

PFAS

Diffuse forurening og slamdepot fra renseanlæg

ATV Vintermøde Jord og Grundvand, 9. marts 2022

Jette Kjøge Olsen og Frederik Næsby Sukstorf

RAMBOLL

Bright ideas.
Sustainable change.

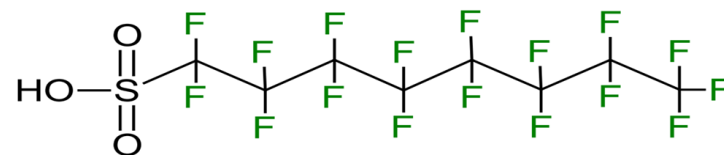


Hvad er PFAS?

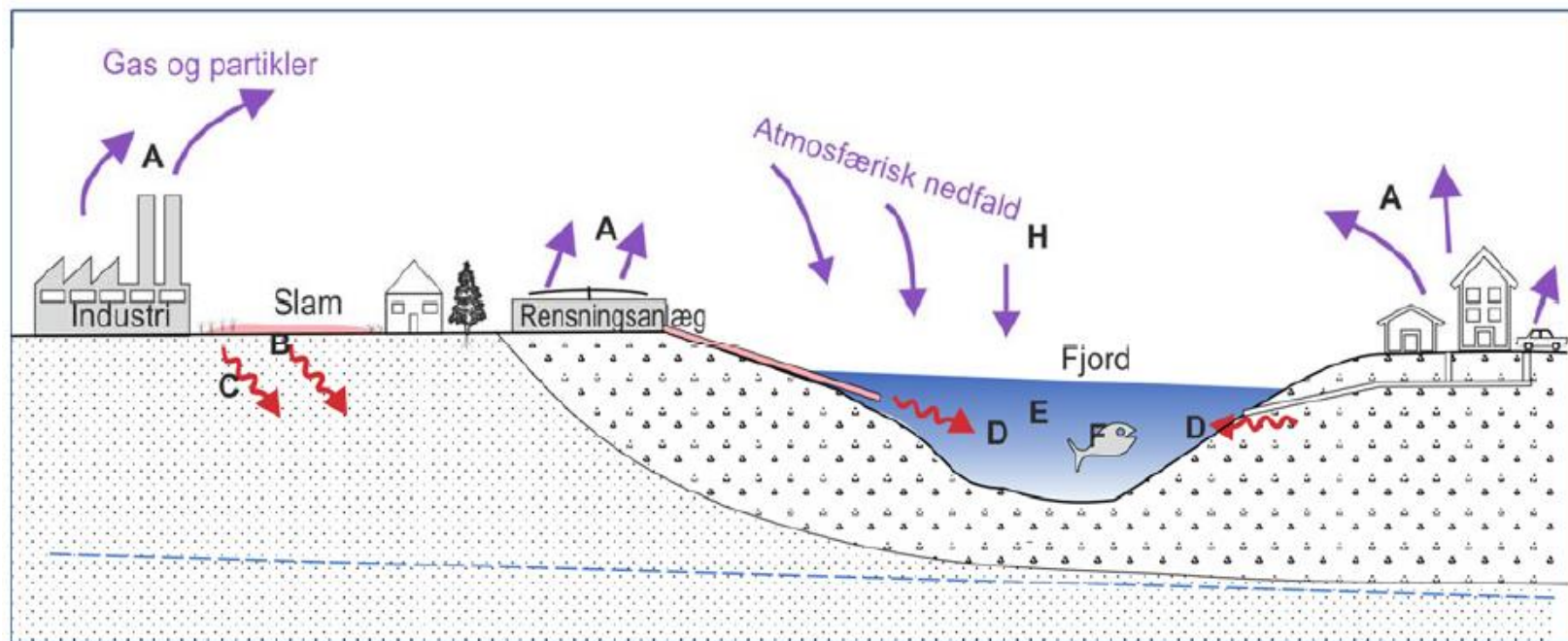
PerFluorAlkylStoffer og PolyFluorAlkylStoffer

- Kemisk fremstillet forbindelser med lange fluor-kulstofkæder – første produceret i 1930'erne
- Flere tusinde forskellige PFAS stoffer
Mindst 42 forskellige grupper
- Overfladeaktive egenskaber
 - afviser både fedt og vand
- Persistente miljøgifte, dvs. nedbrydes ikke i naturen
- Bioakkumulerbare, dvs. kan ophobes i planter, dyr og mennesker
- Flere af PFAS-forbindelserne - toksiske og sundhedsskadelige

PFOS - Perfluoroktansulfonsyre



Kilder til diffus forurening



Kilde: Danske Regioner (2018)

Diffuse kilder

Emission (gas og partikler)

- Produktion
- Brug
- Afdampning fra deponier og rensningsanlæg
- Forbrænding under ca. 900° C
→ Transport og atmosfærisk nedfald

Udvaskning og afstrømning

- Slam fra rensningsanlæg
- Pesticider
- Spildevand

Formål

Undersøge niveauet af diffus forurening for 22 PFAS-forbindelser i grundvand, jord og overfladevand

