



PFAS

Hvad, hvorfor, hvor slemt, proportioner

Søren Rygaard Lenschow

Senior Specialist. NIRAS

08-06-2023

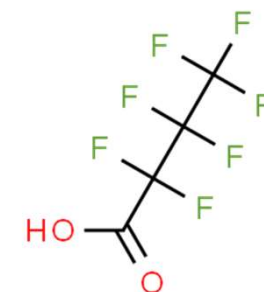
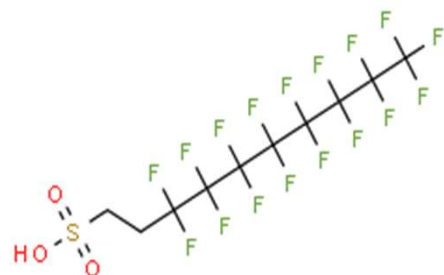
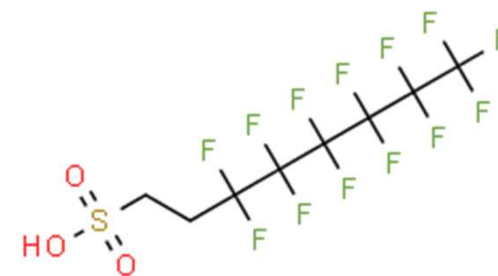
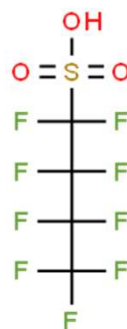
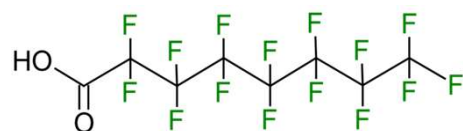
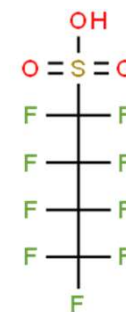
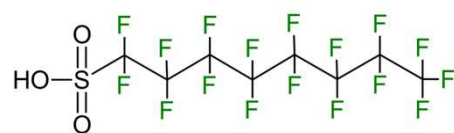
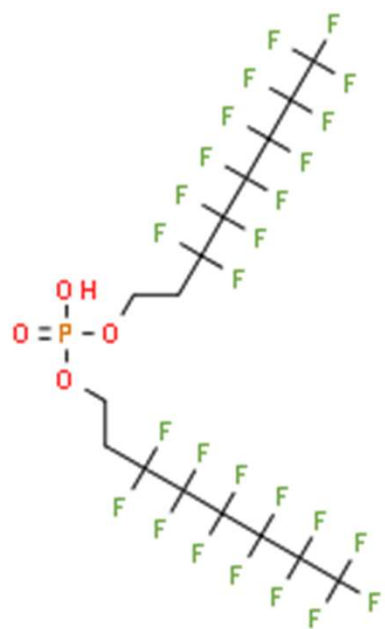
NIRAS

Agenda

- Hvad er PFAS
- Hvor kommer PFAS i havet fra?
- Hvad sker der, når det blæser?
- Undersøgelser i Danmark og udlandet
- Fund i vandforsyning
- Proportioner
- Spørgsmål



Hvad er PFAS og en smule kemi

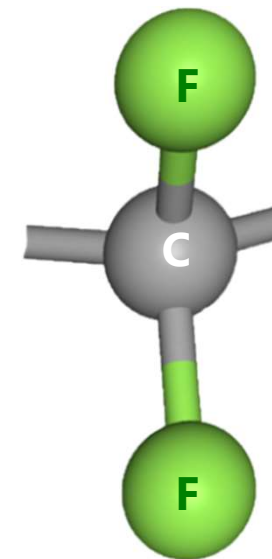


Intro til PFAS-forbindelser

Over 5.000 - 10.000 PFAS-forbindelser – Hvorfor er de så specielle?

- Stabile (over for slid, varme og kemikalier)
- Holdbare - kan ikke nedbrydes fuldstændigt
- Lipofobe – afviser olie, fedt og snavs
- Hydrofobe – afviser vand
- Overfladeaktive

Den stærke C-F binding



Hvad gør PFAS ved os?

- Kræftfremkaldende og reproduktionstoksiske
- Organskade ved længerevarende eksponering
- Mistænkt for at være hormonforstyrrende
 - Reduceret fødselsvægt
 - Forsinket knogledannelse
 - Kolesterol- og nyretal påvirkes
 - Nedsat effekt af børnevaccinationer
 - Sammenhæng til ADHD, overvægt mv.
- Farlig ved indtagelse over lang tid, dvs. ikke akut livsfarlige eller giftige

Ikke akut giftige
 Det er de kroniske effekter, som er problematiske

RISICI VED FLUORSTOFFER

ADHD
 Tegn på sammenhæng mellem PFOS/PFOA i børns blod og ADHD.

Nyrer
 Befolkningsundersøgelser har vist sammenhæng mellem fluorstoffer og risikoen for kronisk nyresygdom.

Lever
 Amerikanske myndigheder har dokumenteret sammenhæng mellem fluorstoffer og kræft.

Sædkvalitet
 Drengefostres sædceller har tendens til større skader, hvis moderen har haft PFOA i blodet.

Foster
 PFOA i blodet giver reduceret fødselsvægt, mens andre fluorstoffer påvirker fostrets udvikling, forsinket knogledannelse og øger risikoen for abnormiteter i hjertet.

Kolesterol
 Fluorstofferne ændrer kroppens kolesterolniveau.

Brystkræft
 Klare beviser for sammenhæng mellem indtag af fluorstoffer og brystkræft hos danske og grønlandske kvinder.

Vaccinationer
 Fluorstofferne nedsætter virkningen af børnevaccinationer.

Hormonforstyrrelser
 Dyreforsøg tyder på hormonforstyrrelser.

Fedme:
 Statens Serum Institut har vist, at døtre af mødre med mange fluorstoffer i blodet under graviditeten risikerer at blive overvægtige.

Sådan får vi fluorstoffer ind i kroppen
 Fisk, skaldyr, bagepapir, pizzabakker og anden indpakning af fastfood, popcornpakker til mikrobølgeovne, regntøj, telte, imprægneringsmidler til tøj og sko, drikkevand, støv.

PFAS i blod USA 1998-2016

Lin et al, 2021

Fald af PFAS i blod siden år 2000 (USA, Tyskland m.fl.)

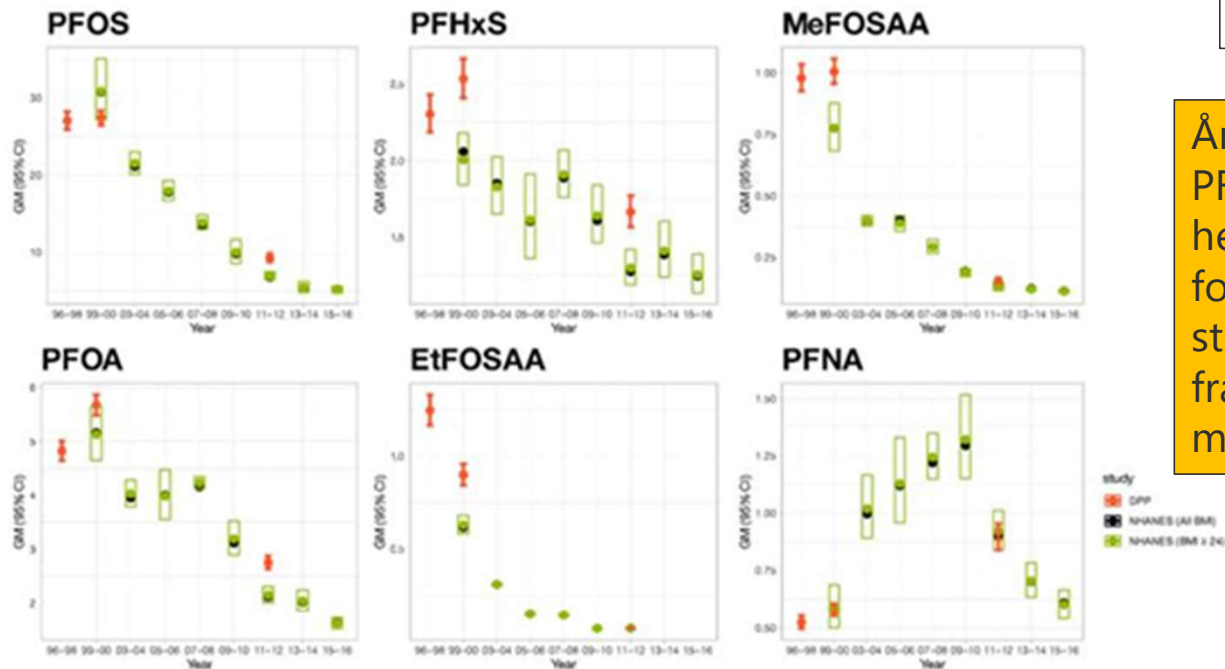


Fig. 1. Comparison of geometric means and 95% confidence intervals of PFAS concentrations across participants enrolled in the Diabetes Prevention Program (DPP) and Outcomes Study (DPPOS) and U.S. National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES).

