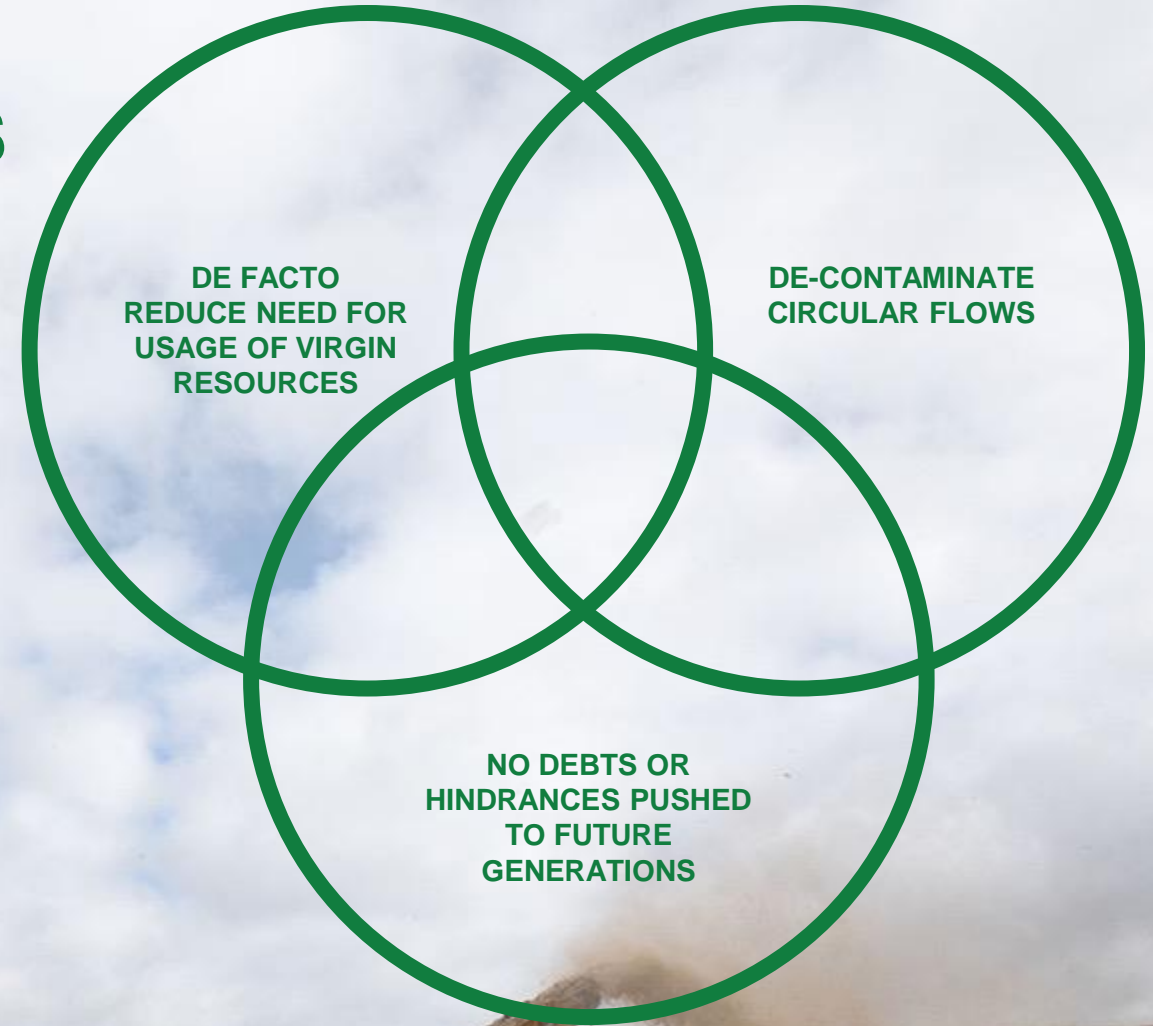


HANTERING AV PFAS I LAKVATTEN VID DEPONIER – RAGN-SELLS PERSPEKTIV

Igor Travar, projektledare R&D
Anders Kihl, chief Strategy & R&D

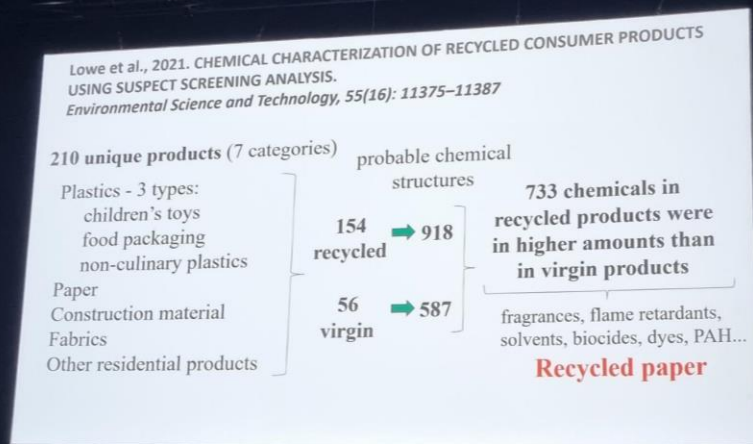
GUIDING PRINCIPLES FOR ACHIEVING CIRCULAR SOLUTIONS

When developing sustainable solutions for a circular society Ragn-Sells uses these internal three principles need to be considered.



ÅTERVINNING VS “NOVEL ENTITIES”