- Kan man tale om et baggrunds niveau?
- For at kunne skelne mellem punktkilder og diffuse kilder

Metode

Ved at undersøge PFAS-koncentrationer i data fra videnskabelige publikationer og databaser gennem:

Litteratursøgning

Dataudtræk – GRUMO og regionernes OFV-undersøgelser

Kriterier for udvælgelse af data:

- Prøver udtaget for at undersøge diffus forurening (dvs. ikke ifm. kendt forurening)
- Forhold sammenlignelige med danske

Grundvand

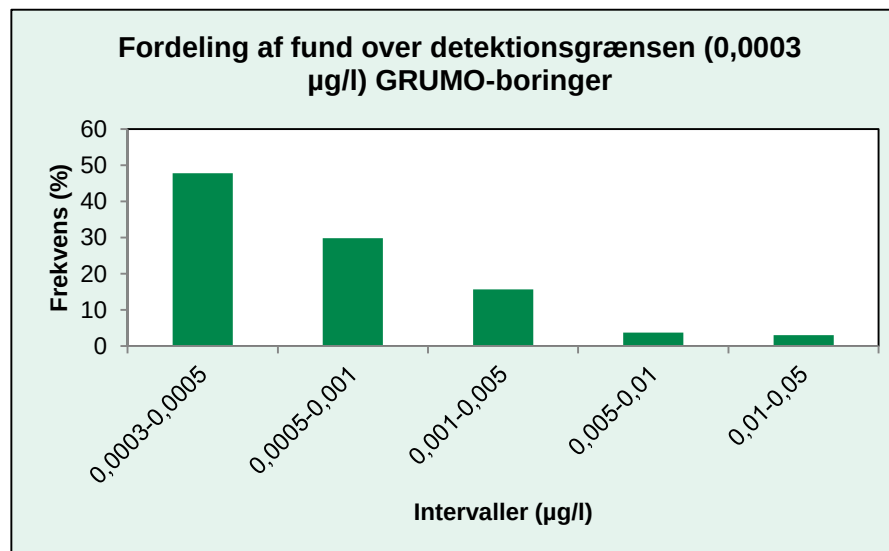
- 278 boringer
- Stor andel prøver tæt på detektionsgrænsen
- Lave fundhyppigheder

Grundvand, korte boringer (<20m), n=182

Enhed: µg/l	Fundhyppighed (%)	Gennemsnit af fund	Middelværdi (<DG = 0,5*DG)
PFOS	18	0,0011	0,0003
PFOA	13	0,0030	0,0005
PFNA	0	-	-
PFHxS	10	0,0008	0,0002

Grundvand, dybe boringer (>20m), n=96

Enhed: µg/l	Fundhyppighed (%)	Gennemsnit af fund	Middelværdi (<DG = 0,5*DG)
PFOS	5	0,0011	0,0002
PFOA	7	0,0075	0,0007
PFNA	1	0,0004	0,0002
PFHxS	5	0,0012	0,0002



Grundvandskvalitetskriterium:

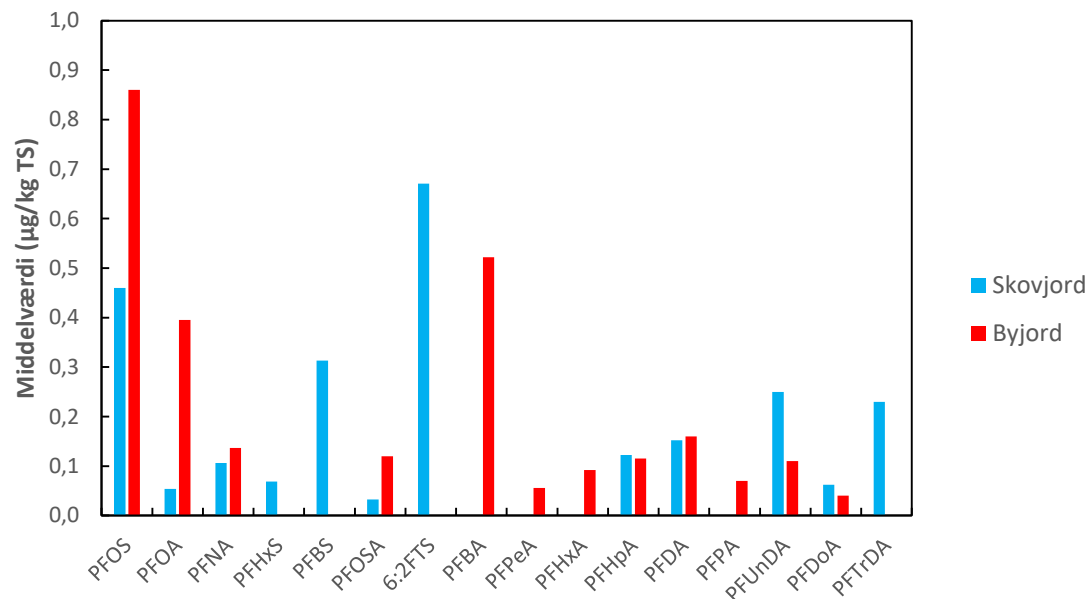
$\Sigma 4 \text{ PFAS} = 0,002 \text{ µg/l}$

