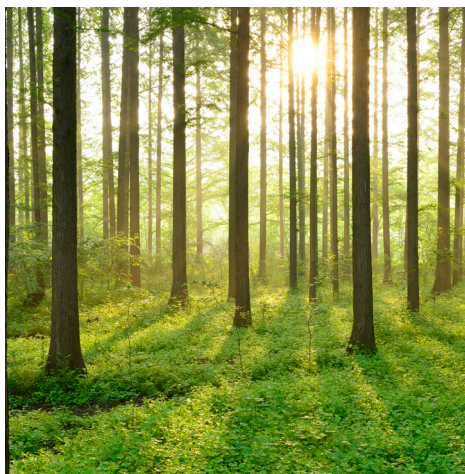


INCITAMENT FÖR BIO-CCS I FJÄRRVÄRMEN

RAPPORT 2022:836



Incitament för Bio-CCS i fjärrvärmesystem

LARS ZETTERBERG, FILIP JOHNSON, KENNETH MÖLLERSTEN
MED BIDRAG FRÅN JENNY SAHLIN

ISBN 978-91-7673-836-8 | © Energiforsk januari 2022

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se | www.energiforsk.se

Förord

Negativa utsläpp kommer sannolikt att krävas för att för att Sverige ska kunna uppnå sina klimatmål. Det här projektet har utrett möjligheterna för fjärrvärmebranschen att bidra med negativa utsläpp genom avskiljning, transport och lagring av biogen koldioxid från kraft- och fjärrvärmeanläggningar inklusive avfallsförbränningsanläggningar.

Uppvärmningssektorn har som vision att år 2045 vara en kolsänka som hjälper till att minska de totala svenska växthusgasutsläppen. Inom sektorn finns stor potential för bio-CCS eftersom en betydande andel av Sveriges biogena utsläpp kan härledas till punktutsläpp inom sektorn. Men för att realisera potentialen och uppvärmningssektorns vision om att bli en kolsänka krävs konkreta insatser.

Målet med projektet har varit att ta fram ett kunskapsunderlag som visar hur fjärrvärmesektorn kan bli en kolsänka till år 2045 genom avskiljning och lagring av biogen koldioxid från förbränning av biobränslen och avfall. Underlaget har legat till grund för fjärrvärmesektorns arbete med att utveckla en strategi för bio-CCS vid kraft- och värmeproduktion inklusive förbränning av avfall.

Projektet ger konkret vägledning till fjärrvärmeföretagen när det gäller implementering av bio-CCS. I arbetet har ingått att visa på robusta utvecklingsvägar för utbyggnaden av bio-CCS och hur bio-CCS från år 2030 kan drivas på affärsmässiga grunder. Arbetet har omfattat sex arbetspaket samt en sammanfattande syntes kring ekonomi, teknik, infrastruktur, policy, regelverk och hållbarhetsaspekter för storskalig introduktion och användning av bio-CCS i fjärrvärmebranschen. En mindre kunskapssammanställning kring CCU har också genomförts inom projektet.

Energiforsk har varit värd för projektet som har letts av Jenny Gode (Profu) och utförts av ett 20-tal forskare och experter från Profu, IVL Svenska Miljöinstitutet, Chalmers Tekniska Högskola, Linköpings Universitet och RISE. Projektet har utförts i nära samverkan med fjärrvärmebranschen, avfallsbranschen, myndigheter och andra aktörer längs värdekedjan för bio-CCS.

Energiforsk vill rikta ett tack till medverkande forskare och företag som bidragit med stor kunskap och stort engagemang under projektet. Sammantaget har över 100 personer från mer än 40 olika organisationer bidragit till projektets genomförande. Energiforsk vill också rikta ett särskilt tack till Energimyndigheten, deltagande företag och organisationer som har finansierat projektet.

Energiforsk

Här redovisas resultat och slutsatser från ett projekt inom ett forskningsprogram som drivs av Energiforsk. Det är rapportförfattaren/-författarna som ansvarar för innehållet.

Sammanfattning

Negativa koldioxidutsläpp är vanligt förekommande i de flesta globala scenarier som uppfyller Parisavtalets temperaturmål och är en kritisk komponent för att Sverige ska nå nettonollutsläpp år 2045. Trots det saknas nästan helt ekonomiska incitament som stöder utveckling och införande av Bio-CCS. Denna rapport presenterar och diskuterar fyra olika finansieringsmodeller för Bio-CCS: 1) staten som köpare; 2) kvotplikt på utvalda sektorer; 3) att deltagare i EU:s utsläppshandel EU ETS tillåts använda Bio-CCS-krediter; 4) Privata företag för frivillig klimatkompensering. Vi föreslår även en finansieringsmodell för blandat avfall (fossilt och biogent).

När det gäller modell 1 – staten som köpare – ser flera fjärrvärmeföretag en möjlighet att komplettera den statliga finansieringen genom att sälja certifikaten på frivilligmarknaden. Därför är det viktigt staten före genomförandet av statliga auktioner klargör vem som får göra anspråk på de negativa utsläppen.

