

# PFAS-monitering i grønlandske dyr

Kort sammenfatning af resultater fra arbejdet med PFAS i AMAP Core Programmet

---

Fagligt notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

Dato: 1. marts 2023 | **13**



AARHUS  
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

# Datablad

Fagligt notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

Kategori: Rådgivningsnotat

Titel: PFAS-monitoring i grønlandske dyr

Undertitel: Kort sammenfatning af resultater fra arbejdet med PFAS i regi af Arktisk Råd

Forfatter(e): Jens Søndergaard<sup>1</sup>, Rune Dietz<sup>1</sup>, Christian Sonne<sup>1</sup>, Katrin Vorkamp<sup>2</sup>, Rossana Bossi<sup>2</sup>  
Institution(er): <sup>1</sup>Institut for Ecoscience og <sup>2</sup>Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet

Faglig kommentering: Pia Lassen  
Kvalitetssikring, DCE: Kirsten Bang

Ekstern kommentering: Ingen ekstern kommentering

Rekvirent: Miljøstyrelsen

Bedes citeret: Søndergaard, J., Dietz, R., Sonne, C., Vorkamp, K., Bossi, R., 2023. PFAS-monitoring i grønlandske dyr - Kort sammenfatning af resultater fra arbejdet med PFAS i AMAP Core Programmet. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 14 s. - Fagligt notat nr. 2023|13  
[https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notater\\_2023/N2023\\_13.pdf](https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notater_2023/N2023_13.pdf)

Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse

Sideantal: 14

## Baggrund

Miljøstyrelsen (MST) har d. 21. februar 2023 anmodet om et kort notat fra Nationalt Center for Miljø og Energi (DCE) ved Aarhus Universitet (AU) vedr. måling af per- og polyfluorede alkylerede stoffer (PFAS) i grønlandske dyr.

PFAS er en samlebetegnelse for flere tusinde fluorholdige, svært nedbrydelige stoffer, hvoraf nogle er miljøfarlige og sundhedsskadelige. Kemisk set er PFAS organiske forbindelser med kulstofkæder, hvor brintatomer på kulstofkæden erstattes med fluor. Der skelnes mellem kortkædede (op til 6-8 C-atomer) og langkædede (over 6-8 C-atomer). De mest velundersøgte stoffer i gruppen er perfluoroktansulfonat (PFOS) og perfluoroktansyre (PFOA) (med 8 C-atomer), som sammen med perfluorhexansulfonat (PFHxS) er på FN's Stockholm Konvention for svært nedbrydelige organiske forbindelser (*persistent organic pollutants*, POPs). De langkædede perfluorcarboxylsyrer (PFCA'er) og deres "precursors" (som kan omdannes til PFCA'er) er nu foreslået som gruppe til Stockholm Konventionen". Forekomsten af PFAS i Arktis har fået fornyet opmærksomhed med nylige studier af PFAS i iskerner og isbjørne på Svalbard (Hartz et al., 2023, Herzke et al., 2023).

Måling af PFAS i grønlandske dyr foregår som en del af det Arktiske Monitorings og Assessment Program (AMAP) Core, der ledes af DCE, og som følger udviklingen af kontaminanter i Grønland. Programmet blev første gang gennemført i 1994, og er siden løbende blevet gennemført. DCE-AU har dog indsamlet prøver af isbjørne og ringsæler siden 1982-1983, som er arkiveret i DCE-AU's prøvebank, og derfor findes der måledata inkl. PFAS fra disse perioder, som retrospektivt er målt i de arkiverede vævsprøver. De arkiverede prøver i prøvebanken er således meget værdifulde ift. måling af 'nye' kontaminanter, der ikke tidligere er blevet målt. Resultaterne for tidsudviklingen i kontaminanter er løbende blevet brugt i internationale AMAP Assessments, videnskabelige publikationer og som input i regulering af stofferne under Stockholm Konventionen.

