

Cecilie Bang Ottosen, Vinni Rønde, Ursula S. McKnight, Mette M. Broholm, Poul L. Bjerg, Lone Dissing og Jørn Pedersen

Nedbrydning af chlorerede ethener i forureningsfanen der strømmer ud i Grindsted Å

Baggrund

Den centrale del af fanen fra Grindstedværket



Primært nedbrydningsprodukterne cis-DCE og VC.

Betydelig forureningsflux ved den nordlige åbrink, gennem åbunden og i åen.

Nedbrydningsprocesser anderledes i ånære systemer.

Behov for en vurdering af nedbrydningsprocesserne ved Grindsted Å:

- Potentielle oprensningsmetoder.
- Fagligt grundlag for videre undersøgelser af nedbrydningen i hele forureningsfanen.

Formål

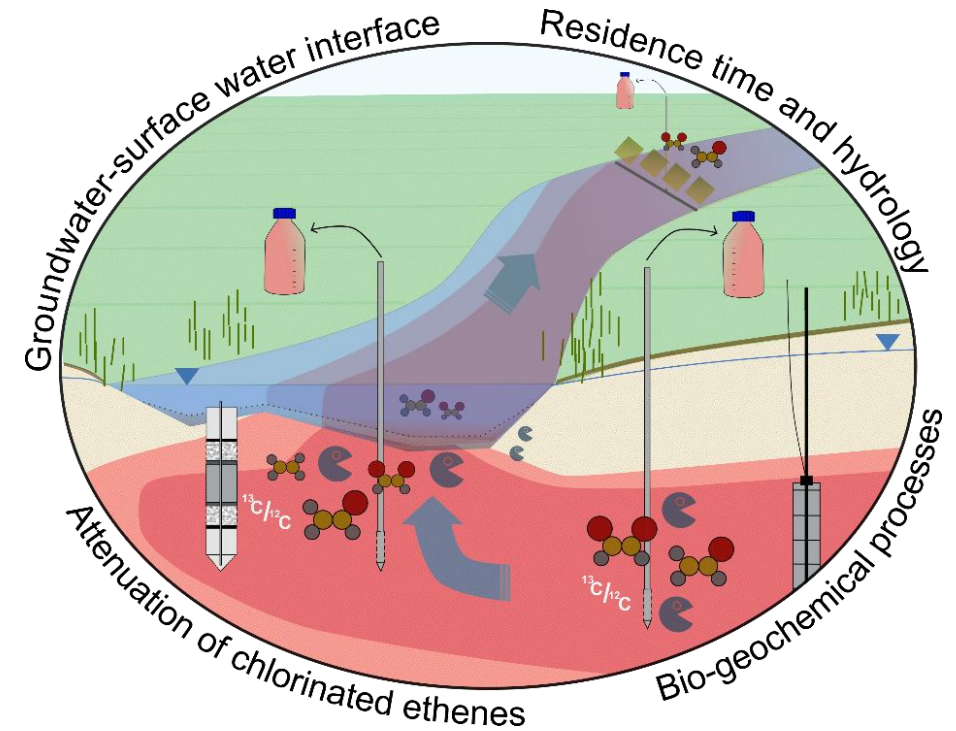
Potentialet og omfanget af nedbrydningen af chlorerede ethener i åbrink og åbund.

Specialanalyser til dokumentation og vurdering af:

- Betingelserne for nedbrydning
- Nedbrydningsforekomst
- Nedbrydningsrater/omfang

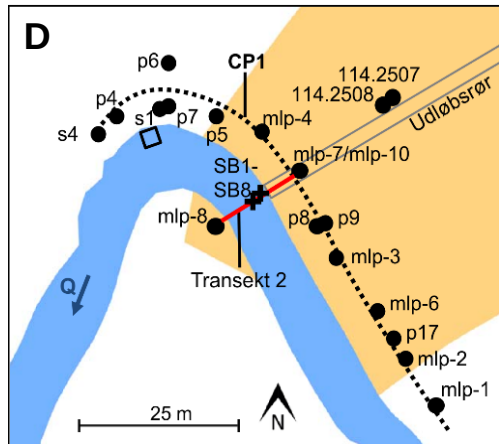
Feltundersøgelser over 7 år, forskellige metoder:

- Hydrogeokemiske
- Kemiske
- Mikrobielle

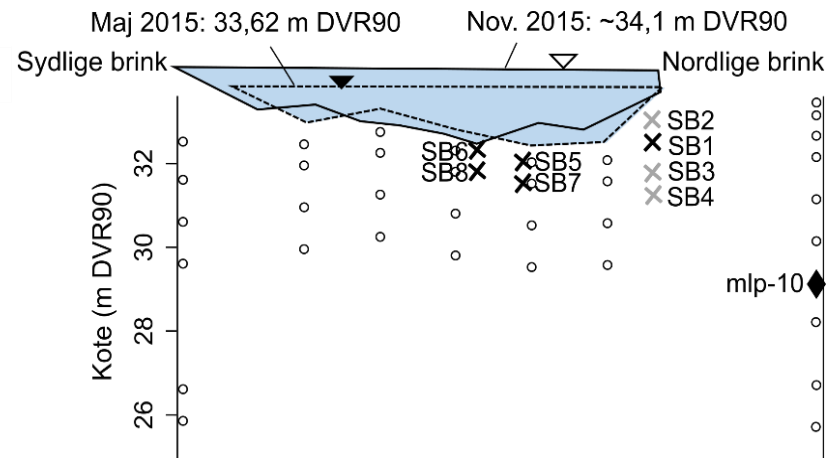


Ånære system

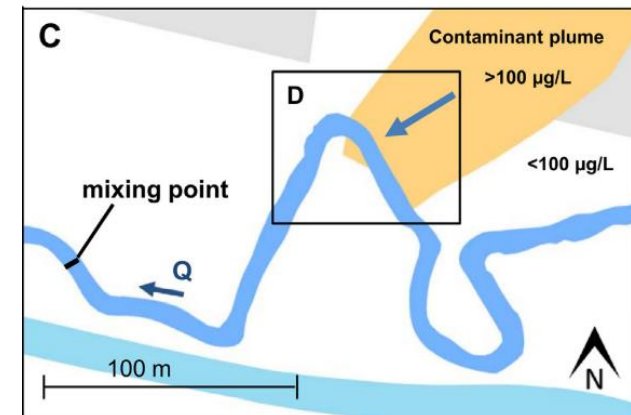
I. Åbrink



II. Åbund



III. Åvand

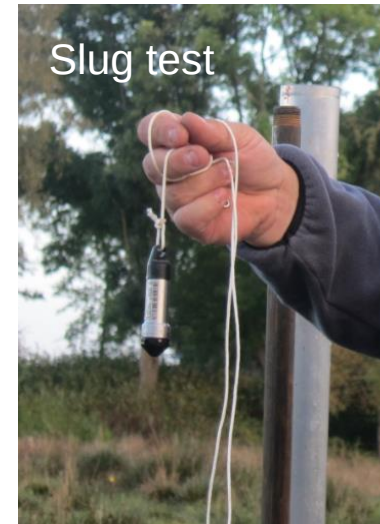


Hydrogeologi



Åbrink:

- PFM: 0.3 m/dag
- PVP: 0.8 m/dag
- Darcy: 1.4 m/dag



Åbund:

- SBPFM: 0.3 m/dag
- Darcy: 2.1 m/dag
- SBPVP: 5.9 m/dag

Estimerede porevandshastigheder fra åbrinken til åen er høje (0.3-5.9 m/dag).

Opholdstiden er 0.5-37 dage fra åbrink til å.

Redoxforhold og NVOC

Centralt i forureningsfanen:

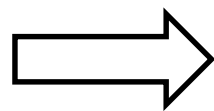
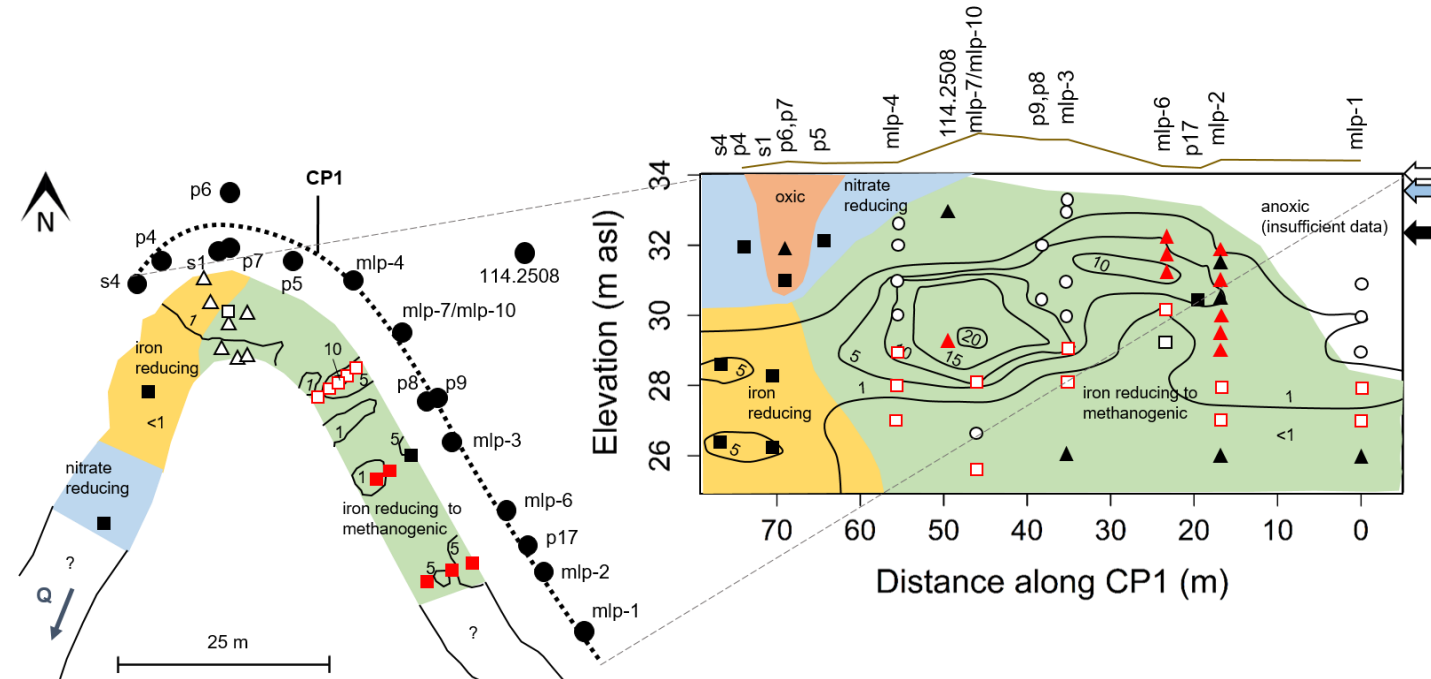
- Jernreducerende til metanproducerende

Udkanten af fanen:

- Mindre reducerede forhold

Elektrondonor til stede:

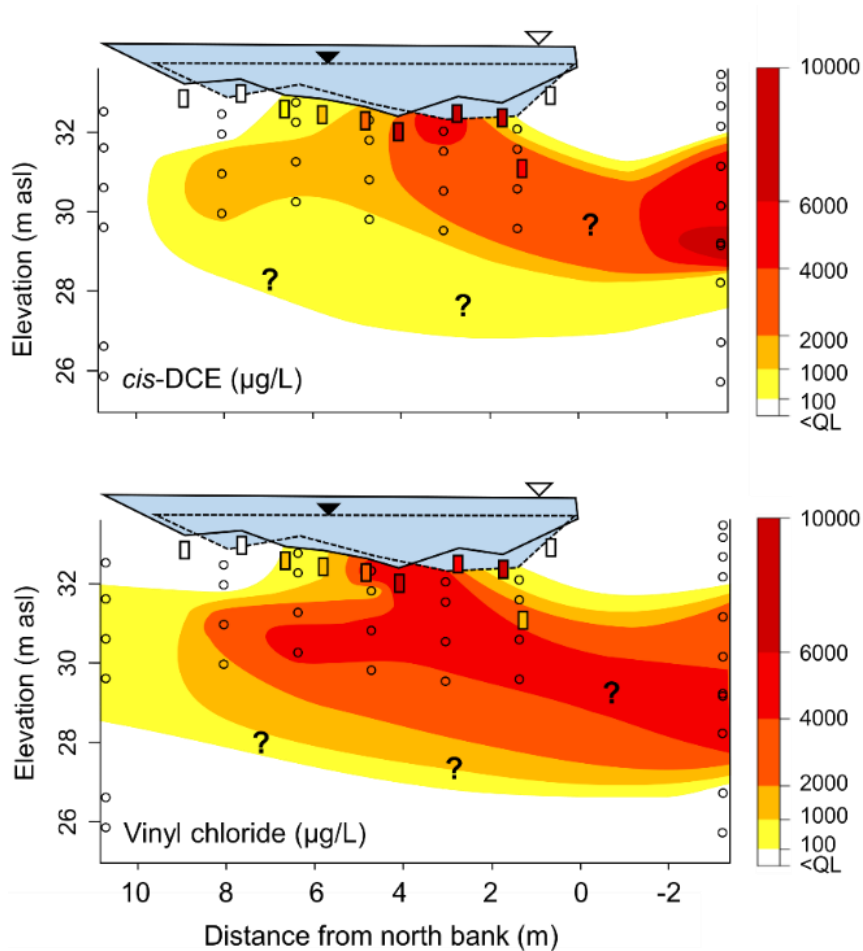
- Naturligt opløst organisk materiale.
- Forureningsstoffer, som benzen og farmaceutiske stoffer.



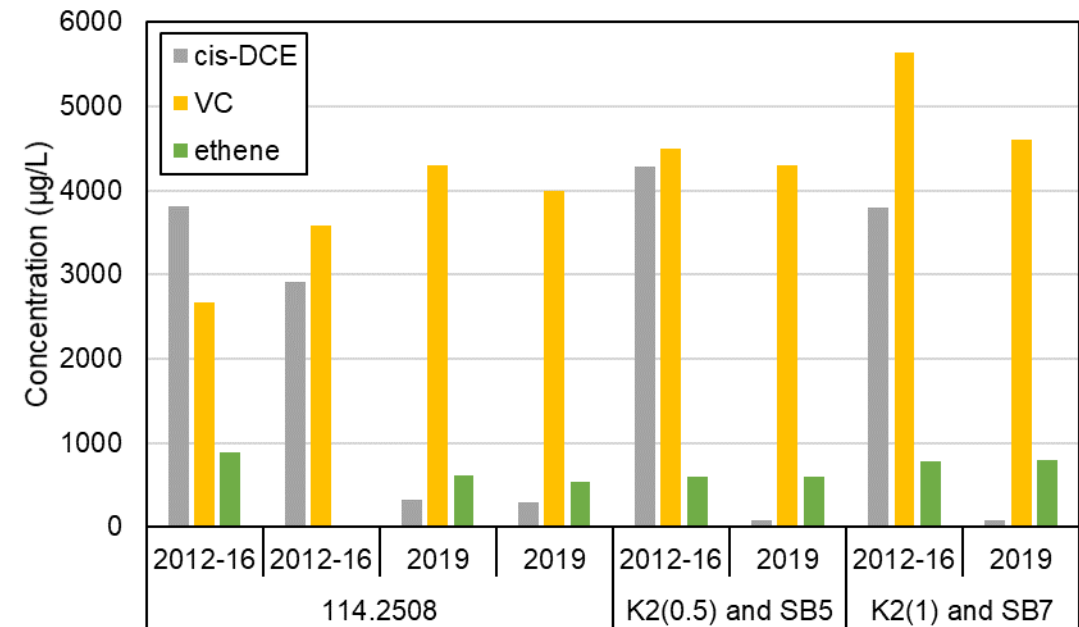
Stort potentiale for nedbrydning med komplet dechlorering af chlorerede ethener centralt i fanen.

Koncentrationer af chlorerede ethener

2012-16:



2012-16: vs. 2019:



Fanen af de chlorerede ethener består primært af *cis*-DCE, VC og ethen.

Aftaget *cis*-DCE niveau i 2019 → Nedbrydning?

