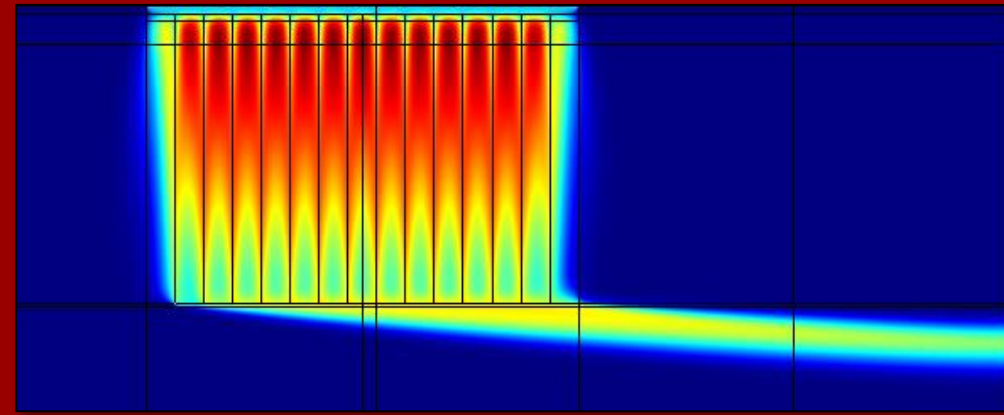




Klaus Mosthaf, Annika S. Fjordbøge, Poul L. Bjerg, Sandra Roost, Katerina Tsitonaki, Anna K. Nielsen, Tove Svendsen, Nanette L. S. Christiansen

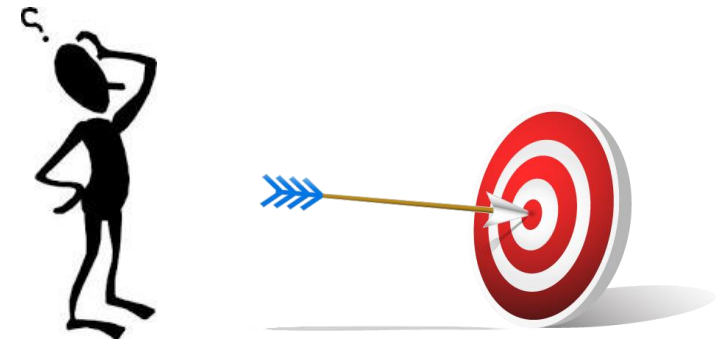
Modelbaserede undersøgelser af pesticidtransport og varighed af pesticidkilder

Formål og fokus

Opnå et bedre forståelse af **hovedtransportveje** af udbredte **pesticider** og deres metabolitter under kildeområder i moræneler

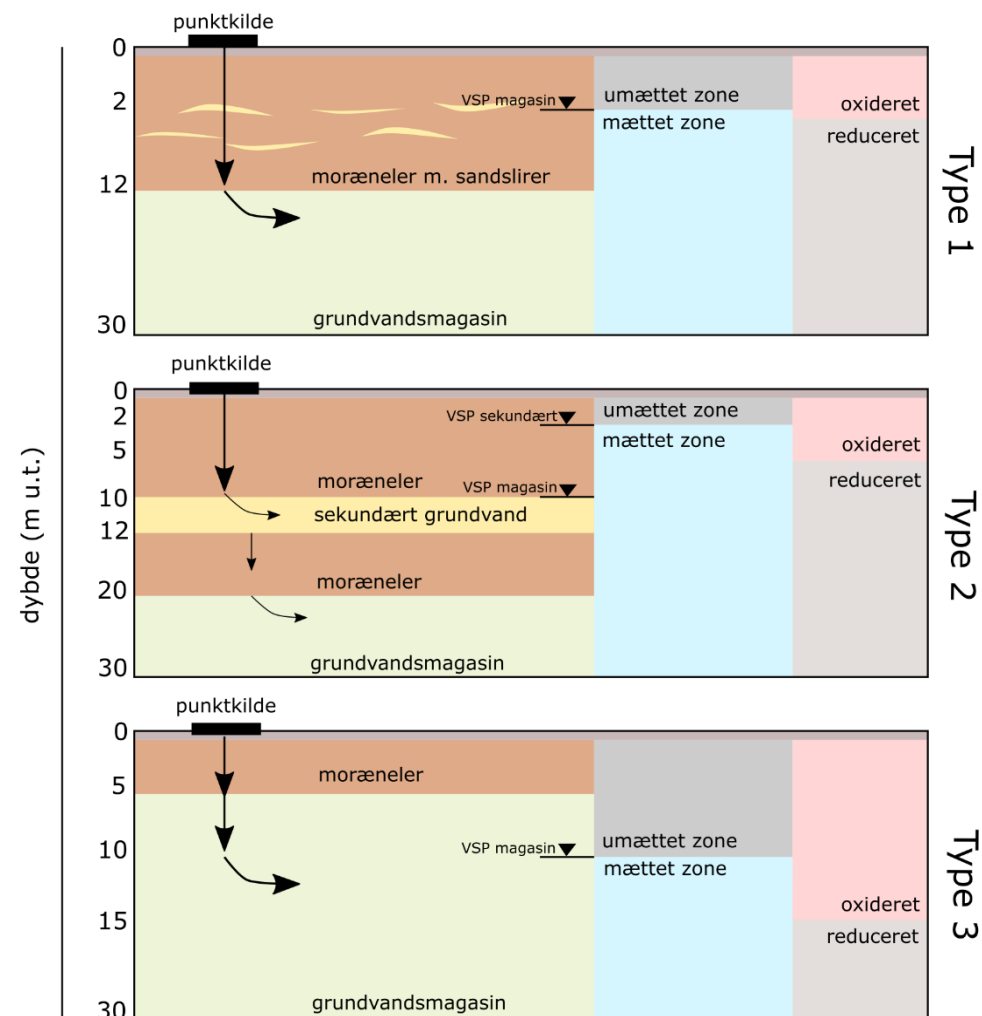
→ **scenariemodellering** af pesticidtransport for at belyse betydning af

- stofegenskaber (fx sorption, nedbrydning)
- jordens egenskaber og forekomst af sprækker
- horisontal strømning i sekundær akvifer
- vandmætning i akvifer/ler



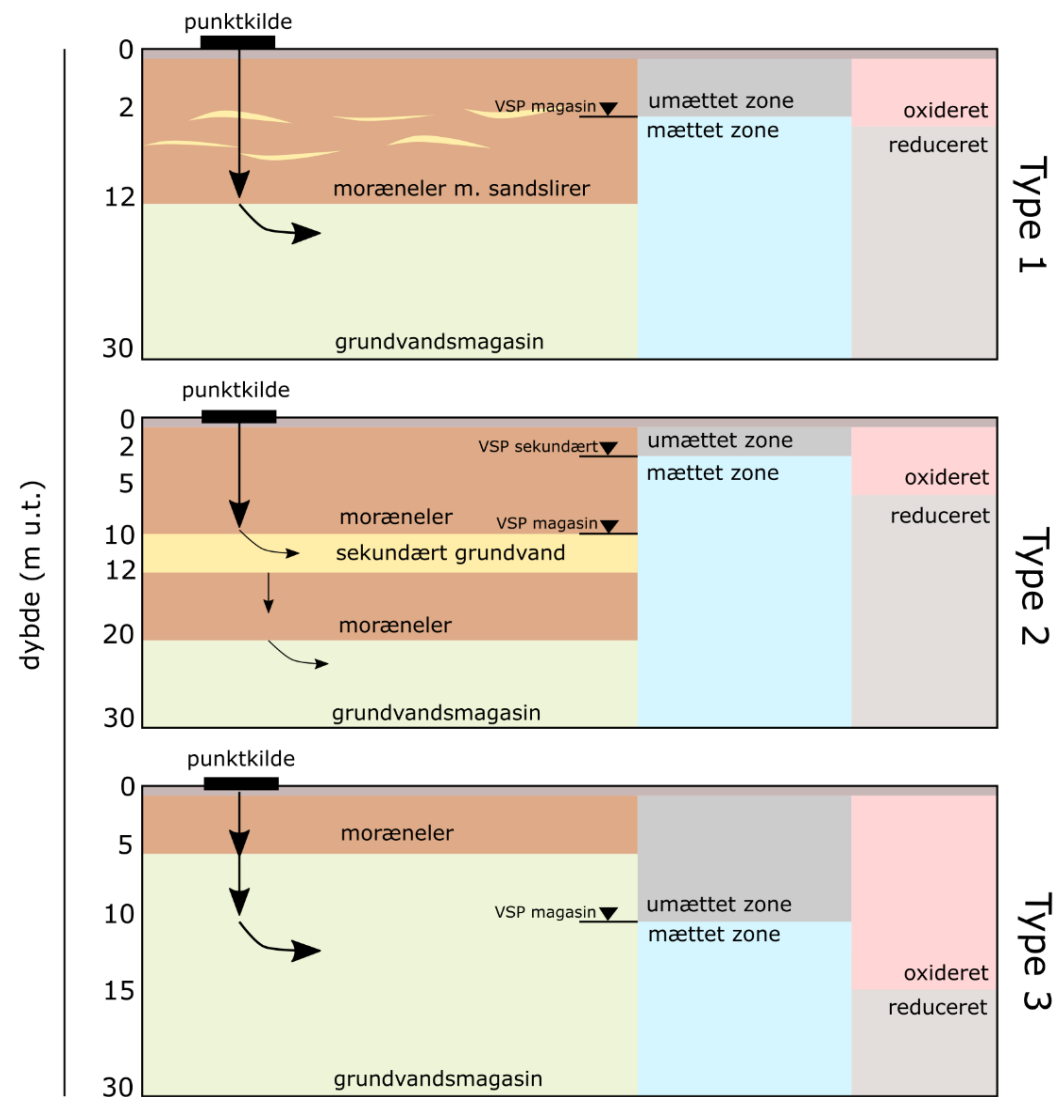
Typelokaliteter og setups

- Definition af 3 **typelokaliteter** baseret på datagrundlag (input fra alle regioner)
- **Pesticidpunktkilde** (cirka 200 m²) som nedsiver igennem moræner til sandakvifer
- **Fokusstoffer:** Chloridazon, DPC, MDPC, Clopyralid, Bentazon, Dichlorprop, MCPP, DMS
- **Nedbrydning** i den oxiderede del af jord



