

Specialstudier

September 2025



Bio-CCS som kompletterande
åtgärd i det svenska klimatpolitiska
ramverket





Specialstudie

Bio-CCS som kompletterande åtgärd i det svenska klimatpolitiska ramverket

Innehåll

Sammanfattning	4
1 Inledning	7
2 EU:s och Sveriges klimatpolitiska mål	9
3 Bio-CCS — risker och kostnader	12
3.1 Generella risker med CCS-teknik	12
3.2 Bio-CCS och dess specifika risker	14
3.3 Tekniskspecifika kostnader	19
4 Regelverket för kompletterande åtgärder	21
5 Målavräkning och incitament	23
5.1 Skillnader mellan sektorerna i EU:s klimatpolitiska regelverk	23
5.2 Möjliga sektorer för målavräkning	25
6 Styrmedel för bio-CCS	32
6.1 Kvotplikt	32
6.2 Bio-CCS i ETS	33
7 Frivilligmarknad för bio-CCS	37
7.1 Scope 1-, scope 2- och scope 3-utsläpp	37
7.2 Dubbla anspråk	38
7.3 Statlig styrning och additionalitet	39
7.4 Definition av kolupptag enligt livscykelperspektiv	40
8 Bio-CCS som kompletterande åtgärd	41
8.1 Bio-CCS avräknas i sektor med ett ETS	41
8.2 Bio-CCS avräknas i sektor med nationellt åtagande	45
8.3 Bio-CCS avräknas i egen sektor	48
8.4 Har bio-CCS som kompletterande åtgärd spelat ut sin roll?	49
Referenser	51

Förord

Konjunkturinstitutet har i uppdrag av regeringen att årligen ta fram en rapport om de samhällsekonomiska aspekterna av svensk miljö- och klimatpolitik. Denna rapport utgör ett underlag till 2025 års miljöekonomiska rapport och fokuserar på bio-CCS som en kompletterande åtgärd inom det svenska klimatpolitiska ramverket. Analysen diskuterar hur bland annat hur utvecklingen av EU:s framtida klimatpolitik påverkar effekterna av att använda bio-CCS som en kompletterande åtgärd.

Rapporten har skrivits av Charlotte Berg (projektledare), Camilla Andersson och Björn Carlén.

Stockholm i september 2025

Albin Kainelainen
Generaldirektör

Sammanfattning

Tekniken att fånga in, avskilja och lagra koldioxid från biogen förbränning, så kallad bio-CCS¹, är ännu inte tillgänglig i stor skala samt är förknippad med höga kostnader och tekniska osäkerheter. Därtill finns andra risker och osäkerhetsfaktorer, där teknikens potentiella påverkan på markanvändningssektorns (LULUCF:s²) inlagring av kol är den mest betydande.

Syftet med denna rapport är att identifiera och analysera konsekvenserna av att implementera bio-CCS som kompletterande åtgärd för att nå de svenska klimatpolitiska målen till 2030, 2040 och 2045. Inom det svenska klimatpolitiska ramverket kan bio-CCS användas som en kompletterande åtgärd³ vilket innebär att tekniken kan användas som alternativ till utsläppsminskningar för att uppnå de nationella klimatpolitiska målen. Samtidigt är det oklart hur bio-CCS ska redovisas inom EU:s klimatpolitik, där nya styrmedel så som ETS2 signalerar en rörelse mot mer EU-gemensam styrning. Det svenska klimatpolitiska systemet är däremot delvis utformat för en mer nationellt styrd klimatpolitik, särskilt vad gäller de nationella utsläppsmålen och de styrmedel som används för att uppnå dem.

Rapportens analys visar att om bio-CCS inkluderas i ett EU-gemensamt handelssystem bör inte bio-CCS kunna fungera som en kompletterande åtgärd inom det svenska systemet. Detta till följd av risken för dubbla, eller eventuellt till och med tredubbla, anspråk på klimatnyttan – från Sverige, EU och frivilligmarknaden.

Även om bio-CCS avräknas inom LULUCF-sektorn eller i en separat egen sektor utan flexibilitet gentemot andra sektorer, är potentialen för additionalitet låg just på grund av risken för dubbla anspråk. För att undvika detta och säkerställa att bio-CCS kan användas som en kompletterande åtgärd krävs att bio-CCS avräknas antingen inom ESR-sektorn eller i en sektor som har fullständig flexibilitet gentemot ESR.

Det är dock viktigt att notera att även om analysen identifierar dubbla anspråk i flera av de tänkbara utformningarna av EU:s framtida klimatpolitik, påverkas inte de totala utsläppen inom EU av att Sverige använder bio-CCS som en kompletterande åtgärd i de fall där Sveriges nationella klimatmål är mindre ambitiösa än dess EU-åtaganden för ESR-sektorn. Detta tack vare utformningen av EU:s klimatpolitiska arkitektur. Däremot, om det svenska nationella målet är mer ambitiöst än EU-åtagandet, finns en risk att användningen av bio-CCS som kompletterande åtgärd leder till högre totala utsläpp inom EU, jämfört med om det nationella målet nås enbart genom utsläppsminskningar.

Rapportens analys visar även att en avgörande faktor för att bedöma effekten av en ökad användning av bio-CCS är dess nära koppling till det naturliga kolupptaget i LULUCF-sektorn. CCS-tekniken betraktas ofta som en metod för permanent lagring av koldioxid, vilket till viss del stämmer. Det är dock viktigt att understryka att den mängd kolupptag som bio-CCS ger upphov till i stor utsträckning beror på återväxten

¹ CCS är en förkortning för Carbon, Capture and Storage.

² LULUCF står för Land Use and Land-Use Changes and Forestry.

³ I nuläget utgör bio-CCS, ytterligare åtgärder i LULUCF och åtgärder i andra länder kompletterande åtgärder i det svenska klimatpolitiska ramverket.

av biomassa inom LULUCF-sektorn, ett kolupptag vars beständighet är mer osäker. Denna beständighet kan påverkas av olika faktorer, såsom skogsbränder, skadeinsekter och klimatförändringar.

Därför är det centralt att klimatpolitiken skapar incitament för att upprätthålla det naturliga kolupptaget så att den målsatta nivån för EU:s samlade LULUCF-sektor nås. I dagsläget saknas dock ekonomiska styrmedel för att nå målet samt även tillräckligt precisa mätförutsättningar för att bedöma effekten av en åtgärd i LULUCF-sektorn. Detta utgör en risk för att det naturliga kolupptaget ändras till en suboptimal nivå när bio-CCS införs i det klimatpolitiska systemet. De utmaningar, risker och osäkerheter som omgärdar LULUCF-sektorns kolupptag är därmed också direkt relevanta för bio-CCS och måste beaktas vid utformningen av klimatpolitiken.

Konsekvenserna av att införa bio-CCS beror på vilken sektor bio-CCS avräknas mot inom EU:s klimatpolitik. Om bio-CCS redovisas i en annan sektor än LULUCF⁴, innebär det i praktiken en indirekt överföring av utsläppsutrymme (krediter) från LULUCF till sektorn där bio-CCS avräknas. I nuläget tillåter EU:s klimatpolitik endast begränsad flexibilitet mellan LULUCF-sektorn och de andra klimatpolitiska sektorerna, delvis med hänsyn till de osäkerheter och risker som är förknippade med LULUCF-sektorn.

Avräkning av kolupptagskrediter i en sektor utan nationellt åtagande kan också skapa indirekt handel med kolupptagskrediter mellan denna sektor och den svenska LULUCF-sektorn som har ett nationellt EU-åtagande. En sådan indirekt handel uppstår när minskat nettoupptag vid avverkning av biomassa redovisas i LULUCF-sektor medan ökat nettoupptag från bio-CCS bokförs i ETS-sektorn. Det är således inte en handel med faktiska krediter utan en implicit handel som uppstår via bokföringssystemet. På lång sikt kan bio-CCS minska kostnaderna inom sektorn med EU-åtaganden. Däremot ökar kostnaderna inom den svenska LULUCF-sektorn eftersom ytterligare åtgärder krävs för att uppnå LULUCF-åtagandet. Om handeln med LULUCF-krediter fungerar väl mellan EU:s medlemsländer bör detta inte påverka priset på LULUCF-krediter väsentligt i Sverige jämfört med andra medlemsstater, eftersom handeln utjämnar prisskillnaderna.

Skogen är en begränsad resurs, vilket innebär att alla samhällsbehov inte kan tillgodoses samtidigt. En prioritering av dess användning är därför nödvändig. För att skogsresursen ska bidra till största möjliga välfärd krävs att skogens alla värden beaktas, inklusive de som i dag inte avspeglas i marknadspriser. Eftersom skogen levererar en rad nyttigheter som saknar tydlig prissättning, leder decentraliserade handelsbeslut inte automatiskt till en resursanvändning som maximerar samhällsnyttan. Det kan därför finnas skäl att på EU-nivå ha ett tak för hur mycket bio-CCS som får inkluderas inom EU:s klimatpolitiska ramverk.⁵ Fördelningen av bio-CCS-krediter mellan olika företag bör dock styras av marknadsmekanismer för att säkerställa ett så effektivt system som möjligt. Behovet av en sådan reglering gäller dock enbart så länge som det inte finns en tydlig prissättning av de nyttigheter som skogen levererar.

⁴ Eller någon annan framtida sektor där det naturliga kolupptaget från skog och mark redovisas.

⁵ Vilket bland annat har diskuterats i Concito (2024) och Sultani (2024).

Parallellt med EU:s och Sveriges klimatpolitiska ambitioner finns ett växande intresse från privata företag att minska sina klimatavtryck och profilera sig som klimatneutrala. Detta har lett till att flera bio-CCS-projekt som nu byggs upp inom EU delvis finansieras med medel från den frivilliga marknaden, trots att det i dagsläget saknas ekonomiska incitament för bio-CCS i det ordinarie klimatpolitiska ramverket.

För länder som investerar i bio-CCS är incitamenten att de kolupptag som generas kan användas för att uppfylla sina nationella utsläppsmål. För företagen är incitamenten till investeringarna att använda samma kolupptag i sin klimatredevisning. Detta innebär att samma kolupptag återopas i två olika sammanhang vilket väcker frågor om huruvida företagens investeringar verkligen leder till additionella utsläppsminskningar. Företagen hävdar ofta att klimatnyttan ändå är additionell, eftersom deras investeringar varit avgörande för att projekten skulle kunna genomföras. Men eftersom Sveriges klimatmål är kvantifierat och inkluderar kompletterande åtgärder som bio-CCS, tillför den frivilliga marknaden i praktiken inget ytterligare nettokolupptag. I stället fungerar den främst som en medfinansiär av åtgärder som redan räknas in i det nationella målet.

Rapporten behandlar dock inte frågan om i vilken utsträckning bio-CCS bör ingå i EU:s klimatpolitik. En sådan bedömning kräver en delvis annan analys än den som presenteras här, även om det finns vissa beröringspunkter. Utgångspunkten för en sådan analys bör vara kostnadseffektivitet, där särskild vikt läggs vid de samhällsekonomiska kostnaderna för bio-CCS, både på kort och lång sikt.

1 Inledning

Tekniken för att avskilja och lagra koldioxid i jordskorpan (så kallad Carbon Capture and Storage, eller CCS) förväntas ha en avgörande betydelse för Sveriges strävan att nå nettonollutsläpp senast 2045. Genom att tillämpa CCS vid förbränningsanläggningar hindras koldioxid från att nå atmosfären, vilket innebär att nettoutsläppen inte ökar.

När förbränning sker utan CCS påverkas mängden växthusgaser i atmosfären på samma sätt, oavsett om bränslet har biogent ursprung (t.ex. från skog) eller fossilt. Skillnaden uppstår först om den skördade och förbrända biomassan ersätts genom återplantering. I så fall kan det biogena alternativet på sikt leda till en minskning av växthusgaser i atmosfären, något som det fossila alternativet inte kan ge. När CCS-tekniken tillämpas vid anläggningar som förbränner biomassa – så kallad bio-CCS – kan det, under vissa förutsättningar, bidra till ett ökat nettoupptag av koldioxid, det vill säga negativa nettoutsläpp.

Ökade incitament för bio-CCS kan dock leda till ett ökat uttag av biomassa från skog och mark (LULUCF-sektorn⁶) vilket kan påverka det naturliga kolupptaget negativt. Vilken climateffekt en ökad användning av bio-CCS leder till beror därmed i stor utsträckning på samspelet mellan bio-CCS och det naturliga kolupptaget i skog och mark. Det är därför viktigt att utformningen av klimatpolitiken inte leder till ett ökat tekniskt kolupptag (teknik för att skapa ett kolupptag, så som exempelvis bio-CCS) på bekostnad av ett minskat naturligt nettoupptag i LULUCF-sektor.

Syftet med denna rapport är att identifiera och analysera konsekvenserna av att implementera bio-CCS som kompletterande åtgärd för att nå de svenska klimatpolitiska målen till 2030, 2040 och 2045. Analysen fokuserar främst på 2040 målet. Med konsekvenser avses här olika samhällsekonomiska intäkter och kostnader ur främst ett svenskt perspektiv. Inga faktiska kostnads- och intäktsberäkningar görs utan analysen är konceptuell och belyser frågor så som; risker, additionalitet, dubbla anspråk och incitament som uppkommer vid olika framtida regelverk. Utformningen av EU:s klimatregelverk påverkar i stor utsträckning effekterna av den svenska utsläppsmålen. EU har ännu inte bestämt vilken klimatpolitisk sektor som bio-CCS ska avräknas mot. Rapporten kommer därför också inkludera en analys av effekterna av att avräkna bio-CCS i olika klimatpolitiska sektorer och hur det i sin tur påverkar möjligheten och lämpligheten att avräkna bio-CCS som en kompletterande åtgärd i det svenska systemet.

Rapporten inleds med en översiktlig beskrivning av EU:s klimatpolitiska ramverk och Sveriges klimatpolitik för att tydliggöra skillnader och likheter dem emellan och hur de hänger ihop för att kunna analysera hur tekniska kolupptag, så som bio-CCS, kan implementeras i systemet. Kapitel 3 identifierar olika typer av risker, mätosäkerhet och åtgärds-kostnader för bio-CCS och dess länk till det naturliga kolupptaget i LULUCF. Kapitel 4 diskuterar framväxten av begreppet kompletterande åtgärder inom det svenska klimatpolitiska ramverket, där bio-CCS utgör en av dessa kompletterande åtgärder. I kapitel 5 analyseras konsekvenserna av att målavräkna bio-CCS i EU:s olika klimatpolitiska sektorer. Kapitel 6 analyserar effekten av olika styrmedelsförslag för bio-CCS och i kapitel 7 analyseras frivilligmarknaden för kolupptag med avseende på

⁶ Där LULUCF är en förkortning av Land Use, Land-Use Change and Forestry.

dubbla anspråk och additionalitet. Rapporten avslutas i kapitel 8 med en analys av bio-CCS som kompletterande åtgärd givet olika vägval för EU:s framtida klimatpolitiska arkitektur.

2 EU:s och Sveriges klimatpolitiska mål

Klimatkonventionen (FN 1992) och Parisavtalet (FN 2015) utgör grunden för den globala samordning som krävs för att stabilisera klimatet. Nästan alla världens länder har skrivit under Parisavtalet och EU är part till avtalet för sina medlemsstaters räkning. EU:s nuvarande åtagande är att till 2030 minska unionens årliga utsläpp med minst 55 procent jämfört med 1990 års nivå. EU:s åtagande för perioden 2031–2040 håller för närvarande på att förhandlas fram inom EU. Långsiktigt är unionens mål att vara klimatneutral senast 2050, det vill säga utsläpp av växthusgaser ska då fullt ut kompenseras via skogens och markens nettoupptag samt via tekniska kolupptag. Därefter ska unionen sträva mot negativa nettoutsläpp av växthusgaser. I kommissionens analyser av den långsiktiga klimatpolitiken (COM 2024) framgår att bio-CCS, och andra tekniska åtgärder för att öka kolupptaget, utgör viktiga pusselbitar för att nå de långsiktiga målen. Det finns dock ännu inga bestämmelser för hur tekniska kolupptag ska redovisas i EU:s klimatpolitik. Regler inom detta område förväntas komma när klimatpolitiken efter 2030 bestämts.

EU har utvecklat en relativt heltäckande klimatpolitik vars kärna består av tre utsläppssektorer (ETS, ESR och LULUCF), se faktaruta 1 (hädanefter benämns nuvarande ETS som ETS1 eftersom ett nytt handelssystem kommer att införas 2027 som benämns ETS2). Sverige har ansvar för att bidra till EU:s klimatpolitiska mål och har specifika nationella åtaganden under ESR och LULUCF. Flexibilitetsmekanismer har skapats som gör det möjligt för aktörer i olika medlemsländer att handla utsläppsutrymme med varandra inom respektive sektor. Möjligheterna att flytta utsläppsutrymme mellan det tre sektorerna är dock med vissa undantag begränsade.

Sverige har ställt upp egna nationella klimatpolitiska mål, se faktaruta 2. Dessa mål har en lite annan konstruktion än Sveriges EU-åtaganden och är i vissa avseenden mer ambitiösa.⁷ Den nationella målkonstruktionen begränsar Sveriges möjligheter att nyttja EU:s flexibilitetsmekanismer. Sveriges långsiktiga mål (det så kallade nettonollmålet⁸) anger att de samlade utsläppen från svenska ETS1- och ESR-aktörer till 2045 ska ha minskat med minst 85 procent och att eventuella kvarvarande utsläpp ska kompenseras för genom så kallade kompletterande åtgärder (se faktaruta 2). Till kompletterande åtgärder räknas additionella åtgärder för ökat nettoupptag och minskade utsläpp i svensk skog och mark, avskiljning, transport och lagring av koldioxid med biogent ursprung (så kallad bio-CCS), verifierade utsläppsminskningar genom investeringar i andra länder (i enlighet med Parisavtalets artikel 6) och negativa utsläpp genom andra tekniska åtgärder (SOU 2020:4).

⁷ Det gäller transportsektorn och den svenska ESR-sektorn. För LULUCF-sektorn har Sverige inget nationellt mål.

⁸ Det kan noteras att den svenska definitionen av nettonoll skiljer sig från EU:s definition. Med EU:s definition ska unionens inhemska utsläpp balanseras mot det inhemska nettoupptaget i skog och mark och EU blir därmed klimatneutral. Den svenska definitionen tillåter att kvarvarande utsläpp balanseras mot utsläppsminskningar utanför unionen och att endast *ytterligare* inlagring i svensk skog och mark tillgodoräknas som nettoupptag. Sverige har inget mål för det naturliga kolupptaget i LULUCF-sektorn.

Faktaruta EU:s klimatpolitik

EU:s klimatlag innebär att EU ska uppnå balans mellan utsläpp och upptag av växthusgaser (nettonollutsläpp) senast 2050 ((EU) 2021/1119). EU:s klimatpolitik är uppdelad i tre olika utsläppssektorer som var och en har olika målsättningar. Utsläppen från energiintensiv industri och stora elproducenter regleras av EU:s utsläppshandelssystem, ETS1 (Dir. 2003/87/EG) och företag i samtliga medlemsstater har därmed samma villkor. Utsläpp från övrig industri, jordbruk, transporter och hushållens uppvärmning regleras inom ansvarsfördelningsförordningen, ESR ((EU) 2018/842) för perioden 2021–2030. Ett separat handelssystem, ETS2, för utsläpp från transporter, egen uppvärmning och industri som inte regleras i ETS1 kommer att införas 2027.⁹ Förändringar i nettoupptag inom markanvändningssektorn regleras inom förordningen om utsläpp och upptag av växthusgaser från markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk, LULUCF ((EU) 2018/841).

