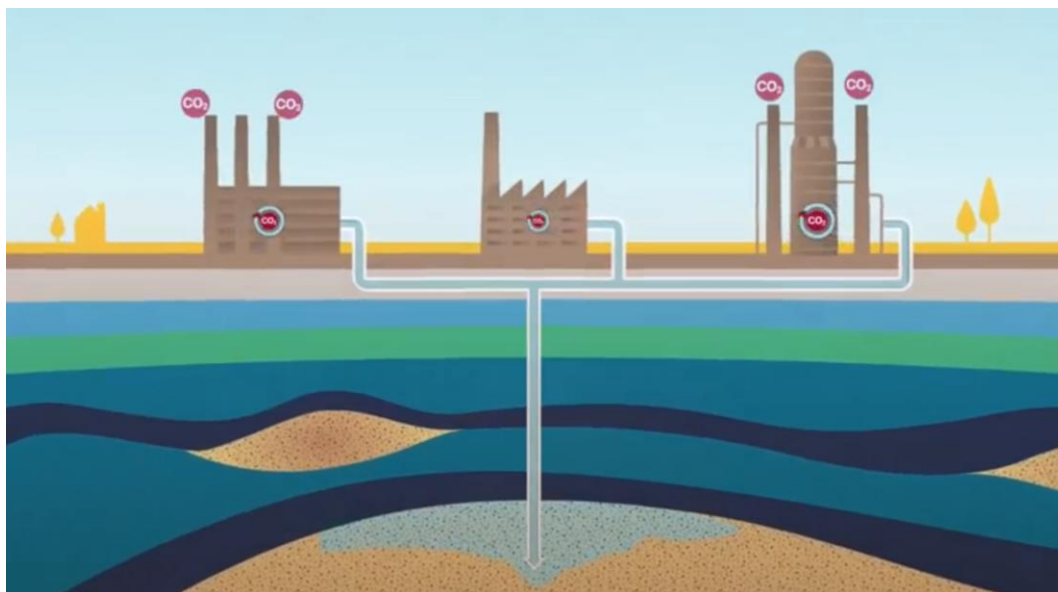


Hvordan er lagringsmuligheder i dansk undergrund – kystnært ?

Fangst og lagring af CO₂ i undergrunden er et virksomt klimaredskab anbefalet af FN's klimapanel

CCS (Carbon Capture and Storage) og BECCS (Bio Energy Carbon Capture and Storage)



Lars Henrik Nielsen, Statsgeolog

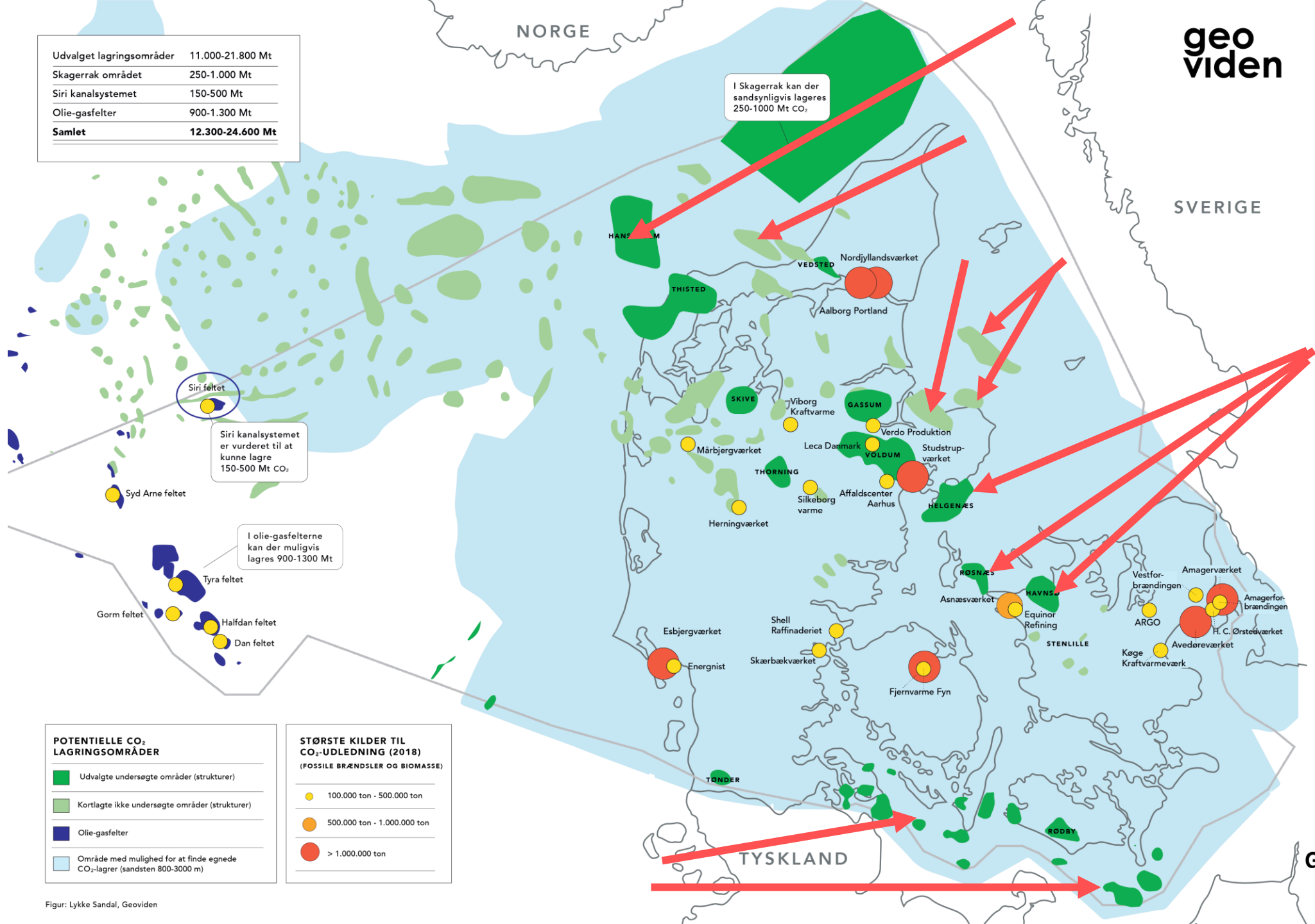
De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland, GEUS

Affaldsenergi-sektoren Seminar. Januar 2021



GEUS

Udvalget lagringsområder	11.000-21.800 Mt
Skagerrak området	250-1.000 Mt
Siri kanalsystemet	150-500 Mt
Olie-gasfelter	900-1.300 Mt
Samlet	12.300-24.600 Mt



I Skagerrak kan der sandsynligvis lagres 250-1000 Mt CO₂

Siri feltet
Siri kanalsystemet er vurderet til at kunne lagre 150-500 Mt CO₂

I olie-gasfelterne kan der muligvis lagres 900-1300 Mt

POTENTIELLE CO₂ LAGRINGSOMRÅDER

■	Udvalgte undersøgte områder (strukturer)
■	Kortlagte ikke undersøgte områder (strukturer)
■	Olie-gasfelter
 	Område med mulighed for at finde egnede CO ₂ -lagrer (sandsten 800-3000 m)

STØRSTE KILDER TIL CO₂-UDLEDNING (2018)
(FOSSILE BRÆNDSLER OG BIOMASSE)

