

# Immobilisering av PFAS-forurenset jord – et trygt og kostnadseffektivt alternativ?

Aquablok Norge AS



# Immobilisering av PFAS-forurenset jord

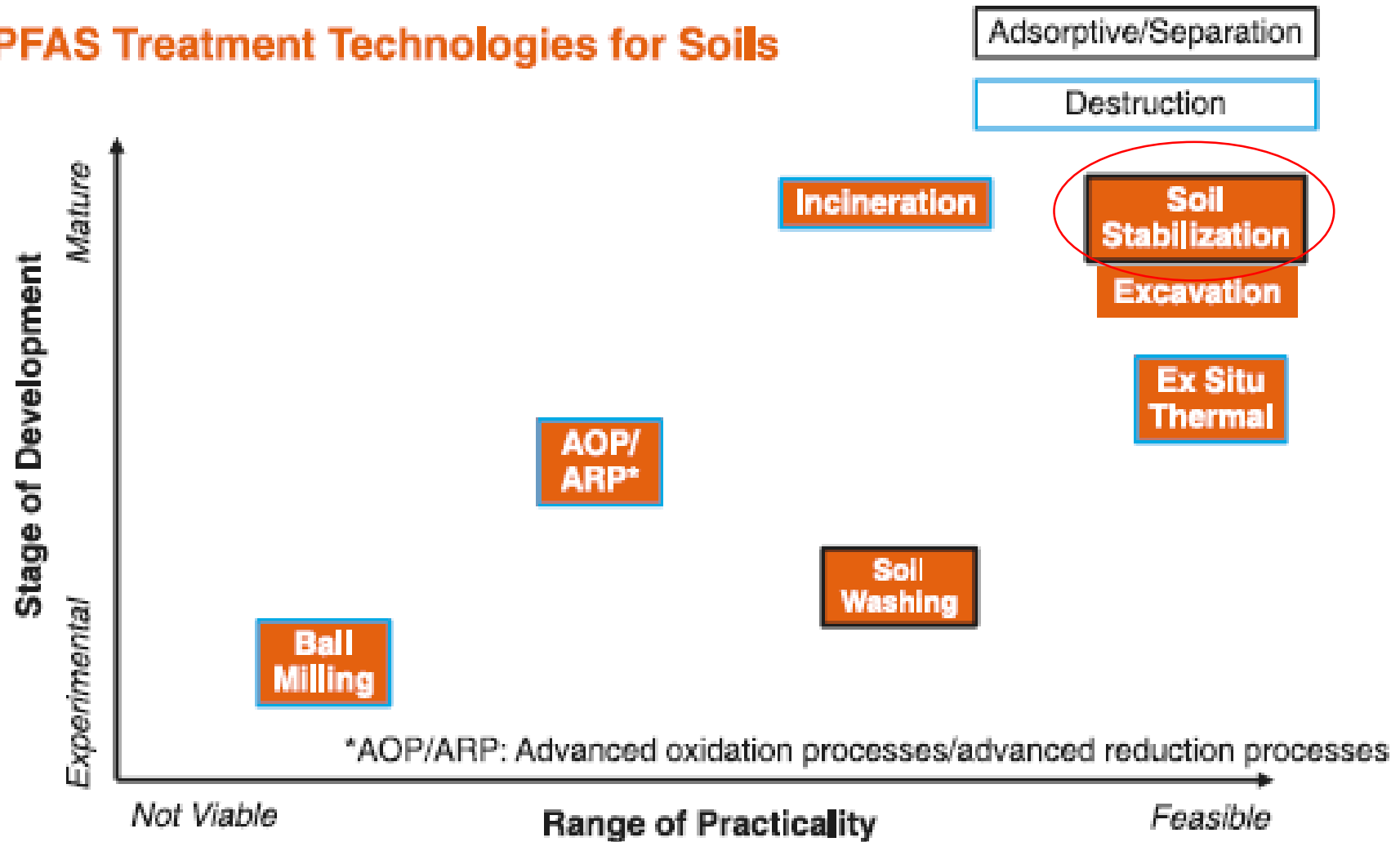


*PFAS = Poly- og Perfluoroalkylstoffer*

# Teknologier for behandling av jord

Teknologi	Gjennomførbart for PFAS i jord?	Benyttet i fullskala for å behandle PFAS i jord? (i Australia)
Biologisk nedbrytning	Nei	Nei
Kjemisk oksydasjon/reduksjon	Kanskje	Nei
Termisk desorpsjon	Kanskje	Indirekte
Forbrenning	Ja	Begrenset
Jordvasking	Ja	Nei
Innkapsling på stedet	Ja	Nei
Solidifisering	Kanskje	Nei
Nye teknologier (f.eks. lydbehandling, elektrokjemi, <i>in situ</i> deponering)	Kanskje	Nei
Immobilisering	Ja	Ja