Åtaganden inom ESR och LULUCF till 2030 fördelas mellan medlemsstaterna. Enligt ansvarsfördelningsförordningen tilldelas Sverige årliga utsläppskvoter för sin ESR-sektor. År 2030 motsvarar kvoten 50 procent av utsläppen 2005. EU-åtagandet innebär att de ackumulerade ESR-utsläppen inte får överstiga den sammanlagda tilldelningen plus eventuella köp av kvotenheter från andra länder minus eventuellt underskott i svensk LULUCF-sektor. Vidare ska Sverige också öka sitt nettoupptag i markanvändningssektorn med 4 miljoner ton till 2030. I EU:s regelverk till 2030 kan inte alla kompletterande åtgärder enligt det svenska regelverket användas för måluppfyllnad. Bland annat kan inte åtgärder enligt Parisavtalets kapitel 6 användas. Det finns ännu inte några beslut om hur negativa utsläpp så som bio-CCS ska bokföras och tillgodoräknas inom EU:s klimatpolitik.

Faktaruta Sveriges klimatpolitik

Enligt det svenska klimatpolitiska ramverket ska Sverige nå nettonollutsläpp av växthusgaser senast 2045 och ha negativa nettoutsläpp därefter. Med nettonoll menas i detta fall att utsläppen från den svenska ESR-sektorn och svenska ETS1-företag 2045 ska ha minskat med minst 85 procent relativt 1990 års nivå och att eventuella kvarvarande utsläpp ska kompenseras för genom så kallade kompletterande åtgärder (se nedan). Vid beräkning av utsläppen inom det svenska ramverket omfattas inte utsläpp och upptag från markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk (LULUCF).

Två etappmål finns också specificerade för 2030 och 2040. Till 2030 ska den svenska ESR-sektorn ha minskat med minst 63 procent relativt 1990-års nivå. Åtta procentenheter får klaras genom så kallade kompletterande åtgärder. Till 2040 ska ESR-sektorns utsläpp ha minskat med minst 75 procent relativt 1990 års nivå. Två procentenheter får klaras genom kompletterande åtgärder. Därtill finns ett särskilt mål för utsläppen från inrikes transporter (exklusive flyg) om att

⁹ Prop 2023/24:142 EU:s nya utsläppshandelssystem för fossila bränslen, bet. 2024/25: MJU3. Introduktionen kan skjutas till 2028 om priserna på olja och gas har överstigit vissa nivåer under 2026.

utsläppen 2030 ska ha minskat med 70 procent relativt 2010 års nivå. Detta mål ska uppnås utan kompletterande åtgärder.

Kompletterande åtgärder har i ramverket definierats som 1) additionella upptag av koldioxid i skog och mark (LULUCF-åtgärder), 2) avskiljning och lagring av koldioxid med biogent ursprung (bio-CCS), och 3) verifierade utsläppsminskningar utanför Sveriges gränser (SOU 2016:21). När tekniska framsteg har gjorts kan det på längre sikt vara aktuellt med andra kompletterande åtgärder så som 4) koldioxidinfångning direkt från atmosfären och lagring (DACCS).

3 Bio-CCS — risker och kostnader

Carbon Capture and Storage, CCS, är ett samlingsnamn för olika tekniker för att fånga in och permanent lagra koldioxid i geologiska eller havsbaserade reservoarer. CCS bedöms ha stor potential att minska utsläppen av koldioxid. Samtidigt finns betydande risker i form av tekniska, ekonomiska och ekologiska utmaningar vilket vi diskuterar i detta kapitel.

CCS-tekniken kan fånga in koldioxiden direkt från atmosfären eller från rökgaser i en förbränningsanläggning. Tekniken att avskilja koldioxid från blandade gasflöden är känd sedan länge och det finns flera möjliga processer för att åstadkomma detta (Energiforsk 2022). Många av dessa tekniska lösningar har länge använts inom kemiindustrin.¹⁰ I kemiindustrins processer är dock partialtrycket av koldioxid högre än i rökgaser från exempelvis ett kraftvärmeverk vilket gör att tekniken måste anpassas för att kunna tillämpas i en CCS-anläggning.

Genom att fånga in och lagra den koldioxid som frigörs vid förbränning förblir koldioxidkoncentrationen i atmosfären oförändrad jämfört med nivån före förbränningsprocessen, oavsett om bränslet har fossilt eller biogent ursprung. Om däremot koldioxid fångas in direkt från atmosfären och därefter lagras i jordskorpan, så kallad DACCS (Direct Air Capture Carbon and Storage), minskar koldioxidkoncentrationen. Även bio-CCS, det vill säga när CCS-tekniken används vid förbränning av biomassa, kan under vissa förutsättningar leda till minskad koldioxidkoncentration i atmosfären. För att så ska ske krävs återplantering motsvarande de träd och grödor som biomassan härstammar ifrån. Då hålls det naturliga kolförrådet i skog och mark på en konstant nivå.¹¹

3.1 Generella risker med CCS-teknik

CCS-tekniken är inte utan risker och osäkerheter. Några av de främsta riskerna är förknippade med teknisk osäkerhet och risker för läckage vid lagring och transport av den infångade koldioxiden. För bio-CCS tillkommer även risker som är förknippade med förändringar i markanvändning vilket diskuteras i avsnitt 3.2.

TEKNISK OSÄKERHETER

CCS-tekniken är ännu inte fullt utvecklad och kan vara kostsam och tekniskt utmanande. Detta trots att den delvis baseras på redan befintlig teknik. Generellt brukar kostnaden för en ny teknik minska när tekniken uppnår ökad marknadsspridning och så kallad mognad. Denna typ av utveckling kan beskrivas med en erfarenhetskurva som kan användas för att uppskatta kostnadsminskningen allteftersom användningen av tekniken ökar. CCS har hittills uppvisat en relativt flack erfarenhetskurva delvis på grund av teknikspecifika karaktärsdrag; den är komplicerad och behöver skräddarsys för att anpassas till olika industrier och processer.¹²

¹⁰ Exempelvis för produktion av syntesgas, naturgas och ammoniak.

¹¹ Vi bortser här från att det tar tid för nyplanterade träd och grödor att växa upp och lagra lika mycket kol som de avverkade träden/skörade grödorna gjorde.

¹² [The Bottom Line: Why the cost of carbon capture and storage remains persistently high \(iisd.org\)](https://www.iisd.org/publications/the-bottom-line-why-the-cost-of-carbon-capture-and-storage-remains-persistently-high)

Energibehovet för infångning och avskiljning per enhet koldioxid blir högre ju lägre koncentration koldioxid som finns i rökgaserna. Därför ökar kostnaden för att fånga in ytterligare koldioxid ju mer koldioxid som redan fångats in av en given mängd rökgaser. Detta gör att det inte blir ekonomiskt effektivt att fånga in och avskilja all koldioxid som frigörs vid förbränning eller i industriprocessen med CCS-tekniken. De flesta CCS-anläggningar har hittills haft som målsättning att fånga in och avskilja cirka 90 till 95 procent av utsläppen från en punktkälla. Det finns flera projekt som uppnått den infångningspotential som prognostiserades vid projektets start, exempelvis Sleipner och Snøhvit-projekten i Norge.¹³ Men många projekt har inte lyckats nå den infångningsgrad som förväntades vid projektens start.¹⁴ Exempelvis planerade projektet Boundary Dam i Kanada att fånga in 90 procent av kolkraftverkets utsläpp, men har under flera år fångat och avskilt en betydligt lägre andel.¹⁵ Infångningsgraden har dock ökat med åren.

RISK FÖR UTSLÄPPSLÄCKAGE VID LAGRING OCH TRANSPORT

Det finns en risk för utsläppsläckage av koldioxid både där den lagras, vid transporten och vid hanteringen mellan avskiljning och slutförvar. För att undvika att koldioxiden läcker vid slutförvaret injekteras koldioxid i en porös bergart under lager av en mindre porös bergart som hindrar koldioxiden från att läcka tills koldioxiden sugts upp av den porösa bergarten där den mineraliseras med tid. Dessa lagringsutrymmen övervakas för att upptäcka eventuellt läckage fram till dess att koldioxiden mineraliserats.

Sleipner och Snøhvit-projekten i Norge är de två mest studerade koldioxidlagringsprojekten.¹⁶ I Sleipnerprojektet visade det sig att koldioxiden förflyttade sig ut från bergsformationen som var tänkt för lagring. Om det inte hade varit för en annan, dittills oidentifierad, bergsformation som visade sig vara lämplig för lagring ovanför den tänkta lagringsformationen hade koldioxiden riskerat att läcka ut till atmosfären.¹⁷

Det finns även en risk för jordbävningar till följd av injektioner av koldioxid.¹⁸ Den bakomliggande mekanismen för seismisk aktivitet vid koldioxidlagring är inte helt klarlagd.¹⁹ Risken för kolläckage vid dessa jordbävningar är små och de kan främst påverka lagringsutrymmet och orsaka brister som får koldioxid att läcka ut.²⁰ Det finns dock forskare som menar att de flesta jordbävningar uppkommer på mycket djupare belägna områden än i de utrymmen där koldioxiden är tänkt att lagras.²¹ Risken för jordbävning kan också begränsas genom att grundligt utforska lagringsutrymmen

¹³ <https://ieefa.org/sites/default/files/2022-09/The%20Carbon%20Capture%20Crux.pdf>.

¹⁴ <https://ieefa.org/sites/default/files/2022-09/The%20Carbon%20Capture%20Crux.pdf>

¹⁵ Boundary Dam 3:s genomsnittliga infångningsgrad har varit 57 procent. Infångningsgraden 2023 var dock 78 procent. <https://ieefa.org/resources/carbon-capture-boundary-dam-3-still-underperforming-failure>.

¹⁶ <https://ieefa.org/sites/default/files/2023-06/Norway%E2%80%99s%20Sleipner%20and%20Sn%C3%B8hvit%20CCS-%20Industry%20models%20or%20cautionary%20tales.pdf>.

¹⁷ Ibid.

¹⁸ [Earthquake triggering and large-scale geologic storage of carbon dioxide | PNAS](#)

¹⁹ [Storing CO2 underground can curb carbon emissions, but is it safe? | Research and Innovation \(europa.eu\)](#)

²⁰ [Reply to Juanes et al.: Evidence that earthquake triggering could render long-term carbon storage unsuccessful in many regions | PNAS](#)

²¹ [No geologic evidence that seismicity causes fault leakage that would render large-scale carbon capture and storage unsuccessful | PNAS](#)

innan de används.²² Hårda bergarter anses mer troliga att brytas sönder och medför därför en större risk för jordbävningar, än mjukare bergsformationer som exempelvis sandsten.²³

Energimyndigheten bedömer att det alltid finns en risk för läckage i samband med CCS.²⁴ De anser att risken är som störst under transporten och när koldioxiden ska pumpas ner i lagringsplatsen under havsbotten. De menar dock att det finns ett omfattande regelverk med rigorösa föreskrifter som gäller under alla CCS-teknikens stadier. Vidare måste ett läckage som uppstår kompenseras genom köp och annullering av utsläppsrätter för att hindra att läckaget leder till ökade utsläpp till atmosfären.

Läckage av koldioxid kan även leda till personskada om det sker vid mellanlagret eller när koldioxiden transporteras till lagringsplatsen.²⁵ Koldioxid är i sig ingen farlig gas men i höga koncentrationer kan den orsaka kvävning genom att gasen tränger undan luftens syre.²⁶ I exempelvis Stockholm Exergis miljötillståndsansökan för sin bio-CCS-anläggning i Värtahamnen i Stockholm framgår att de bedömer att det finns en risk för personskada för allmänheten vid läckage av koldioxid från mellanlagret och vid transporten från mellanlagret.²⁷ Risken bedöms dock som mycket liten och företaget planerar därtill att genomföra ett antal riskreducerande åtgärder som ytterligare minskar risken för skada.

3.2 Bio-CCS och dess specifika risker

Som nämnts ovan kan bio-CCS under vissa förutsättningar sägas ge negativa nettoutsläpp, det vill säga minska koldioxidkoncentrationen i atmosfären. Huruvida detta sker beror på hur tekniken samspelar med markanvändningssektorns lagerhållning av kol.

Utgångspunkten för nedanstående beskrivning av hur bio-CCS påverkar koluttaget är att det finns en skog som har vuxit upp och lagerhåller kol som annars skulle ha funnits i atmosfären i form av koldioxid. Kolflödet vid en bio-CCS-process kan då beskrivas i följande steg.:

Steg 1. Ett avverkningsbeslut tas och ett träd avverkas. Enligt de bokföringsregler som beslutats inom FN-organet UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) registreras kolinnehåll i trädets biomassa som ett utsläpp i LULUCF-sektorn vid avverkningstillfället. I verkligheten sker dock inget utsläpp vid detta steg.

²² [Is there a danger that pumping liquid carbon dioxide underground could have the same negative impacts as fracking? | MIT Climate Portal](#)

²³ Ibid.

²⁴ <https://www.energimyndigheten.se/klimat/ccs/kunskapsbank--lar-dig-mer-om-ccs/fragor-och-svar-om-ccs-och-stodsystemet/#:~:text=Det%20finns%20alltid%20en%20risk%20f%C3%B6r%20%C3%A4ckage,%20f%C3%B6r,ri-gor%C3%B6sa%20f%C3%B6reskrifter%20som%20g%C3%A4ller%20under%20alla%20CCS-teknikens%20stadier.>

²⁵ https://www.icheme.org/media/18490/lpb285_pg18.pdf.

²⁶ <https://rib.msb.se/fa/Substance/Index?id=547>.

²⁷ <https://www.stockholmexergi.se/content/uploads/2023/05/Bilaga-A.1-Riskbedomning.pdf>.

Steg 2. Biomassan från trädet används sedan för produktion av varor, så som exempelvis papper, möbler etcetera. Kolinnehållet i dessa produkter får fortsatt räknas som ett kolförråd utifrån hur långlivad respektive produkt är. Denna del får på så sätt räknas av från det utsläpp som bokfördes vid avverkningen.

Vissa delar av trädet, så som toppar och grenar samt restprodukter från trävarutillverkning, kan användas som bränsle i ett kraftvärmeverk. Vid förbränningen frigörs koldioxid i atmosfären, precis på samma sätt som vid förbränning av fossila bränslen. Detta utsläpp bokförs dock inte som utsläpp i den sektor där förbränningen sker (ETS1 eller ESR) eftersom utsläppet redan bokförts som utsläpp i LULUCF-sektorn i steg 1.

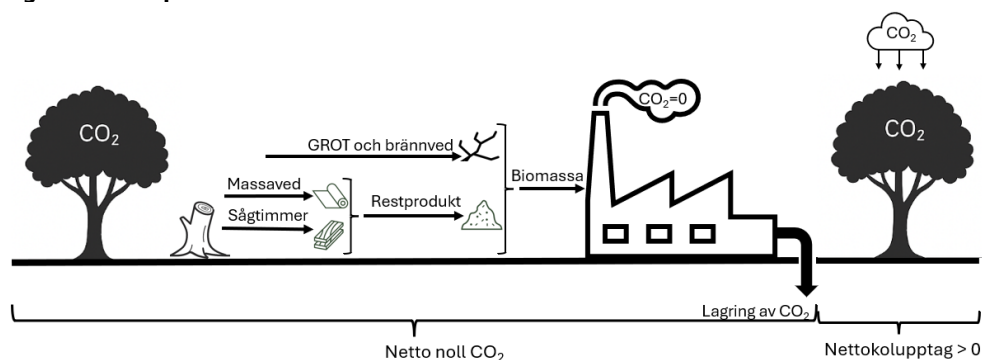
Steg 3. Om kraftvärmeverket installerar en CCS-anläggning kan koldioxiden som frigörs vid förbränningen av biobränslen fångas in och lagras permanent i jordskorpan. Koldioxid i biomassan når inte atmosfären.

Om kolflödesprocessen avstannar i detta steg innebär bio-CCS-anläggningen att värme och/eller el produceras utan koldioxidutsläpp, precis som med en CCS-anläggning som installeras vid förbränning av fossila bränslen. I båda fallen har CCS-tekniken sett till att koldioxidkoncentrationen i atmosfären inte påverkas av förbränningen.

Steg 4. Det sista steget i en bio-CCS-process är det som skiljer den från CCS med fossila bränslen, nämligen att de träd som avverkades för att ge biomassa till förbränning nu återplanteras. När träden växer fångar de in koldioxid från atmosfären genom fotosyntesen. Detta gör att på sikt, när trädet vuxit upp, lagras lika mycket kol som innan avverkningen. Jämfört med utgångsläget har bio-CCS-processen inte påverkat skogens och markens lagerhållning av kol men väl ökat det industriella kolkolagret i jordskorpan.²⁸

Steg 1 till 4 visar att bio-CCS kan leda till mindre koldioxid i atmosfären, eller negativa utsläpp som det också benämns. Denna process illustreras i figur 1 nedan.

Figur 1 Principskiss över kolflödet vid Bio-CCS



Anm. Figuren tar inte hänsyn till tidsaspekten och att det är en skillnad när kolupptaget sker.

²⁸ Vi ignorerar här att det tar tid för trädet att bli lika stort som vid utgångsläget och att processen under denna tid innebär en temporär ökning av koldioxidkoncentrationen i atmosfären.

Det finns alltså en tydlig koppling mellan det tekniska kolinlagringen genom bio-CCS och det naturliga kolupptaget som sker i skogen. Det är centralt att beakta att det som minskar koncentrationen av koldioxid i atmosfären inte är CCS-anläggningen i sig utan kombinationen av bio-CCS tillsammans med återplantering av grödan som med tiden återställer lagret av kol i LULUCF-sektorn. Därför är det viktigt att nettoupptaget i LULUCF-sektorn är reglerat så att ökad efterfrågan på biomassa inte minskar kollagret i skog och mark.

PÅVERKAN PÅ MARKANVÄNDNINGSSSEKTORN OCH RISKER

Huvuddelen av den biomassa som används för el- och värmeproduktion i dag kommer från avverkningsrester samt spill- och biprodukter från skogsindustrin. Denna tillförsel av biobränsle är beroende av ett aktivt skogsbruk med relativt hög avverkning. I dagsläget är det främst sågtimmer och massaved, vilka har större ekonomiska värden än trädbränsle, som driver på avverkningsnivåerna i Sverige. Men ökad efterfrågan på restprodukter till följd av kraftvärme i kombination med bio-CCS, kan göra det mer lönsamt att avverka skog vilket kan bidra till ökat tryck på att minska kolförråd i LULUCF-sektorn.²⁹ En ökad efterfrågan på restprodukter kan dock även öka värdet av att plantera skog på mark som tidigare användes för andra ändamål. Sådan förändring av markanvändningen kan i stället öka kolförrådet i LULUCF-sektorn. Det är svårt att dra en generell slutsats om vad nettoeffekten kan bli.