Environment International 157 (2021) 106789
Contents lists available at ScienceDirect
Environment International
journal homepage: www.elsevier.com/locate/envint

Temporal trends of concentrations of per- and polyfluoroalkyl substances among adults with overweight and obesity in the United States: Results from the Diabetes Prevention Program and NHANES

Pi-I D. Lin^a, Andres Cardenas^b, Russ Hauser^c, Diane R. Gold^{c,d}, Ken P. Kleinman^e, Marie-France Hivert^{a,f}, Antonia M. Calafat^g, Thomas F. Webster^h, Edward S. Hortonⁱ, Emily Oken^a

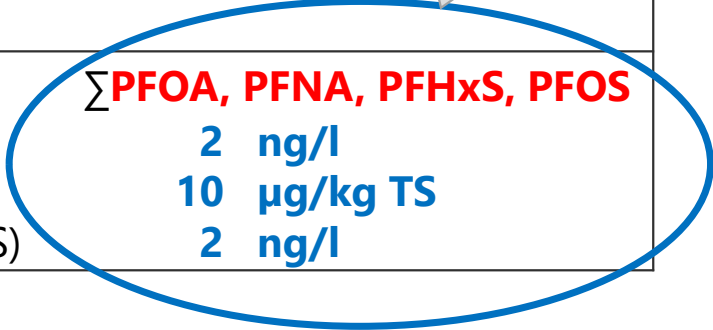
^a Division of Chronic Disease Research Across the Lifespan, Department of Population Medicine, Harvard Medical School and Harvard Pilgrim Health Care Institute, Boston, MA, USA
^b Division of Environmental Health Sciences, School of Public Health and Center for Computational Biology, University of California, Berkeley, Berkeley, CA, USA
^c Department of Environmental Health, Harvard T.H. Chan School of Public Health, Boston, MA, USA
^d Channing Division of Network Medicine, Brigham and Women's Hospital, Boston, MA, USA
^e Department of Biostatistics, School of Public Health and Human Sciences, University of Massachusetts Amherst, Amherst, MA, USA
^f Diabetes Unit, Massachusetts General Hospital, Boston, MA, USA
^g Division of Laboratory Sciences, National Center for Environmental Health, Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta, GA, USA
^h Department of Environmental Health, Boston University School of Public Health, Boston, MA, USA
ⁱ Joslin Diabetes Center, Harvard Medical School, Boston, MA, USA

Årsagen er 3M's udfasning af PFOS, PFOA m.fl. i en række produkter herunder fødevareremballage. Det forventes, at effekten vil klinge ud til et stabilt niveau, hvor det er påvirkning fra miljø (fødevarer, drikkevand, støv mv.) som bliver den styrende faktor

Historisk overblik over grænseværdier i Danmark

2015	Kvalitetskriterier for Grundvand / drikkevand: Jord:	∑12 PFAS 100 ng/l 400 µg/kg TS	
2018	EU kvalitetskriterier PFOS i overfladevand implementeret december 2018 Ferskvand: Årlig gns. 0.65 ng/l PFOS Max. 36 000 ng/l PFOS Marin: Årlig gns. 0.13 ng/l PFOS max. 7 200 ng/l PFOS		
2019	Yderligere supplerende kriterier for Grundvand /drikkevand: Jord:	PFOS 6 ng/l 30 µg/kg TS	PFOA 3 ng/l 10 µg/kg TS
2021	Nye kriterier for Grundvand: Jord: Drikkevand:	∑22 PFAS 100 ng/l 400 µg/kg TS 100 ng/l (pt. kun ∑12 PFAS)	∑PFOA, PFNA, PFHxS, PFOS 2 ng/l 10 µg/kg TS 2 ng/l

2020 EFSA (European Food Safety Authority) definerer Total Weekly Intake TWI på 4,4 ng/kg kropsvægt for ∑4 PFAS



EU forslag udfasning af PFAS 2023

- EU's kemikalieagentur
- Medlemslandene skal tage stilling i 2025
- Udfasning af alle PFAS forbindelser (stoffer med CF2 eller CF3 forbindelse)
- Tidshorisont: 18 måneder til 12 år
- Dispensation for samfundskritisk infrastruktur
- Pesticider og Pharma er undtaget

Godt med et generelt forbud frem for at stofferne skal vurderes enkeltvis



Miljøministeriet

Danmark og fire andre lande klar med forslag til EU-forbud mod PFAS

Publiceret 13-01-2023

Miljø

Danmark, Tyskland, Nederlandene, Norge og Sverige indsender nu et udkast til et EU-forbud mod PFAS-stoffer. Forslaget sendes i dag til EU's Kemikalieagentur.

Der skal handles nu i EU for at forebygge forureningen fra de skadelige PFAS-stoffer, der løbende dukker op nye steder rundt om i samfundet.

Det er budskabet fra Danmark, Tyskland, Nederlandene, Norge og Sverige, der i dag har sendt et fælles udkast til et EU-forbud mod PFAS-stoffer på en række områder til EU's Kemikalieagentur. Det er det mest omfattende udkast til et EU-forbud for begrænsning af kemikalier nogensinde.

Forslaget kommer, efter at myndighederne i de fem lande siden 2020 har undersøgt, hvor udbredt PFAS-forureningen er, og hvilken påvirkning den kan udgøre for folks sundhed og for miljøet.

Nogle kilder og anvendelserne

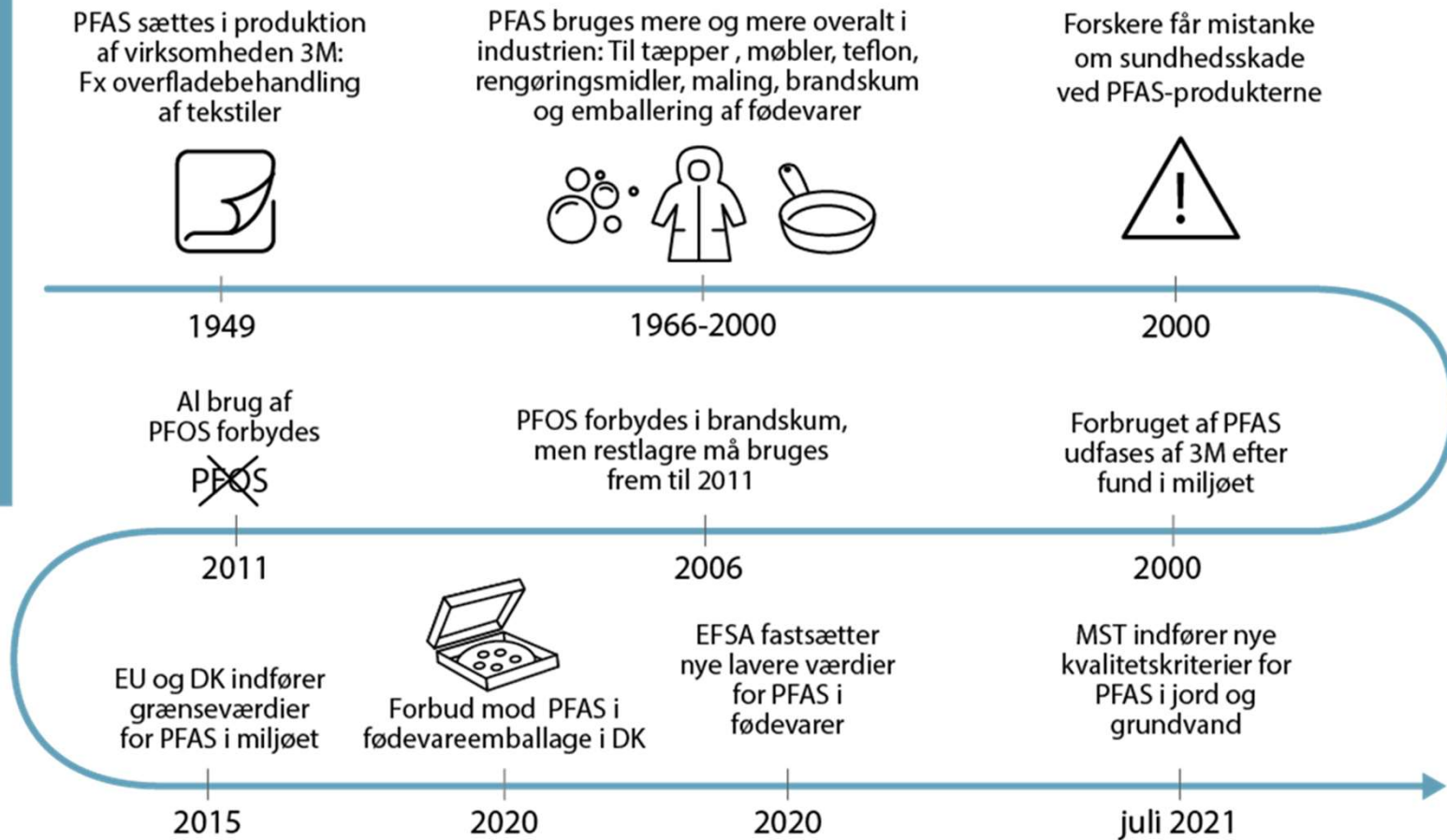
Kilder til PFAS

- **Produktion af PFAS**
- **Brug af PFAS i produkter og i produktion**
- **PFAS som urenheder**
- **Afsmitning fra produkter, emballager mv.**
- **Spredning i miljøet og til mennesker**

- Plastik
- Elektronik
- Bygninger
- Solceller
- TEFLON®
- Non-Stick coating
- Smøremidler
- Sundheds- og farmaprodukter
- Fødevarer industri
- Vandbehandling
- Korrosionsbeskyttelse
- Kemisk industri/olie-gas
- Sampling/analytisk kemi
- Forurenede grunde
- Lossepladser
- Industri, affaldsforbrænding mv.
- Brandøvelsespladser
- Rensningsanlæg og slam
- Osv.

Historien for PFAS

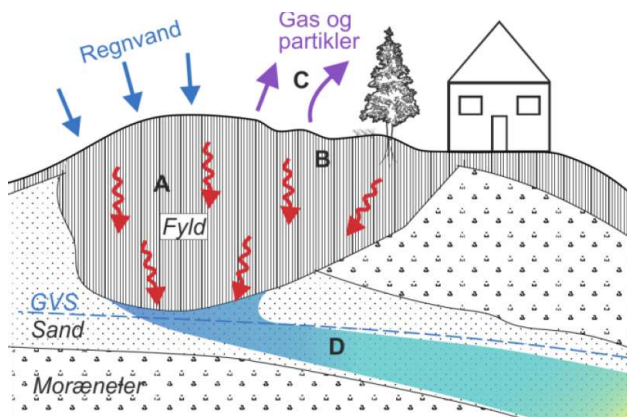
PFAS-TIDSLINJEN



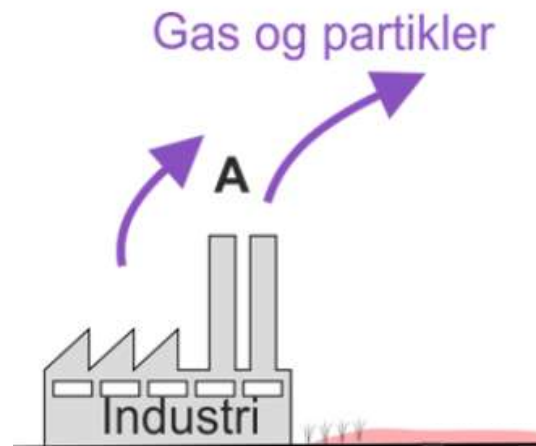
Kilder til PFAS i miljøet

Hvad er punktkilder

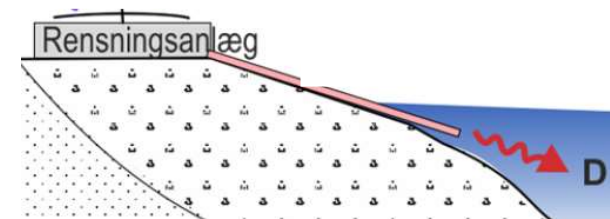
Forurenede grunde og ukontrollerede lossepladser



