

Klyngesamarbejde – international oversigt

Tekniske og økonomiske analyser til
klyngesamarbejde om CO2 infrastruktur
og transport

Rev. 5 – 21 december 2022

RAMBOLL

Bright ideas.
Sustainable change.

RAMBOLL

Bright ideas. Sustainable change.

CONTENTS

1.	International oversigt - overblik	3
1.1	Opsummering af CCS-potentialet i Nordeuropa	3
2.	Kortlægning af politikker og CCS-potentiale for relevante lande	6
2.1	Finland	6
2.2	Tyskland	11
2.3	Polen	16
2.4	Sverige	21
3.	Deep-dive på projekter i Sydsverige	25
3.1	Kommentar på potentiale i Baltikum	26
4.	Lagringspotentiale i Danmark og Norge	27
5.	Appendix - Forudsætninger for teoretisk fangstpotentiale	30

1. International oversigt - overblik

Formålet med den internationale oversigt i forbindelse med CO₂ klyngesamarbejdet i Hovedstaden er at kortlægge muligheden for Scenarie 3, hvor Hovedstaden/Sjælland er hub for Nordeuropas CO₂-transport.

Scenarie 3: Hovedstaden/Sjælland er hub for Nordeuropas CO₂-transport

I scenarie 3 antages det at der træffes en strategisk beslutning om at der skal etableres international CO₂-hub på Sjælland, og at hovedstaden skal søge om at være Nordeuropas CO₂-hub. I dette scenarie vil der etableres offentlig CO₂ infrastruktur med fremtidssikret kapacitet og med potentiel tilslutning (rørledning) til/fra Sverige, Jylland og/eller Tyskland.

Et Nordeuropæisk samarbejde kan være relevant, hvis der f.eks. kan etableres direkte rørledningsforbindelse til CO₂ lagre, eller hvis udviklingen går i retningen af store skibe til transport af CO₂ i store mængder til slutlagring eller til konsolidering i store rørledninger.

Analysen vil omfatte en sammenfatning af politikkerne for CCS i udvalgte lande (Finland, Tyskland, Polen og Sverige) omkring Østersøen i forhold til forventningerne til CO₂-fangst og det teoretiske potentiale for CO₂ eksport til Hovedstaden/Sjælland.

1.1 Opsummering af CCS-potentialet i Nordeuropa

CCS-potentialet i Nordeuropa vurderes ved at kortlægge og analysere de politiske rammevilkår for CCUS i de udvalgte lande samt en vurdering af fremtidige CO₂ udledninger, nationalt lagringspotentiale og det teoretiske fangstpotentiale. Det teoretiske fangstpotentiale er defineret på baggrund af antagelser omkring andel af CO₂-udledninger, der kan indfanges og er baseret på baggrund af tidligere studier, politiske planer om dekarbonisering af industri mv. nærmere beskrevet i bilagene. På baggrund af politisk vilje, muligheder for national lagring, teoretisk fangstpotentiale samt potentiel infrastruktur og konkurrence fra andre destinationer vurderes potentialet for at eksportere CO₂ til Hovedstaden/Sjælland.

Blandt de undersøgte lande vurderes det teoretiske fangstpotentiale til at være højest i Tyskland og Polen med et samlet estimeret potentiale frem mod 2050 på samlet henholdsvis ~896 MtCO₂ og ~596 MtCO₂. Dette skyldes særligt de signifikante udledninger fra store punktkilder (~420 og ~174 MtCO₂), hvoraf en stor del er baseret på fossile energikilder. I Tyskland og Polen er CCS-potentialet knyttet til energisektoren samt industrisektoren. I Finland og Sverige vurderes det samlede CCS-potentiale til at være på henholdsvis ~286 MtCO₂ og ~323 MtCO₂ fra 2025-2050, og er, udover energisektoren, i høj grad afhængig af BECCS fra papirmasse- og papirindustrien.

Potentialet for eksport af CO₂ er i høj grad afhængigt af den politiske støtte, modenhed og de regulatoriske rammevilkår på tværs af landene. Det vurderes, at Sverige har fordelagtige nationale politikker vedrørende CCS med nationale støtteordninger til at fremme teknologien, projekter til at reducere omkostningerne samt nationale mål om at implementere CCS-teknologi. Tyskland og Finland vurderes at have middel politisk modenhed. Tyskland anerkender CCS som nødvendigt for at nå klimaneutralitet, hvorimod Finland ser CCS som en potentiel mulighed for at nå klimaneutralitet. Begge lande har dog politikker, som understøtter udrulningen af CCS samt fokus på eksport af CO₂ frem for national lagring.





















Polen vurderes at have den laveste politiske modenhed grundet manglen på understøttende politikker, finansieringsordninger og regulering samt manglende målsætning om CO₂-neutralitet i 2050. Polen erkender dog, at CCS potentielt kan blive relevant i fremtiden, hvilket indikerer en stigende politisk interesse for CCS.

Der er stort potentielt lagringspotentiale i både Tyskland og Polen, men det er primært baseret på onshore-lagre. I Tyskland er der signifikante politiske barrierer for onshore lagring, og det forventes, at man primært vil eksportere CO₂ til permanente offshore lagre i Nordsøen, hvilket også understøttes af igangværende projekter, bl.a. Wintershall Dea's projekter ved Wilhelms-haven og Equinors planer om at etablere 900 km lang rørledning til Nordsøen med kapacitet på op til 40 MtCO₂/år. Polen planlægger at eksportere CO₂ på kort sigt, men det er usikkert, om man vil afsøge muligheden for onshore lagring på sigt. Sverige har lagringspotentiale, men har ikke planer om at udvikle det. I Finland er der meget begrænset geologisk lagringspotentiale.

Overordnet vurderes det, at der er potentiale for at importere CO₂ til Danmark fra alle fire lande, og en del af denne CO₂ kan med fordel transporteres til lagring via Hovedstaden/Sjælland. På kort sigt, frem mod 2030, estimeres den potentielle årlige mængde at være op til ~5 MtCO₂/år, og på lang sigt estimeres potentialet til op mod ~21 MtCO₂/år. Disse mængder er dog hæftet med stor usikkerhed, og vil bl.a. afhænge af tilstedeværelsen og prisen på lagring ved Havnsø, hvor stor en del af det teoretiske fangstpotentiale og igangsatte projekter, der bliver realiseret, den reelle fordeling mellem CCU og CCS samt prisen på lagring ved konkurrerende løsninger.

Transporten af CO₂ forventes primært at være vha. skibe fra Polen og Finland. Der er potentiale for at etablere rørledning fra Tyskland og Sverige. I Sydsverige kunne dette potentielt være i samarbejde med CNetSS-projektet, der undersøger mulighederne for at etablere fælles infrastruktur til CCS med et forventet årligt potentiale på 2 MtCO₂/år. Der er endnu ikke defineret en forventet tidslinje eller opstart på projektet.

Tabel 1: Opsummering af nationale CCS-politikker og CCS-potentiale

Land	Finland	Tyskland	Polen	Sverige
Industrielle CO ₂ udledninger 2019 (2017 for Tyskland) (MtCO ₂) ¹	49,73	420,78	174,31	49,18
Politisk modenhed				
Nationale CCS-målsætninger				
Total CO ₂ -fangstpotentiale (MtCO ₂) 2022-2050	~286	~896	~596	~323
Nationalt lagringspotentiale				
Mulighed for lagring i Danmark og anvendelse af Sjælland som CO ₂ -hub				
Estimeret potentiel import til Sjælland/Hovedstaden				
2025	~0,3	~0	~0	~0
2030	~0,5	~2	~1	~1
2050 (MtCO ₂ /år)	~3	~8	~4	~5
Forventet transportform				

¹ European Environment Agency. CO₂ udledninger er kun tilgængelige frem til 2020 (2017 for Tyskland). Der anvendes CO₂ udledninger fra 2019, da det vurderes at 2020 ikke er et retvisende år, grundet Covid-19.

✓ Indikerer, at betingelserne for CCS vurderes som fordelagtige, ✗ Indikerer, at betingelserne for CCS vurderes som ufordelagtige, — Indikerer, at det usikkert, om betingelserne for CCS er fordelagtige eller ufordelagtige. ○ Indikerer et lavt niveau, ● Indikerer et højt niveau.

Afgrænsning:

Denne analyse berører kun Finland, Tyskland, Polen og Sverige. Andre potentielle lande i Østersøen vurderes mindre relevante grundet en kombination af lavt CCS-potentiale, geografisk placering samt planer om egen CO₂-lagring. Estland, Letland og Litauen vurderes mindre relevante for analysen grundet manglen på understøttende politikker, regulering samt manglen på mål om at anvende CCS som strategi for at nå klimamålene. For alle lande er det dog anerkendt, at CCS potentielt kan være relevant i fremtiden. Der er igangsat et projekt (CCS4CEE), som har til formål at forny debatten om indsættelse af CCS-teknologi i Central- og Østeuropa², hvorfor disse lande kan blive relevante på længere sigt.

Holland vurderes mindre relevant for analysen grundet geografisk placering, og Norge vurderes mindre relevant, grundet konkrete planer om etablering af egen national CCS-infrastruktur.

² CCS4CEE




2. KORTLÆGNING AF POLITIKKER OG CCS-POTENTIALIA FOR RELEVANTE LANDE

2.1 Finland

2.1.1 Overblik og potentiale for import af CO₂ fra Finland til Danmark




Finland har langsigtede planer om potentiel CO₂-fangst til lagring og vil, givet deres begrænsede muligheder for national CO₂-lagring, være afhængige af eksport af CO₂ til lagring i andre lande. Dette understøtter Danmarks langsigtede potentiale for at importere CO₂ - i dette tilfælde primært fra biogene kilder.

Table 2: Overblik over CCS-potentiale i Finland

Overblik over CCS-potentiale		
Kategori	Indikator	Kommentar
Politisk modenhed		Den politiske modenhed anses for værende middel. Finland følger EU-direktivet og har nationalt implementeret en specifik CCS-lovgivning samt skærpet deres CO ₂ reduktionsmål i 2022. Der er dog ikke defineret klare CCS-målsætninger eller finansiering.
Mulighed for lagring i Danmark og anvendelse af Sjælland som CO ₂ -hub		Der kan være et stort potentiale for CO ₂ lagring i Danmark grundet det høje CCS-potentiale i Finland kombineret med, at Finland ikke har geologisk potentiale til CO ₂ lagring.
Estimeret potentiel mængde til import i Danmark (MtCO ₂ /år) ³	'25: ~0,3 '30: ~0,5 '50: ~3	Det estimeres, at ~75% af teoretisk fangstpotentiale til lagring bliver eksporteret, hvoraf ~25% eksporteres til Sjælland.
Forventet transportform og -behov		CO ₂ forventes at blive konsolideret i Finland og transporteret til Danmark vha. skibe med en kapacitet på ~7.500-22.500 m ³ CO ₂





2.1.2 CCS-politikker og målsætninger i Finland

Table 3: Nationale CCS-politikker og målsætninger i Finland

Nationale CCS-politikker og målsætninger		
Kategori	Indikator	Kommentar
Politisk modenhed		Den politiske modenhed anses for værende middel. Finland følger EU-direktivet og har nationalt implementeret en specifik CCS-lovgivning samt skærpet deres CO ₂ reduktionsmål i 2022. Der er dog ikke definerede klare CCS-målsætninger eller finansiering.
Nationale CO ₂ reduktionsmål		2030: -60% fra 1990-niveau 2035: CO ₂ -neutrale (alle sektorer) vha. kulstofdræn ⁴ . Det anslås, at kulstofdræn skal udgøre minimum 21 MtCO _{2e} i 2035. 2040: -80% fra 1990-niveau 2050: -90-95% fra 1990-niveau
Nationale CCS-målsætninger		Der er ikke vedtaget nationale CCS-målsætninger. Klimaloven indeholder for nuværende kun målsætning for kulstofdræn.