Skillnaderna mellan de olika finansieringsmodellerna innebär att vissa modeller kan vara intressantast i ett tidigt skede, medan andra är intressantare på längre sikt. Ur svenska statens perspektiv skulle en logisk följd vara att börja med att staten finansierar Bio-CCS genom auktioner, med start så snart som möjligt, följt av en infasning av kvotplikt i syfte att öka volymerna och bredda finansieringsunderlaget. Ett tredje steg vore att inkludera Bio-CCS-krediter i EU ETS (eller att EU skapar en marknad på annat sätt) för att ytterligare bredda finansieringsbasen och öka effektiviteten. Utöver detta kan frivilligmarknaden (modell 4) utgöra en viktig köpare av Bio-CCS-krediter men är mycket osäker vad gäller tidpunkt och förväntade volymer. Det är inte uppenbart hur en sådan sekvensering kan genomföras rent praktiskt, eftersom svenska staten inte har rådighet över alla modeller. För blandat avfall kan det krävas fler finansieringsmodeller – en för den biogena delen i kombination med andra finansieringslösningar för den fossila delen. Det är av största vikt att ett sådant incitament stimulerar en utveckling mot högsta klimatnytta och resurseffektivitet samt främjande av teknikutveckling. Inte minst för att möjliggöra för avfallsförbränningsverksamheter att på sikt ställa om till returraffinaderier. Därför är det av stor vikt att ett styrmedel även innefattar aktörer som ställer om från ett linjärt till ett cirkulärt system.

Ett väl utformat policypaket bör se till att Bio-CCS inte används för att fördröja verkliga utsläppsminskningar.

Nyckelord

Bio-CCS, koldioxidinfångning och lagring, negativa utsläpp, incitament, klimatpolitik, styrmedel.

Summary

Negative carbon dioxide emissions are prevalent in most global scenarios that meet the Paris Agreement's temperature target and is a critical component for Sweden to reach net zero emissions by 2045. Despite this, there is almost no economic incentive to support the development of BECCS. This report presents and discusses four different financing models for BECCS: 1) the state as a buyer; 2) the introduction of a quota obligation on selected sectors; 3) that participants in the EU ETS emissions trading can use BECCS credits; 4) Private companies for voluntary climate compensation. We also propose a financing model for mixed waste (fossil and biogenic).

Regarding model 1 - the state as buyer - several district heating companies have expressed an interest in selling the certificates on the voluntary market. Therefore, it is important that the state clarifies who may claim the negative emissions before conducting state auctions.

The differences between the different financing models indicates that some models may be most interesting at an early stage, while others are more interesting in the longer term. From the Swedish state's perspective, a logical consequence would be to start as soon as possible with the state financing Bio-CCS through auctions (model 1), followed by a phasing in of a quota obligation (model 2) in order to increase volumes and broaden the funding base. A third step would be to include BECCS credits in the EU ETS (model 3) to further broaden the funding base and increase efficiency. In addition, the voluntary market (model 4) can be an important buyer of BECCS credits but is very uncertain in terms of timing and expected volumes. It is not obvious how such sequencing can be arranged, as the capacities to implement the different Policy Models are vested in different organizations (national governments, EU, private firms). For mixed waste, a combination of financing models may be required - one for the biogenic part and another for the fossil part.

A well-designed policy package should guarantee that BECCS is neither used to postpone the reduction of fossil fuel-based emissions nor overused in the short term as a niche business for "greenwashing" while not addressing fossil fuel emissions.

Innehåll

1	Inledning	7
1.1	Bakgrund	7
2	Hur kan en marknad för negativa utsläpp skapas?	8
2.1	Andra överväganden vid finansiering av Bio-CCS	8
2.2	Handel med negativa utsläpp förutsätter att en ny handelsvara skapas	9
3	Fyra finansieringsmodeller för Bio-CCS och möjligheter till hantering av blandat avfall	11
3.1	Modell 1. Staten som köpare	13
3.2	Modell 2. Kvotplikt på utvalda sektorer	14
3.3	Modell 3. Deltagare i EU:s utsläppshandel tillåts använda Bio-CCS-krediter alternativt ett separat EU-system	14
3.4	Modell 4. Privata köpare för frivillig klimatkompensering	16
3.5	Övriga finansieringsmöjligheter	17
4	Sammanfattande diskussion	20
4.1	Sekvensering av finansieringsmodellerna för Bio-CCS	20
5	Referenslista	21

1 Inledning

Den här rapporten utgör avrapporteringen från arbetspaket 1 i projektet *Bio-CCS i fjärrvärmesektorn*. Rapporten syftar till att beskriva olika finansieringsmodeller för Bio-CCS i fjärrvärmesektorn. Den är framtagen genom litteraturstudier och egna analyser. Ett utkast av rapporten har presenterats för representanter från den svenska fjärrvärmesektorn och synpunkterna från arbetsmötet har bidragit till rapportens utformning.

1.1 BAKGRUND

Denna rapport utgör en av flera delrapporter från projektet *Bio-CCS i fjärrvärmesektorn*. Projektets huvudmål är att ta fram underlag till och utveckla en strategi för hur fjärrvärmesektorn med hjälp av avskiljning och lagring av biogen koldioxid kan bli en kolsänka till år 2045. Strategin bygger på forskning i projektet som studerar affärsmässiga förutsättningar (AP1), teknik och systemintegration (AP2), infrastruktur och samverkan (AP3), acceptans och regelverk (AP4), hållbarhet (AP5) och avfalls-CCS (AP6). Projektet omfattar även syntes och helhetsbedömning (AP7) samt framtagande av strategi (AP8). En övergripande analys av CCU har också genomförts.

Bakgrunden till projektet är Sveriges klimatpolitiska mål att senast år 2045 inte ha några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären för att därefter nå nettonegativa emissioner. Avskiljning och lagring av koldioxid med biogent ursprung, så kallad bio-CCS eller BECCS, kommer sannolikt att krävas för att uppnå målen.

