

Meet- en regeltechniek in de waterzuivering, een inleiding

Boudewijn Van De Steene



Overzicht

- Inleiding
- On-line metingen in de waterzuivering
 - Zuurstofmeting
 - Nutriëntmetingen
 - Turbiditeit en MLSS
- On-line sturing in de waterzuivering
 - Wat sturen?
 - Waarom sturen?
- Case studies
 - IJzerdosering: RWZI Lommel
 - Intermitterende sturing: RWZI Boortmeerbeek
 - Alternierende sturing: RWZI Houthalen
 - Aanpassing sturing Bree
- Algemene conclusies

Inleiding: een nieuw paradigma

Vroeger:

- Waterzuivering werd beschouwd als een **statisch** proces
- Variabiliteit in procescondities werd opgevangen door veiligheidsfactoren in ontwerp en bedrijfsvoering

Nu:

- Erkenning van de **dynamiek** van de processen (oa. Grote variabiliteit in kwaliteit/kwantiteit van het afvalwater)
- Opvangen van snelle wisselingen in omstandigheden door meet- en regeltechnologie

On-line meten

Om in te spelen op de dynamiek van de processen, is een **continue opvolging** van belangrijke procesparameters van essentieel belang

Parameters

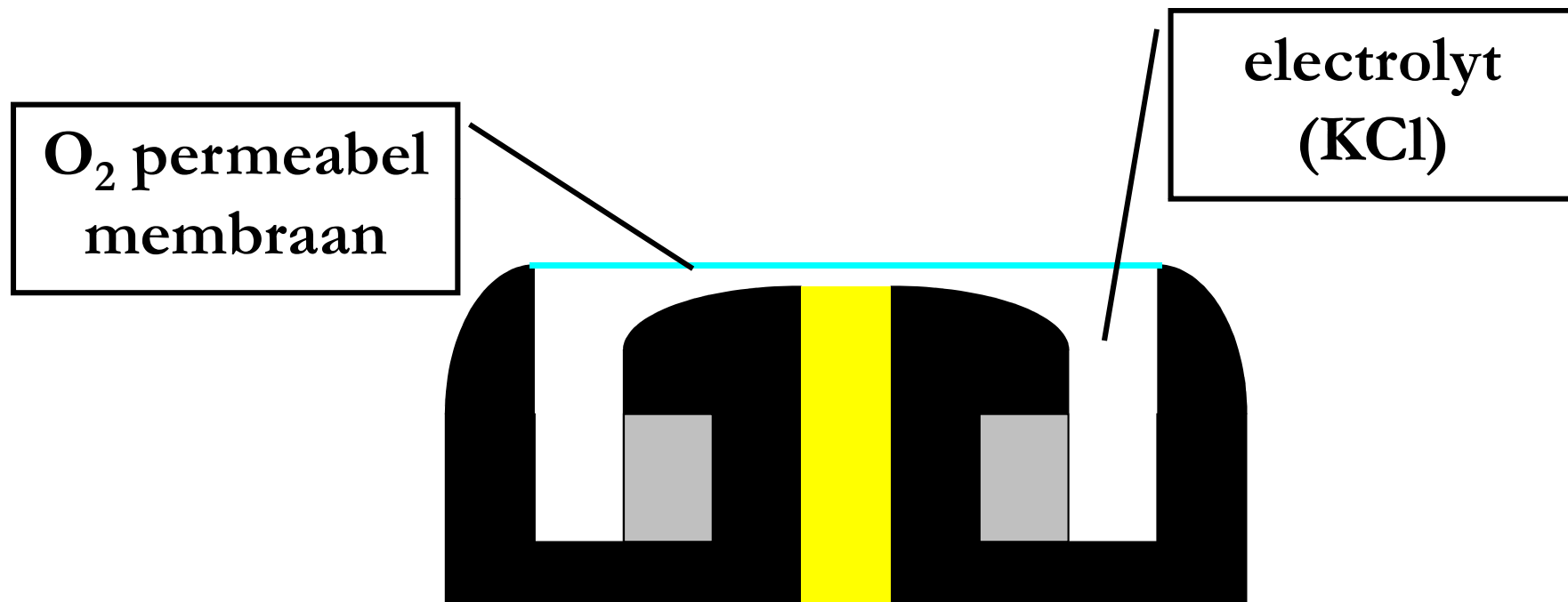
- 1970: opkomst van zuurstofmeting
- 1980: opkomst van de nutriëntmetingen (ammonium, nitraat, fosfaat)
- 2000: rijpe technologie

De zuurstofmeting

- Zuurstof is de sleutel voor afbraak van organische verbindingen
- Bepaalt het evenwicht tussen nitrificatie en denitrificatie (stikstofverwijdering)
- Een goede opvolging garandeert een efficiënt zuiveringsresultaat, tegen minimale kosten
- Eenvoudige en wijdverbreide meting (standaard op alle RWZI's)

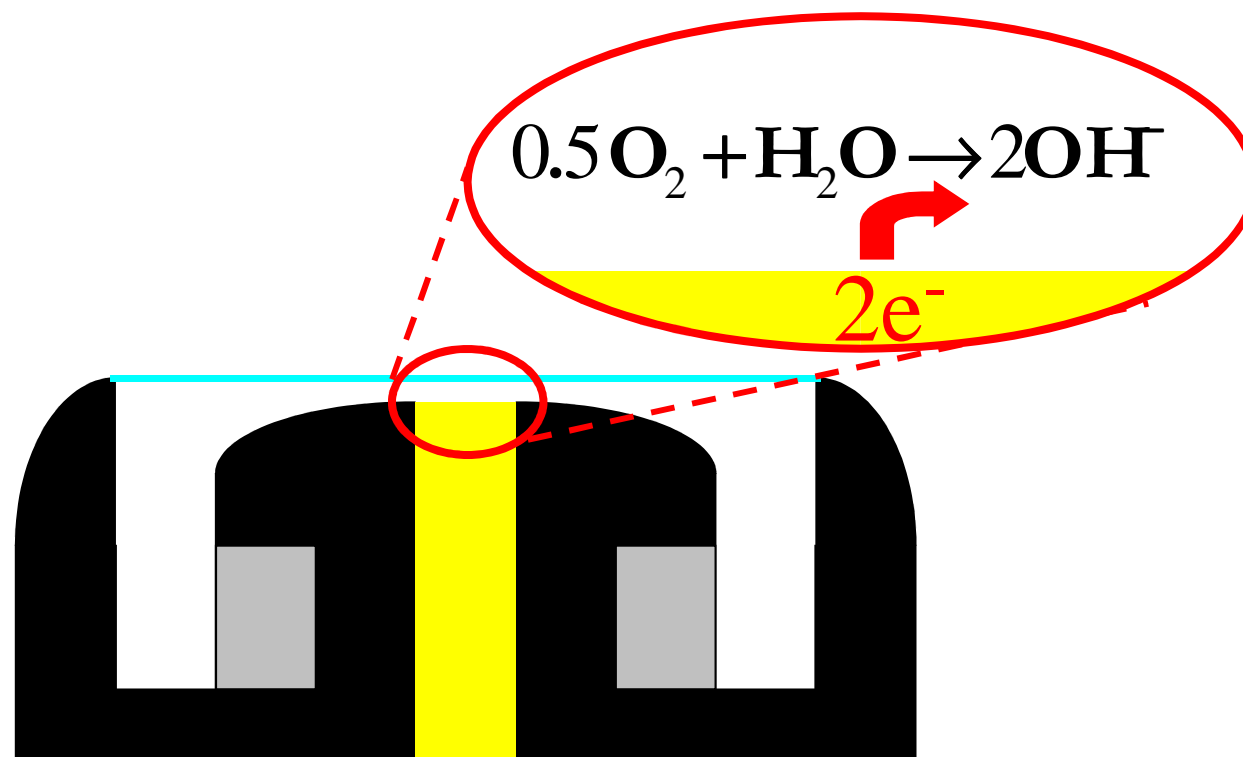
De zuurstofmeting : principe (Clark cel)

Reactiekamer gevuld met electrolyt afgesloten van de te meten vloeistof dmv een zuurstofpermeabel membraan



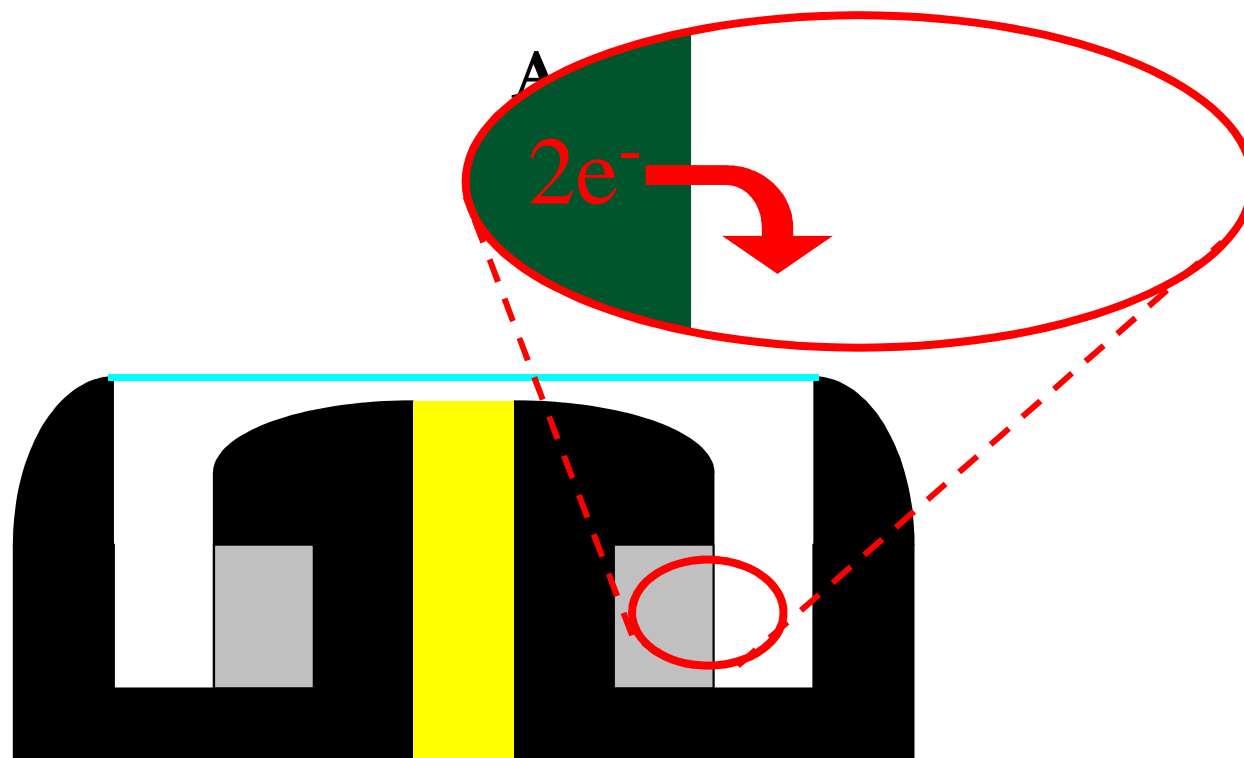
De zuurstofmeting : principe

Reductie van zuurstof aan het kathodeoppervlak (Pt, Au of Pd)



