

Stoftransportmodel for forureningen ved Grindsted. Model og resultater

Thomas Wernberg – NIRAS

Jørn K. Pedersen & Lone Dissing, Region Syddanmark

Marts 2026

Strømnings- og Transportmodel for Grindsted

1. Baggrund

1. Problemstillinger

2. Opsætning

3. Resultater

1. Forureningsudbredelse over tid

2. Udstrømning til Grindsted Å

4. Scenarieberegninger

1. Formål

2. Kan man dræne øst for de forurenede arealer

3. Stop for indvinding ved fabriksgrunden

5. Perspektiver og konklusioner

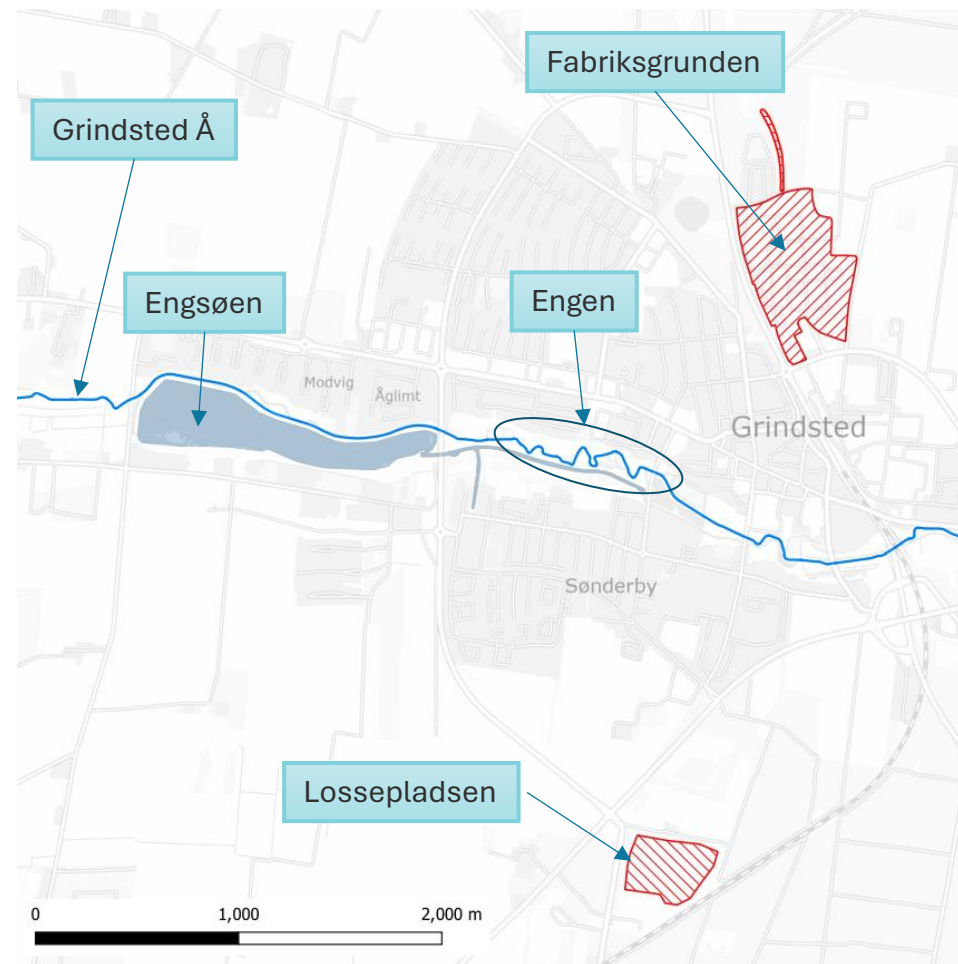
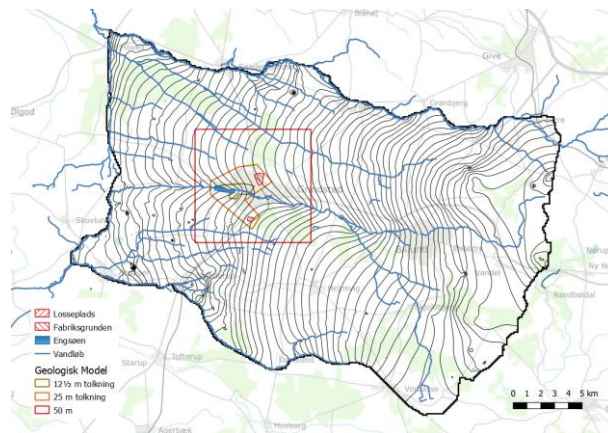
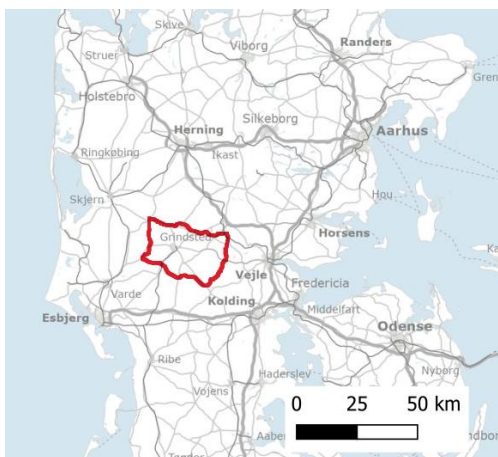
De overordnede formål med undersøgelsen er bl.a. at

- opnå mere detaljeret kendskab til forureningsfanen fra fabriksgrunden, geologien og strømningsforholdene i og omkring indsatsområderne tæt på Grindsted Å (se kort)
- lokalisere, hvor de højeste koncentrationer og forureningsmængder findes i disse indsatsområder
- bidrage med data til øvrige aktiviteter vedrørende forureningen fra fabriksgrunden, herunder grundlag for felttest, data til modeller og udarbejdelse af skitseprojekt.

Baggrund

Historie

- I Grindsted er der en stor forurening fra hhv. fabriksgrunden og banegraven nord for åren samt lossepladsen syd for åren.
- Grindsted-forureningen har været dækket i Vingsted mange gange.
- I denne undersøgelse er der udarbejdet en tredimensionel strømnings- og transportmodel
- Målet med modellen er bl. andet at forøge forståelse af samspillet mellem strømning og transport i området.



