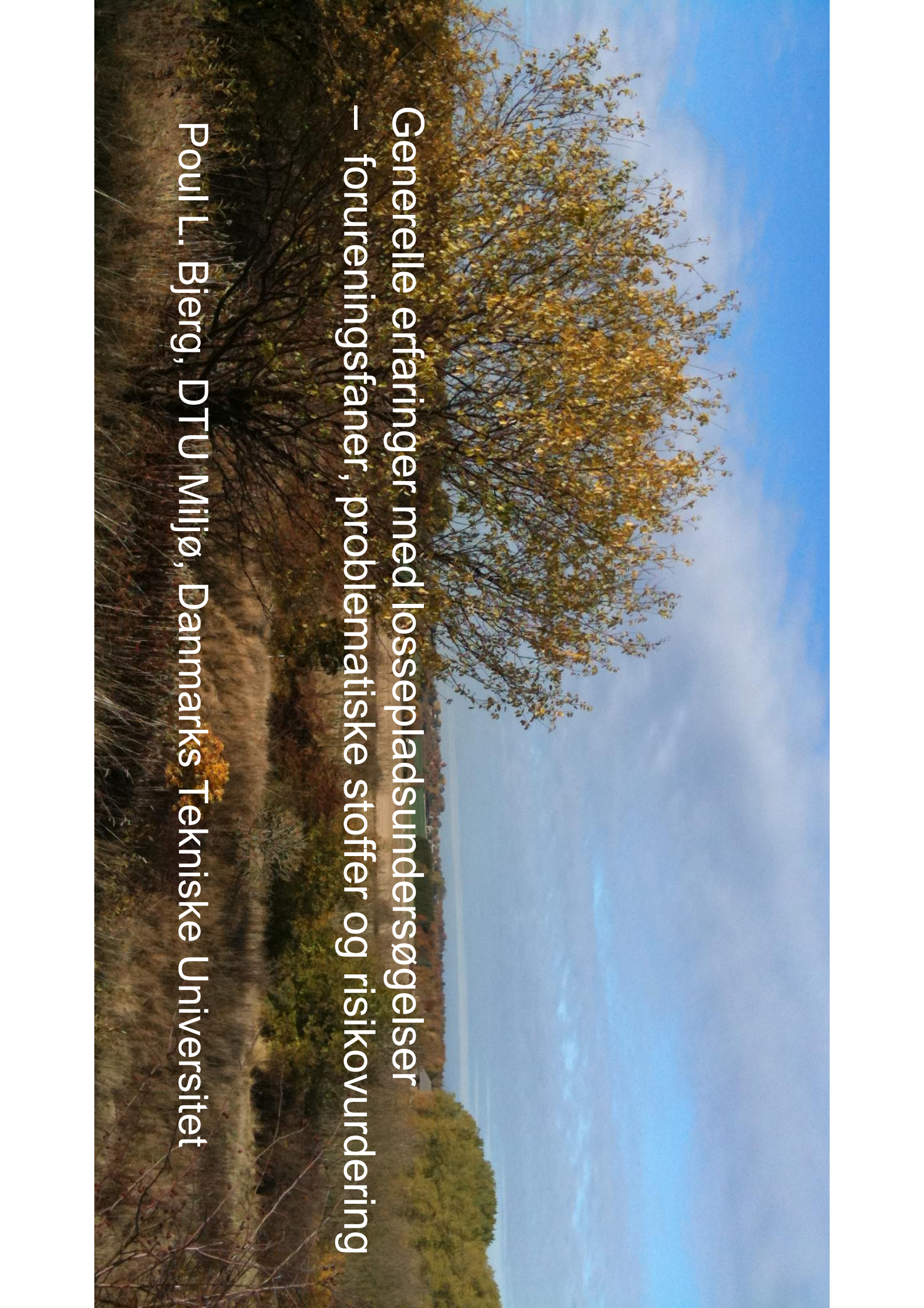


- 
- Generelle erfaringer med lossepladsundersøgelser
 - forureningsfaner, problematiske stoffer og risikovurdering

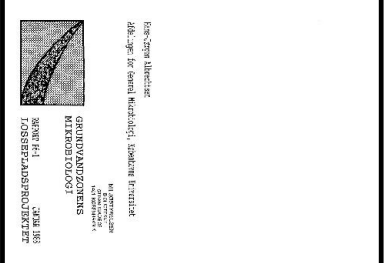
Poul L. Bjerg, DTU Miljø, Danmarks Tekniske Universitet



- Gamle lossepladser forekommer hyppigt over hele verden
 - Mere end 3000 i DK
 - Ingen membran, ingen perkolatopsamling
 - Vådområdet, grusgrave, mergelgrave, tørvegrave, dårlig jord
- Blandet affald
 - Husholdningsaffald
 - Bygningsaffald
 - Kemikalier og kemisk affald
- Komplekse kilder
 - Typisk store arealer
 - Ukendt fordeling og mængder
 - Komplex udsvivning
- Langtidsholdbare

Kjeldsen P., Bartaz M. A., Rooker A. P., Baun A., Ledin A. and Christensen T. H. (2002) Present and long term composition of MSW landfill leachate - A review. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* **32**, 297-336.





Lossepladser har en plads i historien

- 1969: Vandforureningsrådet nedlægges, NOAH stiftes,
- 1971: Forureningsministeriet ser dagens lys
- 1974: Miljøbeskyttelsesloven
- 1980: EU grænseværdi for pesticider på 0,1 µg/L
- 1983 Nitrat i drikkevand og grundvand i Danmark, Miljøstyrelsen
- 1986-1991 NPO forskningsprogram
- **1986-1989 Lossepladsprojektet**
- 1989-1999 Opfølgende aktiviteter ved Vejen og Grindsted Losseplads
- 1992- 2017 Oliebranchens Miljøpulje, OM, olie og benzin, 3.438 grunde er oprenset, 2 mia kr
- 1993-1995 Gasværker og tjæregrunde
- 1995 MtBE erkendes internationalt, dansk handlingsplan udarbejdes i de følgende år
- 1993- Chlorerede opløsningsmidler

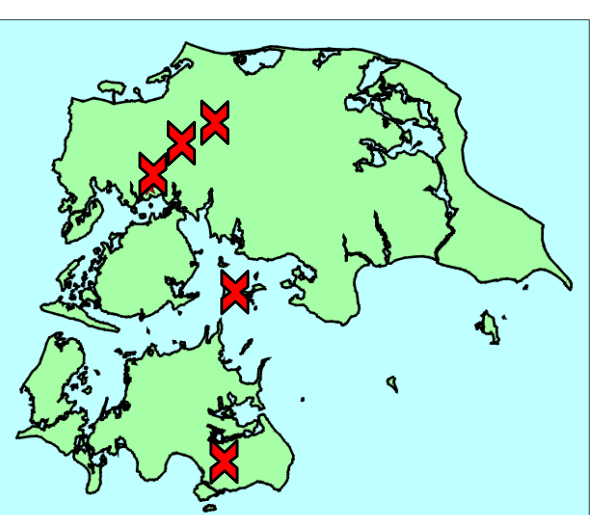






1986-2020 Mange "lossepladsprojekter"

- Vejen Losseplads
- Grindsted Losseplads
- Sjølund Losseplads
- Risby Losseplads
- Pillemark Losseplads
- Hvad lærte vi?



Hvad lærte vi?

- Historien er vigtig
- Gå tæt på kilden
- Hvor er flowlinjen?
- Flere små faner i en større lossepladsfane
- Forureningsfaner kan være meget smalle
- Redoxkoncepter
- Mikrobiel nedbrydning kan fjerne mange stoffer
- Konceptuelle modeller
- Forureningsfaner fra losseplads er komplekse med hensyn til stoffer

Ejlskov, P.; Bjerg, P.L.; Kjeldsen, P. (1998). Grundvandsundersøgelser ved fyld- og losseplads. Håndbog. Amternes Videncenter for Jordforurening, København, Teknik & Administration Nr. 3, 1-123.

Grundvandsundersøgelser ved fyld- og losseplads

Håndbog

Teknik & Administration
Nr. 3 1998

Christensen, T.H.; Kjeldsen, P.; Bjerg, P.L.; Jensen, D.L.; Christensen, J.B.; Baun, A.; Albrechtsen, H.-J.; Heron, G. (2001). Biogeochemistry of landfill leachate plumes. *Applied Geochemistry*, 16, 659-718.

Bjerg, P.L.; Tuxen, N.; Reitzel, L.A.; Albrechtsen, H.-J.; Kjeldsen, P. (2011). Natural attenuation processes in landfill leachate plumes at three Danish sites. *Ground Water*, 49(5), 688-705.

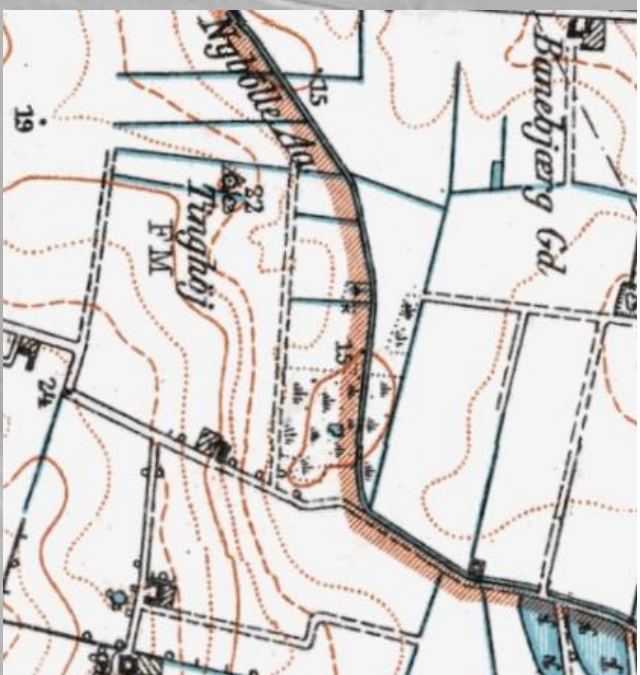
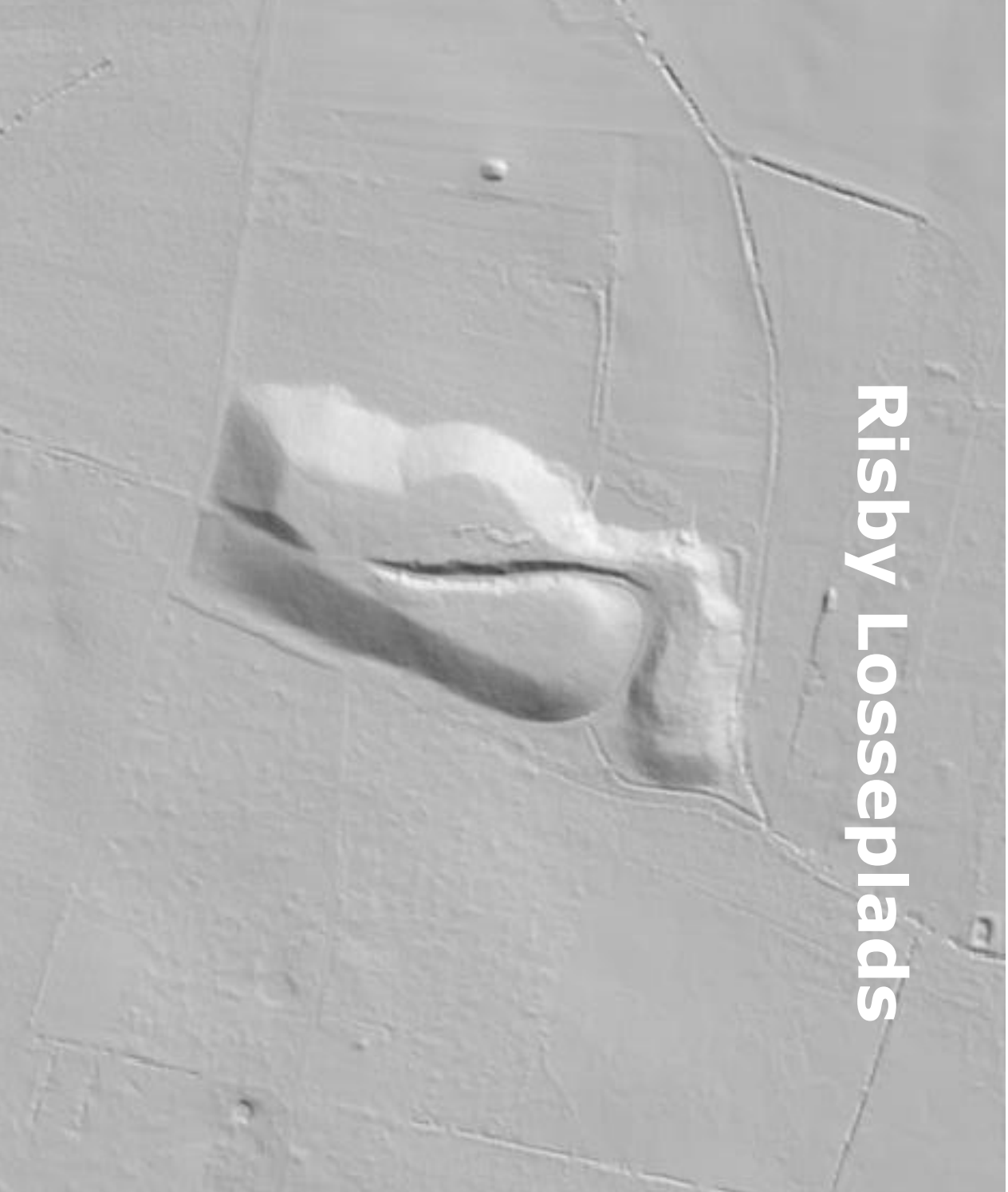
Historien er vigtig