De zuurstofmeting : principe

Vorming van AgCl aan anode (Ag)



De zuurstofmeting: principe

Zuurstofconcentratie in de te meten vloeistof



Diffusiesnelheid door membraan



Electronenafgifte aan de kathode



Electrische stroom tussen anode en kathode

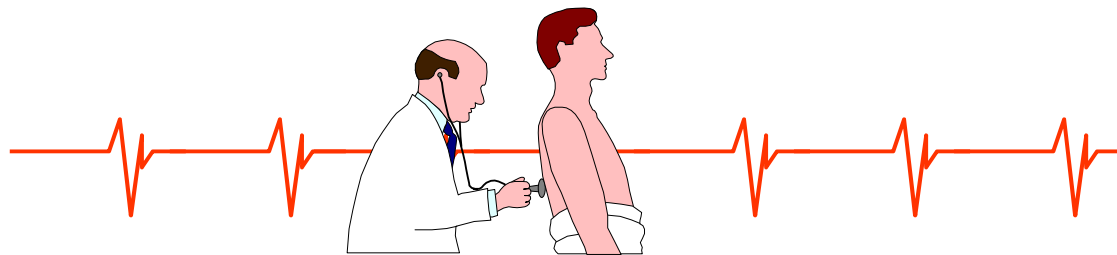
Zuurstofmeting: praktische aspecten

- Biofouling: aangroei van micro organismen op het membraanoppervlak
- Zelfreinigende sondes



Zuurstofmeting: toepassingen

- Sturen van de beluchting
- Respirometrie: opvolging van de zuurstofopnamesnelheid
- Early warning:
 - Toxiciteit
 - Piekbelasting (bijvoorbeeld first flush)



Nutriëntmetingen

- Sleutelmetingen voor de sturing van nutriëntverwijdering
- Complexere metingen: vereisen meerdere geautomatiseerde stappen
- Vereisen monstervoorbereiding (continue filtratie)
- Stikstofverwijdering: ammonium en nitraat
- Fosforverwijdering: fosfaat

Nutriëntmetingen : monstervoorbereiding

- Afscheiden van particulier materiaal
- Filtratie
 - Keramische filters
 - Membraanfiltratie (plaatvormig of tubulair)
- Bezinking

Nutriëntmetingen: monstervoorbereiding



Tubulair membraan



Bezinking



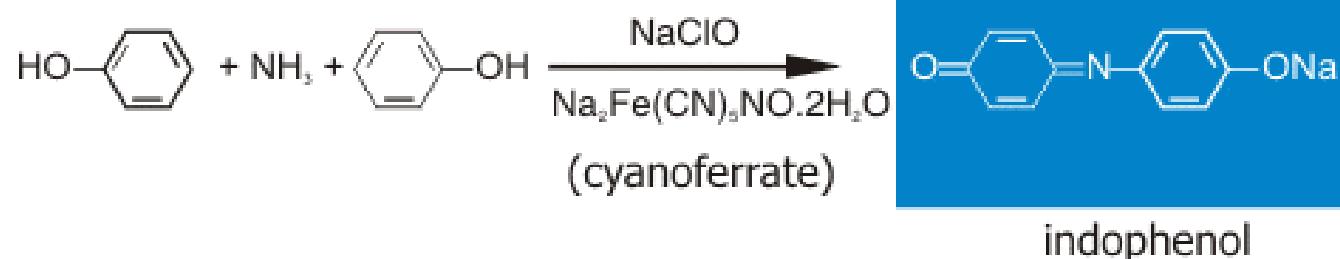
Plaatvormig membraan



Keramische filters

Nutriëntmetingen: ammonium

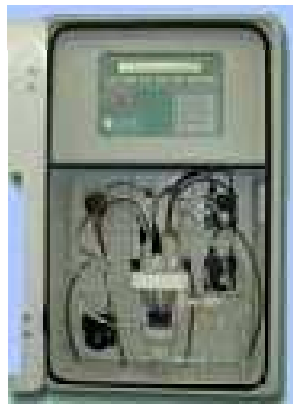
- Belangrijkste meetprincipes: ionspecifieke electrode (ISE) of colorimetrie
- **ISE** : diffusie van NH_3 door selectief permeabel membraan en meten van resulterend pH effect
- **Colorimetrie**: vorming van een gekleurd product (indofenol blauw)



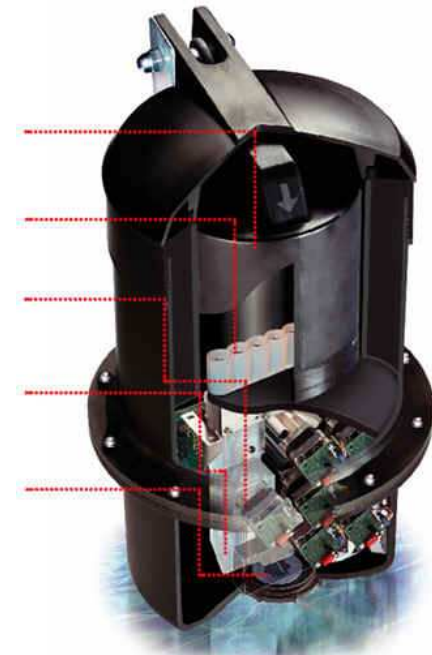
Nutriëntmetingen: ammonium



ISE



Colorimetrische
Analysers



Fotocel

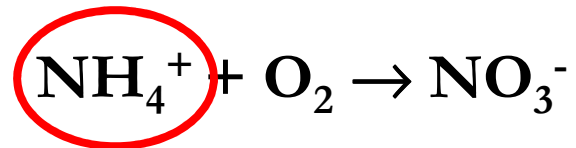


Nutriëntmetingen: ammonium

Belang

- Opvolgen stikstofverwijdering (sturing beluchting):

Nitrificatie:



Denitrificatie:



- Early warning: toxiciteit (nitrificerende gemeenschap is meest gevoelig aan toxische stoffen)

Nutriëntmetingen: nitraat

- Belangrijkste meetprincipe: UV absorptie (ongeveer 200 nm)
- Meetbaar zonder monstervoorbereiding

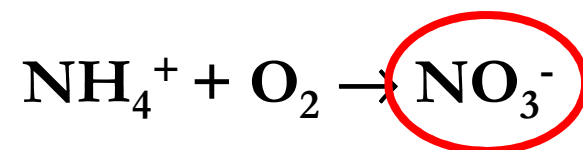


Nutriëntmetingen: nitraat

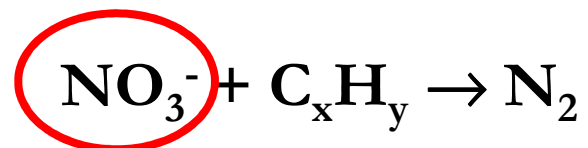
Belang

- Opvolgen stikstofverwijdering:

Nitrificatie:



Denitrificatie:



- Sturing beluchting / koolstofbrondosering

Nutriëntmetingen: fosfaat

Belangrijkste meetprincipe: **colorimetrie** (molybdeen blauw methode)

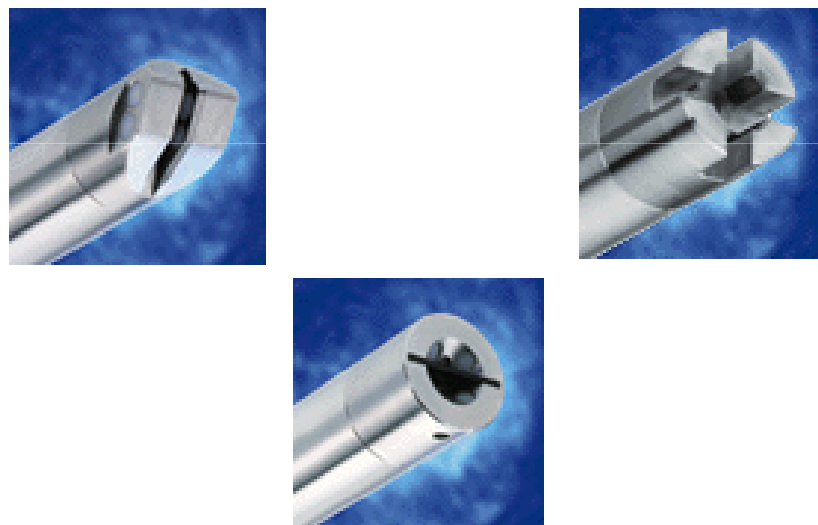


Nutriëntmetingen: fosfaat

- Belang
- Opvolgen fosforverwijdering
 - Bio-P : sturing beluchting
 - Chemische P verwijdering : sturing dosering FeCl_3