Opsætning

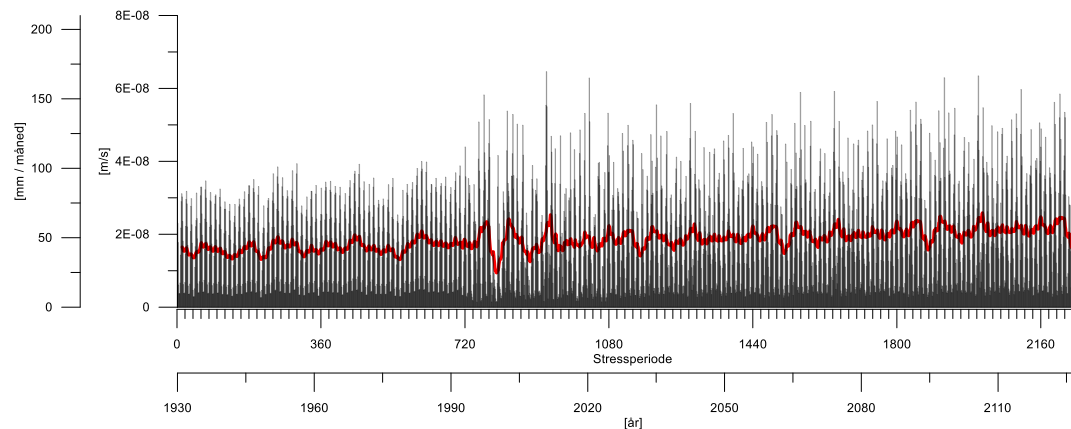
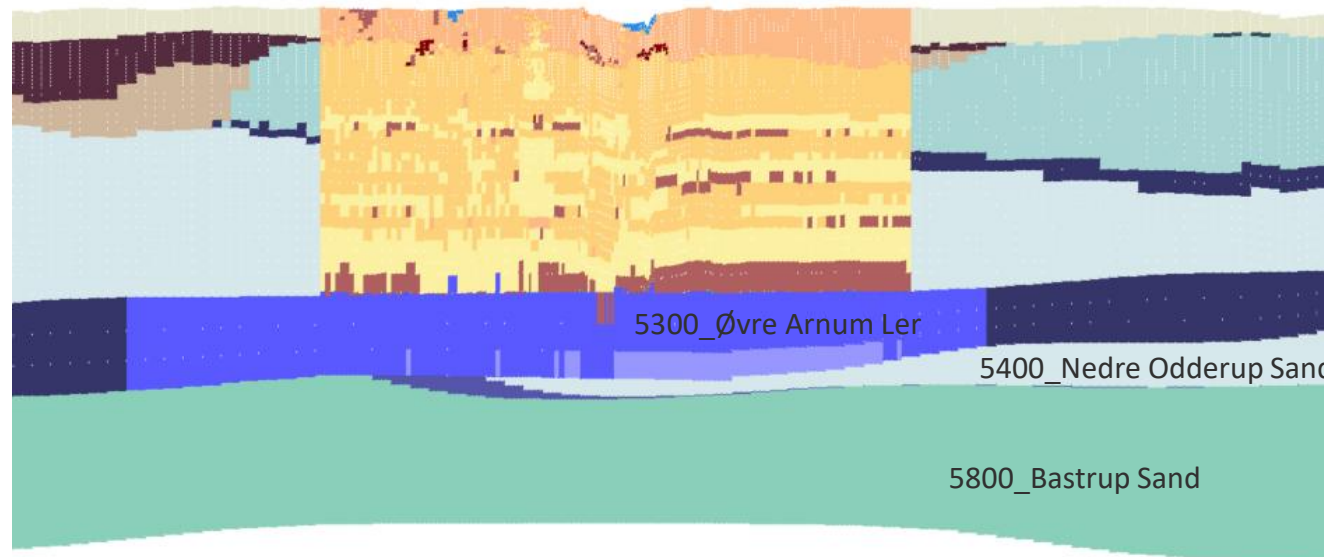
Hydrostratigrafi

- GEUS har udviklet en probalistisk geologisk model.
- Den geologiske model præsenteret på Vingsted 2025
- Strømning og transportmodel for 1930 – 2130 med månedlige tidsskridt.
- Opstillet i MODFLOW6



Horizontal diskretisering

100 m --- 50 m ---- 25 m -----12,5 m ----- 25 m ---- 50 m



Opsætning

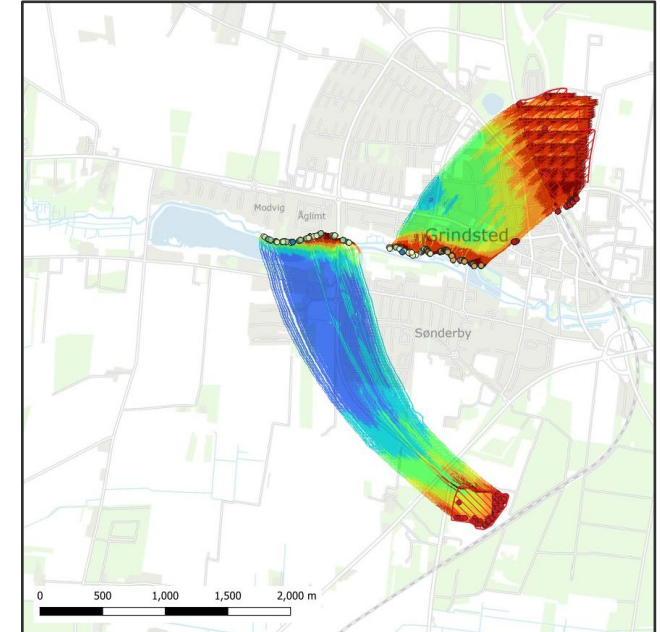
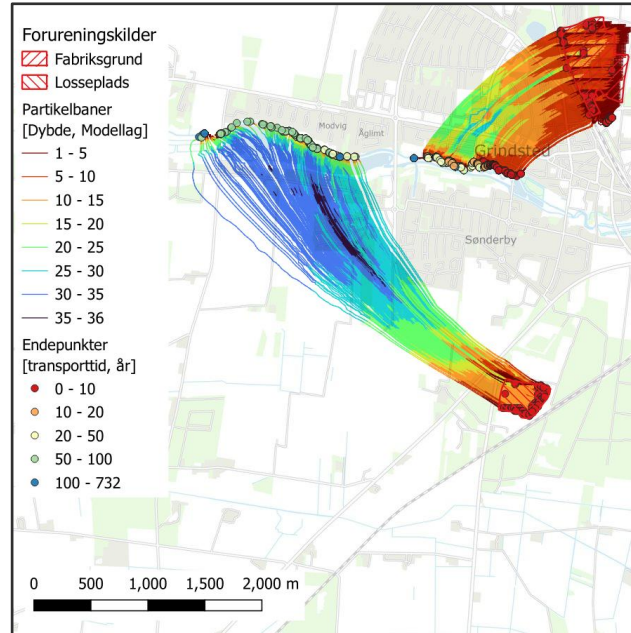
Kalibrering

Objektfunktion beregnes som:

- Fejl ift. observationsboringer (Jupiter & Regionens data)
- Vandføring
- Optimering af partikelbanernes placering ved Grindsted Å i 3D
- Partikelbaner beregnet på stationær modelløsning

Observation:

- Partikelbaner fra Fabriksgunden er **mindre** sensitive på parametervalg
- Partikelbaner fra losseplads er **meget** sensitive og får i praksis fra broen ved Grindsted Engso og kan få en vestlig retning.