³ Baseret på "Assessment of the market potential for CO₂ storage in Denmark" – Energistyrelsen 2021, samt antagelser i denne rapport

⁴ The Climate Change Act - Klimaloven danner grundlaget for det nationale arbejde med klimændringer i Finland. Kulstofdræn dækker over jordbund, skovene og havene. Det er således primært optimering af skov-forvaltning og skov-udvikling/rejsning

Tilstedeværelsen af CCS-regulering		Finland regulerer aktiviteter igennem loven om CO ₂ -fangst og -lagring, som er baseret på EU's lagringsdirektiv (EU CCS Directive). Loven gælder for CO ₂ fangst til geologisk lagring, overførsel via rørledning og mellemlagring.
Specifikke CO ₂ -lagringsrelaterede politikker		CCS-lovgivningen indeholder forbud mod geologisk lagring i finsk territorium og den finske økonomiske zone. Forbuddet gælder dog ikke, såfremt mængden der lagres, er mindre end 100.000 tons, og formålet med lagringen er forskning, udvikling og test af nye produkter og metoder ⁵ .
Finansiering til CCS		Der er ikke fastlagt et nationalt støttesystem på nuværende tidspunkt, men der er politiske planer om at fremme investeringer i den grønne omstilling, herunder CCU ⁶ .
Holdning til deltagelse i samarbejde omkring CCS		Anses som værende positiv baseret på Finlands CCS-lovgivning, Finlands ratificering af London protokollen og Finlands IPCC-arbejdsgruppe.

Der er ikke vedtaget specifikke CCS-målsætninger eller planer om at anvende CCS på den korte/mellemlange bane (før 2030), og Finlands klimapolitiske plan nævner kun CCS/CCU-teknologi i forbindelse med affaldshåndtering og ikke ifm. en afgørende teknologi for at opnå klimapolitiske mål⁷. På den lange bane mod 2050, nævnes CCS i ét af to mulige scenarier af udviklingsstrategier for at opnå lave CO₂-emissioner⁸. I dette scenarie anslås den samlede reduktion fra CCS til at være 14 MtCO_{2e} i år 2050. Dette inkluderer brugen af CCS i cementfremstilling, brændstoffraffineri og, i mindre grad, papirmasseproduktion efter år 2030.

Finlands nationale klima- og energistrategi påpeger, at udviklingen og brugen af CCS/CCU-teknologier og løsninger vil blive fremskyndet bl.a. ved at pilotere CCU/CCUS-teknologi på affaldsforbrændinger.

Blandt virksomheder i Finland er der ambitiøse planer for anvendelse af CO₂ til PtX da størstedelen af CO₂ fra store punktkilder er biogen. Disse projekter er dog ikke endeligt finansieret endnu.

Finland har ratificeret London-protokollen, som tillader CO₂-eksport til andre stater til opbevaringsmål⁹, og det finske miljøministerium har nedsat en national IPCC-arbejdsgruppe, der giver deltagere mulighed for at samarbejde med IPCC nationalt og internationalt i temaer, der understøtter klimapolitikken. Det vurderes, at Finland har en positiv holdning til samarbejde omkring CCS eller planer om CO₂ infrastruktur.

⁵ Finlex - Finlands justitsministerium - 416/2012

⁶ Finlands Miljøministerium - "Finland boosts green transition – in permit and appeal procedures priority given to investment projects"



⁷ Medium-term Climate Change Policy Plan: Towards a carbon-neutral society

⁸ Finland's long-term low greenhouse gas emission development strategy

⁹ Rapport til det 30. Møde i Europæisk Gasregulatorisk forum, 2019 - "The potential for CCS and CCU in Europe"

2.1.3 CCS-potentiale (CO₂-fangst, lagringspotentiale, og transport til Danmark)

Tabel 4: CCS-potentiale i Finland

CCS-potentiale i Finland		
Kategori	Indikator	Kommentar
Industrielle CO ₂ udledninger, 2019 (MtCO ₂) ¹⁰	49,73	En stor del af udledningerne stammer fra kilder der er, eller forventes at blive, biogene (papirindustrien med ~18 Mt/år og strøm- & varmeproduktion, ~18 Mt/år). CO ₂ -fangst fra fossile kilder er begrænset på lang sigt pga. planer om at udfase fossile brændstoffer i Finland ¹¹ .
Teoretisk potentiale ¹² for CO ₂ fangst 2025-2050 (MtCO ₂)	~286	CO ₂ -fangstpotentiale består primært af bio-CCS fra papirindustrien samt kraftværker, der udnytter biomasse som brændsel – potentiale for negative emissioner. Det kan dog også forventes delvist at blive anvendt til CCU. Der er også identificeret et mindre potentiale fra fossile udledninger i industrien ¹³ .
Gennemsnitlig MtCO ₂ /år i årene 2025-2050	~11	
Teoretiske forventninger til CO ₂ fangst ¹⁴ (Forventninger til CO ₂ fangst fra allerede igangsatte projekter), MtCO ₂ /år	2025: 1,5 2028: 1,5 2030: 1,7 (0,4) 2050: 16	CO ₂ -fangst til lagring er estimeret til ~7 MtCO ₂ /år fra 2025-2040 og ~16 MtCO ₂ /år mellem 2041 og 2050. På kort sigt har Finland et mål om at reducere emissioner fra affaldsforbrænding med 0,1 MTCO _{2e} i 2030 bl.a. ved brug af CCS-teknologi, og Finland har planer om CCU- og CCUS-pilotprojekter ¹⁵ . Få planlagte projekter til lagring er identificeret.
Geologisk potentiale for CO ₂ lagring	-	Finland har ingen egnede geologiske formationer til CO ₂ -lagring.
CCS Readiness Index Score ¹⁶	29/100	Lav CCS-indeks score er særligt drevet af begrænset lagringspotentiale.
Mulighed for lagring i Danmark og anvendelse af Sjælland som CO ₂ -hub		Der kan være et stort potentiale for CO ₂ lagring i Danmark grundet det høje CCS-potentiale i Finland kombineret med, at Finland ikke har geologisk potentiale til CO ₂ lagring. Dette kan både være til lager i Havnsø eller til offshore lagring i Nordsøen.
Estimeret potentiel mængde til import i Danmark (MtCO ₂ /år) ¹⁷	'25: ~0,3 '30: ~0,5 '50: ~3	Det estimeres, at ~75% af teoretisk fangstpotentiale til lagring bliver eksporteret, hvoraf ~25% eksporteres til Sjælland.
Forventet transportform og -behov		CO ₂ forventes at blive konsolideret i Finland og transporteret til Danmark vha. skibe med en kapacitet på ~7.500-22.500 CO ₂

¹⁰ European Industrial Emissions Portal – Air industrial releases in Europe

¹¹ Rambøll – "Assessment of the market potential for CO₂ storage in Denmark" – Energistyrelsen 2021

¹² Beskrevet i afsnit 1.4.

¹³ Baseret på antagelser fra ENS rapport i 2021 på tværs af følgende industrier; mineralolie- og gasraffinaderier, cementproduktion, jern- og stålproduktion samt kemikalieproduktion.

¹⁴ Baseret på antagelser om teoretisk fangstpotentiale beskrevet i bilag

¹⁵ Finlands Miljøministerium – "Medium-term Climate Change Policy Plan – Towards a carbon-neutral society in 2035"

¹⁶ Global CCS Institute CCS. CCS Readiness indeks overvåger aktivt fremskridtene i CC's implementering. Indekset sporer et lands krav til CCS, CCS-politikker, lov og regulering samt udvikling af lagringskapacitet. Indekset giver en indikation på landenes evne til at skabe et miljø der fordrer kommerciel udrulning af CCS.

¹⁷ Baseret på "Assessment of the market potential for CO₂ storage in Denmark" – Energistyrelsen 2021, samt antagelser i denne rapport

Lagringspotentiale i Finland

Undersøgelser udført af VTT Technical Research Center i Finland viser, at der ikke er nogen kulbrintereservoarer i Finland, og at sedimentære bjergarter er meget kompakte, så eventuelt opfanget CO₂ skal transporteres udenlandsk for langvarig opbevaring. Undersøgelserne viser dog, at det finske grundfjeld potentielt kan være egnet til mellemlagring af CO₂, men dette vil være relativt korttidslagring, f.eks. til skibslæsning og losning af CO₂¹⁸. Undersøgelserne viser endvidere, at potentialet for genanvendelsen af fanget CO₂ til CCU er omkring 0,5% af de årlige CO₂ udledninger¹⁹. Med udbredelsen af CCU-teknologier kan dette tal forventes at stige.

Potentiale for CO₂-eksport til Danmark/Sjælland

På trods af manglende konkrete målsætninger for CCS er der projekter og planer, der indikerer, at Finland vil udforske mulighederne for CCS. Her vil særligt BECCS fra Finlands omfattende papir- og papirmasseindustri potentielt kunne lukke noget af gabet til deres klimamålsætninger eller substituere for andre kulstofsdræn.

Grundet manglende nationale lagringsmuligheder vil Finland være nødsaget til at eksportere CO₂ til lagring. På grund af manglende politiske målsætninger for CCS, potentiel yderligere efterspørgsel af biogen CO₂ til PTX estimeres det, at op til 75% af CO₂-fangstpotentialet til lagring vil eksporteres. Dette tal forbliver høj på grund af kystnære placering af mange af de store punktkilder/clusters, særligt papir/papirmasse industri, hvilket giver mulighed for at samles om infrastruktur til transport og lagring af CO₂. Af det samlede eksportpotentiale estimeres det, at op mod 25% eksporteres til lagring på Sjælland. Dette tal vil være meget afhængigt af omkostningerne til lagring ved f.eks. Havnsø, og potentialet for at etablere rørledning via Sverige til Norge.

CO₂ forventes at blive transporteret til Danmark på skibe. På baggrund af de estimerede mængder på 0,4 MtCO₂/år på den korte bane forventes der at blive anvendt skibe med en kapacitet på 22,000 ton der vurderes at blive standardstørrelse for industrien. Enkelte mindre skibe på ca. 7,000 ton fra mindre punktkilder kan forventes. Det vurderes ikke at være relevant at etablere rørført infrastruktur fra Finland, selv på lang sigt.

Udvalgte CCS-projekter i Finland

Fortum piloterer Carbon2x på sit Riihimäki affalds-til-energi-anlæg i løbet af 2022. Målet med piloten er at teste CO₂ fangsten og udnyttelsen af anlæggets CO₂-emissioner. Resultaterne af pilotprojektet, som er et samarbejde med den finske startupvirksomhed Q Power, vil sætte skub i Fortums 3-årige forskningsprojekt, der har til formål at producere specialplast ud af metan. Fortum har fået tildelt 1,5 mio. euro fra det statslige Business Finland, der skal fremskynde udviklingen af virksomhedens såkaldte Carbon2x-teknologi²⁰.

Finland vil yderligere demonstrere to måder at producere rent brint på et raffinaderi, gennem vedvarende energi og ved at opfange CO₂ og permanent lagre det i Nordsøen. Projektet har til formål hurtigt og effektivt, at reducere udledningen af drivhusgasser på Porvoo-raffinaderiet i Finland. Projektet introducerer CCS og elektrolyseløsninger, der muliggør dekarbonisering af produktionen på raffinaderiet. Projektet er i øjeblikket i feasibility-fasen og forventes at have en fangstkapacitet på 0,4 MtCO₂ per år fra 2025-2035²¹.