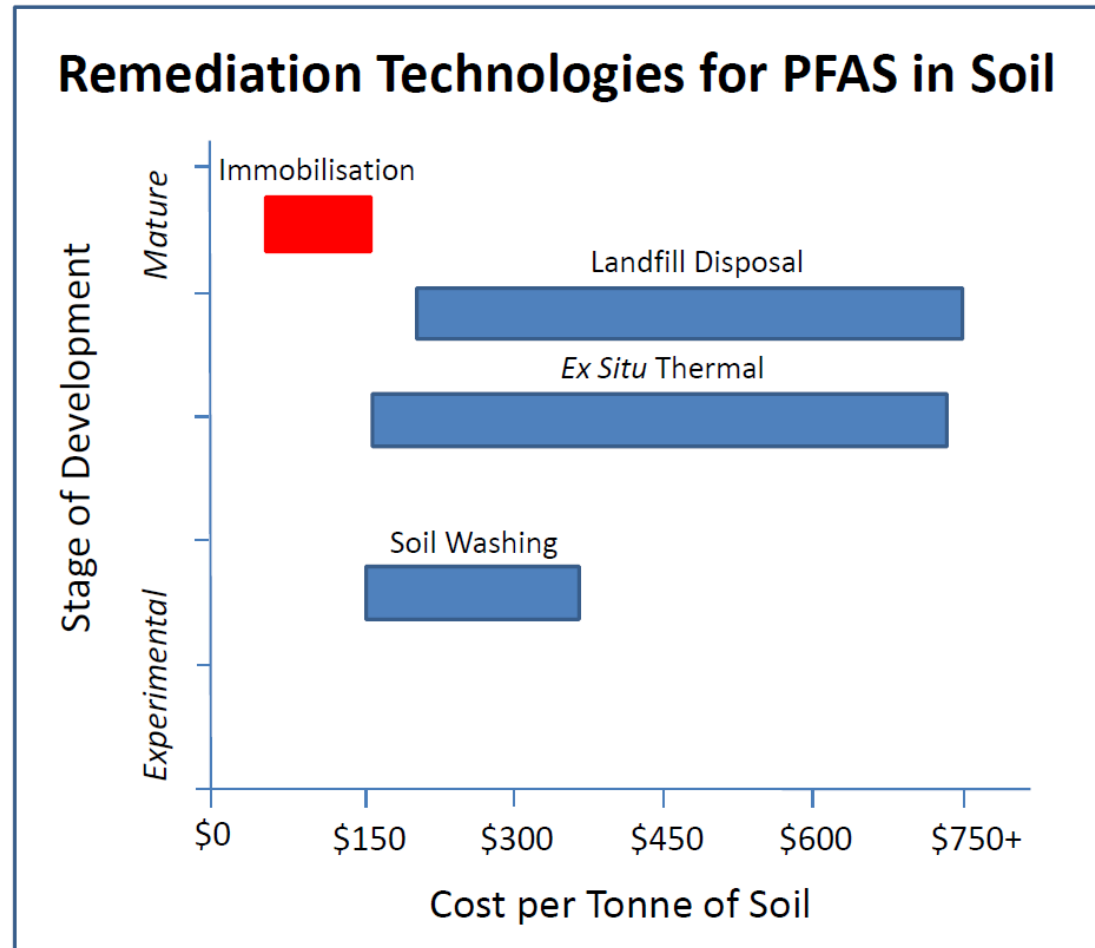
## PFAS Treatment Technologies for Soils



**EXHIBIT 2** PFAS treatment technologies for soil and sediment

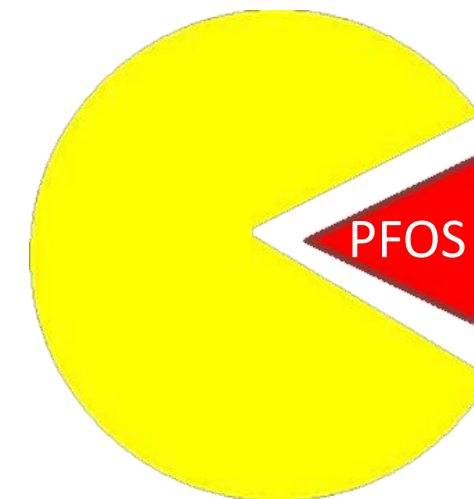
From Ross *et al.* (2018) *Remediation*, 28:101–126.

# Kostnadsforhold



# Hva er immobilisering?

- Legge til et reagens for å binde opp forurensningene - også kalt 'kjemisk fiksering', 'stabilisering'
- Reduserer utlekking og risiko for human helse og miljøet
- Proprietære/patenterte reagenser for PFAS inkluderer RemBind™
- Aktivert karbon har også blitt testet med begrenset suksess



**~kr 250 - 900  
per tonn**

# Tiltaksplan - innhold

- Arealbruk (eksponeringsfare)
- Akseptnivåer for utlekking
- Erosjonsrisiko eller risiko for utvasking av partikler
- Varighet (hvor lenge vil PFASen være immobilisert)
- Hvor selektiv er reagensen
- Reagensens innhold og egenskaper (toksisitet? endret pH?)
- Hvilke masser skal behandles (alle eller kun de med lavt forurensningsnivå?)
- Beredskap dersom tiltaket ikke fungerer

