

Tak til Thomas H. Christensen, Peter Kjeldsen og mange flere

Poul L. Bjerg, professor

Gamle lossepladser – nye udfordringer

Lossepladser i et historisk perspektiv

- Losseplads – Open dump sites



Lossepladser i et historisk perspektiv

- Losseplads – Open dump sites



Lossepladser i et historisk perspektiv

- Losseplads – Open dump sites
- Losseplads – blandet affald - Sanitary landfill
- Kontrollerede lossepladser (affaldsdeponier)
- Den ”tørre losseplads” – Dry tomb landfill
- Bioreaktor – lossepladsteknologi



Solid Waste Technology & Management

Editor(s): Thomas H. Christensen

First published: 23 November 2010

Print ISBN: 9781405175173 | Online ISBN: 9780470666883

| DOI: 10.1002/9780470666883

Lossepladser i et historisk perspektiv

- Losseplads – Open dump sites
- Losseplads – blandet affald - Sanitary landfill
- Kontrollerede lossepladser (affaldsdeponier)
- Den "tørre losseplads" – Dry tomb landfill
- Bioreaktor – lossepladsteknologi

} **Gamle lossepladser**
Deponeringsanlæg

1974 -

Solid Waste Technology & Management

Editor(s): Thomas H. Christensen

First published: 23 November 2010

Print ISBN: 9781405175173 | Online ISBN: 9780470666883

| DOI: 10.1002/9780470666883



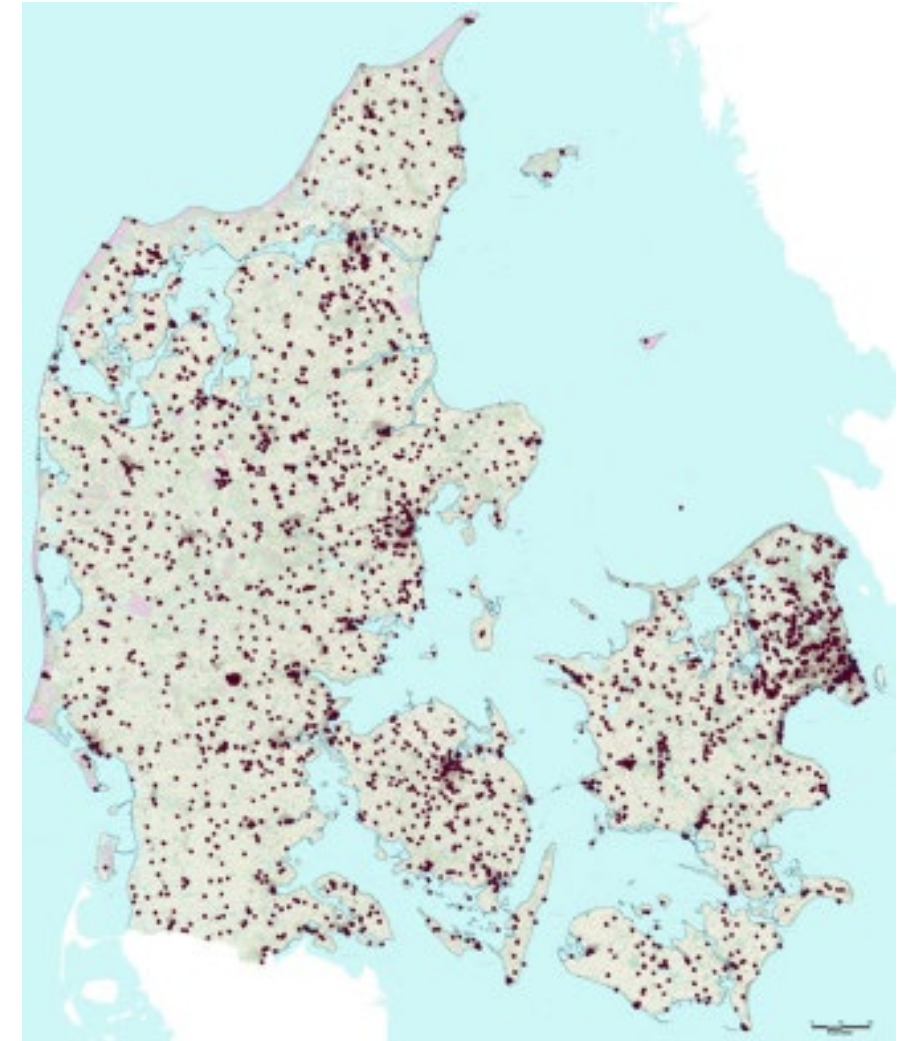
Gamle lossepladser

Mere end 3000 lossepladser i DK

- Lossepladser er gamle (50-75 år)
- Eksisterende undersøgelser er "gamle"
- Gamle rapporter har ofte væsentlig information
- Der bliver lavet en del nye undersøgelser nu

Nye udfordringer

- "Nye" stoffer og deres skæbne
 - Pesticider
 - Chlorerede opløsningsmidler
 - PFAS
- Påvirkning af overfladevand
- Nye undersøgelsesmetoder og forureningsfaner
- Lossepladser i komplekse geologier





- Gamle lossepladser
 - Ingen membran, ingen perkolatopsamling
 - Vådområder, grusgrave, mergelgrave, tørvegrave, dårlig jord
- Blandet affald
 - Husholdningsaffald
 - Bygningsaffald
 - Kemikalier og kemisk affald
- Komplekse kilder
 - Typisk store arealer
 - Ukendt fordeling og mængder
 - Komplex udsivning
- Langtidsholdbare

Kjeldsen P., Barlaz 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.



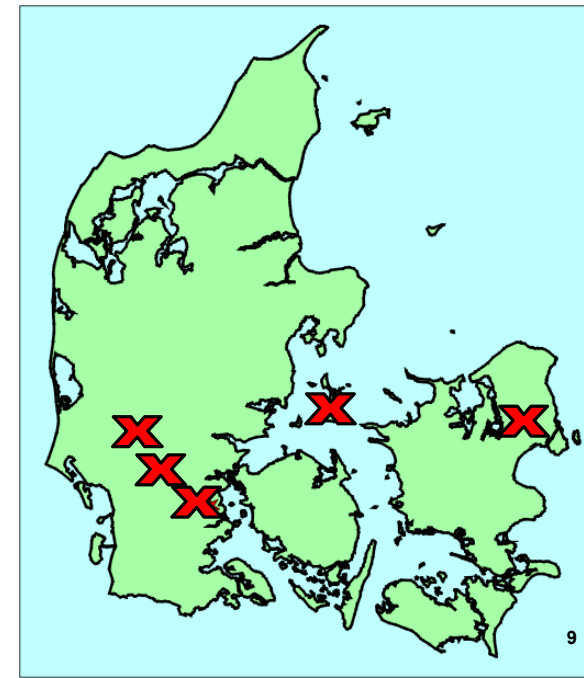


1986-2020

Mange "lossepladsprojekter"

- Vejen Losseplads
- Grindsted Losseplads
- Sjølund Losseplads
- Risby Losseplads
- Pillemark Losseplads

- Hvad lærte vi?



Hvad lærte vi?

<https://www.sara.env.dtu.dk/efteruddannelse/pesticider-og-lossepladser>



- Forureningsfaner fra lossepladser er komplekse med hensyn til stoffer

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.

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

Grundvandsundersøgelser ved fyld- og lossepladser

Håndbog

Teknik & Administration
Nr. 3 1998

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 lossepladser er komplekse med hensyn til stoffer**

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

Grundvandsundersøgelser ved fyld- og lossepladser

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.

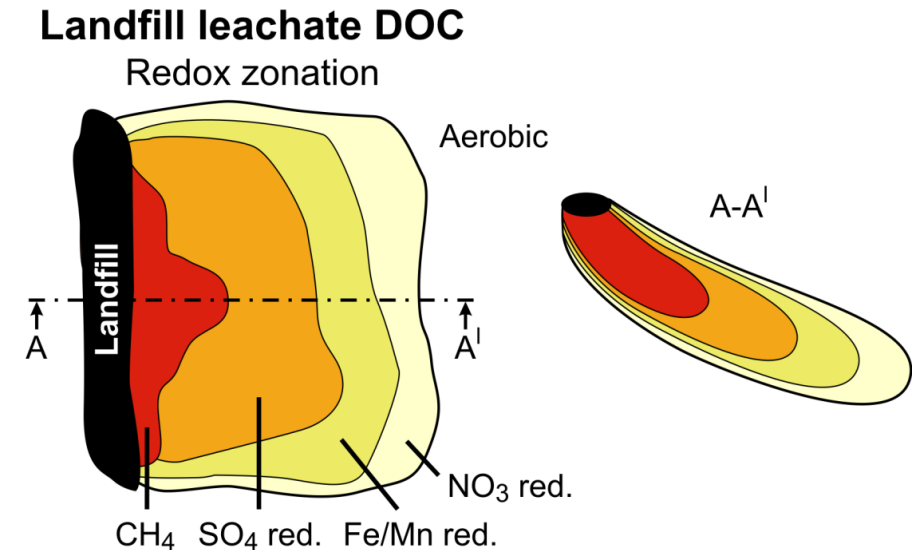
Bjerg, P.L.; Tuxen, N.; Reitzel, L.A.; Albrechtsen, H.-J.; Kjeldsen, P. (2011). Natural attenuation processes in landfill leachate plumes at three Danish sites. *Ground Water*, 49(5), 688-705.

Lossepladsperkolat: Forureningstyper

- Opløst organisk stof, DOC/NVOC
 - Kulstofkilde – elektron donor
- Uorganiske makroioner
 - Ca, Mg, Na, K, NH_4 , Fe, Mn, SO_4 , Cl, ...
- Tungmetaller
 - Cd, Cr, Cu, Pb, Ni og Zn
- Miljøfremmede organiske stoffer
 - Benzinstoffer, BTEX
 - Pesticider - Phenoxysyrer
 - Chlorerede opløsningsmidler
 - Andre stoffer ?

