



Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

PFAS prøvetagnings- procedurer og tests af feltudstyr For jord, grundvand, overfladevand og luft

Miljøprojekt nr. 2257

*Teknologiprogram for jord
og grundvandsforurening*

Februar 2024

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion:

Jette Kjøge Olsen, Rambøll

Helena Hjørringgaard, Rambøll

Anna Rosenberg Pedersen, Rambøll

ISBN: 978-87-7038-586-2

"Miljøstyrelsen offentliggør rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, som er finansieret af Miljøstyrelsen. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse"

Indhold

1.	Baggrund	5
1.1	Metode	5
1.1.1	Tests	6
1.1.2	Rundspørge	6
1.1.3	Teoretiske beregninger	6
1.1.4	Litteraturstudier	6
1.1.5	Vurderinger af potentiale for krydskontaminering fra udstyr	6
1.2	Er PFAS-krydskontaminering et problem?	7
2.	Test af feltudstyr for PFAS	9
2.1	Feltudstyr til prøvetagning	9
2.2	Resultater	10
2.3	Andre undersøgelser	11
3.	Rundspørge til leverandører	17
4.	Udregning af kontamineringsrisiko	19
4.1	Grundvandsprøve	19
4.2	Jordprøve	22
4.3	Jord til grundvand	23
5.	Litteraturstudie	27
6.	Generelle anbefalinger inden prøvetagning	29
6.1	Planlægning af undersøgelser	29
6.2	Kontrolprøve og rengøring	29
6.3	Beklædning og personlig pleje	30
7.	Prøvetagningsprocedure for jord	31
7.1	Før prøvetagning	31
7.2	Under prøvetagningen	31
7.3	Opbevaring af prøver og udstyr	32
8.	Prøvetagningsprocedure for grundvand	33
8.1	Før prøvetagning	33
8.2	Under prøvetagning	33
8.3	Opbevaring af prøver og udstyr	34
9.	Prøvetagningsprocedure for overfladevand	35
9.1	Før prøvetagning	35
9.2	Under prøvetagningen	35
9.3	Opbevaring af prøver og udstyr	36
10.	Prøvetagningsprocedure for luft	37
10.1	Før prøvetagning	37
10.2	Under prøvetagningen	37
10.3	Opbevaring af prøver og udstyr	38
11.	Referencer	39

Bilag 1.Checkliste – Jord	41
Bilag 2.Checkliste - Grundvand	42
Bilag 3.Checkliste – Overfladevand	43
Bilag 4.Checkliste - Luft	44

1. Baggrund

I forbindelse med forureningsundersøgelser er der inden for de sidste par år udtaget flere og flere prøver til analyse for per- og polyfluorerede stoffer (PFAS). Dette skyldes at PFAS-stoffer er sundhedsskadelige for mennesker, bioakkumuleres i fødekæder og er persistente. PFAS-stoffer er både hydrofobe og lipofobe, hvilket betyder, at de skyr vand og fedt. Dette gør at PFAS historisk set, men også i dag, anvendes i mange produkter. PFAS findes også i materialer, som indgår i visse typer slanger, pumper og udstyr, der bruges til udtagning af prøver. Grænseværdier for PFAS er lave, på ng/l til µg/l niveau, og der er således en risiko for, at der kan ske krydskontaminering under prøvetagning af PFAS (Rambøll & Niras, 2022). Disse forhold sammenholdt med, at der mangler vejledning i at udføre prøvetagning af jord, grundvand, overfladevand og luft til analyse for PFAS, gør, at der ofte opstår mistanke om, at prøver til PFAS-analyse er blevet kontamineret under prøvetagningen.

Både rådgivere og regioner har derfor stor fokus på udtagning af prøver, der skal analyseres for PFAS, og ofte er kravene og procedurerne forskellige mellem rådgivere og regioner, da der ingen generelle retningslinjer er for prøvetagning. Det overordnede formål med dette projekt er at lave retningslinjer, der kan anvendes af regioner, kommuner, rådgivere mv. i forbindelse med udbud, tilbud og udførelse af PFAS-prøvetagning, og således sikre en mere ensartet prøvetagning, hvor krydskontaminering mindskes.

I denne rapport vil der blive præsenteret fire procedurer med anbefalinger for prøveindsamling, hvor der skal analyseres for PFAS i jord, grundvand, overfladevand og luft. Til hver procedure er der også udviklet en checkliste, der kan medbringes i felten, som kan bidrage til at evaluere eventuelle risici for krydskontaminering. Checklisterne findes i bilag 1-4. Hver procedure er opbygget med anbefalinger, som projektlederen/medarbejderen bør forholde sig til inden, undervejs og efter prøveindsamling. Procedurerne er blevet udviklet med fokus på praktisk anvendelighed.

1.1 Metode

Der er udført en litteraturgennemgang for at identificere hvilke anbefalinger, der findes for prøveindsamling af PFAS på nuværende tidspunkt. Der har været fokus på materialer og udstyr med et forventet indhold af PFAS-forbindelser, som potentielt kunne blive anvendt af danske rådgivere og entreprenører til prøveindsamling. Der er også foretaget en rundspørge blandt forhandlere om hvorvidt der anvendes PFAS ved produktion af udstyret. Herefter er der udført test af prøvetagningsudstyr, som der blev mistænkt for at indeholde PFAS, baseret på litteraturgennemgangen og rundspørgen, og som ofte anvendes og er i direkte kontakt med prøven. Desuden er der blevet indsamlet resultater af test af udstyr fra andre rådgivere. Ydermere er der lavet beregninger, der afspejler hypotetiske kontamineringsscenarier på hvor lidt eller meget krydskontaminering, der skal til for at opnå falsk positive prøver.

I dette projekt er fokus på krydskontaminering fra prøvetagningsudstyr og felthåndtering af prøver, derfor er risikoen for kontaminering efterfølgende på f.eks. analyselaboratoriet ikke inddraget. Det skyldes bl.a. at laboratorierne er akkrediterede og har egne procedure og blindprøver til kontrol af evt. krydskontaminering fra udstyr mv.

Under udførelsen af denne rapport har Rambøll fået input og udvekslet erfaringer med VMR, Region Midtjylland, Region Syddanmark, Region Hovedstaden, Region Nordjylland, Geo, DMR, NIRAS, Sweco, COWI, Jysk Geoteknik, Kristian Rytter og Miljøstyrelsen.

1.1.1 Tests

Der er i forbindelse med nærværende projekt blevet testet forskelligt udstyr, der benyttes til jord- og grundvandsprøvetagning. Testene er udført ved at undersøge afsmitning fra udstyret til vand ved at lægge det forskellige udstyr i vand i 24 timer, som anses for værende et worst case scenarie. Hvis der ikke påvises PFAS i prøven fra udstyret er risikoen for afsmitning under normale prøvetagningsforhold minimal. Hvis der påvises PFAS i prøven fra udstyret efter 24 timer, kan det ikke afvises, at der i nogle tilfælde vil kunne ske en afsmitning. Udover de test, der er lavet i projektet, er der indsamlet resultater af test af udstyr udført af Niras, DMR, COWI og Geo.

1.1.2 Rundspørge

For at få en større viden om det udstyr, der benyttes til og ved prøvetagning, er der lavet en rundspørge. Ved rundspørgen blev der f.eks. spurgt ind til viden om at PFAS indgår i produktionen af udstyret samt om produkterne er testet for PFAS afsmitning. Der er lavet rundspørge til forhandlere af prøvetagningsudstyr, værnemidler (nitrilhandsker) samt producenter af beklædning.

1.1.3 Teoretiske beregninger

Der er regnet på forskellige kontamineringsscenarier for at undersøge, hvor stor risikoen for at kontaminere en prøve egentlig er. Der er regnet på risikoen for at kontaminere en grundvandsprøve f.eks. ved at der drypper PFAS kontamineret vand ned i prøven fra beklædning, eller der benyttes udstyr, der kan afgive PFAS i forbindelse med prøvetagning. Det er derfor udregnet, hvor meget kontaminering med en bestemt koncentration, der potentielt skal tilføres en prøve, før der kan detekteres PFAS i prøven eller før prøven overskrider grundvandskvalitetskriteriet. Samme udregning er lavet for en jordprøve. Derudover er der regnet på risikoen for at forurene en grundvandsprøve med PFAS-forurenede jord f.eks. fra udstyr der har været brugt i et forurenede område og ikke er rengjort efterfølgende.

1.1.4 Litteraturstudier

Der er fundet studier af afsmitningstest og prøvetagningsprocedurer ved at søge i videnskabelige journaler for artikler samt på nettet for at finde anbefalinger fra relevante organisationer, myndigheder m.m. De fleste prøvetagningsprocedurer er fra USA, hvor der er stor fokus på at undgå falsk positive prøver, da sager tit er af juridisk karakter og der kan være risiko for sagsanlæg ved fejl. Dette kan medføre at prøvetagningsprocedurerne er mere konservative end hvad behovet er i Danmark. I forbindelse med udviklingen af de danske prøvetagningsprocedurer til denne rapport, er det forsøgt at vurdere de enkelte anbefalinger fra andre procedurer, for hvor stor risikoen reelt er for at forårsage en falsk positiv prøve.

Emnet er stadig relativt nyt, og der forskes meget i det, hvorfor det er vigtigt fremadrettet at holde øje med studier, som kan bidrage til yderligere forståelse.

1.1.5 Vurderinger af potentiale for krydskontaminering fra udstyr

Der er i anbefalingerne lavet tabeller, hvor udstyr er markeret med rød, gul og grøn afhængigt af om der er kendskab til PFAS, mistanke til PFAS eller kendskab til at der ikke er PFAS i udstyret. Udstyret er inddelt efter om det er i direkte eller indirekte kontakt med prøven. Under normal prøvetagning vil prøven ikke komme i kontakt med udstyr listet under "indirekte kontakt", og det skal derfor fremhæves, at det ikke nødvendigvis er et problem at noget udstyr kan indeholde PFAS, så længe det ikke er i kontakt med prøven. Udstyret som kun indirekte er i kontakt med prøven er angivet for at prøvetager kan identificere en potentiel krydskontamineringsrisiko for en prøve, hvis uheld opstår under prøvetagningen. Der lægges således ikke op til at rådgiver, regioner, myndigheder m.m. udfører ekstra foranstaltninger, hvis der anvendes udstyr der indeholder PFAS, men som ikke har en direkte kontakt med prøven.

Farveinddelingerne er opstillet efter følgende principper:

Rød: Indeholder PFAS - Det anbefales at finde alternativt udstyr, hvis det er i direkte kontakt med prøven. Hvis udstyret ikke er i direkte kontakt med prøven, anbefales det at man er opmærksom på tilstedeværelsen af PFAS, hvis det kommer i direkte kontakt.
Gul: Kan indeholde PFAS - Det anbefales at minimere risikoen for at udstyr har direkte kontakt til prøven.
Grøn: PFAS-frit eller ingen risiko - Det vurderes at udstyret ikke udgør en risiko for krydskontaminering.

Efter hver tabel er der angivet et tal mellem 1-3, som refererer til hvilke kilder eller vidensniveau, farveinddelingerne er baseret på. Det er vurderet, at tests udført på udstyr der typisk anvendes af danske rådgivere vægter højest, hvis der er modstridende oplysninger fra f.eks. litteraturstudier.

De tre vidensniveauer er:

Niveau 1: Er baseret på tests udført i Danmark af rådgivere.

Niveau 2: Er baseret på litteraturstudier der enten er baseret test af udstyr eller anbefalinger.

Niveau 3: Er baseret på den typiske materialesammensætning af udstyret. I de fleste tilfælde er viden om hvorvidt materialet består af PFAS baseret på litteraturstudier.

1.2 Er PFAS-krydskontaminering et problem?

Flere test af udstyr har vist at der kan ske en afsmitning af PFAS til vandprøver. Testerne er dog udført på en måde så de afspejler et worst-case scenarie. Det er derfor blevet undersøgt hvor ofte der reelt detekteres PFAS-forbindelser i jord- og vandprøver, samt hvor ofte der er en overskridelse af kriteriet for $\sum 4$ PFAS.

I 70% af alle jordprøver, udtaget i forbindelse med den offentlige indsats, er der detekteret mindst en PFAS-forbindelse, og i 14% af alle jordprøver er der en overskridelse af $\sum 4$ PFAS-kriteriet på 0,01 mg/kg TS (tørstof). Det skal dog bemærkes, at grundet høje detektionsgrænser og analyseomkostninger, er det ikke så ofte at jordprøver udvælges til analyse. Den samlede mængde data er derfor ikke stor, og typisk vil jordprøver kun udvælges til analyse, hvis der er påvist PFAS i grundvandet og man skal finde en forureningskilde. Der er i alt 3.703 jordprøver. I 75% af alle vandprøver udtaget i forbindelse med den offentlige indsats er der detekteret mindst en PFAS-forbindelse, og i 51% af alle vandprøver er $\sum 4$ PFAS-kriteriet på 2 ng/L overskredet. Der er 14.102 vandprøver. De ovenstående beregninger er baseret på data fra de fem regioner, og omfatter alle analyserede prøver for PFAS frem til efterår 2023. Resultatet for $\sum 4$ PFAS-kriteriet er for prøver, hvor resultatet af $\sum 4$ PFAS er angivet.

Ovenstående data viser at der er en relativ stor mængde prøver af både jord og vand, hhv. 70% og 75%, hvor der detekteres mindst en PFAS-forbindelse ud af de analysrede. Dette kan enten være et udtryk for at prøver kun udvælges, hvor der er forurening, at der findes en diffus belastning, eller at der kan forekomme krydskontaminering under prøvetagning. I praksis kan det være en kombination af alle tre, men omfanget af den diffuse belastning og krydskontaminering er ukendt.

Der kan altid udføres yderligere foranstaltninger for at undgå krydskontaminering, da PFAS er anvendt i et stort omfang i materialer og er besværlig at undgå. Det er således vigtigt at finde et niveau, hvor risikoen for krydskontaminering mindskes mest muligt, men uden at gøre prøvetagning så vanskelig og omkostningstungt, at det ikke fungerer i praksis. Når der skal udføres indsamling af prøver, der skal analyseres for PFAS, bør det overvejes, hvilke konsekvenser det vil have, at der kan forekomme en falsk positiv prøve (dvs. at der er sket en krydskontaminering). Dette kan f.eks. være i påbudssager eller lign. Typisk vil det være muligt at minimere risikoen for krydskontaminering ved ekstra rengøring, udtagelse af kontrolprøver samt at anvende alternativt udstyr, der er dokumenteret PFAS-fri. I denne procedurebeskrivelse er der

lavet anbefalinger til alle tre ting, og hvor stort fokus der skal være på det enkelte område, afhænger af konsekvenserne ved en falsk positiv prøve. Det anbefales, at rådgiver og myndighed tager en åben diskussion om dette inden planlægning påbegyndes.

2. Test af feltudstyr for PFAS


Der er lavet test af udvalgt udstyr, der benyttes til jord- og grundvandsprøvetagning. Derudover er der indsamlet resultater af test af udstyr, der er udført af Niras, DMR, COWI og Geo. Undersøgelserne har testet udvalgte PFAS-forbindelser med varierende detektionsgrænser, og er ikke et udtryk for alle PFAS-forbindelser samt precursorer (forbindelser, som kan transformeres til andre stoffer).