EU:s klimatpolitik begränsar utsläppen i ETS och ESR samt kräver ett lägsta nettoupptag i LULUCF-sektorn. Om bio-CCS leder till ökad avverkning krävs en politik som ger incitament till åtgärder som ökar kolupptag i andra delar av LULUCF-sektorn. Det finns ett antal möjliga åtgärder inom skogssektorn för att öka nettoupptaget. Till exempel; minskat uttag av biomassa, restaurering av våtmarker, återbeskogning av jordbruksmark i träda och andra öppna ytor, ökad tillväxt genom gödsling eller plantering av snabbväxande trädslag eller ökning av kollagret i långlivade träprodukter (till exempel träbyggnader). Dessa åtgärder kommer dock med ett antal risker och problem så som risk för koldioxidläckage, bristande additionalitet och beständighet, mätosäkerhet och negativa sidoeffekter. I detta avsnitt diskuteras risker och problem men först presenteras en faktaruta om den naturliga kolcykeln som bakgrundsinformation för att ge en bättre förståelse för de risker som presenteras. För en mer heltäckande beskrivning av skogens roll i den svenska klimatpolitiken se Konjunkturinstitutet (2021).

Faktaruta Den naturliga kolcykeln

Grundämnet kol finns i allt levande på jorden men också i många icke-levande ting, samt i luften i form av koldioxid. Cirkulation av kol mellan biosfären och atmosfären är en del av jordens naturliga kolcykel. Växande skog absorberar via fotosyntesen koldioxid från atmosfären och lagrar kol i sin biomassa (lövvverk, grenar, stammar och rötter). En del av detta kol avger de växande träden via respiration. När biomassan ökar är kolbindningen större än respirationen och

²⁹ Detta kan gälla även om endast restprodukter får användas vid förbränning i kraftvärmeanläggningarna. Om vi antar att endast restprodukter förbränns i kraftvärmeverken kommer den högre efterfrågan på restprodukter leda till att skogsbolagen justerar sina priser så att de tar ut ett högre pris på restprodukter och ett något lägre pris på timmer. Detta ökar efterfrågan på timmer vilket även generera mer restprodukter. En högre efterfrågan på restprodukter kan därmed leda till en ökad avverkning även när endast restprodukter förbränns i kraftvärmeverken.

skogens kolförråd växer. När träden dör upphör fotosyntesen men kolet frigörs inte förrän träden bryts ner eller bränns. Kolet i den döda biomassa som fallit naturligt i skogen, eller lämnats efter avverkning, frigörs som koldioxid då mikroorganismer och svampar bryter ner biomassan. Blad, barr och finrötter bryts ner relativt snabbt medan död ved och stubbar lagrar kolet betydligt längre. Ofullständigt nedbrutet organiskt material gör att en del av kolet lagras i marken.

Kolets lagringstid i den träråvara som förts från skogen varierar beroende på typ av slutprodukt som produceras. Allt från biobränsle som direkt vid förbränning avger koldioxid, till långlivade träprodukter (exempelvis byggnader) som lagrar kolet tills produkten ruttnar eller bränns. Det finns alltså kolförråd i de svenska skogarna i form av levande biomassa och död ved och mark, men även utanför skogen i långlivade träprodukter. Så länge kolet är bundet i ett förråd bidrar det inte till ökad koldioxidkoncentration i atmosfären.

Ur ett klimatperspektiv är skogens påverkan på flödet av koldioxid mellan ekosystemet och atmosfären mest betydande. Dock påverkar skogens ekosystem även flödet av växthusgaserna metan och dikväveoxid (lustgas). Växthusgaserna koldioxid och metan ingår i kolets kretslopp medan dikväveoxid ingår i kvävet. Utsläpp av dikväveoxid från skogsmarker ökar framför allt av en hög kvävetillgång från skogsgödsling eller av en hög och varierande grundvattennivå (Bergkvist och Olsson 2008).

I ett kortare tidsperspektiv är nettoupptaget större av att i högre utsträckning låta träden stå kvar. Detta eftersom det befintliga kolförrådet i skog och mark då inte frigörs, samtidigt som den stående skogen kan binda mer kol än en nyetablerad skog gör i närtid. Över ett längre tidsperspektiv stabiliseras dock mängden biomassa i den stående skogen. Genom att i stället bruka skogen kan en hög nettoproduktion upprätthållas och användas för substitution av bränsle och material.

Koldioxidläckage

Så kallat koldioxidläckage kan uppstå inom eller mellan länder om ett styrmedel införs som inte omfattar samtliga utsläpps- och upptagskällor. Om exempelvis skogsmark avsätts för ökad kolinlagring i en region, samtidigt som efterfrågan på jordbruksmark och skogsprodukter är oförändrad, kan detta leda till ökad avskogning eller avverkning i en annan region. Således kan nettoupptaget av avsättningen helt eller delvis försvinna på grund av läckaget (Richards och Stokes 2004). Flera analyser visar att sådant läckage är ett stort problem för projekt som avser att stärka skogen som kolsänka (Murray m.fl. 2004; Gan och McCarl 2007; Sun och Sohngen 2009). En geografisk bredd i den klimatpolitiska styrningen är därför centralt (Lundmark 2022).

Eftersom EU:s klimatpolitik gällande kolupptag i LULUCF är utformad som en restriktion för hela EU:s kolupptag, med nationella åtaganden, kommer denna typ av utsläppsläckage mellan medlemsländerna inte att påverka nettoutsläppen från EU:s samlade LULUCF-sektor. Detta kräver dock att alla medlemsstater uppfyller sina åtaganden och att det inte råder mätproblem och annan osäkerhet om rapporteringen av en medlemsstats kolupptag. Däremot kvarstår läckageproblematiken gentemot länder utanför EU som inte har kvantitativa mål. I sådana fall kan minskad avverkning inom EU leda till en ökad import av biomassa från länder och minska kolförrådet i deras markanvändningssektorer. Effekten av en införd åtgärd för att öka kolupptaget kan då

leda till att kolupptaget förblir oförändrat inom EU men minskar någon annanstans i världen.

Additionalitet

Additionalitet handlar generellt om att klimat- och miljöpolitik ska generera effekter som utan politiken inte skulle komma till stånd. För att kunna bedöma additionaliteten hos en åtgärd eller ett styrmedel inom LULUCF-sektorn krävs en jämförelse med ett referensscenario (baseline). Detta innebär en kontrafaktisk analys där referensscenariot innebär en uppskattning av hur skogen skulle ha utvecklats i frånvaro av det aktuella styrmedlet. Denna baseline påverkas av faktorer som valda skogsbruksmetoder, framtida klimatförhållanden och andra osäkra riskfaktorer, vilket gör den svår att fastställa med precision.

Ett centralt problem med styrmedel som baseras på additionella kolsänkor är därför förekomsten av asymmetrisk information mellan staten och markägaren, där markägaren generellt har bättre information om baseline än staten. Om baseline rapporteras felaktigt finns en risk att staten överskattar åtgärdens effekt och därmed betala för ett koldioxidupptag som i realiteten inte äger rum. Det leder till att det faktiska nettoupptaget för åtgärden blir lägre än beräknat, samtidigt som kostnaden per enhet verkligt upptag ökar (Juutinen m.fl. 2018).

Beständighet

Osäkerhet kring kollagrets beständighet är också en viktig faktor att beakta. Till skillnad från många andra utsläppsminskande åtgärder riskerar större delen av det ökade upptaget av koldioxid i skogen att återgå till atmosfären, antingen genom avverkningar eller naturliga störningar. Hur beständigt kollagret är beror därmed delvis på osäkra faktorer såsom framtida marknadspriser och förekomsten av naturliga händelser som exempelvis bränder, stormar och insektsutbrott, men även på befintliga styrmedels tidslängd och ersättningsstruktur.

Osäkerhet

Skogens tillväxt beror av olika lokala förhållanden som klimat och marktyper. Hur mycket koldioxidupptag per markareal som åstadkoms med en viss åtgärd är därför platsberoende. Ett styrmedel som baseras på en viss typ av aktivitet (åtgärd) snarare än på det faktiska resultatet, ett praxisbaserat styrmedelssystem, innebär därför alltid en viss effektivitetsförlust då uniform betalning sker till åtgärder som ger olika resultat.

Kolförrådet påverkas också av natur- och klimathändelser som är svåra att förutsäga, vilket kan innebära att effekten av en viss policy inte blir som förväntat. Detta kan exempelvis bero på att biomassan växer sämre på grund av torka eller att kolförrådet frigörs på grund av skogsbrand. Samtidigt kommer osäkerhet också från betydande svårigheter i att mäta det faktiska nettoupptaget som sker i skog och mark. Under antagande att beslutsfattaren ogillar risk innebär dessa osäkerheter att värdet per enhet koldioxid är mindre för naturliga kolsänkor än för andra utsläppsminskningar som kan betraktas som säkrare. Skillnaden utgörs av risken för kolsänkan tillsammans med riskaversion (Gren och Aklilu 2016).

Sidoeffekter

Åtgärder för att öka det naturliga kolupptaget, så som exempelvis minskat uttag av biomassa, restaurering av våtmarker, återbeskogning av jordbruksmark, ökad tillväxt genom gödsling eller plantering av snabbväxande trädslag, ger sidoeffekter utöver ökat kolupptag. Exempelvis är åtgärder som ökar skogens tillväxt genom gödsling förknippade med potentiellt stora negativa miljöeffekter. Andra åtgärder såsom skydd av skog, är förknippade med positiva externa effekter. Sådana icke-prissatta sidonyttor behöver beaktas vid utformningen av en politisk styrning av den svenska skogens kol-förråd.

3.3 Tekniskspecifika kostnader

Kostnaderna för bio-CCS och DACCS bedöms i dagsläget vara relativt höga. De kostnadsuppskattningar som förekommer i litteraturen är lägre än vad som bedöms vara kostnaden i Sverige idag. Exempelvis anges i Naturvårdsverket (2025), med hänvisning till Energimyndigheten, att det krävs ett stöd på ca 200–300³⁰ euro per ton koldioxid för att möjliggöra bio-CCS vid de anläggningar som har bäst tekniska och ekonomiska förutsättningar i Sverige. För DACCS är kostnaden ännu högre, uppskattningsvis ca 600³¹ euro per ton koldioxid. Naturvårdsverket (2025) bedömer dock att dessa kostnader har potential att minska över tid, i takt med att tekniken utvecklas och efterfrågan ökar, vilket kan ge stordriftsfördelar och läroeffekter. På längre sikt förväntas kostnaden för bio-CCS sjunka till omkring 100–200³² euro per ton koldioxid.³³

Kostnaderna för åtgärder som kan öka det naturliga kolupptaget är betydligt lägre. På uppdrag av det Klimatpolitiska rådet har RISE kartlagt åtgärder för att öka den svenska kolsänkan (RISE 2024). Rapportförfattarna konstaterar att potential och kostnaderna präglas av skillnader i antaganden och är förenade med stora osäkerheter. Resultaten uttrycks därför som intervall som bör ses som illustrativa, se tabell 1.

³⁰ Motsvarar cirka 2 200–3 300 kronor per ton koldioxid vid en växelkurs om 11 kronor per euro.

³¹ Motsvarar cirka 6 600 kronor per ton koldioxid vid en växelkurs om 11 kronor per euro.

³² Motsvarar cirka 1 100–2 200 kronor per ton koldioxid vid en växelkurs om 11 kronor per euro.

³³ <https://www.catf.us/ccs-cost-tool/>.

Tabell 1 Översikt av potential och kostnader för åtgärder som ökar den naturliga kolsänkan i LULUCF

	Potential till 2030 Mton CO ₂ e/år	Kostnad Kr/ton CO ₂ e
Minskad avverkning inom skogsbruket	>4	250 – 1500
Ökad tillväxt inom skogsbruket	0,5 – 4	0 – 250
Ökad kolinlagring inom jordbruket	0,5 – 4	0 – 750
Återvätning av dikad torvmark	0,5 – 4	250 – 500
Beskogning av nedlagd jordbruksmark	<0,5	0 – 250
Framställning och inlagring av biokol	<0,5	1000 – 3000
Minskad kolförlust vid markexploatering	<0,5	?
Ökad kolinlagring i träprodukter	<0,5	?

Anm. CO₂e är en förkortning av koldioxidekvivalenter.

Källa: RISE (2024).

Tabell 1 visar att åtgärdskostnaderna för att öka nettoupptaget i LULUCF i allmänhet är lägre än 1 000 kronor per ton CO₂-ekvivalenter och i många fall långt under det. När det gäller potentialen konstaterar både RISE (2024) och Konjunkturinstitutet (2021) att det inte är enkelt att göra en samlad bedömning av potentialerna för att till olika kostnadsnivåer öka den svenska skogens lagerhållning av kol inklusive den som sker i långlivade träprodukter. I Konjunkturinstitutet (2021) diskuteras att det på kort sikt förefaller finns möjligheter att till förhållandevis låga kostnader öka den svenska LULUCF-sektorns nettoupptag av koldioxid. Detta genom att skjuta upp eller avstå från avverkning, tillämpa intensivodling och återvätning etc. På längre sikt finns det ytterligare anpassningar som av litteraturen att döma kan göras till relativt låga kostnader.

I Miljömålsberedningen (2025) föreslås att Skogsstyrelsen ska ta fram en modell för ekonomisk ersättning som innebär att skogsägaren ska ersättas med 400 kronor per ton koldioxid som varje år under avtalsperioden lagras in i beståndet. Ersättningen ska differentieras beroende på trädslag, markens bonitet och var i landet beståndet finns. Förslag kan ses som en uppskattning av miljömålsberedningens bedömning av kostnadsläget för att öka kolsänkan genom förlängning av omloppstider. I Miljömålsberedningens betänkande framgår också att de anser att det är rimligt att priset för ett ton inlagrat koldioxid i skogsmark i nuläget bör vara lägre än priset på ett ton koldioxid i exempelvis transportsektorn eller energiproduktion. Detta eftersom osäkerheter vid mätning av kolupptaget i markanvändningssektorn är större än för utsläpp i transportsektor och upptaget av koldioxid vid förlängning av omloppstider inte är permanent utan kommer efter avverkning att återgå till atmosfären.

4 Regelverket för kompletterande åtgärder

Det svenska begreppet kompletterande åtgärder infördes i samband med att det svenska nationella klimatpolitiska ramverket beslutades (Prop. 2016/2017:146, bet. 2016/17:MJU24). Skälen som angavs till att införa en möjlighet att delvis uppfylla utsläppsmålen med hjälp av kompletterande åtgärder var främst att det finns en osäkerhet kring den framtida teknikutvecklingen och därmed kostnaden för att nå de svenska utsläppsmålen. När det gäller kompletterande åtgärder i form av utsläppskrediter under artikel 6 i Parisavtalet angavs också skälet att de kan bidra med stöd till utvecklingsländerna.

Regelverket för de kompletterande åtgärderna var inte färdigt när det klimatpolitiska ramverket infördes. Därför har flera utredningar och myndigheter arbetat med hur de kompletterande åtgärderna ska bokföras och rapporteras gentemot målen. I den klimatpolitiska vägvalsutredningen (SOU 2020:4) presenterades en strategi för hur Sverige ska nå nettonollutsläpp till 2045. Syftet med strategin var att bidra till att de nationella utsläppsmålen uppnås på ett kostnadseffektivt och samhällsekonomiskt effektivt sätt utan att förutsättningarna att nå miljö kvalitetsmålen försämrats. I strategin analyseras de kompletterande åtgärdernas betydelse för att nå nettonollmålet där utredningen bland annat lyfter fram att det är viktigt att ta hänsyn till risker, koldioxidlagringens permanens, betydelsefulla sidonyttor och negativa effekter. Det poängteras även att eftersom osäkerheten om vilka utsläppsminskningar som de kompletterande åtgärderna kommer att generera är stor, är riskspridning centralt för styrningen av kompletterande åtgärder. Strategin specificerar ingen målbild för de olika kompletterande åtgärderna.

I Naturvårdsverket (2023a) lämnas förslag om hur kompletterande åtgärder ska bokföras, redovisas och avräknas mot de svenska klimatpolitiska målen. Förslaget gör inga prioriteringar mellan de olika kompletterande åtgärderna utan förslaget anses vara så generellt att det kan användas oberoende av vilka mer specifika strategier och inriktningar som väljs för de kompletterande åtgärderna. Hur förslagen utformas kan dock få ekonomiska konsekvenser vilket inte redovisas i rapporten. Bland annat föreslås att kompletterande åtgärder inom LULUCF ska definieras som allt nettoupptag som överstiger nettoupptaget under perioden 2016–2018, Sverige ska använda en målbanemetod för avräkning i linje med internationella regelverk för Parisavtalets artikel 6, och all bio-CCS på svenskt territorium ska ingå i Sveriges avräkning som kompletterande åtgärder oberoende av om de åstadkoms med offentliga eller privata medel. När det gäller bio-CCS lyfter Naturvårdsverket även problemet med att det i nuläget finns stor osäkerhet kring hur EU avser att tekniska kolupptag, så som exempelvis bio-CCS och DACCS, ska bokföras. Hur EU:s klimatpolitik för tekniska kolupptag kommer att utformas kommer förmodligen att beslutas i samband med utformningen av klimatpolitiken till 2040.

I Naturvårdsverket (2023b) analyseras konsekvenserna av olika EU-regler för målavräkning för bio-CCS. Naturvårdsverkets analys fokuserar på konsekvenserna av avräkningsregler för utsläppsmålen men presenterar ingen samhällsekonomisk analys av förändringar i incitamentsstrukturen.

Incitament och målavräkning av tekniska kolupptag i EU:s klimatpolitik efter 2030 analyseras i Naturvårdsverket (2025). I rapporten förordar Naturvårdsverket att tekniska kolupptag bör bokföras (avräknas) i en egen sektor med flexibilitet gentemot

EU:s övriga utsläpps- och upptagssektorer. En sådan utformning innebär separata målnivåer för tekniska kolupptag vilket, enligt Naturvårdsverket, möjliggör att nya styrmedel kan komma på plats innan nuvarande styrmedel, så som ETS1, har prisnivåer som ger incitament till tekniska kolupptag. Enligt Naturvårdsverket bör dessa målnivåer komma på plats stegvis eftersom osäkerheten är stor.

5 Målavräkning och incitament

Den befintliga arkitekturen, där klimatpolitiken är uppdelad i tre klimatpolitiska sektorer med olika karakteristika, begränsad flexibilitet mellan sektorerna och separata mål, har lett till att incitamenten för koldioxidutsläpp och kolupptag inte är desamma i de tre sektorerna: LULUCF, ETS1 och ESR. Det är ännu inte beslutat i vilken av EU:s klimatpolitiska sektorer bio-CCS ska avräknas mot. Diskussionen om hur ett sådant regelverk ska utformas pågår. Valet av klimatpolitisk sektor för målavräkning av bio-CCS kan få effekter i andra delar av systemet.³⁴ För att tydliggöra detta inleds detta kapitel med att identifiera de viktigaste skillnaderna mellan EU:s klimatpolitiska sektorer.³⁵ Sedan analyseras konsekvenserna av att bio-CCS målavräknas i olika klimatpolitiska sektorer.

5.1 Skillnader mellan sektorerna i EU:s klimatpolitiska regelverk

De viktigaste skillnaderna mellan EU:s klimatpolitiska sektorer gäller graden av mätosäkerhet, åtgärdskostnader, om sektorerna redovisar utsläpp eller nettoupptag, flexibiliteten gentemot övriga sektorer samt om sektorn omfattas av ett nationellt åtagande.³⁶ Dessa faktorer gör att valet av sektor för målavräkning för bio-CCS påverkar vilka konsekvenser implementeringen av tekniken ger upphov till.