Typelokaliteter og setups

- **Typologi 1:** Tyk moræneler over akvifer
- **Typologi 2:** Tyk moræneler med indlejret sandlag (sekundær grundvand) med horisontal strømning
- **Typologi 3:** Tynd moræneler med umættet zone og mere nedbrydning (tyk oxideret zone)



Stofegenskaber og anvendelsesperioder

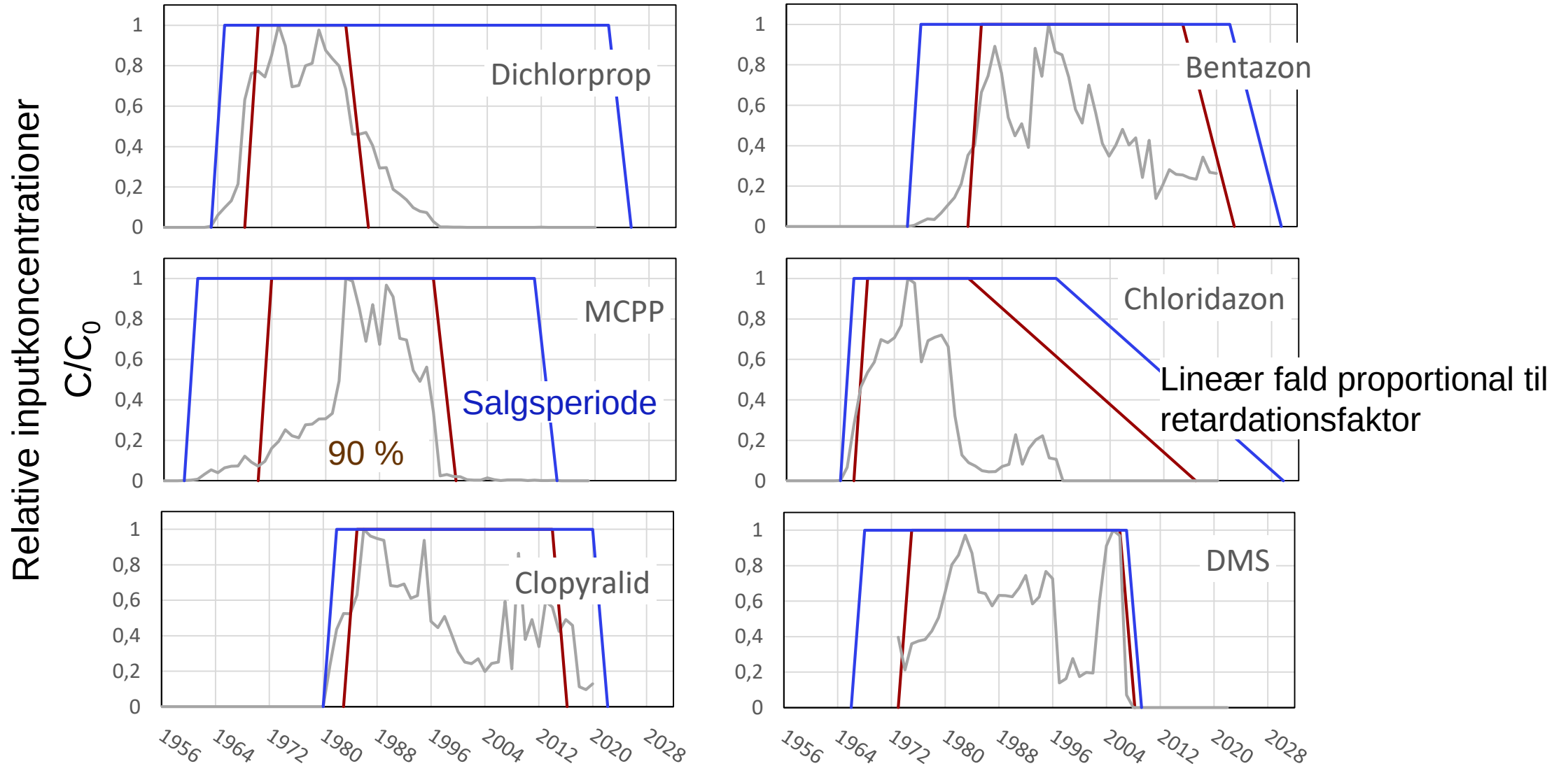
- Stoffer viser forskellige **sorptionsegenskaber** og **nedbrydningsrater**, også afhængig af geologi (ML/S/K)

Stof/Jordtype	Kd (L/kg)			k1 (1/d)	
	ML	S	K	Ler	Akvifer
Chloridazon	2.8	0.1	0.13	8.6E-04	8.6E-05
DPC	0.61	0.05	0.08	6.5E-04	6.5E-05
MDPC	3.1	0.48	0.54	4.8E-04	4.8E-05
Clopyralid	0.02	0.01	0	2.0E-03	2.0E-04
Bentazon	0.5	0.01	0.1	2.6E-03	2.6E-04
Dichlorprop	0.12	0.06	0.02	8.7E-03	8.7E-04
MCP	0.12	0.06	0.02	8.7E-03	8.7E-04
DMS	0.02	0.01	0	3.0E-04	3.0E-05

- Salgsstatistik for at definere kort/lang **anvendelsesperiode**: 90% af salg eller salgsperiode definerer input i modellen

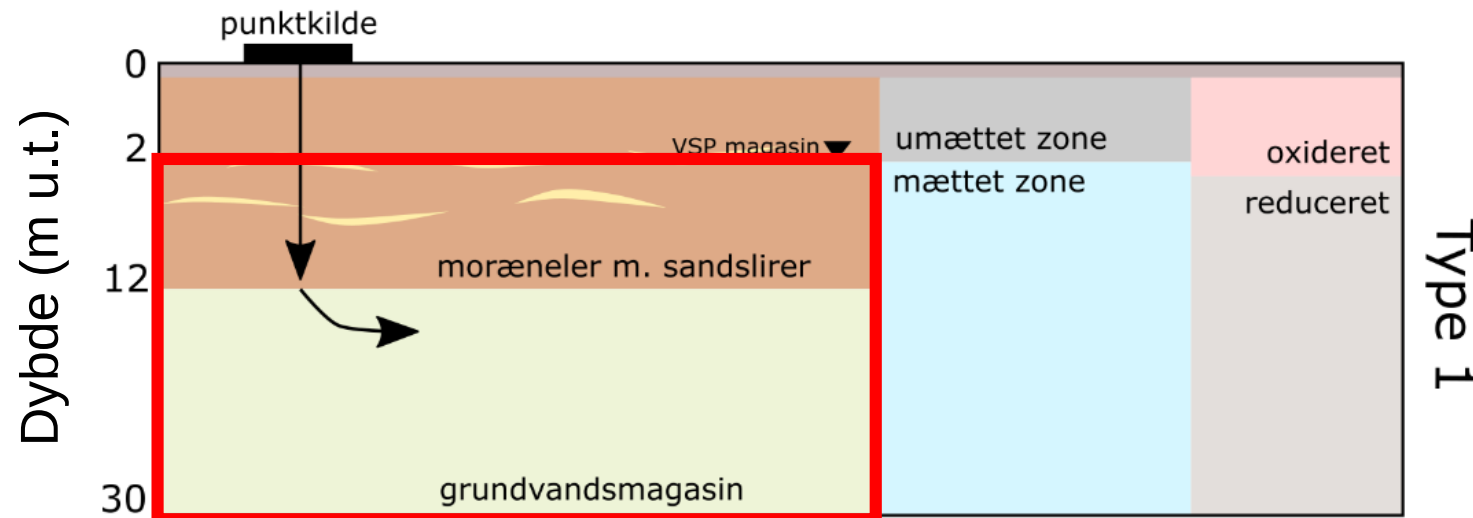
AKTIVSTOF	SALGSPERIODE (0)		PERIODE FOR 90% ANVENDT MÆNGDE (1)	
	Startår	Slutår	Startår	Slutår
Clopyralid	1980	2020	1983	2014
Bentazon	1974	2022	1983	2015
Chloridazon	1964	1996	1966	1983
Dichlorprop	1963	2022	1968	1983
MCP	1959	2011	1970	1996
Tolylfluorid/ Dichlorfluorid	1966	2007	1973	2006