Fjärrvärmesektorn står för en stor andel av Sveriges biogena utsläpp och har stort potential att bidra med minusutsläpp genom bio-CCS och många företag har konkreta planer. Branschen har också som vision att år 2045 vara en kolsänka som hjälper till att minska de totala svenska växthusgasutsläppen.

2 Hur kan en marknad för negativa utsläpp skapas?

Flera författare menar att det finns ett behov av snabb introduktion av politiska och ekonomiska incitament för Bio-CCS (och andra negativa utsläppstekniker) för att stödja utveckling och införande, i synnerhet styrmedel som styr efterfrågan (Fridahl, Bellamy, Hansson och Haikola, 2020 ; Fuss & Johnsson, 2021; Bellamy, m fl2021). Men trots att flera författare pekar på behovet finns det bara ett begränsat antal artiklar som beskriver sådana styrmedel (Pour, Webley, & Cook, 2018; Burke, Byrnes, & Fankhauser, 2019; Jeffery, Höhne, Moisis, Day, & Lawless, 2020; Zetterberg, Johnsson, & Möllersten, 2021). Även om det finns ett behov av styrmedel så är det heller inte uppenbart hur sådana ska samspela med styrmedel som prissätter fossil koldioxid så att skeva incitament undviks (Fuss & Johnsson, 2021, Zetterberg, Johnsson, & Möllersten, 2021).

Ett vanligt sätt att skapa incitament för minskad miljöpåverkan är den s.k. *Polluter Pays Principle* (PPP), dvs låta förorenaren betala för sina utsläpp, t ex genom att införa en CO₂-skatt. Att prissätta utsläpp leder till incitament att minska utsläpp samt ger intäkter till staten. Dessa intäkter kan under vissa förutsättningar betraktas som en ersättning för den förorenade miljön.

Med negativa utsläpp, t ex Bio-CCS, gäller inte PPP. Den som skapar negativa utsläpp förorenar ju inte utan bör snarare få betalt för sin nyttighet. Så vem ska betala? Ur ett globalt perspektiv bidrar ett upptag av koldioxid ur atmosfären till en gemensam nytta (en positiv externalitet). Eftersom det är en gemensam nytta kan man argumentera för att den ska betalas av oss alla och envar och exempelvis betalas ut via statsbudgeten. Vill man formulera en princip för detta som är analog med PPP skulle den kunna kallas *Beneficiary Pays Principle* (BPP), det vill säga att den som får nyttan av Bio-CCS-reduktionerna betalar den som skapar negativa utsläpp.

Men man kan också argumentera för att de som släpper ut växthusgaser också ska bidra till att finansiera Bio-CCS. Det kan ske genom att man ålägger de som släpper ut koldioxid att betala dem som tar bort koldioxiden. Man kan även tänka sig att de som deltar i EU:s utsläppshandelssystem ges möjligheten att köpa Bio-CCS-krediter som ett alternativ till att köpa utsläppsrätter. Det finns även privata företag som intresserade av att köpa negativa utsläpp för att klimatkompensera sin verksamhet.

2.1 ANDRA ÖVERVÄGANDEN VID FINANSIERING AV BIO-CCS

Kostnaderna för Bio-CCS är höga relativt många andra åtgärder som minskar utsläppen av växthusgaser. Johnsson m. fl. (2020) har uppskattat kostnaderna för CCS för de 28 största CO₂-källorna i Sverige (biogen och fossil CO₂), motsvarande 23 Mt/år och kommit fram till en kostnad för avskiljning, transport och lagring på ca 80-135 €/t CO₂. Det kan jämföras med priset på utsläppsrätter, ca 80 €/t CO₂ (oktober 2021) samt att flera av de industrier som ingick i studien erhåller fri tilldelning av utsläppsrätter som även om dessa betingar ett värde minskar

incitamentet att ta bort de fossila utsläppen. För de biogena utsläppen finns idag inga incitament att minska dessa.

Bio-CCS-anläggningar kräver höga investeringskostnader och medför ökade driftskostnader och därför är det viktigt att finansieringen är långsiktig och förutsägbar.

Även om Bio-CCS baseras på teknik som är kommersiellt tillgänglig kan den inte växa gradvis i små steg (som exempelvis vind- och solkraft kan) utan kräver statsningar i stora anläggningar. Införandet av Bio-CCS lär därför ske trappstegsvis (se t.ex. Fuss och Johnsson, 2021).

Ett rimligt antagande är att det så småningom skapas en symmetri mellan kostnaden att släppa ut koldioxid och ersättningen för att skapa negativa utsläpp (Fuss och Johnsson, 2021, Zetterberg, Johnsson, & Möllersten, 2021). Annars kan det leda till en alltför dålig kostnadseffektivitet där för mycket resurser satsas på att skapa negativa utsläpp istället för att minska befintliga utsläpp. Dock kan det i ett inledningsskede vara motiverat att betala mer för negativa utsläpp i syfte att få igång en teknikutveckling. Ersättningsnivån för Bio-CCS bör ligga nära kostnaden för att producera Bio-CCS, det vill säga 80-135 €/t CO₂. I Sverige är bio-CCS tänkt som en så kallad kompletterande åtgärd dvs med syfte att kompensera för svåra utsläpp som t ex inom jordbrukssektorn. Då det i Sverige finns planer att skapa styrmedel för att implementera bio-CCS i närtid kan man argumentera för att denna bio-CCS inte kommer att kompensera för sådana residualutsläpp. Det bör därför vara viktigt att stryckmedel för bio-CCS även motiveras med att skapa drivkraft för teknikutveckling.

