



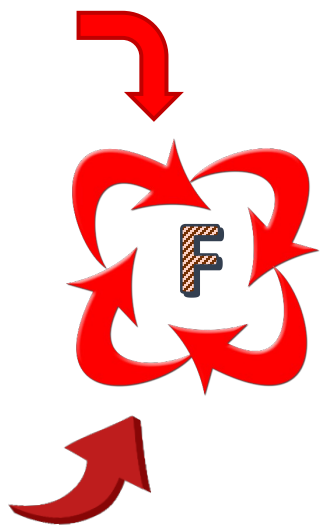
PFAS i kommunalt avloppsvatten och lakvatten från avfallsanläggningar

Andriy Malovanyy, Christian Baresel
andriy.malovanyy@ivl.se

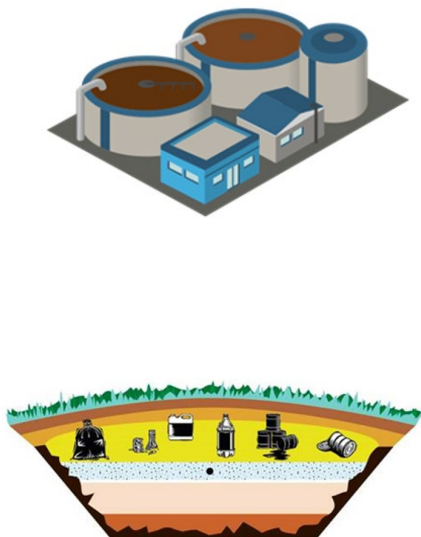


21 okt 2022, PFAS I Mälaren

Mål, frågor att besvara



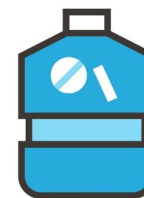
Kretslopp och
massbalans



Hur renas
PFAS idag?



Hur renas
PFAS imorgon?

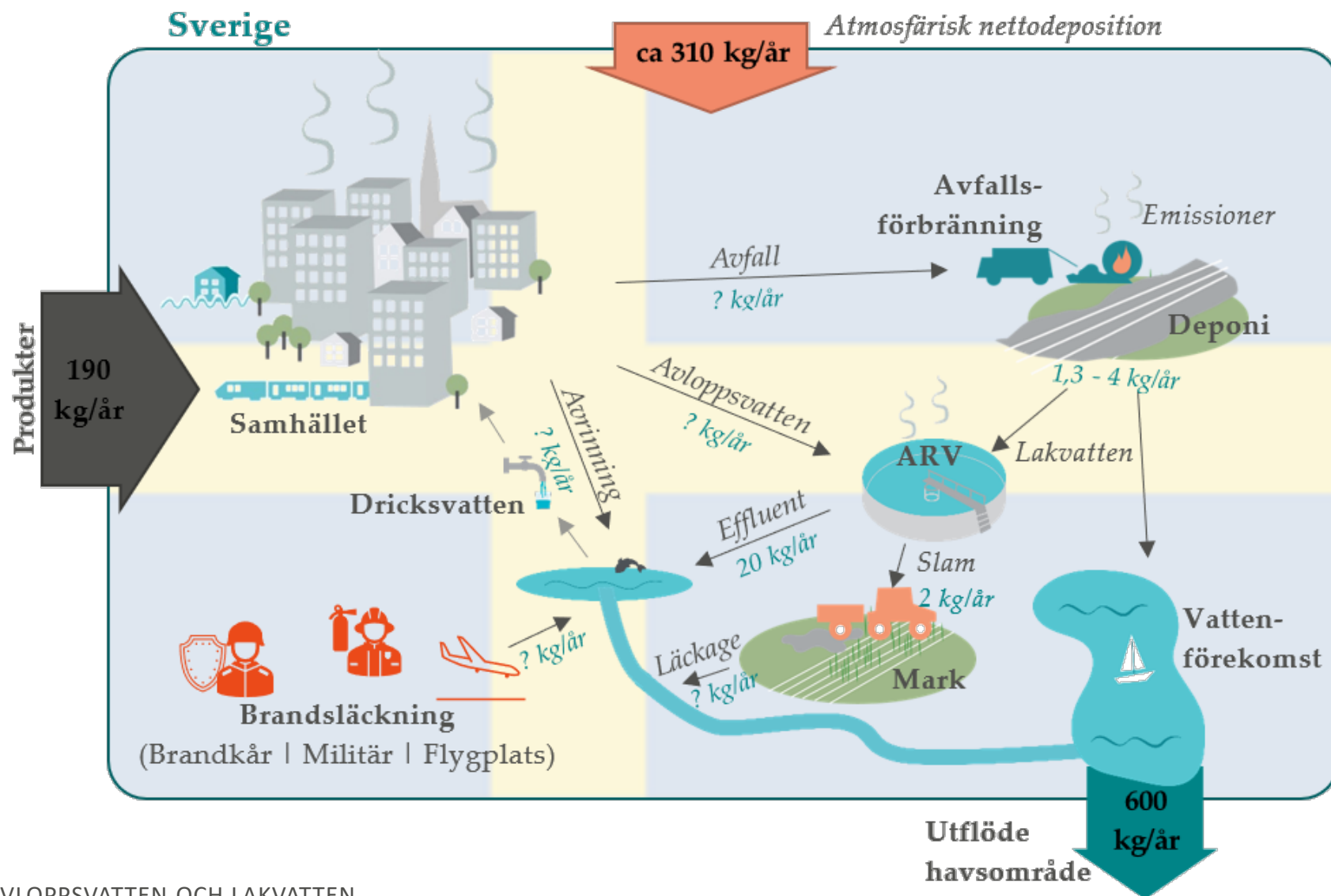


Hur renar vi
bättre?