●	100.000 ton - 500.000 ton
●	500.000 ton - 1.000.000 ton
●	> 1.000.000 ton

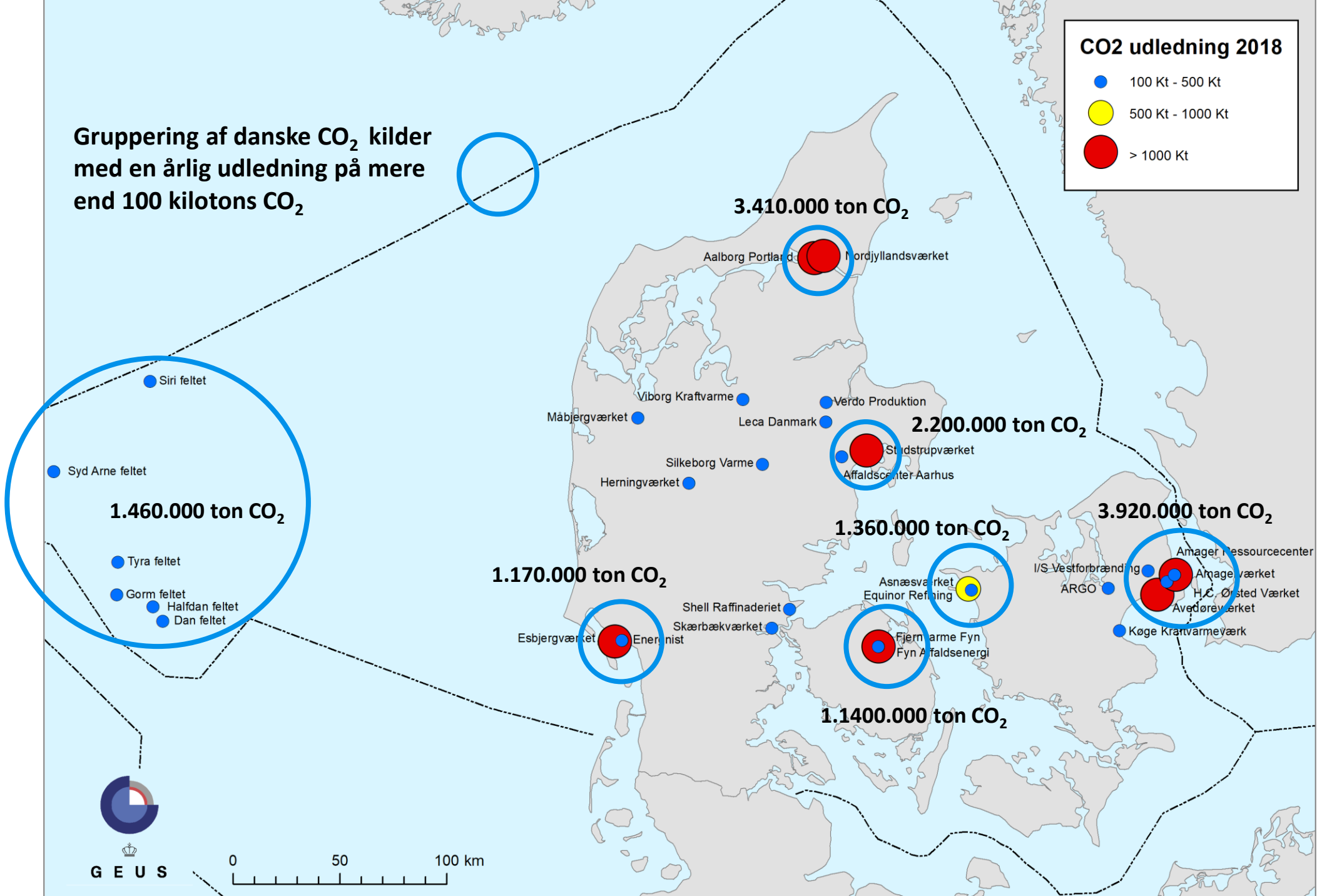
Figur: Lykke Sandal, Geoviden

Structures	Probability	Storage capacity Mt CO2			
Name	%	P90	P50	P10	Mean
Gassum	72%	413	574	773	585
Havnsø	80%	204	293	418	304
Hanstholm GF	80%	923	1304	1803	1340
Rødby	64%	242	336	448	341
Thisted	48%	1713	2367	3191	2419
Voldum	48%	529	821	1225	854
Tønder	80%	162	224	304	230
Vedsted	60%	18	35	66	39
Torning	56%	203	292	401	298
Røsnæs	57%	262	413	622	430
Hanstholm SF	48%	2359	3334	4659	3439
Legin SF	29%	1099	1569	2222	1626
Skive	43%	240	329	433	334
Helgenæs/Slettehage	32%	188	294	443	308

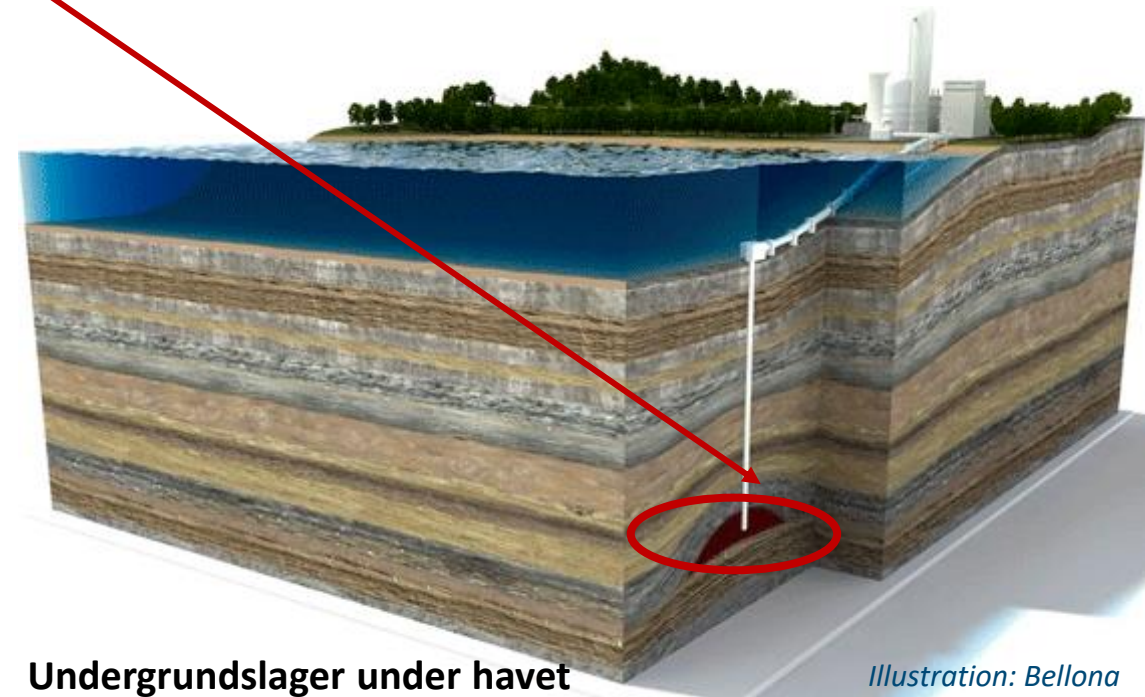
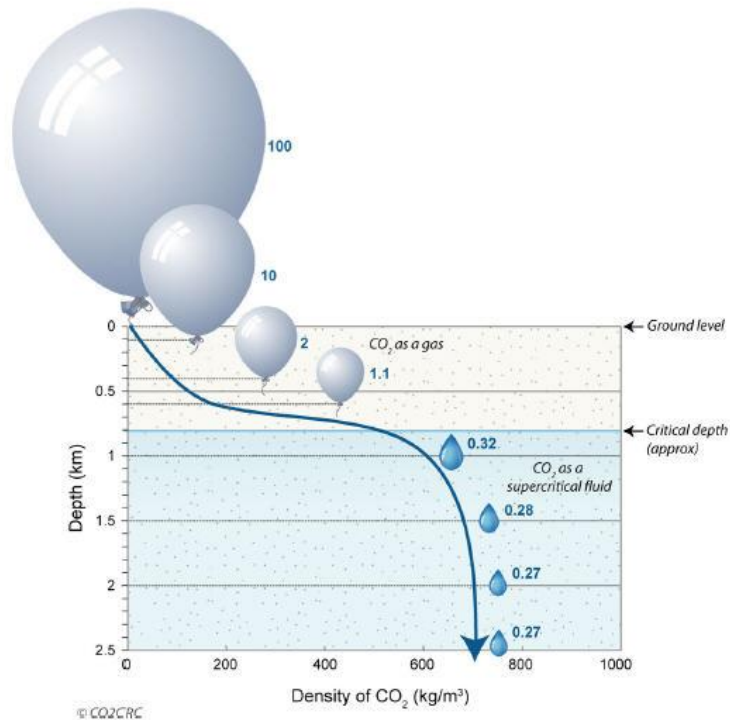
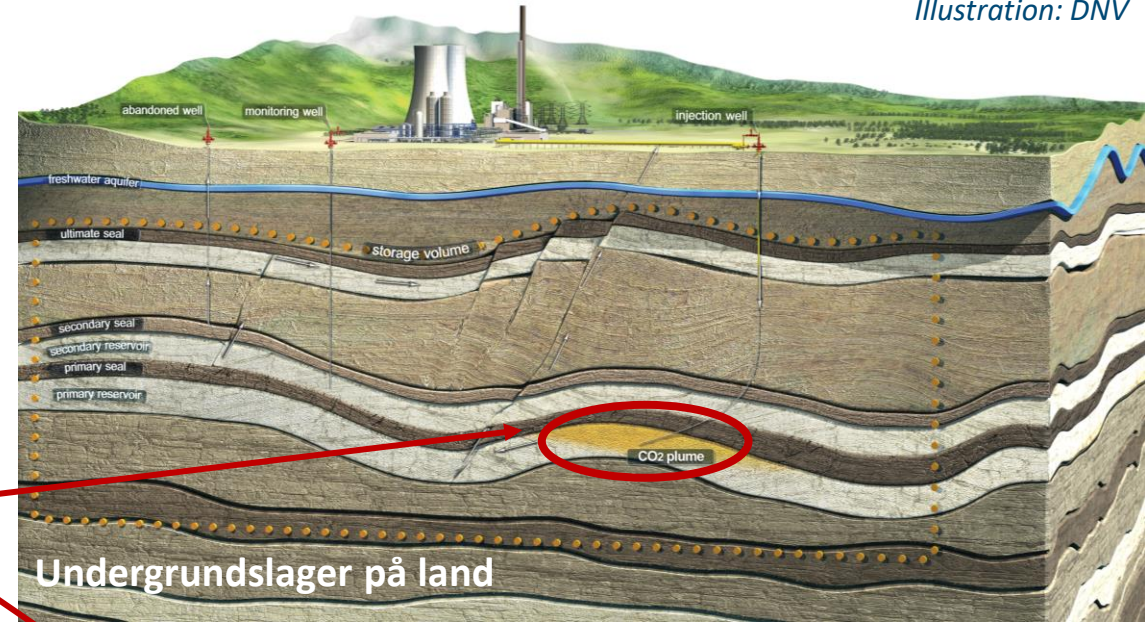
4 mio tons CO2/år = mindst 50 år

