



PFAS Gruppeundersøgelse

Eksponering for PFAS blandt beboere i Kvistgård og ansatte ved virksomheden Acccoat, Munkegårdsvej 16, 3490 Kvistgård.

6. januar 2026

Indholdsfortegnelse

Resumé	2
Bidragydere	3
1. Introduktion.....	3
1.1 Baggrund.....	3
1.2 Formål	4
2. Metode.....	5
2.1 Studiedesign.....	5
2.2 Rekruttering af deltagere	5
2.3 Blodprøvetagning.....	6
2.4 Analyse af PFAS.....	6
2.5 Spørgeskema	7
2.6 Ekstern sammenligningsgruppe.....	7
2.7 Statistiske analyser	7
2.8 Etik	8
3. Resultater.....	8
3.1 Karakteristika for deltagere	8
3.2 Serumkoncentrationer af PFAS	8
3.3 Regressionsanalyser	9
4. Diskussion og konklusion	14
4.1 Eksponering for PFAS i Kvistgård.....	14
4.2 Målinger af TFA	15
4.3 Begrænsninger og styrker	16
5. Referencer.....	16

Resumé

Baggrund

Per- og polyfluoralkylstoffer (PFAS) er persistente og mobile og eksponering kan være forbundet med sundhedsskadelige effekter hos mennesker. Industriel anvendelse af PFAS kan medføre udledning til det omgivende miljø, men den eksisterende viden om PFAS i industrielle luftemissioner og medfølgende eksponering af beboere i nærområder er begrænset.

Endvidere kan ansatte i industrivirksomheder, der anvender PFAS, være udsat for eksponering i arbejdsmiljøet.

I Kvistgård ligger teflonvirksomheden Acccoat, som anvender PFAS til belægning af industriprodukter. Formålet med denne gruppeundersøgelse var at analysere serumkoncentrationer af relevante PFAS blandt hhv. beboere i Kvistgård og ansatte ved Acccoat og ved sammenligning med målinger fra et udsnit af baggrundsbefolkningen at afklare potentiel forekomst af:

- **eksponering for PFAS** i relation til luftemissioner fra en teflonvirksomhed.
- **eksponering for PFAS i arbejdsmiljøet** i en teflonvirksomhed.

Metode

I maj og juni 2025 blev 488 beboere i Kvistgård og 35 ansatte ved Acccoat inviteret til at deltage i gruppeundersøgelsen. Heraf deltog 107 beboere og 26 ansatte (deltagelse 22% og 74%), som fik taget blodprøver med efterfølgende analyse af indhold af 16 forskellige PFAS (ultrakort-, kort- og langkædede). Deltagere besvarede desuden et spørgeskema.

Beboere blev inviteret til at deltage i gruppeundersøgelsen med udgangspunkt i afstanden mellem deres bopæl og Acccoat. Denne udvælgelse gjorde det muligt at sammenligne serumkoncentrationer af PFAS hos beboere tæt på (indenfor 300 meters afstand) og med nogen afstand til (300-600 meter) Acccoat.

Udvalgte deltagere (n=68, 2023-2025), matchet på køn og alder, fra en stor befolkningsundersøgelse, Østerbroundersøgelsen, blev anvendt som ekstern sammenligningsgruppe.

Resultater

Der var overordnet ikke betydelige forskelle på koncentrationerne af PFAS i serum hos hhv. beboere i Kvistgård, ansatte ved Acccoat og sammenligningsgruppen fra baggrundsbefolkningen. Koncentrationerne af trifluoreddikesyre (TFA) i serum var hos både deltagere og sammenligningsgruppe markant højere end koncentrationerne af øvrige målte PFAS.

Konklusion

Samlet set giver gruppeundersøgelsens resultater ingen indikation af ekstraordinær eksponering for PFAS i Kvistgård - hverken i relation til luftemissioner eller via arbejdsmiljøet.

sige forhold hos Acccoat. Fund af TFA i serum hos både deltagere og sammenligningsgruppe medfører behov for afklaring af generel udvikling i human eksponering og toksicitet.

Bidragydere

Arbejdsgruppe

Fra Arbejds- og Miljømedicinsk Afdeling, Bispebjerg og Frederiksberg Hospital, deltog følgende i undersøgelsesarbejdet:

Jane Frølund Thomsen, cheflæge, ph.d. (undersøgelsesansvarlig)

Paula Hammer, afdelingslæge, ph.d., klinisk toksikolog

Sandra Søgaard Tøttenborg, miljømedicinsk forskningsleder, lektor, ph.d.

Kajsa Ugelvig Petersen, forsker og læge, ph.d.

Regitze Sølling Wils, forsker og læge, ph.d.

Marcus Kjær Sørensen, læge, ph.d.-studerende

Jette Dahl; lægesekretær

Gruppeundersøgelsen blev udført som en del af Arbejds- og Miljømedicinsk Afdelings kliniske funktion som rådgivende hospitalsafdeling vedrørende toksikologiske spørgsmål i Region Hovedstaden.

Finansiering

Undersøgelsen blev finansieret af Center for Regional Udvikling under Region Hovedstaden og Arbejds- og Miljømedicinsk Afdeling, Bispebjerg og Frederiksberg Hospital.