### Hvilke arter og væv måles for PFAS og hvor indsamles de?

I AMAP Core programmet indsamles og analyseres lever fra de arktiske nøglearter isbjørn og ringsæl for PFAS. Ringsælerne indsamles hvert andet år ved Qeqertarsuaq (Disko) i Vestgrønland og ved Ittoqqortoormiit (Scoresbysund) i Østgrønland, mens isbjørnene indsamles fra Ittoqqortoormiit hvert år. Indsamlingerne inkluderer 15-20 sæler og 15 isbjørne fra hver lokalitet per indsamling. De samme dyr analyseres typisk også for andre kontaminanter, så det er muligt at sammenligne koncentrationer og tidstrends for flere kontaminanter i dyrene. Resultaterne fra AMAP Core afrapporteres i faglige notater til MST som afslutning på hver monitoringsperiode, typisk ca. hvert andet år.

### Hvilke PFAS måles og hvorfor?

Der måles i øjeblikket 'rutinemæssigt' 18 forskellige PFAS i AMAP Core programmet: PFOS, PFHxS, PFOSA, PFOA, PFNA, PFDA, PFUnA, PFDoA, PFTrA, PFHpS, PFDS, PFHxA, PFHpA, PFBS, PFTeA, 9-Cl-PF, 11-Cl-PF og PFECHS. Disse stoffer er udvalgt på basis af den videnskabelige litteratur samt andre internationale PFAS monitoringsprogrammer. Ud over PFOS, PFOA og PFHxS, som er reguleret under Stockholm Konventionen, indeholder programmet dermed også en række ikke-regulerede stoffer. TFA, der er

nævnt i studierne fra Svalbard (Hartz et al., 2023, Herzke et al., 2023), indgår ikke i målingerne, men som en meget kortkædet PFAS (2 C-atomer) forventes den ikke at være bioakkumulerbar. I AMAP Core 2016-2018 blev der fundet målbare koncentrationer af de langkædede PFAS; 9-Cl-PF, 11-Cl-PF og PFECHS i isbjørne og ringsæler under screeningsdelen for 'nye kontaminanter' i AMAP Core. De kortkædede PFAS; perfluorbutansyre (PFBA) og perfluorbutansulfonamid (FBSA), var ligeledes medtaget i undersøgelsen. Disse blev dog ikke detekteret i de grønlandske dyr. Generelt bioakkumulerer de kortkædede PFAS ikke i samme omfang som de langkædede PFAS, hvorfor PFAS-mønstre i forskellige typer miljøprøver og prøver fra forskellige trofiske niveauer kan være meget forskellige. For det igangværende AMAP Core projekt vil der blive foreslået et suspect-screeningsstudie for PFAS i de grønlandske prøver under 'Nye kontaminanter'- delprojektet for at kunne inddrage flere PFAS-forbindelser. Resultaterne fra PFAS screeningsstudiet vil blive brugt til at opdatere måleprogrammet for PFAS i isbjørne og ringsæler i AMAP Core for de kommende år med nye PFAS.

### **Hvor mange år er der målt PFAS, og hvad viser niveauer og tidstrends i dyrene?**

Der foreligger pt. PFAS-data fra grønlandske AMAP-prøver fra perioden 1982 til 2019, som inkluderer data fra 11 forskellige år for ringsæler og 30 forskellige år for isbjørne. De enkelte målte år fremgår af figurerne i Appendiks 1. De seneste indsamlinger fra 2020 og 2021 er netop ved at blive analyseret, og indgår derfor ikke i nærværende notat. Appendiks 1 viser figurer med udviklingen i PFAS i juvenile isbjørne og ringsæler (op til 5 år gamle) for perioden 1982-2019.

Koncentrationerne af PFAS i isbjørne fra Ittoqqortoormiit ligger ca. 10 gange højere end i ringsælerne. Niveauerne i isbjørnene fra Ittoqqortoormiit er blevet vurderet i forhold til toksiske niveauer, hvor specielt karcinogene effekter er blevet påvist for de pågældende isbjørne i perioden omkring 2006, hvor de højeste PFOS koncentrationer blev påvist (Dietz et al. 2018).