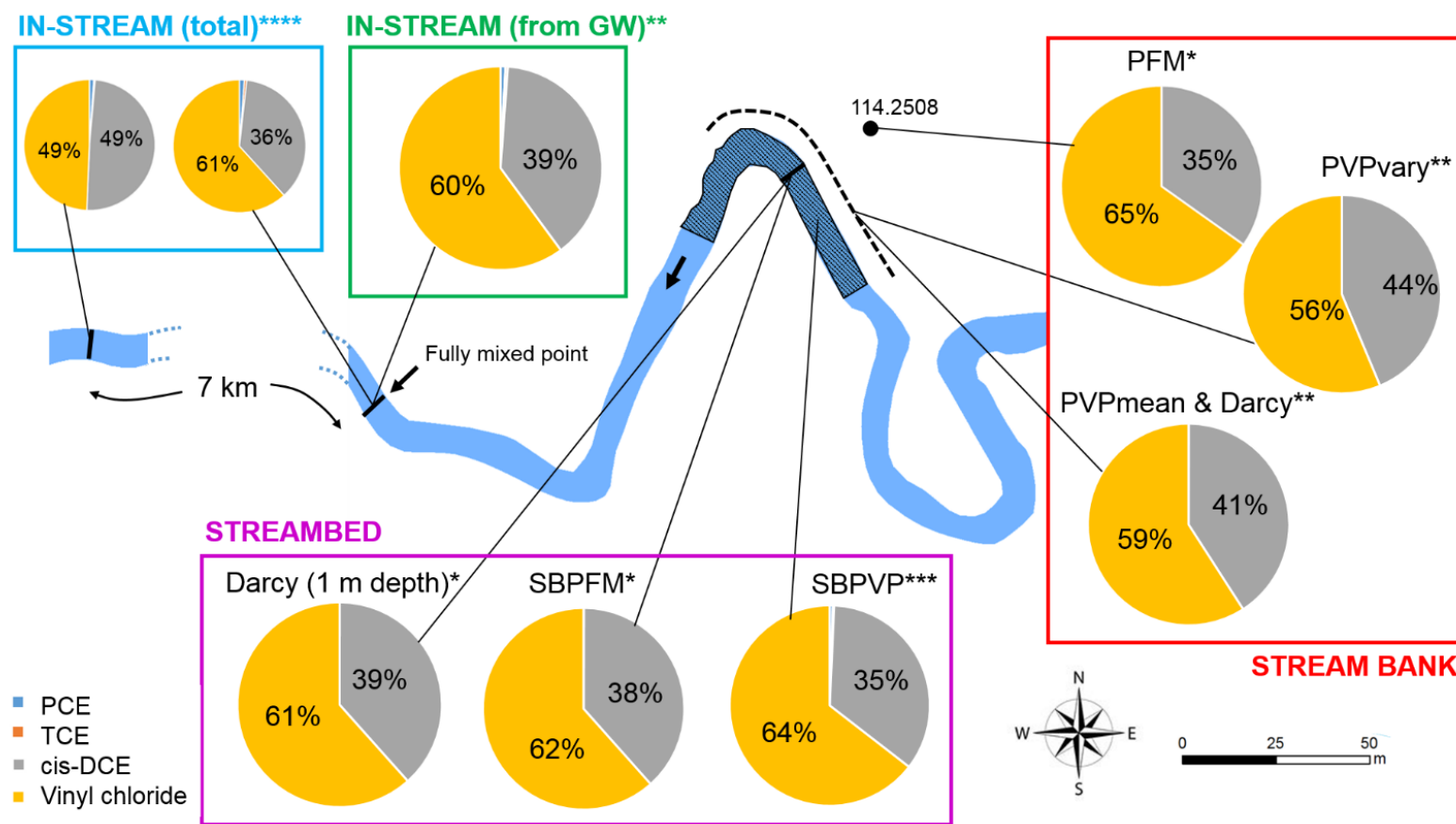
Stofspecifik massebalance af chlorerede ethener

2012-16 (Figur):

- Stof-molfordeling baseret på forureningsflux.
- Konstant langs fanens strømningsretning.
- Lille/ingen reduktiv dechlorering eller fordampning.

2019:

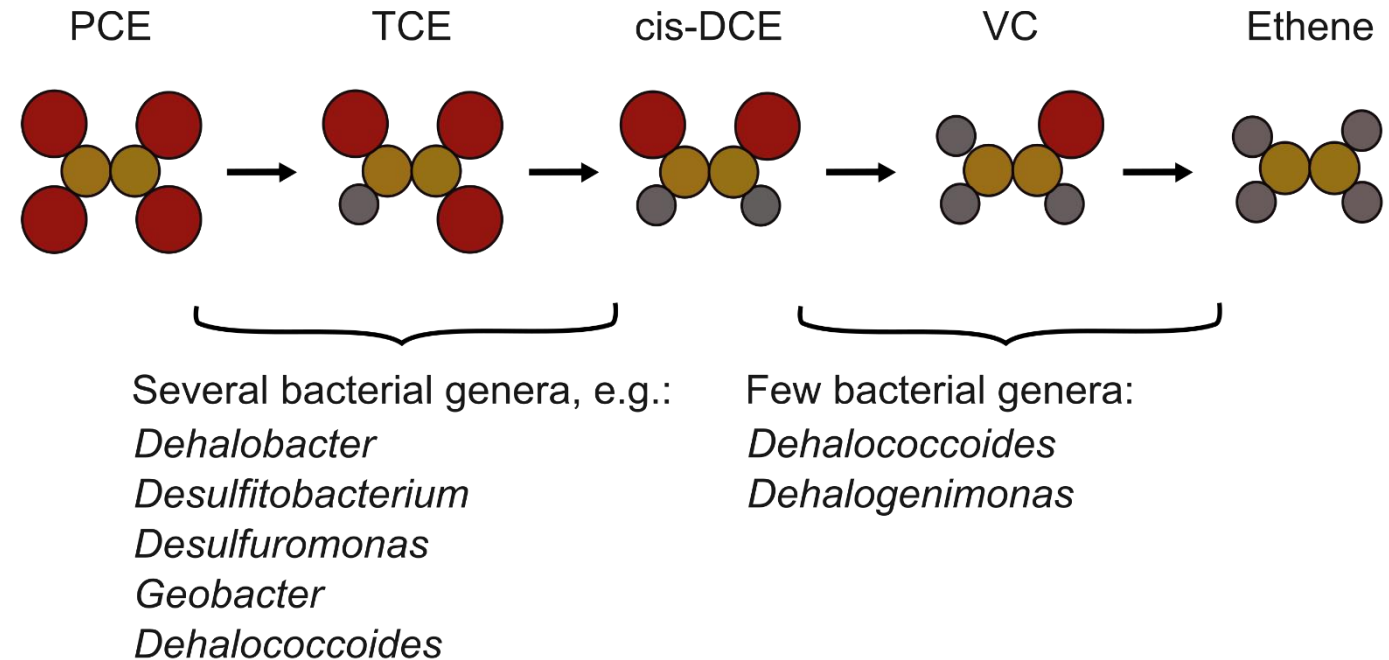
- Åbrink og åbund: (~95:5 for VC:cis-DCE).
- Åen: i den øvre ende af intervallet (~72:28 VC:cis-DCE).
- Lokal forøgelse i den reduktive dechlorering centralt i fanen.