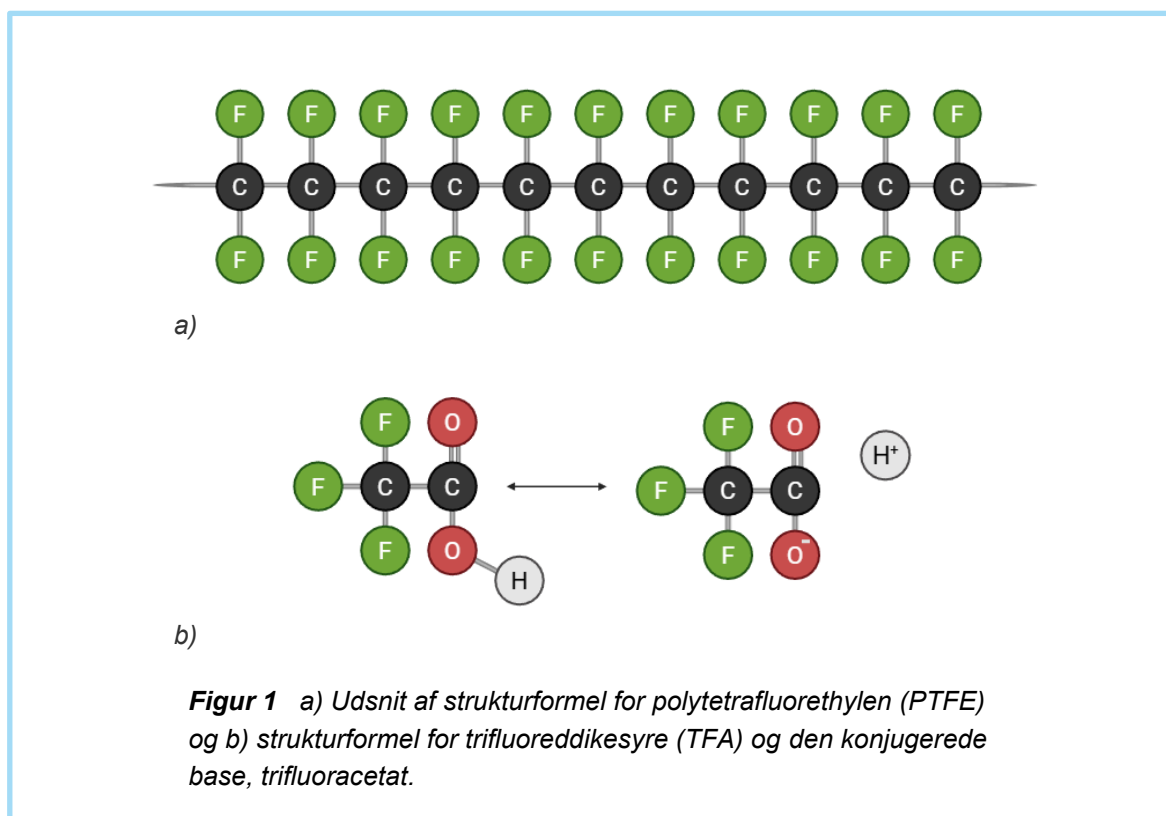
1. Introduktion

1.1 Baggrund

De såkaldte evighedskemikalier, PFAS (per- og polyfluoralkylstoffer), er svært nedbrydelige, meget mobile og potentielt toksiske for mennesker ¹. Ved anvendelse af PFAS i industrivirksomheder kan der forekomme udledning til det omgivende miljø ²⁻⁷. Vores viden om PFAS i luftemissioner fra industrivirksomheder og mulig resulterende eksponering af beboere i nærområder er i dag sparsom ⁷. Samtidig er det muligt at ansatte ved industrivirksomheder, der anvender PFAS, også eksponeres i deres arbejdsmiljø ⁸.

I den Nordsjællandske by, Kvistgård, ligger teflonvirksomheden Acccoat. Acccoat anvender PFAS, herunder polytetrafluorethylen (PTFE, Teflon™), til overfladebehandling af industriprodukter. PTFE er en fluoropolymer med relativt høj molekylvægt og lav reaktivitet. PTFE

antages med baggrund i disse egenskaber at være biologisk inert og bioakkumuleres ikke⁹. Under industriel behandling kan PTFE imidlertid nedbrydes til en række mindre PFAS, herunder TFA (**figur 1**)¹⁰. Den industrielle anvendelse af PFAS hos Accoat har givet anledning til bekymring for eksponering blandt beboere i Kvistgård og hos ansatte. Bekymringerne har medført flere henvendelser og henvisninger til Arbejds- og Miljømedicinsk Afdeling, Bispebjerg og Frederiksberg Hospital. For at afklare omfanget af mulig eksponering for PFAS i relation til Accoat udførte en arbejdsgruppe ved Arbejds- og Miljømedicinsk Afdeling i 2025 en arbejds- og miljømedicinsk gruppeundersøgelse.



1.2 Formål

Formålet med gruppeundersøgelsen var at analysere serumkoncentrationer af PFAS blandt hhv. beboere i Kvistgård og ansatte ved Accoat og ved sammenligning med målinger fra et udsnit af baggrundsbefolkningen at afklare potentiel forekomst af:

- **eksponering for PFAS** i relation til luftemissioner fra en teflonvirksomhed.
- **eksponering for PFAS i arbejdsmiljøet** i en teflonvirksomhed.

2. Metode

2.1 Studiedesign

Gruppeundersøgelsen blev udført som et tværsnitsstudie med mulighed for både intern sammenligning af forskellige eksponeringsgrupper og ekstern sammenligning med en referencegruppe bestående af et udsnit af baggrundsbefolkningen i Danmark. Gruppeundersøgelsens eksponeringsgrupper omfattede beboere i Kvistgård med bopæl tæt på (indenfor 300 meters afstand) og med nogen afstand til (300-600 meter) Acccoat samt ansatte ved Acccoat.

2.2 Rekruttering af deltagere

Beboere i Kvistgård

Den 30. april 2025 fik alle beboere i Kvistgård mulighed for at få information om gruppeundersøgelsen på et lokalt borgermøde.

Herefter blev personoplysninger (CPR-nummer og adresse) for voksne beboere med bopæl indenfor en radius af 600 meter fra Acccoat indhentet fra Region Hovedstaden. Med udgangspunkt i personoplysningerne for de voksne beboere blev mulige deltagere i gruppeundersøgelsen udvalgt ved hjælp af et statistikprogram (SAS Studio). En udvælgelsesfunktion i statistikprogrammet sikrede en tilfældig og repræsentativ udvælgelse af mulige deltagere med ligelig fordeling i forhold til køn, alder og bopælsafstand til Acccoat. I perioden maj til juni 2025 blev 488 udvalgte beboere i Kvistgård kontaktet via en sikker digital postkasse og inviteret til at deltage i gruppeundersøgelsen. Heraf deltog 107 beboere (deltagelse 22%).

