



Avansert rensing av mikroforurensninger

En oversikt og erfaringer fra Sverige

Christian Baresel



IVL

- Oberoende, ägt av en stiftelse, SIVL
- Etablerades gemensamt av staten och näringslivet 1966
- Eget analyslabb för analys och metodutveckling för mikroföroreningar
- FoU-anläggning Sjöstadsverket Water Innovation Centre (SWIC)
- Ca 300 anställda, omsättning 328 MSEK under 2017
- Kontor i Stockholm, Göteborg, Malmö, Fiskebäckskil och Beijing, Kina, och har kontinuerligt projekt och personal i New Delhi, Indien
- Allianser och nätverk - Nationella, Europeiska och Globala
- Dotterbolag: EPD International, BASTA Online, eBVD och IVL China
- Konsultuppdrag inom stora industriella branscher
- Bedriver samfinansierad forskning (74 MSEK/år)
- Ca trettio rullande EU projekt



Om mig

- Diplomingenjör TUHH Hamburg & Civilingenjör KTH Stockholm
- TeknD KTH
- Medgrundare och föreståndare för FoU-anläggning Hammarby Sjöstadsverk sedan 2008
- Rådgivare till Naturvårdsverket för mikroföroreningar (främst mikroplaster och läkemedel)
- Föreläsare vid UU, SLU m.fl., samt utbildning av myndigheter, regioner, länsstyrelser etc.
- Huvudkompetens: Rening och hantering av avloppsvatten, avlägsnande av mikroföroreningar, återanvändning av vatten, GHG-mätning & hantering, miljökonsekvensbedömning, slamhantering, systemintegration

Min inställning:

- "Avvakta och se"-mentaliteten har fört oss dit vi är idag med alla miljöproblem.
- Det är vårt ansvar som VA-kunniga att driva förändringen!
- Endast en cirkulär vattenhantering kan ge en hållbar samverkan med naturen på sikt!

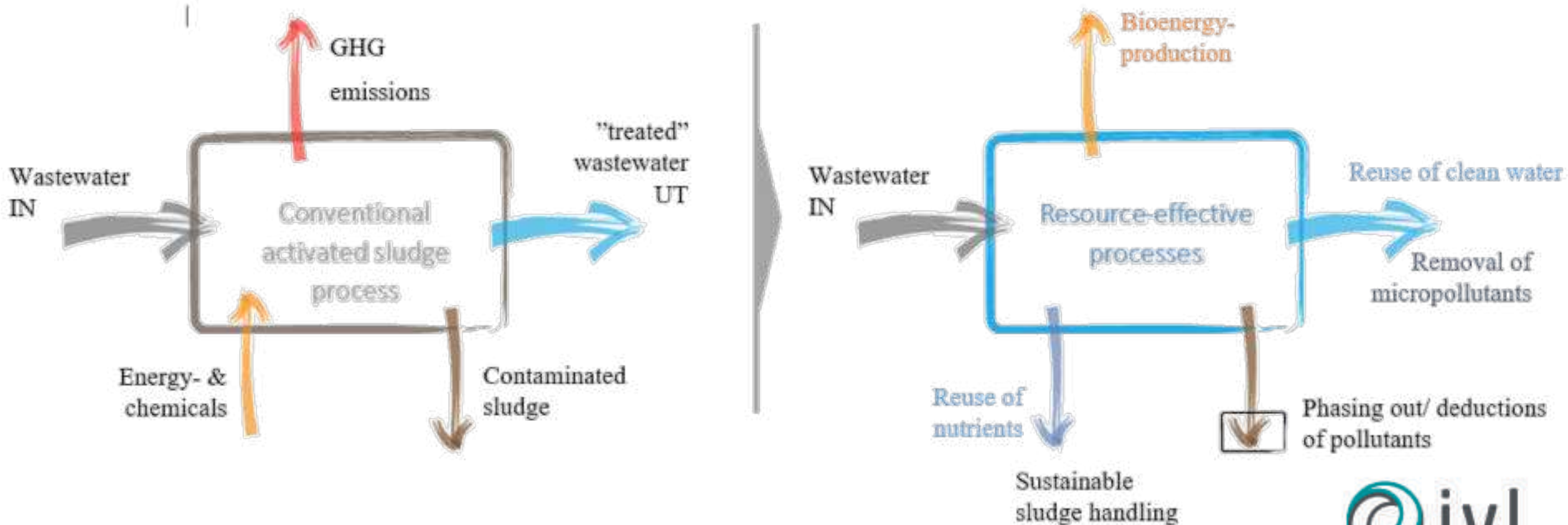


SWIC – Our R&D-pilot facility

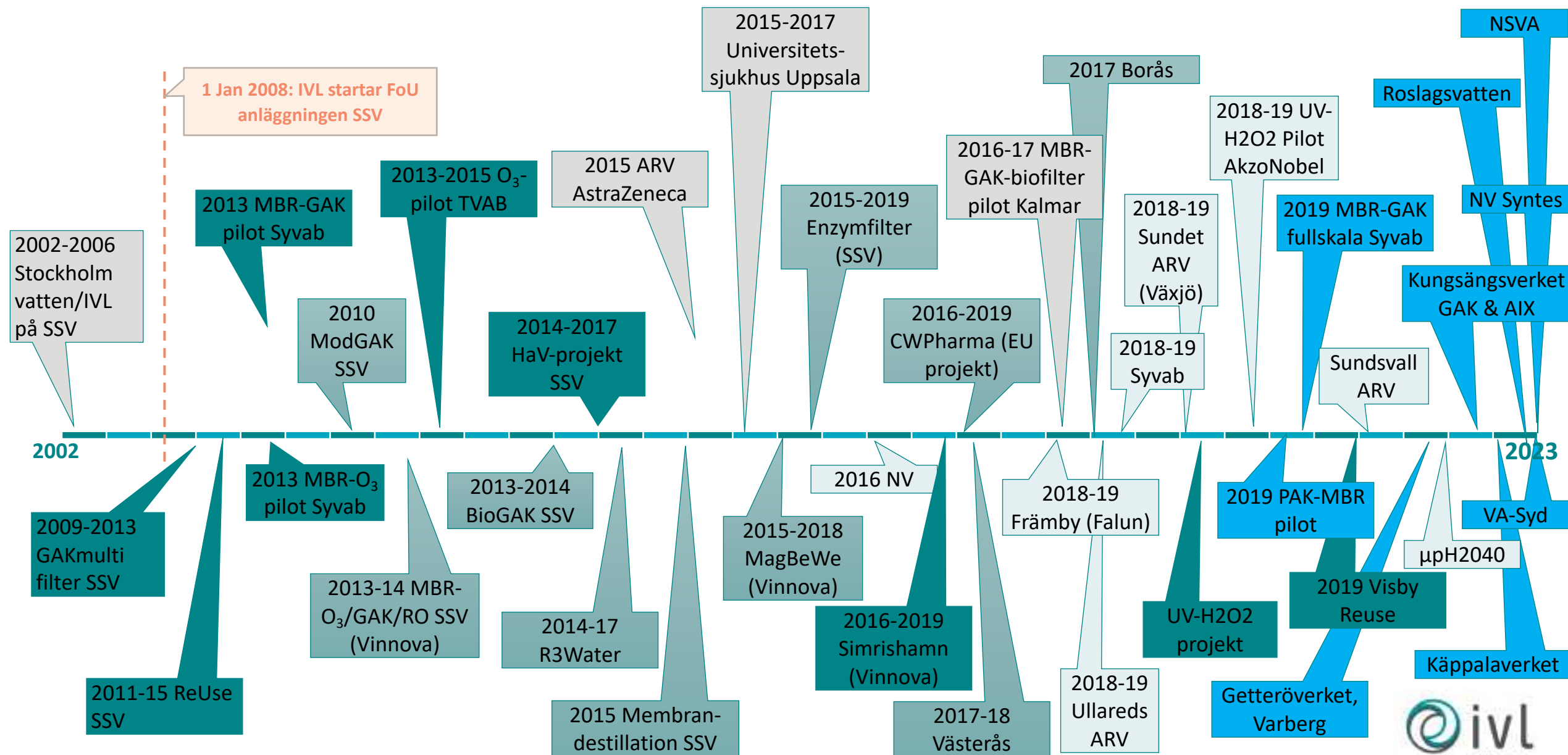
From wastewater treatment plants (WWTPs)