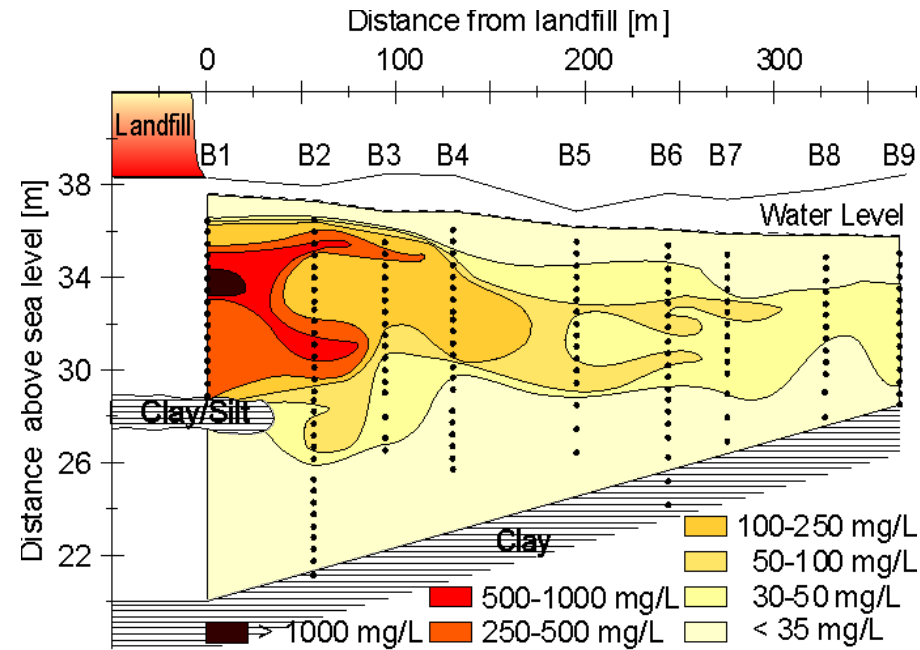
Lossepladsperkolat: Redox koncept og nedbrydning

- Opløst organisk stof, DOC/NVOC
 - Kulstofkilde – elektron donor
- Uorganiske makroioner
 - Ca, Mg, Na, K, NH_4 , Fe, Mn, SO_4 , Cl, ...
- Tungmetaller
 - Cd, Cr, Cu, Pb, Ni og Zn
- Miljøfremmede organiske stoffer
 - Benzinstoffer, BTEX
 - Pesticider - Phenoxysyrer
 - Chlorerede opløsningsmidler
 - Andre stoffer ?

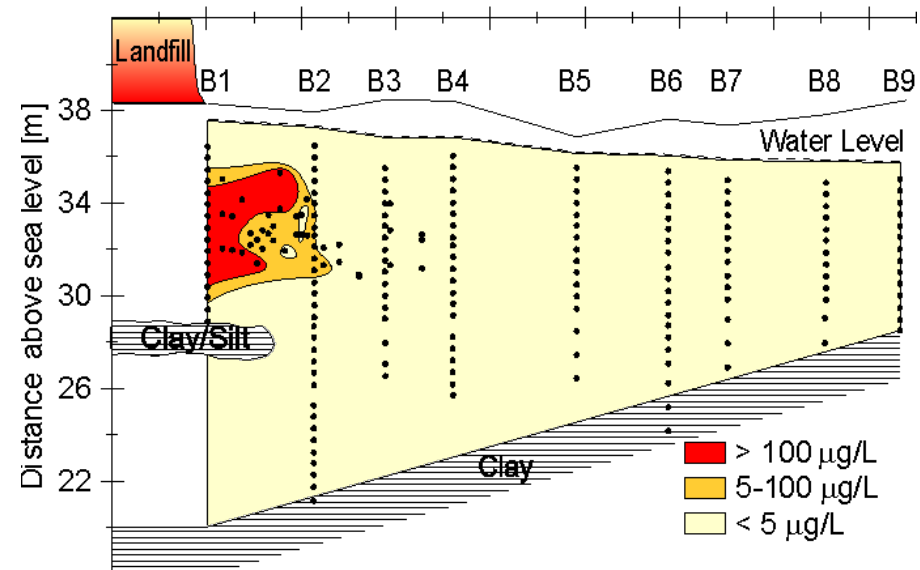


Mikrobiel nedbrydning kan fjerne mange stoffer

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

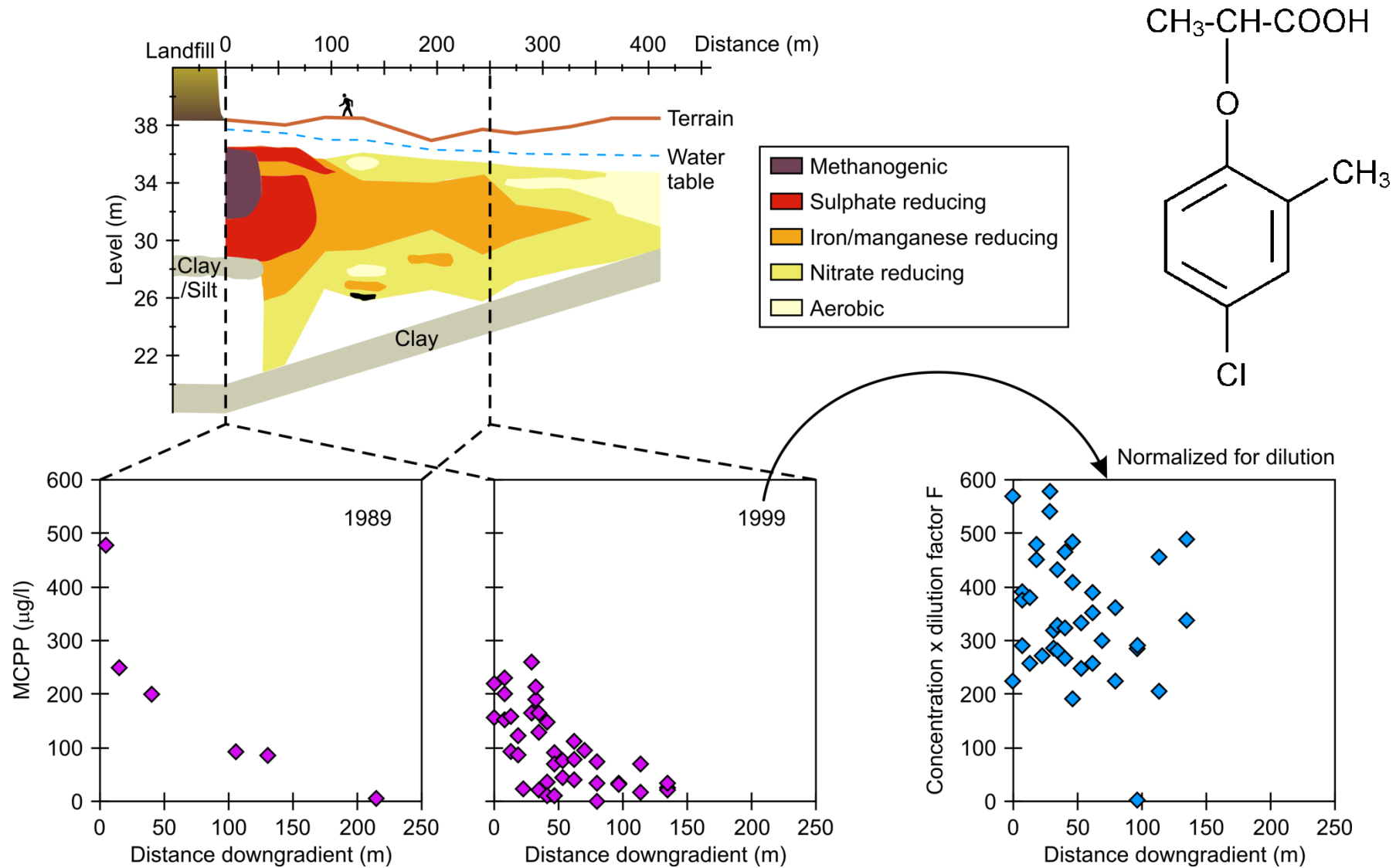


Klorid



O-xylen

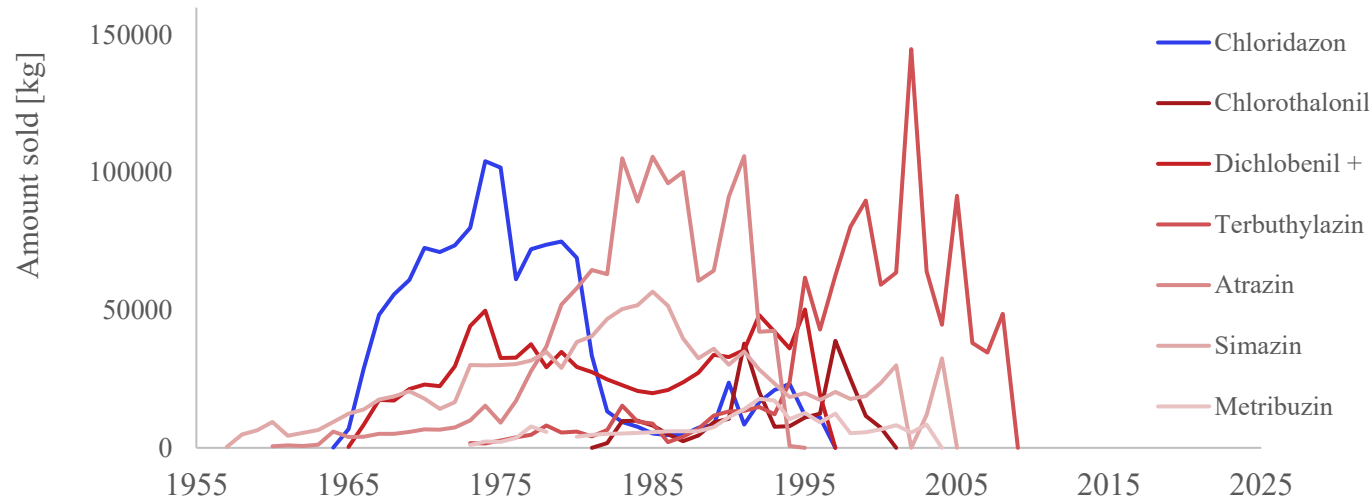
Phenoxysyrer falder uden for mønstret



Har de "nye" pesticider været deponeret på gamle lossepladser?