Ansatte ved Acccoat

Den 14. maj 2025 gennemførte gruppeundersøgelsens læger et arbejdsmedicinsk virksomhedsbesøg hos Acccoat med fokus på at kunne vurdere mulig eksponering for PFAS ved specifikke arbejdsforhold og -funktioner ¹¹. I umiddelbar forlængelse af virksomhedsbesøget blev alle ansatte ved Acccoat tilbudt information om gruppeundersøgelsen ved et fællesmøde på virksomheden. Alle 35 ansatte ved Acccoat blev inviteret til at deltage i gruppeundersøgelsen og i alt 26 ansatte valgte at deltage (deltagelse 74%).

Deltagelse

Inklusionskriterier var alder over 18 år, habilitet og nuværende bopæl i Kvistgård/ansættelse ved Acccoat. Graviditet var et eksklusionskriterie, da ændringer i nyrefunktion og blodvolumen samt føtal transfer påvirker koncentrationerne af PFAS i serum hos gravide kvinder ¹². Alle deltagere modtog grundig skriftlig og mundtlig information om gruppeundersøgelsen og underskrev samtykkeerklæring forud for deltagelse. Deltagelse omfattede afgivelse af en blodprøve og besvarelse af et spørgeskema. Alle deltagere blev oprettet i Sundhedsplatformen som patienter på Arbejds- og Miljømedicinsk Afdeling.



Gruppeundersøgelsens læger og forskere (her fra venstre Sandra Søgaard Tøttenborg, Marcus Kjær Sørensen og Paula Hammer) stod klar til at tage imod deltagere på Bispebjerg Hospital i maj og juni 2025.

2.3 Blodprøvetagning

Et VACUETTE® sikkerhedsveneproversæt med rørholder (Greiner Bio-One GmbH, Kremsmünster, Østrig) blev anvendt til at tage blodprøver fra en antecubital vene. Deltagere var ikke fastende. Hver deltager fik udtaget blod i to VACUETTE® CAT-rør med koagulationsaktivator. Begge rør blev indledningsvist vendt forsigtigt 5-10 gange. Tidspunkt for prøvetagning blev noteret mhp. at sikre tilstrækkelig tid til koagulationsprocessen inden centrifugering (10 minutter ved 2000 rpm). Efterfølgende blev serum afpipetteret til videre opbevaring i CryoPure-rør (Sarstedt, Nümbrecht, Tyskland) i en fryser ved -80°C.

2.4 Analyse af PFAS

PFAS blev analyseret i serum ved hjælp af væskekromatografi-massespektrometri (LC-MS/MS). Indhold af i alt 16 ultrakort-, kort- og langkædede PFAS (TFA, PFBS, PFPeA, PFPeS, PFHxA, PFHxS, PFHpS, PFOA, PFOS, PFNA, PFDA, PFDS, PFUnDA, PFDoDA,

PFTTrDA og PFTTeDa) blev kvantificeret. Lineær PFOS og forgrenede isomerer blev kvantificeret samlet som total PFOS. Analyserne blev udført ved Avdelningen för Arbets och Miljömedicin, Lunds Universitet, Sverige.

2.5 Spørgeskema

Alle deltagere udfyldte et spørgeskema med information om bl.a. højde, vægt, helbred, sundhedsadfærd, bloddonation, fødsler, uddannelse, bopæls- og arbejdshistorik. Spørgeskemaet tog udgangspunkt i tidligere studier af eksponering for PFAS, videnskabelige rapporter og viden om specifikke forhold i relation til Accoat ¹³⁻¹⁵.

2.6 Ekstern sammenligningsgruppe

Udvalgte deltagere (n=68, 2023-2025) fra en stor befolkningsundersøgelse, Østerbrounderundersøgelsen (ØBUS), blev anvendt som ekstern sammenligningsgruppe ¹⁶. Deltagere i befolkningsundersøgelsen blev udvalgt tilfældigt på baggrund af køn og alder ¹⁶. Information om uddannelse, højde, vægt, sundhedsadfærd og bloddonation blev indhentet for de udvalgte deltagere fra ØBUS. Serum fra disse deltagere blev analyseret sammen med serum fra gruppeundersøgelsens deltagere ved Avdelningen för Arbets och Miljömedicin, Lunds Universitet, Sverige.

2.7 Statistiske analyser

Ved at kombinere information om beboere i Kvistgård og ansatte ved Accoat blev alle deltagere indledningsvist inddelt i eksponeringsgrupper (beboere i Kvistgård med bopæl < 300 meter og 300-600 meter fra Accoat og ansatte ved Accoat). Herefter blev fordelingen af kovariater og serumkoncentrationer af PFAS undersøgt i relation til eksponeringsgruppe og sammenholdt sammenligningsgruppen fra ØBUS. Geometriske middelværdier med 95% konfidensintervaller for serumkoncentrationer af PFAS blev ligeledes beregnet for eksponeringsgrupper og sammenholdt med målinger fra ØBUS. Korrelationer mellem serumkoncentrationer af TFA, PFHxS, PFHpS, PFOA, PFOS, PFNA og PFDA hos hhv. beboere i Kvistgård og ansatte ved Accoat blev beregnet ved hjælp af Spearmans ρ .

Associationer mellem eksponeringsgruppe og serumkoncentrationer af PFAS blev analyseret ved hjælp af multipel lineær regression med ØBUS som reference. Kovariater blev udvalgt *a priori* baseret på directed acyclic graphs (DAGs) og fund fra tidligere studier ^{12, 13, 17}.

Følgende kovariater indgik i regressionsmodellerne:

- Alder.
- Længste fuldførte uddannelse.
- Body mass indeks (BMI).
- Bloddonation.
- Fødsler (kun for kvinder).

For at bedømme mulig multikollinearitet mellem variable i analyser blev bivariante korrelationer (Spearman's ρ) og variance inflation factors (VIF) beregnet. Serumkoncentrationer af PFAS fulgte en højre-skæv fordeling og for at sikre at analysemodellens forudsætninger i tilstrækkelig grad var opfyldt blev alle værdier transformeret med den naturlige logaritme. Alle værdier blev efterfølgende tilbage-transformeret og omregnet til procentvise forskelle for at lette fortolkningen af resultaterne.

For at sikre tilstrækkelig anonymitet og overholdelse af gældende GDPR (General Data Protection Regulation) blev alle resultater baseret på information fra minimum fem deltagere (f.eks. beregning af pseudomedianer og -percentiler). I tabeller blev information ligeledes udeladt, hvis et deltagerantal var under fem.