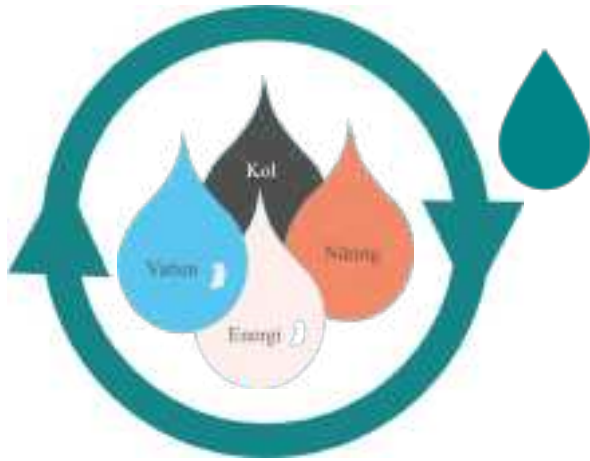
to

Resource facilities



Några av IVL:s aktiviteter inom läkemedelsrening





Syntes 2021-00007

Återvinning och återanvändning av resurser från avloppsströmmar

- Bästa tillgängliga kunskap och erfarenhet från praktiken

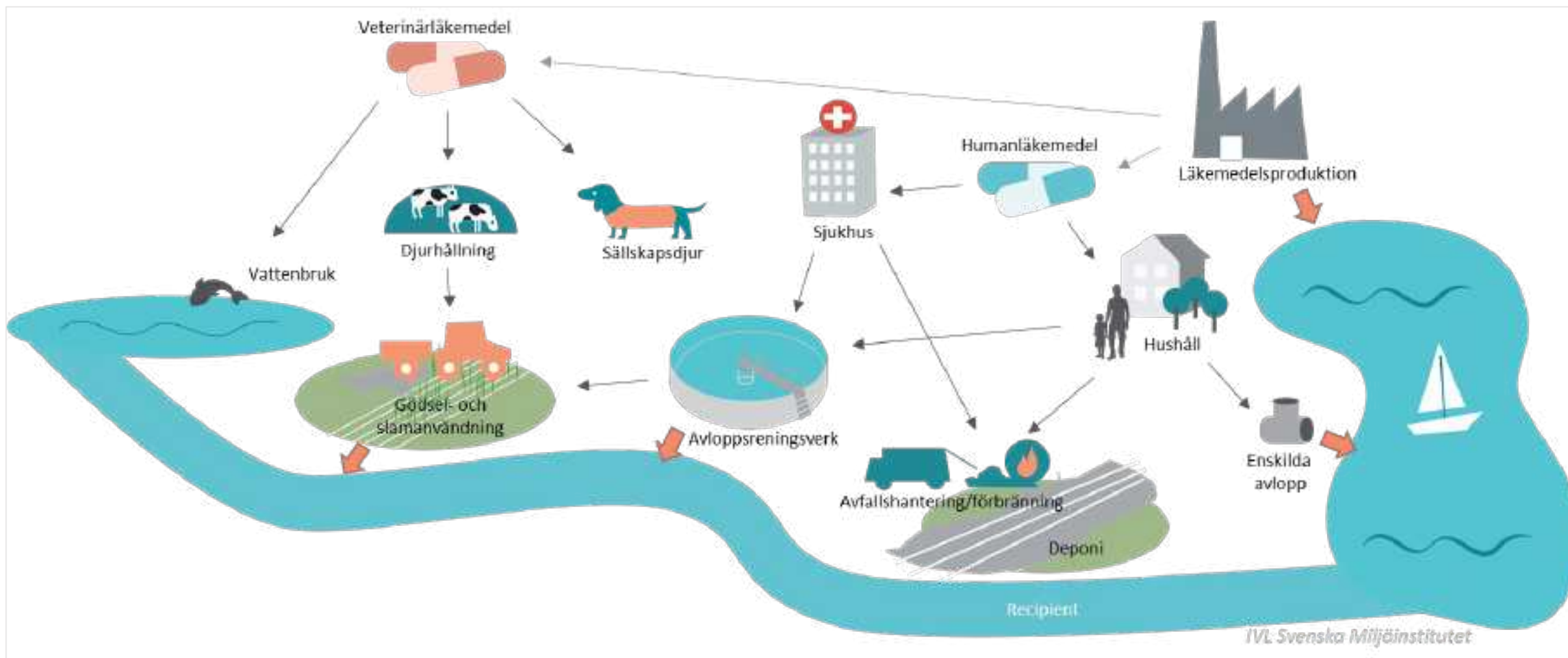
Huvudsyftet är att stötta offentliga och privata aktörer, som är centrala för omställningsprocessen, att hitta, navigera och tolka den stora mängd kunskap som faktiskt finns, samt att utforska möjliga lösningar och vägar mot ökad implementering.

Projektet ska hjälpa till att överföra kunskap om kretsloppstekniker och -system till framförallt berörda myndigheter (fokusgrupper).





Källor och transportvägar

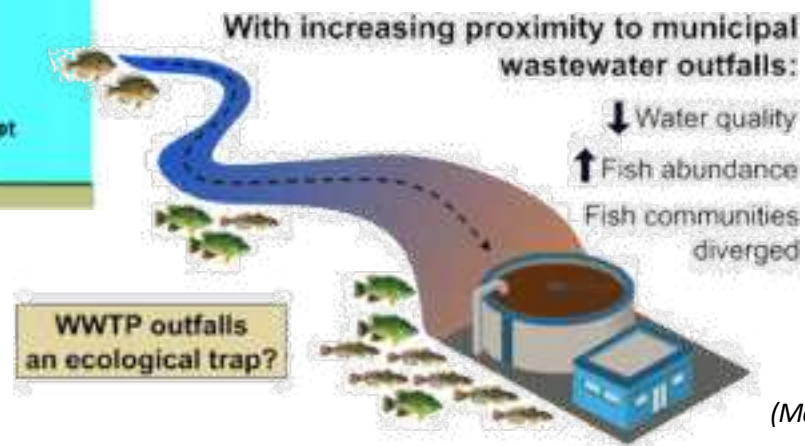
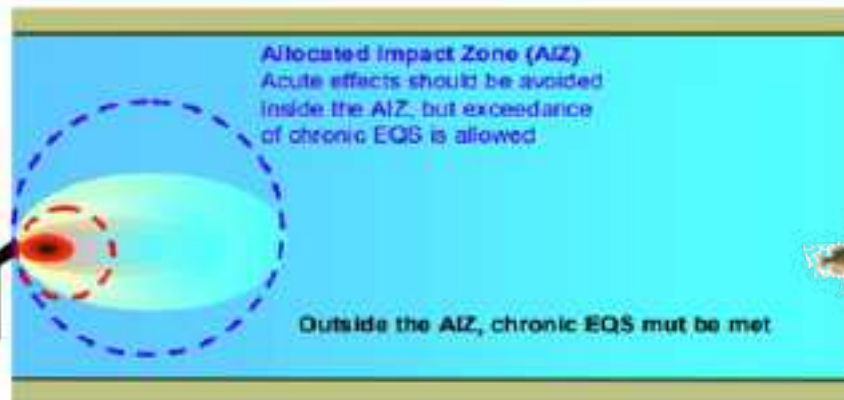




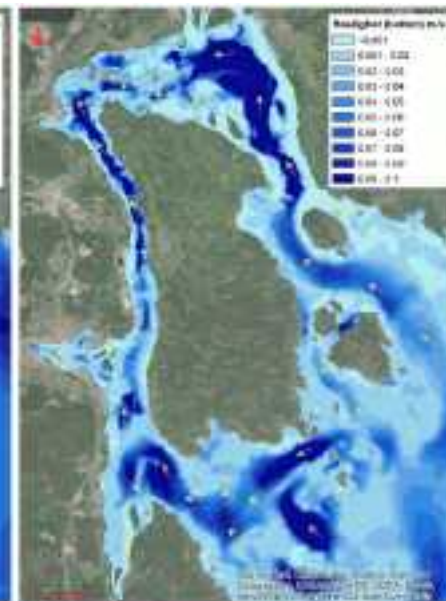
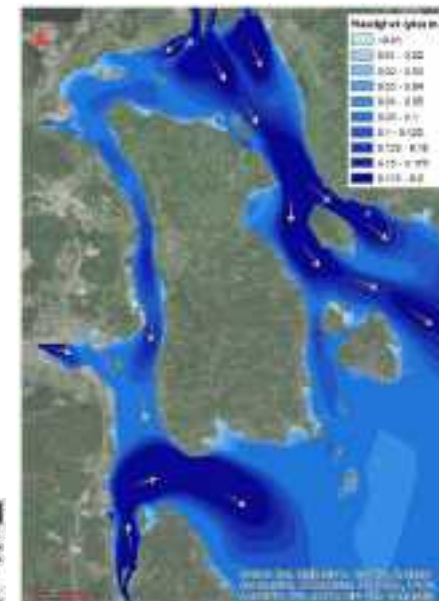
Utspädning i havsvatten och stora sjöar

Utspädning som ultimativ lösning?

- Utspänningszon ska bedömas eller inte
- Användning av kontrollstation är relevant för läkemedelsrester
- Provtagningsdjup, typ av provtagning, årsvariationer ska inkluderas



Dilution as main solution?



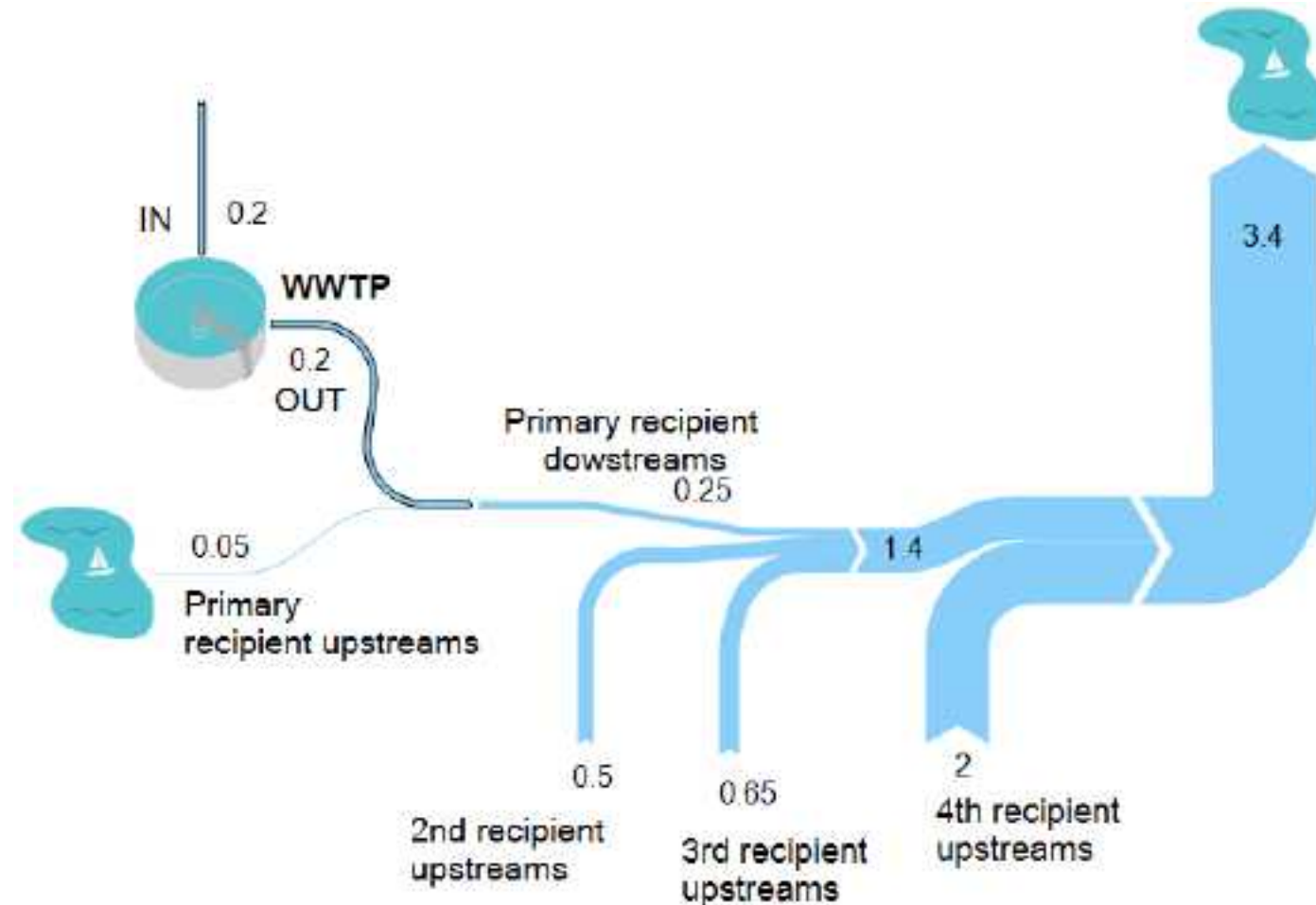
Figur 2. Generellt mönster av strömningsskiktning och vattenhastighet (m/s) i Sundsvallsbukten (Sundsvall) och Sundsvallsbukten (Sundsvall) (WRP 2005a)