# Strategier for immobilisering

Permanent eller  
midlertidig  
løsning



*Ex-situ* behandling

foto: Menard Oceania



*In-situ* behandling

*Bli liggende*

*Gjenbruk på stedet*

*Deponi*

*- redusert fare*

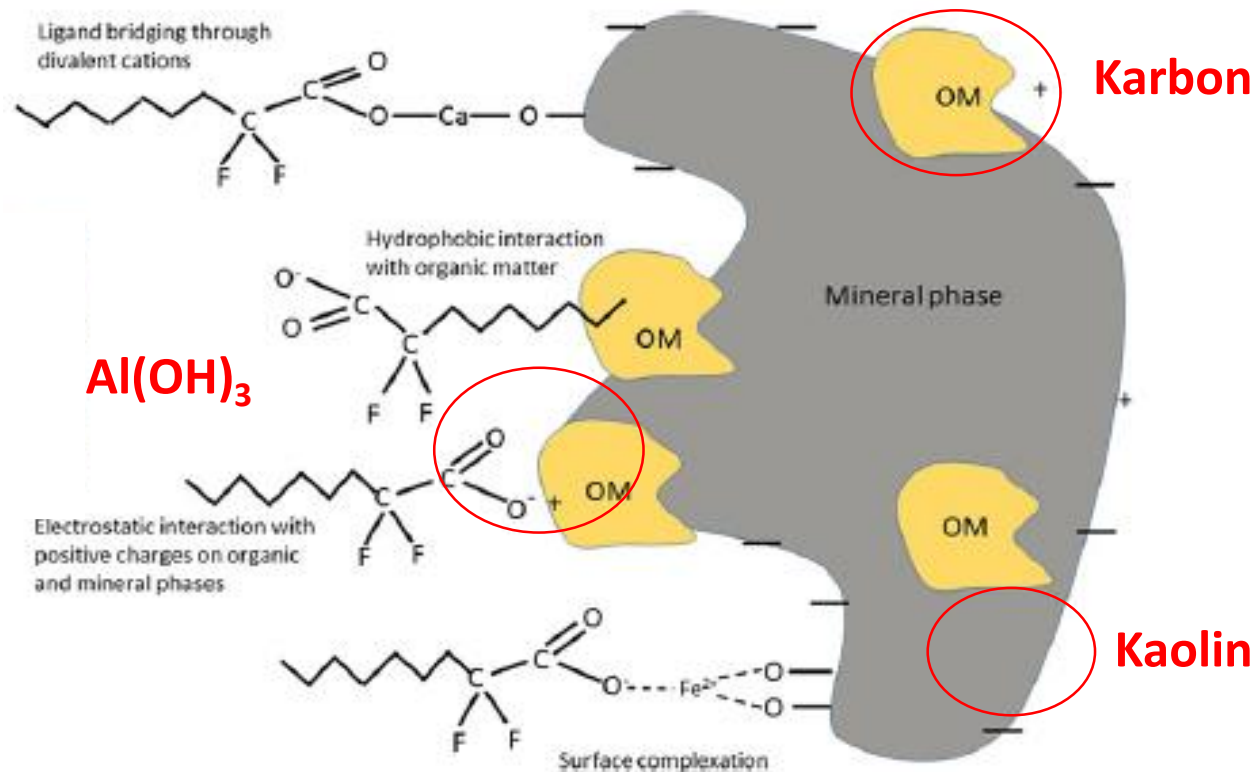


# RemBind® fra

- En patentert pulverisert reagens som binder seg til PFAS i jord for å forhindre utvasking
- Utviklet av Ziltek, Australia i samarbeid med CSIRO
- Har bestått omfattende uavhengig testing av offentlige myndigheter
- Har vært brukt kommersielt til å behandle PFAS forurenset jord i Australia, Sverige og USA