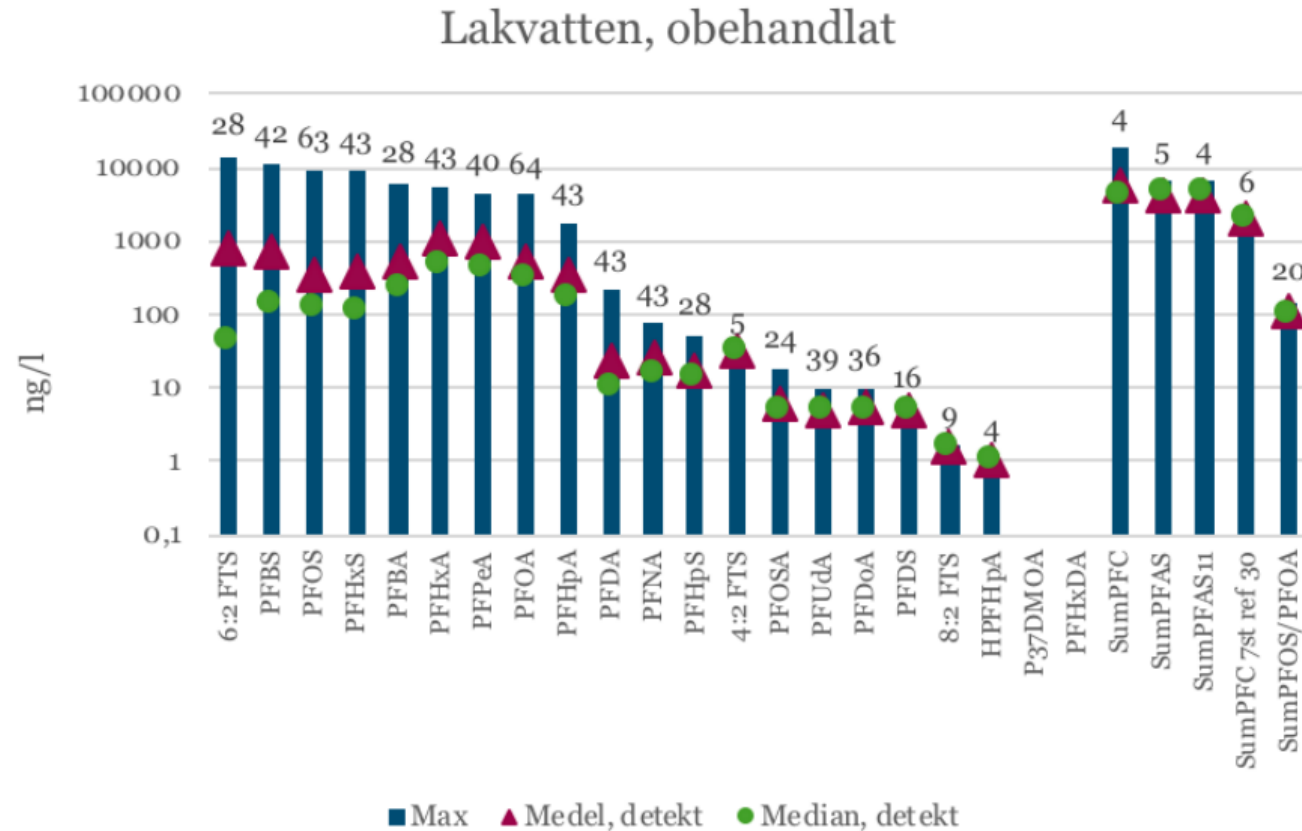
- Mer återvinning är nödvändigt för att minska belastningen på planeten.
- Ragn-Sells ser PFAS som en stor utmaning – dels för material som skall återvinnas – men även för flöden som INTE skall återvinnas...
- Regelverk?
- Behandlingsteknik?



BRIST AV REGELVERK SOM STYR HANTERING AV PFAS I AVFALL

- Svensk författningssamling Avfallsförordning SFS 2020:614 – ingenting om PFAS, inga avfallskoder för PFAS
- Europaparlamentets och rådets **direktiv 2008/98/EG om avfall** och upphävande av vissa direktiv – Annex III **PFOS > 3000 mg/kg** (Farligt Avfall)
- **EU:s förordning 2019/1021** om långlivade organiska föroreningar (POP: s-förordningen) **PFOS: > 50 mg/kg, PFOA och PFHxS: 1mg/kg**, relaterad ämnen 40 mg/kg ska destrueras
- Miljöskydd vid deponier: **EU direktiv 1999/31/EC (Förordning (2001:512))** om deponering av avfall och **NFS 2004:10** deponering, kriterier och förfaranden för mottagning av avfall vid anläggningar för deponering av avfall – Inga kriterier för PFAS. Inte ens vid inertdeponier
- Vilken väg tar avfall som innehåller PFOS, PFOA and PFHxS under POP-gränsvärden?
- Deponering av PFAS ökar risken för kontaminering av lakvatten
- Vad är gränsvärde för PFAS i lakvatten innan det släpps ut till recipienten?
- **Vi behöver nya harmoniserade direktiv och regelverk för PFAS vid i avfall, inte bara vid deponier!**