NETTOUPPTAG, UTSLÄPP OCH MÄTOSÄKERHET

Växthusgasutsläpp som uppstår genom förbränning av fossila bränslen och verksamhetsprocesser redovisas i ETS1 eller ESR, beroende på vilken typ av verksamhet som orsakar utsläppen. Nettoupptag av koldioxid redovisas däremot i sektorn för markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk, LULUCF. Att mäta nettoupptag i LULUCF-sektorn är förknippat med mätsvårigheter (se avsnitt 3.2). Detta gör att det även är svårt att bedöma en specifik åtgärds effekt på nettoupptaget. Detta till skillnad mot ETS1 och ESR som har en betydligt lägre mätosäkerhet än i LULUCF (Naturvårdsverket 2021). Utsläppen i ESR och ETS1 genereras, i merparten av fallen, vid förbränning av fossila bränslen till exempel i samband med bilkörning eller i industriprocesser. Övriga utsläpp, såsom de som uppstår i jordbruksverksamheter och avfallshantering, är de utsläpp inom ESR som är förknippade med störst mätosäkerhet (Naturvårdsverket 2024). Att ”kvitta” utsläpp från ESR eller ETS1 mot ett ökat nettoupptag i LULUCF kan därför vara förknippat med stor osäkerhet gällande det faktiska bidraget till att nå de klimatpolitiska målen.

³⁴ Exempelvis kan ökad användning av bio-CCS öka efterfrågan på biomassa. När befintlig potential av restprodukter i form av toppar och grenar samt restprodukter från industrin har använts kan detta öka trycket på avverkning för att på så sätt skapa mer restprodukter. Alternativt kan det bli lönsamt att bränna andra delar av skogens råvara, som används till andra produkter i dag vilket också kan leda till ökad avverkning och därmed påverkan på LULUCF-sektorn.

³⁵ Uppdelningen i LULUCF, ETS och ESR är en konstruktion från EU:s klimatpolitiska arkitektur men speglar även det svenska klimatpolitiska ramverket då etappmålen till 2030 och 2040 endast gäller ESR-sektorn. För 2045 gäller det svenska klimatpolitiska målet både utsläpp från ETS- och ESR-sektorn.

³⁶ Beslutet att handla utsläppsutrymme över gränserna har med andra ord inte delegerats till privata aktörer så som i ETS.

ÅTGÄRDSKOSTNADER

Kostnaderna för att genomföra utsläppsreducerande åtgärder och åtgärder för ökat kolupptag varierar betydligt mellan olika sektorer, liksom potentialen att genomföra dem. Inom LULUCF-sektorn är kostnaderna för åtgärder som syftar till att öka kolupptaget fram till 2030 generellt låga – ofta väl under 1 krona per kilo koldioxid, med flera åtgärder som ligger avsevärt lägre än så (se avsnitt 3.3). Som tidigare nämnts är dock osäkerheten i dessa uppskattningar stor, främst på grund av svårigheter med att mäta och verifiera det faktiska kolupptaget. Detta innebär att även om kostnadsnivåerna verkar fördelaktiga, måste de tolkas med viss försiktighet.

Priset på utsläppsrätter inom ETS1-systemet motsvarar marginalkostnaden för att genomföra utsläppsminskande åtgärder inom detta system. Under de första tre månaderna av 2025 har priset varierat mellan cirka 60 och 80 euro per ton koldioxid, vilket motsvarar ungefär 0,7–0,9 kronor per kilo.³⁷ I ESR-sektorn var den svenska koldioxidskatten på naturgas, gasol, kol och koks år 2025 1,51 kronor per kilo koldioxid (Regeringskansliet 2025). För andra bränslen varierar skatten i kronor per kilo beroende på koldioxidinnehåll. Koldioxidskatt tillämpas även på fossila bränslen och låginblandade biodrivmedel inom reduktionsplikten.

Utöver priset på utsläppsrätter och koldioxidskatt påverkas kostnaden för att släppa ut växthusgaser av en rad andra styrmedel, både inom ETS1 och ESR. Inom transportsektorn bidrar exempelvis EU:s avgaskrav, reduktionsplikten, fordonsbeskattning samt förmånsbeskattning av tjänstebilar till en högre faktisk kostnad för utsläpp. Inom industrin tillkommer tekniska krav och begränsningar för utsläpp av rökgaser, exempelvis enligt miljöbalken, vilket ytterligare höjer den totala utsläppskostnaden. Sammantaget innebär detta att den verkliga marginalkostnaden för utsläppsminskningar i både ESR- och ETS1-sektorerna sannolikt är betydligt högre än vad enbart koldioxidskatten eller priset på utsläppsrätter antyder.

På längre sikt förväntas priserna inom både ETS1 och ESR stiga. EU-kommissionen har i sina rekommendationer inför arbetet med klimatrappporteringen presenterat prisbanor för ETS1 och ETS2 (sistnämnda är ett nytt handelssystem för transporter och byggnader) under olika scenarier. Vid nuvarande styrning antas priset på utsläppsrätter för båda systemen efter 2030 ligga relativt konstant fram till 2040 och motsvarar ett koldioxidpris om cirka 1,1 kronor per kilo koldioxidutsläpp.³⁸ I ett scenario med skärpt styrning, där EU når klimatneutralitet till 2050, antas priset öka till omkring 3 kronor per kilo koldioxidutsläpp 2040. Dessa kostnadsuppskattningar är naturligtvis förenade med betydande osäkerhet. Till skillnad för mätosäkerheten gäller osäkerheten här i första hand den framtida kostnadsutvecklingen för utsläppreducerande åtgärder. Denna påverkas av flera faktorer, där teknikutvecklingen spelar en central roll.

Generellt verkar bedömningarna vara att kostnaden för utsläppsreducerade åtgärder är högre än kostnaden för åtgärder som ökar det naturliga kolupptaget men potentialerna

³⁷ <https://tradingeconomics.com/commodity/carbon>. Följande växelkurs användes för att beräkna utsläppsrätten i kronor per ton koldioxid: 11,1 SEK/euro och sedan avrundat till närmaste hundratal.

³⁸ Detta innebär indirekt att kommissionen antar att de två systemen slås samman framöver. Detta sägs dock inte i promemorian som anger rekommendationerna.

för många av de åtgärder som finns i LULUCF-sektorn är relativt begränsade. Dessutom är inte skogens alla nyttor internaliserade i åtgärdskostnaderna.

FLEXIBILITET OCH NATIONELLA ÅTAGANDEN

I EU:s klimatpolitiska ramverk fram till 2030 finns det regler för vilka möjligheter det finns att överföra utsläppsutrymme mellan LULUCF, ESR och ETS1.³⁹ Det är dock inte beslutat vad som kommer att gälla efter 2030. Det nuvarande regelverket anger att det finns:

- Begränsad möjlighet att överföra utsläppsutrymme från ETS1 till ESR
- Begränsad möjlighet att överföra utsläppsutrymme från LULUCF till ESR
- Full flexibilitet att överföra utsläppsutrymme från ESR till LULUCF.

Generellt går det således att säga att dagens regelverk inte, i någon större utsträckning, tillåter att utsläppsutrymme överförs från kolsänkan till utsläppsreducerande sektorer men att det däremot är full flexibilitet från ESR till LULUCF, vilket innebär att utsläppsreducerande åtgärder kan kompensera för bristande koluttag.

Både för ESR och LULUCF har Sverige nationella åtaganden som ska uppfyllas antingen med åtgärder inom landet eller genom att köpa krediter från andra medlemsstater. I ESR finns det även möjlighet att överföra utsläppsutrymme mellan år genom att spara och låna utsläppsutrymme. För ETS1 finns inga nationella utsläppsåtaganden utan de svenska företagen deltar i handelssystemet på marknadens villkor. Sverige har således ingen rådighet över i vilken utsträckning de svenska företagen väljer att köpa utsläppsrätter eller minskar sina utsläpp i sektorn.

5.2 Möjliga sektorer för målavräkning

Om EU:s klimatpolitik efter 2030 skulle ha liknande struktur som idag finns möjlighet att avräkna bio-CCS mot mål i antingen ETS1, LULUCF eller ESR. Sannolikt kommer dock EU:s klimatpolitik för perioden efter 2030 genomgå strukturella förändringar. Två aktuella förslag som diskuteras är att:

- ESR upplöses. ETS1 och ETS2 slås ihop till ett handelssystem. LULUCF och jordbruket slås ihop till en jordbruk-, skogsbruk- och markanvändningssektor (den så kallade AFOLU-sektorn enligt tidigare förslag från kommissionen⁴⁰). Alternativt att,
- ESR kvarstår men minskar i omfattning där ETS2 separeras från ESR. ETS1 och ETS2 är dock fortsatt två separata system.

³⁹ https://climate.ec.europa.eu/eu-action/effort-sharing-member-states-emission-targets/effort-sharing-2021-2030-targets-and-flexibilities_en hämtad den 20250624.

⁴⁰ COM (2021), SWD(2021) 609 final.

Utöver en ny uppdelning av befintliga utsläpp och upptag finns även förslag om att bilda en ny sektor för tekniska kolupptag inrättas där kolupptag från bio-CCS ska avräknas.⁴¹

De aktuella förslagen har dock likheter med nuvarande system exempelvis med avseende på indelningen i sektor(er) som omfattar utsläpp och som inkluderas i ett EU-gemensamt handelssystem, sektor som omfattar utsläpp och som avräknas mot nationella åtaganden samt en sektor som främst (eller enbart) omfattar nettoupptag och som avräknas mot ett nationellt åtagande.

Nedan analyseras konsekvenserna av att målavräkna bio-CCS i olika sektorer, med fokus på vilka incitament detta skapar för företag. I vissa fall uppstår inga incitament alls, vilket pekar på att ytterligare styrning kan behövas för att investeringar i bio-CCS ska realiseras. Detta ska dock inte tolkas som en rekommendation om att införa sådana styrmedel, utan snarare som ett konstaterande att behovet kan uppstå beroende på vilken sektor som väljs för målavräkning. I många fall innebär detta ineffektiva lösningar.

BIO-CCS AVRÄKNAS MOT SEKTOR MED EU-MÅL OCH HANDELSSYSTEM (ETS)

I detta avsnitt analyseras konsekvenserna av att avräkna kolupptag från bio-CCS mot mål inom ett europeiskt utsläppshandelssystem (ETS).⁴² Om kolupptag från bio-CCS i form av negativa utsläppskrediter tillåts i ETS utan restriktioner, innebär det att utsläpp inom systemet kan kompenseras av en obegränsad mängd tekniska kolupptag, i den mån det är fysiskt möjligt.⁴³ Dessa negativa utsläppskrediter skulle då kunna användas tillsammans med traditionella utsläppsrätter, vilket i praktiken innebär att det faktiska utsläppstaket för fossila växthusgasutsläpp inom ETS blir högre än om endast konventionella utsläppsrätter används.

En sådan utformning av ETS ger incitament för att investera i bio-CCS när priset på ETS-utsläppsrätter överstiger kostnaden (på marginalen) för investeringar i bio-CCS. Givet nuvarande prognoser för priset på utsläppsrätter och kostnaden för bio-CCS kommer detta förmodligen att inträffa under 2040-talet.⁴⁴ När priset på utsläppsrätter överstiger kostnaden för bio-CCS kommer investeringarna i bio-CCS att öka.

Figur 2 visar en stiliserad bild över hur priset på ETS utvecklas givet olika förutsättningar för bio-CCS (eller andra tekniska kolupptagsåtgärder). Om det finns obegränsade möjligheter till bio-CCS till en given kostnad skulle priset på utsläppsrätter inom ETS inte överstiga priset för tekniska kolupptag med bio-CCS (se röd linje). Potentialen för bio-CCS antas dock vara begränsad både i EU och i Sverige. Inte heller är det troligt att priset för bio-CCS är lika för alla anläggningar utan det beror på vilken typ av anläggning som avser avskilja koldioxiden samt vilka transportförutsättningar som

⁴¹ Detta föreslås bland annat i Naturvårdsverket (2025).

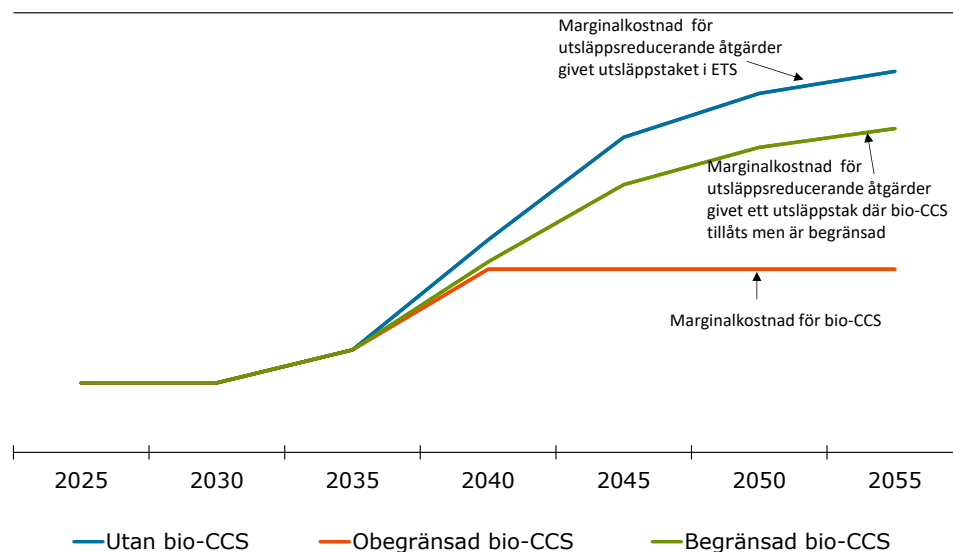
⁴² Analysen är generell och går att applicera på ett scenario där handelssystemet inkluderar ett sammanslaget ETS1 och ETS2 eller ett scenario där ETS1 och ETS2 är två separata system.

⁴³ Inga ytterligare förändringar i regelverket för ETS antas förutom att bio-CCS antas generera kolupptag som kan användas för att uppfylla målet för sektorn. Konsekvenserna av att införa styrmedel i form av specifika regler för bio-CCS analyseras vidare i avsnitt 6.

⁴⁴ I Kommissionens dokument om rekommenderade parametrar att använda i klimatrappporteringsarbetet "Recommended parameters for reporting on GHG projections in 2025 Update of June 2024" antas att priset på ETS blir cirka 140 €/tCO₂ år 2035 och 430 €/tCO₂ 2040.

gäller för den specifika anläggningen (exempelvis avståndet till tågräls eller hamn). Med dessa förutsättningar kommer troligen bio-CCS att leda till en något dämpad prisökning på utsläppsrätter (grön linje i figur 2) i förhållande till fallet då det inte finns några åtgärder för tekniska kolupptag (blå linje i figur 2).⁴⁵ Priset blir dock troligen högre än i fallet då det finns obegränsade möjligheter till ett givet pris för bio-CCS (röd linje i figur 2).

Figur 2 Stiliserad bild av ETS-prisets utveckling vid olika förutsättningar för bio-CCS



Anm: Figuren är ritad under antagandet att bio-CCS har tilltagande marginalkostnad. Figuren bortser även från vanlig CCS för att förenkla.

Om det finns möjlighet att köpa befintliga utsläppsrätter och även generera nya krediter genom kolupptag från bio-CCS-anläggningar, kommer bruttoutsläppen från fossila källor inom handelssystemet inte att minska till noll – även om tilldelningen av traditionella utsläppsrätter genom auktionering helt upphör. Detta innebär att systemet inte nödvändigtvis kommer att bidra till att EU:s samlade nettoutsläpp blir negativa, det vill säga ett kolupptag som överstiger de kvarvarande utsläppen. Så länge utsläpp och upptag hanteras enligt samma regler och kvittas mot varandra inom systemet, genererar systemet inte negativa nettoutsläpp.⁴⁶

Som konstaterades i avsnitt 5.1 bedöms den framtida kostnaden för utsläppsrätter inom ETS vara högre än kostnaden för bio-CCS, och även högre än kostnaden för åtgärder som syftar till att öka kolupptaget i LULUCF-sektorn. Om kolupptag från bio-CCS tillåts att avräknas inom ETS kan det leda till en situation där efterfrågan på biomassa för förbränning ökar kraftigt. Detta riskerar att leda till ett ökat uttag av skogsråvara från LULUCF-sektorn och därmed ett minskat nettokolupptag i denna sektor. För att motverka detta, och säkerställa att EU:s samlade mål inom LULUCF uppnås, krävs att regelverket för sektorn är effektivt. I ett sådant fall kommer det behöva

⁴⁵ Grafen är ritad under antagandet att bio-CCS har tilltagande marginalkostnad.

⁴⁶ Negativa utsläpp kan genereras i ETS genom att exempelvis en utsläppskredit motsvarar två enheter kolupptag, se exempelvis Rickels m.fl. (2021).

införas ytterligare incitament för att främja åtgärder för ökat kolupptag, exempelvis genom ekonomiska styrmedel.

Det finns dock två centrala aspekter som gör att ett system där bio-CCS implementeras i ETS eventuellt inte kommer att leda till ett kostnadseffektivt uppfyllande av EU:s klimatomål. För det första måste kostnaderna för åtgärder inom LULUCF-sektorn återspegla den fulla samhällsekonomiska kostnaden. Det innebär att både negativa och positiva externa effekter måste vara internaliserade i kostnadsberäkningarna, något som i dagsläget sällan är fallet (se avsnitt 3.2). Ett konkret exempel är skogsgödsling, som kan öka tillväxten och därmed kolupptaget, men samtidigt har negativa effekter på den biologiska mångfalden. Sådana bieffekter är i nuläget inte prissatta och därmed inte inkluderade i de beräknade kostnaderna för åtgärden.

För det andra råder betydande osäkerhet om möjligheten att korrekt mäta effekterna av enskilda åtgärder inom LULUCF-sektorn. Osäkerheten gäller både risken för läckage, det vill säga att åtgärder i ett område leder till ökade utsläpp i ett annat, och svårigheterna med att fastställa en trovärdig referensbana för skogens naturliga utveckling (se avsnitt 3.2). Denna samlade osäkerhet innebär att det i praktiken är mycket svårt att uppnå en lösning där de samhällsekonomiska marginalkostnaderna för utsläpp och kolupptag är helt likvärdiga mellan sektorerna.

EU:s nuvarande regelverk har tagit höjd för dessa utmaningar och har hittills inte tillåtit någon direkt handel mellan LULUCF och ETS i syfte att uppnå utsläppsmål inom ETS. Den koppling som uppstår genom att låta kolupptag från bio-CCS tillgodoräknas i ETS utgör i praktiken en form av ensidig, implicit handel från LULUCF till ETS, trots att LULUCF inte är integrerat i utsläppshandeln.⁴⁷ Det minskade nettoupptaget när biomassa avverkas bokförs i LULUCF medan ökningen av kolupptaget vid bio-CCS bokförs i ETS. Det är således inte en handel med faktiska krediter utan en implicit handel som uppstår via att upptag och utsläpp av samma koldioxidatom bokförs i olika klimatpolitiska sektorer. Mot denna bakgrund finns starka skäl att ifrågasätta möjligheten att avräkna kolupptag från bio-CCS inom ETS, såvida inte dessa mätosäkerheter och systemrisker kan hanteras på ett tillförlitligt sätt.

Den implicita kopplingen mellan ETS och LULUCF innebär i praktiken också en handel mellan två sektorer med olika typer av klimatpolitiska mål: ETS omfattas av ett utsläppstak fastställt på EU-nivå, medan LULUCF-sektorn har nationella åtaganden för varje medlemsstat. Dessutom skiljer sig styrmedlen åt, i ETS prissätts koldioxidutsläpp genom handel med utsläppsrätter, medan LULUCF har ett mål för nettokolupptag, men saknar övergripande ekonomiska styrmedel utan styrs främst av nationella regelverk.