Strömningshastighet olika perioder

Water flow, concentration and mass flow

■ Diclofenac mass flow (kg/yr)
■ Water flow (m³/s)
■ Diclofenac Conc (µg/l)

Limit for cronic toxicity
(HVMFS 2019:25) 0.1 µg/l
annual average

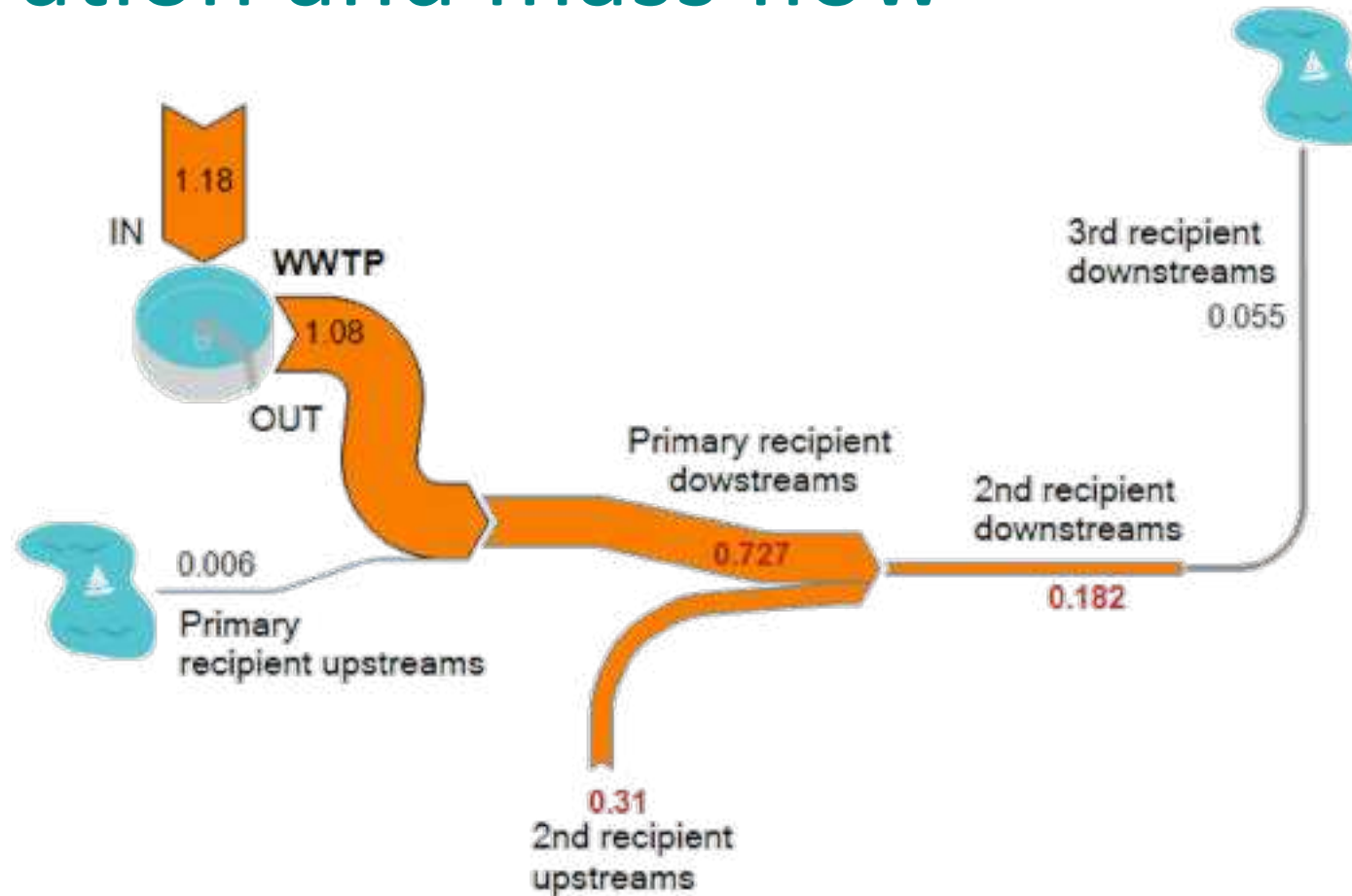
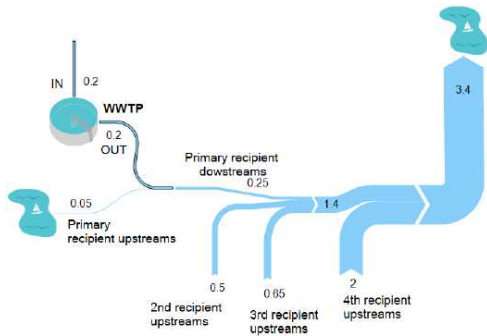


Real life example

Water flow, concentration and mass flow

- Diclofenac mass flow (kg/yr)
- Water flow (m³/s)
- Diclofenac Conc (µg/l)

Limit for cronic toxicity
(HVMFS 2019:25) 0.1 µg/l
annual average

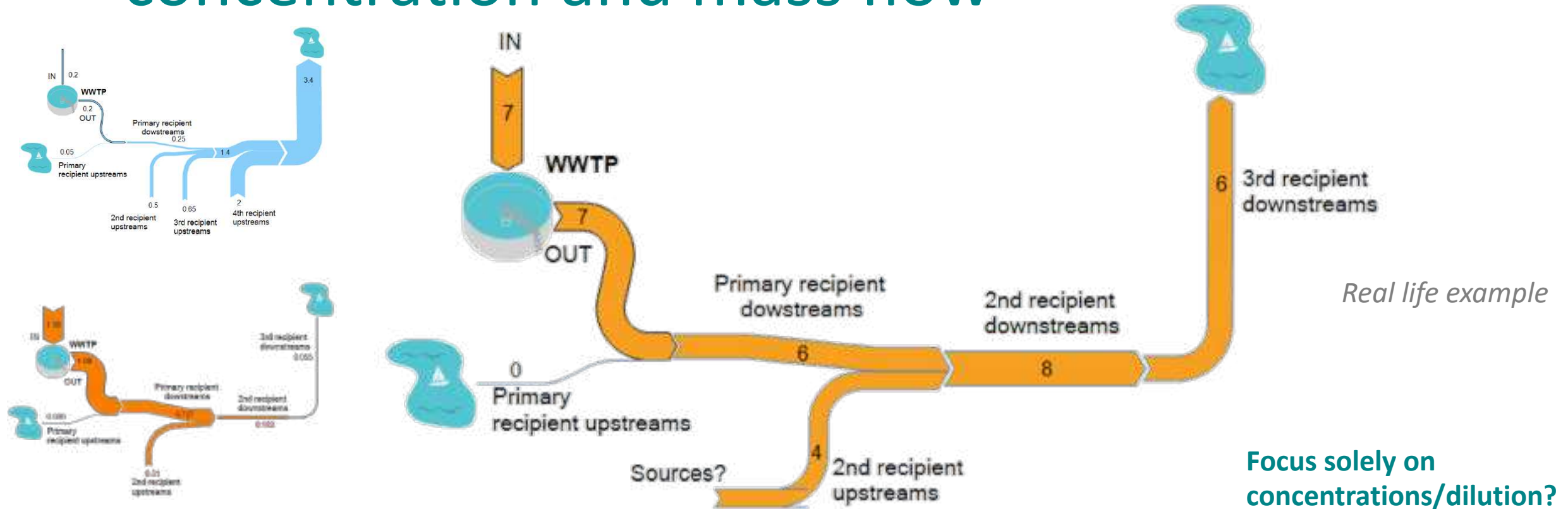


Real life example

Water flow, concentration and mass flow

■ Diclofenac mass flow (kg/yr)
■ Water flow (m³/s)
■ Diclofenac Conc (µg/l)

Limit for cronic toxicity
(HVMFS 2019:25) 0.1 µg/l
annual average



Fokus: Undvik utsläpp om möjligt

Exempel Ranitidin:

- En av fyra identifierade API:er med hög risk vid Himmerfjärdsverkets reningsverk 2019
- EU-omfattande förbud 2019 på grund av negativa biverkningar
- ➔ inga detekterbara nivåer efter 2019 i avloppsvatten från reningsverk

Exempel på diklofenak:

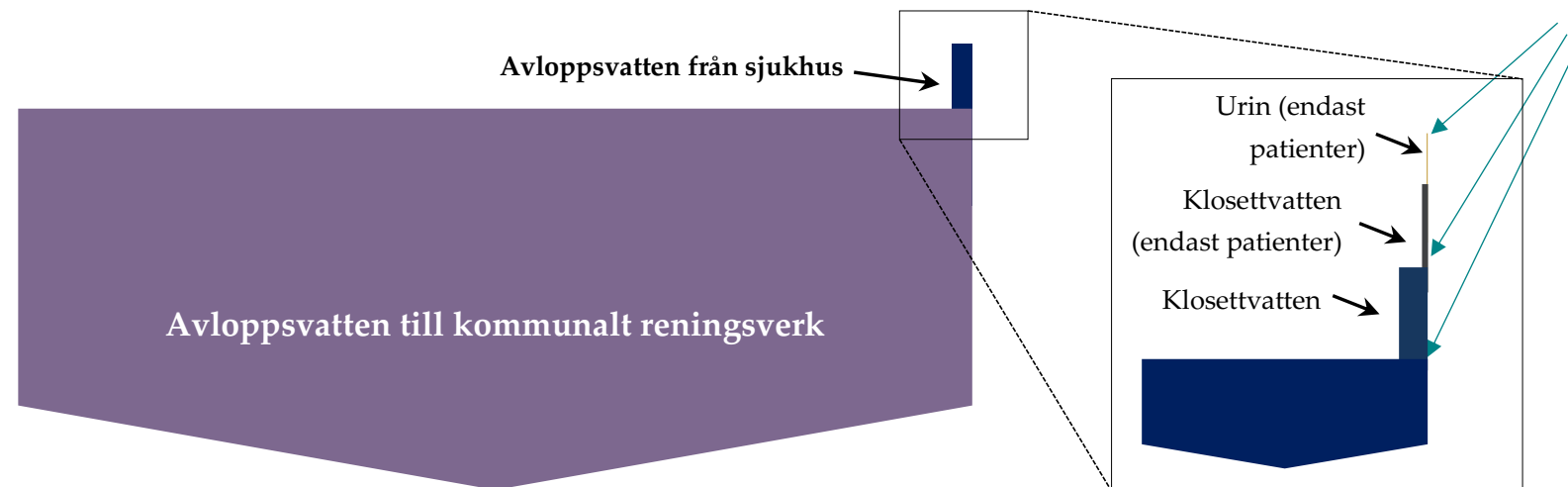
- Smärtstillande medel (icke-steroida antiinflammatoriska läkemedel (NSAID))
- Sedan 2020 mestadels förskrivning främst på grund av negativa biverkningar (och inte på grund av dess miljöpåverkan)
- Alternativ: t.ex. ibuprofen eller naproxen, som båda tas bort enkelt vid reningsverk idag

Receptbelagt

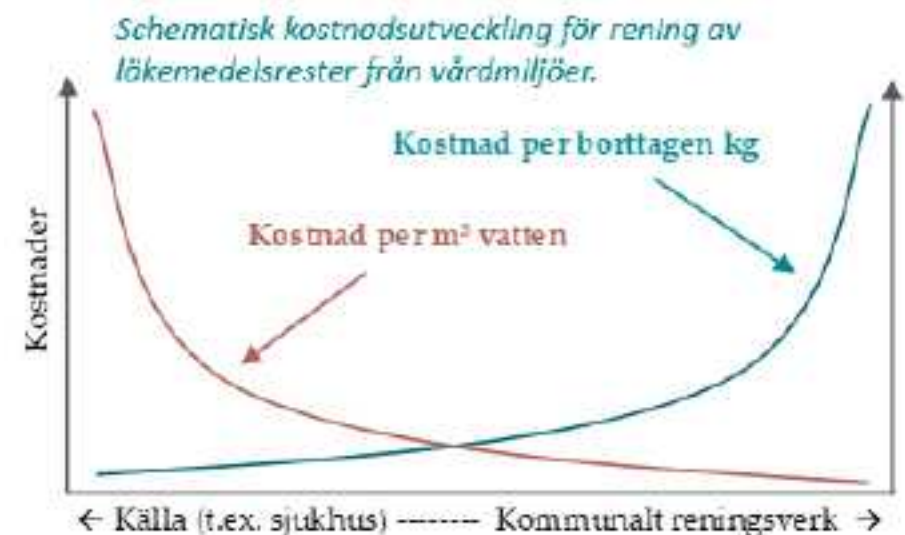


Behandling så nära källor som möjligt (tillverkning, sjukhus – endast vid relevans (t.ex. ABR!))

För effektiv rening avseende reningsverkets storlek, resursförbrukning, kostnader och definierade reningsmål bör reningen försöka begränsas till så koncentrerade avloppsvattenflöden som möjligt.



Förhållande av olika avloppsflöden baserat på totalflöden för sjukhus i Region Stockholm och skattade delflöden baserat på antal vårdplatser





Sammanfattning renningsmetoder

SOLUTIONS

-  Ready to implement
-  Only limited relevance
-  Under development or with practical problems



(Baresel et al., 2017)

Simrishamn WWTP

Southeast of Sweden, Skåne

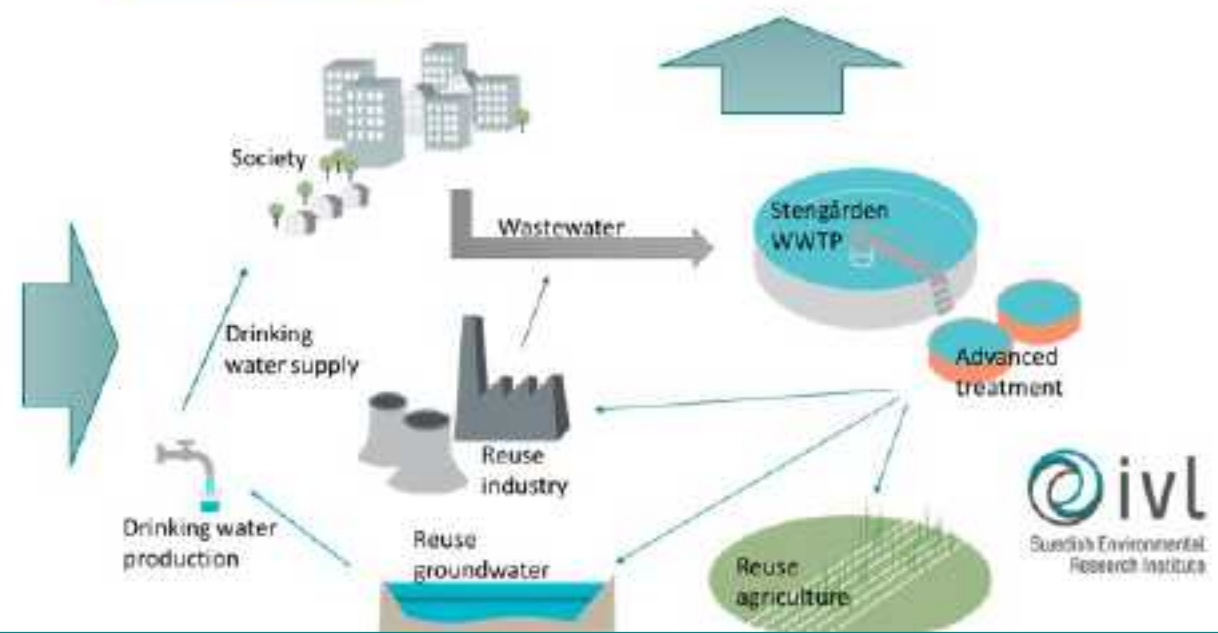
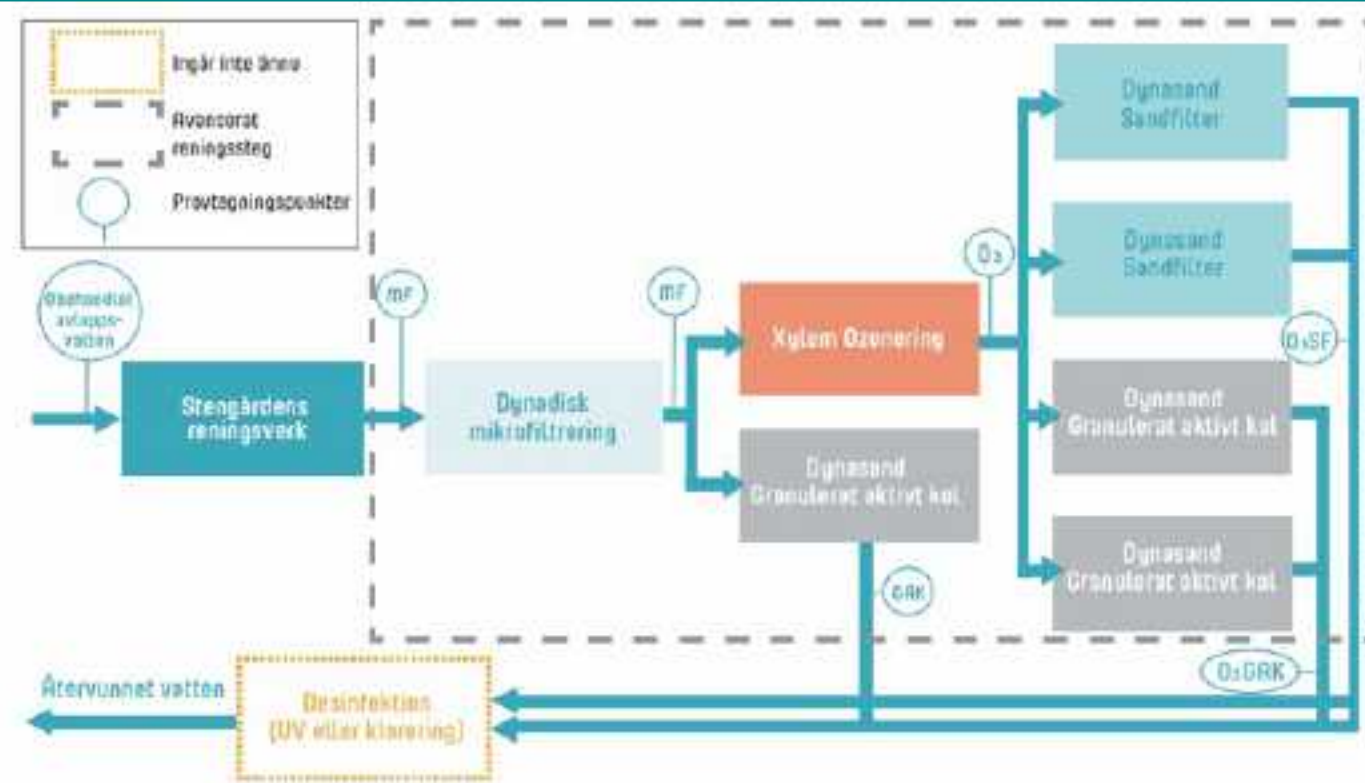
Today's challenges

- Water shortage
- Falling groundwater levels
- Water quality issues on land and coastal areas
- Desalination an alternative
- Linear systems for drinking water & sewage

Tomorrow's chances!