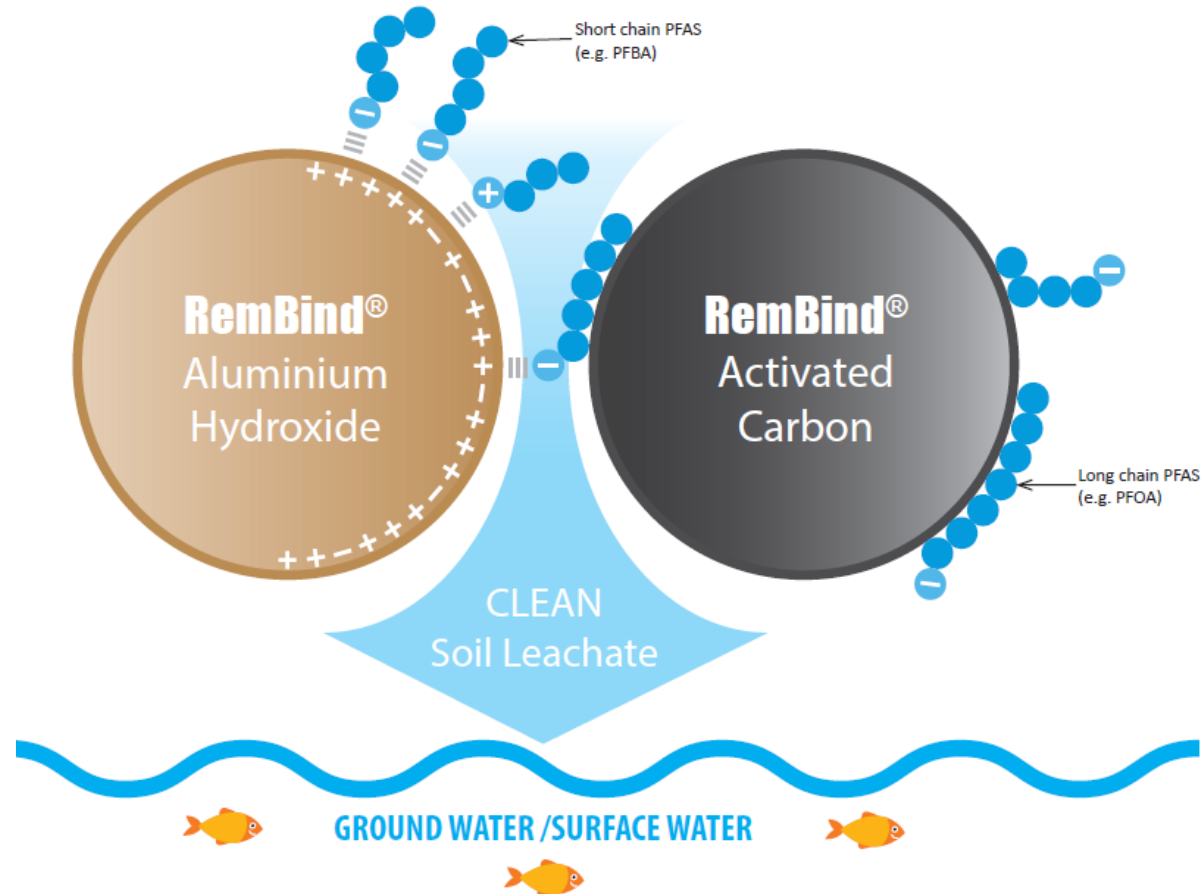
# Etterlikner naturlig PFAS-binding til jord



Alle komponentene finnes i naturlig jord. Vi bare forbedrer deres kapasitet til å binde PFAS

Li et al. (2018) *Science of the Total Environment*, 628–629 (2018) 110–120

# Hvordan fungerer det?



# Hvordan brukes det?

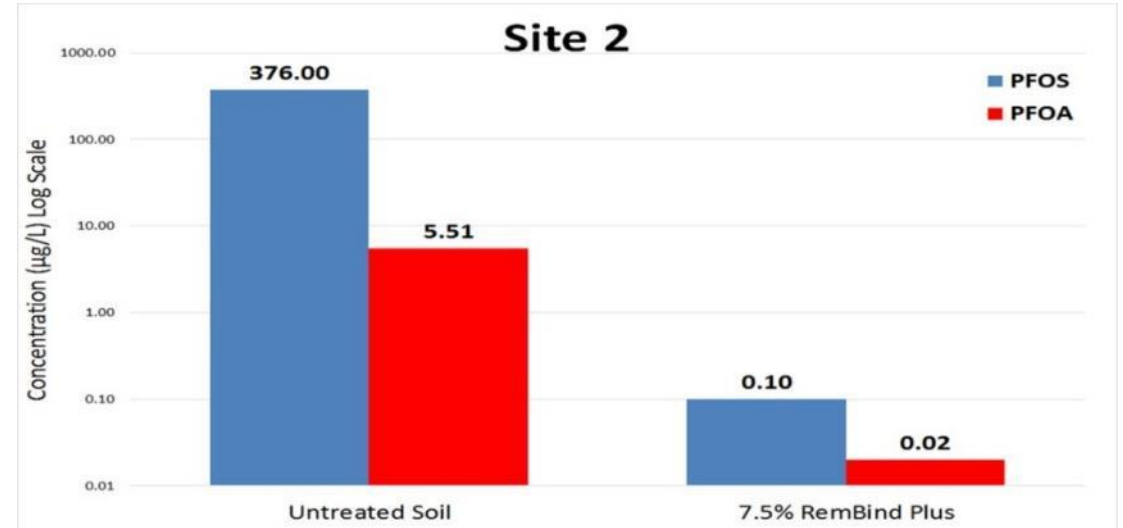
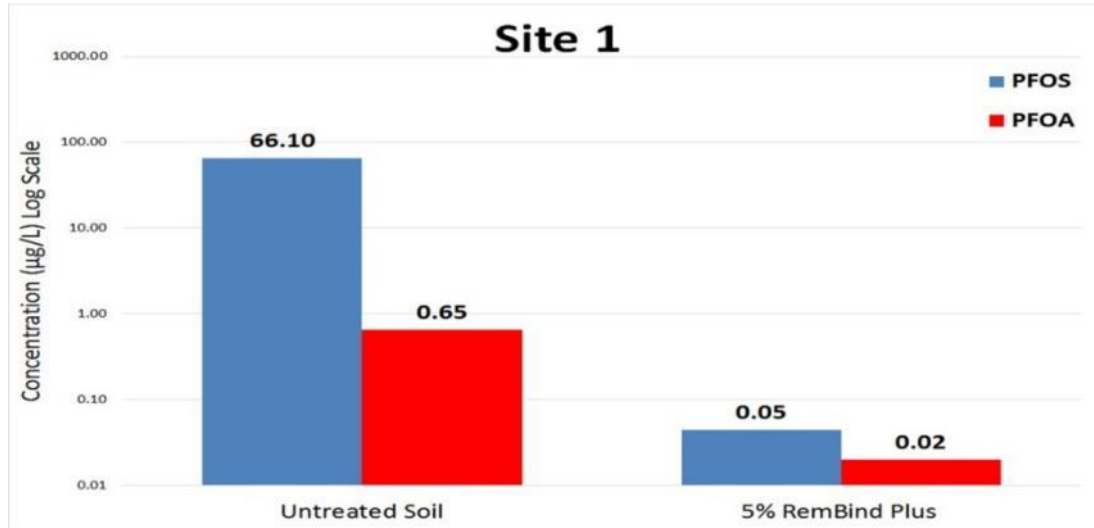
- Tilfør jorden  $\approx 2-5$  % RemBind (etter vekt)
- Juster fuktigheten til  $\approx 30$  %
- Vent 24 timer for at bindingsreaksjonen oppstår
- Nøkkelfaktor for suksess = optimal overflatekontakt