Alle statistiske analyser blev udført i programmet Stata V. 14 (StataCorp, College Station, TX, USA)

2.8 Etik

Udførelsen af gruppeundersøgelsen fulgte Helsinki-deklarationens principper for nødvendige etiske hensyn. Den væsentligste etiske problemstilling i gruppeundersøgelsen omhandlede de mulige konsekvenser ved at få viden om egen udsættelse for PFAS. Deltagere kunne i forbindelse med afgivelse af skriftligt samtykke eksplicit vælge, om de ville kunne tilgå resultatet af deres egen blodprøve. Alle deltagere modtog skriftlig information om tolkning af deres prøvesvar. Deltagere med serumkoncentrationer af PFAS over normalområdet fik også mulighed for at tale med en af undersøgelsens læger ved behov for yderligere rådgivning.

Anvendelsen af information og serumprøver fra ØBUS blev desuden godkendt af Videnskabetisk Komité (Tillæg 117020 til H-22016972).

3. Resultater

3.1 Karakteristika for deltagere

Gruppeundersøgelsen omfattede i alt 62 mænd og 71 kvinder i alderen 18 til >85 år. Blandt beboere i Kvistgård var mediantiden for bopæl hhv. < 300 meter og 300-600 meter fra Accoat 14 og 11 år. Mediantiden for ansættelse ved Accoat var 10 år. Der var overordnet flere rygere, færre bloddonorer og færre med lang uddannelse blandt deltagerne i gruppeundersøgelsen sammenlignet med ØBUS. En oversigt over karakteristika for deltagere i hhv. gruppeundersøgelsen og ØBUS fremgår af **tabel 1**.

3.2 Serumkoncentrationer af PFAS

I alt otte af de målte PFAS kunne kvantificeres over detektionsgrænsen i serum hos gruppeundersøgelsens deltagere. Disse otte var TFA, PFHxS, PFHpS, PFOA, PFOS,

PFNA, PFDA og PFUnDA. I **tabel 2** ses en oversigt over deltagernes serumkoncentrationer af PFAS med angivelse af medianer med 5- og 95-percentiler sammenlignet med ØBUS. Serumkoncentrationerne af TFA var højest (medianer for mandlige deltagere 7,0 ng/mL, 7,9 ng/mL og 11,5 ng/mL for hhv. beboere med bopæl 300-600 meter fra Accoat, beboere med bopæl < 300 meter fra Accoat og ansatte ved Accoat). Herefter fulgte serumkoncentrationerne af PFOS, PFOA, PFHxS og PFNA, mens koncentrationerne af PFHpS, PFDA og PFUnDA var meget lave. Serumkoncentrationerne af PFAS var for alle eksponeringsgrupperne på niveau med eller lavere end for ØBUS. Dette gjorde sig også gældende for de geometriske middelværdier for serumkoncentrationer af PFAS (**tabel 3**).

Korrelationer mellem serumkoncentrationer af PFAS er vist i **tabel 4**. Koncentrationerne af flere langkædede PFAS enkeltstoffer var stærkt korrelerede. Koncentrationerne af den ultra-kortkædede PFAS, TFA, var derimod svagt korreleret med koncentrationerne af de øvrige PFAS.

3.3 Regressionsanalyser

Resultater fra regressionsanalyserne fremgår af **tabel 5**. Her er associationer angivet som procentvis forskel i serumkoncentration af PFAS for hver eksponeringsgruppe sammenlignet med ØBUS.

Mandlige deltagere havde i alle eksponeringsgrupper lavere koncentrationer af PFAS i serum ved sammenligning med ØBUS. Mandlige ansatte ved Accoat havde de største negative procentvise forskelle i serumkoncentrationer (hhv. -37,3%, -37,9% og -33,2% for PFHxS, PFOS og PFNA) ved sammenligning med ØBUS.

Kvindelige beboere med bopæl tæt på Accoat havde højere serumkoncentrationer af PFAS (hhv. 56,1%, 40,5% og 41,3% for PFHxS, PFOA og PFNA) ved sammenligning med ØBUS. De øvrige kvindelige deltagere havde overvejende lavere koncentrationer af PFAS end ØBUS.

Da gruppeundersøgelsens resultater endnu ikke er fagfællebedømt og videnskabeligt publiceret, tages der forbehold for mulige ændringer i analyser

Tabel 1 Karakteristika for hhv. udvalgte deltagere i Østerbrounder søgelsen, beboere i Kvistgård og ansatte ved Accoat.

	Beboere i Kvistgård			
	ØBUS	< 300 meter ^a	300-600 meter	Ansatte ved Accoat
Deltagere, n	68	70	37	26
Kvinde, n (%)	36 (53)	39 (56)	23 (62)	9 (35)
Alder (år), Mdn (P _{5%} , P _{95%})	53 (24, 78)	51 (19, 76)	53 (29, 80)	55 (43, 65)
Fuldført uddannelse				
Kort	≤5	≥10	≤5	6 (23)
Mellem	17 (25)	35 (50)	15 (40)	11 (42)
Lang	46 (68)	24 (34)	17 (46)	9 (35)
BMI, Mdn (P _{5%} , P _{95%})	24,4 (20,4; 32,6)	25,9 (19,0; 38,0)	25,0 (19,8; 43,9)	26,4 (23,2; 31,9)
Nuværende ryger (ja), n (%)	6 (9)	10 (14)	8 (22)	7 (27)
Alkohol (genstande/uge), Mdn (P _{5%} , P _{95%})	5 (0, 37)	2 (0, 16)	1 (0, 15)	2 (0, 14)
Bloddonation (ja), n (%)	26 (38)	17 (24)	5 (14)	7 (27)
År med bopæl i Kvistgård				
/ansættelse ved Accoat, Mdn (P _{5%} , P _{95%})	-	14 (3, 53)	11 (1, 42)	10 (1, 34)

ØBUS, Østerbrounder søgelsen; Mdn, Median; BMI, Body Mass Indeks

Medianer og øvrige percentiler er vist som pseudopercentiler baseret på fem tilstødende værdier

^a Afstand fra bopæl til Accoat.