Inputfunktioner baseret på muligt brug/udslip

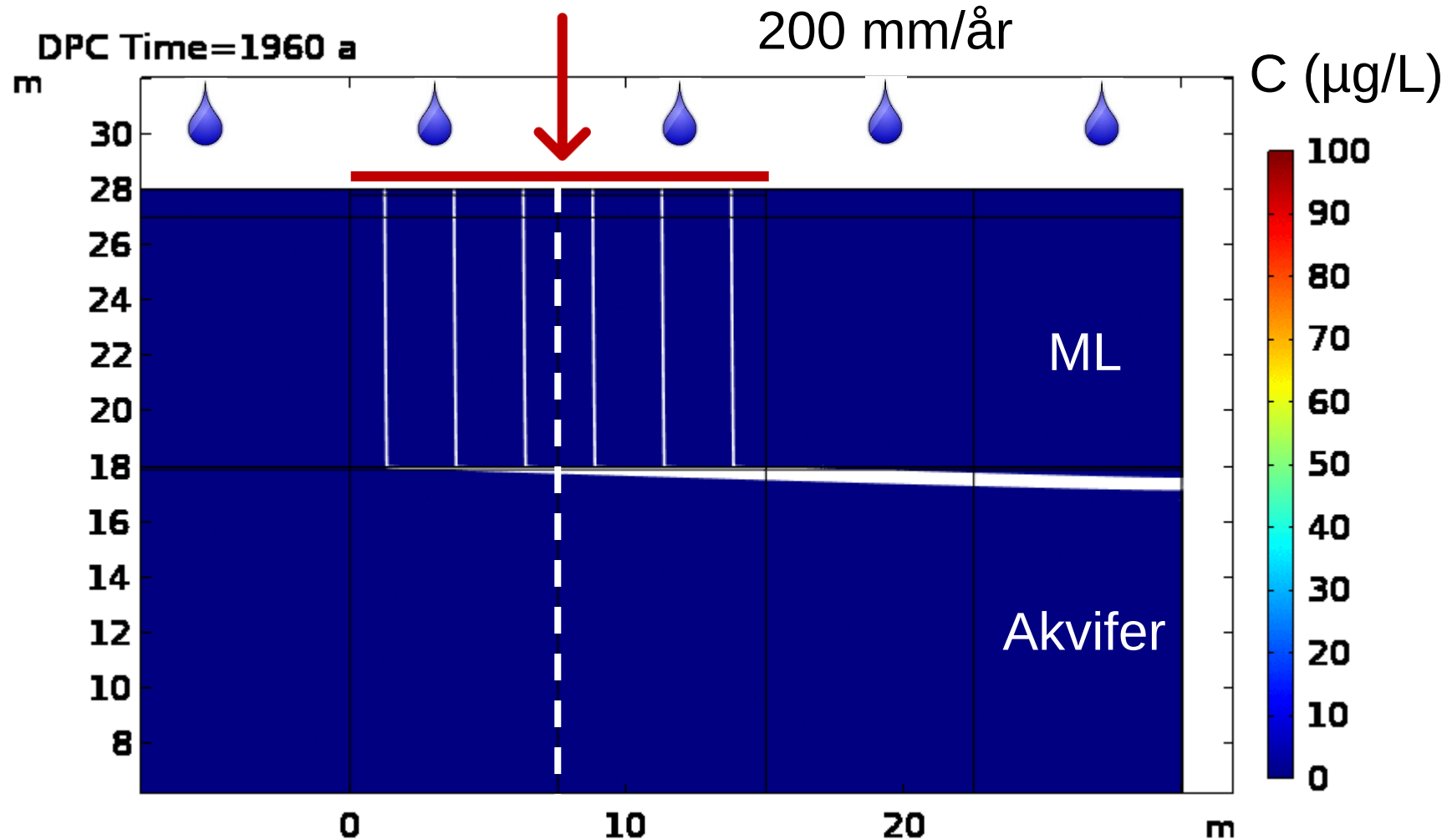


Typologi 1

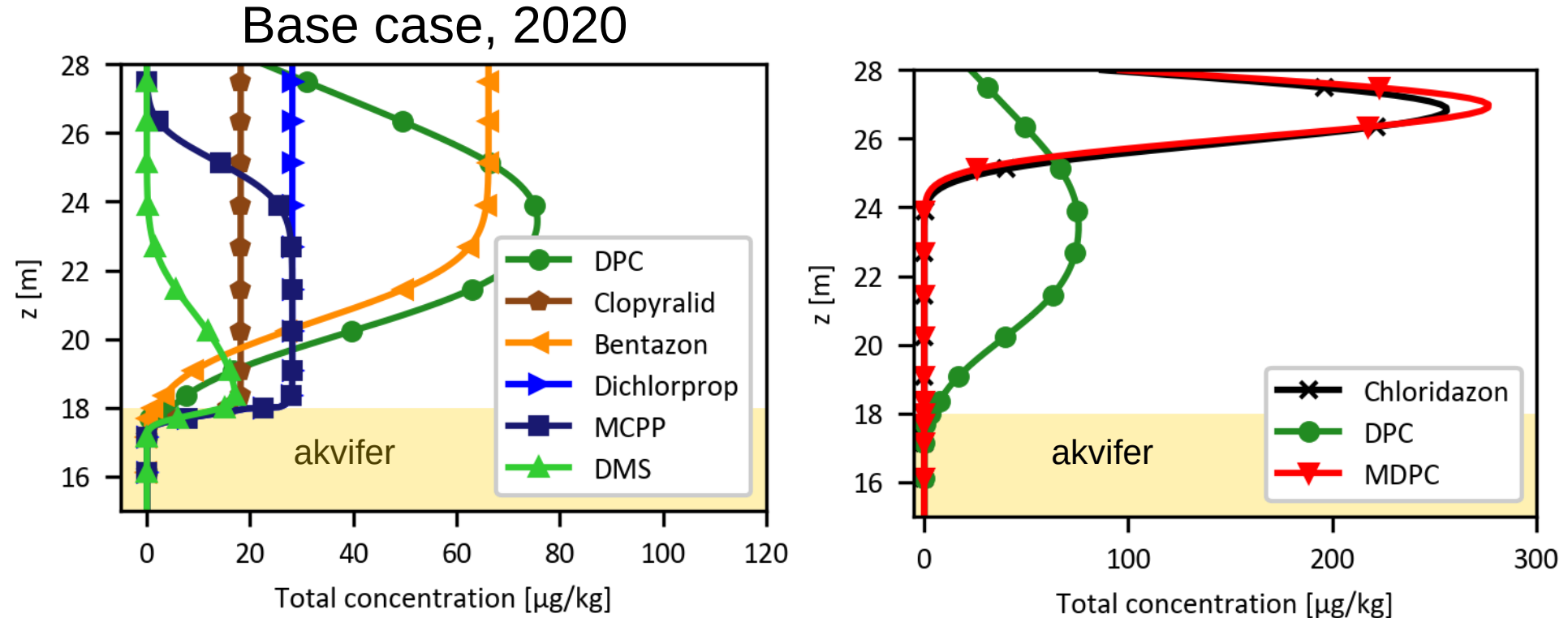
- Tykt ML– sandmagasin med horisontal strømning
 - med/uden sprækker
 - med/uden nedbrydning
 - Infiltrationsrate 100 og 200 mm/år
- Fokus på transport og udbredelse i moræneler
- Som udgangspunkt, inputkoncentrationer af 100 µg/L til alle stoffer (kan omregnes)
- Modellen starter 2 m u.t. (for at undgå ormhuller, rødder osv.)