Svenska fjärrvärmeproducenter släppte år 2019 ut ca 11,2 miljoner ton biogen koldioxid (Skårman 2021) och skulle kunna bli en betydande producent av negativa utsläpp. För många av dessa fjärrvärmeproducenter består bränslet av blandat avfall med både biogena och fossila fraktioner. Om dessa anläggningar vill avskilja koldioxiden och sälja negativa utsläpp kan plastinnehållet i avfallet innebära ett problem för finansieringen. Det är rimligt att en tänkt köpare som vill köpa negativa utsläpp inte är intresserad av den fossila delen och bara vill betala för den biogena koldioxiden. Vi har därför undersökt hur finansiering av CCS på anläggningar som förbränner blandat avfall kan hanteras.

2.2 HANDEL MED NEGATIVA UTSLÄPP FÖRUTSÄTTER ATT EN NY HANDELSVARA SKAPAS

En marknad för negativa utsläpp förutsätter att det finns en handelsvara, en kommoditet, som kan handlas med. Vi kan kalla det Bio-CCS-krediter (alternativt Bio-CCS-certifikat). För att utfärda Bio-CCS-krediter behövs en övervakande myndighet (i Sverige eller internationellt) och ett regelverk för mätning, rapportering och verifiering av Bio-CCS-projekt. Efter att en anläggningsägare avskilt och lagrat koldioxid utfärdar den övervakande myndigheten Bio-CCS-krediter till producenten. Producenterna av negativa utsläpp kan t ex vara kraftvärmeverk eller massa- och pappersbruk. Varje kredit har ett unikt ID-nummer. En transaktionslogg håller koll på utfärdandet av krediter, vem som äger

dem, alla handelstransaktioner och när de annulleras. Efter att producenten erhållit sina krediter kan de handlas med.

För att kunna sälja krediterna krävs att det finns en efterfrågan på dessa. Potentiella köpare av krediterna kan vara svenska staten, andra stater, privata företag som vill klimatkompensera eller deltagare i utsläppshandelssystem. Dessa beskrivs närmare i nästa kapitel.

3 Fyra finansieringsmodeller för Bio-CCS och möjligheter till hantering av blandat avfall

Baserat på resonemanget i inledningen till detta kapitel formulerar vi fyra principiella finansieringsmodeller för Bio-CCS.

I analogi med ovannämnda Beneficiary Pays Principle (BPP) kan policymodell 1 formuleras vilken innebär att staten finansierar en viss mängd Bio-CCS. Denna modell har också föreslagits av den statliga Klimatpolitiska vägvalsutredningen för kompletterande åtgärder (Statens offentliga utredningar 2020).

Även om man inte följer BPP kan man ur ett finansieringsperspektiv hävda att de som avger fossila bränsleutsläpp (eller andra växthusgaser) bör bidra till finansieringen av Bio-CCS. Detta skulle kunna genomföras genom att ålägga dem som släpper ut att betala för koldioxidborttagning. Tänkbara sektorer för sådana skyldigheter är de som står för betydande utsläpp idag och restutsläpp i framtiden. Detta är vår motivation för policymodell 2 (kvotplikt).

Den svenska Bio-CCS -potentialen är betydligt större än de uppskattade restutsläppen i Sverige år 2045. Utnyttjande av den fulla potentialen i svenska Bio-CCS -projekt kan göras genom att koppla till internationella växthusgasmarknader. Ett sätt att göra detta är att låta deltagarna i EU ETS köpa Bio-CCS -krediter som ett alternativ till utsläppsrätter, vilket är målet med policymodell 3.

Policy Model 4 bygger på att erbjuda Bio-CCS -krediter till frivilliga marknader, vilket skulle vara ett sätt att bredda finansieringen av svenska Bio-CCS.

Ovannämnda policymodeller för Bio-CCS listas i tabell 1 med avseende på huvudsaklig finansiär, motivering för modellen samt utmaningar som identifierats i analys och från arbetsmöten och workshops med olika intressenter.

Tabell 1. Fyra finansieringsmodeller för Bio-CCS: Staten som köpare, kvotplikt, handelssystem och frivilliga marknader. Modellerna presenteras i mer detalj i de kommande avsnitten.

Modell	Huvudsaklig finansiär	Motivering	Utmaningar
1. Staten som köpare	Svenska staten och skattebetalarna	Gynnsamma förhållanden kan skapas för upprättandet av de första Bio-CCS-anläggningarna	Utgör en stor kostnad för staten och skattebetalarna Flera fjärrvärmeföretag ser en möjlighet att komplettera den statliga finansieringen genom att sälja certifikaten på frivilligmarknaden, vilket kan strida mot statens intentioner att använda reduktionerna som kompensation ("kompletterande åtgärder"). Därför behöver ägarskapet tydliggöras före auktionerna. Risk för överanvändning av biomassa om det införs utan hänsyn till annan styrning. Bio-CCS behöver vara en del av en bredare strategi för biomassa
2. Kvotplikt	Sektorer som har svårt att minska sina utsläpp av växthusgaser, till exempel transporter, avfallsproducenter, jordbruk	Breddar finansieringsunderlaget. Flyttar kostnaderna från staten till sektorer med kvarvarande utsläpp, vilket kan öka acceptansen hos allmänheten. Ökade incitament för att minska utsläppen i transportsektorn och minska andelen plast i avfall	I takt med att utsläppen i transportsektorn minskar så minskar även betalningsunderlaget för att finansiera Bio-CCS På längre sikt bör därför kvotplikten införas i sektorer som förväntas ha kvarvarande utsläpp som exempelvis avfall, jordbruk och flyg
3. Koppling till EU:s utsläppshandelssystem EU ETS	Deltagarna i EU ETS	Breddar finansieringsunderlaget och skulle kunna innebära en stor efterfrågan på Bio-CCS Kan på längre sikt bidra till att minska kostnaderna för deltagare i EU ETS	Skulle kräva en betydande reformering av EU ETS direktivet, eftersom krediter inte är tillåtna inom EU ETS idag. Det finns en risk att deltagare i EU ETS använder Bio-CCS-krediter istället för att minska sina egna utsläpp. Detta motverkas på kort sikt av att kostnaden för Bio-CCS är högre än priset på utsläppsrätter idag.
4. Privata aktörer för frivillig kompensation	Stora internationella företag, resebyråer etc.	Skulle kunna bidra till en stor efterfrågan på Bio-CCS. utvidgar systemet till att inkludera icke-territoriella utsläpp som internationellt flyg och utländska företag.	Även om frivilligmarker kan bidra till tidigt införande av Bio-CCS kan svenska staten inte räkna med detta. Om staten vill stödja införandet av Bio-CCS behöver andra finansieringsmodeller införas. Frivilliga marknader kan då komma i tillägg till andra. Man behöver hantera risken för dubbelräkning, det vill säga att de negativa utsläppen redovisas i både det producerande landet och köpande landet.