$\Sigma 22 \text{ PFAS} = 0,1 \text{ µg/l}$

Jord – skov og by

Fundhyppighed (%)		
Stof	Skovjord	Byjord
PFOS	83	100
PFOA	17	100
PFNA	31	22
PFHxS	56	0
PFBS	66	0
PFOSA	7	10
6:2FTS	26	0
PFBA	0	88
PFPeA	0	4
PFHxA	0	42
PFHpA	14	46
PFDA	43	50
PFPA	0	60
PFUnDA	64	40
PFDoDA	31	20
PFTTrDA	61	0
PFPS	0	0
PFHps	0	0
PFNS	0	10
PFDS	0	0
PFUnS	0	0
PFDoS	0	0
PFTTrS	0	0

Diffus forurening - skovjord vs. byjord



Jordkvalitetskriterium:

$\sum 4 \text{ PFAS} = 10 \text{ µg/kg}$

$\sum 22 \text{ PFAS} = 400 \text{ µg/kg}$

- Svenske skove
- Byjord i Oslo og Nordsjælland
- Bred vifte af PFAS-forbindelser
- Relativt høje fundhyppigheder, men lave koncentrationer
- Tilstedeværelse af langkædede forbindelser

Overfladevand

- Regionernes OFV-undersøgelser og NOVANA
- Svenske søer

Kvalitetskriterie for
PFOS = 0,00065 µg/l

Overfladevand, vandløb n=55

Enhed: µg/l	Fundhyppighed (%)	Gennemsnit af fund	Middelværdi (<DG = 0,5*DG)	Detektionsgrænse
PFOS ^{1,2,3}	54	0,0074	0,0028	0,000065-0,065
PFOA ^{1,2,3}	46	0,0035	0,0038	0,0003-0,001
PFNA ^{1,2,3}	0	-	-	0,00008-0,001
PFHxS ^{1,2,3}	23	0,0044	0,0006	0,00015-0,001
PFBS ^{2,3}	26	0,0043	0,0015	0,0002-0,001
PFOSA ^{2,3}	5	-	-	0,0001-0,001
6:2 FTS ^{2,3}	4	0,0016	0,0005	0,0003-0,002
PFBA ^{2,3}	44	0,0028	0,0015	0,0003-0,001
PFPeA ²	15	0,0051	0,0026	0,00003-0,005
PFHxA ^{2,3}	15	0,0042	0,0025	0,00009-0,005
PFHpA ^{2,3}	30	0,0023	0,0010	0,00005-0,001
PFDA ^{2,3}	3	-	-	0,0002-0,002

Overfladevand, søer n=10

Enhed: µg/l	Fundhyppighed (%)	Gennemsnit af fund	Middelværdi (<DG = 0,5*DG)	Detektionsgrænse
PFOS	20	0,0004	0,00016	0,00021
PFOA	50	0,0007	0,00044	0,0004
PFNA	90	0,0003	0,00024	0,00008
PFHxS	30	0,0003	0,00014	0,00015
PFBS	10	0,0003	0,00013	0,00022
PFOSA	20	0,0001	0,00006	0,00011
6:2 FTS	20	0,0091	0,00254	0,0018
PFBA	0	-	-	0,0003
PFPeA	0	-	-	0,00003
PFHxA	60	0,0003	0,00017	0,00009
PFHpA	80	0,0002	0,00019	0,00005
PFDA	40	0,0006	0,00031	0,00019

Opsamling

- Lave koncentrationer – indflydelse fra analyseusikkerhed og prøvetagning
- Sjældent udtaget prøver uden konkret forurening for øje – brug for mere data
- Grænseværdier er lave – får man overskridelser ved diffus forurening?

Stof	Middelværdi	Detektionsgrænse	Kvalitetskriterie ^{1,2}	Enhed
Grundvand – korte borer				
PFOS	0,0003	0,0003	Σ4 PFAS = 0,002	µg/l
PFOA	0,0005	0,0003	Σ22 PFAS = 0,1	
Grundvand – dybe borer				
PFOS	0,0002	0,0003	Σ4 PFAS = 0,002	µg/l
PFOA	0,0007	0,0003	Σ22 PFAS = 0,1	
Jord – skovområder				
PFOS	0,45	0,02-0,05	Σ4 PFAS = 10 Σ22 PFAS = 400	µg/kg
PFOA	0,05	0,02		
PFUnDA	0,25	0,01		
Jord – byområder				
PFOS	0,86	0,05	Σ4 PFAS = 10 Σ22 PFAS = 400	µg/kg
PFOA	0,40	0,05		
PFUnDA	0,11	0,02-0,1		
Overfladevand – vandløb				
PFOS	0,0028	0,000065-0,065	0,00065	µg/l

1: Miljøstyrelsen (2021). Liste over kvalitetskriterier i relation til forurenede jord. Opdateret juli 2021.