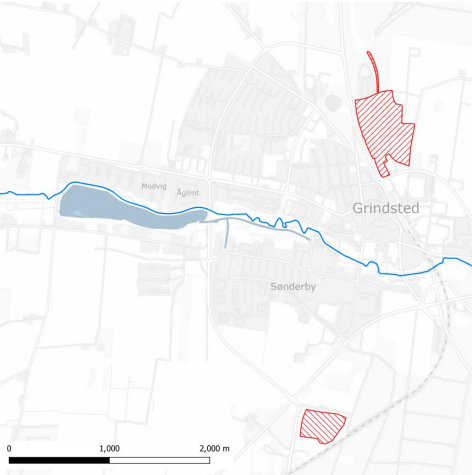
Opsætning af stoftransport

Stoftransport

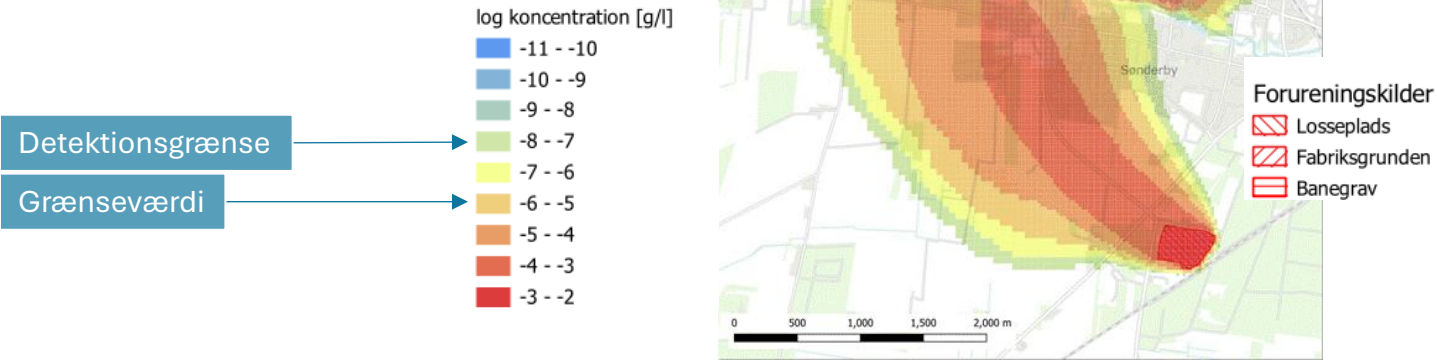
Konservativ transport

- Ingen nedbrydning
- Ingen sorption
- Initiale- og randbetingelser

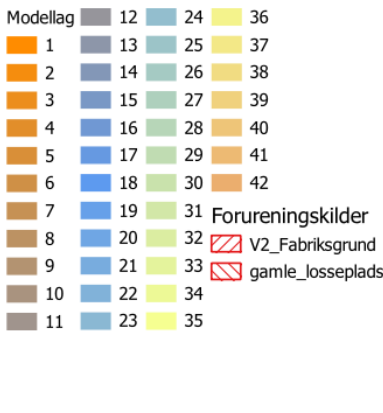
Lokalitet	Start år	Modellag	Koncentration
Lossepladsen	1962	Top	10^{-3} g/l
Fabriksgrunden	1930	Top	10^{-3} g/l
Banegravsdepotet	1940	Top	10^{-3} g/l



Maksimal koncentration i år 2020



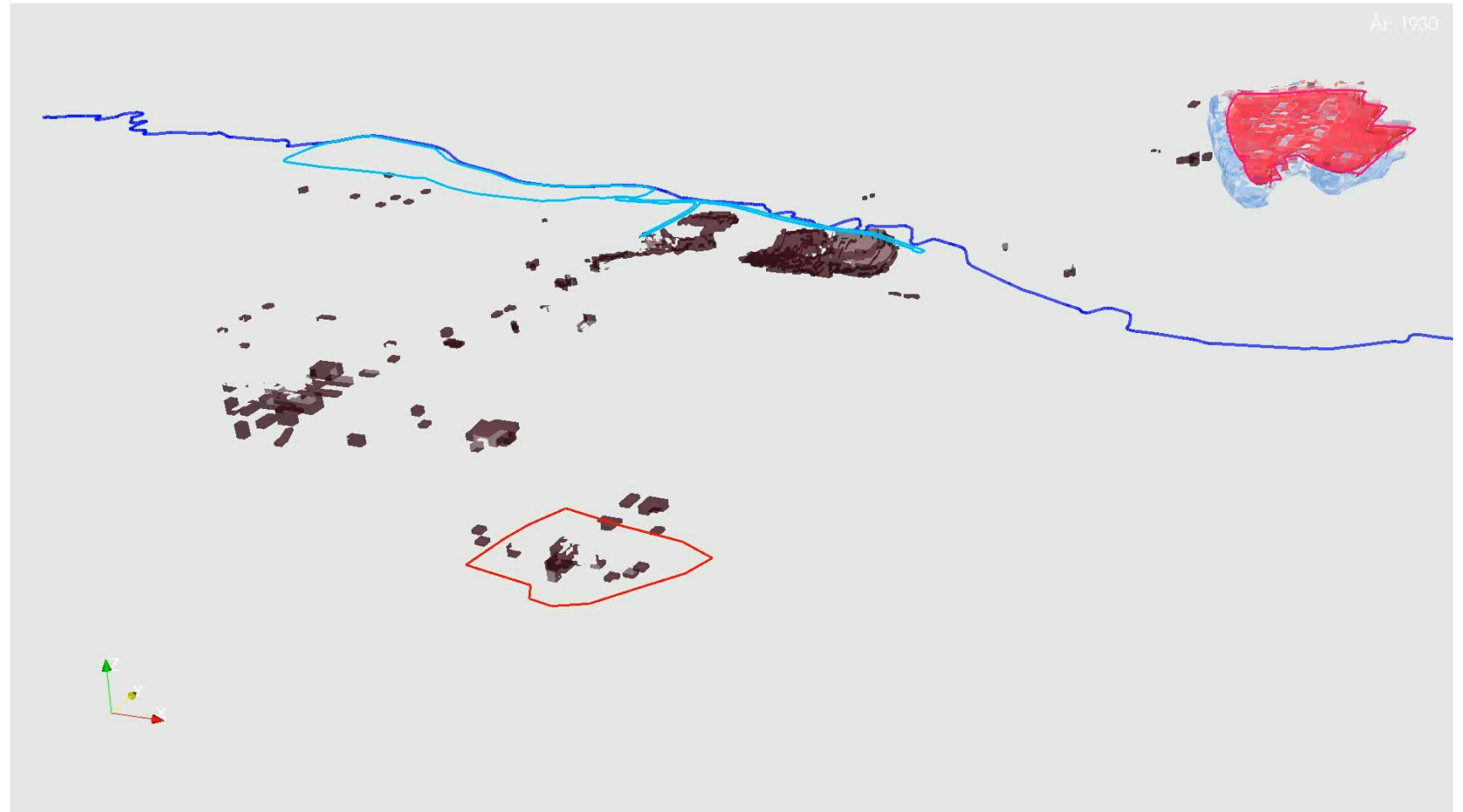
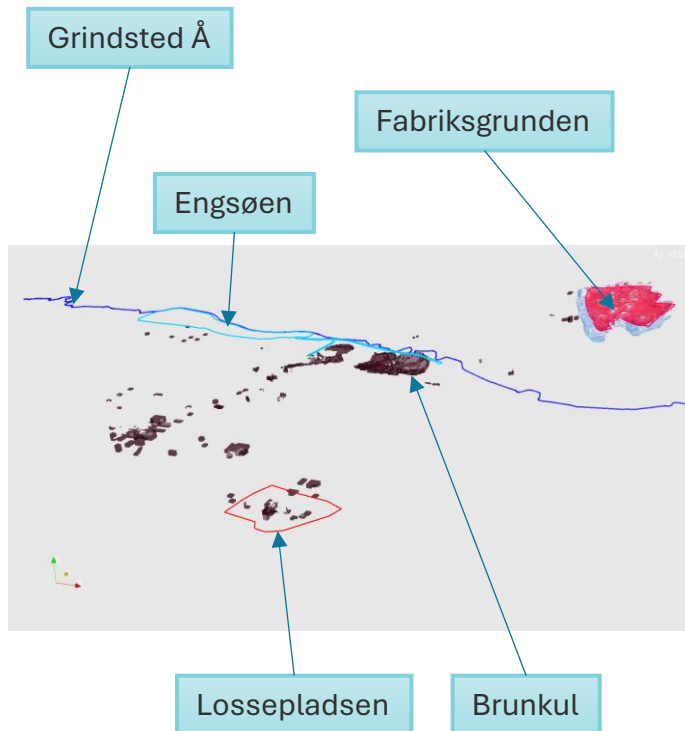
Dybde til maksimal koncentration i år 2020