4 mio tons CO2/år = mindst 230 år

4 mio tons CO2/år = mindst 47 år

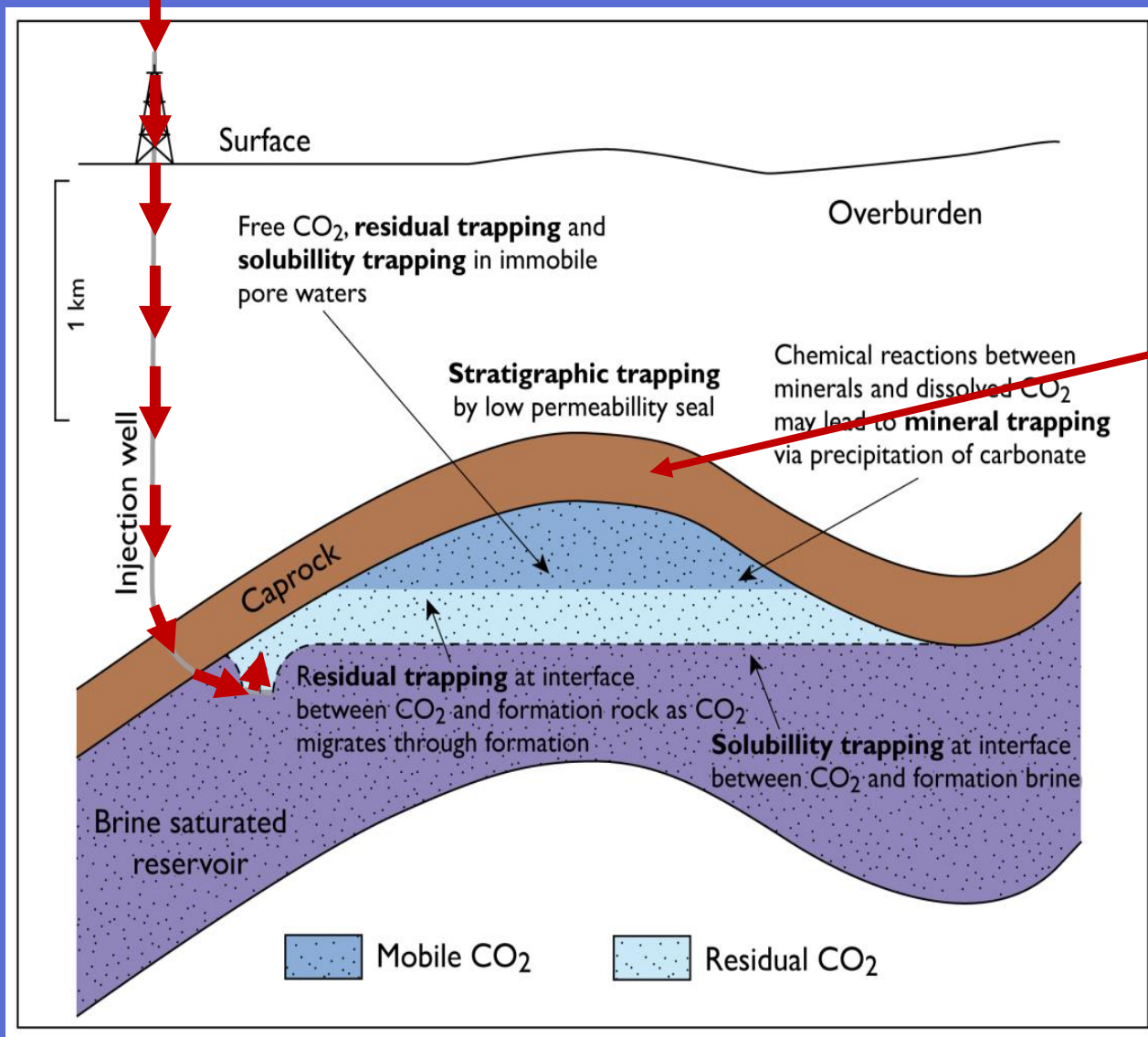


- CO₂ kan opsamles ved store punktkilder, transporteres via pipelines, skib e.l. og lagres i porøse og permeable sandsten i undergrunden
- Når CO₂ komprimeres fra gas til en væskelignende form reduceres volumen meget markant (ca. 300 gange), så en effektiv transport og udnyttelse af lagerkapaciteten sikres
- Lagringsdybden skal være mindst 800 meter så det naturligt forekommende tryk sikrer, at CO₂ er på væskelignende form
- CO₂ flyder langsomt opad efter lagring indtil det bindes, og lageret skal derfor være dækket af et tæt segl, fx et lag af lersten tykkere end 20 m



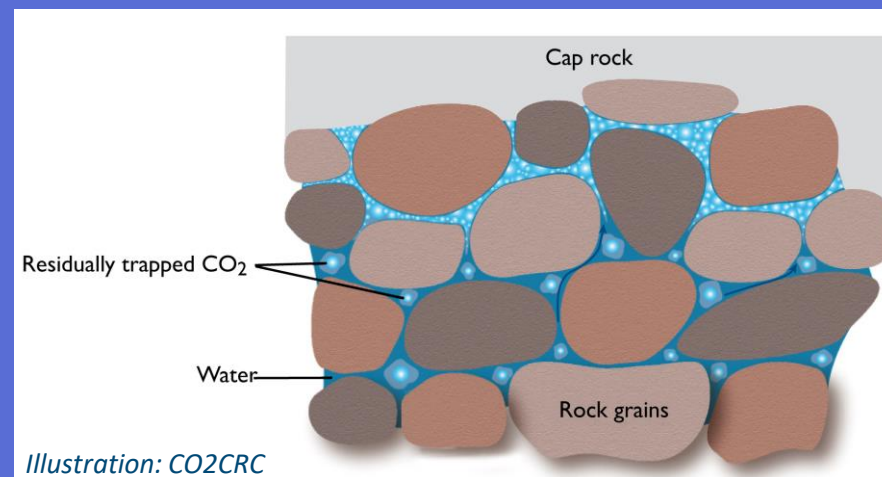
CO₂ opsamlet fra store punktkilder

CO₂-lagringskonceptet er simpelt og svarer til den måde olie og naturgas har været lagret i over millioner af år

