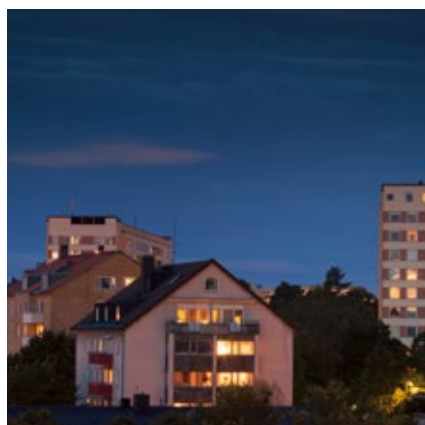


PROCESSINDUSTRIN OCH NOLLVISIONEN



CCS – EN NYCKEL
TILL AMBITIÖSA
KLIMATMÅL



Innehåll

| | |
|---|-----------|
| Sammanfattning | 3 |
| 1. Varför den här Agendan har skrivits | 4 |
| 2. Bakgrund och Begrepp | 5 |
| 3. CCS i Sverige – en nulägesbeskrivning | 7 |
| 4. Basindustrin väger tungt för både ekonomin och klimatet | 10 |
| 5. CCS och svenska affärsmöjligheter | 13 |
| 6. Hur lagring av biogen koldioxid kan ge ett bidrag | 15 |
| 7. Forskningsbehov – CCS | 17 |
| 8. Svenskt demonstrationsprojekt för CCS | 20 |
| 9. Politikens ansvar: styrmedel och infrastruktur | 22 |
| 10. Vad Sverige bör göra | 24 |
| 11. Samband med andra Agendor och forskningsområden | 25 |

En strategisk forsknings- och innovationsagenda finansierad av Vinnova, Energimyndigheten och Formas.

Energiforsk rapport 2015:138

Kan laddas ner från www.energiforsk.se

ISBN 978-91-7673-138-3

Projektnummer Vinnova 2014-03346

Projektnummer Energimyndigheten 40899-1

Sammanfattning

Den svenska basindustrin har en världsledande position för hållbar tillverkning genom processer som har unikt låga utsläpp av koldioxid. Dess slutprodukter håller hög kvalitet och leder i sin användning till högre resursutnyttjande.

År 2014 var Sveriges utsläpp av koldioxid knappt 54 miljoner ton. Av dessa kommer cirka en fjärdedel från processindustrin, trots att man där redan har genomfört många av de åtgärder som i dagsläget finns tillgängliga för att sänka utsläppen. Därför måste processindustrin ingå i en ambitiös svensk plan som siktar på att utsläppen ska minska ner mot noll fram till år 2050. Det finns idag egentligen inga realistiska alternativ till koldioxidavskiljning och lagring, CCS, som också skulle kunna hjälpa den svenska industrin att ta täten i hållbar produktion för ett utsläpps begränsat samhälle mot seklets mitt.

DEN HÄR INNOVATIONSAGENDAN BESKRIVER BAKGRUNDEN TILL CCS I SVERIGE OCH VAD SOM SKULLE KRÄVAS AV OLIKA AKTÖRER FÖR ATT CCS SKA KUNNA BLI VERKLIGHET I STOR SKALA I SVERIGE FÖRE ÅR 2050.

De viktigaste slutsatserna från agendaarbetet är att snarast möjligt:

1. Utarbeta en samlad nationell strategi för CCS.
2. Utredda förutsättningarna för ett storskaligt demonstrationsprojekt som inkluderar både avskiljning och lagring av koldioxid, senast år 2025.
3. Skapa ett sammanhållet forskningsprogram kring processindustrin och CCS, för att under åren 2016 till 2020 besvara de kritiska frågor som ett storskaligt genomförande av CCS i Sverige kräver svar på.

Executive Summary

The Swedish base industry is in the forefront in sustainable manufacturing with a uniquely low level of carbon dioxide emissions. The products hold high quality and generate in their respective applications also higher resource utilization.

Sweden's total carbon dioxide emissions in 2013 were around 54 million tons. Nearly one quarter of these emanates from the process industry in spite of this having already implemented most of the emission reduction measures available. Therefore the industry needs to be an integrated part of an ambitious Swedish climate mitigation plan, aiming at near zero emissions towards 2050. Although fuel shift and application of new process technologies can further reduce carbon emissions, it is clear that CCS is required if Sweden is to comply with the 2050 climate mitigation targets. Applying CCS will then assist the Swedish industry in taking the lead in sustainable production for a low carbon society by the middle of the century.

This innovation agenda describes both the background and what it would take for CCS to materialize large scale emission reductions in Sweden before 2050. The main conclusions are that Sweden without delay should give priority to

1. Elaborating a national strategy for CCS.
2. Investigating the conditions and prerequisites for a large scale CCS demonstration project, latest by 2025.
3. Creating a comprehensive and coordinated R&D program for the process industry and CCS for the period 2016-2020, to respond to the critical questions for the implementation of large scale CCS in Sweden.

FÖLJANDE ORGANISATIONER HAR BIDRAGIT I ARBETET MED DEN HÄR AGENDAN:

Borealis
Chalmers
Cementa
Elforsk/Energiforsk
Fortum
Föreningen Mineralteknisk Forskning, Minfo
Innventia
IVL
Jernkontoret
Linköpings universitet
Lunds universitet
Nordkalk
Skogsindustrierna
SMA Mineral
Svenska Petroleum/OPAB
Svenskt Näringsliv
Sveriges geologiska undersökning, SGU
SSAB
Swerea MEFOS
Uppsala universitet

1. Varför den här Agendan har skrivits

Vision

Visionen är att Sverige mot mitten av seklet har klarat att minska sina nettoutsläpp av koldioxid till atmosfären till noll. Den svenska basindustrin har bidragit starkt genom att utveckla och tillämpa koldioxidavskiljning och lagring och därmed även bidragit till den globala teknikutvecklingen. Samtidigt har industrins konkurrenskraft stärkts genom att man tagit täten i innovation och hållbar produktion med låg klimatpåverkan och tillsammans med staten gjort en nationell kraftsamlings för CCS, kring investeringar, infrastruktur och riskhantering.

Mål

Agendans mål är att utifrån en beskrivning av den svenska industrins nuvarande position i klimatarbetet, teckna möjliga utvecklingsvägar och beskriva vad som krävs i form av forskning och ramverksvillkor inom CCS-området.

Syfte

Syftet är att lägga grunden för en strategi hur den svenska processindustrin både ska kunna bidra till nödvändiga utsläppsminskningar och samtidigt fortsätta vara stark på den internationella marknaden.

Arbetet med Agendan samlar upp resultat, förslag och idéer från ett flertal svenska forsknings- och utvecklingsprojekt som drivs och har drivits de senaste åren. Agendan har möjliggjorts genom ekonomiskt stöd från Vinnova, Energimyndigheten och Formas. Arbetet har koordinerats av Energiforsk (tidigare Elforsk) och konsultföretaget panaware.

Det praktiska arbetet har skett genom delegerat och koordinerat skrivarbete av olika partners samt i ett flertal heldagsmöten med samtliga medverkande organisationer och därutöver i flera mindre arbetsmöten med fokus på speciella områden. Representanter från både industri och akademi har gjort enskilda insatser med att ge bakgrundsinformation, samla in fakta och föreslå struktur för Agendan. Ett redaktionellt råd har bidragit med konkreta förslag till förbättringar av den slutliga versionen.

Grafik, layout och tryck har skett i regi av Energiforsk.

Agendans viktigaste förslag presenterades vid ett seminarium i slutet av maj och hela Agendan publiceras och presenteras efter sommaren 2015.

2. Bakgrund och Begrepp

CCS är en förkortning för det engelska begreppet **Carbon Capture and Storage**. På svenska används oftast **Koldioxidavskiljning och lagring**, vilket också innefattar transport av koldioxid. CCS är ett antal tekniska lösningar kombinerade till att samverka i system för att minska utsläpp av koldioxid till atmosfären. Genom CCS kan kol återföras i form av koldioxid till djupt liggande berglager under täta takbergarter, där det kan förvaras på ett säkert sätt.

Begreppet Carbon Capture and Utilization, CCU, beskriver olika sätt att återanvända det kol som avskilts. I den här agendan behandlas inte CCU då det ur ett klimatperspektiv endast erbjuder ett volymmässigt marginellt bidrag. Det här kapitlet förklarar CCS för den som kanske hört talas om det men som inte har djupare kunskaper om tekniken. Bild 1 visar en översikt.

Bakgrund

FN:s klimatförhandlare har, baserat på vetenskapen inom IPCC, slagit fast att jorden (och mänskligheten) inte bör

utsättas för en uppvärmning högre än 2°C om storskaliga och katastrofala klimatförändringar ska kunna undvikas. Enligt IEA WEO 2014 (som citerar IPCC) är den totala kvarvarande utsläppsbudgeten på 1 000 Gigaton (Gt) koldioxid vilket motsvarar 273 Gt kol (C) från och med år 2014 om det ska finnas 50 procents chans att nå 2-gradersmålet. Samtidigt är det känt att jorden har fossila resurser på minst 4 600 Gt C. "Billiga" fossila bränslen kommer med säkerhet att exploateras för att ge energi åt utvecklingsländernas ekonomiska tillväxt. Ekvationen går inte ihop.

Avskiljning och geologisk lagring av koldioxid är enligt IEA:s färdplan en av tre kritiska åtgärder som kan begränsa koldioxidutsläppen till nödvändiga nivåer. De övriga är energieffektivisering och förnybar energi. Sverige kan utnyttja CCS främst för att ta hand om basindustrins utsläpp eftersom kraftvärmesektorn till 97 procent är fossiloberoende idag. Inom den här Agendans tidshorisont kommer industrier som stål, cement, kalk, olja och petrokemi att fortsätta ha stora utsläpp baserade på de kemiska processer och råvaror som är avgörande för deras produktion.

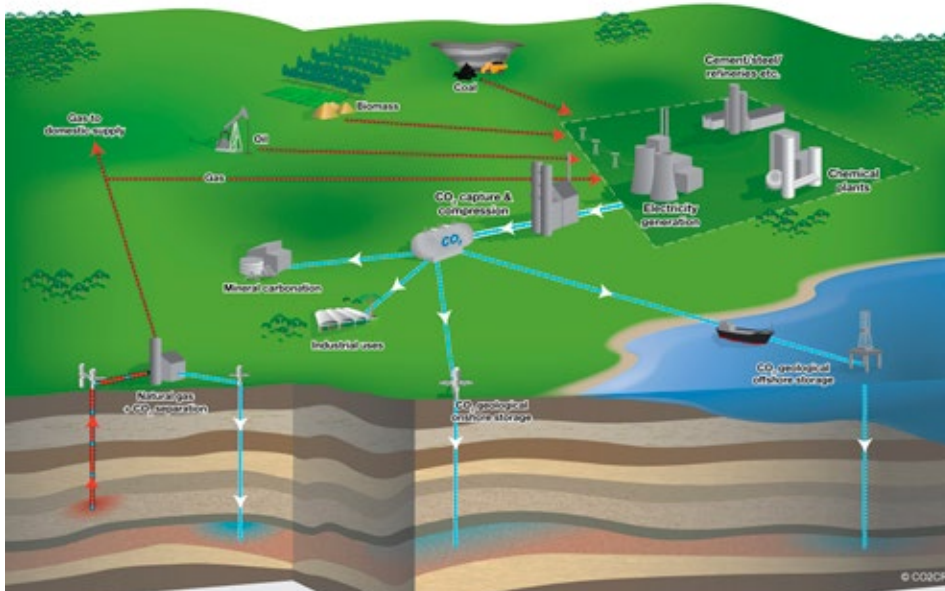


Bild 1.
Principskiss CCS
inklusive användning.
Källa: CO₂CRC,
Australien

ENERGIFORSK

Tabell 1.