3.1 MODELL 1. STATEN SOM KÖPARE

Modellen innebär att staten (dvs. skattebetalarna) betalar för Bio-CCS. Det kan ske genom långsiktiga avtal med Bio-CCS-producenter där staten garanterar att köpa en viss volym Bio-CCS under en viss tidsperiod. För att minimera statliga kostnader kan avtalen auktioneras ut i delar till den lägsta budgivaren. Långsiktiga avtal med auktion har fördelen att priset kan pressas, men det kan finnas risk att vissa producenter inte klarar av att leverera till avtalat pris om de lämnar för optimistiska bud.

En annan metod är att staten köper negativa utsläpp till en fast lagringspeng, analogt med inmatningstariffer. Huvudskillnaden från auktion är att staten bestämmer priset per ton men har begränsad rådighet över hur många ton som producenterna vill sälja till det priset. Systemet kan jämföras med en negativ skatt, i den meningen att Bio-CCS-producenten betalas för varje ton avskild och lagrad CO₂. Priset behöver vara tillräckligt högt och erbjudas under tillräckligt lång tid för att för att producenterna ska vilja leverera. En fast lagringspeng har nackdelen att det är svårt för staten att fastställa en lämplig prisnivå. Med ett för lågt pris kommer knappast några volymer att produceras alls. Med en fast lagringspeng har de potentiella producenterna ett informationsövertag.

En stor fördel med en statligt finansierad lösning är att staten i ett inledande skede kan skapa gynnsamma förhållanden för upprättandet av de första Bio-CCS-anläggningarna, eftersom långvariga kontrakt skapar en förutsägbarhet för Bio-CCS-producenterna. En annan fördel är att staten kan ha viss kontroll över hur stora volymer negativa utsläpp produceras och hur länge staten vill stödja dem. Genom långsiktiga avtal kan staten i förväg bestämma vilka volymer den vill köpa, till exempel 1 Mt Bio-CCS-minskningar / år.

En nackdel med att staten köper negativa utsläpp är att det blir dyrt för staten och skattebetalarna. Som exempel, vägvalsutredningen (Regeringen 2020) föreslår att staten köper motsvarande 1,8 Mt Bio-CCS per år till år 2030, vilket skulle innebära en kostnad på ca 1,8 miljarder kronor per år, förutsatt en Bio-CCS-kostnad på 1000 kr/ton CO₂. I Regeringens budget för 2022 står "...Energimyndigheten tillföras resurser för att genomföra ett program för koldioxidlagring så att uppemot 2 miljoner ton koldioxid per år kan fångas upp och lagras. För att möjliggöra detta bör bemyndigandet för Energimyndigheten att ingå överenskommelser som innebär framtida utgifter mellan åren 2026 – 2046 höjas med 30 miljarder kronor".

Flera fjärrvärmeföretag ser en möjlighet att komplettera den statliga finansieringen genom att sälja certifikaten på frivilligmarknaden (Fridahl och Lundberg 2021), vilket kan strida mot statens intentioner att använda reduktionerna som kompensation. Därför behöver ägarskapet tydliggöras före auktionerna.

Staten finansierar utan att göra anspråk på de negativa utsläppen

Om staten ger finansiellt stöd genom omvända auktioner utan att göra anspråk på de negativa utsläppen skulle avskiljarna kunna sälja sina negativa utsläpp, exempelvis till privata aktörer (Modell 4). Avskiljarna skulle därmed få in mer

intäkter och kunna lägga lägre bud vid auktionerna. Så om staten inte gör anspråk på de negativa utsläppen kan man förvänta sig lägre "clearingpriser" vid auktionerna och att de statliga medlen räcker till större volymer avskild koldioxid. Därmed kan flera anläggningar delta, vilket kan gynna framväxten av en svensk marknad för negativa utsläpp. Men då kan staten förstås inte räkna in de negativa utsläppen som en kompletterande åtgärd eftersom de säljs vidare av anläggningsägarna.