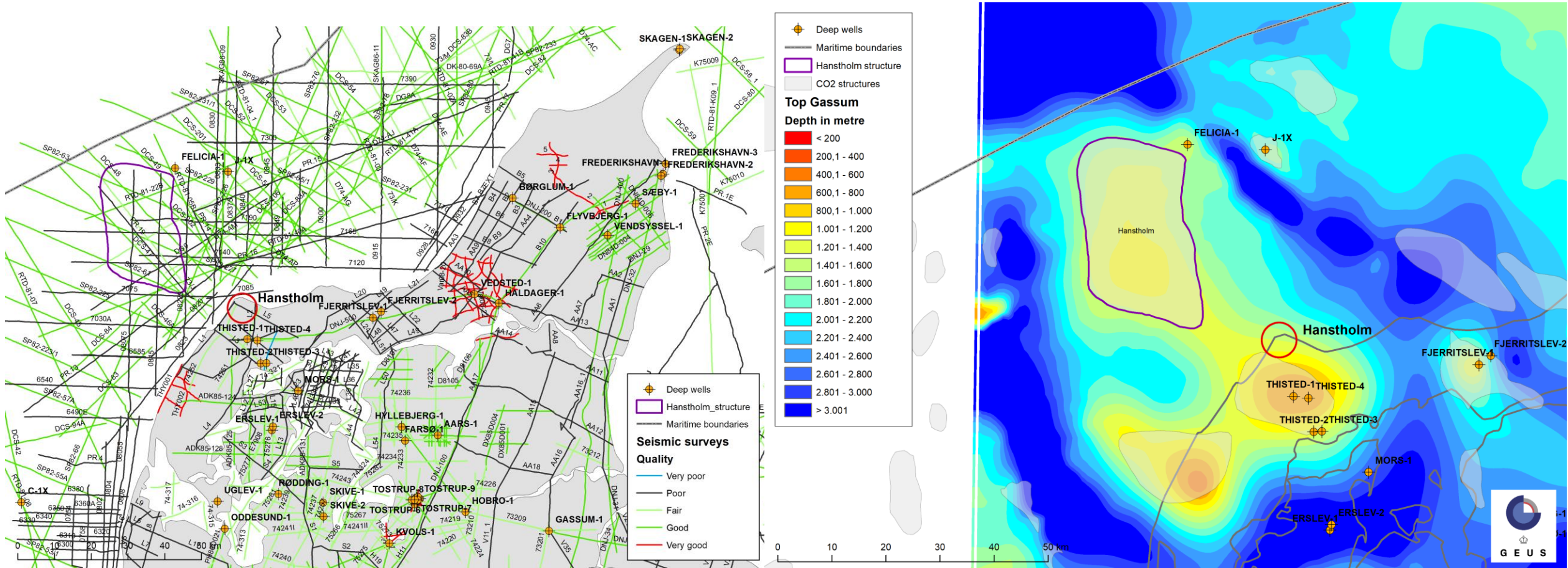


CO₂-binding i lageret:

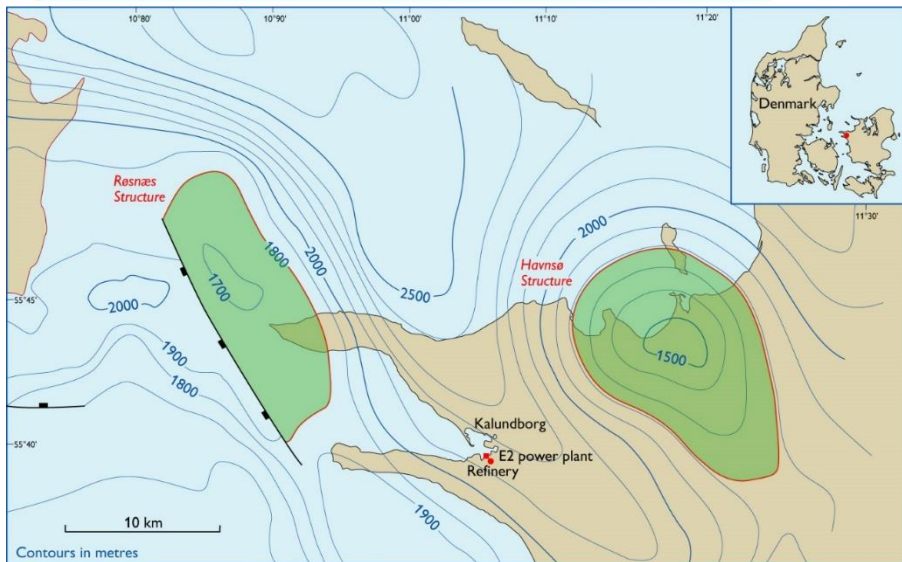
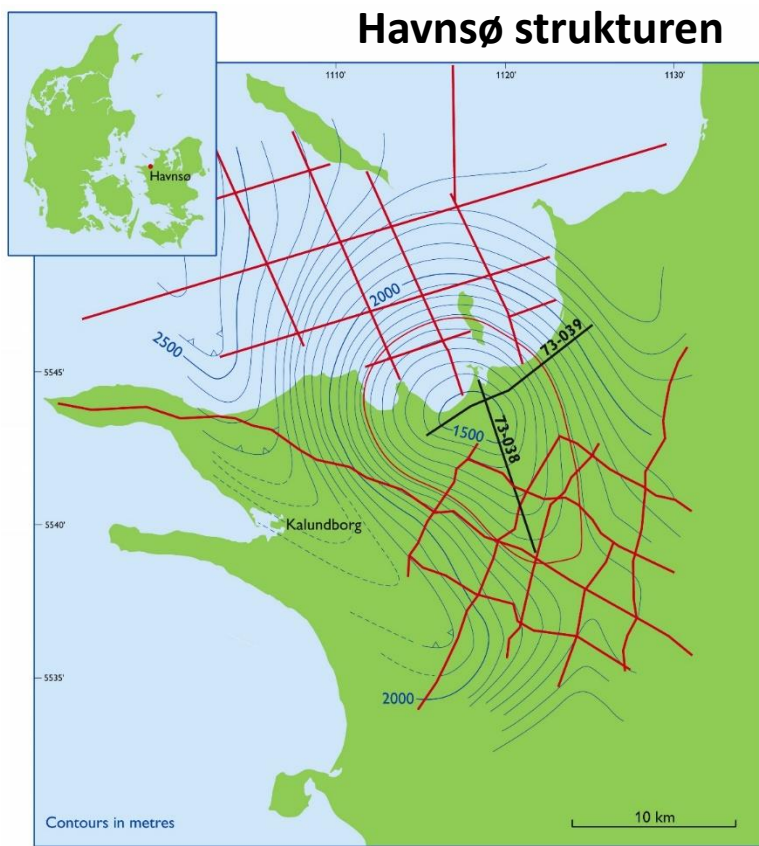
- En sandsten egnet som lager indeholder 10-25 % porerum med saltvand
- Noget af saltvandet fortrænges og erstattes af CO₂
- Et tæt lag af lersten over lageret sikrer at CO₂ ikke flyder op ad
- Over tid opløses en del af CO₂-en i vandet, fanges i små porerum og rundt om sandkornene og bliver immobil
- En del reagerer med lagerets mineralkorn og bindes som nye mineraler og bliver immobil