Resultater

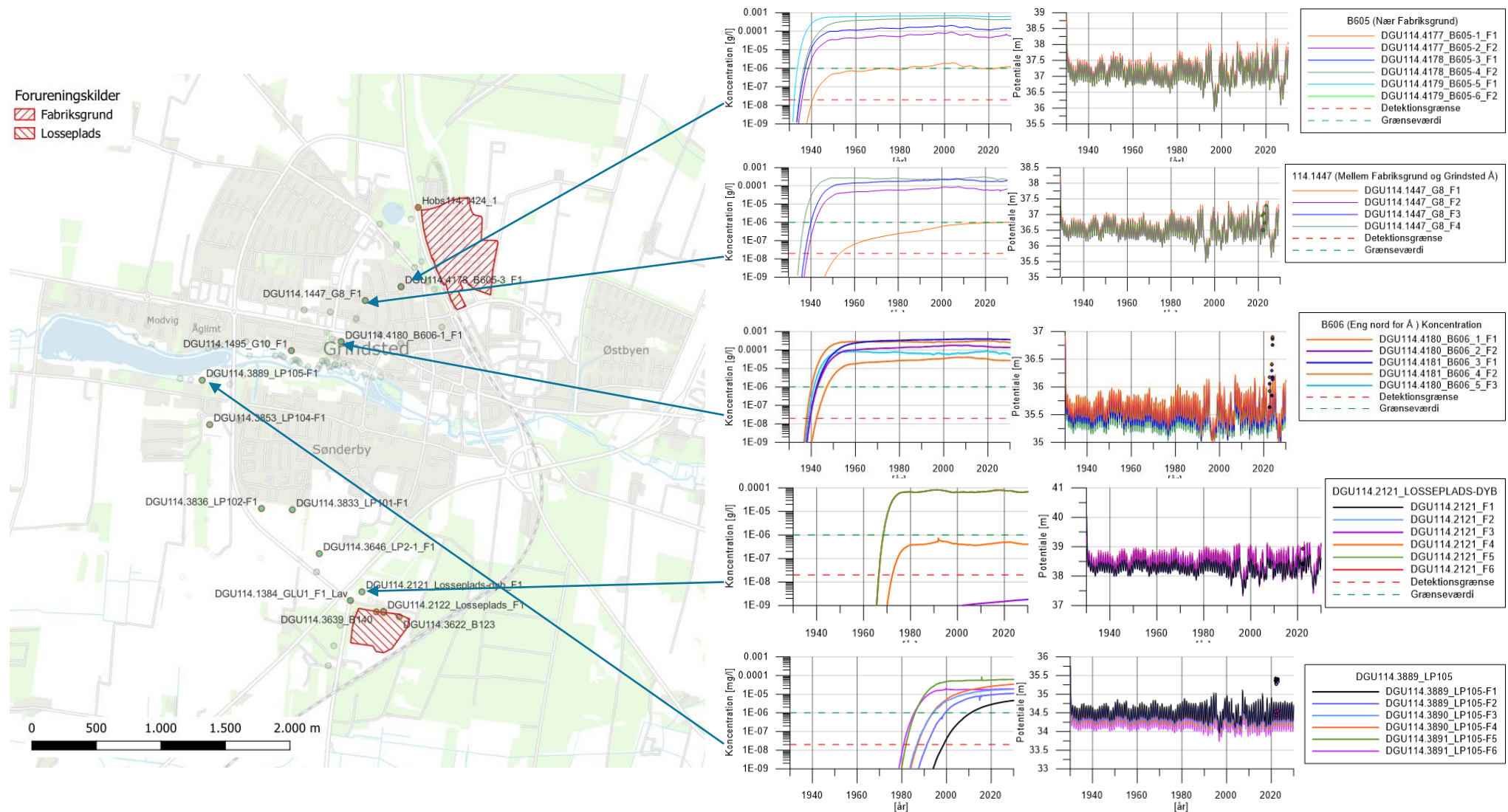
Forureningsfanen

Animation af forureningsfanerne
progression fra år 1930 til år 2130



Resultater

Tidlig udvikling

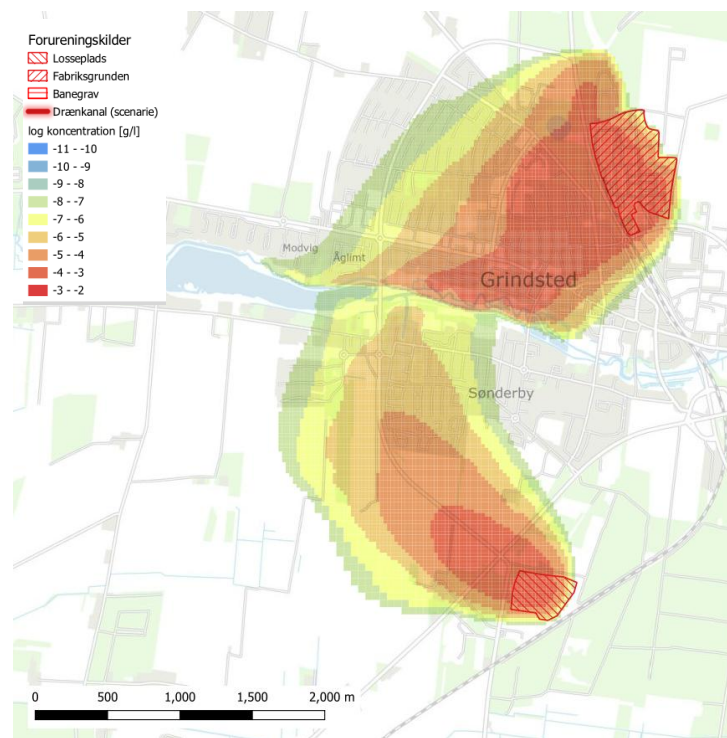


Resultater

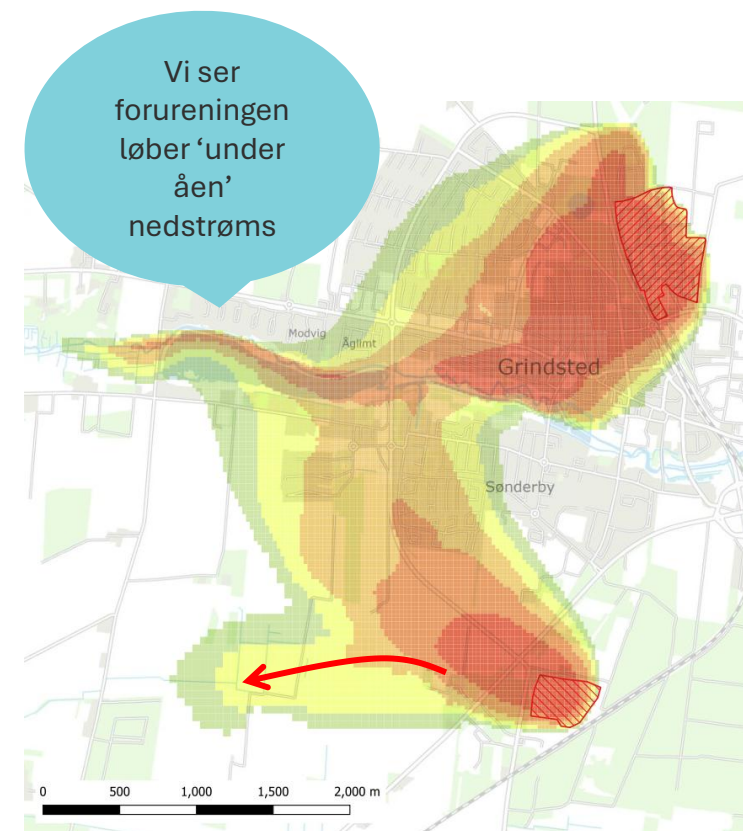
Tidlig udvikling af forureningsfanerne

Hvad sker der i fremtiden i et klima med forøget grundvandsdannelse

- Forureningsfanerne med høj koncentration ligger meget fast
- Der sker en tidlig udvikling af forureningsfanen mod vest under Grindsted Å. Her er tilstedeværelse af brunkul vigtig.
- Et øget grundvandspotentiale betyder at lokale dræn bliver mere aktive. Eksempelvis drænene vest for lossepladsen trækker forurening i en helt ny retning.