De fleste moderstoffer er mest anvendt efter 1974

Der er – så vidt jeg ved - ikke lavet en systematisk opsamling på lossepladser og forureningsfaner for "nye" pesticider



Metribuzin-desamino-diketo

R417888

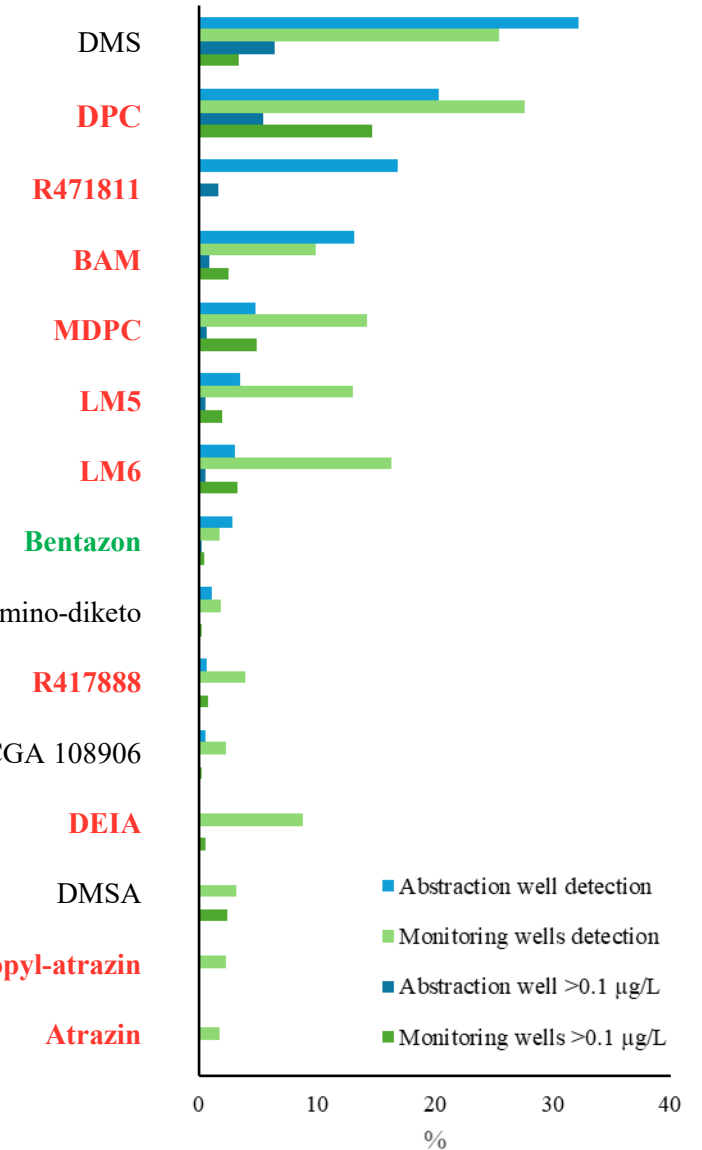
CGA 108906

DEIA

DMSA

Desisopropyl-atrazin

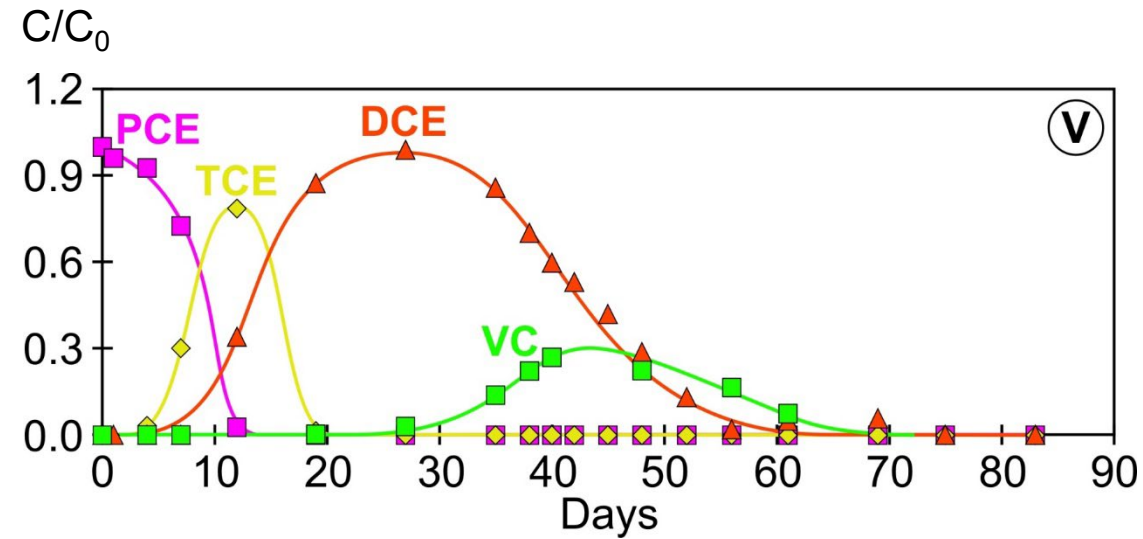
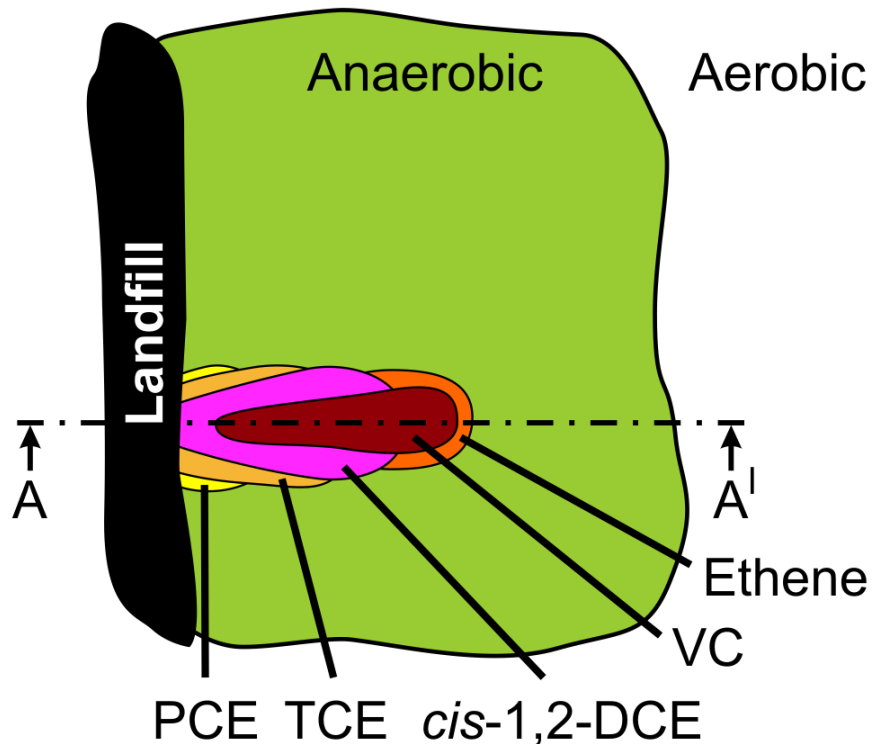
Atrazin



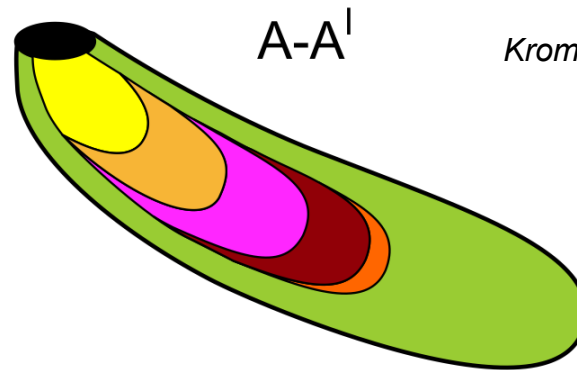
Hvad sker der med chlorerede opløsningsmidler?

Chlorinated ethenes

Anaerobic dechlorination



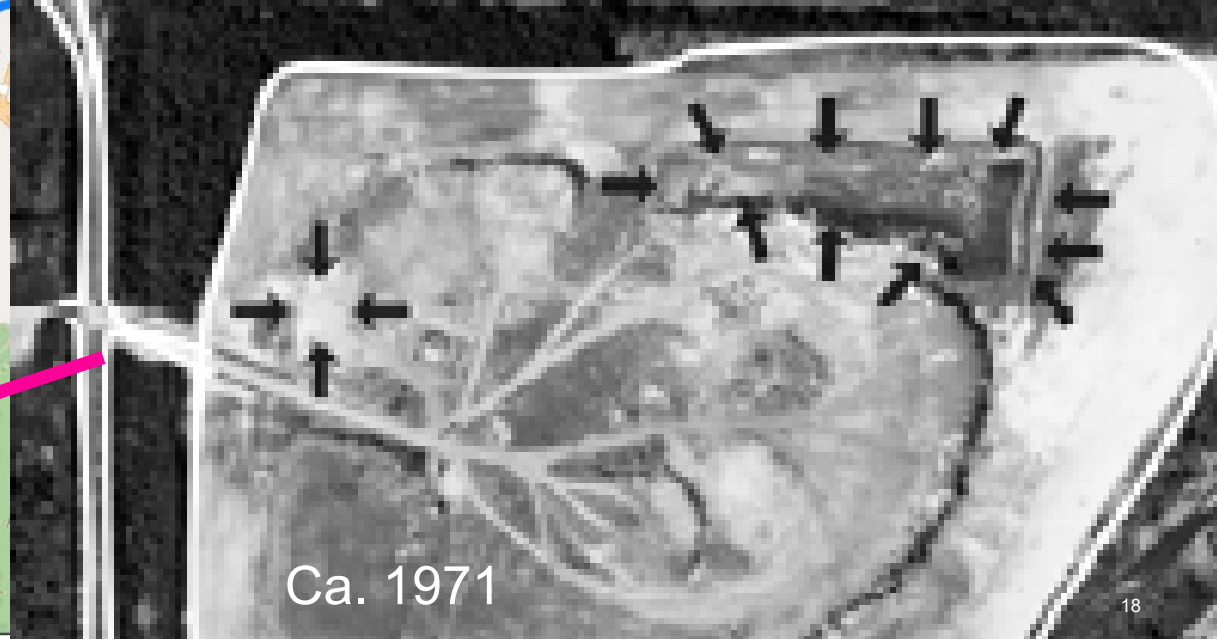
Kromann og Christensen, 1998. *Waste Man. and Research*, 16, 437-445.