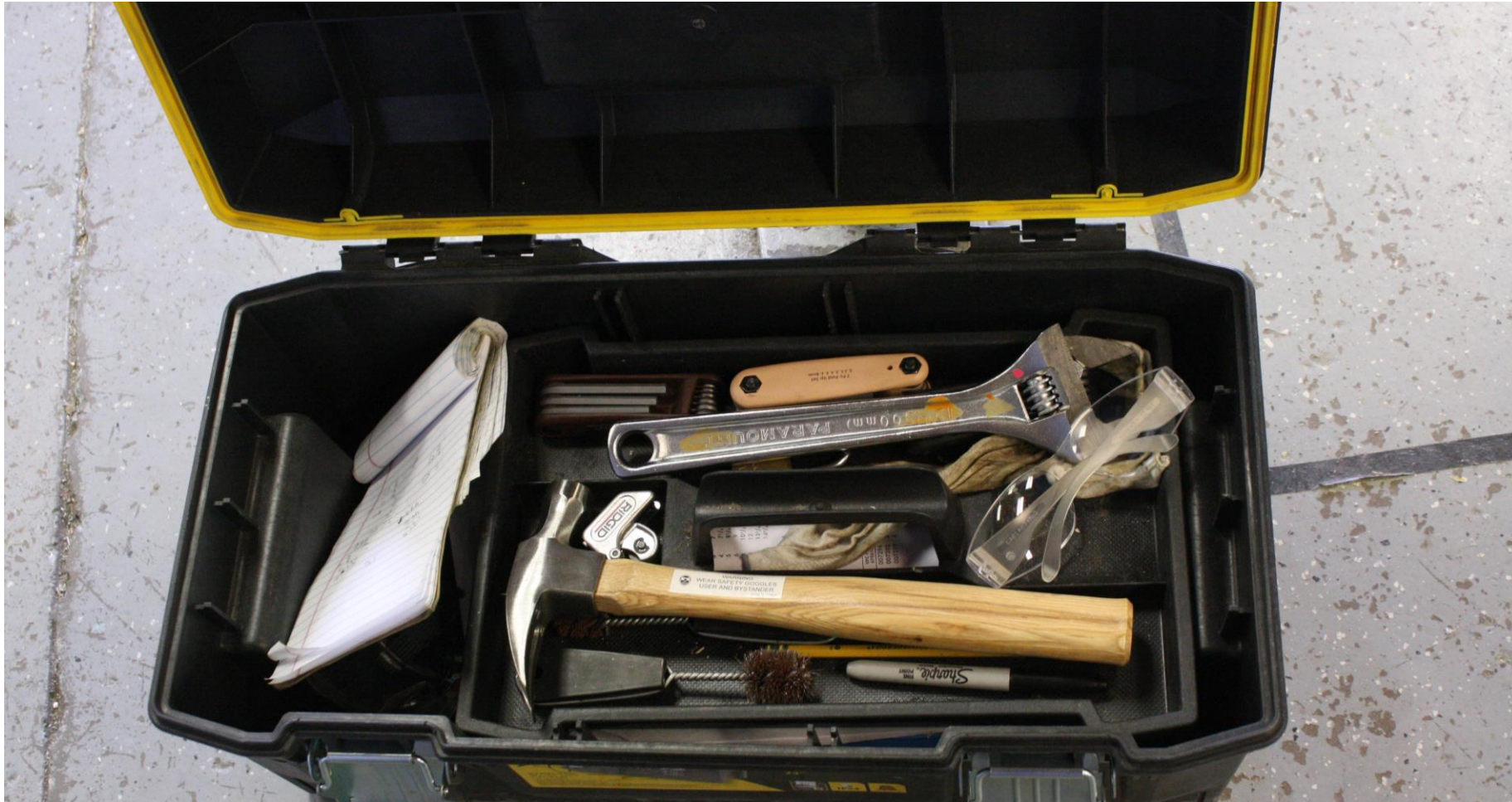
BRIST AV REGELVERK RESULTERAR I KONTAMINERAD LAKVATTEN



Modin et al. (2018) PFAS på Avfallsanläggningar, Avfall Sverige Rapport 2018:25

Halter av PFAS i obehandlade lakvatten från deponier i Sverige. Antal provtagningstillfällen för respektive parameter redovisas med siffror direkt ovanför respektive stapel.

DET FINNS INGEN BÄSTA METOD...



FAKTORER SOM STYR BEHANDLING AV LAKVATTEN

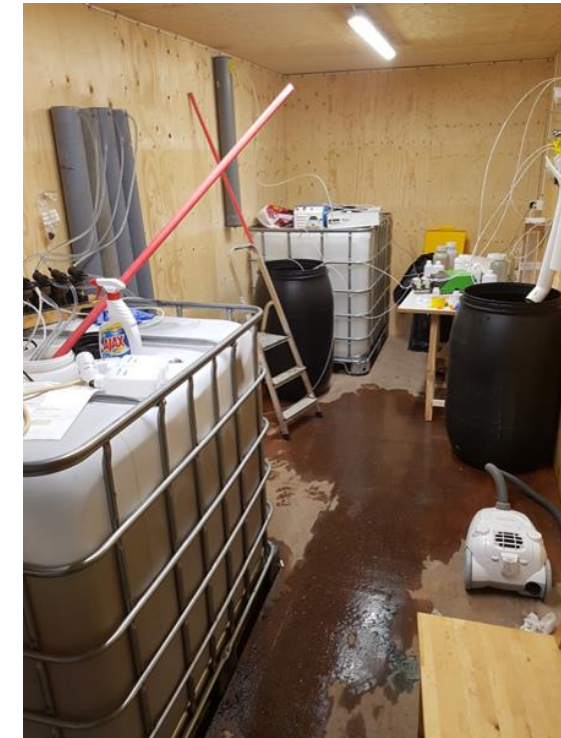
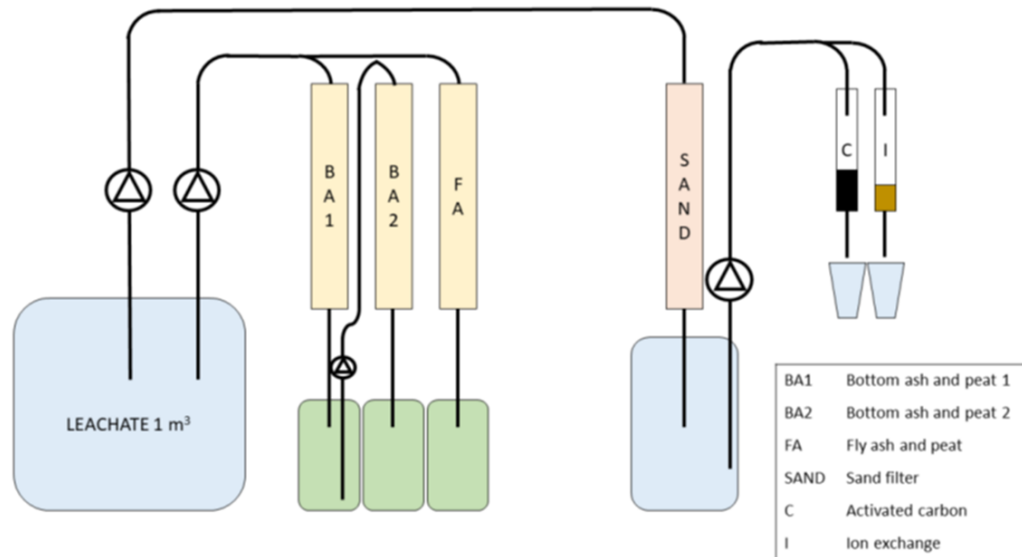
Vad gäller?



Vad gäller?

VILKA TEKNIK HAR VI PROVAT FÖR BEHANDLING AV PFAS-LAKVATTEN I LABB?

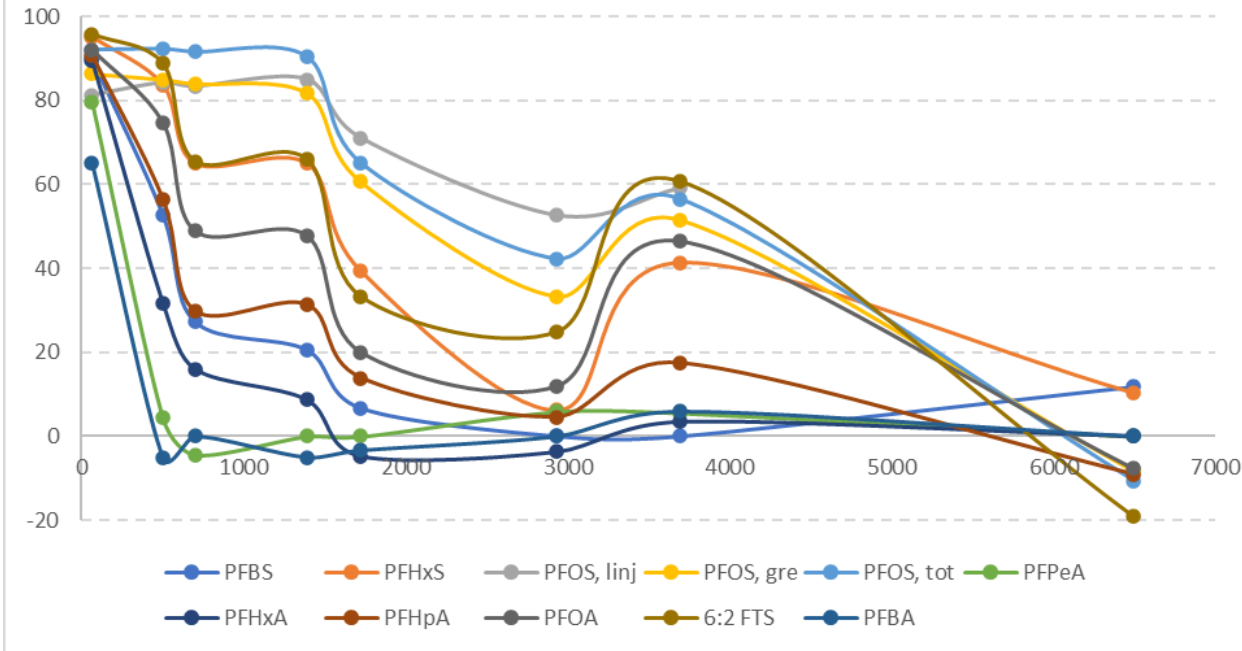
- Laboratorieförsök:
- Kolonnförsök med **granulerat aktivt kol** (GAC) Carbotech Pool W 1-3, **jonbytare** (IE) Purolite PFA694E, **torv** blandat med **bio bottenaska** och **flygaska**
- **Chromatofora** teknik
- **Watertech** teknik – UV kombinerad med ytbehandlad filter