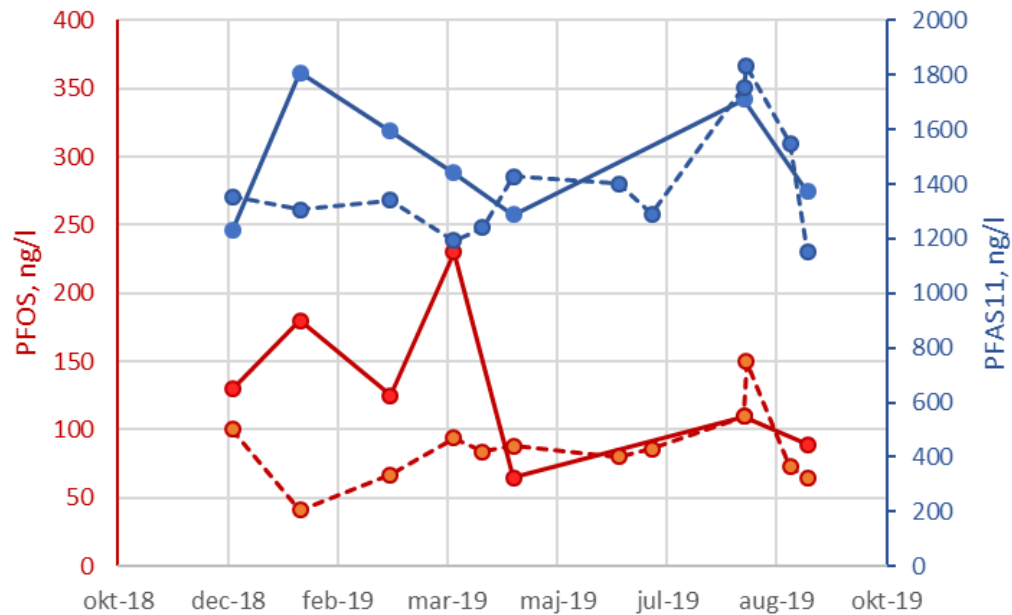
Hur mycket
kostar det?

Massbalans PFAS

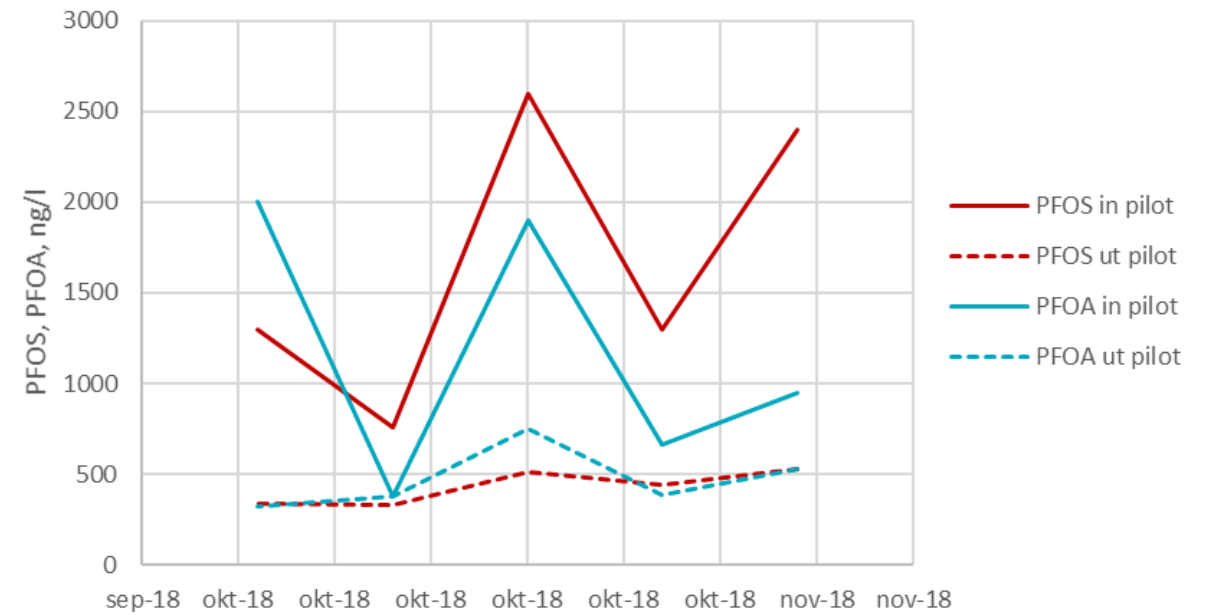


Hur renas PFAS idag: lakvatten?

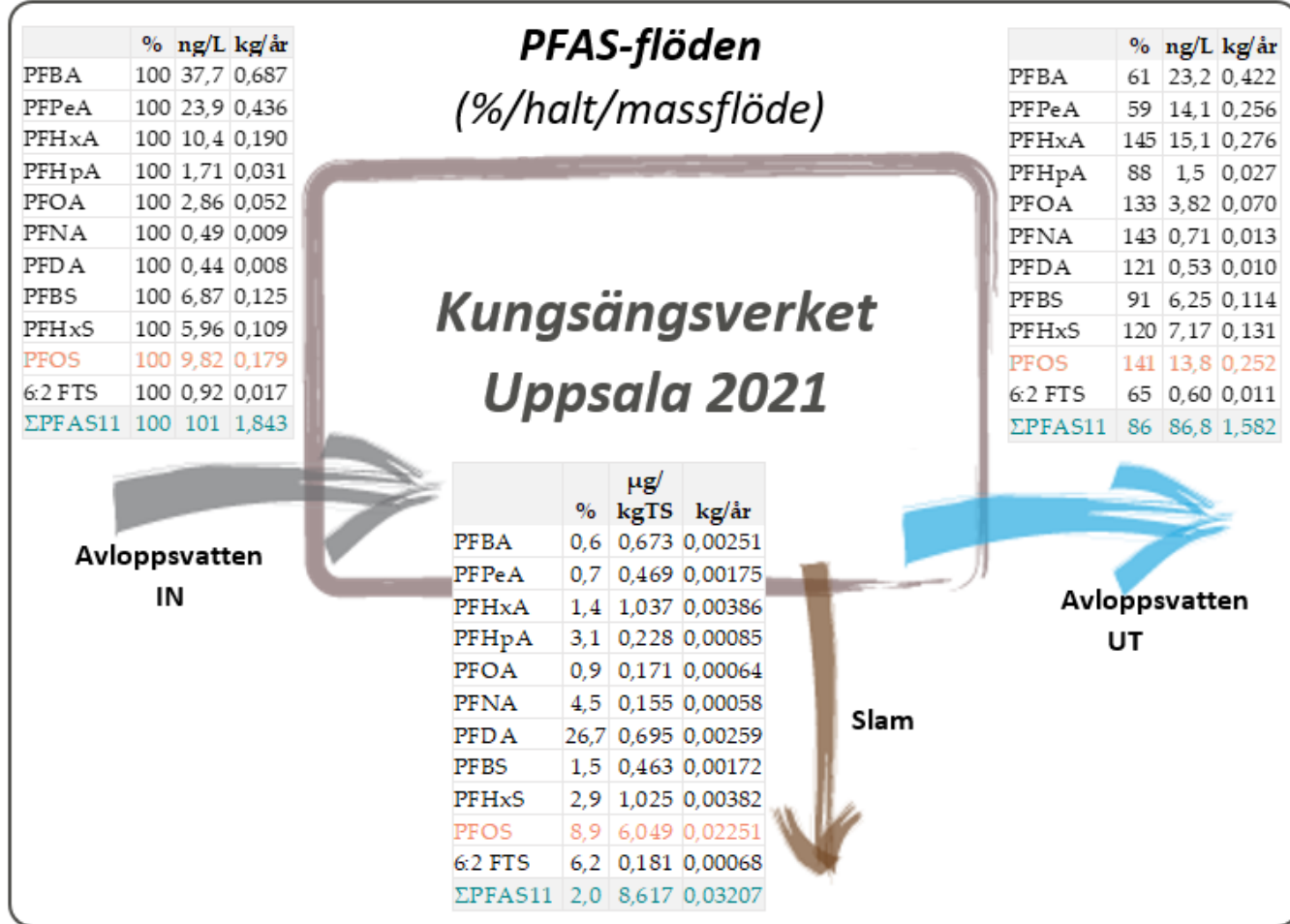
Avfallsanläggning 1 (SBR + fällning)