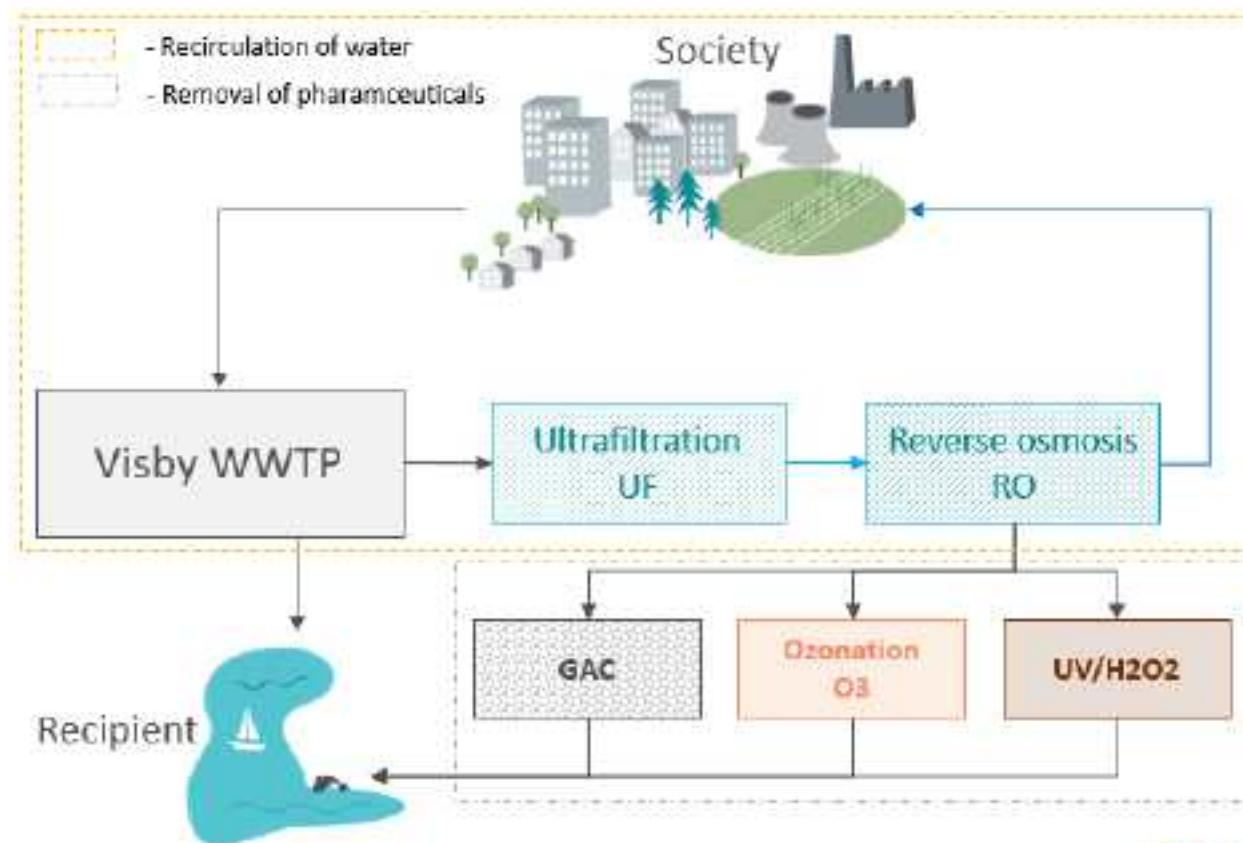


- Paradigm shift towards circular water management!



Removal of pharmaceuticals in water reuse applications

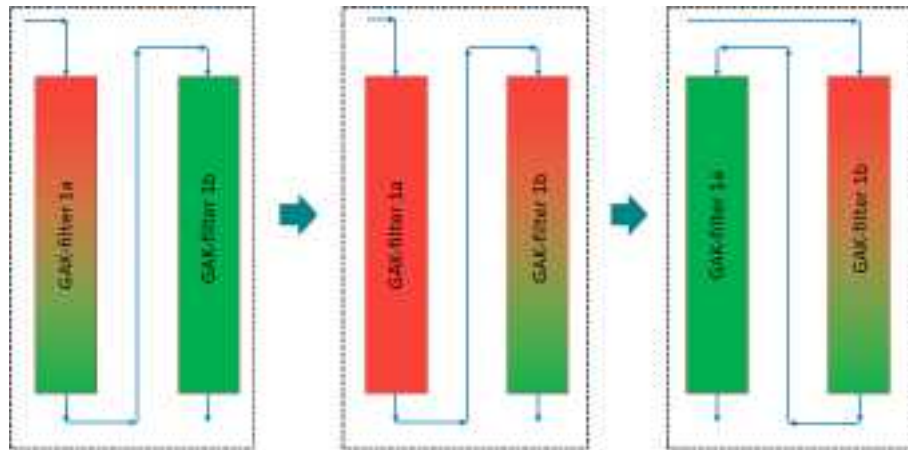
- Advanced processes for water reuse (mostly DPR) include efficient separation steps
- Separation not equal to removal of pharmaceuticals
- Better resource-efficiency when treating retentate compared to treatment of WWTP effluent?
- Same doses per removed DOC?
- Effect of concentrate matrix on treatment?
- Results available in January 2021



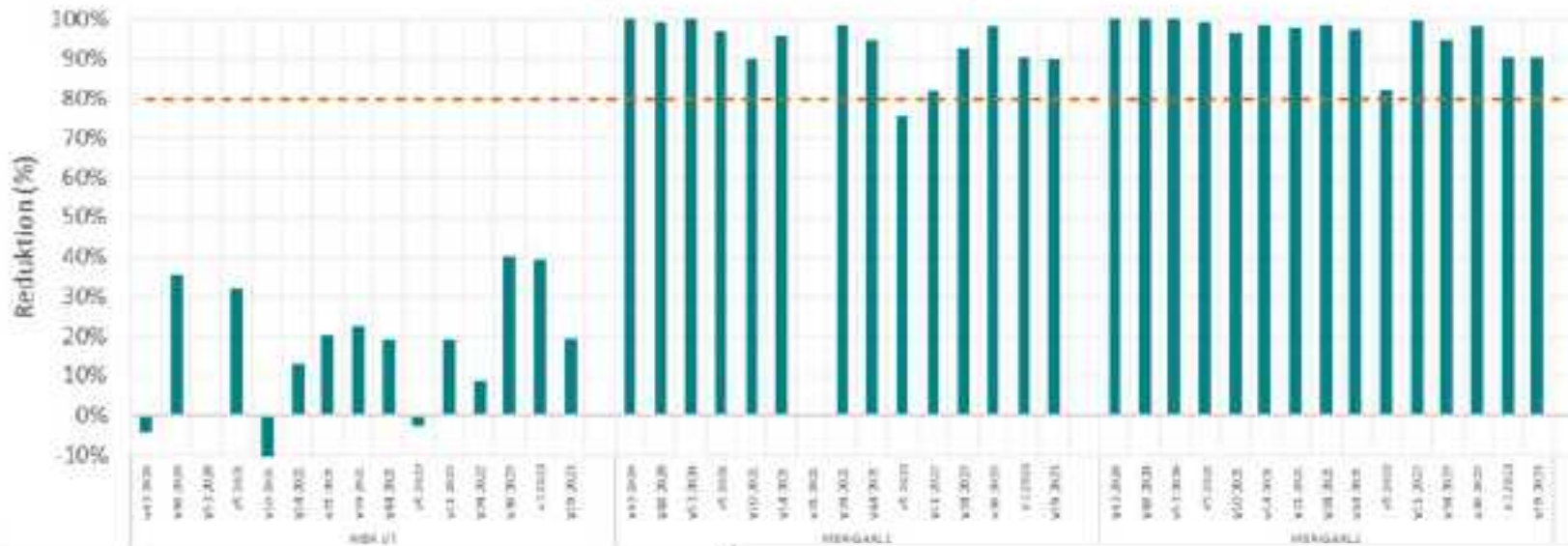
Background

MBR-GAC-pilot

- MBR part a miniature of the future MBR process at Himmerfjärdsverket with same membrane cassettes as in full-scale (hollow fibre 0,04 μm)
- 2 lines with 2-stage GAC filters (surface load <12 m/h, 2 $\times$ 10 min EBCT)