Hanstholm strukturen i Skagerrak

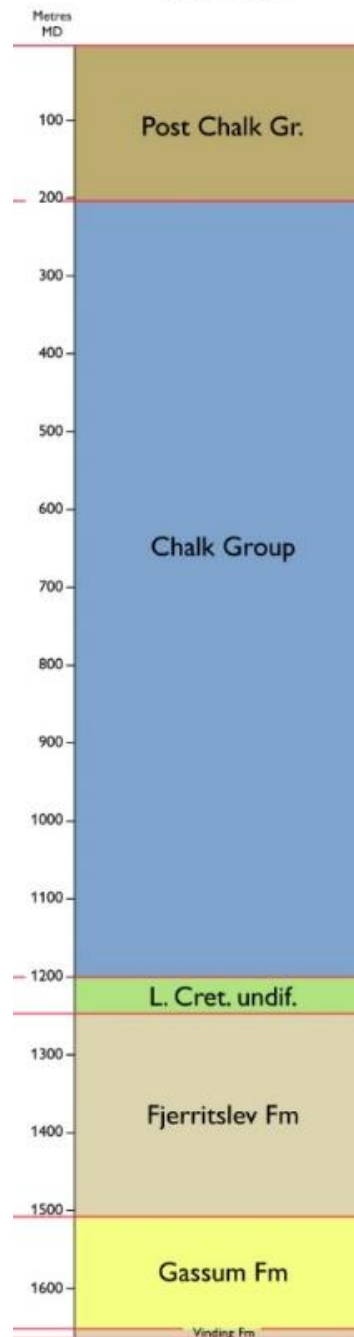


Havnsø strukturen

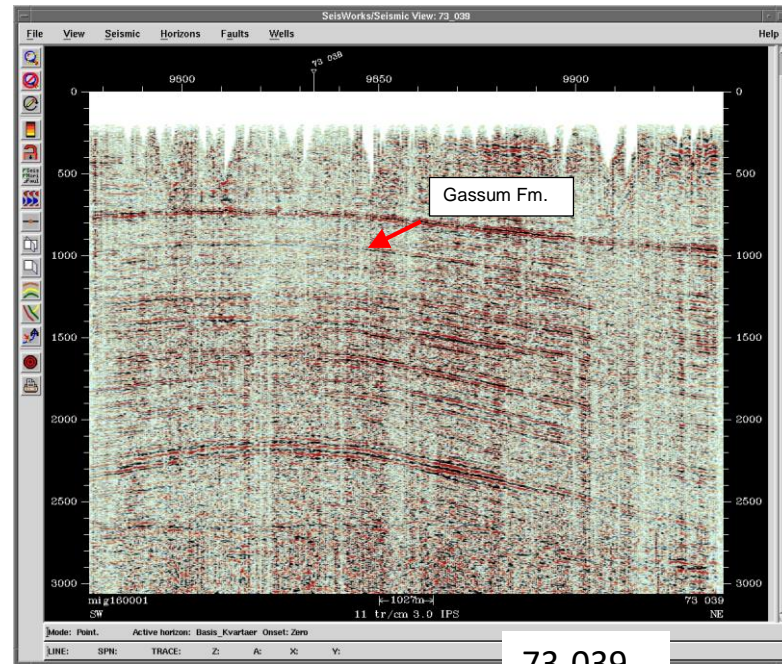


Stenlille-1

SV

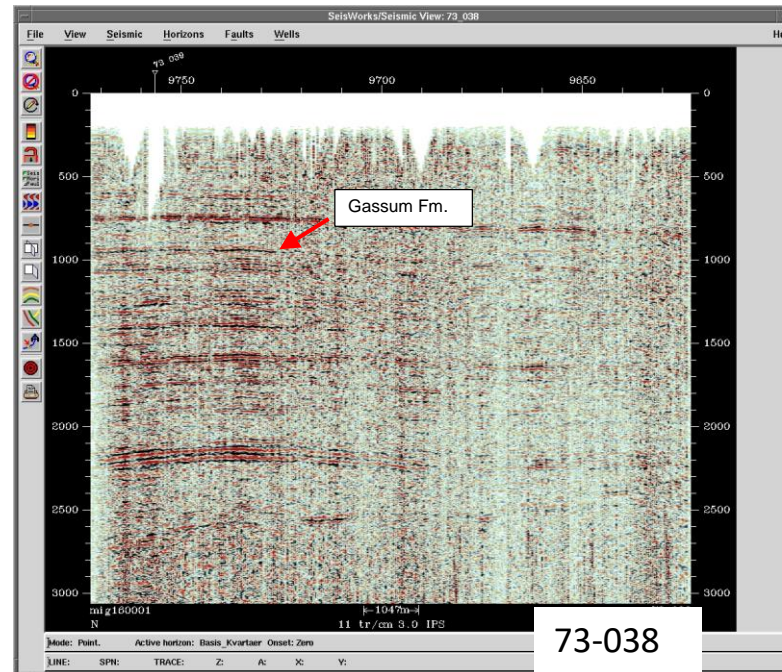


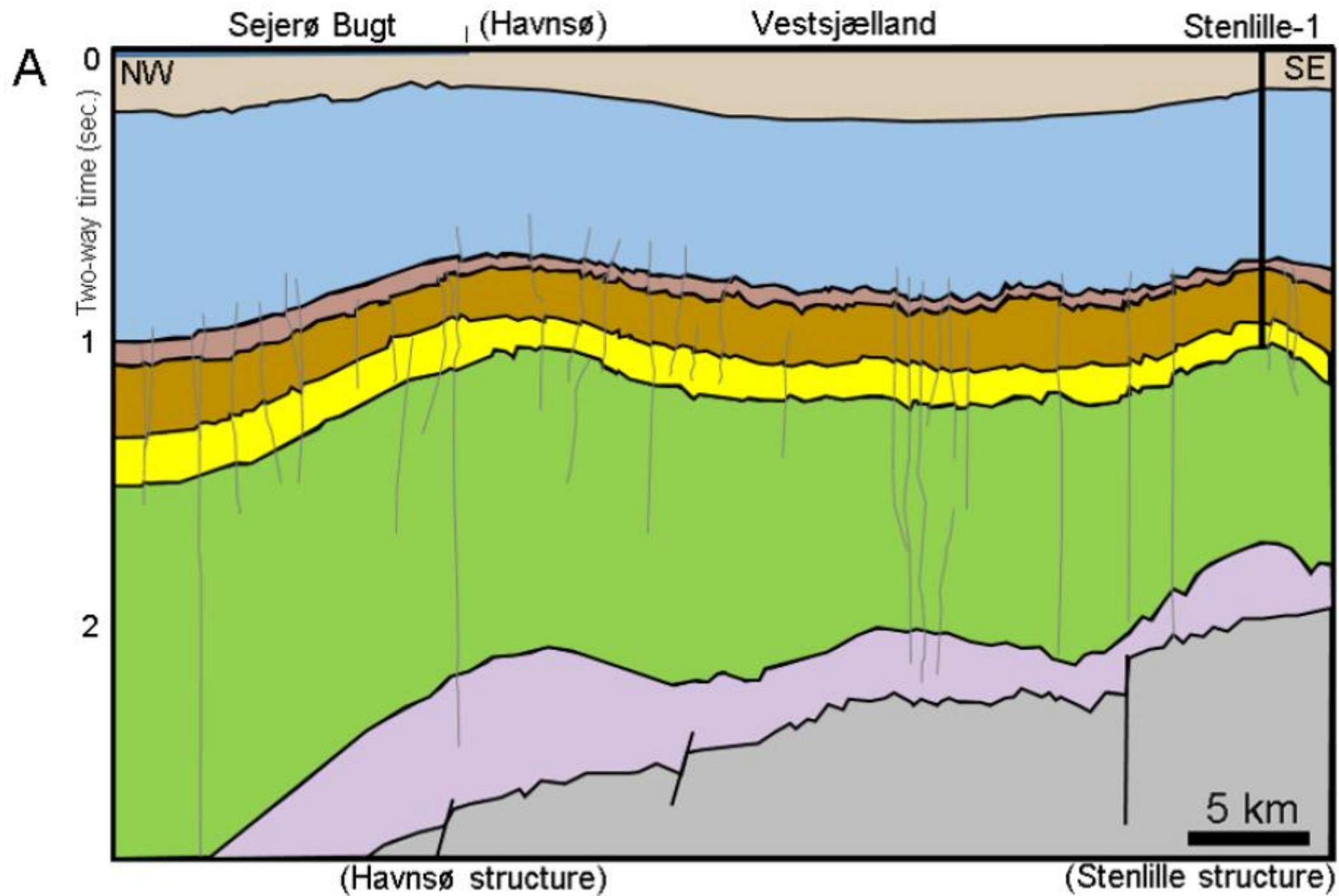
NØ



N

S



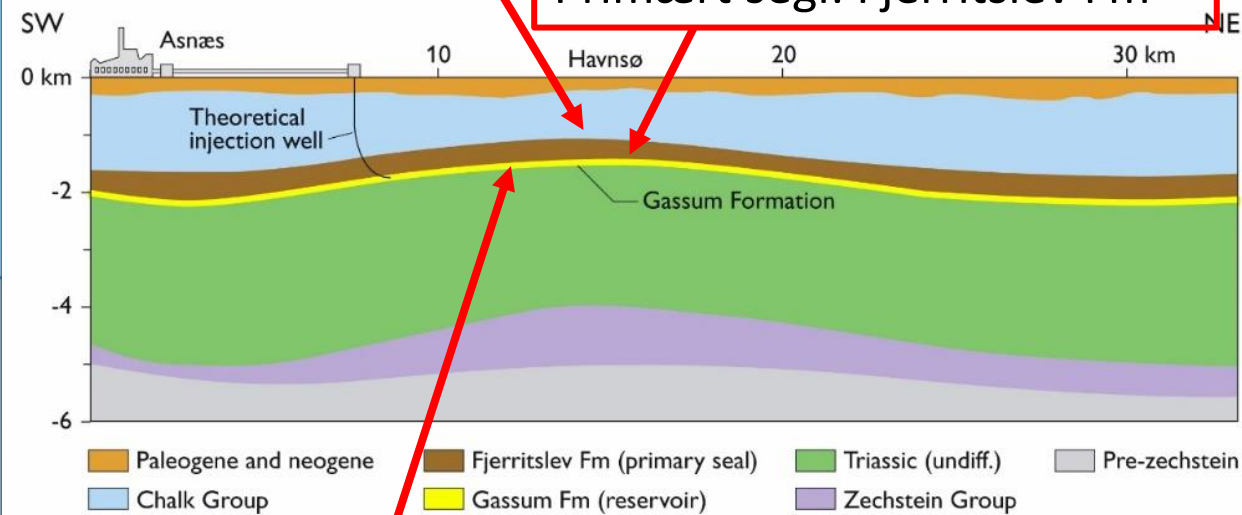
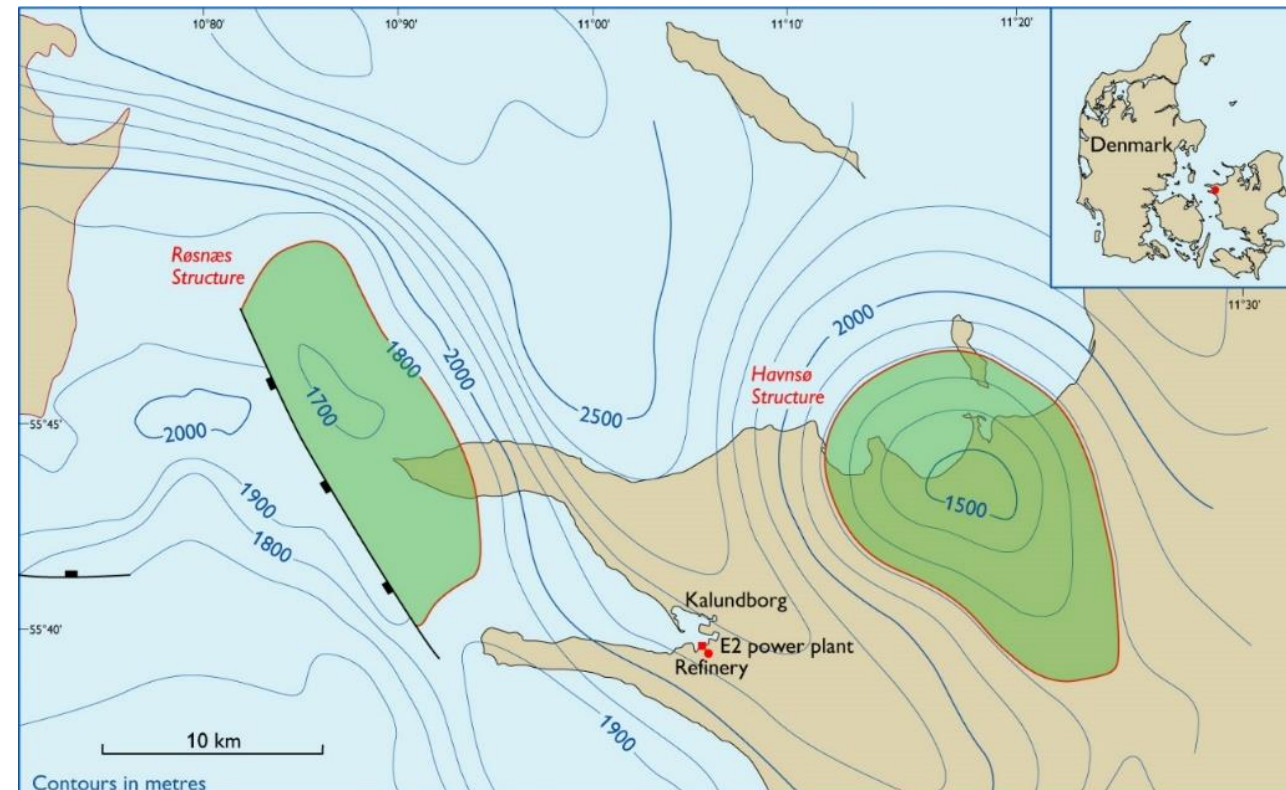


Havnsø strukturen:

Strukturen synes særdeles velegnet baseret på GEUS' nuværende viden, ligger nær lokale CO₂ kilder, nær indskibningsmulighed og indenfor rækkevidde for kilder i København via rørledning

Sekundært segl: Kalk gruppen

Primært segl: Fjerritslev Fm



Reservoir: Gassum Fm

Havnsø strukturen:

Toppunkt: ca 1500 m

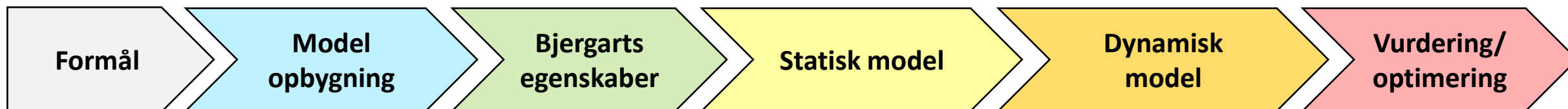
Reservoir: Gassum Formation (som i det nærliggende Stenlille gaslager, hvor relevant viden og data foreligger)

Primært Segl: Fjerritslev Formation, 100-150 m lersten (som i Stenlille lageret har tilbageholdt naturgas i årtier)