2: Miljøstyrelsen (2017). BEK nr. 1625 af 19/12/2017.



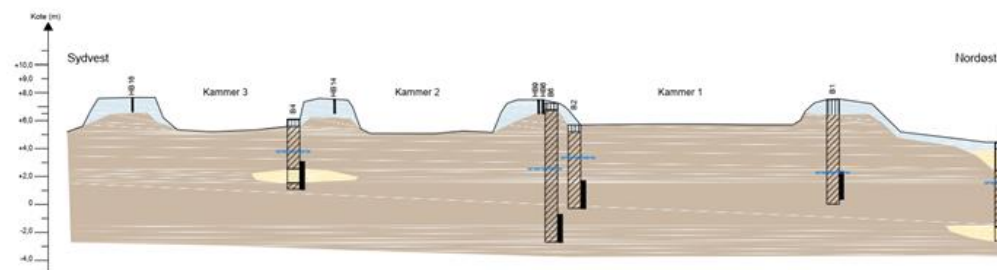
PFAS i slamdepot fra renselanlæg

Parcelgårdsvej, Roskilde

- Afvandingsanlæg af slam fra renselanlæg 1960-2021 (FORS A/S)
 - Overskudsslam fra centralrenseanlæg i Roskilde
 - Overskudsslam fra renselanlæg ved Roskilde Havn
 - Oplag af jord og slam fra bla. Byparkens Sø
- 2016-17: Påvist forhøjet indhold af tungmetaller over afskæringskriterierne
- 2019: Påbud om undersøgelse og afgrænse forurening
- 2021: Plan for nedlukning og genopretning af areal
- 2021: Supplerende undersøgelse med PFAS

Miljøforhold og indretning

- Område med drikkevandsinteresser – ikke OSD
- Nærmeste indvindingsboringer – 2 km
- Nordlig del af matrikel - §3 beskyttet SØ
- Roskilde Fjord – Natur 2000 område – 100-175 m
- Primært moræneler til 50-60 m u.t.



