



RESULTATER FRA STORSKALA FORSØG MED VASK AF PFAS- FORURENET JORD

-MED FOKUS PÅ RENSEGRADER FOR
FORSKELLIGE JORDFRAKTIONER

ATV VINTERMØDE 2025

Julie Katrine Jensen | Marts 2025



MUDP Projekt (2023-2025)



Program

- ❖ **Baggrund for projektet og formål med projektet**
- ❖ **Aktiviteter på projektet**
- ❖ **Jordvask:**
 - Kort om jordvask som metode
 - Analyseprogram
 - Resultater
 - Foreløbige konklusioner



Baggrund for projektet

- Der håndteres i omegnen af 15 mio. tons overskudsjord i Danmark hvert år
- Jord, der overskrider jordkvalitetskriterierne kan i dag kun håndteres ved at benytte Norrecco's løsning, om eksport af jorden til godkendt deponi i Norge.
- Det er en god overgangsløsning, men vi skal helst finde løsninger på dansk grund.



Formål med projektet

❖ At undersøge metoder til at rense PFAS-forurenede jord:

- At teste og justere Surface Active Foam Fractionation (SAFF) så metoden kan bruges til rensning af PFAS forurenede jord.
- At teste potentialet for at bruge Jordvask til rensning af PFAS-forurenede jord.



Aktiviteter på projektet

1. Del af forsøgene:

- Finde 5 jorde til denne del af forsøgene
- Diverse test i laboratoriet
- Forberedelse af jordene til Soil Foam Fractionation forsøg
- Forsøg med soil foam fractionation på forskellige partikelstørrelser, forskellige jordtyper, forskellige forureningskilder/-niveauer

2. Del af forsøgene:

- Finde 2 jorde til denne del af forsøgene
- Søge tillæg til miljøgodkendelse samt eksportnotifikation
- Test af jordvask som metode for rens af PFAS-forurenede jord
- Surface Active Foam Fractionation på vandet fra jordvaskeanlægget



Kort om jordvask som metode





- Filter-fraktion (<math><63 \mu\text{m}</math>)
- Sand ($63 \mu\text{m} - 2 \text{ mm}$)
- Grus ($2 \text{ mm} - 4 \text{ mm}$)
- Sten ($4 \text{ mm} - 80 \text{ mm}$)



Erfaringsmæssig fordeling til fraktioner



- Filterfraktion ($<63 \mu\text{m}$) 10-35 %
 - Sand ($63 \mu\text{m} - 2 \text{mm}$)
 - Grus ($2 \text{mm} - 4 \text{mm}$)
 - Sten ($4 \text{mm} - 80 \text{mm}$)
- 65-90 %



Vi ved fra tidligere forsøg udført hos Norrecco:

- At en ret stor andel af jorden er sten, grus, sand (råstoffer) – også selv om vi vasker lerjorde.
- De jorde, vi normalt vasker, er undersøgt for PAHer, Kulbrinter, tungmetaller (jordpakken). Her ser vi meget tydeligt at forureningen opkoncentreres i filterkagen, og at en stor del af råstofferne (især sandfraktionen!) er ren.
- Om det samme gør sig gældende når det er PFAS, vi håndterer, det ved vi ikke.





De to jorde vi bruger til jordvask i MUDP Projektet

Jord A (675 tons):

- Overskudsjord fra byggeprojekt.
- Gruset/sandet jord.
- Kilde brandskum
- Analyseret med 1 prøve per 30 tons for PFAS22

	µg/kg TS
PFAS4 (middelværdi)	51
PFAS22 (middelværdi)	52

Jord B (710 tons):

- Lerjord/muldjord.
- Kilde brandskum
- Analyseret med 1 prøve per 30 tons for PFAS22

	µg/kg TS
PFAS4 (middelværdi)	546
PFAS22 (middelværdi)	624



Analyseprogram

Medie		Analysefrekvens	Analyseparametre
Vand	Bundfældnings-tank	per 100 tons vasket jord	PFAS30
Sand	Materialer efter vask	per 30 tons produceret	PFAS22
Grus	Materialer efter vask	per 30 tons produceret	PFAS22
Filterkage	Materialer efter vask	per 30 tons produceret	PFAS22

- **Analyser af renseeffekt af SAFF på vandet fra jordvaskeanlægget**



Analyseprogram – øvrige analyser

- EOF af sand, grus og filterkage for hver 300 tons jord, der er vasket.
- EOF desuden for hver 300 tons jord, inden jorden er vasket.
- AOF af vand i bundfældningstank for hver 300 tons, der er vasket.
- Udvaskningstests på sand, grus og stenfraktionen.
- Test af PFAS i flokkuleringsmidler
- Test af ren jord, der køres igennem anlægget efter forsøget er afsluttet, vandet er tappet af og tankene renses: Inden vask og efter vask.