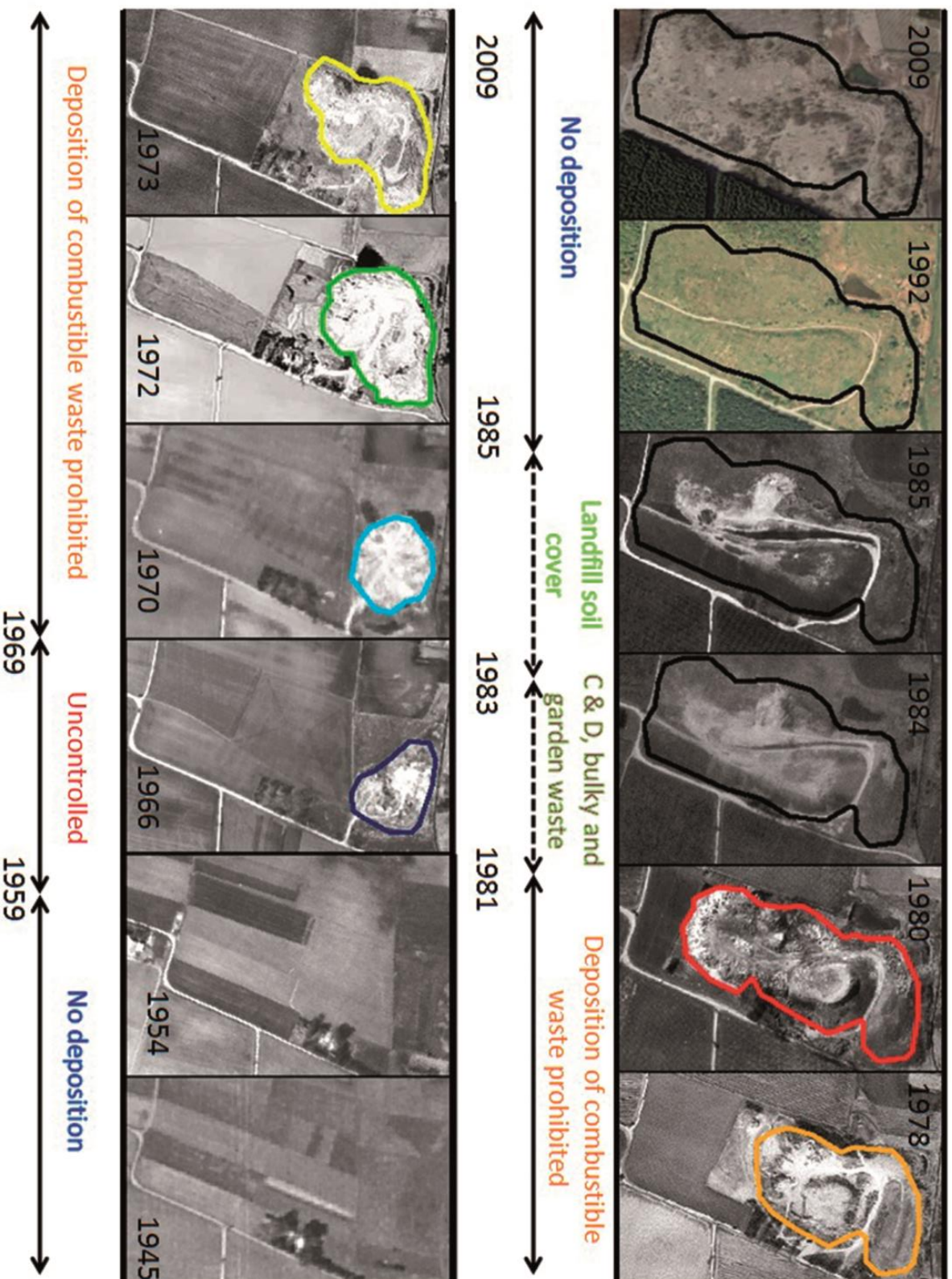
Thomsen, Nanna Isbak; Milosevic, Nemanja; Bjerg, Poul L. (2012). Application of a mass balance method at an old landfill to assess the impact on surrounding water resources. *Waste Management*, 32, 2406-2417.



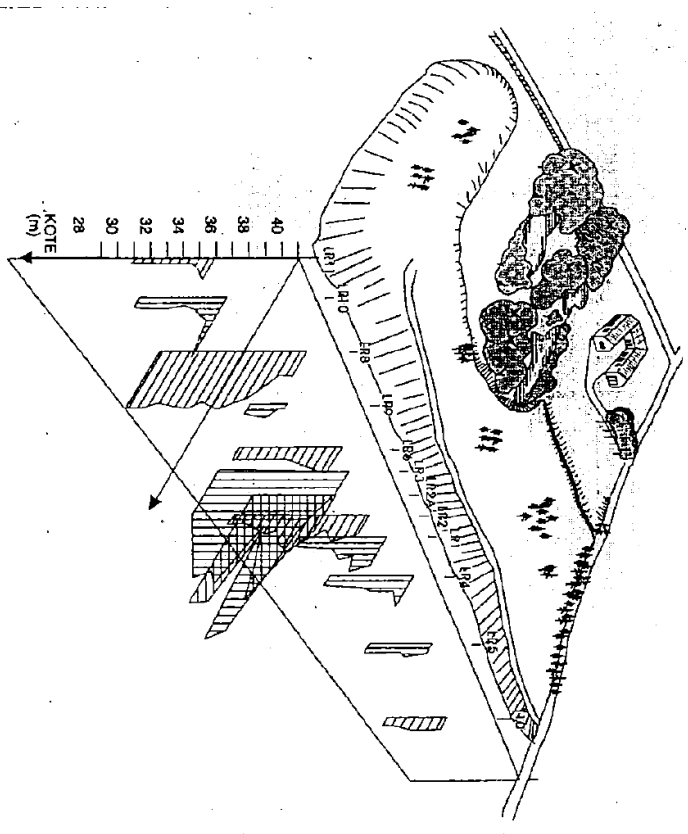
Risby Losseplads



Risby Lösselplads

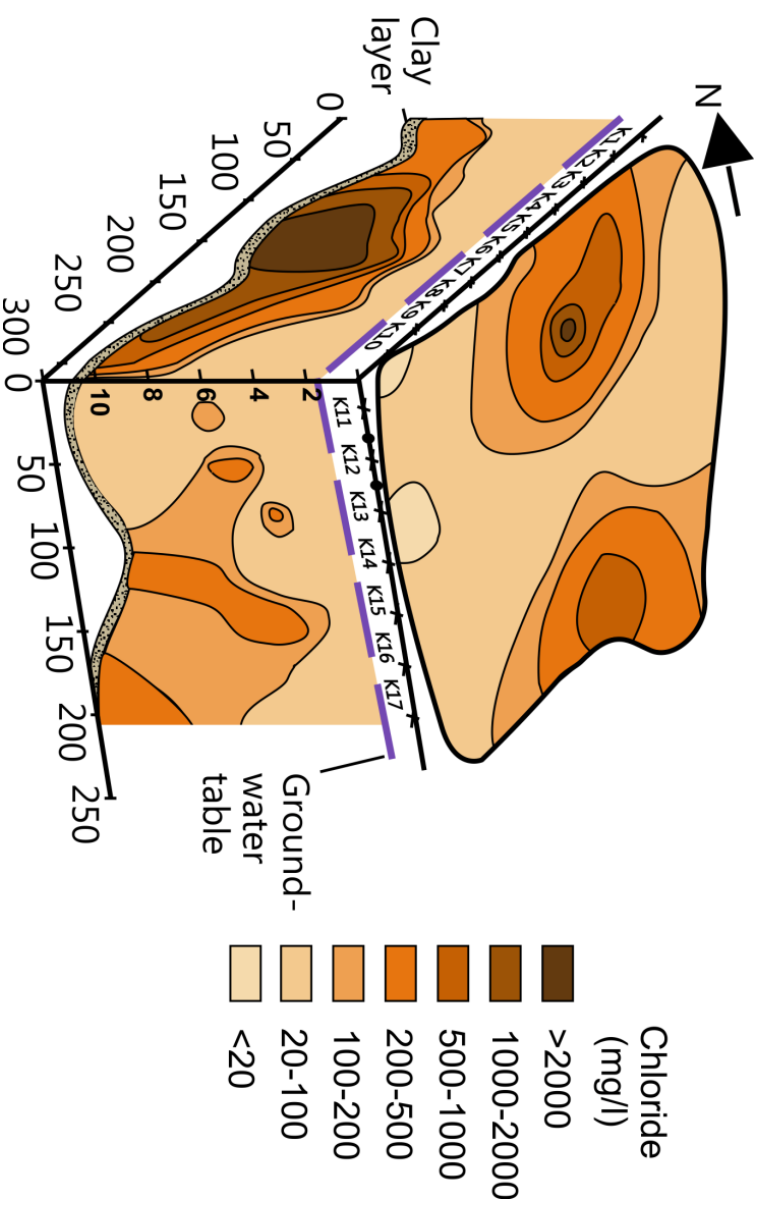


Gå tæt på kilden



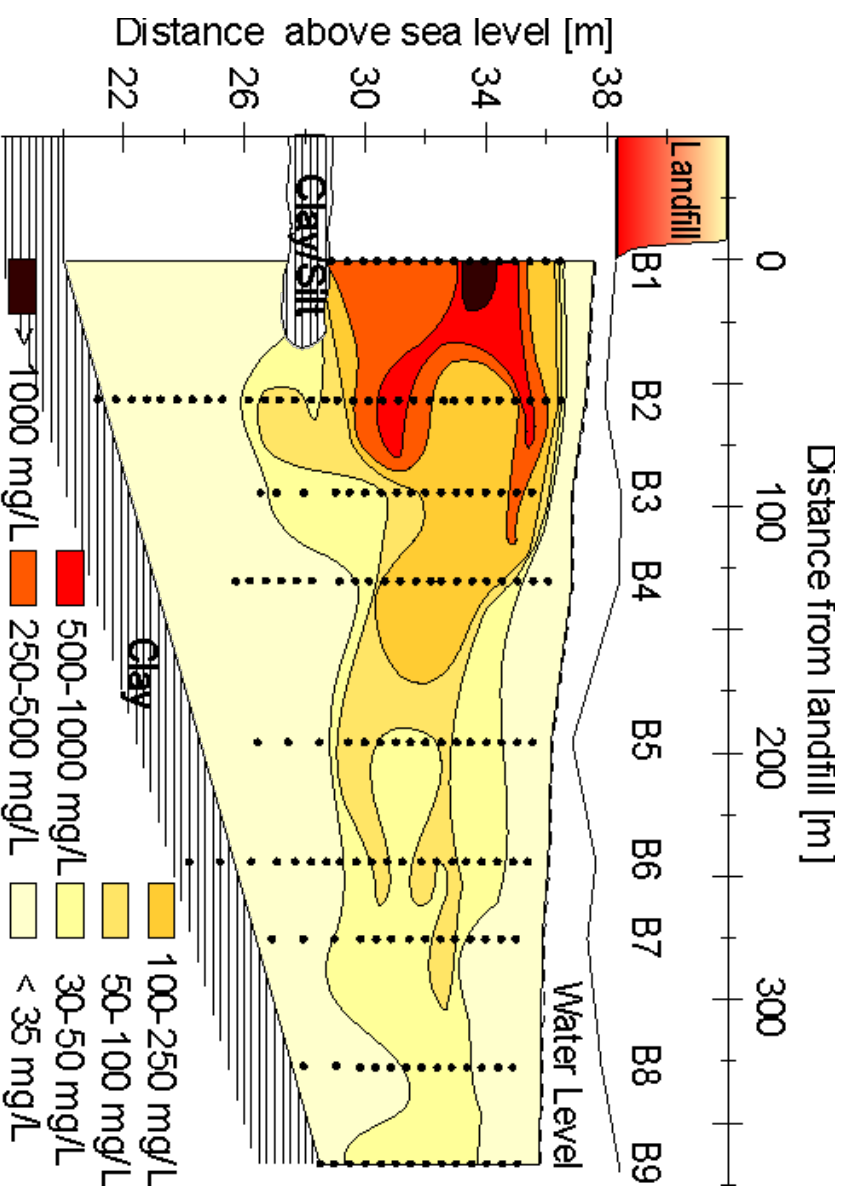
Figur 5.7 Tredimensionel tegning af grundvandets elektriske lednings-
evnes fordeling langs den nedstrøms kant ved Vejen Løseplads
(Kjeldsen, 1991b).

Kjeldsen P. (1993) Groundwater pollution source characterization of an old landfill.
J. Hydrol. **142**, 349-371.