Tidsudviklingen er meget forskellig for de individuelle PFAS, som nærmere beskrevet i Rigét et al. (2013). Rigét et al. (2016) sætter derudover PFAS i perspektiv med andre organiske forbindelser. Appendiks 2 viser en tabel med statistiske resultater for tidstrendsanalyserne af de enkelte PFAS for juvenile isbjørne og ringsæl for perioden 1982-2019. For den tidsmæssige udvikling i PFAS frem til 2019 er de overordnede konklusioner følgende:

- For PFOS viser tidsserierne et maksimum mellem 2005 og 2010 i både isbjørne og ringsæler, hvorefter der ses et fald. I isbjørne sås dog igen en stigning for ca. fem år siden, men data fra 2019 tyder på, at der er ved at ske et fald igen. Overordnet set tyder dette på, at PFOS i grønlandske dyr kan have toppet som følge af det frivillige produktionsstop, som skete forud for den internationale regulering.
- For PFOA er niveauerne generelt meget lave med halvdelen eller flere af de årlige medianværdier under detektionsgrænsen for ringsælerne. Her er det kun muligt at beregne en tidstrend for isbjørnene, som har været signifikant langsomt stigende over måleperioden med 2.7% per år. Så selvom PFOA er internationalt reguleret, er der altså ikke tegn på et fald i de grønlandske dyr endnu.

- PFHxS er primært påvist i isbjørne og ringsæler fra Ittoqqortoormiit. For isbjørne ses omtrent samme forløb som PFOS, dog på et betydeligt lavere niveau. Der er ingen tendens for ringsælerne.
- PFOSA er over de seneste år steget og kan nu påvises i ringsæler både fra Ittoqqortoormiit og Qeqertarsuaq. PFOSA er påvist i isbjørne over hele perioden og viser de samme tendenser som PFOS.
- PFCA'erne (her PFDA, PFNA, PFUnA) viser signifikant stigende koncentrationer gennem perioden fra de første målinger i 1980'erne. De seneste års data for ringsæler indikerer dog, at niveauerne kan være begyndt at falde (dog kun signifikant for PFUnA).
- De 'nye' PFAS, som for eksempel PFECHS, der for nylig er påvist i isbjørne på Svalbard (Herzke et al., 2023), har siden 2016 været inkluderet i AMAP Core måleprogrammet og er påvist i isbjørne fra Ittoqqortoormiit. Data ikke vist i bilag, da det pga. de få års data ikke er muligt at beregne en tidstrend.
- Mere generelt for isbjørne ved Ittoqqortoormiit skete der en markant stigning i flere PFAS omkring 2016, som dog for de fleste stoffer er faldet i de efterfølgende år. En del af forklaringen på disse stigninger kan være koblet til isbjørnenes ændring i fødevalg (Dietz et al. 2021).

Der bør fortsat være fokus på PFAS i grønlandske dyr pga. deres skadevirkning, og fordi PFAS betragtes som 'evigheds-kemikalier' med meget lang nedbrydningstid i miljøet. Løbende monitorering af PFAS i grønlandske dyr vil vise, om den internationale regulering, bl.a. via Stockholm Konventionen, har den ønskede effekt samt påvise de 'nye' PFAS, der til stadighed tages i brug i industrien.

## Referencer

Dietz, R., Desforges, J-P, Gustavson, K., Sonne, C., Rigét, F.F., Born, E.W., Letcher, R.J., 2018. Immunologic, reproductive, and carcinogenic risk assessment in East Greenland polar bears (*Ursus maritimus*) during the period 1983-2013. *Environment International*, 118, 169-178.

Dietz, R., Rigét, F.F., Eulaers, I., Desforges, J.-P., Vorkamp, K., Bossi, R., Søndergaard, J., Ambus, P. McKinney, M., Letcher, R.L. & Sonne, C. 2021. Unexpected Increases of Persistent Organic Pollutant and Mercury levels in East Greenland Polar Bears (UNEXPECTED). Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 44 pp. Technical Report No. 214. <http://dce2.au.dk/pub/TR214.pdf>

Hartz, W.F., Bjørnsdatter, M.K., Yeung, L.W.Y., Hodson, A., Thomas, E.R., Humby, J.D., Day, C., Jogsten, I.E., Kärrman, A., Kallenborn, R., 2023. Levels and distribution profiles of Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) in a high Arctic Svalbard ice core. *Science of the Total Environment*, 871, 161830.

Herzke, D., Nikiforov, V., Yeung, L.W.Y., Moe, B., Routti, H., Nygård, T., Gabrielsen, G.W., Hanssen, L., 2023. Targeted PFAS analyses and extractable organofluorine – Enhancing our understanding of the presence of unknown PFAS in Norwegian wildlife. *Environment International*, 171, 107640.