Men det må i læse mere om når rapporten er klar!



Fordeling til fraktioner

	Parti A	Parti B
Sum ind	675 t	710 t
Sten (4-80 mm)	95 t	43 t
Grus (2-4 mm)	50 t	8 t
Sand (0,63-2 mm)	440 t	420 t
Filterkage (<0,63 mm)	170 t	340 t
Sum ud	755	811



WSP Parti A: PFAS i output

Sand:

		ASE1	ASE2	ASE3	ASE4	ASE5	ASE6	ASE7	ASE8	ASE9	ASE10	ASE11
Sum af PFAS4	µg/kg ts.	21	23	27	18	15	13	14	19	18	21	18
Sum af PFAS22	µg/kg ts.	21	24	28	18	16	13	14	19	18	21	18

Grus:

		AGE1
Sum af PFAS4	µg/kg ts.	39
Sum af PFAS22	µg/kg ts.	40

	µg/kg TS
PFAS4 (middelværdi)	51
PFAS22 (middelværdi)	52

Filterkage:

		AFiE1	AFiE2	AFiE3	AFiE4	AFiE5
Sum af PFAS4	µg/kg ts.	40	77	81	76	77
Sum af PFAS22	µg/kg ts.	41	79	82	77	79

WSP Parti B: PFAS i output

Sand:

		BS1	BS2	BS3	BS4	BS5	BS6	BS7	BS8	BS9	BS10	BS11	BS12
Sum PFAS4	µg/kg ts	15	13	11	24	26	27	23	16	27	8,1	17	21
Sum PFAS22	µg/kg ts	16	14	12	25	27	28	24	17	28	8,8	18	22

Grus:

		BGE1
Sum PFAS4	µg/kg ts	20
Sum PFAS22	µg/kg ts	20

	µg/kg TS
PFAS4 (middelværdi)	546
PFAS22 (middelværdi)	624

Filterkage:

		BFiE1	BFiE2	BFiE3	BFi4	BFi5	BFi6	BFi7	BFiE8	BFiE9	BFiE10
Sum af PFAS4	µg/kg ts	320	370	920	920	890	630	510	600	270	240
Sum af PFAS	µg/kg ts	330	380	950	970	920	640	520	620	280	250



PFAS i vand fra anlægget (ng/l)

	Vand 1	ABU2	ABU4	ABU6	BBU4	BBU5	BBU6	BBU7
PFBA	65	44	41	39	350	350	360	350
PFBS	23	11	16	16	650	640	640	640
PFOA	61	87	120	150	2.800	2.000	1.400	2.600
PFOS	22	8.400	6.900	9.400	62.000	38.000	34.000	40.000
PFHxS	3,7	710	1.100	1.400	9.700	10.000	7.600	9.900
Sum af 4 PFAS	94	9.200	8.100	11.000	75.000	50.000	43.000	53.000
Sum af 24 PFAS (PFOA ækvivalenter)	330	17.000	15.000	20.000	130.000	86.000	75.000	91.000



Rensning af vandet efter endt jordvask

Vandet er tappet af anlægget og over i containere (hvorefter tankene i anlægget er rengjort).

Surface Active Foam Fractionation på vandet.

Målsætning at nå ned på 4 ng/l (PFOA Ækvivalenter) og 0,13 ng/l PFOS.

Det er det krav, som miljømyndigheden har sat i tillægget til Miljøgodkendelsen.



Testrunde 1 med ca. 30 m³ vand.

Sampling day		01-10-2024		
Sample number		177-2024-10030069	177-2024-10030070	
Sample namn		Untreated	Treated	
Komponent	Unit			Removal rate (Treated - Untreated)
PFBA	ng/l	340	330	2,94%
PFBS	ng/l	760	750	1,32%
PFPeA	ng/l	590	590	0,00%
PFPeS	ng/l	1100	770	30,00%
PFHxA	ng/l	1700	1600	5,88%
PFHxS	ng/l	8900	350	96,07%
PFHpA	ng/l	640	210	67,19%
PFHpS	ng/l	860	20	97,67%
PFOA	ng/l	2700	56	97,93%
PFOS	ng/l	32000	670	97,91%
6:2 FTS	ng/l	310	12	96,13%
PFOSA	ng/l	75	<10	up tp 99,9%
PFNA	ng/l	29	<10	up tp 99,9%
PFNS	ng/l	<20	<20	ND
PFDA	ng/l	<10	<10	ND
PFDS	ng/l	<20	<20	ND
PFUnDA	ng/l	<10	<10	ND
PFUnDS	ng/l	<10	<10	ND
PFDoDA	ng/l	<10	<10	ND
PFDoDS	ng/l	<20	<20	ND
PFTrDA	ng/l	<10	<10	ND
PFTrDS	ng/l	<10	<10	ND
Sum of PFOA, PFOS, PFNA and PFHxS	ng/l	44000	1100	97,50%
Summa PFAS24 (PFOA ekvivalenter)	ng/l	74000	2000	97,30%