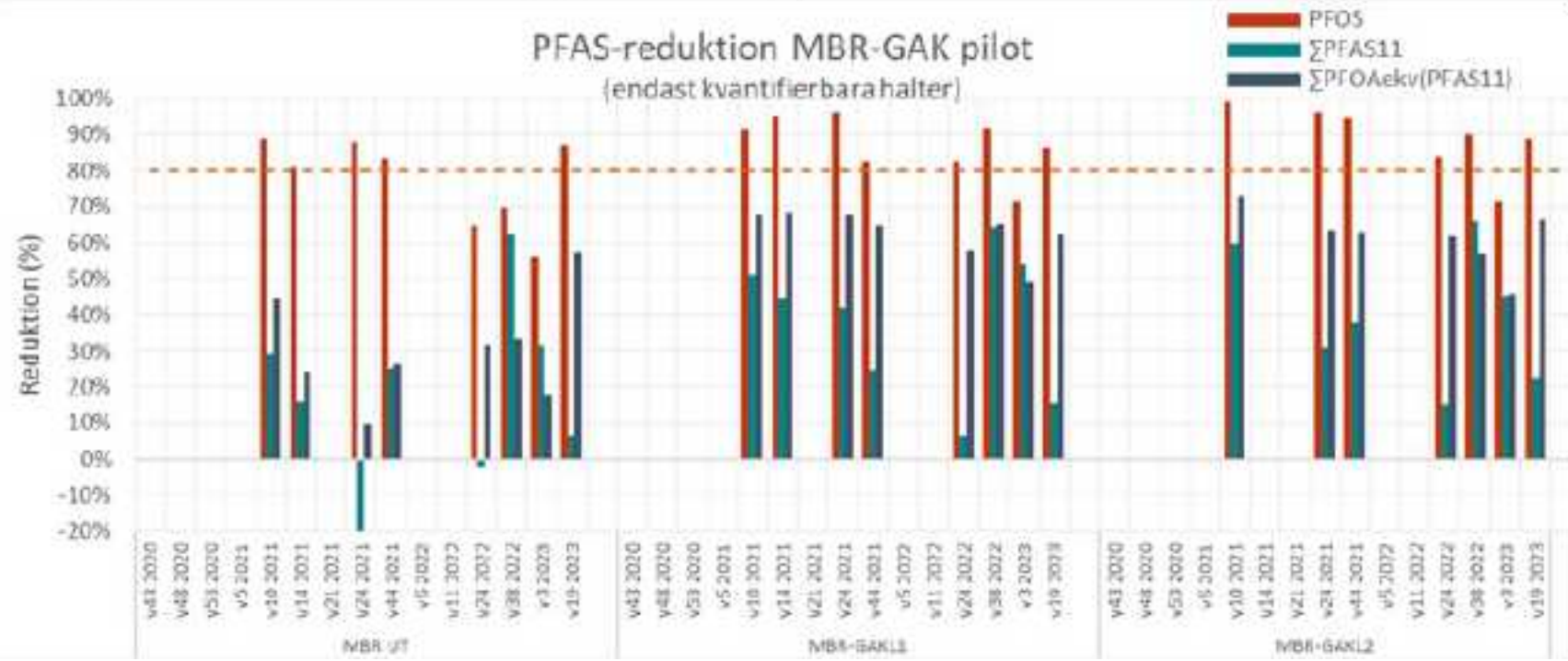


Läkemedelsreduktion MBR-GAK pilot (endast kvantifierbara halter)



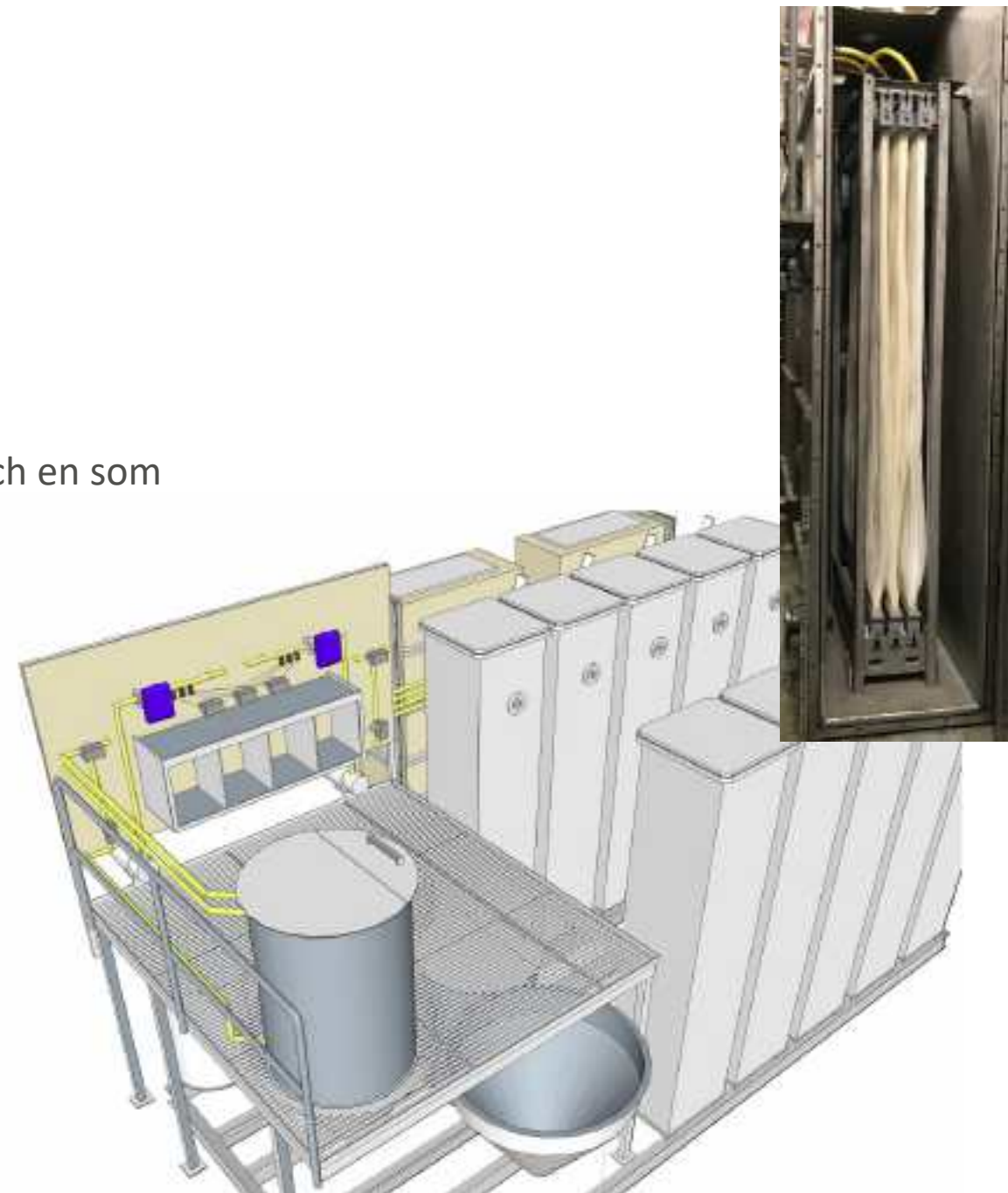
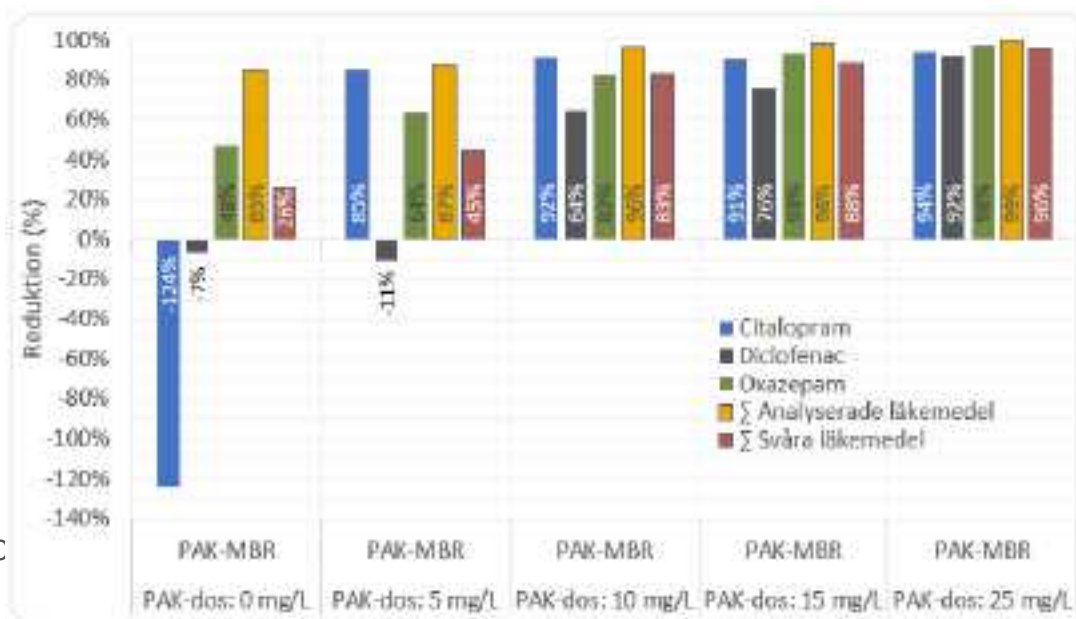
- Operation continuously since oct 2020 with only short break
- Dynamic load linked to WWTP-inflow
- Bed volumes treated currently ca 100 000 per filter without replacement (corresponds to ca 5 g GAC/m³)

PFAS-reduktion MBR-GAK pilot (endast kvantifierbara halter)



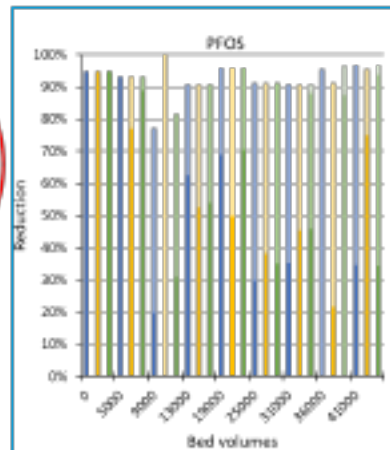
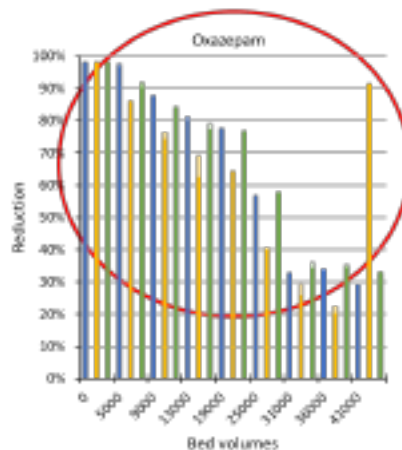
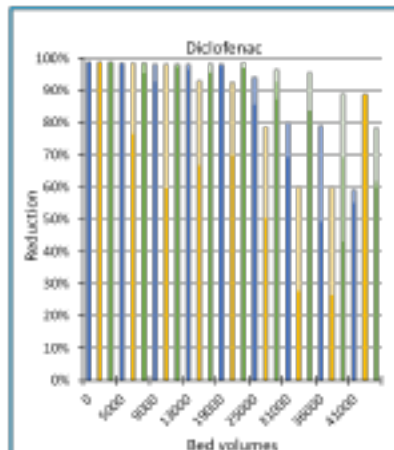
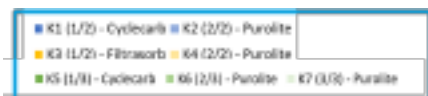
PAK-MBR