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

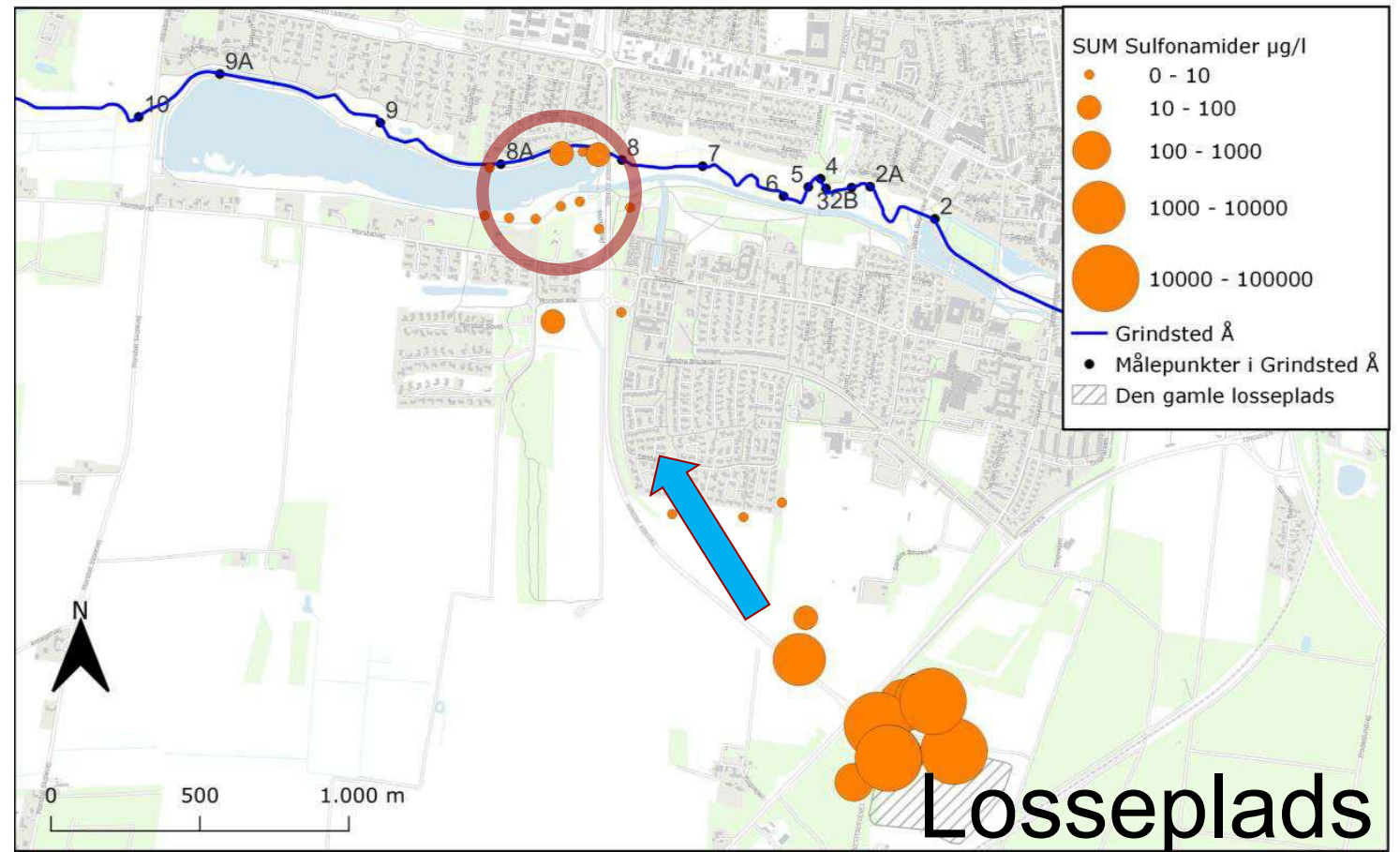
Grindstedforurening

Grindsted Losseplads



Forureningsfanen udsiver til Grindsted Å

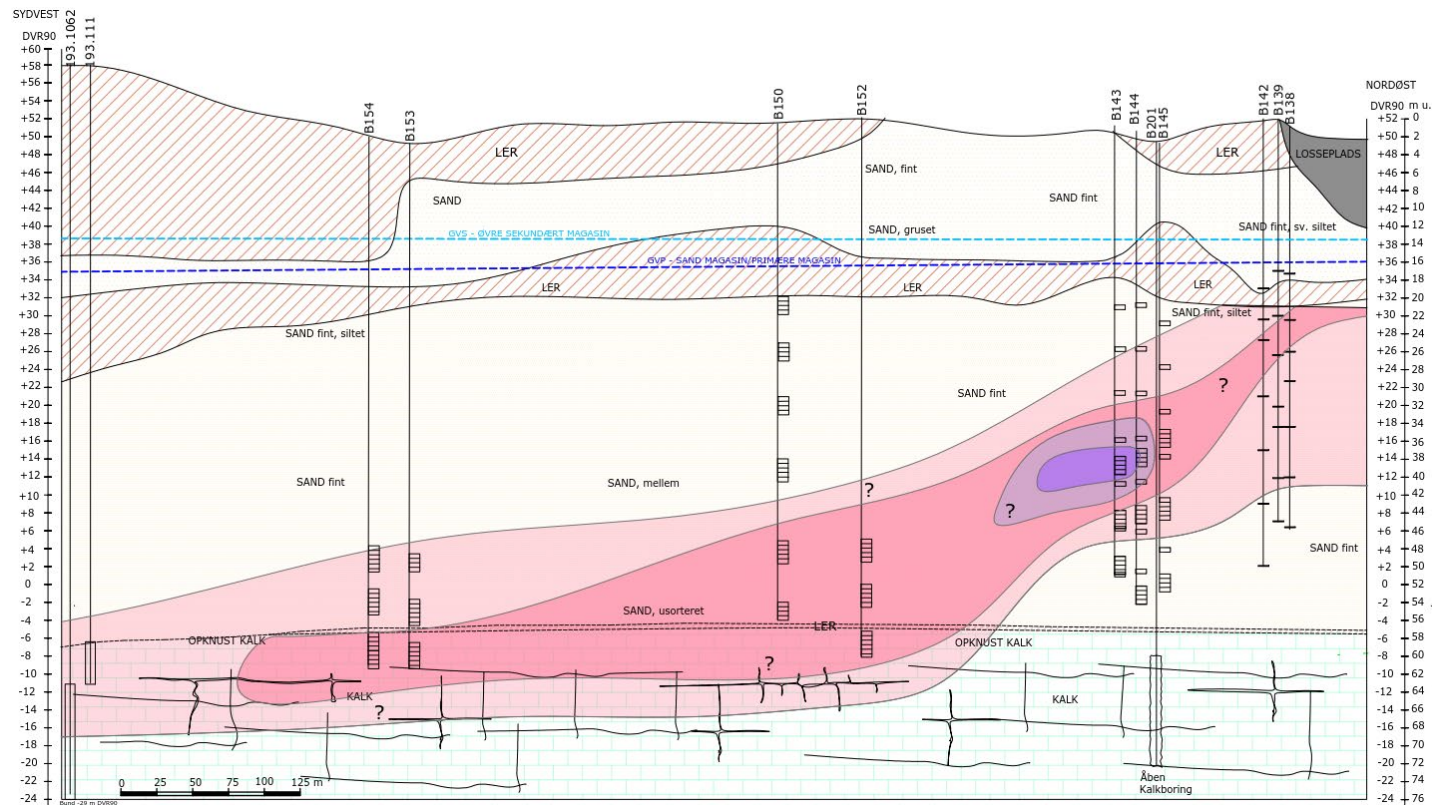
- Forureningsfanen er domineret af sulfonamider og sulfanilsyre
- De chlorerede opløsningsmidler er stort set ikke i forureningsfanen
- Statistiske undersøgelser af lossepladsdata viser ikke chlorerede opløsningsmidler i stort omfang
- Bekræftet i vores andre undersøgelser af gamle lossepladser



