



# Onderzoek directe effecten van TEO-installaties op ecologie

Opendag TEO-Sloterplas / Aquathermiedag

Harry de Brauw, Maikel Votel, Michel Colin, Jasper Stroom, Merlijn van Selm (AGV/Waternet)

30 oktober 2024



# Programma ochtend

09:30 – 10:20	Presentatie onderzoek
10:20 – 11:30	Bezichtiging installatie (groepjes)
11:30 – 12:00	Bus naar kantoor
12:00 – 13:00	Lunch

# Inleiding

Harry de Brauw

Vragen aan einde van presentatie

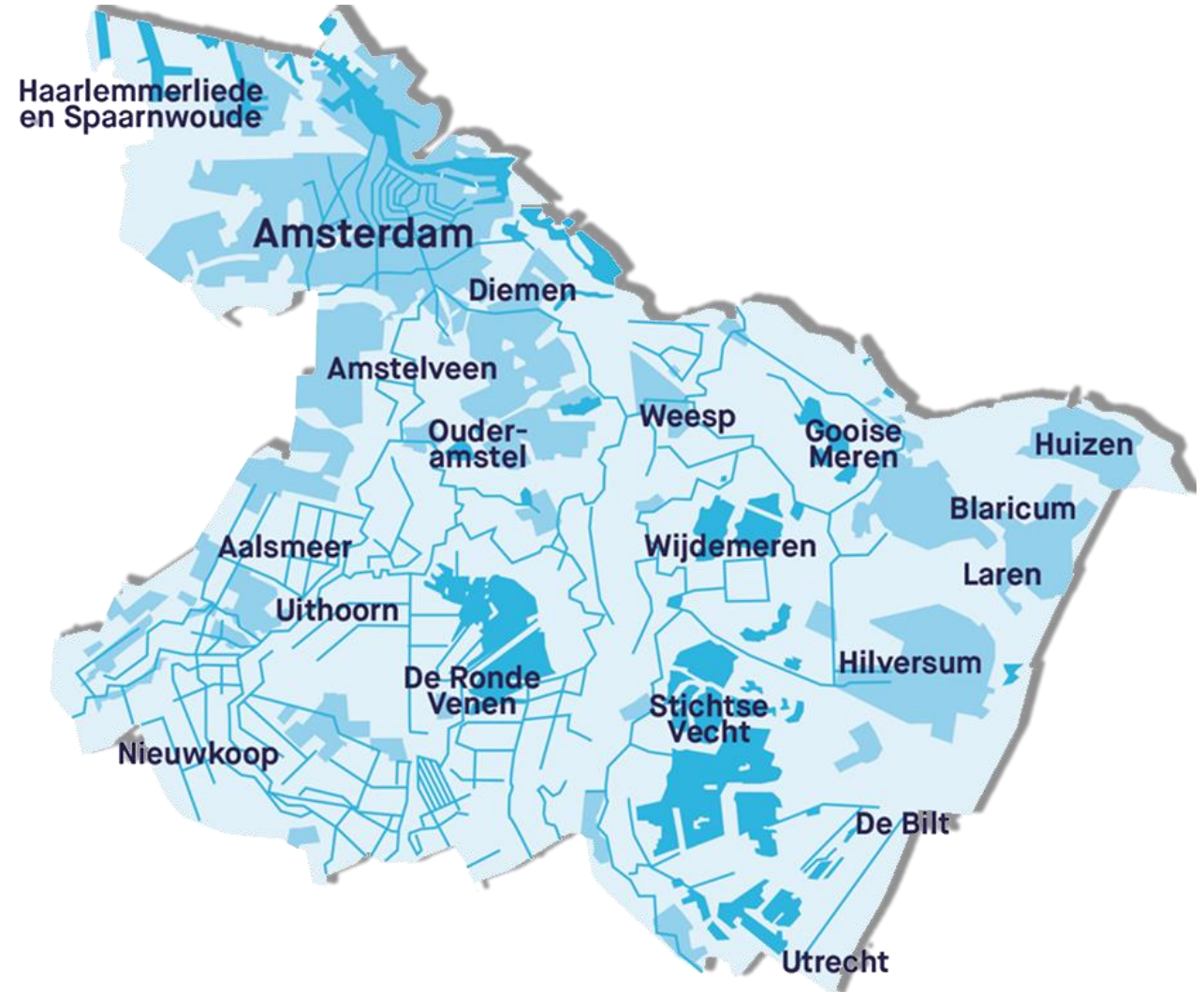
# Stichting Waternet



# Waterschap Amstel, Gooi en Vecht (AGV)

## Onze taken:

- Bescherming tegen water
- Schoon water
- Voldoende water
- Maatschappelijke opgaven





# Waarom dit onderzoek?

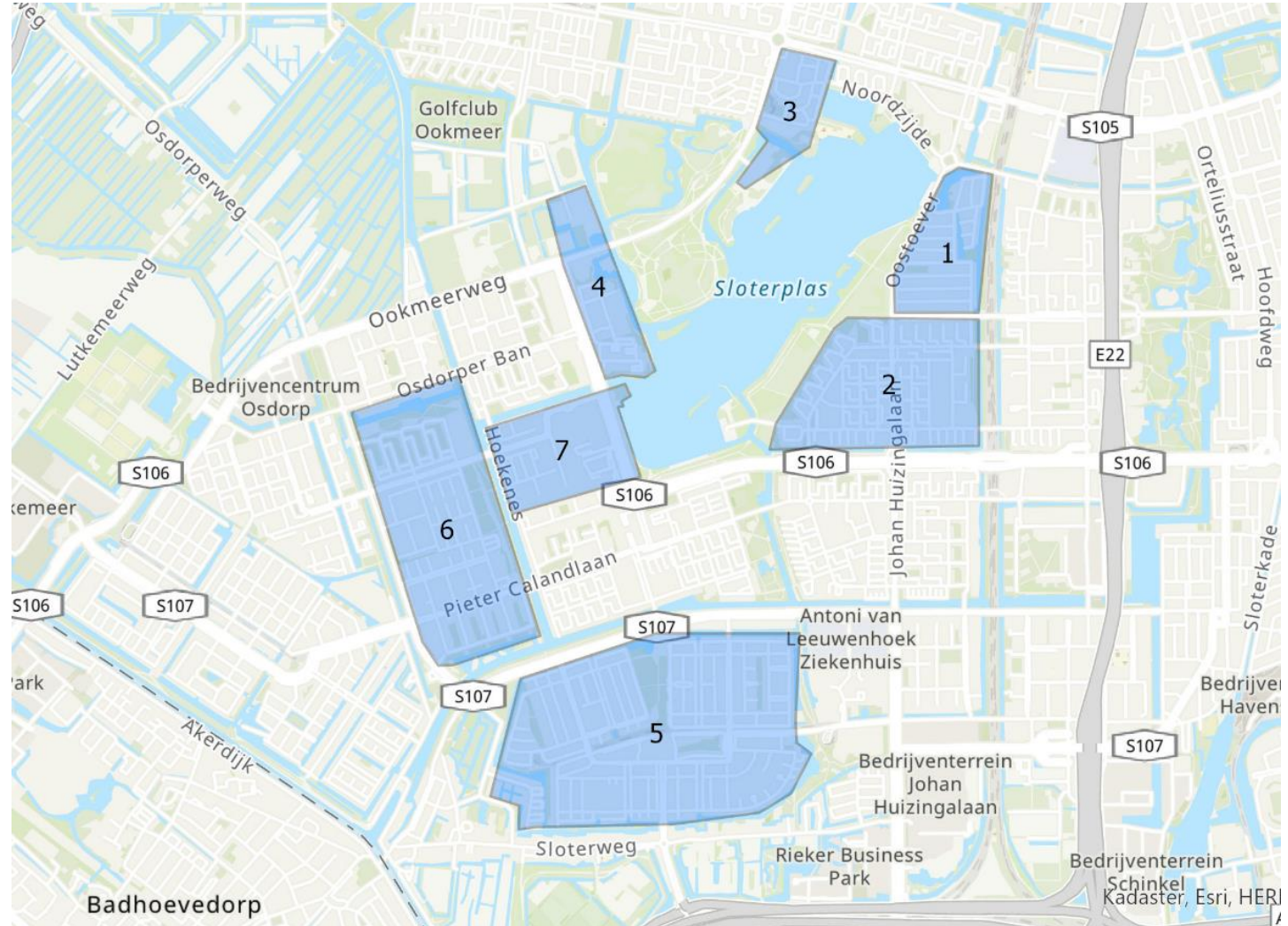
- AGV bestuur in 2021:
  - Inzetten op TEO en TEA
  - Doe onderzoek naar effecten op waterkwaliteit
- Koudelozing zijn veelal niet limiterend voor TEO vergunning
- Over directe effecten van TEO installatie weten we nog weinig

# Voorbeeld Sloterplas

Stel:

- 5 buurten met TEO systemen
- 2.600 m<sup>3</sup>/u = 1,9 Mm<sup>3</sup>/mnd
- Totale epilimnion (ecologisch actieve, warme toplaag) in 3 maanden door de TEO's gepompt

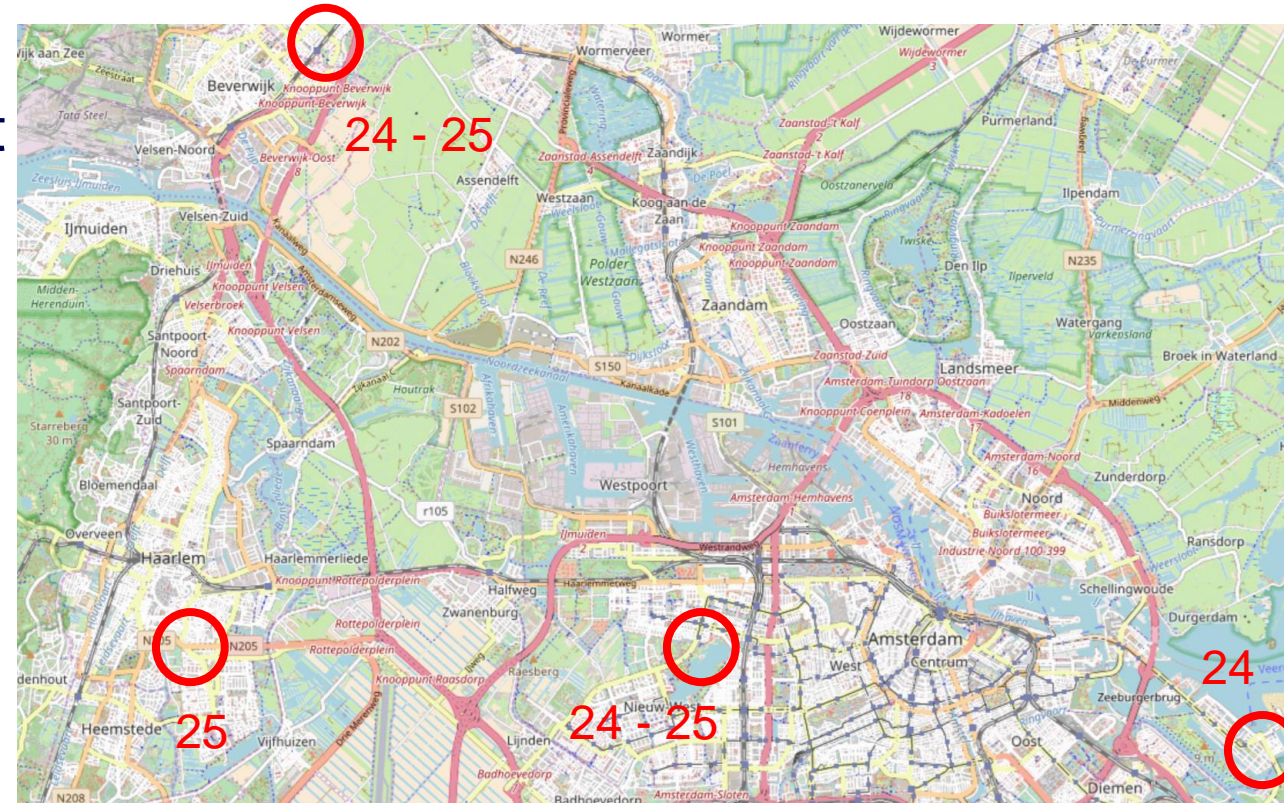
→ Wat is effect op ecologie?