3.2 MODELL 2. KVOTPLIKT PÅ UTVALDA SEKTORER

Man kan argumentera för att sektorer eller aktiviteter som har svårt att minska sina växthusgasutsläpp bör bidra till att finansiera negativa utsläpp, till exempel genom Bio-CCS. Staten skulle kunna lägga en kvotplikt på dessa sektorer motsvarande en del av deras växthusgasutsläpp. Systemet liknar det för gröna elcertifikat, där eldistributörer behöver köpa gröna elcertifikat motsvarande en viss andel av elen som säljs till slutkonsumenten. I teorin kan kvotplikten vara ett till ett, det vill säga att om den kvotpliktiga släpper ut ett ton CO₂ måste den köpa Bio-CCS-krediter motsvarande samma mängd CO₂. Men rimligare är att börja på en lägre nivå, med en kvotplikt som motsvarar till exempel 10 % av utsläppen för att sedan öka över tid.

Det är inte självklart vilka sektorer som ska bli föremål för kvotplikten. Eftersom Bio-CCS erbjuder negativa utsläpp så kan man tycka att det bör riktas mot sektorer där det är svårt att få ner utsläppen, till exempel transporter (väg, flyg, sjöfart), plastandelen i avfall och jordbruk.

Transporter är den sektor som för närvarande släpper ut de störst mängd växthusgaser i Sverige. cirka 16 Mt CO_{2e} år 2019 (Naturvårdsverket, 2021). Om en kvotplikt läggs på fossila transportbränslen motsvarande 10% av utsläppen skulle det i dagsläget skapa en efterfrågan på 1,6 Mt Bio-CCS-krediter, dvs. ungefär samma nivå som det Bio-CCS-mål som föreslås i Vägvalsutredningen (2020) för år 2030. Kostnadsökningen för bensin och diesel skulle i så fall bli ca 32 öre/liter respektive 29 öre/liter (Zetterberg m.fl., 2019).

Kvotplikt har fördelen att kostnaderna för Bio-CCS inte belastar statsbudgeten utan på sektorer som släpper ut växthusgaser, vilket både skapar incitament för att minska utsläppen, samt finansieringsunderlag för Bio-CCS. I slutändan blir det förstås konsumenterna som betalar, men kvotplikten styr ändå kostnaderna mot sektorer med kvarvarande utsläpp. En möjlig nackdel med att rikta kvotplikten mot marktransporter är att över tid, när utsläppen minskar inom transportsektorn, kommer finansieringsunderlaget att krympa. Därför bör denna finansieringsmodell på sikt även riktas mot sektorer som har kvarvarande utsläpp, exempelvis jordbruk, flyg och plast i avfall.

3.3 MODELL 3. DELTAGARE I EU:S UTSLÄPPSHANDEL TILLÅTS ANVÄNDA BIO-CCS-KREDITER ALTERNATIVT ETT SEPARAT EU-SYSTEM

Med nuvarande reglerna kommer utsläppstaket i EU:s utsläppshandelssystem (EU ETS) att nå noll 2058, vilket innebär att det sista utsläppsåret kommer att

utfärdas 2058. Europeiska rådet har dock beslutat att växthusgasutsläppen från hela EU ska nå netto noll till 2050. Detta kräver en översyn av EU ETS så att nollutsläpp nås år 2050 eller tidigare. EU-kommissionen har i sitt klimatpaket "Fit for 55" föreslagit att utsläppshandelssystemet skärps så att "utsläppsbubblan" minskas med 4,3% per år med start 2021 (EU-kommissionen, 2021). När vi närmar oss året för nollutsläpp är det troligt att det finns kvarvarande utsläpp som är mycket kostsamma att minska (t.ex. inom luftfarten och vissa industriutsläpp). Bio-CCS kan då utgöra ett sätt att kompensera för de återstående utsläppen i utsläppshandelssystemet.

Ett problem är att gällande regler inte tillåter användning av krediter och den politiska viljan för att inkludera dem är mycket låg. En orsak till det svaga intresset är att man är rädd att användningen av krediter skulle ersätta verkliga utsläppsreduktioner. Dock tillåts redan användning av fossil CCS för att minska fossila utsläpp från exempelvis kolkraftverk. Tittar man på lång sikt, framåt 2050 är det svårt att se att man inte kommer tillåta någon typ av krediter. Detta skulle kunna vara Bio-CCS-krediter, men andra negativa utsläppskrediter kan också komma i fråga, till exempel biokol eller direktinfångning (Direct Air Capture - DAC).

En fördel med att inkludera Bio-CCS i EU ETS är att Bio-CCS då skulle ingå i världens största koldioxidmarknad. Det skulle bidra till att sänka kostnaderna för deltagare i EU:s utsläppshandelssystem och skulle kunna skapa en betydande efterfrågan på Bio-CCS. Det kommer dock att ta tid innan Bio-CCS-krediter blir ett intressant alternativ till utsläppsminskningar. Med en kostnad för Bio-CCS på ca 1000 kronor per ton eller mer krävs ett utsläppsrättspris i paritet med den kostnaden för att Bio-CCS ska blir ett alternativ för deltagarna i systemet. Med denna modell finns en risk att deltagare i EU ETS använder Bio-CCS-krediter istället för att minska sina egna utsläpp. Men detta motverkas på kort sikt av att kostnaden för Bio-CCS är högre än priset på utsläppsrätter idag.

Ur ett svenskt perspektiv är det svårt att förutsäga vad efterfrågan på BECCS-krediter skulle kunna bli. Efterfrågan skulle bero på kostnadsstrukturen i Sverige jämfört med andra länder och jämfört med andra typer av utsläppsminskningar.

Om svenska Bio-CCS-reduktioner används av deltagare i EU ETS är det viktigt att samma reduktioner inte användas för att kompensera för kvarvarande utsläpp i det svenska jordbruket eftersom jordbrukssektorn inte ingår i handelssystemet.