2. Optimizing of Surface Active Foam Fractionation

Komponent	Enhed	Untreated	Treated	Removal rate (%)
PFBA	ng/l	350	330	5,71
PFBS	ng/l	750	740	1,33
PFPeA	ng/l	530	460	13,21
PFPeS	ng/l	1100	380	65,45
PFHxA	ng/l	1600	1200	25,00
PFHxS	ng/l	8100	44	99,46
PFHpA	ng/l	670	50	92,54
PFHpS	ng/l	870	<10	up to 99,9%
PFOA	ng/l	2600	<10	up to 99,9%
PFOS	ng/l	41000	250	99,39
6:2 FTS	ng/l	310	<10	up to
PFOSA	ng/l	64	<10	up to 99,9%
PFNA	ng/l	43	<10	up to 99,9%
PFNS	ng/l	20	<10	up to 99,9%
PFDA	ng/l	14	<10	up to 99,9%
PFDS	ng/l	<10	<10	nd
PFUnDA	ng/l	<10	<10	nd
PFUnDS	ng/l	<10	<10	nd
PFDoDA	ng/l	<10	<10	nd
PFDoDS	ng/l	<10	<10	nd
PFTTrDA	ng/l	<10	<10	nd
PFTTrDS	ng/l	<10	<10	nd
Perfluor	ng/l	<20	<20	nd
PFODA	ng/l	<10	<10	nd
DONA	ng/l	<10	<10	nd
HFPO-DA (GenX)	ng/l	<10	<10	nd
6:2 FTOH	ng/l	<50	<50	nd
8:2 FTOH	ng/l	<10	<10	nd
Sum af 4 PFAS	ng/l	52000	290	99,44
Sum af 24 PFAS (PFOA ækvivalenter)	ng/l	92000	710	99,23

3. Optimering af Surface Active Foam Fractionation + sandfilter og 2 x kulfilter

Komponent	Enhed	Resultat	Removal rate (%)
PFBA	ng/l	<0,60	
PFBS	ng/l	<0,30	
PFPeA	ng/l	<0,30	
PFPeS	ng/l	<0,30	
PFHxA	ng/l	<0,30	
PFHxS	ng/l	<0,10	
PFHpA	ng/l	<0,30	
PFHpS	ng/l	<0,30	
PFOA	ng/l	<0,10	
PFOS	ng/l	0,6	99,99854
6:2 FTS	ng/l	<0,30	
PFOSA	ng/l	<0,30	
PFNA	ng/l	<0,10	
PFNS	ng/l	<0,30	
PFDA	ng/l	<0,30	
PFDS	ng/l	<0,30	
PFUnDA	ng/l	<0,30	
PFUnDS	ng/l	<0,30	
PFDoDA	ng/l	<0,30	
PFDoDS	ng/l	<1,0	
PFTTrDA	ng/l	<1,0	
PFTTrDS	ng/l	<0,30	
Perfluor	ng/l	<1,0	
PFODA	ng/l	<0,30	
DONA	ng/l	<0,30	
HFPO-DA (GenX)	ng/l	<0,30	
6:2 FTOH	ng/l	<50	
8:2 FTOH	ng/l	<10	
Sum af 4 PFAS	ng/l	0,6	99,99885
Sum af 24 PFAS (PFOA ækvivalenter)	ng/l	1,2	99,99870



Konklusioner

- Stort forarbejde (finde jorde + ansøgninger om tilladelser + indrette pladsen)
- Stort arbejde undervejs med at sikre, at man ikke forurener andet på pladsen.
- Stort arbejde med at gøre anlægget rent.

- Vi får langt henad vejen nedbragt koncentrationen i sand (og grus). Vi ligger på koncentrationer i omegnen af 2 x JKK.
- Det er altafgørende for metodens økonomi, at sandfraktionen kan komme under JKK, så det kan bortskaffes til "almindelig" takst.
- Opkoncentreringen i filterkagen er lille i forhold til, hvad vi ser med fx PAHer, kulbrinter og tungmetaller.
- Filterkagen skal dog eksporteres til deponi.

- PFAS flyttes fra jord/fraktioner til vand, hvilket vi håbede på: Vandet har vi metoder til at rense.
- Det er dog væsentligt med en fortsat snak om, hvilke kriterier, der skal renses ned til/hvilke rensegrader der kan kræves.



TAK FOR OPMÆRKSOMHEDEN!

JULIE.K.JENSEN@WSP.COM

TLF: 2753 3927

wsp.com