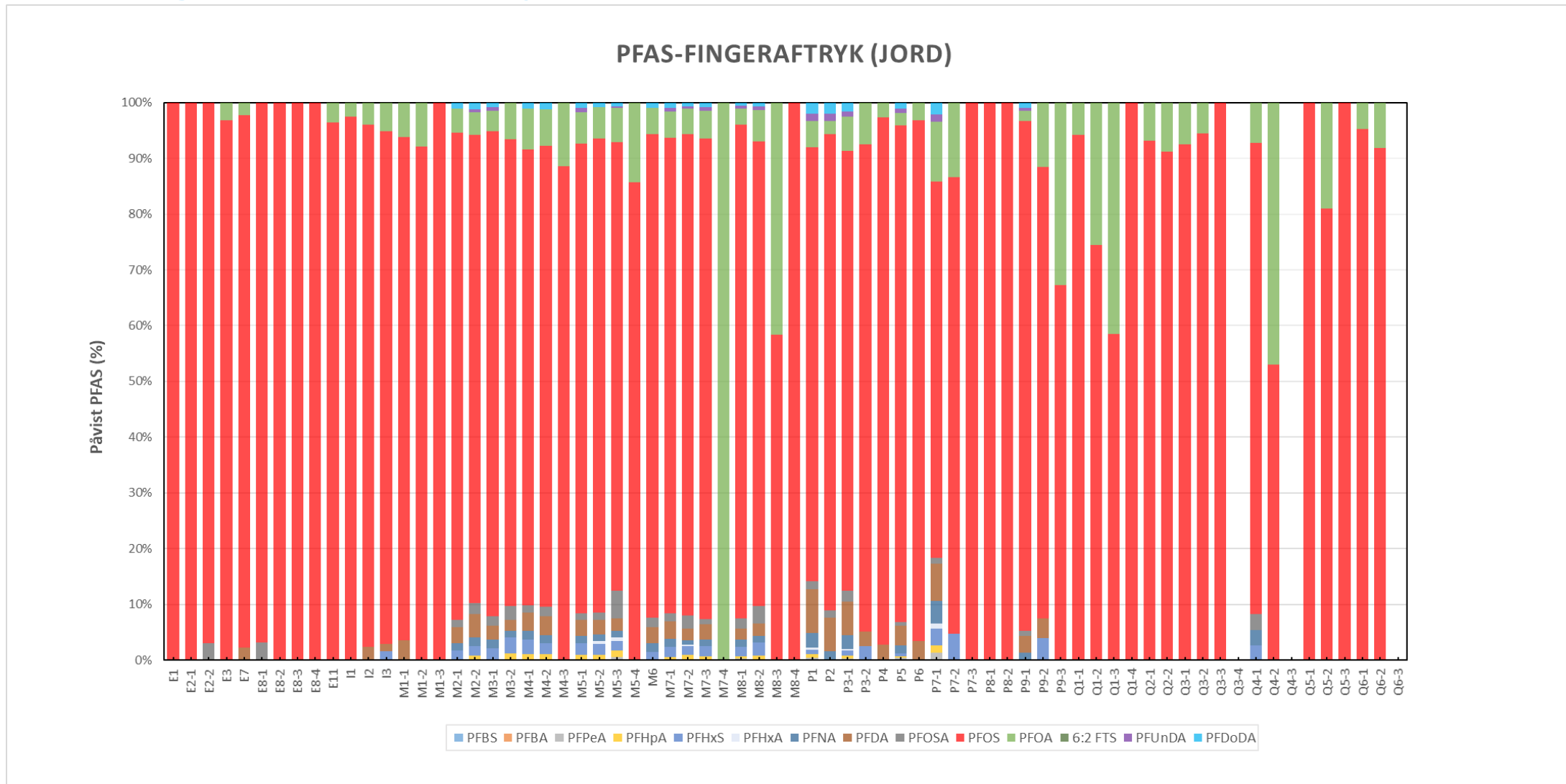
PFAS undersøgelser

PFAS (12-15 stk.):

- 70 jordprøver (15 PFAS)
- 3 slamprøver (15 PFAS)
- 1 vandprøve fra fordampningsbassin (12 PFAS)
- 16 grundvandsprøver (terrænnært) (12 PFAS)
- Før nye kriterier med 22 PFAS



PFAS-fingerprint af jordprøver



PFAS i jordprøver

- 0-0,5 m u.t. 3 jordprøve under JKK
- 0,5-1,0 m u.t. 1/3 af jordprøverne under JKK
- I de fleste felter er der også påvist anden forurening i feltet



PFAS i jordprøver

- 1,0-1,5 m u.t. 2 jordprøver over JKK
- 1,5-2,0 m u.t. alle under JKK
- Op til 16,4 gange kriteriet for 4 PFAS
– ikke over 22 PFAS



Grundvands- prøver

- 9 ud af 16 vandprøver over GKK
- Op til 11 gange over sum 12 PFAS
- Op til 395 gange over sum 4 PFAS
- Det højeste overskridelser af PFAS er påvist i og nedstrøms slamdepotet

Borings nr.	Arsen, As	Chrom, Cr	Nikkel, Ni	Zink, Zn	Total kulbrinter (C6-C35)	Sum af 12 PFAS	Sum af 4 PFAS*
Enhed	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
B02	5	1,9	11	3,4	<5,0	0,25	0,061
B03	0,61	0,41	27	2,7	<5,0	1	0,12
B04	0,92	0,22	14	2,6	<5,0	0,084	0,019
B05	0,71	0,15	32	150	<5,0	0,28	0,18
B06	0,28	0,089	3,7	6,4	<5,0	<0,010	<0,0010
B07	0,54	0,29	3,1	4,8	<5,0	<0,010	0,001
B08	6,4	25	56	140	<5,0	0,016	0,012
B09	1,5	0,2	21	0,44	<5,0	0,6	0,37
B10	43	0,31	23	14	190	0,33	0,23
B10	i.a	i.a	i.a	i.a	32	i.a	i.a
B11	3,9	<0,010	8	2,5	11	<0,010	<0,0010
B11	i.a	i.a	i.a	i.a	<5,0	i.a	i.a
B12	0,66	0,28	16	5,8	<5,0	0,33	0,13
B13	0,92	0,075	48	2,2	<5,0	0,15	0,013
B14	0,61	0,23	36	3,8	<5,0	0,97	0,18
B15	5,5	<0,010	2,2	<0,30	<5,0	<0,010	<0,0010
B16	2,6	<0,010	0,9	<0,30	<5,0	<0,010	<0,0010
B17	2,8	0,46	37	<0,30	<5,0	1,1	0,79
Grundvands-kvalitetskriteriet	8	1	10	100	9	0,1	0,002
Prøverne analyseret for metaller er filtreret i felten Resultaterne mærket med rødt er over grundvandskvalitetskriteriet i.a: Denne parameter er ikke analyseret *: Sum af PFOA, PFOS, PFNA og PFHxS							