Eftersom Sveriges åtagande inom LULUCF är nationellt, kan en ökad användning av bio-CCS försvåra uppfyllandet av det svenska LULUCF-åtagandet. Om tillgången på biomassa är ojämnt fördelad mellan medlemsländerna, kan vissa länders LULUCF-sektor påverkas mer negativt än andras. Sådana obalanser kan delvis hanteras genom handel med LULUCF-krediter mellan medlemsstater. Hittills har dock inga sådana transaktioner skett. Energimyndigheten har dock påbörjat ett arbete med att förbereda för, och potentiellt genomföra, förvärv av utsläppstilldelningar från andra länder som

⁴⁷ Till viss del finns det redan idag en sådan implicit handel eftersom regelverket inom ETS innebär att koldioxid från biogen förbränning nollräknas.

ett led i att nå Sveriges klimatpolitiska mål till 2030 inom ramen för EU:s regelverk.⁴⁸ Det kvarstår dock att om LULUCF-åtagandet ligger fast på en given nivå kan en ökad efterfrågan på biomassa, driven av en ökad efterfråga på tekniska kolupptagskrediter, leda till en ökad efterfrågan på LULUCF-krediter. Detta kan komma att öka kostnaderna för att uppfylla LULUCF-åtagandet även när handel med LULUCF-krediter förekommer.

BIO-CCS AVRÄKNAS MOT MÅL I SEKTOR SOM OMFATTAR KOLUPPTAG MED NATIONELLT ÅTAGANDE (LULUCF)

I detta avsnitt analyseras konsekvenserna av att avräkna bio-CCS i LULUCF-sektorn (eller en motsvarande sektor där naturliga kolupptag inkluderas). Åtgärdskostnaderna för att öka det naturliga kolupptaget i LULUCF bedöms generellt vara lägre än kostnaderna för tekniska kolupptag som bio-CCS, se avsnitt 5.1. Det innebär att ett generellt ekonomiskt styrmedel för ökat kolupptag i sektorn sannolikt inte kommer att skapa tillräckliga incitament för investeringar i bio-CCS. Om det trots detta finns politisk vilja att möjliggöra investeringar i bio-CCS krävs ett separat, riktat styrmedel. Ett sådant styrmedel innebär troligen att mängden kolupptag från bio-CCS sätts exogent genom ett politiskt beslut. Om mängden kolupptag från bio-CCS bestäms så att hänsyn tas till eventuella negativa sidoeffekter minskar risken för att bio-CCS tränger undan det naturliga kolupptaget.⁴⁹

Om incitament för bio-CCS införs kommer två olika typer av kolupptag med vitt skilda karakteristika behandlas som likvärdiga vid måluppfyllnad av LULUCF. Koldioxidupptag via bio-CCS är i princip permanent och kan mätas med hög noggrannhet, medan naturligt kolupptag är förenat med betydande mätsvårigheter och har begränsad långsiktig permanens. Länken mellan bio-CCS och det naturliga kolupptaget gör dock att det som slutligen målsätts i LULUCF är nettoupptaget i den naturliga kolsänkan. Detta eftersom det kolupptag som bio-CCS bidrar till endast ”kvittar” det utsläpp som skapades när trädet (biomassan) avverkas, se figur 1. Därmed kvarstår LULUCF-sektorns inneboende mätosäkerheter även om bio-CCS målavräknas i sektorn.

Sammanfattningsvis kommer mängden kolupptagskrediter som genereras av bio-CCS-anläggningar sannolikt att fastställas exogent av beslutsfattare när bio-CCS inkluderas i LULUCF-sektorn. När både tekniska och naturliga kolupptag redovisas inom samma sektor blir kopplingen mellan dem tydligare. Sammantaget ökar detta sannolikheten för att införandet av bio-CCS i EU:s klimatpolitiska ramverk inte leder till ett lika högt tryck på det naturliga nettoupptaget i LULUCF-sektorn jämfört med om bio-CCS målavräknas i en sektor som omfattas av EU:s handelssystem för utsläppsrätter.

BIO-CCS AVRÄKNAS MOT MÅL I SEKTOR SOM OMFATTAR UTSLÄPP MED NATIONELLT ÅTAGANDE (ESR)

I detta avsnitt analyseras konsekvenserna av att avräkna bio-CCS i en sektor som omfattar ett nationellt EU-åtagande och som samtidigt har ett nationellt utsläppsmål, så som nuvarande ESR-sektor. Vi antar att en framtida ESR-sektor, precis som i nuvarande regelverk, tillåter handel/kompensation från ESR till LULUCF men endast i

⁴⁸ <https://www.energimyndigheten.se/klimat/klimat/sveriges-energi--och-klimatmal/forvarv-av-utrymme-av-utslapp-och-upptag-inom-esr-och-lulucf/>.

⁴⁹ Gäller så länge bio-CCS förblir dyrare än åtgärder för att öka det naturliga kolupptaget.

begränsad omfattning från LULUCF till ESR. Vi antar också att det nationella målet är utformat enligt nuvarande regelverk där målet ska uppnås genom utsläppsminskningar i Sverige med en viss begränsad flexibilitet genom kompletterande åtgärder så som bio-CCS.

Givet dessa antaganden kommer det endast vara möjligt att använda kolupptag från bio-CCS för avräkning mot det svenska EU-åtagande för ESR-sektorn om åtagandet kräver mer utsläppsminskningar än motsvarande svenska mål exklusive de utsläppsminskningar som kan åstadkommas via kompletterande åtgärder. Detta eftersom det nationella klimatpolitiska målet till 2040 (exklusive den del som kan åstadkommas via kompletterande åtgärder), måste uppfyllas genom utsläppsminskningar i Sverige.

I ett scenario där omfattningen av det svenska klimatpolitiska målet till 2040 skiljer sig från omfattningen av en ny ESR-sektor efter 2030 (som vi här kallar ESR2040) blir det svårare att avgöra i vilken utsträckning bio-CCS kan användas för att uppfylla Sveriges EU-åtagande när bio-CCS avräknas i ESR2040. Resonemangen kring när och hur bio-CCS kan användas för att uppfylla Sveriges EU-åtagande blir då mer komplexa.

En ny ESR-sektor kan exempelvis uppstå om utsläppen från ETS2-företag regleras i en egen sektor eller inkluderas i ETS1, i stället för som idag i nuvarande ESR. Det innebär att ESR2040, som då främst skulle innehålla utsläpp från jordbruk och avfallshantering, utgör en delmängd av de utsläpp som regleras i det svenska nationella utsläppsmålet. Eftersom det svenska målet ska uppnås med inhemska utsläppsminskningar, med undantag för de delar som får täckas genom kompletterande åtgärder, är det sannolikt att även åtagandet för ESR2040 kommer att uppfyllas med inhemska utsläppsminskningar. Men detta beror i hög grad på i vilka sektorer de svenska utsläppsminskningarna sker i, exempelvis transport jordbruks- eller avfallssektorn.

Om exempelvis en stor del av det svenska utsläppsminskningarna sker inom transportsektorn och lätt industri samtidigt som utsläppen från jordbruk- och avfallssektorn inte minskar lika mycket som åtagandet för ESR2040 kräver, kan negativa utsläpp genom bio-CCS användas för att uppnå åtagandet för ESR2040. Samtidigt skulle huvuddelen av de faktiska utsläppsminskningarna ske i transportsektorn och i lätt industri. Det svenska målet skulle i en sådan situation uppfyllas trots att bio-CCS används för att uppfylla EU-åtagandet.

Om Sverige inte uppfyller sitt EU-åtagande inom LULUCF-sektorn finns även möjlighet att överpresterar i ESR som kan användas för att avräkna i LULUCF-sektorn. Detta kan göras genom att köpa kolupptagsenhet från bio-CCS-anläggningar när bio-CCS avräknas i ESR. I scenariot där EU-åtagandet är mindre stringent än det svenska klimatpolitiska målet (de två högra staplarna i **Fel! Hittar inte referenskälla.**) måste dock Sverige först uppnå sitt svenska nationella mål för att sedan köpa bio-CCS för att överlåta till LULUCF. Den mängd kompletterande åtgärder som i detta fall utgörs av kolupptag från bio-CCS kan då också användas för att täcka ett eventuellt underskott inom LULUCF.

Sammanfattningsvis kommer den svenska efterfrågan på kolupptag från bio-CCS bero på mängden kompletterande åtgärder i det svenska målet, skillnaden mellan EU-åtagandet och det svenska klimatpolitiska målet samt på eventuella underskott i LULUCF när bio-CCS avräknas i ESR-liknande sektor.

BIO-CCS AVRÄKNAS MOT MÅL I NY SEKTOR FÖR TEKNISKA KOLUPPTAG

I detta avsnitt analyseras konsekvenserna av att avräkna bio-CCS i en ny sektor för tekniska kolupptag. En sådan sektor kan antingen omfattas av nationella åtaganden eller av mål på EU-nivå, ha full flexibilitet (överföringsmöjligheter) gentemot övriga klimatpolitiska sektorer eller vara helt avskild, eller delvis, från dessa.

Utan nationellt åtagande

Om en ny sektor för tekniska kolupptag inrättas som inte har nationella åtaganden utan endast ett övergripande EU-mål behöver de styrmedel som införs vara EU-omfattande för att skapa incitament till investeringar i bio-CCS. En separat sektor för tekniska kolupptag innebär att politiken exogen kommer att bestämma mängden tekniska kolupptag i systemet. Målnivån kan då sättas så att hänsyn tas till utveckling av det naturliga kolupptaget det vill säga så att bio-CCS inte skapar ett för stort negativt tryck på LULUCF-sektorn. Om politikerna inte lyckas med att precisera en sådan målnivå kommer det även i detta scenario vara väsentligt att ta hänsyn till mätosäkerheten i LULUCF, precis som i fallet när bio-CCS målavräknas i ETS. Även andra problem som diskuterats i avsnittet om bio-CCS i ETS gäller för en ny sektor utan nationellt åtagande, så som effekten av att Sverige har ett nationellt åtagande i LULUCF men inte i denna nya sektor vilket kan skapa obalanser om handel mellan länder inte fungerar.

Med en ny sektor utan nationellt åtagande finns ingen naturlig efterfrågan på krediterna om det inte finns flexibilitet gentemot övriga klimatpolitiska sektorer. Vid obegränsad flexibilitet mellan denna sektor och övriga klimatpolitiska sektorer kommer de tekniska upptagskrediterna köpas av den aktör med högst marginalkostnad för att minska sina utsläpp.⁵⁰ Systemet kommer på så sätt att minska kostnaderna för att uppnå EU:s utsläppsmål så länge som kostnaden för bio-CCS och övriga tekniska kolupptagstekniker är lägre än de dyraste utsläppsminskande åtgärderna i övriga sektorer som annars skulle ha behövts för att nå målen.

Om det inte finns någon flexibilitet mellan den nya sektorn och övriga klimatpolitiska sektorer kan efterfrågan skapas genom att exempelvis EU-kommissionen upphandlar ett visst antal upptagskrediter som finansieras med exempelvis intäkter från ETS eller genom ett kvotpliktssystem. Sådana beslut kan vara motiverade om det finns externa läreffekter eller andra politikstrategiska överväganden. Dimensionering av sektorn kan exempelvis beslutas utifrån kostnadseffektivitet i förväntan eller att man ser ett extra värde i form av läreffekter.

Med nationellt åtagande

Om en ny sektor för tekniska kolupptag införs med nationellt åtagande måste ett nationellt styrmedel införas för att möjliggöra att Sverige når åtagandet. Om vi antar att det inte finns någon flexibilitet mellan övriga klimatpolitiska sektorer kommer, precis som i fallet då bio-CCS antas avräknas i LULUCF, mängden kolupptag från bio-CCS bestämmas genom detta styrmedel. Om styrmedlet utformas så att hänsyn tas till

⁵⁰ Detta förutsätter att kostnaden för de tekniska kolupptagskrediterna är lägre än åtminstone några av de utsläppsminskande åtgärderna i övriga klimatpolitiska sektorer.

eventuella negativa sidoeffekter minskar risken för att bio-CCS tränger undan det naturliga kolupptaget.

Om full flexibilitet antas från den nya sektorn till övriga sektorer med nationella åtaganden kan bio-CCS användas för att täcka underskott både i ESR och LULUCF där vi antar att Sverige fortsatt har nationella åtaganden. Som vi tidigare noterade kommer Sverige inte ha möjlighet att använda kolupptagskrediter från den nya sektorn för att nå sitt EU-åtagande i ESR så länge som det svenska klimatpolitiska målet är mer omfattande än Sveriges EU-åtagande. Detta eftersom Sveriges nationella mål är formulerat så att det måste uppnås genom utsläppsminskningar i Sverige. Den nya sektorns krediter kan dock användas för att uppfylla Sveriges åtagande i LULUCF-sektorn.

6 Styrmedel för bio-CCS

Investeringar i bio-CCS kräver nya, eller justerade, styrmedel oavsett var bio-CCS målavräknas. Dessa styrmedel kan vara nationella eller EU-övergripande. Styrmedel för bio-CCS har analyserats i bland annat Naturvårdsverket (2025), Johnsson m.fl. (2023) och Bednar m.fl. (2024). Bland annat studeras i dessa rapporter styrmedel som skapar incitament för bio-CCS även om tekniken är dyrare än andra utsläppsreducerande åtgärder. Sådana styrmedel kan på längre sikt vara välfärdshöjande om exempelvis läreffekterna av att inkludera bio-CCS innan tekniken är lönsam är tillräckligt stora. Om läreffekterna däremot blir begränsade riskerar styrmedlet att bli samhällsekonomiskt ineffektiva.

6.1 Kvotplikt

Ett exempel på ett sådant styrmedel är att införa en kvotplikt för bio-CCS inom ett ETS-system. Ett sådant kvotpliktssystem kan vara aktuellt när kostnaden för bio-CCS är dyrare än priset för en utsläppsrätt inom handelssystemet. Det innebär att kvotplikt tvingar in en dyrare åtgärd (bio-CCS) i systemet vilket fördyrar möjligheten att nå ETS-systemets mål på kort sikt.

Samtidigt skapar ett kvotpliktssystem en marknad för bio-CCS. Om marknaden fungerar väl och det råder konkurrens, kommer priset på certifikat inom kvotpliktssystemet att spegla marginalkostnaden för att producera kolupptag via bio-CCS. Om däremot konkurrensen är bristfällig kan kostnaden för att uppfylla kvotplikten bli högre än den faktiska kostnaden för att producera ett kolupptag via bio-CCS. En fördel med att införa en kvotplikt är att det då inte behövs någon statlig direkt finansiering. En kvotplikt som införs kommer dock att sänka priset på utsläppsrätter och därmed påverka intäkterna från ETS-systemet.

Det är inte självklart vilka sektorer som ska ingå i kvotpliktssystemet. Effekterna av systemet kan skilja sig åt beroende på vilka sektorer som inkluderas. Både Naturvårdsverket (2025) och Johnsson m.fl. (2023) anser att det är rimligt att systemet bör rikta in sig på sektorer som har svårt att minska sina utsläpp så som transporter (tunga vägtransporter, flyg och sjöfart), avfallsförbränning och jordbruk. Det framgår dock inte från deras resonemang varför just dessa utsläpp ska avgiftsbeläggas ytterligare utöver den redan befintliga styrningen som finns för många av dessa utsläpp. Det kan vara viktigt att påpeka att om branscher som tillhör ett handelssystem även ingår i ett

kvotpliktssystem kommer handelssystemets effektivitet försämrats när endast vissa av ETS-företagen ingår i kvotplikten. Det skapas då en snedvridande effekt när de företag som ingår i kvotplikten möter en högre kostnad för att släppa ut än de som inte ingår men som tillhör samma handelssystem.

6.2 Bio-CCS i ETS

Ett annat sätt att öka incitamenten för bio-CCS är att tillåta avräkning av kolupptag från bio-CCS i ETS1. Ett sådant system för bio-CCS analyseras i avsnitt 5.2 och är lämpligt när bio-CCS har nått en högre mognadsgrad och produktionskostnaden blivit konkurrenskraftig. Analysen visade att utan restriktioner för hur mycket bio-CCS som får användas kan bio-CCS leda till ett minskat omvandlingstryck i ETS1 eftersom kolupptag används i stället för att genomföra utsläppsreducerande åtgärder. Sammantaget blir dock nettoutsläppen desamma i ETS som utan att tillåta bio-CCS i systemet.

Som nämnts ovan kan dock bio-CCS skapa negativa effekter i LULUCF-sektorn (Concito 2024, Naturvårdsverket 2025 och Sultani 2024). Det finns därför styrmedelsförslag som innebär att kolupptagskrediter från bio-CCS endast ska tillåts i begränsad omfattning i ETS1 samtidigt som utsläppstaket i systemet hålls intakt genom att utsläppsrätter annulleras i takt med att utsläppskrediter från bio-CCS genereras. På detta sätt påverkas inte omställningstrycket i ETS1 och mängden kolupptagskrediter begränsas och bestäms exogent. Ett sådant styrmedelsförslag analyseras vidare nedan där vi fokuserar hur utsläppsrättspriset och mängden auktionsintäkter påverkas av en sådan justering.

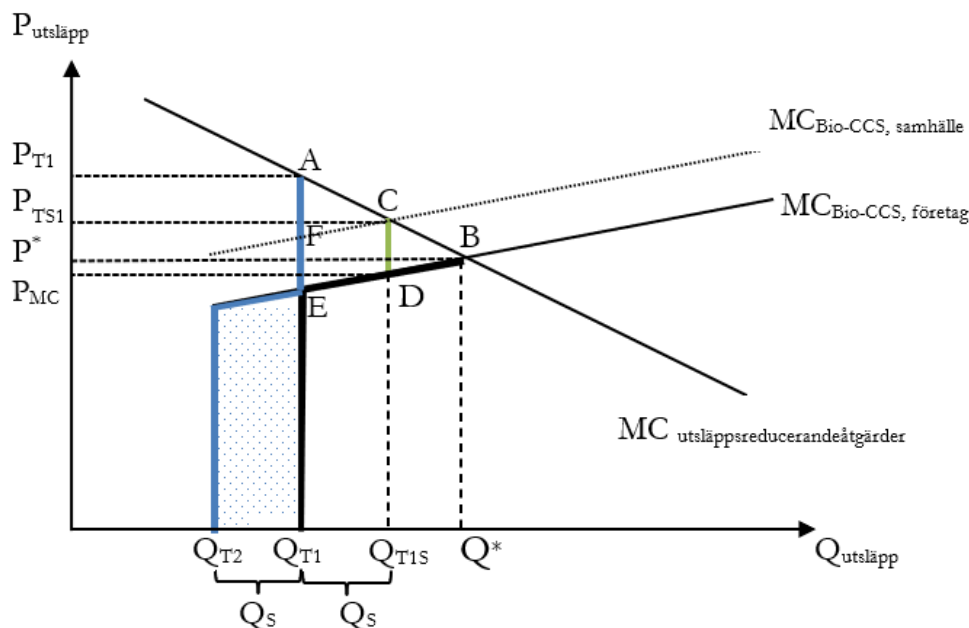
BIO-CCS I ETS1 MED RESTRIKTION

I den partiella analys som presenteras i figur 3 visas den övergripande effekten på pris och kvantitet av utsläppsrätter och kolupptagskrediter när bio-CCS tillåts i ETS1 med en begränsning samtidigt som andelen utsläppsrätter justeras utifrån den begränsade mängden kolupptagskrediter. I exemplet antas att bio-CCS är lönsamt i ETS1 och att begränsningen av kolupptaget binder.⁵¹ Efterfrågan på utsläppsrätter speglas av företagens marginalkostnad för utsläppsreducerande åtgärder ($MC_{\text{utsläppsreducerandeåtgärder}}$). Om bio-CCS inte tillåts i ETS1 motsvarar utbudet av utsläppsrätter i systemet den totala kvantiteten utsläppsrätter som auktioneras ut, Q_{T1} i figur 3.⁵² Priset på utsläppsrätterna motsvarar då priset där efterfrågan på utsläppsrätter möter utbudet i punkt A, det vill säga P_{T1} .