Afkast fra fabrikker og affaldsforbrænding



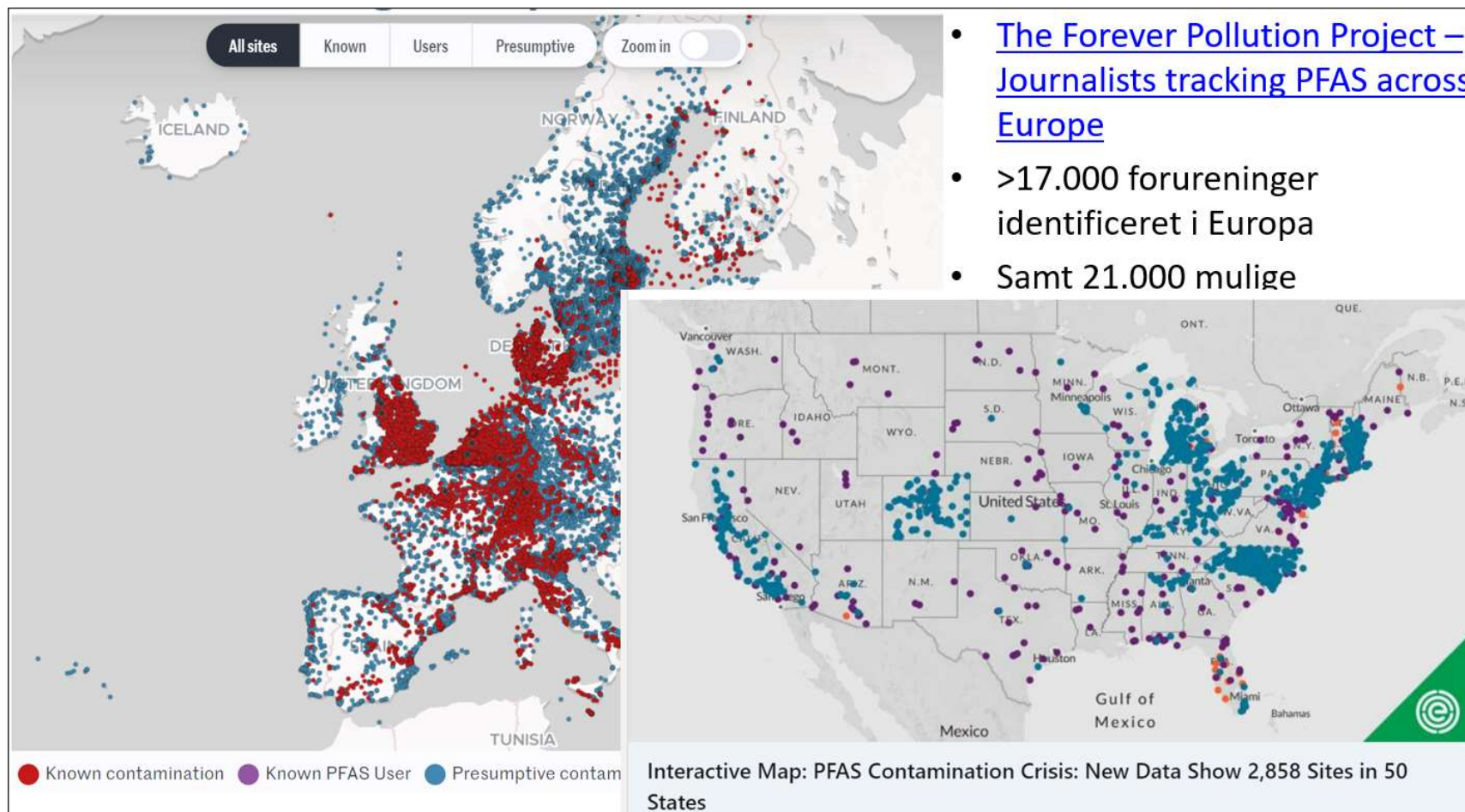
Udledninger industri, brandøvelsesplaser, kontrollerede lossepladser (perkolat) og rensningsanlæg



Uddrag fra konceptuelle modeller fra PFAS-håndbogen

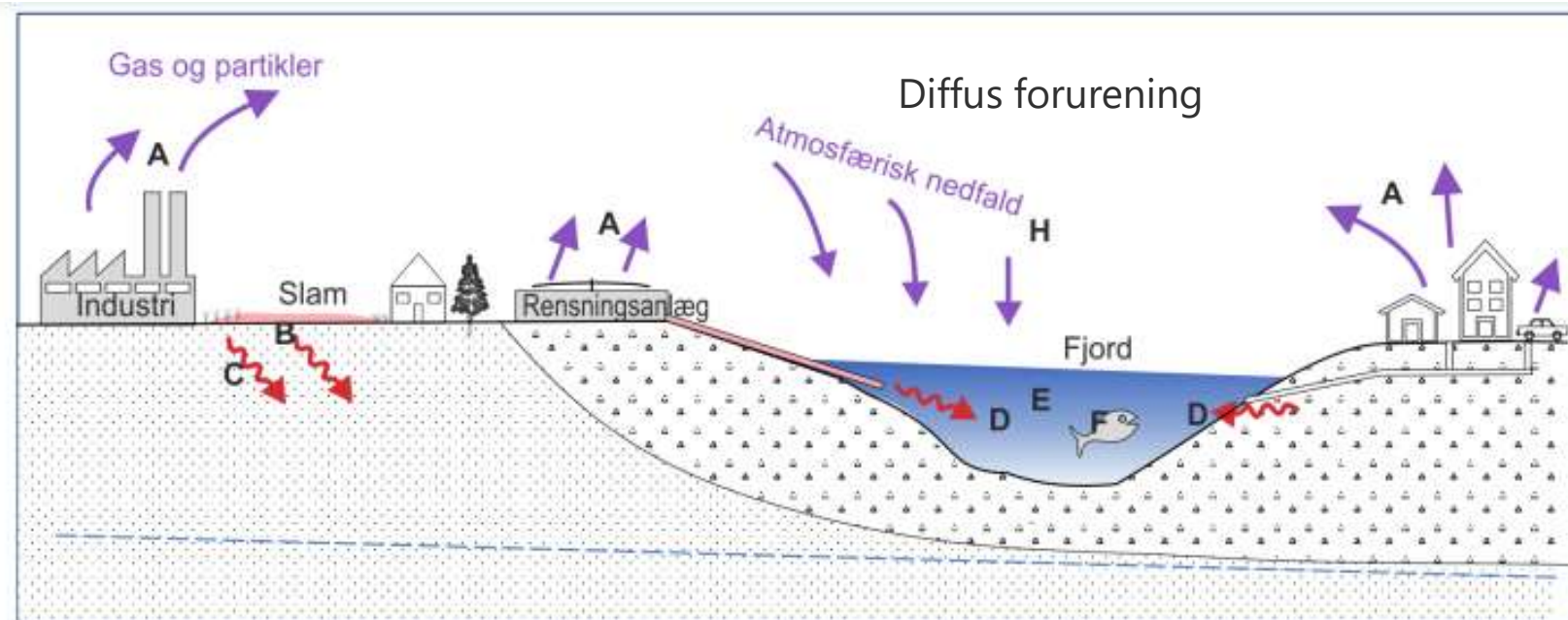
PFAS er et globalt problem

INGEN PFAS PRODUKTION I DANMARK



Kilder til og spredning til PFAS i miljøet

- A. Emissioner og fjerntransport
- B. Jordforbedring med slam fra rensningsanlæg
- C. Nedsivning til grundvand efter jordforbedring med slam fra rensningsanlæg
- D. Overfladeafstrømning
- E. Overfladevand
- F. Biota
- G. Atmosfærisk nedfald/regnvand



https://www.miljoeogressourcer.dk/filer/lix/5319/PFAS-h_ndbogen_29092022b.pdf

Diffus forurening med PFAS via nedbør

2004 - i Danmark, få målinger i regn:

PFOS : 1,6-2,4 ng/l

PFDA: Op til 23 ng/l

PFUnDA: Op til 15 ng/l

(DMU, 2007)

Grænseværdi i grundvand SUM 4 -
PFOA, PFOS, PFNA og PFHxS: 2 ng/l

**Nyere undersøgelser i
bl.a. Sverige viser
indhold af SUM 4
PFAS på ca. 2 ng/l for
regnvand svarende til
den danske
grænseværdi for
drikkevand**

Kilder til PFAS i havet

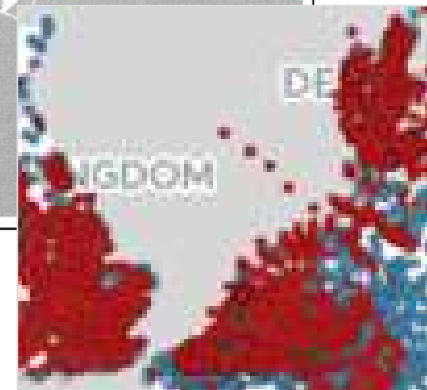
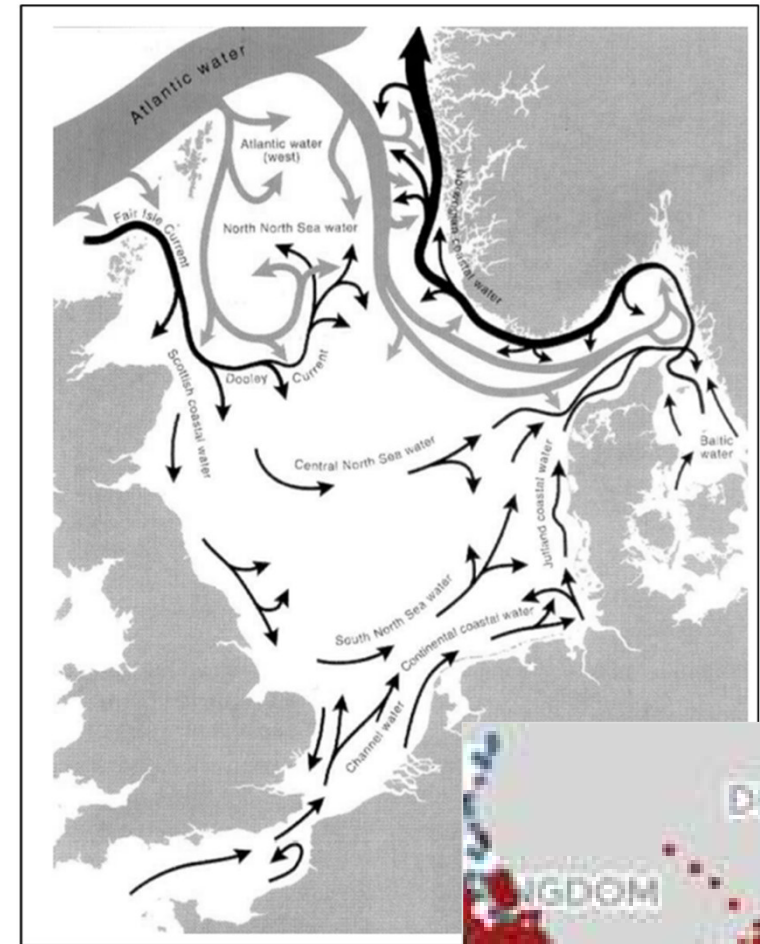
Lokale kilder

- Forurenede grunde → depoter, lossepladser, brandøvelsespladser og industrigrunde
- Udledninger fra industri, via rensningsanlæg mv.