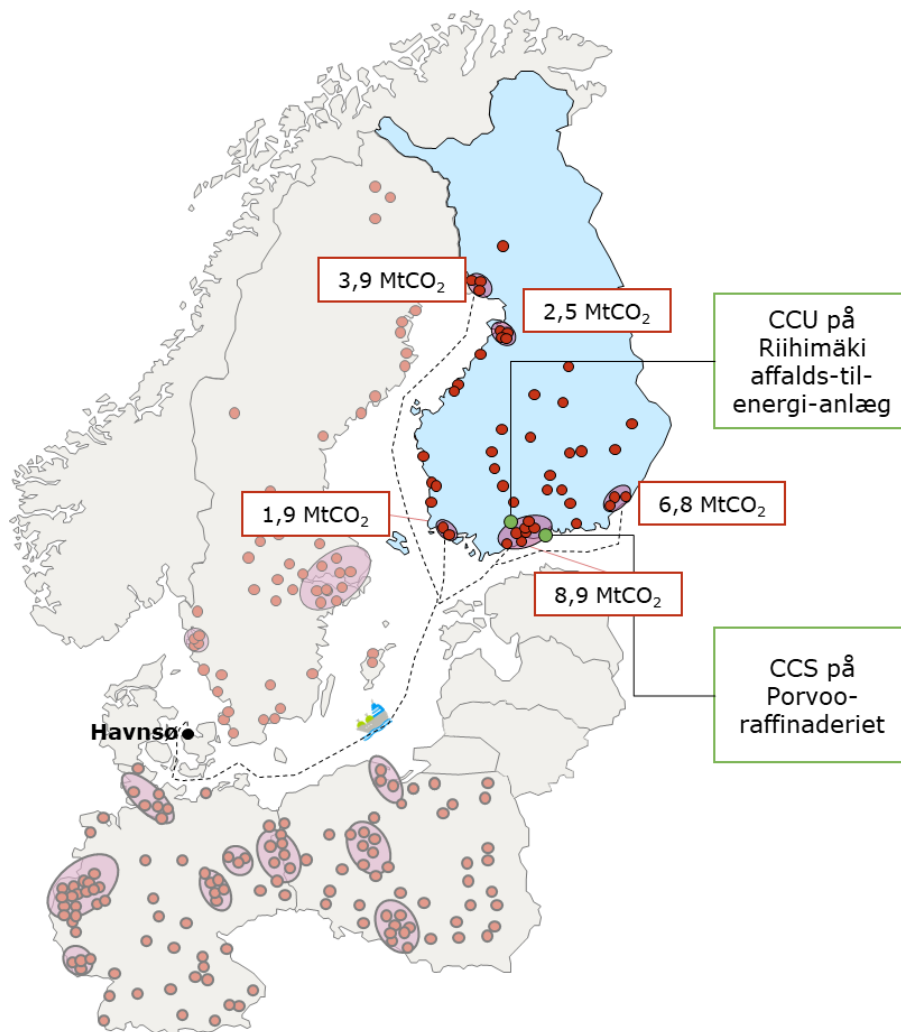
¹⁸ VTT Technical Research Centre of Finland "CO₂ Capture, Storage and Reuse Potential in Finland"

¹⁹ VTT Technical Research Centre of Finland "Potential deployment of CCS in Finland under low carbon scenarios"

²⁰ Fortum launches a ground-breaking pilot project – aims to produce new materials from the CO₂ emissions of waste incineration

²¹ Neste Corporation, press release 17/11/2021 - Neste to receive funding from the EU Innovation Fund to develop its Porvoo refinery through green hydrogen production and carbon capture & storage

Figur 1: Overblik over store punktkilder og udvalgte projekter i Finland²²






2.2 Tyskland

2.2.1 Overblik og potentiale for import af CO₂ til Danmark





Tyskland har planer om CO₂-fangst til lagring, men har kun begrænsede muligheder for onshore CO₂-lagring på grund af folkelig modstand og manglende politisk vilje, og begrænsede muligheder for offshore lagring. Der er igangsat en række projekter der skal være med til at sikre den nødvendige infrastruktur for at eksportere CO₂ – primært med fokus på Nordsøen. Der er også potentiale for at importere CO₂ til Sjælland/Hovedstadsområdet, særligt fra punktkilder i Nordøst-Tyskland.

Table 5: Overblik over CCS-potentiale i Tyskland

Overblik over CCS-potentiale		
Kategori	Indikator	Kommentar
Politisk modenhed		CCS bliver anerkendt som en vigtig teknologi for at nå reduktionsmål. Mangel på CCS-målsætninger, manglende national CCS-strategi, de regulatoriske rammer og den manglende politiske vilje til national lagring skaber et middel modenhedsniveau.
Potentiale for lagring i Danmark og anvendelse af Sjælland som CO ₂ -hub		Grundet manglen på opbakning til national lagring, er der potentiale for at lagre opfanget CO ₂ i Danmark. Igangværende projekter har primært fokus på at udforske lagring i Nordsøen. Anvendelse af Sjælland som hub vil primært være relevant for punktkilder i Nordøst-Tyskland, da det forventes at der vil være en pipeline til Nordsøen via Jylland.
Estimeret potentiel mængde til import i Danmark (MtCO ₂ /år) ²³	'25: ~0 '30: ~2 '50: ~8	Det estimeres at hele det teoretiske fangstpotentiale til lagring vil blive eksporteret til udlandet, og heraf vil ~40% blive eksporteret til Danmark. Det estimeres at ~40% transporteres via Sjælland. Nuværende projekter i Tyskland er primært centreret omkring Nordsøen og er mindre relevante for lagring på Sjælland på kort bane.
Forventet transportform og -behov		CO ₂ forventes at transporteres til Danmark vha. skibe på kort sigt, og potentielt pipeline på lang bane.




2.2.2 CCS-politikker og målsætninger i Tyskland

Table 6: Nationale CCS-politikker og målsætninger i Tyskland

Nationale CCS-politikker og målsætninger		
Kategori	Indikator	Kommentar
Politisk modenhed		CCS bliver anerkendt som en vigtig teknologi for at nå reduktionsmål. Mangel på CCS-målsætninger, manglende national strategi, de regulatoriske rammer og den manglende politiske vilje til national lagring skaber et middel modenhedsniveau.
Nationale CO ₂ reduktionsmål		2030: -55% fra 1990-niveau 2050: Klimaneutral, -80-90% fra 1990-niveau ²⁴
Nationale CCS-målsætninger		Der er ikke vedtaget nationale CCS-målsætninger, men den tyske klimahandlingsplan nævner initiativer der støtter både CCS og CCU.
Tilstedeværelsen af CCS-regulering		CCS-aktiviteter er underlagt loven om CO ₂ lagring fra 2012. Loven regulerer forskning, afprøvning og

²³ Baseret på "Assessment of the market potential for CO₂ storage in Denmark" – Energistyrelsen 2021, samt antagelser i denne rapport

²⁴ Forbundsministeriet for miljø, naturbeskyttelse, atomsikkerhed og forbrugerbeskyttelse – National klimapolitik

		demonstration af permanent CO ₂ -lagringsteknologi samt transport, og er baseret på EU's lagringsdirektiv ²⁵ . Loven står til at blive revideret i år, hvor behovet for en holistisk CCUS-strategi også er blevet fremhævet ²⁶ .
Specifikke CO ₂ -lagrings relaterede politikker		CCS-lovgivningen tillader ikke lagring af CO ₂ på land. Delstaterne kan dog vedtage love på regionalt niveau, der bestemmer om permanent lagring tillades i specifikke områder.
Finansiering til CCS		Tyskland annoncerede i februar et finansieringsdirektiv til kommerialisering af CCS-teknologi. Direktivet vil støtte virksomheder i at udvikle CCS/CCU-teknologier, brugen af CCS-teknologier i industrien samt etablering af CCUS-proceskæder ²⁷ . Budgettet er €105 mio. for 2021, derefter €120 mio. årligt indtil 2025.
Holdning til deltagelse i samarbejde omkring CCS		Anses som værende positiv, givet eksisterende planer fra den tyske regering om at udnytte det europæiske offshore potentiale i Nordsøen samt at intensivere samarbejdet med nabolandene.

Tyskland har et nationalt mål om at blive klimaneutral i 2050. Den tyske klimahandlingsplan nævner initiativer der støtter både CCS og CCU, og giver plads til muligheden for at bruge teknologi til kulstoffangst og fremhæver, at størstedelen af klimaundersøgelser og -scenarier bekræfter, at CCS er uundværlig for at opnå klimaneutralitet i 2050²⁸. Handlingsplanen formår dog ikke at underbygge en forpligtelse til optagelse af teknologien. Regeringen har endvidere ikke udviklet en holistisk CCUS- strategi, og har ikke vedtaget nationale målsætninger for CCS.

Loven om CO₂ lagring giver mulighed for årlig lagring af højst 1,3 MtCO₂ pr. lager og en maksimal lagringskapacitet på 4 MtCO₂ pr. lager om året²⁹.

CCS-området, især onshore lagring, har mødt politisk modstand og offentlig misbilligelse siden 2009³⁰. Det blev dog fremhævet igen af kansler Angela Merkel i 2019 efter hun udtalte, at CCS var nødvendigt for at nå klimamålene³¹. Industrielle virksomheder efterspørger en CCUS-strategi for at håndtere uundgåelige langsigtede emissioner, og sikre støtte til udvikling af infrastruktur til CCS. Trods at loven om CO₂ lagring står til at blive revideret i år, er der ingen indikationer på en general national ændring i holdningen til onshore CO₂ lagring. Fokus på eksport er blevet understreget af store projekter annonceret det seneste år, bl.a. en stor rørledning til Nordsøen. Udviklingen af en Tysk CCUS-strategi, forventes derfor at have en positiv effekt på eksport af CO₂ til Danmark, igennem øget offentlig investering i CO₂-fangst og -lagring.

²⁵ Loven om CO₂ lagring (Gesetz zur Demonstration der dauerhaften Speicherung von Kohlendioxid)

²⁶ Tagesspiegel Background, 'Wirtschaftsministerium plant CCUS-Strategie', 19/05/2022

²⁷ Global CCS Institute – Global Status of CCS 2021

²⁸ Klimahandlingsplan 2050 - Principper og mål for den tyske regerings klimapoliti


²⁹ Loven om CO₂ lagring (Gesetz zur Demonstration der dauerhaften Speicherung von Kohlendioxid)

³⁰ Patonia, A., 'Contrasting Public Acceptance of Carbon Capture and Storage in Norway and Germany', EPG, 2022

³¹ Clean Energy Wire, 'Merkel puts contentious CCS technology back on German agenda', 16/5/2019

2.2.3 CCS-potentiale (CO₂-fangst i Tyskland)

Tabel 7: CCS-potentiale i Tyskland


CCS-potentiale i Tyskland		
Kategori	Indikator	Kommentar
Industrielle CO ₂ udledninger, 2017 (MtCO ₂) ³²	420,78	Tysklands energisektor er en af de største kilder til CO ₂ -emissioner i Europa, med ~280 Mt/CO ₂ /år, i høj grad baseret på fossile brændstoffer. Frem mod 2050 vil forsyningen blive mere afhængig af VE og naturgas. Industrisektoren estimeres at udlede ~118 Mt/CO ₂ , særligt fra jern- og stålindustrien, cementproduktion samt kemi, olie- og gasraffinaderindustrien.
Teoretisk potentiale for CO ₂ (MtCO ₂) fangst 2025-2050	~896	Størstedelen af potentiel CO ₂ -fangst stammer fra energisektoren (naturgas- og biomasse-anlæg). Yderligere fangstpotentiale er fra Tysklands store industri – særligt cementindustrien og raffinaderier der har begrænsede alternativer. Andre industrier med potentiale inkluderer kemisk- samt jern/stålindustri.
Gennemsnitlig MtCO ₂ /år i årene 2025-2050	~34	
Teoretiske forventninger til CO ₂ fangst ³³ (Forventninger til CO ₂ fangst fra allerede igangsatte projekter), MtCO ₂ /år	2025: 0 (0,1) 2028: 5 (14) 2030: 14 (15-20) 2050: 50 (>20)	CO ₂ -fangst til lagring er estimeret til ~25 MtCO ₂ /år fra 2025-2040 og ~49 MtCO ₂ /år mellem 2041 og 2050. Stigende fokus på CCS fremrykker den potentielle timeline for CO ₂ -fangst til lagring. Det forventes tidligst, at CO ₂ til eksport/lagring vil være relevant i 2028 – og primært efter 2030.
Geologisk potentiale for CO ₂ lagring (GtCO ₂)	20-115	Den samlede tyske lagringskapacitet anslås til 20-115 GtCO ₂ . Udtømte gasfelter og saline akviferer betragtes som de primære lagringsmuligheder.
CCS Readiness Index Score ³⁴	56/100	Tyskland vurderes at være blandt de ti mest modne lande indenfor CCS.
Potentiale for lagring i Danmark og anvendelse af Sjælland som CO ₂ -hub		Grundet manglen på politisk opbakning til national lagring, er der potentiale for at lagre opfanget CO ₂ i Danmark. Igangværende projekter har primært fokus på at udforske lagring i Nordsøen. Anvendelse af Sjælland som hub vil primært være relevant for punktkilder i Nordøst-Tyskland, da det forventes at der vil være en pipeline til Nordsøen via Jylland.
Estimeret potentiel mængde til import i Danmark (MtCO ₂ /år) ³⁵	'25: ~0 '30: ~2 '50: ~8	Det estimeres at hele det teoretiske fangstpotentiale til lagring vil blive eksporteret til udlandet, og heraf vil ~40% blive eksporteret til Danmark. Det estimeres at ~40% transporteres via Sjælland. Nuværende projekter i Tyskland er primært centreret omkring Nordsøen og er mindre relevante for lagring på Sjælland på kort bane. Mængderne er dybt afhængige af om der etableres onshore lagring i Jylland eller på Sjælland, og priser på alternativ lagring.

