



# Hvad er kildestyrken med landbrugspesticider under fladekilder?

d. 28. maj 2024

V. Anna Krog med bidrag fra Katerina Tsitonaki, Poul L. Bjerg,  
Tove Svendsen, Lars Frimodt, Anne Esbjørn, Charlotte  
Vesterlund, Iben Nilsson



Region Syddanmark



DINFORSYNING

**TRE**  **FOR**



VandCenterSyd



# Pesticidrester i grundvandet

## Boringskontroller, 2023

Forekomst af pesticidstoffer i de almene vandværkers boringskontrol for perioden 1/1-2023 til 31/12-2023

| Maks. enkeltstof                   | Indtag, antal |           | Indtag, andel (%) |           |
|------------------------------------|---------------|-----------|-------------------|-----------|
|                                    | I alt         | >0,1 ug/L | Med fund          | >0,1 ug/L |
|                                    | 2062          | 261       | 51,8              | 12,7      |
| DMS                                | 1777          | 117       | 33,4              | 6,6       |
| DPC                                | 1688          | 98        | 21,2              | 5,8       |
| R471811 (ned.prod. Chlorothalonil) | 1483          | 23        | 16,6              | 1,6       |
| BAM                                | 1586          | 15        | 13,9              | 0,9       |
| LM3 (ned.prod. Terbuthylazin)      | 633           | 2         | 6                 | 0,3       |
| MDPC                               | 1553          | 11        | 4,9               | 0,7       |
| Dimethachlor ESA                   | 1446          | 7         | 3,5               | 0,5       |
| CGA 369873                         | 1447          | 3         | 3,4               | 0,2       |
| Alachlor ESA                       | 1472          | 7         | 3,3               | 0,5       |
| LM5 (ned.prod. Terbuthylazin)      | 1446          | 9         | 3,3               | 0,6       |
| Bentazon                           | 1489          | 4         | 2,9               | 0,3       |
| LM6 (ned.prod. Terbuthylazin)      | 1441          | 7         | 2,8               | 0,5       |

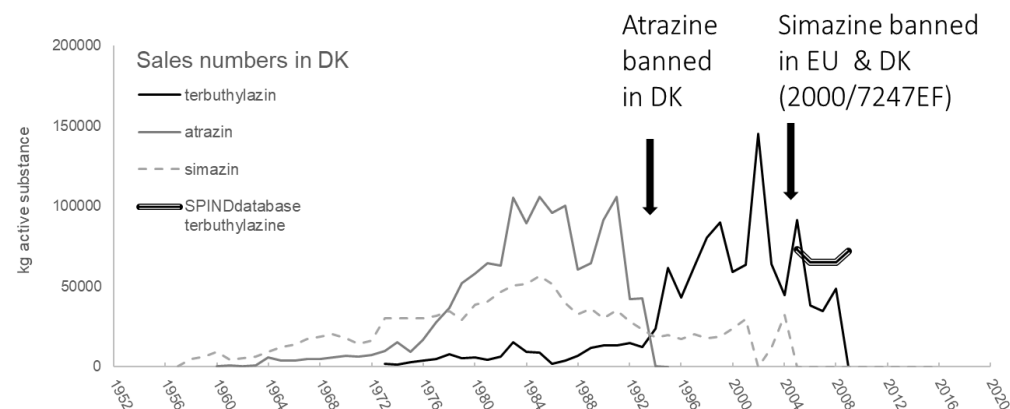
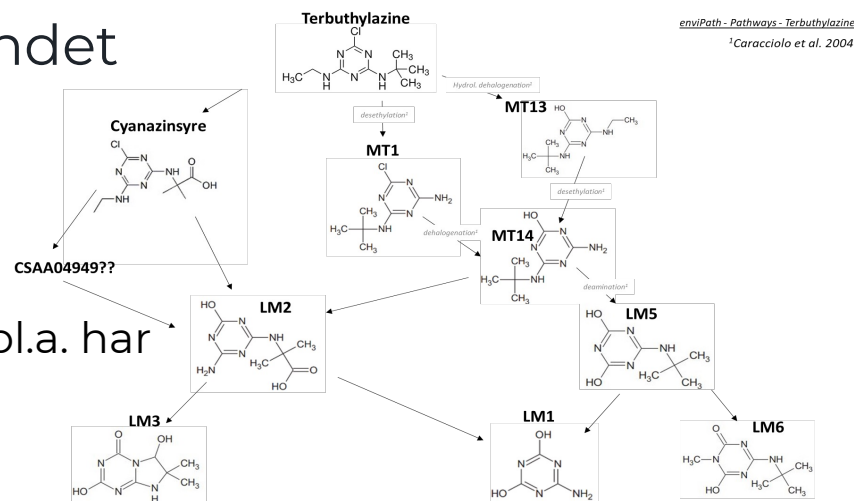


# Pesticidrester i grundvandet

## Terbuthylazin

Ukrudtsmiddel, der i Danmark bl.a. har været anvendt i forbindelse med dyrkning af majs og ærter.

I Danmark blev stoffet forbudt i 2008, men det er stadig godkendt i andre EU-lande.





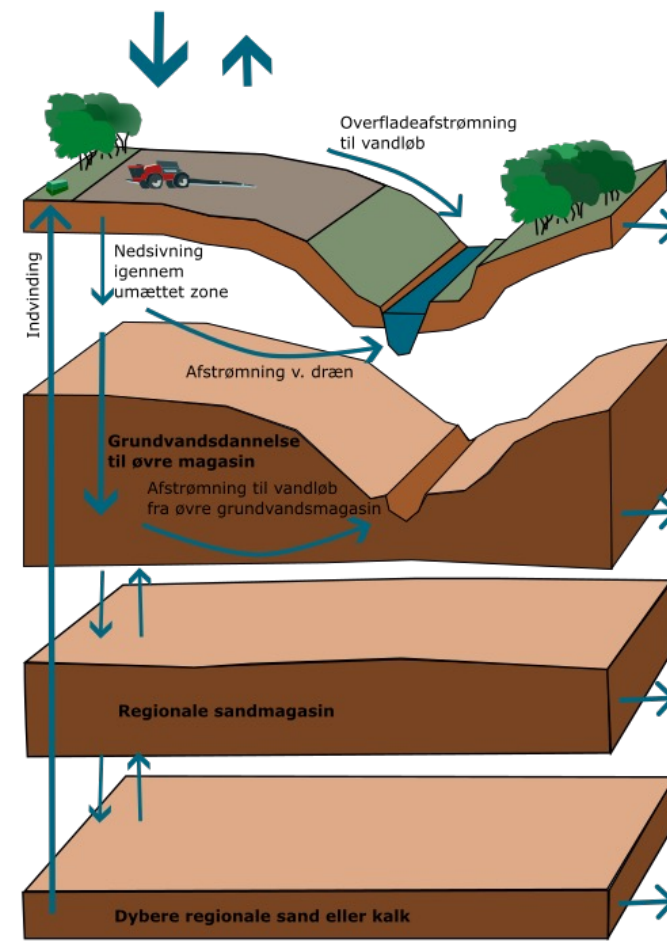
# Landbrugspesticider i grundvandet

## Hvad fortæller disse resultater os?

Flere & flere nedbrydningsprodukter bliver påvist, som analysemetoder bliver forbedret & listen med pesticidrester i monitoringsprogrammer bliver udvidet.

De samme pesticidrester ses også i GRUMO-boringernes top 10 lister – de påvises i flere dybdeniveauer

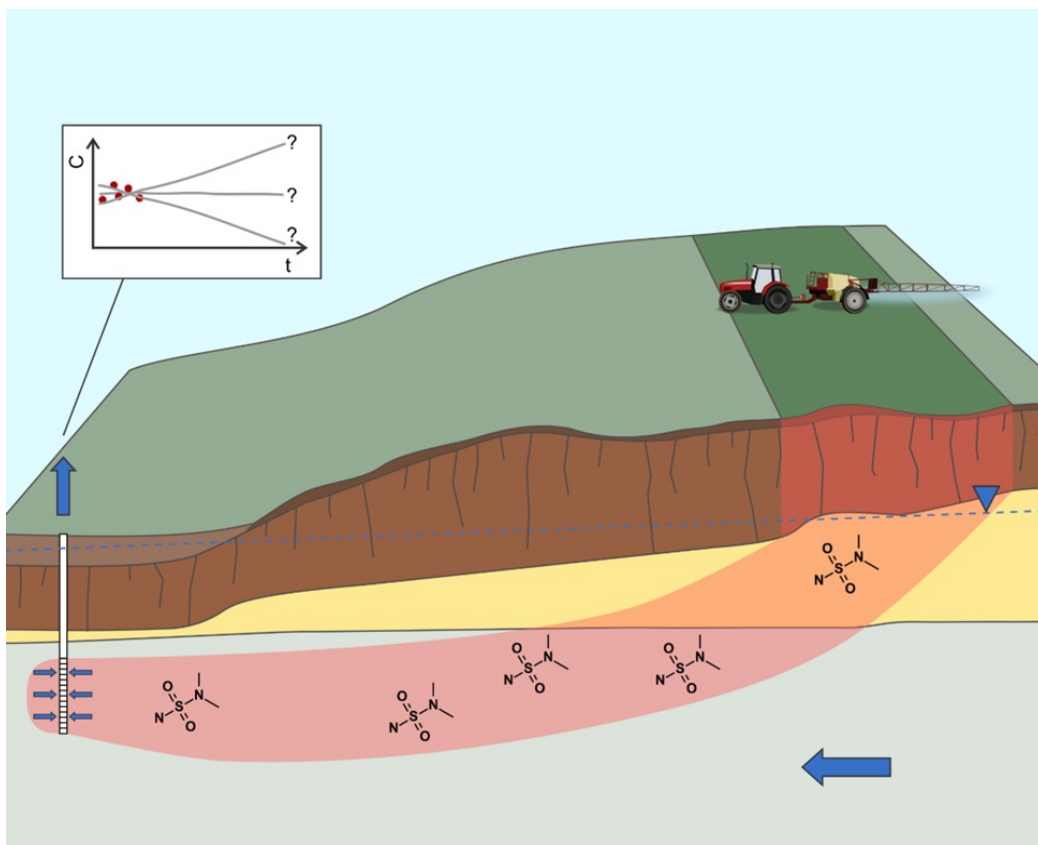
Hvor er vi så i forhold til forureningsvarigheden med landbrugspesticider?