Regionale kilder – Nordsøen

- Rensningsanlæg, depoter, industri m.fl.
- Afkast fra affaldsforbrænding
- Olieindustri (platforme m.v.)
- PFAS-produktion i England, Tyskland, Holland og Belgien
- Nedbør?

Hvas et al, 1998



The Forever Pollution Project

Undersøgelser i havvand

Fund af PFAS i Nordsøen

17-04-2023

Kemikalier NOVANA Vandmiljø PFAS

Flere forskellige PFAS-stoffer er fundet på otte lokaliteter i den sydlige danske del af Nordsøen. Nærmeste fund var over 20 kilometer fra kysten.

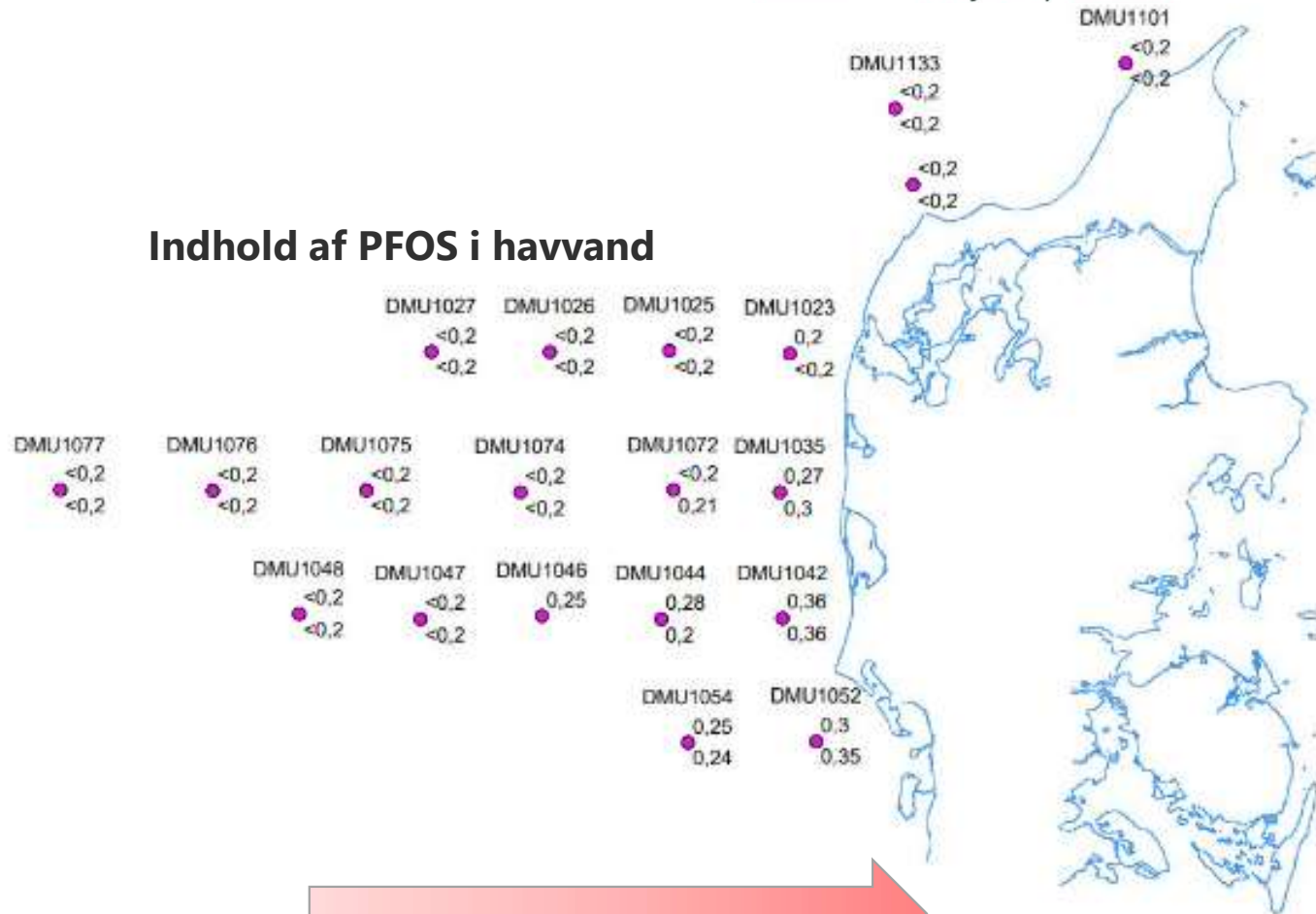


Miljøstyrelsens skib til prøvetagning. Arkivfoto: MST



Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Indhold af PFOS i havvand



Stigende indhold af PFOS



Badevand

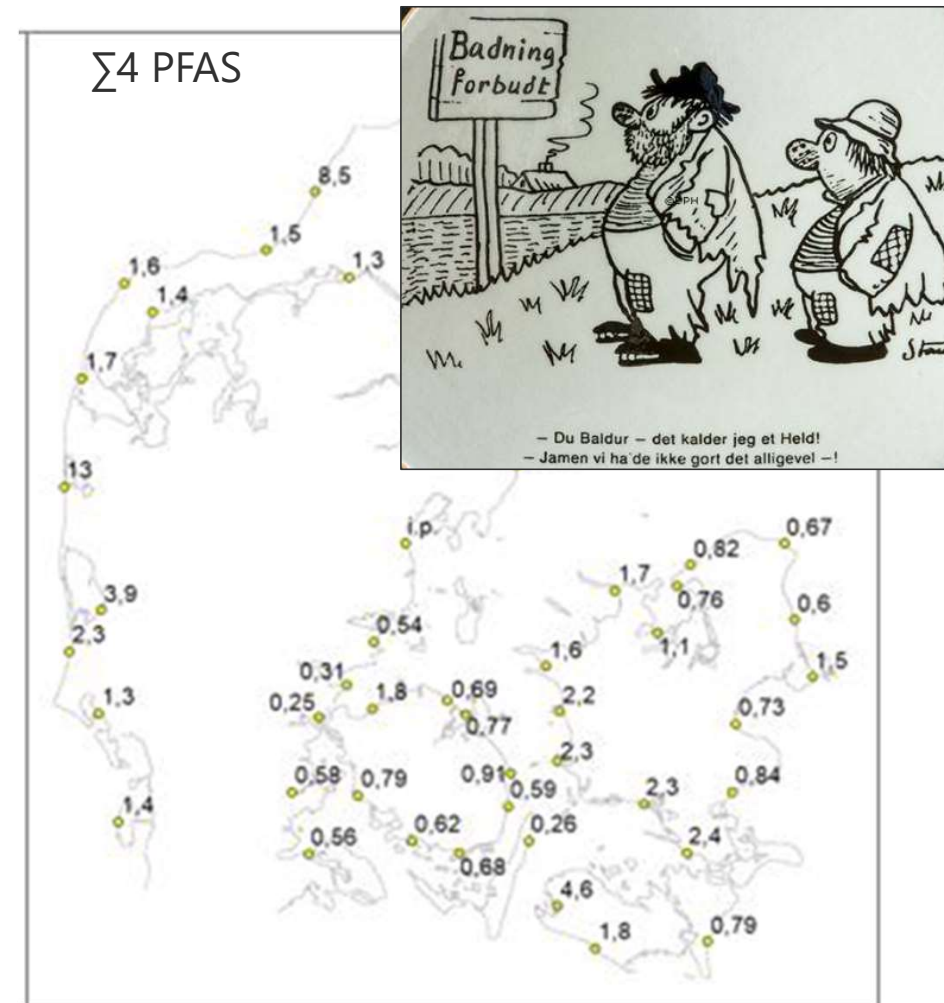
Badevand - Undersøgelse Miljøstyrelsen juli 2022

Kriteriet: 20 x drikkevandkriterier for badevand (hav- og ferskvand) – WHO princip:

- 40 ng/l for Σ PFOA, PFNA, PFHxS, PFOS

Kriterierne for badevand overholdes ifm. Miljøstyrelsens og kommunernes prøvetagning juli 2022.

