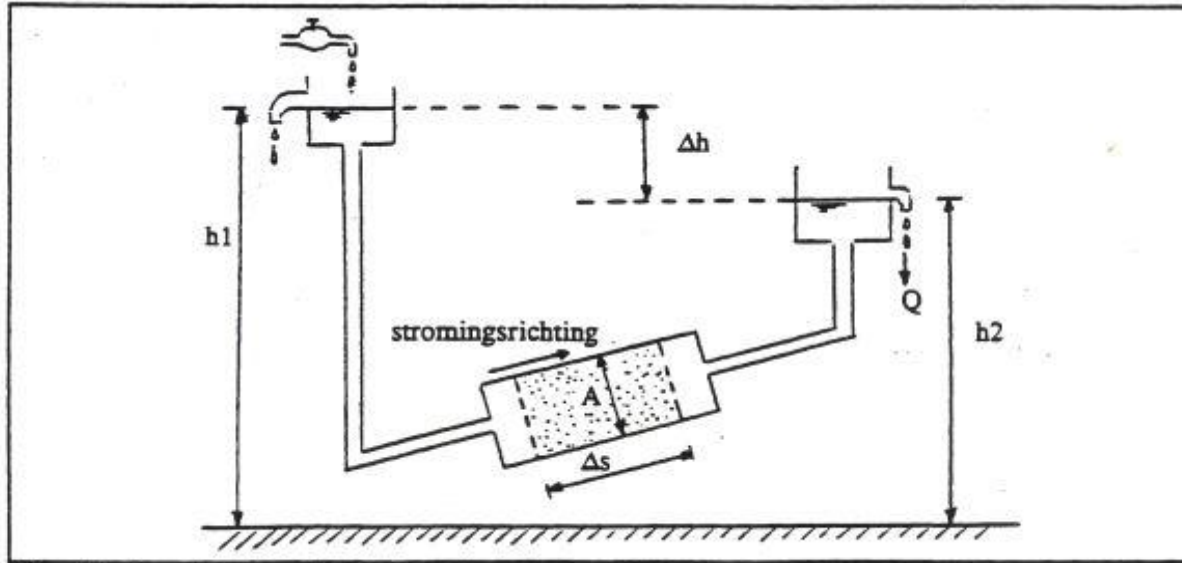


Fig. 4.7. Experiment van Darcy

$$Q = K \times A \times (\Delta h / \Delta s)$$

Q = debiet (m^3/dag)

K = hydraulische conductiviteit (m/dag)

A = dwarsdoorsnede filter (m^2)

Δh = hydrostatisch drukverschil (m)

Δs = lengte van de filter (m)

VOORBEELD ONTWERPREGELS - BEREKENINGEN

1. Onderstel vierkant oppervlak ($L = B$)

$$A = L \times B = L^2 \rightarrow L = B = \sqrt{1600} = 40 \text{ m}$$

$$Q_{\max} = 40 \times (40 \times 1) \times (1 / 40) = 40 \text{ m}^3/\text{d} \ll 2400 \text{ m}^3/\text{dag die nodig is}$$

2. Onderstel $L = 5\text{m} \rightarrow B = 1600\text{m}^2 / 5\text{m} = 320 \text{ m}$

$$Q_{\max} = 40 \times (320 \times 1) \times (1 / 5) = 2560 \text{ m}^3/\text{d}$$



!!! K heeft de neiging om te dalen !!!

VOORBEELD ONTWERPREGELS - BEREKENINGEN

STAP 4: DUURTIJD TOT VERZADIGING

- $1600 \text{ m}^3 \times 1400 \text{ kg/m}^3 = 2.240.000 \text{ kg adsorbens}$
- $q_{0,1} = 0,5 \text{ gP / kg adsorbens} \rightarrow 1.120 \text{ kg P kan geadsorbeerd worden tot verzadiging}$
- Jaarlijkse accumulatie aan P = $2400 \text{ m}^3/\text{dag} \times 365 \text{ dagen/jaar} \times (1 - 0,1) \text{ gP/m}^3 = 788,4 \text{ kg}$
- Duurtijd tot verzadiging = $1.120 / 788,4 = 1,42 \text{ jaar}$