Specifikke bakterier: Teori

Nedbrydningspotentiale:

- Specifikke bakterier
- Funktionelle gener



Specifikke bakterier: Resultater

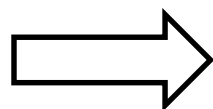
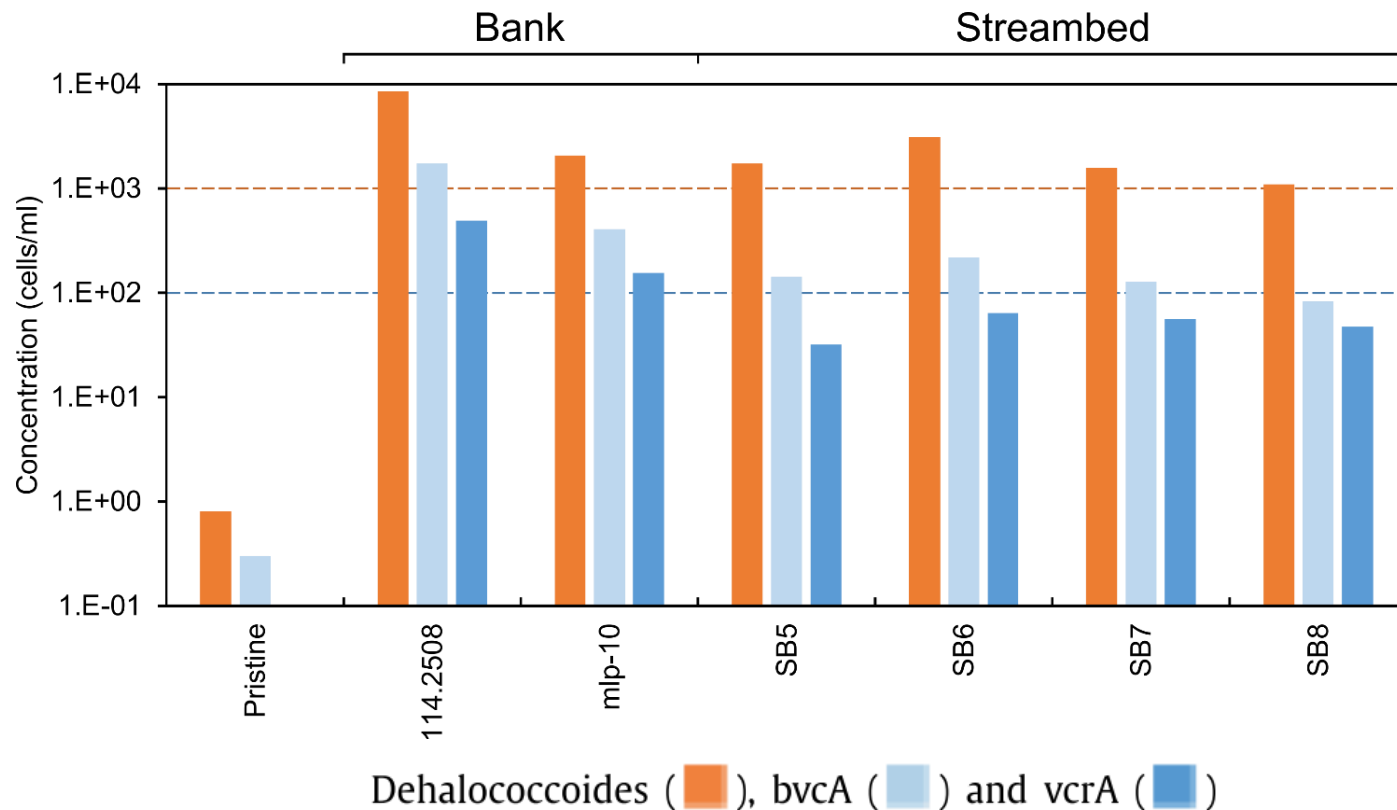
2019:

Centralt i fanen:

- Høje niveauer af *Dehalococcoides* med *vcrA* og *bvcA* gener.
- Størrelsesordener højere end referenceboringen.