³² European Industrial Emissions Portal – Air industrial releases in Europe

³³ Baseret på antagelser om teoretisk fangstpotentiale beskrevet i bilag

³⁴ Global CCS Institute CCS. CCS Readiness indeks overvåger aktivt fremskridtene i CC's implementering. Indekset sporer et lands krav til CCS, CCS-politikker, lov og regulering samt udvikling af lagringskapacitet. Indekset giver en indikation på landenes evne til at skabe et miljø der fordrer kommerciel udvinding af CCS.

³⁵ Baseret på "Assessment of the market potential for CO₂ storage in Denmark" – Energistyrelsen 2021, samt antagelser i denne rapport

Forventet transportform og -behov		CO ₂ forventes at transporteres til Danmark vha. skibe på kort sigt, og potentielt pipeline på lang bane.
-----------------------------------	---	--

Lagringspotentiale i Tyskland

Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR) anslår den samlede tyske CO₂ lagerkapacitet til at være 20-115 gigatons (Gt). En stor del af kapaciteten er under Nordsøen i dybe saline akviferer, men forventes ikke at kunne anvendes, da det er for dyrt eller for kontroversielt³⁶. Tyskland har også omfattende onshore lagrings-potentiale³⁷, men det er ikke sandsynligt at onshore CO₂-lagring er politisk muligt i Tyskland på kort eller mellemlang bane, grundet fortsat politisk modvilje i delstaterne, samt fokus på eksport.

Potentiale for CO₂-eksport til Danmark/Sjælland

Import fra Tyskland vurderes som værende meget sandsynlig. Igangværende projekter indikerer, at Tyskland vil eksportere al deres CO₂ tiltænkt lagring, men samtidig at fokus for nuværende er på CO₂-lagre i Nordsøen vha. rørledninger, hvilket vil reducere den potentielle mængde CO₂ der transporteres via Sjælland. Der ligger dog op til, at de igangværende projekter kan udvides til andre lande for at skabe større netværk. Det antages at al CO₂ til lagring fra Tyskland vil blive eksporteret, grundet stærk modstand mod onshore-lagring.

Tidligere estimater indikerer, at ~21³⁸-27³⁹ MtCO₂/år potentielt vil kunne importeres til Danmark. Dette svarer til ~35-45% af det teoretiske potentiale i 2050. Vi estimerer således, at ca. 40% af fangspotentiale vil eksporteres til Danmark. I forhold til et cluster på Sjælland, vurderes det, at primært udledninger fra det nordøstlige Tyskland vil være relevante. Under antagelsen af at der etableres omkostningseffektiv og fleksibel lagring ved Havnsø, estimeres det at op mod ~40% af det samlede danske import-potentiale vil blive være relevant for et CCUS-cluster på Sjælland. De resterende 60% forventes at blive sendt til andre dele af Danmark.

CO₂ forventes at blive transporteret til Danmark via skibe indledningsvis – primært direkte til lagring ved Havnsø. Dette er baseret på en forventet mængde på omkring 2-2,5 MtCO₂/år omkring år 2030. Fremadrettet estimeres transport via Sjælland til at nå op mod ~8 MtCO₂/år. Ved disse mængder vil det være rentabelt at etablere rørinfrastruktur, potentielt fra Lübeck eller Rostock.

Udvalgte CCS-projekter i Tyskland

Tyskland har en række igangværende projekter der undersøger mulighederne for at udnytte det europæiske offshore potentiale i Nordsøen samt at intensivere samarbejdet med nabolandene.

Wilhelmshaven Energy Hub, der ligger ved Nordsøen tæt på Bremen, er omdrejningspunkt for CCS/CCU-projekter. Wintershall Dea planlægger et stort projekt for at producere rent brint i Tyskland og lagre CO₂ i Nordsøen. Ved at etablere CO₂-lagringsinfrastruktur med tredjepartsadgang vil projektet også muliggøre lagring af CO₂-udledninger fra andre energiintensive industrier. Derudover er Equinor og Wintershall Dea i fællesskab gået sammen om at fremme udviklingen af værdikæde til opsamling, transport og lagring af CO₂ i den norske Nordsø. Det norsk-tyske CCS-projekt "NOR-GE", har til formål at etablere en cirka 900 kilometer lang rørledning der skal forbinde Wilhelmshaven Energy Hub med lagringskapacitet i Norge, og at denne rørledning skal tages i brug inden 2032. Rørledningen har en forventet transportkapacitet

³⁶ International centre for sustainable carbon – "Germany must put CCS back on the table, says Merkel"

³⁷ DEA/Ramboll, "Catalogue of Geological Storage of CO₂ in Denmark"

³⁸ Rambøll - "Assessment of the market potential for CO₂ storage in Denmark" – Energistyrelsen 2021

³⁹ EVIDA, Workshop om rørført gasinfrastruktur som facilitator for udvikling af CCUS i Danmark, 10/10/2022

på 20-40 MtCO₂ om året. Der er planer om at søge om offshore CO₂-lagringstilladelser til at opbevare 15-20 MtCO₂/år i den norske kontinentalsokkel⁴⁰.

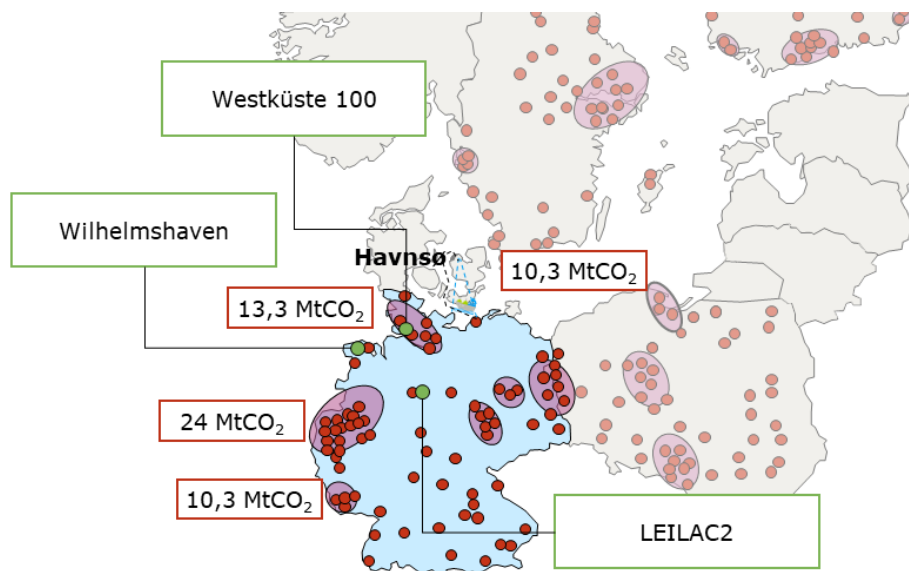
Ved Wilhelmshaven er der også igangsat et pilotprojekt der har til formål at undersøge CO₂ kondensering- og bufferlagringsinfrastruktur. Projektet vil fungere som en indledende demonstration af energiparkens kapacitet og strategiske værdi i det europæiske netværk for brint og CO₂. I første fase forventes en årlig fangst på 4,3 MtCO₂, som skal eksporteres. Målet er derefter at udvide netværket til andre EU-lande. Projektet vil tillade fremtidig transport af CO₂ via rørledninger eller skibe, som vil være en del af energiparkens udbygninger. Projektet forventes at være operationelt fra Q3 i 2026⁴¹.

Den 18. oktober 2022 annoncerede Wintershall Dea og HES Wilhelmshaven Tank Terminals at de havde indgået en intentionsaftale om at udvikle 'CO₂nectNow', en CO₂-hub som skal transportere CO₂ fra tyske industrivirksomheder til CO₂-lagre i den danske og norske Nordsø⁴². Det estimeres, at dette projekt vil eksportere 10 MtCO₂ årligt fra 2028, fra Wilhelmshaven til den danske og norske Nordsø.

Foruden ovenstående projekter om CO₂ fangst og transport, er der også flere igangværende projekter vedrørende CCU, f.eks.:

- Westküste 100 har et projekt med planer om at fange CO₂ fra cementproduktion, for at lave metanol med brint produceret af elektrolyse med offshore vindenergi i Tyskland⁴³.
- HeidelbergCement Group (projekt LEILAC2), vil fange 100 ktCO₂/år. Den CO₂, der frigives under cementproduktionen, opsamles og bruges i en anden proces. Projektet forventes at være operationelt fra 2025⁴⁴.

Figur 2: Overblik over store punktkilder (2019) og udvalgte projekter i Tyskland⁴⁵



⁴⁰ Equinor – "Equinor and Wintershall are jointly developing CCS infrastructure in the North Sea"

⁴¹ Candidate PCI projects in cross-border carbon dioxide (CO₂) transport networks. Var ikke et af de seks PCI-projekter, der modtog støtte i CEF Energy Call 2020 (okt 2020)

⁴² Wilhelmshaven, 'Wintershall Dea and HES Wilhelmshaven Tank Terminal intend to jointly develop a CO₂ Hub in Wilhelmshaven', 18/10/2022

⁴³ Westküste 100

⁴⁴ HeidelbergCement Group "Next industrial scale-up of a CO₂ capture technology: LEILAC 2 pilot project will be located at HeidelbergCement's Hanover cement plant"




⁴⁵ European Industrial Emissions Portal – Air industrial releases in Europe, Rambøll analyse

2.3 Polen

2.3.1 Overblik og potentiale for import af CO₂ til Danmark






Polens afhængighed af kulstofbrændsler er større end i andre EU-medlemsstater, hvorfor nye metoder til kuludnyttelse og forarbejdning vil blive undersøgt og implementeret – herunder CCS og/eller CCUS. For nuværende har Polen en manglende politisk vilje til national CO₂-lagring, dette kan dog potentielt ændre sig. Der er igangsat en række projekter der skal være med til at sikre den nødvendige infrastruktur for at eksportere CO₂ – primært med fokus på Nordsøen. Der er også potentiale for at importere CO₂ til Sjælland/Hovedstadsområdet, særligt fra punktkilder i det nordlige Polen.

Table 8: Overblik over CCS-potentiale i Polen

Overblik over CCS-potentiale		
Kategori	Indikator	Kommentar
Politisk modenhed		Den politiske modenhed anses for værende lav, da Polen ikke aktivt forfølger CCS på nuværende tidspunkt, og ikke stiller konkrete krav om CO ₂ -neutralitet der vil kræve CCS eller lignende løsninger.
Potentiale for lagring i Danmark og anvendelse af Sjælland som CO ₂ -hub		Grundet nuværende begrænset interesse for national lagring, er der potentiale for at lagre opfanget CO ₂ i Danmark. Igangværende projekter har primært fokus på at udforske lagring i Nordsøen. Anvendelse af Sjælland som hub vil primært være relevant for nye naturgas- og kul-anlæg samt dele af industrien i det nordlige Polen.
Estimeret potentiel mængde til import i Danmark (MtCO ₂ /år) ⁴⁶	'25: ~0 '30: ~1,5 '50: ~4,5	Det estimeres at ~50% af teoretisk fangstpotentiale til lagring bliver eksporteret til Danmark, hvoraf ~25% transporteres via Sjælland. Nuværende projekter er primært centreret omkring Nordsøen og er mindre relevante på kort bane.
Forventet transportform og -behov		CO ₂ forventes at transporteres til Danmark vha. skibe, primært fra Gdansk.



2.3.2 CCS-politikker og målsætninger i Polen

Table 9: Nationale CCS-politikker og målsætninger i Polen

Nationale CCS-politikker og målsætninger		
Kategori	Indikator	Kommentar
Politisk modenhed		Den politiske modenhed anses for værende lav, da Polen ikke aktivt forfølger CCS på nuværende tidspunkt, og ikke stiller konkrete krav om CO ₂ -neutralitet der vil kræve CCS eller lignende løsninger.
Nationale CO ₂ reduktionsmål		2030: -7% fra 2005 niveau (non-ETS), -30% fra 1990 niveau ⁴⁷
Nationale CCS-målsætninger		Polen har endnu ikke vedtaget nationale CCS-målsætninger.
Tilstedeværelsen af CCS-regulering		Polen har grundlæggende lovgivningsmæssige og politiske rammer for at muliggøre CCS-udrulning i landet på grund af dets EU-medlemskab.
Specifikke CO ₂ -lagringsrelaterede politikker		Under nuværende regler i den polske geologi- og minelov, er CO ₂ -lagring ikke tilladt frem til 2024, med

⁴⁶ Baseret på "Assessment of the market potential for CO₂ storage in Denmark" – Energistyrelsen 2021, samt antagelser i denne rapport

⁴⁷ Energy Policy of Poland until 2040 (EPP2040)

		<p>undtagelse af offshore demonstrations-projekter⁴⁸. Anvendelse af CO₂ til EOR/EGR er tilladt.</p> <p>Regeringen er dog i gang med at opdatere de juridiske rammer for at tillade CO₂ lagring i industriel skala⁴⁹. Det er ikke defineret om det vil være national onshore lagring, eller ved udbygning af infrastruktur til transport.</p>
Finansiering til CCS		Der er ikke fastlagt et nationalt støttesystem til CCS, men refereres kun til EU-midler i Polens energipolitik.
Holdning til deltagelse i samarbejde omkring CCS		Den nuværende lovgivning om CO ₂ lagring samt planlagte CCS-projekter i Polen skaber et potentiale for samarbejde omkring CCS. Nationale regler vedrørende CO ₂ -transportnetværket skaber dog nogle begrænsninger.