Ett separat EU-system för negativa utsläpp

Även om man det finns goda skäl att på längre sikt införa någon typ av krediter inom EU ETS så tycks aptiten för det vara låg i närtid. Däremot kommer EU kommissionen under 2022 lämna ett lagförslag för certifiering av "carbon dioxide removals" (ordagrant "bortförande av koldioxid") (EU kommissionen, 2021b). Det skulle kunna utgöra en grund för skapandet av ett separat system för negativa utsläpp på EU-nivå.

En rapport från ICAP (La Hoz m fl 2021) beskriver hur en EU-marknad för negativa utsläpp skulle kunna se ut. På tillförselsidan produceras negativa utsläpp genom olika åtgärder - inbindning i skog och mark, biokol, Bio-CCS, samt direktinfångning och lagring (DACCS). Efterfrågan kan skapas genom att

medlemsstater eller EU centralt handlar upp negativa utsläpp (liknande modell 1 i denna rapport), att en kvotplikt införs (likt modell 4 i denna rapport) eller att privata organisationer på frivillig basis köper negativa utsläpp (likt modell 5 i denna rapport). ICAP-rapporten beskriver även hur ett sådant system skulle kunna förhålla sig till EU ETS – antingen 1) helt isolerat; 2) helt länkat med EU ETS, eller 3) länkat men där överföringar till EU ETS begränsas.

3.4 MODELL 4. PRIVATA KÖPARE FÖR FRIVILLIG KLIMATKOMPENSERING

Marknaden för frivillig klimatkompensation växte fram i början av 2000-talet parallellt med utvecklingen av internationella koldioxidmarknader under Kyotoprotokollet. Efterfrågan på krediter kommer från att företag eller individer vill kompensera en del av eller hela sitt klimatavtryck. Ett finansieringssystem för Bio-CCS baserat på frivillig kompensation skulle innebära att de som vill klimatkompensera på frivillig basis köper Bio-CCS-krediter. Ser man internationellt har stora företag som till exempel Microsoft, Stripe och Shopify förbundit sig att bli klimatneutrala genom att köpa stora volymer krediter baserat på negativa koldioxidutsläpp (Microsoft, 2021). Det tycks även som att det inom framväxande standarder för företags netto-nollutsläpp finns preferenser för negativa utsläpp, snarare än att köpa utsläppsminskningar (Allen, et al., 2020). Detta skulle kunna leda till ett ökat intresse för Bio-CCS-krediter.

Att sälja negativa utsläpp internationellt kan dock innebära en risk för dubbelräkning. Om ett företag, till exempel Microsoft (USA), köper Bio-CCS-krediter från en svensk Bio-CCS-producent för att kompensera sitt företags koldioxidavtryck, finns det en risk att samma negativa utsläpp redovisas i både producentlandet (Sverige) och i landet där köparen finns (USA). Det är därför viktigt att sådan handel sker på ett sätt som hindrar dubbelräkning, eftersom det annars skulle undergräva Parisavtalets integritet (Schneider, m.fl., 2014).

En möjlig nackdel med frivilligmarknaderna är att efterfrågan och betalningsviljan är osäker. Potentiella producenter av negativa utsläpp kommer troligen inte investera i avskiljningsanläggningar enbart baserat på en frivillighetsmarknad, då det finns stora osäkerheter och därmed risker med en sådan finansiering (Nylén, 2021).

Möjligheter för internationell överföring av BECCS-krediter

Parisavtalets artikel 6 skapar ett övergripande regelverk för internationell överföring av växthusgasenheter, som kan användas inom ramen för internationell samverkan i genomförandet av länders klimatbidrag.

I artiklarna 6.2 och 6.3 definieras förutsättningarna för "cooperative approaches" med överföringar av så kallade Internationally Transferred Mitigation Outcomes (ITMOs) och därtill hörande bokföring. I artiklarna 6.4 till 6.7 definieras dessutom en mekanism för bidrag till växthusgasminskningar och stöd till hållbar utveckling, vilken underställs vägledning av partskonferensen i dess funktion som partsmöte för Parisavtalet. Artikel 6.4-enheter kan användas av en annan part än värdlandet där växthusgasminskningarna uppstår.

Vid COP 26-mötet i Glasgow 2021 togs nödvändiga beslut för att artikel 6 ska kunna operationaliseras. En innebörd av beslutet är att ITMOs definieras som växthusgasminskningar som har auktoriserats av världsländet för 1) användning mot NDC-mål, 2) "international mitigation purposes" (i första hand tänkt för det marknadsbaserade styrmedlet "CORSIA", som ska reglera det internationella flygets koldioxidutsläpp och 3) "other purposes", vilket kan inkludera frivillig klimatkompensation. För alla auktoriserade växthusgasminskningar måste världsländet tillämpa så kallade "corresponding adjustments". Detta innebär att landet som genomför utförelse av ITMOs måste lägga till motsvarande mängd växthusgasutsläpp i sin utsläppsrapportering. Det får följden att det auktoriserande landet inte längre kan räkna dessa växthusgasminskningar för att uppnå sin egen NDC utan därmed låter andra göra anspråk på motsvarande utsläppsminskningar.

Artikel 6.4-enheter kan auktoriseras av världsländet för ovannämnda tre användningsområden och enheterna blir då ITMOs (och "corresponding adjustment" måste göras). Enligt artikel 6 är det endast ITMOs som kan användas mot NDC-mål och "international mitigation purposes" men ingen sådan begränsning finns för "other purposes". Detta innebär att det är upp till länder att avgöra om de vill tillåta överföring av icke-auktoriserade artikel 6.4-enheter för frivillig klimatkompensation utan "corresponding adjustments".