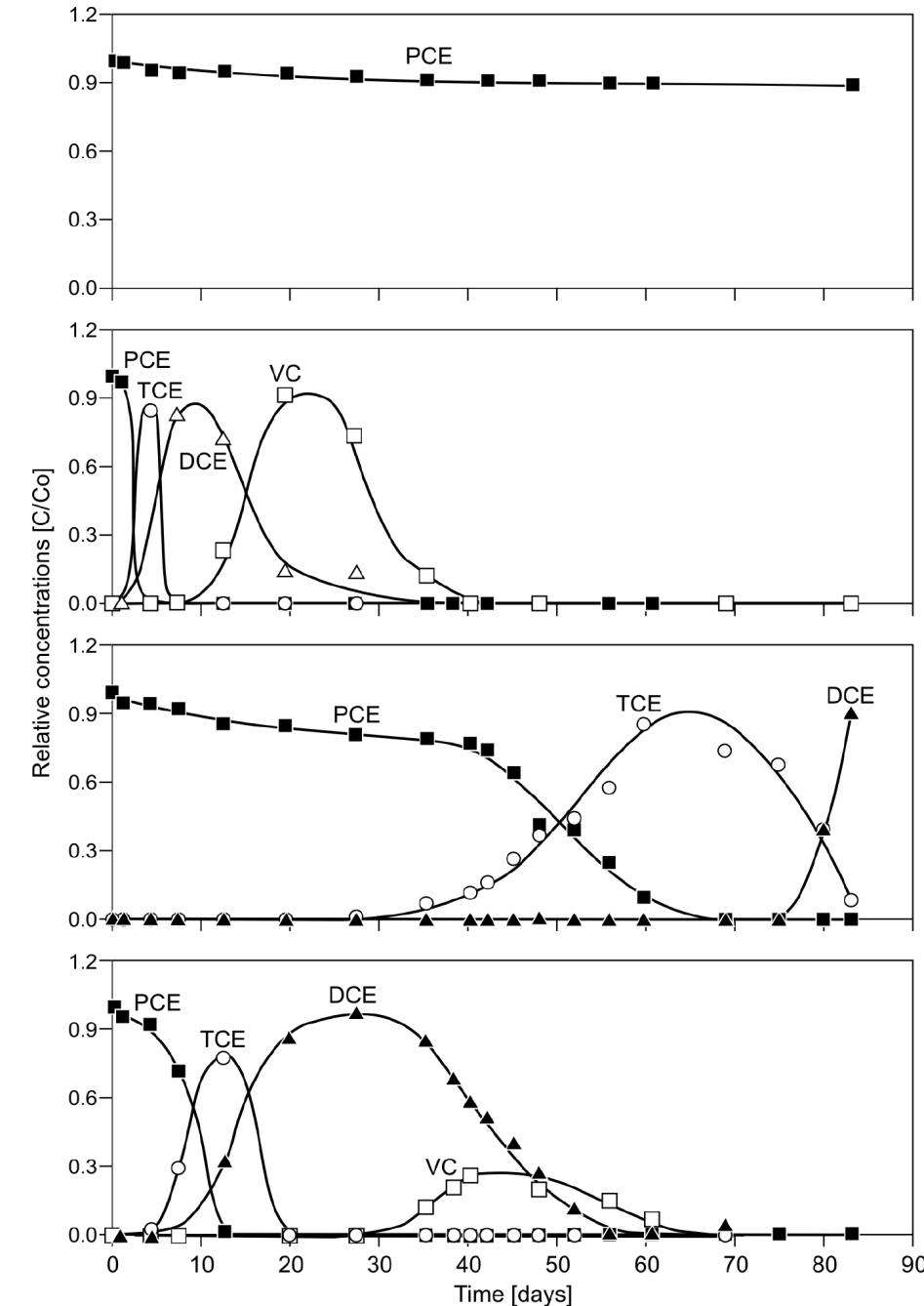
Region Syddanmark, Risikovurdering af forureningsfanen fra Grindsted gl. losseplads
Videregående forureningsundersøgelse. Grindsted gl. losseplads. COWI, januar 2023.

Går det altid sådan?

- Stengården losseplads, Lyngø



Tak til Henriette Kern-Jespersen, Region Hovedstaden



"Nye stoffer" og PFAS forbindelser, 2017

- Industrielle additiver og biprodukter: bisphenol A, freon-forbindelser, 1,4-dioxan, phtalater, koffein, triclosan, PFAS-forbindelser og bromerede flammehæmmere
- Alle de undersøgte "nye" stoffer er detekteret i lossepladssperkolater og perkolatpåvirket grundvand fra de seks undersøgte lossepladser
- Stofferne er påvist på relativt lave niveauer i forhold til det forventede
- Høj frekvens for detektion af PFAS og specielt PFOS i overfladevand
- **PFAS-forbindelserne være relevante** at inddrage i fremtidige undersøgelser af perkolatpåvirket grundvand

TABEL 12: KONCENTRATIONER AF 12 PFAS PÅVIST I LOSSEPLADSPERKOLAT OG PERKOLATPÅVIRKET GRUNDVAND

Lokalitet		Glamhøjvej	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	<0,0010
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

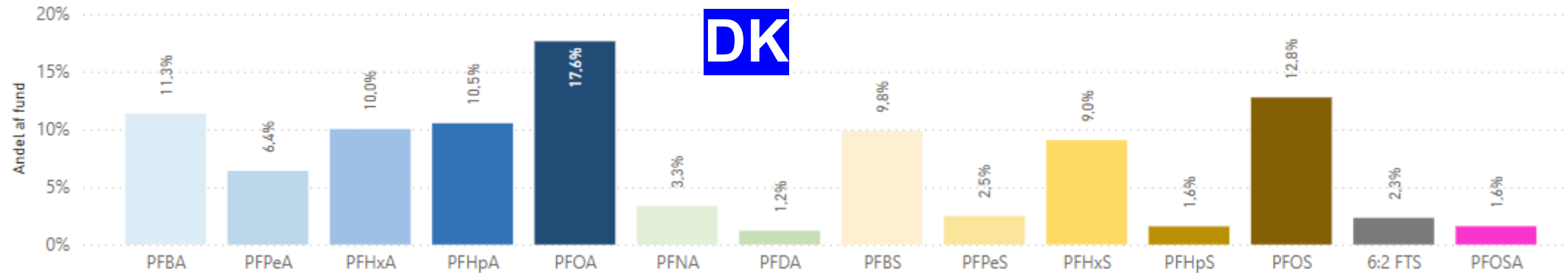
Miljøprojekt nr. 1933, Nye forureningsstoffer i perkolat fra lossepladser, **Miljøstyrelsen 2017**

PFAS i grundvand ved gamle lossepladser

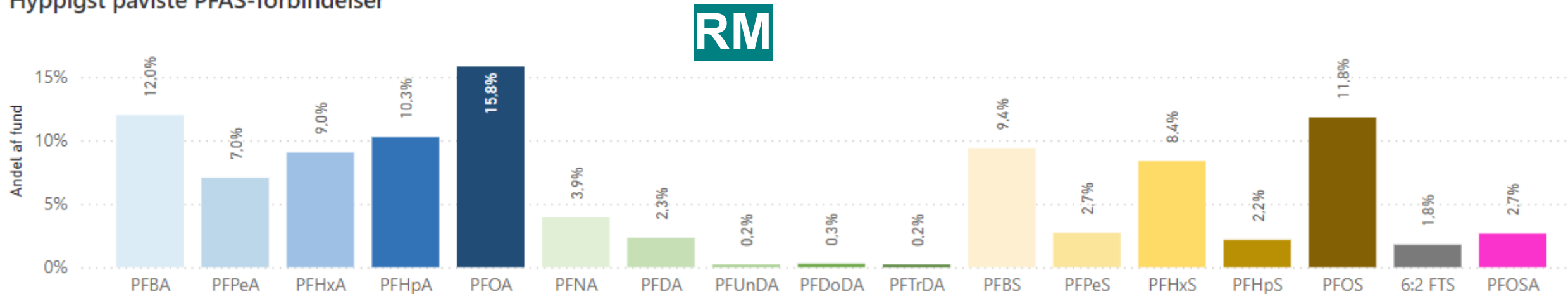
The same order of frequency of detection across regions:

1. PFOA
2. PFOS
3. PFBA
4. PFHxA, PFHpA, PFBS, PFHxS (similar shares)
5. PFPeA
6. The rest (ca. last 10%)

Hyppigst påviste PFAS-forbindelser



Hyppigst påviste PFAS-forbindelser

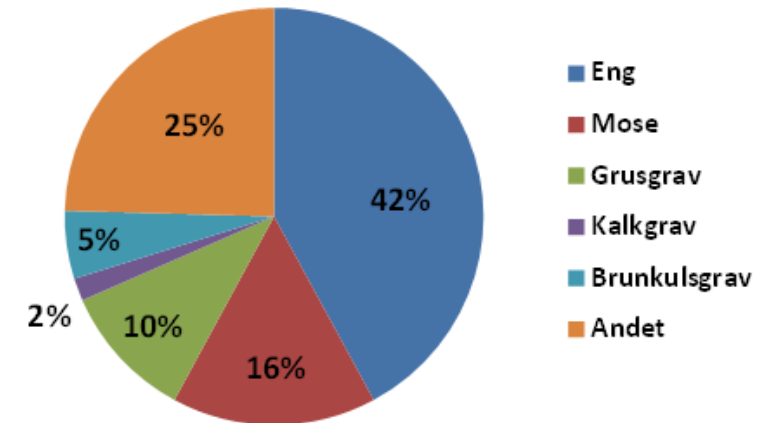


Tak til WSP og Nika Bilic, DTU Sustain



Lossepladser og overfladevand

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



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

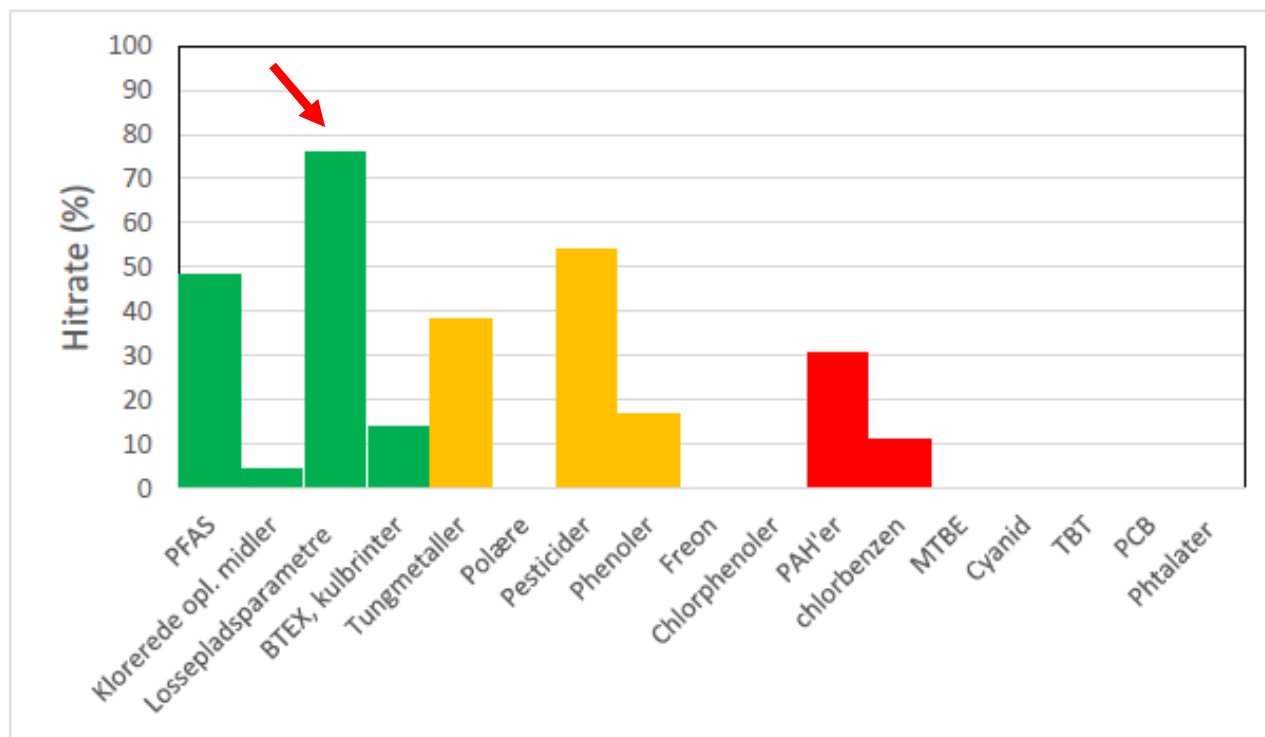
Bjerg, P. L.; Sonne, A. T.; Tuxen, N.; Skov Nielsen, S.; Roost, S. (2014). Risikovurdering af lossepladser påvirkning af overfladevand. København K: Miljøstyrelsen, 77 p. Miljøprojekt nr. 1604.