Polen har endnu ikke forpligtet sig til at implementere EU-målet om klimaneutralitet for 2050. Polen støtter EU's mål om klimaneutralitet, men Polen udviklede en specifik national undtagelse på grund af det vanskelige udgangspunkt for den polske overgang samt deres sociale og økonomiske aspekter⁵⁰.

I Polens energipolitik er der planer om at reducere afhængigheden af kul, især til elproduktion og bygningsopvarmning. Polen er dog meget afhængige af kulstofbrændsler, hvorfor nye metoder til kuludnyttelse og forarbejdning også vil blive undersøgt og implementeret, herunder CCS og/eller CCUS. Specifikt har miljøloven fremsat krav om at foretage en vurdering af parathed til at opfange, lagre og transportere CO₂ fra alle polens kulkraftværker, og i Polens energipolitik frem mod 2040 er alle polske kulkraftværker sidenhen vurderet til at være CCS-klare⁵¹.

I august 2021 etablerede klima- og miljøministeren en tværministeriel arbejdsgruppe om CCS-teknologiudvikling, med deltagelse af energisektorens hovedinteressenter. Formålet for denne gruppe var at identificere og fjerne juridiske barrierer til udvikling af CO₂-lagring og støtte til nye CCUS-pilotprojekter. På baggrund af dette, er regeringen i gang med at opdatere de juridiske rammer for at tillade CO₂ lagring i industriel skala og har tilkendegivet en interesse for CCUS, herunder for at øge brugen af kulbrinteforekomster, understøtte omdannelsen af kulmineregioner (herunder for kulforgasning) og som en mulighed for at producere brint med lavt kulstofindhold⁵².

Polens regulatoriske rammer omkring CCS/CCU gentager i vid udstrækning bestemmelserne fra EU's CCS-direktiv. Den nuværende lovgivning skaber dog nogle begrænsninger for udviklingen af et CO₂-transportnetværk via rørledning, da regler om tekniske forhold ikke er vedtaget endnu. Disse regler skal være til stede, før en installation kan tilsluttes til et CO₂-transportnetværk. De nationale regler vedrørende et CO₂-transportnetværk, fremmer således opførelsen af national CCS/CCU-infrastruktur i Polen.

På baggrund af de lovgivningsmæssige rammer for CO₂ lagring og planlagte CCS-projekter i Polen, vurderes den nuværende interesse for national CO₂ lagring som begrænset, hvilket potentielt fremmer behovet for deltagelse i samarbejde omkring CCS. Polen planlægger at indgå i et samarbejde om eksport af CO₂ til andre lande med skibe, men kan på sigt opbygge egen national onshore lagringsinfrastruktur, hvilket vil begrænse muligheden for eksport i fremtiden.

⁴⁸ CCS4CEE - Assessment of current state, past experiences and potential for CCS deployment in the CEE region – Poland (2021)

⁴⁹ International Energy Agency – Poland 2022 Energy Policy Review



⁵⁰ Energy Policy of Poland until 2040 (EPP2040), Februar 2021

⁵¹ CCS4CEE - Assessment of current state, past experiences and potential for CCS deployment in the CEE region – Poland (2021)

⁵² International Energy Agency – Poland 2022 Energy Policy Review

2.3.3 CCS-potentiale (CO₂-fangst i Polen)

Tabel 10: CCS-potentiale i Polen

CCS-potentiale i Polen		
Kategori	Indikator	Kommentar
Industrielle CO ₂ udledninger, 2019 (MtCO ₂) ⁵³	174,31	Emissioner genereres hovedsageligt fra kulbaseret el- og varmeproduktion (~125), efterfulgt af cement-, jern- og stålindustrien (~32).
Teoretisk potentiale for CO ₂ (MtCO ₂) fangst 2025-2050	~596	Den største andel af CO ₂ -fangst forventes er afledt fra el- og varmesektoren (naturgasfyrede kraftværker og biomassefyrede anlæg). På meget lang sigt forventes el- og varmesektoren at dekarboniseres vha. atomkraft og vedvarende energikilder ⁵⁴ .
Gennemsnitlig MtCO ₂ /år i årene 2025-2050	~23	Der er også et fangstpotentiale inden for industrien (hovedsageligt jern og stål og cement), men CCS forventes at være en potentiel sidste udvej for industrien i skala.
Teoretiske forventninger til CO ₂ fangst ⁵⁵ (Forventninger til CO ₂ fangst fra allerede igangsatte projekter), MtCO ₂ /år	2025: 0 2028: 4 (2,7) 2030: 10 (2,7) 2050: 36 (8,7)	Givet udvidelser af kulproduktion, særligt på den korte bane, forventes der er at være signifikant potentiale for CCS fra Polen på både mellem- og lang sigt. Potentiel CO ₂ -fangst er estimeret til, i gennemsnit, ~15 MtCO ₂ /år fra 2025-2040 og ~34 Mt/år fra 2041-2050.
Geologisk potentiale for CO ₂ lagring (GtCO ₂)	10-15	Polen har potentielt 10-15 GtCO ₂ lagringskapacitet, hvoraf 90% af den potentielle lagringskapacitet er i saline akvifer onshore.
CCS Readiness Index Score ⁵⁶	47/100	Polen scorer middel ift. regulering og lagringspotentiale, men lavt indenfor politisk støtte.
Potentiale for lagring i Danmark og anvendelse af Sjælland som CO ₂ -hub		Polens indenlandske lagringskapacitet kan teoretisk dække alle kommende CCS-aktivitetsbehov frem til 2050. Den nuværende interesse for national lagring er dog begrænset, hvilket skaber et middel potentiale for CO ₂ lagring i Danmark. Opdateres de juridiske rammer vil Polen potentielt udforske indenlandsk CCS/CCU-infrastruktur, hvilket vil påvirke potentialet for lagring i Danmark.
Estimeret potentiel mængde til import i Danmark (MtCO ₂ /år) ⁵⁷	'25: ~0 '30: ~1 '50: ~4	Det estimeres at ~30% af teoretisk fangstpotentiale til lagring bliver eksporteret givet potentiale for national lagring. Af dette forventes op til ~40% at transporteres via Sjælland.
Forventet transportform og -behov		CO ₂ forventes at transporteres til Danmark vha. skibe, primært fra Gdansk.

⁵³ European Industrial Emissions Portal – Air industrial releases in Europe

⁵⁴ Energy Policy of Poland until 2040 (EPP2040)

⁵⁵ Baseret på antagelser om teoretisk fangstpotentiale beskrevet i bilag

⁵⁶ Global CCS Institute CCS. CCS Readiness indeks overvåger aktivt fremskridtene i CC's implementering. Indekset sporer et lands krav til CCS, CCS-politikker, lov og regulering samt udvikling af lagringskapacitet. Indekset giver en indikation på landenes evne til at skabe et miljø der fordrer kommerciel udrulning af CCS.

⁵⁷ Baseret på "Assessment of the market potential for CO₂ storage in Denmark" – Energistyrelsen 2021, samt antagelser i denne rapport

Polens afhængighed af naturgas forventes at stige, og vil være høj frem til 2040. Yderligere er der på nuværende tidspunkt ikke annonceret planer om at afbryde de fire nybyggede kulkraftværker. CCS anses derfor som værende en nødvendighed for at afhjælpe de resterende CO₂-udledninger inden for el- og varmeproduktion.

Lagringspotentiale i Polen

En CCUS-undersøgelse fra 2012 vurderer, at Polen potential lagringskapacitet på 10-15 gigatons (Gt) CO₂. Over 90% af den potentielle lagringskapacitet er på land og mindre end 10% er offshore. Saline akviferer har det højeste lagringspotentiale (90-93%), efterfulgt af udtømte olie- og gasfelter (7-10%) og lagring i ikke-anvendte kullag (mindre end 1%)⁵⁸. Den potentielle lagringskapacitet, kan teoretisk dække hele Polens CCS-aktivitetsbehov. Lagringskapacitet kan dog være dyrt at udvikle, på grund af lagerenhedernes relative lille skala, manglende incitament, offentlig modstand mod onshore lagring og manglende politiske vilje.

Potentiale for CO₂-eksport til Danmark/Sjælland

Under de nuværende regulatoriske rammer vurderes der at være et middel potentiale for at eksportere CO₂ fra Polen til Danmark grundet det høje CO₂-fangstpotentiale samt den begrænsede interesse for national lagring. Mængden af importeret CO₂ fra Polen, afhænger af den politiske vilje til at ændre de nuværende regulatoriske rammer for CO₂ lagring i Polen.

Der er et signifikant CO₂-fangstpotentiale i Polen, der estimeres at være op til ~10 Mt i 2030, og hele ~36 Mt i 2050. Mange af punktkilderne ligger dog placeret i det centrale og sydlige Polen, hvilket besværliggør eksport af CO₂ via skib, og flere risikerer at blive udfaset på sigt. Det vil primært være emissioner fra nye naturgas- og kul-anlæg der vil være relevant, samt dele af industrien i det nordlige Polen. Derudover har Polen historisk været i stand til at justere deres regulering for at imødekomme teknologier som CCS og kan derfor potentielt etableres onshore lagring på mellemlang sigt. På baggrund af ovenstående vurderes det, at maksimalt 30% af fangstpotentialet vil blive eksporteret som vil blive eksporteret. Af det samlede eksportpotentiale vurderes det, at 40% vil blive transporteret til Danmark. Geografisk ligger Danmark velplaceret til at modtage eksport, men man vil også være i konkurrence med eksport til fx Nordsøen, hvor et projekt allerede har planer om at lagre CO₂.

Transporten forventes udelukkende ved brug af skibe, da der vil være stor risiko forbundet med etablering af rørledning, hvis Polen vælger selv at udvikle onshore lagringskapacitet. Udslibning forventes primært fra Gdansk havn.

Udvalgte CCS-projekter i Polen

Der er i øjeblikket kun ét operationelt CCUS-projekt i Polen. Dette pilotprojekt fornyer syregas (bestående af ca. 80 % CO₂ og 20 % H₂S), som er et biprodukt af naturgas raffinering på Borzeccin-gasfeltet. Projektet har været i drift siden 1996⁵⁹.