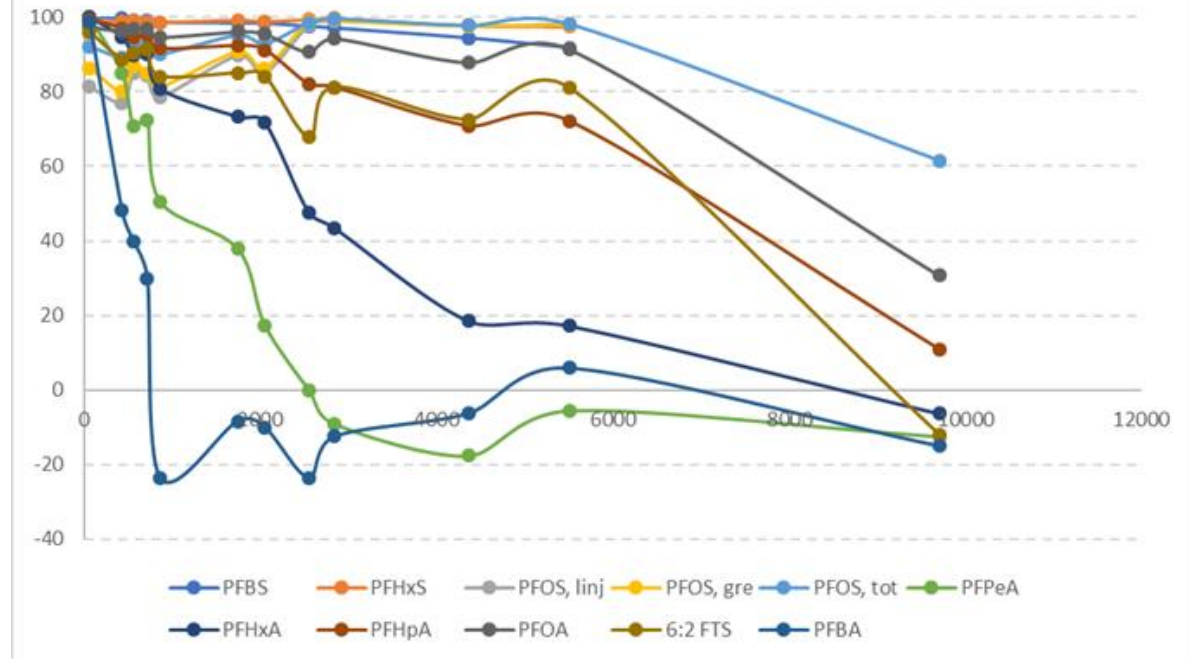
Johnson E. (2019) Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFASs) Removal from Landfill Leachate Efficiency Evaluation in Column Experiments, Examensarbete KTH

IE VAR MYCKET MER EFFEKTIV FÖR BEHANDLING AV PFAS ÄN GAC

Removal efficiency AC, %



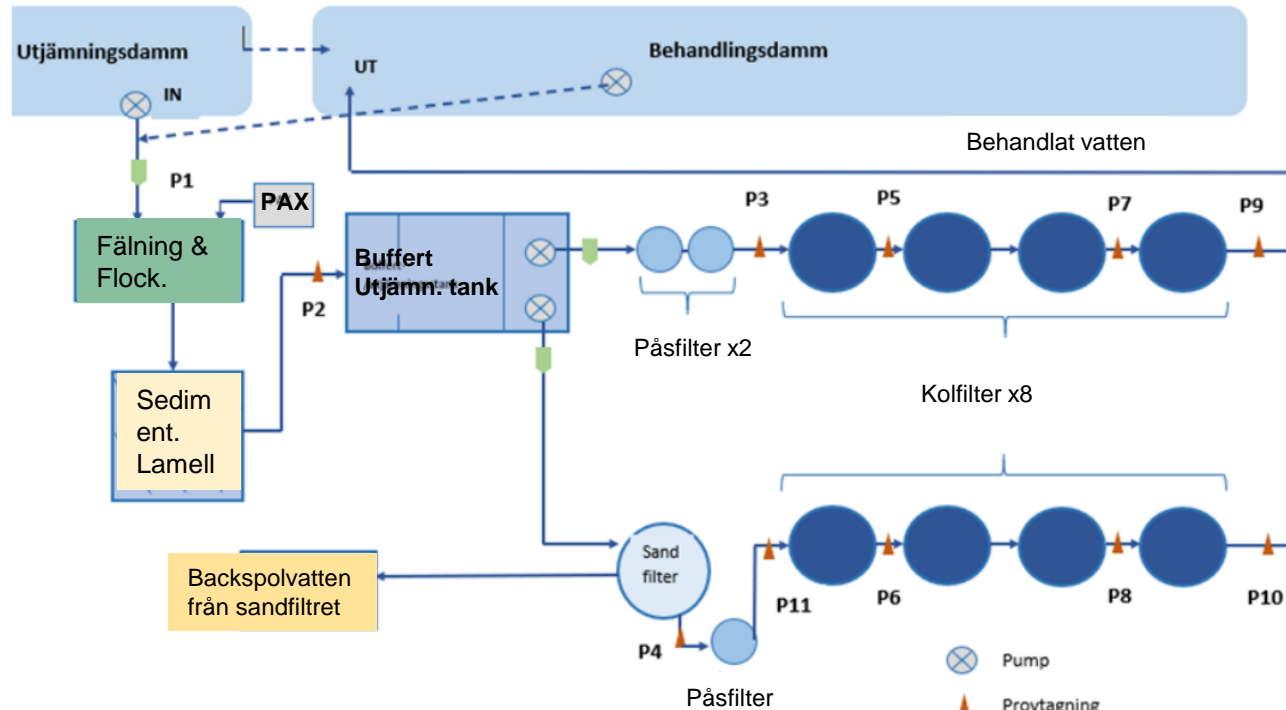
Removal efficiency Ion Exchange, %



VILKA TEKNIK HAR VI PROVAT FÖR BEHANDLING AV PFAS-LAKVATTEN I PILOTSKALA?