2.1 Feltudstyr til prøvetagning

Der er udvalgt forskelligt udstyr til test for PFAS-afsmitning. Udstyret er udvalgt baseret på de ovenstående afsnit, og dermed på baggrund af risikoen for afsmitning til prøven samt om udstyret er i direkte kontakt med prøven. Det udvalgte udstyr kan ses af tabel 1 .

TABEL 1. Udstyret, der blev udvalgt til test for PFAS-afsmitning.

Prøvetagningsudstyr	Forhandler
Grundfos MP1 pumpe med kabel – gammel	Rotek
Comet Geo Duplo Plus pumpe med ledning – ny	MB-trading
Comet Eco Plus pumpe med ledning – ny	MB-trading
Kansas Hi Vis Airtech refleksjakke – ny	Bacher Work Wear
LDPE-slange til MP1-pumpe – ny	Glim Plast
LDPE-slange til engangspumper – ny	MB-trading
Cobalt basic-plus nitrilhandsker – ny	Lomax
Blue eco-plus nitrilhandsker – ny	Epitade
O-ring til PE rør og filtre – ny	Rotek (varenr. 0140016)
Würth, teflongevindtape til samling af rør – ny	Rotek (varenr. 0345601)



Testen for afsmitning af PFAS blev udført ved at undersøge afsmitning til vandfasen. Det er valgt at teste udstyrsafsmitning til vandfasen, pga. den lavere detektionsgrænse, der kan opnås ved vandprøver fremfor jordprøver. Desuden er jordprøver et mere inhomogent medie, der kan være svært at teste parallelt. Testen blev udført ved at materialerne eller en delprøve heraf blev overført til en prøvetagningsbeholder, som blev opfyldt med drikkevand. Prøvetagningsbeholderne er leveret af analyselaboratoriet og er testet PFAS-frie. Drikkevandet var forud for testen blevet analyseret for 22 PFAS ved analyselaboratoriet Eurofins Miljø A/S, hvor der ikke blev påvist koncentrationer af PFAS.



FIGUR 1. Prøvetagningsbeholder med teflontape og o-ringe, der er opfyldt med PFAS-frit vand.

Prøverne stod herefter i 24 timer. 24 timers kontakttid anses som en worst case situation, da kontakttiden mellem udstyret og prøven ofte vil være langt kortere.

Vandfasen blev efter 24 timer om hældt til en prøveflaske fra analyselaboratoriet Eurofins og indsendt til analyse for 22 PFAS ved Eurofins Miljø A/S. Der blev ligeledes indsendt en kontrolprøve af drikkevand i samme type prøvetagningsflaske. Denne kunne analyseres, hvis der efterfølgende var mistanke om en baggrundskoncentration af PFAS fra drikkevandet eller prøveemballagen.

2.2 Resultater

Analyseresultaterne viser, at der fra størstedelen af det undersøgte prøvetagningsudstyr ikke kunne påvises afsmittning med PFAS fra de testede materialer til vandet.

Der blev dog påvist PFAS-afsmittning i vandprøverne, der havde været i kontakt med refleksjakken og teflongevindtappen. Σ PFOA, PFOS, PFNA og PFHxS og Σ 22 PFAS for det testede udstyr er angivet i tabel 2 .

TABEL 2. Analyseresultater for testet udstyr. Detektionsgrænsen var mellem 0,30 ng/l og 1 ng/l for de enkelte PFAS. **i.p.:** ikke blev påvist PFAS i prøven.

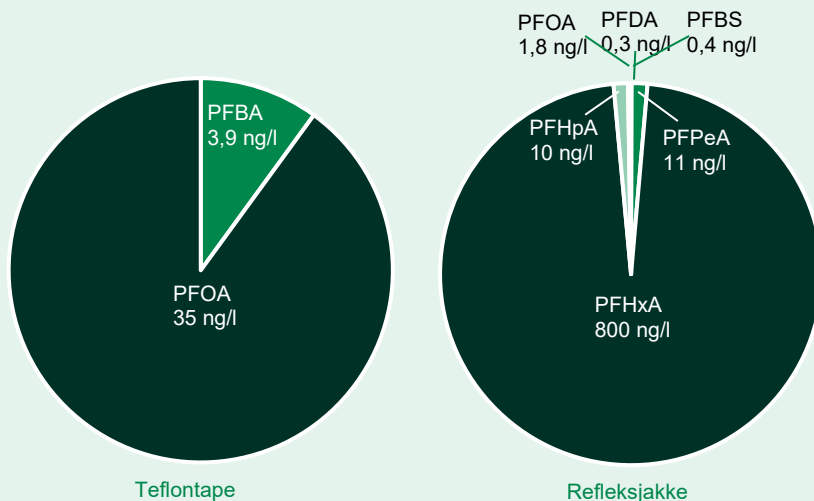
Prøvetagningsudstyr	Σ 4 PFAS, ng/l	Σ 22 PFAS, ng/l
MP1 pumpe med kabel	i.p.	i.p.
Geo Duplo Plus pumpe med ledning	i.p.	i.p.
Eco Plus pumpe med ledning	i.p.	i.p.
Refleksjakke	1,8	820
LDPE-slange	i.p.	i.p.
LDPE-slange	i.p.	i.p.
Nitrilhandsker cobalt basic-plus	i.p.	i.p.
Nitrilhandsler blue eco-plus	i.p.	i.p.
O-ring	i.p.	i.p.
Teflongevindtape	35	39
Grundvandskvalitetskriterium (Miljøstyrelsen, 2021)	2	100

For refleksjakken blev der påvist seks forskellige PFAS-forbindelser, hvor de højeste koncentrationer var for PFHxA, PFPeA og PFHpA på hhv. 800 ng/l, 11 ng/l og 10 ng/l.

For teflongevindtappen blev der påvist to forskellige PFAS-forbindelser, PFOA og PFBA, med koncentrationer på hhv. 35 og 3,9 ng/l. Fordelingen af de påviste koncentrationer af PFAS-forbindelser kan ses af PFAS-fingerprint på figur 2.

PFAS-fingerprint

Cirkeldiagrammerne nedenfor viser koncentrationerne af de forskellige PFAS-forbindelser, der blev påvist i vandet fra teflontape og refleksjakken.



FIGUR 2. PFAS-fingerprint af de påviste koncentrationer af PFAS fra afsmitning af teflontape og refleksjakke.

Resultaterne viser, at der generelt ikke forventes afsmitning med PFAS fra størstedelen af det udstyr, der anvendes ved prøvetagning. Resultaterne fra test af teflongevindtape og refleksjakke indikerer dog, at der er risiko for afsmitning herfra. For refleksjakken ses det, at den afgivne koncentration for Σ 22 PFAS overskrider grundvandskvalitetskriteriet mere end otte gange.

En væsentlig påvirkning af miljøprøven fra beklædning som refleksjakke, vil kun kunne opstå hvis miljøprøven opbevares i længerevarende direkte kontakt med jakken. Refleksjakkens kontakt med miljøprøven vurderes dog at være begrænset og muligt at undgå. Indirekte kontakt kan dog opstå, hvis nedbør efter kontakt med beklædningen drypper ned i miljøprøven og på denne måde kontaminerer prøven. Prøvetageren skal derfor være særlig opmærksom på sin beklædning og prøvehåndtering i regnvej.

For teflongevindtappen ses den afgivne koncentration for Σ PFOA, PFOS, PFNA og PFHxS, at være mere end 17 gange højere end grundvandskvalitetskriteriet. Anvendelse af teflontape i forbindelse med grundvandsprøvetagningen skal derfor undgås.

2.3 Andre undersøgelser

Dansk Miljørådgivning A/S har lavet afsmitningsforsøg af forskellige produkter og materialer, der potentielt kan medføre afsmitning med PFAS til jord- og grundvandsprøver (Dansk Miljørådgivning, 2022).

Undersøgelserne er blevet udført dels ved undersøgelse af eventuel afsmitning til vandfasen og dels ved afsmitning til jord. En oversigt over de undersøgte materialer samt til hvilket medie afsmitningen blev undersøgt kan ses af tabel 3.

TABEL 3. Udstyr, der blev undersøgt af DMR samt det medie det blev testet i.

Prøveudstyr	Medie
Kontrolprøve af såjord fra Champost direkte fra posen	Jord
Murerspand, GRIPLINE X 12 L Grå (PE-plast) – brugt	Jord
Murerspand, GRIPLINE X 12 L Grå (PE-plast) – ny	Jord
Murerspand, GRIPLINE D 12 L Sort (LDPE-plast) – brugt	Jord
Murerspand, GRIPLINE D 12 L Sort (LDPE-plast) – ny	Jord
Murerspand, Baueimer 12 L basic sort (HDPE-plast) – brugt	Jord
Murerspand, Baueimer 12L basic sort (HDPE-plast) – ny	Jord
Kontrolprøve af postevand	Vand
Geoteknik-pose (PE-plast)	Vand
Diffusionstæt Rilsan-pose (Polyamid 11/Nylon 11)	Vand
Kontrolprøve af postevand (Frederiksberg) i ALS-emballage	Vand
Label til prøveglas	Vand
Handske (Nitril)	Vand
Slange (PE-plast)	Vand
Regnbukser (100 % polyester med polyurethan-coating)	Vand
Regnjakke (100 % polyester med polyurethan-coating)	Vand

Afsmitningen til vandprøver blev undersøgt ved at materialerne eller delprøver heraf blev overført til en prøvetagningsflaske som efterfølgende blev opfyldt med postevand. Prøverne stod herefter i et antal timer eller dage. Vandfasen blev efterfølgende om hældt til en ny udleveret flaske og indsendt til kemisk analyse for PFAS (12 eller 22 stk.). Der blev samtidig indsendt en kontrolprøve bestående af postevand i samme type prøvetagningsflaske, for at sikre at der ikke var et baggrundsniveau af PFAS i postevandet eller prøveemballagen.

Ved undersøgelse af PFAS-afsmitning til jord blev en ny og en brugt plastspand af tre forskellige typer spande testet ved tilføjelse af ren jord (såjord fra Champost). Undersøgelsen blev udført ved at behandle jorden i de respektive spande på en måde, der er repræsentativ for den prøvehåndtering, der foregår i felten. Prøverne blev udtaget således at de overvejende bestod af jord, der havde været i direkte kontakt med spanden. Der blev udtaget en kontrolprøve af jorden direkte fra posen. Prøverne blev efterfølgende indsendt til kemisk analyse.

Analyseresultaterne viste, at der generelt ikke kunne påvises afsmitning med PFAS fra de testede materialer til vand eller jord. Der blev dog ved denne undersøgelse også fundet PFAS i forbindelse med beklædning. Der blev i vandprøven, der havde været i kontakt med regnjakken konstateret et indhold af PFNA på 3,9 ng/L, som er med i sumkriteriet for de fire PFAS (PFOA, PFOS, PFNA og PFHxS) og der ses derfor overskridelser af Miljøstyrelsens grundvandskvalitetskriterium på 2 ng/L. Resultatet af testen er udtryk for et worst-case scenarie, da miljøprøver under almindelige prøvetagningsforhold ikke vil komme i kontakt med beklædning som f.eks. en regnjakke.

Σ PFOA, PFOS, PFNA og PFHxS og Σ 12 eller 22 PFAS for det testede udstyr er angivet i tabel 4.

TABEL 4. Analyseresultater for testet udstyr. Udstyr og resultater markeret med brun er testet i jord, mens udstyr og resultater markeret med blå er testet i vand. Detektionsgrænsen kendes ikke. i.p. betyder at der ikke blev påvist PFAS i prøven. * betyder at prøven er analyseret for 12 PFAS.

Prøvetagningsudstyr	∑ 4 PFAS, ng/l	∑ PFAS – 12 eller 22 stoffer, ng/l (vand) og mg/kg (jord)
Kontrolprøve af såjord fra Champost direkte fra posen	i.p.	i.p.
Murerspand, GRIPLINE X 12 L Grå (PE-plast) - brugt	i.p.	i.p.
Murerspand, GRIPLINE X 12 L Grå (PE-plast) - ny	i.p.	i.p.
Murerspand, GRIPLINE D 12 L Sort (LDPE-plast) - brugt	i.p.	i.p.
Murerspand, GRIPLINE D 12 L Sort (LDPE-plast) - ny	i.p.	i.p.
Murerspand, Baueimer 12 L basic sort (HDPE-plast) - brugt	i.p.	i.p.
Murerspand, Baueimer 12L basic sort (HDPE-plast) – ny	i.p.	i.p.
Kontrolprøve af postevand	i.p.	i.p.
Geoteknik-pose (PE-plast)	i.p.	i.p.
Diffusionstæt Rilsan-pose (Polyamid 11/Nylon 11)	i.p.	i.p.
Kontrolprøve af postevand (Frederiksberg) i ALS-emballage	i.p.	i.p.
Label til prøveglas	i.p.	i.p.*
Handske (Nitril)	i.p.	i.p.*
Slange (PE-plast)	i.p.	i.p.*
Regnbukser (100 % polyester med polyurethan-coating)	i.p.	i.p.*
Regnjakke (100 % polyester med polyurethan-coating)	3,9	3,9*
Jordkvalitetskriterium (Miljøstyrelsen, 2021)	0,01	0,4
Grundvandskvalitetskriterium (Miljøstyrelsen, 2021)	2	100

Niras A/S har ligeledes lavet afsmitningsundersøgelser af forskellige produkter og materialer (Niras, 2023). Forsøgene er udført ved at undersøge afsmitningen til 20 L PFAS-frit vand i en time og herefter analysere for 22-PFAS. Der blev lavet kontrolprøver af det vand undersøgelsen blev lavet med. Resultaterne af undersøgelsen kan ses af tabel 5.

Der blev påvist PFAS-afsmittning fra flere af de undersøgte materialer. Fra et brugt pejl blev der påvist PFAS, mens der ikke kunne påvises PFAS ved et nyt pejl. Dette skyldes formentlig at PFAS kan akkumuleres på pejlet og afsmitte fra en måling til næste måling.

Fra både motorkabel og interne pakninger fra en brugt MP1-pumpe var der afsmitning af PFAS. Afsmitningen fra motorkablet var på 140 ng/L for ∑ 22 PFAS og der ses derfor overskridelser af Miljøstyrelsens grundvandskvalitetskriterium på 100 ng/L. Niras fraråder derfor brugen af MP1-pumper og anbefaler i stedet at serieforbinde engangspumper, hvorfra der ikke blev fundet afsmitning af PFAS.

TABEL 5. Analyseresultater for udstyr undersøgt af Niras. Detektionsgrænsen kendes ikke. **i.p.** betyder at der ikke blev påvist PFAS i prøven.