Avfallsanläggning 2 (MBBR + fällning)



Hur renas PFAS idag: kommunalt avloppsvatten?



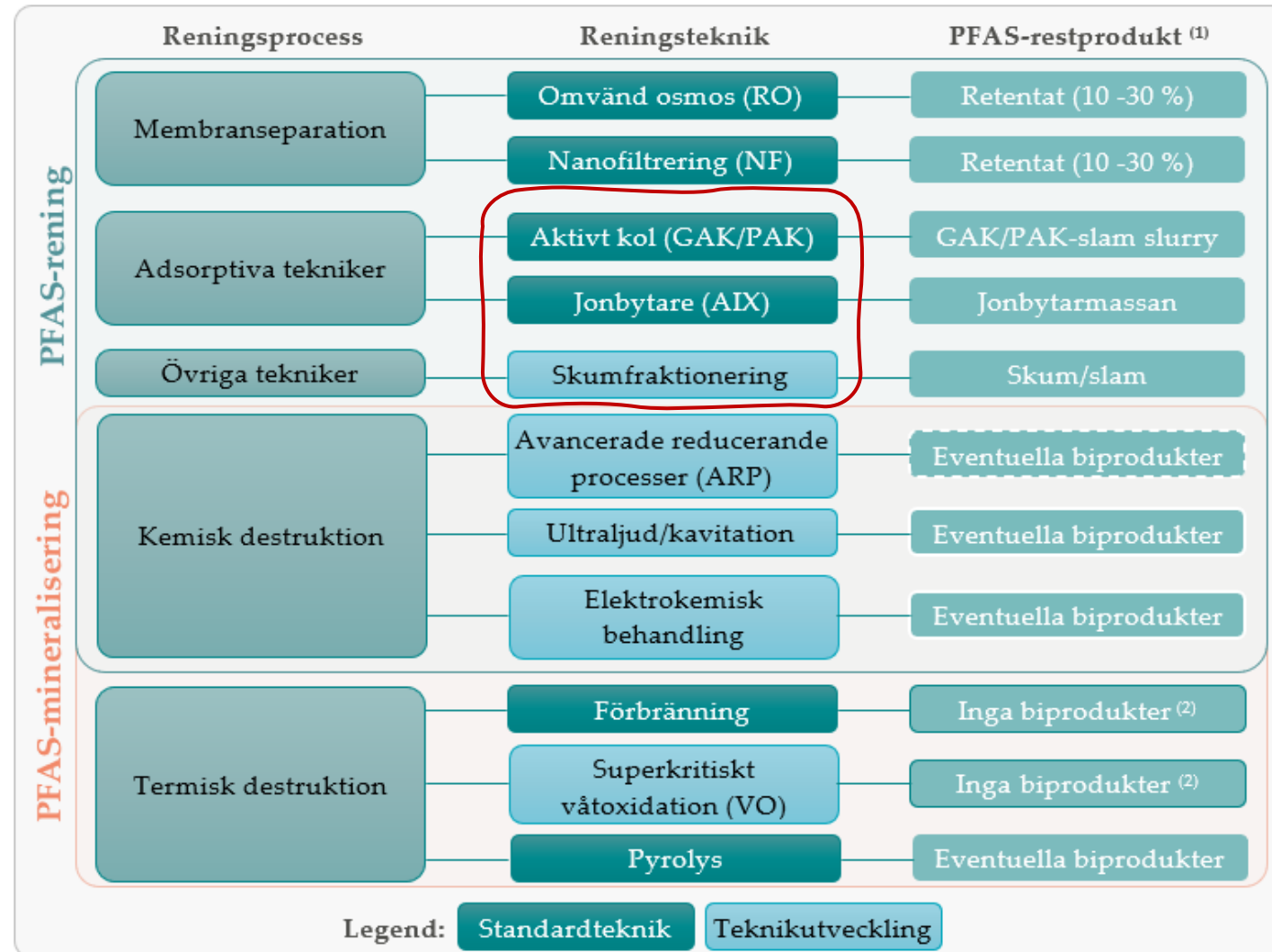
	Medelhalt, ng/l	Medel reduktion
Käppala	PFOA: 4,3 PFOS: 7,7 PFAS11: 43	PFOA: -35 % PFOS: -35 % PFAS11: -4 %
Henriksdal	PFOA: 4,4 PFOS: 1,7 PFAS11: 70	PFOA: 27 % PFOS: -610 % PFAS11: -39%
Himmerfjärds- verket (CAS)	PFOA: 3,3 PFOS: 2,8 PFAS11: 45	PFOA: 3% PFOS: -13% PFAS11: 16%
Himmerfjärds- verket (MBR)	PFOA: 3,3 PFOS: 2,8 PFAS11: 45	PFOA: -20% PFOS: 84% PFAS11: 7%
Sjölunda	PFOA: 51 PFOS: 145	PFOA: 85% PFOS: 93%

Hur renas PFAS idag: mekanismer och utmaningar

- ~~Biologisk mineralisering?~~
- Biologisk nedbrytning av prekursorer
- Sorption till slam (teoretiska modeller ca 10% PFOS sorption till slam)
- Skumfraktionering/aerosoler?
 - Höga PFAS-halter i skum från biologisk lakvattenrening
 - Inga förhöjda halter i "skumvatten" Henriksdal pilot MBR
 - Inga förhöjda halter i "skumvatten" Himmerfjärdsverket pilot MBR