Hvor længe vil landbrugspesticider påvirke grundvandet?

## Hvad mangler vi svar på?



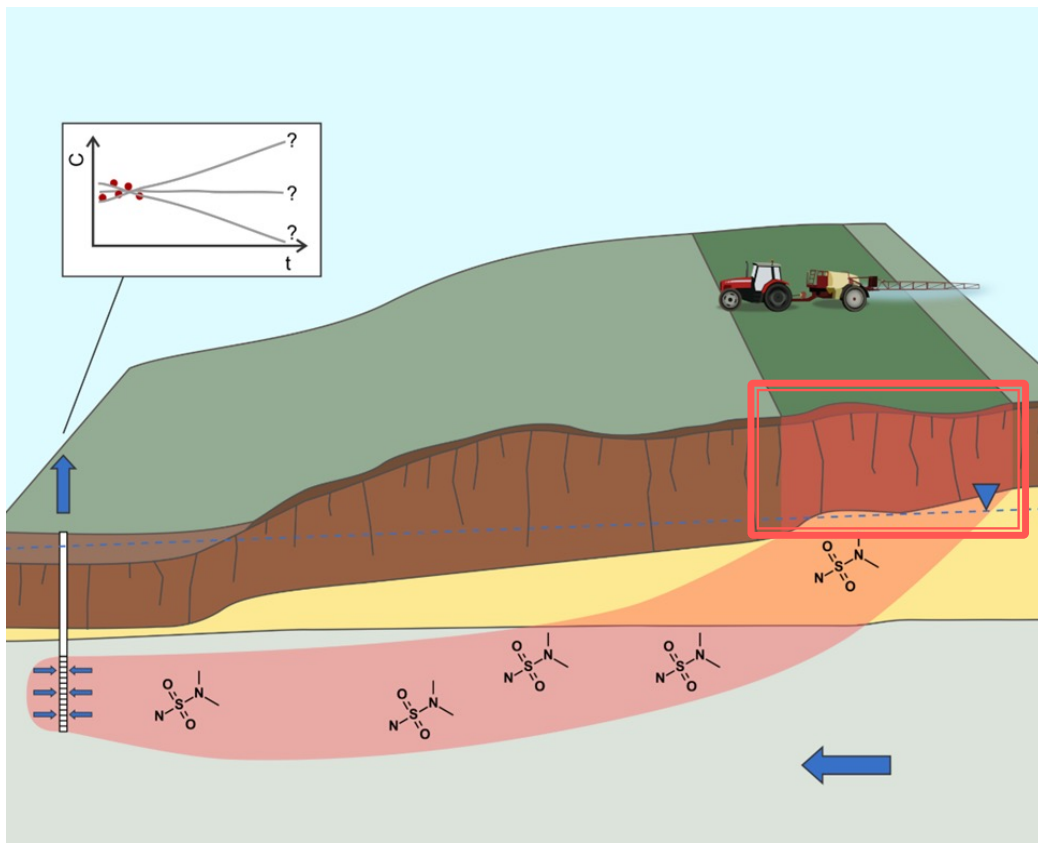
Majken Frederiksen, Rambøll & DTU Sustain

- Forureningskilder & kildefunktioner
  - Anvendelse
  - Sekundære kilder (stofmasse oplagret i jorden)
- Stofferne egenskaber
  - Fysisk-kemiske
  - Nye stoffer ved nedbrydning af moderstoffer
- Transport & skæbne fra forureningskilde til kildeplads
  - Sorption
  - Nedbrydning



Hvor længe vil landbrugspesticider påvirke grundvandet?

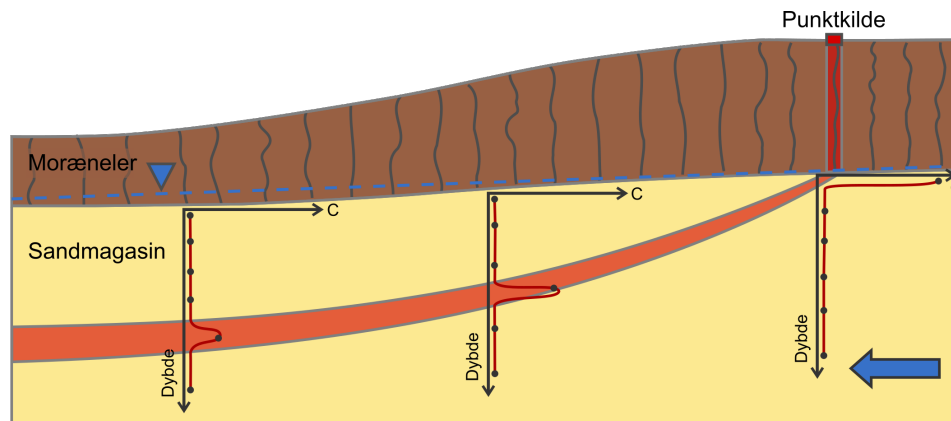
## Hvad mangler vi svar på?



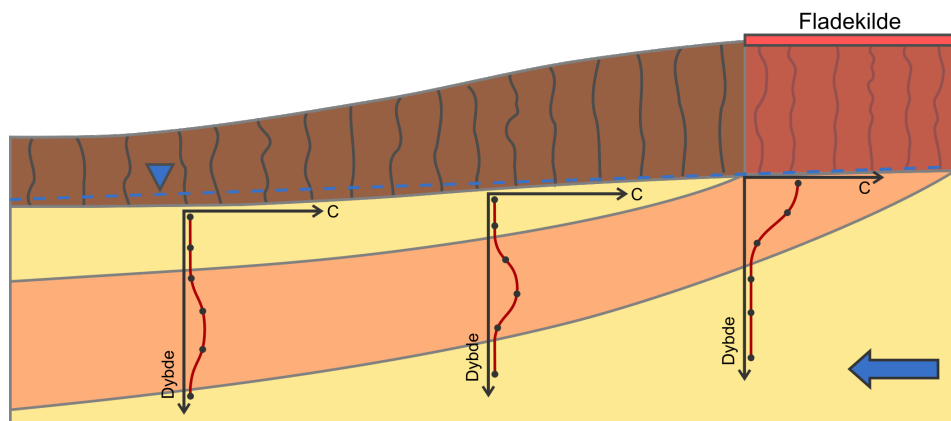
Majken Frederiksen, Rambøll & DTU Sustain

- Forureningskilder & kildefunktioner
  - Anvendelse
  - Sekundære kilder (stofmasse oplagret i jorden)
- Stoffernes egenskaber
  - Fysisk-kemiske
  - Nye stoffer ved nedbrydning af moderstoffer
- Transport & skæbne fra forureningskilde til kildeplads
  - Sorption
  - Nedbrydning