Simulation af transport igennem 10 m moræneler

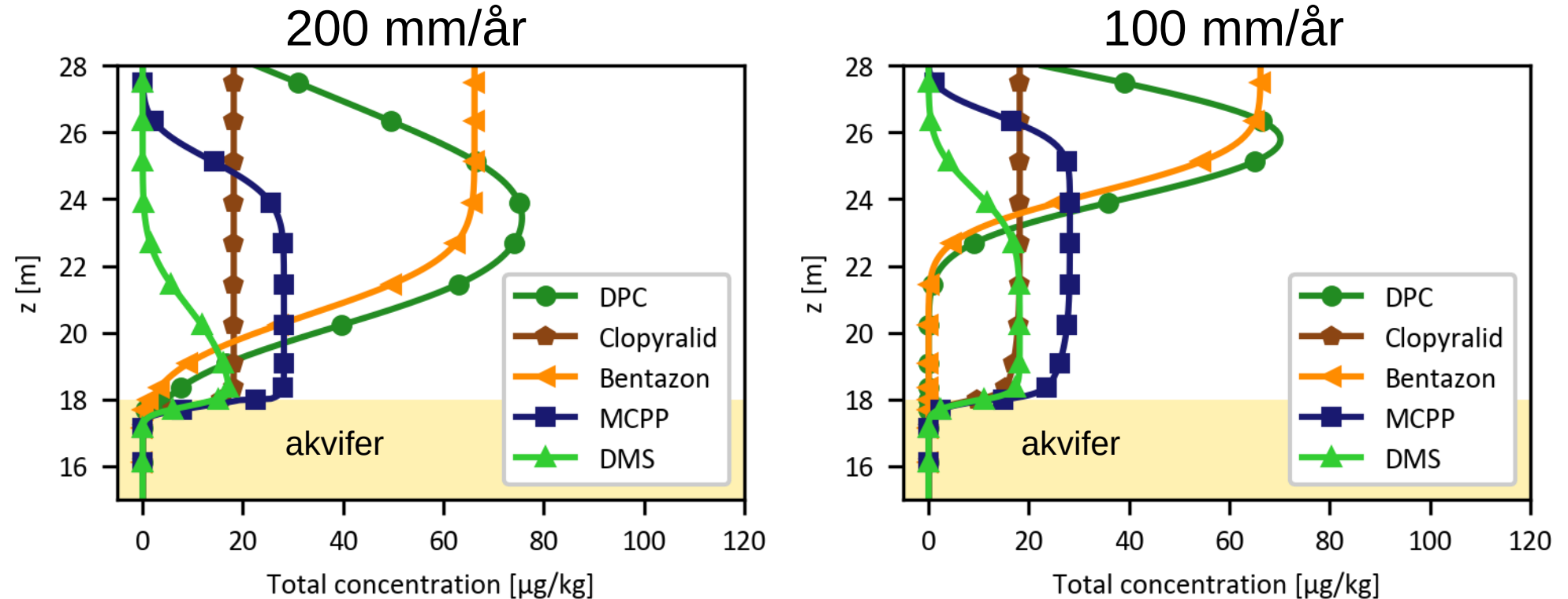


Vertikale koncentrationsprofiler



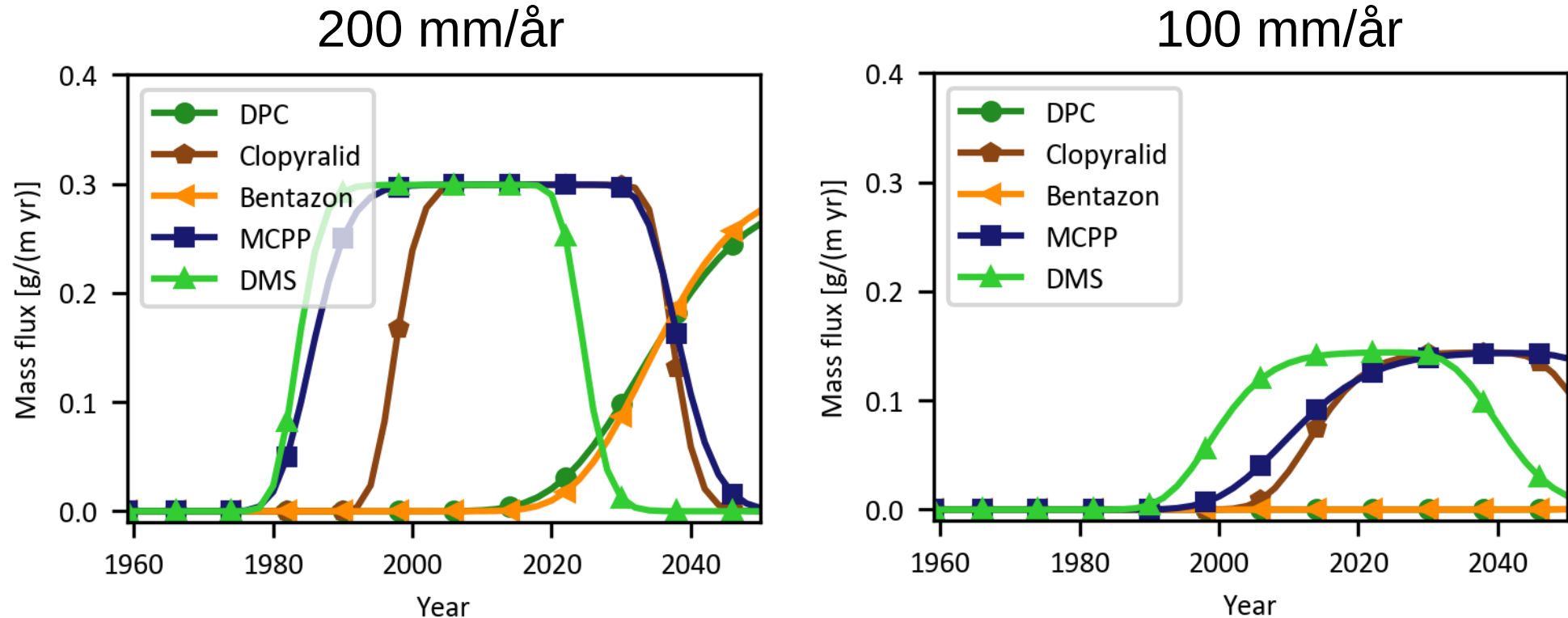
- Totale koncentrationer (vand + jord) over dybden viser meget forskellige mønster i 2020
- Afhænger bl. a. af stofegenskaber og inputperiode (muligt udslip)
- Input af Dichlorprop, Bentazon og Clopyralid indtil 2020
- DMS mest mobil, Chloridazon og MDPC er ikke meget mobil

Indflydelse af infiltrationsrater



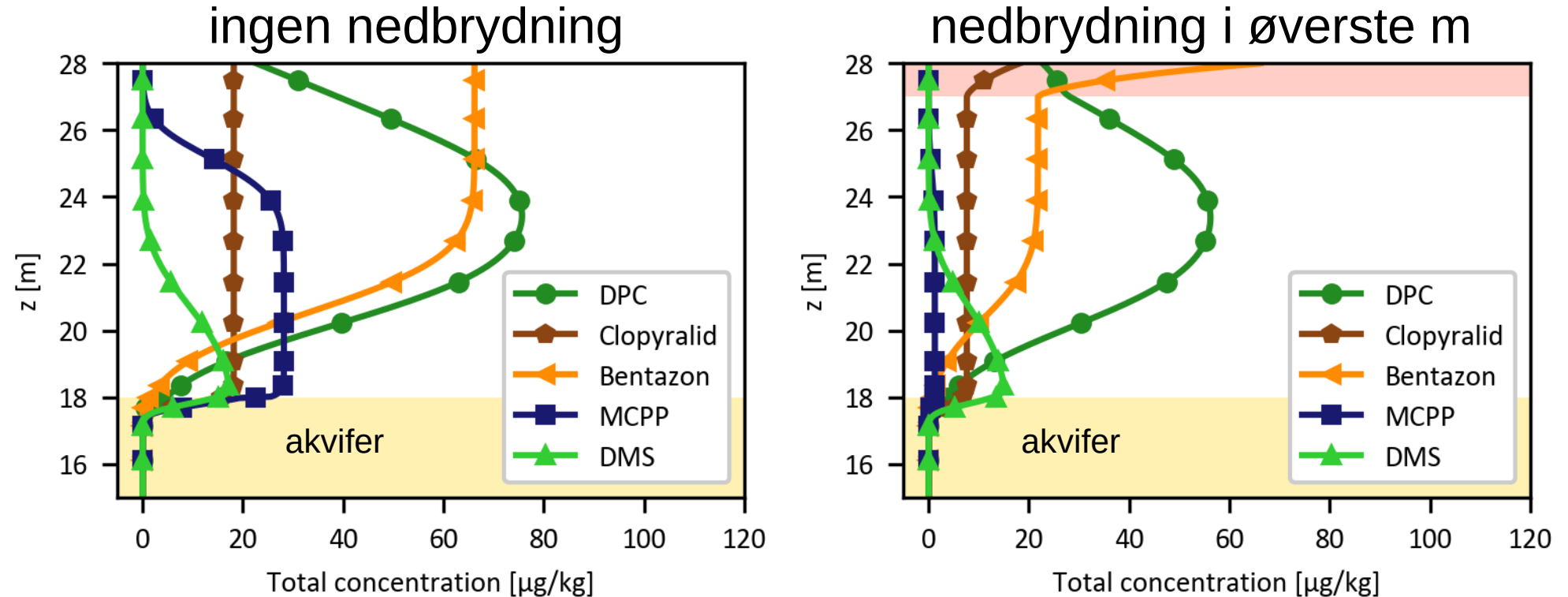
- Højere infiltrationsrate medfører at stofferne flyttes dybere i samme tidsrum
- Koncentrationsmaksima er sammenligneligt