Rigét, F., Bossi, R., Sonne, C., Vorkamp, K., Dietz, R. (2013). Trends of per-fluorochemicals in Greenland ringed seals and polar bears: Indications of shifts to decreasing trends. *Chemosphere*, 93, 1607-1614.

Rigét, F., Vorkamp, K., Bossi, R., Sonne, C., Letcher, R.J., Dietz, R. (2016). Twenty years of monitoring of persistent organic pollutants in Greenland biota. A review. *Environmental Pollution*, 217, 114-123.

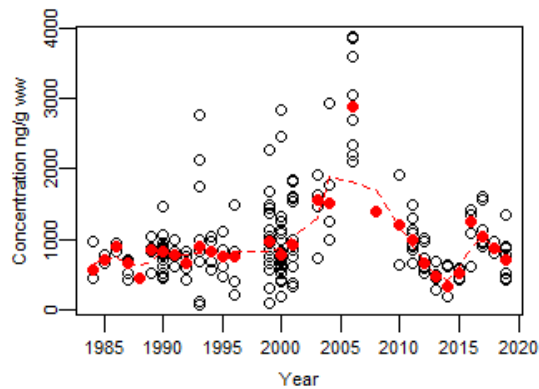
## Appendiks 1. Tidsserier for udvalgte PFAS i juvenile isbjørne og ringsæler (op til 5 år gamle).

Følgende vises på figurerne:

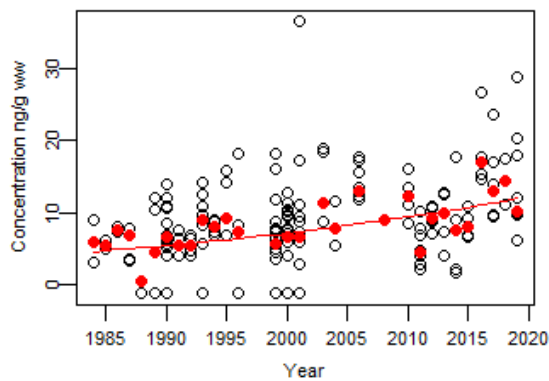
- Åben sort cirkel angiver de enkelte koncentrationstværdier.
- Rød cirkel angiver den årlige medianværdi.
- Violet cirkel angiver estimeret årlig medianværdi.
- Sort linje angiver ikke signifikant log-lineær regressionslinje.
- Rød linje angiver signifikant log-lineær regressionslinje.
- Rød stiplede linje angiver signifikant smoother-linje (signifikant ikke-log-lineær trend).

### Isbjørne (Ittoqqortoormiit):

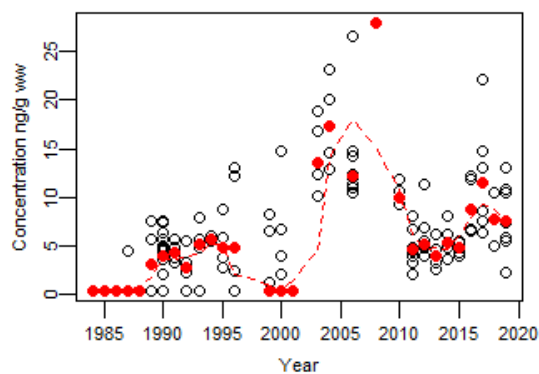
PFOS, Polar bear, juvenile, Ittoqqortoormiit



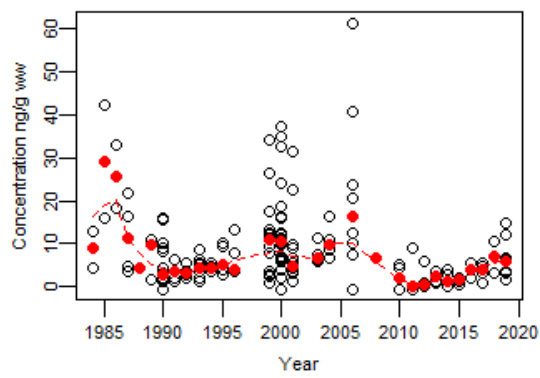
PFOA, Polar bear, juvenile, Ittoqqortoormiit