Polen planlægger desuden at etablere et multimodalt CO₂-eksporthub i Gdansk Havn for at forbinde de vigtigste industrielle CO₂-udledere i Gdansk og baglandet, til CCS-kæden (under udvikling i Nordsøen) til permanent lagring. Projektet er planlagt til at transportere 2,7 MtCO₂ om året i 2025-2030 og 8,7 MtCO₂ om året i 2030-2035. Projektet forventes i drift fra 2026⁶⁰. Et andet projekt relateret til Gdansk er Go4ECOPlanet-projektet på Holcims Kujawy-fabrik i Polen. Go4ECOPlanet-projektet har til formål at skabe en CCS-kæde fra CO₂-opsamling ved Kujawy

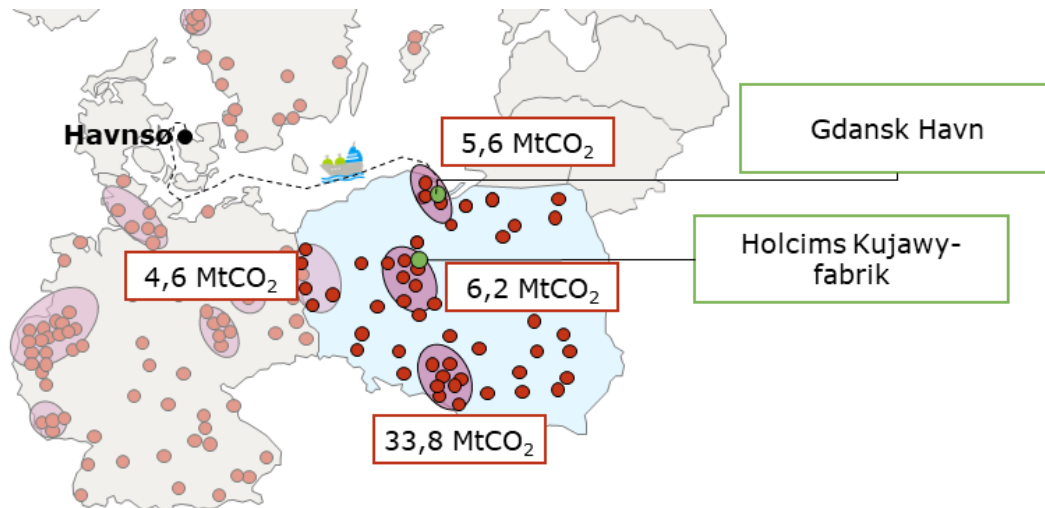
⁵⁸ EIA – Poland 2022 Energy policy review

⁵⁹ EIA – Poland 2022 Energy policy review

⁶⁰ Poland – EU CCS Interconnector (emitters from the industrial cluster in the area around Gdansk, Poland with storage where available in the North Sea country territories)

cementfabrikken, hvorefter flydende CO₂ sendes til terminalen i Gdansk, derefter overføres flydende CO₂ til skibe, inden det pumpes ned i et lagerfelt under Nordsøen⁶¹.

Figur 3: Overblik over store punktkilder (2019) og projekter i Polen⁶²



⁶¹ Global CCS Institute




⁶² European Industrial Emissions Portal – Air industrial releases in Europe, Rambøll analyse

2.4 Sverige

2.4.1 Overblik og potentiale for import af CO₂ fra Sverige til Danmark





Sverige har planer om CO₂-fangst, særligt fra biogene kilder, til lagring, men har ikke planer om at etablere nationale CO₂-lagre, hvilket øger den potentielle import/transport af CO₂ via Hovedstaden/Sjælland. Der er potentiale i en rørledning, der forbinder Hovedstaden og Sydsverige.

Tablet 11: Overblik over CCS-potentiale i Sverige

Overblik over CCS-potentiale		
Kategori	Indikator	Kommentar
Politisk modenhed		CCS er anerkendt som et vigtigt middel til at nå de fastsatte klimamål, og der er fastlagt strukturer til finansiering, planer om internationalt samarbejde, samt tilladt offshore lagring. Begrænsninger i de juridiske rammer skaber trækker dog ned til et samlet over middel modenhedsniveau.
Potentiale for lagring i Danmark og anvendelse af Sjælland som CO ₂ -hub		Potentialet for at importere CO ₂ fra Sverige vurderes til at være højt. Nuværende projekter indikerer at man vil transportere CO ₂ væk til lagring. Potentielle mængder mindskes af at Sverige har intensivt samarbejde med Norge.
Estimeret potentiel mængde til import i Danmark (MtCO ₂ /år) ⁶³	'25: ~0 '30: ~1 '50: ~5	Det estimeres at ~75% af teoretisk fangstpotentiale til lagring vil blive eksporteret, hvoraf ~40% transporteres via Sjælland. Afhængig af priser ved Havnsø, og etablering af rørledning, kan dette stige.
Forventet transportform og -behov		CO ₂ fra Sydsverige forventes potentielt at transporteres med rørledning - CO ₂ fra resten af Sverige forventes at blive transportere med skib.

2.4.2 CCS-politikker og målsætninger i Sverige

Tablet 12: Nationale CCS-politikker og målsætninger i Sverige

Nationale CCS-politikker og målsætninger		
Kategori	Indikator	Kommentar
Politisk modenhed		CCS er anerkendt som et vigtigt middel til at nå de fastsatte klimamål, og der er fastlagt strukturer til finansiering, planer om internationalt samarbejde samt tilladt offshore lagring. Begrænsninger i de juridiske rammer skaber trækker dog ned til et samlet over middel modenhedsniveau.
Nationale CO ₂ reduktionsmål		2030: -63% fra 1990-niveau, hvoraf 8% kan opnås med supplerende tiltag (herunder CCS, som nævnes specifikt) 2040: -75% fra 1990-niveau, hvoraf 2% kan opnås med supplerende tiltag 2045: CO ₂ neutral, -85% fra 1990-niveau, de resterende 15% kan opnås med supplerende tiltag ⁶⁴
Nationale CCS-målsætninger		2030: 3,7 MtCO ₂ e, heraf 1,8 MtCO ₂ fra bio-CCS 2045: 10,7 MtCO ₂ e, heraf 3-10 MtCO ₂ fra bio-CCS ⁶⁵
Tilstedeværelsen af CCS-regulering		Sveriges lovgivningsmæssige rammer for CCS er primært baseret på den regulatoriske tilladelsesmodel, der er findes i den svenske

⁶³ Baseret på "Assessment of the market potential for CO₂ storage in Denmark" – Energistyrelsen 2021, samt antagelser i denne rapport

⁶⁴ 2022 – Rport of the Swedish Climate Policu Council (side 13)

⁶⁵ Klimat politiska rådet "2020: Report of the Swedish Climate Policy Council"

		miljølov samt loven om geologisk lagring af CO ₂ og 'The Swedish Continental Shelf Act' ⁶⁶ .
Specifikke CO ₂ -lagrings relaterede politikker	—	Offshore lagring af CO ₂ er tilladt i Sverige, men enkelte CCS-elementer er ikke fuldt adresseret, f.eks. CO ₂ -transportbestemmelser ⁶⁷ .
Finansiering til CCS	✓	Den svenske stat har indført finansieringsmekanismer for CCS-relaterede projekter gennem den svenske energimyndighed med det formål at fremskynde udbredelsen af CCS og BECCS. Derudover ydes der gennem Industriklivet-initiativet støtte til R&D-projekter, der bidrager til negative emissioner. Denne støtte er planlagt til at være 50 mSEK årligt indtil 2027 ⁶⁸ .
Holdning til deltagelse i samarbejde omkring CCS	✓	Sveriges godkendte i 2020 London-protokollen, der muliggør eksport af CO ₂ til offshore lagring. Derudover deltager Sverige i forskellige netværk og partnerskaber om CCS og blev i 2021 enige med Norge om at styrke samarbejde omkring CCS ⁶⁹ . Den svenske energistyrelse nævner desuden, at lagring i andre lande også kan komme på tale ift. eksport af svensk CO ₂ .

2.4.3 CCS-potentiale (CO₂-fangst i Sverige)

Tabel 13: CCS-potentiale i Sverige

CCS-potentiale i Sverige		
Kategori	Indikator	Kommentar
Industrielle CO ₂ udledninger, 2019 (MtCO ₂) ⁷⁰	49,18	Papirmasse- og papirproduktion står for ~22 MtCO ₂ fra biogene kilder. ~15 Mt stammer fra el- og varmeproduktion, hvoraf store dele er biomasse, hvilket giver mulighed for negative emissioner/BECCS. Anden industri står for ~12 Mt, herunder jern/stål- og cement produktion, og raffinaderier.
Teoretisk potentiale for CO ₂ (MtCO ₂) fangst 2025-2050	~323	Størstedelen af disse emissioner er relateret til papirmasse- og papirindustrien.
Gennemsnitlig MtCO ₂ /år i årene 2025-2050	~12	
Teoretiske forventninger til CO ₂ -fangst ⁷¹ (Forventninger til CO ₂ - fangst fra allerede igangsatte projekter), MtCO ₂ /år	2025: 0,8 (1,3) 2028: 2 (3,3) 2030: 4 (5,3) 2050: 16 (7)	Potentialet i den svenske energiproduktion giver mulighed for BECCS, hvor det estimeres at de første projekter er i drift omkring 2028. Indenfor industrien forventes potentiale primært fra jern/stål, cement, og raffinaderier og forventes at skalere fra omkring 2028. Fuldt potentiale først indløst på lang sigt.
Geologisk potentiale for CO ₂ -lagring (GtCO ₂)	1,6	Betingelserne for lagring af CO ₂ er hovedsageligt i Skåne og den sydlige Østersø. Det vurderes at Sverige har et nationalt lagringspotentiale på 1,6 GtCO ₂ .

⁶⁶ Global CCS Institute



⁶⁷ Förordning (2014:21)

⁶⁸ Energimyndigheten - Industriklivet negativa utsläpp: forskning och innovation

⁶⁹ Den Svenske Regering – "Norway and Sweden agree to intensify cooperation on carbon capture and storage"

⁷⁰ European Industrial Emissions Portal – Air industrial releases in Europe

⁷¹ Baseret på antagelser om teoretisk fangspotentiale beskrevet i bilag

CCS Readiness Index Score ⁷²	41/100	Overordnet vurderes Global CCS institut Sveriges modenhed til at være under middel, særligt pga. lav lagrings-score.
Potentiale for lagring i Danmark og anvendelse af Sjælland som CO ₂ -hub		Potentialet for at importere CO ₂ fra Sverige vurderes til at være højt. Nuværende projekter indikerer, at man vil transportere CO ₂ væk til lagring. Potentielle mængder mindskes af, at Sverige har intensivt samarbejde med Norge.
Estimeret potentiel mængde til import i Danmark (MtCO ₂ /år) ⁷³	'25: ~0 '30: ~1 '50: ~5	Det estimeres at ~75% af teoretisk fangspotentiale til lagring vil blive eksporteret, hvoraf ~40% transporteres via Danmark. Afhængig af priser ved Havnsø, og etablering af rørledning, kan dette stige.
Forventet transportform og -behov		CO ₂ fra Sydsverige forventes potentielt at transporteres med rørledning - CO ₂ fra resten af Sverige forventes at blive konsolideret lokalt og transportere med skib.

Lagringspotentiale i Sverige

Der er primært betingelser for lagring af CO₂ i det sydvestlige Skåne og den sydlige Østersø⁷⁴ og det vurderes, at Sverige har et samlet nationalt lagringspotentiale på 1.600 MtCO₂⁷⁵. I en offentlig rapport konkluderes det, at Sverige, grundet manglende information om den nationale lagerkapacitet, ikke bør fokusere på etablere national lagring. I stedet anbefales det, at der etableres søtransport til eksport af CO₂ til lagring udenfor Sverige for eksempel Norge eller et andet Nordsøland⁷⁶. Energistyrelsen i Sverige påpeger ydermere, at permanent lagring af CO₂ på svensk territorium ligger langt ude i fremtiden og vil kræve opbygning af en ny industrisektor med den nødvendige kompetence og erfaring⁷⁷.

Potentiale for CO₂-eksport til Danmark/Sjælland

Der vurderes, at være stort potentiale for import af CO₂ til lagring. Igangværende projekter understøtter, at Sverige satser på at eksportere CO₂ til permanent lagring, og dette understøttes af konkrete mål for CCS, inkl. målsætninger om BECCS.

Givet at der potentielt på sigt udvikles svensk lagring, samt at en række punktkilder ligger spredt ud med mindre mulighed for omkostningseffektiv deling af infrastruktur til CO₂-transport, estimeres, at ~75% af det fangspotentiale vil eksporteres. Ud af det samlede eksport-potentiale estimeres, at ~40% vil transporteres via Sjælland. Det giver en samlet potentiel CO₂ import på ~5 MtCO₂ i 2050, og er særligt begrænset af det tætte samarbejde og aftaler der allerede er etableret mellem Sverige og Norge ift. transport af CO₂ til lagring i Nordsøen. Det kan sammenlignes med estimater fra Evida, som indikerer, at der er et samlet importpotentiale på op imod 9 MtCO₂/år⁷⁸. Estimaterne til potentialet kan stige, hvis samlede omkostninger til lagring ved Havnsø er billigere end alternativ lagring i Nordsøen. Tilstedeværelsen af en rørledning vil potentielt også kunne øge det teoretiske fangspotentiale ved at gøre det rentabelt for selv mindre punktudledere i Sverige at etablere CO₂-fangst.

⁷² Global CCS Institute CCS. CCS Readiness indeks overvåger aktivt fremskridtene i CC's implementering. Indekset sporer et lands krav til CCS, CCS-politikker, lov og regulering samt udvikling af lagringskapacitet. Indekset giver en indikation på landenes evne til at skabe et miljø der fordrer kommerciel udvinding af CCS.