Tabel 2 Serumkoncentrationer af PFAS (ng/mL) blandt udvalgte deltagere i Østerbrøndersøgelsen, beboere i Kvistgård og ansatte ved Accoat.

Mænd				
	Beboere i Kvistgård			Ansatte ved Accoat
	ØBUS n=32	< 300 meter^a n=31	300-600 meter n=14	Ansatte ved Accoat n=17
PFAS	Mdn (P _{5%} ; P _{95%})	Mdn (P _{5%} ; P _{95%})	Mdn (P _{5%} ; P _{95%})	Mdn (P _{5%} ; P _{95%})
TFA	10,6 (5,1; 28,2)	7,9 (4,4; 29,7)	7,0 (4,7; 18,7)	11,5 (6,0; 20,8)
PFHxS	0,9 (0,2; 2,0)	0,6 (0,2; 1,6)	0,6 (0,4; 1,1)	0,5 (0,2; 1,0)
PFHpS	0,2 (0,1; 0,4)	0,1 (0,0; 0,3)	0,2 (0,1; 0,3)	0,1 (0,0; 0,3)
PFOA	1,1 (0,5; 2,3)	0,8 (0,4; 2,1)	0,7 (0,5; 1,3)	0,9 (0,4; 3,7)
PFOS	6,0 (2,9; 13,9)	4,2 (1,8; 9,0)	3,7 (2,7; 9,2)	3,9 (1,7; 8,6)
PFNA	0,6 (0,3; 1,2)	0,5 (0,2; 1,0)	0,5 (0,3; 1,0)	0,4 (0,2; 1,1)
PFDA	0,2 (0,0; 0,4)	0,2 (0,1; 0,3)	0,2 (0,1; 0,4)	0,1 (0,1; 0,4)
PFUnDA	0,2 (0,1; 0,3)	0,1 (0,0; 0,3)	0,1 (0,1; 0,3)	0,1 (0,0; 0,2)
Kvinder				
	Beboere i Kvistgård			Ansatte ved Accoat
	ØBUS n=36	< 300 meter n=39	300-600 meter n=23	Ansatte ved Accoat n=9
PFAS	Mdn (P _{5%} ; P _{95%})	Mdn (P _{5%} ; P _{95%})	Mdn (P _{5%} ; P _{95%})	Mdn (P _{5%} ; P _{95%})
TFA	11,0 (4,2; 30,0)	9,9 (5,4; 43,8)	8,9 (3,2; 22,8)	7,6 (4,8; 11,5)
PFHxS	0,4 (0,1; 1,1)	0,4 (0,1; 1,4)	0,3 (0,2; 1,0)	0,3 (0,1; 0,5)
PFHpS	0,1 (0,0; 0,2)	0,1 (0,0; 0,3)	0,1 (0,0; 0,3)	0,1 (0,0; 0,1)
PFOA	0,6 (0,2; 1,6)	0,8 (0,3; 2,0)	0,6 (0,3; 1,3)	0,6 (0,4; 0,8)
PFOS	3,4 (0,8; 9,9)	3,5 (1,2; 11,7)	2,7 (1,3; 7,3)	2,0 (1,6; 3,2)
PFNA	0,4 (0,1; 1,1)	0,4 (0,1; 1,3)	0,4 (0,2; 0,8)	0,4 (0,3; 0,6)
PFDA	0,2 (0,1; 0,4)	0,2 (0,1; 0,4)	0,2 (0,1; 0,3)	0,2 (0,1; 0,2)
PFUnDA	0,2 (0,0; 0,4)	0,1 (0,0; 0,4)	0,1 (0,1; 0,3)	0,1 (0,1; 0,2)

PFAS, per- and polyfluoralkylstoffer; Mdn, Median; ØBUS, Østerbrøndersøgelsen

Medianer og øvrige percentiler er vist som pseudopercentiler baseret på fem tilstødende værdier

^a Afstand fra bopæl til Accoat.

Tabel 3 Geometriske middelværdier for serumkoncentrationer af PFAS (ng/mL) blandt udvalgte deltagere i Østerbrounder-søgelsen, beboere i Kvistgård og ansatte ved Acccoat.

Mænd				
	ØBUS n=32	Beboere i Kvistgård		Ansatte ved Acccoat n=17
		< 300 meter^a n=31	300-600 meter n=14	
PFAS	GM (95% CI)	GM (95% CI)	GM (95% CI)	GM (95% CI)
TFA	10,9 (8,9; 13,3)	9,2 (7,3; 11,5)	8,0 (5,5; 11,7)	11,0 (8,4; 14,5)
PFHxS	0,7 (0,5; 1,0)	0,5 (0,4; 0,7)	0,6 (0,5; 0,9)	0,4 (0,2; 0,7)
PFHpS	0,2 (0,1; 0,2)	0,1 (0,1; 0,2)	0,2 (0,1; 0,2)	0,1 (0,0; 0,1)
PFOA	1,1 (0,9; 1,3)	0,9 (0,7; 1,1)	0,7 (0,5; 1,0)	1,0 (0,6; 1,7)
PFOS	6,3 (5,2; 7,6)	4,1 (3,4; 5,0)	4,4 (3,2; 6,2)	3,7 (2,6; 5,3)
PFNA	0,6 (0,5; 0,7)	0,4 (0,4; 0,5)	0,5 (0,3; 0,7)	0,4 (0,3; 0,6)
PFDA	0,2 (0,2; 0,2)	0,2 (0,1; 0,2)	0,2 (0,1; 0,2)	0,1 (0,1; 0,2)
PFUnDA	0,2 (0,1; 0,2)	0,1 (0,1; 0,1)	0,1 (0,1; 0,2)	0,1 (0,1; 0,1)
Kvinder				
	ØBUS n=36	Beboere i Kvistgård		Ansatte ved Acccoat n=9
		< 300 meter n=39	300-600 meter n=23	
PFAS	GM (95% CI)	GM (95% CI)	GM (95% CI)	GM (95% CI)
TFA	10,6 (8,6; 13,0)	11,9 (9,6; 14,7)	8,5 (6,2; 11,5)	7,3 (4,7; 11,3)
PFHxS	0,3 (0,2; 0,5)	0,4 (0,3; 0,6)	0,3 (0,2; 0,5)	0,2 (0,1; 0,5)
PFHpS	0,1 (0,0; 0,1)	0,1 (0,1; 0,1)	0,1 (0,1; 0,1)	0,0 (0,0; 0,1)
PFOA	0,6 (0,5; 0,7)	0,8 (0,6; 0,9)	0,5 (0,4; 0,7)	0,5 (0,3; 0,8)
PFOS	3,2 (2,5; 4,2)	3,4 (2,7; 4,4)	2,9 (2,2; 3,8)	2,1 (1,4; 3,2)
PFNA	0,4 (0,3; 0,5)	0,5 (0,4; 0,6)	0,4 (0,3; 0,5)	0,4 (0,2; 0,6)
PFDA	0,2 (0,1; 0,2)	0,2 (0,1; 0,2)	0,1 (0,1; 0,2)	0,1 (0,1; 0,2)
PFUnDA	0,1 (0,1; 0,2)	0,1 (0,1; 0,1)	0,1 (0,1; 0,2)	0,1 (0,1; 0,2)