- Samma membrankasseter som i fullskala
- 2 parallella linjer i samme utformning, en som testlinje och en som referenslinje
- Dosering i inflöde membrantank
- Testade doser 0 - 25 g PAK/m³)



The pilot study at Kungsängsverket

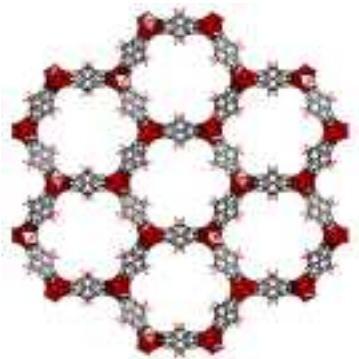
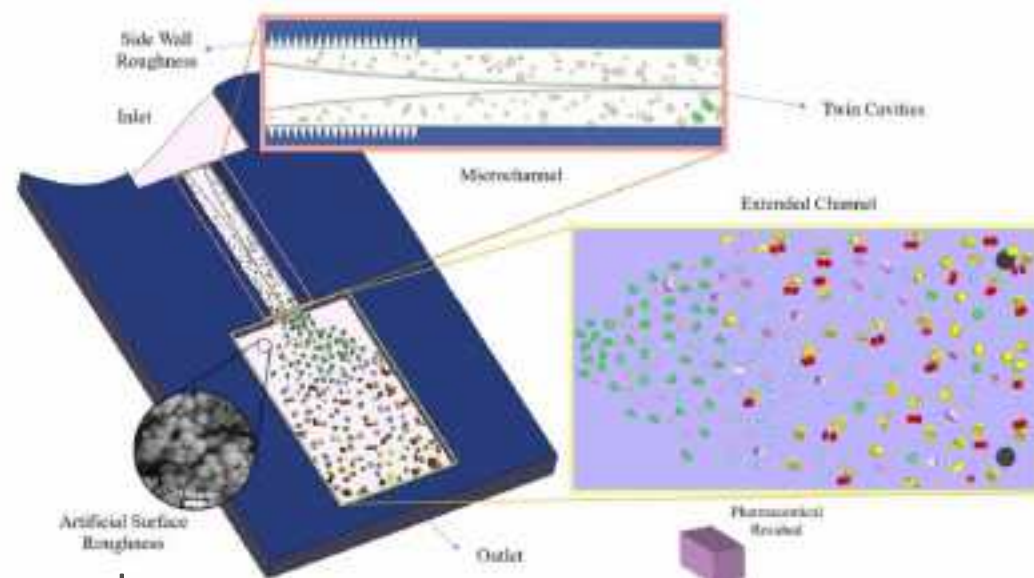
- Consists of both a bench scale trials and container pilot trials where granulated activated carbon (GAC) and anion exchange (AIX) filters are operated in series





Utkik: Innovativa tekniker på G

- **Hydrodynamisk kavitation:** Små kavitationsbubblor genereras i mikrokanaler med olika ytbeskaffenhet utan tillsats av kemikalier och endast flödesenergi.



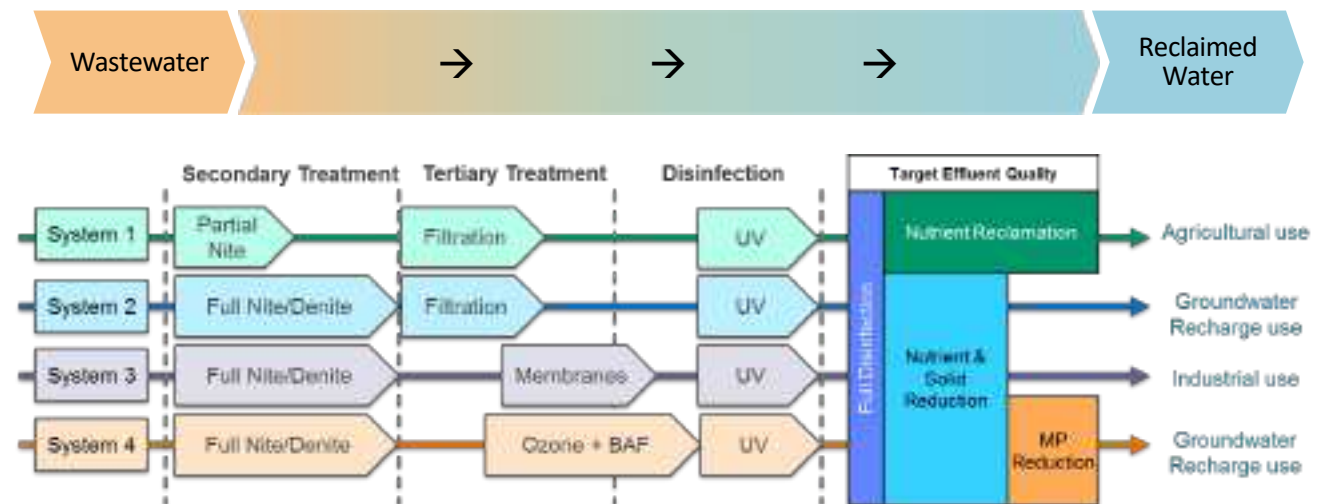
- **Metal-Organic Frameworks (MOFs):** Porösa växtbaserade material kombinerat med metaller med bra selektiva sorptionsegenskaper. Mängder av olika varianter kan genereras
- **Anjonbytare:** syntetiskt material som används länge för vattenrening. Nya sorter renar bort även läkemedelsrester, dock endast negativt laddade. Intressant när rening av läkemedelsrester och PFAS ska kombineras



ReUse project with 8 pilot trains (WWTPs)



- Different reuse effluent quality requirements can be achieved by treatment systems that are ready to be implemented as they are based on available technologies.
- The total environmental impact does not need to be higher than conventional wastewater treatment despite a much better water quality.
- In fact, the total environmental impact for ReUse-schemes can be lower than for traditional treatment systems considering all benefits the reuse of wastewater generates!
- Costs for different reuse applications are in the same range or even lower than reported costs for existing conventional wastewater treatment plants in Sweden!