Koncentration i 20 m dybde efter 60 år (år 1990).



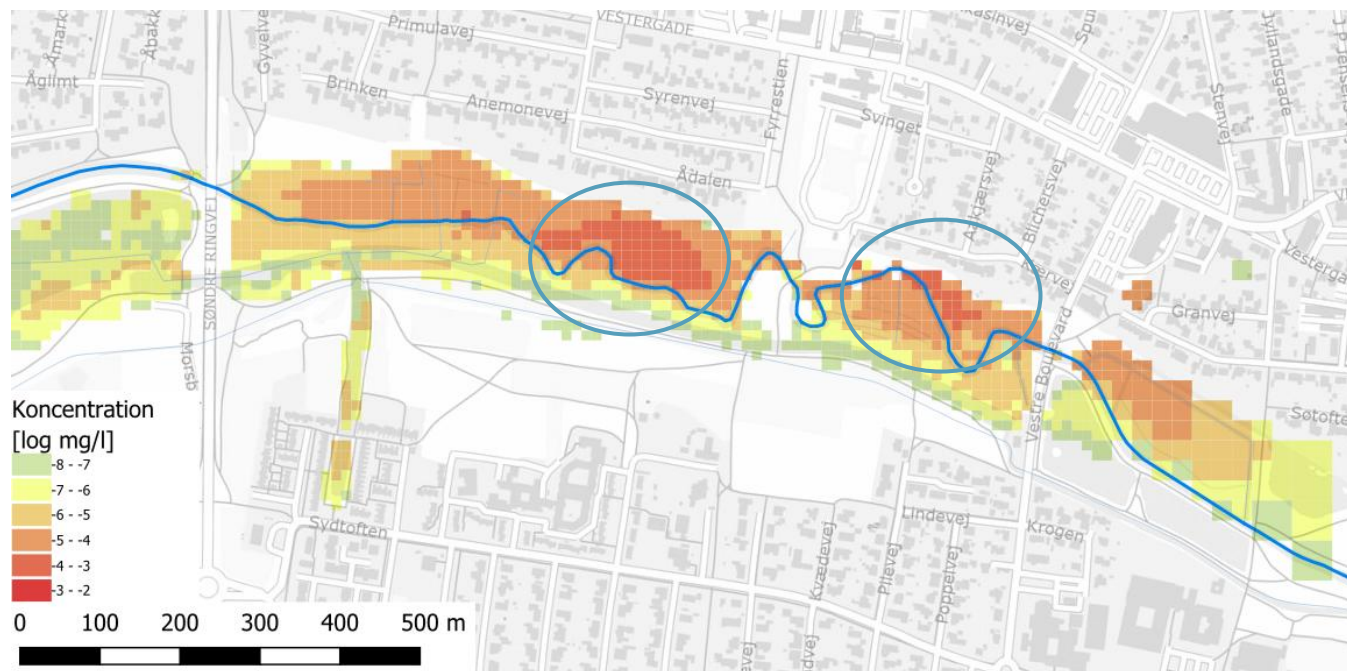
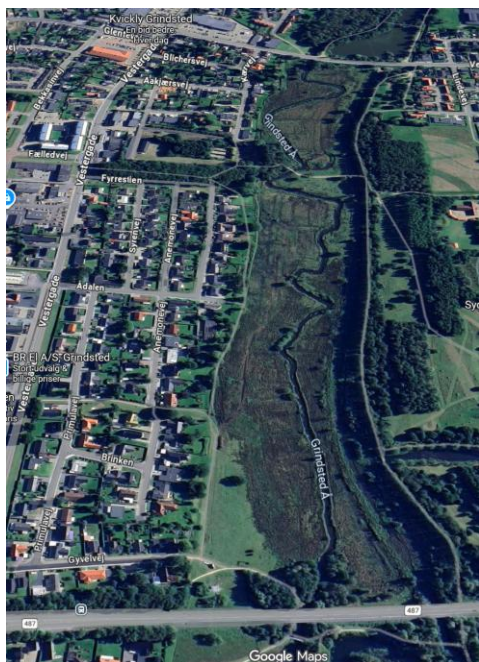
Koncentration i 20 m dybde efter 150 år (år 2080).

Resultater

Udstrømning af forurening til Engsø og Engarealer ned til Grindsted Å

Engområdet mellem Søndre Ringvej og Vestre Boulevard er primært udstrømningsområde for forurening af fabriksgrunden.

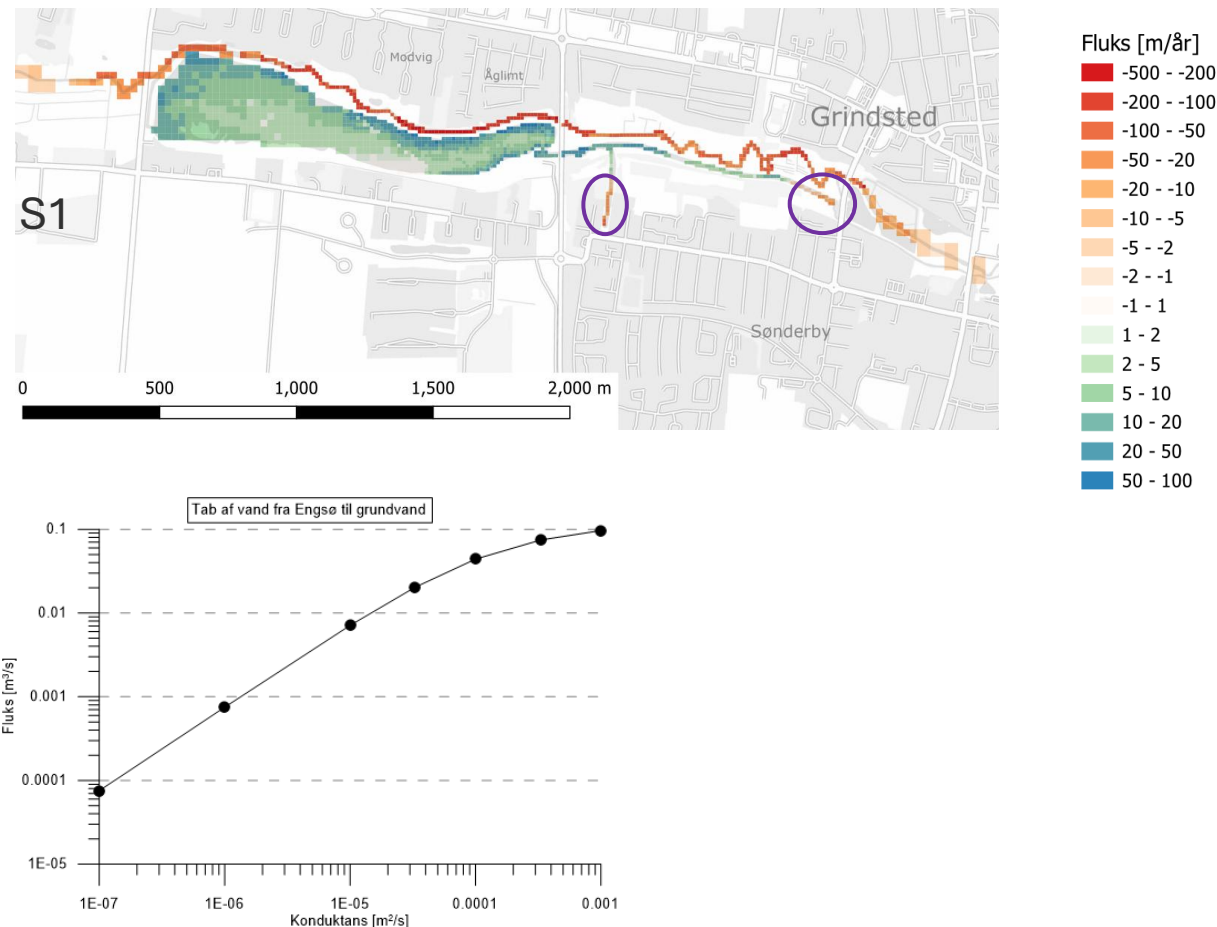
Der er nogle hotspots, hvor forurening strømmer op, hvilket er genfundet i monitoringsboringer