Behandling av 15,000 m<sup>3</sup> jord med RemBind, Sydney, Australia

# Case Study 2015: behandling av PFOS og PFOA i jord fra to flyplasser i Australia



# Hvor effektiv er RemBind til å binde PFAS?

## Leachability Characteristics of Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) in 14 Soils from Airport Sites across Australia

Richard Stewart<sup>1</sup> and Ross McFarland<sup>2</sup>

Table 1: A summary of the PFAS leachability characteristics of 14 soils from fire training grounds in Australia

Site	Soil Type	Product	Product Addition Rate % (w/w)	PFAS Concentrations in Soil Leachates*					Below NSW EPA Landfill Criteria? 50 µg/L**	PFOS Reduction %	Passed USEPA Method 1320?	PFOS/Total PFAS*** %
				Before Treatment			After Treatment					
				PFOS mg/kg	PFOS µg/L	PFOA µg/L	PFOS µg/L	PFOA µg/L				
1	Silty clay loam	RemBind Plus	5.0	0.74	34	0.65	0.29	<0.02	Yes	99.20	Yes	86
2	Silty clay	RemBind Plus	7.5	2.24	376	5.6	0.1	<0.02	Yes	99.97	Yes	67
3	Clay	RemBind Plus	5.0	20.9	695	11	1.5	<0.02	Yes	99.80	nt	99
4	Clayey silt (organic)	RemBind Plus	10.0	3.15	38	1.17	1.9	<0.02	Yes	95.00	Yes	99
5	Sand	RemBind Plus	5.0	1.26	1	1	<0.02	<0.02	Yes	>98.00	nt	99
6	Heavy clay	RemBind Plus	5.0	3.01	87	1.54	<0.02	<0.02	Yes	>99.98	nt	nt
7	Silty sand	RemBind Plus	5.0	7.25	190	0.05	0.05	<0.02	Yes	99.97	Yes	99
8	Clayey loam	RemBind Plus	5.0	1.45	62.5	2.7	<0.02	<0.02	Yes	>99.97	Yes	98
9	Clay/gravel (spill)	RemBind Plus	10.0	184	4,780	222	3.52	0.21	Yes	99.90	Yes	nt
10	Clay/gravel	RemBind Plus	5.0	1.24	72	0.7	0.1	<0.01	Yes	99.90	nt	66
11	Heavy clay	RemBind Plus	5.0	0.67	36	1	0.1	<0.01	Yes	99.70	nt	40
12	Clay	RemBind Plus	5.0	0.78	43	0.6	0.1	<0.01	Yes	99.80	nt	57
13	Silty clay	RemBind Plus	2.5	nt	120	0.51	0.16	<0.02	Yes	99.90	nt	67
14	Silty clay	RemBind Plus	2.5	nt	184	1.84	0.2	<0.02	Yes	99.89	nt	67

\* As prepared by TCLP or ASLP at pH 5

\*\* NSW landfill guidelines stipulate a soil leachate criteria of 50 µg/L for PFOS + PFHxS for general solid waste

\*\*\* Ratio of total PFOS/total PFAS extended suite (20 analytes) run by Australian Laboratory Services

TCLP = Toxicity Characteristic Leaching Procedure

ASLP = Australian Standard Leaching Procedure

nt = not tested

# Hvor stabil er bindingsreaksjonen?

- Fordi RemBind ikke ødelegger forurensningene, er det kritisk å bevise bindingenes langsiktige stabilitet
- *Multiple Extraction Procedure (USEPA 1320)* simulerer 1 000 år med sur nedbør i et deponi

Site 1 - RemBind Plus behandling										
Leach	EP	1	2	3	4	5	6	7	8	9
PFOS µg/L	0.04	0.02	<0.02	<0.02	0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
pH	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5



# Hvor effektiv er RemBind til å binde PFAS?

Leachability Characteristics of Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) in 14 Soils from Airport Sites across Australia