Sekundært Segl: ca. 1 km kalksten

3D reservoir-modellering og -simulering

Workflow: multidisciplinær og integration



Risikovurdering:
Lagringskapacitet,
proces, sikkerhed

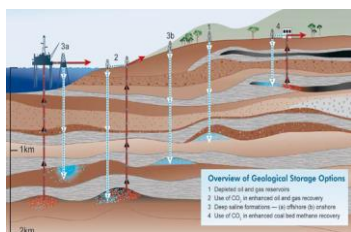
Reservoir-arkitektur:
seismisk og geologisk
tolkning

Reservoir egenskaber:
seismisk inversion,
logtolkning, lab. forsøg

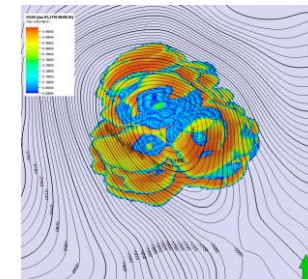
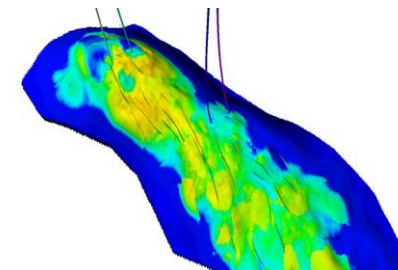
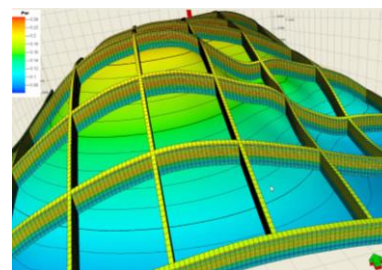
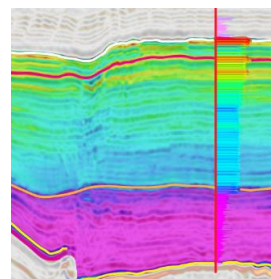
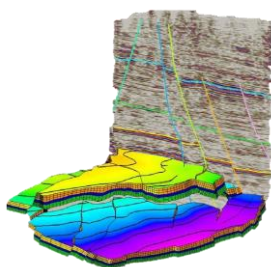
**Geologisk repræsentation
af undergrunden i 3D,
fordeling af egenskaber**

**Opskalering til
reservoirsimuleringsmodel,
strømningsberegning**

Resultater:
Lagringskapacitet,
procesoptimering



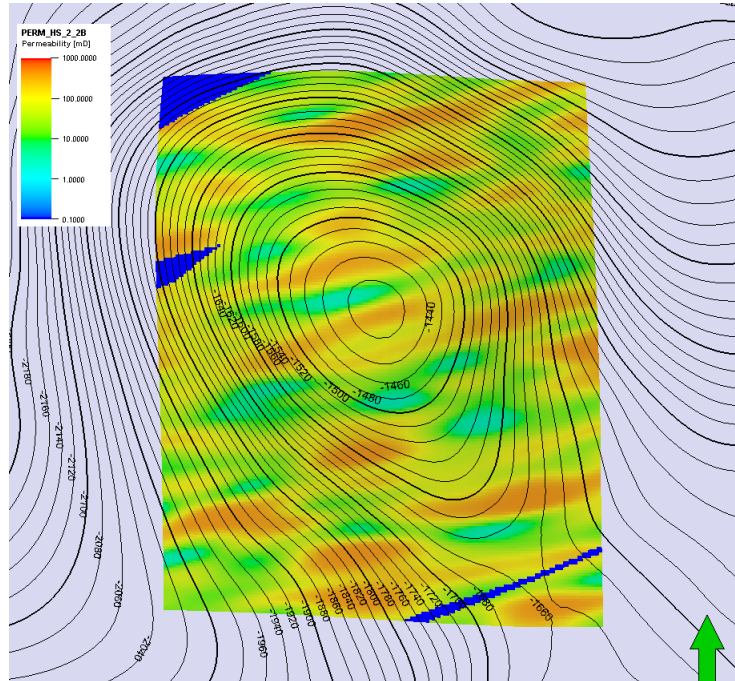
IPCC report on CCS, 2005



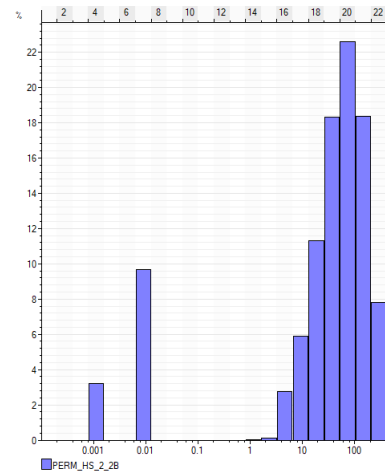
3D statisk model – fordeling af reservoirregenskaber i 3D