⁵¹ Det vill säga om det inte fanns någon begränsning skulle investeringarna i bio-CCS blivit högre.

⁵² I detta exempel antas förenklat att utbudet är lika med mängden auktionerade utsläppsrätter, det vill säga inga utsläppsrätter delas ut gratis eller har sparats från tidigare perioden.

Figur 3 Marknaden för utsläppsrätter när bio-CCS introduceras i ETS1 med begränsning och utsläppstaket justeras



Anm. Q står för kvantitet utsläpp, utsläppsrätter och utsläppskrediter. Q_T står för takrestriktion i ETS, Q_S står för mängden kolupptag genom bio-CCS, P pris på utsläppsrätter och MC står för marginalkostnad. Figuren är ritad under antagandet att kostnaden för bio-CCS är lägre än de dyraste utsläppsreducerande åtgärderna.

Om bio-CCS tillåts helt utan begränsning kommer utbudet av utsläppsrätter motsvara summan av konventionella utsläppsrätter och kolupptagskrediter från bio-CCS. I detta exempel motsvarar utbudskurvan av den svart linje i figur 3.⁵³ Vid obegränsad tillgång på bio-CCS kommer därmed mängden utsläpp motsvara Q^* och priset på utsläppsrätter och bio-CCS motsvara P^* . Priset blir lägre och de fossila utsläppen blir högre än i fallet utan bio-CCS. De totala nettoutsäppen i systemet förblir oförändrade.

Samhällets marginalkostnad för bio-CCS ska i teorin inkludera både kostnaden för att fånga in, avskilja och lagra koldioxiden samt nettokostnaden för positiva och negativa externa effekter som den orsakar. Punkten B skulle då vara optimal ur ett samhällsekonomiskt perspektiv om den observerade marginalkostnaden, företagens marginalkostnadskurva, för bio-CCS överensstämmer med samhällets marginalkostnad. Vid antagandet att alla kostnader är inkluderade i den observerade marginalkostnaden skulle det innebära en välfärdsvinst att inkludera bio-CCS i ETS jämfört med att inte tillåta den. Denna välfärdsvinst ges av triangeln ABE i figur 3.

Som nämndes ovan finns det dock de som anser att alla kostnader för bio-CCS inte är inkluderade i den observerade marginalkostnaden och att det därför kan finnas anledning att införa en restriktion för hur mycket bio-CCS som får inkluderas i ETS-systemet. En sådan restriktion motiveras alltså av att marginalkostnaden för samhället ligger över företagets marginalkostnad ($MC_{Bio-CCS, företag}$). I figur 3 har vi illustrerat en sådan situation där vi antar att regleraren känner till de samhällsekonomiska kostnaderna för bio-CCS (streckad linje i figur 3). I detta exempel utgör Q_S den optimala restriktionen. Det nya priset på utsläppsrätter i systemet blir nu lägre och utsläppen högre (punkt C) jämfört med fallet där bio-CCS inte tillåts i systemet (punkt A). Pris

⁵³ Figuren är ritad under antagandet att kostnaden för vissa bio-CCS projekt är lägre än de mest kostsamma utsläppsreducerande åtgärderna – det vill säga bio-CCS är lönsamt.

och kvantitet blir dock högre respektive lägre än när det inte finns någon restriktion för hur mycket bio-CCS som får användas i systemet (punkt B).

Av figur 3 framgår att om kolupptagen begränsas till Q_{S1} är det möjligt att ta ut ett högre pris för kolupptaget, P_{TS1} , än vad som motsvarar marginalkostnaden för den sista enheten kolupptag (ges av punkt D). P_{TS1} motsvarar det pris som företagen är villiga att betala för utsläppsreducerande åtgärder. Skillnaden mellan priset i punkt C och punkt D utgör den så kallade regleringsröntan som i detta fall kommer tillfalla de företag som producerar bio-CCS. Om regleraren i stället för att införa en restriktion hade valt att exempelvis beskatta biomassa för att på så sätt internalisera de externa effekterna från att använda bio-CCS skulle regleringsröntan tillfalla staten.

Det finns även de som anser att bio-CCS bör tillåtas i systemet så länge det inte påverkar omvandlingstrycket i systemet, det vill säga inte påverkar mängden bruttoutsläpp. För att åstadkomma detta måste utsläppstaket för antalet auktionerade utsläppsrätter justeras när bio-CCS tillåts. Justeringen ska enligt exemplet göras så att det totala antalet utsläppsrätter i systemet (auktionerade utsläppsrätter och kolupptagskrediter) förblir oförändrat jämfört med situationen utan bio-CCS, det vill säga, Q_{T1} i figur 3. Om utsläppstaket (auktionerade utsläppsrätter) sätts till Q_{T2} kommer den slutliga mängden utsläpp i systemet som motsvara Q_{T1} även när bio-CCS tillåts med begränsning. Q_{T2} motsvarar den ursprungliga utsläppsnivån, Q_{T1} , minus den tillåtna mängden kolupptag, Q_S .

Utbudskurvan för utsläpp i det nya systemet som både har en restriktion för hur mycket bio-CCS som tillåts och som justeras för mängden utsläpp i systemet ges av den ljusblå linjen i figur 3. Figuren visar att när bio-CCS introduceras i ETS1 med en restriktion samtidigt som utsläppstaket justeras kommer priset i systemet förbli detsamma som i fallet utan bio-CCS eftersom systemet är konstruerat så att incitamenten för att utföra utsläppsreducerande åtgärder ska förbli oförändrade. Detta visar att även om vi känner till samhällets marginalkostnad för bio-CCS ($MC_{Bio-CCS, samhälle}$) kommer systemet med denna konstruktion leda till en välfärdsförlust motsvarande triangeln ACF, relativt att inte inför sänkningen av taknivån i ETS. Till denna välfärdsförlust måste vi även beakta att nettoutsläppen är lägre än i systemet då det endast finns en restriktion av mängden bio-CCS. Vilken effekt de minskade nettoutsläppen har på samhällskostnaderna kan inte denna partiella analys ge någon information om. Det beror bland annat på om de minskade nettoutsläppen i ETS kan ge lägre utsläpp i någon annan av EU:s klimatpolitiska sektorer eller om det leder till minskade utsläpp generellt. Om EU:s samlade nettoutsläpp antas vara konstanta kommer välfärdseffekten av att hålla nettoutsläppen på samma nivå i ETS när bio-CCS tillåts i systemet att bero på åtgärds-kostnaderna i övriga sektorer. Är åtgärds-kostnaderna högre i ETS än i övriga sektorer kan det vara optimalt att öka utsläppen i ETS och minska dem i någon annan sektor.

Att införa en restriktion samtidigt som utsläppstaket i ETS-systemet justeras ger upphov till flera komplexa effekter. Det är därför inte möjligt att dra någon entydig slutsats om styrmedlets samlade effekt. Det kan dock konstateras att även om beslutsfattaren har fullständig information om samhällets marginalkostnadskurva kommer en justering av ETS-taket att leda till en välfärdsförlust, förutsatt att den ursprungliga

fördelningen av utsläpp mellan ETS och övriga sektorer varit baserad på kostnadsminimering.⁵⁴

⁵⁴ Den förenklade analysen bortser i från att införandet av bio-CCS i ETS1 kan orsaka allmän jämviktseffekter relaterade till bland annat förändringar i efterfrågan på biomassa men även efterfrågeförändringar gällande andra varor och tjänster. Sådana förändringar kan i sin tur förändra efterfrågan på utsläppsätter och därmed utsläppsriktpriset.

7 Frivilligmarknad för bio-CCS

För att minska sitt klimatavtryck och marknadsföra sig som klimatneutrala sätter många stora företag, såsom Microsoft och Google, upp ambitiösa mål för att uppnå koldioxidneutralitet.⁵⁵ Ett sätt att uppnå sina mål är att köpa utsläppskrediter på den så kallade frivilligmarknaden. Dessa krediter är ofta kopplade till projekt i utvecklingsländer, exempelvis skogsplantering och energieffektiviseringsåtgärder. På senare tid har frivilligmarknaden även utvidgats till att inkludera tekniska kolupptag såsom bio-CCS.

För att utveckla frivilligmarknaden har EU beslutat om CRCF-förordningen som skapar ett EU-omfattande frivilligt ramverket för certifiering av tekniska kolupptag, kollagrande markanvändning och kolinlagring i produkter (EU 2024/3012). Syftet med förordningen är att fastställa EU:s kvalitetskriterier samt processer för övervakning och rapportering. Detta i sin tur för att underlätta investeringar i kolborttagnings-tekniker, så som bio-CCS, samt hållbara lösningar för kollagrande markanvändning. Förordningen ska utökas genom delegationsakter, vilket gör att det ännu inte går att bedöma direktivets effekt.⁵⁶ Förordningen möjliggör också att denna typ av kolupptagskrediter i framtiden skulle kunna integreras i EU:s klimatpolitik.

7.1 Scope 1-, scope 2- och scope 3-utsläpp

Företag och nationer kan redovisa sina utsläpp på en rad olika sätt. För att undvika dubbelräkning gäller det att hålla isär redovisningsprinciperna. När företag bedömer sin verksamhets totala växthusgasutsläpp beaktar de ofta både uppströms och nedströms utsläpp i hela leveranskedjan, benämnda scope 3-utsläpp. De beaktar även scope 2-utsläpp som utgör utsläppen som genererats vid produktion av den el som företaget använder. Dessa utsläpp är dock svåra för företaget att direkt kontrollera även om det exempelvis går att minska scope 3-utsläppen genom att aktivt välja mer hållbara insatsvaror. De utsläpp som företaget har direkt rådighet över kallas scope 1-utsläpp. Det är utsläpp som företaget verksamhet åstadkommer vid exempelvis förbränning eller i företagets produktionsprocess. Eftersom ett företags scope 3-utsläpp är ett annat företags scope 1-utsläpp, finns en risk för dubbelräkning vid sammanställning av utsläpp (Heal 2022).

I nationernas klimatrapporteringen till UNFCCC rapporteras scope 1-utsläpp. Under vissa förenklande förutsättningar kan man säga att summan av scope 1-utsläppen är lika med summan av alla nedströms scope 3-utsläpp.⁵⁷ Att sätta restriktioner för ett företags scope 3-utsläppen är alltså överflödigt om scope 1-utsläppen är målsatta (Heal 2022). Det blir därmed en form av dubbelstyrning när både scope 1- och scope 3-utsläppen är målsatta, både direkt och indirekt.

⁵⁵ Läs med om Microsofts och Googles nettonollmål här: <https://www.microsoft.com/en-us/corporate-responsibility/sustainability?msocid=274d8b8038586ea030389f0739bd6f8b> och <https://sustainability.google/operating-sustainably/net-zero-carbon/>.

⁵⁶ https://climate.ec.europa.eu/eu-action/carbon-removals-and-carbon-farming_en Kommissionens webbsida om kolupptag och kollagrande markanvändning 2025 03 07.

⁵⁷ Detta gäller om man bortser från handel mellan länder och hushållens utsläpp.

7.2 Dubbla anspråk

Ett omdiskuterat problem med frivilligmarknaden är risken för dubbla anspråk vilket även kan gälla vid köp av tekniska kolupptag. Dubbla anspråk inträffar i detta sammanhang när kolupptaget används för att både justera ett företags klimatmål och samtidigt används av värdlandet för att uppfylla sina nationella klimatåtaganden. Det vill säga samma kolupptag används för att justera de nationella scope 1-utsläppen och företagens scope 3-utsläpp. Enligt UNFCCC:s regelverk får detta inte ske utan att motsvarande justeringar (*corresponding adjustments*) görs för att klargöra vem som ska tillgodoräkna sig kolupptaget.

En alternativ syn är att både företag och nationer kan göra anspråk på samma negativa utsläpp eftersom frivilligmarknaden möjliggör finansiering av relativt dyra kolinlagringsåtgärder, såsom bio-CCS, som annars inte skulle genomföras. Detta perspektiv förespråkar benämningen - gemensamma anspråk - för att reflektera den delade nyttan av åtgärder som finansierats via frivilligmarknaden (Fossilfritt Sverige 2024). I positionsrapporter har företag och branschorganisationer föreslagit olika sätt att behandla sådana gemensamma anspråk. Exempelvis anser Energiföretagen att två sorters krediter för samma kolupptag bör upprättas för att undvika dubbla anspråk.⁵⁸ Dels krediter som kan användas för måluppfyllelse av så kallade nationellt fastställda bidrag (*Nationally determined contribution, NCD*) vilka kan handlas med mellan nationer, dels krediter som kan användas för att uppfylla företagens klimatanspråk vilka kan handlas med mellan företag. Andra föreslår att företagen genom att transparent rapportera källorna och de nationella hemvisterna för varje kredit, så att det finns en tydlig koppling mellan de två, därmed undviker dubbla anspråk.⁵⁹

Det är dock inte säkert att krediter som köps och säljs på frivilligmarknaden enbart kommer att användas i företagens klimatredovisning. Därför kan det vara viktigt att tydliggöra anspråksförhållanden genom motsvarande justeringar för att undvika risken för dubbla anspråk. Ett exempel där detta potentiellt kan leda till problem är när kolupptagskrediter från frivilligmarknaden inkluderas i ett nationellt handelssystem. Ett sådant fall är Japan, där internationella kolupptagskrediter tillåts i det japanska handelssystemet för växthusgaser, J-ETS.⁶⁰

Oavsett vilka anspråk som görs kommer direktivet om mer konsumentmakt i den gröna omställningen att förändra hur företag kan använda sina inköpta koldioxidkrediter i sin marknadsföring. Direktivet förbjuder företag att använda påståenden som hävdar att dess produkter har en neutral, minskad eller positiv påverkan på klimatet om detta har uppnåtts genom kompensation av utsläpp utanför produkternas värdekedja.⁶¹ Förbudet ska inte hindra företag från att marknadsföra sina investeringar i miljöinitiativ, inbegripet koldioxidkreditprojekt, så länge de tillhandahåller sådan information på ett sätt som inte är vilseledande och som uppfyller kraven i unionsrätten. De

⁵⁸ Energiföretagens positionsförklaring https://www.energiforetagen.se/fragor-vi-driver/positioner/energiforetagen-foreslar-regelverk-for-effektiv-handel-med-negativa-utslapp/?utm_source=chatgpt.com.

⁵⁹ Microsofts position: <https://query.prod.cms.rt.microsoft.com/cms/api/am/binary/RW1kVEF>.

⁶⁰ https://www.spglobal.com/commodity-insights/en/news-research/latest-news/energy-transition/042224-japans-gx-ets-to-accept-international-removal-voluntary-credits-for-compliance-obligations?utm_source=chatgpt.com, hämtat 2025 03 04.

⁶¹ Skäl 12 i Europaparlamentets och rådets direktiv (EU) 2024/825.

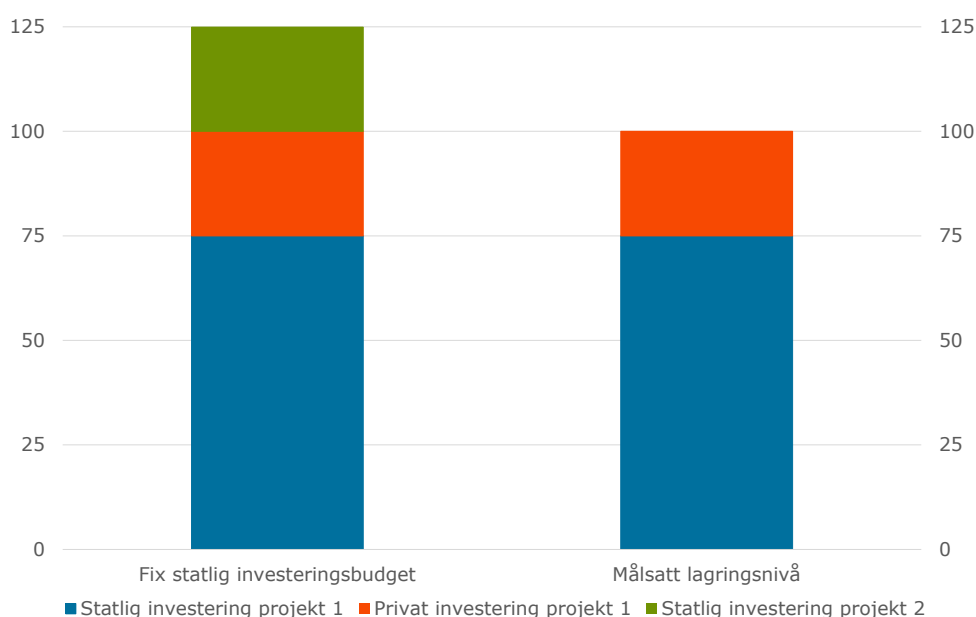
nya reglerna kan komma att påverka efterfrågan på koldioxidkrediter på frivilligmarknaden.

7.3 Statlig styrning och additionalitet

Som nämndes ovan anser flera parter att möjligheten till gemensamma anspråk leder till additionella åtgärder. Här syftar additionalitet på om åtgärder som finansierats, helt eller delvis, av frivilligmarknaden leder till mer utsläppsminskning än vad som annars skulle skett. Figur 4 illustrerar i ett förenklat exempel hur olika statliga styrprinciper påverkar om frivilligmarknadens bidrag är additionellt eller ej.

Figur 4 Additionalitet vid olika statliga policybeslut

Kolinlagringsenheter



Den vänstra stapeln i figur 4 visar en situation där staten har en policy som innebär att den statliga budgeten för att investera i kolinlagringsenheter är bestämd till 100 enheter. Varje kolinlagringsenhet kostar i detta exempel en enhet. Investeringar i projekt 1 kostar 100 enheter och ger 100 kolinlagringsenheter. Antag även att det finns ett företag som är villig att investera 25 enheter i projekt 1 via frivilligmarknaden. Detta innebär att staten endast behöver investera 75 enheter i projekt 1 och därmed har 25 enheter kvar av sin totala budget som de kan investera i projekt 2. Totalt kommer det genereras 125 kolinlagringsenheter som kan användas för att redovisas mot landets NDC. De 25 enheter som tillkom från frivilligmarknaden kan sägas vara additionella i detta exempel.

Om staten i stället har beslutat om en given mängd kolinlagring som ska uppfyllas (samma mängd som den tidigare budgeten medgav), kommer den frivilliga marknaden inte bidra med några additionella kolinlagringsenheter (höger stapel i figur 4)

Figur 4 additionalitet vid olika statliga policybeslut

kolinlagringsenheter
) . Däremot kommer staten att ha en lägre kostnad per kolinlagringsenhet eftersom det privata företaget i detta exempel betalat 25 procent av den totala kostnaden.