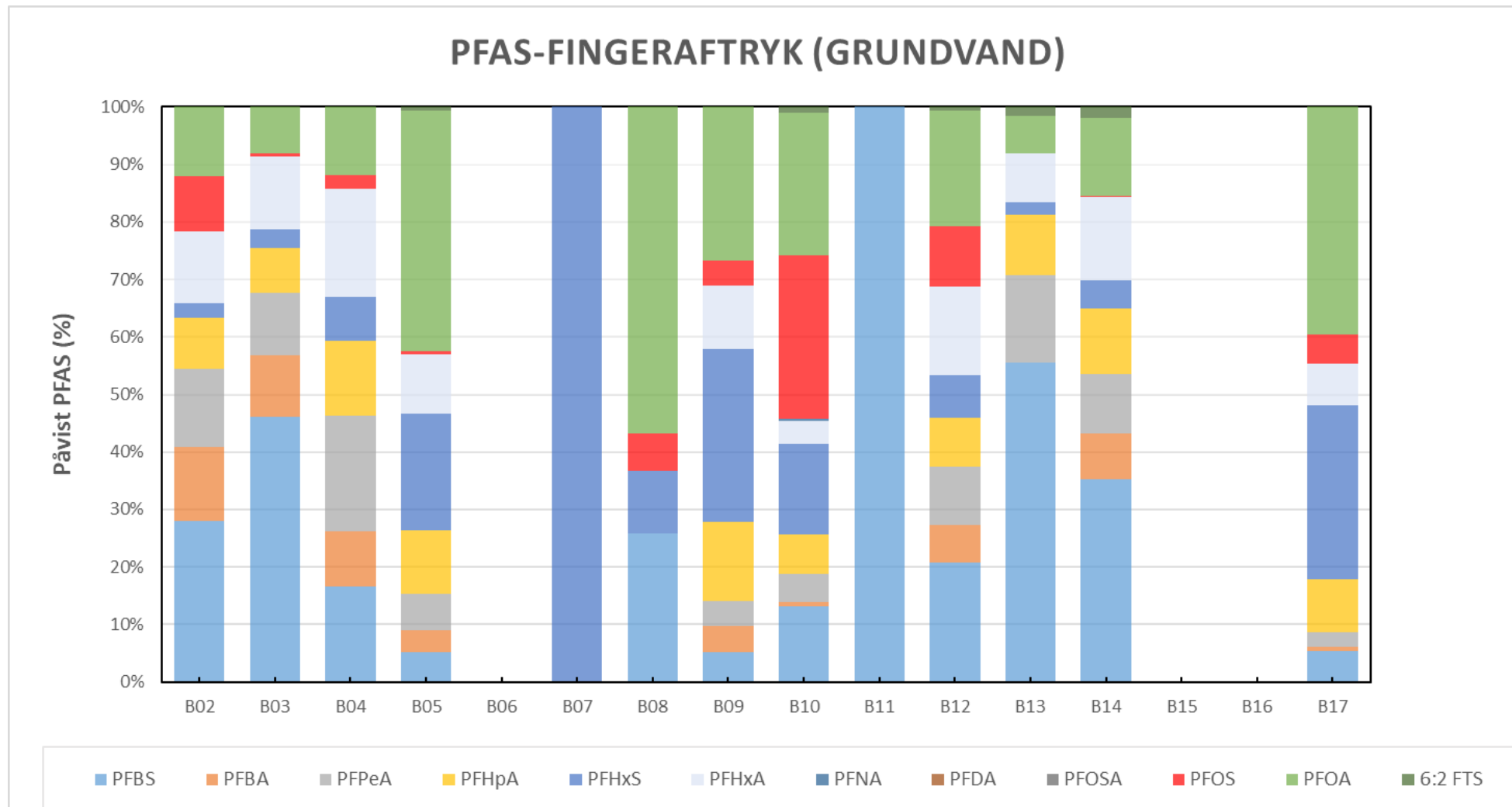
Tabel 5-2: Slamdepot Parcelgårdsvej, udvalgte analyseresultater grundvand