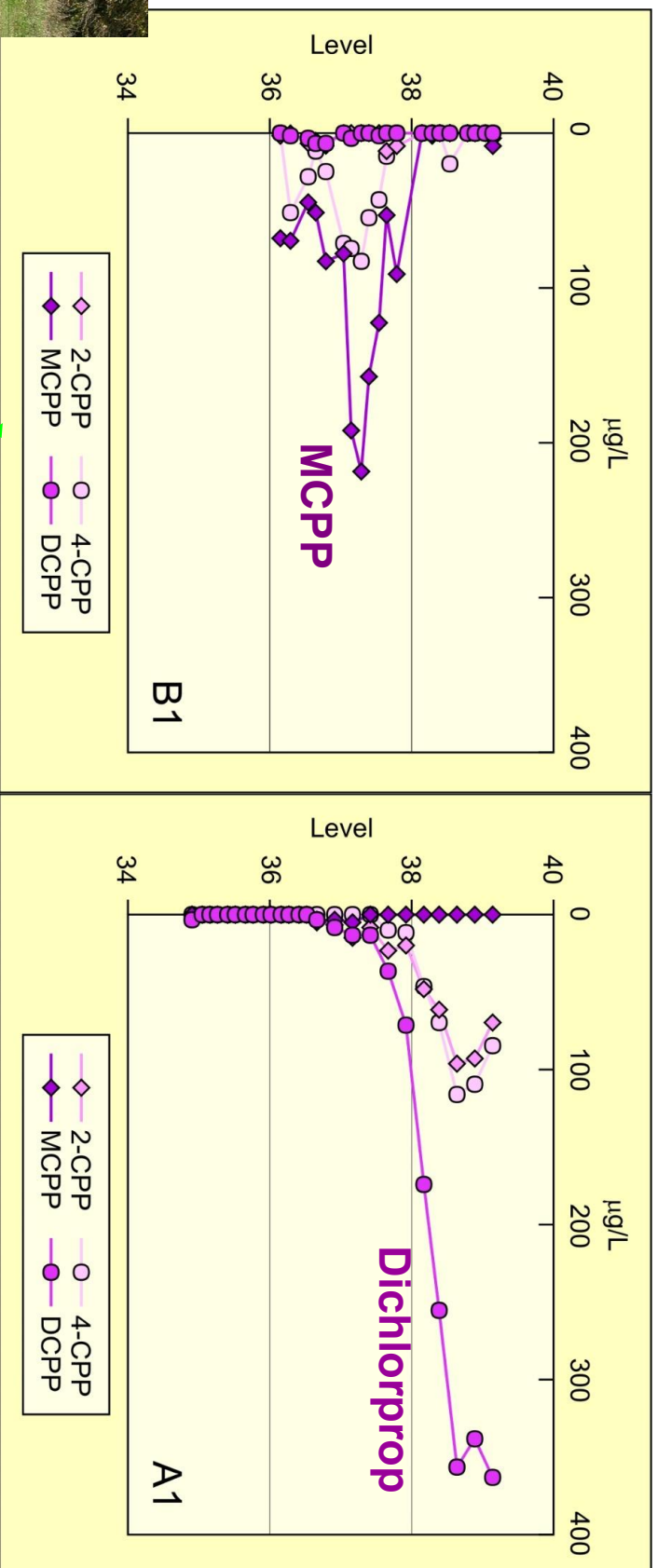


Kjeldsen, P.; Bjerg, P.L.; Pedersen, J.K.; Rügge, K.; Christensen, T.H.
(1998). Characterization of an old municipal landfill (Grindsted, Denmark) as
a groundwater pollution source: Landfill hydrology and leachate migration.
Waste Management and Research. 16, (1), 14-22.

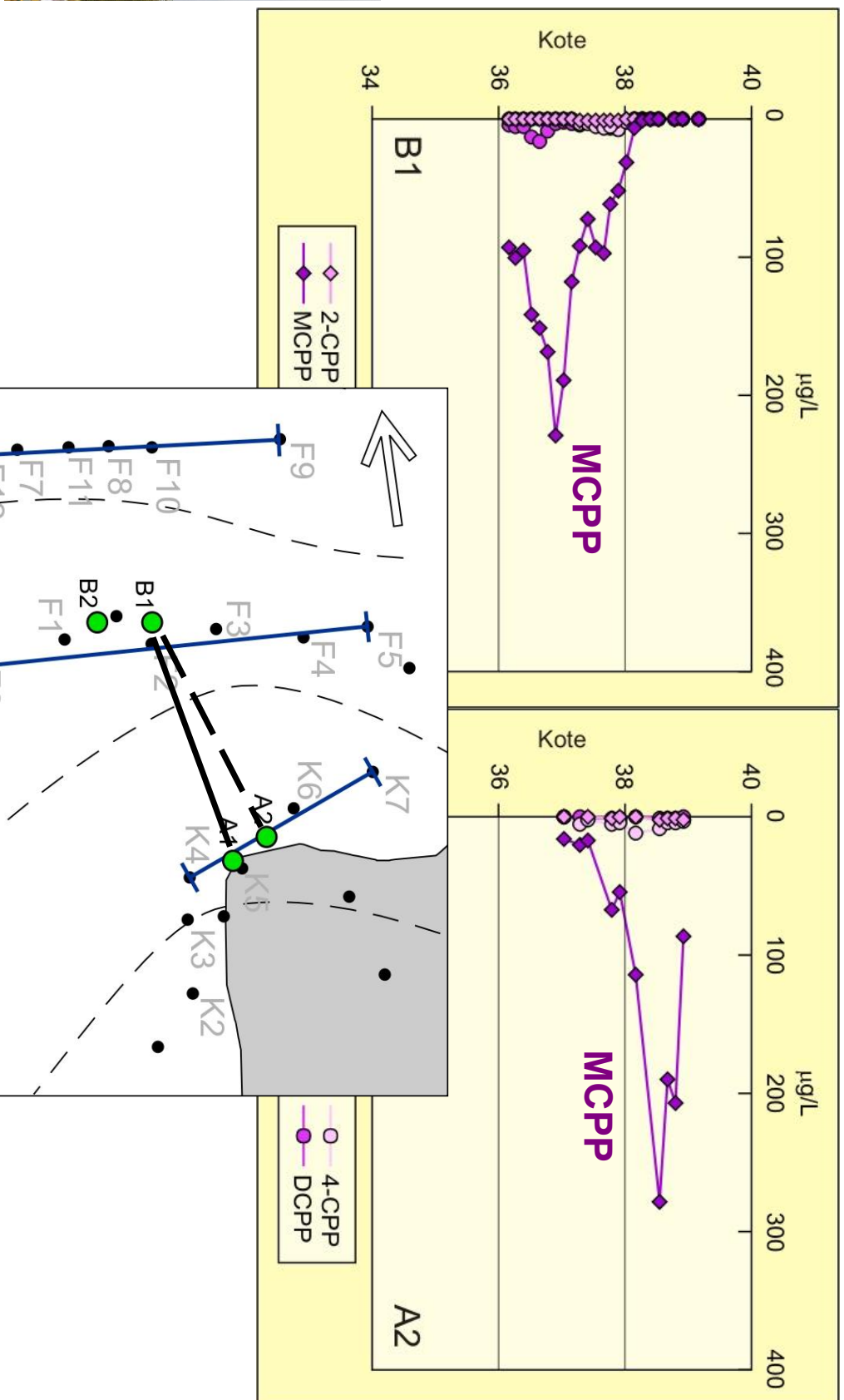
Hvor er fanen?



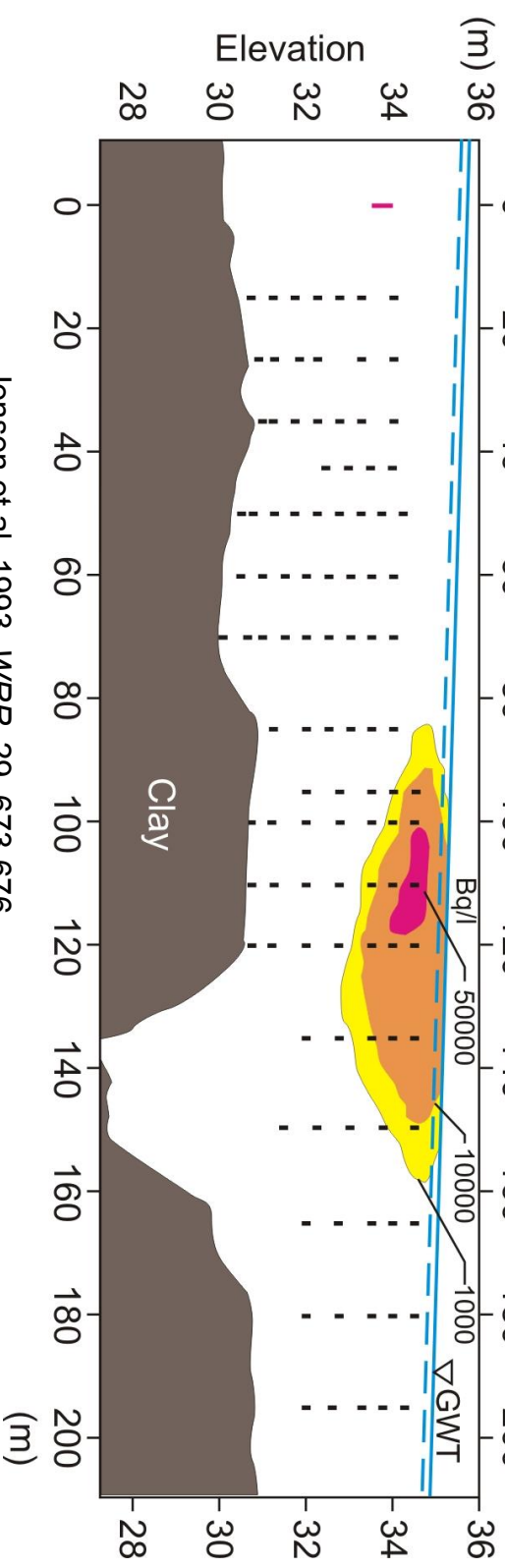
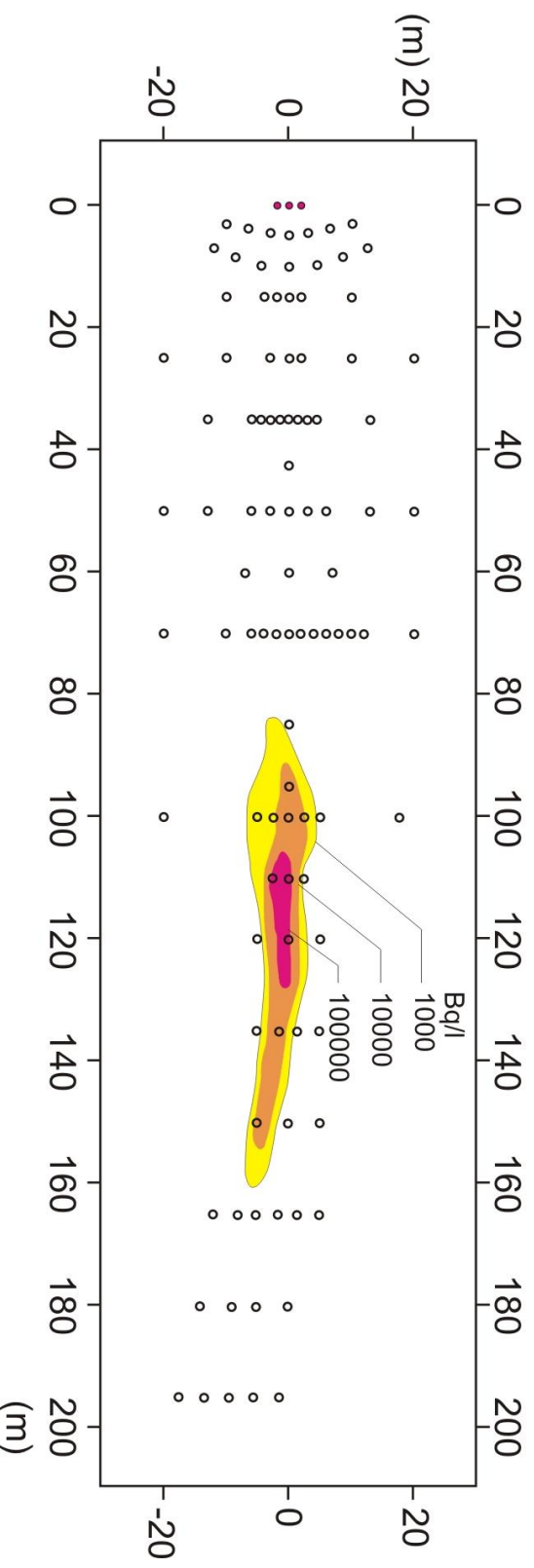
Kan vi finde en strømlinje?