- Pilot och full skala försök:
- **Aktivt kol**
- **Jonbytare**
- **Omvänd osmos**
- **Watertech teknik**
- **Flotation (från Vandrensning/ECT2)**
- **SELPAXT**

RENING AV PFAS I LAKVATTEN MED GAC I FULL SKALA (2021)



Ingående data:

PFAS-11: ~15 000 ng/l
 DOC;(TOC): 90 - 100 mg/l
 Susp.: < 30 mg/l
 pH: 7-8
 Flöde: 6 - 10 m³/h

Mål:

- att minska PFAS-11 med minst 40 %
- Att behandla 20000 m³/månad



AKTIVT KOL KAN TA BORT LÅNGA PFAS KEDJOR MED ACCEPTABLA KOSTNADER

- Målet att minska PFAS-11 med minst 40 % klarades med god marginal
- Effektiv rening för långa PFAS (t.ex. 99% PFOS och PFOA togs bort)
- Lakvattenvolym som förväntades genomgå rening inte lyckades uppnås p.g.a. driftproblem

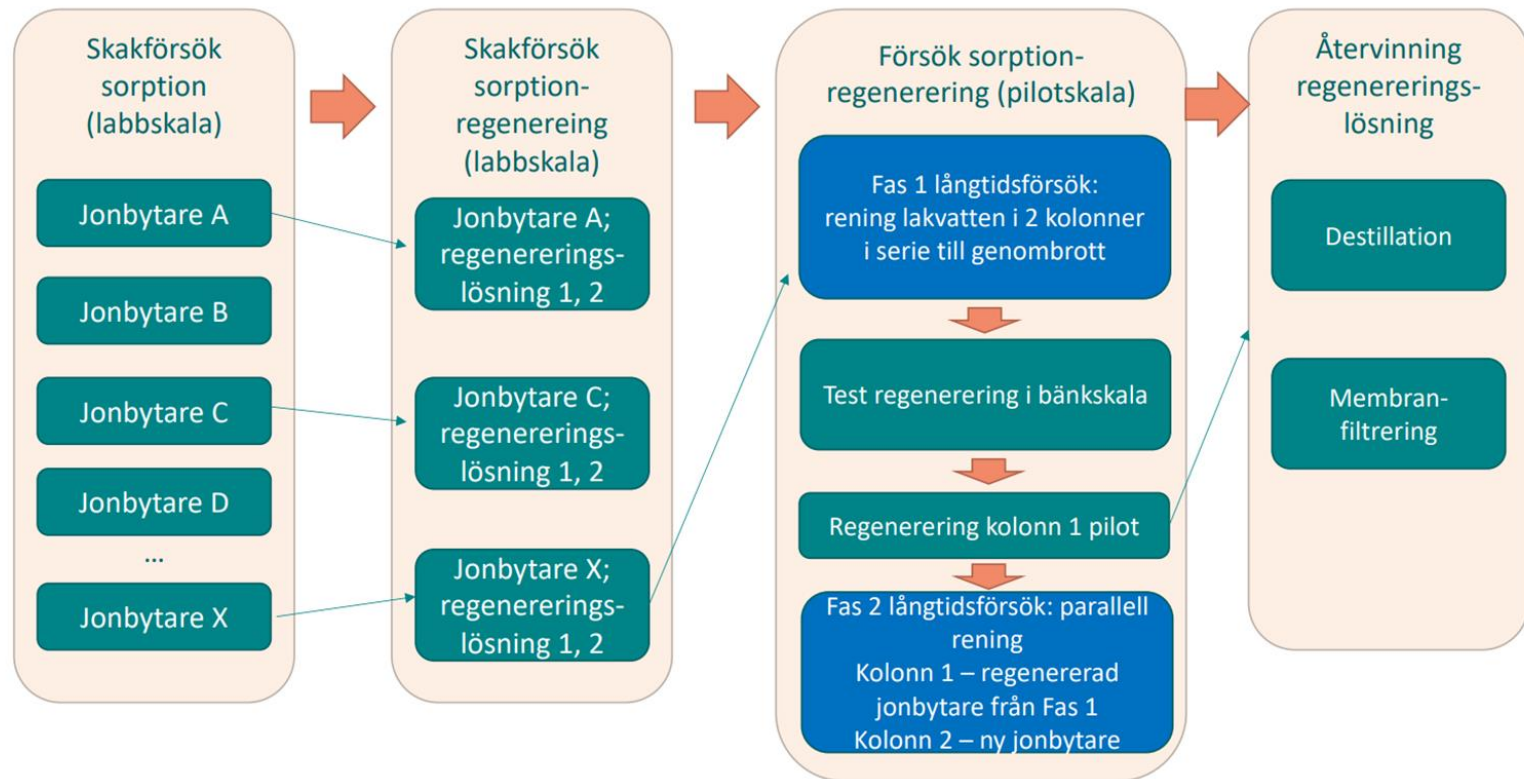
- **Linje 1:** - Avskiljningsgrad PFAS11: **90,7 %**
- - Behandlad lakvattenvolym: 6 732 m³
- - Mängd avskild PFAS-11: 120 gram

- **Linje 2:** - Avskiljningsgrad PFAS11: **87 %**
- - Behandlad lakvattenvolym: 9 384 m³
- - Mängd avskild PFAS-11: 160 gram
- Lakvattenvolymen som genomgick behandling uppgick till totalt 16 116 m³ (7,9 m³/h; ca 190 m³/dygn).