Turbiditeit en MLSS: turbiditeit

Belangrijkste meetprincipe: absorptie van licht



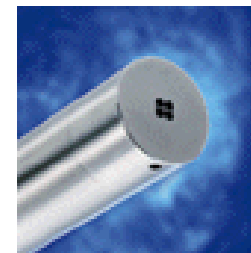
Turbiditeit en MLSS: turbiditeit

■ Belang

- Zo weinig mogelijk zwevende stoffen naar het effluent
- Vorm afhankelijk van de range

■ Opvolgen turbiditeit

- Sturen van het retour debiet
- Aanpassen van de MLSS concentratie om geen uitspoeling te krijgen



Turbiditeit en MLSS: MLSS

- Belang

- Nitrificatie (te lage MLSS geeft een te lage SRT)

- Opvolgen

- Slibleeftijd
- Slibuitspoeling



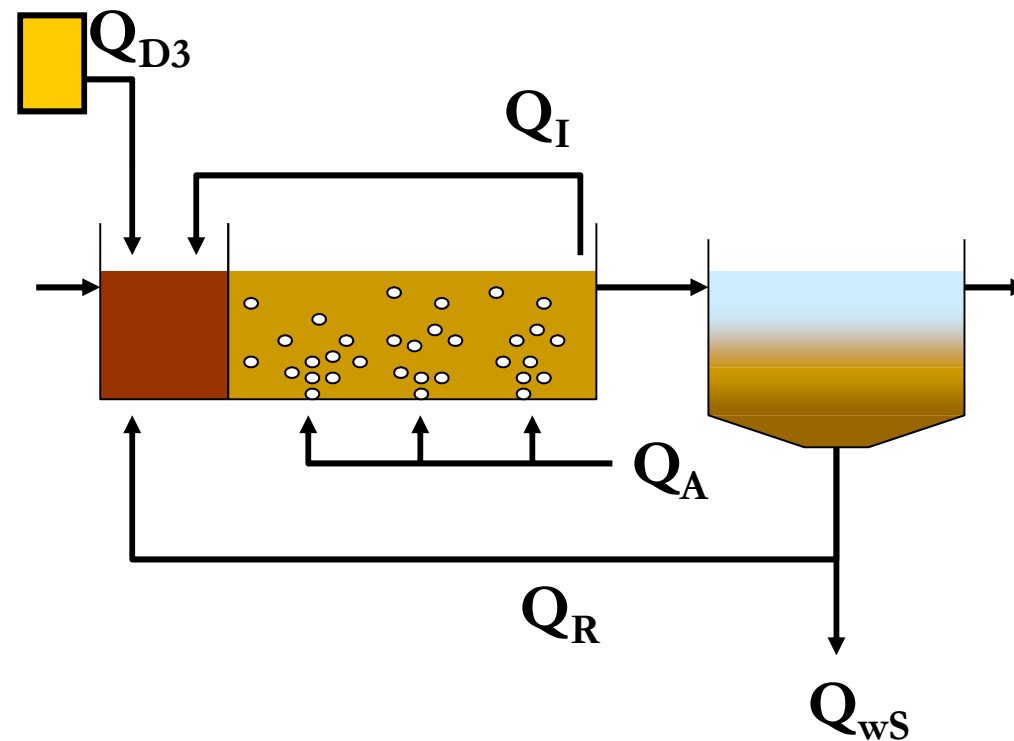
On-line sturing

- **Directe** koppeling van meting met procesvoering
- **Bijvoorbeeld**
 - IJzerdosering in functie van PO₄
 - Percentage denitrificatie in functie van NH₄ / NO₃



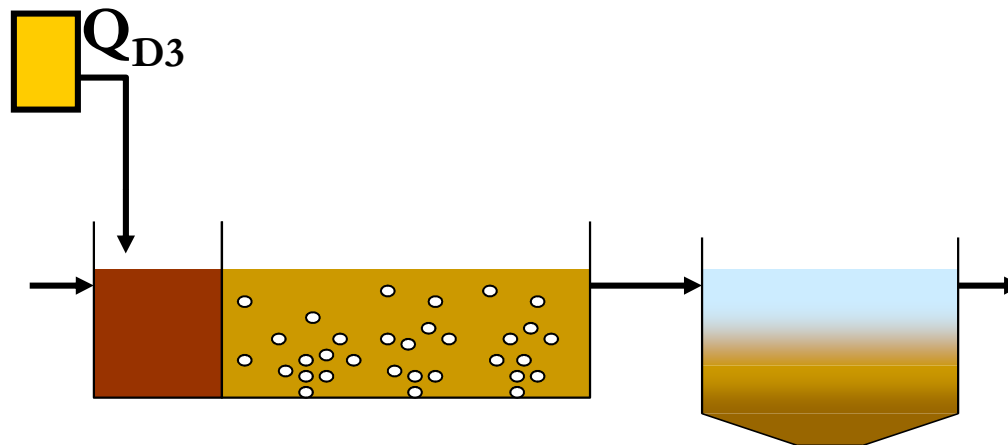
On-line sturing: wat sturen ?

Een “typische” installatie met predenitrificatie



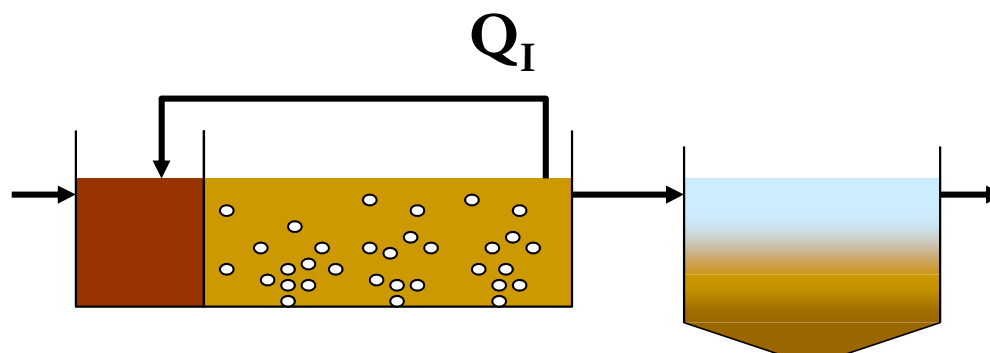
Doseringen

- Fosfaatverwijdering: FeCl_3 ifv PO_4^{3-}
- Denitrificatie: Koolstofbron ifv NO_3^-



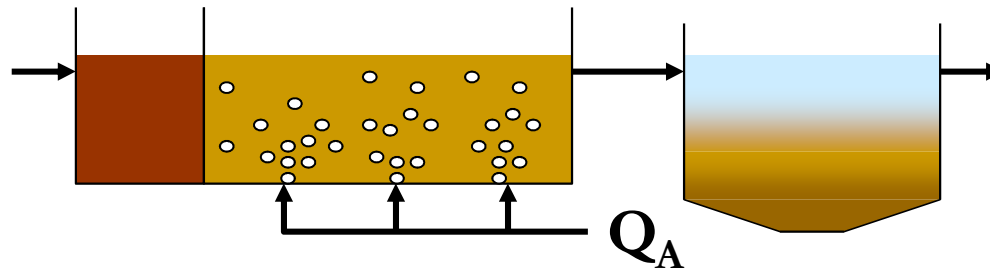
Interne recirculatie

Debiet in functie van NO_3^-



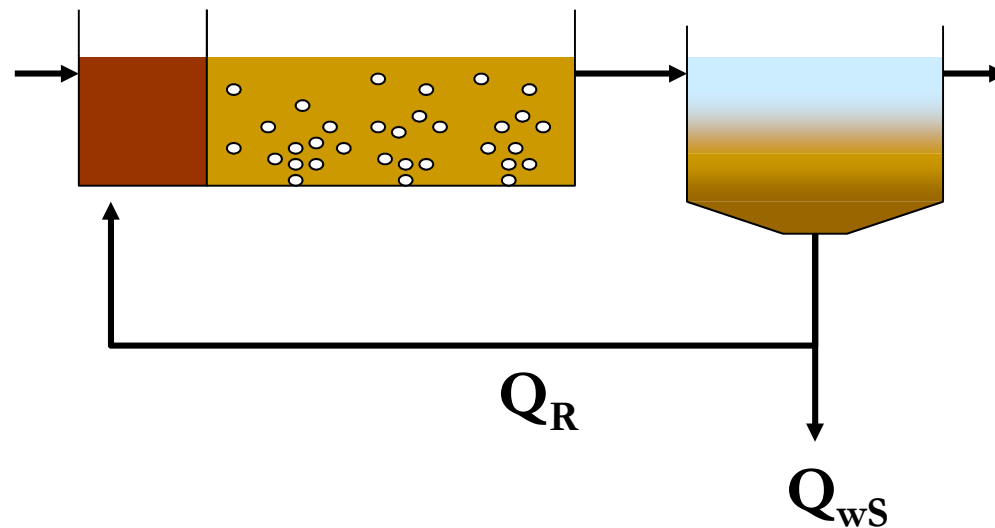
Beluchting

- Aerobe/anoxische fasen ifv NO_3^- en NH_4^+
- Beluchters ifv O_2



Recirculatie en spui debiet

Sturen van spui en recirculatie
als functie van turbiditeit en MLSS



On-line sturing: waarom ?

- Nauwer afstemmen van aanbod en vraag
- Inzetten van middelen waar nodig
 - = een beter resultaat
- ... en *alleen* waar nodig
 - tegen minder kosten

On-line sturing: waarom ?