# Onderzoek op drie locaties

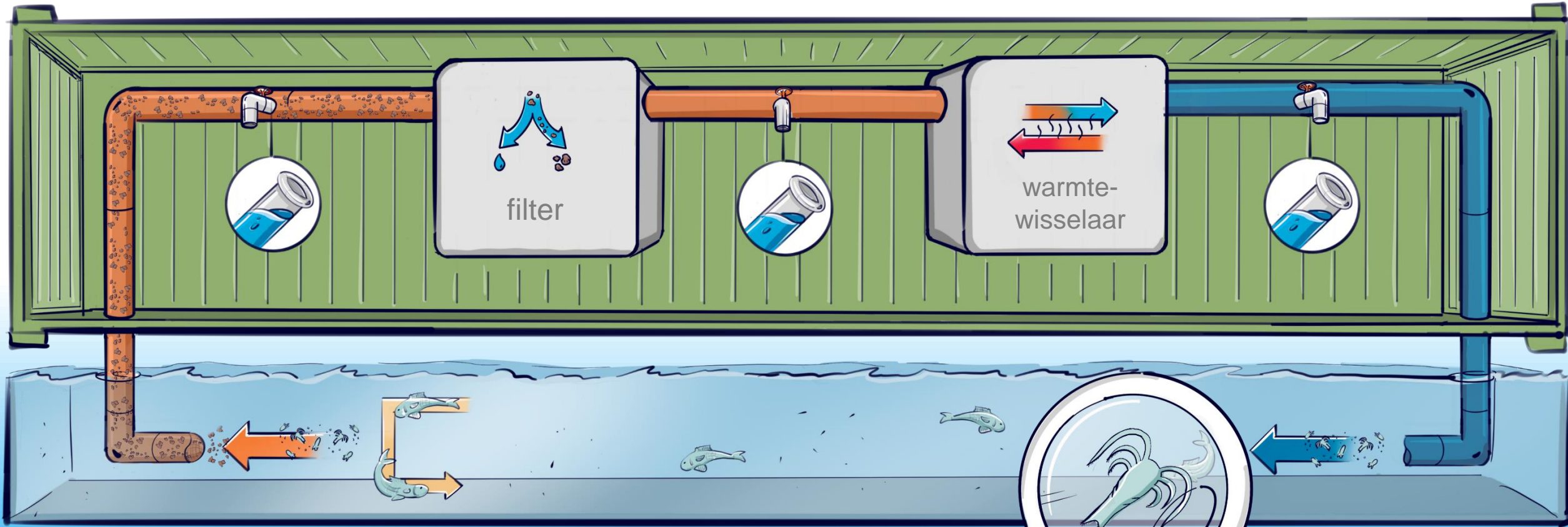
- Amsterdam (AGV): diepe plas, stadssloot
- Beverwijk (HHNK / Eteck): stadswater
- Amsterdam (Rijnland / Eteck): IJmeer
- Haarlem (Rijnland / Eteck): boezem



# Onderzoeksopzet

Maikel Votel

# Onderzoeksopzet



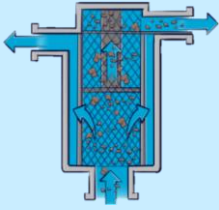
*Wat doet de passage door een TEO-installatie met de ecologische en chemische kwaliteit van het passerende water?*

# Onderzoeksopzet Slotterplas

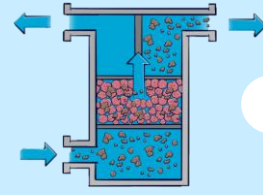
watertype



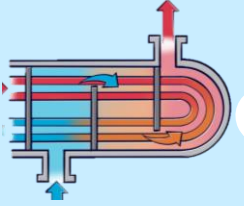
filters



disc 20 µm



warmtewisselaars



**anti-fouling**

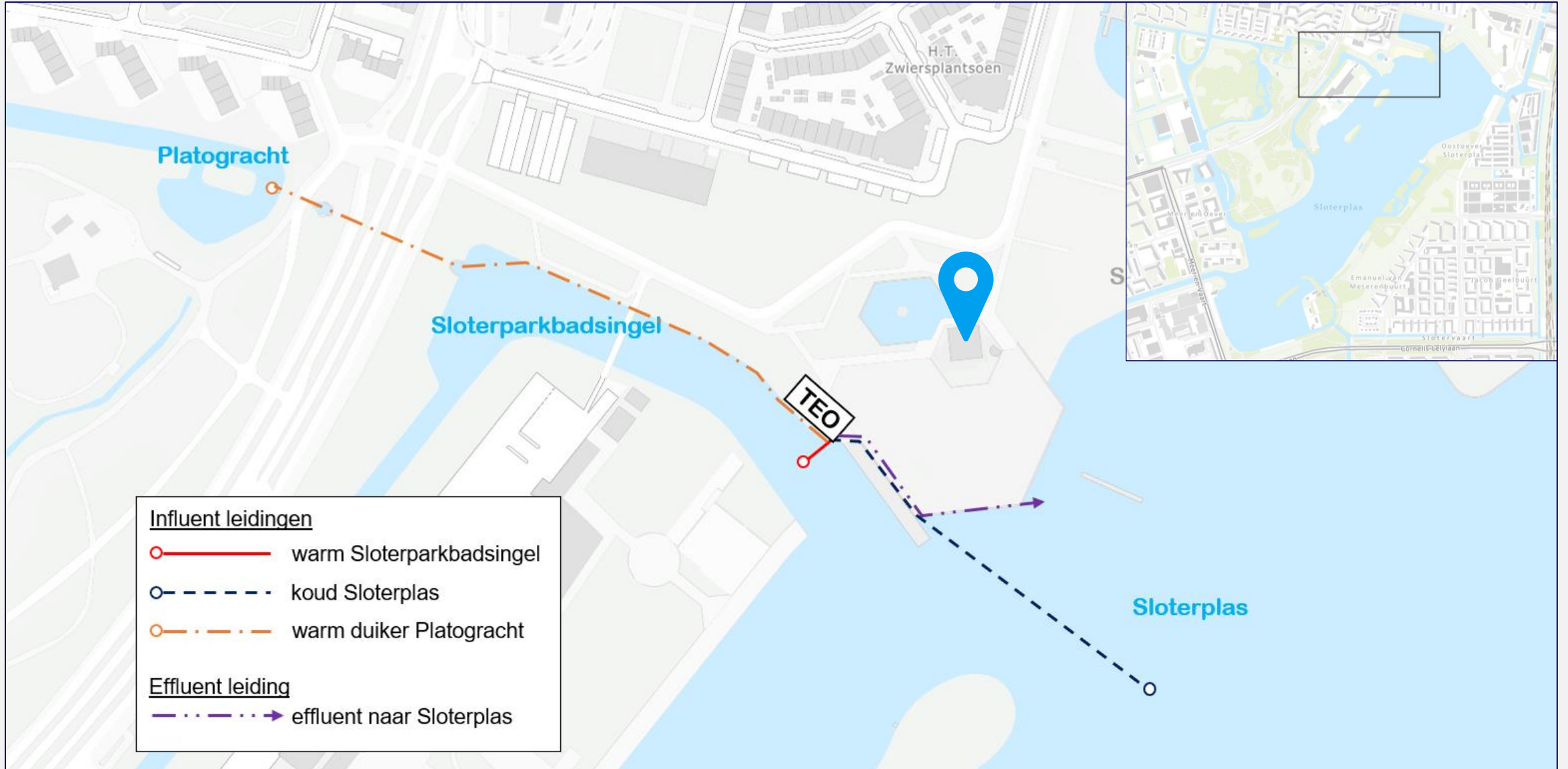
- gepolijste platen
- terugspoelen w/l
- katalysator

Ecologische effecten

Energetische prestatie

Beheer & onderhoud

# Onderzoeksopzet Sloterpas



# Ontwerp, realisatie, beheer en onderhoud proefinstallatie Slotterplas

Michel Colin

# De Pilot installatie

- 3 Straten
- Filters
- Warmte wisselaars
- Monsterpunten
- PA (Proces Automatisering)

**In een TEO-installatie stroomt het water door een filter en een warmtewisselaar. In deze proefopstelling testen we verschillende varianten van deze onderdelen. Hiervoor laten we het water door vier routes stromen.**

**Wat doet een filter?**  
 Het filter reinigt het oppervlaktewater voordat het door de platenwarmtewisselaar stroomt. Dit is nodig omdat dit type warmtewisselaar anders zou kunnen verstopten. Stroomt water door deeltjes zand en modder. De massa's, het metaal en de werking van een filter kunnen invloed hebben op de kleine organismen in het water. Daarom testen we in deze proefopstelling verschillende soorten filters. Voor een buitenwarmtewisselaar is geen filter nodig.

**Wat doet een warmtewisselaar?**  
 In de warmtewisselaar stroomt warm oppervlaktewater langs grondwater. Hierdoor warmt het grondwater iets op. Dit opgewarmde water stroomt weer terug de grond in. Zo slaan we de warmte op. Afgekoeld oppervlaktewater stroomt weer terug naar de plas. In de warmtewisselaar blijft het oppervlaktewater gescheiden van het grondwater.

**Route 1**  
**Bernoulli-filter**  
 Bestaat onder andere uit een filtermat die deeltjes tegenhoudt. Met behulp van een ringleggedrijf wordt het filter van binnenuit automatisch schoongemaakt. Het filter heeft een maaswijdte van 200 micrometer.  
 + Dit filter wordt veel gebruikt en heeft relatief weinig onderhoud nodig.

**Platenwarmtewisselaar**  
 Bestaat uit een aantal platen die zeer dicht tegen elkaar liggen. Aan de ene kant van een plaat stroomt warm water, aan de andere kant stroomt koud water.  
 + Heeft weinig ruimte in.  
 - Kans op verstopping grote, dus een filter is noodzakelijk.

**Route 2**  
**Disc-filter**  
 Bestaat uit dicht op elkaar geplaatste schijfjes (discs) waar het water tussen door stroomt. Door het water terug te spelen openen de schijfjes zich en wordt de verontreiniging verwijderd. Het filter heeft een maaswijdte van 20 micrometer.  
 + Het beste filter voor de platenwarmtewisselaar, omdat het hele kleine deeltjes kan verwijderen. Dit filter heeft bovendien relatief weinig onderhoud nodig.  
 - Mogelijk meer impact op kleine organismen.

**Buitenwarmtewisselaar**  
 Bestaat uit een buis met daarin meerdere kleinere pijpen. Door de kleinere pijpen stroomt warm oppervlaktewater. In de torenwiel in rond de pijpen stroomt het koude grondwater.  
 + Kan op verroeping in dein, dus geen filter nodig waardoor er minder effect is op kleine organismen.  
 - Meer ruimte en materiaalverbruik.

**Route 3**  
**Flexbed-filter**  
 Bestaat uit bolvormige sponzen. Deze sponzen zitten in een kolom die geocomprimeerd kan worden. Hierdoor neemt de maaswijdte af en worden deeltjes tegengehouden. Door decompressie zetten de sponzen weer uit en neemt de maaswijdte weer toe.  
 + Dankzij de grote maaswijdte in de sponzen laten deeltjes makkelijk los en kan het filter schoongemaakt worden. Dit betekent mogelijk minder impact op kleine organismen.  
 - Meer materiaalverbruik.

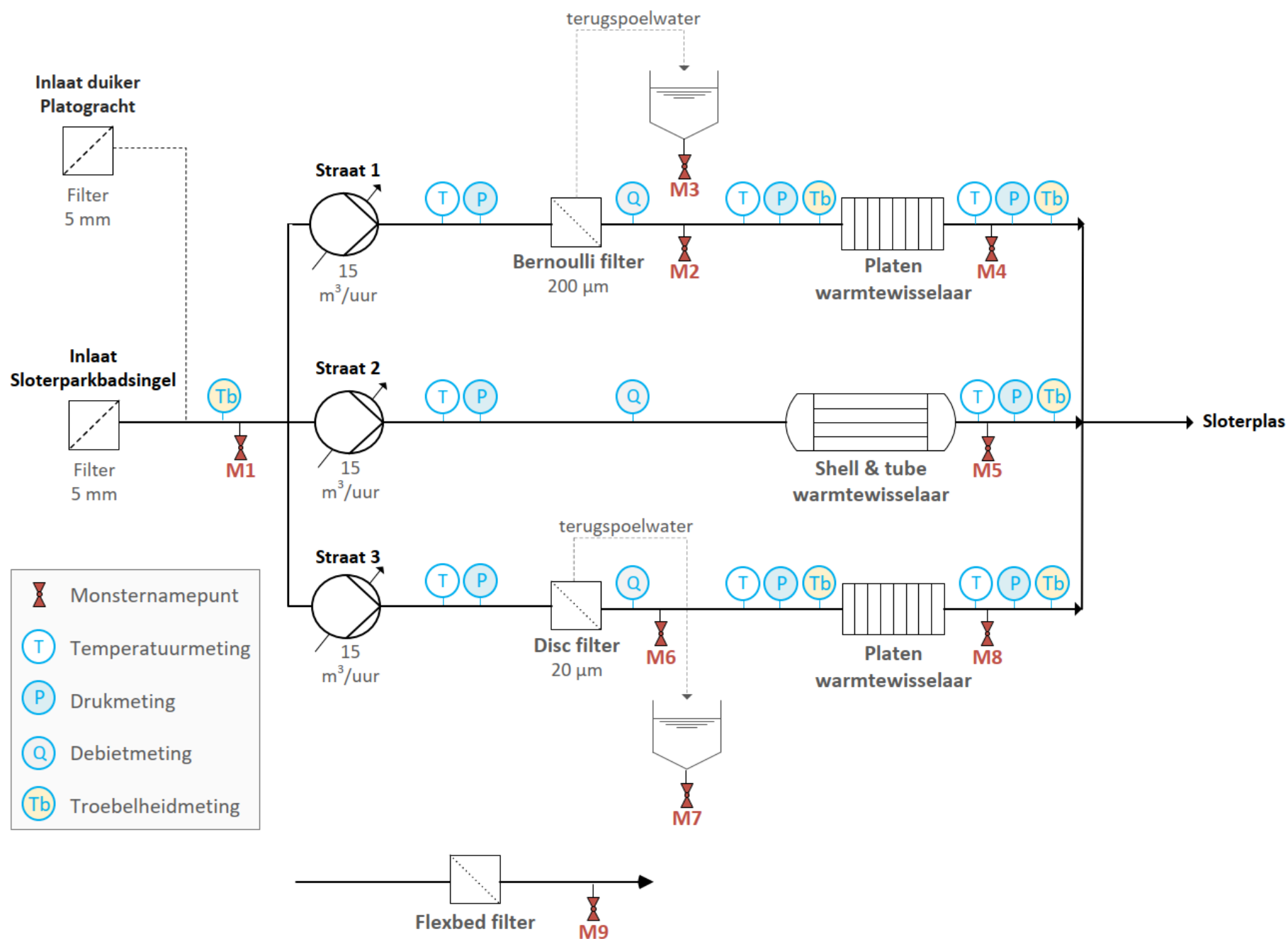
**Route 4**  
 In deze route is geen filter nodig.

waterschap amstel gooi en vecht

waterschap amstel gooi en vecht

Wilt je meer weten?  
 De meer informatie over de TEO of over deze route.  
 Het contactpunt is: 020 777 7777, ieder jaar kan je de resultaten bekijken op onze website.