PFAS i grundvand

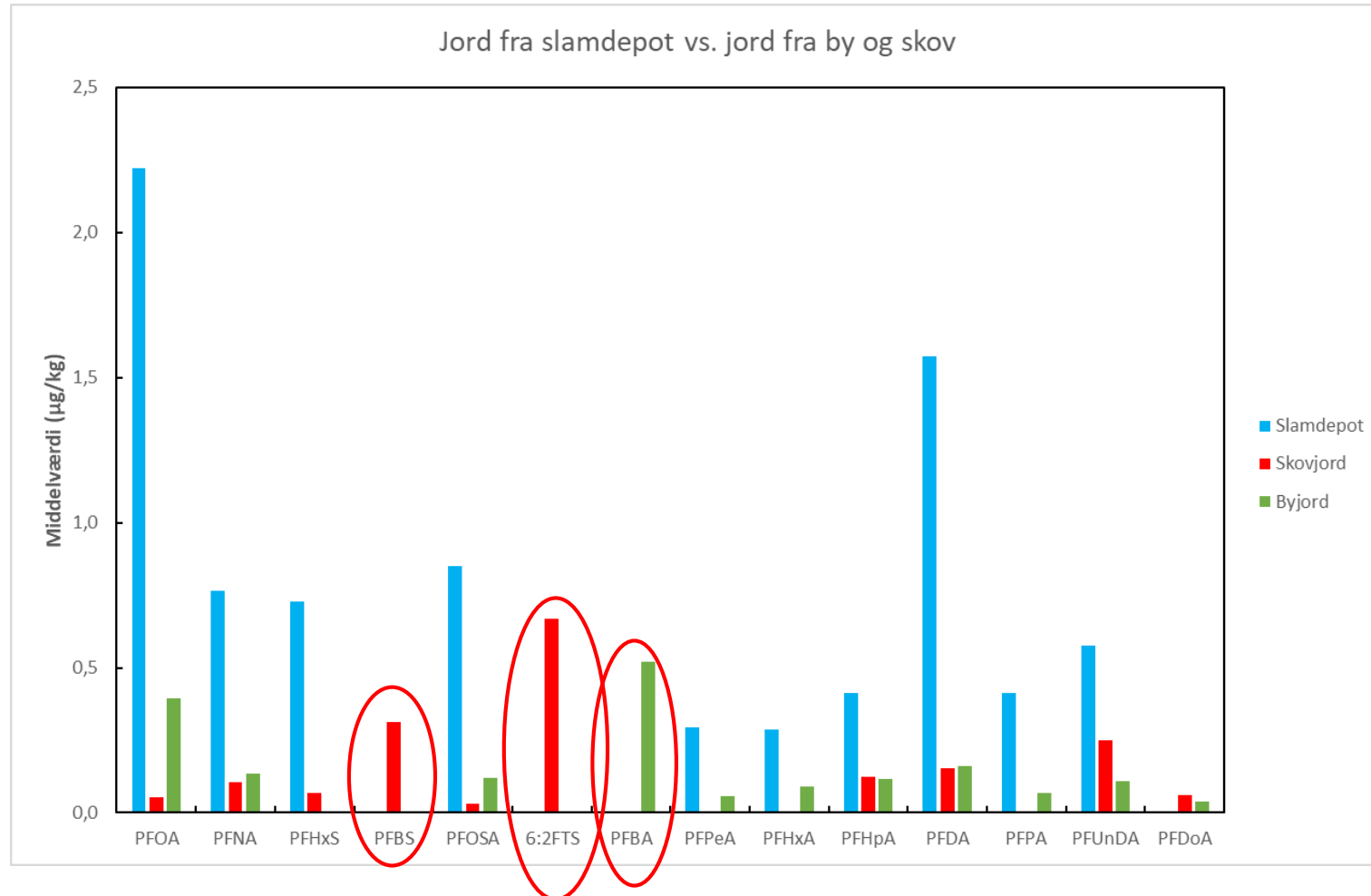
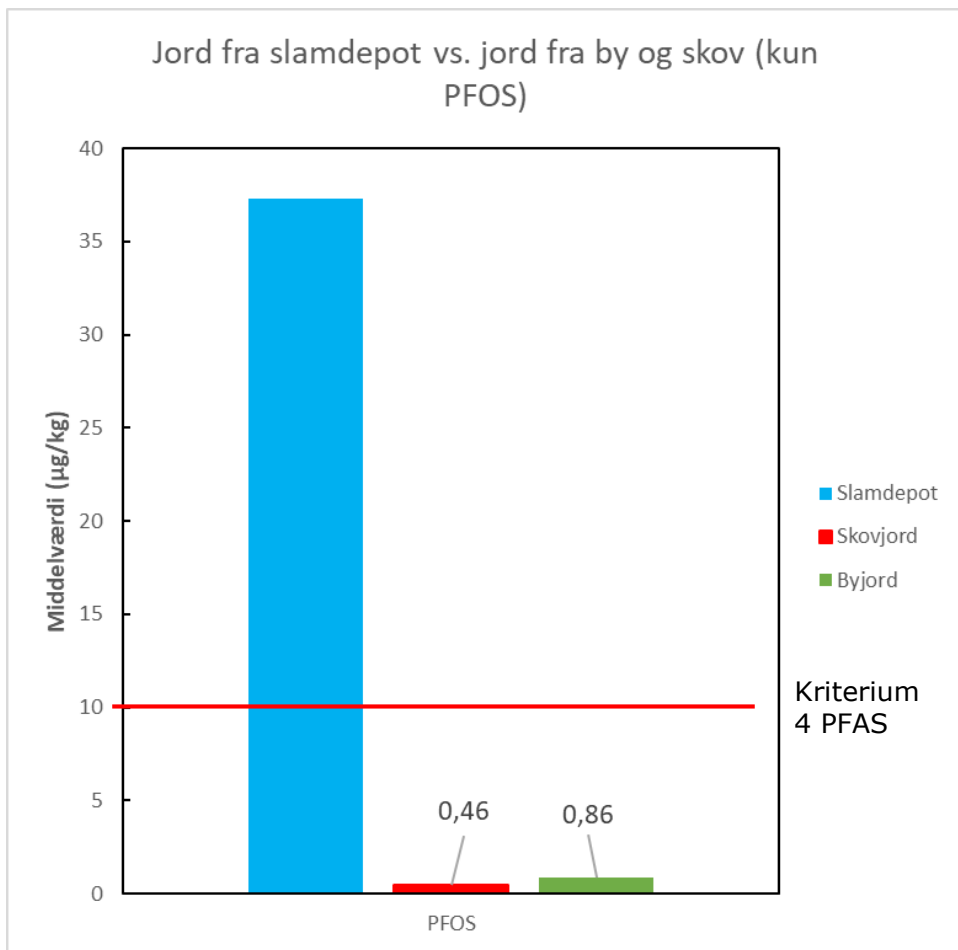
- Grundvandstrømning nordøstlig mod Roskilde fjord.
- Ingen PFAS i opstrøms boringer – umiddelbart ingen diffus baggrundsbelastning
- Slamdepotet må være kilden til PFAS forureningen