Højeste indhold forekommer på Vestkysten og Vestsjælland



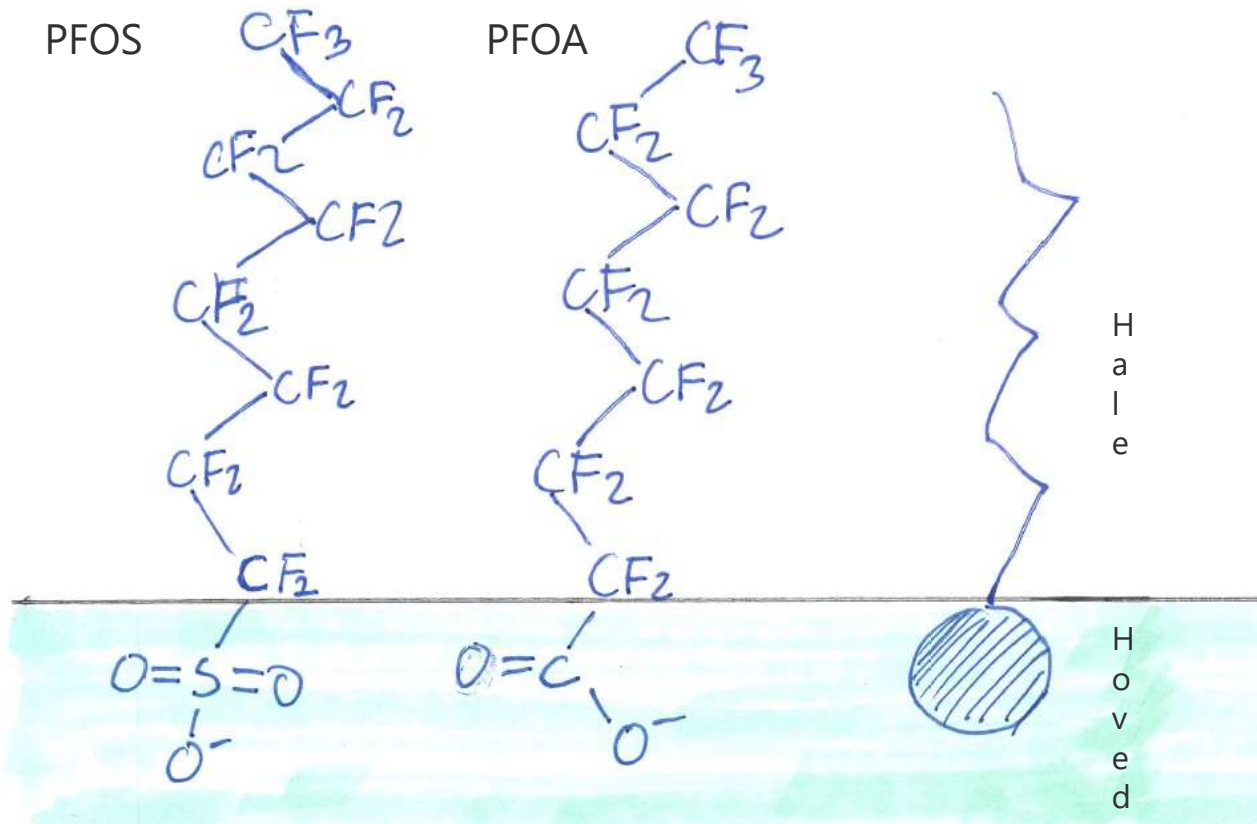
Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Hvad er det så med det havskum??

- Overfladeaktive stoffer
- PFAS er overfladeaktive og har affinitet for vand og luft
- Brænding skaber skum pga. naturlige stoffer
- Skum rummer et enormt areal af vand-luft overflade
- PFAS opkoncentreres i havskum



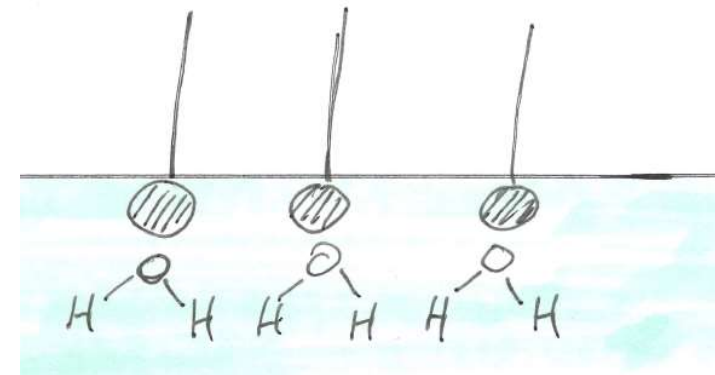
PFAS – anioniske surfactant



Surfactant er i termodynamisk ligevægt i grænseflade mellem luft /vand

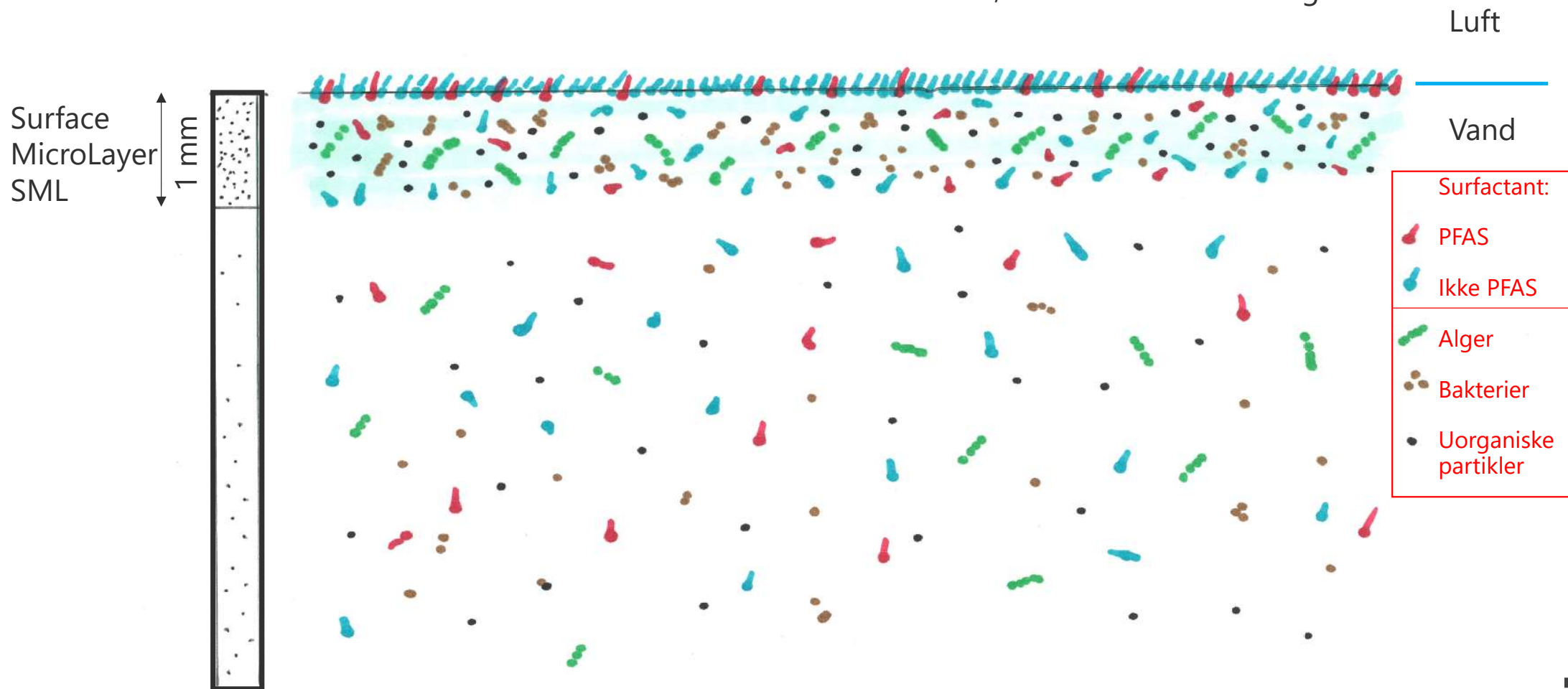
Luft

Vand



Surface MicroLayer - SML

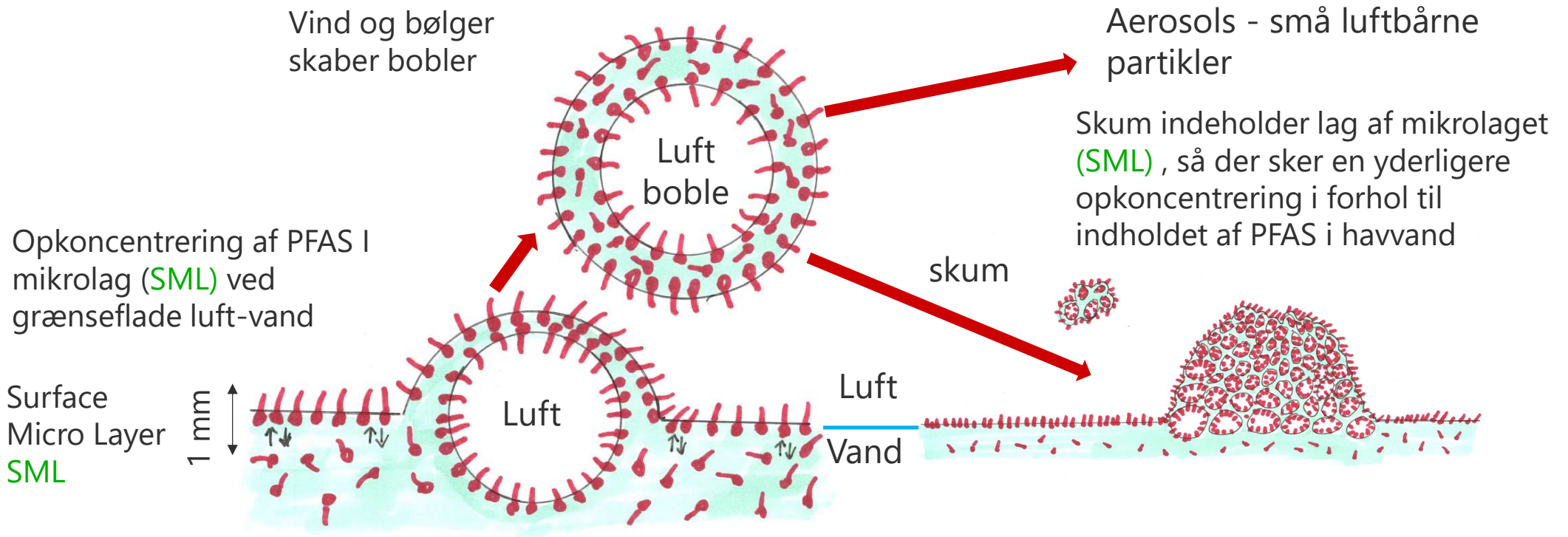
Opkoncentrering af PFAS, andre surfactants, bakterier mv. i mikrolag



Med inspiration fra: Wurl, O, et al 2017 Sea surface microlayer in a changing ocean – A perspective. *Elem Sci Anth*, 5: 31, DOI: <https://doi.org/10.1525/elementa.228>