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.

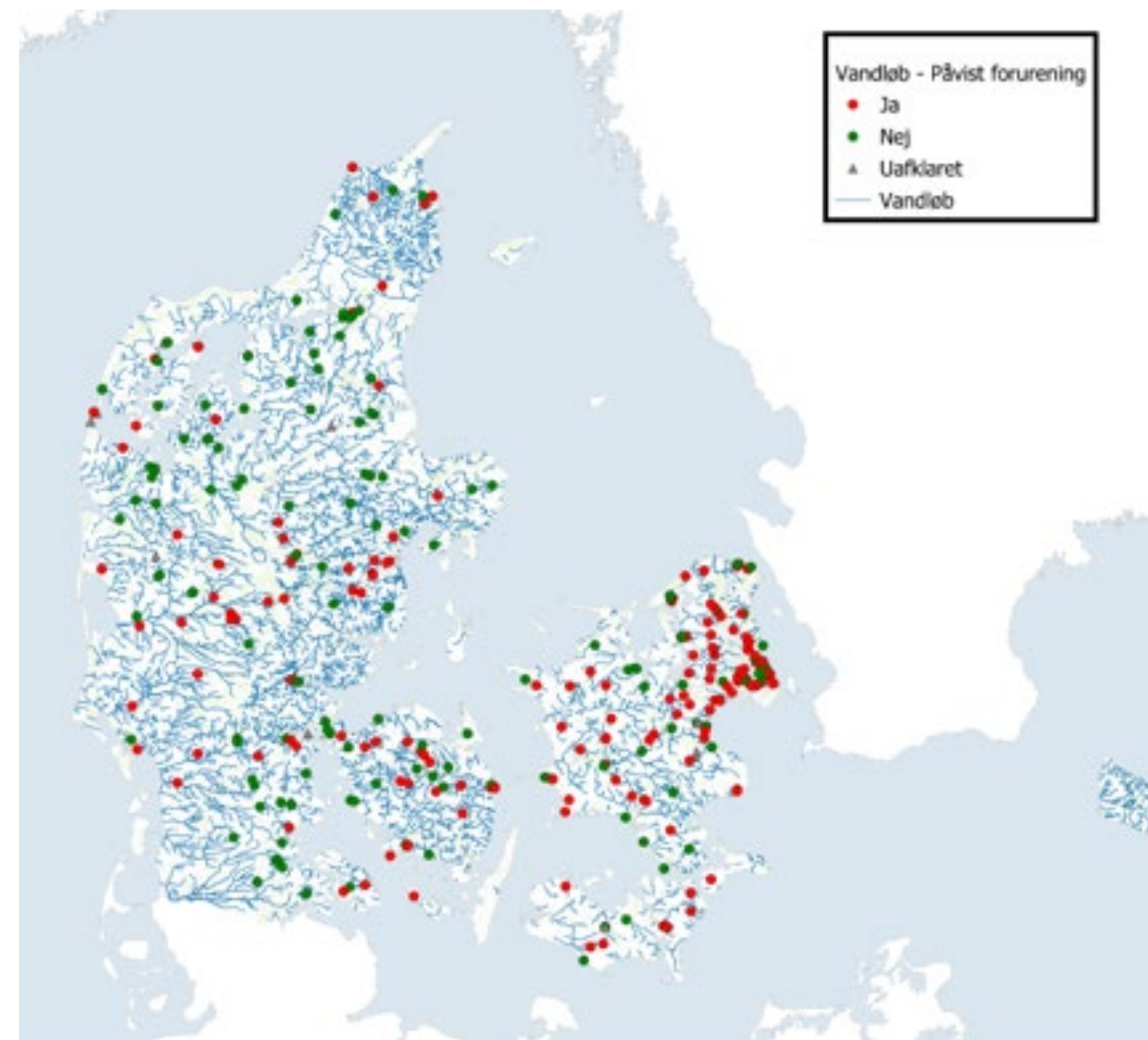
Jordforureningers påvirkning af overfladevand

VMR (2023). Resultater af regionernes undersøgelser 2021-2022 Dataanalyse og erfaringsopsamling. December 2023

- 400 lokaliteter er undersøgt i 2021-2022
- 84 af lokaliteterne er lossepladser – høj hyppighed



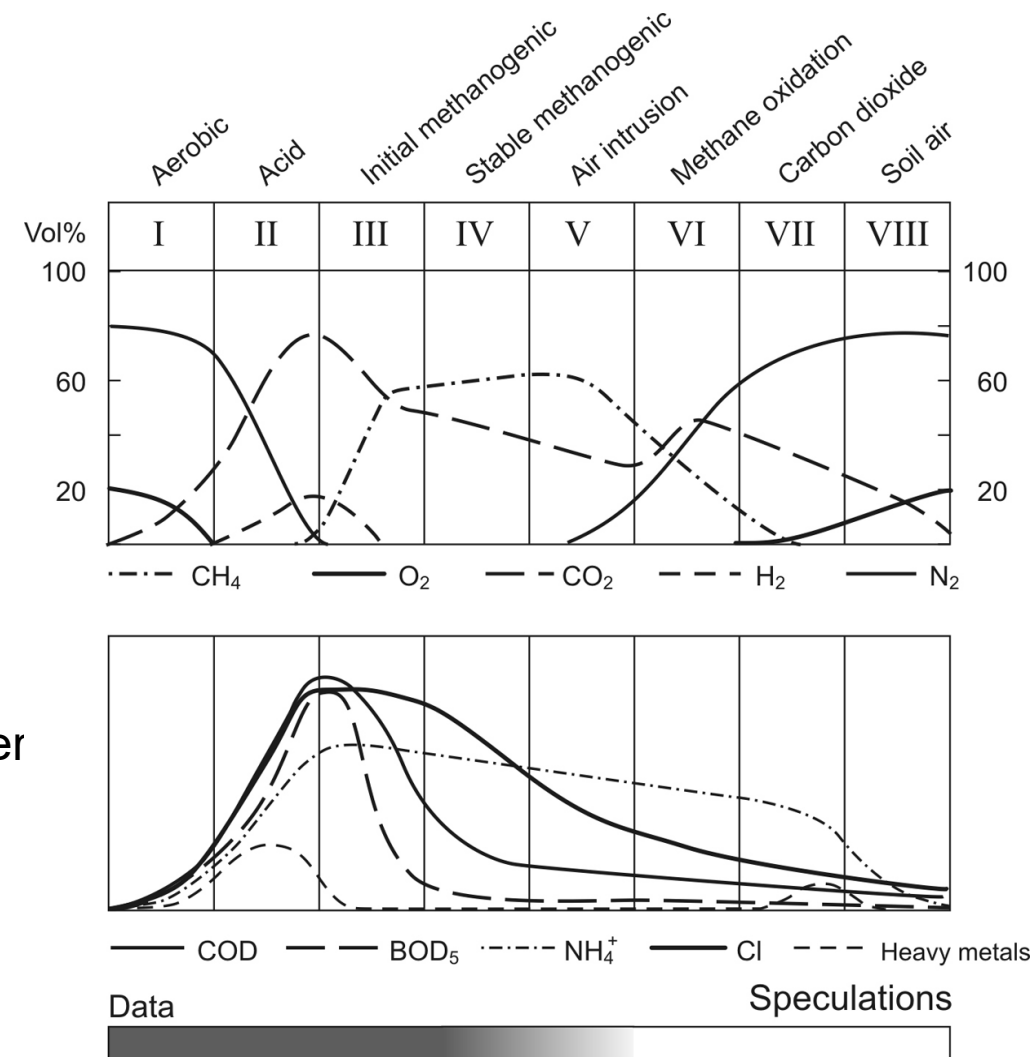
Figur 5.3: Hyppighed (hitrater) af fund over grænseværdierne for forskellige stofgrupper i alle de undersøgte vandløbsstrækninger. Signaturforklaring – farverne indikerer datagrundlagets størrelse: Grøn (> 50 vandløbsstrækninger), gul (20 – 50 vandløbsstrækninger), rød (< 20 vandløbsstrækninger).



Gamle lossepladser er langtidsholdbare

- Udsivningen fortsætter i meget lang tid

- Dekader til århundreder er blevet foreslået
- Stærkt afhængig af stofgruppen
 - **Opløst organisk stof, DOC/NVOC**
 - **Uorganiske makroioner – salte - nitrogen**
 - **Tungmetaller**
 - Miljøfremmede organiske stoffer
- Vores viden er baseret på observationer:
 - Over korte tidshorisonter
 - Primært fra målinger for de **tre** første stofgrupper



Kjeldsen P., Barlaz 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.