FÖRKLARING AV BEGREPP

| | |
|--|---|
| Acceptans | I vilken grad användningen av CCS accepteras av olika intressentgrupper. |
| Akvifer | Vattenbärande volym av berggrund. |
| Avskiljningsteknologier | Teknologier för att skilja av koldioxid från rökgaser i större punktkällor, som kraftverk eller industriproduktion. |
| BECCS | Bio-Energy with Carbon Capture and Storage, på svenska Koldioxidlagring från biomassa. |
| Biogena utsläpp | Koldioxidutsläpp, vars ursprung är biomassa. |
| Carbon capture and storage, CCS | Engelska för koldioxidavskiljning och lagring. Ibland används även ordet "infångning", som synonym till avskiljning. I begreppet och förkortningen CCS ingår underförstått även transport av koldioxid från (utsläpps-) källan till lagringsplatsen. |
| CCS-direktivet | Europeiska Unionens regler för hur hantering av koldioxid ska ske efter avskiljning. Direktivet ska implementeras av medlemsstaterna. |
| CCSP | Carbon Capture and Storage Program – Finskt forskningsprogram för CCS. |
| CCU | Carbon Capture and Utilization – infångning och användning av koldioxid; Volymmässigt komplement till geologisk lagring. |
| Chilled ammonia - teknologi | Post-combustion teknologi där CO ₂ absorberas vid låg temperatur i ammoniak. |
| CLC | Chemical looping combustion; Tvåstegs förbränningsprocess där bränslet oxideras med en metalloxid. |
| EHR, EGR, EOR | Enhanced Hydrocarbon, Gas eller Oil Recovery – utökad utvinning av kolväten gas och olja. |
| ETS – Handelssystemet | EU Emissions Trading System – Europeiska Utsläppshandelssystemet – är ett ekonomiskt styrmedel på EU-nivå för att möta kraven på minskade utsläpp av växthusgaser genom att skapa ekonomiska incitament för att minska utsläpp av växthusgaser. |
| ETS-Direktiv | ETS-direktivet beskriver reglerna för handel med utsläppsrätter |
| Infrastruktur för CCS | Installationer som är nödvändiga för att mellanlagra och transportera koldioxiden från källa till lagringsplats. Sannolikt anläggningar som är gemensamma för flera eller många utsläppskällor, för att fördela kostnaderna på flera aktörer. |
| IEA | International Energy Agency – Internationella energirådet. |
| IEA WEO | International Energy Agency World Energy Outlook. |
| IPCC | International Panel for Climate Change – FN:s klimatpanel. |
| Koldioxidekvivalenter | Utsläppen av en viss växthusgas uttrycks i koldioxid-ekvivalenter och anger hur mycket koldioxid som skulle behöva släppas ut för att ge samma verkan på klimatet. |
| London Dumping Protocol eller London-konventionen | Export av infångad koldioxid för lagring i geologiska formationer under havsbotten är förbjudet för de stater som ratificerat 1996 års protokoll till 'London Dumping Convention'. |
| MKB | Miljökonsekvensbeskrivning (MKB) används för att få en helhetssyn av den miljöpåverkan som en planerad verksamhet kan medföra. |
| OSPAR | Oslo-Paris-konventionen är en sammanslagning av två internationella konventioner: – Oslokonventionen (1972) angående dumpning av farligt avfall till sjöss. – Pariskonventionen (1974) angående landbaserade källor till förorening av den marina miljön. OSPAR inkluderar föroreningar från landbaserade källor och begränsar möjligheten till dumpning av dessa till havs. |
| Oxyförbränning | Avskiljningsteknologi där syrgas används i stället för luft vid förbränning (även oxyfuelförbränning). |
| Post combustion | Avskiljningsteknologi där koldioxid separeras från övriga rökgaser efter förbränningen av bränsle eller efter den kemiska processen. |
| Pre combustion | Avskiljningsteknologi där koldioxid separeras före förbränningen (genom att vätgas framställs genom förgasning och sedan eldas i en kombinerad cykel). |
| Processutsläpp | Industriella processer, där utsläpp av koldioxid skapas i kemiska processer som kalcinering av kalksten eller framställning av järn ur järnmalm. |

3. CCS i Sverige – en nulägesbeskrivning

Svensk forskning om CCS är internationellt erkänd. Svenska universitet, forskningsinstitut och industri-företag leder eller deltar i ofta banbrytande projekt. Samtidigt förs en aktiv klimatdebatt där medvetandet om behovet av CCS blir alltmer påtagligt, vilket delvis avspeglar sig i några aktuella politiska initiativ. Här följer en kort nulägesbeskrivning av CCS i Sverige.

Koldioxidavskiljning i olika industrisektorer

Stål

SSAB ansvarar ensamt för cirka 10 procent av de svenska utsläppen av koldioxid och forskningen pekar med tydlighet på behovet av CCS för att minska stålindustrins utsläpp i ett perspektiv mot mitten av seklet. I Europa deltar nästan samtliga malmbaserade stålproducenter, inklusive svenska SSAB, i projektet ULCOS (Ultra Low CO₂ Steel making). Målet är att identifiera och utveckla alternativa process-tekniker för att minst halvera utsläppen av koldioxid. Tre lovande vägar, som alla inkluderar CCS och kan leverera tillräckliga utsläppsminskningar före år 2050, har identifierats:

- "Top gas recycling blast furnace", en modifierad masugns-process där utgående processgas efter koldioxidavskiljning återförs till processen. Denna har demonstrerats i LKAB's försöksmasugn vid Swerea MEFOS i Luleå och är redo för utprovning i industriell skala. Planerna på en demonstrationsanläggning avbröts på grund av osäker finansiering och konjunktursvackan i Europa.
- "Hlsarna", en ny smältreduktionsprocess
- "Ulcored", en ny direktreduktionsprocess

I övrigt har även elektrolys studerats, men det är en småskalig och mycket långsiktig teknologi av grundforsknings-karaktär.

Cement och kalk

Koldioxidutsläppen har två källor i cement- och kalkproduktion: Omvandling av kalksten till kalciumoxid och koldioxid samt förbränning som beror på vilken typ av bränsle som används i ugnarna. Koldioxiden från själva kalkstenen utgör 50 till 70 procent av de totala utsläppen och kan normalt inte minskas avsevärt då de beror på råvaran, medan de förbränningsrelaterade utsläppen kan påverkas genom valet av bränsle. Här sker en gradvis övergång till

biobaserade bränslen, vilket sänker de fossila koldioxid-utsläppen. Projektet "Energieffektiv oxyförbränningsteknik och CO₂-avskiljning i cement och kalkindustrin" beskrev potentialen inom cement- och kalkindustrin för avskiljning av koldioxid. Vid Cementas systerfabrik i Norge genomförs för närvarande världens första pilottester av koldioxid-avskiljning i en cementprocess. Fyra olika avskiljningsteknologier testas och analyseras. Alla metoderna förutses ge lägre energiförbrukning än första generationens aminbaserade avskiljningsteknik. Nordkalk forskar inom det finska CCSP-projektet kring mineralkarbonatisering som en ny teknologi för att fånga och binda koldioxid.

Raffinaderi och kemi

Chalmers har tillsammans med bland andra Preem genomfört flera projekt för att utvärdera chilled ammonia-teknologin för post-combustion CCS i olje- raffinaderier. Resultaten pekar på väsentligt lägre energiåtgång än med motsvarande aminprocesser. En komplikation är att det i raffinaderier finns flera olika koldioxidproducerande processer och därmed flera skorstenar utspridda över industriområdet, vilket fördyrar infångningen. Nästa steg skulle kunna vara ett mindre pilotprojekt på ett biflöde. Vätgasproduktionen pekas ut som ett lämpligt processområde i raffinaderiet. I ett annat projekt har förutsättningarna för biodieselproduktion integrerad med CCS studerats. Möjligheterna till process-integration för att utnyttja lokal överskottsvärme påverkar ekonomin för avskiljning avsevärt. I kemiklustret vid Stenungsund har så kallad Pinch-analys använts i en studie för att identifiera tillgängliga energiflöden som kan minska energikostnaden för koldioxidavskiljning genom post-combustion.

Kraftvärme

Generellt och internationellt är kunskaperna goda om metoder för koldioxidavskiljning i kraftproduktion, primärt kol- och gaskraftverk. Huvudutmaningen är att minimera energiåtgången i avskiljningen. Forskning kring mikro- och mesoporösa adsorbentmaterial pågår vid Stockholms Universitet. På Chalmers bedrivs avancerad forskning om oxyförbränningsteknik och om kemcykliska processer (CLC). För forskningsändamål finns där flera försöksanläggningar, bland annat en 100 kW_{th} oxyförbränningsreaktor

och en 100 kW_{th} (på värme-bas) CLC reaktor. Alstom i Växjö har utvecklat och testat (i Karlshamnsverket) chilled ammonia-teknologi för postcombustion. Fortum har vid Värtaverket gjort pilottester med trycksatt avskiljning i samarbete med KTH och norska Sargas.

Skogsindustrin

CCS skulle kunna tillämpas på industrins stora biogena koldioxidutsläpp. Ett resonemang kring detta finns längre fram i Agendan. De tekniska förutsättningarna för koldioxid-avskiljning inom ett kemiskt massabruk, baserat på sulfat-processen, kan knytas till de tre större utsläppskällorna:

- Sodapannan
- Barkpannan
- Mesaugnen

Sodapannan, som har en jämn last över året, har det största rökgasflödet och ger upphov till den största mängden koldioxid. Barkpannan ger oftast en väsentligt mindre volym koldioxid och används dessutom för lastreglering. Mesaugnen går ofta i en mer kontinuerlig drift än barkpannan, men volymen koldioxid är fortfarande låg jämfört med sodapannan. Vid eldning av fasta bränslen blir koldioxidhalten i mesaugnens rökgaser höga, vilket är en fördel för vissa avskiljningsteknologier.

Transport av koldioxid

Transport är länken mellan avskiljning och lagring och den mest beprövade teknologin i CCS-kedjan. I USA fraktas koldioxid sedan mer än trettio år genom ett nätverk av pipelines på över 6 000 km. I Barents hav finns sedan år 2008 den enda havsbaserade rörledningen. Transport av kolvätebaserade gaser med fartyg förekommer sedan mer än sjuttiofem år och i Europa fraktas i mindre skala flytande koldioxid på fartyg. Utmaningarna för transport av de stora mängder koldioxid som kan bli aktuella ligger i investeringsarnas storlek och i behovet av projektsamordning mellan olika utsläppskällor, olika myndigheter eller länder.