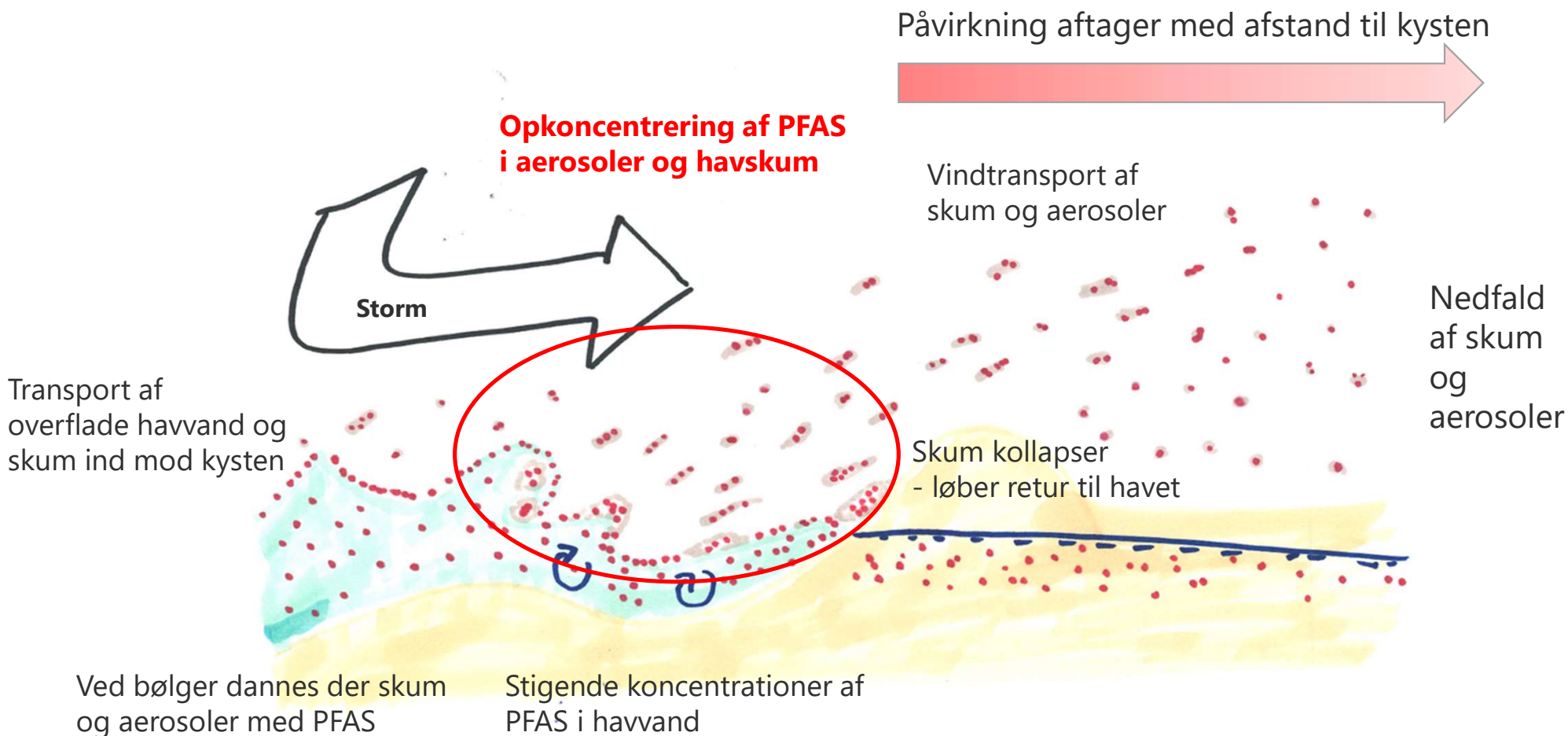
Hvad sker der I havet

PFAS vil opkoncentreres I grænseflade mellem vand og luft



Søren Rygaard Lenschow, NIRAS, srl@niras.dk

Spredning af PFAS fra havet til land under storm



Undersøgelse af havskum (Lemvig Kommune)

Opsporing af kilder i Thyborøn – mistanke om spredning af diffus forurening fra havet

Storm den 4. april 2022



Analyse af væskefase kollapset havskum

120.000 ng/l for $\Sigma 4$ PFAS

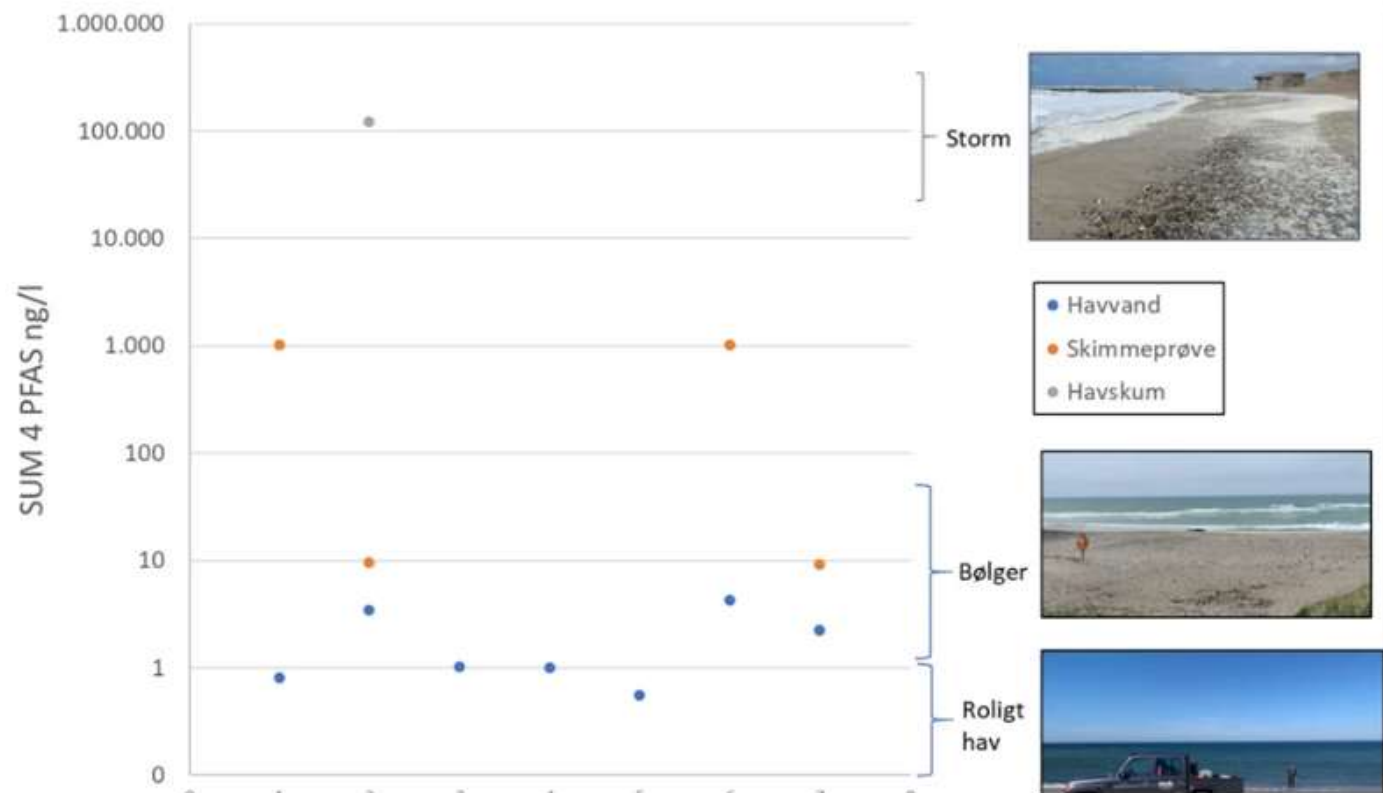
(Primært PFOS 70% and PFOA 18%)

Indhold i havvand, mikrolag og havskum

Undersøgelser udført af Lemvig Kommune og Region Midtjylland

Indhold i havvand og havskum varierer formentlig i tid af vejrforhold.

Skimmeprøver af mikrolag er svært at prøvetage og kan være svært at reproducere.

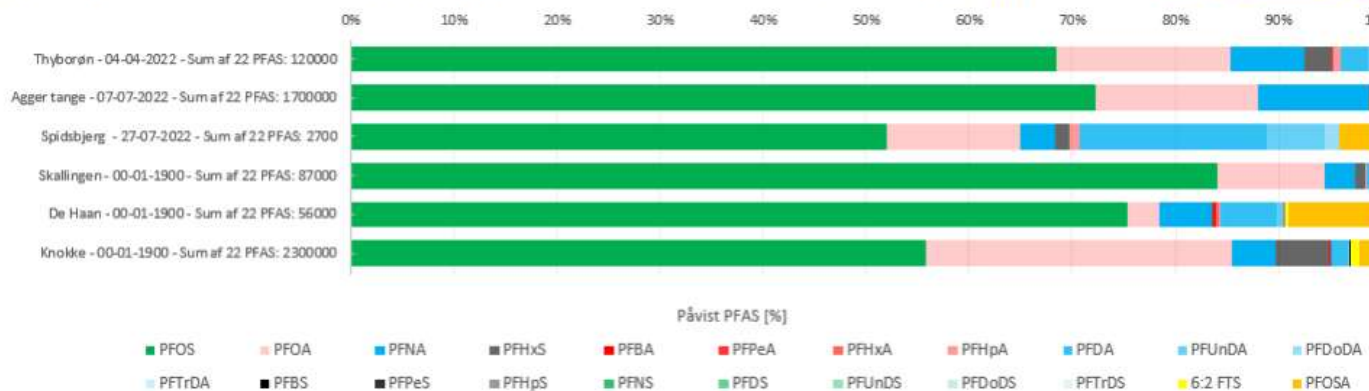
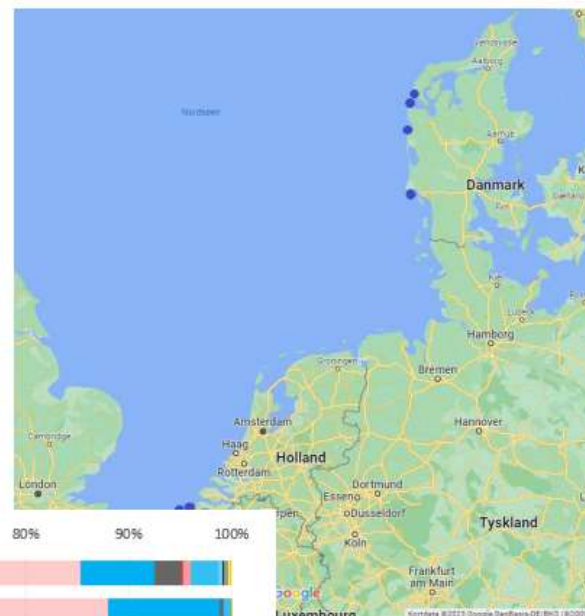


Figur 1: Fund af PFAS i havvand, mikrolag (skimmeprøver) og havskum. Bemærk y-aksen er logaritmiske skala

Flere skumprøver

Samme billede i øvrige skumprøver

Sted	Havvand/ overfladevand	Skum
	$\Sigma 4$ PFAS ng/l	
Agger Tange (Thy)	1.300 (indsø)	1.700.000 (indsø)
Spidsbjerg Strand (Midtjylland)	9 (hav)	1.900 (hav)
Skallingen (Esbjerg)	69 (indsø)	87.000 (indsø)
<i>Knokke</i>	<i>< 10 (hav)</i>	<i>8.700- 2.400.000 (hav)¹</i>



PFAS
fingeraftryk

Undersøgelse af havskum Belgien

Udført 2021-2022 af VITO for de belgiske sundhedsmyndigheder (AZG)

Lokalitet	Knokke	De Haan	Knokke	De Haan	De Haan	Knokke	Enhed
Prøve medie	Vand	Vand	Skum	Skum	Kontrol	Kontrol	
Lineær PFAS, i alt	<10	250	1.500.000	40.000	<10	<10	ng/L
PFAS, i alt	<10	250	2.400.000	51.000	<10	<10	ng/L
Lineære SUM 4 PFAS, i alt	<10	<10	1.400.000	36.000	<10	<10	ng/L
SUM 4 PFAS, i alt	<10	<10	2.200.000	47.000	<10	<10	ng/L



Tabel: Resultater af analyser af havvand og havskum ved Knokke og De Haan, Belgien 2021-2022. Modificeret efter Vito, 2023

PFAS opkoncentreres i havets brænding

Påvirker det grundvand, overfladevand, jord mv. ?