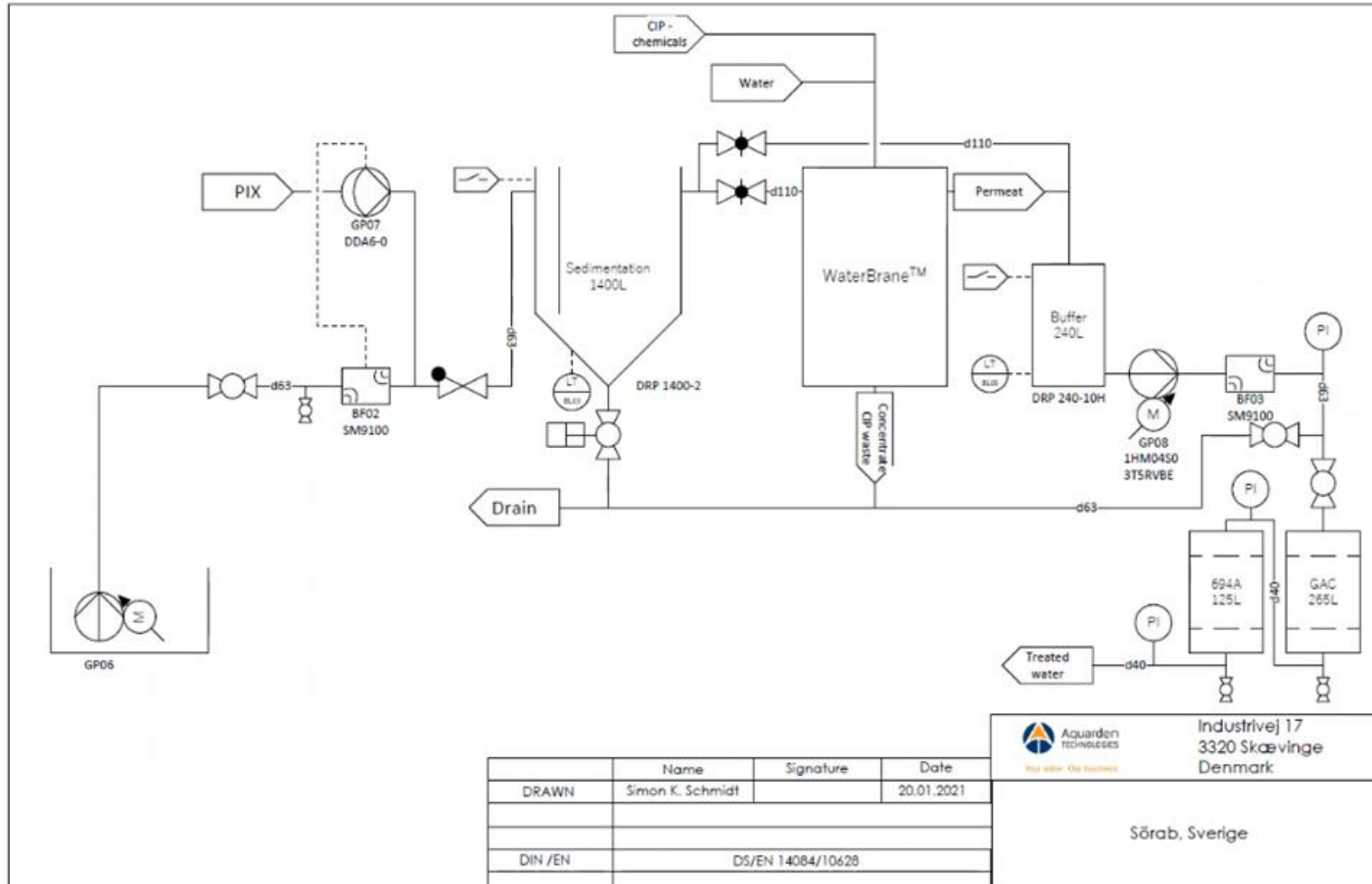
- Kostnaden för att rena 1 gram PFAS-11 har grovt beräknats till ca **1 800 kr**

BEHANDLING AV PFAS I LAKVATTEN MED JONBYTARE (IE) I PILOT TEST

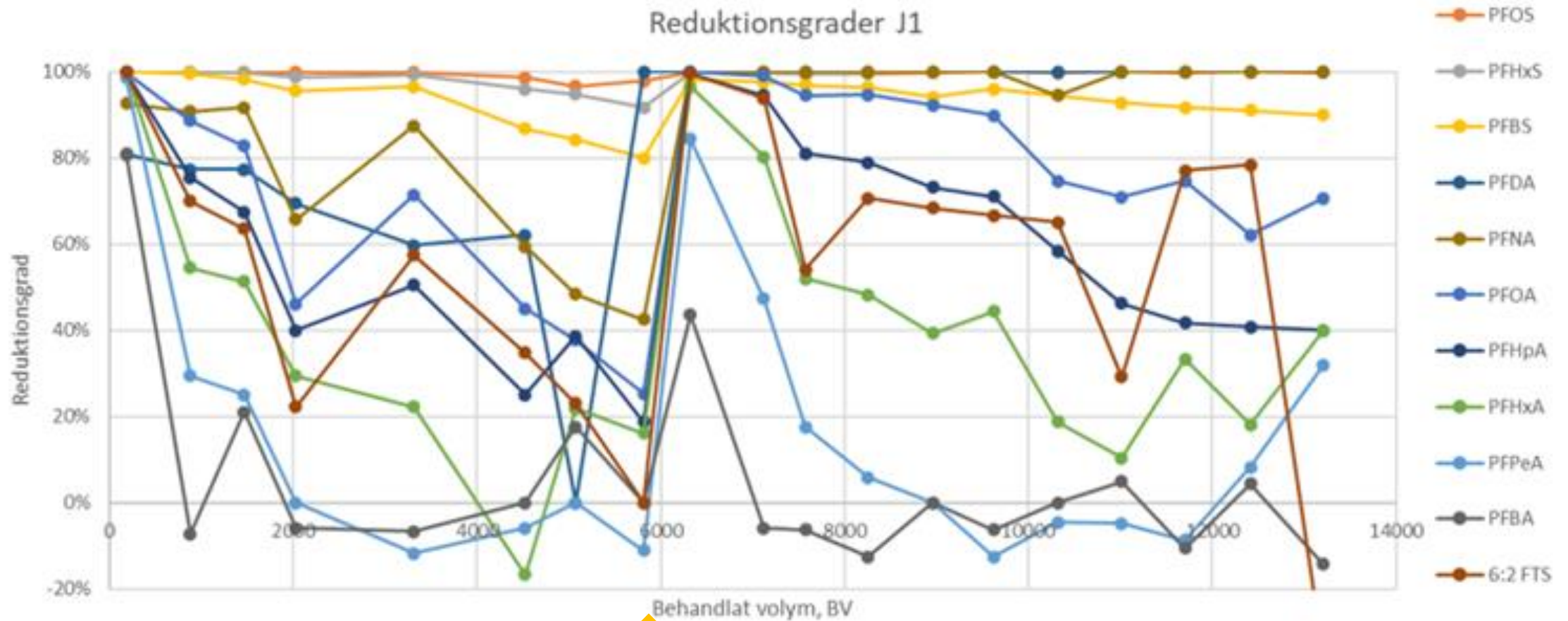
- **Samarbete** mellan Avfalls Sverige, Svenska Miljöinstitutet IVL och Ragn-Sells
- **Målen**
 - - att utvärdera potential av flera typer av IE för reduktion av PFAS från lakvatten och regenerering med olika lösningar
 - - att testa rening av lakvatten från PFAS i pilot test, regenerering av IE och användning av den regenererade IE för rening
 - - att testa två metoder som separerar PFAS från förbrukad regenereringslösning
- *Malovanyy A. et al (2023) Rening av PFAS-förorenat lakvatten med jonbyteprocessen; pilotförsök med regenerering, Avfall Sverige Rapport 2023:09*