I det nyligen avslutade forskningsprojektet Bastor2 (BAltic STORage of CO₂) beskrivs transport-lösningar för Östersjöregionen. För olika tänkta klusterbildningar och med tänkt lagring i dels Östersjön, dels Nordsjön, presenteras kostnadsestimat för kompletta transportsystem. Slutsatserna är att enhetskostnaden är högre än vad som rapporterats för koldioxidtransport från Västeuropa till Nordsjön. Likaså framstår fartygsttransport som konkurrenskraftigt i jämförelse med rörledningar för de flesta av de

beskrivna klustren. Rörledningar blir mer kostnadseffektiva för kortare sträckor, större volymer och vid högt kapacitetsutnyttjande.

Geologisk lagring

Kunskapsuppbyggnad om lagring av koldioxid i den djupa berggrunden är sedan länge föremål för internationell forskning. Samtidigt finns mångårig och industriell erfarenhet från verklig lagring i ett flertal projekt runt om i världen. Sveriges geologiska undersökning, SGU, pekade år 2011 ut främst två områden inom svenskt territorium som lämpliga för geologisk lagring av koldioxid, nämligen sydvästra Skåne och sydöstra Östersjön. Vid tillämpningen av EU:s CCS-direktiv förbjöds storskalig lagring på land, vilket innebär att lagring under svenskt territorium nu endast får ske under svensk sockel i Östersjön. Svensk koldioxid kan rent tekniskt även transporteras till andra länder med lagringsmöjligheter, men internationell rätt lägger för närvarande flera formella hinder i vägen.

Flera projekt har utvärderat lagringspotentialen i Sveriges närhet. Bastor2 beskrev år 2014 möjligheterna under den sydöstra delen av Östersjön. Unikt för det projektet är att geologisk information från fyra Östersjöländer har analyserats. Efter avancerad modellering vid Uppsala universitet bedöms ett område nordost om Gotland ha goda egenskaper för lagring i större regional skala. Man föreslår också ett regionalt samarbete för en fördjupad analys av data från områden närmare Rigabukten. I det skandinaviska samarbetsprojektet Skagerak CO₂ har Skagerakområdet undersökts och i det Nordiska programmet NORDICCS har man utvecklat en lagringsatlas för hela Norden. Swede-StoreCO₂ är i en första fas ett samarbetsprojekt mellan flera svenska universitet och SGU. Dess mål är att bygga kompetens kring borrhning och testinjektering, med sikte på att bygga en testanläggning för injektering, troligen på södra Gotland. Den generiska kunskapen om koldioxidlagring är hög även i Sverige, men för lagring på svenskt territorium återstår mycket arbete innan man mer exakt kan vara säker på potentialen.

Kommunikation och acceptans

Kommunikation och acceptans är viktiga frågor vid tillämpning av ny och storskalig teknik. Pilot- och demonstrationsanläggningar i Europa har i vissa fall mötts av motstånd från både folkligt och politiskt håll. För att utvärdera möjligheterna att införa CCS i stor skala bör därför den förmodade acceptansen inom olika grupper undersökas.

För specifika projekt inkluderar detta att kommunicera med intressenter inom politik och industri samt bland andra samhällsaktörer. Den politiska acceptansen påverkar i sin tur nationella målsättningar och styrmedel för CCS. I Sverige har det hittills inte förekommit någon aktiv politisk debatt om CCS.

Från den senaste studien inom kommunikation och acceptans av CCS i Sverige (Bastor2) noteras:

- Tillståndsprocessen för storskaliga energiprojekt är svår att förutspå. Aktörer är inte alltid överens om vilka överväganden som krävs. Bristen på tydlighet kring vilka faktorer som ska bedömas kan ge upphov till lägre acceptans.
- Det behövs en transparent dialog mellan inblandade aktörer. Storskaliga projekt behöver uppmärksamma många fler dimensioner av frågor och oro än enbart den ofta tekniska kommunikation som används. En projektägare måste kunna medverka till en lyhörd dialog med olika intressentgrupper. Teknologin måste stödjas av en bred allmänhet och av nyckelaktörer på flera nivåer i samhället.
- Bättre förståelse behövs för de sociala kontexter som omger CCS och hur de kan påverka uppfattning och acceptans av olika projekt.

En slutsats är att kunskapsbildningen kring CCS måste öka inför ett vidare arbete med en svensk färdplan mot ett koldioxidneutralt samhälle kring 2050.

Klimatpolitiska initiativ

CCS skulle föra med sig betydande kostnader för tillämpande företag. För att driva utvecklingen mot effektivare processer och därmed lägre kostnader behövs styrmedel som ger stöd till forskning, utveckling och demonstration, områden där det finns utrymme för mer fokuserade, nationella satsningar. Den aktuella parlamentariska Miljömålsberedningen har bland annat i uppgift att ta fram ett klimatpolitiskt ramverk. I direktiven kan man läsa följande:

”Sverige ska vara ledande i omställningen till ett samhälle med mycket låga utsläpp av växthusgaser och ska minska utsläppen av växthusgaser i den takt som behövs för en globalt hållbar utveckling. Klimathotet möts bäst genom effektiva styrmedel som bidrar till både teknikutveckling och förändrat beteende.

För att klara klimatutmaningen krävs såväl innovationer som teknikutveckling. Forskning kan leda till teknisksprång i form av t.ex. lagring av koldioxid och till en ökad effektivitet i användningen av resurser.”

Förslagen i den här Agendan passar väl in i det klimatpolitiska ramverk som beredningen ska föreslå, då den behandlar processindustrins koldioxidutsläpp på cirka 15 miljoner ton per år eller 25 procent av Sveriges sammanlagda utsläpp.

Om CCS skulle väljas bort i Sverige av politiska skäl, blir det inte trovärdigt att sätta utsläppsmålet till noll eller nära noll till år 2050. Styrmedlen måste utformas så att de inte leder till produktionsbegränsningar varken i Sverige eller i Europa. ETS omfattar även svenska industriutsläpp varför den svenska staten måste ha en mycket flexibel hållning till riskavlastning och kostnader, för att i förlängningen försvara både en ambitiös klimatpolitik och en konkurrenskraftig processindustri.

Agendan kan bidra till att både peka på möjliga lösningar och ge konkreta förslag gällande några av de mer detaljerade uppdrag som regeringen beslutat att beredningen ska utföra, främst dessa fyra:

- ”Foreslå ett definierat miljö kvalitetsmål för Sveriges minskning av nationella utsläpp av växthusgaser till år 2050 med en ungefärlig utsläpps bana och med de mål i övrigt som beredningen finner lämpligt.
- Foreslå förändrade eller nya kostnadseffektiva och långsiktigt verkande styrmedel och åtgärder för olika delar av samhället inklusive en särskild analys av hur olika delar av samhällsplaneringen, dvs. den fysiska planeringen inklusive infrastrukturplanering, kan bidra.
- Belysa hur svensk forskning och innovation kan bidra till att lösa utmaningarna inom klimatområdet samtidigt som Sverige som industri- och exportnation kan stärkas samt hur nuvarande lagstiftning och befintliga styrmedel kan förbättras.
- Särskilt analysera och lämna förslag på hur staten kan bidra till att främja förutsättningarna för en långsiktig utveckling, demonstration och introduktion av nya tekniska lösningar för låga utsläpp.”

Regeringen har även tagit initiativ till Analysgruppen Grön omställning, vars uppdrag är att se över och förbättra samordningen mellan de myndigheter som har en roll i miljömålsarbetet. Agendan pekar på behovet av samordnad, gränsöverskridande forskning och speciellt på vikten av ett systemperspektiv, vilket kan främjas genom en samordning mellan berörda myndigheter.

4. Basindustrin väger tungt för både ekonomin och klimatet

Sverige har en begränsad inhemsk marknad och därför har handeln med andra länder till stor del bidragit till att skapa den välfärd som finns i Sverige idag.

Jämfört med många andra länder kommer en större andel av Sveriges BNP från exportprodukter, vilket framgår i bild 2, där Sverige jämförs med genomsnittet i EU och OECD.

Den svenska basindustrin utgörs huvudsakligen av skogs-, kemi-, gruv-, mineral-, stål- och metallindustrin. Gemensamt för dessa är att de alla kräver mycket energi i produktionen och att de konkurrerar på en global marknad. Basindustrin sysselsätter omkring 400 000 personer i Sverige, direkt och indirekt. År 2012 producerade basindustrin 29 procent av Sveriges exportvärde, motsvarande 275 miljarder kronor, av vilket skogsindustrin utgör en stor del, med direkt och indirekt arbete för upp emot 200 000 personer och kring 12 procent av Sveriges totala export.

Svensk basindustri – global klimatnytta

Industrin arbetar sedan länge med att minska sina egna

koldioxidutsläpp genom energieffektivisering, processoptimering och bränslebyten. Ett annat viktigt bidrag till minskade globala utsläpp är utvecklingen av produkter som minskar utsläppen i användarledet. Det finns flera betydande exempel:

- SSAB:s höghållfasta stål, som vid användning i fordons-tillverkning minskar fordonets vikt, vilket leder till minskad bränsleförbrukning och lägre utsläpp.
- Skogsindustrin vars slutprodukter i sig är förnybara och där värmen till produktionsprocesserna till 95 procent tillgodoses genom bioenergi.
- Kemiklustret i Stenungsund som tillsammans arbetar med visionen Hållbar kemi 2030, där målet är tillverkning av hållbara kemiprodukter, bland annat genom förnybara råvaror och återvinning.

Den svenska basindustrin är viktig inte bara för den svenska ekonomin. Den ger även ett viktigt bidrag till en global klimatnytta, genom ett lägre koldioxidavtryck än konkurrerande industri och driver på så sätt på utvecklingen av minskade utsläpp även hos globala konkurrenter.

EXPORT SOM ANDEL AV BNP

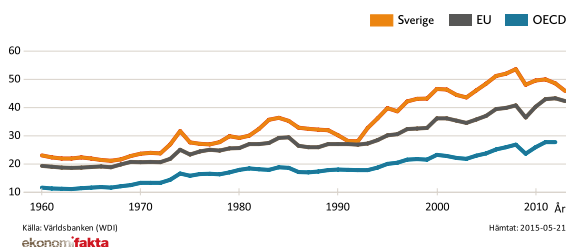


Bild 2.

Export som andel av BNP, inkluderat både varor och tjänster.
Källa: Ekonomifakta

FÖRDELNING AV SVERIGES VÄXTHUSGASUTSLÄPP

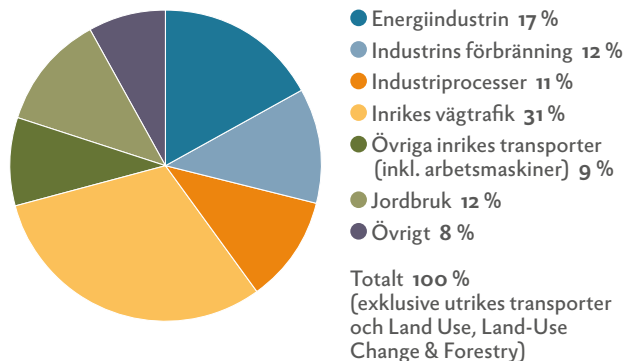


Bild 3.