Udkanten af fanen:

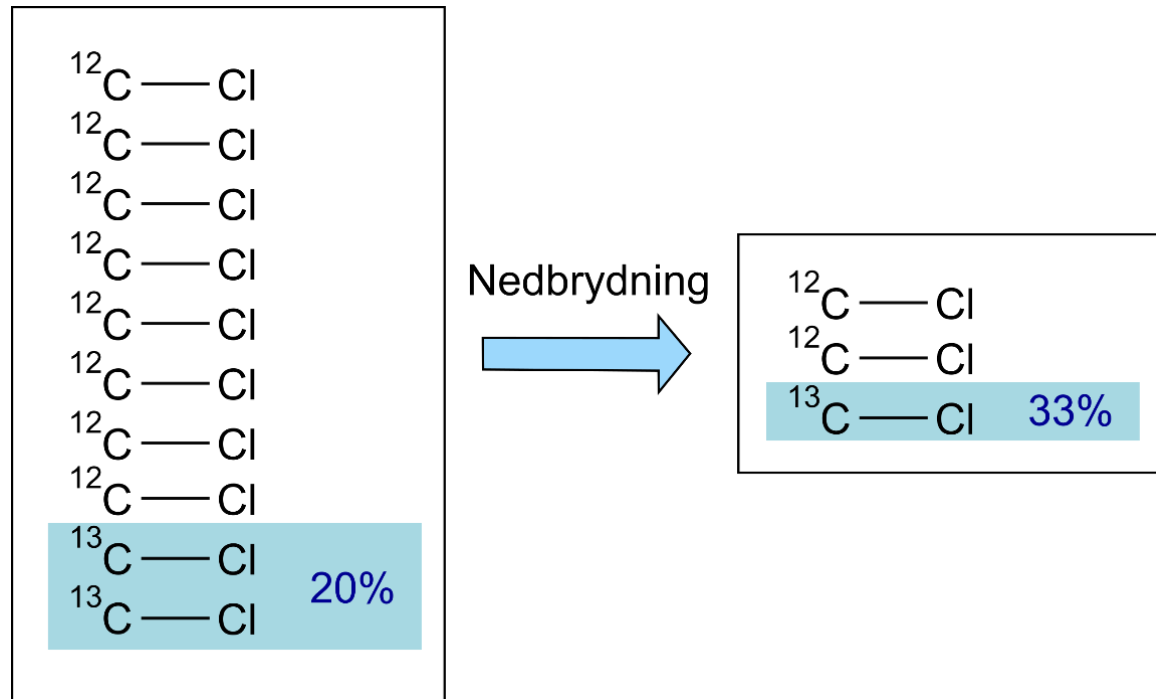
- Et lavere niveau (*Dehalococcoides* < 4E+02 celler/mL).



Stort potentiale for nedbrydning med komplet dechlorering af chlorerede ethener centralt i fanen.

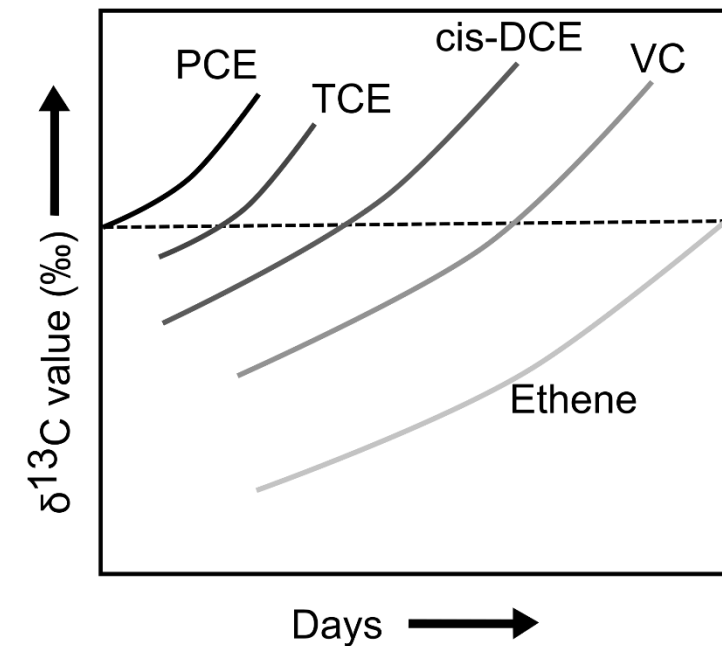
CSIA ($\delta^{13}\text{C}$): Teori

Bindinger til de lette isotoper brydes nemmere end bindinger til de tunge isotoper:



Nedbrydning fører til stigning i $\delta^{13}\text{C}$ værdien.