## Forurening med landbrugspesticider fra **Punktkilder & Fladekilder**



$$J = I \times A \times C$$



$$J = I \times A \times c$$

Frederiksen et al. 2023





# Målte porevandskoncentrationer fra tidl. vaskeplads (punktkilder)

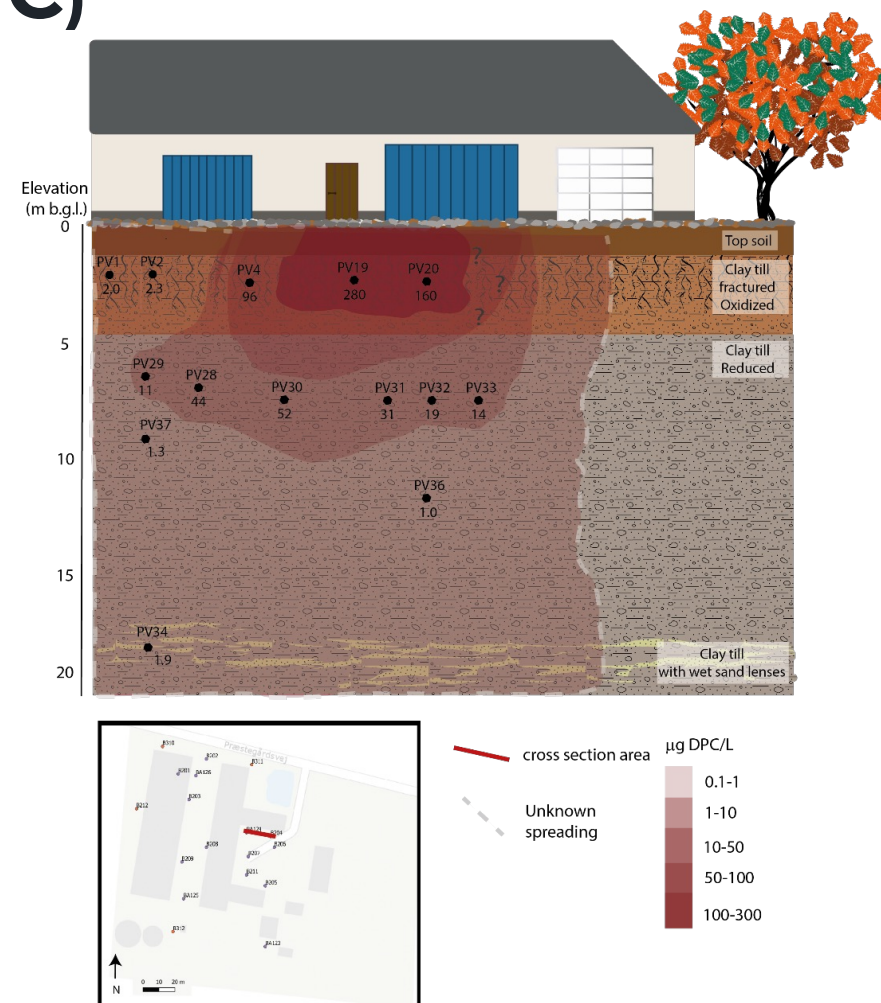
## Desphenyl chloridazon (DPC)

De fleste pesticider (såvel moderstoffer som nedbrydningsprodukter) er relativt vandopløselige.

DPC har hidtil også været opfattet som værende meget vandopløselig

Ingen forventning om, at der kunne forekomme en langtidsfrigivelse af DPC fra den umættede zone til grundvandet.

**Forureningsundersøgelser har konstateret et betydeligt indhold af DPC i den umættede zone i terrænnært moræneler (2,0 m u.t.).**

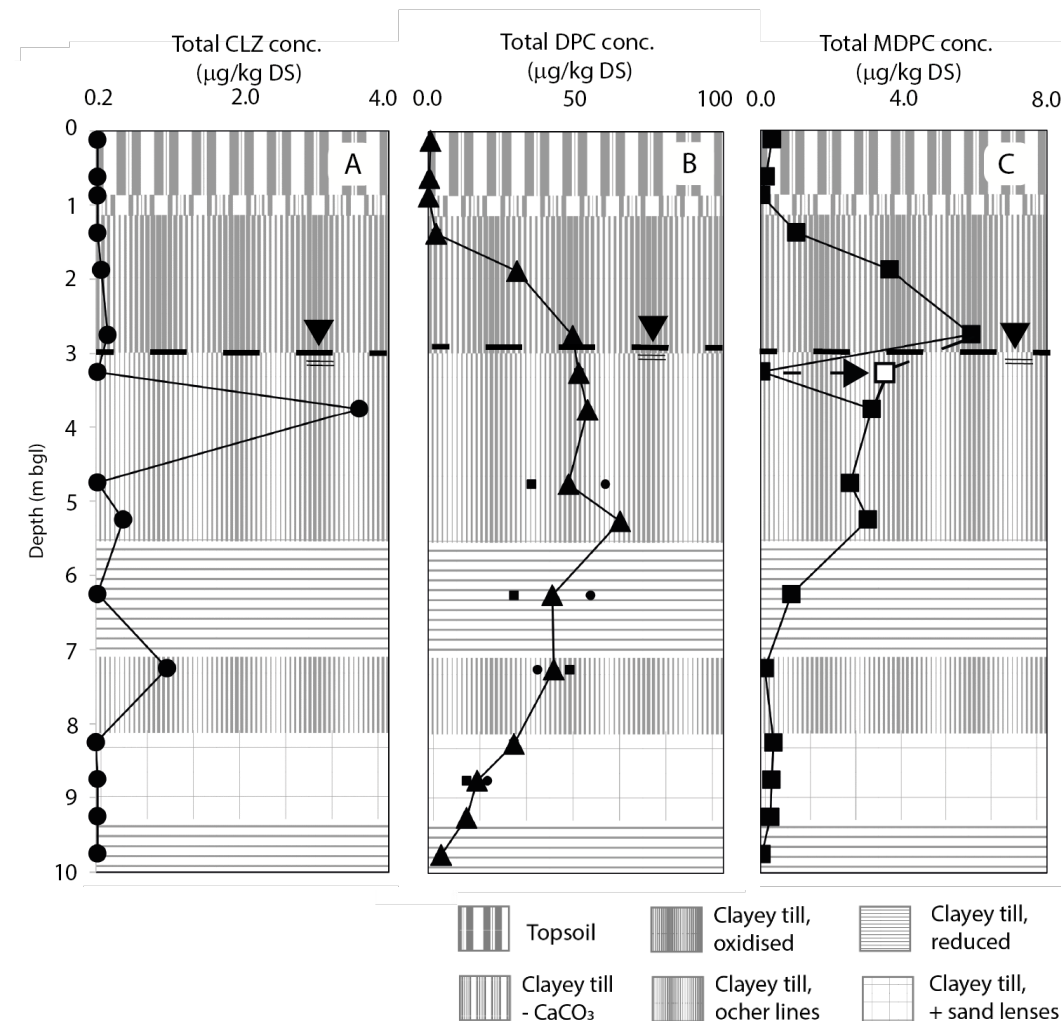


# Målte jordkoncentrationer fra tidl. møddingsplads (punktkilde) **Chloridazon (CLZ), DPC & MDPC**



Koncentrationsprofiler fra en boring etableret på en tidligere møddingsplads ned til 10 m u.t.

Lave koncentrationer af CLZ og betydelige koncentrationer af DPC (2000xCLZ) og MDPC (500xCLZ) er blevet målt 25 år efter anvendelsesforbuddet





# Pulje med pesticidrester i jorden under punktkilder

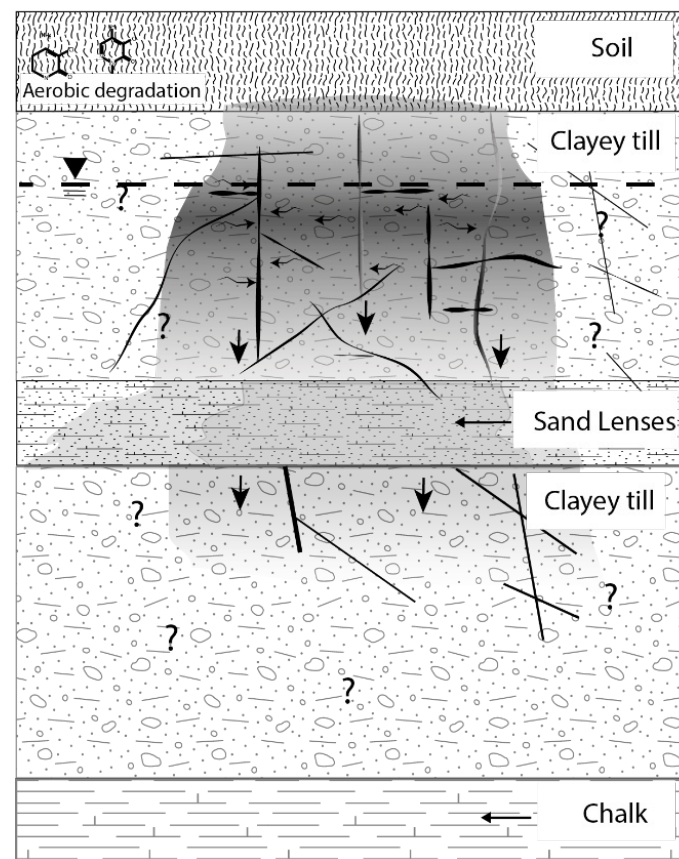
## Chloridazon (CLZ), DPC & MDPC

I andre undersøgelser har man fundet højere koncentrationer af moderstoffet chloridazon i jorden end nedbrydningsprodukterne.

Vi mangler altså stadig viden og forståelse om tilbageholdelsen af disse stoffer i jorden.

Men det vides nu, at der stadig ligger betydelige kilder til DPC (og MDPC), som udvaskes langsomt til grundvandsressourcen.