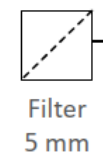
In samenwerking met:  
 Waterschap Hoogheemraadschap van Rijnland  
 Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier  
 Gebiedsverbanden  
 Rijkswaterstaat  
 Provincie Noord-Holland  
 STWGA  
 Waterschap Amstelgooi en Vecht



Inlaat duiker  
Platgracht



Inlaat  
Sloterparkbadsingel

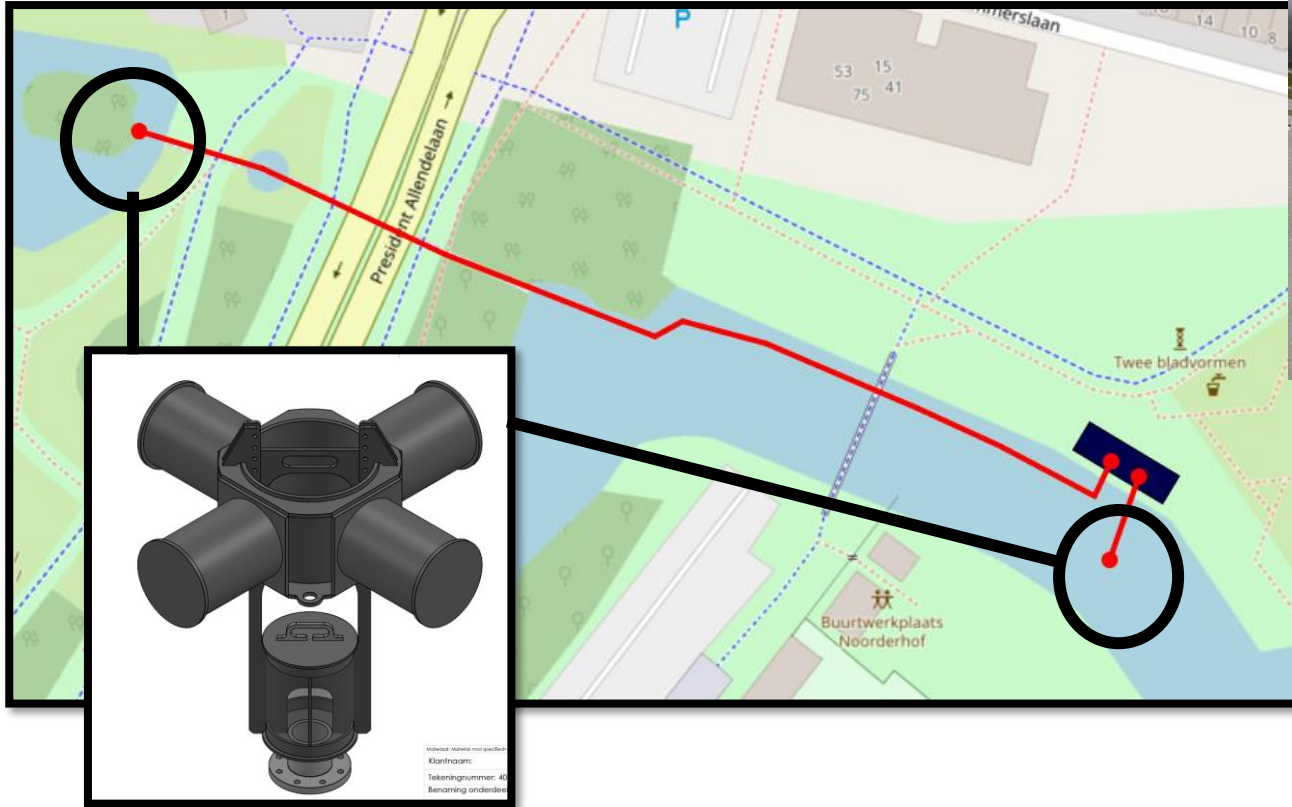


- Monsternamepunt
- Temperatuurmeting
- Drukmeting
- Debietmeting
- Troebelheidmeting



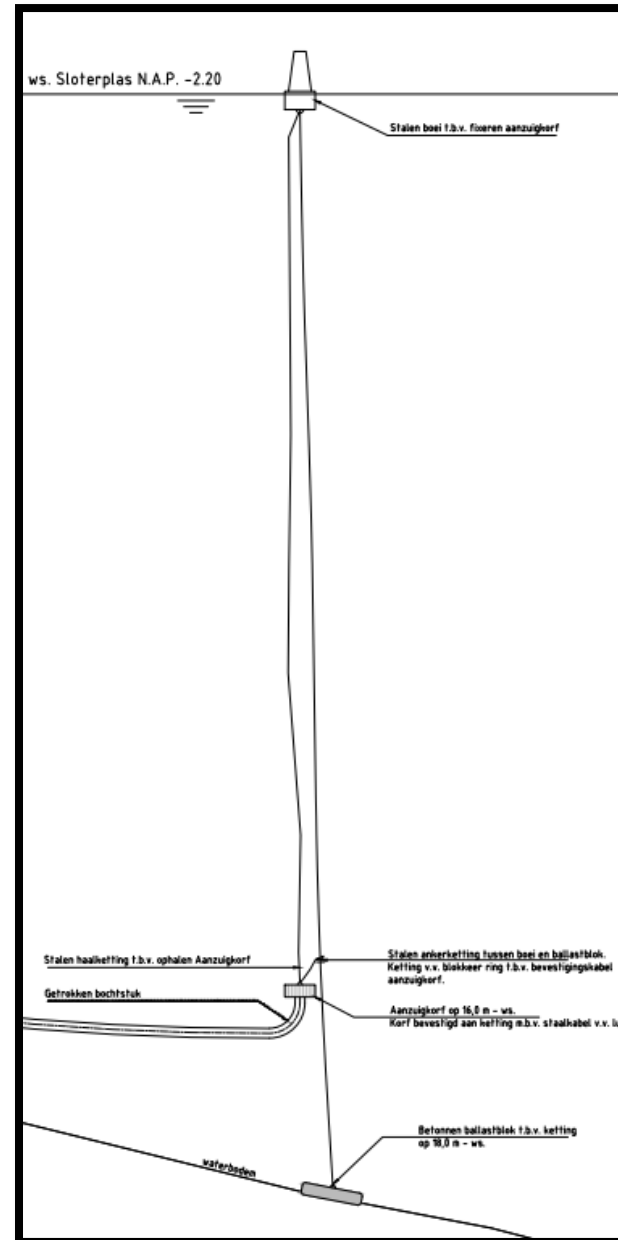
# Warme waterstromen

- Twee inlaten achter container en platogracht
- In hoogte verstelbaar
- Korf (filter 5 mm)



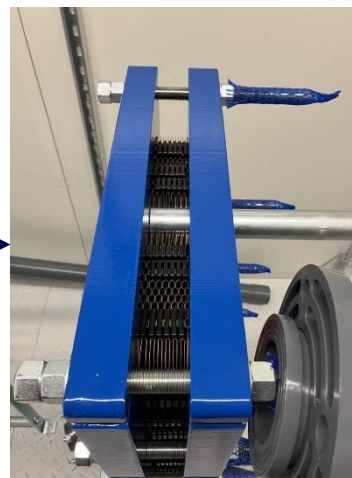
# Koude stroom

- Boei
- 16 meter diepte
- Korf (filter) 5mm
- Voorkomen van sediment opname
- Bernouli filter (500  $\mu\text{m}$ )
- Terugspoelwater
- Temperatuur: 10 graden

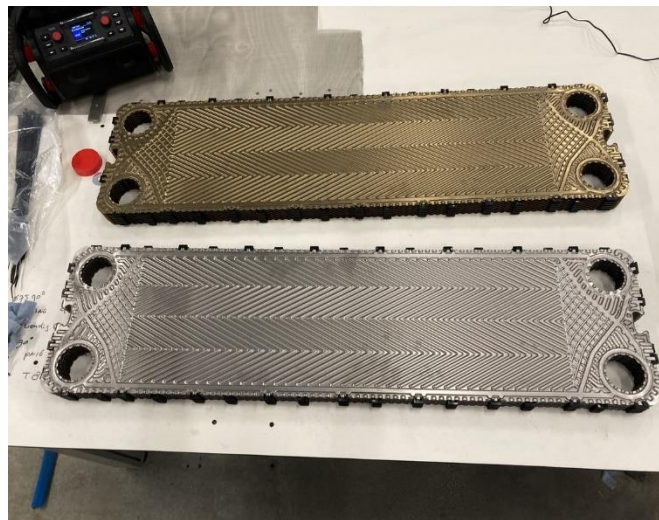


# STRAAT 1

- Bernouli filter
- Filtermand 200 µm
- Schrapper
- Terugspoelen op drukverschil

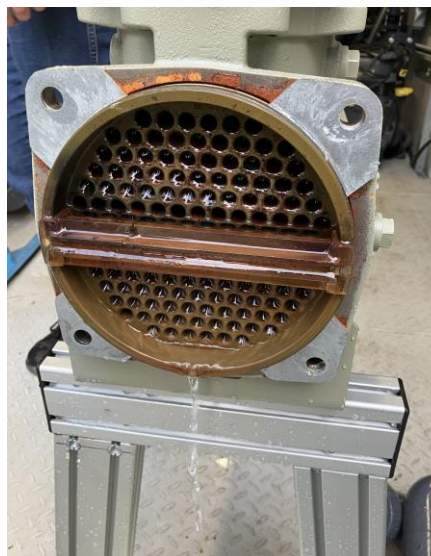
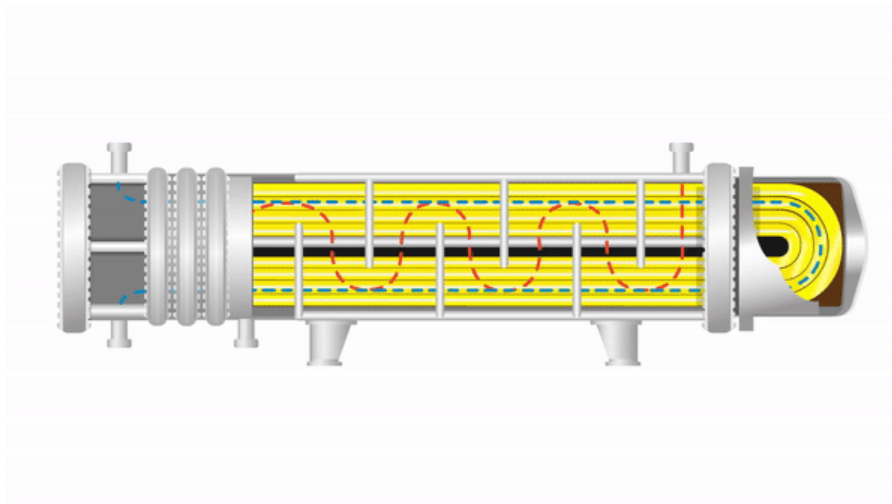


- Platenwarmtewisselaar (Danfoss)
- Straat 1 & 3
- Platina & Elektrolytisch gepolijste platen om en om
- Terug spoelen warme kant



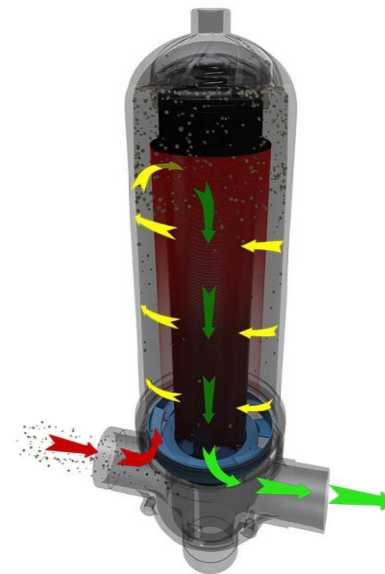
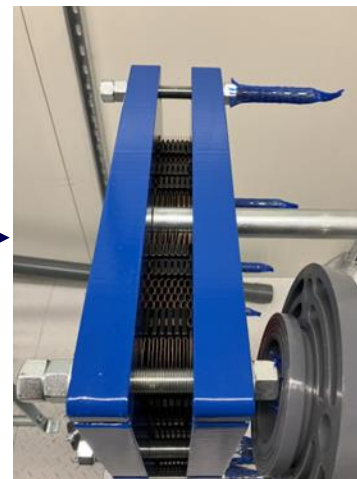
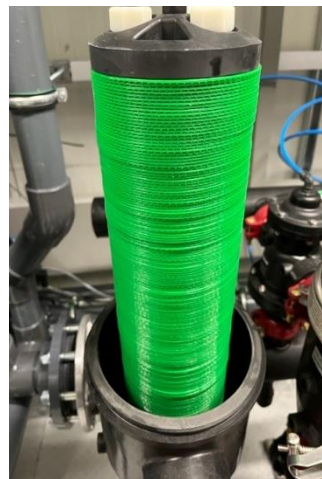
# STRAAT 2

- Buizenwarmtewisselaar
- Kelvion
- Kleine buisjes
- Niet terugspoelen
- Geen voorfilter



# STRAAT 3

- Discfilter (20  $\mu\text{m}$ )
- Platenwisselaar
- Terugspoelen op drukverschil nu 10 seconden
- Verwisselbare Discs