Flere små faner i en større lossepladsfane

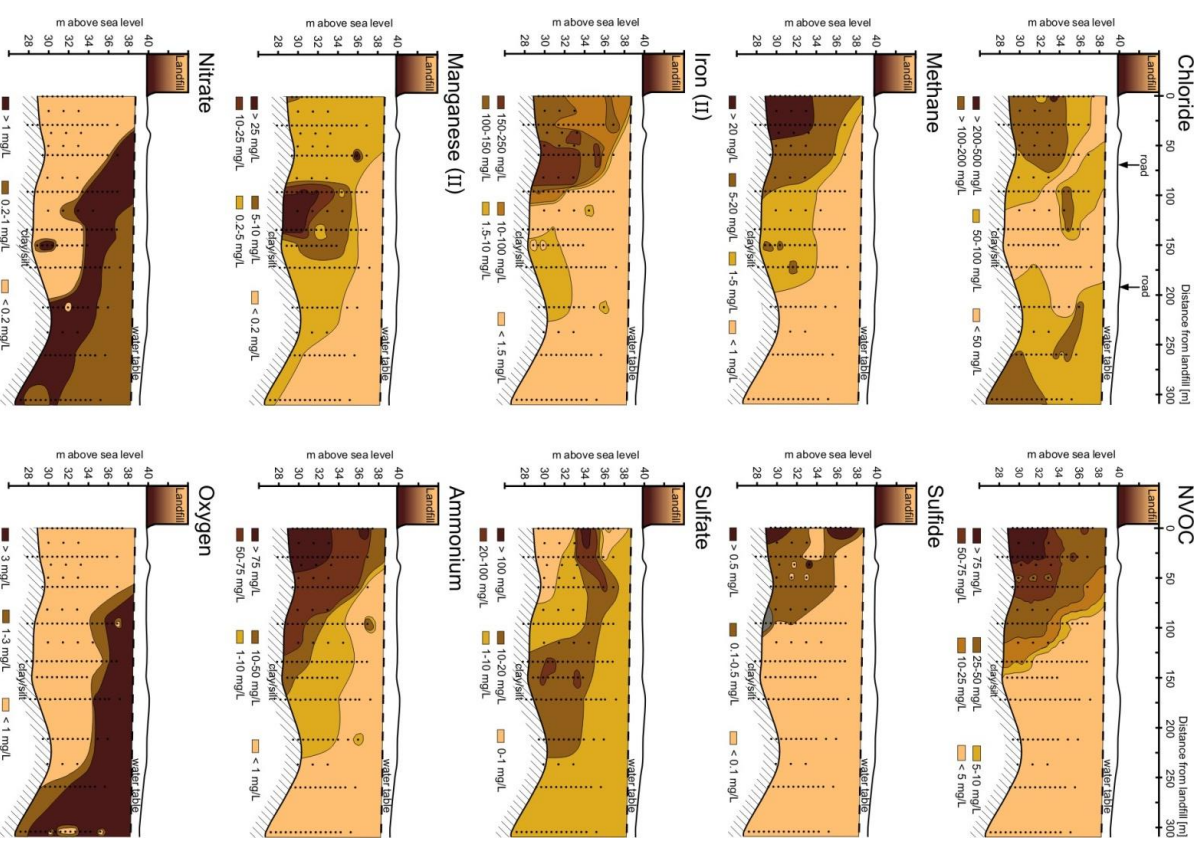
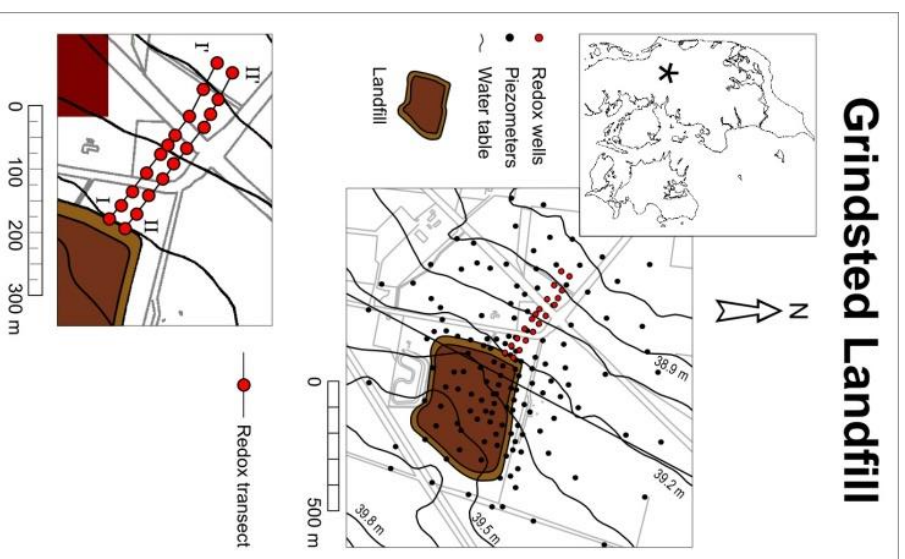


Forureningsfaner er smalle

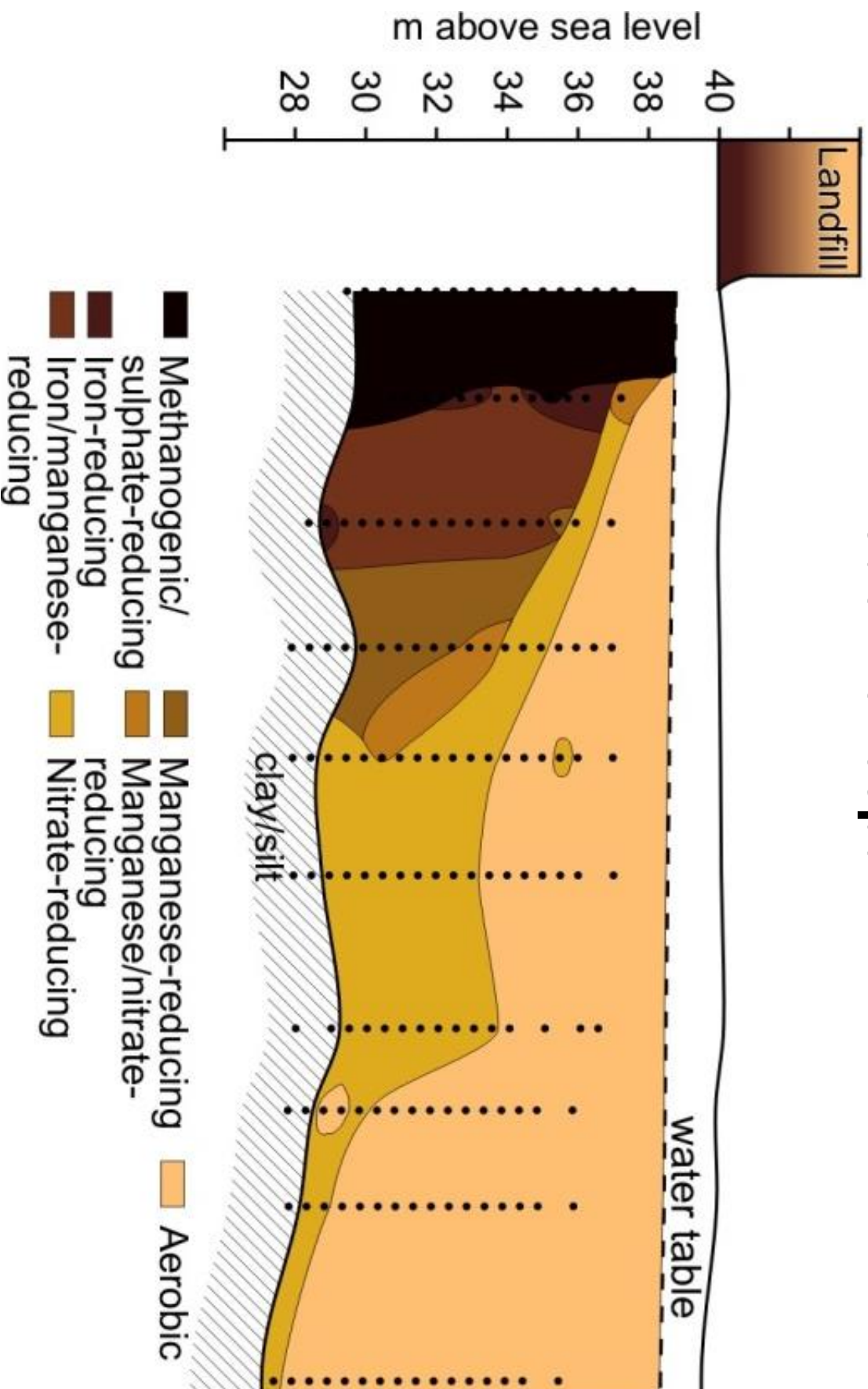


Jensen et al. 1993, WRR, 29, 673-676

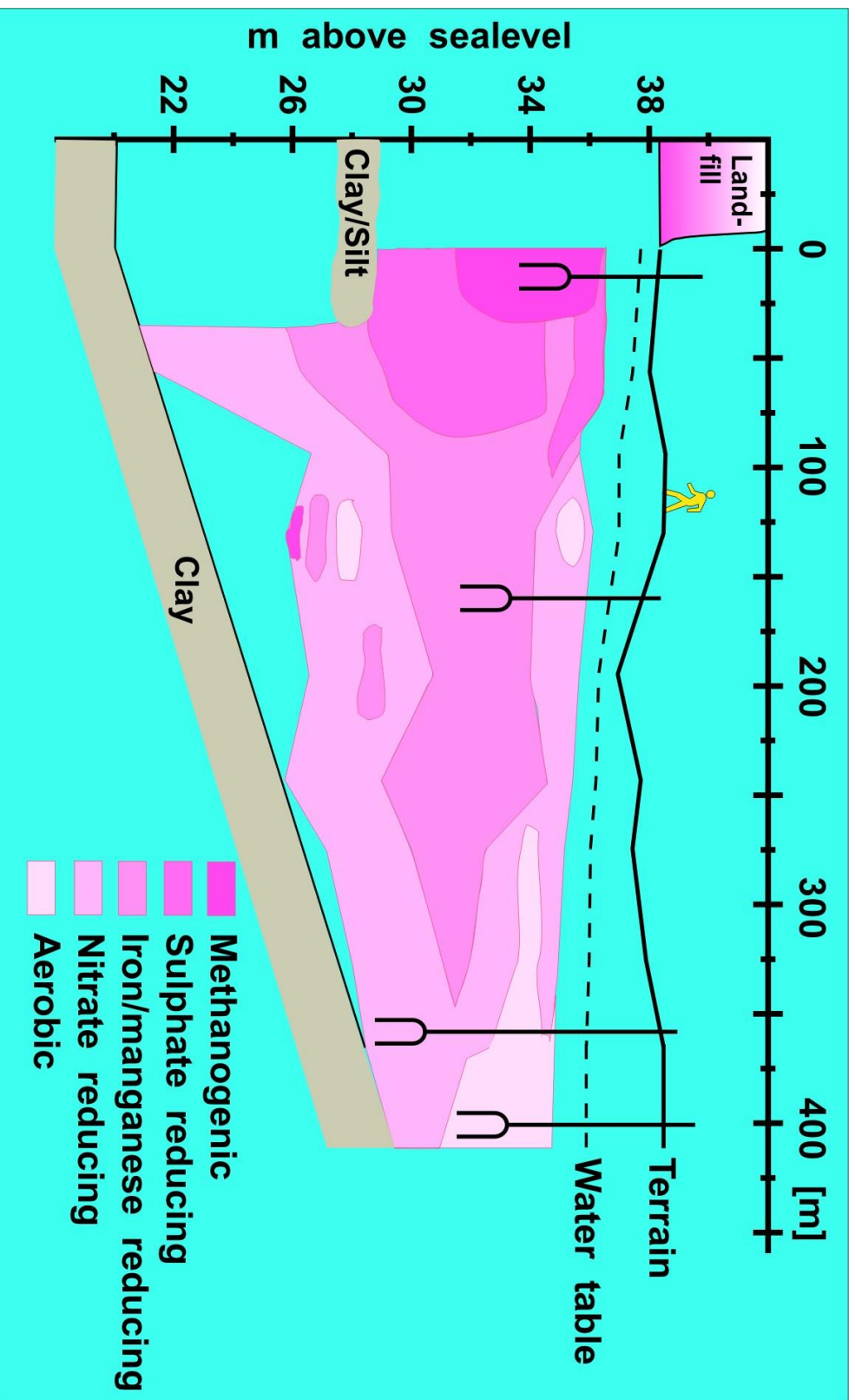
Redoxkoncept



Redoxkonzept



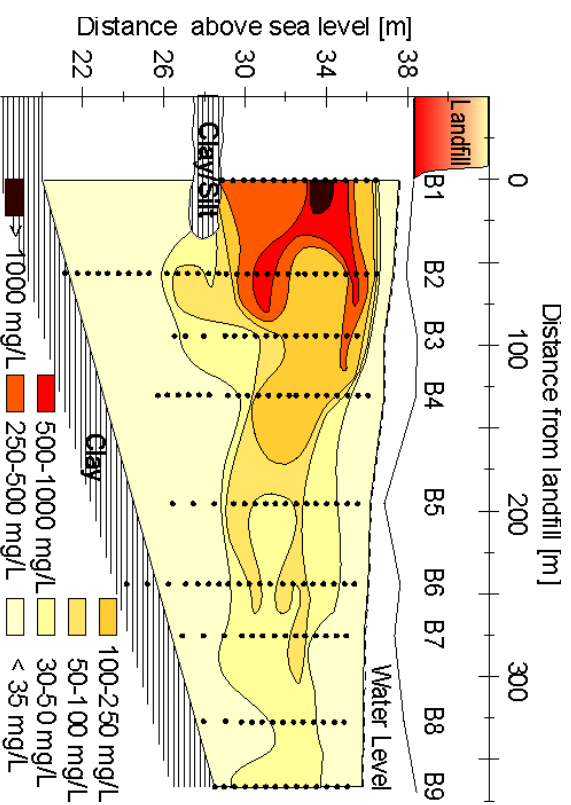
Redoxzoner ved Vejen Losseplads



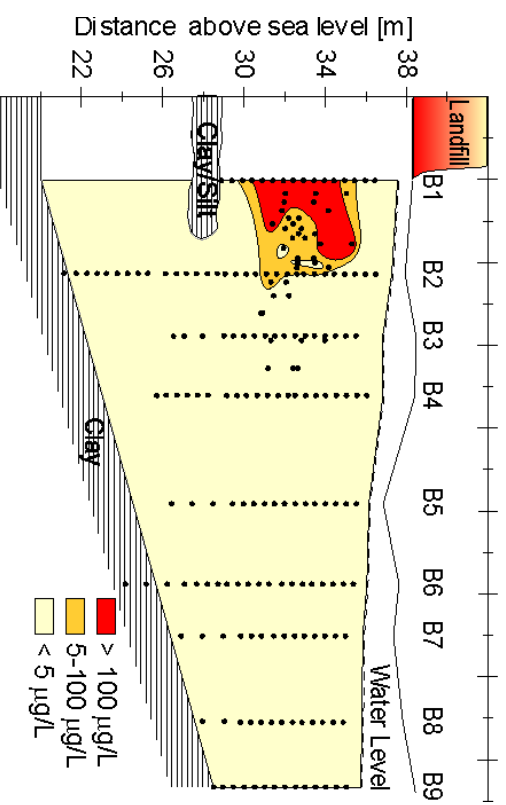
Mikrobiel nedbrydning kan fjerne mange stoffer