⁷³ Baseret på "Assessment of the market potential for CO₂ storage in Denmark" – Energistyrelsen 2021, samt antagelser i denne rapport

⁷⁴ Geological Survey of Sweden – Carbon capture and storage

⁷⁵ Global CCS Institute

⁷⁶ THEMA Consulting Group "The role of Carbon Capture and Storage in a Carbon Neutral Europe"

⁷⁷ Energimyndigheten – National centre for CCS (Swedish Energy Agency)

⁷⁸ EVIDA, Workshop om rørført gasinfrastruktur som facilitator for udvikling af CCUS i Danmark, 10/10/2022

I forhold til transport er der mange af de store punktkilder tæt på kysten og/eller floder, som kan anvendes til at transportere CO₂ til Danmark via skib. Derudover er der potentiale for at etablere rørledning fra Sverige, der inkluderer større punktkilder i Sydsverige, bl.a. Sysav. Kapaciteten vil begrænses af, at der allerede er planer om at etablere CO₂-havneinfrastruktur ved Göteborg.

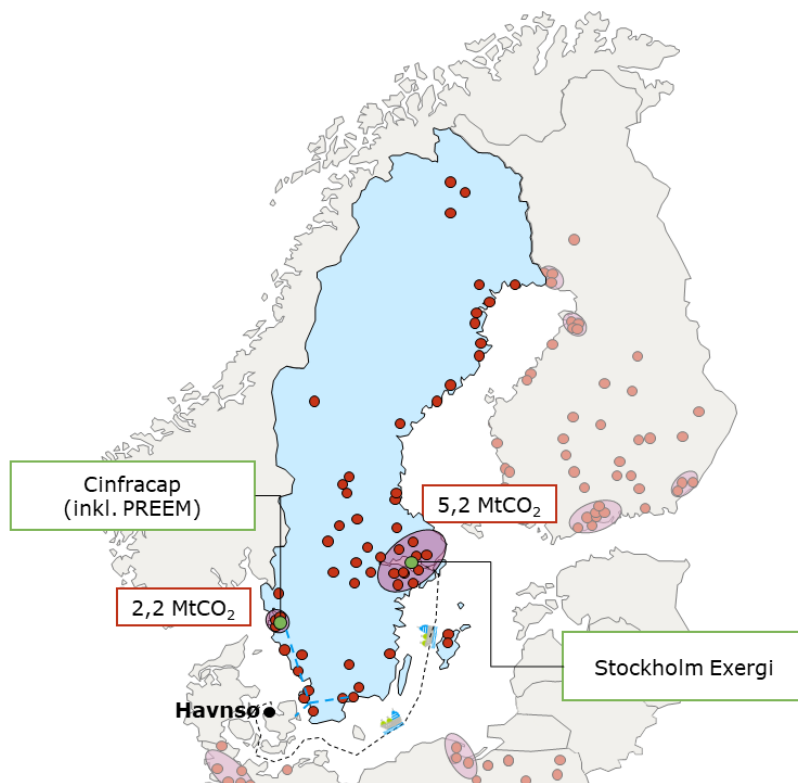
Udvalgte CCS-projekter i Sverige

Der er flere igangværende CCS-projekter i Sverige⁷⁹, hvoraf nogle er fremhævet herunder.

Stockholm Exergi bygger et fuldskala BECCS-anlæg på sit biomassedrevne kraftvarmeværk KVV8 i Stockholm. BECCS-anlægget vil have en fangstkapacitet på 0,8 MtCO₂/år. For at sikre hele værdikæden skal der indgås aftaler om transport og lagring af opfanget CO₂ i Nordsøen. Endelig beslutning er planlagt til 2022, hvorefter det vurderes, at vil tage cirka tre år at bygge anlægget. Stockholm Exergi forventer samlet at fange 1,7 Mt biogen CO₂ i 2045 på tværs af deres anlæg⁸⁰.

Cinfracap er et samarbejdsprojekt med fokus på omkostningseffektiv og bæredygtig transport af opfanget CO₂ fra stationære kilder til Göteborg Havn. Skibe vil derefter transportere flydende CO₂ til Naturgassparken i Norge til lagring i Northern Lights. Cinfracap vil have en forventet CO₂-fangst på 2 MtCO₂/år, og forventes at være operationelt fra 2026. Tæt relateret til Cinfracap-projektet, har man på Preem-raffinaderiet til formål at reducere CO₂-emissioner fra Lysekil-raffinaderiet. CCS-projektet har til formål at reducere raffinaderiets udledning med 500 ktCO₂ om året og forventes at være operationelt fra 2025-2026. Derudover er der igangsat et samarbejdsprojekt (CNetSS) i det sydlige Sverige, som beskrives i tabel 14.

Figur 4: Overblik over store punktkilder (2019) og projekter i Sverige⁸¹



⁷⁹ Global CCS Institute

⁸⁰ Stockholm Exergi, 'Stockholm Exergi's project for negative emissions receives EU support', 16/11/2021

⁸¹ European Industrial Emissions Portal – Air industrial releases in Europe, Rambøll analyse

3. DEEP-DIVE PÅ PROJEKTER I SYDSVERIGE

Der er relativt få CCS-projekter i gang i Sverige. Der er både CO₂-fangst på individuelle anlæg og større cluster-samarbejde, hvilket ofte overlapper, som f.eks. inkludering af CC-anlægget på Preems raffinaderi i Cinfracap clusteret omkring Göteborg.

Der er identificeret to projekter i Sydsverige som relevante for potentiel transport til Danmark: Cinfracap og i særdeleshed CNetSS. Begge projekter inkluderer på nuværende tidspunkt havnefaciliteter, men særligt ifm. CNetSS kunne man etablere rørledning til Sjælland, da projektet fortsat er i en tidligere fase.

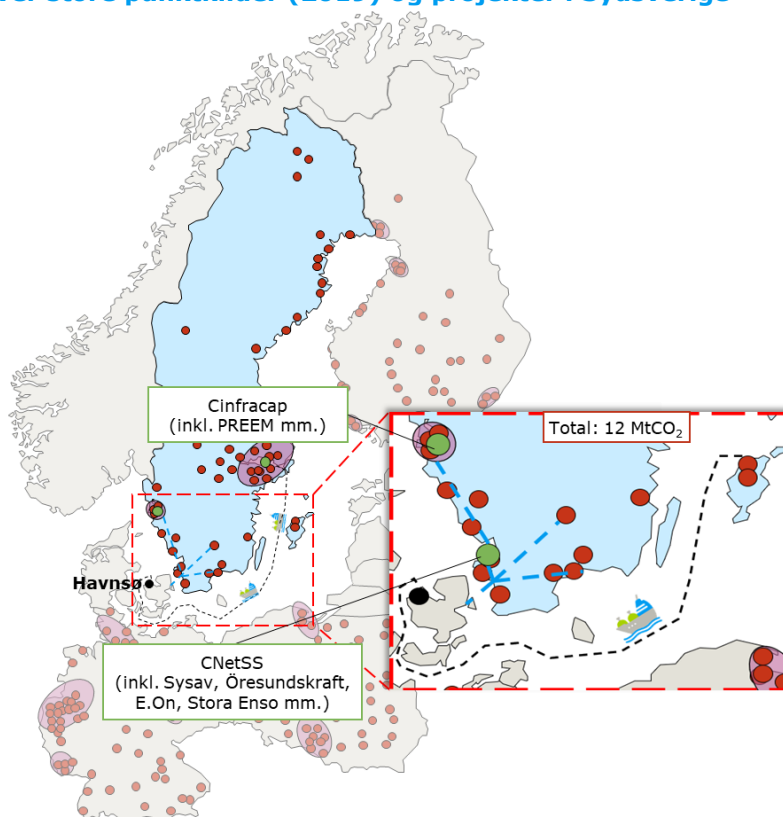
Tabel 14: CCS-projekter i Sydsverige

Projekt navn	Cinfracap ⁸²	CNetSS ⁸³
Type	Transport/infrastruktur netværk	Transport/infrastruktur netværk
Placering	Göteborg Havn	Ikke vedtaget
Beskrivelse	Projektet er et samarbejdsprojekt, som har fokus på omkostningseffektiv, klimasmart transport af opfanget CO ₂ til havnen. CO ₂ transporteres med lastbiler, jernbaner og rørledninger til Göteborg Havn. Skibe vil derefter transportere flydende CO ₂ til lagring i Northern Lights, Norge.	Projektet er et samarbejdsprojekt, som har til formål at skabe omkostningseffektive infrastrukturløsninger til transport og permanent lagring af opfanget CO ₂ .
Deltagere	Nordion Energi Göteborg Energi Renova Preem St1 Göteborg Havn	Växjö Energi Kraftringen Copenhagen Malmö Nordion Energi Port (CMP) Stora Enso E.ON Sysav Höganäs AB Öresundskraft Kemira
Skala	2 MtCO ₂ /år (kommunikeret offentligt)	2 MtCO ₂ /år
Status	Projektet er i fase 2, hvor en dybdegående forundersøgelse er i gang.	Forundersøgelse, som løber frem til december 2023.
Startdato	2026	N/A (endnu ikke kommunikeret)
Mulighed for samarbejde	Grundtanken bag projektet er at investere i infrastruktur, der kan bruges af flere interesserede parter. Cinfracap opfordrer derfor de involverede parter til at opføre infrastruktur, som kan kobles sammen med andre projekter. Muligheden for samarbejde vurderes derfor som høj.	Projektet vil være åbent for tredjepartsadgang for at øge omkostnings-effektiviteten samt potentialet for emissionsreduktion. Muligheden for samarbejde vurderes derfor som høj.
Behov for infrastruktur	Behov for transportinfrastruktur til Danmark vurderes som lavt, da CO ₂ vil blive udskibet fra havnen.	Kan potentielt inkludere en rørledning fra Sverige til Danmark, men planen er for nuværende, at udskibe CO ₂ til geologisk offshore lagring. Projektet er startet i august 2022 og kan stadig ændre sig markant.

⁸² Global CCS Institute, Göteborg Havn

⁸³ Växjö Energi – "Sydsvenskt projekt för att fånga in koldioxid"

Figur 5: Overblik over store punktkilder (2019) og projekter i Sydsverige⁸⁴



3.1 Kommentar på potentiale i Baltikum

Denne analyse dækker ikke Rusland og landene i Baltikum (Estland, Letland, og Litauen), da der er vurderet at være et begrænset potentiale fra disse lande. Der er dog igangsat projekt for at forny debatten om CCS-teknologi i Central- og Østeurope (CCS4CEE), og på sigt, kan der være potentiale for import af CO2 fra disse lande. I studie for Energistyrelsen i 2021 estimeres det, at der er et samlet teoretisk fangstpotentiale til lagring på 0,7-0,8 MtCO₂/år fra 2022-2050. I studiet vurderes disse geografier for nuværende ikke at være relevante for import til Danmark på grund af en kombination af manglende regulatoriske rammevilkår og fokus på CCU⁸⁵.

Der kan dog stadig være relevante enkeltstående projekter, som kan drive potentiale for import af CO2. Dette kunne være fra nogle af de primære punktkilder i de Baltiske lande, hvilket inkluderer:

- *Estland*: Kivioli Keemiatööstus (energi), Enefit power (energi) og Viru Keemia Group (kemikalier)
- *Letland*: Latvenergo (energi) og Schwenk Latvija (cement)
- *Litauen*: Fortum (energi), Akmenes Cimentas (cement), Siauliu energija (energi), Panevezio energija (energi), Vilniaus Silumos tinklai (varme), Grigeo Klaipeda (papir)

Etablering af aftaler specifikt med aktører i disse projekter er en mulighed for at øge potentialet for import. Det forventes, at CO2 primært vil transporteres direkte fra udskibning lokalt til relevant slutlagring.

⁸⁴ European Industrial Emissions Portal – Air industrial releases in Europe, Rambøll analyse

⁸⁵ "Assessment of the market potential for CO2 storage in Denmark" – Energistyrelsen 2021

4. LAGRINGSPOTENTIALE I DANMARK OG NORGE

Der er et stort CO₂-lagringspotentiale i både Danmark og Norge. Danmark har lagringspotentiale både on-, near- og offshore, mens Norges lagringspotentiale hovedsageligt er offshore, primært i Nordsøen. Det er estimeret, at Danmark har et lagringspotentiale på 16-22 GtCO₂, hvorimod Norge har et estimeret lagringspotentiale på 103 GtCO₂.