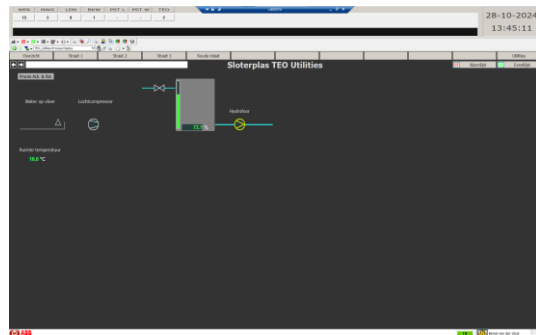


- Platenwisselaar



# Terugspoelen

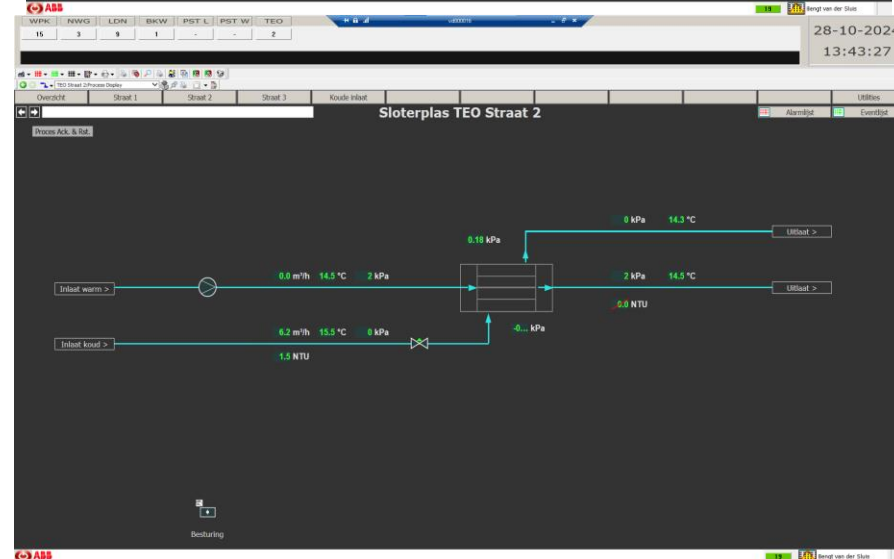
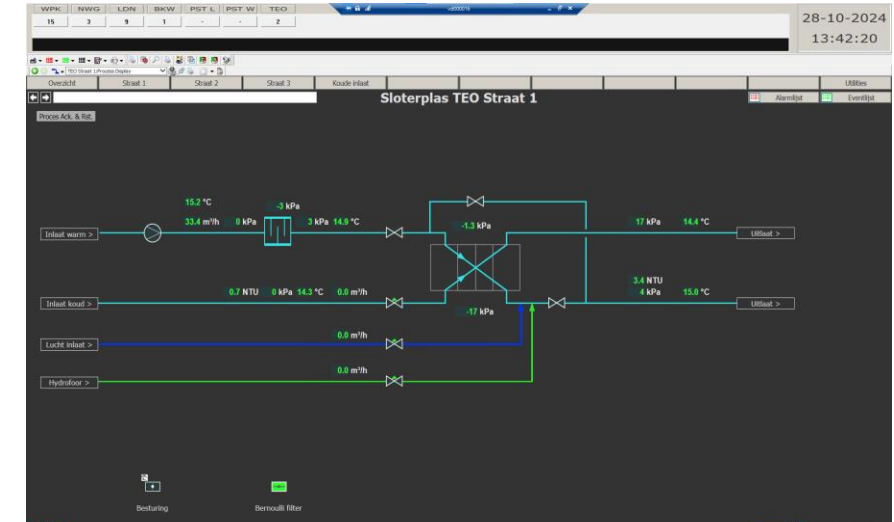
- Hydrofoor gevuld met koude stroom
- Compressor lucht



# Sensoren



# PA



# Flexbedfilter

- Terugspoelen
- Draait nu autonoom
- Alternatief voor disk of bernouli
- Compressie in te stellen



# Van binnen



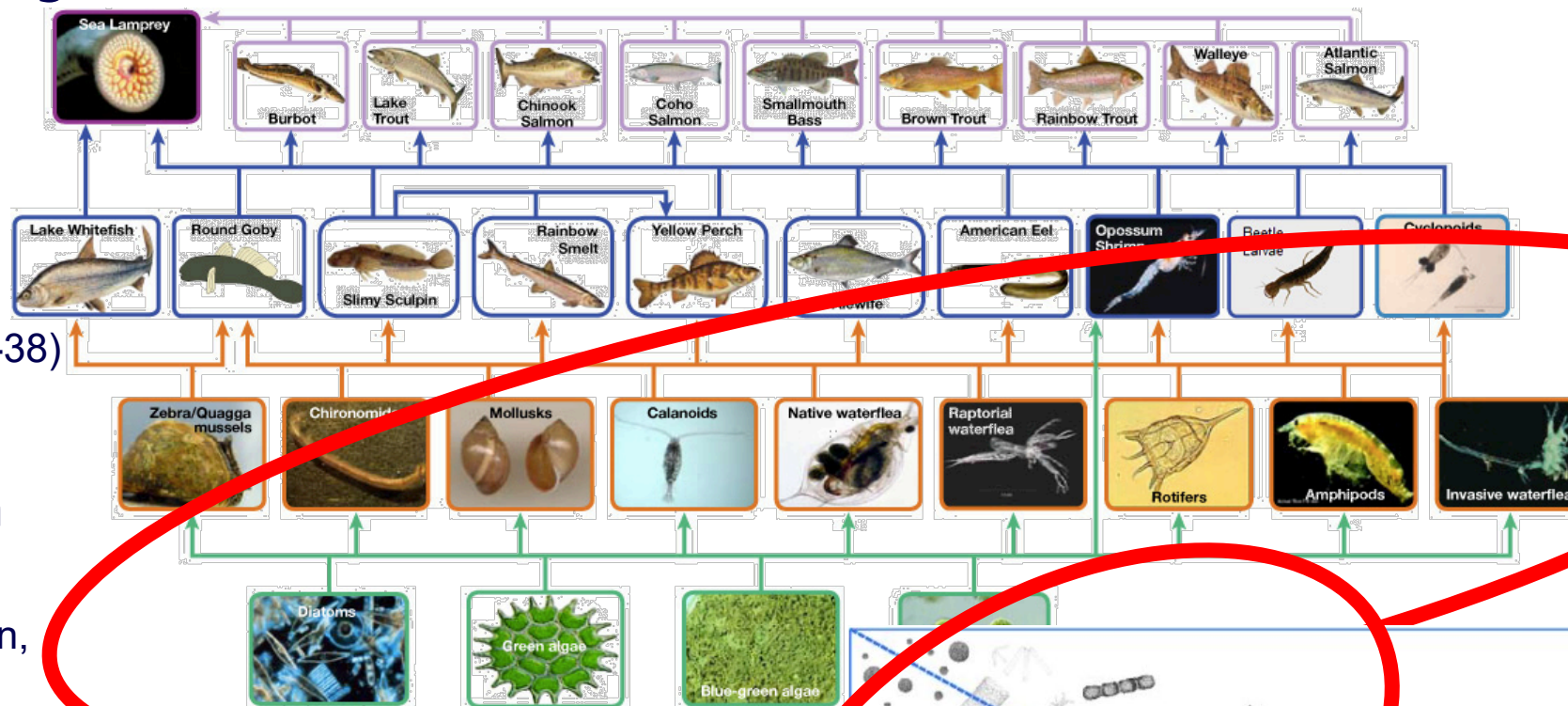


# Ecologisch onderzoek

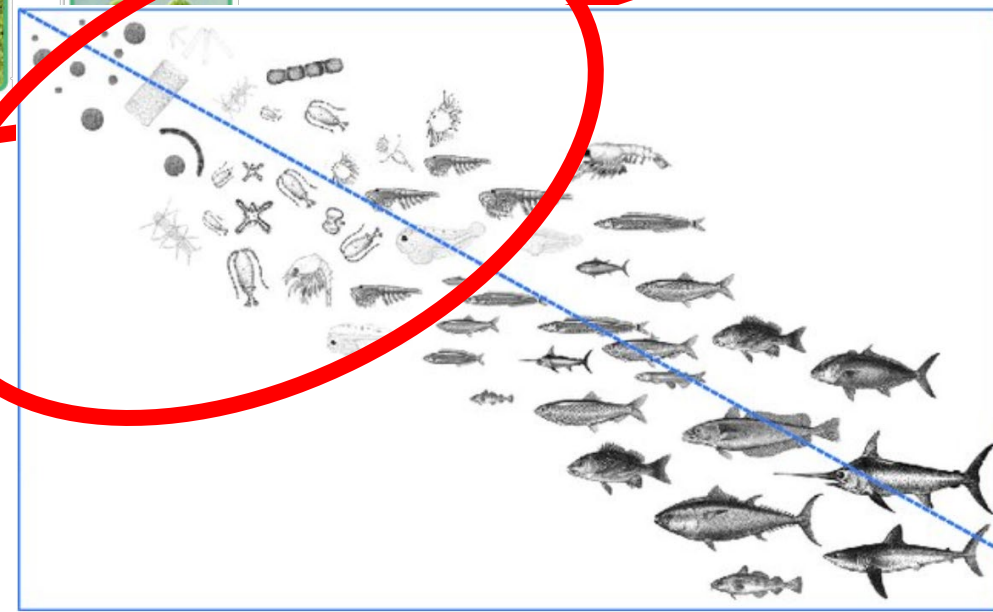
Jasper Stroom

# wat is mogelijk kwetsbaar?

- alles wat door de aanzuigkorf past
  - 1.2-2.5 mm (Stowa 2022-38)
  - 4 mm (TEO-Slotterplas)
- primaire producenten en consumenten:
  - algen, zooplankton, larven, etc.
  - = **basis van het aquatisch voedselweb**



literatuuronderzoek Deltares 2022: weinig-geen kennis beschikbaar (Stowa 2022-38, <https://edepot.wur.nl/574914>)





<https://en.wikipedia.org/wiki/Daphnia>



<http://people.cst.cmich.edu/mcnau1as/zooplankton%20web/asplanchna/asplanchna.htm>



[https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Polyarthra#/media/File:Polyarthra\\_EPA.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Polyarthra#/media/File:Polyarthra_EPA.jpg)



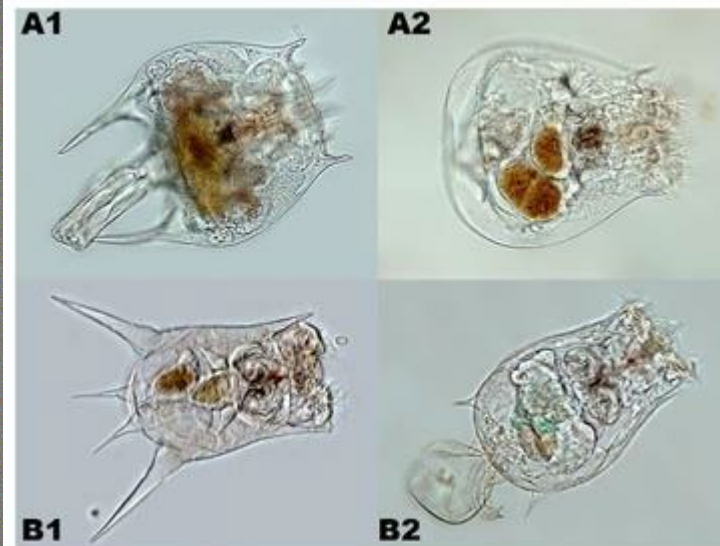
<https://en.wikipedia.org/wiki/Rotifer>

meting diskfilter Zwemlust 2020 -> per soort 0 - 100% sterfte



**Keratella cochlearis**  
Photo by Sudzuki (ref. ID; 2261)

<https://www.nies.go.jp/chiiki1/protoz/morpho/rotiferai/kerat1.htm>



[http://people.cst.cmich.edu/mcnau1as/zooplankton%20web/benjamin\\_coyle\\_webpage/coyle\\_brach\\_website.htm](http://people.cst.cmich.edu/mcnau1as/zooplankton%20web/benjamin_coyle_webpage/coyle_brach_website.htm)



<http://people.cst.cmich.edu/mcnau1as/zooplankton%20web/asplanchna/asplanchna.htm>



<http://people.cst.cmich.edu/mcnau1as/zooplankton%20web/ceriodaphnia/zooplankton%20of%20the%20great%20lakes.htm>

# onderzoeksproject

- **dood of levend: wat doet een TEO-installatie met proceswater en vice versa?**
  - oppervlaktewater = proceswater
- **onderdelen/nevenvragen**
  - effect TEO op waterleven & chemie
  - effect waterleven op fouling & rendement
  - kunnen bedrijfsvoering en/of technische maatregelen dit beïnvloeden?
- **product = kennis**
  - optimalisatie TEO
    - minimaliseren impact op aquatische ecologie (ruimte, €, onderhoud, etc) TEO
    - verbetering ontwerp, beheer etc.
    - vergunningsvoorwaarden
  - input ecologische modellen

# onderzoeksproject

- **dood of levend: wat doet een TEO-installatie met proceswater en vice versa?**

## **resultaat:**

- **een database**

- dood of levend bij monstername (heb je de TEO-passage overleefd?)
- taxon micro-organisme (wie ben je?)
- extra details zoals afmeting, omtrek, fysieke beschadigingen (hoe groot ben je?)

- **vragen beantwoorden via data-analyse**

- in welke TEO-processtap treedt sterfte op?
- welke 'groepen' micro-organismen zijn het meest kwetsbaar?
- is er onderscheid in materiaal (type filter, type warmtewisselaar)
- is er onderscheid in tijdstip (zomerfase), debiet, druk, etc
- is er een relatie met chemische waterkwaliteit?
- etc.