Källa: Naturvårdsverket (2014)

Basindustrins koldioxidutsläpp

Trots det arbete som görs bidrar industrin till de svenska utsläppen av växthusgaser, vilket bild 3 tydligt visar. Där framgår att ett mål om noll nettoutsläpp endast kan realiseras om industrin inkluderas i åtgärds katalogen. För den processindustri, inklusive raffinaderier som beskrivs i den här Agendan handlar det om cirka 15 miljoner ton koldioxid per år (2013), där variationen mest beror på konjunkturfluktuationer.

Industrins koldioxidutsläpp delas in i två delar, utsläpp från industriprocesser och från förbränning. Flera av basindustrins processer medför koldioxidutsläpp som inte går att minska avsevärt med i känd eller tillgänglig teknik. Exempel är stålindustrins reduktionsprocesser, kemiindustrins beroende av fossil råvara för materialtillverkning och cement- och kalkindustrins omvandling av kalksten till kalciumoxid. För de utsläpp som inte går att minska genom exempelvis processoptimering eller byte av råmaterial och bränslen bedöms CCS vara en förutsättning för att kunna sänka industrins koldioxidutsläpp till en låg nivå. Skogsindustrins tillverkningsprocesser har inga direkta fossila utsläpp av betydelse i det här sammanhanget.

Bild 4 visar industrins utsläpp fördelade på förbränning och processer för perioden 1990–2013. Bränsleskiften gör att förbränningsutsläppen minskar medan processernas utsläpp är relativt konstanta över tid.

KÄLLOR FÖR PUNKTUTSLÄPP AV KOLDIOXID, >100 000 TON PER ÅR.

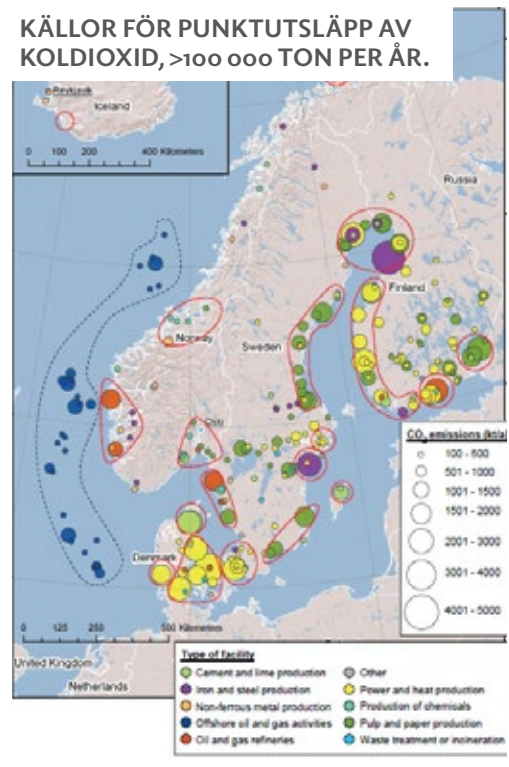


Bild 5.
Källor för punktutsläpp av koldioxid, >100 000 ton per år.
Källa: Teir et al VTT (2010)

UTSLÄPP AV VÄXTHUSGASER FRÅN SVENSK INDUSTRI 1990–2013

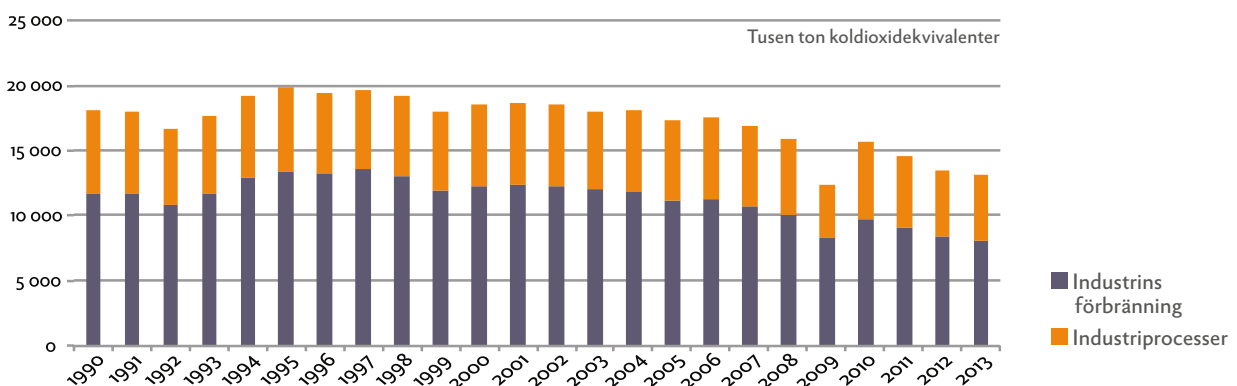


Bild 4.
Källa: Naturvårdsverket (2014)

Ovan behandlas utsläpp av koldioxid med fossilt ursprung (se även tabell 2). För att beskriva hur Sverige kan använda CCS i klimatarbetet finns det skäl att samtidigt se på stora och samlade punktutsläpp av biogent ursprung även om dessa inte på samma sätt som fossil koldioxid bidrar till ökade koldioxidnivåer i atmosfären. De uppgår till cirka 30 miljoner ton årligen och finns inom skogsindustrin och en växande sektor med kraftvärmeverk, eldade med biomassa.

Kartan i bild 5 ger en översikt över de stora källorna för punktutsläpp av koldioxid i Norden. I Sverige dominerar anläggningar som SSAB i Luleå och Oxelösund, Cementa i Slite och Skövde, petrokemi i Stenungsund samt raffinaderierna i Lysekil och Göteborg.

Kartan visar också på möjligheten till (och kanske vikten av) samarbete med grannländerna kring lösningar för transport och lagring av avskild CO₂ för Östersjön och vid den svenska västkusten. Likaså indikeras möjliga industriella kluster, där ett flertal källor kan samverka kring uppsamling och utsklepning. Sveriges största enskilda fossila utsläppskällor (2010) framgår av tabell 2.

Basindustrins energianvändning och framtidens elförsörjning

Den svenska basindustrin är energiintensiv och el är en viktig råvara i många tillverkningsprocesser. År 2012 var

industrins andel av elanvändningen i Sverige 37 procent. Enligt en bedömning som Svenskt Näringsliv gjort 2014 kommer industrins elbehov att fortsatt ligga på samma nivå fram till år 2030. Ju mindre koldioxidutsläpp från produktionen av denna el, desto lägre nivåer inbäddad koldioxid blir det i slutprodukten. Sveriges inhemska elförsörjning är i dagsläget till 97 procent koldioxidfri, vilket gör att den inbäddade koldioxiden i produkter tillverkade av den svenska basindustrin är mycket låg i jämförelse med de flesta andra länder. Eftersom elmarknaden är avreglerad och det svenska elsystemet är integrerat med det nordeuropeiska, finns det dock olika sätt att räkna koldioxidutsläpp, speciellt avseende effekten vid en förändring av elproduktionsmixen och elanvändningen.

Om vattenkraftens produktionskapacitet minskar och beslut tas att inte bygga ny kärnkraft, behöver bortfallet ersättas av andra planerbara produktionslag. Alternativen är vindkraft, solenergi, gaskraft och biobränsleeldade kraftvärmeverk där de två sistnämnda innebär en ökning av koldioxidutsläppen, även om biobränsleanvändningen i ett längre perspektiv är klimatneutral. I en sådan framtida, svensk energimix skulle avskiljning och lagring av koldioxid från denna kraftproduktion vara en förutsättning för att bevara den låga nivån av inbäddad koldioxid i den svenska basindustrins slutprodukter.

Tabell 2.

SVERIGES TIO STÖRSTA PUNKTUTSLÄPP AV FOSSILBASERAD KOLDIOXID; NVV 2010

| Anläggning | Bransch | Fossil koldioxid (ton/år) |
|---------------------------------------|----------------------------|---------------------------|
| SSAB Oxelösund AB | Järn och stål | 2 170 000 |
| Luleå kraftvärmeverk LUKAB | Kraft/Värme | 1 990 000* |
| Preemraff, Lysekil | Olje- och gasraffinering | 1 670 000 |
| SSAB Tunnpå AB | Järn och stål | 1 440 000 |
| Cementa AB, Slitefabriken | Cement- och kalkproduktion | 1 390 000 |
| Värtaverket, Stockholm | Kraft/Värme | 883 000 |
| Borealis | Petrokemi | 690 000 |
| Västerås kraftvärmeverk | Kraft/Värme | 614 000 |
| Preem Petroleum AB Preemraff Göteborg | Olje- och gasraffinering | 560 000 |
| Shell Raffinaderi AB | Olje- och gasraffinering | 540 000 |

*Luleå kraftvärmeverks utsläpp härrör i huvudsak från processgaser från SSAB

5. CCS och svenska affärsmöjligheter

Hur CCS kan stärka den svenska basindustrin

Den globala utvecklingen och befolkningstillväxten leder till starkt växande efterfrågan på bland annat trä, stål, cement och mineralprodukter. Agendan har redan beskrivit den svenska basindustrins starka position, med låga utsläpp, hög resurseffektivitet och med produkter, som i sin användning leder till högre resursutnyttjande. I ett samhälle där det lönar sig alltmer, marknadsmässigt och/eller kostnads- mässigt, att ha låga utsläpp av koldioxid, kan den svenska industrin ytterligare vässa sin konkurrenskraft genom att tillämpa CCS för ett minimalt koldioxidavtryck.

Det måste förutsättas att priset på utsläpp av koldioxid över tid blir betydligt högre än idag, inte bara i Sverige utan i hela världen. För svensk del är det avgörande, för att nå ambitiösa utsläppsmål, att man klarar att inkludera processindustrin i åtgärds katalogen. Sammantaget betyder det att Sverige måste utvärdera hur man kan utveckla och utnyttja CCS till sin fördel i en internationell konkurrenssituation, samt hur svenskt teknikkunnande inom området kan exporteras.