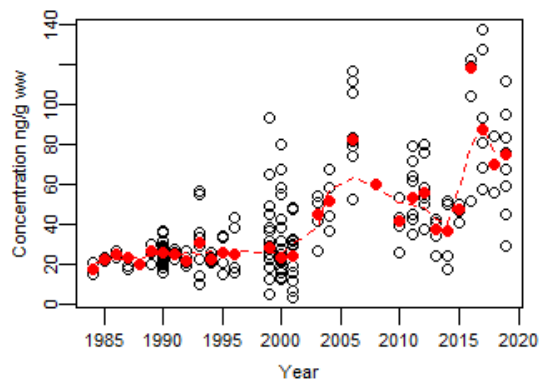
PFHxS, Polar bear, juvenile, Ittoqqortoormiit



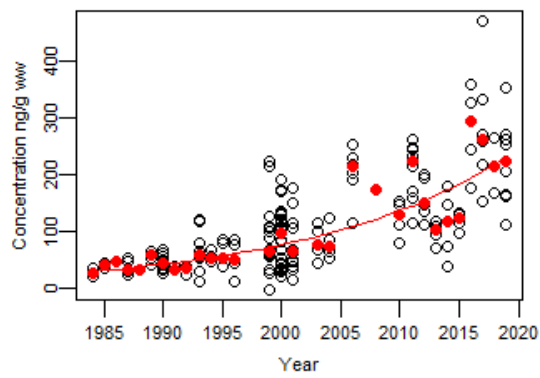
PFOSA, Polar bear, juvenile, Ittoqqortoormiit



PFDA, Polar bear, juvenile, Ittoqqortoormiit

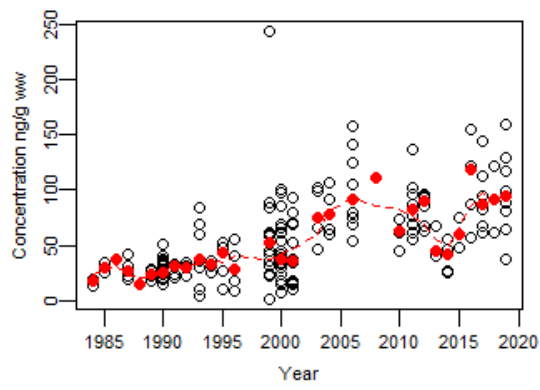


PFNA, Polar bear, juvenile, Ittoqqortoormiit



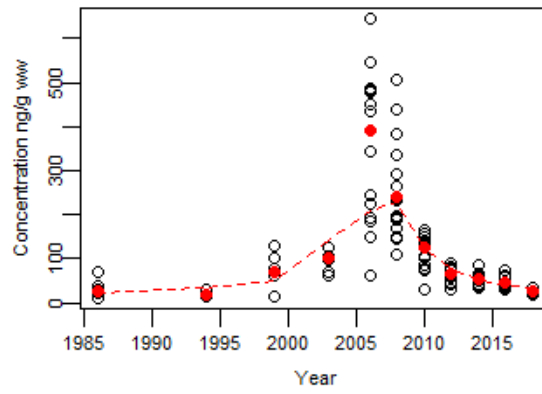


PFUnA, Polar bear, juvenile, Ittoqqortoormiit

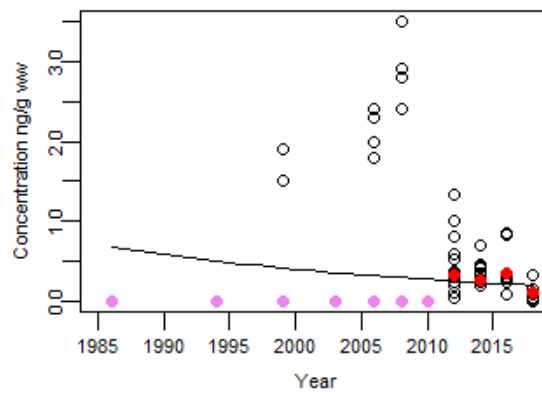


**Ringsæler (Ittoqqortoormiit):**

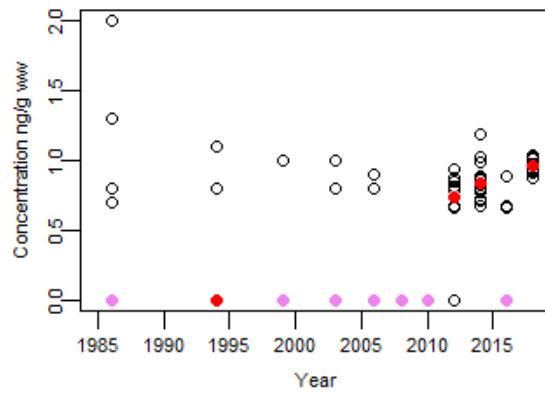
PFOS, Ringed seal, juvenile, Ittoqqortoormiit