- **wat is een TEO-configuratie die geen/weinig schade oplevert maar wel functioneert?**

# onderzoeksproject

## volle schaal

- HHNK: Beverwijk -> Broekpolder
- Rijnland/AGV: Amsterdam IJburg -> Centrumeiland 2024
- Rijnland: Haarlem -> Mariastichting 2025

## proefinstallatie(s)

- AGV: Amsterdam Slotterplas

## werkgroep

- Sven Teurlincx (NIOO)
  - methodeontwikkeling dood/levend
- Simone van Dam (HHNK)
- Marco Vaartjes (Rijnland)
- Laura Hesp (RWS)
- Jasper Stroom (AGV/Waternet)
  - data-analyse, rapportage

## partners:

- NIOO
- Hoogheemraadschap van Rijnland
- Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier
- Stowa
- Rijkswaterstaat
- Unie van Waterschappen
- WarmingUp
- Provincie Noord-Holland (subsidie)
- Gemeente Amsterdam
- Eteck
- Bosman Watermanagement
- Waterschap Amstel, Gooi en Vecht / Waternet (penvoerder)



# componenten



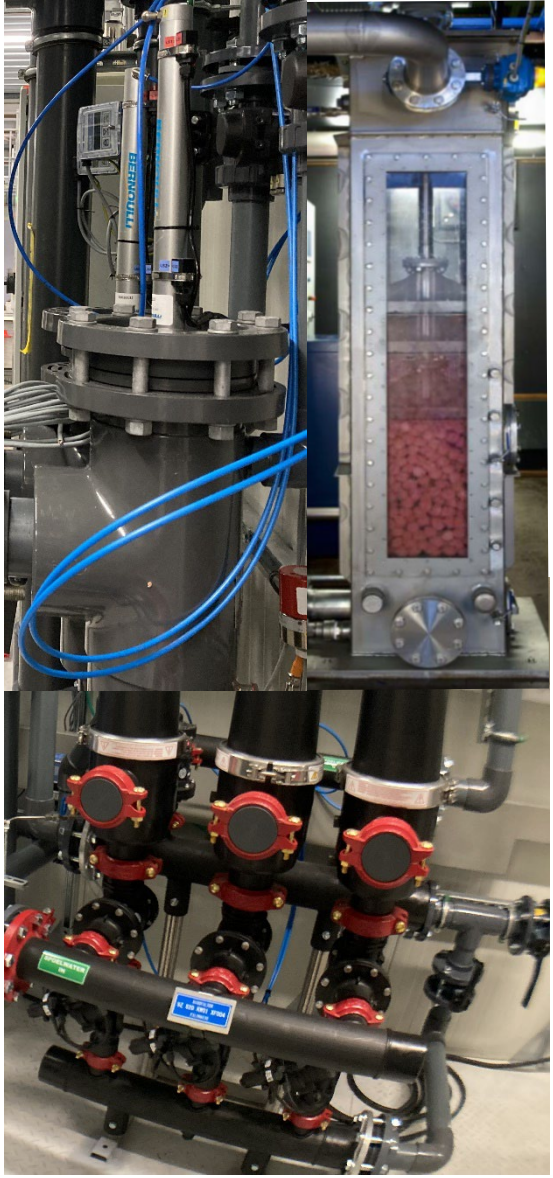
aanzuigkorf

->



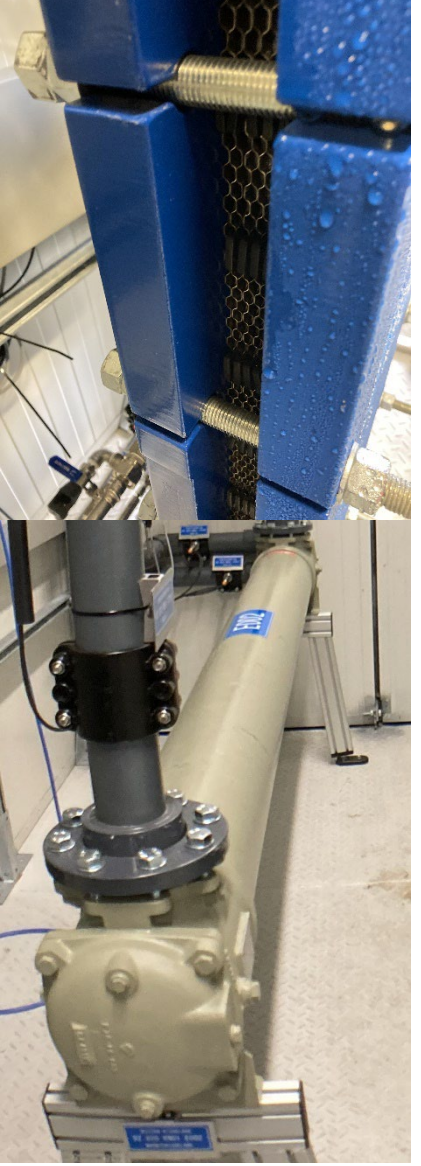
pompput

->



Bernoulli-, Flexbed-, diskfilter

->

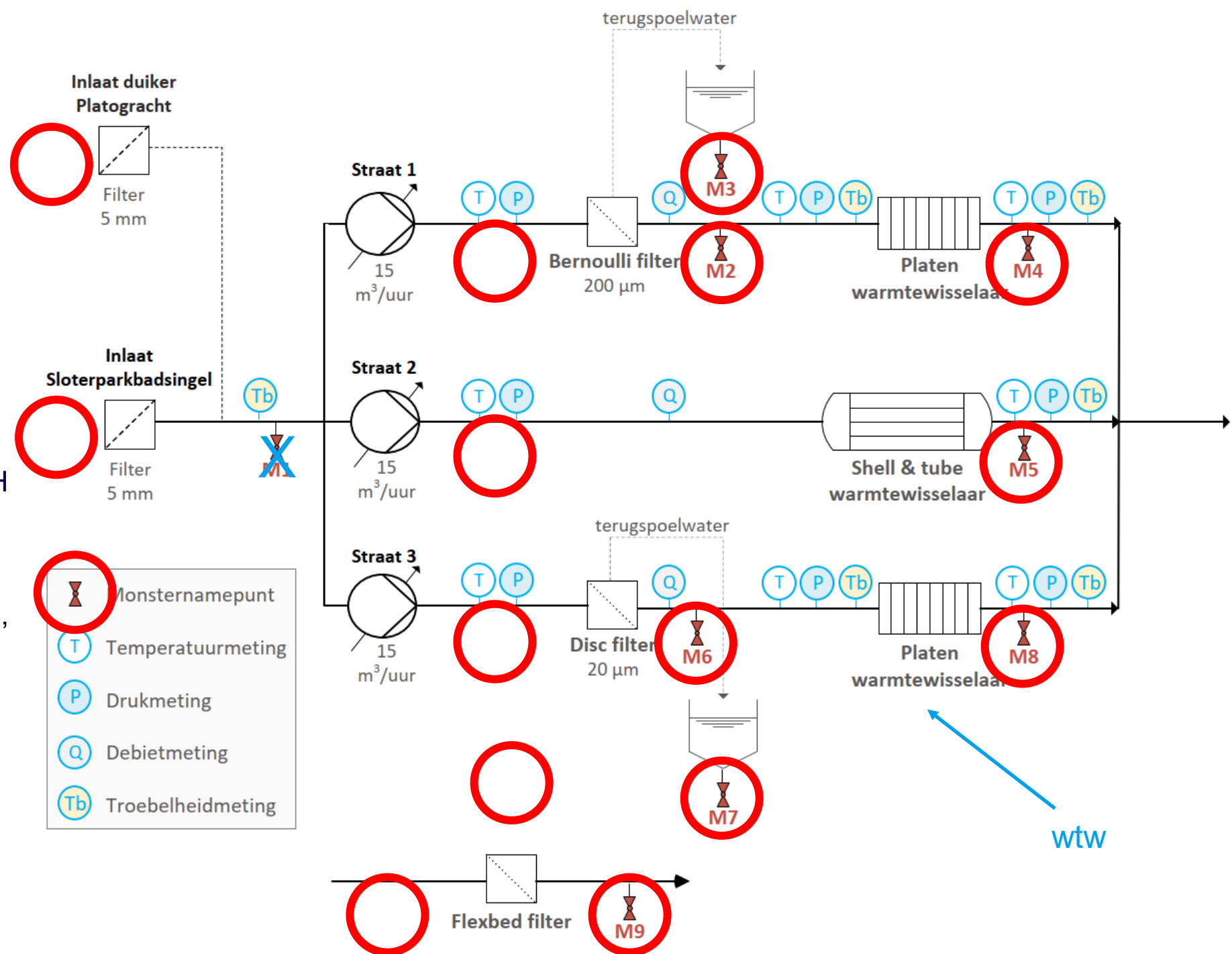


platen-,  
buizenwarmtewisselaar

TEO Slotterplas

# monitoring

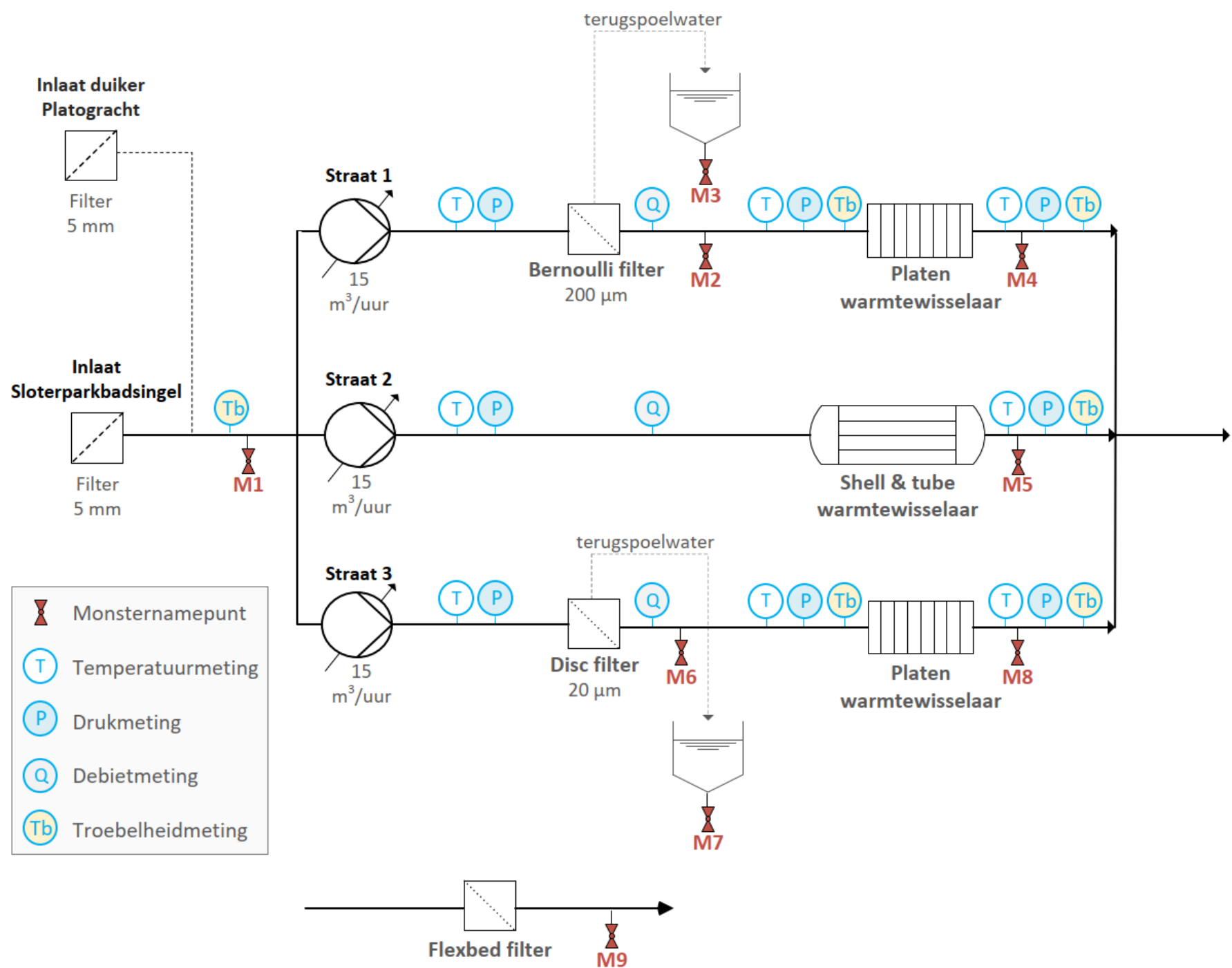
- biologie
  - < 4 mm (aanzuigkorf)
  - zooplankton, fytoplankton, larven etc
- Ca, Cl, Fe, EGV, pH, T, chl-a (FluoroProbe), humusextinctie, O2, N, P, SO4, zwevende stof, pH
- tweewekelijks, totaal 14 samples
- in de volle-schaalinstallaties idem, maar minder taplocaties
- labanalyses TEO-Sloterplas zijn gelijk aan volle-schaalinstallaties





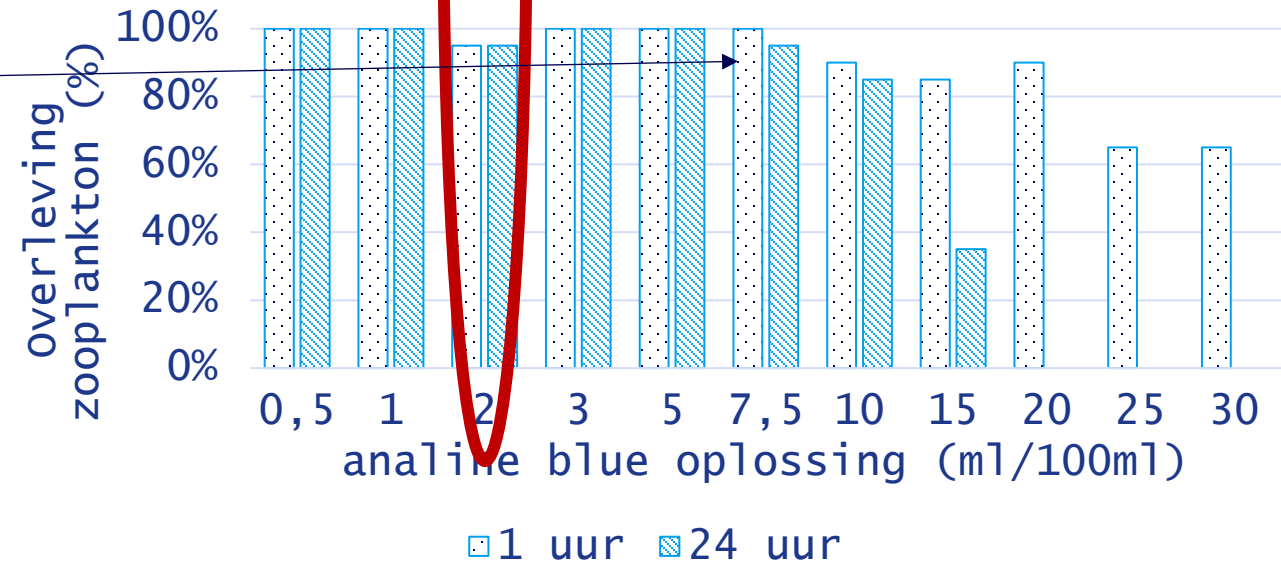
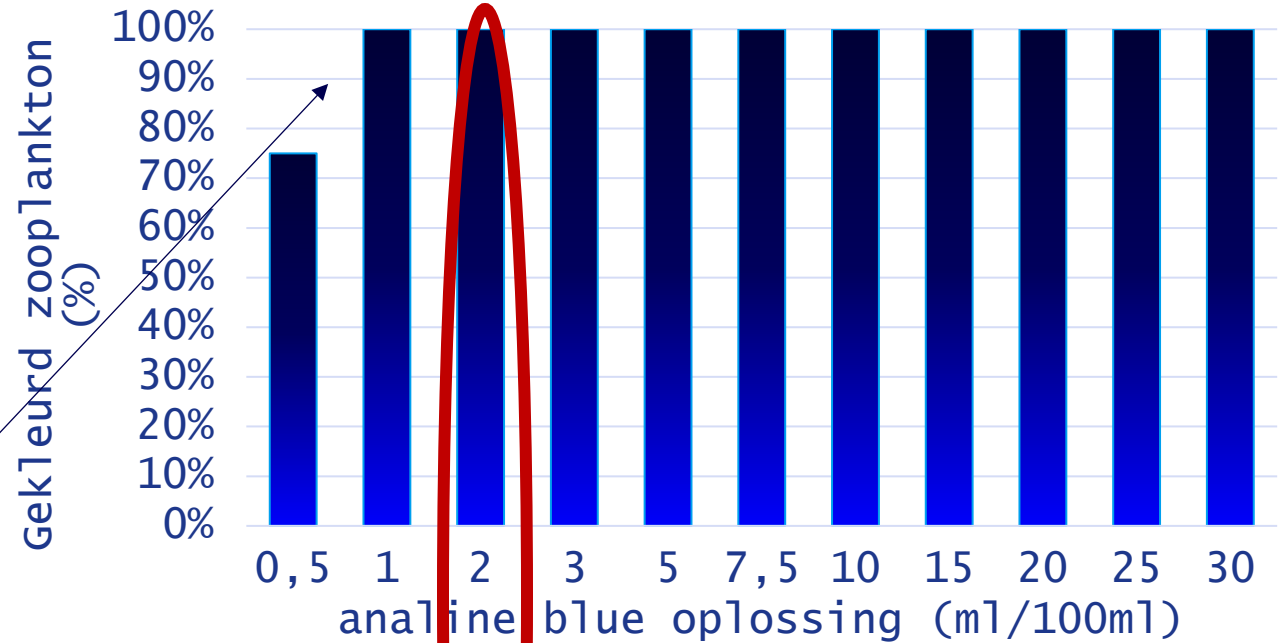
# monitoring

- aangroei
- energetisch rendement
- voorkomen antifouling
  - ultrasoon
  - polijsten
  - katalysator
  - ?