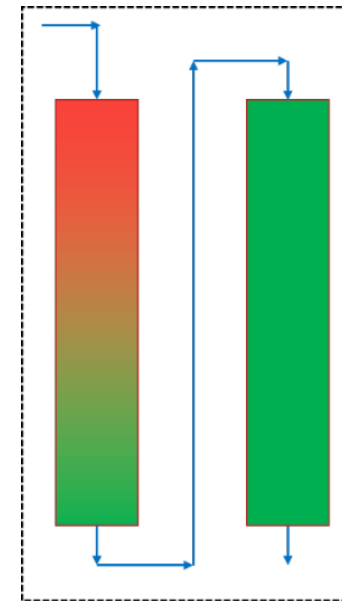
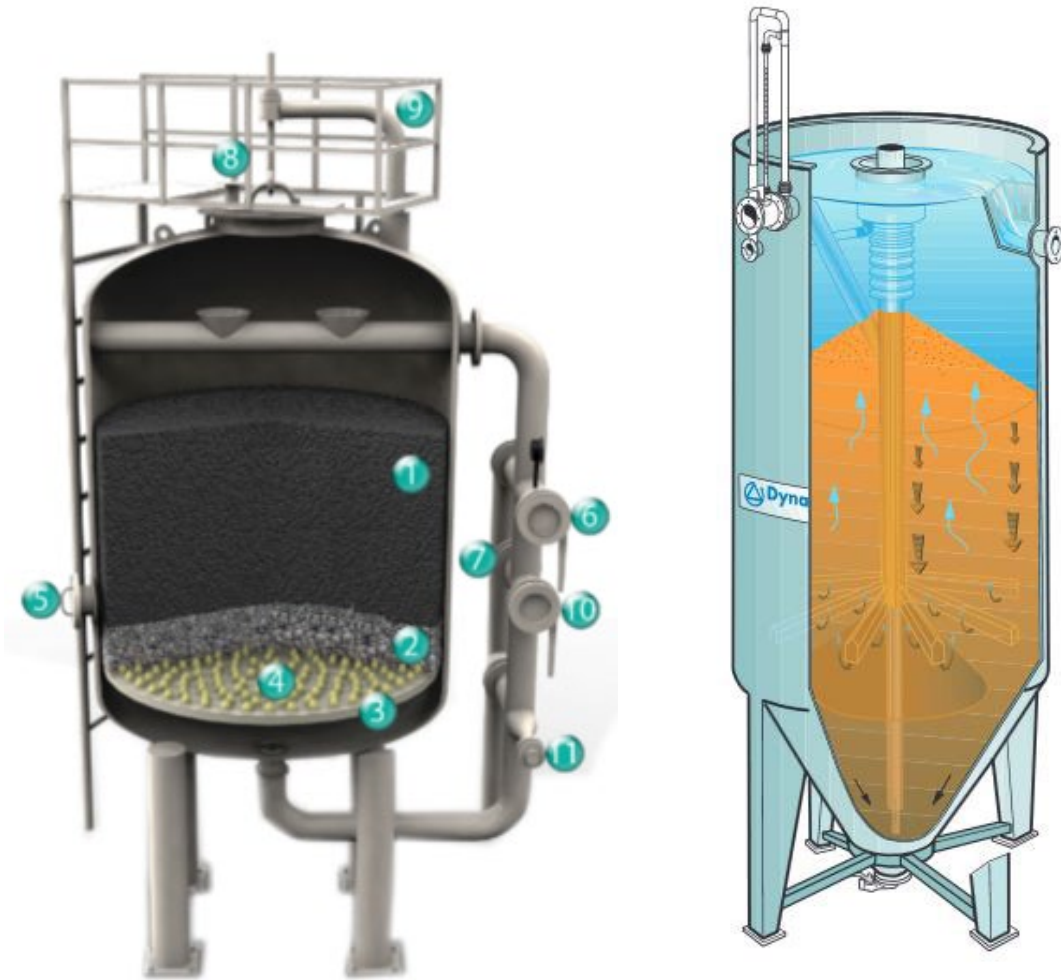


Reningsmetoder

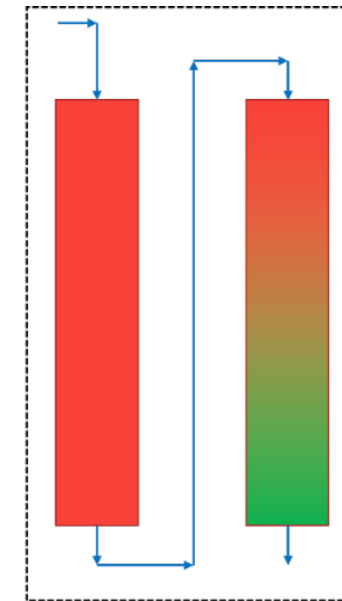


⁽¹⁾ eventuell behandling av restprodukter krävs; ⁽²⁾ en fullständig nedbrytning endast vid rätt betingelser som behöver bekräftas i långvarig drift

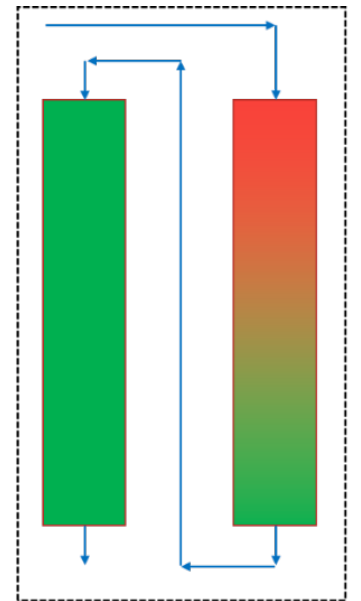
Granulerat aktivt kol (GAK)