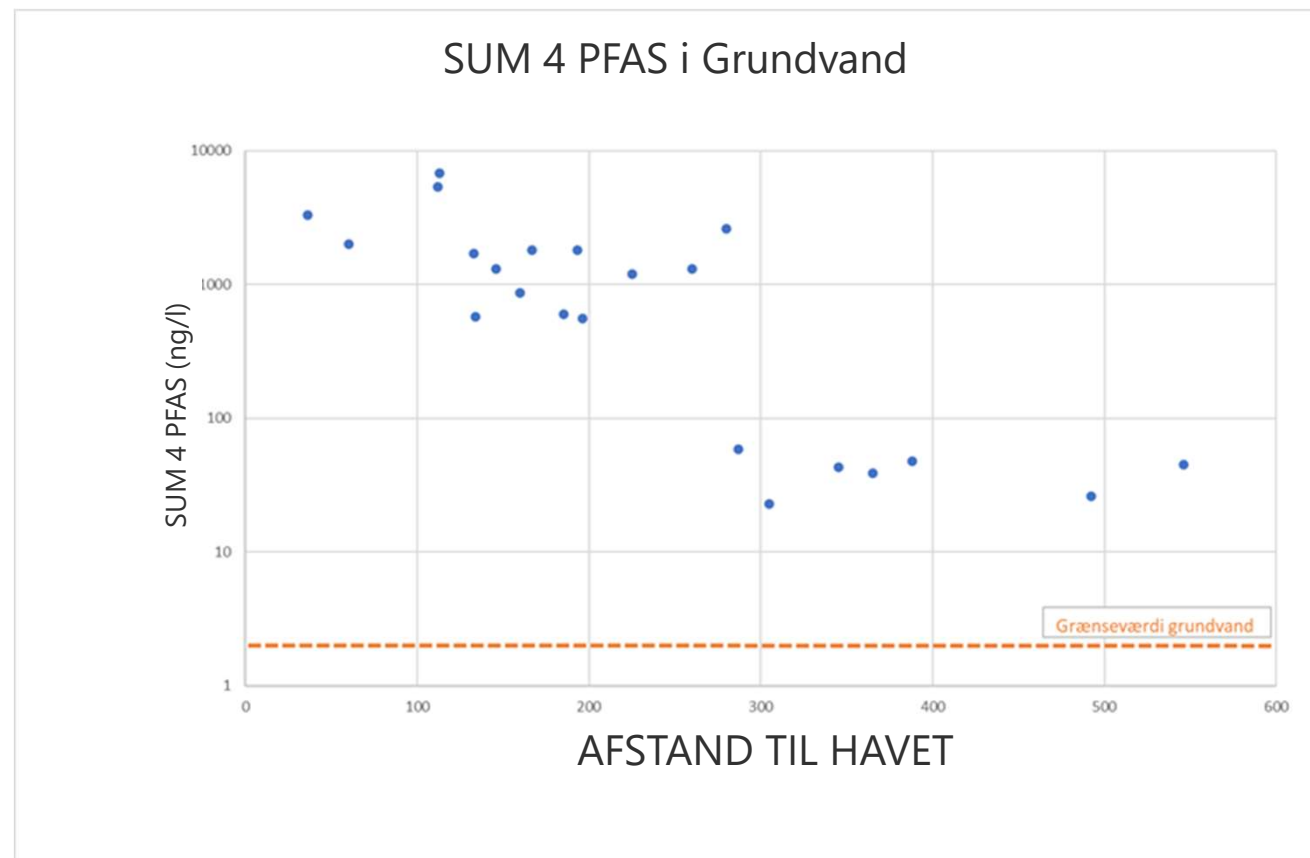
Undersøgelse Lemvig Kommune

Terrænnært grundvand

- Højeste indhold < 300 m fra kysten
- Op til 50 ng/l for $\sum 4$ PFAS 550 m fra kysten
- Ikke afgrænset til Harboøre Tange og Thyborøn
- Samme billede for dræn- og overfladevand

Mere:

- Påvirkning af kystnære vandværker? - Fanø, Hanstholm og Skagen?
- Flere undersøgelser på vej!



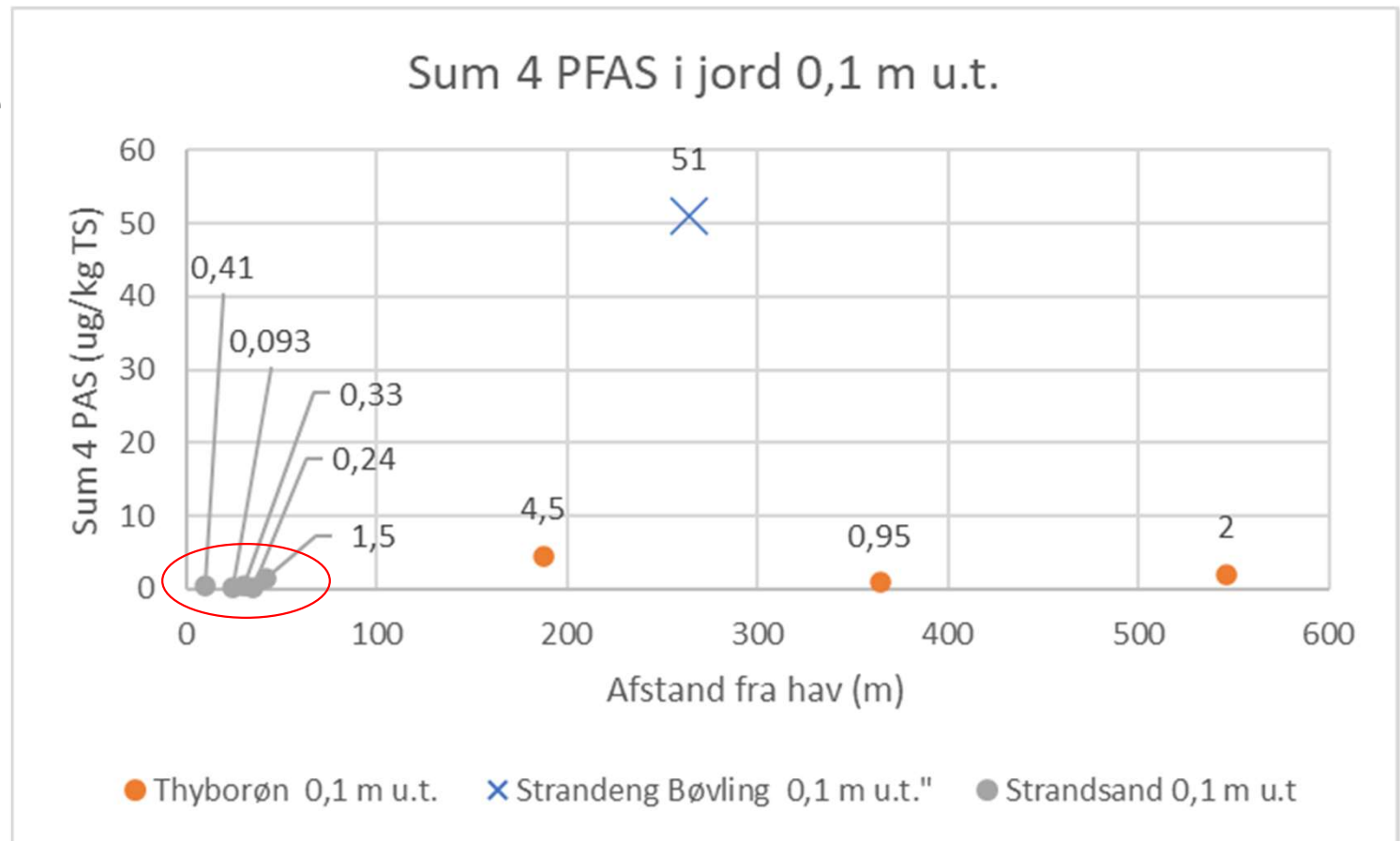
Afstand til havet – Jord (Lemvig Kommune)

Jord: Relativt lille datasæt. Jordtyper (muld, gytje og strandsand/kvartssand) kan have betydning for kapacitet for binding af PFAS på grund af varierende indhold af organisk stof, mineralogi, kornstørrelsesfordeling, vandindhold m.v.