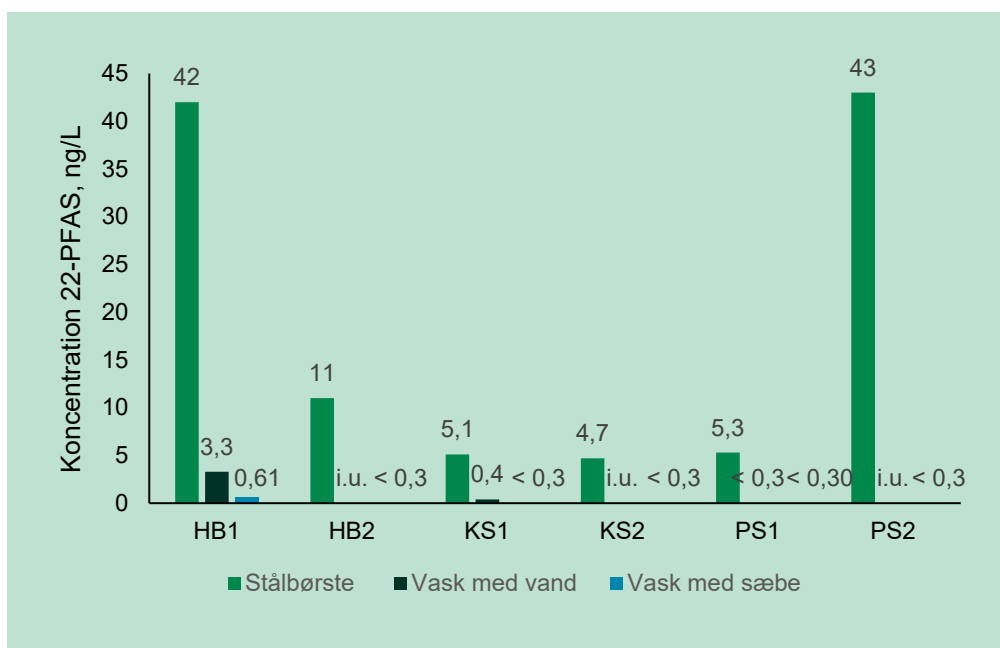
Prøvetagningsudstyr	∑ 22 PFAS, ng/L
Brugt pejl (tilfældigt brugt)	3
Nyt pejl	i.p.
Motorkabel fra MP1-pumpe	140
Interne pakninger fra MP1-pumpe	6,5
Motorkabel af anden type (plastmateriale) fra MP1-pumpe	1,7
Printede etiketter til prøveglas	15
PE-slanger til vandprøvetagning og ledninger til plastpumper	i.p.
Kabelbindere (strips)	i.p.
Nitril engangshandsker	i.p.
Feltnotepapir	i.p.
Transportkasse til opbevaring af rene PE-slanger	i.p.
Engangspumpe, ECO	i.p.
Engangspumpe, ECO+	i.p.
Engangspumpe, duplo	i.p.
Grundvandskvalitetskriterium (Miljøstyrelsen, 2021)	100

Niras har også undersøgt effekten af rengøring af PFAS-kontamineret udstyr (Niras, 2023). Her blev jordprøvetagningsudstyr (håndbor, karteringsspyd, pælespade) først benyttet i kraftigt forurenet jord (>500 µg/kg), hvor stort set alle stoffer af PFAS-22 var påvist. Udstyret forventes derved at blive markant forurenet.

Der blev afprøvet tre forskellige rengøringsprocedurer.

- Kun afbørstning med stålborste af det groveste materiale
- Yderligere mekanisk vask med børste i vandet
- Yderligere mekanisk vask med børste i vandet og specialsæbe af mærket ALCONOX

Efter hver af rengøringerne er udstyret skyllet med ca. 1 L rent vand og vand herfra er herefter analyseret for 22-PFAS. Resultatet kan ses af figur 3.



FIGUR 3. Koncentrationer af 22-PFAS i vandprøverne efter hhv. rengøring af udstyr med stålbørste, yderligere rengøring med børste i vand og yderligere rengøring med børste i vand og specialsæbe. HB er håndbor, KS er karteringsspyd og PS er pælespade. i.u.: ikke undersøgt. <0,3 er under detektionsgrænsen.

Det ses tydeligt, at den yderligere mekaniske vask med børste i vand giver en stor reduktion af PFAS-indholdet i det opsamlet vand, ift. den mekaniske rengøring med børste alene. Efter yderligere anvendelse af sæbe og børste påvises der kun PFAS i en af de seks prøver. Der er dog kun tre prøver, hvor der er brugt vand uden sæbe til rengøring. Det ses derfor, at det er muligt at rengøre udstyret forholdsvis enkelt og dermed forhindre en potentiel krydskontaminering. Det skal bemærkes at figur 3 viser indholdet i vaskevandet og dette kan ikke direkte overføres til hvad der kan findes i jordprøven.

COWI A/S har ligeledes udført en række afsmitningsforsøg af det feltudstyr, der anvendes under vandprøvetagning for at udelukke en mulig afsmitning af PFAS-stoffer fra prøvetagningsudstyret og dermed påvirkning af prøverne.

Forsøgene er udført på repræsentativt udstyr såsom pejl og tre forskellige pumper med påmonteret slange. Der er i forbindelse med forsøgene ligeledes udtaget kontrolprøver af det anvendte vand (tappet fra vandhane) samt opsamlingskar (zinkkar). Undersøgelsen af pejlet blev udført ved at et brugt pejl blev lagt i vand i et zinkkar sammen med ca. 6 meter ledning. Efter 15 minutter blev der udtaget en vandprøve af vandet fra zinkkarret.

De tre undersøgte pumper blev hver især undersøgt ved at pumperne blev lagt i vand i zinkkar og fra de påmonterede prøveslanger oppumpes efter ca. 10 min vand til prøvetagningsflaske fra analyselaboratoriet.

Resultaterne af undersøgelsen kan ses af tabel 6, og viser, at der ikke blev påvist indhold af PFAS-stoffer, der overstiger analysemetodens detektionsgrænser, i nogle af de udtagne vandprøver, hvor prøvetagningsudstyret har været i kontakt med vandet.

TABEL 6. Analyseresultater for udstyr undersøgt af COWI. Detektionsgrænsen var mellem 0,30 ng/l og 20 ng/l for de enkelte PFAS. **i.p.** betyder at der ikke blev påvist PFAS i prøven.

Prøvetagningsudstyr	∑ 4 PFAS, ng/l	∑ 22 PFAS, ng/L
Brugt pejls med 6 meter ledning	i.p.	i.p.
Comet, 8 meter slange	i.p.	i.p.
Geo-Duplo-Inline-Plus, 12 meter slange	i.p.	i.p.
Brugt MP1-pumpe, 18 meter	i.p.	i.p.
Grundvandskvalitetskriterium (Miljøstyrelsen, 2021)	2	100

Geo har ligeledes lavet afsmittingsundersøgelser af forskellige prøvetagningsudstyr. Forsøgene er udført ved at undersøge afsmittningen til ca. 1,5 L PFAS-frit vand i 72 timer og herefter analyseret for 22-PFAS. Resultaterne af undersøgelsen kan ses af tabel 7.

TABEL 7. Analyseresultater for udstyr undersøgt af Geo. Detektionsgrænsen kendes ikke. **i.p.** betyder at der ikke blev påvist PFAS i prøven.

Prøvetagningsudstyr	∑ 22 PFAS, ng/L
Kniv	0,2
Murske	i.p.
Whale pumpe + ledning	i.p.
Geo Duplo pumpe	1,1
O-ring	1,2
O-ring version 2	i.p.
Kajakrør med gummiprop	2
Kajakrør lille	i.p.
Kajakrør stor	i.p.
Kajakrør lang	i.p.
Gummiprop	1,1
Sæbeopløsning	i.p.
Spand	0,31
Grundvandskvalitetskriterium (Miljøstyrelsen, 2021)	100

Der blev påvist PFAS-afsmittning fra flere af de undersøgte prøvetagningsudstyr. Der er påvist PFAS på følgende prøvetagningsudstyr: Kniv, Geo Duplo pumpe, o-ring og kajakrør med prop, gummiprop og spand.

Geo har udført afsmittingsundersøgelse på to forskellige o-ringe, hvilket har resulteret i forskellige analyseresultater.

Ved kajakrør med gummiprop blev der påvist PFAS, hvorimod der ved kajakrør i forskellige størrelser uden prop ikke blev påviste PFAS. Ved undersøgelse af gummiproppen alene blev der dog ligeledes påvist PFAS.

3. Rundspørge til leverandører

I forbindelse med projektet, er der foretaget en rundspørge blandt producenter og forhandlere af prøvetagningsudstyr.

Plastproducenten, PMH Plast, er blev spurgt omkring de LDPE-slanger de producerer til grundvandsprøvetagning. Producenten kunne oplyse, at de fremstiller slangerne af LDPE-granulat, hvori der ikke indgår PFAS. Der benyttes ikke genbrugsplast i LDPE-slangerne, da der skal være kontrol med materialesammensætningen til grundvandsprøvetagning. Derudover blev det oplyst, at der ikke benyttes slipmiddel i slangerne og til produktion. Glim Plast har fremsendt sikkerhedsdatablad og en reguleringserklæring af de LDPE-granulater der benyttes til fremstilling af slangerne. I reguleringserklæringen er det angivet at LDPE-granulaterne efterlever Stockholm konventionen (Regulation (EU) 2019/1021 (POP)) for stofferne PFOA, dets salte og PFOA-relaterede stoffer samt PFOS.

Lomax, der bl.a. forhandler nitrilhandsker er blevet spurgt omkring indholdet af PFAS og overfladebehandlingen af de nitrilhandsker, de forhandler. Lomax oplyste at nitrilhandskerne produceres ifølge standarder. Lomax har haft kontakt med to af de leverandører, de forhandler handsker fra. Det drejer sig om producenterne af nitrilhandskerne Cobalt Basic-plus og FIT-ON fra deres vareudvalg. Ifølge leverandørerne indgår der ingen PFAS i produktionen. Derudover indgår der heller ikke PFAS i den behandling der laves af handskerne, for at de er nemmere at tage på. Der er ikke udført test for afsmitning fra handskerne, da der ikke anvendes PFAS i forbindelse med produktionen af handskerne.

Rotek, der er Danmarks største leverandør af udstyr til grundvandsboringer, er i forbindelse med rundspørgen blev spurgt omkring deres viden om PFAS-indhold samt test af indhold af PFAS i nogle af de produkter de markedsfører. Rotek svarede tilbage, at der ikke er et enkelt svar på spørgsmålene. Der er lavet enkelte test af noget af det udstyr de forhandler, men testene giver ikke et videnskabeligt grundlag og udgangspunktet er, at der derfor ikke er nogle test. Det blev udtrykt, at det var svært som forhandler, at der ikke er nogle standarder eller certificeringer, de kan forholde sig til i forhold PFAS i prøvetagningsudstyr.

Rotek oplyste at MP1 pumper, som bl.a. er en af de ting, de forhandler, indeholder teflonpakninger, hvorfra der er risiko for afsmitning med PFAS. De vurderede dog at afsmitningen herfra vil være minimal grundet den lave kontakttid. For engangspumper er der begrænset viden omkring indholdet af teflonpakninger eller indholdet af andre komponenter, der kan afgive PFAS. O-ringe i NBR (nitrilgummi) er gennem test blevet frikendt for PFAS og disse benyttes til miljøboringer. O-ringe i EPDM-gummi er fødevarerogodkendte og benyttes til rentvandsboringer. For disse er der dog fundet PFAS ved test. Der er dog tale om enkeltstående tests af o-ringene, som man skal være forsigtig med at konkludere for meget af.

Ved vandstandspejling har pejlerne oftest en sonde i rustfrit materiale, mens målebåndet er af plast. Her kan båndet få en minimal, kortvarig kontakt med grundvandet, selvom det reelt set kun er meningen, at sonden skal i kontakt med vandet. Det er ikke ualmindeligt, at gamle/defekte vandstandspejlere bruges til bundpejling, hvor der bindes noget i enden som lod. I dette tilfælde kan der være en del kontakt med båndet, og derfor bør der kun anvendes rigtige bundpejl til bundpejling, da både sonde og wire her er af stål.

Miljørør i PVC og HDPE samt PE-slanger til prøvetagning er KIWA-certificerede. Ved KIWA-certificeringen er produkterne testet for en lang række stoffer bl.a. tungmetaller og PCB'er. Der indgår ikke PFAS i vurderingen. Der er indhentet en deklARATION fra råvareleverandøren af HDPE, hvor det fremgår at PFAS ikke intentionelt benyttes i produkterne.

Rotek har modtaget materialesikkerhedsdatablad for BioBailer® Disposable Bailer i PVC og HDPE fra producenten, ESP Environmental Service Products Inc. Heri er der ikke angivet

PFAS-komponenter. Derudover har producenten fremsendt en deklARATION til Rotek om at alle de produkter, de producerer, efter er PFAS-frie.

Dunlop, der producerer sikkerhedsfodtøj er blevet kontaktet i forhold til om PFAS indgår i produktionen af gummistøvler og waders samt om der indgår PFAS i overfladebehandlingen af produkterne. Producenten bekræfter, at produkter fra Dunlop sikkerhedsfodtøj ikke indeholder PFAS.

To producenter af arbejdsbeklædning er blevet kontaktet, men disse er ikke vendt tilbage på henvendelsen.

Virksomheden 3M, der bl.a. producerer forskellige tapeprodukter har på deres hjemmeside en liste (listen findes [her](#)) med alle de produkter, de producerer, der indeholder PFAS.

4. Udregning af kontamineringsrisiko

I dette afsnit udregnes forskellige scenarier for risikoen for at kontaminere jord- og grundvandsprøver.