- Vejen Losseplads
 - Transekt langs en strømlinje
 - Klorid som tracer
- Nedbrydning i den anaerobe del af fanen
- Naturlig nedbrydning

Klorid

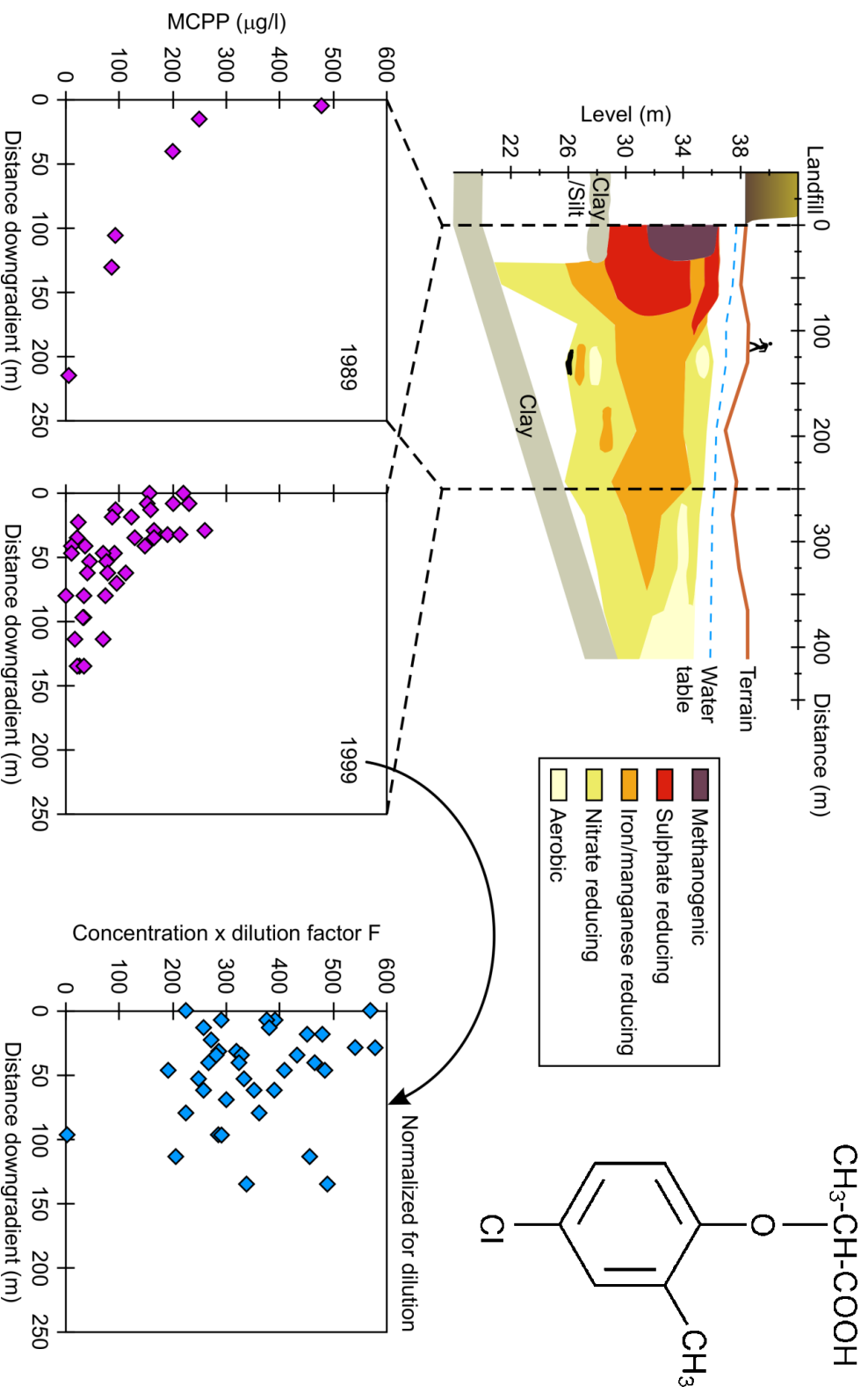


O-xylen



Data fra Lyngkilde og Christensen (1992), JCH, 10:291-307

Phenoxysyrer falder uden for mønstret

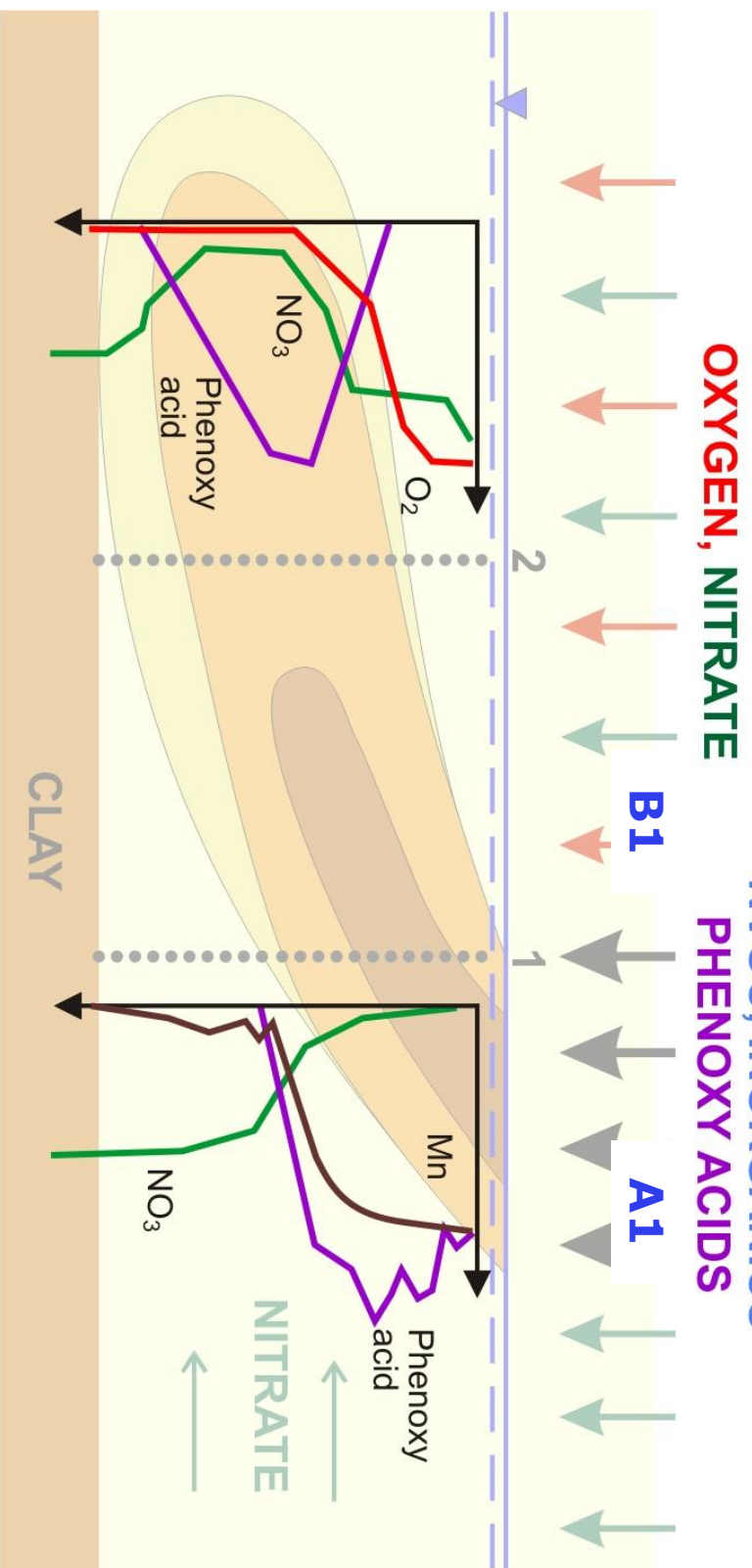


Bjerg et al. (2011) *Ground Water*, 49(5), 688-705.

Konceptuel model

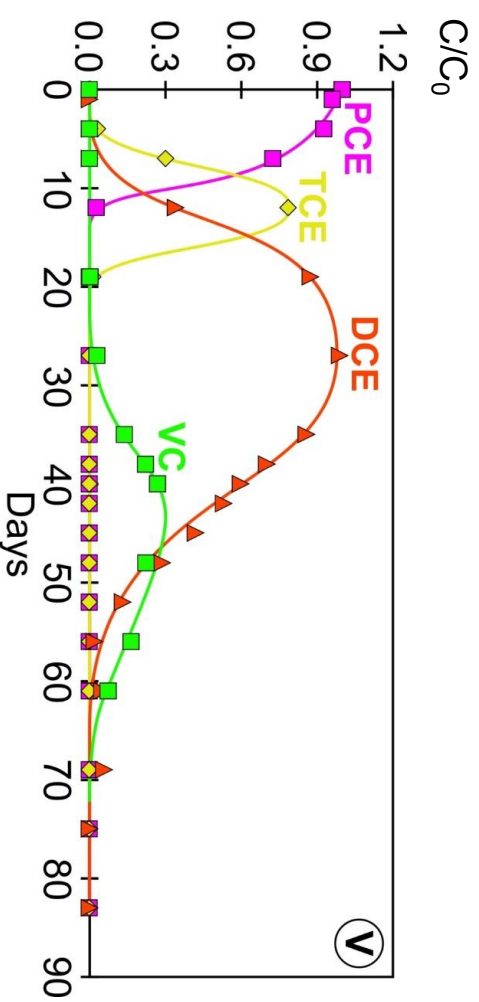
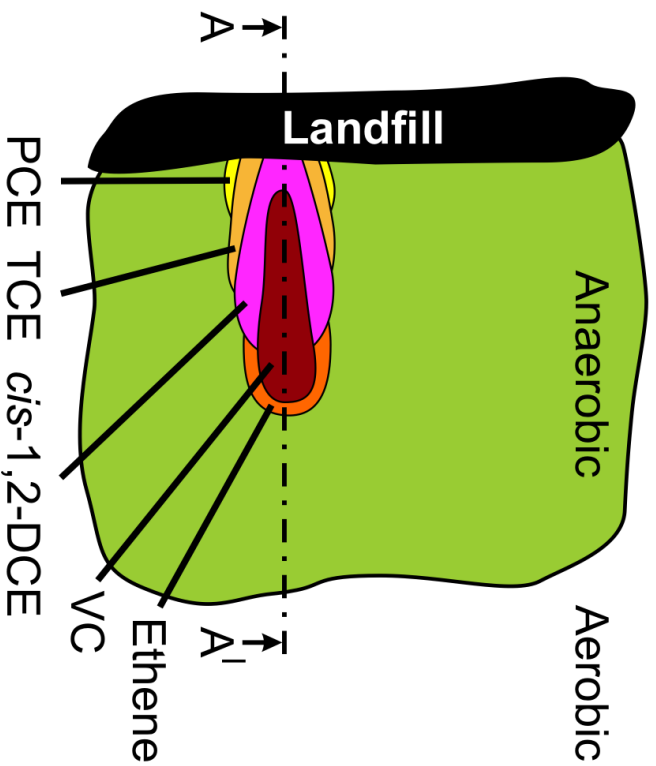
Sjølund Losseplads

LANDFILL LEACHATE

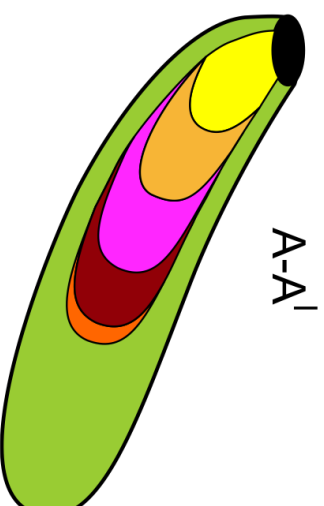


Hvad sker der med chlorerede opløsningsmidler?