- Permeabilitetsfordeling, rekonstruktion af aflejringsmiljø

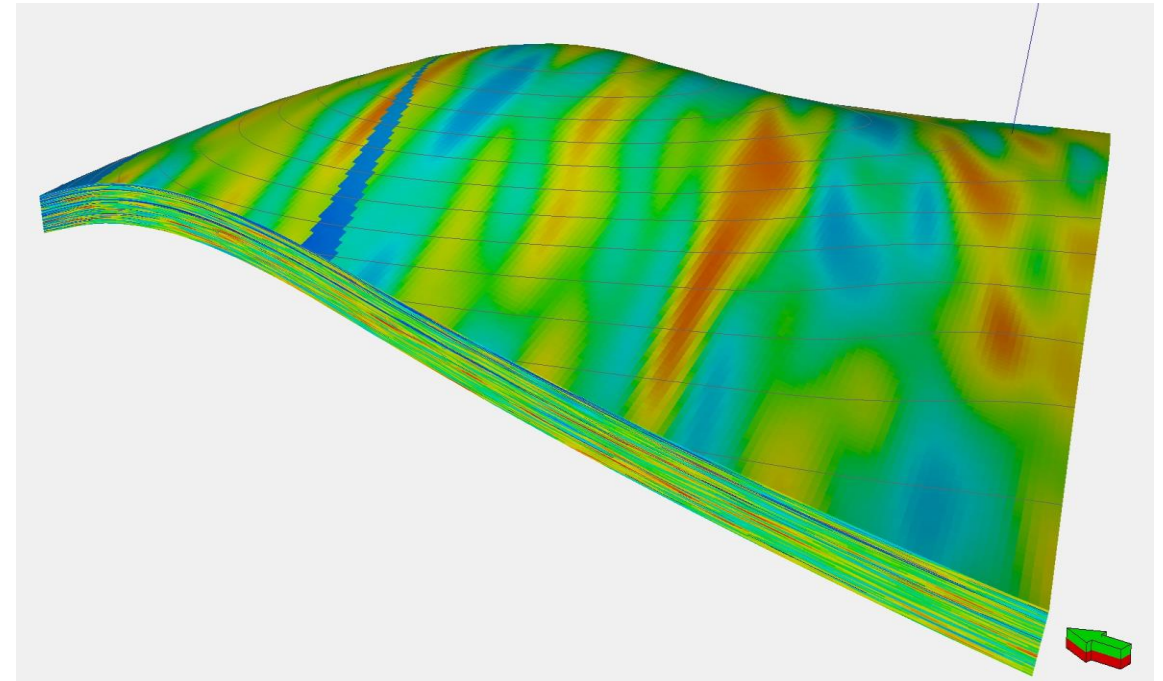
- Havnsø model: 16 km x 20 km



Model 2B
Permeabilitetsfordeling
ØNØ trend (lag nr. 85)
N/G = 0.9

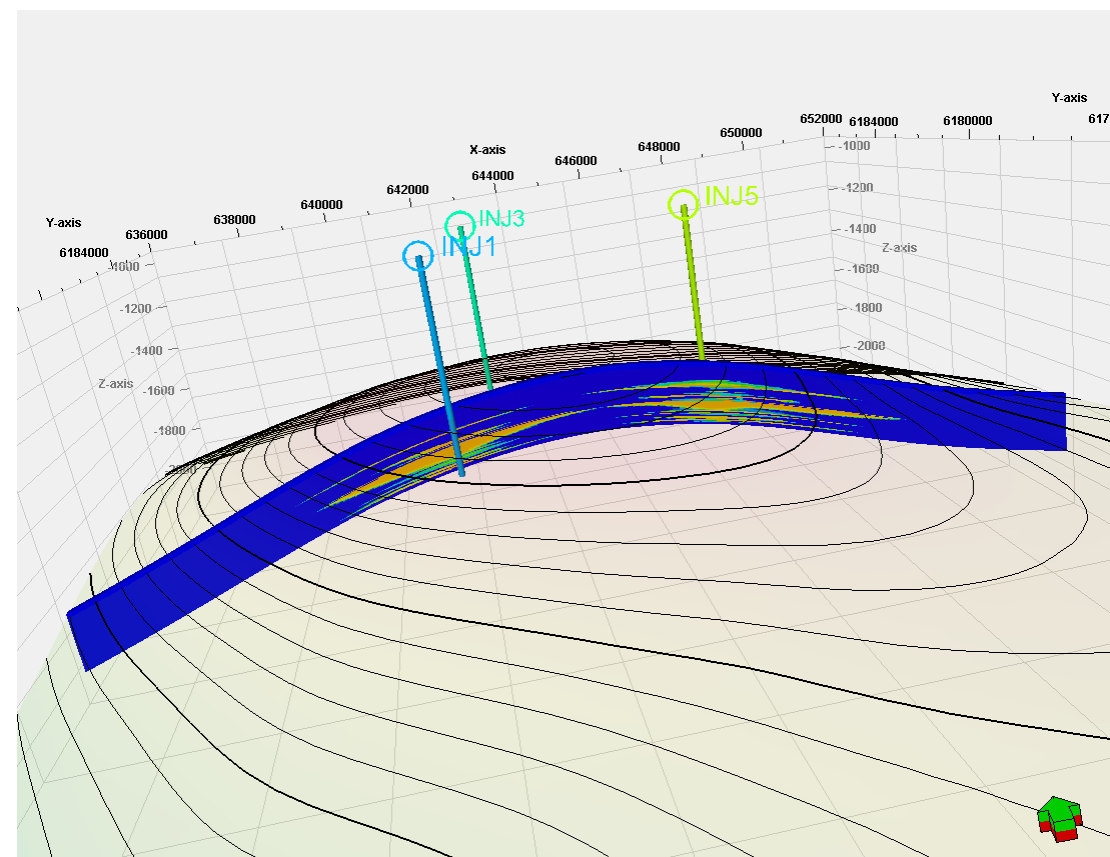
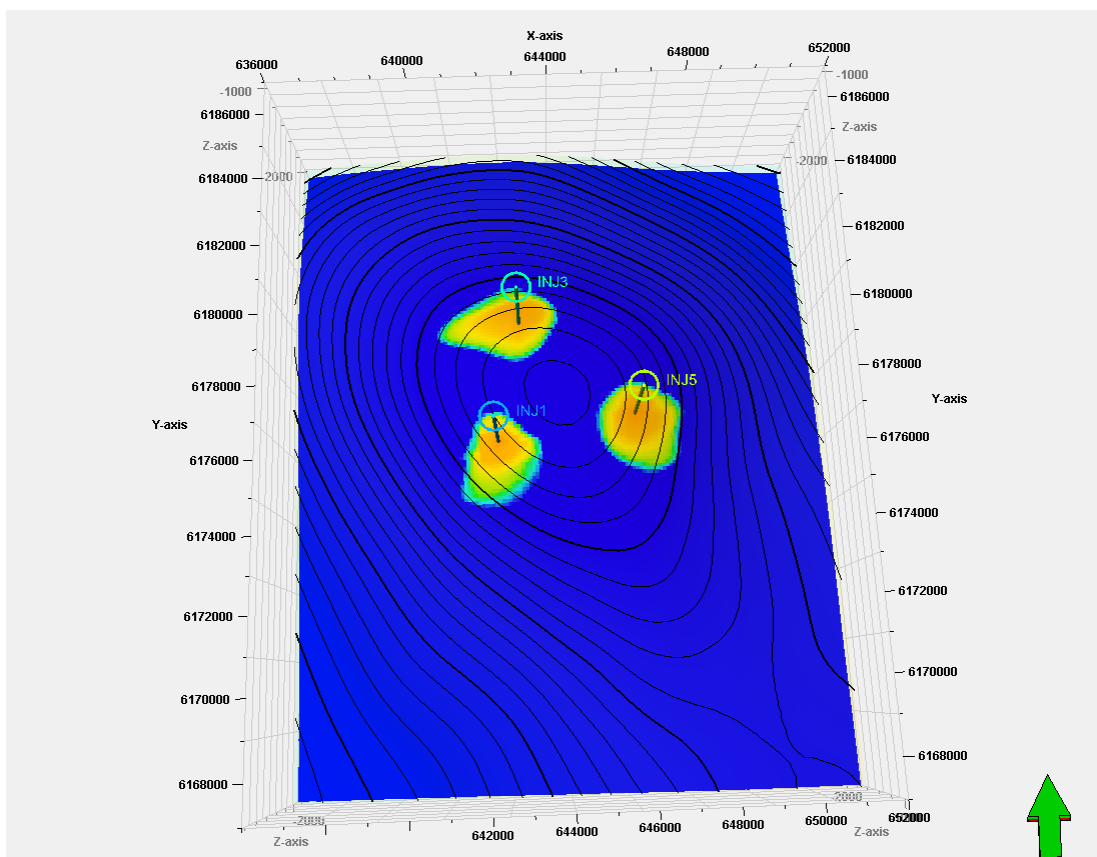