4.1 Grundvandsprøve

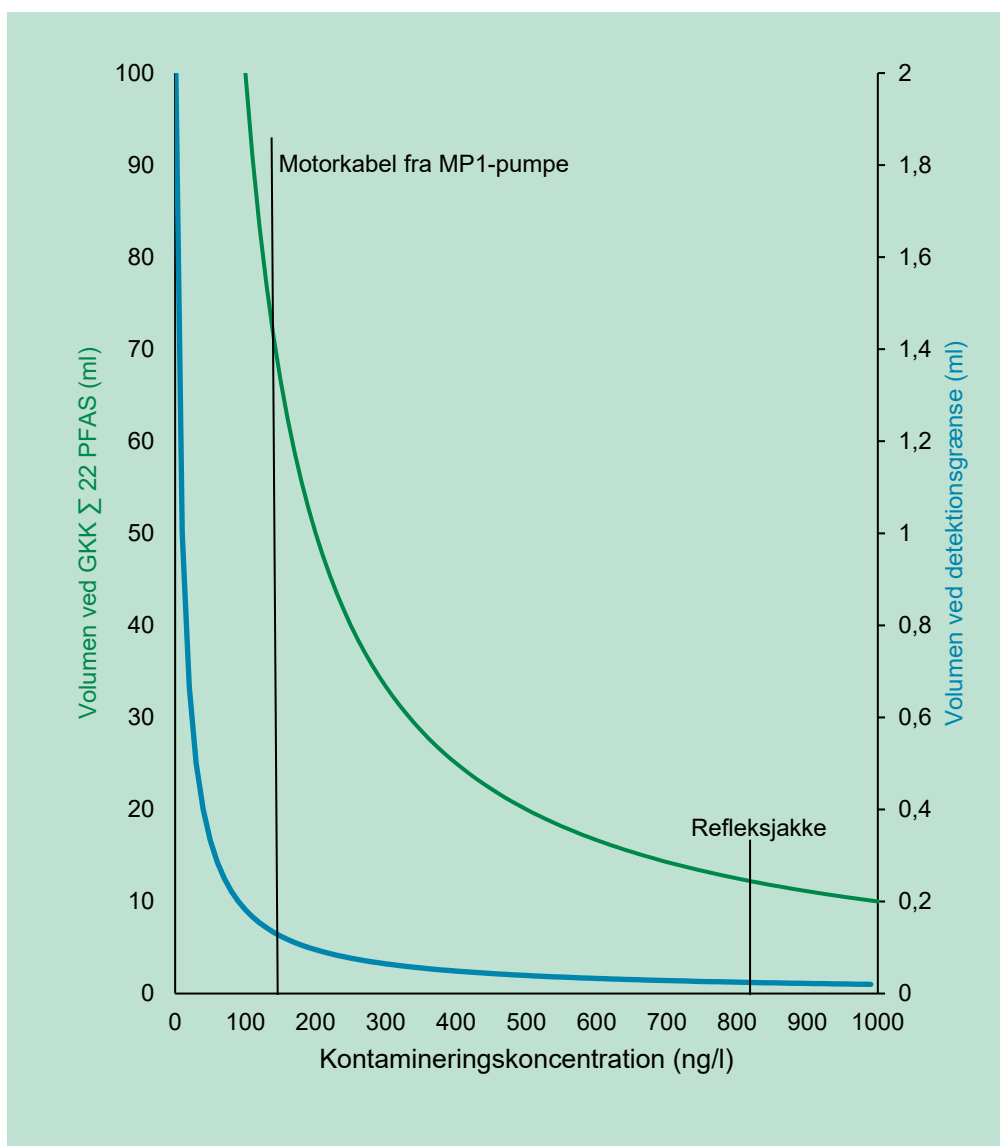
Risikoen for kontaminering af en grundvandsprøve f.eks. ved et scenarie, hvor der drypper vand fra regntøj med PFAS ned i en vandprøve, er undersøgt. Dette er gjort ved at udregne, hvor stor en volumen ($V_{\text{kontaminering}}$) med en bestemt koncentration ($C_{\text{kontaminering}}$), der skal tilføres en ren vandprøve før den samlede koncentration af prøven enten overskrider Miljøstyrelsens grundvandskvalitetskriterie (GKK) eller opnår detektionsgrænsen for påvisning af PFAS i en prøve. Da de enkelte PFAS-stoffer har forskellig detektionsgrænse, benyttes den laveste detektionsgrænse, der er detektionsgrænsen for PFOS på 0,20 ng/l hos Eurofins. På baggrund af overstående er følgende udtryk opstillet:

$$\text{Ligning 1} \quad GKK / \text{detektionsgrænse} \left[\frac{\text{ng}}{\text{l}} \right] = \frac{V_{\text{kontaminering}} [\text{l}] \cdot C_{\text{kontaminering}} \left[\frac{\text{ng}}{\text{l}} \right]}{V_{\text{prøveflaske}} [\text{l}]}$$

Der er taget udgangspunkt i at der benyttes en 100 ml prøveflaske ($V_{\text{prøveflaske}}$), som er den prøvevolumen, der benyttes til analyse for 22 PFAS ved Eurofins. Kontamineringskoncentrationen varieres.

$$\text{Ligning 2} \quad V_{\text{kontaminering}} [\text{l}] = \frac{GKK / \text{detektionsgrænse} \left[\frac{\text{ng}}{\text{l}} \right] \cdot V_{\text{prøveflaske}} [\text{l}]}{C_{\text{kontaminering}} \left[\frac{\text{ng}}{\text{l}} \right]}$$

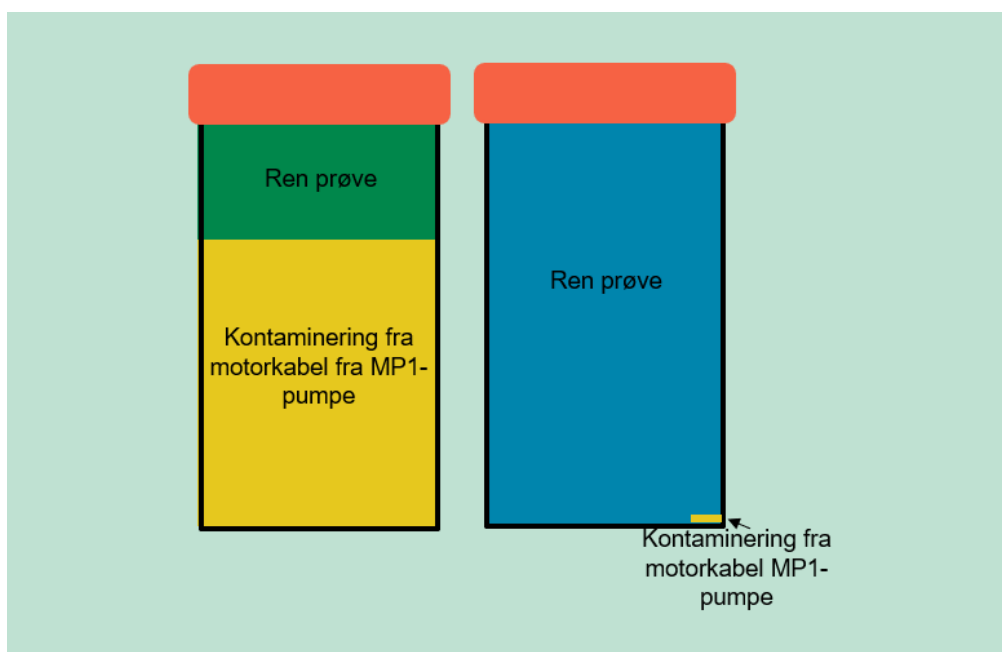
I figur 4 er den volumen, der udgør kontamineringsdelen ($V_{\text{kontaminering}}$) i en prøve på totalt 100 ml ($V_{\text{prøveflaske}}$), afbilledet afhængig af kontamineringskoncentrationen for opnåelse af Miljøstyrelsens grundvandskvalitetskriterium for Σ 22 PFAS på 100 ng/l eller detektionsgrænsen på 0,20 ng/l.



FIGUR 4. Graferne viser hvor stor et volumen ($V_{\text{kontaminering}}$) den kontaminede del udgør af en vandprøve på totalt 100 ml før hhv. grundvandskvalitetskriteriet (GKK) for Σ 22 PFAS (grøn kurve) og detektionsgrænsen for PFAS (blå kurve) i vand opnås. Kontamineringskoncentrationer og tilsvarende volumener for motorkabel til MP1-pumpe og refleksjakke kan aflæses.

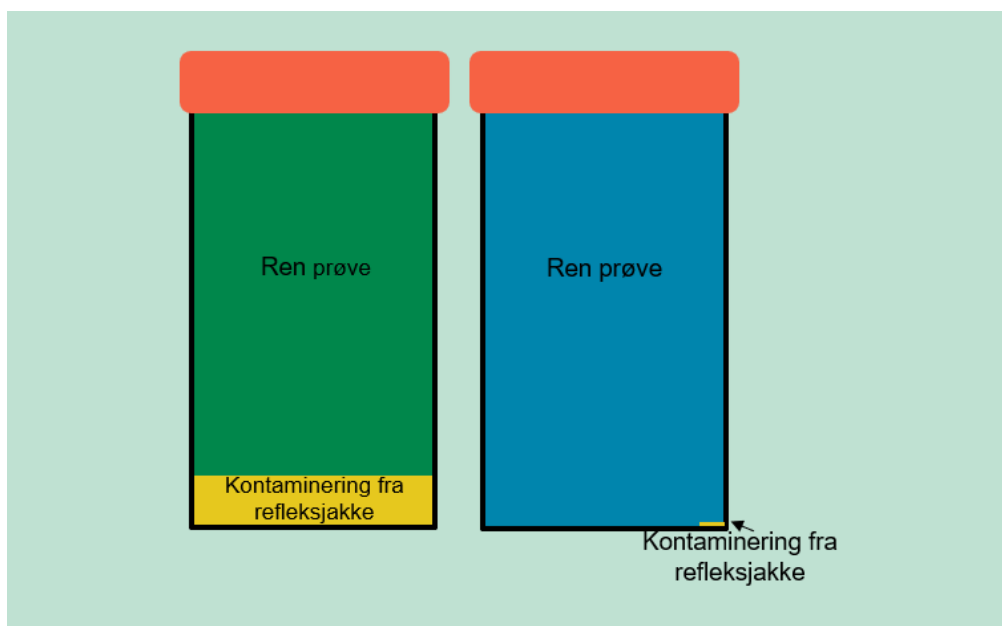
På figur 4 ses det at en kontamineringskoncentration på f.eks. 140 ng/l, som er den koncentration, der blev målt i vand hvori motorkabel fra MP1-pumpe havde ligget, medfører at kontamineringen skal udgøre 71 ml ud af en vandprøve på total 100 ml før grundvandskvalitetskriteriet for Σ 22 PFAS overskrides. For at PFAS kan detekteres over detektionsgrænsen skal kontamineringen udgøre 0,14 ml til prøven på totalt 100 ml. På samme vis kan volumenerne for refleksjakken (kontamineringskoncentration på 820 ng/l) aflæses til hhv. 12 ml og 0,024 ml.

I figur 5 er det vist hvor stor et volumen af kontamineret vand fra motorkabel fra MP1-pumpe udgør i en 100 ml prøveflaske for hhv. overskridelse af grundvandskvalitetskriteriet for Σ 22 PFAS og opnåelse af detektionsgrænsen for PFAS.



FIGUR 5. Volumenet kontamineringen fra MP1-pumpe udgør af prøveflasken på 100 ml for opnåelse af hhv. grundvandskvalitetskriteriet for Σ 22 PFAS (grøn) og detektionsgrænsen for PFAS (blå).

På figur 6 er det illustreret, hvor stor en andel kontamineringen fra refleksjakken udgør i en 100 ml prøveflaske for hhv. overskridelse af grundvandskvalitetskriteriet for Σ 22 PFAS og opnåelse af en koncentration svarende til detektionsgrænsen for PFAS.



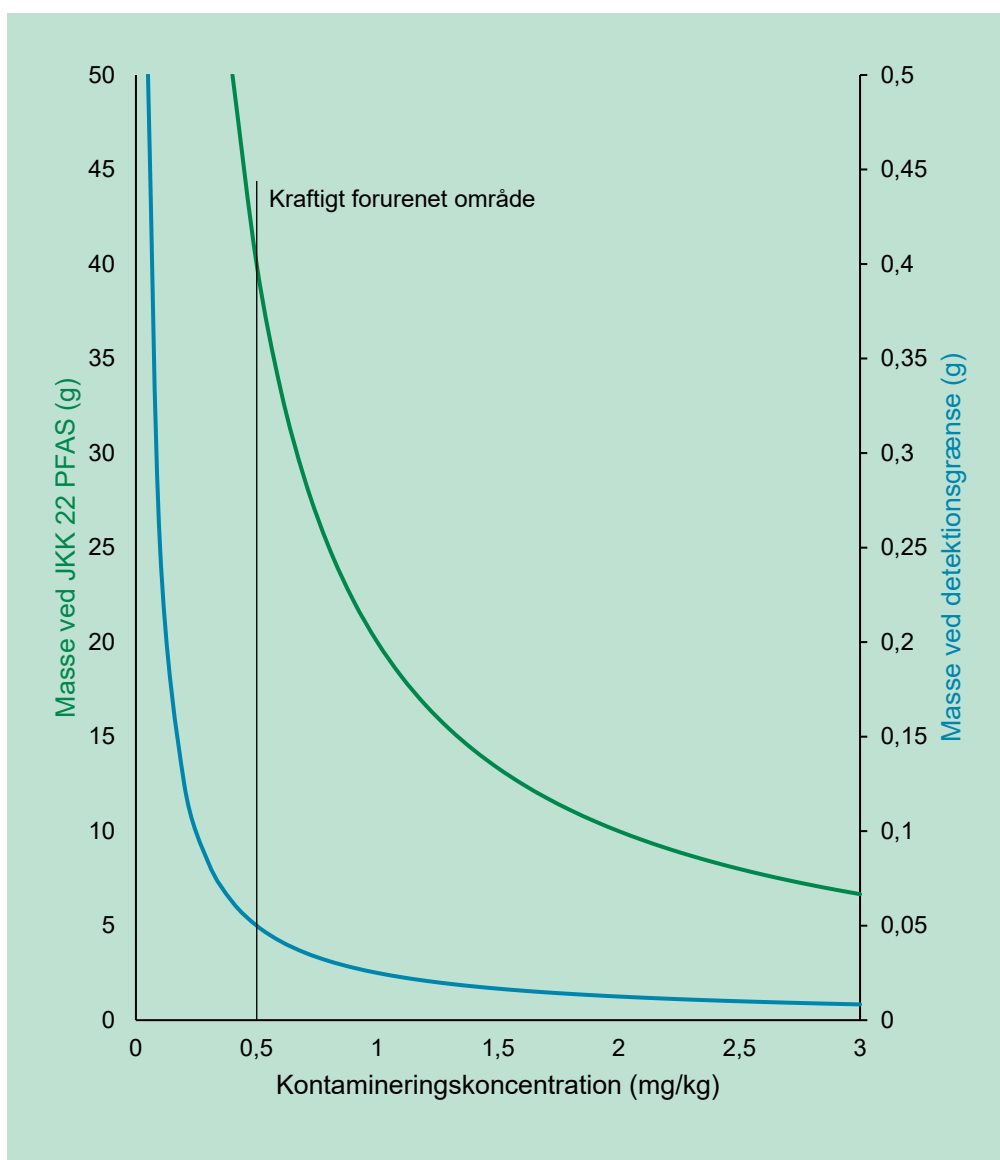
FIGUR 6. Volumenet kontamineringen fra en refleksjakke udgør af prøveflasken på 100 ml for opnåelse af hhv. grundvandskvalitetskriteriet for Σ 22 PFAS (grøn) og detektionsgrænsen for PFAS (blå).

4.2 Jordprøve

Med samme fremgangsmåde som for grundvand er risikoen for kontaminering af en jordprøve udregnet. Denne risiko kan f.eks. være ved prøvetagning, hvor PFAS-forurenede jord fra en boresnegl eller andet udstyr ikke rengøres inden udstyret benyttes i et ikke-forurenede område. Det udregnes hvor stor en masse ($M_{\text{kontaminering}}$) den forurenede jord ved forskellige koncentrationer ($C_{\text{kontaminering}}$), skal udgøre af en prøve, for overskridelse af jordkvalitetskriteriet på 0,4 mg/kg for \sum 22 PFAS og for opnåelse af detektionsgrænsen i prøven. Da de enkelte PFAS-stoffer har forskellig detektionsgrænse, benyttes den laveste detektionsgrænse, der er 0,0005 mg/kg (0,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$) hos ALS.