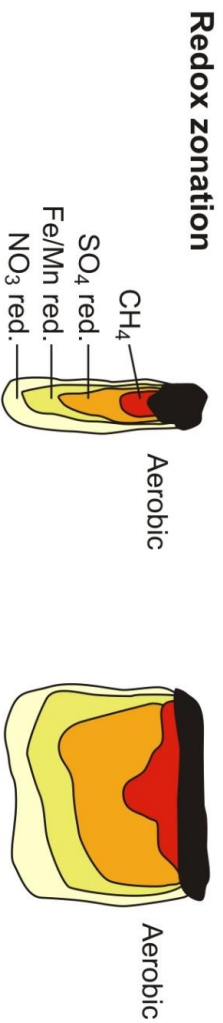
Chlorinated ethenes Anaerobic dechlorination



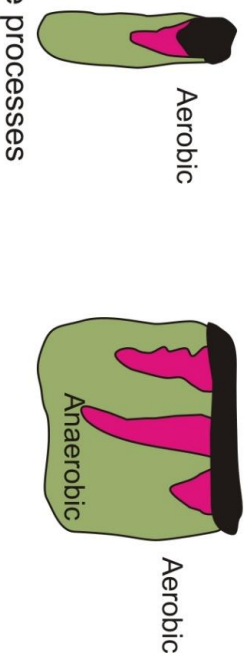
Kromann et al., 1998. *Wast.Man.Res*



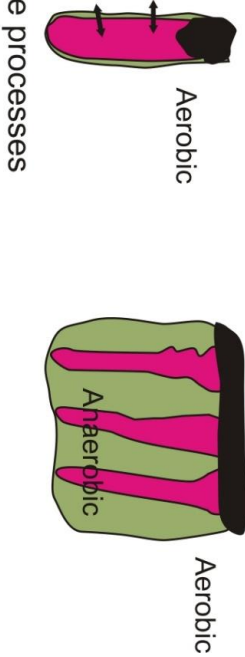
**Petroleum hydrocarbons
BTEX** **Landfill leachate
DOC**



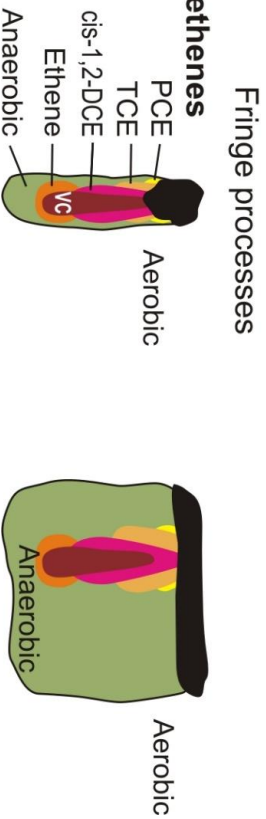
**Anaerobic degradable
compounds**



**Aerobic degradable
compounds**



Chlorinated ethenes



Bjerg et al. (2011) *Ground Water*, 49(5), 688-705.

Stof/ Stofgruppe	Attenueringsprocesser i lossepladsforurenset grundvand			
	Ionbytning	Udfældning/ Opløsning	Reduktion/ Oxidation	Sorption
Organisk stof (NVOC)	-	-	-	+
Chlorid	-	-	-	-
Ammonium	+++	-	+++	+
Opløst jern	+++	+++	+++	-

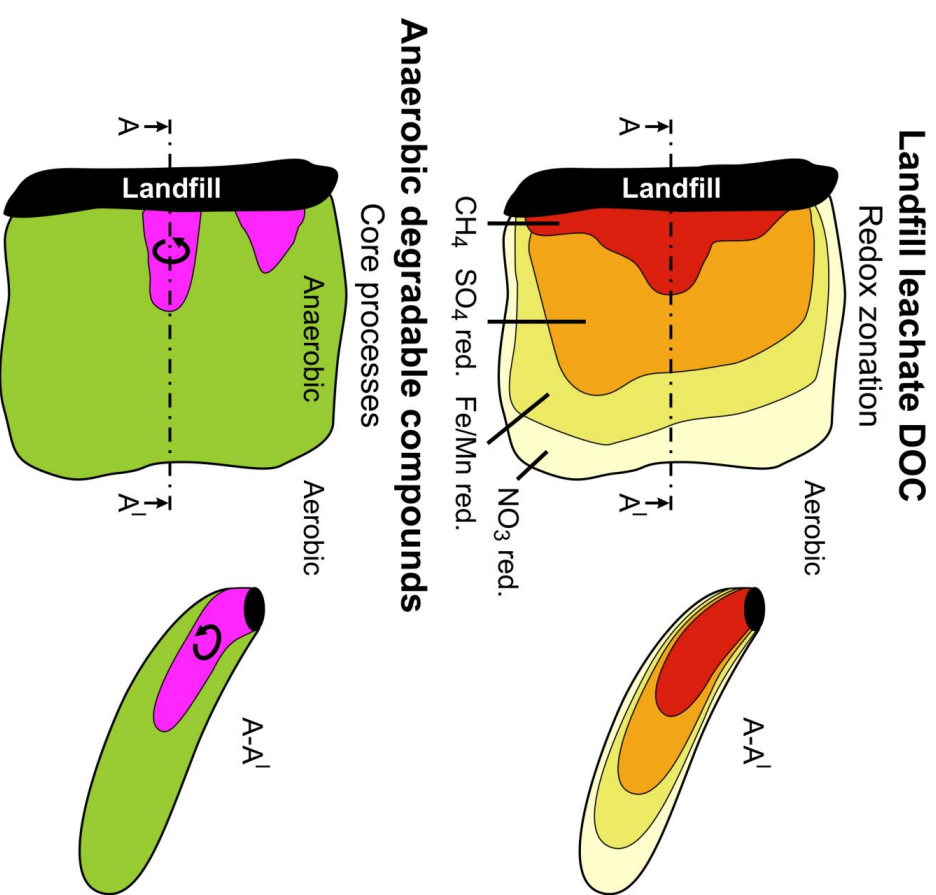
Miljøfremmede organiske stoffer

Benzinstoffer	-	-	-	+	++
Chlorede opløsningsmidler	-	-	-	+	+++
Pesticider	-	-	-	+	Afhængig af det specifikke pesticid

Bjerg, P. L.; Sonne, A. T.; Tuxen, N.; Skov Nielsen, S.; Roost, S. (2014). Risikovurdering af lossepladsers påvirkning af overfladevand. København K: Miljøstyrelsen, 77 p. Miljøprojekt nr. 1604

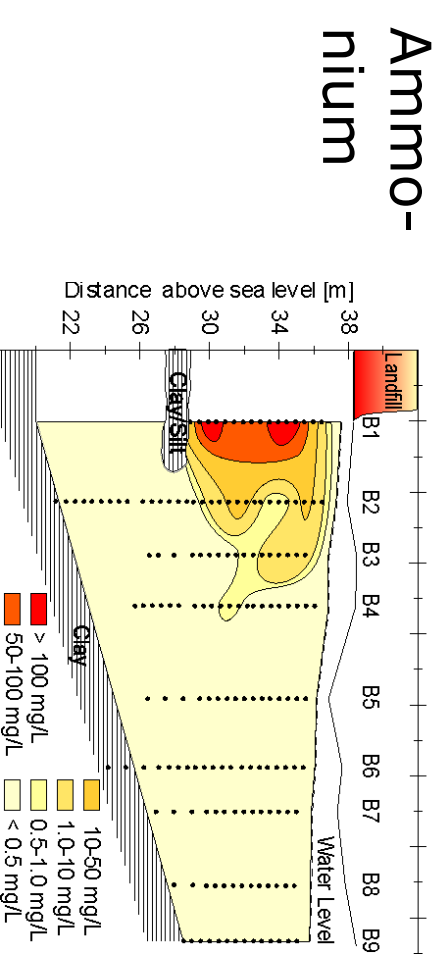
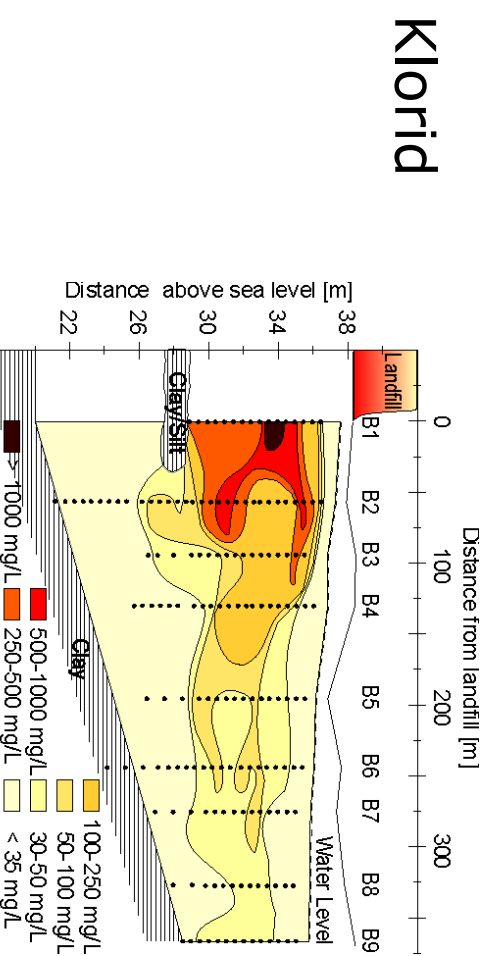
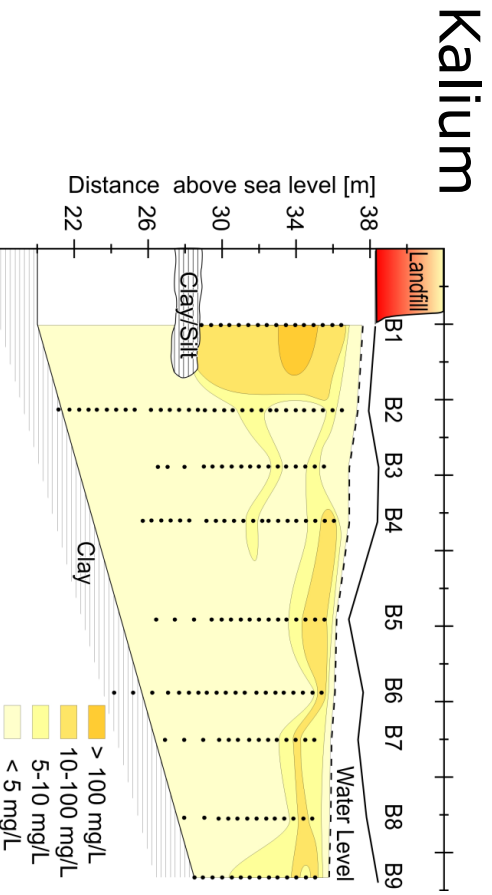
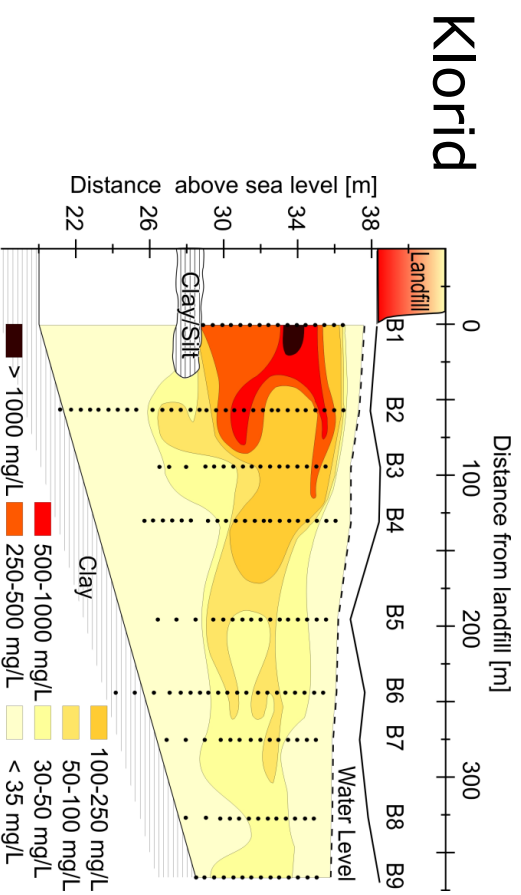
Lossepladskerolat: Forureningstyper

- Opløst organisk stof
 - Kulstofkilde – elektron donor
- Uorganiske makroioner
 - Ca, Mg, Na, K, NH₄, Fe, Mn, SO₄,
- Tungmetaller
 - Cd, Cr, Cu, Pb, Ni og Zn
- Miljøfremmede organiske stoffer
 - Benzinstoffer, BTEX
 - Chlorerede opløsningsmidler
 - Phenoxysyrer
 - Andre stoffer ?



Bjerg et al. (2011) *Ground Water*, 49(5), 688-705.

Ammonium kan være et problem



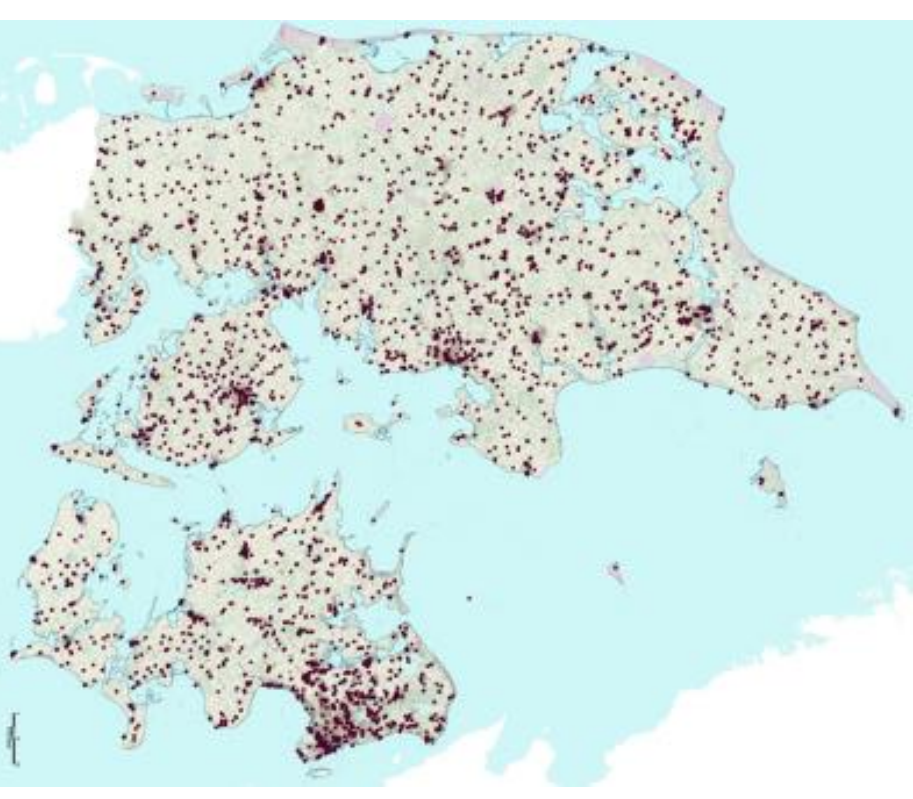
Hvad lærte vi?