Sverige kan, med en tydlig strategi och nationell kraftsamling, introducera CCS på ett sätt som samtidigt stärker både industrin på den globala marknaden och profilerar

densamma som en mer attraktiv arbetsgivare. Ytterligare möjligheter kan finnas i utveckling av koldioxidanvändning i nya storskaliga applikationer som odling av alger för produktion av biodrivmedel. Sammantaget bör en strategi därför handla om

- Konkurrenskraftig kostnad för CCS-infrastruktur genom hög volym och högt kapacitetsutnyttjande
- Aktiv utvärdering av möjligheterna till koldioxidlagring i svenskt närområde för att minimera transportkostnaderna
- Kostnadseffektiv teknologi genom fokuserad forskning
- Tidig och effektiv användning av koldioxid i stor skala i innovativ, industriell verksamhet
- Utveckling och verifiering av kompetens och teknologi genom ett svenskt demonstrationsprojekt för snabbare och säkrare implementering (utrullning)

Det finns idag ingen forskning som tagit en sådan ansats för att skapa ett robust och gemensamt beslutsunderlag för industrier och offentliga aktörer. Därför skulle en målinriktad satsning som belyser de marknadsmässiga, tekniska, ekonomiska, ekologiska och samhälleliga förutsättningarna för CCS vara av stort värde. För svenskt vidkommande är CCS framför allt en fråga för industrin, men i en långsiktig och dynamisk energimarknad kan den även komma att spela en roll beroende på framtida val av energikällor.

ETT INNOVATIONSSYSTEM KRING CCS I SVERIGE

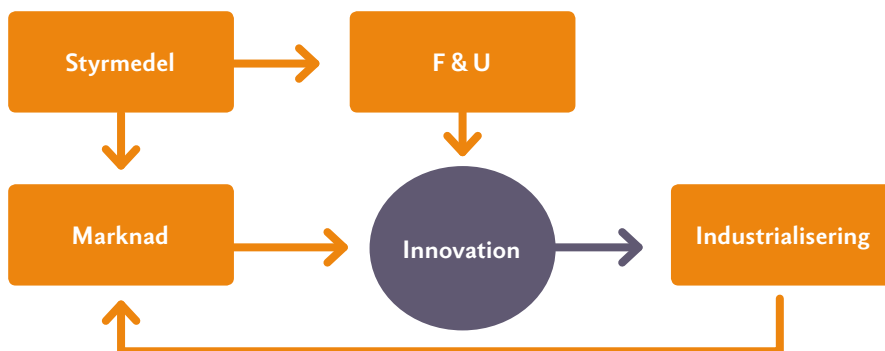


Bild 6.

MÖJLIGHETEN ATT BYGGA UPP ETT KUNNANDE KRING STORSKALIGA CCS-LÖSNINGAR

Ett tidigt svenskt demonstrationsprojekt och målorienterad forskning skulle erbjuda möjligheten att bygga upp ett kunnande kring storskaliga CCS-lösningar som kan tillämpas på såväl svensk som internationell industri och inom kraftsektorn. Områden där svensk kompetens redan finns och/eller där förutsättningarna borde vara goda för svensk spetskompetens och teknikexport är framförallt:

- Avskiljningsteknologier, som kan tillämpas på såväl industri (pappersbruken, järn och stål, cement) som kraftverk (kemcykliska processer, oxyförbränning och post combustion).
- Trycksatt rökgasrening – med nya, innovativa lösningar till lägre kostnad.
- Systemlösningar inklusive biokombinat med CCS.
- Komponenttillverkning.

Svenskt teknikkunnande

CCS är en kombination av flera kompetensområden där forskning, utveckling och tillämpning kommit olika långt beroende på område och geografi. Svensk forskning om teknologier för avskiljning har pågått i ett femtontal år och röner stort internationellt intresse. Likaså både deltar och leder svensk industri, som stål och cement, forsknings- och pilotprojekt kring processlösningar i sina respektive sektorer. Vidare finns omfattande industriell erfarenhet, dels kring pann- och förbränningsteknologi, dels kring turbiner och komponenttillverkning för systemintegration. Ett innovationssystem kring CCS skulle kunna beskrivas som i bild 6. Det är viktigt att se svenskt kunnande i ett sammanhang. Det finns mycket kompetens inom termisk energiomvandling och processteknik med tillhörande industrier, vilket ger stora möjligheter att omsätta forskningsresultat och innovationer till industriella tillämpningar. Detta förutsätter dock att det finns en drivkraft för att tillämpa CCS i Sverige, vilket går hand i hand med en plan för att nå klimatmålen.

Genom en integrerad strategi, där både forskning och genomförande stimuleras, skapas grunden för svenska innovationer, vilka i sin tur är plattformen för industrialisering av olika teknikområden. Ett svenskt demonstrationsprojekt, där CCS tillämpas på någon av de svenska energiintensiva industrierna, kommer att höja industrins intresse och driva upp utvecklingstempot.

Globalt är CCS troligen helt avgörande för om klimatmålen ska nås, eftersom tillgången på fossila bränslen, speciellt kol, är mycket stor. Om allt detta förbränns, blir följden koldioxidutsläpp som kraftigt överstiger det utsläppsrymme som klimatet tål (t ex i förhållande till det 2°C mål som nämnts inledningsvis). Den stora tillgången gör också att priset på fossila bränslen huvudsakligen kommer att motsvara produktionskostnaderna, och därmed blir relativt lågt och attraktivt för inte minst utvecklingsekonomierna som har tillgång till stora fossila reserver. Om CCS-utvecklingen tar fart finns det betydande möjligheter för svenska innovationer och svensk industri att delta i leverantörsledet för export av kunnande och tekniker inom CCS-området. Genom forskningen har Sverige ett gott rykte och ett brett kontaktnät inom industrin.

6. Hur lagring av biogen koldioxid kan ge ett bidrag

Genom att tillämpa CCS även på biogen koldioxid ökar möjligheterna ytterligare att reducera nettoutsläppen till atmosfären. Biogen koldioxid är den koldioxid som uppstår i processer där någon form av biomassa förbränns eller bearbetas. Källorna är dels kraftvärmeverk som eldas helt eller delvis med biogent material, dels tillverkningen av pappersmassa och papper.

Vad innebär då "biogen"? Kolets naturliga kretslopp innebär att koldioxid från atmosfären genom fotosyntesen upptas i

den växande biomassan, det vill säga skog och mark. I olika bearbetnings- eller förbränningsprocesser frigörs sedan koldioxid tillbaka till atmosfären. Därmed ger inte den biogena koldioxiden någon nettopåverkan på koldioxidnivåerna i atmosfären över tid då den koldioxid som släpps ut vid förbränning tidigare tagits upp från atmosfären.

CCS kan erbjuda möjligheten att skilja av och lagra såväl biogen som fossil koldioxid. Skillnaden är att CCS tillämpad på fossil koldioxid innebär att denna hindras från att nå atmosfären, medan CCS tillämpad på biogen

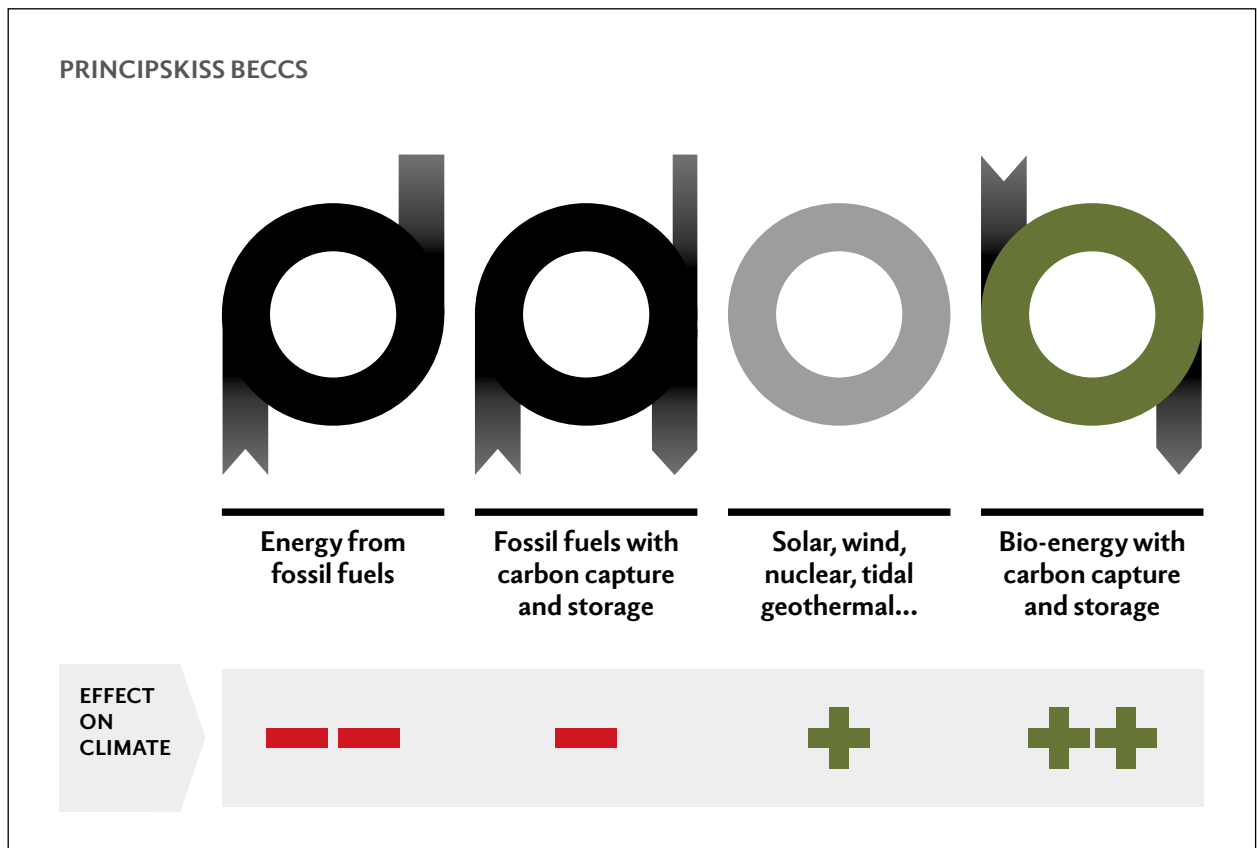


Bild 7.
Källa: Wikipedia

koldioxid minskar koncentrationen koldioxid i atmosfären. Knäckfrågan är hur sådana system skulle kunna utformas för att på lång sikt (kanske 35–50 år) stimulera industrin att göra nödvändiga investeringar och samtidigt stärka sin internationella konkurrenskraft.

Den svenska skogsindustrin bidrar redan idag till klimatarbetet. Förutom att aktivt brukad växande skog tar upp stora mängder koldioxid, lagras sådan också in i slutprodukterna, till exempel i de sågade trävarorna. Skogsindustrin svarar i sin tillverkning och trots sin ekonomiska betydelse och energikrävande processer, för endast cirka en procent av Sveriges utsläpp av fossil koldioxid. Därför är i dagsläget behovet av CCS större inom andra industrigrenar, med större fossila koldioxidutsläpp, varför insatser av den anledningen i ett tidigt stadium bör riktas mot dessa.

Men, med de stora biogena utsläppen och framtida möjligheter för kommersiellt motiverad tillämpning av CCS, kan skogs- och kraftvärmeindustrin trots detta spela en viktig roll som intressenter när system- och ramverksfrågor kring CCS skall formuleras.

UR ETT NATIONALEKONOMISKT PERSPEKTIV KAN OCH BÖR FRÅGAN STÄLLAS, OM DEN STORA VOLYMEN, CIRKA 30 MILJONER TON BIOGEN KOLDIOXID ÅRLIGEN, KAN ANVÄNDAS TILL EN EKONOMISK FÖRDEL FÖR ATT FORMULERA EN NATIONELL STRATEGI FÖR ATT NÅ KLIMATMÅLEN?