Fullständig reduktion
i kolonn 1

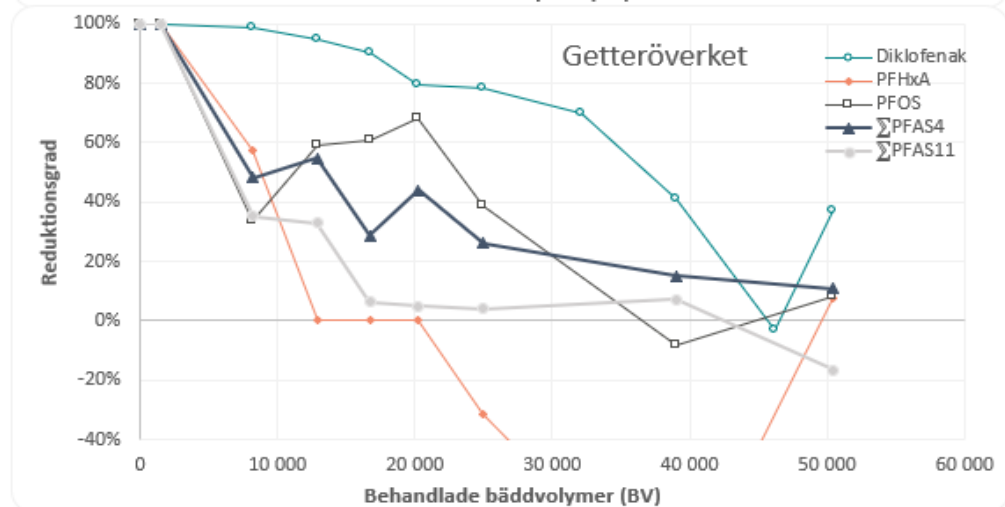
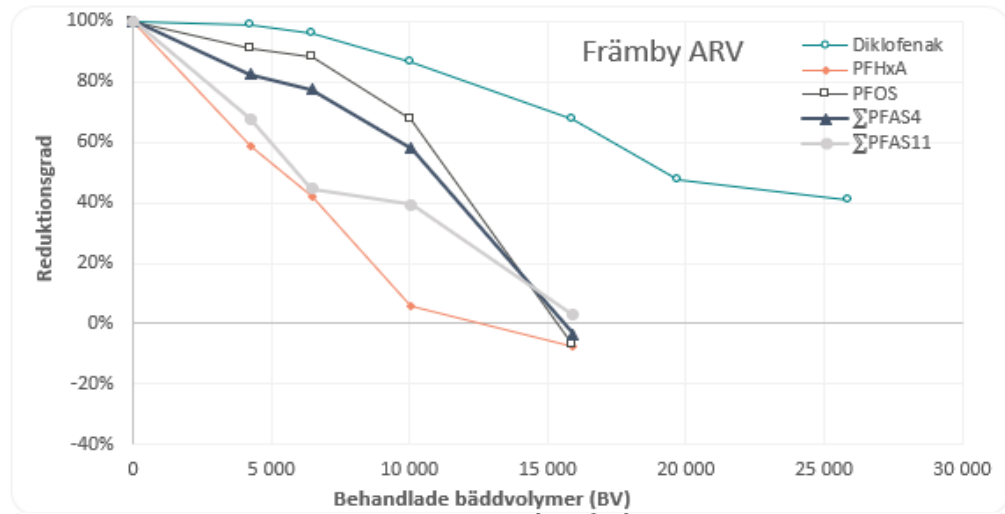


Kol i kolonn 1 helt förbrukat.
Fullständig reduktion i kolonn 2



Byte av kol i kolonn 1. Ändring
av flödesriktning

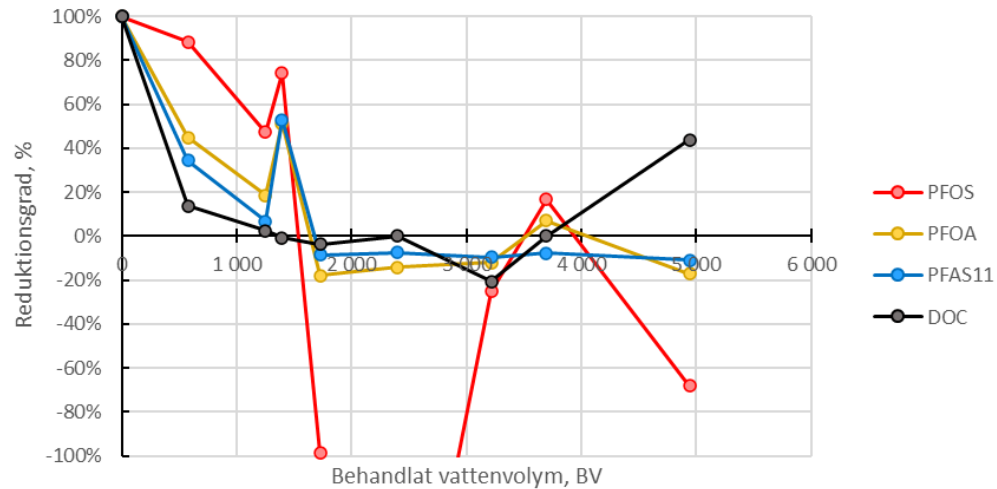
Hur renas PFAS imorgon: kombination med läkemedelsrening



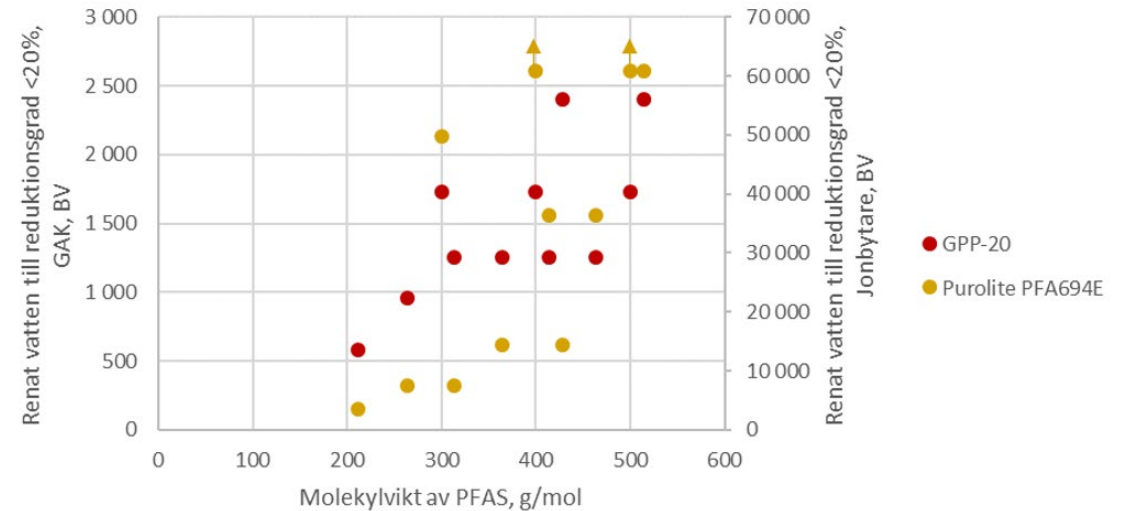
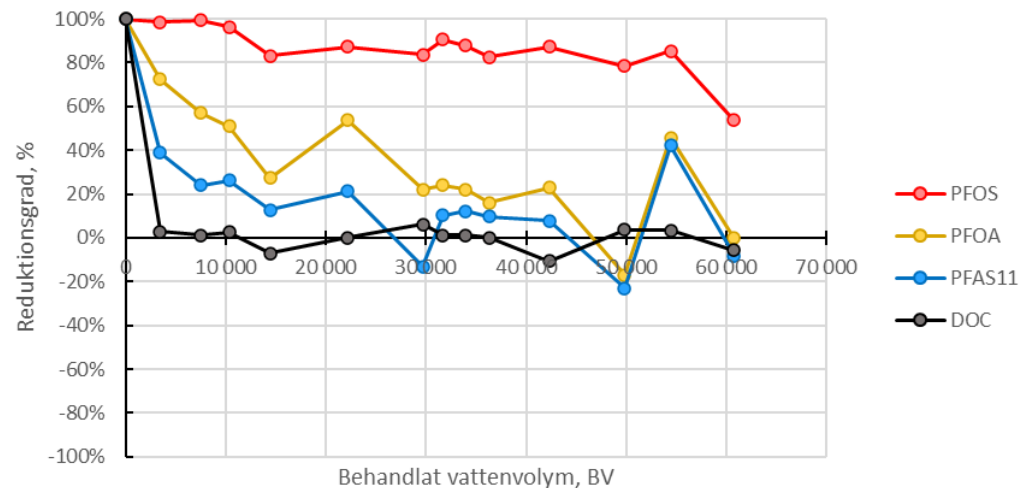
- 50 % PFAS4; 25-40 % Σ PFAS11 reduktion
“på köpet”!
OBS, bara med GAK/PAK, inte ozon
- Dubblering av kolförbrukning för bra Σ PFAS4 reduktion (från 30 000 BV till 15 000 BV)
= kostnadsökning med 0,4 kr/m³
- 0,4 kr/m³ = 90 000 kr/g Σ PFAS4