PFAS, per- and polyfluoralkylstoffer; GM, geometrisk middelværdi; CI, konfidens interval; ØBUS, Østerbrounder-søgelsen

^a Afstand fra bopæl til Acccoat.

Tabel 4 Spearmans ρ for serumkoncentrationer af PFAS blandt hhv. beboere i Kvistgård og ansatte ved Accoat.

Beboere i Kvistgård (n = 107)							
PFAS	TFA	PFHxS	PFHpS	PFOA	PFOS	PFNA	PFDA
TFA	1,00						
PFHxS	0,16	1,00					
PFHpS	0,21	0,73	1,00				
PFOA	0,38	0,58	0,68	1,00			
PFOS	0,24	0,71	0,82	0,67	1,00		
PFNA	0,31	0,53	0,71	0,70	0,88	1,00	
PFDA	0,26	0,44	0,58	0,55	0,80	0,88	1,00
PFUnDA	0,32	0,37	0,45	0,38	0,61	0,72	0,83
Ansatte ved Accoat (n = 26)							
PFAS	TFA	PFHxS	PFHpS	PFOA	PFOS	PFNA	PFDA
TFA	1,00						
PFHxS	0,08	1,00					
PFHpS	0,17	0,82	1,00				
PFOA	0,38	0,77	0,76	1,00			
PFOS	0,25	0,82	0,81	0,77	1,00		
PFNA	0,24	0,64	0,72	0,63	0,81	1,00	
PFDA	0,10	0,55	0,51	0,43	0,73	0,84	1,00
PFUnDA	0,15	0,58	0,48	0,50	0,64	0,79	0,88

PFAS, per- and polyfluoralkylstoffer

Tabel 5 Multipel lineær regression af associationer mellem eksponeringsgruppe og serumkoncentrationer af PFAS (ng/mL).

Mænd				
Beboere i Kvistgård				
	ØBUS	< 300 meter ^a	300-600 meter	Ansatte ved Acccoat
PFAS		% diff (95% CI)	% diff (95% CI)	% diff (95% CI)
TFA	ref	-15,7 (-37,4; 13,5)	-26,1 (-49,4; 7,8)	1,5 (-28,7; 44,7)
Justeret ^b	ref	-10,1 (-32,5; 19,8)	-13,2 (-40,3; 26,3)	-1,9 (-30,1; 37,6)
PFHxS	ref	-25,3 (-49,4; 10,2)	-9,1 (-44,6; 49,2)	-42,2 (-63,6; -9,1)
Justeret	ref	-20,3 (-45,5; 16,6)	-25,8 (-54,8; 21,8)	-37,3 (-59,9; -1,9)
PFOA	ref	-19,4 (-40,2; 8,7)	-33,3 (-54,4; -2,4)	-8,0 (-35,6; 31,3)
Justeret	ref	-14,6 (-37,6; 16,7)	-33,3 (-55,6; 0,4)	-9,4 (-37,3; 31,1)
PFOS	ref	-34,6 (-50,6; -13,3)	-30,3 (-51,3; -0,2)	-41,7 (-58,3; -18,5)
Justeret	ref	-25,3 (-44,1; 0,0)	-28,4 (-51,0; 4,7)	-37,9 (-56,0; -12,5)
PFNA	ref	-27,3 (-44,0; -3,9)	-19,4 (-43,4; 14,9)	-29,1 (-49,7; -2,4)
Justeret	ref	-21,5 (-41,8; 5,8)	-18,1 (-44,5; 21,0)	-33,2 (-53,0; -5,0)
Kvinder				
Beboere i Kvistgård				
	ØBUS	< 300 meter ^a	300-600 meter	Ansatte ved Acccoat
PFAS		% diff (95% CI)	% diff (95% CI)	% diff (95% CI)
TFA	ref	11,9 (-16,9; 50,8)	-20,2 (-43,5; 12,5)	-31,2 (-57,5; 11,1)
Justeret	ref	8,4 (-23,2; 53,0)	-26,7 (-51,8; 11,6)	-23,5 (-53,9; 26,8)
PFHxS	ref	32,1 (-11,7; 97,7)	6,8 (-32,9; 70,0)	-31,1 (-64,0; 31,9)
Justeret	ref	56,1 (1,0; 141,1)	21,0 (-28,8; 105,7)	-16,6 (-55,0; 57,8)
PFOA	ref	31,7 (-2,1; 77,2)	-4,5 (-32,2; 34,4)	-12,2 (-45,5; 41,6)
Justeret	ref	40,5 (3,7; 90, 3)	-0,3 (-31,2; 44,4)	-6,0 (-39,8; 46,8)
PFOS	ref	7,3 (-22,7; 49,0)	-9,4 (-38,0; 32,4)	-34,4 (-61,2; 12,0)
Justeret	ref	25,0 (-11,6; 76,7)	-0,6 (-34,8; 51,7)	-26,5 (-55,8; 22,1)
PFNA	ref	19,0 (-14,0; 35,4)	-5,0 (-34,7; 38,2)	-5,9 (-44,3; 58,8)
Justeret	ref	41,3 (-0,2; 100,1)	0,5 (-34,2; 53,5)	6,4 (-36,1; 77,2)

PFAS, per- og polyfluoralkylstoffer; ØBUS, Østerbrounder søgelsen; ref, reference; diff, difference.