Sammanfattningsvis visar detta stiliserade exempel att om staten har en fast budget för att finansiera kolinlagring kan frivilligmarknaden bidra till att öka det totala antalet kolinlagringsenheter. Om staten däremot fastställer en viss mängd kolinlagring som mål, kommer den frivilliga marknaden endast att minska den statliga kostnaden utan att generera ytterligare kolupptag.

Inom det svenska klimatpolitiska ramverket har det föreslagits att kompletterande åtgärder ska utnyttjas maximalt i förhållande till varje etappmål. Det innebär i praktiken att mängden kolinlagring är förutbestämd, vilket i sin tur medför att den frivilliga marknaden inte leder till ytterligare kolinlagring utöver det som redan planeras. Samtidigt är det styrmedel som införts för att stimulera investeringar i bio-CCS, omvänd auktionering, utformat utifrån en fast statlig budget, vilket öppnar för att den frivilliga marknaden faktiskt kan bidra med additionella kolinlagringsenheter.

I slutändan innebär dock utformningen av klimatpolitiska målet, där ett kvantitativt utsläppsmål inkluderar kompletterande åtgärder, att den frivilliga marknaden inte bidrar till att öka kolupptaget i sak, utan snarare fungerar som ett komplement i finansieringen av måluppfyllelsen.

7.4 Definition av kolupptag enligt livscykelperspektiv

Enligt den nya CRCF-förordningen (EU 2024/3012), som reglerar certifiering av tekniska kolupptag, kolinlagring i markanvändning och kolupptag i produkter, beräknas nettokolupptaget från en åtgärd genom att från ett referensvärde dra av det totala kolupptaget samt de direkta och indirekta växthusgasutsläpp som uppstår under verksamhetens hela livscykel.

Enligt Lefvert (2024) innebär detta en avvikelser från IPCC:s princip⁶² att räkna alla utsläpp per källa (scope 1-utsläpp), eftersom en åtgärds kolupptag i detta fall justeras för eventuella indirekta och direkta utsläpp som uppstår på grund av aktiviteten. Detta är dock inte ett problem i sig, eftersom förordningen utgör en frivillig unionsram och de certifierade kolinlagringsenheterna inte är avsedda att räknas in i medlemsstaternas officiella klimatredovisning.

Problemen uppstår däremot om det frivilliga certifieringssystemet i framtiden skulle integreras i exempelvis ETS1. En sådan integration riskerar att leda till dubbelräkning av utsläpp, eftersom exempelvis utsläpp från produktionen av byggmaterial till en bio-CCS-anläggning redan ingår i ETS1. Att då ytterligare justera kolupptaget från bio-CCS för samma utsläpp skulle kunna leda till felaktigheter i rapporteringen till UNFCCC och undergräva klimatrapporeringens integritet.

⁶² IPCC (2006).

8 Bio-CCS som kompletterande åtgärd

Möjligheten att använda så kallade kompletterande åtgärder för att nå Sveriges nationella utsläppsmål infördes som en flexibilitet bland annat för att hantera osäkerhet kring framtida kostnader för att minska utsläppen i Sverige (se faktaruta i kapitel 2 för mer information om Sveriges klimatmål). Samtidigt som det svenska klimatpolitiska ramverket är specificerat fram till 2045, både gällande målnivåer och möjligheten att använda kompletterande åtgärder, håller EU:s klimatpolitiska arkitektur efter 2030 på att förändras. Ännu är det oklart hur förändringen kommer att se ut. Nedan analyseras konsekvenserna av att använda bio-CCS som en kompletterande åtgärd under olika antaganden om EU:s framtida klimatpolitiska styrning. Analysen avgränsas till perioden till 2040 då det svenska målet endast berör nuvarande ESR-sektor. Analysen fokuserar på aspekterna: additionalitet, dubbla anspråk och effektivitet. Vi studerar följande fall: i) bio-CCS integreras i ETS, ii) bio-CCS integreras i sektor med nationellt åtagande och iii) bio-CCS avräknas i en egen separat sektor.

8.1 Bio-CCS avräknas i sektor med ett ETS

Att integrera bio-CCS i ett EU-övergripande utsläppshandelssystem, så som dagens ETS, innebär att det koldioxidupptag som dessa anläggningar genererar kan omvandlas till krediter. Dessa kolupptagskrediter kan sedan säljas till företag inom ETS och användas för att kompensera utsläpp från förbränning av fossila bränslen. Det innebär att både svenska och utländska ETS-företag ges möjlighet att köpa kolupptagskrediter från bio-CCS-anläggningar i Sverige.

I det fall Sverige samtidigt betraktar de svenska anläggningarnas kolupptag som en kompletterande åtgärd, det vill säga använder detta kolupptag för att ersätta ytterligare utsläppsminskningar i svensk ESR-sektor, uppstår dubbla anspråk.⁶³ Sverige hävdar rätt till kolupptaget för att nå sina nationella utsläppsmål, samtidigt som företagen som köpt bio-CCS-krediter använder samma upptag för att uppfylla sina åtaganden inom ETS.⁶⁴ I detta fall kommer bio-CCS som används som kompletterande åtgärd för att nå de svenska klimatpolitiska målen inte vara additionellt i förhållande till det utfall EU:s övergripande klimatpolitik ger.

Att använda bio-CCS som en kompletterande åtgärd leder till att utsläppen i den svenska ESR-sektorn blir högre än i det fall det svenska nationella utsläppsmålet skulle ha nåtts utan kompletterande åtgärd. Vilken effekt de högre svenska utsläppen får på EU:s totala utsläpp (eller på kostnaden för att hålla klimatambitionen konstant i EU) beror på om den svenska klimatpolitiken är mer eller mindre ambitiös än Sveriges ESR-åtagande gentemot EU.

⁶³ Detta är i linje med Naturvårdsverket (2023a) som artikulera ståndpunkten att all bio-CCS inom Sveriges gränser ska kunna räknas som kompletterande åtgärd. Naturvårdsverket (2023a) påpekar dock att dess hållning i denna fråga är beroende av hur EU:s framtida regelverk utformas.

⁶⁴ Det kan även finnas ett anspråk från frivilligmarknaden.

DET NATIONELLA KLIMATMÅLET ANTAS MINDRE AMBITIÖST ÄN SVERIGES EU-ÅTAGANDE FÖR ESR-SEKTORN

Om det nationella klimatmålet är mindre ambitiöst än Sveriges EU-åtagande för ESR-sektorn leder användningen av bio-CCS som kompletterande åtgärd till att Sverige måste köpa fler ESR-kvotenheter från andra EU-länder för att kompensera för de högre svenska växthusgasutsläppen i Sverige jämfört med om kompletterande åtgärder inte används.

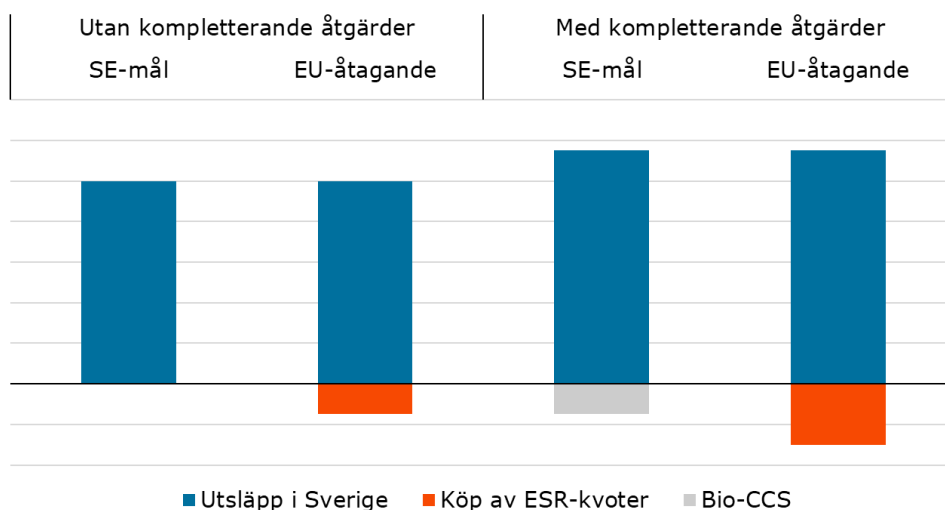
Figur 5 illustrerar skillnaden mellan de två scenarierna:

- **Staplarna 1 och 2 visar ett scenario utan kompletterande åtgärder:**
De blå delarna visar de svenska växthusgasutsläppen på den nivå som krävs för att nå det nationella klimatmålet. Den röda delen i stapel 2 visar de ESR-kvotenheter som behöver köpas för att även uppfylla EU-åtagandet.
- **Staplarna 3 och 4 visar ett scenario med bio-CCS som kompletterande åtgärd:**
Den grå delen visar hur mycket bio-CCS som används. Eftersom bio-CCS räknas som en kompletterande åtgärd kan de faktiska utsläppen i Sverige (blå del) vara högre än i scenariot utan kompletterande åtgärder. Det leder i sin tur till att fler ESR-kvotenheter måste köpas (röd del i stapel 4).

Skillnaden i inköp av ESR-kvotenheter mellan scenarierna motsvarar alltså mängden bio-CCS som används.

Figur 5 Växthusgasutsläpp i ESR-sektorn i Sverige och köp av ESR-kvotenheter när Sveriges nationella mål är mindre ambitiöst än EU-åtagandet, med och utan bio-CCS som kompletterande åtgärd

Växthusgasutsläpp i ESR-sektorn



Anm. ETS-utsläppen är oförändrade mellan de två scenarierna med respektive utan kompletterande åtgärder

Att använda bio-CCS som kompletterande åtgärd när bio-CCS målavräknas i ETS leder till att utsläppen i den svenska ESR-sektorn ökar, medan utsläppen i andra medlemsländers ESR-sektorer minskar i motsvarande grad. ETS-sektorns utsläpp förblir oförändrad eftersom handelssystemet har en förutbestämd utsläppsbegränsning. Därmed blir EU:s påverkan på klimatet oförändrad. Med andra ord innebär användningen

av kolupptag från svenska bio-CCS-anläggningar i detta scenario i praktiken endast att Sveriges flexibilitet inom ESR utnyttjas utan att de totala utsläppen inom EU påverkas.

För att undvika att bio-CCS som kompletterande åtgärd ger upphov till dubbla anspråk kan Sverige i stället köpa kolupptagskrediter på den europeiska marknaden och annullera dom inom ETS för att sedan använda dom för att uppnå det svenska nationella ESR-målet. Sverige bidrar då med ett additionellt kolupptag via bio-CCS. I ett sådant scenario minskar EU:s ETS-utsläpp genom att ETS-krediter har annullerats samtidigt som EU:s totala ESR-utsläpp hålls på en konstant nivå. Sammantaget blir EU:s ESR- och ETS-utsläpp lägre. Sverige skulle även utan att inför bio-CCS som kompletterande åtgärd kunna generera additionella utsläppsminskningar genom att köpa och annullera ETS-krediter. Sådana krediter kan dock i dagsläget inte användas för att avräkna mot det svenska målet.

DET NATIONELLA KLIMATMÅLET ANTAS MER AMBITIÖST ÄN SVERIGES EU-ÅTAGANDE

Om Sveriges nationella klimatmål är mer ambitiöst än Sveriges EU-åtagande och Sverige använder bio-CCS som en kompletterande åtgärd leder det till högre totala utsläpp inom EU än om bio-CCS inte används.⁶⁵ ETS-utsläppen inom EU förblir oförändrade medan EU:s samlade ESR-utsläpp ökar när Sverige annullerar färre ESR-krediter än i fallet då det nationella målet nås enbart med inhemska åtgärder.

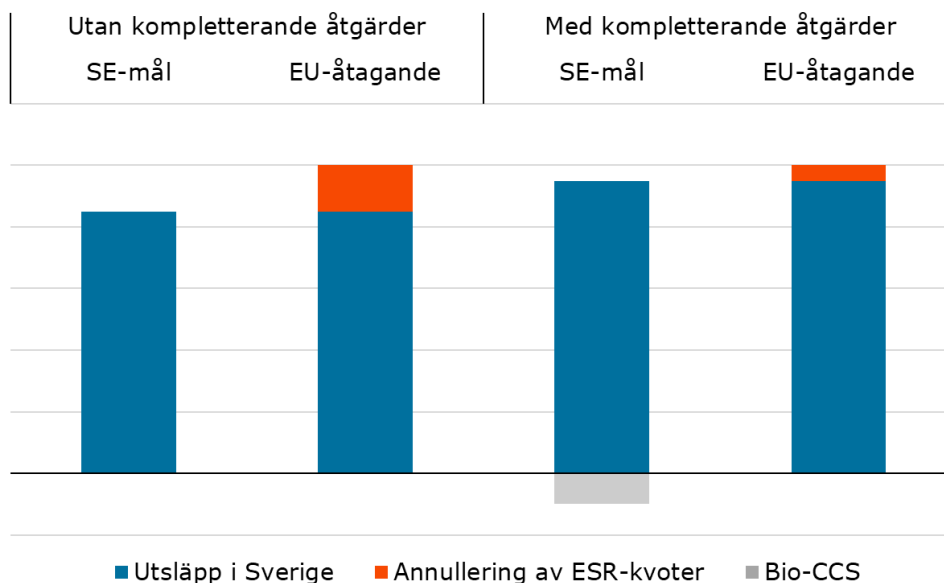
Figur 6 illustrera skillnaden mellan de två scenarierna:

- **Staplarna 1 och 2 visar ett scenario utan kompletterande åtgärder:**
De blå delarna visar de svenska utsläppen på den nivå som krävs för att nå det nationella klimatmålet. Eftersom växthusgasutsläppen i Sveriges ESR-sektor är lägre än vad som krävs enligt Sveriges EU-åtagande kommer Sverige ha möjlighet att annullera ESR-krediter motsvarande skillnaden mellan det nationella målet och EU-åtagandet (röd del av den andra stapeln).
- **Staplarna 3 och 4 visar ett scenario med bio-CCS som kompletterande åtgärd:**
Den grå delen visar hur mycket bio-CCS som används. Eftersom bio-CCS räknas som en kompletterande åtgärd kan de faktiska utsläppen i Sverige (blå del) bli högre än i scenariot utan kompletterande åtgärder. Detta leder till att färre ESR-kvotenheter måste annulleras (röd del i stapel 4).

⁶⁵ Detta förutsätter att övriga medlemsländer uppfyller sina ESR-åtaganden

Figur 6 Växthusgasutsläpp i Sveriges ERS-sektor och annullering av ESR-kvotenheter när Sveriges nationella mål är mer ambitiöst än EU-åtagandet, med och utan bio-CCS

Växthusgasutsläpp i ESR-sektorn



Anm. ETS-utsläppen är oförändrade mellan de två scenarierna.

Även i detta scenario kan Sverige som ett alternativ köpa kolupptagskrediter på den europeiska marknaden och annullera dom inom ETS för att sedan använda dom för att uppnå det svenska nationella ESR-målet. Detta för att undvika dubbla anspråk. EU:s totala ETS-utsläpp minskar i ett sådant scenario med samma mängd bio-CCS som avräknas som kompletterande åtgärd mot det nationella klimatmålet. EU:s totala ESR-utsläpp kommer som visade ovan att minska med motsvarande mängd bio-CCS-enheter som används som kompletterande åtgärd. Om ETS-krediterna annulleras kommer därmed EU:s samlade ETS och ESR-utsläpp vara oförändrade mellan scenarierna att använda bio-CCS som en kompletterande åtgärd eller ej.

SAMMANFATTNING – BIO-CCS AVRÄKNAS I ETS

Tabell 2 sammanfattar resultaten för EU:s samlade ETS- och ESR-utsläpp i scenarierna när bio-CCS målavräknas inom ETS och används som kompletterande åtgärd i det svenska nationella systemet.

Tabell 2 Förändring i EU:s samlade växthusgasutsläpp i ESR- och ETS-sektorn, med jämfört utan bio-CCS som kompletterande åtgärder, när bio-CCS avräknas i ETS

Sveriges klimatmål i förhållande till Sveriges ESR-åtagande	All bio-CCS i Sverige räknas som kompl. åtgärd	Kolupptagskrediter köps enligt ETS-regelverk och annulleras för att räknas som kompl. åtgärd
Mindre ambitiös	Oförändrade	Lägre
Mer ambitiös	Högre	Oförändrade

Anm. Tabellen jämför scenarier där bio-CCS används som kompletterande åtgärd jämfört med ett scenario där kompletterande åtgärder inte används för att nå det svenska nationella ESR-målet. Analysen bortser från LULUCF-åtagandet och antar att LULUCF är konstant mellan de två jämförelsescenarierna.

Tabellen visar att klimatintegriteten inom EU inte hålls konstant i alla scenarioalternativ när bio-CCS används som kompletterande åtgärd. Detta var troligen inte vad som

avsågs när det klimatpolitiska ramverket beslutades. Om växthusgasutsläppen ska hållas konstant måste således Sverige antingen annullera fler ESR-krediter eller göra fler utsläppsreducerade åtgärder beroende på scenario.

Slutligen bör det noteras att EU troligen i sin rapportering till FN:s klimatkonvention (UNFCCC) skulle inkludera en möjlig överprestation av Sverige EU-åtagande som en del av EU:s NDC (Nationally Determined Contribution) om inte övriga medlemsstaternas individuella åtaganden samt ETS är tillräckliga för att uppnå EU:s övergripande mål. Detta eftersom EU har en gemensam NDC som gäller för hela unionen. Därmed agerar EU som en enhetlig part.

8.2 Bio-CCS avräknas i sektor med nationellt åtagande

Om bio-CCS avräknas i sektor med nationellt åtagande blir utfallet annorlunda jämfört med scenariot där bio-CCS avräknades i ETS. Flera fall kan tänkas.

BIO-CCS AVRÄKNAS I ESR-SEKTORN

Om EU väljer att avräkna bio-CCS mot ESR-sektorns mål så kan all bio-CCS på svenskt territorium användas som kompletterande åtgärd utan att ovanstående problem med dubbla anspråk⁶⁶ uppstår.⁶⁷ Att kolupptagskrediterna från bio-CCS avräknas i ESR-sektorn innebär vidare att Sverige inte behöver kompensera användningen av bio-CCS med att köpa ESR-krediter från andra länder när det nationella målet är mindre ambitiös jämfört med EU-åtagandet så som var fallet när bio-CCS avräknades i ETS. Inte heller behöver Sverige annullera färre ESR-krediter när det nationella målet är mer ambitiös än EU-åtagandet. Med andra ord påverkar inte valet att använda bio-CCS som kompletterande åtgärd EU:s samlade ETS- och ESR-växthusgasutsläpp när bio-CCS avräknas i ESR-sektorn.

BIO-CCS AVRÄKNAS I LULUCF-SEKTORN

I det fall EU väljer att avräkna bio-CCS i LULUCF-sektorn beror utfallet på vilken flexibilitet som är tillåten mellan LULUCF- och ESR-sektorn. Utfallet beror även på om det svenska nationella ESR-målet är mer eller mindre ambitiöst jämfört med Sveriges EU-åtagande.

Nationellt klimatmål antas mindre ambitiös än EU-åtagandet samt full flexibilitet mellan LULUCF och ESR

Om det nationella ESR-målet är mindre ambitiös än Sveriges ESR-åtagande gentemot EU, och om LULUCF-krediter fritt kan överföras till ESR, så får bio-CCS som kompletterande åtgärd till viss del samma effekt som beskrevs ovan i fallet då bio-CCS avräknas mot ESR-målet.⁶⁸

⁶⁶ Med dubbla anspråk menar vi i detta sammanhang att samma kolupptagskredit används för att uppfylla två olika mål för olika klimatpolitiska sektorer.