Gennembrudskurver med to infiltrationsrater



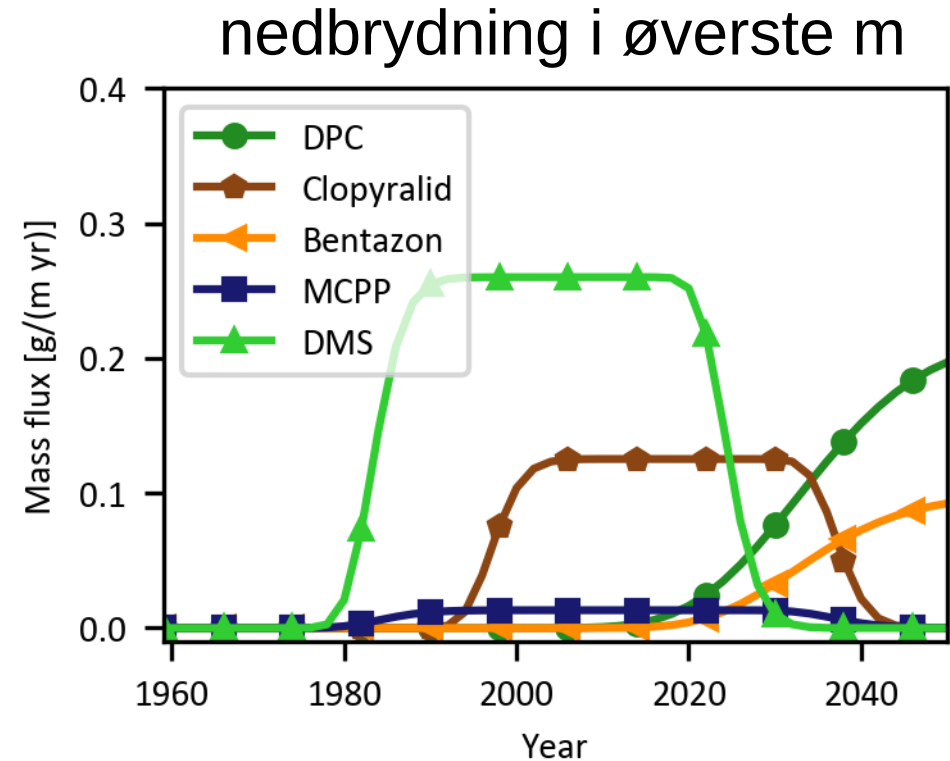
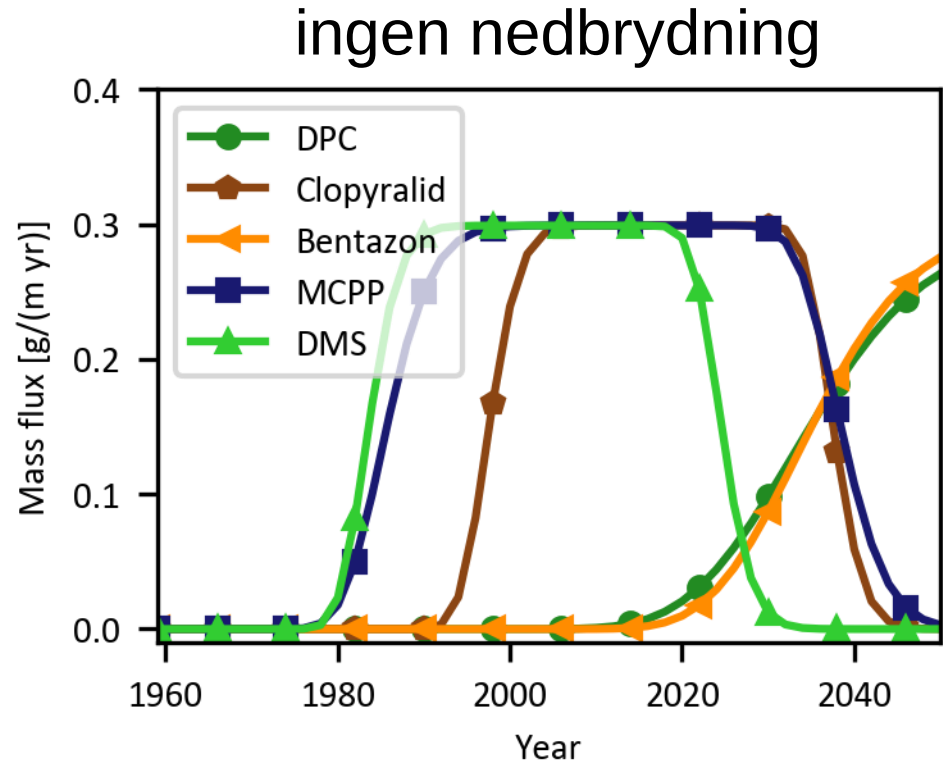
- Lavere infiltrationsrate fører til lavere masseflux
- Ankomsttider forskellige
- Bentazon og DPC er ikke kommet igennem 10 m ler endnu i 2020 med 100 mm/år

Indflydelse af nedbrydning



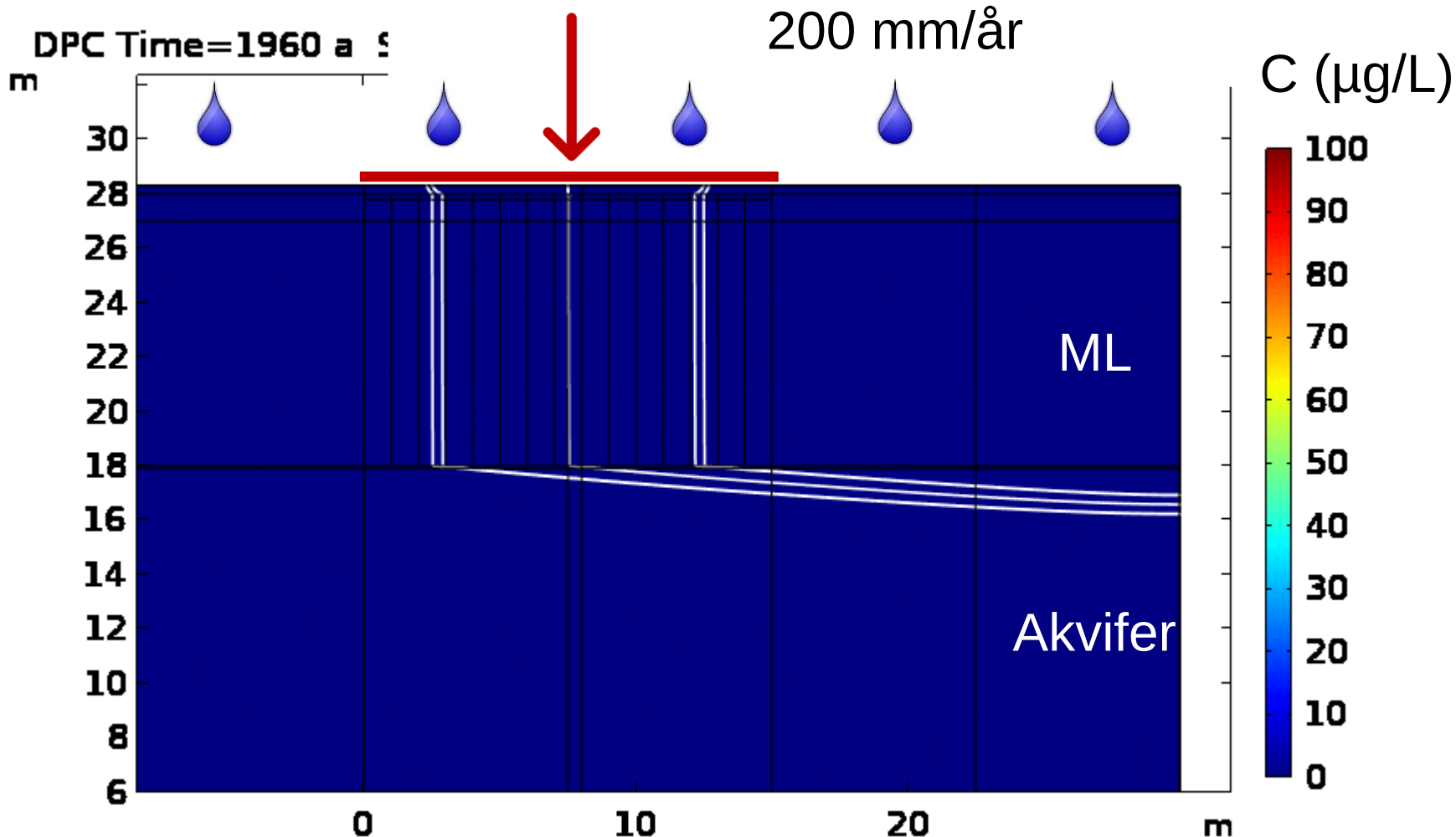
- Aerob nedbrydning har stor indflydelse på koncentrationer og potential for nedbrydelige stoffer, som Phenoxysyrer
- Næsten ingen forskel for DMS

Gennembrudskurver m/u nedbrydning



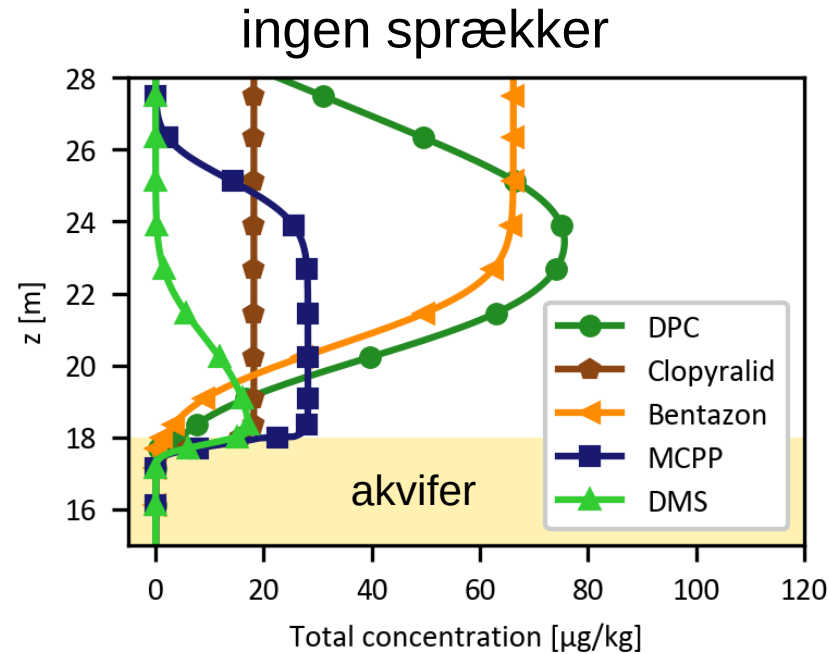
- Nedbrydning fører til lavere masseflux
- Stor forskel for Clopyralid, Bentoazon og phenoxysyrer
- DMS flux næsten uændret pga lave nedbrydningsrater
- Ankomsttider uændret