^a Afstand fra bopæl til Acccoat.

^b Justeret for alder, BMI, uddannelse, bloddonation og fødsler (kun kvinder).

4. Diskussion og konklusion

4.1 Eksponering for PFAS i Kvistgård

I denne arbejds- og miljømedicinske gruppeundersøgelse var der overordnet ikke betydelige forskelle på serumkoncentrationer af PFAS hos hhv. beboere i Kvistgård, ansatte ved Acccoat og en sammenligningsgruppe fra baggrundsbefolkningen. Samlet set giver gruppeundersøgelsens resultater således ingen indikation af ekstraordinær eksponering for PFAS i Kvistgård - hverken i relation til luftemissioner eller via arbejdsmiljømæssige forhold hos Acccoat.

De statistisk signifikant højere niveauer af enkelte PFAS-stoffer blandt kvinder bosat mindre end 300 meter fra Acccoat vurderes at have begrænset betydning. Dette skal ses i lyset

af, at der ikke ses tilsvarende forhøjelser blandt mænd i samme område. Sammenligninger blandt mænd vurderes at være mere robuste, da serumkoncentrationerne af PFAS hos kvinder generelt påvirkes af flere kønsspecifikke biologiske forhold (herunder menstruation, graviditet og amning). De observerede forskelle blandt kvinder kan derfor sandsynligvis forklares af andre systematiske forskelle mellem grupperne fremfor af en reel forhøjet eksponering for PFAS. Desuden dækker de relativt store procentvise forskelle over meget små absolutte ændringer i koncentrationer.

I en tidligere undersøgelse af amerikanske børn (n=328, alder 8-13 år, målinger af PFAS i 2001 og 2012) og unge (n=118, alder 17-23 år, målinger af PFAS fra 2014-2018) var plasmakoncentrationer af PFAS associeret med tilstedeværelsen af forurenede områder (såkaldte *Superfund sites* udpeget af de amerikanske miljømyndigheder) indenfor en radius af 3 mil (4.8 km) fra deres bopæl ⁷. Blandt de amerikanske unge var plasmakoncentrationer af PFAS desuden associeret med antallet af PFAS-forurenende industrivirksomheder i deres nærområde ⁷. I den amerikanske undersøgelse var eksponering for PFAS imidlertid ikke begrænset til luftemissioner og stammede ligeledes fra indtag af forurenede fødevarer og drikkevand. Selvom vores viden om luftbåren eksponering for PFAS på nuværende tidspunkt er sparsom, anbefales øget fokus på og forbedret regulering af PFAS i luftemissioner fra industrivirksomheder.

Antallet af deltagende ansatte fra Accoat var i indeværende gruppeundersøgelse begrænset. Eksponering for PFAS i arbejdsmiljøet er ikke tidligere undersøgt blandt ansatte ved industrivirksomheder, som anvender PTFE til overfladebehandling. Yderligere undersøgelser med inddragelse af flere ansatte er nødvendige for at kunne foretage en egentlig risikovurdering i forhold til mulig eksponering for PFAS i arbejdsmiljøet og medfølgende sundhedsrisici i denne branche.

4.2 Målinger af TFA

Gruppeundersøgelsen tilvejebragte de første målinger af TFA i serum i den danske befolkning. Koncentrationerne af TFA i serum var hos både beboere i Kvistgård, ansatte ved Accoat og sammenligningsgruppen fra baggrundsbefolkningen markant højere end koncentrationerne af øvrige målte PFAS. Halveringstiden for human udskillelse af TFA er kort (1-2 dage) og målinger afspejler således kun ganske nylig eksponering ¹⁸.

Human eksponering for TFA er tidligere dokumenteret i undersøgelser af voksne i USA og Kina med median serumkoncentrationer på hhv. 6,0 ng/mL (n=81, 2020, udsnit af befolkningsundersøgelse) og 8,5 ng/mL (n=252, 2017, universitetsansatte). De hidtil højeste rapporterede serumkoncentrationer af TFA er påvist i USA hos beboere med bopæl i nærheden af en industrivirksomhed med produktion af PFAS og en kontamineret drikkevandsforsyning. I målinger fra 2010-2016 (n=119) var median serumkoncentration hos disse beboere 17,0 ng/mL (maksimum 590 ng/mL) ¹⁹.

TFA er en lavmolekylær og stærk syre, som let opløses i vand ¹⁰. Årtier med omfattende, global forurening har medført en i praksis irreversibel ophobning af TFA i vores omgivende miljø, hvor koncentrationerne aktuelt overstiger målinger af alle øvrige PFAS ²⁰. Stigende

koncentrationer, særligt i grundvand, giver anledning til bekymring for langsigtet påvirkning af økosystemer og fødekæder^{20, 21}. Selvom industriel anvendelse af PFAS kan medføre direkte emission af TFA fra punktkilder, udgør nedbrydning af pesticider (C-CF₃) og fluorerede gasser fra køle- og lægemidler mere diffuse og samlet set vigtigere kilder til udledning af TFA^{10, 20}.

I tillæg til den omfattende miljøforurening med TFA medfører gruppeundersøgelsens resultater behov for at følge udviklingen i human eksponering tæt og afklare mulig toksicitet forbundet hermed.

4.3 Begrænsninger og styrker

Selvom undersøgelsens rekrutteringsindsats var omfattende og fleksibel med mulighed for at vælge flere tidspunkter for deltagelse, var den overordnede deltagelse blandt især beboere i Kvistgård lavere end forventet (deltagelse 22% blandt beboere og 74% for ansatte ved Accoat). Beboere og ansatte med formodning om højere eksponering for PFAS kan have været mere tilbøjelige til at fremmøde og ønske at deltage, hvilket kan have medført selektionsbias.

I undersøgelsen blev afstand mellem bopæl og industrivirksomhed (punktkilde) anvendt som proxy for mulig eksponering blandt beboere i Kvistgård. Human eksponering via luftemissioner kan imidlertid påvirkes af en række andre parametre (herunder vindretning og -hastighed, temperatur, fugtighed og topografi). Anvendelse af en relativt simpel proxy for eksponering kan have medført misklassifikation.