Site 2



# Internationale studier

## Pesticidrester i landbrugsjord

Tilbageholdelse af flere pesticidrester i overjorden, særligt:

- DPC og MDPC
- Terbutylazin + nedbrydningsprodukter
- Chlorothalonil + nedbrydningsprodukter
- Pesticider, der anvendes i dag

**Tilbageholdelse af flere pesticidrester i landbrugsjorde under konventionelle og økologiske markarealer.**



Determination of chlorothalonil metabolites in soil and water samples

Simone Hintze<sup>a</sup>, Youssef Sameh Bahgat Hannalla<sup>b</sup>, Sylvie Guinchard<sup>b</sup>, Daniel Hunkeler<sup>a</sup>, Gaëtan Glauser<sup>b,\*</sup>

<sup>a</sup> Centre for Hydrogeology and Geothermics (CHYN), University of Neuchâtel, Rue Emile-Argand 11, CH-2000 Neuchâtel, Switzerland  
<sup>b</sup> Neuchâtel Platform of Analytical Chemistry (NPAC), University of Neuchâtel, Avenue de Bellevaux 51, CH-2000 Neuchâtel, Switzerland

Environmental  
Science & Technology

pubs.acs.org/est



Derivative Works (CC-BY-NC-ND) Attribution License, which permits copying and redistribution of the article, and creation of adaptations, all for non-commercial purposes.

Article

### Widespread Occurrence of Pesticides in Organically Managed Agricultural Soils—the Ghost of a Conventional Agricultural Past?

Judith Riedo, Felix E. Wettstein, Andrea Rösch, Chantal Herzog, Samiran Banerjee, Lucie Büchi, Raphaël Charles, Daniel Wächter, Fabrice Martin-Laurent, Thomas D. Bucheli,<sup>\*</sup> Florian Walder,<sup>\*</sup> and Marcel G. A. van der Heijden<sup>\*</sup>

Cite This: *Environ. Sci. Technol.* 2024, 58, 6744–6752



Contents lists available at ScienceDirect

Science of the Total Environment

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/scitotenv](http://www.elsevier.com/locate/scitotenv)

Currently and recently used pesticides in Central European arable soils

Martina Hvězdová<sup>a</sup>, Petra Kosubová<sup>b</sup>, Monika Košíková<sup>c</sup>, Kerstin E. Scherr<sup>a,d</sup>, Zdeněk Šimek<sup>a</sup>, Lukáš Brodský<sup>e</sup>, Marek Šudoma<sup>a</sup>, Lucia Škulcová<sup>a</sup>, Milan Sáníka<sup>a</sup>, Markéta Svobodová<sup>a</sup>, Lucia Krkošková<sup>a</sup>, Jana Vašíčková<sup>a</sup>, Natália Neuwirthová<sup>a</sup>, Lucie Bielská<sup>a</sup>, Jakub Hofman<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> Research Centre for Toxic Compounds in the Environment (RECETOX), Faculty of Science, Masaryk University, Kamenice 753/5, Brno 625 00, Czech Republic

<sup>b</sup> Central Institute for Supervising and Testing in Agriculture, Hroznová 2, Brno 650 06, Czech Republic

<sup>c</sup> AQUATEST Inc., Geologická 4, Praha 5 152 00, Czech Republic

<sup>d</sup> Institute for Environmental Biotechnology, Department for Agrobiotechnology (IFA-Tulln), University of Natural Resources and Life Sciences (BOKU), Konrad-Lorenz-Strasse 20, A-3430 Tulln, Austria

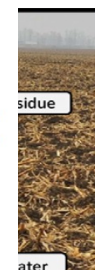
<sup>e</sup> Department of Applied Geoinformatics and Cartography, Faculty of Science, Charles University in Prague, Albertov 6, Praha 2, 128 43, Czech Republic

### Pesticide Residues in Organic and Conventional Agricultural Soils across Europe: Measured and Predicted Concentrations

Dennis Knuth, Lingtong Gai, Vera Silva, Paula Harkes, Jakub Hofman,<sup>\*</sup> Marek Šudoma, Zuzana Bílková, Abdallah Alaoui, Daniele Mandrioli, Igor Pasković, Marija Polić Pasković, Isabelle Baldi, Mathilde Bureau, Francisco Alcon, Josefa Contreras, Matjaž Glavan, Nelson Abrantes, Isabel Campos, Trine Norgaard, Esperanza Huerta Lwanga, Paul T. J. Scheepers, Coen J. Ritsema, and Violette Geissen