- Historien er vigtig
- Gå tæt på kilden
- Hvor er fanen?
- Flere små faner i en større lossepladsfane
- Forureningsfaner kan være meget smalle
- Redoxkoncepter
- Mikrobiel nedbrydning kan fjerne mange stoffer
- Konceptuelle modeller
- Forureningsfaner fra losseplads er komplekse med hensyn til stoffer



Hvor står vi i dag? Hvad bringer fremtiden

- Mere end 3000 lossepladser i DK
 - Eksisterende undersøgelser er gamle
 - Lossepladser er gamle (50-60 år)
 - Gamle rapporter har ofte væsentlig information
 - Der bliver lavet en del nye undersøgelser nu
- "Nye" stoffer og deres skæbne
- Nye undersøgelsesmetoder og forureningsfaner
- Lossepladser i komplekse geologier
- Påvirkning af overfladevand



”Nye stoffer”, herunder PFAS forbindelser

- Industrielle additiver og biprodukter: bisphenol A, freon-forbindelser, 1,4-dioxan, phtalater, livsstilsstoffet koffein, triclosan, PFAS-forbindelser og bromerede flammehæmmere.
- Analyseresultater fra de seks lossepladser viser, at alle de undersøgte ”nye” stoffer er detekteret i lossepladsp Perkolaterne og perkolatpåvirket grundvand. Stofferne er påvist på relativt lave niveauer i forhold til det forventede på baggrund af stofgennemgangen
- Pga. den høje frekvens for detektion og de lave kriterier for grundvand og specielt PFOS i overfladevand, kan PFAS-forbindelserne være relevante at inddrage i fremtidige undersøgelser af perkolatpåvirket grundvand.

TABEL 12: KONCENTRATIONER AF 12 PFAS PÅVIST I LOSSEPLADSPERKOLIAT OG PERKOLATPÅVIRKET GRUNDEVAND

Lokalitet	Glanhøjvej	Eskelund	ESØ	ESØ	REVAS	Skårup	Viborgvej
Prøvetagningssted	88.1068 (K8)	89.1592 (PB5)	PB1	PB16	Brønd D	B16	88.1755 (B6-2)
PFOS	µg/l	0,028	0,019	0,003	0,018	0,033	0,16
Sum af 12 stk. PFAS*	µg/l	0,22	0,074	0,040	0,42	0,59	2,82
							<0,0010

* PFBS, PFHxS, PFOA, PFOSA, FTS 6:2, PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOS, PFNA, PFDA

Miljøprojekt nr. 1933, Nye forureningsstoffer i perkolat fra lossepladser, Miljøstyrelsen 2017

”Nye” pesticider?

- Der er i flere regioner udført større analysepakker for pesticider
- Der er – så vidt jeg ved - ikke lavet en systematisk opsamling på lossepladser og forureningsfaner
- Desphenylchloridazon bliver fundet i ”lave” koncentrationer
- Phenoxysyrer dukker stadig op

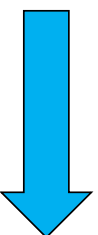
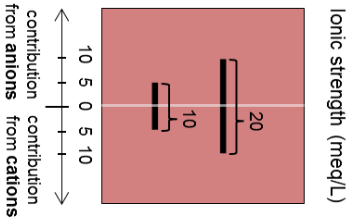
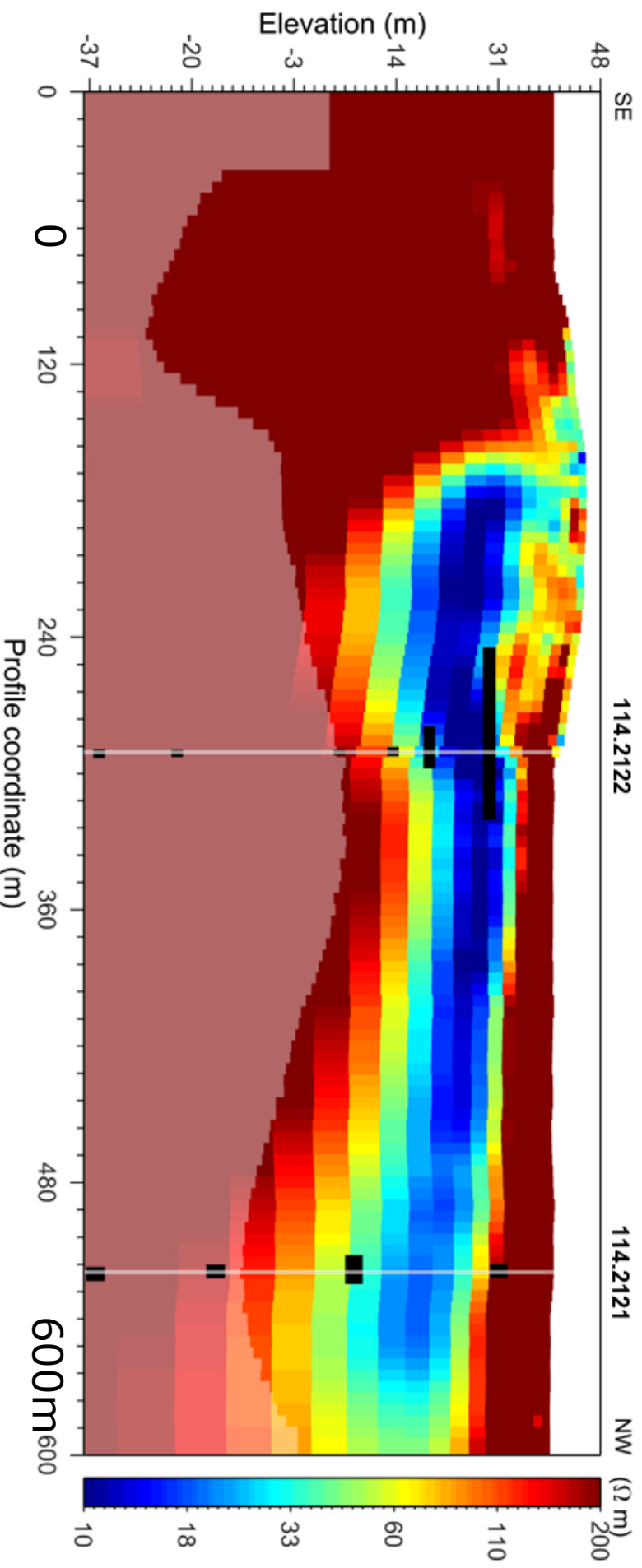
	Dato for prøvetagning	24.01.2019					Σ kv			
		Filtertybde	5,0-9,0	1,5-3,0	6,0-10,0	1,5-3,0		8,0-11,0	2,0-4,0	6,0-10,0
Benzamid	2,6-dichlorobenzamid (BAM)	Me	0,011 (X)	0,027 (X)	<0,010	0,036	<0,010	0,022 (X)	<0,010	0,1
Dithiocarbamat	Dithiocarbamat	AK	<0,100	0,402	0,37	0,827	0,379	<0,100	1,02	0,1
Organophosphor	Pyrimidinol	Me	<0,0100	<0,0100	<0,0100	0,0112 (X)	<0,0100	<0,0100	<0,0100	0,1
Phenoxysyre	2-methyl-4-chlorophenol	Me	0,015 (X)	0,45	<0,010	0,055	<0,010	0,52	<0,010	0,1
	Dichlorprop	AK	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,012 (X)	<0,010	0,1
	Mechlorprop (MCP)	AK	0,055	0,14	0,020 (X)	0,42	<0,010	0,33	<0,010	0,1
Phenylurea	4-CP	Me	0,073	0,13	0,017 (X)	0,21	<0,010	0,16	<0,010	0,1
	MCPB	AK	<0,0200	0,0472	<0,0200	0,0222	<0,0200	0,0552	<0,0200	0,1
Pyridazinon	Monuron	AK	0,0185	0,0612	<0,0100	0,0471	<0,0100	0,0382	<0,0100	0,1
	Chloridazon	AK	<0,020	0,049	<0,020	0,14	<0,020	0,068	<0,020	0,1
Pyridinforbindelse	Desphenyl-chloridazon	Me	0,13	0,23	<0,040	0,21	0,066	0,15	<0,020	0,1
	Methyl-desphenylchloridazon	Me	<0,020	0,052	<0,020	<0,10	<0,020	<0,040	<0,020	0,1
Sulfonylurea	Picloram	AK	<0,200	<0,0200	<0,0600	<0,0200	<0,0200	<0,0200	<0,0600	0,1
	Saccharin (1,2-benzisothiazol-3(2H)-one 1,1-dioxide)	Me	0,15	0,046	0,022	0,053	<0,0050	0,036	<0,0050	0,1
Thiazin	Hydroxysimazin	Me	<0,010	<0,010	<0,010	0,016 (X)	<0,010	<0,010	<0,010	0,1
Triazol	1,2,4-triazole	Me	<0,01	<0,02	<0,01	<0,02	<0,01	<0,02	<0,01	0,1
Unclassified	N,N-dietyl-m-toluanid (DEET)	AK	0,036 (X)	0,09	<0,030	0,058	<0,030	0,083	<0,030	0,1
Sum pesticider	Sum pesticider		0,43	1,7	0,39	2,1	0,45	1,4	1	0,5

1 : Miljøstyrelsens vejledende grundtvandskvalitetskriterier
 < : Stoffet kan ikke detekteres, da det ligger under detektionsgrænsen
 (X) : Stoffet kan detekteres, men ikke kvantificeres, da det ligger under kvantificeringsgrænsen
 1.p. : Ikke påvist
 AK : Aktivstof
 Me : Metabolit, nedbrydningsprodukt
 Ur : Urenhed
 Fed : Værdier over kvalitetskriteriet

Tak til
Region
Sjælland

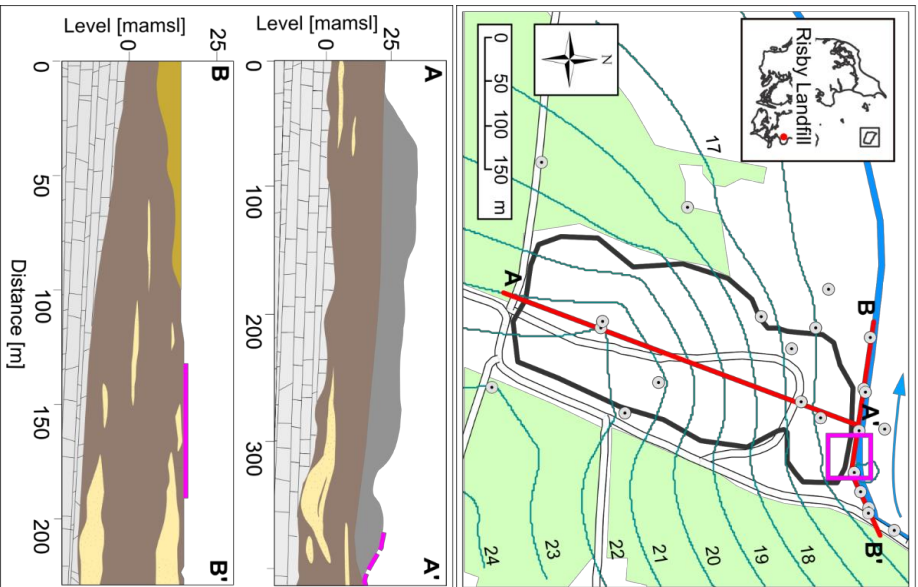
Nye undersøgelsesmetoder og forureningsfaner