Adsorptiva tekniker för lakvattenrening (AIX vs GAK)

GAK



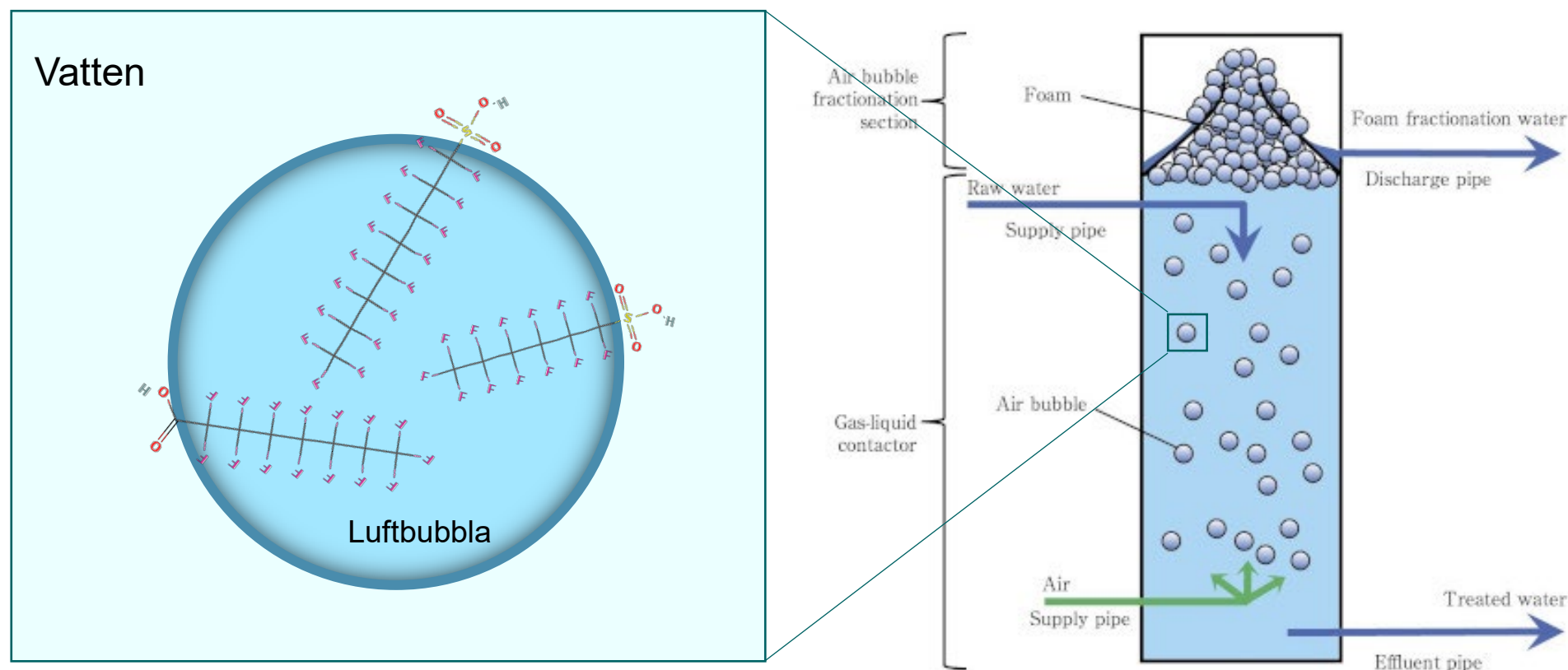
AIX



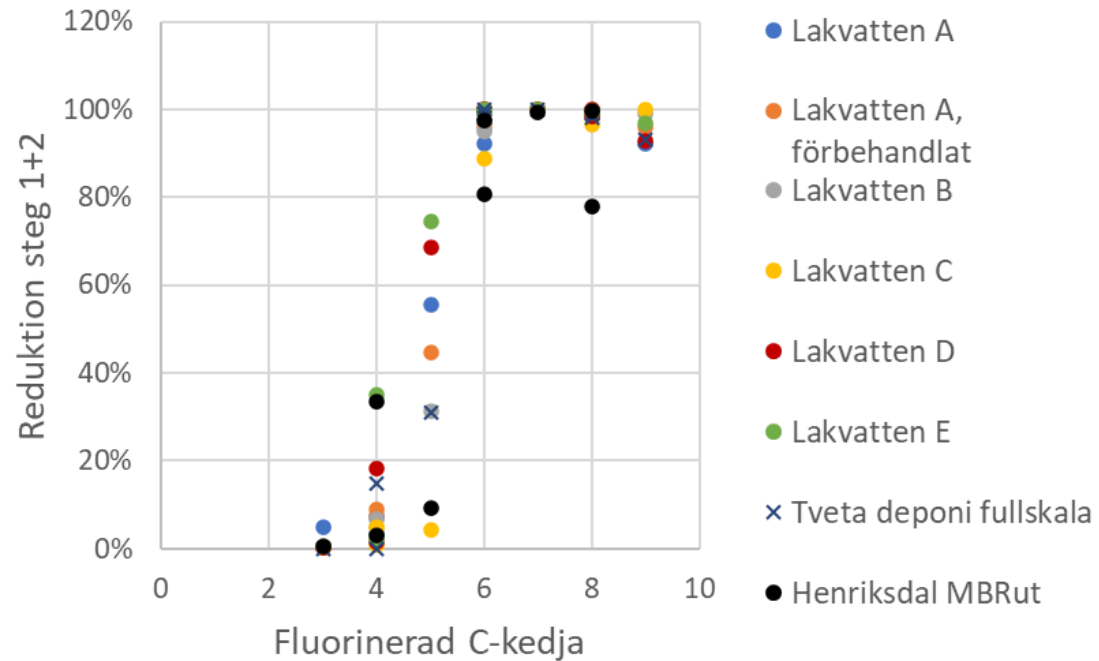
GAK: Genombrott PFOS 1500 - 5000 BV för olika vatten, beroende på DOC-halt