Ligning 3

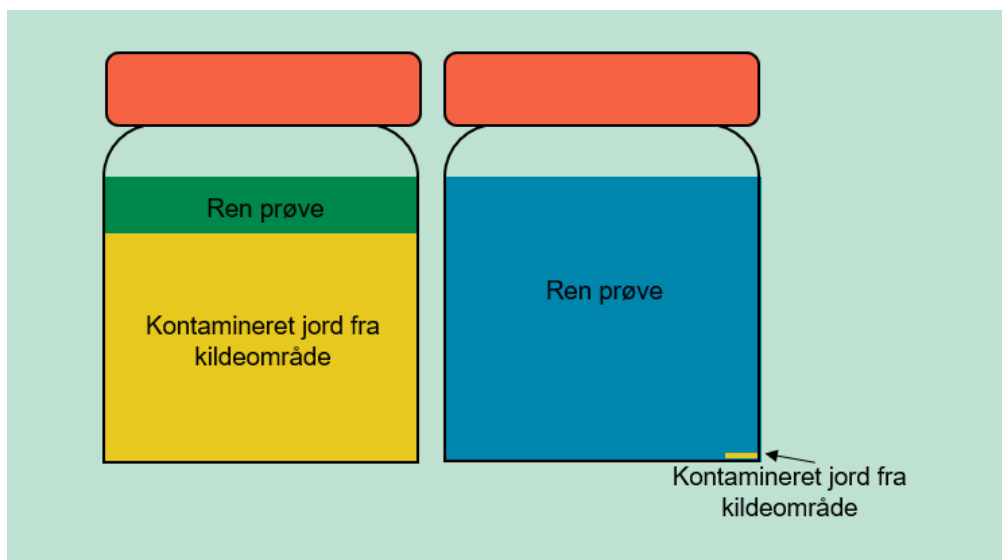
$$M_{\text{kontaminering}} [\text{kg}] = \frac{\frac{JKK}{\text{detektionsgrænse} \left[\frac{\text{mg}}{\text{kg}} \right]} \cdot M_{\text{jordprøve}} [\text{kg}]}{C_{\text{kontaminering}} \left[\frac{\text{mg}}{\text{kg}} \right]}$$



FIGUR 7. Graferne viser hvor stor en masse kontamineringen ($M_{\text{kontaminering}}$) udgør af en jordprøve ($M_{\text{jordprøve}}$) på 50 g ved forskellige kontamineringskoncentrationer før hhv. jordkvalitetskriteriet (JKK) for \sum 22 PFAS (grøn kurve) og detektionsgrænsen for PFAS i jord (blå kurve) opnås.

På figuren ses det at en kontamineringskoncentration på f.eks. 0,5 mg/kg, som er den koncentration Niras fandt i et kraftigt forurenede område, medfører at 40 g af den totale prøve på 50 g skal udgøres af kontamineret jord for overskridelse af jordkvalitetskriteriet for Σ 22 PFAS. For at PFAS kan detekteres i prøven skal 0,05 g af prøven på totalt 50 g udgøres af kontamineret jord.

På figur 8 er det vist hvor stor en andel kontamineringen fra det kraftigt forurenede område udgør i en 50 g prøve for hhv. overskridelse af jordkvalitetskriteriet for Σ 22 PFAS og opnåelse af detektionsgrænsen for PFAS.



FIGUR 8. Andelen af kontaminering til en 50 g prøve fra et kraftigt forurenede område for opnåelse af hhv. jordkvalitetskriteriet for Σ 22 PFAS (grøn) og detektionsgrænsen for PFAS (blå).

4.3 Jord til grundvand

Der er stor forskel på detektionsgrænserne for hhv. vand og jord, når der analyseres for PFAS. Derfor er det interessant at undersøge hvad risikoen er for at forurene en grundvandsprøve med f.eks. kontamineret jord, der kan sidde på boresnegl eller forerør og blive afsat i borehullet og komme i forbindelse med grundvandet ved filtersætning af boringen. Det skal bemærkes at dette er et worst case eksempel, da rester på boresneglen eller forerøret formentlig vil blive kørt af sneglen inden niveauet for grundvandspejlet og dermed filtersætningen nås.

Der tages udgangspunkt i seks PFAS-stoffer ud af de 22 PFAS: PFDODA og PFPeA, der hhv. har den højeste og laveste K_{oc} samt Σ 4 PFAS-stofferne – PFOS, PFOA, PFNA og PFHxS (Falkenberg, 2022).

I regneeksemplet benyttes en kildekonzentration på 0,5 mg/kg TS, der svarer til stærkt forurenede jord samt en kildekonzentration på 0,0005 mg/kg TS (0,5 µg/kg) svarende til detektionsgrænsen for PFAS i jord.

Til omregning af jordkoncentrationen til en vandkoncentration laves en fugacitetsberegning i JAGG 2.1. Der regnes med, at der overføres 5 g jord fra boresneglen/forerør. Der laves derfor følgende udregning:

$$\text{Ligning 4} \quad 0,5 \frac{\text{mg}}{\text{kg}} \cdot 0,005 \frac{\text{kg}}{\text{kg}} = 0,0025 \frac{\text{mg}}{\text{kg}}$$

Dette svarer til 2,5 µg/kg TS. Samme udregning laves for koncentrationen på 0,0005 mg/kg TS, hvilket giver en koncentration på 0,0000025 mg/kg TS, dvs. 2,5 ng/kg TS.

Der udregnes en vandkoncentration ud fra de to jordkoncentrationer ved fugacitetsberegninger i JAGG 2.1. Til fugacitetsberegningen benyttes jordtypen sandmuld. De beregnede koncentrationer kan ses i tabel 8.

TABEL 8. I JAGG omregnes jordkoncentrationerne til vandkoncentration.

Stof	Vandkoncentration i ng/l
Kildekoncentration på 2,5 µg/kg TS (stærk forurennet jord)	
PFDODA	1,2
PFPeA	1.830
PFOS	139
PFOA	701
PFNA	310
PFHxS	790
Kildekoncentration på 2,5 ng/kg TS (detektionsgrænsen for jord)	
PFDODA	0,0012
PFPeA	1,8
PFOS	0,14
PFOA	0,70
PFNA	0,31
PFHxS	0,80

Da JAGG regner med koncentrationer og ikke leverer en masse som resultat, antages det at mængden af PFAS, der udvaskes fra jorden vil fordele sig i en liter vand. Det vil svare til at en liter vand gennemstrømmer den PFAS-forurennet jord. Det betyder f.eks. at for PFOA ved en kildekoncentration på 2,5 µg/kg, vil 28% af massen, være frigivet til vandet, svarende til 701 ng.

Vandet der er blevet forurennet med PFAS fra jorden, vil fordele sig og opblandes med resterende vand i filteret, filterets volumen antages at være 4,7 l beregnet ud fra Ø63 rør med 1,5 m vandstand. Koncentrationen i filteret udregnes ved følgende formel, hvor der er givet et eksempel på PFDODA ved kildekoncentration på 2,5 µg/kg TS:

$$\text{Ligning 5} \quad C_{\text{filter}} = \frac{C_{\text{frigivet}} \cdot V_{\text{frigivet}}}{V_{\text{filter}}} \Rightarrow C_{\text{filter}} = \frac{1,2 \frac{\text{ng}}{\text{l}} \cdot 1\text{l}}{4,7\text{l}} = 0,25 \frac{\text{ng}}{\text{l}}$$

Koncentrationerne kan ses i tabel 9. Det ses at koncentrationerne svinger mellem 0,25 – 391 ng/l ved en kildekoncentration på 2,5 µg/kg TS (stærk forurennet jord) afhængig af hvilken PFAS-forbindelse, der regnes på.

TABEL 9. PFAS-koncentration i filteret, ved afsmitning af hhv. stærkt forurenede jord og jord med en koncentration svarende til detektionsgrænsen.

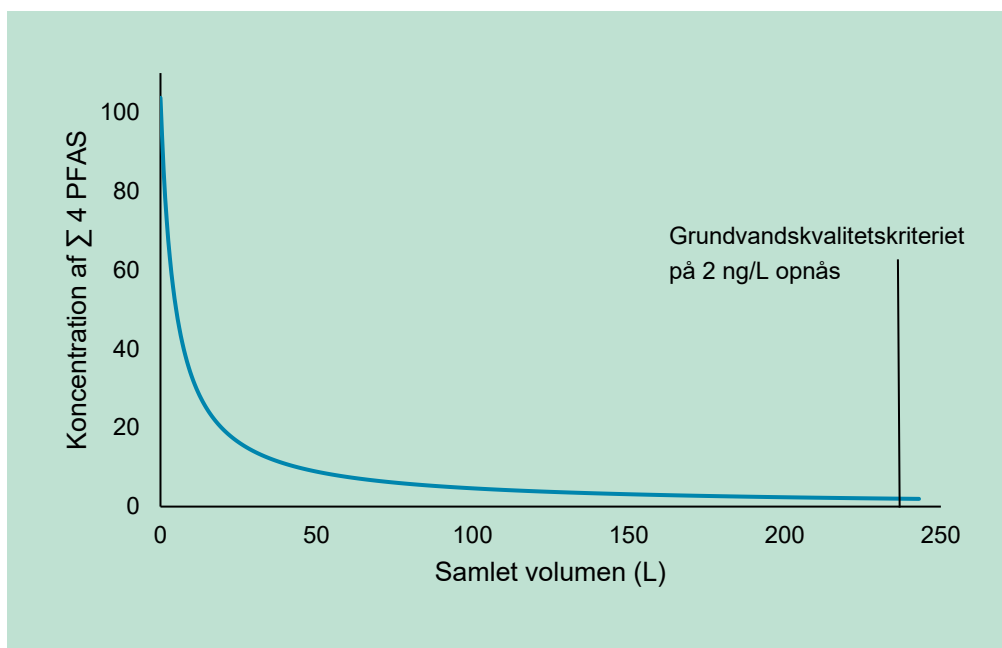
Stof	PFAS-koncentration i filter i ng/L
Kildekoncentration på 2,5 µg/kg (stærk forurenede jord)	
PFDODA	0,25
PFPeA	391
PFOS	29,7
PFOA	150
PFNA	66,3
PFHxS	169
Kildekoncentration på 2,5 ng/kg TS (detektionsgrænsen for jord)	
PFDODA	0,00025
PFPeA	0,39
PFOS	0,030
PFOA	0,15
PFNA	0,066
PFHxS	0,17

Det ønskes at regne på $\sum 4$ PFAS for at kunne sammenligne med grundvandskvalitetskriteriet. Da kildekonzentrationen, der er benyttet til udregningerne af de enkelte PFAS, egentlig er en samlet koncentration, tages der højde for dette ved at sige at hver af de udregnede koncentrationer af PFOS, PFOA, PFNA og PFHxS (se tabel 8 og tabel 9) udgør 25% af den samlede $\sum 4$ PFAS. Dette medfører en samlet koncentration på 104 ng/l for $\sum 4$ PFAS ved en kildekonzentration på 2,5 µg/kg (dvs. 5 g forurenede jord med en koncentration på 0,5 mg/kg) og en samlet koncentration på 0,1 ng/L ved en kildekonzentration på 2,5 ng/kg (dvs. 5 g jord med indhold på detektionsgrænsen på 0,0005 mg/kg). Det ses dermed at der ved 5 g jord på en boresnegl med indhold på detektionsgrænsen ikke sker en overskridelse af grundvandskvalitetskravet for $\sum 4$ PFAS på 2 ng/l.

For koncentrationen fundet på baggrund af kildekonzentrationen på 0,0025 mg/kg (dvs. 5 g forurenede jord med en koncentration på 0,5 mg/kg) udregnes det, hvor stor en fortynding, der skal ske af vandet før koncentrationen, er under grundvandskvalitetskriteriet for $\sum 4$ PFAS. Dette udregnes for at illustrere en renpumpning af boringen.

$$C_{\text{fortyndet}} = \frac{C_{\text{filter}} \cdot V_{\text{filter}}}{V_{\text{filter}} + \text{renpumpningsmængde}}$$

I figur 9 er påvirkningen fra renpumpningen udtrykt grafisk, og det ses at koncentrationen af $\sum 4$ PFAS i filteret falder ved renpumpningen.



FIGUR 9. Påvirkning fra renpumpning på koncentrationen af Σ 4 PFAS i filteret.

Det ses af figuren, at der skal renpumpes med 238 L vand før PFAS-koncentrationen i vandet er under grundvandskvalitetskriteriet for Σ 4 PFAS. Det skal bemærkes at renpumpningen er bestemt som en fortynding, hvilket anses som værende en konservativ beregning, da der ved renpumpning i højere grad vil ske en tømning af filteret fremfor en fortynding.

5. Litteraturstudie

I litteraturstudiet har der været fokus på at finde studier som har undersøgt krydskontaminering fra udstyr og materialer samt prøvetagningsprocedurer for PFAS-prøvetagning. De anbefalinger til prøvetagningsprocedurer, der er fundet gennem litteraturstudiet, er inkorporeret i de fire prøvetagningsprocedurer i kapitel 6-8. Resultaterne fra litteraturstudiet for tests af udstyr og materialer er angivet i tabel 10.

Der er modstridende resultater af undersøgelser for afsmitning af PFAS fra plastik. Der kan anvendes PFAS-forbindelser i fremstillingen af gummi og plastik (Niras 2022a; Niras, 2022b). MDEQ (2018) anbefaler brugen af silikone, HDPE, PP og PVC, da de ikke betragtes som værende materialer der kan udgøre en risiko for krydskontaminering. Der er dog nogle tests, som har fundet afsmitning fra f.eks. HDPE, men disse tests har en lang kontakttid mellem vand/meta-nol/acetone og HDPE (Whitehead and Peaslee, 2023). Det er valgt i tabel 10 at prioritere anbefalingerne fra MDEQ (2018), da der i praksis ikke er en lang kontakttid mellem prøve og materialer. LDPE anbefales ikke af MDEQ (2018), da PFAS anvendes i fremstillingen, men flere tests har vist at der ikke er en risiko for krydskontaminering, jf. kapitel 2. Tests i Denly et al. (2018) har vist at der kan ske en afsmitning.

Denly et al. (2018) har undersøgt syv typer af bentonit, og fandt et svagt forhøjet indhold af PFOA ift. detektionsgrænsen i en af prøverne. Typen af bentonit der indeholdt PFAS var "time-released bentonite pellets". Det er vurderet, at den type bentonit som typisk anvendes i Danmark, ikke udgør en risiko for krydskontaminering, og er i tabel 10 markeret som grøn.

Flere studier har undersøgt nitrilhandsker, og nogle studier har fundet et indhold af PFAS (Denly et al. (2018); Rodowa et al. (2020)). Der er dog ingen prøvetagningsprocedurer, som ikke anbefaler brugen af nitrilhandsker, da det på nuværende tidspunkt er det bedste alternativ.

Det skal bemærkes at undersøgelserne har testet udvalgte PFAS-forbindelser med varierende detektionsgrænser, og er ikke et udtryk for alle PFAS-forbindelser samt precursorer.

TABEL 10. Inddeling af forskellige materialer og udstyr, hvis afgivelse af PFAS er undersøgt i Denly et al., 2019; Field et al., 2021; ITRC, 2018; MDEQ, 2018; Rodowa et al., 2020; Simon et al., 2019; Wisconsin Department of Natural Resources, 2022; Whitehead and Peaslee, 2023. *Der anvendes PFAS ved forkromning, så det rustfrie stål skal ikke være forkromet eller forniklet (Nicolajsen & Tsitonaki, 2016).