⁶⁷ Gäller så länge Sverige inte sålt upptagskrediterna till andra länder

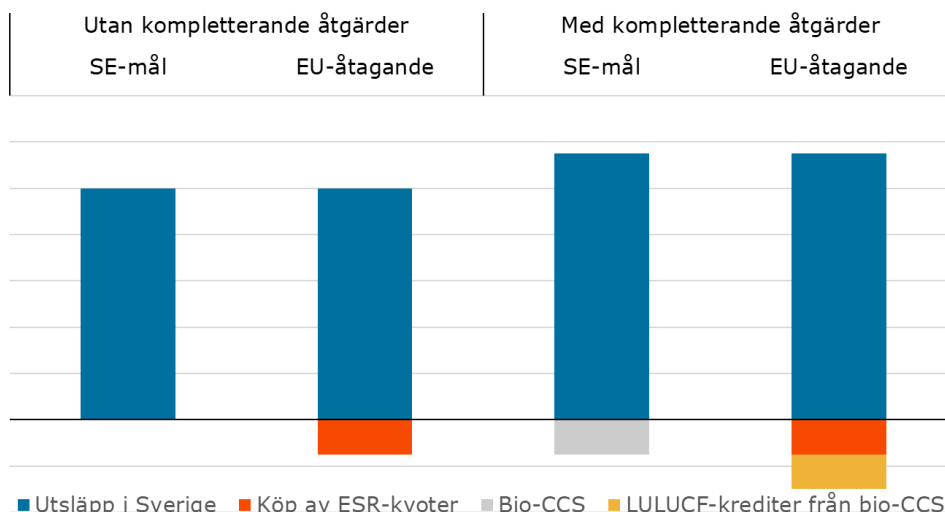
⁶⁸ Med dagens regelverk finns endast begränsad flexibilitet mellan LULUCF- och ESR-sektorn.

Figur 7 illustrerar scenarierna då Sverige uppnår det nationella klimatmålet och EU-åtagandet, med eller utan kompletterande åtgärder.

- Staplarna 1 och 2 visar ett scenario utan kompletterande åtgärder:**
 De blå delarna visar de svenska utsläppen är på den nivå som krävs för att nå det nationella klimatmålet. Eftersom växthusgasutsläppen i Sveriges ESR-sektor är högre än vad som krävs enligt Sveriges EU-åtagande kommer Sverige behöva köpa (lämna in) ESR-krediter från andra medlemsstater motsvarande skillnaden mellan det nationella målet och EU-åtagandet (röd del av den andra stapeln).
- Staplarna 3 och 4 visar ett scenario med bio-CCS som kompletterande åtgärd:**
 Den grå delen visar hur mycket bio-CCS som används. Eftersom bio-CCS räknas som en kompletterande åtgärd kan de faktiska utsläppen i Sverige (blå del) bli högre än i scenariot utan kompletterande åtgärder. Detta leder till att fler ESR-kvotenheter måste köpas från andra medlemsstater (röd del i stapel 4). Samtidigt kan bio-CCS-krediterna även användas som krediter för att uppfylla det svenska EU-åtagandet om det råder full flexibilitet mellan LULUCF och ESR. Detta innebär dock att nettokolupptaget minskar i den svenska LULUCF-sektorn. För att nå Sveriges åtagande i LULUCF-sektorn måste därför LULUCF-krediter köpas från andra medlemsstater. Sammantaget förblir EU:s nettoutsläppen i LULUCF- och ESR-sektorerna oförändrade.

Figur 7 Växthusgasutsläpp i Sverige ESR-sektor och köp av ESR-kvotenheter när Sveriges nationella mål är mer mindre än EU-åtagandet, med och utan bio-CCS

Växthusgasutsläpp



Nationellt klimatmål antas mer ambitiös än EU-åtagandet samt full flexibilitet mellan LULUCF och ESR

När regelverket tillåter flexibilitet mellan LULUCF och ESR och det svenska målet är mer ambitiöst krävs det inte att LULUCF-krediter köps in från andra länder för att täcka upp för ökade utsläpp i ESR-sektorn, däremot är det möjligt. Därmed beror effekten på EU:s samlade växthusgasutsläpp på i vilken utsträckning LULUCF-krediter

överförs till den svenska ESR-sektorn för att täcka upp för bio-CCS-krediter i det svenska målet. Om krediterna överförs leder detta till att EU:s totala utsläpp förblir oförändrade jämfört med situationen utan kompletterande åtgärder. Om krediter däremot inte överförs mellan sektorerna kommer införandet av kompletterande åtgärder leda till högre utsläpp eftersom det då blir dubbla anspråk gällande de kolupptagskrediter från bio-CCS som nu både används som kompletterande åtgärd och för avräkning mot det svenska EU-åtagandet inom LULUCF.

Nationellt klimatmål antas mer ambitiös än EU-åtagandet samt ingen flexibilitet mellan LULUCF och ESR

Om utsläppsutrymme inte får överföras från LULUCF till ESR och Sverige nyttjar bio-CCS som kompletterande åtgärd påminner situationen om den som beskrevs för scenariot när bio-CCS målavräknas i ETS och det svenska nationella klimatmålet var mer ambitiös än EU-åtagandet. Problem med dubbla anspråk uppstår precis som i det scenariot men nu mellan två svenska sektorer.

Införandet av bio-CCS som kompletterande åtgärd ökar de svenska ESR-utsläppen vilket innebär att färre ESR-krediter annulleras för att uppnå det svenska EU-åtagandet (se figur 6). EU:s samlade ESR-utsläppen inom EU blir därför högre än i fallet då bio-CCS inte användes för att uppnå klimatmålet. EU:s samlade växthusgasutsläpp i LULUCF- och ETS-sektorn förblir oförändrade mellan scenarierna. Därmed leder användningen av bio-CCS som kompletterande åtgärd till högre utsläpp jämfört med om Sverige inte använde bio-CCS för att uppnå det nationella klimatmålet.

Nationellt klimatmål antas mindre ambitiös än EU-åtagandet samt ingen flexibilitet mellan LULUCF och ESR

Om utsläppsutrymme inte får överföras från LULUCF till ESR och Sverige nyttjar bio-CCS som kompletterande åtgärd påminner situationen om den som beskrivs i scenariot när bio-CCS målavräknas i ETS och där det svenska nationella klimatmålet är mindre ambitiös än EU-åtagandet. I ett sådant scenario kommer EU:s totala utsläpp förbli oförändrade när bio-CCS införs som kompletterande åtgärd jämfört med att inte införa bio-CCS. I detta scenario kommer upptagskrediterna från bio-CCS dubbelräknas: avräkning sker både i LULUCF-sektorn och mot det svenska nationella klimatmålet.

Sammanfattning — bio-CCS avräknas i LULUCF

Tabell 3 Förändring i EU:s nettoutsläpp i ESR- och LULUCF-sektorn, med jämfört utan bio-CCS som kompletterande åtgärder, när bio-CCS avräknas i ESR eller LULUCF

Sveriges nationell mål i förhållande till Sveriges EU-åtagande	Bio-CCS i ESR	Bio-CCS i LULUCF	
		Flexibilitet från LULUCF till ESR	Ingen flexibilitet från LULUCF till ESR
Mindre ambitiös	Oförändrade	Oförändrade	Oförändrade
		Högre om inga LULUCF-krediter överförs, annars oförändrade	
Mer ambitiös	Oförändrade		Högre

Anm. Tabellen jämför scenarier där bio-CCS används som kompletterande åtgärd jämfört med ett scenario där kompletterande åtgärder inte används för att nå det svenska nationella ESR-målet. Analysen antar att ETS-utsläppen är oförändrade mellan scenarierna.

Även när bio-CCS avräknas i sektor med nationellt åtagande kommer införandet av bio-CCS som kompletterande åtgärd inte alltid hålla klimatintegriteten inom EU konstant.

8.3 Bio-CCS avräknas i egen sektor

En tänkbar utveckling av EU:s klimatpolitiska ramverk är att det skapas en ny sektor för tekniska kolupptag så som bio-CCS. Vi tänker oss två huvudsakliga möjligheter för en sådan sektor: i) en kvotplikt införs på vissa ETS-företag men bio-CCS-krediterna får inte användas inom ETS utan samlas i ett EU-konto som kan, men inte behöver, användas för att i slutändan täcka utsläpp i ETS eller ESR och ii) ett EU-gemensamt mål för bio-CCS som fördelas ut i form av nationella åtagande.

I det första fallet är det EU som äger krediterna. Om Sverige ser svenska bio-CCS-anläggningars upptag som kompletterande åtgärd så uppstår dubbla anspråk. Införandet av bio-CCS som kompletterande åtgärd får i ett sådant scenario samma effekt som beskrevs för fallet då bio-CCS avräknas i ETS-sektorn.

I det andra fallet, då den nya sektorn har nationella åtaganden, blir analysen av att införa bio-CCS som kompletterande åtgärd likvärdig med den som gjordes ovan i avsnitt 8.2. Tabell 4 sammanfattar resultaten när bio-CCS avräknas i en egen klimatpolitisk sektor.

Tabell 4 Förändring i EU:s nettoutsläpp i ESR-, LULUCF- och den nya tekniska kolupptagssektorn, med jämfört utan bio-CCS som kompletterande åtgärder, när bio-CCS avräknas i en egen sektor

Sveriges nationell mål i förhållande till Sveriges EU-åtagande	Bio-CCS i egen EU-sektor	Bio-CCS i egen sektor med nationellt åtgående	
		Flexibilitet från sektor för bio-CCS till ESR	Ingen flexibilitet från sektor för bio-CCS till ESR
Mindre ambitiös	Oförändrade	Oförändrade	Oförändrade
	Högre	Högre (om inga bio-CCS-krediter överförs), annars oförändrade	Högre
Mer ambitiös			

Anm. Tabellen jämför scenarier där bio-CCS används som kompletterande åtgärd jämfört med ett scenario där kompletterande åtgärder inte används för att nå det svenska nationella ESR-målet. Analysen antar att ETS-utsläppen antas oförändrade.

8.4 Har bio-CCS som kompletterande åtgärd spelat ut sin roll?

EU:s beslut att införa ett nytt handelssystem (ETS2) för transporter, egenuppvärmning och övrig industri signalerar en ambition att efter 2030 gå mot en mer EU-gemensam styrning. Det svenska systemet är däremot delvis utformat för en mer nationellt styrd klimatpolitik, särskilt vad gäller de nationella utsläppsmålen och de styrmedel som används för att uppnå dem.

Analysen ovan visar att det kan bli svårt att upprätthålla kompletterande åtgärder i det svenska systemet i takt med att EU:s klimatpolitik får större inslag av EU-gemensam styrning. Vår bedömning är att om bio-CCS inkluderas i en sektor som omfattas av ett EU-gemensamt handelssystem, blir det inte försvarbart att fortsatt betrakta bio-CCS som en kompletterande åtgärd då användning av bio-CCS som kompletterande åtgärd inte alltid leder till att miljöintegriteten förblir konstant inom EU. Detta beror på att bio-CCS som kompletterande åtgärd inte alltid leder till additionella kolupptag eftersom målavräkningen enligt EU:s regelverk ska göras i ETS medan enligt det svenska nationella klimatmålet betraktas bio-CCS som en kompletterande åtgärd för åtgärder inom ESR-sektorerna. Detta kan leda till dubbla⁶⁹ anspråk.

Även i scenarier när bio-CCS avräknas i LULUCF eller i en egen sektor och när det inte finns någon flexibilitet mellan sektorerna finns det situationer då bio-CCS inte ger additionella utsläppsminskningar på grund av dubbla anspråk⁷⁰. För att undvika dubbla anspråk när bio-CCS används som kompletterande åtgärd måste bio-CCS avräknas i sektor med full flexibilitet till ESR eller i själva ESR-sektorn.

Även om analysen påvisar dubbla anspråk i många scenarier kommer utsläppen inom EU att vara oförändrade på grund av EU:s klimatpolitiska arkitektur. Detta gäller speciellt i fallet när det svenska målet är mindre ambitiöst än Sveriges EU-åtagande. När det svenska målet är mer ambitiöst än EU-åtagandet gäller dock inte detta utan möjligheten att använda bio-CCS som kompletterande åtgärd kan leda till högre utsläpp

⁶⁹ Exempelvis Sverige och EU.

⁷⁰ Exempelvis mellan EU-åtagandet för LULUCF och nationella klimatmålet (ESR).

inom EU jämfört med fallet då det nationella målet uppnås med enbart utsläppsminskningar, detta på grund av de dubbla anspråken.

Referenser

- Bednar J., J. Macinante, A. Baklanov, J.W. Hall, F. Wagner, N.S. Ghaleigh och M. Obersteiner (2024), "Beyond emissions trading to a negative carbon economy: a proposed carbon removal obligation and its implementation", *Climate Policy* Vol 24, no.4.
- Bergkvist, B. och Olsson, M. (red) (2008), "Kolet, klimatet och skogen - Så kan skogsbruket påverka", Information från LUSTRA.
- COM (2024) 63 final, Commission staff working document Impact Assessment Report Accompanying the document Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of Regions "Securing our future Europe's 2040 climate target and path to climate neutrality by 2050 building a sustainable, just and prosperous society".
- Concito (2024), "The Balancing Act: Risks and Benefits of Integrating Permanent Carbon Removals into the EU ETS", Hämtat 20250502, https://concito.dk/files/media/document/CONCITO%20%26%20CATF%202024_Emissions%20trading%20and%20permanent%20carbon%20removals.pdf.
- Energiforsk (2022), "Bio-CCS i fjärrvärmesektorn – syntes", Rapport 2022:842
- Energimyndigheten (2023), "Bio-CCS: bokföring och rapportering av negativa utsläpp samt disposition av dessa", PM regeringsuppdrag dnr 2020-025783.
- Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2024/3012 av den 27 november 2024 om inrättande av en unionsram för certifiering av permanenta kolupptag, kolinlagrande markanvändning och kollagring i produkter.
- Europaparlamentets och rådets direktiv (EU) 2024/825 av den 28 februari 2024 om ändring av direktiven 2005/29/EG och 2011/83/EU vad gäller mer konsumentmakt i den gröna omställningen genom bättre skydd mot otillbörliga affärsmetoder och bättre information.
- Fossilfritt Sverige (2024), "Strategi för fossilfri konkurrenskraft – biogen koldioxidinfångning (bio-CCUS)", Hämtat 250304: <https://fossilfritt Sverige.se/wp-content/uploads/2024/05/Strategi-for-biogen-koldioxidinfangning-Fossilfritt-Sverige.pdf>
- Gan, J. och McCarl, B. A. (2007), "Measuring transnational leakage of forest conservation", *Ecological Economics*, 64(2), 423–432
- Gren, M. och Aklilu, A. Z. (2016), "Policy design for forest carbon sequestration: A review of the literature", *Forest Policy and Economics*, 70, 128-136
- Hauber, G. (2023), "Norway's Sleipner and Snøhvit CCS: Industry models or cautionary tales? Unexpected subsurface geology developments in the two projects call into question the world's offshore CO2 storage ambitions", Institute for Energy Economics and Financial Analysis. Hämtat 250623: <https://icefa.org/sites/default/files/2023-06/Norway%E2%80%99s%20Sleipner%20and%20Sn%C3%B8hvit%20CCS-%20Industry%20models%20or%20cautionary%20tales.pdf>
- ICF (2024), "Support to the development of methodologies for the certification of industrial carbon removals with permanent storage, Technical Assessment Paper on certification methodologies of permanent carbon removals". Date 5 July 2024, job number 330301431. Rapport till europeiska kommissionen.
- IPCC (2006), IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.
- Johnsson F., L. Zetterberg och K. Möllersten (2023), "Mot netto-nollutsläpp- hur kan koldioxidavskiljning bidra?", SNS Analys 98, november 2023.

- Juutinen, A., Ahtikoski, A., Lehtonen, M., m.fl. (2018), "The impact of a short-term carbon payment scheme on forest management", *Forest Policy and Economics*, 90, 115–127.
- Lefvert A., och S. Grönkvist (2024), "Lost in the scenarios of negative emissions: The role of bioenergy with carbon capture and storage (BECCS)", *Energy policy* 184 (2024) 113882.
- Lundmark R. (2022), "Läckageeffekter från skog och skogsbruk – Kunskapsunderlag", Skogsstyrelsen Rapport 2022/18.
- Murray, B. C., McCarl, B. A. och Lee, H. C. (2004), "Estimating leakage from forest carbon sequestration programs", *Land Economics*, 80(1), 109-124
- Naturvårdsverket (2025), "Incitament och bokföring av permanenta upptag i EU:s klimatpolitik till 2040", Skrivelse 2025-02-19, Ärendenummer: NV-01705-24
- Naturvårdsverket (2024), "Kvalitetsdeklaration - Utsläpp och upptag av växthusgaser", Produktkod MI0107, 2024-11-18.
- Naturvårdsverket (2023a), "Kompletterande åtgärder enligt det klimatpolitiska ramverket – Redovisning av Naturvårdsverkets regeringsuppdrag", Skrivelse 2023-03-09, Ärendenummer NV-09894-21.
- Naturvårdsverket (2023b), "Analys av bokföring av Bio-CCS inom reviderat 2030-ramverk på EU-nivå – Delredovisning av naturvårdsverkets regeringsuppdrag", Skrivelse 2023-02-02, Ärendenummer NV-00052-20.
- Naturvårdsverket (2021), "LULUCF och AFOLU i ett ambitiöst nettonålssystem", Delredovisning av Naturvårdsverkets regeringsuppdrag, Skrivelse 2021-03-22, ärendenummer: NV-00052-20
- Regeringen (2023), "Regeringens klimathandlingsplan – hela vägen till nettonoll", Regeringens skrivelse 2023/24:59.
- Regeringskansliet (2025), "Beräkningskonventioner 2025", En rapport från skatteekonomiska enheten i Finansdepartementet, Hämtad 25 03 31: <https://www.regeringen.se/contentassets/0229ac516d4241e5a7b3dbf8e2d6b5a3/berakningskonventioner-2025.pdf>.
- Rickels W., A. Proelß, O. Geden, J. Burhenne och M. Fridahl (2021), "Integrating Carbon Dioxide Removal Into European Emissions Trading", *Front. Clim.* 3:690023.
- RISE (2024), På uppdrag åt Klimatpolitiska rådet: Kartläggning av åtgärder för att öka den svenska kolsänkan, Hämtad 25 02 04: <https://www.klimatpolitiskaradet.se/wp-content/uploads/2024/03/kartlaggningavatgarderforattokadensvenskakolsankan.pdf>
- Richards, K. R. och Stokes, C. (2004), "A review of forest carbon sequestration cost studies: a dozen years of research", *Climatic Change*, 63(1), 1–48
- Sultani D., S. Osorio, C. Günther, M. Pahle, K. Sievert, T.S. Schmidt, B. Steffen, O. Edenhofer (2024), "Sequencing Carbon Dioxide Removal into the EU ETS", CESifo working papers 11173, June 2024.
- Sun, B. och Sohngen, B. (2009), "Set-asides for carbon sequestration: implications for permanence and leakage", *Climatic Change*, 96(3), 409-419
- Wikberg, P-E. med flera (2023), "Scenarier för utveckling av upptag och utsläpp av växthusgaser från LULUCF-sektorn – underlag till Miljömålsberedningen", SLU arbetsrapport 557.