Richard Stewart<sup>1</sup> and Ross McFarland<sup>2</sup>

Site	Soil Type	Product	Product Addition Rate % (w/w)	PFAS Concentrations in Soil Leachates*					Below NSW EPA Landfill Criteria? 50 µg/L**	PFOS Reduction %	Passed USEPA Method 1320?	PFOS/Total PFAS*** %
				Before Treatment			After Treatment					
				PFOS mg/kg	PFOS µg/L	PFOA µg/L	PFOS µg/L	PFOA µg/L				
1	Silty clay loam	RemBind Plus	5.0	0.74	34	0.65	0.29	<0.02	Yes	99.20	Yes	86
2	Silty clay	RemBind Plus	7.5	2.24	376	5.6	0.1	<0.02	Yes	99.97	Yes	67
3	Clay	RemBind Plus	5.0	20.9	695	11	1.5	<0.02	Yes	99.80	nt	99
4	Clayey silt (organic)	RemBind Plus	10.0	3.15	38	1.17	1.9	<0.02	Yes	95.00	Yes	99
5	Sand	RemBind Plus	5.0	1.26	1	1	<0.02	<0.02	Yes	>98.00	nt	99
6	Heavy clay	RemBind Plus	5.0	3.01	87	1.54	<0.02	<0.02	Yes	>99.98	nt	nt
7	Silty sand	RemBind Plus	5.0	7.25	190	0.05	0.05	<0.02	Yes	99.97	Yes	99
8	Clayey loam	RemBind Plus	5.0	1.45	62.5	2.7	<0.02	<0.02	Yes	>99.97	Yes	98
9	Clay/gravel (spill)	RemBind Plus	10.0	184	4,780	222	3.52	0.21	Yes	99.90	Yes	nt
10	Clay/gravel	RemBind Plus	5.0	1.24	72	0.7	0.1	<0.01	Yes	99.90	nt	66
11	Heavy clay	RemBind Plus	5.0	0.67	36	1	0.1	<0.01	Yes	99.70	nt	40
12	Clay	RemBind Plus	5.0	0.78	43	0.6	0.1	<0.01	Yes	99.80	nt	57
13	Silty clay	RemBind Plus	2.5	nt	120	0.51	0.16	<0.02	Yes	99.90	nt	67
14	Silty clay	RemBind Plus	2.5	nt	184	1.84	0.2	<0.02	Yes	99.89	nt	67

\* As prepared by TCLP or ASLP at pH 5

\*\* NSW landfill guidelines stipulate a soil leachate criteria of 50 µg/L for PFOS + PFHxS for general solid waste

\*\*\* Ratio of total PFOS/total PFAS extended suite (20 analytes) run by Australian Laboratory Services

TCLP = Toxicity Characteristic Leaching Procedure

ASLP = Australian Standard Leaching Procedure

nt = not tested

# Sammenlikning med aktivt karbon

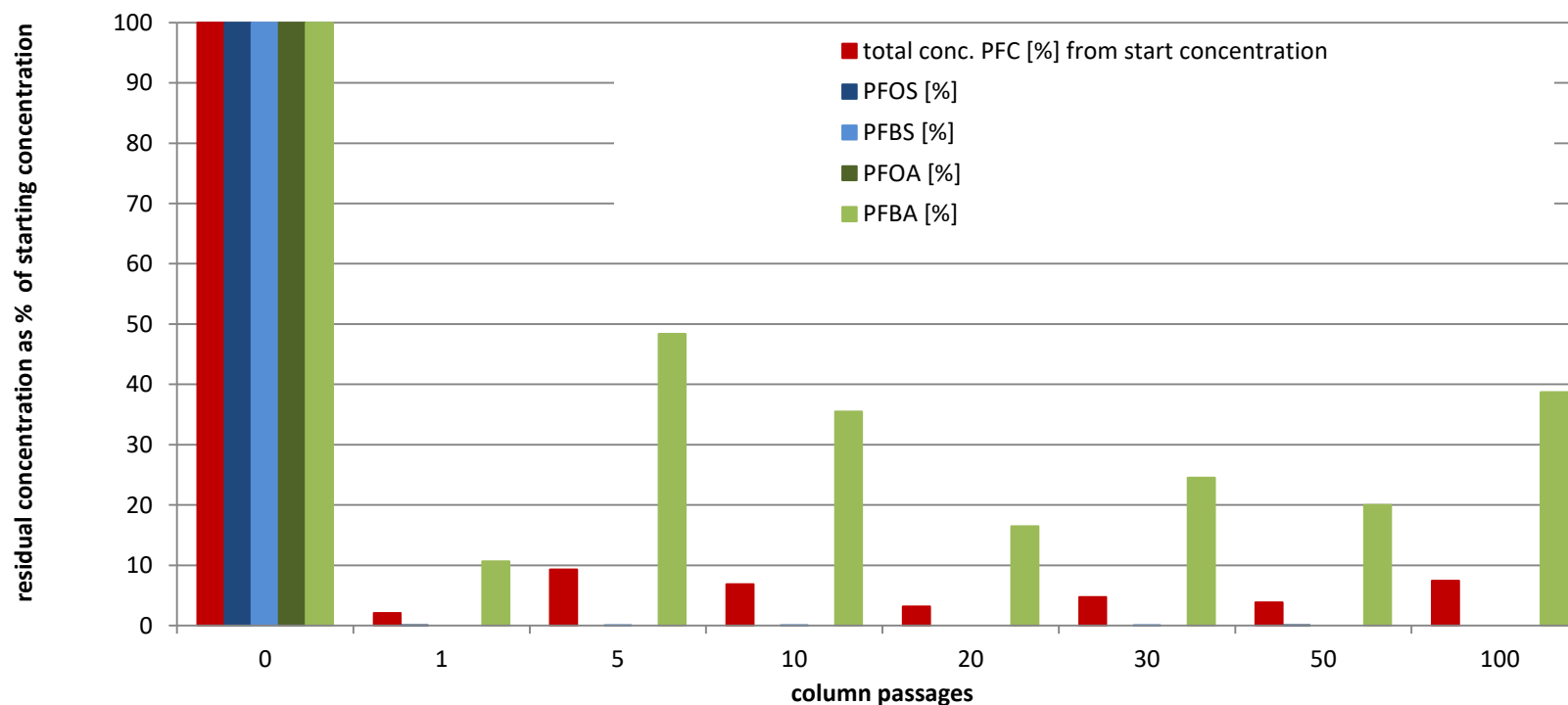
	RemBind	Aktivt Karbon
Binder korte PFAS-kjeder?	Høy effektivitet	Lav effektivitet <sup>1, 2</sup>
Lett å tilføre i felt	Ja	Nei
PFOS adsorpsjonskapasitet	2,000 µg/g	1,500 µg/g