Indeholder PFAS	Kan indeholde PFAS	PFAS-frit
PTFE (Teflon® og Hostafon®) Anvendes f.eks. som belægning i slanger eller i tape til glideflader	Kosmetik, shampoo/balsam, myggespray og solcreme	HDPE Anvendes f.eks. i slanger, spande og beholdere
PVDF (Kynar®) Anvendes f.eks. i slanger, film/belægning på aluminium	Latex Anvendes f.eks. i handsker	PP Anvendes f.eks. i slanger og poser
PCTFE (Neoflon®) Anvendes f.eks. i ventiler, pakninger og fødevareemballage	Glas Anvendes f.eks. til prøvetagningsudstyr	Silikone Anvendes f.eks. i slanger
ETFE (Tefzel®) Anvendes f.eks. i ledningsisolering og foring til rør	Tyvek® Anvendes ofte i beskyttelsesdragter	Neopren Anvendes f.eks. til waders
FEP (Teflon® FEP og Hostafon® FEP) Anvendes f.eks. i ledningsisolering, foring til rør og noget laboratorieudstyr	Polyurethane (PU) Anvendes f.eks. i beklædning	Rustfrit stål* Anvendes f.eks. i redskaber som tænger, sakse og boresnegl og forerør
Gore-Tex Anvendes f.eks. til beklædning	Post-it notes og labels	Gummi Anvendes f.eks. i beklædning og slanger
Skylemiddel og pletfjernere	Nitril Anvendes til handsker	PVC Anvendes f.eks. i filterrør
	LDPE Anvendes f.eks. i flasker, plastikposer, spande, slanger og rør	Bentonit
	Aluminiumsfolie	

6. Generelle anbefalinger inden prøvetagning

De følgende anbefalinger bygger på viden opnået fra litteraturgennemgang, diverse test og de teoretiske beregninger. Det er værd at bemærke at med de meget lave kvalitetskriterier i grundvand for PFAS, skal der kun få gram PFAS-forurenet jord eller få milliliter PFAS-forurenet vand til at kontaminere en prøve, se kapitel 4. Der er desuden påvist PFAS fra noget udstyr og materiale som typisk anvendes til prøvetagning, se kapitel 2, 3 og 5. Dette lægger op til, at hvis man ønsker at være sikker på at krydskontaminering ikke forekommer, så er det nødvendigt at udføre foranstaltninger som minimerer risici.

Ved planlægningen af prøvetagningen er det derfor vigtigt at overveje følgende:

6.1 Planlægning af undersøgelser

- Vejledningerne er inddelt i jord, grundvand, overfladevand og luft. Vejledningen om jord beskriver hvilke foranstaltninger der kan udføres når der etableres borer. Det vil sige at vejledningen om jord også skal læses, selv hvis der ikke skal udtages jordprøver fra boringen, men kun grundvandsprøver.
- Rækkefølgen af prøvetagningen skal planlægges således at de kilder, hvor koncentrationen af PFAS forventes at være lavest, undersøges først (MDEQ, 2018).
- Brug kun prøveemballage leveret af analyselaboratoriet til anvendelse til PFAS-analyser. Planlæg prøvetagningen således at overførsel fra en prøvetagningsemballage til en anden emballage minimeres så vidt muligt, da PFAS adsorberer til mange materialer, og derfor kan PFAS mistes under prøvetagningen (US EPA, 2021).
- Det er i flere undersøgelser analyseret hvilke materialer og udstyr der indeholder PFAS, har formodet indhold af PFAS eller som er PFAS-frit. Disse materialer er nærmere beskrevet i kapitel 5. Sammensætningen og indholdet af PFAS kan være forskellig mellem producenter og produktopdateringer (MDEQ, 2018). Det er dog ikke alle materialer i tabel 10, der har kontakt til prøvematerialet, og derfor er det i tabel 11 - 14 anført hvilke materialer, der vurderes at have direkte eller indirekte kontakt til prøvematerialet for prøvetagning af hhv. jord, grundvand, overfladevand og luft.

6.2 Kontrolprøve og rengøring

En kontrolprøve er en kontrol af om prøven viser et pålideligt resultat. En kontrolprøve kan både være for at teste afsmitning fra udstyr, men også for at vurdere den diffuse belastning, eller en kombination af begge. En kontrolprøve benyttes til at vurdere om det påviste indhold af et stof skyldes aktiviteter foretaget på lokationen, eller om det skyldes aktiviteter i forbindelse med prøveudtagning eller en generel belastning af området. Typisk anvendes en kontrolprøve for at belyse om der er sket en krydskontaminering, og en diffus belastning undersøges ved en referenceprøve (der også kan kaldes en kontrolprøve).

- Hvis det er vurderet nødvendigt at der udtages kontrolprøver, anbefales det, at den efterfølgende analyseres, såfremt der påvises PFAS i prøven. En kontrolprøve skal gennemgå samme behandling som de øvrige prøver (Grøn et al., 2003).
- I hver af de fire prøvetagningsprocedurer er det angivet hvordan kontrolprøver kan udtages.
- Det anbefales, at hvis der er mistanke om diffus forurening i vandet, som anvendes til rengøring, skal der altid udtages en kontrolprøve. Vand fra den vandforsyning, som benyttes til rengøring af udstyr, anbefales løbende at blive testet for PFAS, og såfremt PFAS-koncentrationer er under detektionsgrænsen, kan vandet anvendes som PFAS-frit. Rådgivere har erfaring med at der i nogle dele af landet kan være udfordringer med at få PFAS-frit vand fra

lokale forsyninger. Man skal være opmærksom på, at PFAS-indholdet i vandet fra forsyningen kan ændres over tid.

- Der er erfaringer med at slanger med samlemuffe på vandhaner kan afgive PFAS selv efter mange års brug. Vær opmærksom på at vandet ikke er i kontakt med øvrige dele.
- Det bør overvejes hvor meget PFAS-frit vand, der skal medbringes til at rengøre udstyr inden, mellem hver prøvetagning og til kontrolprøve. Dunke til PFAS-frit vand skal være lavet i godkendt materiale jf. tabel 10. PFAS-frie dunke kan fås hos nogle analyselaboratorier.

6.3 Beklædning og personlig pleje

Beklædning og personlig pleje kommer normalt ikke i direkte kontakt med prøven, der sendes til analyse, men det er vigtigt at man er bevidst om at der kan være en fejlkilde hvis det kommer i kontakt med prøven.

- Meget beklædning indeholder PFAS, det er derfor vigtigt at være bekendt med dette i forhold til prøvetagning. Hvis man vil undgå PFAS i sin beklædning er det bedst at anvende beklædning af bomuld. Regntøj og andre vandafvisende materialer indeholder ofte PFAS, og derfor er det vigtigt at være opmærksom på, at vand ikke drypper fra regntøj og ned i prøven (MDEQ, 2018).
- Vær opmærksom på at kosmetik, shampoo, håndcreme, myggespray og solcreme alle er produkter, der kan indeholde PFAS (MDEQ, 2018). Tænk forbrugerråd i Danmark har undersøgt plejeprodukter for indhold af PFAS. Deres app 'Kemiluppen' kan anvendes til at tjekke prøvetagers plejeprodukter. Der vurderes, at der er størst risiko for krydskontaminering af plejeprodukter anvendt på hænderne fremfor f.eks. ansigtscreme.

Printes prøvetagningsjournalerne og checkliste for at anvende i felten anbefales det, at kapitel 6 også printes og medbringes.

7. Prøvetagningsprocedure for jord

7.1 Før prøvetagning

Inden prøvetagningen er det vigtigt at overveje følgende:

- Entreprenøren skal gerne have rengjort forerør og boresneglen med PFAS-frit vand, så der ikke findes forurenede jord/vand på boreudstyr fra en tidligere lokalitet, for at undgå krydskontaminering fra andre lokaliteter.
- Det anbefales, at der bruges forerør for at undgå krydskontaminering vertikalt i boringen og mellem vandlag.
- Håndboregrej, pælespade eller lignende skal ligeledes rengøres med PFAS-frit vand inden prøvetagning.
- Der kan udtages en jordprøve uden for det formodede forureningsområde for at vurdere den diffuse belastning af PFAS i området (Rambøll & Niras, 2022).
- Undgå brug af teflontape i samlinger af filterør og blindrør ved etablering af borer, hvis dette er muligt. Alternativt kan ikke-tjæret pakgarn benyttes. Hvis o-ringe anvendes, skal det sikres, at samlinger er tætte, således o-ringe ikke kommer i direkte kontakt med prøven.

7.2 Under prøvetagningen

Under prøvetagningen er det vigtigt at overveje følgende:

- Bær nitrilhandsker, der skiftes mellem hver prøvetagning.
- Jorden må ikke komme i kontakt med andet end nye handsker inden det kommer direkte i emballage. Det er vigtigt, at der ikke løber regnvand eller lign. fra f.eks. regntøj ned i prøven.
- Ved blandeprøver kan jorden blandes i en spand. Dette er under forudsætning af at der anvendes PFAS-frie spande. Alternativt kan spanden fores med en prøvetagningspose, der fra analyselaboratoriet er dokumenteret PFAS-fri. Posen skiftes mellem hvert prøvepunkt. Herved undgås kontaminering fra selve spanden samt kontaminering mellem prøvepunkterne.
- Ved blandeprøver, der skal analyseres for PFAS, skal udstyr rengøres mellem hvert felt, og ikke mellem hvert nedstik, da disse sammenblandes efterfølgende.
- Rækkefølgen for udførte borer noteres, så evt. krydskontaminering kan opspores
- Overskydende opboret jord bortskaffes efter gældende retningslinjer.
- Det er vigtigt at dokumentere prøvetagningen ved at registrere forhold som vejr, nedbør, påklædning, og hvordan prøven er udtaget. Herved kan evt. fejlkilder efterfølgende opspores. Til dette kan checkliste i bilag 1 benyttes.
- Nedenstående rengøring bør prioriteres hvis der skal udføres en vertikal og horisontal afgrænsning af PFAS-forurening i jorden, dvs. hvis der skal analyseres for PFAS i jordprøverne:
 - Rengør spartel/kniv/prøvetagningsudstyr (ikke af plast) mellem hver prøvetagning i PFAS-frit vand, hvis en vertikal afgrænsning undersøges. Hvis en vertikal afgrænsning ikke undersøges, skal udstyr rengøres mellem hver boring.
 - Rengør boresnegl og forerør mellem hvert borehul.
 - Der kan udtages kontrolprøver, hvor skyllevandet fra boresneglen opsamles i emballage til prøver. Skyllevandet udtages som en blandeprøve af skyllevandet fra det anvendte udstyr. Vær opmærksom på, at detektionsgrænser mellem jord og vand er forskellige (Rambøll & Niras, 2022).

TABEL 11. Vurdering af om forskelligt udstyr, der er relevant ved jordprøvetagning, er i risiko for at komme i kontakt med prøver. Risikoen for om det enkelte udstyr kan afgive PFAS er markeret med grøn, gul og rød baseret på afsnit 1.1.5. Tallene 1-3 refererer til hvilke kilder eller vidensniveau, farveinddelingerne er baseret på.

*Udstyr der anvendes til prøvetagning af jord på golfbaner, men også kan anvendes ved MIS-prøvetagning. Der anvendes PFAS ved forkromning, så det rustfrie stål skal ikke være forkromet eller fornicket (Nicolajsen & Tsitonaki, 2016).

Direkte i kontakt med jordprøven		Indirekte i kontakt med jordprøven	
Boresnegl, håndbor, pælespade, karteringsspyd, golfsamler*	1, 3	Borejournal (alm. papir)	1
Forerør	3	Strips	1
Spartel/kniv	1, 3	Børste	3
Plastbeholder og pose til opbevaring af jordprøven rekvireret fra laboratorie	1	Spand	1, 3
Nitrilhandsker	1, 2	Hudplejeprodukter/kosmetik	2
		Beklædning	1, 2, 3
		Teflontape	1, 2, 3
		Tuscher og kuglepen	2, 3
		Kølelementer og -taske	2
		Labels og post-it notes	2, 3

7.3 Opbevaring af prøver og udstyr

- Udstyr der genbruges, skal efterfølgende rengøres i PFAS-frit vand. Hvis der anvendes sæbe til at rengøre udstyret, skal sæben være PFAS-fri.
- Prøverne skal opbevares i emballage, der er leveret af analyselaboratoriet specifikt til PFAS-analyser.
- Prøverne opbevares på køl indtil afsendelse til laboratoriet (Field et al., 2021; Woudneh et al., 2021; Yong et al., 2021). Studier har vist, at prøverne kan opbevares ved -20°C i højst 180 dage uden at der sker en nedbrydning (Field et al., 2021, Woudneh et al., 2021). Ved opbevaring ved højere temperatur f.eks. 4°C har nogle studier fundet, at der kan ske en omdannelse af nogle PFAS-forbindelser til andre ikke nedbrydelige PFAS-forbindelser inden for syv dage (Field et al., 2021).

8. Prøvetagningsprocedure for grundvand

8.1 Før prøvetagning

Inden prøvetagningen er det vigtigt at overveje følgende:

- Der kan udtages en grundvandsprøve opstrøms strømningsretningen af den formodede forurening for at vurdere den diffuse belastning i grundvandet opstrøms boringen (Rambøll & Niras, 2022).
- Der kan udtages en kontrolprøve for undersøgelse af krydskontaminering fra udstyr. Kontrolprøven kan udtages ved at PFAS-frit vand pumpes op med samme pumpeudstyr, som anvendes til prøvetagning og direkte over i emballage leveret af laboratoriet. Ved brug af engangsudstyr skal kontrolprøven udtages inden prøvetagning, men skal ved genanvendeligt udstyr (f.eks. MP-1 pumpe) udtages efter rengøring er foretaget.
- Genanvendelige pumper rengøres inden prøvetagning (Barlett & Davis, 2018; ITRC, 2018; Wisconsin Department of Natural Resources, 2022).

8.2 Under prøvetagning

Under prøvetagningen er det vigtigt at overveje følgende:

- Ved undersøgelse af en worst case koncentration tages der en vandprøve nær vandspejlet uden at renpumpe først fordi den højeste PFAS-koncentration findes i interfasen mellem vand og luft (ved vandets overflade) (Rambøll & Niras, 2022). Hvis den gennemsnitlige belastning i stedet ønskes, renpumpes boringen efter normal procedure inden grundvandsprøven udtages.
- Hvis man har mistanke om at boringen er lavtydende fra borejournalen, og derfor ikke yder nok til at kunne renpumpes, bør der fra start af pumpningen opsamles en vandprøve direkte i prøvebeholderen. Hvis boringen efterfølgende kan renpumpes, kan en ny vandprøve tages. Dette gøres for at undgå, at der udtages vandprøver direkte fra en spand, der er brugt til vand fra renpumpning.
- Pejling af boringen bør planlægges, således boringen kan renpumpes efter kontakt med pejlet. Alternativt kan det overvejes om pejlingen kan undlades eller udføres efter prøvetagningen, når ligevægt igen er indfundet i boringen. Hvis dette ikke er muligt, kan man overveje ikke at bundpejle, da kablet kan indeholde PFAS. Det skal dog nævnes, at der kun ved én ud af tre test er fundet PFAS fra pejl, og der var tale om et brugt pejl.
- Det er vigtigt at dokumentere prøvetagningen ved at registrere forhold som vejr, nedbør, påklædning, og hvordan prøven er udtaget. Herved kan evt. fejlkilder efterfølgende opspores. Til dette kan checkliste i bilag 2 benyttes.

TABEL 12. Vurdering af om forskelligt udstyr, der er relevant ved grundvandsprøvetagning, er i risiko for at komme i kontakt med vandprøven. Risikoen for om det enkelte udstyr kan afgive PFAS er markeret med grøn, gul og rød baseret på afsnit 1.1.5. Tallene 1-3 refererer til hvilke kilder eller vidensniveau, farveinddelingerne er baseret på.