Frågan är om, då CCS blivit en kommersiell och kostnadseffektiv teknik för att minska koldioxidutsläppen, tekniken även kan tillämpas på biogena koldioxidutsläpp och utvecklas till en ny affärs-möjlighet och en ytterligare väg mot ett system där nettoutsläppen närmar sig noll. I ett sådant scenario skulle till exempel den lagrade koldioxiden kunna säljas som utsläppsminskningar till sektorer där utsläppen är svårare och dyrare att åtgärda.

7. Forskningsbehov – CCS

Industrin och akademien måste bidra till att kunskapsnivån är tillräckligt hög inom alla forskningsområden för att säkerställa ett snabbt och storskaligt genomförande.

Koldioxidavskiljning och lagring, CCS, finns i storskalig drift vid ett fåtal installationer i världen. För alla enskilda teknikområden påvisas därigenom fungerande lösningar. Sverige kan dra nytta av inhemskt och internationellt kunskaps- och bör fokusera på system- och helhetsperspektivet för att kartlägga CCS-teknikens potentiella bidrag till en svensk klimatfärdplan.

Svensk forskning bör inriktas mot utveckling av avskiljningstekniker och tillhörande system för att minska förbrukning och tillförsel av energi vid avskiljningen i olika industriprocesser. Vidare bör fokus ligga på uppskalning och risk i infrastrukturen för transport och lagring, samt på karaktärisering av geologiska lagringsplatser i svenskt närområde och relaterad utveckling kring övervakning av injektionsplatser. En viktig faktor för att realisera potentialen inom en given tidsperiod är också allmän kunskapsuppbyggnad för att stärka politisk, industriell och social acceptans.

SPECIFIKA, SVENSKA FORSKNINGSBEHOV INOM AVSKILJNING, TRANSPORT OCH LAGRING

AVSKILJNING

Kemcykliska processer

Oxyförbränningsteknik

Pre-combustion med framställning av biodrivmedel, ånga, el eller vätgas

Processintegration

Syrgasframställning

STÅL: Direktreduktionsprocesser

CEMENT/KALK: Schaktugnar, biobränslen

PAPPERSMASSA: Påverkan på kemiska absorbenter



TRANSPORT

Materialval i transportsystemet utifrån koldioxidens kemiska komposition

Kombination av olika flöden

Logistikkedja fartygstransport

Tryck- och temperaturprocesser

Prissättning och tariffsystem

Mark- och planfrågor



LAGRING

Miljöövervakning, metodik och verksamhetsplan

Metodutveckling för karaktärisering och övervakning av geologiska lager

Dalders reservoaregenskaper och takbergarter

Regional, geologisk modell, inklusive 3D

Lagringspotential sydöstra Kattegatt

Lagringspotential sydvästra Skåne



Bild 8.

Forskning med ett systemperspektiv

Forskningen behöver ha ett systemperspektiv parallellt med det sektorspecifika för att stödja den svenska utvecklingen. Det betyder en sammanhållen satsning där system- och samhällsaspekter, ekonomiska styrmedel, gemensamma resurser och kunskapsuppbyggnad prioriteras. Här behöver politiken och tekniken utvecklas parallellt för att skapa ett tryggt investeringsklimat. Ett svenskt demonstrationsprojekt kan utgöra ett tydligt mål för prioriterade forskningsinsatser. Behovet av en helhetssyn gör också att en myndighetssamordning krävs för att koordinera forskningen. Specifika, tekniska forskningsområden finns listade i bild 8, dock utan att den kan sägas göra anspråk på att vara en komplett förteckning. Systemforskningen bör, som ett väsentligt ramvillkor, utmynnas i en färdplan för hur CCS kan komma till stånd och bidra till att de svenska klimatmålen kan nås.

Forskning kring avskiljningsteknologier

Viss forskning kring avskiljningsteknologier kan vara gemensam och bör koordineras för de berörda industri-sektorerna. De tre principiella teknikerna, post-combustion, pre-combustion och oxyförbränning är alla mer eller mindre applicerbara inom varje industri. Den viktigaste och gemensamma nämnaren är behovet att reducera energiförbrukningen och därmed kostnaden. Forskningen hittills pekar på goda möjligheter att ta fram innovativa avskiljningstekniker och tillhörande system.

Ett exempel är kemcyklisk förbränning där Sverige är världsfrämst inom forskningen, där denna dessutom har genererat möjligheter med andra relaterade tillämpningar som vätgasframställning och förbättring av förbränningsprocesser genom att använda syrebärande material. Även inom oxyförbränning är Sverige i framkanten och här har forskningen skapat kunskaper inom olika generiska områden som kopplar till rökgasrening och förbättrad förståelse och optimering av olika förbränningsprocesser (t ex LKAB:s roterugnar).

Sammantaget har svensk forskning inom avskiljningsområdet en lång tradition av forskning om termiska processer inklusive termokemisk omvandling av fasta bränslen. Det finns stora möjligheter att förbättra processerna genom ytterligare forskning på såväl avskiljningsteknikerna som på

tillhörande system som syrgasframställning och rökgasreningssystemer. Det finns även en potential för förbättrad processintegration för bättre utnyttjande av överskottsenergi i olika miljöer.

Transport av koldioxid

Ett fullt utbyggt svenskt system för CCS kräver infrastruktur med kapacitet att frakta minst tjugo miljoner ton koldioxid per år. I klartext betyder det rörledningar och gastankers. Gasen måste flyttas från industrier med stora punktsläpp till geologiska lagringsplatser, sannolikt belägna i sydöstra Östersjön och/eller i Nordsjön/Skagerak. Ett transportsystem måste byggas ut under perioden 2025 till 2050 och bör förväntas vara i drift efter kanske ytterligare lika lång tid. De tekniska utmaningarna är begränsade, men det finns ändå utrymme för både innovation och optimering. Behoven av forskning och utredning kan delas in i dels de tekniska, som gasens komposition och volym, dels de som handlar om infrastruktur, markanvändning och planering. Utgångspunkten är att den specifika transportkostnaden kan bli väsentligt lägre med starkt koordinerad och central planering än genom enskilda projektinitiativ.

Geologisk lagring

Tre områden inom svenskt territorium och svensk ekonomisk zon, sydöstra Östersjön, sydvästra Skåne och sydöstra Kattegatt, bedöms ha förutsättningar för lagring av koldioxid. Områdenas geologiska förutsättningar är olika och kunskapen om dem är också mycket varierande. Sedan år 2011 har kunskapen om lagringsmöjligheterna i Sveriges närområde ökat väsentligt genom olika forskningsprojekt som Mustang, SkagerakCO₂, Bastor2 och NORDICCS.

Det behövs bättre och mer tillförlitliga modeller för att kunna göra en bättre bedömning av lagringspotentialen i de tre områdena. För detta krävs större kunskap kring de regionala strukturgeologiska förhållandena. En kartläggning av porositet och genomsläpplighet hos akvifärer och takbergarter måste göras samt behöver mer kunskap inhämtas om lagringsbergarternas reservoaregenskaper.

Geologisk forskning kan bedrivas i steg för att successivt närma sig lämpliga injekteringsplatser där fysiska fältförsök bör genomföras. Från en mängd internationella projekt finns idag gedigen kunskap om metoder för karakterisering av strukturer, medan själva genomförandet återstår

för svensk del. De djupa geologiska formationerna följer inga nationsgränser. Därför är det viktigt att bedriva den här beskrivna forskningen både nationellt och i internationella samarbeten.

För att bedöma risken för läckage och eventuella miljöeffekter behöver mångåriga mätserier av miljöövervakningsdata från havsbotten/markytan ovanför ett tänkt geologiskt koldioxidlager tidigt samlas in. Det är basinformation som representerar ett nolläge, mot vilket man sedan kan jämföra nya mätserier efter det att injektering inletts.

Kunskapsuppbyggnad och acceptans

Sverige behöver en aktiv debatt kring förutsättningarna för att basindustrin ska kunna utvecklas och samtidigt bidra till ett koldioxidneutralt samhälle vid seklets mitt. En sådan debatt måste bygga på en högre kunskapsnivå i alla led, vilket forskning och relaterad kunskapsspridning måste bidra till. Forskningsfältet får sägas vara mättat vad gäller studier om olika gruppers acceptans av hypotetiska CCS-projekt. För att bättre kunna uppskatta hur social acceptans för CCS formas krävs fler konkreta projekt i vårt närområde. Utan sådana förblir CCS något abstrakt, som dessutom kan uppfattas som stort och skrämmande. En svensk demonstrationsanläggning ska ses i det ljuset. Varje chans till studier av acceptans i anslutning till planeringen av fullskaliga CCS-anläggningar bör tas tillvara.

Med tanke på den geografiska kontextens betydelse för hur CCS-projekt uppfattas och den sammanhörande svårigheten att generalisera acceptansrelaterade lärdomar, är det viktigt att bättre förstå de CCS-projekt som finns runt om i världen.

I brist på konkreta CCS-projekt är det även viktigt för acceptansforskningen att utveckla nya och alternativa metoder för att finna hittills utforskade vägar till förståelsen av hur olika uppfattningar om CCS skapas och kan påverka en fullskalig implementering.

8. Svenskt demonstrationsprojekt för CCS

Vad är ett demonstrationsprojekt?

Med ett demonstrationsprojekt avses här det sista steget i en utvecklingskedja för att påvisa teknologins (systemets) robusthet före utrullning. Det är ett projekt i full skala, vilket normalt har föregåtts av installationer i laboratorie-skala följt av en pilotanläggning för avskiljning, transport respektive lagring.

Varför är det nödvändigt?

CCS behövs om svensk basindustri ska minska sina utsläpp av koldioxid drastiskt. CCS kräver dock stora investeringar och betydande ingrepp i existerande utrustning, med produktionsavbrott både under ombyggnad och inkörningstid. Underlaget för ett investeringsbeslut måste därför uppfylla inte bara företagets normala kriterier, utan även säkerställa den tekniska funktionaliteten. Att bevisa teknologins duglighet i en demonstrationsanläggning är sålunda nödvändigt

innan något företag ens överväger ett beslut att införa CCS i full skala.

Vad omfattar ett demonstrationsprojekt?

För att ge ett tillräckligt gott beslutsunderlag inför de olika investeringsbeslut, som en fullskalig implementering kräver, behöver ett demonstrationsprojekt visa att ett CCS-system i svensk miljö både fungerar och accepteras. Därför måste det omfatta alla tekniska komponenter, från det första processteget för avskiljning till starten av en långsiktig plan för övervakning och uppföljning av den geologiska lagringsplatsen. Dessutom krävs en noggrann ekonomisk uppföljning av både investeringar och driftskostnader.

Finansiering – hur ska det betalas?