PILOT PLANT FOR THE TREATMENT OF PFAS-LEACHATE WITH ION-EXCHANGER



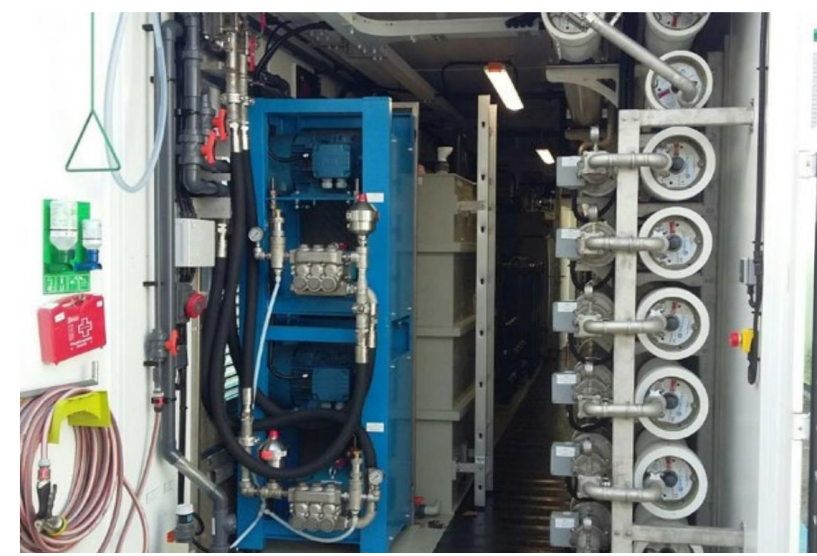
REGENERATED ION-EXCHANGER PERFORMS ALMOST LIKE NEW



Regenerering med lösning 10%NaCl (13 BV) och sedan med lösning 80% etanol och 1%NH4Cl (13 BV)

OMVÄNDOSMOS ÄR INTE LÄMPLIG TEKNIK FÖR LAKVATTEN

- Reningseffektivitet för PFAS-11 i lakvatten var 100% (ett prov)
- Filter och pumpar satte igen bara efter några timmars drift p.g.a. organiskt material i lakvatten
- Patronfilter och diskfilter (förfiltrar bytes 2 ggr)
- Ca 22 % av inkommande vatten blev ett rejektivattenflöde. Destruering av PFAS i rejektivatten är utmaning.
- Tekniken anses inte lämplig för behandling av lakvatten



SKUMFRAKTIONERING ÄR EFFEKTIV METOD FÖR LÅNGA PFAS

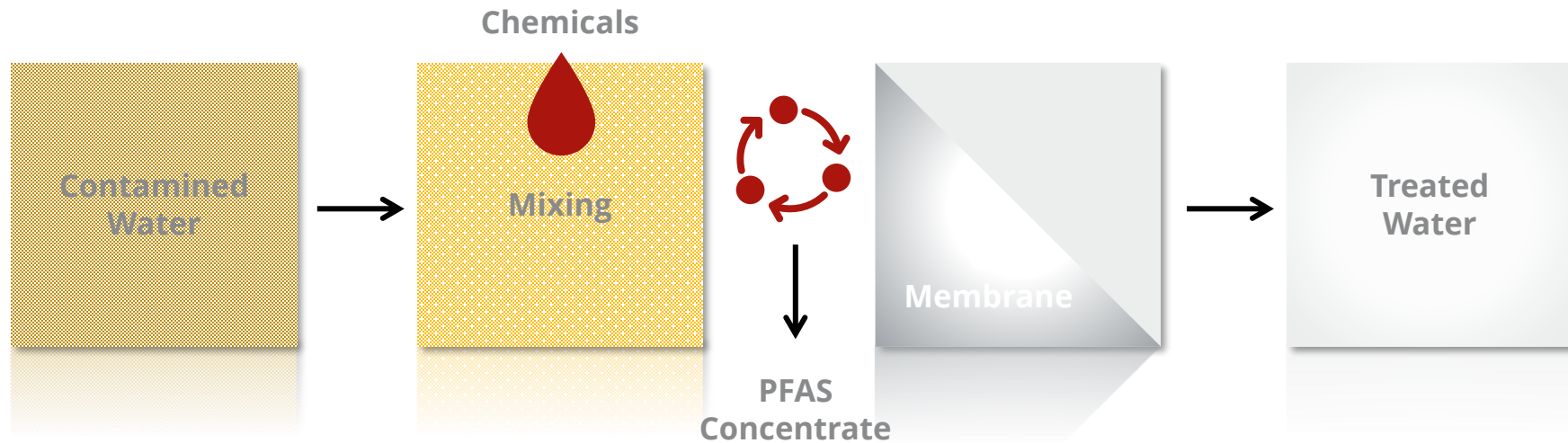
- PFAS överförs från vatten till skum tack vare sina hydrofoba och hydrofila egenskaper
- Robust teknik, kräver ingen förbehandling, kan behandla komplexa vatten (tex med hög DOC, pH)
- Envytech labbförsök på lakvattnet
- Tekniken var effektiv för långa och delvist korta PFAS.
- Möjlig omvandling av långa kedjor till kortare kedjor (tex PFHxA, PFPeA)

		Untreated	Treated 30 min	Removal, %
PFDA (Perfluordekansyra)	ng/L	<10	<10	ND
8:2 FTS (Fluortelomer sulfonat	ng/L	<20	<20	ND
4:2 FTS (Fluortelomer sulfonat	ng/L	<10	<10	ND
PFNA (Perfluornonansyra	ng/L	13	<10	100%
6:2 FTS (Fluortelomer sulfonat	ng/L	490	<10	100%
PFOA (Perfluoroktansyra)	ng/L	690	<10	100%
PFOS (Perfluoroktansulfonsyra)	ng/L	780	<10	100%
PFOSA (Perfluoroktansulfonamid)	ng/L	<10	<10	ND
PFHpS (Perfluorheptansulfonsyra)	ng/L	49	<10	ND
PFHxS (Perfluorhexansulfonsyra)	ng/L	1200	<10	100%
PFHpA (Perfluorheptansyra)	ng/L	540	<10	100%
PFHxA (Perfluorhexansyra)	ng/L	1800	580	68
PFPeA (Perfluorpentansyra)	ng/L	1500	1600	-7%
PFBA (Perfluorbutansyra)	ng/L	1800	1500	17%
PFBS (Perfluorbutansulfonsyra)	ng/L	1900	1300	32%
Summa PFAS 4	ng/L	2700	ND	100%
Summa PFAS 28	ng/L	11000	5000	55%