Simulation af transport igennem sprækket moræneler

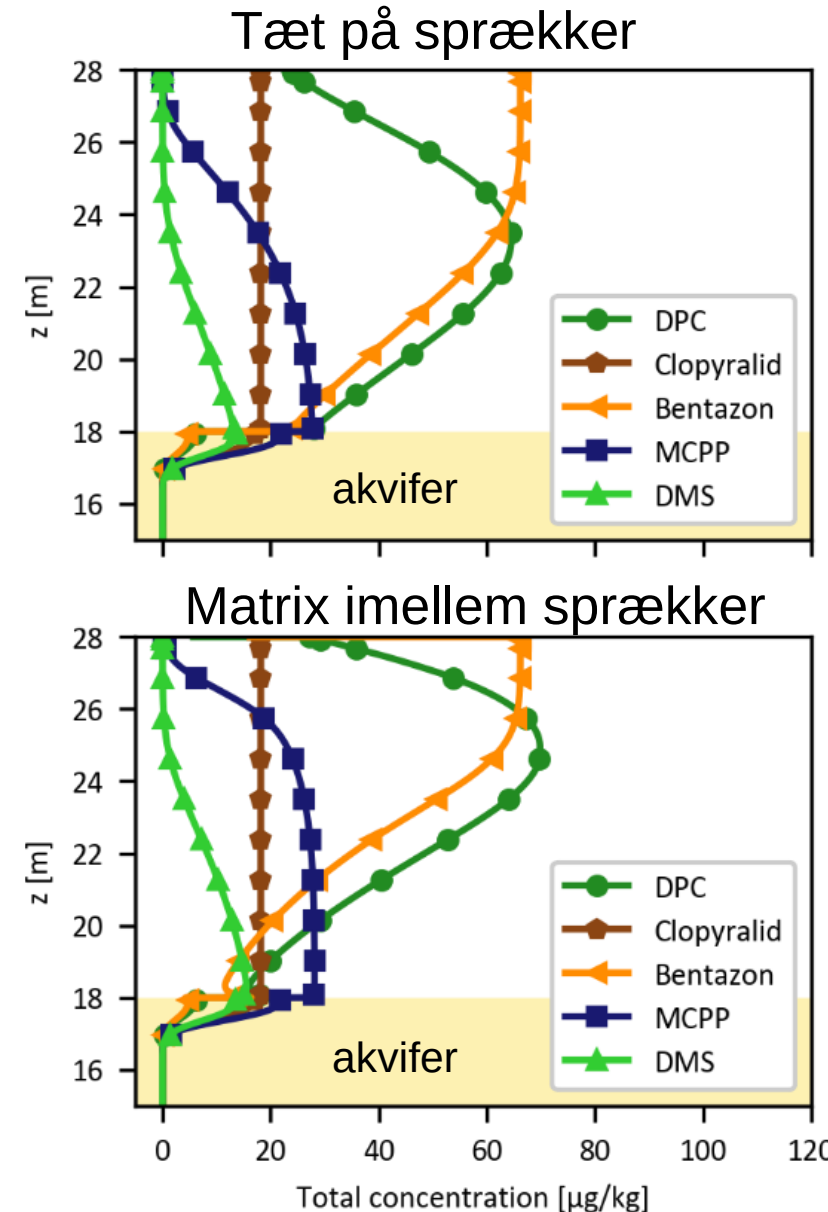


- 20 μm vertikale sprækker hver 1 m
- Samme vandflux (200 mm/år) og vertikal hydraulisk gradient
- Tydeligt effekt af sprækker på transport
- Sprækkeadvektion og matriksdiffusion

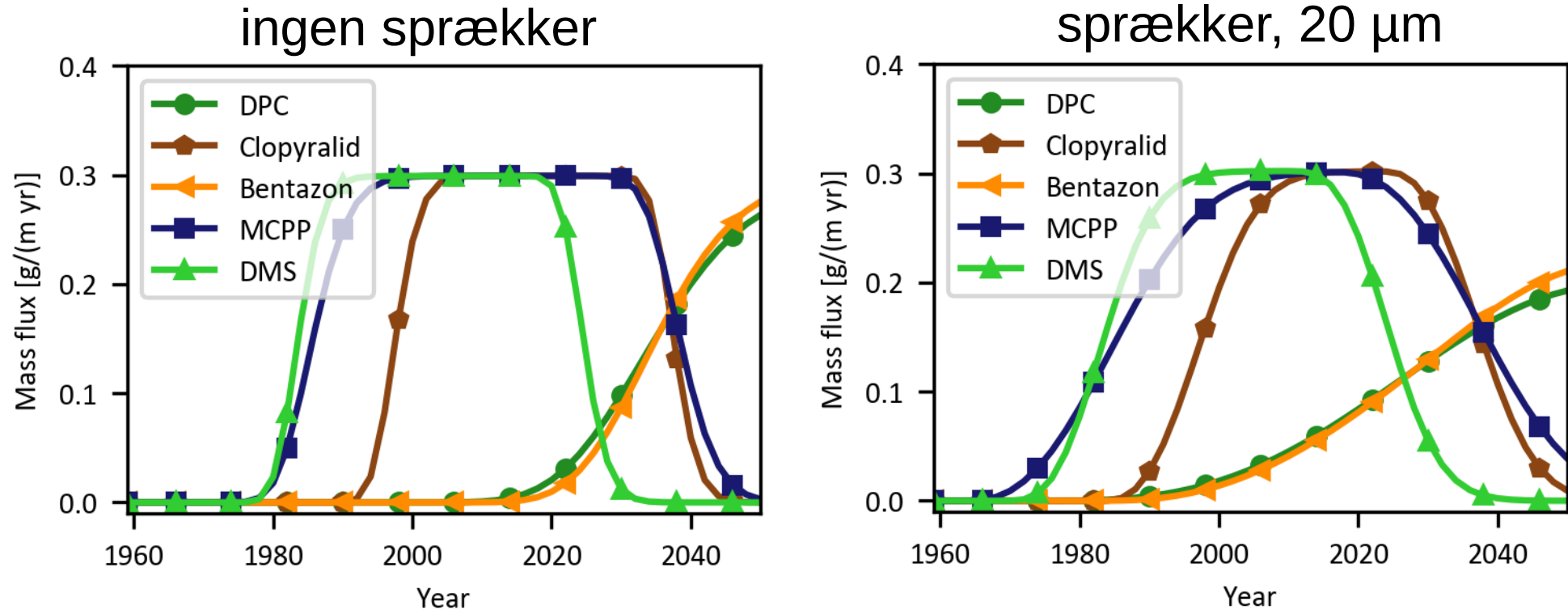
Indflydelse af sprækker



- Sprækker med 20 μm viser lidt effekt på vertikale koncentrationsprofiler
- Dybdefordeling adskiller sig i sprækker/matriks

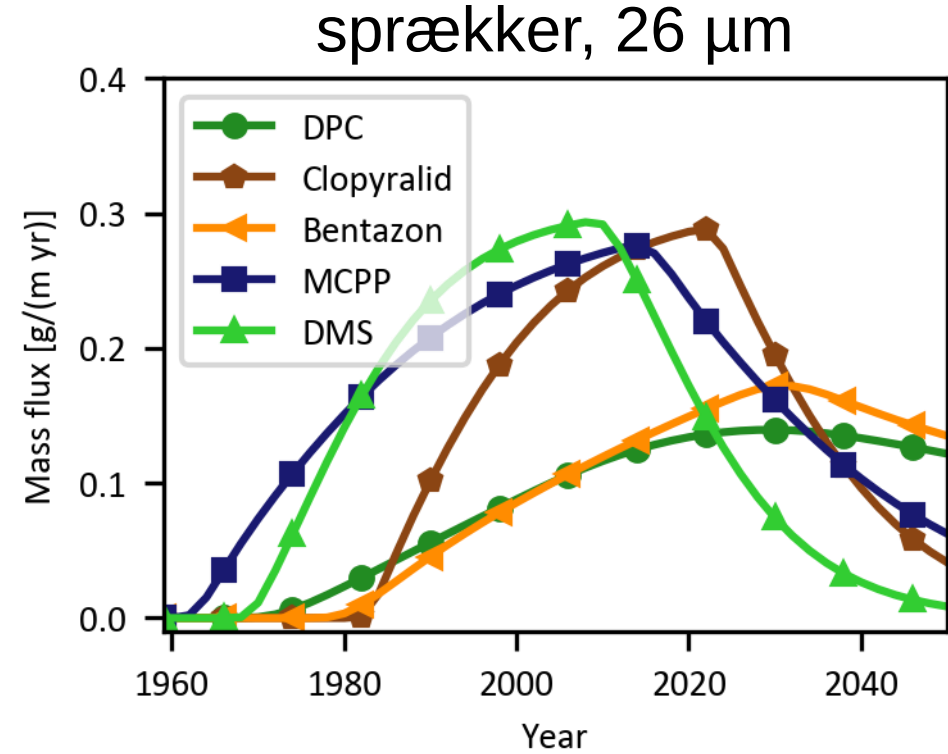
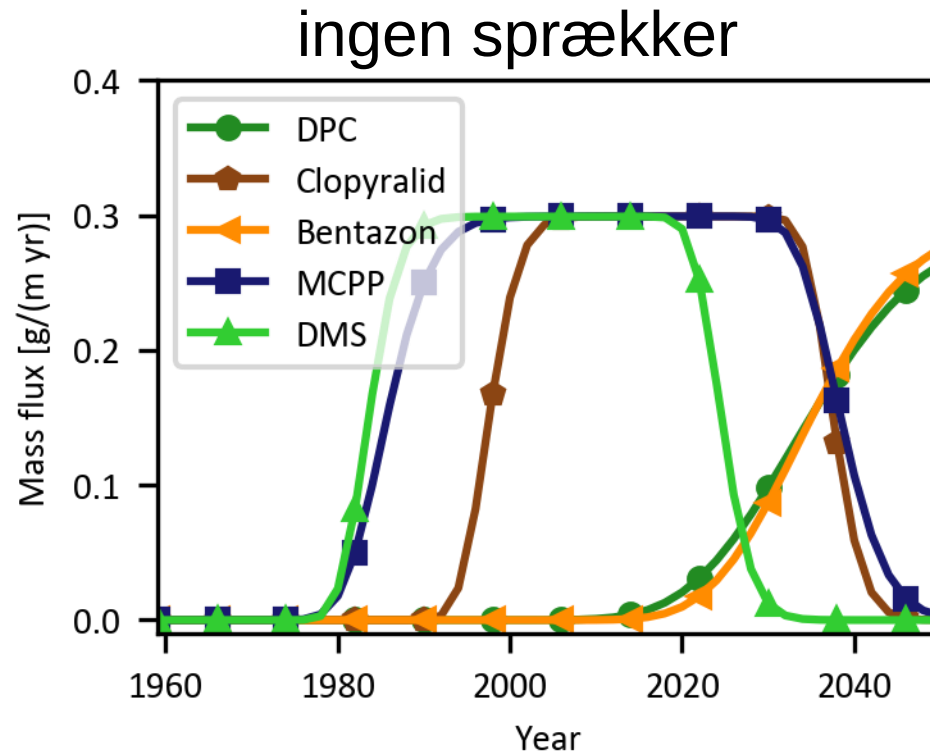