Resultater

Udstrømning til Grindsted Engsø og Grindsted Å

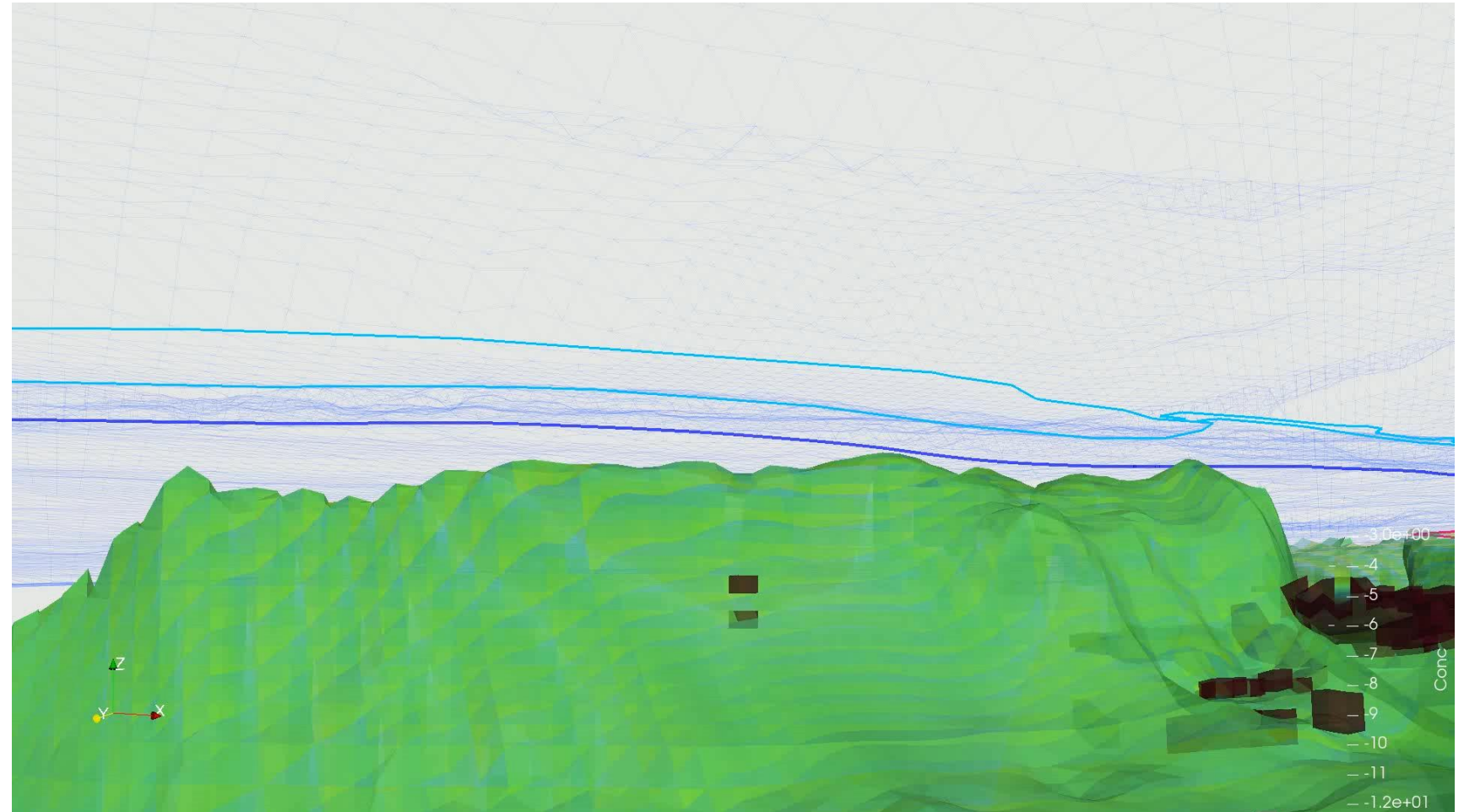
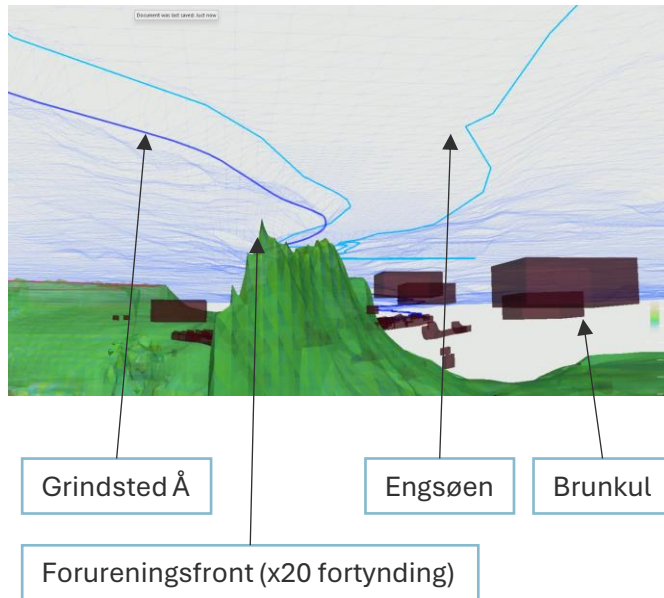
- Til højre vises vandudveksling mellem grundvand og vandløb
- Der er valgt et scenarie med stor vandudveksling (Stor hydraulisk kontakt)
- Grindsted Å modtager vand gennem hele åstrækningen
- Grindsted Engsø taber vand til grundvandet med udtagelse af den øvre del samt bådkanalen
- Tab af vand er størst langs den nordlige rand søbred nær Grindsted Å
- Afhængig af *lækagen* gennem søbundssedimentet, taber søen nok omkring 10 l/s til Grindsted Å. Dette er ikke meget ift. bidrag fra dræn, kloaker og naturlig grundvandsudstrømning.