De menselijke factor (manueel)



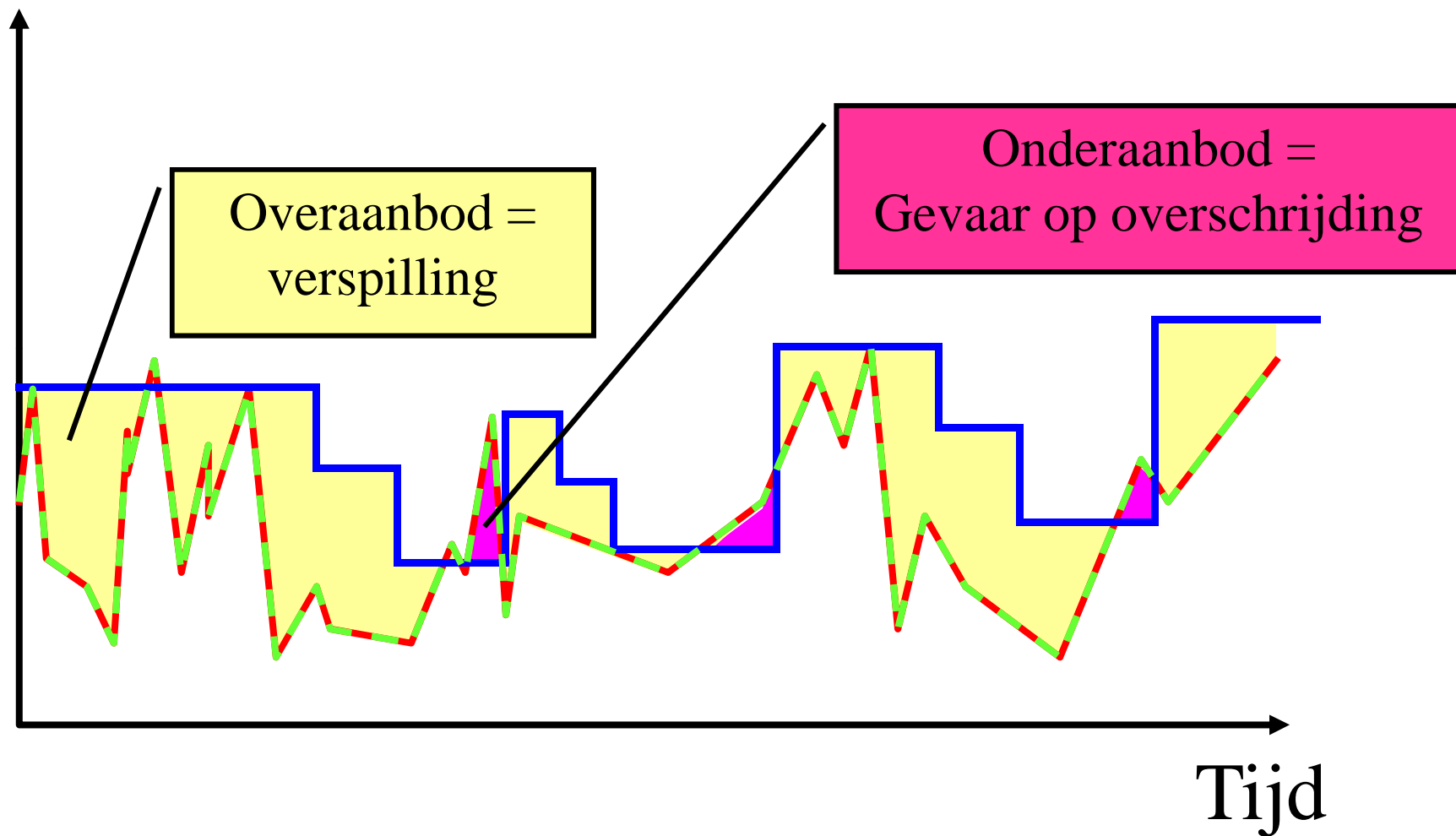
On-line sturing: waarom?

Automatisch

Zuurstofvoorziening
ideale on-line
sturing



On-line sturing: waarom?



Case studies

1. IJzerdosering: RWZI Lommel
2. Intermitterende beluchting: RWZI Boortmeerbeek
3. Alternerende beluchting: RWZI Houthalen
4. Aanpassen sturing Bree

Case studies:

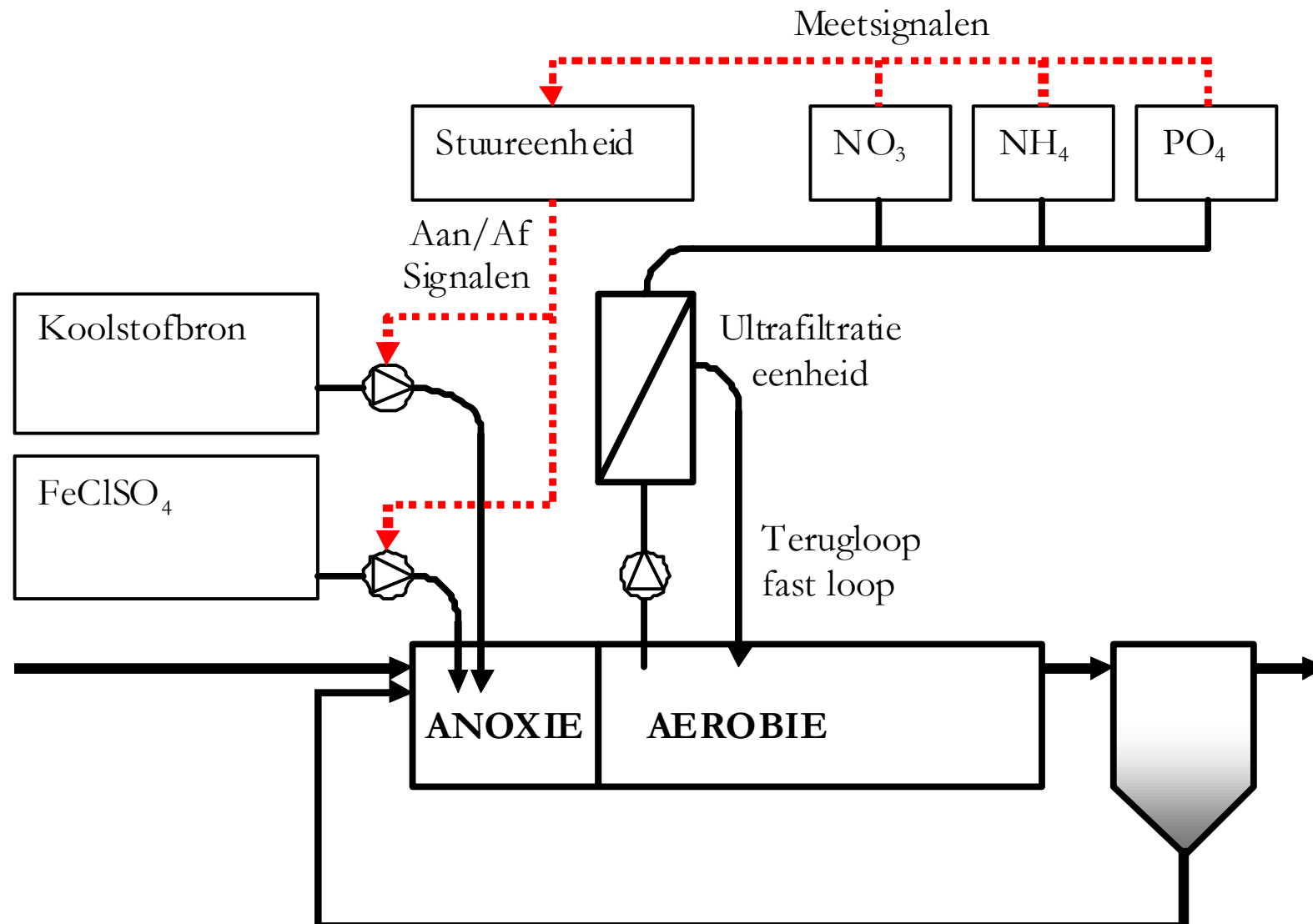
1. IJzerdosering RWZI Lommel



- RWZI Lommel: ontwerpcapaciteit 30.000 IE
 - Huidige belasting : 60.000 IE-N 90.000 IE-P
 - Sterk variabel
-
- In afwachting van uitbreiding:
 - Implementatie on-line meting van NH_4 , NO_3 , PO_4
 - On-line sturing van ijzerdosering

Case studies:

1. IJzerdosering RWZI Lommel



Case studies:

1. IJzerdosering RWZI Lommel



Case studies:

1. IJzerdosering RWZI Lommel

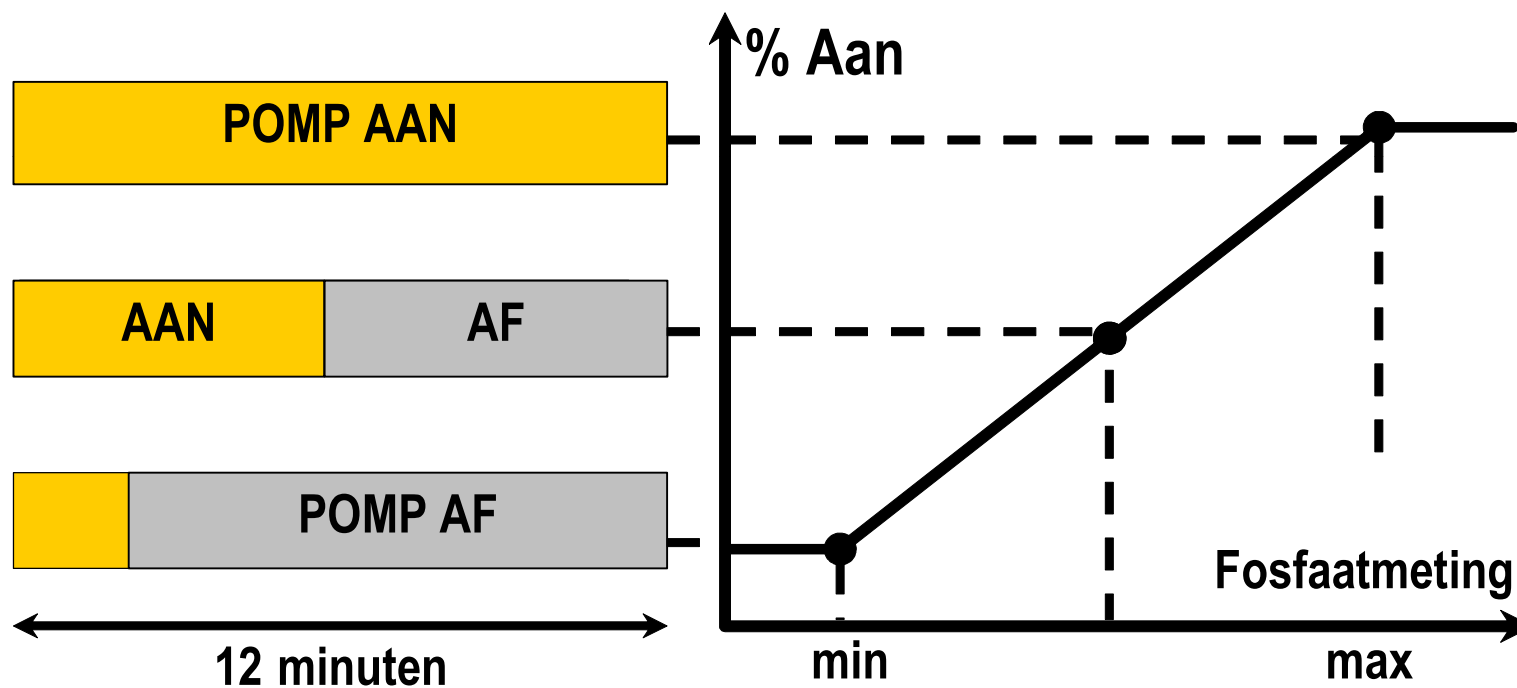


Case studies:

1. IJzerdosering RWZI Lommel

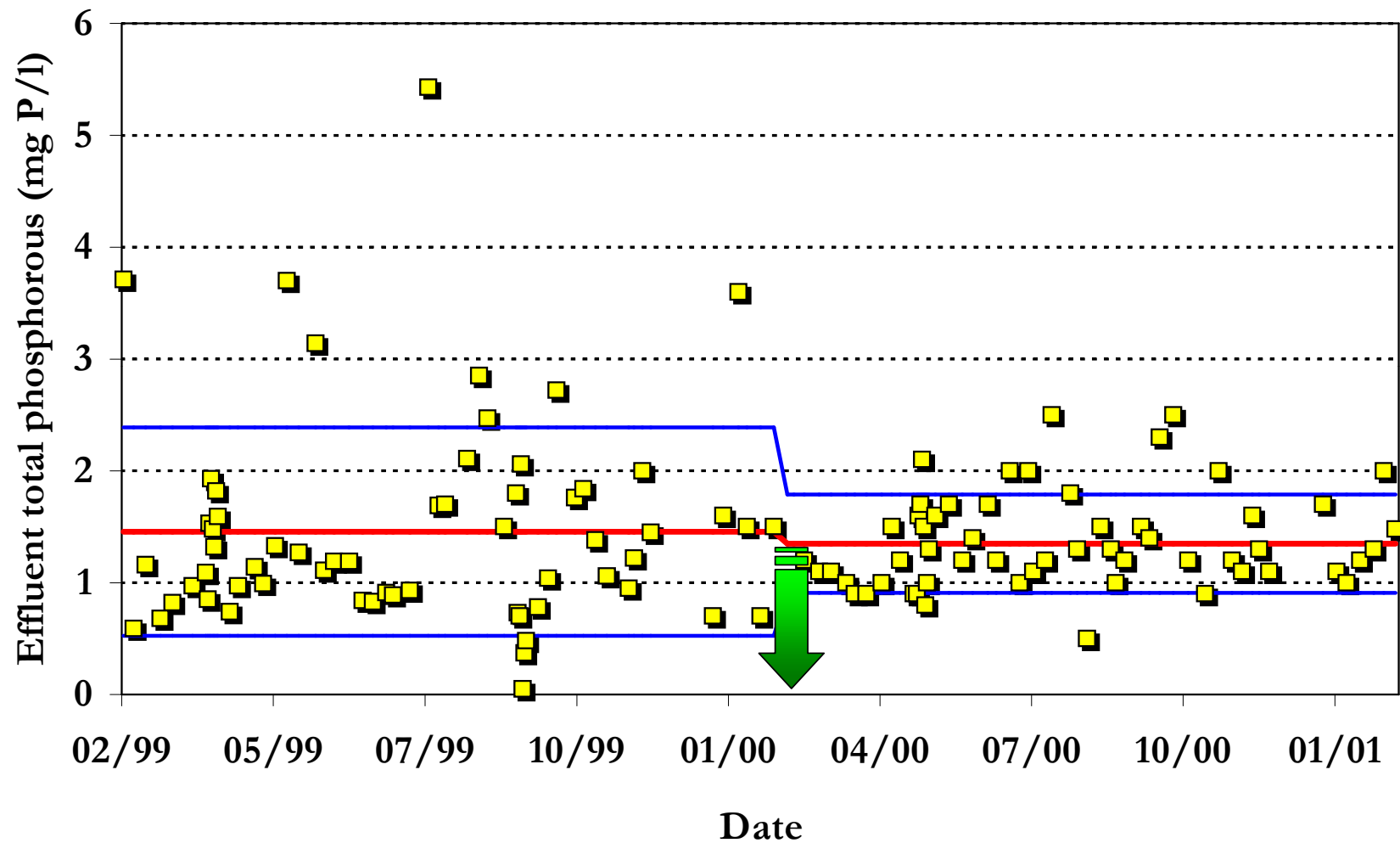


Aanpassing van pompdebiet in functie van fosfaatconcentratie



Case studies:

1. IJzerdosering RWZI Lommel



Case studies:

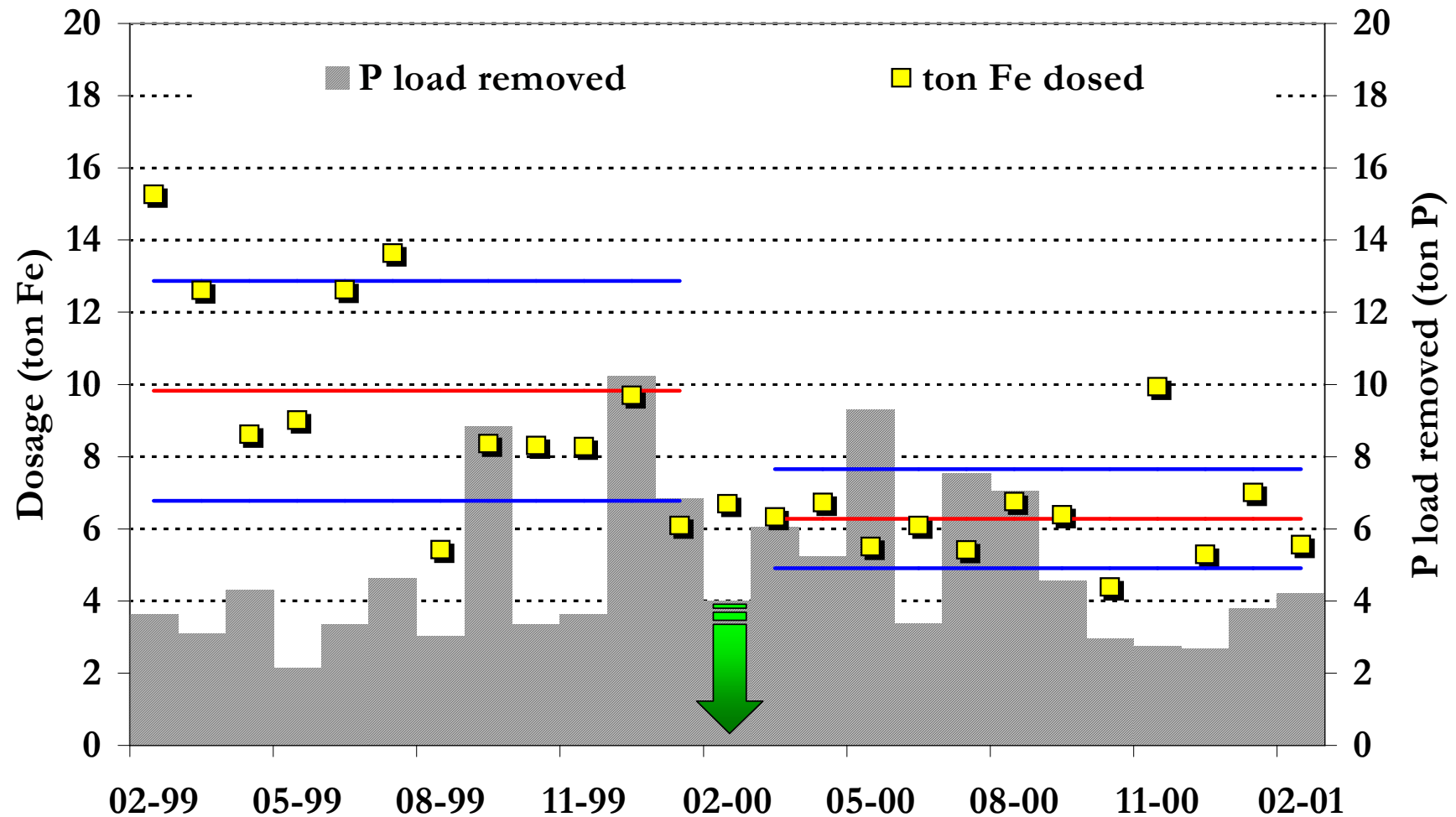
1. IJzerdosering RWZI Lommel

Door sturing

- Minder variabiliteit in effluentwaarden
- Afwezigheid van piekwaarden

Case studies:

1. IJzerdosering RWZI Lommel



Case studies:

1. IJzerdosering RWZI Lommel

Door sturing

- Minder variabiliteit in effluentwaarden
- Afwezigheid van onverwachte pieken
- Significante reductie in ijzerdosering

Case studies:

1. IJzerdosering RWZI Lommel

Terugbetalingsperiode < 1 jaar

Besparingen

- 1/3 te wijten aan minder chemicaliën
- 2/3 te wijten aan minder slibproductie !!!