*Duplo engangspumpe er testet af fire rådgivere, hvoraf en rådgiver fandt spor af PFAS og er derfor vurderet grøn.

Direkte i kontakt med prøven		Indirekte i kontakt med prøven	
Plastbeholder til opbevaring af vandprøven rekvireret fra laboratorie	1	Prøvetagningsjournal (alm. papir)	1
Slanger til vandprøvetagning (PE/PP/silikone)	1, 2, 3	Nitrilhandsker	1, 2
Inertpumpe	3	Pejl (nyt)	1
Bailer i HDPE/PVC	2, 3	Pejl (tidligere brugt)	1
Engangspumper (Duplo, Eco, ECO+)	1*	O-ring	1
Filtterrør/blindrør (PE)	3	Hudplejeprodukter/kosmetik	2
MP1-pumper	1, 3	Beklædning	1, 2, 3
Slanger til vandprøvetagning (PTFE (teflon))	2, 3	Kabel til pejl	1
		Teflontape	1, 2, 3
		Målegris	3
		Køleelementer og -taske	2
		Tuscher og kuglepen	2, 3
		Labels og post-it notes	2, 3

8.3 Opbevaring af prøver og udstyr

- Udstyr der genbruges, skal efterfølgende rengøres i PFAS-frit vand. Hvis der anvendes sæbe til at rengøre udstyret, skal sæben være PFAS-fri (ITRC, 2018; MDEQ, 2018; Wisconsin Department of Natural Resources, 2022).
- Prøverne skal opbevares i emballage, der er leveret af analyselaboratoriet specifikt til PFAS-analyser.
- Prøverne opbevares på køl indtil afsendelse til laboratoriet (Field et al., 2021; Woudneh et al., 2021; Yong et al., 2021). Studier har vist, at prøverne kan opbevares ved -20°C i højst 180 dage uden at der sker en nedbrydning (Field et al., 2021; Woudneh et al., 2021). Ved opbevaring ved højere temperatur f.eks. 4°C har nogle studier fundet, at der kan ske en omdannelse af nogle PFAS-forbindelser til ikke nedbrydelige PFAS-forbindelser inden for syv dage (Field et al., 2021).
- Vandprøver, der kan indeholde flygtige PFAS-forbindelser, bør analyseres hurtigst muligt, da det er observeret, at der efter 24 timers opbevaring kan ske et tab af flygtige PFAS-forbindelser (Rambøll & Niras, 2022).

9. Prøvetagningsprocedure for overfladevand

9.1 Før prøvetagning

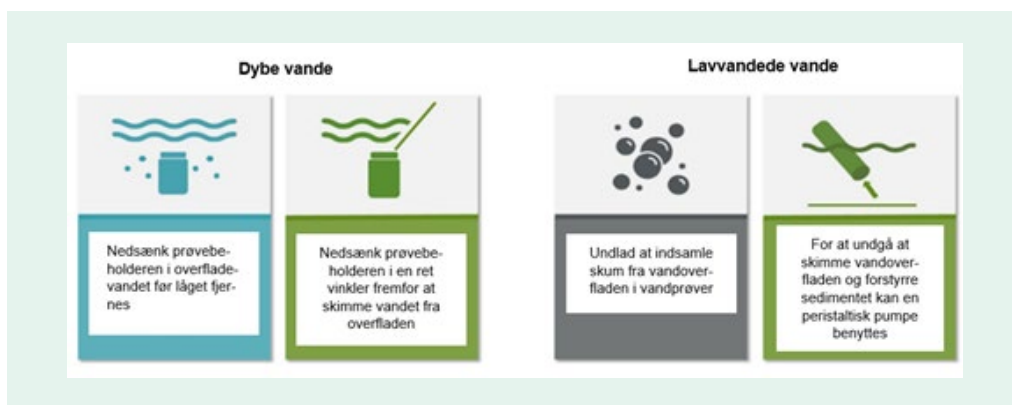
Inden prøvetagningen er det vigtigt at overveje følgende:

- Der kan udtages en vandprøve opstrøms den formodede forurening for at vurdere den diffuse belastning i recipienten (Rambøll & Niras, 2022).
- Der kan udtages en kontrolprøve til undersøgelse for krydskontaminering fra udstyr. Kontrolprøven skal udtages med PFAS-frit vand og gennemgå samme håndtering som prøverne af overfladevand. Hvis overfladevandsprøverne udtages med pumpe, skal kontrolprøverne ligeledes udtages med pumpe.
- Overvej at anvende Sorbisense metode til den gennemsnitlige PFAS-koncentration over tid i stedet for en stikprøve, som er følsom overfor f.eks. vejrforhold, herunder fortynding med regnvand (De Jonge et al., 2021).

9.2 Under prøvetagningen

Under prøvetagningen er det vigtigt at overveje følgende:

- Undgå at indsamle skum eller vand fra vandoverfladen, hvor PFAS kan være opkoncentreret. Det anbefales derfor at låget til prøvebeholderen først fjernes, når prøvebeholderen er under vandoverfladen, hvis dette er muligt, og påføres inden prøven tages op af vandet (Field et al., 2021; Weiss et al., 2015).
- Sørg for at tage prøven opstrøms for indsamleren, båden eller lignende (De Jonge et al., 2021).
- Hvis muligt udtages vandprøven fra brinken, så man ikke opholder sig i vandet ved prøvetagning.
- Skab mindst mulig turbulens. Hvis sediment hvirvels op, så vent evt. et par minutter inden prøven opsamles.
- Fyld beholderen helt op med vandet (Rambøll & Niras, 2022).
- Overvej dybde af prøvetagning pga. evt. lagdeling i vandsøjlen f.eks. ved fjorde (Rambøll & Niras, 2022).
- Ved lavvandede områder kan en peristaltisk pumpe med HDPE-slange bruges for at undgå at indsamle fra vandoverfladen.
- Det er vigtigt at dokumentere prøvetagningen ved at registrere forhold som vejr, nedbør, påklædning og hvordan prøven er udtaget. Herved kan evt. fejlkilder efterfølgende opspores. Til dette kan checkliste i bilag 3 benyttes.



FIGUR 20. Tips til opsamling af repræsentative prøver af overfladevand. Figuren er modificeret efter Field et al. (2021).

TABEL 13. Vurdering af om forskelligt udstyr, der er relevante ved vandprøvetagning, er i risiko for at komme i kontakt med prøver. Risikoen for om det enkelte udstyr kan afgive PFAS er markeret med grøn, gul og rød baseret på afsnit 1.1.5. Parenteser angiver at kontakten kun er aktuel i stillestående vande, hvor det ikke er muligt for prøvetageren at placere sig nedstrøms for en strømningsretning. Tallene 1-3 refererer til hvilke kilder eller vidensniveau, farveinddelingerne er baseret på. *MIS-prøvetagning henviser til Multi Increment Sampling, hvor vandprøven opsamles over et større område vha. en stang. ** Duplo engangspumpe er testet af fire rådgivere, hvoraf en rådgiver fandt spor af PFAS i forbindelse med.

Direkte i kontakt med prøven		Indirekte i kontakt med prøven	
Plastbeholder til opbevaring af vandprøven rekvireret fra laboratorie	1	Hegnspæle	3
Peristaltisk pumpe	2	Journal (alm. papir)	1
Engangspumper (Duplo, Eco, ECO+)	1**	Vadestok	3
Slanger til vandprøvetagning (PE/PP/silikone)	1, 2, 3	Sikkerhedsline	3
Udstyr til mis-prøvetagning* (stang) i rustfrit stål	3	Hudplejeprodukter/kosmetik	2
Nitrilhandsker	1, 2	Beklædning	1, 2, 3
(Gummistøvler af neopren)	3	Labels og post-it notes	2, 3
(Waders af neopren)	3	Tuscher og kuglepen	2, 3
(Waders i PVC)	2	Køleelementer og -taske	2
(Gummistøvler i PVC)	2		
(Beklædning)	1, 2, 3		

9.3 Opbevaring af prøver og udstyr

- Udstyr der genbruges, skal efterfølgende rengøres i PFAS-frit vand. Hvis der anvendes sæbe til at rengøre udstyret, skal sæben være PFAS-fri (ITRC, 2018; MDEQ, 2018; Wisconsin Department of Natural Resources, 2022).
- Prøverne skal opbevares i emballage, der er leveret af analyselaboratoriet specifikt til PFAS-analyser.
- Prøverne opbevares på køl indtil afsendelse til laboratoriet (Field et al., 2021; Woudneh et al., 2021; Yong et al., 2021). Studier har vist, at prøverne kan opbevares ved -20°C i højst 180 dage uden at der sker en nedbrydning (Field et al., 2021; Woudneh et al., 2021). Ved opbevaring ved højere temperatur f.eks. 4°C har nogle studier fundet, at der kan ske en omdannelse af nogle PFAS-forbindelser til dead-end-forbindelser inden for syv dage (Field et al., 2021).
- Vandprøver, der kan indeholde flygtige PFAS-forbindelser (særligt FTOH'er), bør analyseres hurtigt muligt, da det er observeret at der efter 24 timers opbevaring kan ske et tab af flygtige PFAS-forbindelser (Rambøll & Niras, 2022).

10. Prøvetagningsprocedure for luft

10.1 Før prøvetagning

Inden prøvetagningen er det vigtigt at overveje følgende:

- Der kan med fordel udtages en udendørs referenceprøve, for at vurdere den diffuse belastning. Prøven håndteres som de øvrige prøver, og indsendes til laboratoriet.
- Der kan være mange kilder i indeklimaet, der kan afgive PFAS under prøvetagning. Disse registreres inden prøvetagning og prøvetagningen planlægges evt. efter dette. Se branchebeskrivelser ift. PFAS, som kan findes på Regionernes Videncenter for Miljø og Ressourcers hjemmeside. Desuden angiver checklisten i bilag 4 eksempler på mulige kilder.
- Ofte anvendes der et GFF og PUF/XAD-2/PUF system, der består af glasfiberfilter, som adsorbent af partikler, og skiftevis harpiks og polyurethene som adsorbent af gasfasen ved både aktiv og passiv luftprøvetagning (Barber et al., 2007; Jahnke et al., 2007; Karásková et al., 2018). Vær opmærksom på at diameteren af rørene kan være anderledes end andet måleudstyr, hvorfor silikoneslanger med en større diameter evt. skal anskaffes.
- Der er begrænset litteratur om prøvetagning af PFAS i luft, og metoderne i Barber et al. (2007) har for visse stoffer (10:2 FTolefin, 4:2 FTOH og 8:2 FTOH) en genfinding på mindre end 50%.

10.2 Under prøvetagningen

Under prøvetagningen er det vigtigt at overveje følgende:

- Skærm prøven for regn og kraftig vind. En skærm i PFAS-frit materiale, jf. tabel 10, kan op-hænges. Afstanden til prøven skal være så langt væk som muligt, men stadig skærme for regn.
- Det er vigtigt at dokumentere prøvetagningen ved at registrere forhold som vejr, nedbør, på-klædning, og hvordan prøven er udtaget. Herved kan evt. fejlkilder efterfølgende opspores. Til dette kan checkliste i bilag 4 benyttes.

TABEL 14. Vurdering af om forskelligt udstyr, der er relevante ved luftprøvetagning, er i risiko for at komme i kontakt med prøver. Risikoen for om det enkelte udstyr kan afgive PFAS er markeret med grøn, gul og rød baseret på afsnit 1.1.5. Tallene 1-3 refererer til hvilke kilder eller vidensniveau, farveinddelingerne er baseret på.

Direkte i kontakt med prøven		Indirekte i kontakt med prøven	
Opsamlingsrør/emballage og pose til opbevaring af luftprøven rekvireret fra laboratorie	2	Prøvetagningsjournal (alm. papir)	1
Værktøj i stål/jern til at skære rør	3	Slanger (PE/PP/silikone)	1, 2, 3
Poreluftsspyd	3	Filter til pumpe	
Slanger (PE/PP/silikone)	1, 2, 3	Nitrilhandsker	1, 2
Tætningsmateriale til poreluft under gulv	3	Pumpe	3
		Propper på luftudtag	3
		Skærm	3
		Fittings	3
		Hudplejeprodukter/kosmetik	2
		Beklædning	1, 2, 3
		Labels og post-it notes	2, 3
		Tuscher og kuglepen	2, 3
		Køleelementer og -taske	2

10.3 Opbevaring af prøver og udstyr

- Prøverne skal opbevares i emballage, der er leveret af analyselaboratoriet specifikt til PFAS-analyser.
- Prøverne skal sættes direkte på køl efter indsamling (Denly et al., 2019; Eurofins, 2022; Field et al., 2021; Young et al., 2021).
- Prøverne skal pakkes i emballage rekvireret fra analyselaboratoriet f.eks. aluminiumsrør eller andet godkendt materiale jf. tabel 10.
- Prøverne opbevares ved – 20°C (Barber et al., 2007).

11. Referencer

- Barber, J. L., Berger, U., Chaemfa, C., Huber, S., Jahnke, A., Temme, C., Jones, K. C., 2007. Analysis of per- and polyfluorinated alkyl substances in air samples from Northwest Europe, *Journal of Environmental Monitoring*. 9(6), 530-541.
- Denly, E., Occhialini, J., Bassignani, P., Eberle, M., Rabah, N. (2019). Per- and polyfluoroalkyl substances in environmental sampling products: Fact or fiction? *Remediation*, 29(4), 65-76.
- Dansk Miljørådgivning, 2022. Kan man forurene sine prøver med PFAS under prøvetagningen. Miljø og ressourcer, Regionernes Videncenter for Miljø og Ressourcer.
- Eurofins, 2022. Procedure for Sampling Indoor Air Using TO-17 Sorbent Tubes. Rev. 1 07/13/22.
- Falkenberg, J. A. (2022). Notat om anvendelse af JAGG ved vurdering af PFAS-forbindelser – Instruks. Miljøstyrelsen, Miljøprojekt nr. 2215.
- Field, J., Schwichtenberg, T., Deeb, R. A., Hawley, E. L., Sayler, C., Bogdan, D., Scafer, C., DiGuseppi, B., Struse, A. (2021). Assessing the Potential for Bias in PFAS Concentrations during Groundwater and Surface Water Sampling. Department of Defence Strategic Environmental Research and Development Program.
- ITRC (2018). Site Characterization Considerations, Sampling Precautions, and Laboratory Analytical Methods for Per- and Polyfluoroalkyl Substances.
- Jahnke, A., Huber, S., Temme, C., Kylin, H., Berger, U., 2007. Development and application of a simplified sampling method for volatile polyfluorinated alkyl substances in indoor and environmental air, *Journal of Chromatography A*, 1164, 1-9.
- Karásková, P., Codling, G., Melymuk, L., Klánová, J. (2018). A critical assessment of passive air samplers for per- and polyfluoroalkyl substances, *Atmospheric Environment*. 185, 186-195.
- MDEQ: Michigan Department of Environmental Quality (2018). General PFAS Sampling Guidance.
- Miljøstyrelsen (2021). Liste over kvalitetskriterier i relation til forurenede jord, juli 2021.
- Nicolajsen, E. S., Tsitonaki, K. (2016). Kortlægning af brancher der anvender PFAS. Miljøstyrelsen, Miljøprojekt nr. 1905.
- Niras (2022)a. PFAS i gummi- og plastindustrien. Regionernes Videncenter for Miljø og Ressourcer.
- Niras (2022)b. PFAS i jern- og metalvareindustrien. Regionernes Videncenter for Miljø og Ressourcer.
- Niras (2023). PFAS-prøvetagning a jord og grundvand. Udfordringer med forskellige standardmetoder samt anbefalinger. Oplæg ved ATV vintermøde d. 7/3/2023 ved Anders G. Christensen, Niras.
- Rambøll & Niras (2022). Håndbog om undersøgelse og afværge af forurening med PFAS-forbindelser. Regionernes Videncenter for Miljø og Ressourcer.
- Rodowa, A. E., Christie, E., Sedlak, J., Peaslee, G. F., Bogdan, D., DiGuseppi, B., Field, J. A. (2020) Field Sampling Materials Unlikely Source of Contamination for Perfluoroalkyl and Polyfluoroalkyl Substances in Field Samples. *Environmental Science & Technology* 7 (3): 156-163.
- Grøn, C., Falkenberg, J. A., Weber, K., & Kjeldsen, P. (2003). *Håndbog i prøvetagning af jord og grundvand. Hoved- og bilagsrapport*. Amternes Videncenter for Jordforurening. Teknik & Administration No. 3 – 2003
- Simon, J. A., Abrams, S., Bradburne, T., Bryant, D., Burns, M., Cassidy, D., Cherry, J., Chiang, S., Cox, D., Crimi, M., Denly, E., DiGuseppi, B., Fenstermacher, J. Fiorenza, S., Guarnaccia, J., Hagelin, N., Hall, L., Hesemann, J., Houtz, E., Koenigsberg, S. S., Lauzon, F., Longworth, J., Maher, T., McGrath, A., Naidu, R., Newell, C. J., Parker, B. L., Singh, T., Tomiczek, P., Wice, R., 2019. PFAS Experts Symposium: Statements on regulatory policy, chemistry and analytics, toxicology, transport/fate, and remediation for per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) contamination issues. *Remediation*, 29 (4), 31-48.