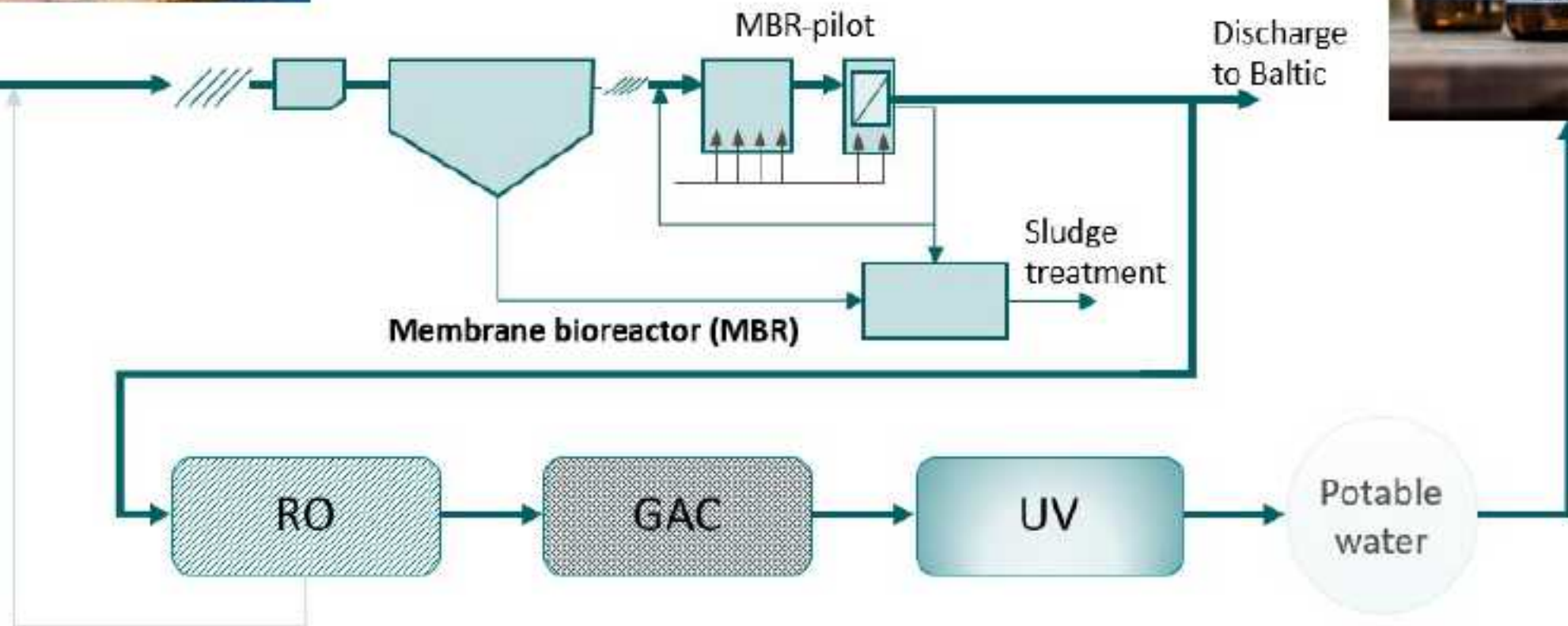


Carlsberg
Sverige

Tasty reuse scheme



Stockholm
municipal
wastewater

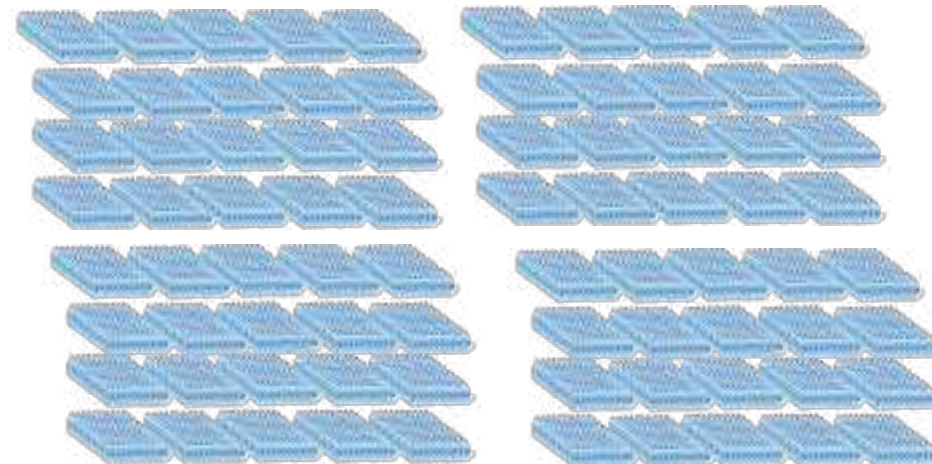


Costs for different purification techniques

- What does clean water cost?
- What do health risks cost?
- What does environmental damage cost?



The value of one bottle mineral water
=
10,000 bottles of clean water
= 500,000 % overprice!

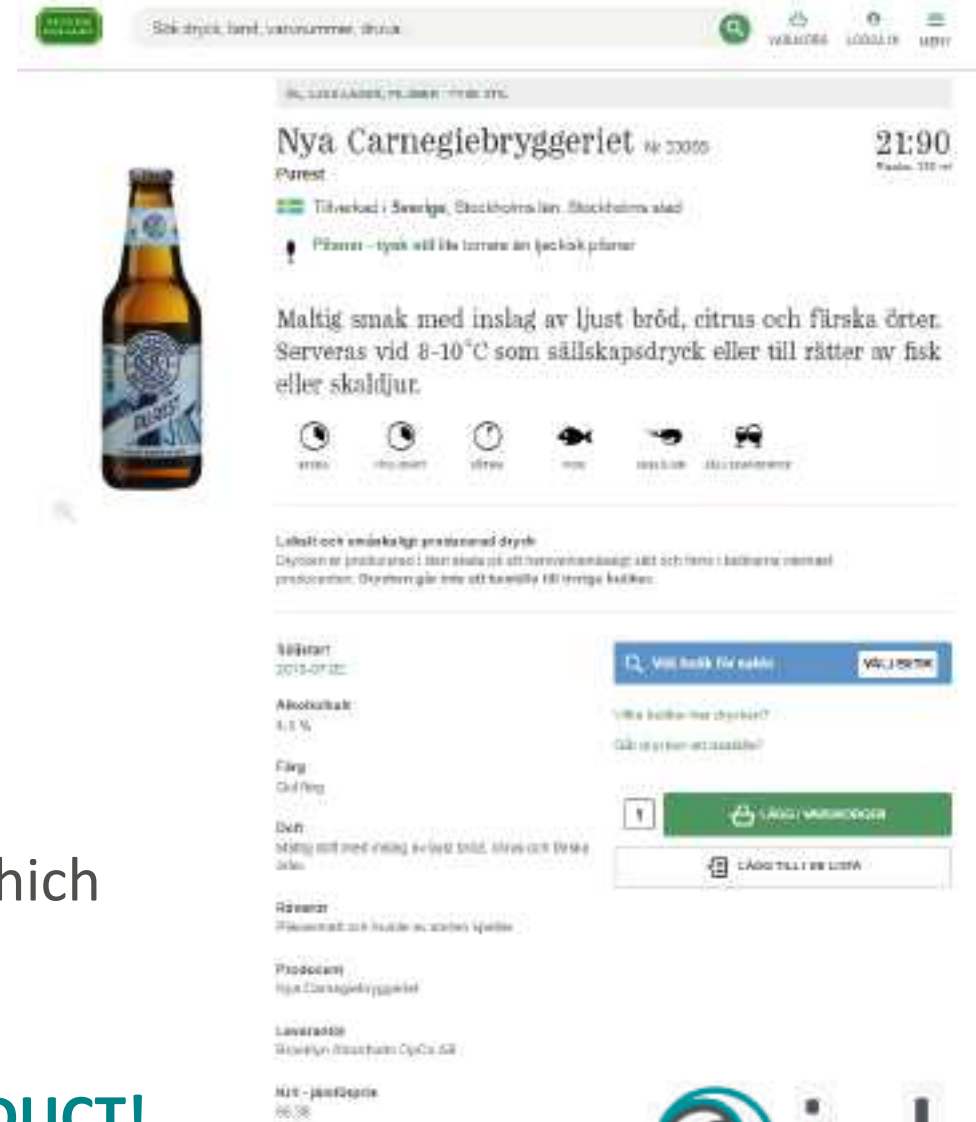


- **Today:** only technical costs are included
- The right cost perspective is required!

Cost aspects

- In store 21:90 SEK for 33 cl
- Estimated water production price in full-scale:
 - From raw sewage to reuse (beer) quality:
<0.005 SEK/bottle
correspond to 0.25 % of the price for 1 bottle
 - From treated sewage to reuse (beer) quality:
<0.002 SEK/bottle
correspond to <0.1 % of the price for 1 bottle
- Many of us buy bottled water for e.g., 40 SEK/L which corresponds to >250 000 % overcharge

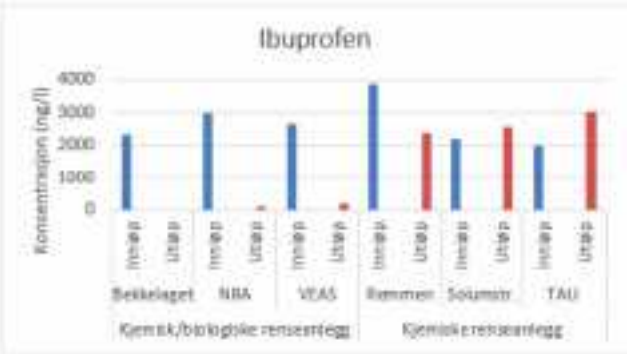
➔ **WE ARE LOUSY SELLERS OF OUR PORODUCT!**



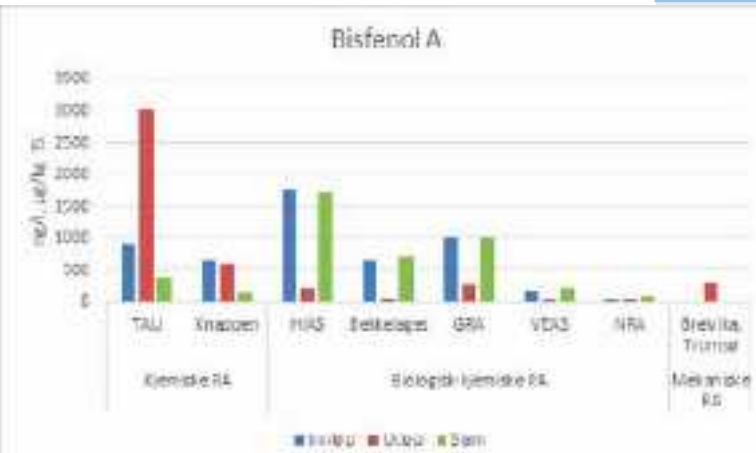
The screenshot shows a product page for 'Nya Carnegiebryggeriet' beer. The page includes a search bar at the top, a product image of a beer bottle, and detailed product information. The price is listed as 21:90 SEK for 33 cl. The description mentions it is a malted snack with bread, citrus, and fresh herbs. The page also features a 'LÄGG TILL I KURV' button and a 'LÄGG TILL I LISTA' button. The bottom of the page shows the company name 'Nya Carnegiebryggeriet' and the location 'Stockholm, Sverige'.

Fokus framöver?

- Existerade EQS: mest PFOS
- Eventuella krav enligt förslag till ändring av avloppsdirektiv från EU: Amisulprid, Karbamazepin, Citalopram, Klaritromycin, Diklofenak, Hydrochlorothiazide, Metoprolol, Venlafaxin, Benzotriazol, Kandesartan, Irbesartan, 4&6Methylbenzotriazole
- PNEC (IVL): Citalopram, Östron (E1), Oxazepam, Diklofenak, Furosemide, Sertralin, Klaritromycin, Erythromycin, Sulfametoxazol
- Nya EQS-direktivet: Azitromycin, Karbamazepin, Ciprofloxacin, Diklofenak, Erytromycin, Ibuprofen, Östron (E1), Östradiol (17beta-) E2, Etinylestradiol (17alfa-) EE2
 $\sum \text{PFAS}_{24} \text{PFOAekv}$ (4,4 ng/l!), Bisfenol A (från 110 till 0,034 ng/l(!)), nonylfenol, oktylfenol
- LOD en utmaning för flera?



	Acronym	PFOA equivalent
1	PFBA	0,05
2	PFPeA	0,03
3	PFHxA	0,01
4	PFHpA	0,505
5	PFOA	1
6	PFNA	10
7	PFDA	7
8	PFUnA or PFUnDA	4
9	PFDoDA or PFDoA	3
10	PFTTrDA	1,65
11	PFTeDA	0,3
12	PFHxDA	0,02
	PFODA	0,02
	PFBS	0,001
	PFPeS	0,3005
	PFHxS	0,6
	PFHpS	1,3
	PFOS	2
	PFDS	2
	6:2 FTOH	0,02
	8:2 FTOH	0,04
	HFPO-DA (Gen X)	0,06
	ADONA	0,03
	C6O4	0,06
	Included in PFAS11	





Kontakt:
christian.baresel@ivl.se
0046-10-788 66 06

Takk!