Der findes tusindvis af PFAS. Ingen måleprogrammer kan således favne alle enkeltstoffer, som potentielt kan have indgået i Accoats produktion eller resulterende emissioner i den undersøgte periode. I stedet blev de 16 målte PFAS i gruppeundersøgelsen nøje udvalgt med baggrund i specifikke forhold ved Accoat og relevante tidligere undersøgelser^{2-4, 6, 8, 10}. Inklusionen af TFA var særlig vigtig, da stoffet vurderes at kunne fungere som et signalstof for eventuelle luftemissioner fra Accoat.

Undersøgelsens væsentligste styrker var målinger fra deltagere med flere forskellige eksponeringsprofiler (beboere og ansatte) med mulighed for sammenligninger internt og i relation til nylige målinger fra baggrundsbefolkningen.

5. Referencer

1. European Chemicals Agency. Why we care about 'forever chemicals' and why you should too: European Chemicals Agency (ECHA); 2021 [Available from: <https://chemicalsinourlife.echa.europa.eu/why-we-care-about-forever-chemicals-and-why-you-should-too> accessed 02.07 2021.
2. Schroeder T, Bond D, Foley J. PFAS soil and groundwater contamination via industrial airborne emission and land deposition in SW Vermont and Eastern New York

- State, USA. *Environ Sci Process Impacts* 2021;23(2):291-301. doi: 10.1039/d0em00427h
3. D'Ambro EL, Murphy BN, Bash JO, et al. Predictions of PFAS regional-scale atmospheric deposition and ambient air exposure. *The Science of the total environment* 2023;902:166256. doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.166256
 4. D'Ambro EL, Pye HOT, Bash JO, et al. Characterizing the Air Emissions, Transport, and Deposition of Per- and Polyfluoroalkyl Substances from a Fluoropolymer Manufacturing Facility. *Environmental science & technology* 2021;55(2):862-70. doi: 10.1021/acs.est.0c06580
 5. Dalmijn J, Shafer JJ, Benskin JP, et al. HFPO-DA and Other PFAS in Air Downwind of a Fluoropolymer Production Plant in the Netherlands: Measurements and Modeling. *Environmental science & technology* 2025;59(17):8662-72. doi: 10.1021/acs.est.4c13943
 6. Dauchy X. Evidence of large-scale deposition of airborne emissions of per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) near a fluoropolymer production plant in an urban area. *Chemosphere* 2023;337:139407. doi: 10.1016/j.chemosphere.2023.139407
 7. Li S, Goodrich JA, Costello E, et al. Examining disparities in PFAS plasma concentrations: Impact of drinking water contamination, food access, proximity to industrial facilities and superfund sites. *Environmental research* 2025;264(Pt 1):120370. doi: 10.1016/j.envres.2024.120370
 8. Paris-Davila T, Gaines LGT, Lucas K, et al. Occupational exposures to airborne per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS)-A review. *American journal of industrial medicine* 2023;66(5):393-410. doi: 10.1002/ajim.23461
 9. Henry BJ, Carlin JP, Hammerschmidt JA, et al. A critical review of the application of polymer of low concern and regulatory criteria to fluoropolymers. *Integr Environ Assess Manag* 2018;14(3):316-34. doi: 10.1002/ieam.4035
 10. Albers CN. Diffus grundvandsforurening med trifluoreddikesyre (TFA). De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland, GEUS. Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet, 2024.
 11. Jørgensen NK, Brauer C, Carstensen O. Virksomhedsbesøg. 2014. <https://dasam.dk/wp-content/uploads/2019/03/Virksomhedsbes%C3%B8g.pdf> (accessed 20.02.2023).
 12. Nielsen C, Andersson Hall U, Lindh C, et al. Pregnancy-induced changes in serum concentrations of perfluoroalkyl substances and the influence of kidney function. *Environmental health : a global access science source* 2020;19(1):80. doi: 10.1186/s12940-020-00626-6
 13. Petersen KU, Lauritzen DF, Wils RS, et al. Serum concentrations of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) among men from the Danish fire services and Armed Forces. *International journal of hygiene and environmental health* 2025;267:114559. doi: 10.1016/j.ijheh.2025.114559
 14. Dobraca D, Israel L, McNeel S, et al. Biomonitoring in California firefighters: metals and perfluorinated chemicals. *Journal of occupational and environmental medicine / American College of Occupational and Environmental Medicine* 2015;57(1):88-97.
 15. International Agency for Research on Cancer. Perfluorooctanoic acid (PFOA) and perfluorooctanesulfonic acid (PFOS). Lyon, France, 2025.
 16. Jensen GB, Schnohr P, Merete A, et al. Copenhagen City Heart Study. An epidemiological cohort study with repeated measurements: history, course, and results. *Scandinavian journal of public health* 2025:14034948251347765. doi: 10.1177/14034948251347765

17. Greenland S, Pearl J, Robins JM. Causal diagrams for epidemiologic research. *Epidemiology* 1999;10(1):37-48.
18. Moscato A, Longo MV, Ferrante M, et al. Trifluoroacetic Acid: A Narrative Review on Physico-Chemical Properties, Exposure Pathways, and Toxicological Concerns. *Environments* 2025;12(8):277. doi: 10.3390/environments12080277
19. Cheng L, Teagle S, Enders JR, et al. Historical Blood Serum Samples from Wilmington, North Carolina: The Importance of Ultrashort-Chain Per- and Polyfluoroalkyl Substances. *Environmental science & technology* 2025;59(43):23125-35. doi: 10.1021/acs.est.5c08146
20. Arp HPH, Gredelj A, Gluge J, et al. The Global Threat from the Irreversible Accumulation of Trifluoroacetic Acid (TFA). *Environmental science & technology* 2024;58(45):19925-35. doi: 10.1021/acs.est.4c06189
21. Albers CN, Sültenfuss J. A 60-year increase in the ultrashort-chain PFAS trifluoroacetate and its suitability as a tracer for groundwater age. *Environ Sci Technol Lett* 2024;11(10):1090-95. doi: 10.1021/acs.estlett.4c00525