DCIP Direct Current - Induced Polarization

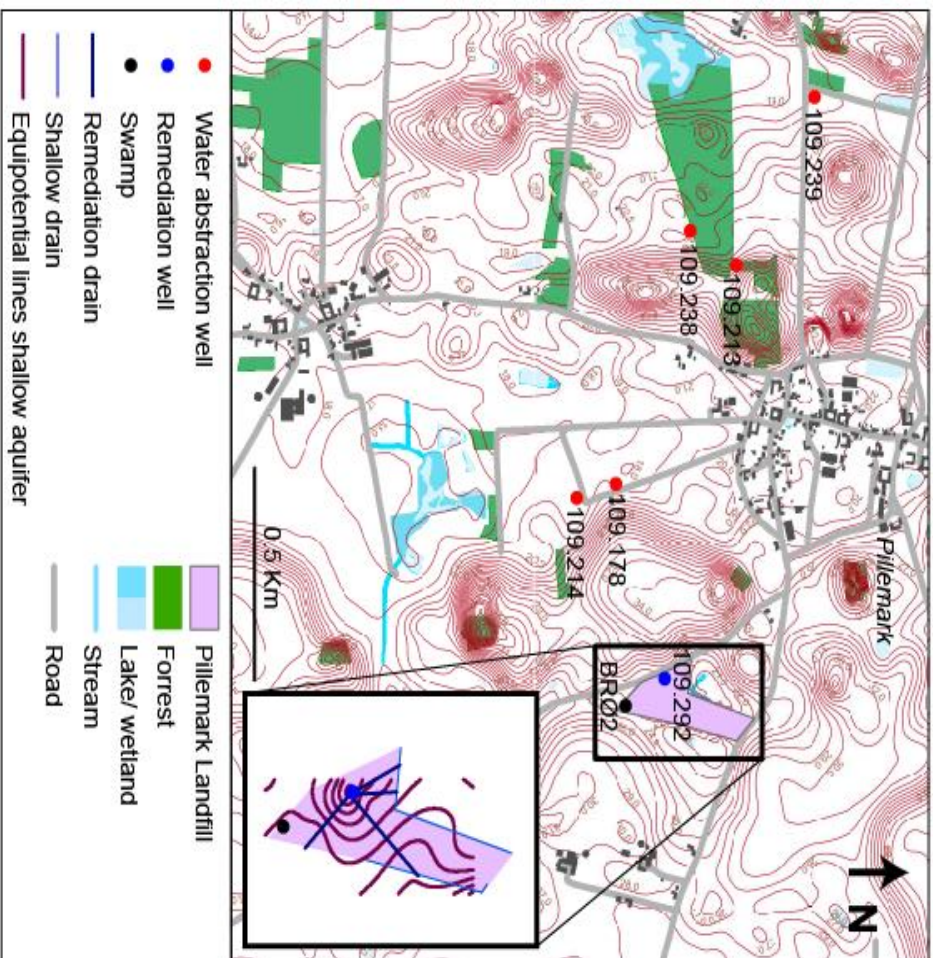


Forureningsfaner i komplekse geologier

Risby Losseplads



Pillemark Losseplads

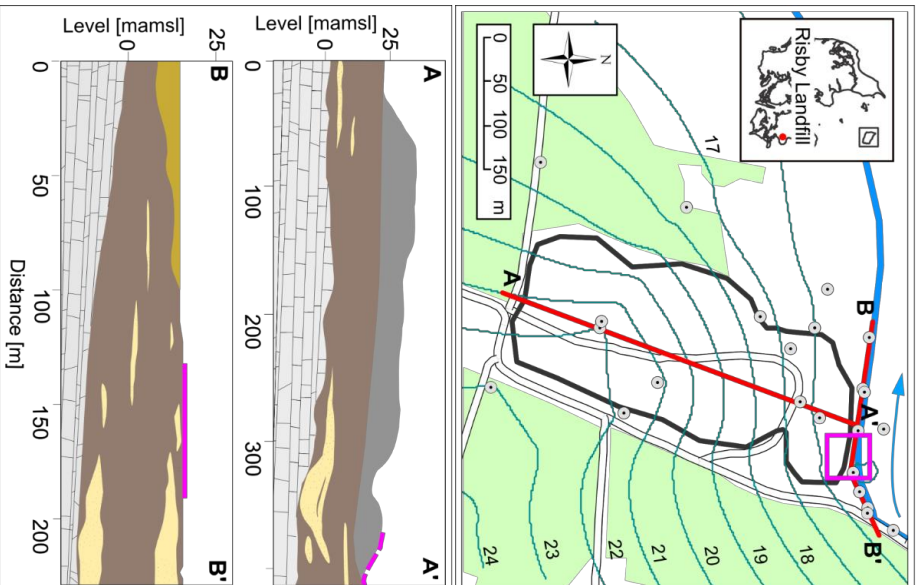


Thomsen, Nanna Isbak; Milosevic, Nemanja; Bjerg, Poul L. (2012). Application of a mass balance method at an old landfill to assess the impact on surrounding water resources. *Waste Management*, 32, 2406-2417.

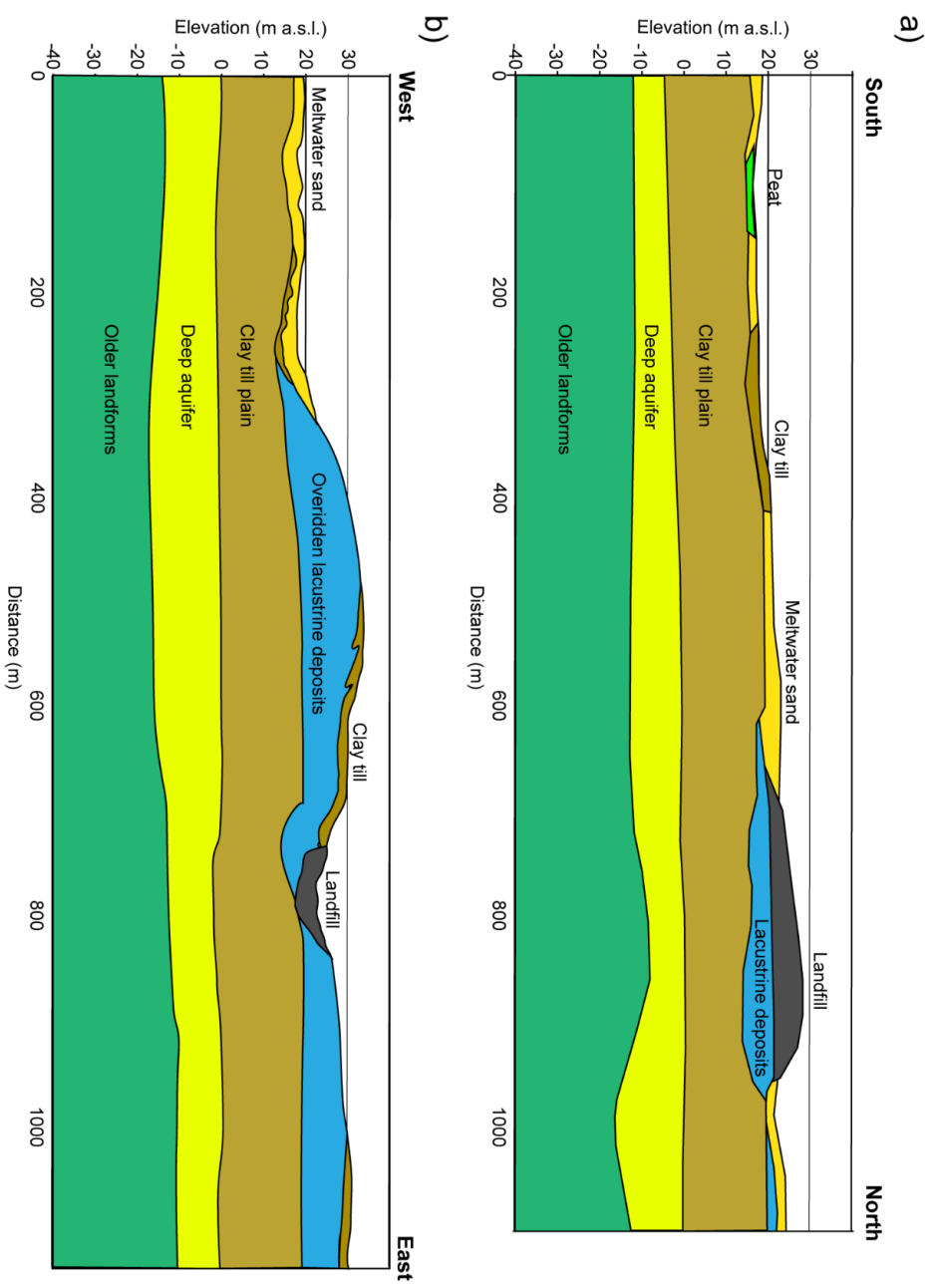
Høyer, A.-S.; Klint, K.E.S.; Maurya, P.; Christiansen, A.; Balbarini, N.; Bjerg, P.L.; Hansen, T.B.; Møller, I. L. (2019). Development of a high-resolution 3D geological model for landfill leachate risk assessment. *Engineering Geology*. 249, 45-59.

Forureningsfaner i komplekse geologier

Risby Losseplads



Pillemark Losseplads



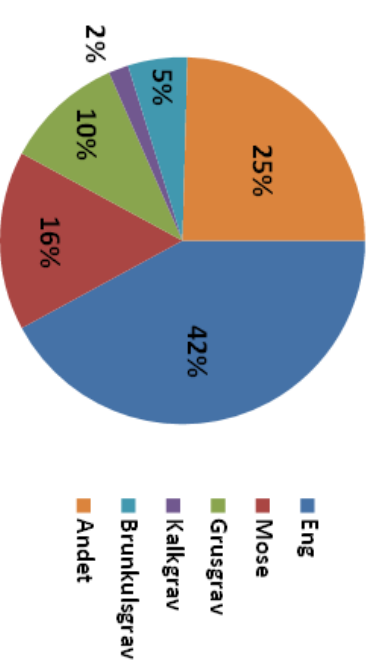
Udsivning til vådområde





Lossepladser og overfladevand

- **Ittforbrug**
 - Organisk stof
 - Ammonium
- **Toxicitet**
 - Jern (II)/Jern (III)
 - Ammonium
 - Metaller
 - Miljøfremmede stoffer (PFAS?)



- Mange lossepladser tæt på overfladevand
- Langt de fleste af disse er tæt på vandløb

Bjerg, P. L.; Sonne, A. T.; Tuxen, N.; Skov Nielsen, S.; Roost, S. (2014).

Risikovurdering af lossepladser påvirkning af overfladevand. København K:

Miljøstyrelsen, 77 p. Miljøprojekt nr. 1604.

Milosevic, Nemanja; Thomsen, Nanna I.; Juhler, René K.; Albrechtsen, Hans-Jørgen;

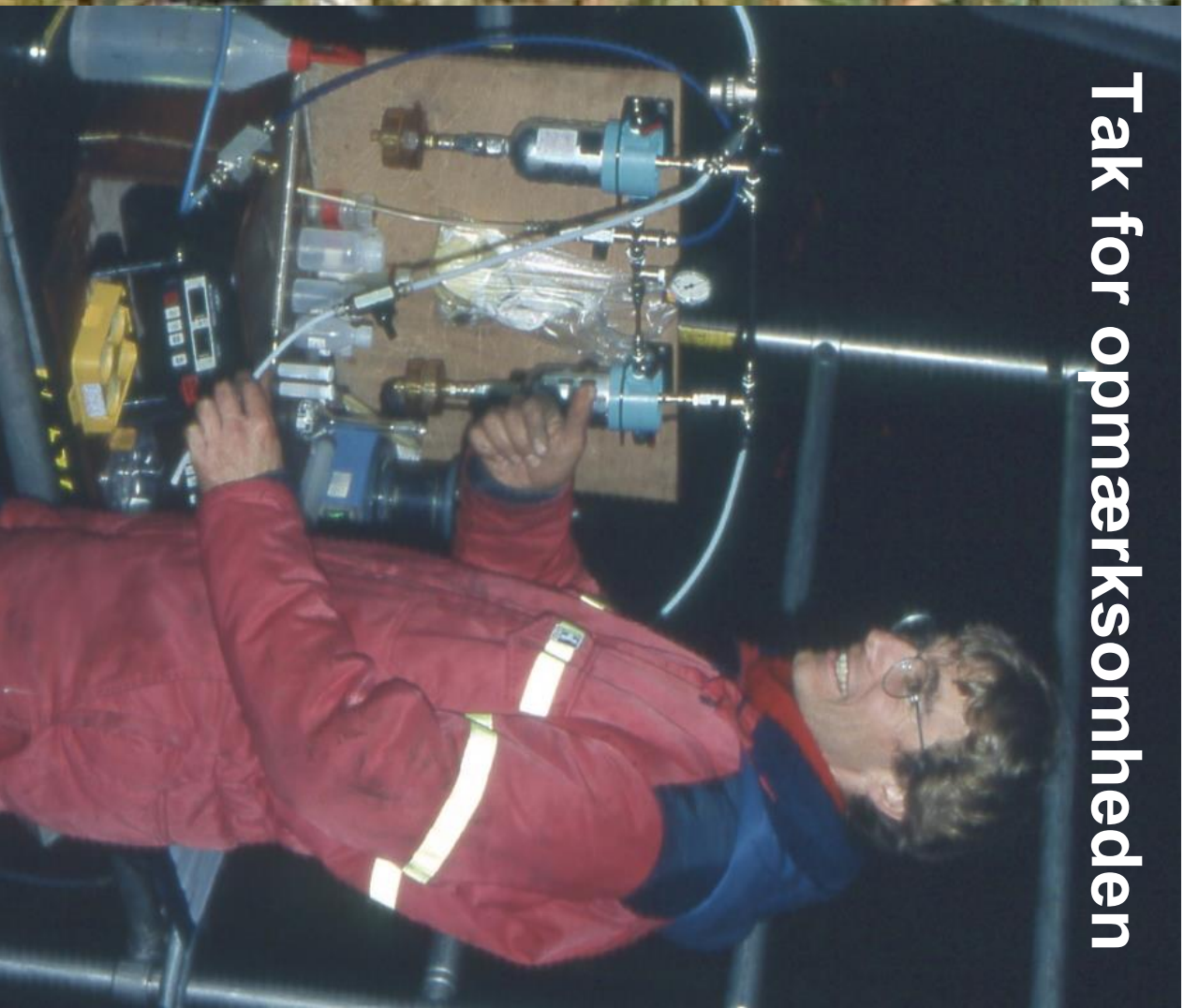
Bjerg, Poul L. (2012). Identification of discharge zones and quantification of contaminant mass discharges into a local stream from a landfill in a heterogeneous geologic setting.

Journal of Hydrology. 446-447, 13-23.



Hvad lærte vi?

- Historien er vigtig
- Gå tæt på kilden
- Hvor er fanen?
- Flere små faner i en større lossepladsfane
- Forureningsfaner kan være meget smalle
- Redoxkoncepter
- Mikrobiel nedbrydning kan fjerne mange stoffer
- Konceptuelle modeller
- Forureningsfaner fra lossepladser er komplekse med hensyn til stoffer
- "Nye" stoffer og deres skæbne?
- Nye undersøgelsesmetoder og forureningsfaner
- Lossepladser i komplekse geologier
- Påvirkning af overfladevand



Tak for opmærksomheden