AIX: kapacitet 10-20 gånger högre; pris 7-12 gånger högre = liknande kostnad

Skumfraktionering - reningsprincip



Skumfraktionering - resultat

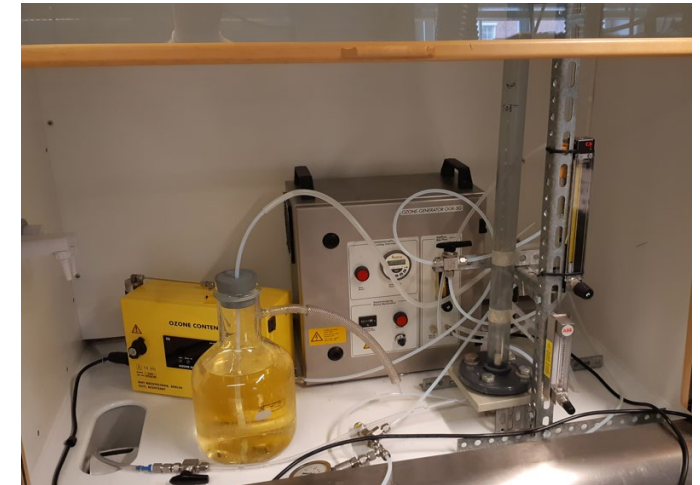


	PFAS11 removal
Lakvatten A	62%
Lakvatten A, förbehandlat	59%
Lakvatten B	52%
Lakvatten C	21%
Lakvatten D	82%
Lakvatten E	53%
Tveta fullskala	55%
Henriksdal MBRut	81%

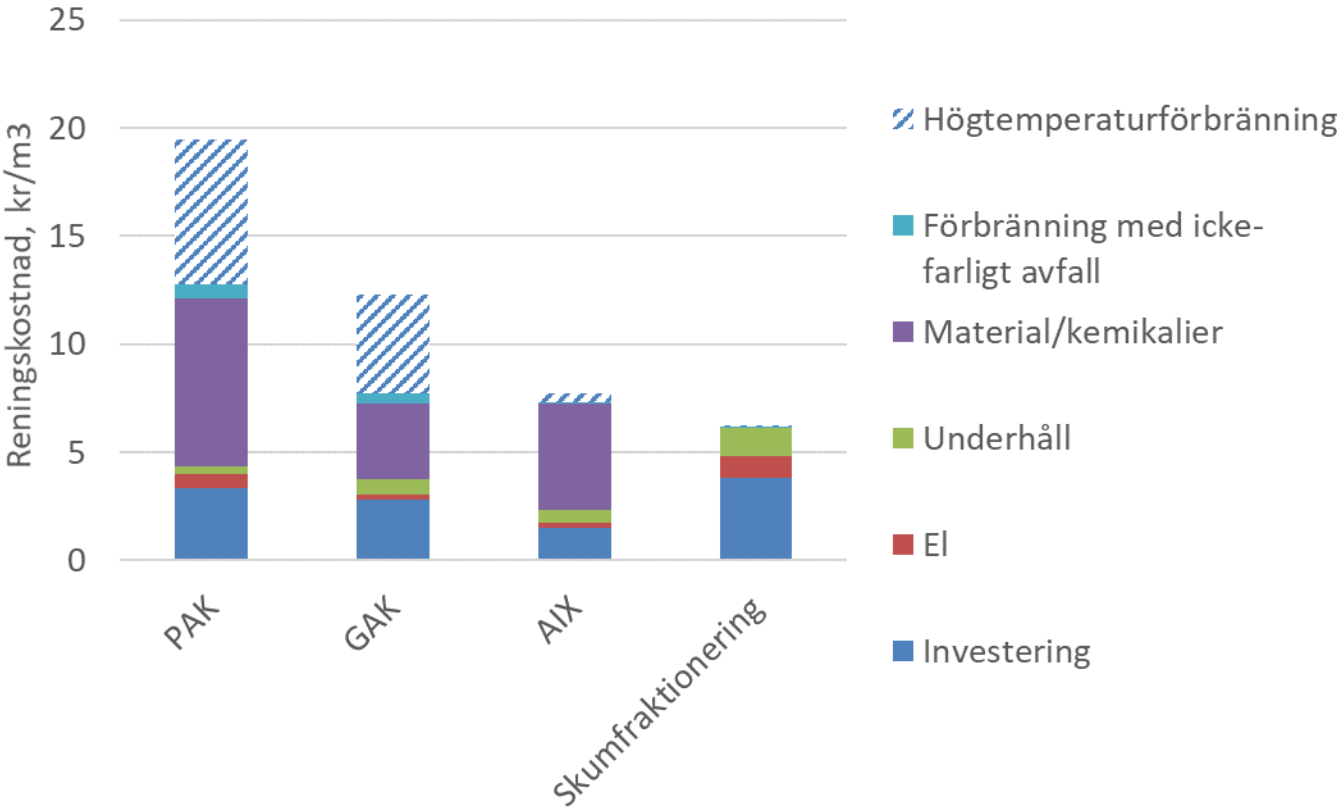
- Finns ännu bara i mindre skala (40 m³/h), hög investeringskostnad