Investeringen i ett demonstrationsprojekt uppgår snarare till miljarder än miljoner kronor. Inget enskilt, svenskt

ETT SCENARIO FÖR ETT SVENSKT DEMONSTRATIONSPROJEKT

En lagringsplats har identifierats sydost om Gotland. Närliggande stora utsläppskällor finns hos SSAB:s anläggning i Oxelösund och hos Cementas anläggning i Slite på Gotland. SSAB, som har verksamhet i flera länder, beslutar att de inte behöver all produktionskapacitet och väljer därför att stänga ned den ena av två masugnar i Oxelösund. Masugnarna står för de stora utsläppen hos SSAB och därmed för en väsentlig andel av Sveriges totala utsläpp av koldioxid.

De svenska myndigheterna är mycket angelägna att få till stånd en demonstrationsanläggning för CCS i Sverige och beslutar att bekosta en sådan. SSAB erbjuder att den

avställda masugnen får byggas om för att kunna avskilja koldioxid. Det järn som sedermera produceras i demonstrationsmasugnen tas om hand av SSAB.

Efter provborringar anläggs en mottagningsstation för koldioxid sydost om Gotland för att kunna ta emot den begränsade mängd koldioxid som kommer från demonstrationsmasugnen i Oxelösund. Platsen för lagring är vald så att fler mottagningsstationer kan byggas i dess närhet. Ett system med fartygstransport av koldioxid till mottagningsstationen upprättas och koldioxid börjar lagras.

Hela systemet fungerar utmärkt efter provdrift under ett antal år. SSAB

beräknar att det kan vara lönsamt att bygga om även den andra masugnen för koldioxidavskiljning efter de förbättringar man kommit på under demonstrationsfasen. Cementa har följt utvecklingen och har arbetat med avskiljningsteknik under tiden. De är nu intresserade av att börja lagra koldioxid. De svenska myndigheterna ser möjligheten till en utveckling och beslutar att bygga ett system för rörtransport av koldioxid med början från Gotland till mottagningsstationen i Östersjön. Efter ett antal år byggs även rörledningar från fastlandet och fler industrier kan koppla in sina koldioxidutsläpp.

företag kan på egen hand bära risken. Det måste därför betraktas som ett projekt av nationellt intresse. System för transport och lagring måste byggas så att de med tiden kan utnyttjas av flera utsläppskällor. Förutom infrastrukturen måste staten bistå med åtminstone riskavlastning för eventuell utveckling av tillämplig avskiljningsteknologi.

Varför ska just Sverige driva ett industriellt demonstrationsprojekt för CCS?

Ett demonstrationsprojekt behövs för att utveckla och verifiera de tekniska och socio-ekonomiska aspekterna kring implementering av CCS.

- Sverige ska vara ett föregångsland, genom att både nå utsläppsmålen, behålla basindustrin och kunna bli en exportör av produkter och tjänster inom CCS området.
- Projektet skapar motivation och blir en symbol för svensk kraftsamling på klimatområdet.
- Forskningsinsatser kan målorienteras mot ett demonstrationsprojekt.
- Det attraherar internationellt intresse, teknologi och på sikt även kapital.

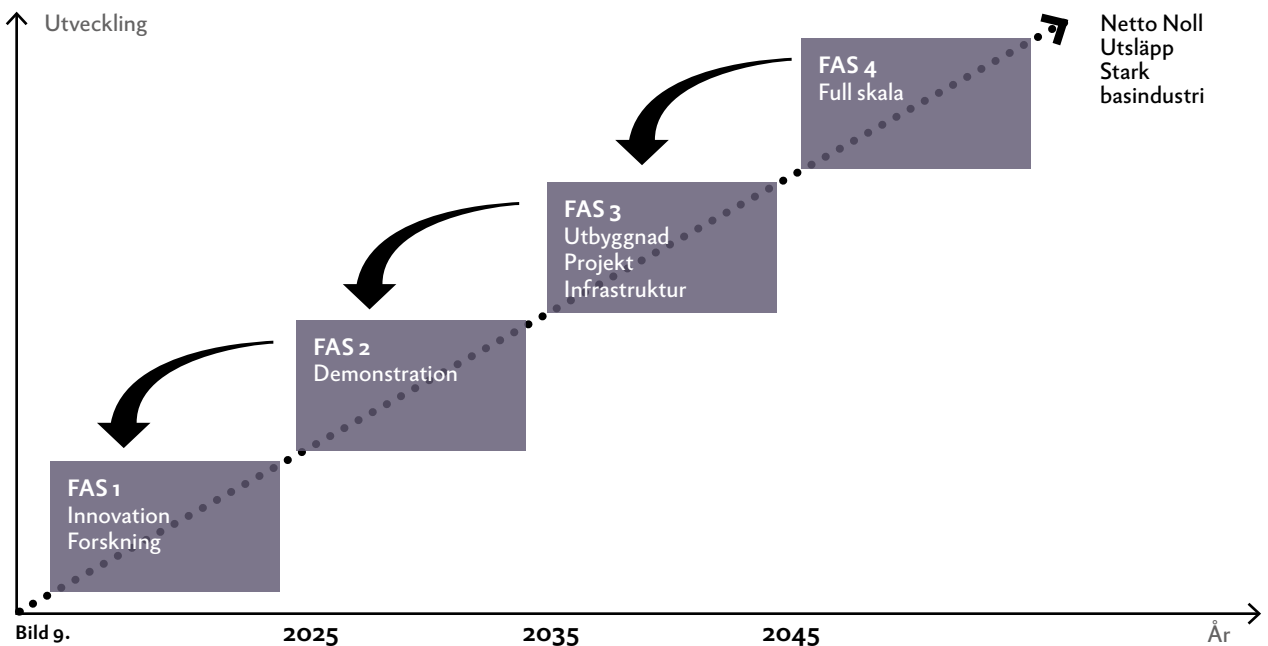
- Ett demonstrationsprojekt stärker helhetssynen och minskar risken för fragmenterade forskningsinsatser.

När ska det ske?

Basindustrins investeringscykler är långa, ofta mer än femton år. En investeringscykel är perioden mellan stora, nödvändiga ombyggnader, antingen för att utrustning är utsliten eller för gammal för att motsvara (morgon-) dagens miljö- och produktionskrav. Företagen har därför inte många tillfällen att fatta investeringsbeslut om CCS före år 2050. Bild 9 är en schematisk illustration av stegen på vägen mot noll utsläpp i svensk basindustri som även visar inom vilka tidsintervall dessa måste tas för att CCS ska kunna vara i storskalig drift år 2050.

Med utgångspunkt i att målet 2050 kräver CCS i full skala och sedan räknat bakåt i tiden, så blir slutsatsen att forskning och utveckling som direkt kopplar till demonstrationsprojekt måste ta fart inom de allra närmaste åren.

SCENARIOBESKRIVNING MED BACK CASTING



9. Politikens ansvar: styrmedel och infrastruktur

Stimulanser och åtgärder i närtid

Industrins långa investeringscykler gör att en svensk CCS-strategi brådskar om sektorn ska kunna minska sina utsläpp drastiskt före 2050. Finansieringsinstrument behövs för att hantera de relativt sett högre kostnaderna för de tidigaste projekten. Styrmedel som skapar en långsiktig affärslogik i CCS behöver därför tidigt utformas och bekräftas. Dessutom bör staten göra nödvändiga investeringar i infrastruktur – helt i likhet med andra investeringar i transportsystem. Sannolikt är en mix av åtgärder det mest effektiva för att komma fram till de beslut som behöver fattas inom bara några få år. Dessutom behöver resurser skjutas till för att göra tillståndsprocessen såväl snabb som rättssäker.

Mer specifikt innebär detta att följande behöver ske inom ett till två år:

- Ta fram en svensk CCS-strategi.
- Bidra till en förstudie för ett svenskt demonstrationsprojekt. Den ska innefatta förutsättningarna för finansiering och genomförande av ett storskaligt projekt med driftstart senast kring år 2023-2025, där lösningarna för

- transport och lagring bör utformas så att de kan utgöra de första stegen i en senare utbyggnad av infrastrukturen.
- Utse en myndighet som får ansvar för all utveckling och samordning av CCS.
- Initiera forskning och utredningar för att förbereda en smidig, rättssäker och samhällsekonomiskt effektiv implementering av nedströmshandling av koldioxid.
- Finansiera ekonomisk, samhällsvetenskaplig, teknisk och systemorienterad forskning, samt analys av vetenskapligt grundade erfarenheter från tidigare infrastruktur-satsningar, inklusive finansieringsmodeller, acceptans, tillstånd och teknisk optimering.
- Utarbeta en generalplan för CCS infrastruktur inklusive tariffsystem.

Sammantaget betyder det att staten för infrastrukturen också bidrar till att etablera klarhet för:

- Utbyggnadsplaner.
- Kapacitet.
- Tekniska specifikationer och driftsvillkor.
- Avgiftsstruktur/prissättning och kontraktsförhållanden.
- Regler för tredjeparts tillträde.
- Riskavlastning för tidiga projekt.
- Certifiering av geologiska lagringsplatser.

LÅNGSIKTIGA SPELREGLER

Det politiska systemet har ansvar för att säkerställa långsiktiga spelregler för både styrmedel och gemensam infrastruktur. Med styrmedel menas här de olika former av ekonomiska och juridiska incitament och regelverk som ger investerare tillräcklig trygghet att investera i och ta de nya risker som utveckling och kommersialisering av CCS innebär. Infrastruktur är alla nödvändiga gemensamma installationer som rörledningar, gastankers, mellanlager, utskeppningshamnar och faciliteter till havs, som injekteringsanläggningar och utrustning för övervakning.

Förutsägbara spelregler

Industrin har behov av långsiktigt stabila spelregler från klimatpolitiken. För att CCS ska bli realistiskt krävs att de sektorer som har möjlighet att genomföra nettominskningarna får tydliga incitament och riskavlastning och att CCS-kostnaden med marginal understiger kostnaden för att släppa ut koldioxiden till atmosfären. Dessutom bör tillämpningen av CCS ske på marknadsbaserade villkor, då företagen måste ha möjlighet att avgöra investeringens ekonomiska lönsamhet i det enskilda fallet. I avsaknad av ett fungerande internationellt klimatavtal har Sverige och svensk industri att förhålla sig till inhemska politiska beslut, till beslut fattade på EU-nivå samt till svenska åtaganden som del i ett globalt klimatavtal. Osäkerheten om den internationella utvecklingen försvårar utformningen av mer specifika förslag kring nationella styrmedel, såväl som

investeringsstrategier inom företagen. Följande områden kan lyftas fram där regler med hög förutsägbarhet behövs:

Investeringar

- Industrin måste på sikt bära ansvaret för investeringar inom sin egen verksamhet.
- Ansvaret för att bygga och vidmakthålla nödvändig infrastruktur måste slås fast eftersom investeringarnas storlek och risk är sådana att inget enskilt företag kan bära dem.

Drift

- På samma sätt som för investeringar i infrastruktur behövs modeller för drift och finansiering av denna, till exempel i form av tariffsystem.