Gennembrudskurver m/u sprækker



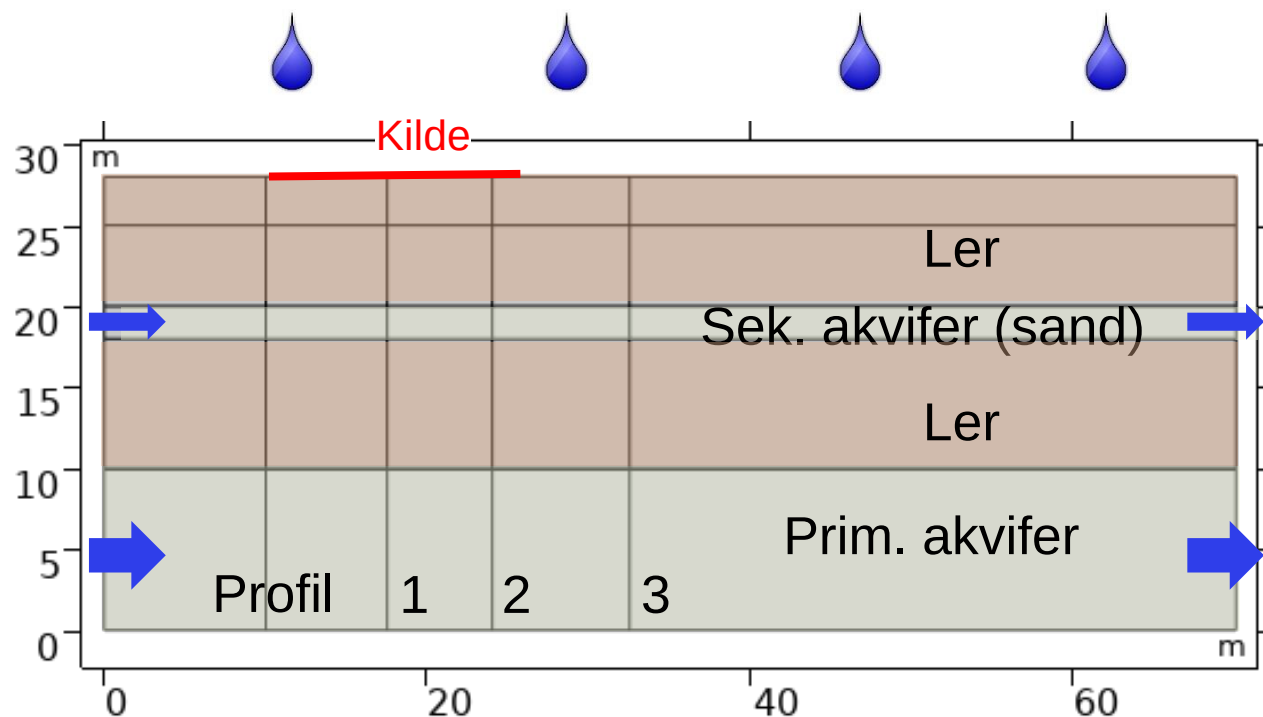
- Tidligere ankomsttider med sprækker (fx DMS: 5-10 år tidligere, DPC: 10-20 år tidligere)
- Mere indflydelse for stoffer med høje sorptionskoefficienter
- Masseflux ved fuld gennembrud de samme
- Større hale af gennembrudskurve → længere udvæskningsperiode

Gennembrudskurver m/u sprækker



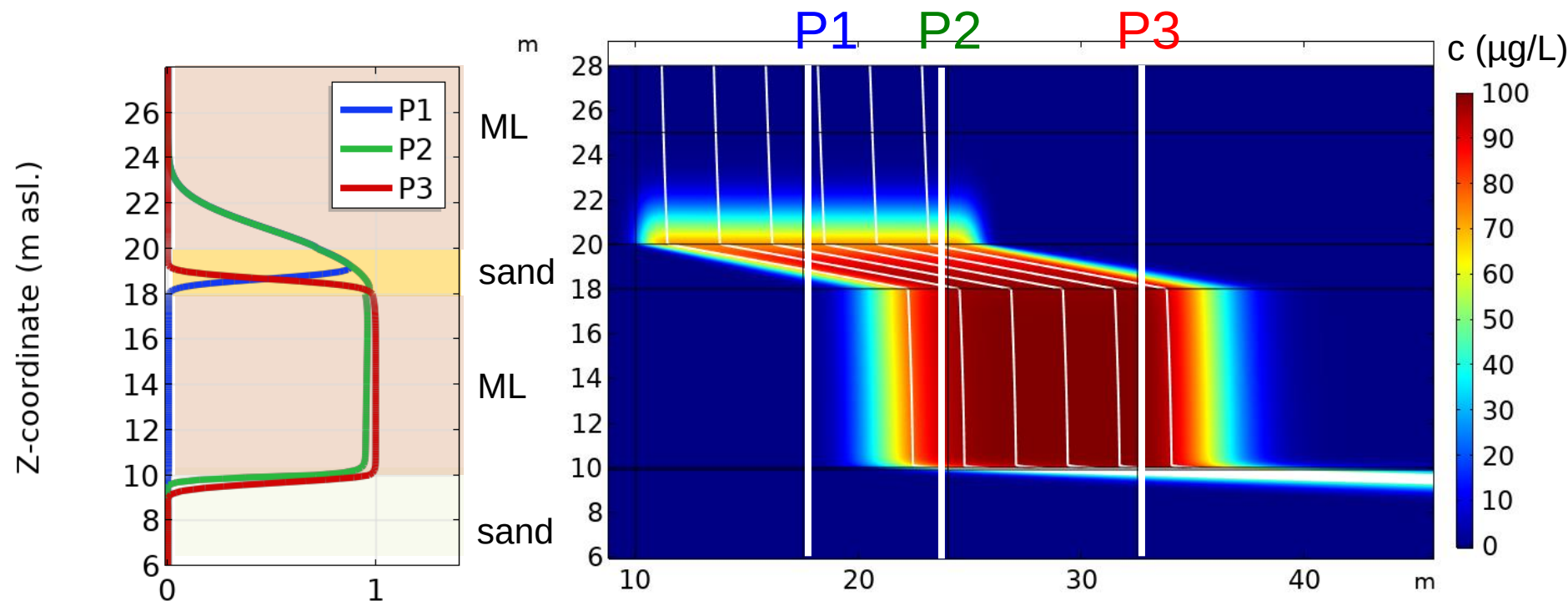
- Mere betydning for sprækkeaperturer $> 20 \mu\text{m}$
- Men: Kun få observationer af sprækker med større apertur en $20 \mu\text{m}$ igennem 10 m moræneler; effekt af dybe rodkanaler?