I Danmark er der identificeret fire CO₂-lagringsprojekter, hvor det første projekt forventes at være operationelt fra 2025. Baseret på de fire projekter vil lagringskapaciteten i Danmark udvikle sig fra 1,5 MtCO₂ om året fra 2025, til foreløbigt 11,5-24,5 MtCO₂ om året i 2030.

Norge har i dag to operationelle CCS-projekter, Sleipner og Snøhvit, som tilsammen kan lagre 1,55 MtCO₂ om året. Der er yderligere identificeret to lagringsprojekter i Norge, Polaris og Northern Lights. Under disse projekter ligger individuelle CO₂-fangst- og transportprojekter, såsom Langskip og Borg CO₂. Norges lagringskapacitet forventes at udvikle sig til foreløbigt 8,6 MtCO₂ om året i 2030. Dette tal forventes dog at stige markant efterhånden, som yderligere projekter bliver igangsat og kommunikeret bredt ud.

Tabel 15: Oversigt over lagringspotentiale i Danmark og Norge

	Danmark	Norge
Teoretisk lagringspotentiale	Danmark har egnede geologiske lagringsforhold til både on-, near- og offshore lagring. Det totale lagringspotentiale i Danmark estimeret mellem 16-22 GtCO ₂ ⁸⁶ .	Norge har et estimeret lagringspotentiale på 103 GtCO ₂ . Potentialet er offshore, hvoraf størstedelen (76 Gt) er beliggende i saline akviferer og 27 Gt i olie- og gasfeltenheder ⁸⁷ .
Forventet lagringspotentiale fra projekter (MtCO ₂ /år)	2025: 1,5 2030: 11 2040: 11	2025: 5 2030: 8,6 2040: 8,6

Tabel 16: Oversigt over lagringsprojekter i Danmark og Norge

Projekt ⁸⁸	Land	CO ₂ fangst om året (MtCO ₂ /år)	Status
Project Greensand	Danmark	1,5-8	Forventes operationelt i 2025. Efter 2025 forventes det, at op til 8 MtCO ₂ vil kunne blive lagret om året. CO ₂ lagres offshore i Nordsøen.
Bifrost	Danmark	3 (16 ⁸⁹)	Projektet vil lagre CO ₂ i Nordsøen, med indledende planer om 3 Mt. Projektet afsøger muligheden for at lagre op til 16 MtCO ₂ om året. Forventes operationelt fra 2027.
Stenlille	Danmark	0,5	Under evaluering.
Havnsø	Danmark	N/A	Igangværende forundersøgelser.

⁸⁶ De Nationale Geologiske undersøgelser for Danmark og Grønland, Nordic CCS Competence Centre

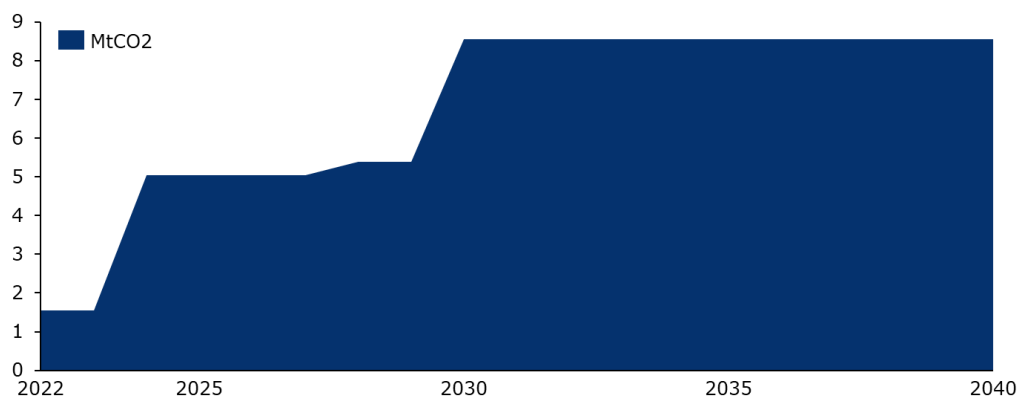
⁸⁷ Nordic CCS Competence Centre, "CO₂ Storage potential in the Nordic region"

⁸⁸ Global CCS Institute

⁸⁹ Total Energie, "TotalEnergies øger ambitionen for lagring af CO₂ i den danske Nordsø", 4/10/2022

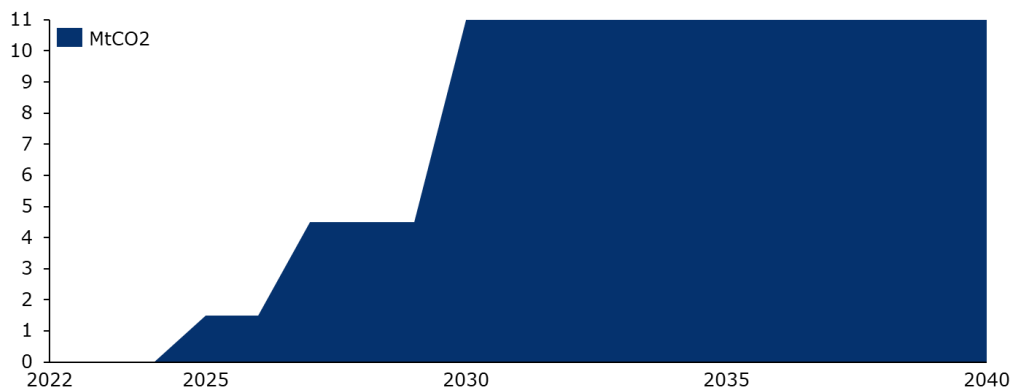
Snøhvit	Norge	0,7	Operationelt flydende naturgas anlæg, hvor CO2 udskilles, fanges og lagres. Der er er lagret 7 MtCO ₂ fra 2008 til i dag. Det er ikke til EOR
Sleipner	Norge	0,85	Operationelt flydende naturgas anlæg. Der er lagret over 20 MtCO ₂ siden 1996.
Polaris	Norge	2	Det totale lagringspotentiale er estimeret til 100 MtCO ₂ . Projektet forventes at være operationelt fra 2024.
Northern Lights	Norge	1,5-5	Fase 1 forventes at være operationelt fra 2024. I fase 2 forventes kapaciteten at udvides til 5MtCO ₂ om året.
Langskip (Northern Lights)	Norge	1,2	CO ₂ transporteres fra Norcem Brevik (0,4 MtCO ₂), Fortum Oslo (0,4 MtCO ₂) og Klemetsrud WtE (0,4 MtCO ₂) til lagring ved Northern Lights. Forventes operationelt fra 2024.
Borg CO2 (Northern Lights)	Norge	0,63	Projektet har til formål at lagre den opfangede CO ₂ ved Northern Lights. Forventes at være operationelt fra 2024.

Figur 6: Oversigt over lagringskapacitet fra igangværende projekter i Norge



Figur 6 viser udbygningen af den årlige nationale CO₂-lagringskapacitet fra 2022 til 2040 i Norge. Baseret på ovenstående lagringsprojekter forventes Norge at have en foreløbig årlig lagringskapacitet på 8,55 MtCO₂ i 2040.

Figur 7: Oversigt over lagringskapacitet fra igangværende projekter i Danmark



Figur 7 viser udbygningen af den årlige nationale CO₂ lagringskapacitet fra 2022 til 2040 i Danmark. Baseret på ovenstående lagringsprojekter forventes Danmark at have en foreløbig årlig lagringskapacitet på 11 MtCO₂ i 2040. Onshore lagring indgår ikke i grafen. Samlet forventes Danmark og Norge at have årligt lagringspotentiale på ikke under 20 millioner ton CO₂/år i 2030.

5. APPENDIX - FORUDSÆTNINGER FOR TEORETISK FANGSTPOTENTIALE

Det teoretiske fangstpotentiale er beregnet ud fra en fremskrivning af landenes CO₂-udledninger, som er baseret på en række antagelser om andelen af CO₂-udledninger fra kul, naturgas og biomasse frem til 2050, samt det tekniske potentiale for CO₂-fangst i de respektive industrier⁹⁰. Det tekniske potentiale for CO₂-fangst i industrierne justeres i henhold til landenes klimapolitikker, som herefter giver det teoretiske fangstpotentiale.

Table 16: Forudsætninger for teoretisk fangstpotentiale i Finland

Finland			% fangst			
Sektor	Teknisk %	Antagelser	2025-2030	2031-2035	2036-2040	2041-2050
El- og varme	90%	0% fra kul og gas. 80% af biomasse.	5% af biomasse	10-30% af biomasse	40-80% af biomasse	80% af biomasse
Industri	50-60%	CO ₂ -udledninger fra industrien falder med 3,9% om året.	5-10% af de 60%	20-30% af de 60%	30% af de 60%	30% af de 60%
Papirindustri	80%	CO ₂ -udledninger er konstant	5% af de 80%	10-50% af de 80%	60% af de 80%	60% af de 80%

- Finland vil være klimaneutral i 2035 ved hjælp af LULUC (kulstofdræn, primært skovdrift- og rejsning)
- Andelen af emissioner fra kul og gas går mod 0 frem til 2050
- Andelen af emissioner fra biomasse kommer til at udgøre 99% i 2050 (inden for el- og varmesektoren).

Table 17: Forudsætninger for teoretisk fangstpotentiale i Sverige

Sverige			% fangst			
Sektor	Teknisk %	Antagelser	2025-2030	2031-2035	2036-2040	2041-2050
El- og varme	90%	0% fra kul og gas. 80% af biomasse.	10-20% af biomasse	20-50% af biomasse	50% af biomasse	50% af biomasse
Industri	50-60%	CO ₂ -udledninger fra industrien falder med 3,9% om året.	5-8%	10-30%	30-35%	35%
Papirindustri	80%	CO ₂ -udledninger er konstant	4-8%	10-50%	50%	50%

- Sverige vil være klimaneutral i 2045
- Andelen af emissioner fra kul og gas går mod 0 frem til 2050 (el- og varmesektoren)
- Udledninger fra biomasse antages at være konstante frem mod 2050 og stiger til at udgøre 99% af samlede udledninger (indenfor el- og varmesektoren)

⁹⁰ Rambøll - "Assessment of the market potential for CO₂ storage in Denmark" – Energistyrelsen 2021

Tabel 18: Forudsætninger for teoretisk fangstpotentiale i Tyskland

Tyskland			% fangst				
Sektor	Teknisk %	Antagelser	2025-2030	2031-2035	2036-2040	2041-2045	2045-2050
El- og varme	90%	0% fra kul. 80% fra naturgas. 20% af biomasse.	0%	10-30% af naturgas. 10-20% af biomasse.	30-60% af naturgas. 20% af biomasse.	60-70% af naturgas. 20% af biomasse.	70-80% af naturgas. 20% af biomasse.
Industri	50-90%	CO2-udledninger fra industrien falder med 1,6% om året.	0-5%	5-20%	20%	20%	20%

- Andelen af emissioner fra kul går mod 0% frem til 2050 (inden for el- og varmesektoren).
- Andelen af emissioner fra naturgas udgør 27% i 2050 (inden for el- og varmesektoren).
- Andelen af emissioner fra biomasse udgør 73% i 2050 (inden for el- og varmesektoren).

Tabel 19: Forudsætninger for teoretisk fangstpotentiale i Polen

Polen			% fangst				
Sektor	Teknisk %	Antagelser	2025-2030	2031-2035	2036-2040	2041-2045	2045-2050
El- og varme	90%	50% fra kul 50% fra naturgas 20% af biomasse.	10-20% fra kul. 10-20% fra gas. 10-20% af biomasse.	20-40% fra kul. 20-40% fra gas. 20% af biomasse.	40-50% fra kul. 40-50% fra gas. 20% af biomasse.	50% fra kul. 50% fra gas. 20% af biomasse.	50% fra kul. 50% fra gas. 20% af biomasse.
Industri	50-90%	CO2-udledninger fra industrien falder med 1,4% om året.	5-20%	20%	20%	20%	20%

- El- og varmesektor:
 - Andelen af emissioner fra kul falder til 39% i 2050.
 - Andelen af emissioner fra naturgas udgør 45% i 2050.
 - Andelen af emissioner fra biomasse udgør 16% i 2050.
- CCS vil primært være relateret til de nyere kulværker (4 anlæg bygget mellem 2010 og 2020) og gasanlæg.
- CCS vil også være relevant for biomassefyrede anlæg, dog forventes kun en mindre og konstant andel.