PFAS-fingerprint af grundvandsprøver

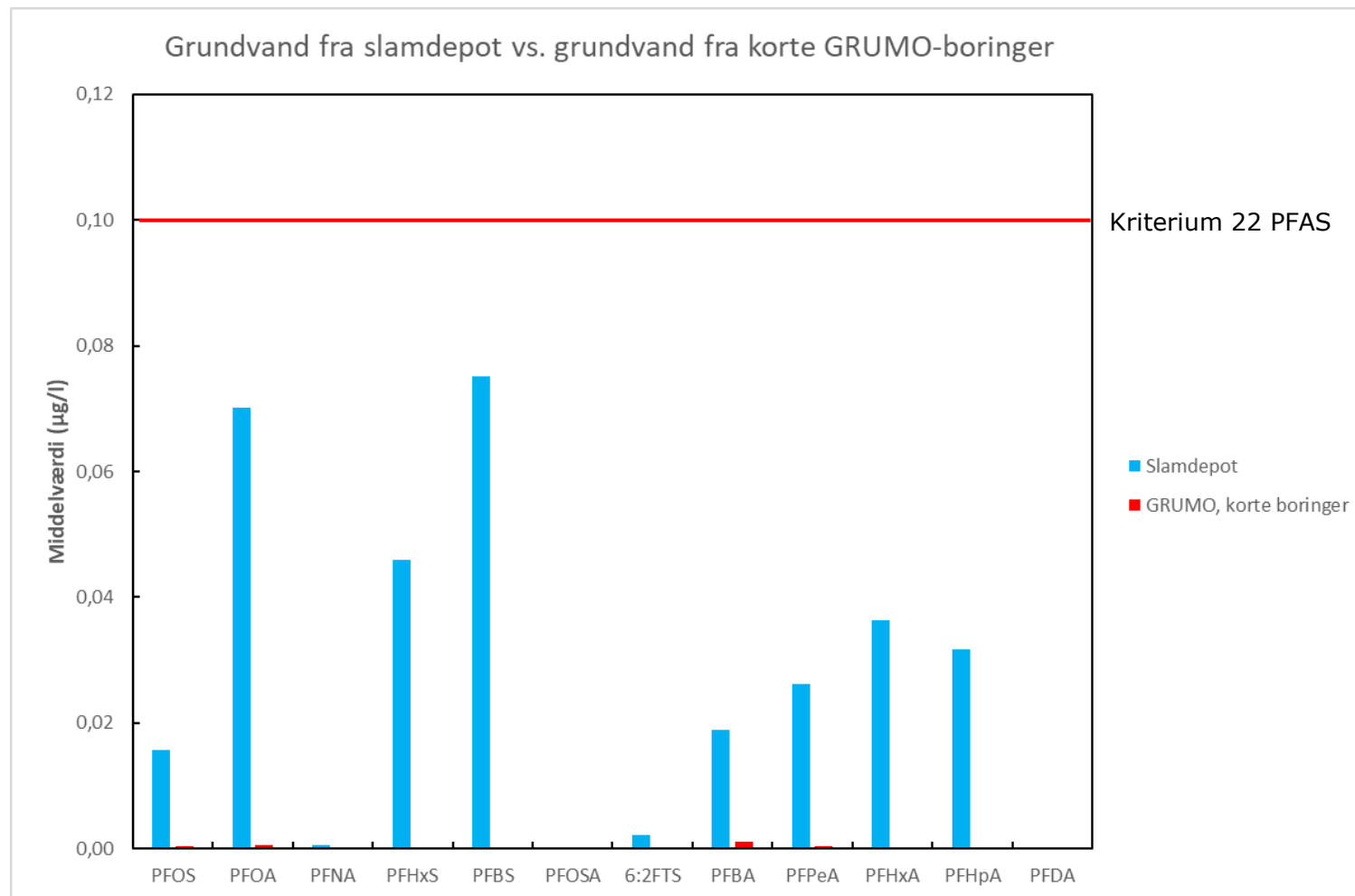


Sammenligning - jord med diffus forurening



Sammenligning – grundvand med diffus forurening

- Middelværdi af 12 PFAS
- Generelt en meget højere belastning af grundvandet under slamdepotet end hvad der er påvist i de terrænnære GRUMO-boringer.
- Alle under grundvandskvalitetskriteriet for 22 PFAS



Take home message

- 1 PFAS → unikke egenskaber → stabile, mobile og nedbrydes ikke – forsvinder ikke !
- 2 Mange kilder til diffus PFAS forurening
- 3 Baggrunds niveauer, detektionsgrænser og kvalitetskriterier ligger tæt
- 4 Der findes høje PFAS-indhold i slamdepot → også over den diffuse forurening → skal vi blive ved med at bringe slam på vores marker!
- 5 Slamdepot → ikke de samme PFAS-forbindelser i jord og grundvand
- 6 Husk precursorer ved risikovurdering → så vi ikke kun ser på toppen af isbjerget

Tak for opmærksomheden

Spørgsmål ?



Jette Kjøge Olsen
Teamleder
T:5161 2406



Frederik Næsby Sukstorf
Konsulent
T:5161 2664

Tak til diverse Rambøll kollegaer