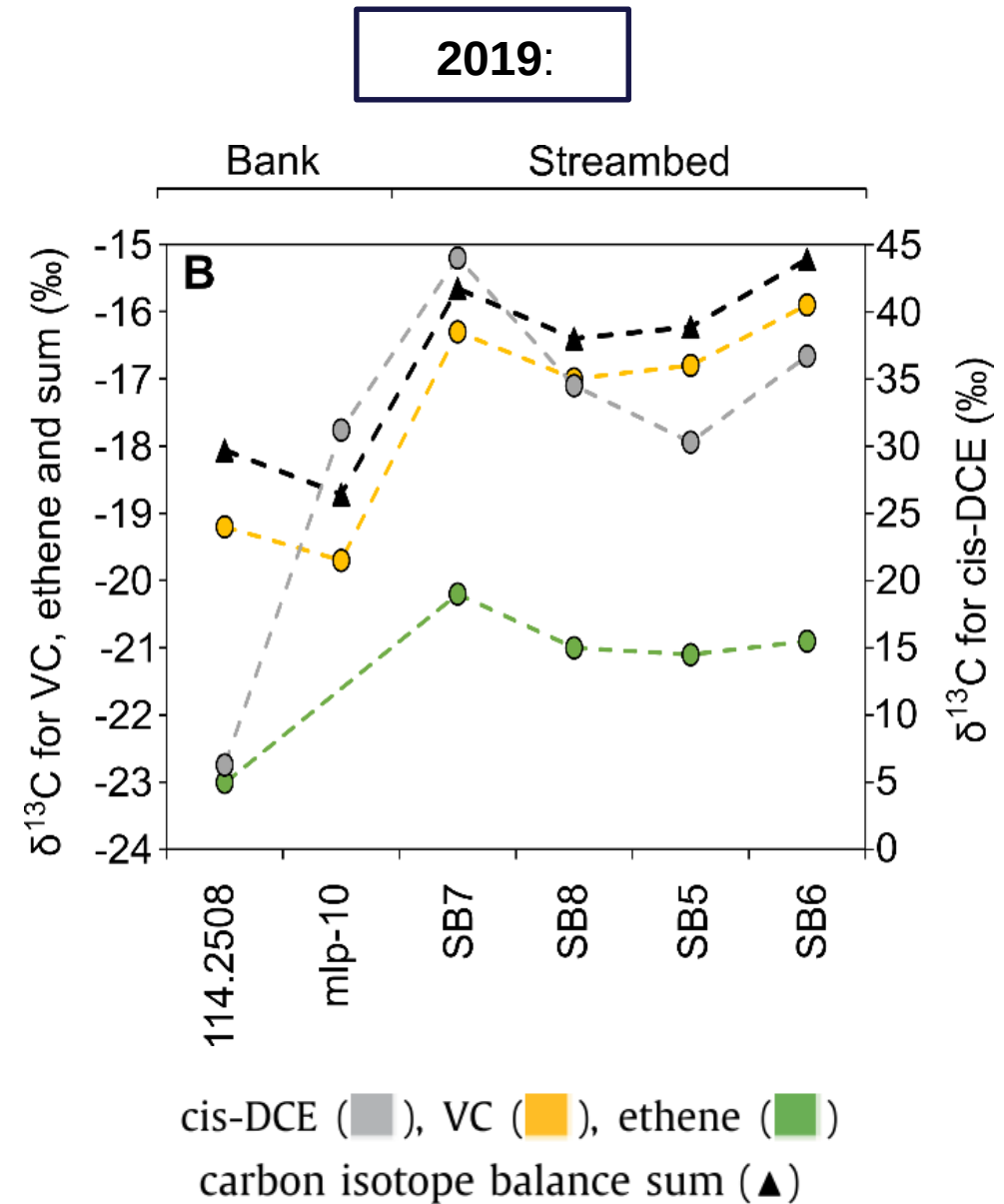
- Sekventiel nedbrydning



CSIA ($\delta^{13}\text{C}$): Resultater

Signifikant berigelse af ^{13}C for cis-DCE:

- Ved åbrink.
- Fra åbrink til åbund.
- Isotopbalance for chlorerede ethener:
 - $\delta^{13}\text{C}_{\text{sum}} = -15$ til -19 ‰.
 - En andel af de chlorerede ethener er nedbrudt til ethen.
 - Aktiv nedbrydning under åen.



Konklusion: Nedbrydning

Høj grundvandshastighed/lav opholdstid fra åbrinken til åen.

Gode forhold for nedbrydning (redoxforhold, donor tilstedeværelse og bakterieniveauer) centralt i fanen.

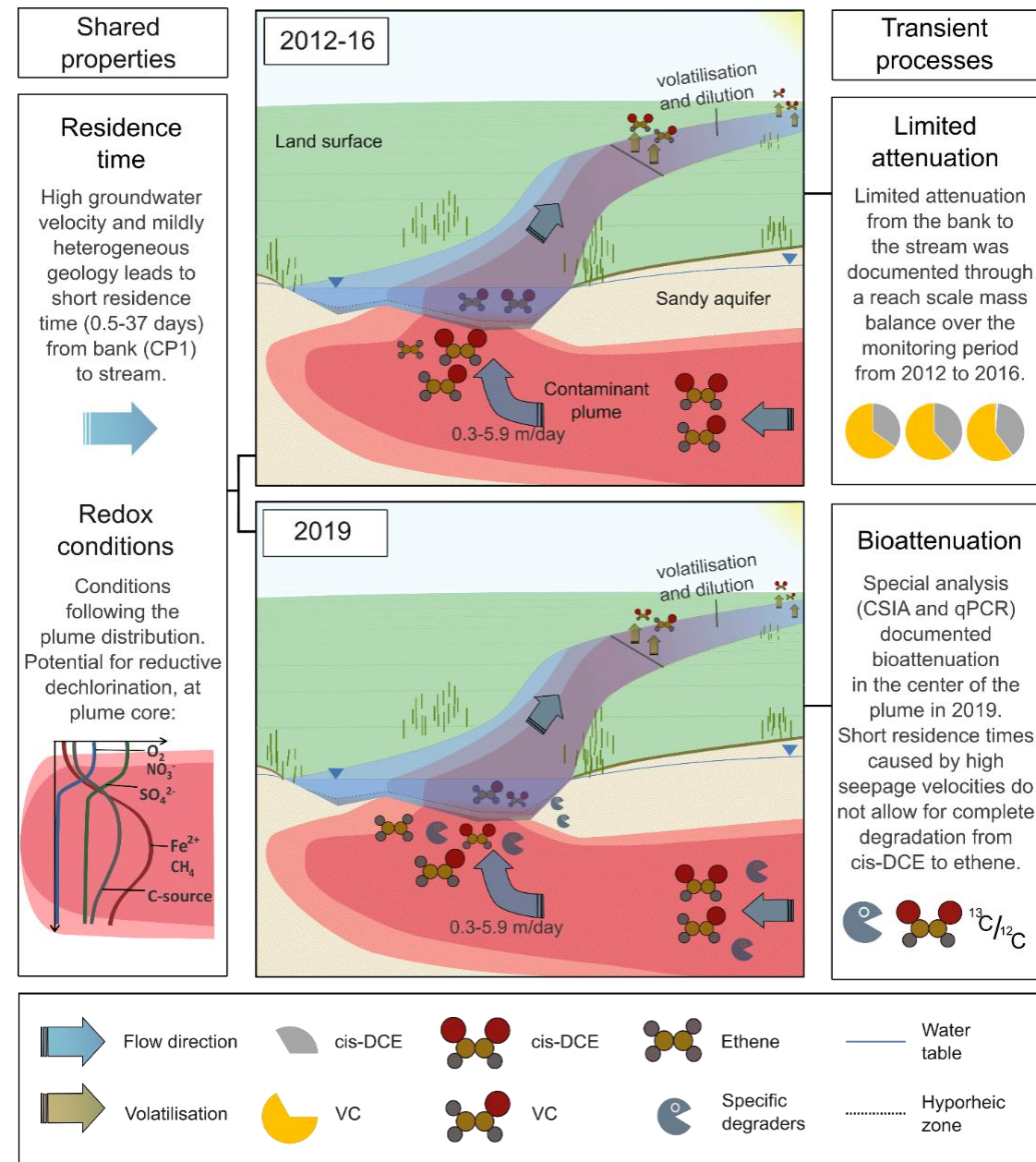
Beskeden nedbrydning i 2012-2016.