Case studies:

2. Boortmeerbeek: intermitterende beluchting



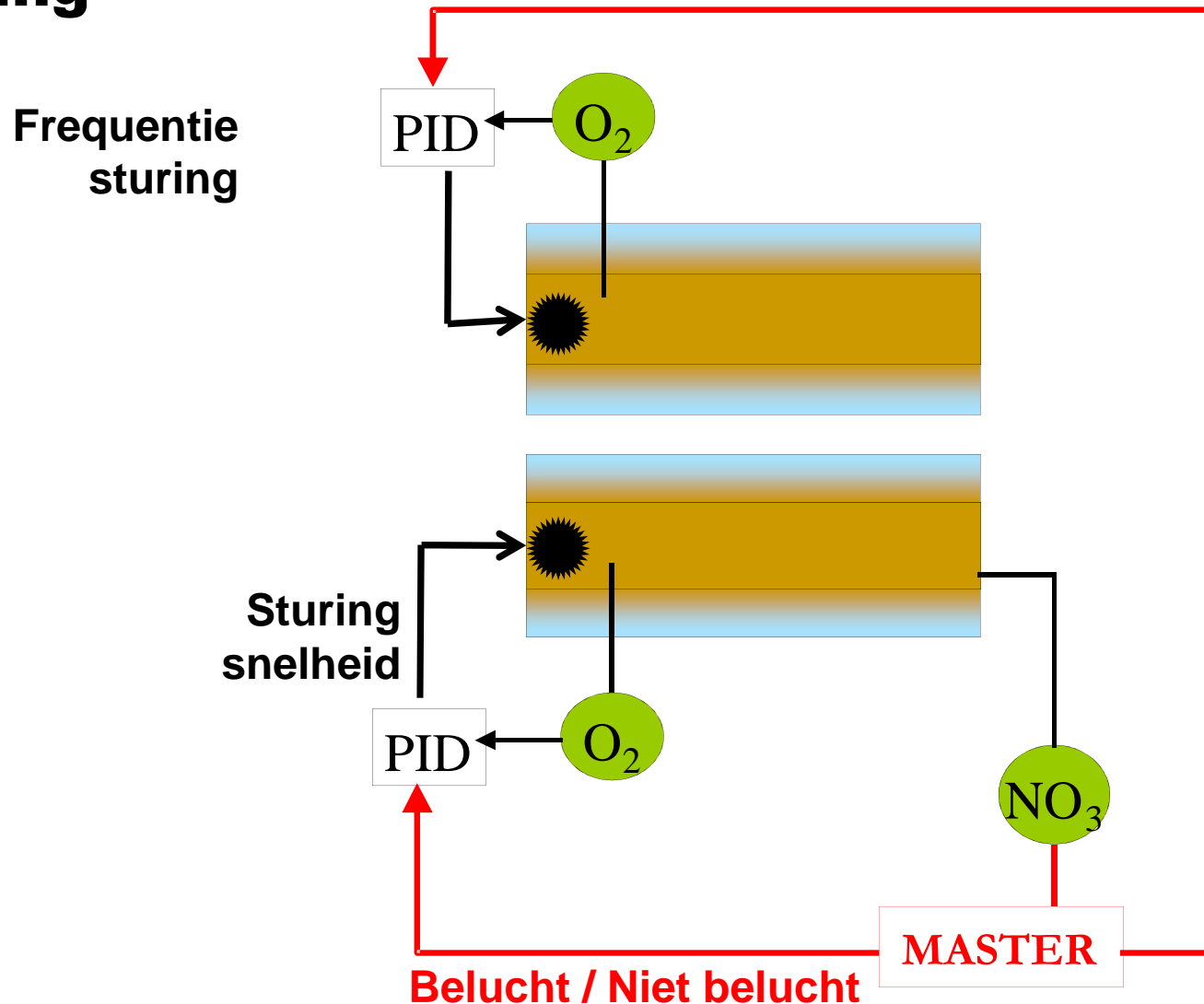
Case studies:

2. Boortmeerbeek : intermitterende beluchting

- Ontwerpbelasting: 40.000 IE
- Implementatie van on-line sturing

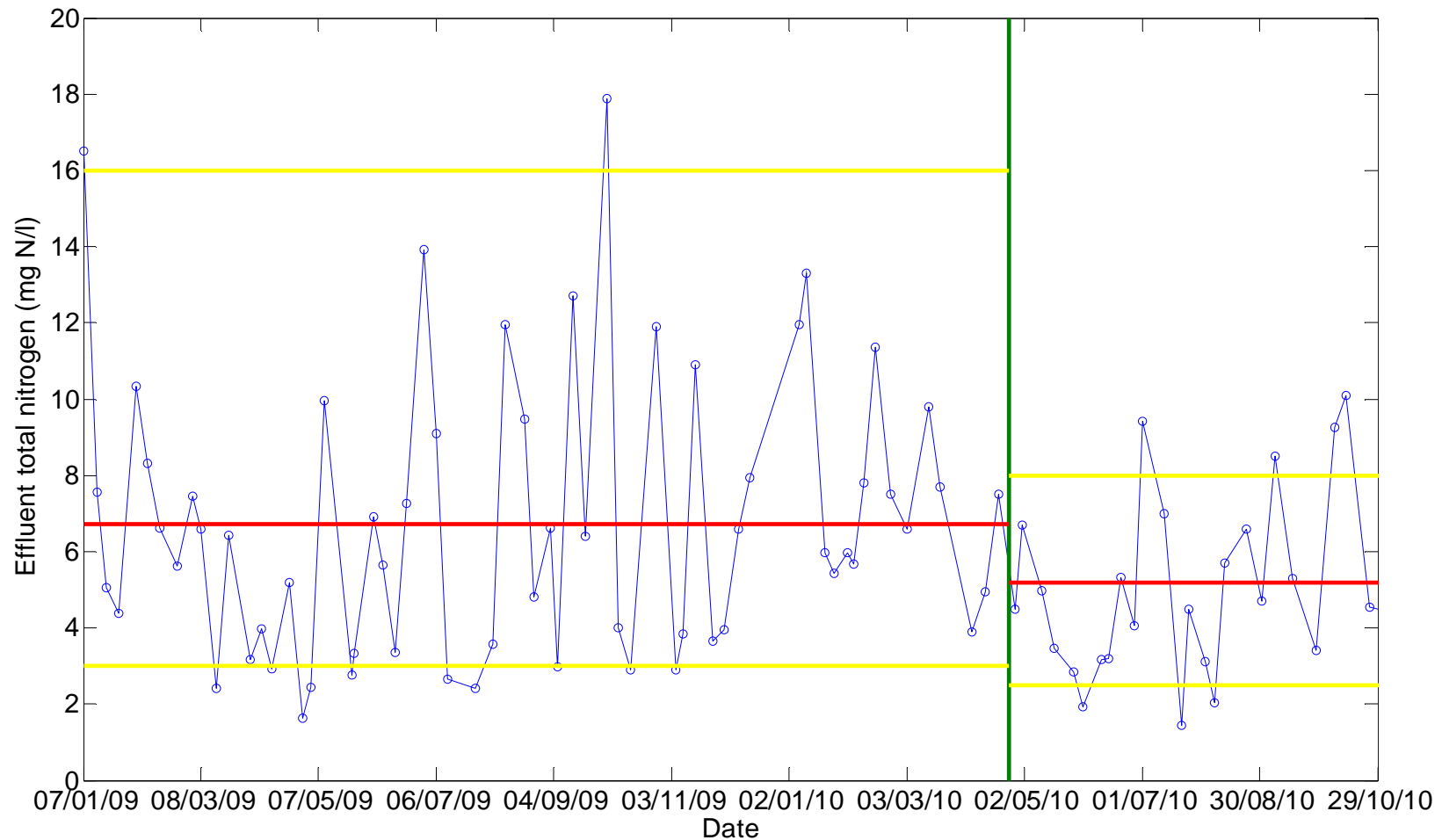
Case studies:

2. Boortmeerbeek : intermitterende beluchting



Case studies:

2. Boortmeerbeek : intermitterende beluchting



Case studies:

2. Boortmeerbeek : intermitterende beluchting



Door sturing

- Beter effluentresultaat



Case studies:

3. Houthalen: alternerende beluchting

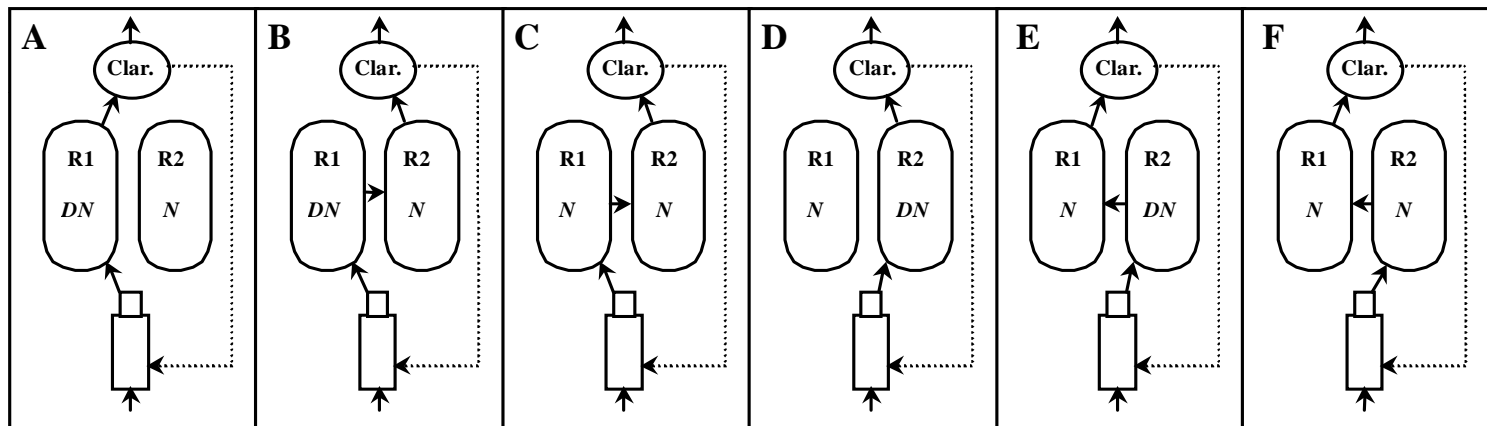
- Ontwerpbelasting: 30.000 IE
- Verhoogde belasting door behandeling van condensaat / centraat van centrale slibdroger