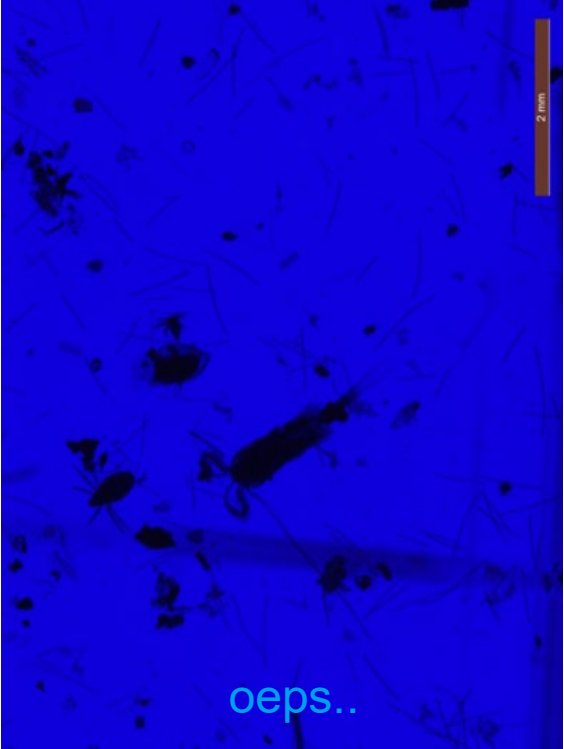
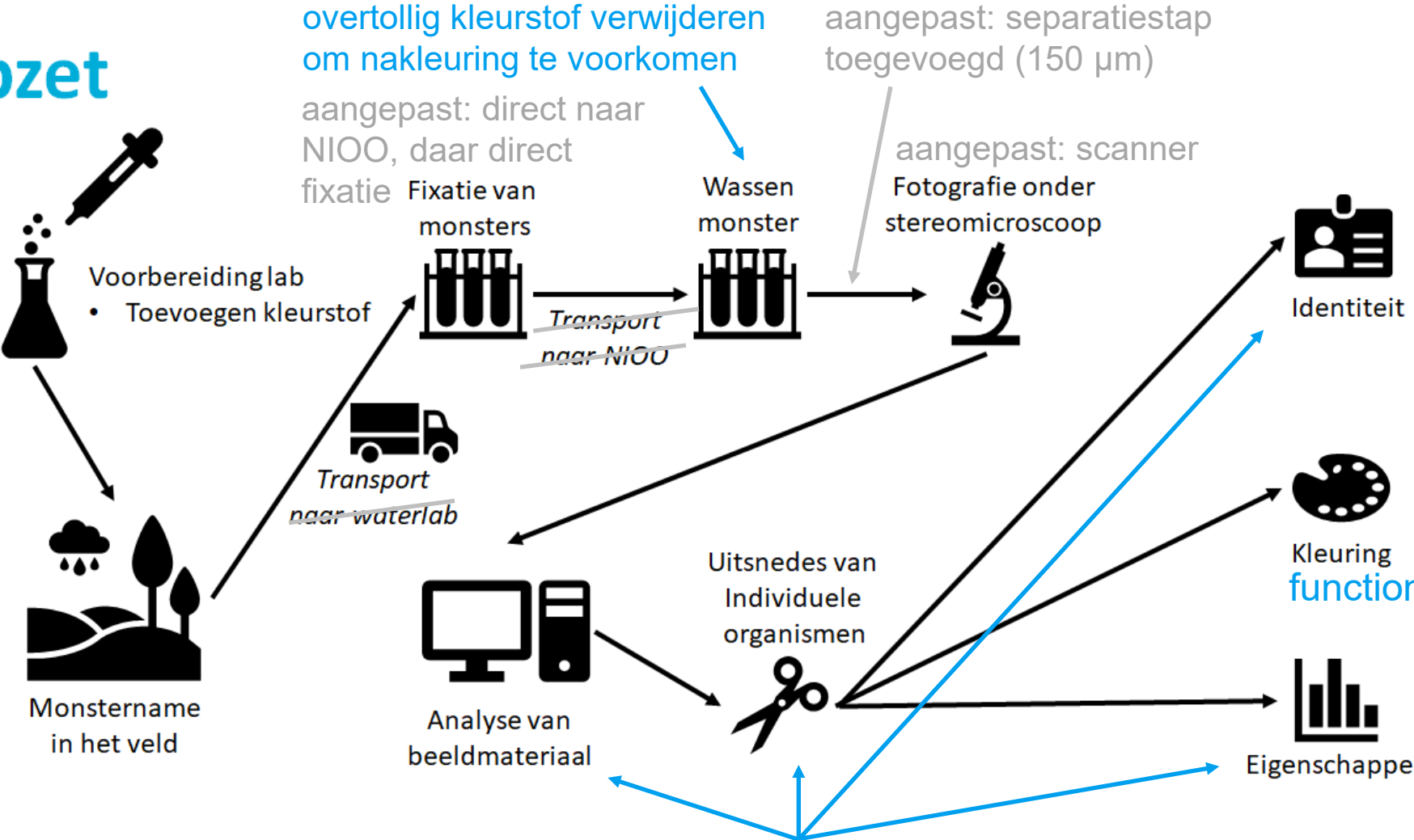
# sterftebepaling

- kleuring met *analine blue*, dood organisch materiaal neemt dit op
- kleurherkenning is voor een AI-systeem eenvoudig aan te leren
- vanaf 1 ml/100 ml voldoende kleuring
- vanaf 7.5 ml/100 ml toxisch
- -> we gebruiken 2 ml/100 ml



# sterftebepaling werkwijze 2024

## Opzet



handmatig -> wordt geautomatiseerd -> AI-model, beeldherkenning

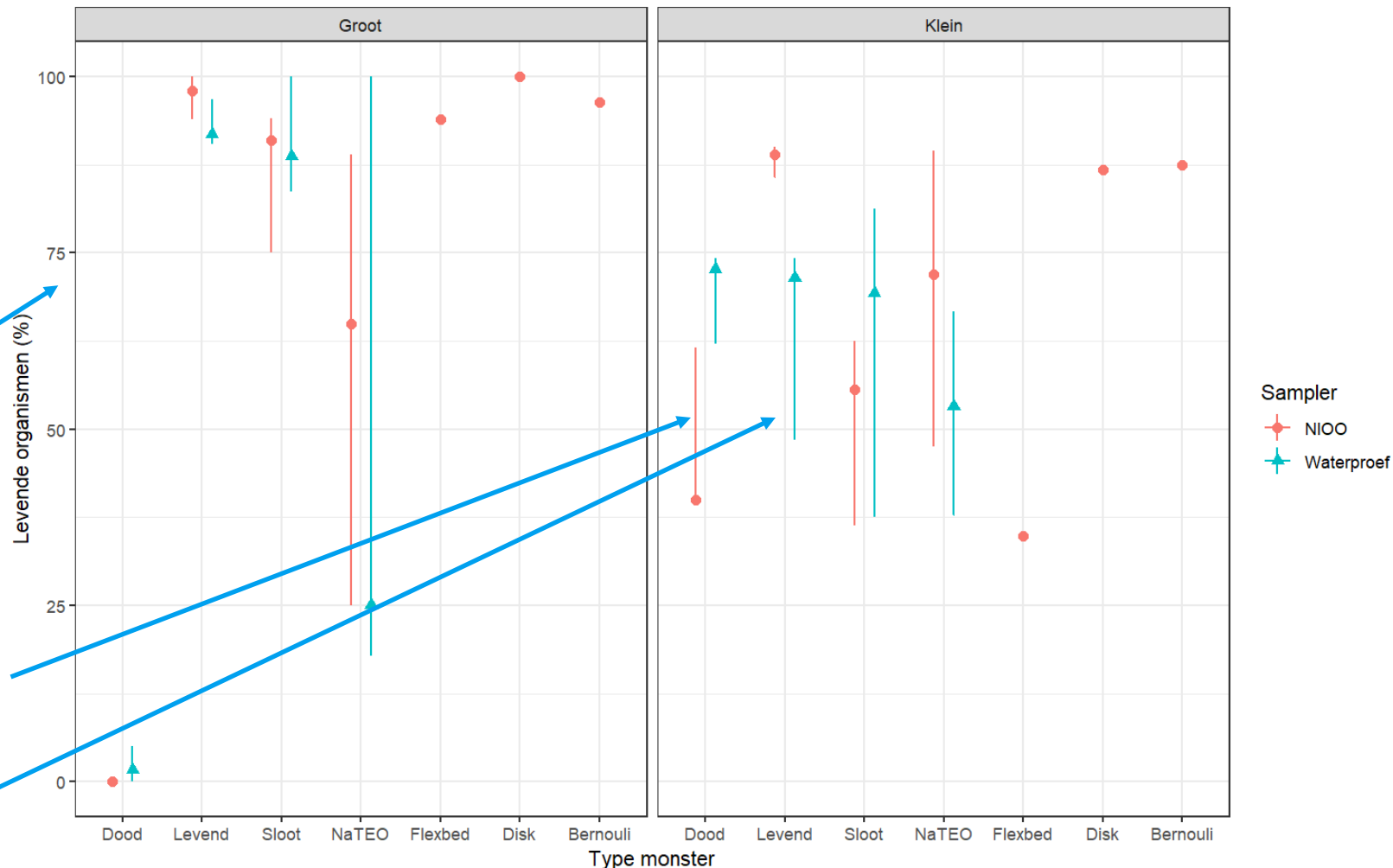
# sterftebepaling werkwijze 2024

- scannerbeelden worden opgeknipt naar beelden met één deeltje, en deze worden beoordeeld
- dood, of levend?
- doel
  - efficiënt heel veel data verzamelen
  - op termijn opschaling naar massaproductie
    - wellicht ook inzetbaar als standaardvervanging/-aanvulling microscopie?



# sneak preview resultaten 2024

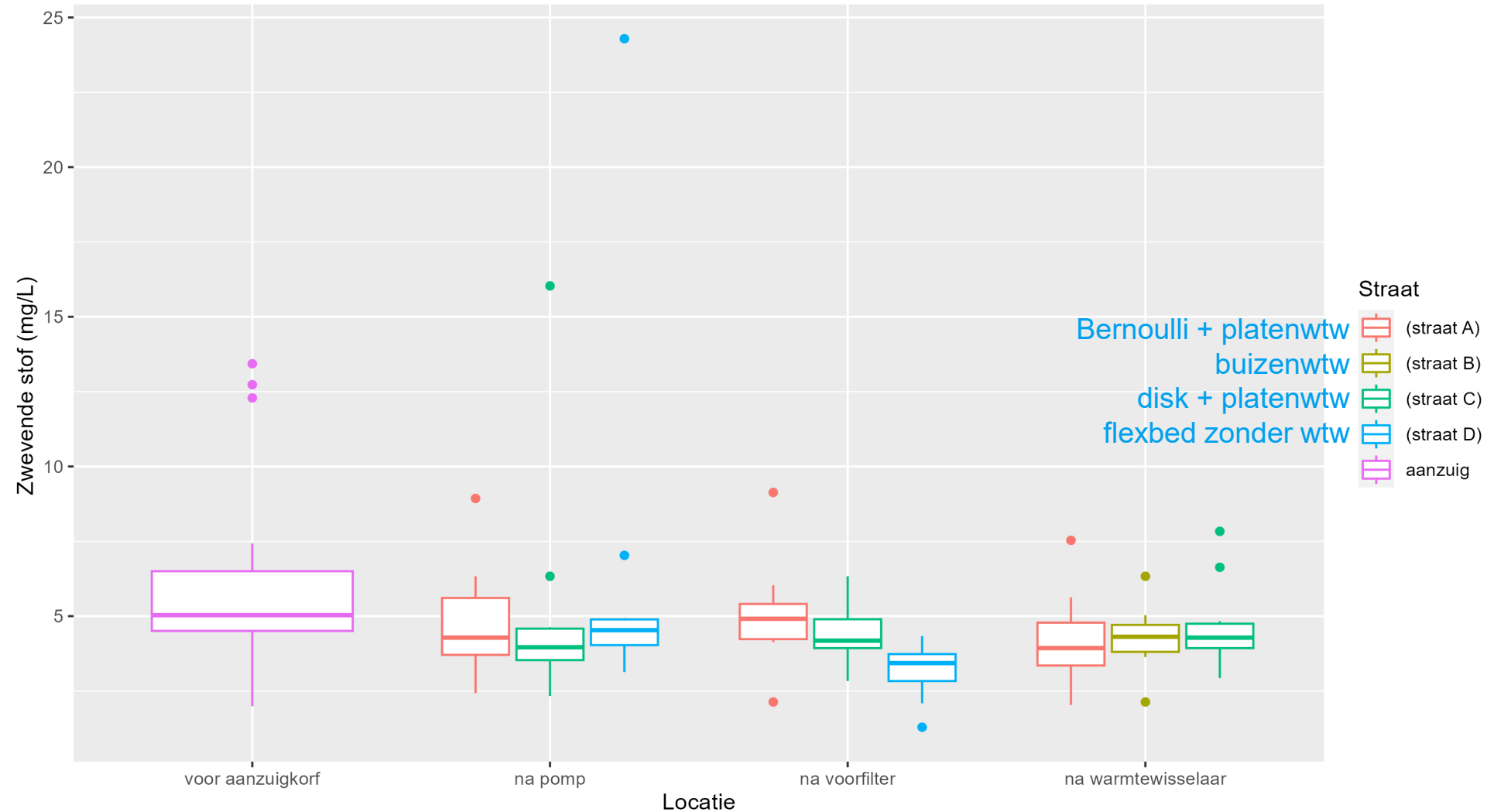
- april: methodetest dood/levend
  - 6 referentiesamples dood materiaal
  - 6 referentiesamples levend materiaal
  - 6 samples van Platogracht
  - 6 samples van effluent
    - straat C: diskfilter en platenwarmtewisselaar
  - 3 samples terugspoelwater voorfilters
    - Flexbed, Disk, Bernoulli
- oppervlakkige analyse
- groot gaat goed
- klein
  - sample bleek niet homogeen dood: één soort bleek de behandeling te overleven
  - waarschijnlijk worden de kleintjes door de grote aangevallen, dus direct koelen en snel fixeren