Cite This: *Environ. Sci. Technol.* 2024, 58, 6744–6752

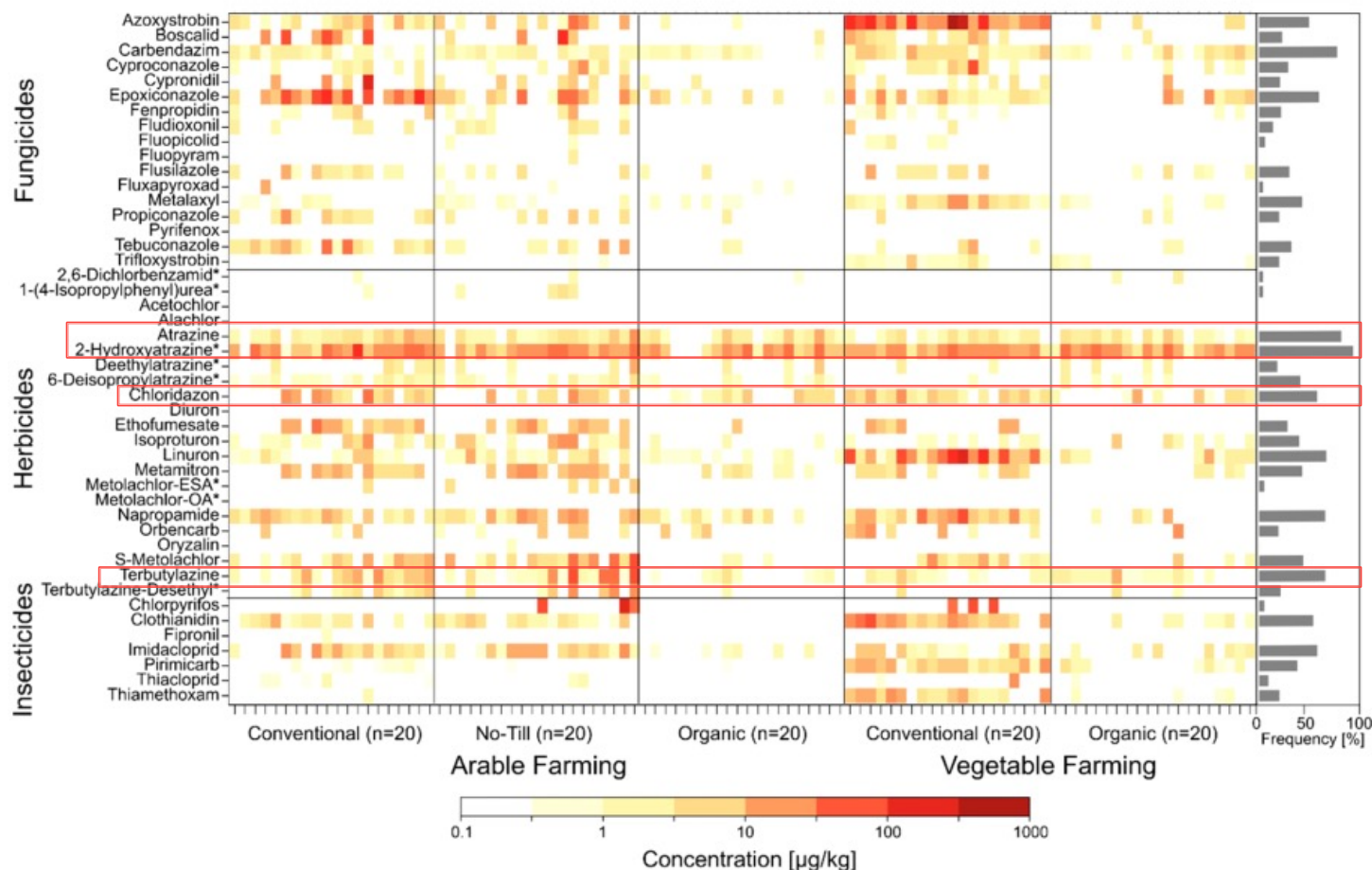
Read Online





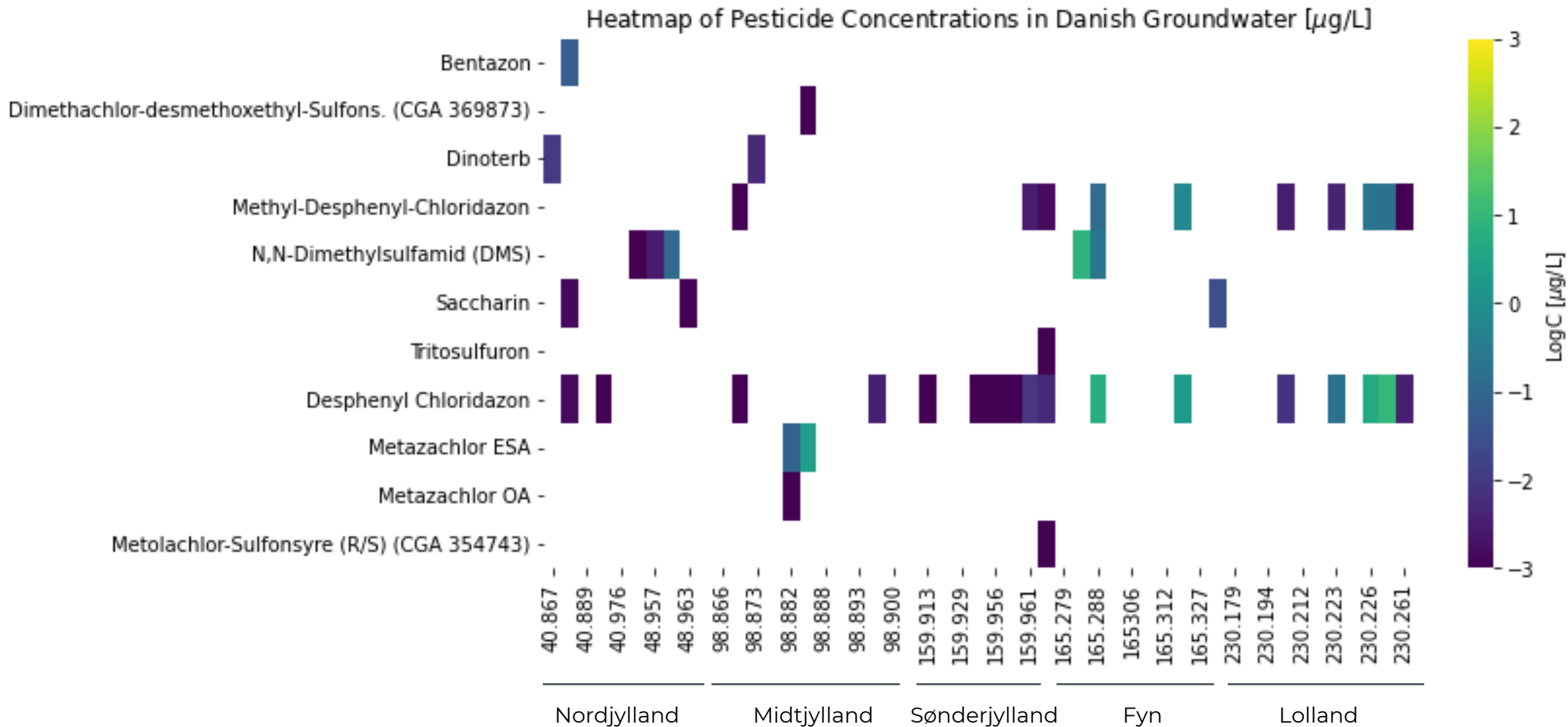
Pesticidrester i schweizisk markjord (10-20 cm u.t.)

# Terbuthylazine (godkendt i dag) & chloridazon (forbudt i 2020)



Figur fra Riedo et al. 2021

# Pesticidrester i øvre grundvand under markoplande LOOP-oplande, 2021 (Miljøprojekt nr. 2200)



Data fra Skelnenprojektet, 2022

# Pesticidrester i jorden under markoplande

## Få undersøgelser i Danmark

Undersøgelser af tidligere landbrugsjord på Fyn ved Elmelund skov,

- Ikke betydelige koncentrationer af chloridazon blev fundet.
- Ingen resultater for DPC i jorden, da metoden ikke var optimeret til dette formål.
- Påviste koncentrationer med DPC i porevand og drænprøver

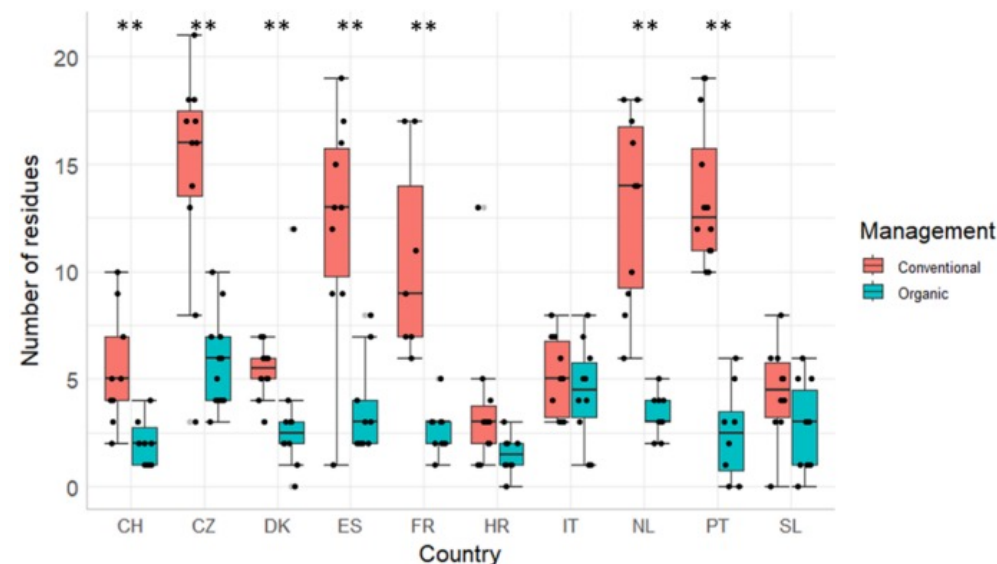
Nyere undersøgelse i Europa viser at der bliver fundet pesticidrester i dansk markjord (både konventionelt og økologisk)

- Ingen fund med chloridazon i DK, og der er ikke blevet analyseret for DPC

### Undersøgelse af fortsatte kilder til desphenylchloridazon i Elmelund Skov

Christian Nyrop Albers, Anne Esbjørn & Nora Badawi

Albers et al, 2021

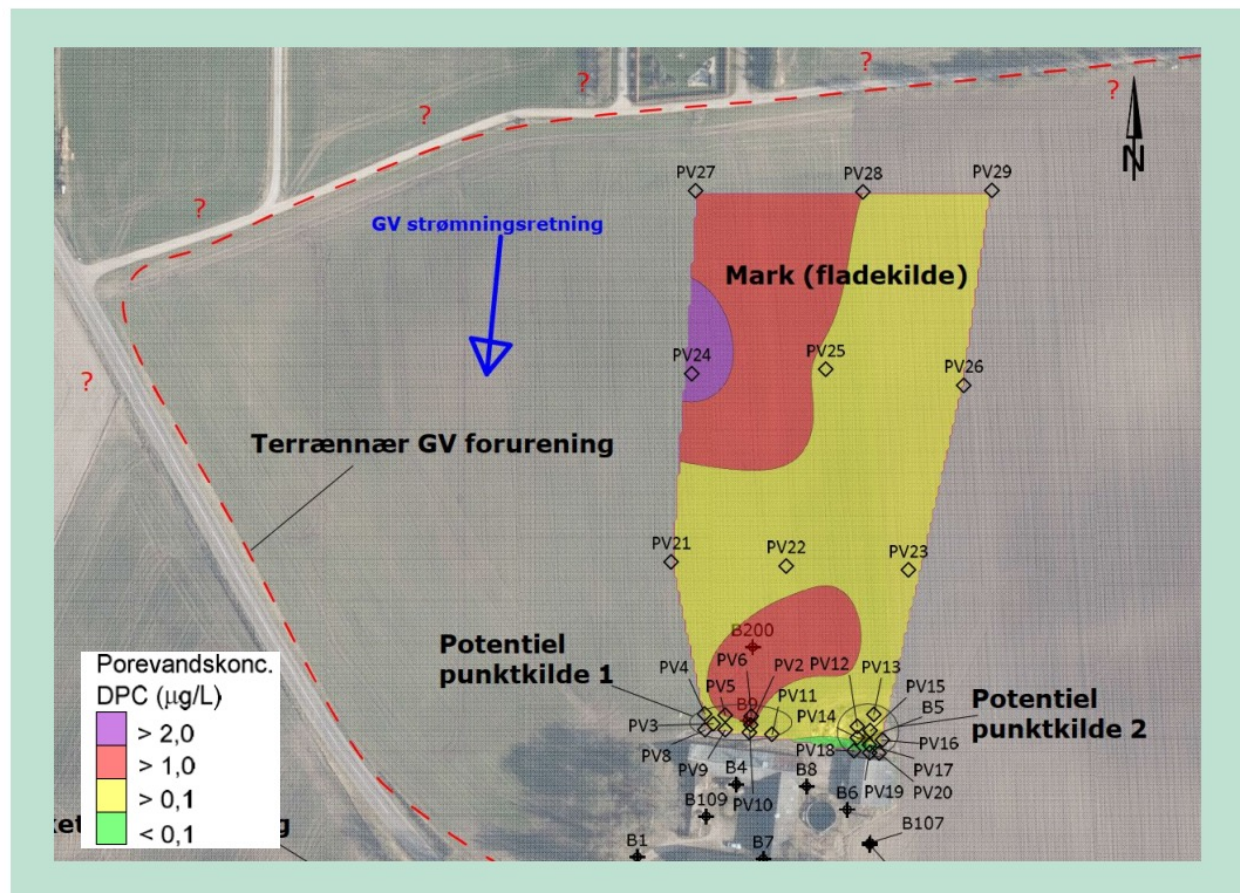


Knuth et al, 2024



# Pesticidrester i porevand under danske markarealer

## DPC i porevand i 2.5 m u.t.



Flux fra kendt punktkilde (0,01 ha, maks konc: 4  $\mu\text{g/L}$ ):