Deponeringsanlæg i Danmark

- 26 aktive deponeringsanlæg
- 73 deponeringsanlæg i efterbehandling

Danmarks strategi for håndtering af problematiske stoffer i deponeringsanlæggene har hidtil været, at miljøfarlige og forurenende stoffer, herunder PFAS (per- og polyfluorerede alkylstoffer), udvaskes med gennemstrømmende regnvand og som perkolat ledes til offentligt renseanlæg, med henblik på, at de nedlukkede enheder efter en **efterbehandlingsperiode** kan overgå til **passiv tilstand** uden behov for håndtering og behandling af perkolat.

Håndtering af PFAS i deponeringsanlæg

Deponeringsanlæg i Danmark

- 26 aktive deponeringsanlæg
- 73 deponeringsanlæg i efterbehandling

For fastsættelse af sikkerhedsstilling i forbindelse med godkendelse af deponeringsanlæg, er **efterbehandlingsperiodens varighed** i deponeringsbekendtgørelsen som udgangspunkt fastsat til **30 år**, medmindre godkendelsesmyndigheden vurderer, at affaldets egenskaber begrunder en anden varighed.

De særlige **egenskaber** ved **PFAS** og de målte **koncentrationer i perkolat** kan medvirke til at begrunde **en anden varighed**, medmindre mængden af PFAS i affaldet og/eller perkolatet kan mindskes med nye håndteringsmetoder

Håndtering af PFAS i deponeringsanlæg

Deponeringsanlæg Efterbehandling i 30 år?

- I dag antages det som udgangspunkt for hensættelse af midler til bl.a. at gennemføre efterbehandlingen (Deponeringsbekendtgørelsen - BEK 1049/2013, § 8, stk. 4), at denne kan afsluttes efter **30 års** forløb.
- Denne antagelse **er ikke** baseret på **et videnskabeligt grundlag**, men snarere fastsat ud fra det synspunkt, at hver generation skal tage vare på eget affald (og ud fra et minimumskrav i Deponeringsdirektivet (1999/31/EF) til sikkerhedsstillelse i 30 år).
- Meget tyder på, at efterbehandlingsperioden for de fleste deponeringsanlæg kan få en varighed, som **rækker langt ud over de 30 år**.



Deponeringsanlæg Efterbehandling i 30 år?

- På basis af de detaljerede vurderinger fra udvalgte lokaliteter samt det statistiske materiale fra en række 15 til 65 år gamle pladser må det konstateres, at det **ikke** vil være **urealistisk** at forvente, at lossepladser med en deponering som den har været gennemført hidtil, vil kunne overgå fra aktive til passive miljømæssige foranstaltninger efter en periode på **30 år**.
- Dette skal dog **verificeres** i detaljer for **hver enkelt plads**.
- Samtidig vil det medføre, at **drikkevandsressourcen** mellem den kontrollerede losseplads og recipienten formodentlig **må afskrives**.

Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen
Nr. 70 1997

Vurdering af lossepladser overgang fra aktiv til passiv miljøbeskyttelse

Teknisk vurdering af eksisterende og nedlagte lossepladser

Carsten Christiansen, Inge Grevy, Lars Mikkel Johannessen
Susanne Clausen og Pia Lene Winther
Carl Bro as Energi & Miljø

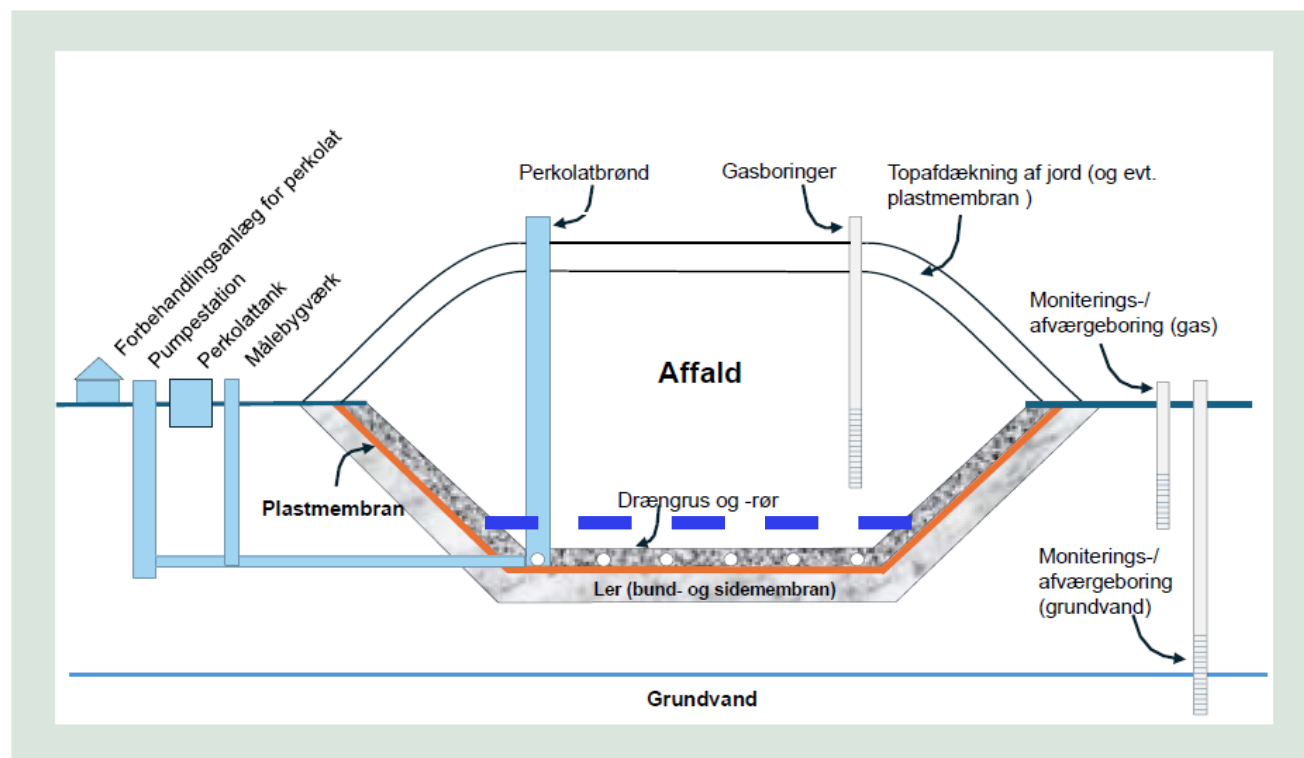
Thomas Højlund Christensen, Poul L. Bjerg
Danmarks Tekniske Universitet, Institut for Miljøteknologi

Miljø- og Energiministeriet Miljøstyrelsen

Forureningskomponenterne, der blev beskrevet, var klorid, ammonium, COD (eller TOC), cadmium og zink

Hvad sker der med et deponi efter ”efterbehandlingsperioden” er slut?

Hvad er forskellen på et Deponeringsanlæg i **passiv tilstand** efter efterbehandlingsperioden og en gammel losseplads?

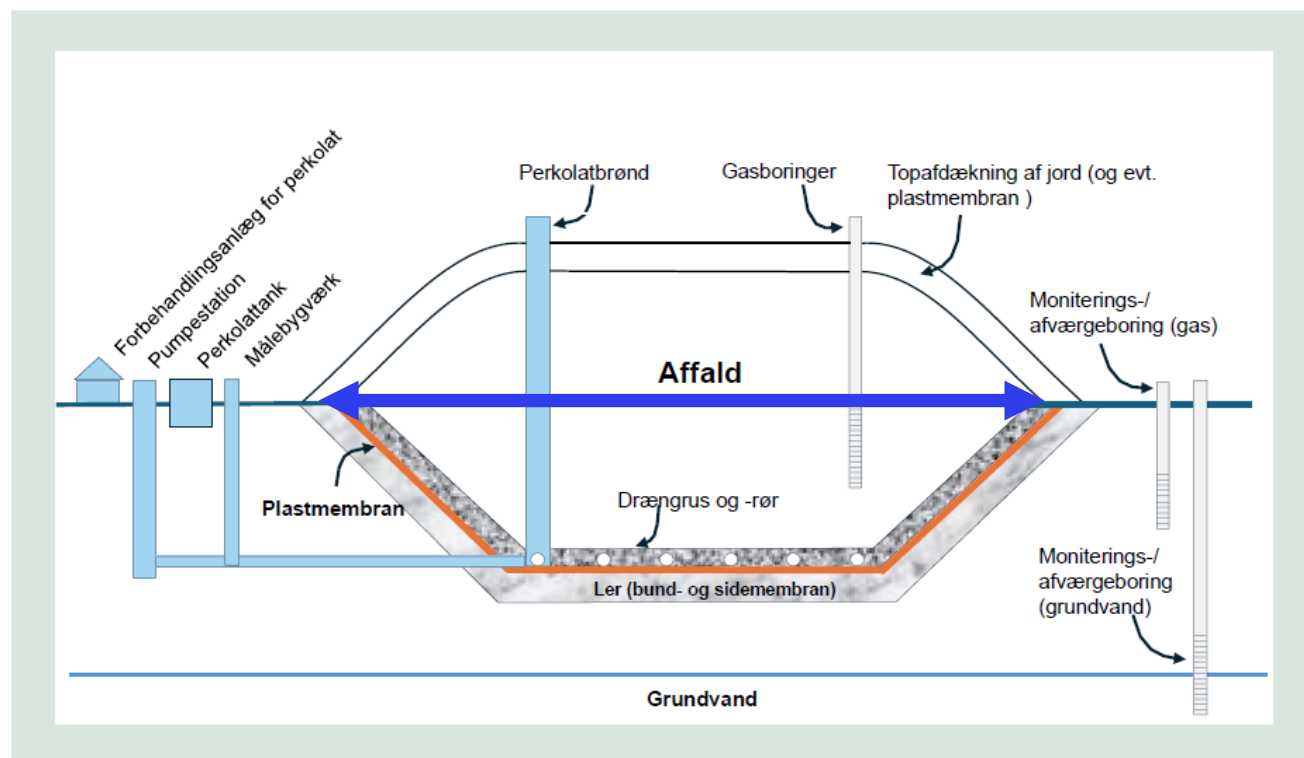


Passiv tilstand

- Ingen perkolatopsamling
- Badekarseffekt?
- Membranen ”ødelægges”
- Afdækning
- Monitorering?