Sammanfattning andra metoder

- Pulveriserat aktivt kol (PAK):
 - Bra rening med hög dos
 - Kommunalt avlopp: intressant i kombination med MBR
 - Lakvatten: intressant i kombination med metalreduktion
- Ozonering:
 - Lakvatten: varierande resultat
 - Avloppsvatten: dålig rening med aktuella doser enligt litteraturen
 - Oklara nedbrytningsprodukter
- Nanofiltrering:
 - 80 % - 90 % Σ PFAS11 reduktion med NF270 membran
 - Lakvatten: rening av koncentrat eller infiltrering?
 - Avloppsvatten: vid vattenåtervinning som huvudmål



Kostnad lakvatten



Lakvatten A: mål – 85 %
rening PFOS och PFOA

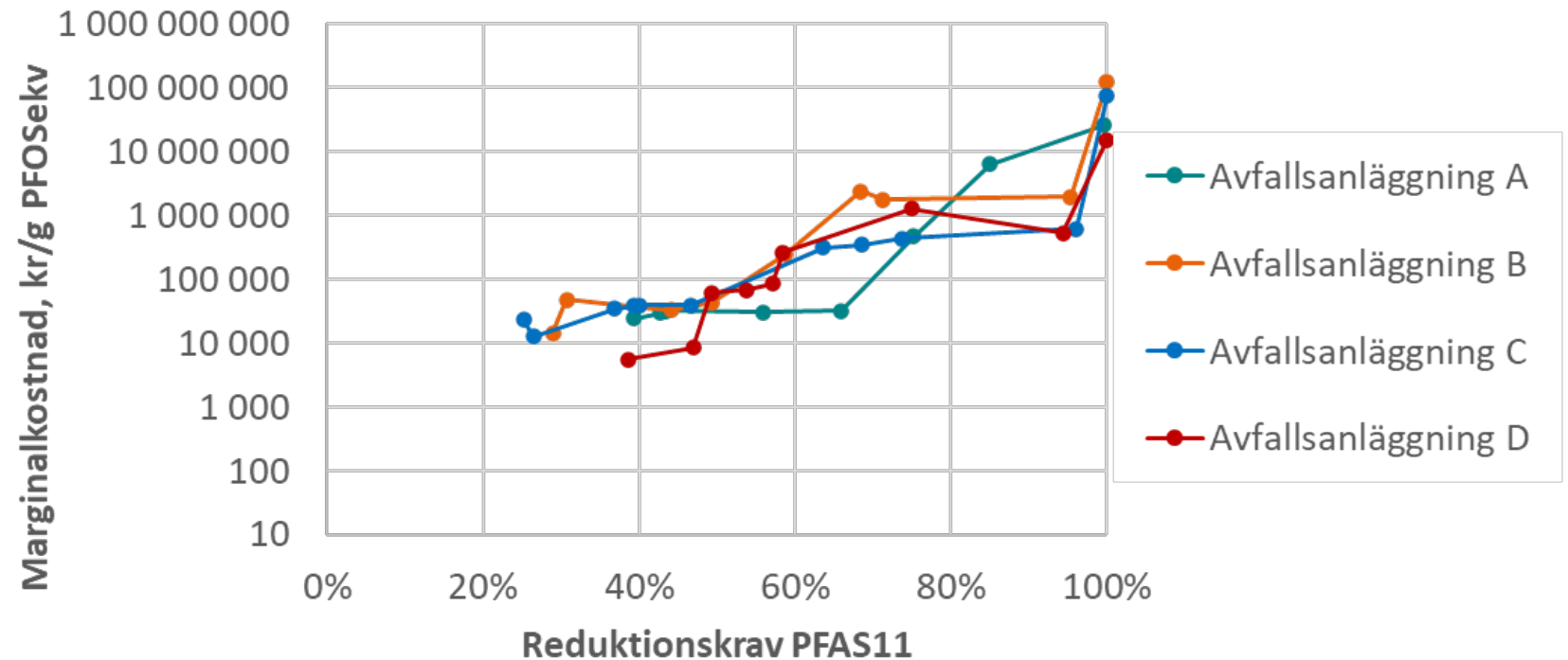
Mål rening av ΣPFAS4

	Lakvatten C	Lakvatten D
DOC, mg/l	92	13
ΣPFAS4, ng/l	300	990
ΣPFAS11, ng/l	4 400	3 400
Dos GAK, g/m³	645	185
Kostnad GAK, kr/m³	10,3	3,0
Kostnad rening med GAK, kr/m³	16,6	6,5
Kostnad rening med skumfraktionering, kr/m3	6,2	6,2
Kostnad, kr/g ΣPFAS4	21 000	6 300

Kommunalt avlopp = 90 000 kr/g ΣPFAS4

Omräkning av halter 11 PFAS till PFOSekv

	Halverings- tid i blod, y	Toxicitets- faktor, g PFOSekv/g
PFBA	0,009	0,002
PFPeA	0,1	0,018
PFHxA	0,059	0,01
PFHpA	0,44	0,077
PFOA	3,3	0,59
PFNA	2,8	0,49
PFDA	5,6	0,97
PFBS	0,11	0,019
PFHxS	9,9	1,74
PFOS	5,7	1,00
6:2 FTS	0,08	0,014



- Linjär skärpning av reningskrav avseende Σ PFAS11 reduktion ger exponentiell ökning av specifik kostnad

På gång

GAK + jonbytare för läkemedel och PFAS med Uppsala vatten (avlopp)



Regenerering
jonbytare med
Ragn Sells
(lakvatten)



Fluidiserat jonbytare
NordicWater i Lysekil (lakvatten)



Slutsatser

- PFAS finns överallt → Viktigt att fasa ut PFAS globalt! Bara rening av kommunalt avlopp och lakvatten är inte lösningen!
- Tekniker för rening finns, kostnad är dock hög
- Rening uppströms ofta billigare
- Rimliga krav = kostnadseffektiv rening
- Ytterligare utveckling av renings- och destruktions tekniker behövs
- Kunskapsöverföring en viktig del

Rapport 2021:02

Avfall Sveriges Utvecklingssatsning
ISSN 1103-4092

RENING AV PFAS-FÖRORENAT VATTEN FRÅN AVFALLS- ANLÄGGNINGAR



Tack!

Huvudfinansiärer:

FORMAS 



Svenskt Vatten
UTVECKLING

Svenskt Vatten
UTVECKLING

Rapport
Nr 2022-7

PFAS – hur kan svenska avlopps- reningsverk möta utmaningen?

Kunskapssammanställning och vägledning för VA-aktörer kring PFAS

Christian Baresel
Linus Karlsson
Andriy Malovanyy
Gunnar Thorsén
Melissa Goicoechea Feldtmann
Hanna Holmquist
Sahar Dalahmeh
Lutz Ahrens
Kerstin Winkens Pütz