**DPC flux: 0,16 g/år**

Flux fra markopland (1,6 ha, maks konc. : 0,8  $\mu\text{g/L}$ ):

**DPC flux: 5,5 g/år**

*Miljøprojekt nr. 2248 ved DMR*

**FIGUR 6.1.** Konturplot af indhold af DPC i porevandet 2,5 m u.t. opstrøms landbrugsejendommen.

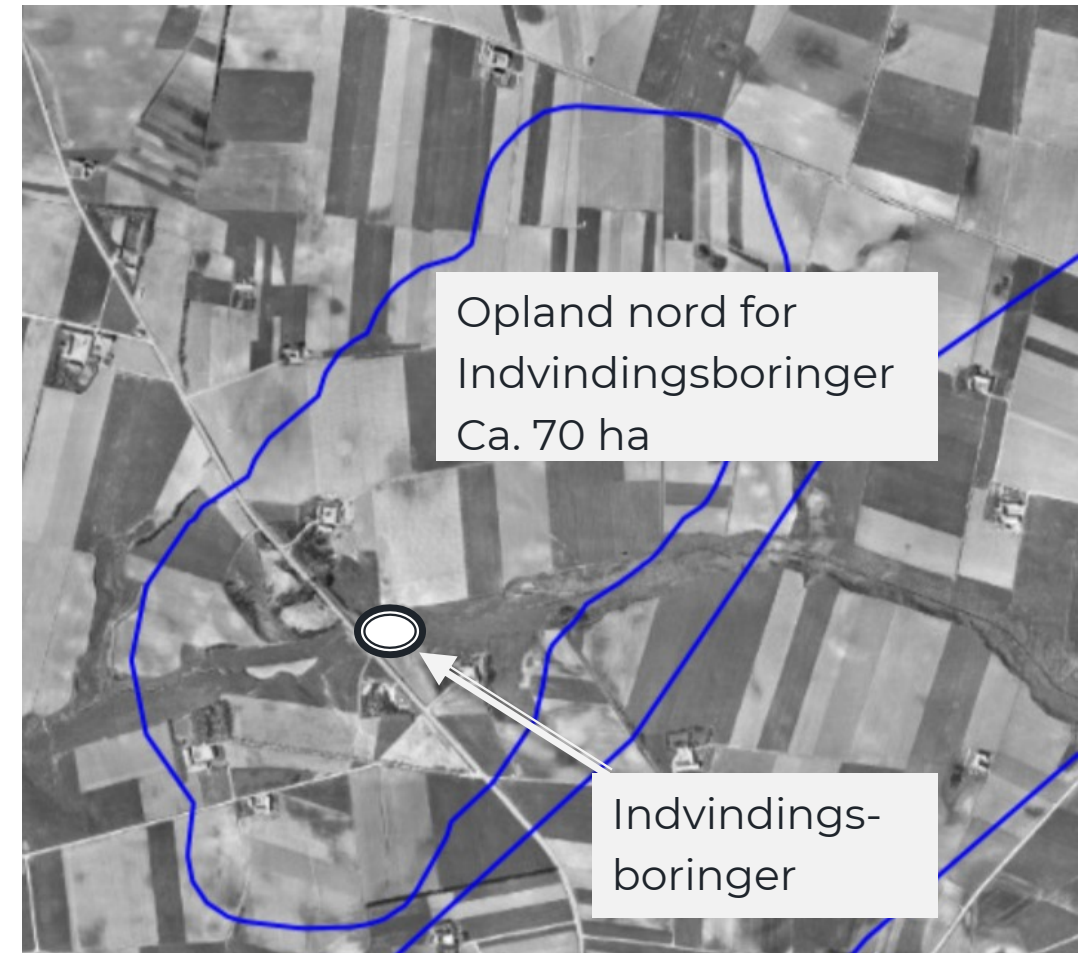
Pesticidrester i dansk markjord

## Hvor stor er puljen med pesticidrester i jorden?

70 ha opland ved nærværende  
undersøgte lokalitet

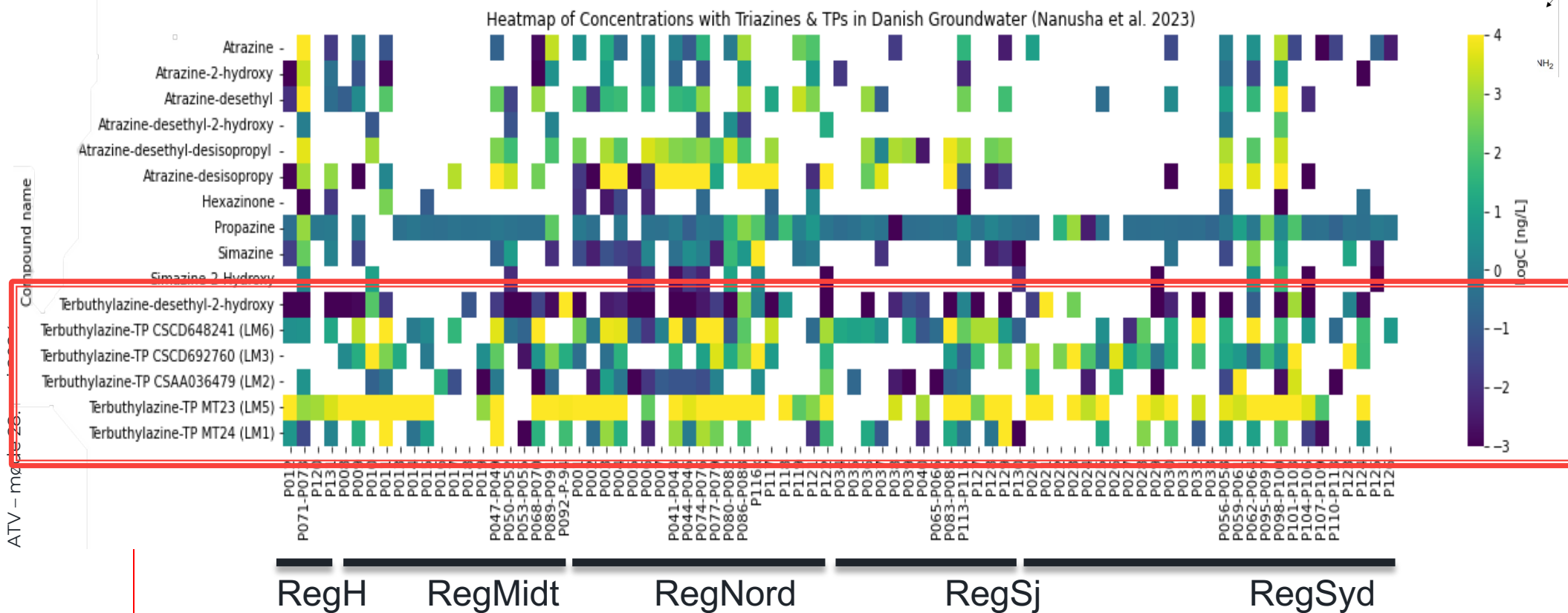
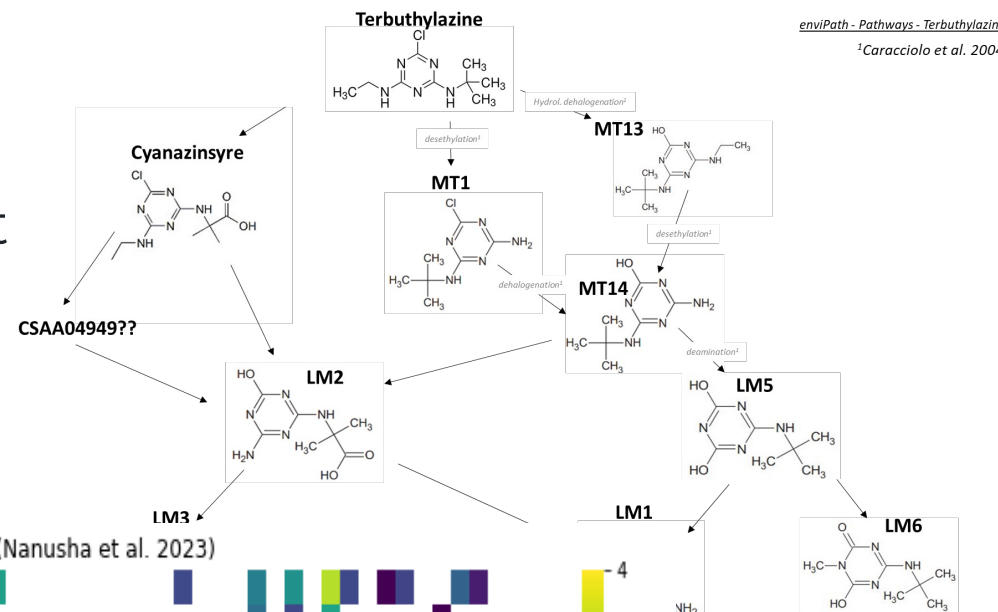
Hvad er den potentielle kildestyrke?