- 3D grid: 160 x 200 x 155 grid cells



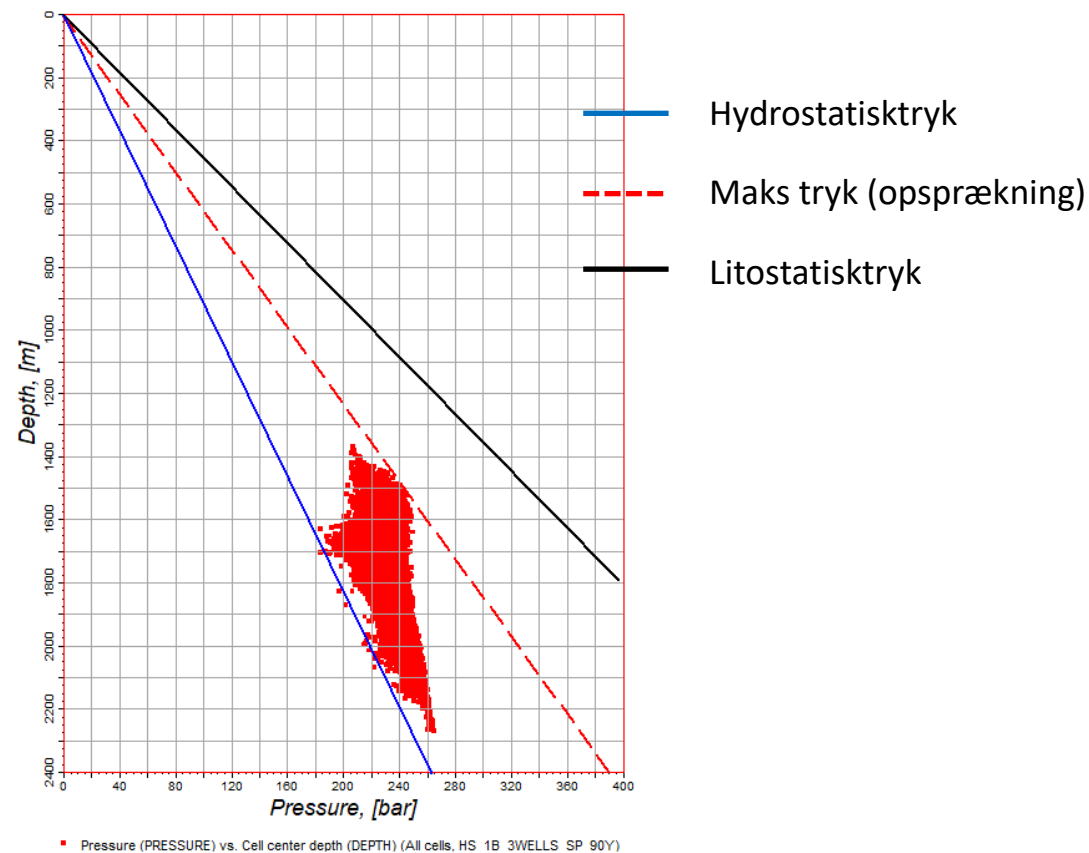
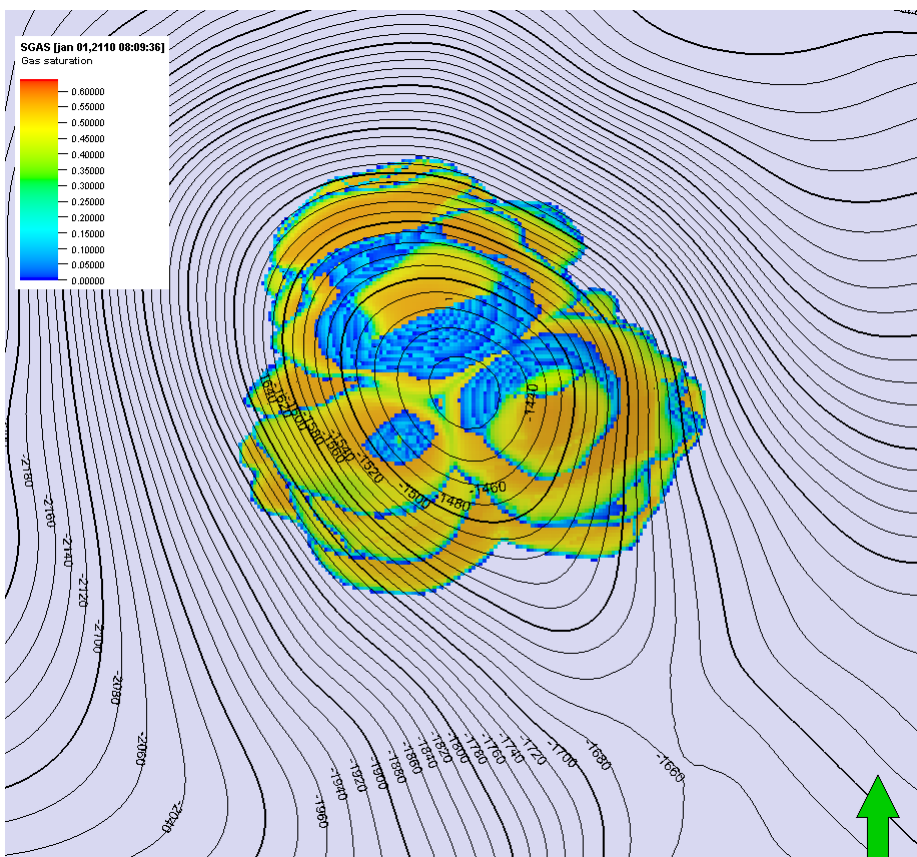
Dynamisk modellering (reservoirsimulering) – beregning af flow og tryk

- Eksempel med tre CO₂ injektionsbrønde på Havnsø strukturen, injektionsrate = 1 mio. ton / år / brønd
- CO₂ fordeling efter 30 år (set ovenfra)
- CO₂ fordeling efter 30 år (tværsnit set fra syd)



Fordeling af CO₂ og tryk efter 90 års injektion, total injektion = 270 mio. tons

- Eksempel med tre CO₂ injektionsbrønde på Havnsø strukturen, injektionsrate = 1 mio. ton / år / brønd
- CO₂ fordeling efter 90 år (set ovenfra)
- Vertikal trykfordeling efter 90 år



Videns- og forskningsbehov før et lager kan etableres:

- En præcis kortlægning og vurdering af det valgte lagringskompleks, som kan føre til en certificering
- Det forudsætter indsamling af de nødvendige og relevante data
- Tolkning og vurdering af data
- Etablering af en rumlig geologisk undergrundsmodel – en statisk model
- Etablering af en dynamisk computer model, der kan simulere i 3D injektion og udbredelse af CO₂
- Vurdering af CO₂-bindingsmekanismerne over tid (fælde, opløsning, mineralisering)
- Analyse af risikoelementer og behovet for overvågning, formulering af en afværgeplan