Case studies:

3. Houthalen: alternerende beluchting

- Implementatie van on-line NH_4 en NO_3 meting
- Fasen gestuurd op basis van deze metingen





Case studies:

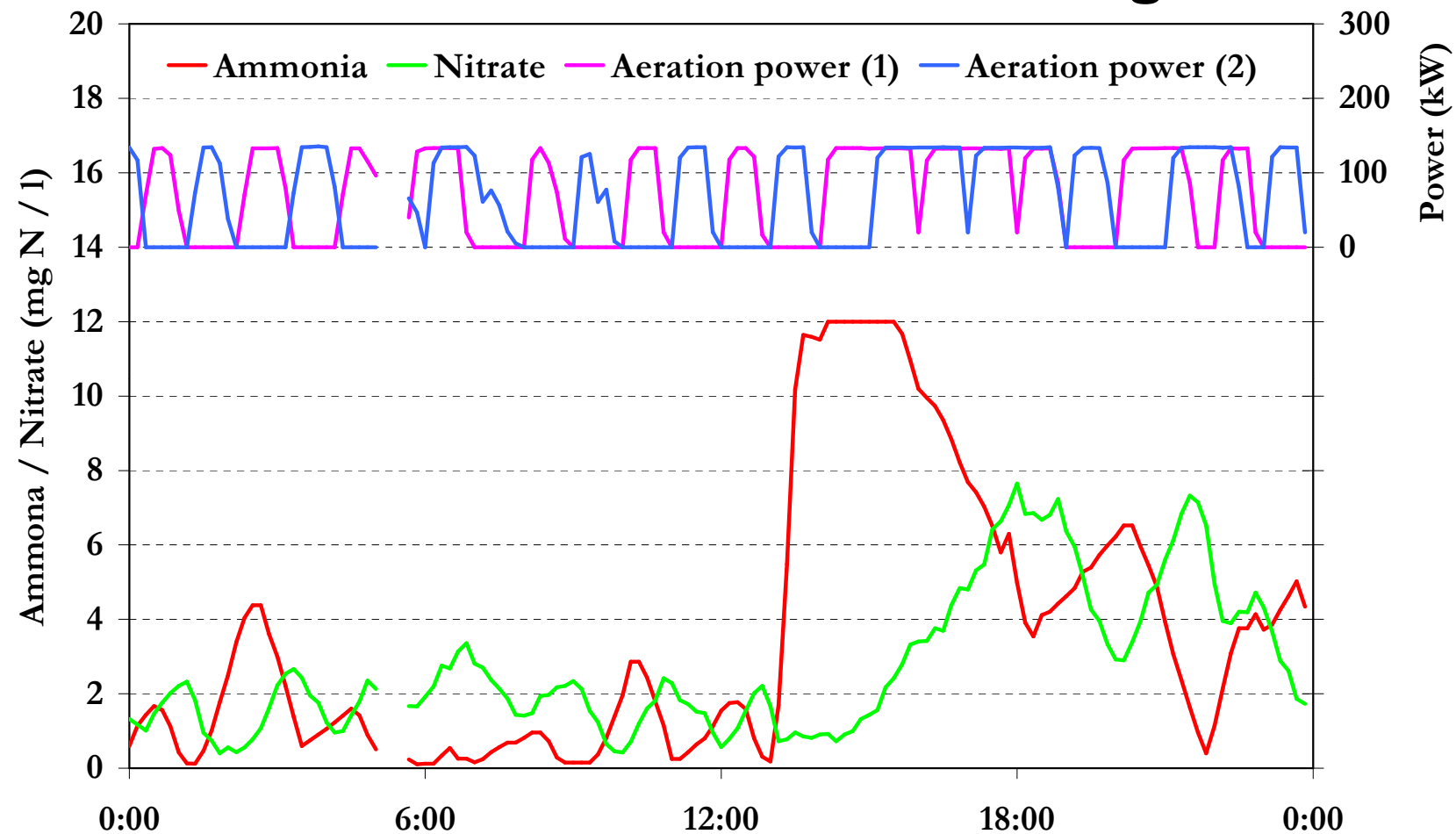
3. Houthalen: alternerende beluchting

Beter effluentresultaat

- Lager gemiddelde
- Kleinere variantie
- Minder pieken

Case studies:

3. Houthalen: alternerende beluchting



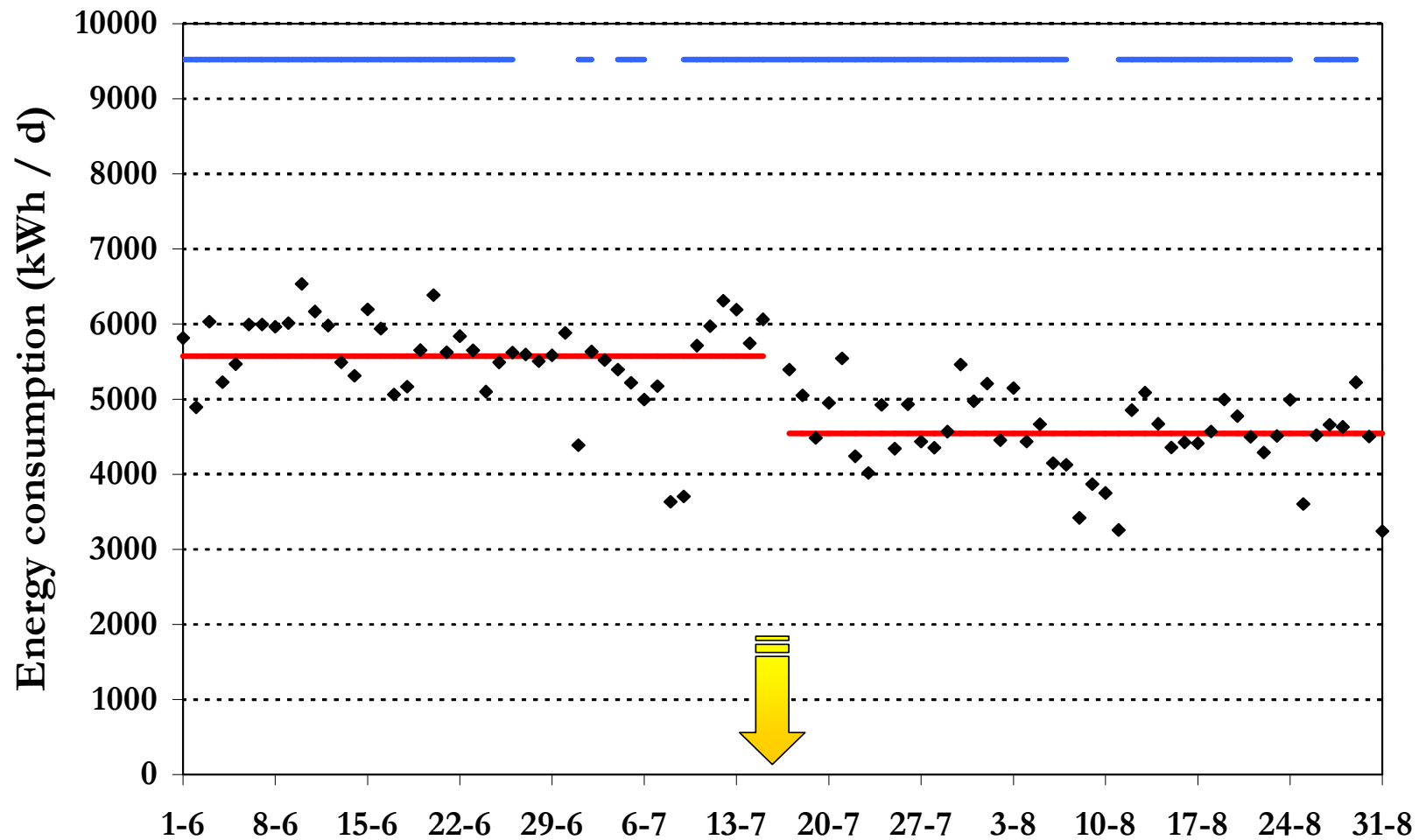
Lozing
Septisch materiaal

Case studies:

3. Houthalen: alternerende beluchting

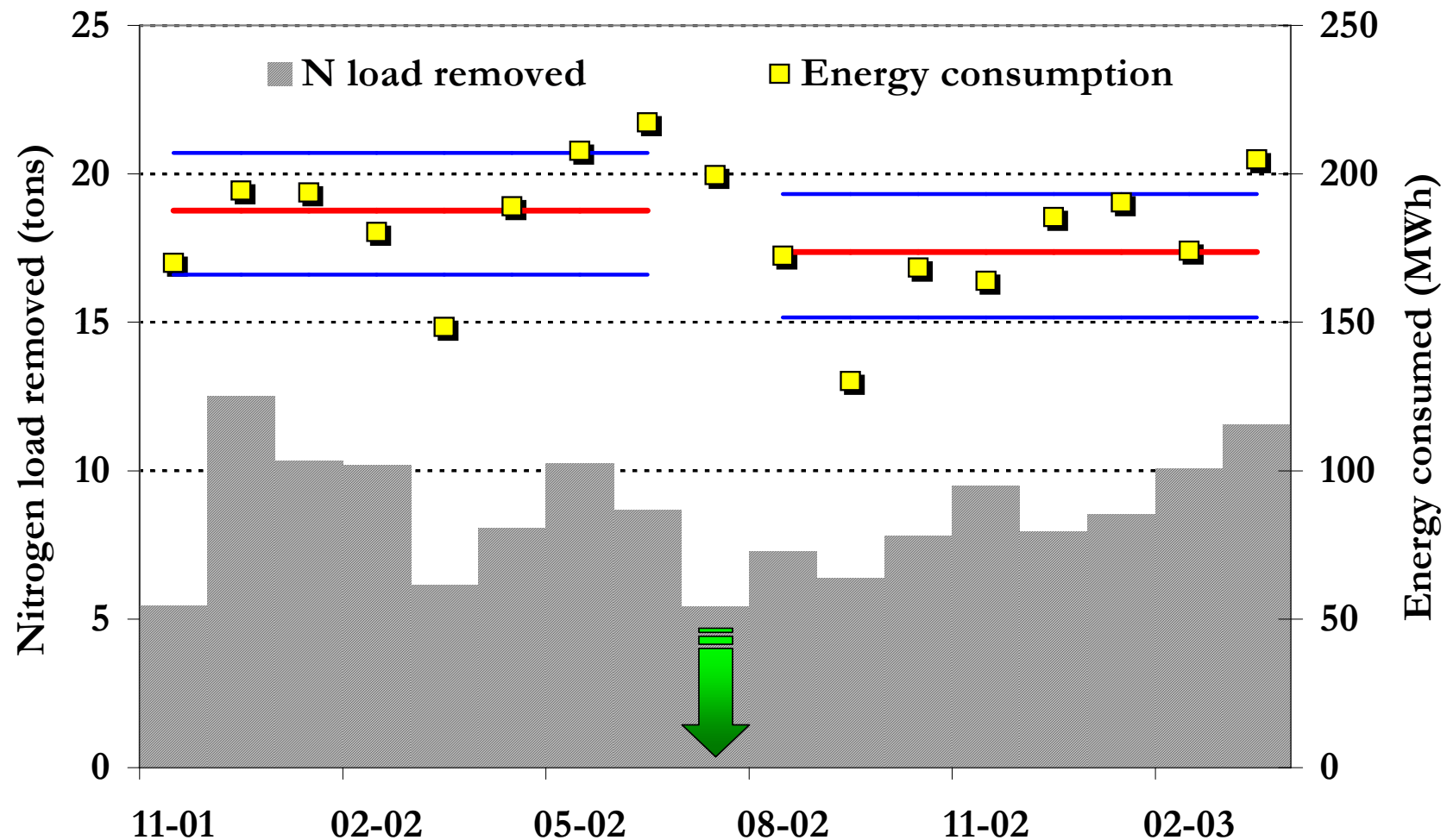
- Voorbeeld automatisch opvangen van pieken
- Zondag 26/08/2002 om 12:00
 - Lozing 22 ton septisch materiaal Pukkelpop
 - Onmiddellijke stijging ammoniumconcentratie
 - Automatisch aanpassen beluchting
- Piekbelasting binnen één dag opgevangen (met manuele sturing: makkelijk enkele dagen verstoring van de procesvoering)

Case studies: 3. Houthalen: alternerende beluchting



Case studies:

3. Houthalen: alternerende beluchting



Case studies:

3. Houthalen: alternerende beluchting

- Lager energieverbruik
- Vermijden uitbreiding RWZI door “on the edge” bedrijfsvoering

Case studies:

4. Aanpassen sturing Bree

- Ontwerpbelasting: 27.000 IE
- Hoge kosten omwille van nageschakelde zandfilters



Case studies:

4. Aanpassen sturing Bree

- Aanpassen van
 - Manuele sturing naar sturing op ammonium en nitraat
 - Sturen van de nitraat retour pompen op de nitraat
 - Beluchting intermitterend in plaats van constante zuurstof
 - Sturing optimaliseren van de nageschakelde zandfilters
- Alles nagekeken aan de hand van simulaties

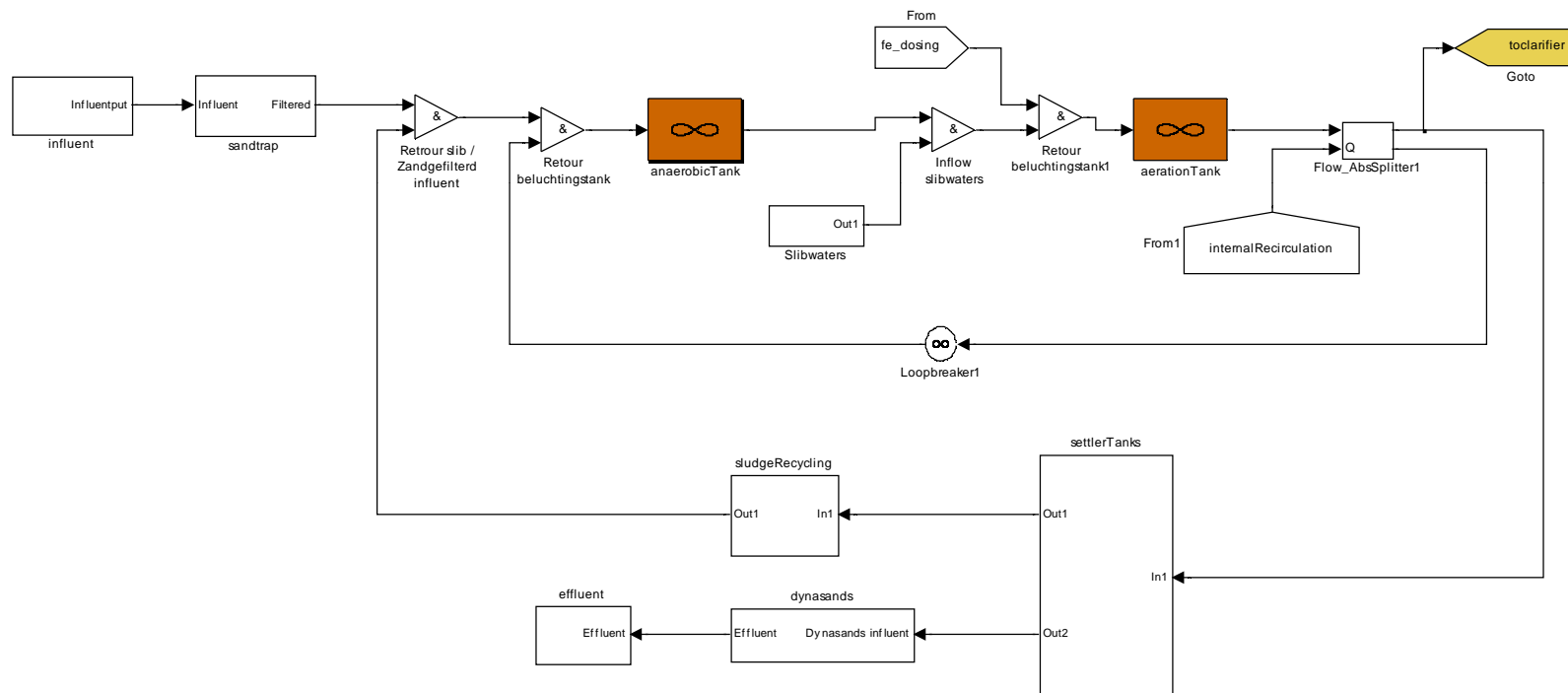
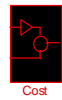
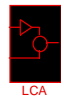
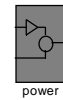
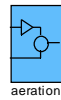
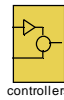
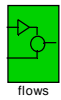
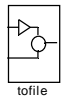
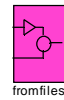


Case studies:

4. Aanpassen sturing Bree

Linked Files

Linked files

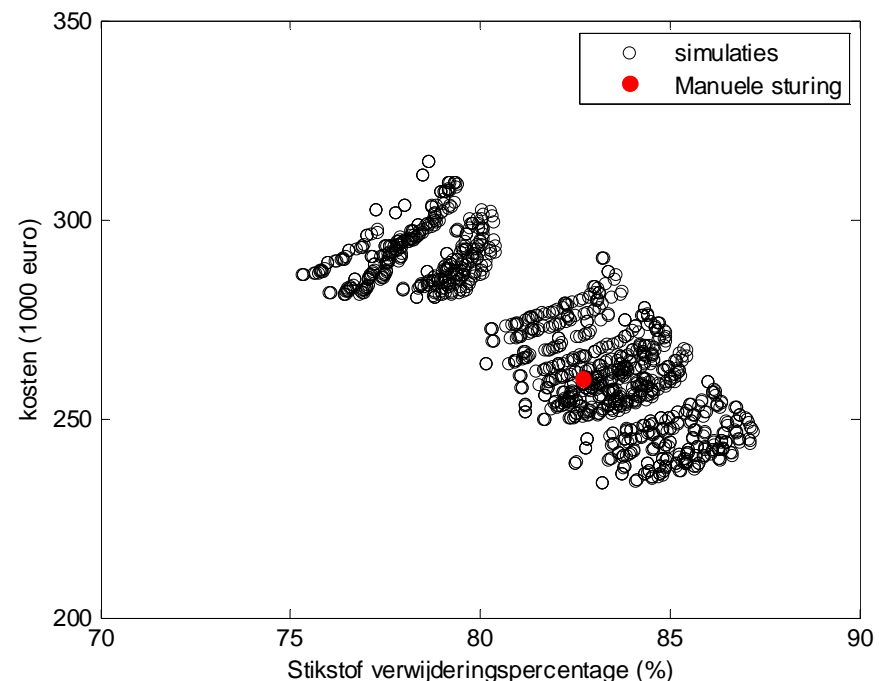


Case studies:

4. Aanpassen sturing Bree

Resultaten :

- +/- 1200 simulaties
- Beste resultaten met online sturing
- Sommige beter maar ook sommige slechter
 - Door lage ammonium setpunten belucht je te veel (veel energie)
=> veel nitraat in het effluent
(hoge kosten + lage N-verwijdering)
 - Door hoge ammonium setpunten belucht je te weinig (lage kosten)
=> hoge NH_4 in het effluent
=> lage verwijdering
(lage kosten + lage N-verwijdering)
(niet zichtbaar op de figuur)
 - We zoeken naar optimum tussen beluchten en niet beluchten
- Beste sturing geeft
+/- 5% betere stikstof verwijdering
+/- 30.000 euro minder kosten



Algemene conclusies

- Meet- en regeltechnologie biedt tastbare voordelen
- On-line meten
 - Dieper begrip van de verschillende processen
 - Beter opvolging door hogere resolutie van de metingen
- On-line sturing
 - Koppeling van bedrijfsvoering aan on-line metingen
 - On-the-edge bedrijfsvoering optimaliseert effectieve capaciteit
 - Lagere veiligheidsfactoren drukken kosten