# sneak preview resultaten 2024

## Zwevendestof-concentraties

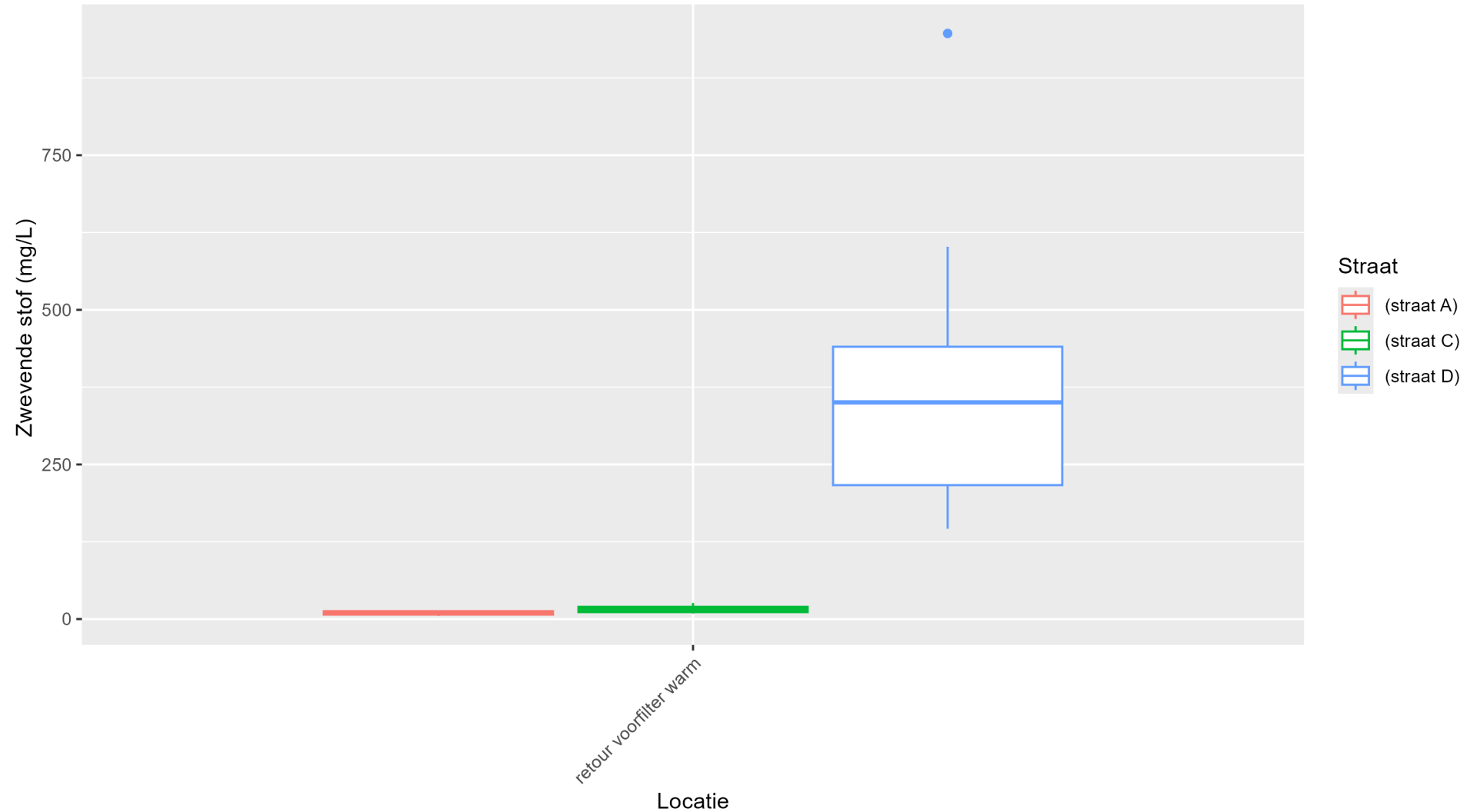
- concentraties zijn laag
- Bernoullifilter (200  $\mu\text{m}$ ) en diskfilter (20  $\mu\text{m}$ ) hebben weinig effect en verschillen weinig van elkaar
- Flexbed (straat D) is effectiever



# sneak preview resultaten 2024

## Zwevendestof- concentraties

- Retourwater (komt vrij bij de automatische reiniging) Flexbed (straat D) is ook 'anders'..
- n.b. Flexbed is groter dan de overige filters



# sneak preview resultaten 2024

- er zijn verschillen tussen de filters..
- dit is het terugspoelwater (reiniging)

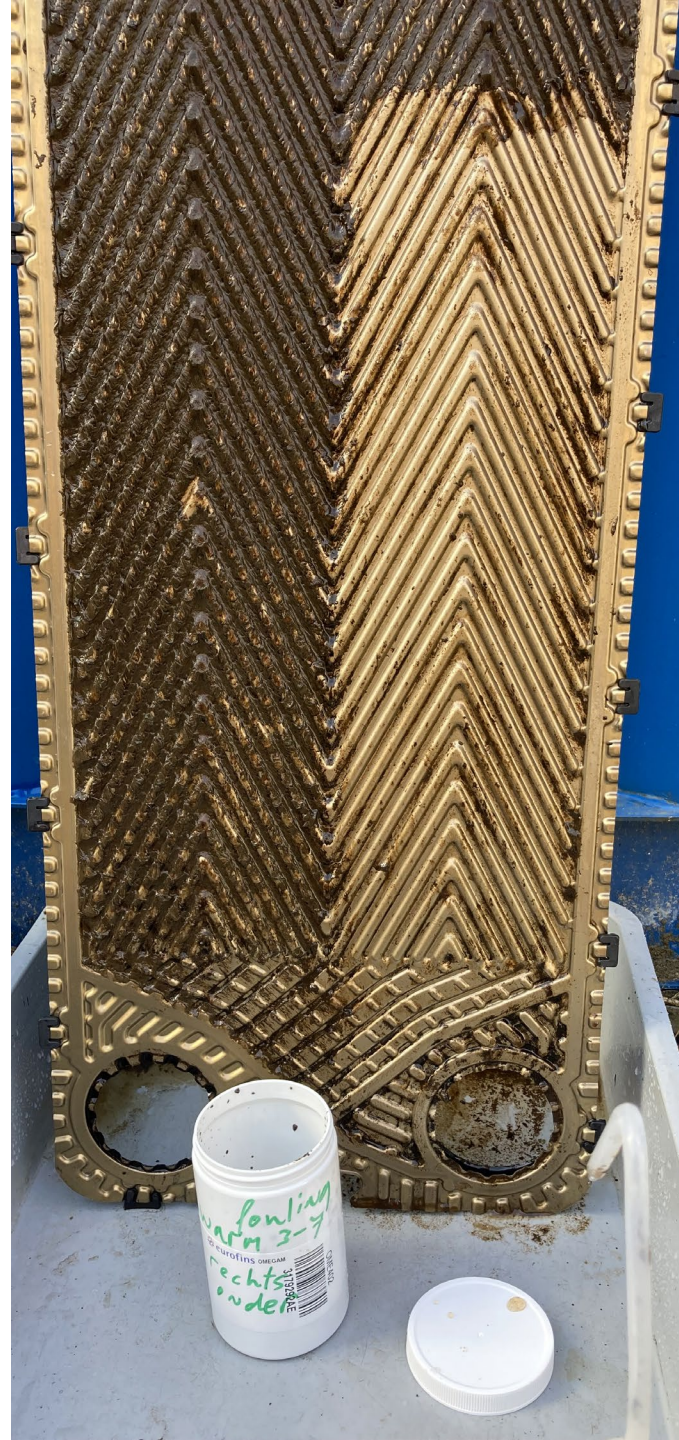




# fouling

- aangroei koud en warm
- kwantitatief
  - drooggewicht/cm<sup>2</sup>
  - grootteverdeling
- kwalitatief
  - bacterie versus alg

daarna kijken of meer info  
wenselijk is



# conclusie

- zowel de uitvoering als de monitoring is lastig gebleken, maar we hebben alle hobbels kunnen nemen
- nog geen ‘echte resultaten’
- maar die zijn wel onderweg ;)



# en nu? 2025

- 2024
  - data dood/levend: november
  - plan 2025: december
  - rapportage: februari
- 2025, nog niets definitief, maar bv. ..
  - configuratie aanpassen nav. resultaten 2024
  - ander influent gebruiken (Platogracht)
  - Flexbed koppelen aan wtw
  - platenwtw zonder voorfilter testen
  - innovatieve antifouling testen
  - meer tapkraantjes bij de volleschaal-TEO's
  - enzo



# Energetisch rendement

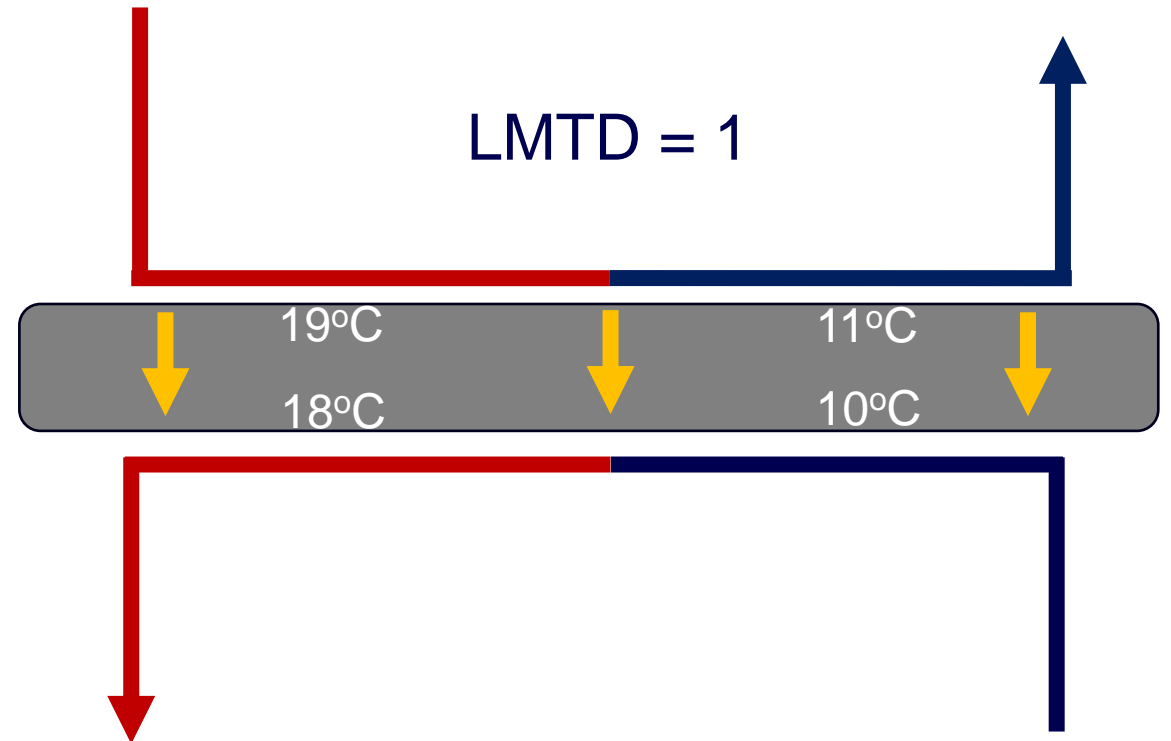
Merlijn van Selm

# Energetisch rendement

- Hoe presteren de 3 verschillende straten energetisch?
- Hoeveel warmte kan er gewonnen worden en waar hangt dat vanaf?
- Hoe snel vervuilen de warmtewisselaars en waar hangt dat vanaf?