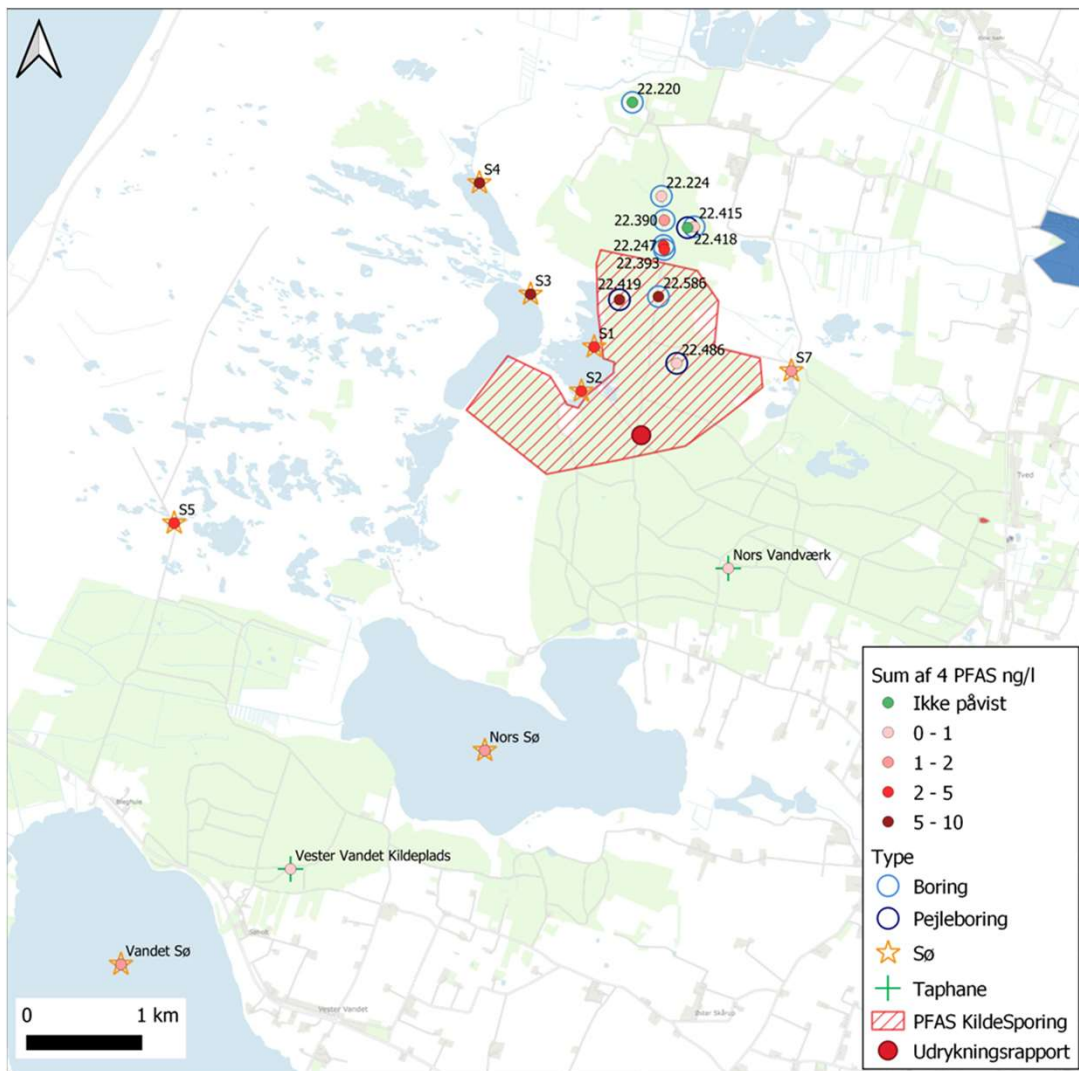
Fleste påviste indhold overskrider ikke MST jordkvalitetskriterium for $\Sigma 4$ PFAS: 10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS

Prøver af sand fra strand ved Knokke viser indhold under Belgiske kvalitetskriterier for naturreservat og rekreativt område (Vito, 2023).

Lave indhold i strandsand



PFAS Hanstholm kildeplads/Thisted Vand



Prøve	PFBA	PFBS	PFPeA	PFPeS	PFHxA	PFHxS	PFHpA	PFOA	PFOS	PFOSA	PFNA	Sum af 4 PFAS	Sum PFAS
S1	4,1	<0,30	0,57	<0,30	0,87	0,5	1,7	3,2	0,57	<0,30	0,31	4,6	12
S2	5,0	<0,30	0,62	<0,30	0,86	0,51	1,7	3,0	0,28	<0,30	<0,30	3,8	12
S3	4,0	<0,30	0,41	<0,30	0,62	0,63	1,4	3,4	0,91	<0,30	0,51	5,5	12
S4	3,8	0,34	0,66	<0,30	0,73	0,7	1,4	3,3	1,4	<0,30	0,53	5,9	13
S5	2,3	<0,30	<0,30	<0,30	0,41	0,58	0,85	1,8	0,63	<0,30	<0,30	3,0	6,6
S7	1,9	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	0,57	0,99	0,44	2,2	<0,30	1,4	6,1
V Vandet Sø	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	<1,0	i.m.	1,2	<1,0	i.m.	<1,0	1,2	i.m.
Nors Sø	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	i.m.	<1,0	i.m.	1,5	<1,0	i.m.	<1,0	1,5	i.m.
Nors taphane	i.m.	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<0,1	<1,0	<0,1	0,2	<1,0	<0,1	0,2	0,2
V Vandet taphane	i.m.	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	0,18	<1,0	0,14	0,19	<1,0	<0,1	0,51	0,51
Grundvands kvalitetskrav	**	**	**	**	**	*	**	*	*	**	*	2	100

Klitmøller vandværk

Vestre Vandet Vandværk

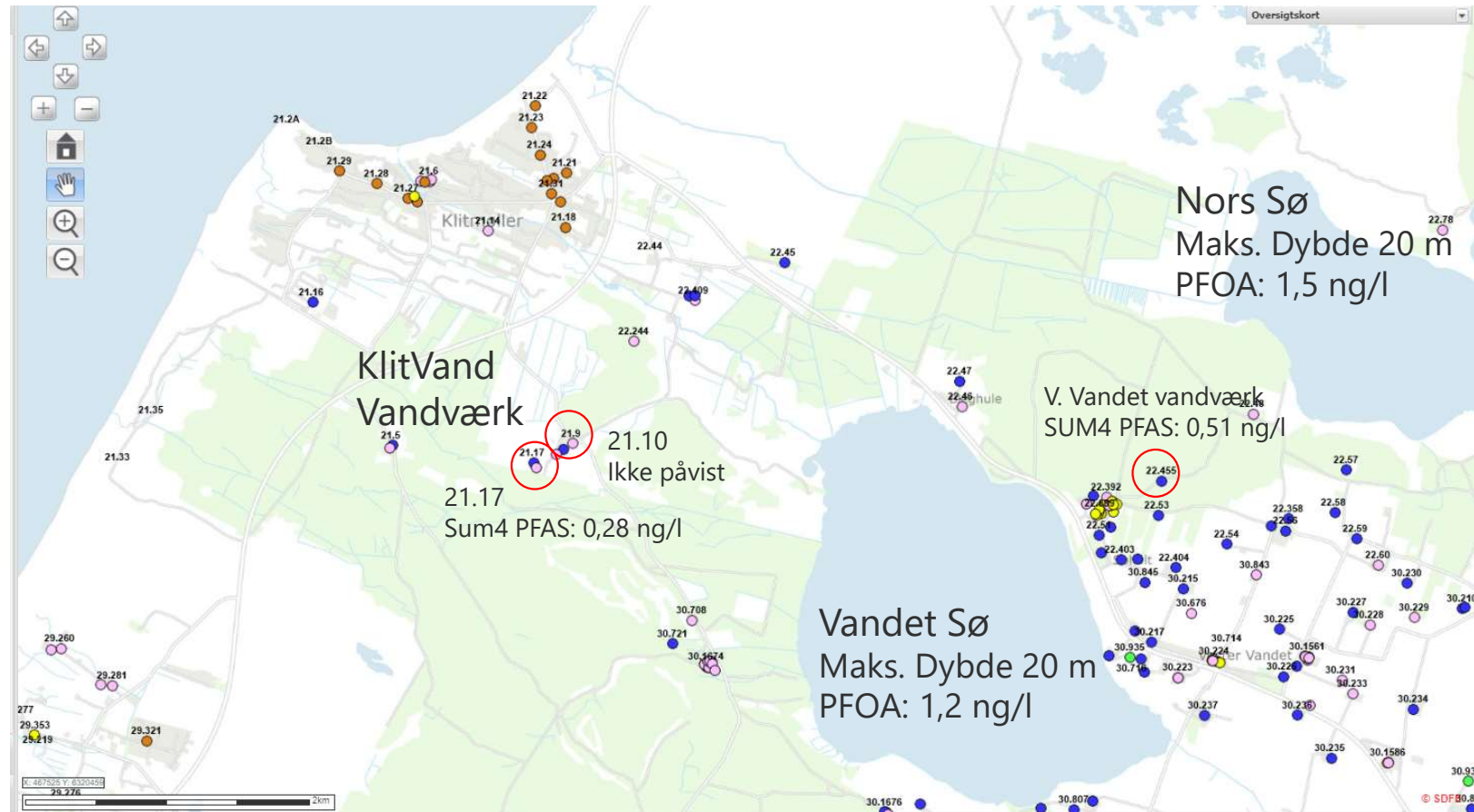
Taphane -
Sum 4 PFAS: 0,51 ng/l

KlitVand Vandværk

Boring 21.10 -
Sum 4 PFAS: 0,28 ng/l
Boring 21.17 – ikke påvist

PFAS i vandet og Nors Sø
(Prøvetagning af badevand
Thisted Kommune)

**Vandkvalitet overholder
grænseværdier i
drikkevand**



Undersøgelse af påvirkning af surfere

- Blodprøver fra ca. 50 surfere
- Prøver og analyser af havskum fra tre lokaliteter

Orienteringsmøde i Nr. Vorupør 26. maj 2023

- Aalborg Universitetshospital - Arbejds- og Miljømedicinsk Afdeling
- Holbæk Sygehus - Arbejds- og Socialmedicinsk Afdeling
- Syddansk Universitet
- Strandet
- NIRAS



NORDJYSKE 26. maj 2023

Læger vil undersøge blodprøver fra 40-50 surfere i Thy for at finde ud af, om de har forhøjet indhold af flourstoffer i kroppen som følge af de mange timer i bølgerne



Både lokale surfere og vinterbadere samt en del pressefolk deltog i informationsmødet hos Strandet torsdag aften. Foto: Ida Smith

Husk proportioner

- Drikkevand overholder grænseværdier
- PFAS er ikke en bekymring for den enkelte, men en bekymring for samfundet
- Andre veje til eksponering – fødevarer, fødevareemballage, sminke, tandtråd m.fl.
- Forbud mod PFAS i fødevareemballage 2020
- Køb dansk!



Spørgsmål?

Søren Rygaard Lenschow

Senior specialist, civilingeniør

NIRAS

Jupitervej 1

6000 Kolding

M: 23215487

E: srl@niras.dk