Betydelig nedbrydning i 2019.

Samlet vurdering:

Kort opholdstid

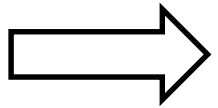
- For kort til fuldstændig nedbrydning
- Primære udfordring for naturlig nedbrydning som afværge.



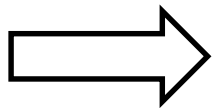
Forureningsflux i åen

Forureningsflux i fuldt-opblandet punkt i åen i 2019:

- VC uændret sammenlignet med 2012-2016.
- cis-DCE faldt sammenlignet med 2012-2016.



- Øget nedbrydning i 2019.
- Overordnet aftagende risiko for overfladevand.
- Lovende for anvendelse af biologiske afværgemetoder.



Behov for stor-skala undersøgelse i fanen:

- Grunden til øget nedbrydning?
- Variation i systemet?
- Potentiale for nedbrydning som afværge af hele forureningen?

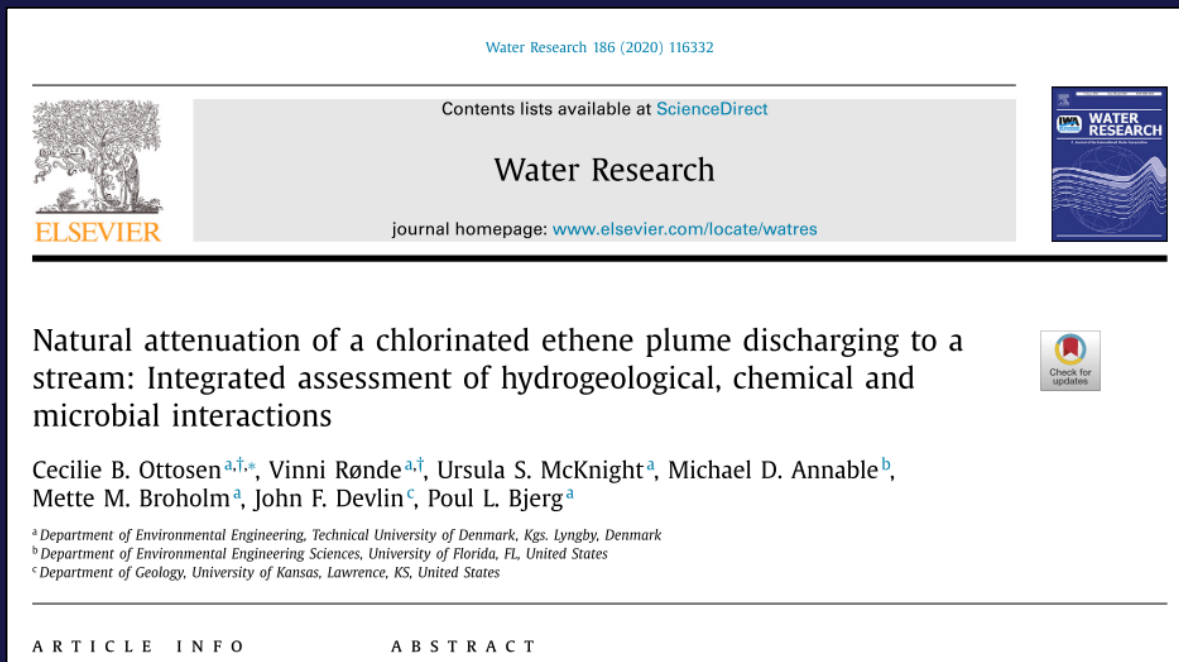


Take home messages

1. Detaljeret hydrogeologisk beskrivelse er påkrævet for at udføre en nøjagtig risikovurdering.
2. Tidslig variation i forureningsflux og de drivende processer er nødvendige at betragte.
3. Monitoringsdesign essentielt:
 - En integreret metode bør bruges til at vurdere den kombinerede effekt af alle processer.
 - Isotop og mikrobielle værktøjer fordelagtige til vurdering af nedbrydning.



Forskningsartikel (2020):



Dansk rapport (2020):