Ekonomi

- Enligt EU:s ETS-system räknas lagrad koldioxid som icke utsläppt och påverkar därmed ett företags utsläppsrätter på samma sätt som en utsläppsminskning. För svenska förhållanden bör det utredas om och i så fall hur ett icke handlande företag kan köpa utsläppsrätter från företag i handelssystemet.
- Lagring av biogen koldioxid bör ges motsvarande ekonomiska regler som lagring av fossil koldioxid.
- Skatteväxling mellan små och stora utsläppskällor skulle kunna finansiera utbyggnaden av infrastruktur för CCS. För många mindre källor är CCS inte ekonomiskt realistiskt, men de bör ändå inkluderas i helhetsbilden eftersom de totala utsläppen från dessa mindre källor ändå kan vara betydande.

Arbetet med att utforma långsiktigt hållbara regler måste påskyndas eftersom de kommer att vara avgörande för industrins investeringsvilja.

För CCS på biogena utsläpp måste det understrykas att det idag inte finns några incitament som skapar kommersiella förutsättningar eller någon företagsekonomisk logik för skogsindustrin (eller kraftindustrin) att ta en ny, teknisk och ekonomisk risk runt CCS.

Konkurrenskraft

Genomförande av svensk klimatpolitik måste ske på ett sådant sätt att den svenska industrins konkurrenskraft bevaras eller helst stärks för att stimulera företagen att

även fortsättningsvis förlägga sina investeringar i Sverige. För industrin måste det vara ekonomiskt försvarbart att medverka i ett nationellt CCS-system. Formerna för statliga åtgärder, incitament och konsekvenser av dessa, behöver utredas tidigt och i detalj för att inte kollidera med EU:s statsstödsregler. I en värld där hållbarhet blir allt viktigare kan en nationell CCS-satsning bidra till att stärka den svenska industrin, även i den meningen att dess slutprodukter kan marknadsföras utifrån ett starkt hållbarhetsperspektiv.

Samspelet mellan staten och industrin

Industriell utveckling förutsätter en gemensam infrastruktur. Staten måste ge klara signaler om att en sådan kommer att finnas till industrins förfogande enligt en tydlig färdplan. Statens ansvar måste vara grundinvestering och riskavlastning, samt att garantera effektiva processer för tillståndsgivning och miljökonsekvensbeskrivningar. Staten kan bidra till att förhandla fram internationella och bilaterala lösningar för transport och lagring av koldioxid. Det mest närliggande exemplet är Norge där man tidigt annonserat avsikten att göra lagring under norsk sektor i Nordsjön till en nationell affärsidé. Här kan Sverige skaffa sig en bra (förhandlings-) position genom att forska fram kunskap om möjligheter och kostnader för lagring under sydöstra delen av Östersjön.

PRAKTISKT KLIMATARBETE

Givet tydliga incitament och stabila styrmedel kan industrin underlätta statliga beslut om infrastruktur-satsningar genom att göra tydliga åtaganden om investeringar i avskiljning, inklusive förutsättningar för ett genomförande. Vidare kan man binda sig för nödvändig teknisk forskning och utveckling för att ha tillgång till effektiva processer. Slutligen, industrin och staten kan förhandla fram och utveckla en eller flera kommersiella modeller för utnyttjandet av gemensam infrastruktur för transport och lagring av koldioxid.

10. Vad Sverige bör göra

Tre utgångspunkter ligger till grund för den här Agendans rekommendationer:

- Sverige kommer att slå fast ett ambitiöst klimatmål till år 2050, med växthusgasutsläpp troligtvis nära noll.
- Svensk basindustri svarar för en betydande del av landets utsläpp och ett flertal åtgärder måste till inom sektorn om Sveriges utsläpp ska närma sig noll.
- CCS är en nödvändig åtgärd för att minska utsläppen ner mot noll, men bara en nationell kraftsamling kan göra industrin fortsatt stark i internationell konkurrens.

För att CCS ska kunna ge det nödvändiga bidraget till att Sverige uppfyller sina nationellt uppsatta klimatmål och internationella åtaganden bör flera beslut om åtgärder och finansiering fattas inom den närmaste framtiden:

1. Utarbeta en strategi för det fortsatta arbetet med avskiljning, lagring och eventuell användning av koldioxid. En sådan måste innefatta en grundlig analys av hur CCS kan utvecklas till att bli en del av den svenska åtgärds-katalogen för att minska utsläppen. Strategiarbetet bör avslutas senast under 2016.
2. En särskild utredning tillsätts för att ta fram förutsättningarna för ett storskaligt, svenskt demonstrationsprojekt, där alla delar av ett CCS-system ingår och kan utvärderas. En viktig del är hur ett sådant projekt ska finansieras i samverkan mellan det offentliga och industrin. Ett demonstrationsprojekt bör tas i drift senast år 2025 för att ge tillräckligt underlag för en utrullning i stor skala med sikte på 2050.
3. Forskningen kring olika teknologier och samhällsvetenskapliga aspekter av CCS hålls i största möjliga utsträckning samman i ett systemperspektiv. Därför bör ansvaret för anslagen till detta forskningsområde samlas under ett departement och en myndighet. Ett forskningsprogram bör utarbetas för perioden 2016 till 2020 och kan grundas på de förslag till forskningsområden som återfinns i den här Agendan. Programmet bör till sin omfattning och budgetvolym definieras vid en sådan tidpunkt att medel kan utlysas senast våren 2016.

11. Samband med andra Agendor och forskningsområden

Parallellt med att den här agendan vuxit fram har innehållet i närliggande forskningsagendor studerats och det är uppenbart att synergieffekter kan finnas i framtida samarbeten. Här beskrivs kort några av dessa där det kan finnas potential för samarbete, även om ingen av dessa agendor berör CCS direkt, men ändå tangerar området antingen via acceptansfrågor eller via CCU.

Ett ekosystem för social innovation i Sverige

”Att inkludera medborgare, omfamna mångfald och inkorporera social och miljömässig hållbarhet skapar utvecklingspotential som kan vända trenden av ökande klyftor. Social innovation innebär nya angreppssätt och lösningar på sociala behov eller gemensamma problem som implementeras i samhället.”

Med tanke på hittillsvarande internationella erfarenheter torde social innovation vara en av de viktigaste faktorerna för att uppnå acceptans för CCS-lösningar.

Effektiv energianvändning

”År 2030 ska svensk industri vara ett internationellt föredöme på energiområdet. Den centrala utmaningen för svenska produktors internationella konkurrenskraft blir att få ut maximalt värde av insatt energi – i en framtid med förändrade globala förutsättningar för material- och energitillgångar.”

CCS som metod att minska klimateffekten är självklart kopplad till samhällets energimix, och möjliggör effektivast möjliga energianvändning under resterande period med fossila bränslen.

Teknikexport kring grön metan från restprodukter till nät och pump

”När det gäller att ta hand om avfallsströmmar av olika slag och att framställa grön metan har Sverige världsledande kompetens. Agendan samlar det svenska erbjudandet genom att identifiera flaskhalsar där innovation kan göra skillnad.”

Att göra metanol av koldioxid har diskuterats länge och i ett samarbete här skulle möjligheterna till konkretisering kunna öka.

Modeller och systemsimulering samt ICT-BIM för hållbart samhällsbyggande

”Utveckling av storskaliga, distribuerade, inbyggda och komplexa system bestående av mekaniska, elektriska och digitala komponenter kräver avancerade modellerings- och simuleringsverktyg. Dessutom sker idag en snabbt accelererande förändring där modeller är samtalsformen för funktionsbeskrivning.”

”Framtiden kommer att ställa höga krav på hur samhället planläggs och utformas, hur byggandet genomförs och hur det som byggs förvaltas, förnyas, underhålls och renoveras. BIM ger nödvändiga pusselbitar.”

Ett storskaligt system för CCS kräver just avancerade modellerings- och simuleringsverktyg. Samarbete vore naturligt mellan dessa agendor.

Nationell forskningsagenda för den skogsbaserade näringen i Sverige

”Mänskligheten måste ställa om till användning av förnybara, resurssnåla och effektiva råvaror, produkter och bränslen. Sverige har en naturlig utgångspunkt i morgondagens skogsindustri. Med nya produkter och material kan omställningen till ett hållbart samhälle bli effektivare.”

Kopplingen mellan skogsindustrins klimatneutrala koldioxidutsläpp och avskiljning av koldioxid oavsett ursprung framgår av kapitel sex i denna agenda. Ett samarbete kring vidare forskning om detta ter sig naturligt.

Processindustriell IT och Automation (PiiA)

”Syftet med PiiA är att gynna tillväxt genom att stärka svensk processindustri inom teknikområdet samtidigt som branschens leverantörer utvecklar sin innovationsförmåga. Detta uppnås genom samarbete mellan tre nyckelaktörer: Slut användare inom processindustrin, dess leverantörer samt akademien.”

PiiAs verksamhet är mycket bred och särskilt inom området PiiA Analys ser vi möjligheter till intressant samverkan. PiiA Analys ska öka förmågan att genomföra innovationssatsningar inom den svenska processindustrin och dess underleverantörer.

Nya biobaserade material, produkter och tjänster (BIOInnovation)

”BIOInnovation är en branschöverskridande satsning för att utveckla starka, konkurrenskraftiga och innovativa material, produkter och tjänster baserade på förnybara råvaror. Visionen är att Sverige har ställt om till en biobaserad samhällsekonomi 2050.”

”I en biobaserad samhällsekonomi måste funktioner och material som idag produceras från fossil råvara ersättas med biobaserad råvara. Genom att utveckla kolbindande material från förnybar biomassa och använda dem i materialintensiva produkter med lång livslängd, kommer utsläppen av växthusgaser att minska.”

BIOInnovation är således inte direkt kopplat till CCS, men däremot till CCU och det är därför naturligt att söka samarbete på detta område.

PROCESSINDUSTRIN OCH NOLLVISIONEN

Svensk basindustri har en världsledande position inom hållbar tillverkning. Det beror på att vi har processer med unikt låga utsläpp av koldioxid. De totala, svenska utsläppen var knappt 54 miljoner ton 2014 varav cirka en fjärdedel, trots långtgående åtgärder, kom från processindustrin.

Det finns egentligen inga realistiska alternativ till koldioxidavskiljning och lagring, så kallad CCS, om utsläppen från processindustrin ska ha upphört år 2050. Tekniken skulle kunna hjälpa svensk industri att ta täten i hållbar produktion och bidra till ett utsläpps begränsat samhälle mot seklets mitt.

I den här strategiska forsknings- och innovationsagendan beskrivs bakgrunden till koldioxidavskiljning och lagring i Sverige och vad som krävs av olika aktörer för att det ska bli verklighet i stor skala.

Slutsatserna är

Att Sverige bör utarbeta en samlad nationell strategi för CCS.

Att förutsättningarna för ett komplett och storskaligt demonstrationsprojekt bör utredas.

Att det bör skapas ett forskningsprogram för att besvara de kritiska frågor som ett storskaligt genomförande av CCS i Sverige kräver.

Vi gör energivärlden smartare!

Genom samarbete och dialog bedriver vi energiforskning så att ny kunskap skapar värde för näringsliv, kunder och samhället i stort. Vi är det naturliga navet i energiforskningen – en opartisk aktör till nytta för framtidens energisystem.