Typologi 2: nedsivning med horisontal strømning



- Tyk moræneler med indlejret sandlag (sekundær grundvand) med horisontal strømning
 - forskellige strømningshastigheder

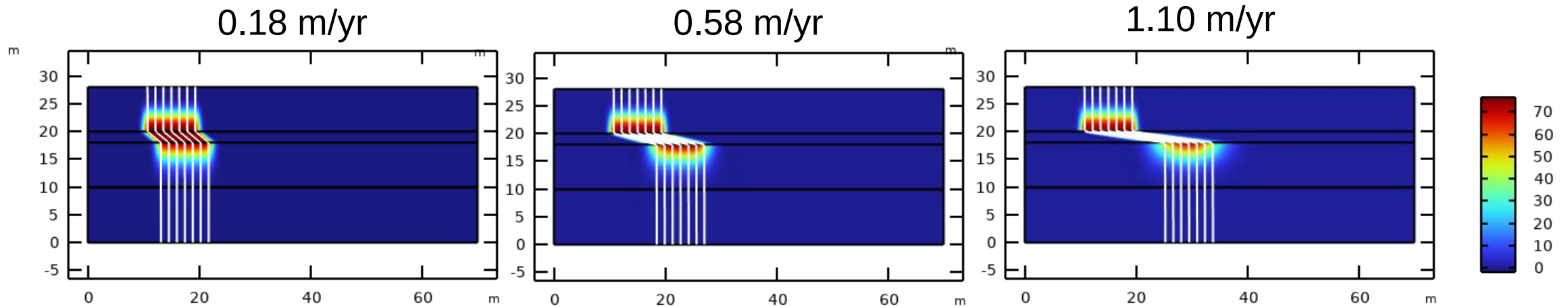
Profiler fra forskellige steder (DMS)



- Eksempel med DMS i 2020
- Strømning i sekundært skubber fanen
- Koncentrationen bliver ikke meget lavere
- Relevant for prøvetagning

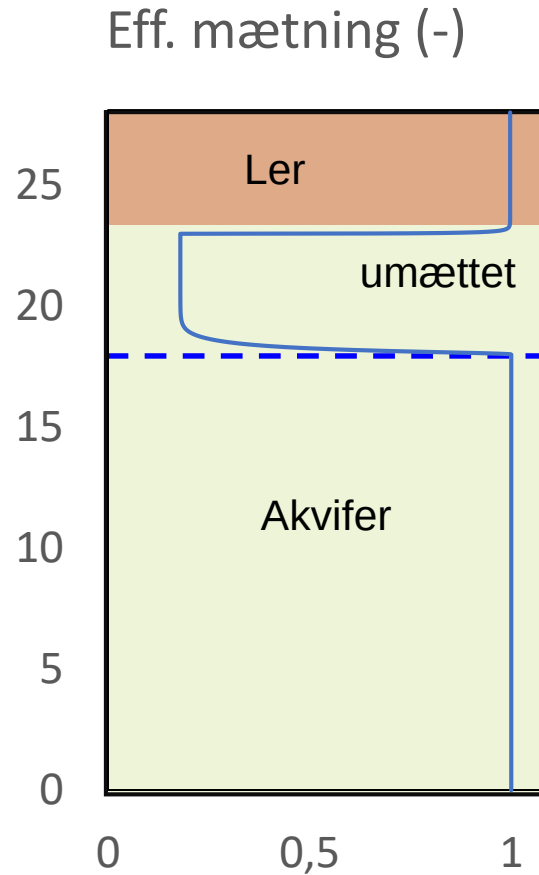
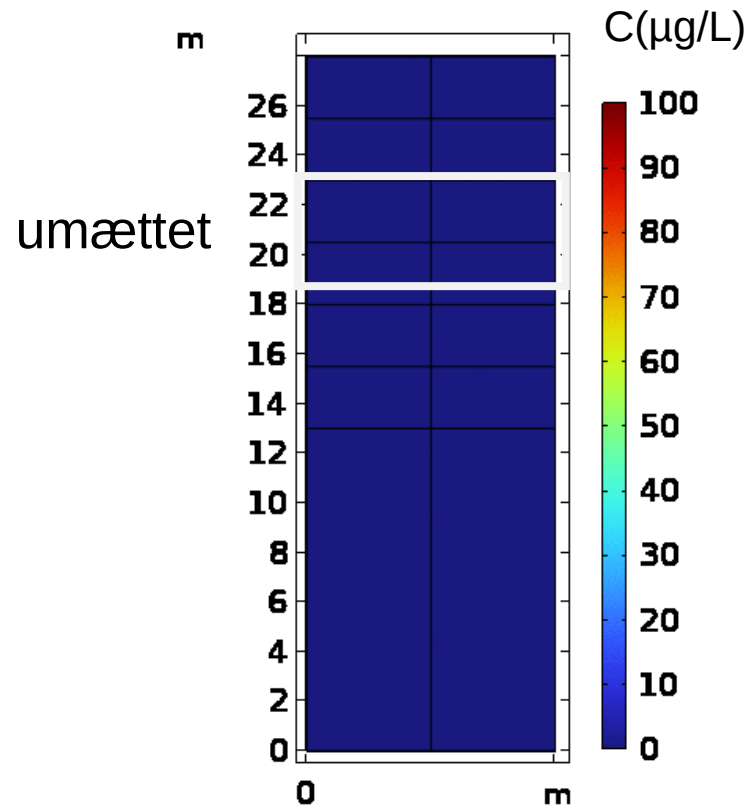
Indflydelse af q i sekundært og K_d

Strømning i sekundært grundvand



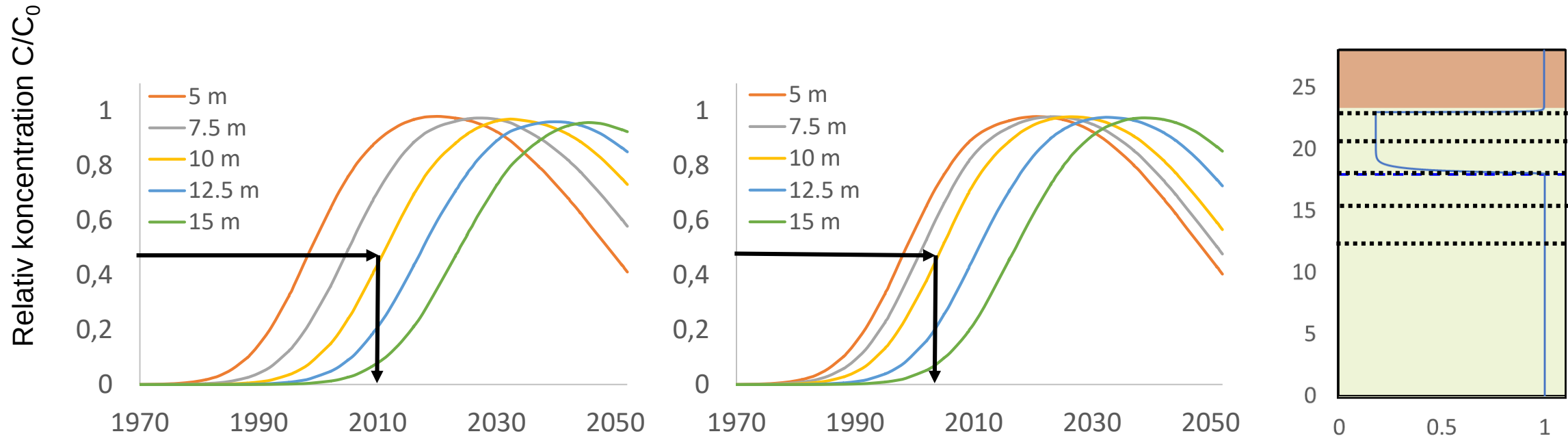
→ Effekten stærkere for højere stømningshastigheder

Typologi 3: Umættede forhold



- Infiltration fra toppen
→ vertikal flux
- Vandspejl 10 m u.t.
- Ler næsten mættet
pga kapillarkræfter
- Umættede forhold i 5
m i akvifer

Type 3 – gennembrudskurver i forskellige dybder



- Umættede forhold fører til hurtig transport pga lavere vandfyldte porøsitet
- Tidligere ankomsttider end hvis man har den samme geologi under mættede forhold
- Fx DPC med 5 m umættet: cirka 5 år forskel
- Gennembrudskoncentrationer næsten uændret

Konklusioner



- Stofegenskaber og anvendelsesperioder fører til **forskellige dybder**, hvor man typisk vil finde pesticiderne og deres nedbrydningsprodukter
- Aerob **nedbrydning** har stor indflydelse og potential for nogle af stofferne
- **Sprækker** i moræneler $< 20 \mu\text{m}$ og afstand af 1 m fører ikke til store forskelle i jordkoncentrationer i 2020, MEN: gennembrudskurve adskiller sig
 - hurtigere ankomst, større hale af kurven
 - afhænger af sprækkeaperturer



Konklusioner

- Horisontal **strømning i sekundært** grundvand kan føre til en forskudt fane, relevant når man måler i kildeområde
- **Umættede forhold** kan føre til en hurtigere transport igennem den umættede zone end under mættede forhold
- Ændring af mætning i moræneler er mindre end i sandakvifer pga. stærkere kapillarkræfter
- Jordkoncentrationer kan give værdifulde informationer om vertikal spredning

Tak! Spørgsmål?

- Del af projekt ”**Udvikling af en bedre konceptuel forståelse af pesticidernes transport** under kildeområder med baggrund i erfaringer fra pesticidpunktkildeundersøgelser – en vigtig brik i bedre undersøgelser og mere robuste risikovurderinger” finansieret af Miljøstyrelsens Teknologiuudviklingspulje
- Mange tak for bidrag og inputtet fra alle Regioner, Miljøstyrelsen, WSP og VMR!



DTU



Inputfunktioner baseret på muligt brug/udslip