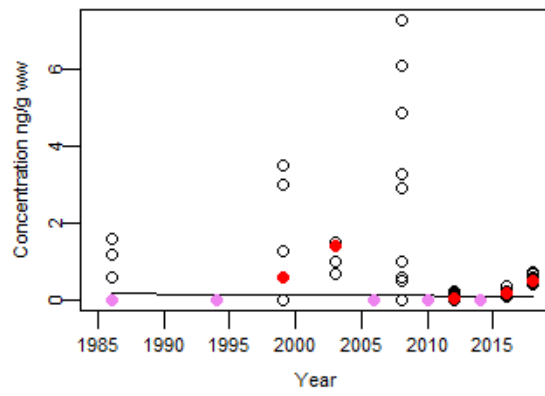
PFOA, Ringed seal, juvenile, Ittoqqortoormiit



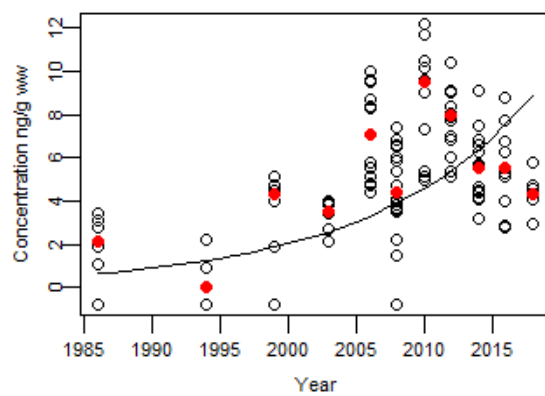
PFHxS, Ringed seal, juvenile, Ittoqqortoormiit



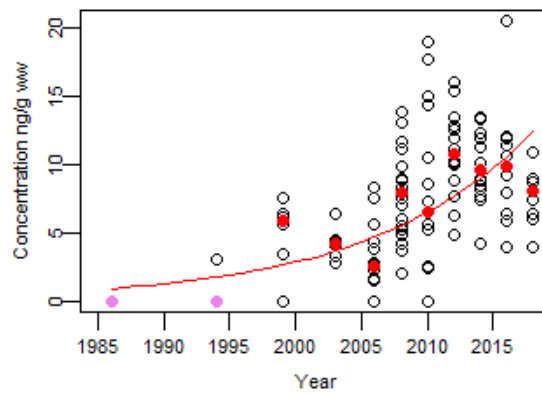
PFOSA, Ringed seal, juvenile, Ittoqqortoormiit



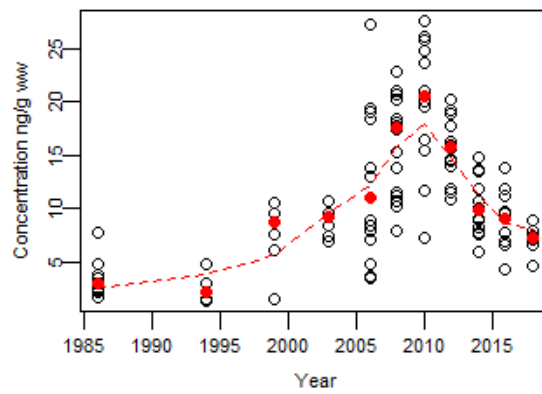
PFDA, Ringed seal, juvenile, Ittoqqortoormiit