Hvad sker der med et deponi efter ”efterbehandlingsperioden” er slut?

Hvad er forskellen på et Deponeringsanlæg i **passiv tilstand** efter efterbehandlingsperioden og en gammel losseplads?

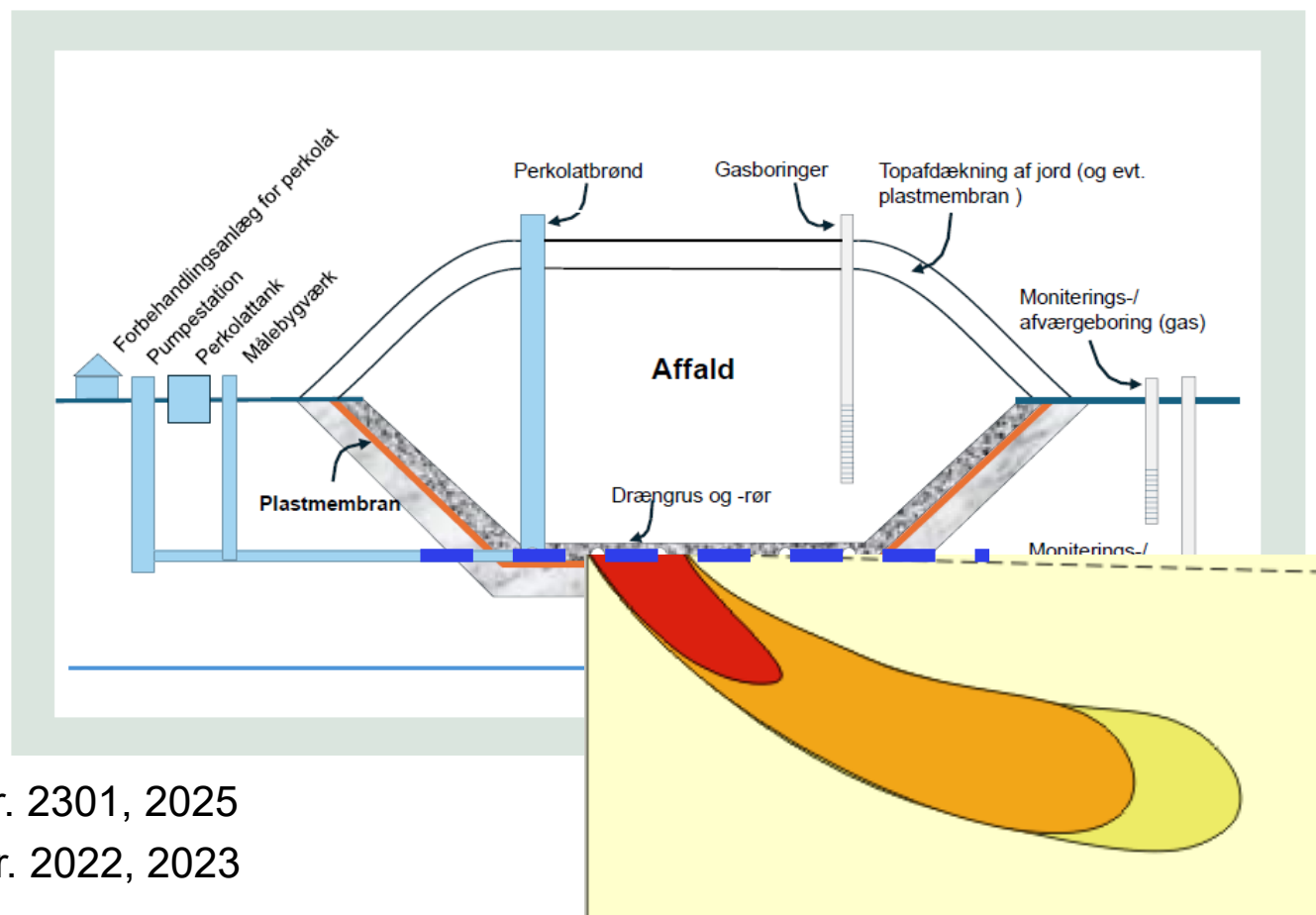


Passiv tilstand

- Ingen perkolatopsamling
- **Badekarseffekt?**
- Membranen ”ødelægges”
- Afdækning
- Monitering?

Hvad sker der med et deponi efter ”efterbehandlingsperioden” er slut?

Hvad er forskellen på et Deponeringsanlæg i **passiv tilstand** efter efterbehandlingsperioden og en gammel losseplads?



Passiv tilstand

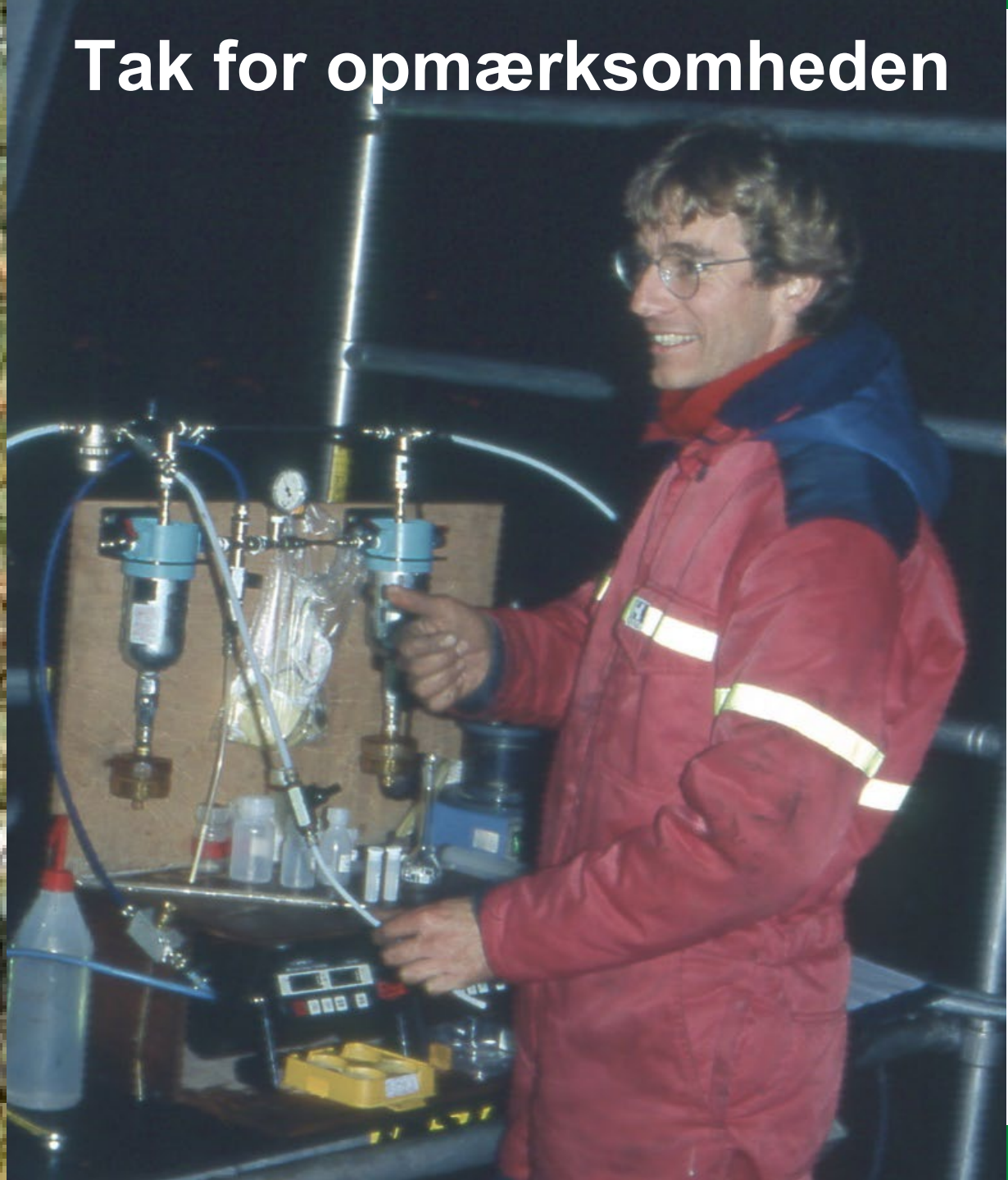
- Ingen perkolatopsamling
- Badekarseffekt?
- Membranen ”ødelægges”
- Afdækning
- Monitering?

Konklusion

- Vigtig forskel på "Gamle lossepladser" og Affaldsdeponeringsanlæg"
- Kilder og forureningsfaner fra gamle lossepladser er komplekse
- Brug af erfaringerne fra de "gamle" undersøgelser ved "nye" undersøgelser
- Forureningsfaner fra gamle lossepladser kan udgøre en risiko?
 - Pesticider – måske – hvad med de nye "pesticider"?
 - Chlorerede opløsningsmidler – særlige tilfælde – typisk hotspots
 - PFAS – vi er blevet klogere (og grænseværdierne er blevet sænket)
- Efterbehandlingstid på 30 år for deponeringsanlæg holder ikke (for PFAS)
 - og det har det nok aldrig gjort 😊
- Risiko for grundvand – drikkevandsressource – overfladevand – ?



Tak for opmærksomheden





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?
 - Påvirkning af overfladevand
-
- Nye undersøgelsesmetoder og forureningsfaner
 - Lossepladser i komplekse geologier

Vil du vide mere

- 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
- Bjerg, P.L.; Rügge, K.; Pedersen, J.K.; Christensen, T.H. (1995). Distribution of redox sensitive groundwater quality parameters downgradient of a landfill (Grindsted, Denmark). *Environmental Science & Technology*, 29, 1387-1394.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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
- Lyngkilde, J. & Christensen, T. H. (1992). Redox zones of a landfill leachate pollution plume (Vejen, Denmark), *Journal of Contaminant Hydrology*. 10, 4, p. 273-289.
- Lyngkilde, J. & Christensen, T. H. (1992). Fate of organic contaminants in the redox zones of a landfill leachate pollution plume (Vejen, Denmark). *Journal of Contaminant Hydrology*. 10, 4, p. 291-307
- 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.

DTU