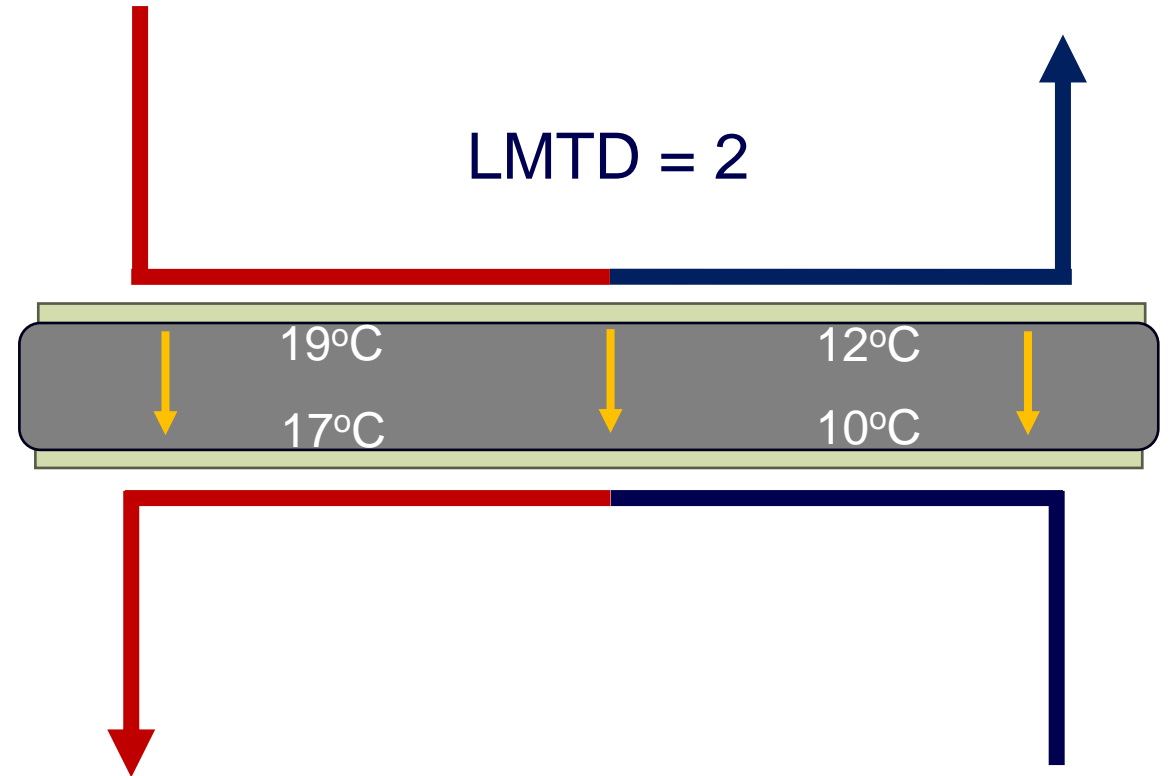
# Warmteoverdracht in een warmtewisselaar

- Warmteoverdracht is afhankelijk van temperatuur en debiet
- Warmte gaat van het warme naar het koude water door metalen plaatjes
- Metalen plaatjes kunnen heel goed warmte transporteren

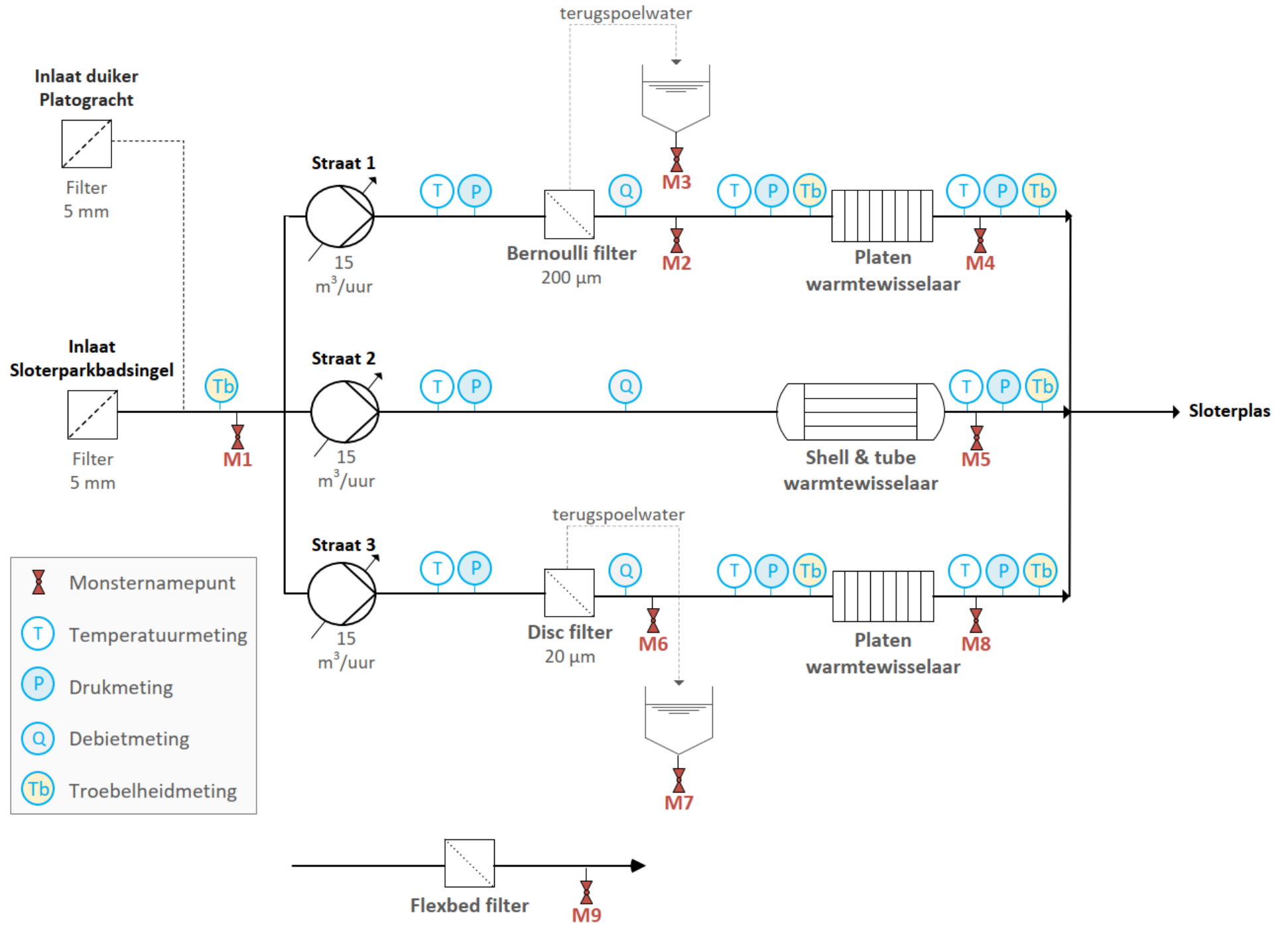


# Warmteoverdracht in een warmtewisselaar

- Op de metalen plaatjes kan een biofilm groeien
- Biofilm kan heel slecht warmte doorlaten
- Door de biofilm kan er minder warmte worden overgebracht

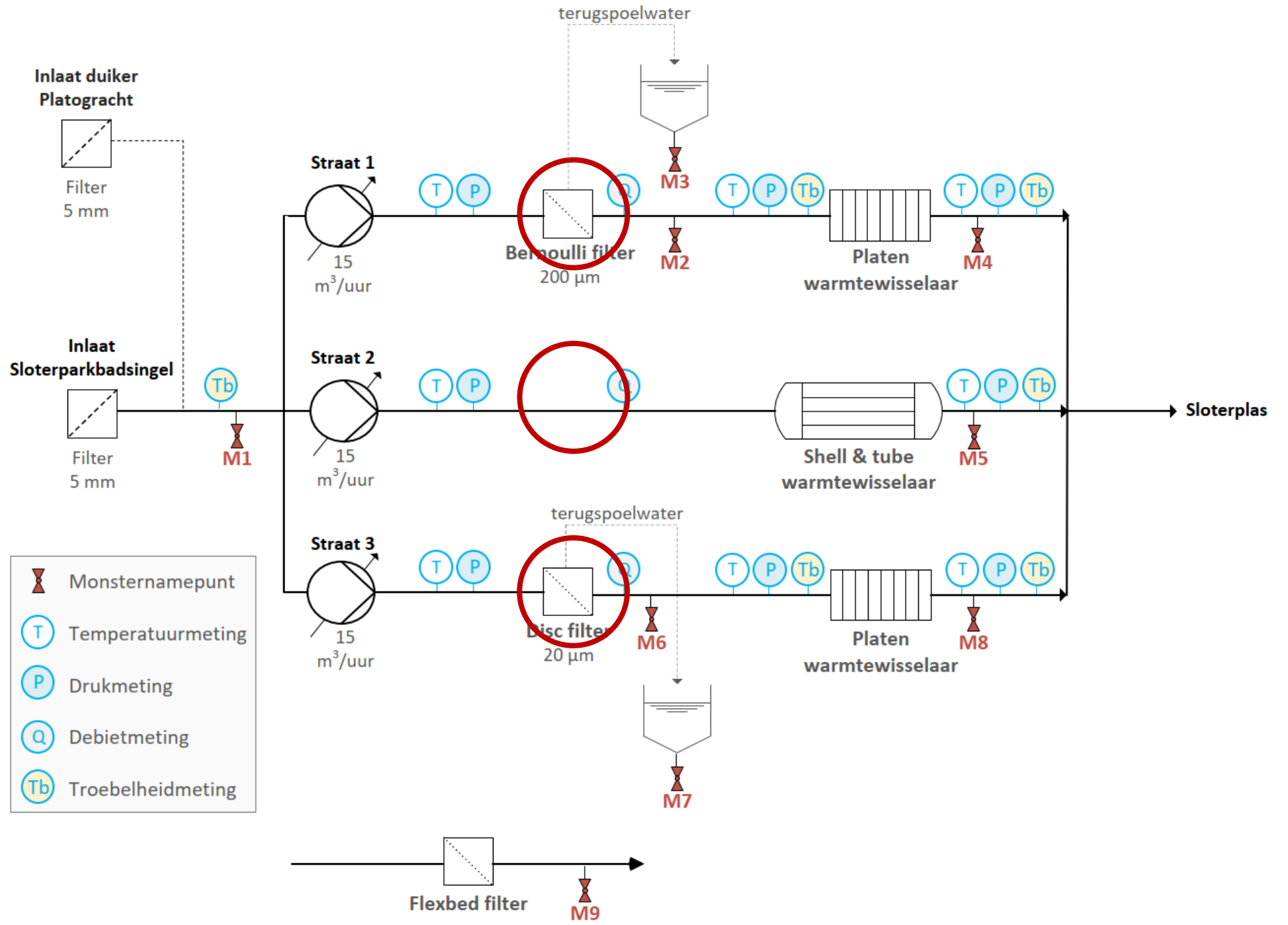


# Filters



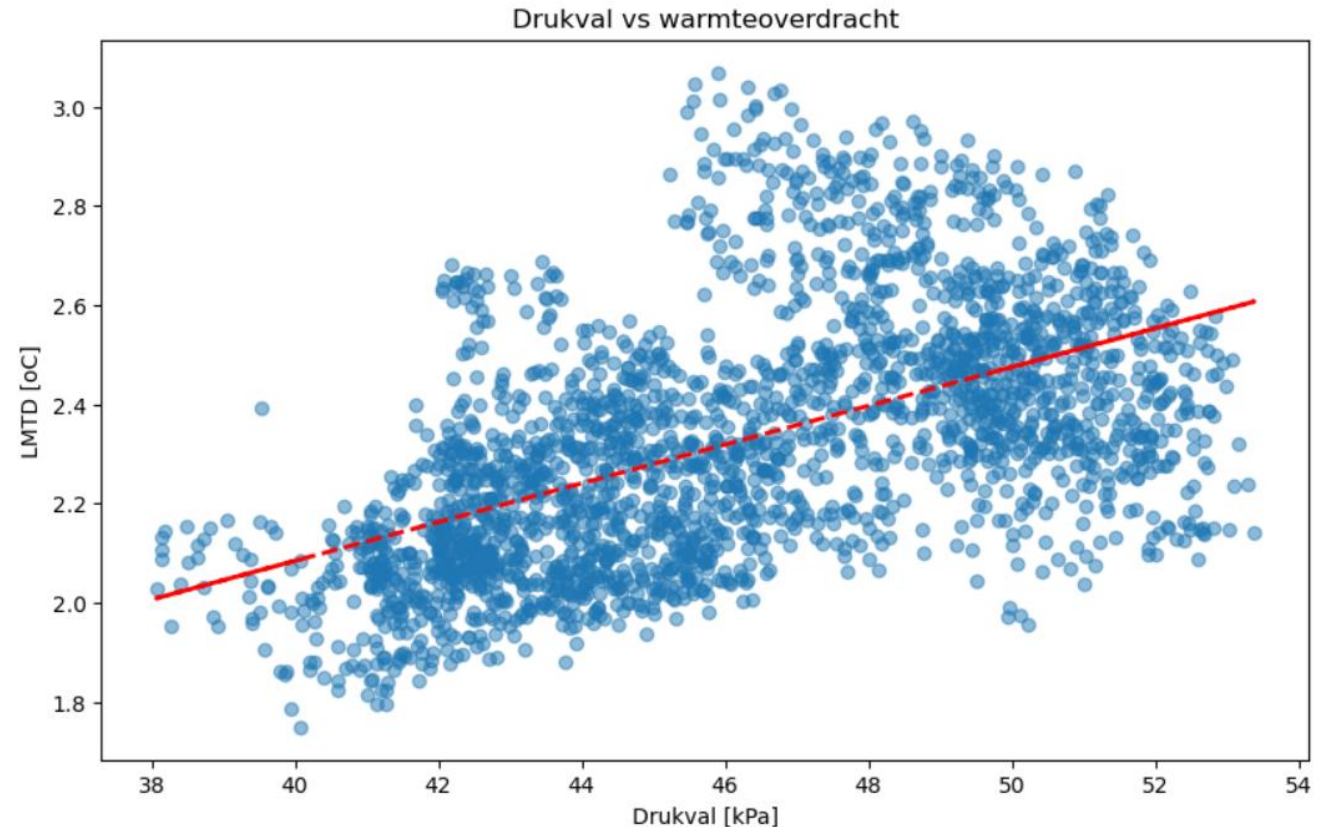


# Filters



# Energetische prestatie warmtewisselaars

- Data is nog diffuus door inregelen installatie
- Buizen vs. platen
- Bernoullifilter vs. discfilter
- Sensoren & calibratie



# Vragen?