CHROMAFORA - ADVANCED SELECTIVE WATER TREATMENT METHOD

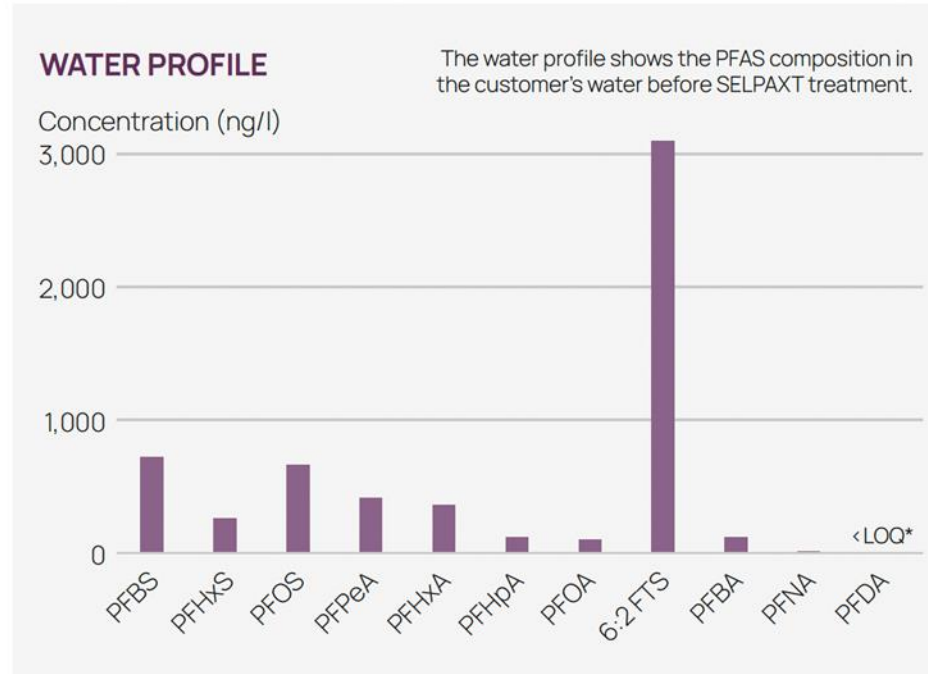
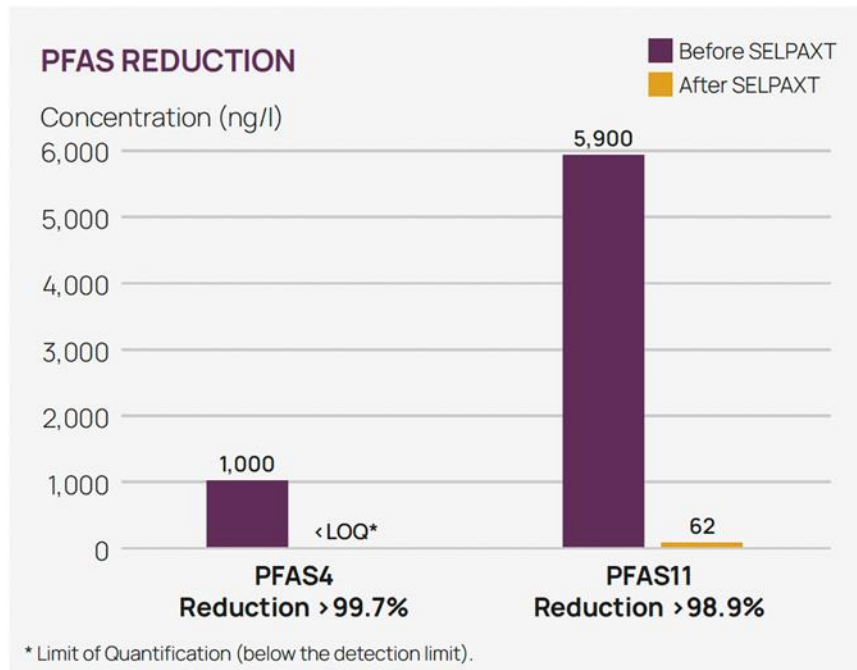
A unique combination of innovative chemistry and membrane filtration



- SELPAXT är unik och patenterad teknik för behandling av PFAS i vatten utvecklad i Sverige av forskare på Chromafora

SELPAXT TAR BORT >98% AV PFAS11 FRÅN LAKVATTEN

RECYCLING FACILITY – PFAS reduction, landfill leachate:



REDUCTION %

The symbol > indicates that the reduction result after SELPAXT treatment is below the detection limit (LOQ).

PFBS	>99%
PFHxS	>98%
PFOS	>99%
PFPeA	95%
PFHxA	99%
PFHpA	>98%
PFOA	>97%
6:2 FTS	>99%
PFBA	79%
PFNA	>25%
PFDA	-

PÅGÅENDE PROJEKT OM PFAS

- **Destruering av PFAS med nya metoder**
 - vi följer utvecklingen av alternativ till förbränning.
- **Stabilisering/solidifiering** av PFAS-koncentrat och jord
 - vi tror att stabilisering följt av deponering kommer vara nödvändigt för att hantera vissa avfallsflöden
- **Uppdatering av deponidirektivet**
 - nuvarande deponidirektiv är 25 år gammalt och behöver uppdateras för att spegla dagens avfallsflöden.
 - IWWG



Innovative Ways to Destroy PFAS

PER- AND POLYFLUOROALKYL SUBSTANCES

SLUTSATSER

- Vi behöver nya harmoniserade direktiv och regelverk för PFAS vid deponier!
- Behandling av PFAS i lakvatten är inte enkelt.
- Aktivt kol, jonbytare, RO kräver förbehandling av lakvatten
- De studerade behandlingsteknikerna har sina för- och nackdelar.
- Kombination av olika (flera) tekniker är bästa lösning vad gäller både rening, drift och behandlingskostnader.
- Polluter-pay-principle bör införas. Oavsett hur lakvatten behandlas så är kostnaden för att ta bort 1 g PFAS ur lakvatten mycket högre än kostnaden för att tillföra 1 g PFAS i nya produkter.