**En stor ukendt faktor i forhold til  
varighedsvurderinger er kendskab til  
puljen med pesticidrester i jorden  
under dyrkede markarealer**



Historisk foto fra 1954

# Pesticidrester i grundvandet: Nontarget Triaziner

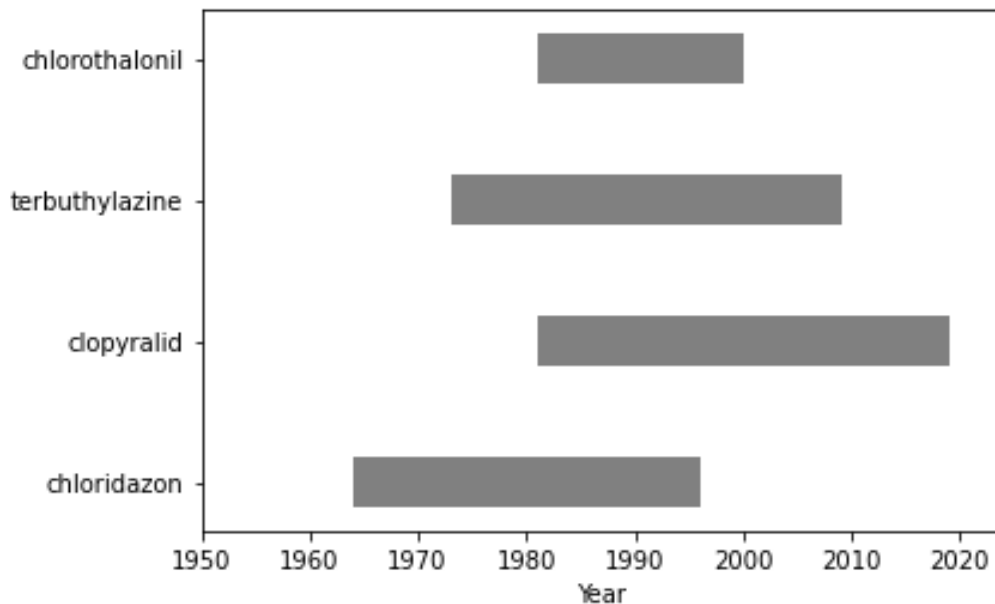




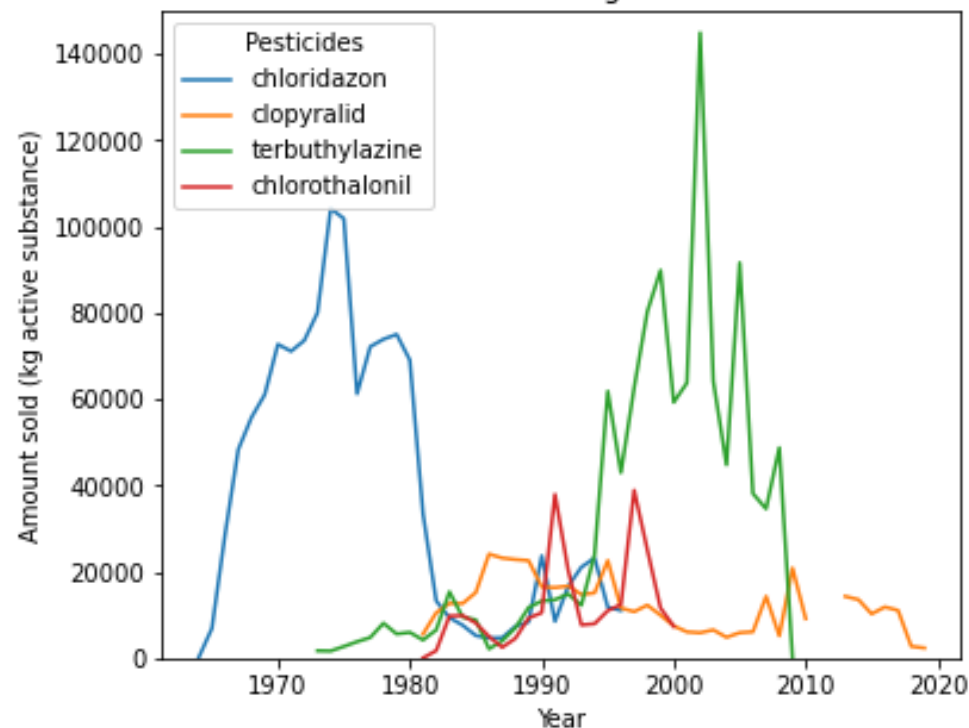
Pesticidrester i dansk markjord

# Er terbutylazins nedbrydningsprodukter det nye DPC?

Salgsperioder i Danmark



Amount Sold of Different Agricultural Pesticides



Hvor længe vil landbrugspesticider påvirke grundvandet?

## Hvad mangler vi svar på?

**Troværdige data for koncentrationer** i jord og porevand af moderstoffer og metabolitter.

- Kun meget sporadiske målinger for enkelt pesticider i det åbne land på landbrugsarealer.

Behov for løbende at opdatere viden om stoffernes **fysisk-kemiske egenskaber**.

En bedre forståelse af pesticidresters transport og skæbne i jorden – **sorption & nedbrydning**

Kende til **puljen af moderstof i jorden** og omdannelsen til det måske mere mobile nedbrydningsprodukt.

| Pesticid/<br>metabolit      | Opløselighed (20°C) [mgL <sup>-1</sup> ] | LogK <sub>ow</sub> (20°C) [mgL <sup>-1</sup> ] | K <sub>d</sub> [L kg <sup>-1</sup> ] | DT50 <sub>s</sub> [d] |
|-----------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|
| Chloridazon                 | 422                                      | 1,19                                           | 0.2-3.6                              | 17.8                  |
| DPC                         | 6531                                     | -0,26                                          | 0.34-0.71                            | 80-132                |
| MDPC                        | 7300                                     | -1,38                                          | 0.4-7.3                              | 118-170               |
| Terbuthylazin               | 6.6                                      | 3,4                                            | 5.1                                  | 21.8                  |
| Desethyl-TBA (MT1)          | 327                                      | 2,3                                            | 1.4                                  | 28.6                  |
| Hydroxy-TBA (MT13)          | 7.2                                      | 1,5                                            | 3.9                                  | 34.5                  |
| Hydroxy-desethyl-TBA (MT14) | ?                                        | ?                                              | 4.1                                  | 11.9                  |
| LM1                         | ?                                        | ?                                              | ?                                    | ?                     |
| LM3                         | ?                                        | ?                                              | ?                                    | ?                     |
| LM5                         | ?                                        | ?                                              | ?                                    | ?                     |
| LM6                         | ?                                        | ?                                              | ?                                    | ?                     |

## PhD-projektet

S

### Fokusstoffer i projektet:

LM5

LM6

LM3

LM2

Terbuthylazin

desethyl-terbuthylazine

hydroxy-terbuthylazine

hydroxy-desethyl-terbuthylazine

Terbutryn

Chlorothalonil

R417888

R471811

Chloridazon

DPC

MDPC

Pu

lar

Sa

pe

kil

ur

in

De

va

re

e til

r.





Nyttig Viden

# Pesticidrester i jorden på landbrugsarealer

- Udpegning af fremtidige beskyttelseszoner
- Bæredygtige investeringer i fremtidig grundvandsbeskyttelse

Samt

- Realistiske data om miljøpåvirkninger fra landbrugsaktiviteter
- Beslutningstagning indenfor jordforurening, miljøbeskyttelse, landbrugspraksis samt at opnå en mere bæredygtig miljøpolitik

Kræver

- At der bliver stillet krav til analysemetoder – lavere detektionsgrænser i jord







Tak for jeres tid



## Referencer

Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 21, 2002; Vidensstatus for sammenhængen mellem tilstanden i grundvand og overfladevand

Simone Hintze, Youssef Sameh Bahgat Hannalla, Sylvie Guinchard, Daniel Hunkeler, Gaétan Glauser, 2021; Determination of chlorothalonil metabolites in soil and water samples, Journal of Chromatography A, Vol. 1655 (462507)

Riedo, J., Wettstein, F. E., Rösch, A., Herzog, C., Banerjee, S., Büchi, L., Charles, R., Wachter, D., Martin-Laurent, F., Bucheli, T. D., Walder, F., and van der Heijden, M. G. A., 2021, Widespread Occurrence of Pesticides in Organically Managed Agricultural Soils - the Ghost of a Conventional Agricultural Past?, Environmental science & technology, Nr. 55 (2919-2928)

Froger C, Jolivet C, Budzinski H, Pierdet M, Caria G, Saby NPA, Arrouays D, Bispo A. Pesticide Residues in French Soils: Occurrence, Risks, and Persistence. Environ Sci Technol. 2023 May 23;57(20):7818-7827.