Resultater

Forureningen fra lossepladsen strømmer under Engsøen og når ud i Grindsted Å

Beregninger viser at Engsøen taber vand til grundvandet, og forureningen fra lossepladsen herved løber under Engsøen inden udstrømning til Grindsted Å



Scenarieberegninger

Dræning øst for fabriksgrund

Med dræning øst for fabriksgrunden kan man reducere den horisontale strømning af grundvand under fabriksgrunden

- Dette kan forøge opholdstiden af forurening i grundvandet og herved
 - Forøge en naturlige nedbrydning
 - Og derved reducere belastning af Grindsted Å

Der er udarbejdet scenarier med forskellig drændybde. Disse viser at når man kommer ned i en kote svarende til vandspejlet på Grindsted Å så får man en effektiv afdræning af grundvands og derved

reducerer gennemstrømningen under fabriksgrunden.

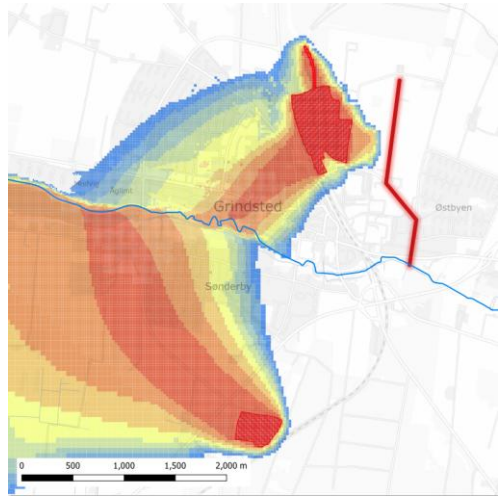
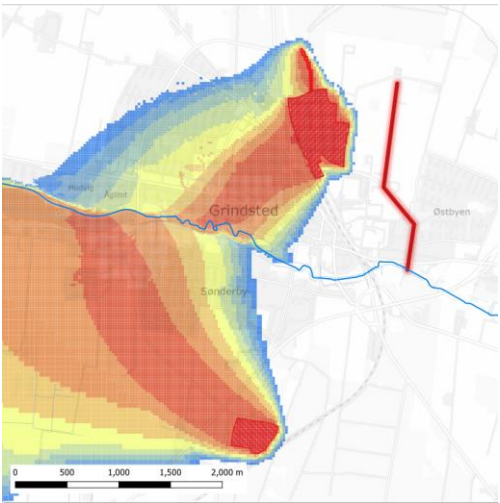
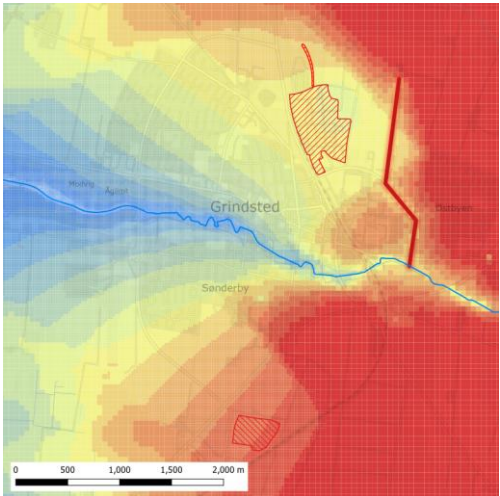
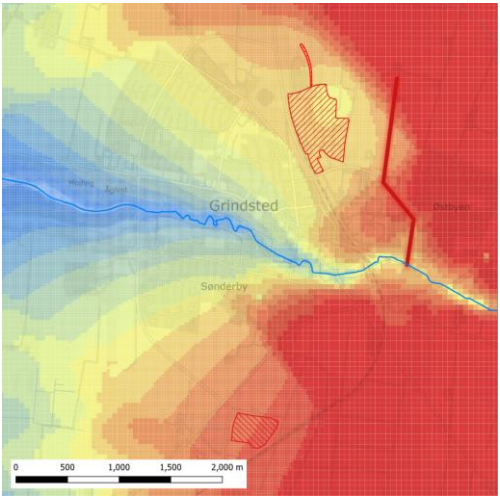
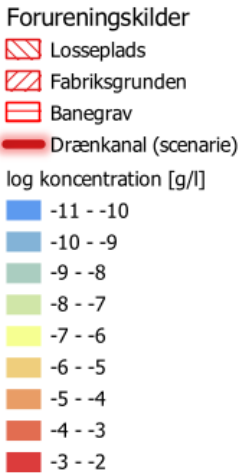
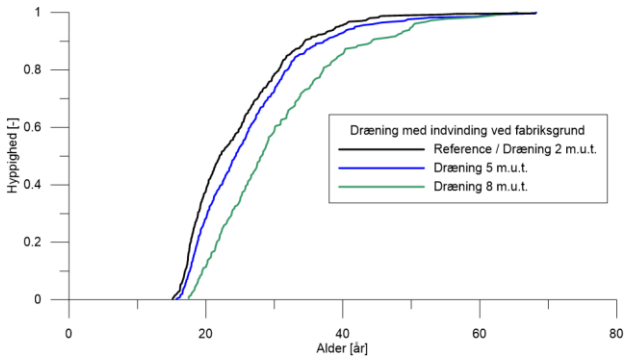


Scenarieberegninger

Dræning øst for fabriksgrund

- Dræning øst for fabriksgrunden viser
- Man skal dræne ned til omkring vandstandskoten for Grindsted Å for at få en effektiv dræning.
 - Man trækker ikke forurening til drænene
 - Medianalderen for stoftransport stiger fra 22 år til 28 år (Dræn ned til 8 mut.).

Drændybde	Mediantid, med indvinding
	[år]
Reference / 2 m.u.t.	22,0
5 m.u.t	24,4
8 m.u.t.	28,1



Scenarieberegninger

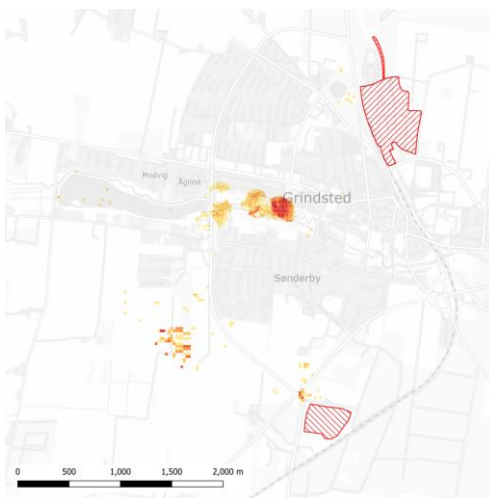
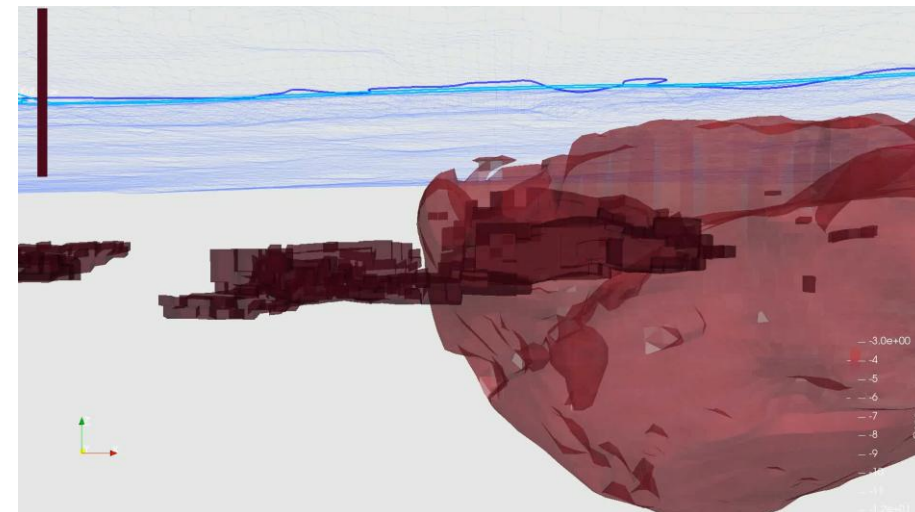
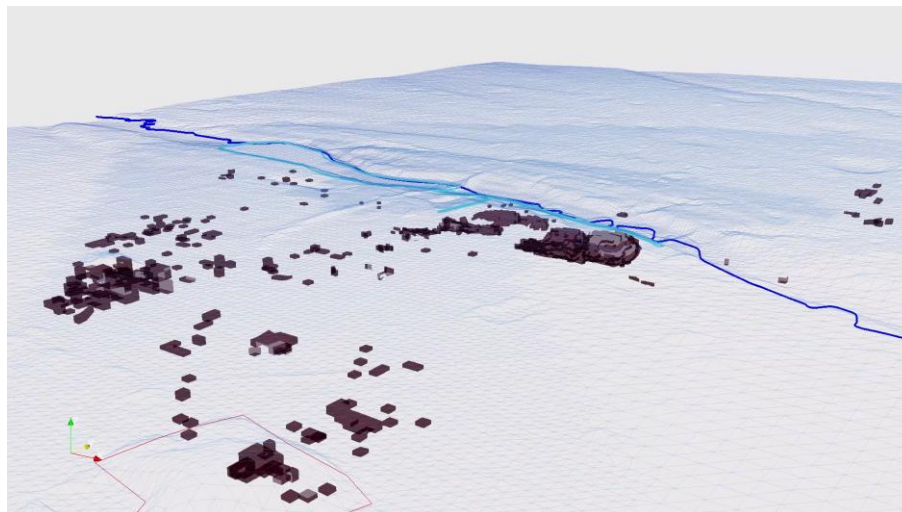
Hvad betyder lignit (kullag) for udstrømningen $> 30\%$