<sup>1</sup>*Treatment of poly- and perfluoroalkyl substances in US full-scale water treatment systems.*  
Appleman et al. (2014) Water Research 51 pp. 246-255

<sup>2</sup>*Sorption of Poly- and Perfluoroalkyl Substances (PFASs) Relevant to Aqueous Film-Forming Foam (AFFF)-Impacted Groundwater by Biochars and Activated Carbon*  
Xinxiao et al. (2017) Environmental Science and Technology 51 pp. 6342-6351

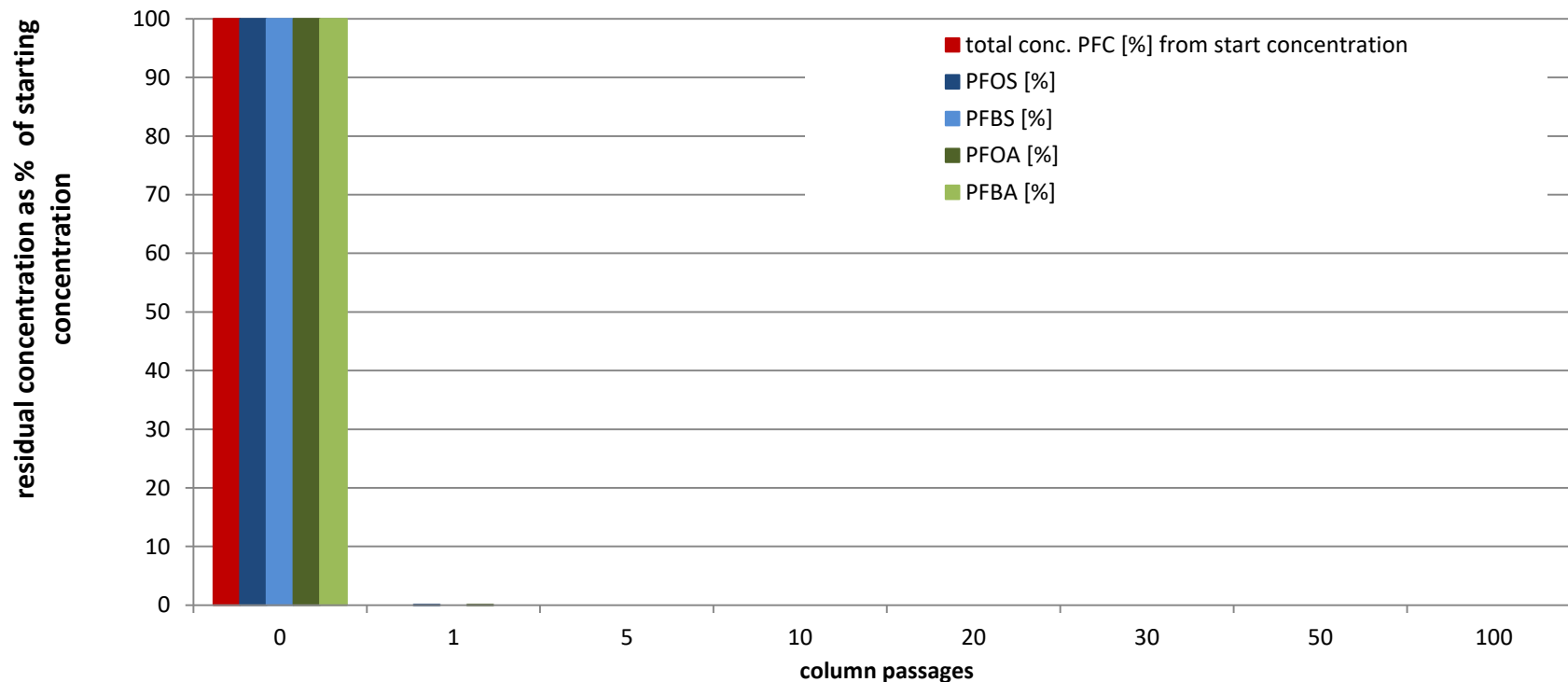
# Bruk av aktivt karbon for å fjerne kort- og langkjedet PFAS fra vann