- US EPA (2021). SW-846 Test Method 8327: Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) by Liquid Chromatography/Tandem Mass Spectrometry (LC/MS/MS).
- Weiss, J., de Boer, J., Berger, U., Muir, D., Ruan, T., Torre, A., Smedes, F., Vrana, B., Clavien, F., Fiedler, H., 2015. PFAS analysis in water for the Global Monitoring Plan of the Stockholm Convention: Set-up and guidelines for monitoring, Chemicals Branch and United Nations Environment Programme.
- Whitehead, H. D. & Peaslee, G. F. Directly Fluorinated Containers as a Source of Perfluoroalkyl Carboxylic Acids. *Environmental Science & Technology* 10 (4): 350-355.
- Wisconsin Department of Natural Resources (2022). PFAS in Public Drinking Water: Planning and Sampling Protocol, https://dnr.wisconsin.gov/sites/default/files/topic/PFAS/DG_PFASSamplingProtocol.pdf
- Woudneh, M.B., Chandramouli B., Hamilton, C., and Grace, R. (2019). Effect of sample storage on the quantitative determination of 29 PFAS: Observation of analyte interconversions during storage. *Environmental Science & Technology* 53 (21): 12576-12585. DOI: 10.1021/acs.est.9b03859.
- Yong, Z. Y., Kim, K. Y., Oh, J. (2021). The occurrence and distributions of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in groundwater after a PFAS leakage incident in 2018, *Environmental Pollution* 268:115395.

Bilag 1. Checkliste – Jord

Sagsnavn:		Adresse:	
Sagsnr:	Udført af:	Dato:	Boring nr./prøvepunkt:
Vejr (sne, regn, sol):			

Checklisten fungerer ved at, hvis der sættes kryds i en af boksene, kan der være en risiko for PFAS-krydskontaminering. Prøvetageren beskriver afvigelserne og sammen med projektleder adresseres afkrydsningerne.

<p>Anvendt beklædning og sikkerhedsudstyr: <input type="checkbox"/> Regnjakke, <input type="checkbox"/> Regnbukser, <input type="checkbox"/> Sikkerhedssko, <input type="checkbox"/> Refleksjakke, <input type="checkbox"/> Refleksbukser Anden vandafvisende beklædning prøvetager har haft på: _____ <input type="checkbox"/> Prøvetager har ikke anvendt nye handsker mellem hver prøvetagning <input type="checkbox"/> Prøvetager har brugt solcreme, håndcreme eller insektspray</p> <p>Kontrolprøve af udstyr (hvis relevant): <input type="checkbox"/> Kontrolprøve af skyllevandet er ikke udtaget under prøvetagning</p> <p>Kontrolprøve af skyllevandet er udtaget som blandeprøve fra følgende udstyr: _____</p> <p>Rengøring af udstyr: <input type="checkbox"/> Udstyr er ikke rensset med PFAS-frit vand (angiv om det er alt udstyr eller enkelte): _____</p> <p>PFAS-frit vand til rensning af prøvetagningsudstyr er fra: _____</p>	<p>Anvendt udstyr i direkte kontakt med prøven: <input type="checkbox"/> Forerør, <input type="checkbox"/> Karteringsspyd, <input type="checkbox"/> Kniv, <input type="checkbox"/> Pælespade, <input type="checkbox"/> Håndbor, <input type="checkbox"/> Golsamler, <input type="checkbox"/> Nitrilhandsker</p> <p>Andet: _____</p> <p>Øvrige registreringer: <input type="checkbox"/> Der er anvendt andre prøvebeholder/poser end de rekvirerede fra laboratorie <input type="checkbox"/> Prøven har været overført mellem flere beholdere <input type="checkbox"/> Vandtætte feltbøger, -papir eller flaskeemballage og skrivegenstande har været i kontakt med prøverne <input type="checkbox"/> Plastikclipboards, Post-It Notes, labels eller plastikmapper har været i kontakt med prøverne</p>
---	---

Andre afvigelser, beskriv, tegn og forklar:

Bilag 2. Checkliste - Grundvand

Sagsnavn:		Adresse:	
Sagsnr:	Udført af:	Dato:	Boring nr.:
Vejr (sne, regn, sol):			

Checklisten fungerer ved, at hvis der sættes kryds i en af boksene, kan der være en risiko for PFAS-krydskontaminering. Prøvetageren beskriver afvigelserne og sammen med projektleder adresseres afkrydsningerne.

<p>Anvendt beklædning og sikkerhedsudstyr:</p> <p><input type="checkbox"/> Regnjakke, <input type="checkbox"/> Regnbukser, <input type="checkbox"/> Sikkerhedssko, <input type="checkbox"/> Refleksjakke, <input type="checkbox"/> Refleksbukser</p> <p>Anden vandafvisende beklædning prøvetager har haft på: _____</p> <p><input type="checkbox"/> Prøvetager har ikke anvendt nye handsker mellem hver prøvetagning</p> <p><input type="checkbox"/> Prøvetager har brugt solcreme, håndcreme eller insektspray</p> <p>Kontrolprøve af udstyr (hvis relevant):</p> <p><input type="checkbox"/> Kontrolprøve af skyllevandet er ikke udtaget under prøvetagning</p> <p>Kontrolprøve af skyllevandet er udtaget som blandeprøve fra følgende udstyr: _____</p> <p>Rensning af udstyr:</p> <p><input type="checkbox"/> Udstyr er ikke rensset med PFAS-frit vand (angiv om det er alt udstyr eller enkelte): _____</p> <p>PFAS-frit vand til rensning af prøvetagningsudstyr er fra: _____</p>	<p>Anvendt udstyr i direkte kontakt med prøven:</p> <p><input type="checkbox"/> Slange (plast/silikone), <input type="checkbox"/> Slange (Teflon®), <input type="checkbox"/> Inertiapumpe, <input type="checkbox"/> Bailer, <input type="checkbox"/> Filterrør/blindrør, <input type="checkbox"/> Engangspumper, <input type="checkbox"/> MP1-pumpe</p> <p>Andet: _____</p> <p>Øvrige registreringer:</p> <p><input type="checkbox"/> Der er anvendt andre prøvebeholder end de rekvirerede fra laboratorie</p> <p><input type="checkbox"/> Det har ikke været muligt at renpumpe boringen</p> <p><input type="checkbox"/> Der er anvendt tætningsmaterialer (o-ringe, eller lign.)</p> <p><input type="checkbox"/> Boringen er pejlet inden prøvetagning</p> <p><input type="checkbox"/> Boringen er bundpejlet inden prøvetagning</p> <p><input type="checkbox"/> Prøven har været overført til flere beholdere</p> <p><input type="checkbox"/> Vandtætte feltbøger, -papir eller flaskeemballage og skrivegenstande har været i kontakt med prøverne</p> <p><input type="checkbox"/> Plastikclipboards, Post-It Notes, labels eller plastikmapper har været i kontakt med prøverne</p>
---	---

Andre afvigelser, beskriv, tegn og forklar:

Bilag 3. Checkliste – Overfladevand

Sagsnavn:		Adresse:	
Sagsnr:	Udført af:	Dato:	Prøve nr.:
Vejr (sne, regn, sol):			

Checklisten fungerer ved, at hvis der sættes kryds i en af boksene, kan der være en risiko for PFAS-krydskontaminering. Prøvetageren beskriver afvigelserne og sammen med projektleder adresseres afkrydsningerne.

<p>Anvendt beklædning og sikkerhedsudstyr:</p> <p><input type="checkbox"/> Regnjakke, <input type="checkbox"/> Regnbukser, <input type="checkbox"/> Sikkerhedssko, <input type="checkbox"/> Refleksjakke, <input type="checkbox"/> Refleksbukser</p> <p>Anden vandafvisende beklædning prøvetager har haft på: _____</p> <p><input type="checkbox"/> Prøvetager har ikke anvendt nye handsker mellem hver prøvetagning</p> <p><input type="checkbox"/> Prøvetager har brugt solcreme, håndcreme eller insektspray</p> <p>Kontrolprøve af udstyr (hvis relevant):</p> <p><input type="checkbox"/> Kontrolprøve af skyllevandet er ikke udtaget under prøvetagning</p> <p>Kontrolprøve af skyllevandet er udtaget som blandeprøve fra følgende udstyr: _____</p> <p>Rensning af udstyr:</p> <p><input type="checkbox"/> Udstyr er ikke rensed med PFAS-frit vand (angiv om det er alt udstyr eller enkelte): _____</p> <p>PFAS-frit vand til rensning af prøvetagningsudstyr er fra: _____</p>	<p>Anvendt udstyr i direkte kontakt med prøven:</p> <p><input type="checkbox"/> Waders, <input type="checkbox"/> Gummistøvler, <input type="checkbox"/> Stang til mis-prøvetagning, <input type="checkbox"/> Peristaltisk pumpe, <input type="checkbox"/> Slange til pumpe, <input type="checkbox"/> Engangspumper, <input type="checkbox"/> Nitrilhandsker</p> <p>Andet: _____</p> <p>Øvrige registreringer:</p> <p><input type="checkbox"/> Der er anvendt andre prøvebeholder end de rekvirerede fra laboratorie</p> <p><input type="checkbox"/> Prøve har været overført til flere beholdere</p> <p><input type="checkbox"/> Prøven indeholder vand fra vandoverfladen</p> <p><input type="checkbox"/> Vandtætte feltbøger, -papir eller flaskeemballage og skrivegenstande har været i kontakt med prøverne</p> <p><input type="checkbox"/> Plastikclipboards, Post-It Notes, labels eller plastikmapper har været i kontakt med prøverne</p>
<p>Andre afvigelser, beskriv, tegn og forklar:</p> 	

Bilag 4. Checkliste - Luft

Sagsnavn:		Adresse:	
Sagsnr:	Udført af:	Dato:	Målepunkt nr.:
Vejr (sne, regn, sol):			

Checklisten fungerer ved, at hvis der sættes kryds i en af boksene, kan der være en risiko for PFAS -krydskontaminering. Prøvetageren beskriver afvigelserne og sammen med projektleder adresseres afkrydsningerne.

<p>Anvendt beklædning og sikkerhedsudstyr:</p> <p><input type="checkbox"/> Regnjakke, <input type="checkbox"/> Regnbukser, <input type="checkbox"/> Sikkerhedssko, <input type="checkbox"/> Refleksjakke, <input type="checkbox"/> Refleksbukser</p> <p>Anden vandafvisende beklædning prøvetager har haft på: _____</p> <p><input type="checkbox"/> Prøvetager har ikke anvendt nye handsker mellem hver prøvetagning</p> <p><input type="checkbox"/> Prøvetager har brugt solcreme, håndcreme eller insektspray</p> <p>Indendørs kilder:</p> <p><input type="checkbox"/> Kilder indendørs f.eks. tæpper, sofa, maling, lædervarer, emballage, vand- og fedtafvisende produkter, tøj, rengøringsmidler, lakker, printere, forkromet metal, mv. Noter herunder og tag fotos af rummet.</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	<p>Anvendt udstyr i direkte kontakt med prøven:</p> <p><input type="checkbox"/> Poreluftsspyd, <input type="checkbox"/> Slange til pumpe og fittings</p> <p>Andet: _____</p> <p>Øvrige registreringer:</p> <p><input type="checkbox"/> Der er anvendt andet prøveemballage end de rekviderede fra laboratorie</p> <p><input type="checkbox"/> Der er anvendt tætningsmaterialer</p> <p><input type="checkbox"/> Der er anvendt aluminiumsfoile</p> <p><input type="checkbox"/> Vandtætte feltbøger, -papir eller flaskeemballage og skrivegenstande har været i kontakt med prøverne</p> <p><input type="checkbox"/> Plastikclipboards, Post-It Notes, labels eller plastikmapper har været i kontakt med prøverne</p>
--	--

Andre afvigelser, beskriv, tegn og forklar:

PFAS prøvetagnings-procedurer og tests af feltudstyr

I denne rapport vil der blive præsenteret fire procedurer med anbefalinger for prøveindsamling, hvor der skal analyseres for PFAS i jord, grundvand, overfladevand og luft. Til hver procedure er der også udviklet en checkliste, der kan medbringes i felten, som kan bidrage til at evaluere eventuelle risici for krydskontaminering.

Der er udført en litteraturgennemgang for at identificere hvilke anbefalinger, der findes for prøveindsamling af PFAS på nuværende tidspunkt. Der har været fokus på materialer og udstyr med et forventet indhold af PFAS-forbindelser, som potentielt kunne blive anvendt af danske rådgivere og entreprenører til prøveindsamling. Der er også foretaget en rundspørge blandt forhandlere om hvorvidt der anvendes PFAS ved produktion af udstyret. Herefter er der udført test af prøvetagningsudstyr, som der blev mistænkt for at indeholde PFAS, baseret på litteraturgennemgangen og rundspørgen, og som ofte anvendes og er i direkte kontakt med prøven. Desuden er der blevet indsamlet resultater af test af udstyr fra andre rådgivere. Ydermere er der lavet beregninger, der afspejler hypotetiske kontamineringsscenerier på hvor lidt eller meget krydskontaminering, der skal til for at opnå falsk positive prøver.



Miljøstyrelsen
Tolderundsvej 5
5000 Odense C

www.mst.dk