PFNA, Ringed seal, juvenile, Ittoqqortoormiit

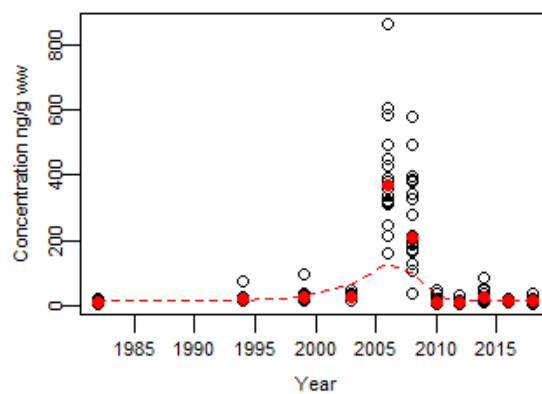


PFUnA, Ringed seal, juvenile, Ittoqqortoormiit

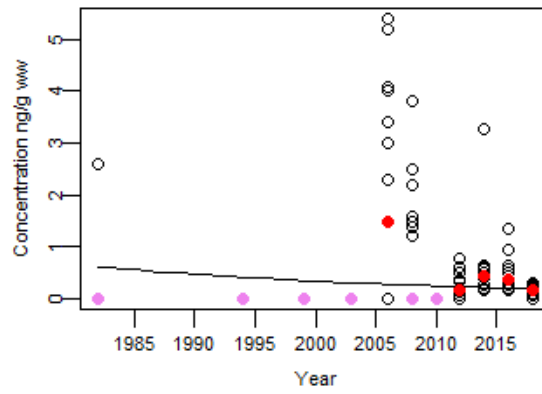


Ringsæler (Qeqertarsuaq):

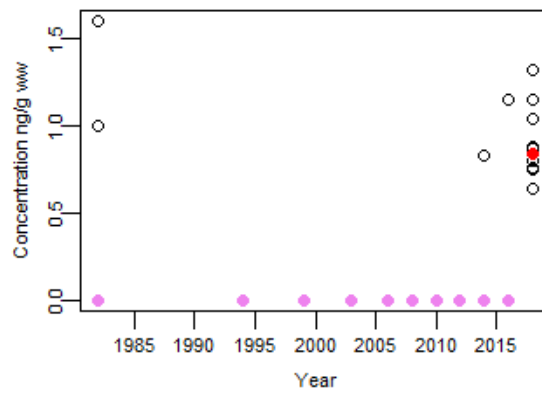
PFOS, Ringed seal, juvenile, Qeqertarsuaq



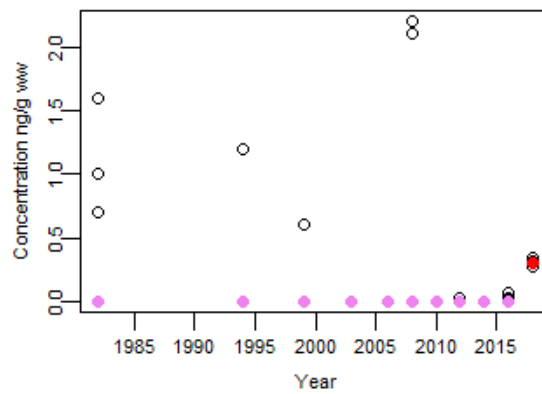
PFOA, Ringed seal, juvenile, Qeqertarsuaq



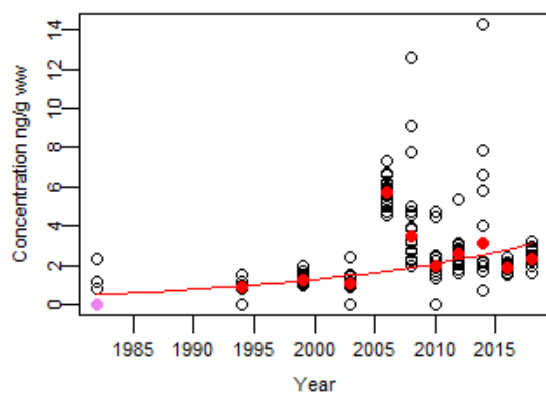
PFHxS, Ringed seal, juvenile, Qeqertarsuaq



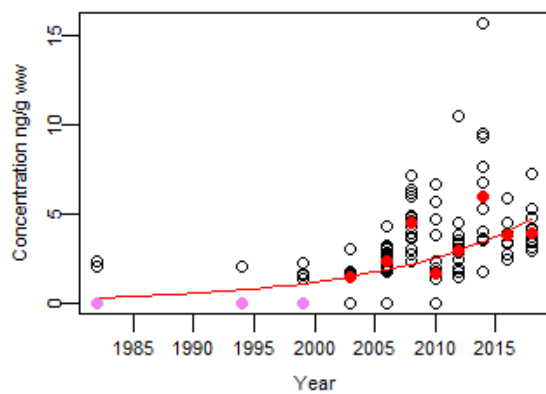
PFOSA, Ringed seal, juvenile, Qeqertarsuaq