Gjenværende PFAS-konsentrasjon etter 100 passeringer gjennom kolonne med aktivt karbon column

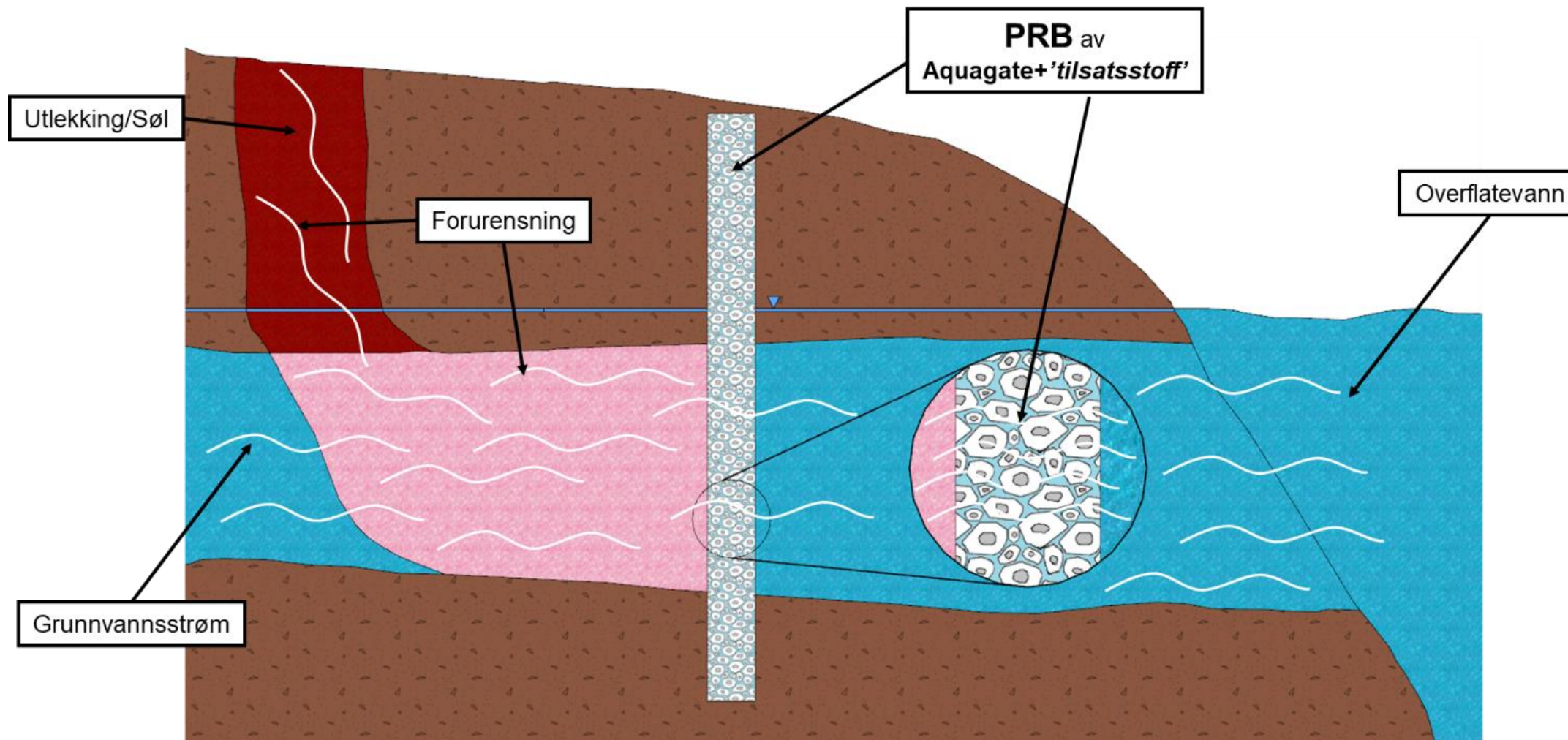


# Bruk av RemBind for å fjerne kort- og langkjedet PFAS fra vann

Gjenværende PFAS-konsentrasjon etter 100 passeringer gjennom kolonne med Rembind Plus



# Permeable Reactive Barrier



AquaGATE+  
RemBind

## PFAS-CONTAMINATED GROUNDWATER In-Situ Remediation: AquaGate+RemBind

Clean Water

Contaminated Water

Goal:  
Protect receiving  
surface water  
from PFAS-impacted  
groundwater plume.

Airport Terminal

Fire Training Zone  
(AFFF)

Permeable Reactive  
Barrier (PRB)

Receiving water body

Clean Water  
Flow

AquaGate+RemBind

Discharge

Groundwater  
(Water Table)

Contaminated  
Plume

### Benefits of AquaGate+ Approach:

- > Uniform distribution of sorptive material
- > Maintain and limit reduction in permeability
- > Higher rate of sorption than granular material

Mil

# Installasjon av en PRB