"Martina Hvězdová, Petra Kosubová, Monika Košíková, Kerstin E. Scherr, Zdeněk Šimek, Lukáš Brodský, Marek Šudoma, Lucia Škulcová, Milan Sáňka, Markéta Svobodová, Lucia Krkošková, Jana Vašíčková, Natália Neuwirthová, Lucie Bielská, Jakub Hofman, Currently and recently used pesticides in Central European arable soils, Science of The Total Environment, Volumes 613–614, 2018, Pages 361-370



## Referencer

Mulatu Yohannes Nanusha, Emil Egede Frøkjær, Helle Rüz Hansen, Signe Bonde Rasmussen, Jakob Bruun Nicolaisen, and Martin Hansen, 2023, Explorative Quantitative Nontarget Analysis Reveals Micropollutants in Danish Groundwater, ACS ES&T Water 2023 3 (12), 3992-4003

Miljøstyrelsen (2022). Skelnen mellem pesticidkilder. Miljøprojekt nummer 2200.

Nielsen, A. K., Tsitonaki, K., Sadowski, K., Pedersen, S.R., Jannerup, H., Bjerg, P.L. (2021). Den umættede zone som en sekundær kilde til forurening af grundvandet med desphenylchlo-ridazon (DPC). Magasin nummer 4, 2021, 18-23. Regionernes Videncenter for Miljø og Res-sourcer.

Hintze, S. (2020). Long-Term Dynamics of Pesticide Metabolites in Soil and Aquifers. PhD the-sis. University of Neuchâtel. Switzerland.

Knuth D, Gai L, Silva V, Harkes P, Hofman J, Šudoma M, Bílková Z, Alaoui A, Mandrioli D, Pasković I, Polić Pasković M, Baldi I, Bureau M, Alcon F, Contreras J, Glavan M, Abrantes N, Campos I, Norgaard T, Huerta Lwanga E, Scheepers PTJ, Ritsema CJ, Geissen V. Pesticide Residues in Organic and Conventional Agricultural Soils across Europe: Measured and Predicted Concentrations. Environ Sci Technol. 2024 Apr 16;58(15):6744-6752.

## Referencer

Albers, C.N., Esbjørn, A.; Badawi; N. (2021). Undersøgelse af fortsatte kilder til desphenylchloridazon i Elmelund Skov. DANMARKS OG GRØNLANDS GEOLOGISKE UNDERSØGELSE RAPPORT 2021/27.

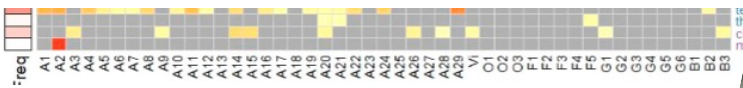
Pesticidrester i dansk markjord (10-20 mg/kg)

**Glyphosat (godkendt i Danmark)**  
(nedbrudt)

# Ny forskning: Glyphosat og risikoen for kræfttyper

Fødevarer | 19. februar 2019 kl. 12:25 | 112

|  |                     |      |     |      |
|--|---------------------|------|-----|------|
|  | Glyphosat           | 1462 | 998 | 68.3 |
|  | MCPA                | 1463 | 375 | 25.6 |
|  | Bentazon            | 1463 | 225 | 15.4 |
|  | 2,6-Dichlorbenzamid | 1463 | 214 | 14.6 |
|  | Prosulfocarb        | 1378 | 101 | 7.3  |
|  | DNOC                | 1220 | 55  | 4.5  |
|  | DEHP                | 1066 | 43  | 4.0  |
|  | Mechlorprop         | 1451 | 30  | 2.1  |



Figur fra Froger et al. 2023



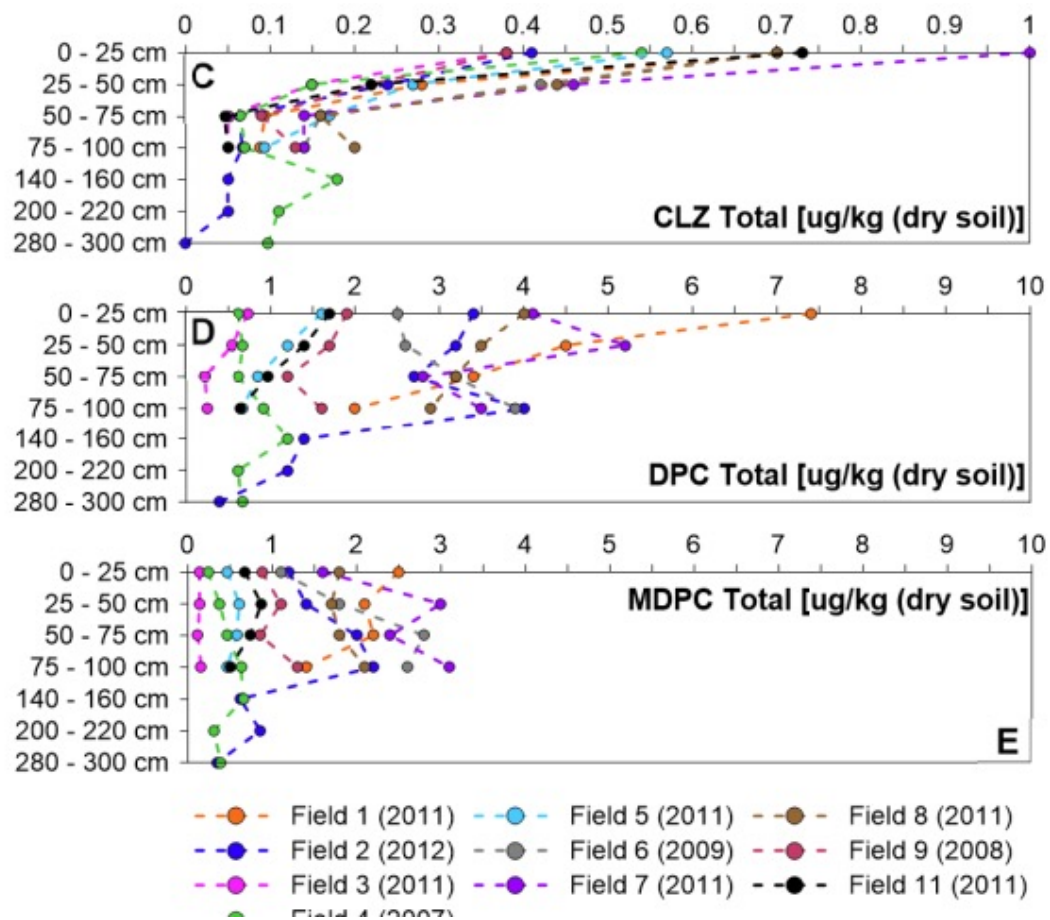


Top 10 Stoffer i Region Syddanmark fra 2016-2024

| Stofparameter              | count_all | count_detected | count_count_summer | count_count_detected_summer | count_count_spring | count_count_detected |
|----------------------------|-----------|----------------|--------------------|-----------------------------|--------------------|----------------------|
| AMPA                       | 1487      | 1324.0         | 314.0              | 275.0                       | 373.0              |                      |
| Trifluoreddikesyre (TFA)   | 1250      | 1180.0         | 222.0              | 209.0                       | 326.0              |                      |
| Glyphosat                  | 1486      | 1015.0         | 314.0              | 215.0                       | 373.0              |                      |
| MCPA                       | 1487      | 383.0          | 314.0              | 117.0                       | 373.0              |                      |
| Bentazon                   | 1487      | 226.0          | 314.0              | 52.0                        | 373.0              |                      |
| 2,6-Dichlorbenzamid        | 1487      | 215.0          | 314.0              | 81.0                        | 373.0              |                      |
| Prosulfocarb               | 1402      | 106.0          | 243.0              | 4.0                         | 373.0              |                      |
| Desphenyl chloridazon      | 85        | 73.0           | 71.0               | 59.0                        | nan                |                      |
| DNOC                       | 1244      | 58.0           | 219.0              | 5.0                         | 307.0              |                      |
| N,N-Dimethylsulfamid (DMS) | 90        | 49.0           | 71.0               | 46.0                        | 1.0                |                      |

Pesticidrester i schweizisk markjord (3 m u.t.)

# Chloridazon (forbudt i 2020), DPC & MDPC



Figur fra Simone Hintze, 2020