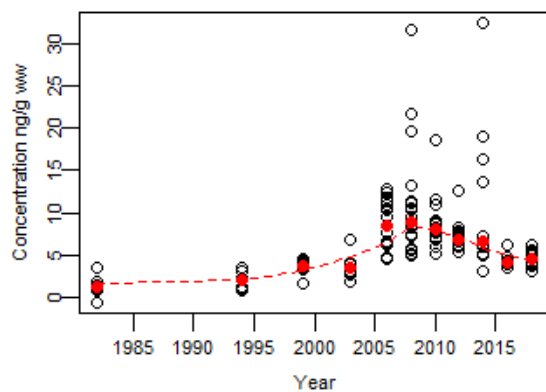
PFDA, Ringed seal, juvenile, Qeqertarsuaq



PFNA, Ringed seal, juvenile, Qeqertarsuaq



PFUnA, Ringed seal, juvenile, Qeqertarsuaq



## Appendiks 2. Resultater for statistiske tidstrendsanalyser af udvalgte PFAS i juvenile isbjørne og ringsæler (op til 5 års gamle)

Stoffer markeret med rødt i tabellen markerer, at halvdelen eller flere af de årlige medianværdier var under detekteringsgrænsen, hvorfor det ikke er muligt at teste for en ikke-lineær trendkomponent.

Stof	Art	Område	Periode	År med data	Årlig ændring	p for log-lineær trend	p for ikke log-lineær trend
PFOS	Isbjørn, juv, lever	Ittoqqortoormiit	1984-2019	30	+0.5%	0.13	<0.01**
PFHxS	Isbjørn, juv, lever	Ittoqqortoormiit	1984-2019	30	+7.4%	<0.01**	<0.01**
PFOSA	Isbjørn, juv, lever	Ittoqqortoormiit	1984-2019	30	-4.1%	<0.01**	<0.01**
PFOA	Isbjørn, juv, lever	Ittoqqortoormiit	1984-2019	30	+2.7%	<0.01**	0.18
PFNA	Isbjørn, juv, lever	Ittoqqortoormiit	1984-2019	30	+5.8%	<0.01**	0.05
PFDA	Isbjørn, juv, lever	Ittoqqortoormiit	1984-2019	30	+3.8%	<0.01**	<0.01**
PFUnA	Isbjørn, juv, lever	Ittoqqortoormiit	1984-2019	30	+4.2%	<0.01**	0.01*
PFDoA	Isbjørn, juv, lever	Ittoqqortoormiit	1984-2019	30	+2.3%	<0.01**	<0.01**
PFTTrA	Isbjørn, juv, lever	Ittoqqortoormiit	1984-2019	30	+3.3%	<0.01**	0.02*
PFOS	Ringsæl, juv, lever	Ittoqqortoormiit	1986-2018	11	+4.2%	0.02*	<0.01**
PFOA	Ringsæl, juv, lever	Ittoqqortoormiit	1986-2018	11	+0.4	0.20	
PFOA	Ringsæl, juv, lever	Ittoqqortoormiit	1986-2018	11	-3.8	0.16	
PFNA	Ringsæl, juv, lever	Ittoqqortoormiit	1986-2018	11	+8.1%	<0.01**	
PFDA	Ringsæl, juv, lever	Ittoqqortoormiit	1986-2018	11	+8.3%	0.10	0.89
PFUnA	Ringsæl, juv, lever	Ittoqqortoormiit	1986-2018	11	+4.7%	<0.01**	0.01*
PFOS	Ringsæl, juv, lever	Qeqertarsuaq	1982-2018	11	+1.5%	0.58	0.02*
PFOA	Ringsæl, juv, lever	Qeqertarsuaq	1982-2018	11	-3.3%	0.19	
PFNA	Ringsæl, juv, lever	Qeqertarsuaq	1982-2018	11	+7.6%	<0.01**	
PFDA	Ringsæl, juv, lever	Qeqertarsuaq	1982-2018	11	+5.0%	<0.01**	
PFUnA	Ringsæl, juv, lever	Qeqertarsuaq	1982-2018	11	+4.7%	<0.01**	0.01*