Brunkulslagene er vigtige for udstrømningen men ikke så vigtige for fanernes strømningsretninger.

GEUS geologiske model er brugt til at genererer modeller med forskellig brunkul.

GEUS' geologiske model angiver en sandsynlighed for lignit i en given celle

Udarbejdet modeller med stigende indhold af brunkul



Forureningskilder

- Fabriksgrund
- Banegrav
- Losseplads

Lignit

[m]

- 0 - 1
- 1 - 2
- 2 - 3
- 3 - 4
- 4 - 5
- 5 - 6

Scenarieberegninger

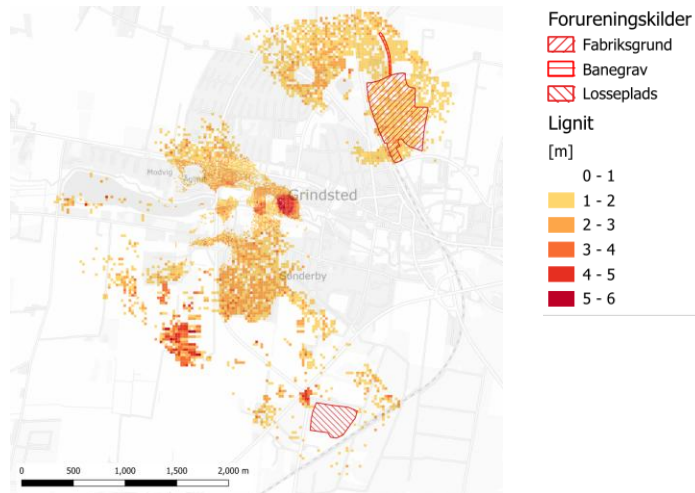
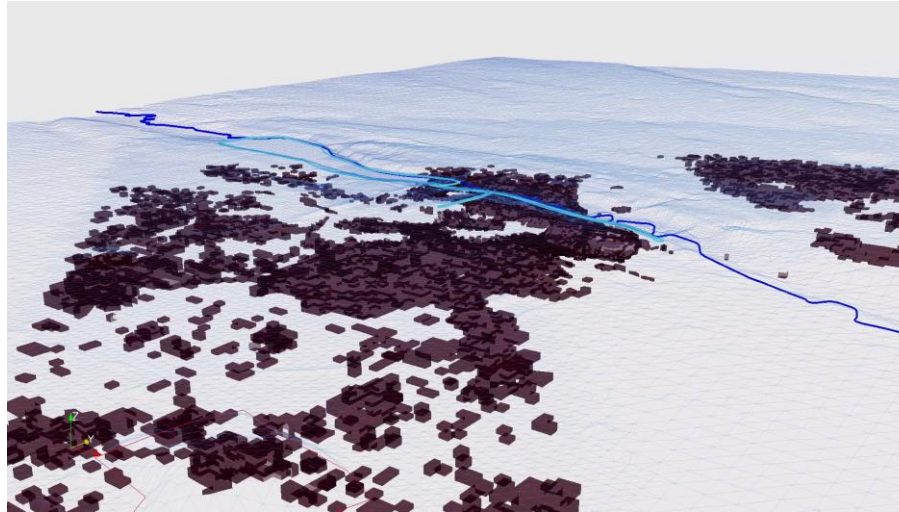
Hvad betyder lignit (kullag) for udstrømningen $> 20\%$

Brunkulslagene er vigtige for udstrømningen men ikke så vigtige for fanernes strømningsretninger.

GEUS geologiske model er brugt til at genererer modeller med forskellig brunkul.

GEUS' geologiske model angiver en sandsynlighed for lignit i en given celle

Udarbejdet modeller med stigendeindhold brunkul



Scenarieberegninger

Hvad betyder brunkulslagene for udstrømningen

- Udbredelsen af brunkul er ukendt. Fundet i en del borer, men ikke alle.
 - Ukendt mægtighed
 - Er det sammenhængende?
 - Er det udbredt på sydsiden af Grindsted Å?

Der er i modellen en *klar tendens* til at forureningsfanen strømmer udenom brunkulslagene, idet strømmingen vælger 'hullerne' eller steder, hvor brunkulslagene er tynde.

DVS, modellen viser at der ikke er en tydelig strømning udenom (under) brunkulslagene.



Perspektiver og konklusioner

Opsamling og Konklusioner

- Der er udarbejdet en strømning- og transportmodel til beregning af forureningsfanerne ved Grindsted.
- Modellen har vist (kvalitativt og kvantitativt) at udstrømning
- Forureningsfanens vej fra kilde til Grindsted Å er i modellen upåvirket af brunkulslagenes beskaffenhed (udbredelse, tæthed, tykkelse).
- Men selve udstrømning til Grindsted Å ved engen er forurenings vej (i modellen) styret af huller / tynde lag
- At implementere dræning øst for fabriksgrunden kan forøge opholdstiden af forureningen i grundvandet, og herved forøge den naturlige nedbrydning.

• Perspektiver

- Region Syddanmark har fået et stærkt redskab til analyse af forureningsudbredelse, historisk og i fremtiden
- Region Syddanmark er ved at igangsætte næste fase, som inkluderer
 - Kortlægning af brunkulslagene.
 - Forberedelse på oprensningssløsning
- Fremtid for modellen:
 - Modellen kan benyttes prædiktivt (dvs. indarbejde sorption og henfald for udvalgte stoffer til en mere detaljeret kortlægning
 - Kalibrering op mod kemiske nøgleparametre
- Modellen er ikke detaljeret nok til at estimere udstrømningen til Grindsted Å ved Engsøen.
 - Dette kræver en endnu mindre diskretisering (få meter horisontalt, vertikale i 20 cm skala).
 - Dog kan modellen levere tidlig randbetingelser til sådan model