Två kategorier av överförbara enheter har således skapats; ITMOs som kräver "corresponding adjustments" och icke-auktoriserade artikel 6.4-enheter som inte kräver "corresponding adjustments". Ett antal länder, bland andra Finland och Schweiz, har efter COP 26-beslutet deklarerat att de inte kommer att bidra till att överföringar för frivillig klimatkompensation utan "corresponding adjustments" genomförs. Fler länder, och även företag, kan förväntas ansluta sig till samma linje (Marcu, 2021). I slutändan kommer det vara upp till köpare av klimatkompensation, myndigheter och den bredare allmänheten att bedöma vilken typ av klimatpåståenden som är trovärdiga beroende på vilken typ av enheter, med eller utan "corresponding adjustments", som används för klimatkompensation (Schneider, 2021).

3.5 ÖVRIGA FINANSIERINGSMÖJLIGHETER

Investeringsstöd

I tillägg till tidigare nämnda finansieringsmodeller finns möjligheter att söka investeringsstöd för Bio-CCS från exempelvis klimatklivet eller från EU:s innovationsfond.

Anläggningar med fossil andel i blandat avfall

En väsentlig del av fjärrvärmeproduktionen i Sverige sker där bränslet består av blandat avfall, som regel hushållsavfall (innehållande plast) och icke farligt industriavfall (exempelvis rivningsvirke). Naturvårdsverket tillhandahåller utsläppsdata för svenska avfallsförbränningsanläggningar med tillstånd att bränna blandat avfall och som släpper ut mer än 50 kton koldioxid. År 2019 släppte dessa ut 5027 kton biogen CO₂ och 2404 kton fossil CO₂, totalt 7431 kton CO₂ (Naturvårdsverket 2020). Andelen fossil CO₂ från anläggningarna varierade från 7

% till 83% med ett viktat medelvärde på 32,4% för alla anläggningar (Naturvårdsverket 2020).

Om vi ser på finansieringsmöjligheter för avskiljning av CO₂ från blandat avfall kan plastinnehållet i avfallet innebära en utmaning. Om plasten förbränns tillsammans med den biogena fraktionen av avfallet kommer den avskilda koldioxiden vara av både fossilt och biogent ursprung. Om en aktör, till exempel staten eller privata företag, vill köpa negativa utsläpp vill de troligen bara betala för den biogena delen av den avskilda koldioxiden, eftersom det bara är den biogena delen som innebär negativa utsläpp. I första hand bör plasten återvinnas i så stor utsträckning som möjligt, men för blandat avfall där man inte kan återvinna mer plast till en rimlig kostnad skulle en finansieringsmodell kunna bestå av två delar: en del för den biogena koldioxiden och en för den fossila koldioxiden. För den biogena andelen koldioxid kan någon av finansieringsmodellerna 1 - 4 användas, men för den fossila andelen behövs ett annat incitament för att implementera CCS. Här är det viktigt att ett sådant incitament stimulerar en utveckling mot högsta klimatnytta och resurseffektivitet samt främjande av teknikutveckling. Det kan innebära att höja plaståtervinningen eller möjliggöra för avfallsförbränningsverksamheter att på sikt ställa om till returraffinaderier. Därför är det av stor vikt att ett styrmedel även riktas till aktörer som ställer om från ett linjärt till ett cirkulärt system.

Finansiering av den fossila andelen i blandat avfall

Svenska avfallsförbränningsanläggningar ingår i EU:s utsläppshandelssystem och måste köpa utsläppsrätter som motsvarar de fossila koldioxidutsläppen. Priset på utsläppsrätter är i dagsläget (januari 2022) ca 80 euro per ton CO₂. Enligt EU:s direktiv om handel med utsläppsrätter slipper ägaren köpa utsläppsrätter om förbränningsanläggningen avskiljer och lagrar koldioxiden (Fridahl m.fl. 2020). Det innebär att om en anläggningsägare investerar i en avskiljningsanläggning så sparas 80 euro per ton fossil CO₂. Kostnaden för avskiljning och lagring är i nuläget dock högre än 80 euro, 100 euro per ton eller mer och den extra kostnaden behöver finansieras på annat sätt.

Lokal finansiering genom att överföra kostnader uppströms på avfallslämnaren

Ytterligare ett bidrag till finansieringen skulle kunna vara att överföra en del av kostnaden på avfallslämnaren genom att höja mottagningsavgiften. Avfallslämnaren är vanligen ett avfallsbolag (privat eller kommunalt) eller en kommun (som handlar upp tjänsten energiåtervinning), som har anlitats av den som genererat avfallet. Avfallet genereras som regel från industriell verksamhet eller invånarna i en kommun. Den som genererar avfallet kan finnas i Sverige eller i ett land som exporterar avfall hit för behandling. Kostnaden för avskiljningen skulle i så fall adderas på mottagningsavgiften som avfallslämnaren betalar för tjänsten energiåtervinning, och vidare på dem som genererat avfallet. En nackdel med ett system som endast riktar sig mot CCS är att det inte främjar utveckling av kemisk återvinning där det på sikt skulle vara möjligt att fasa ut ny olja som råvara för plasttillverkning. Det är därför viktigt att ett incitamentsystem på sikt styr mot resurseffektivitet och cirkulära system vilket även är hörnstenar i EUs långsiktiga strategi. Det bör därför utredas vidare hur modell skulle kunna utformas så att den

inte utesluter en utveckling mot cirkulära system (där det idag pågår utveckling inom plastindustrin mot returraffinaderier, se Thunman m.fl. 2019, DN 2019).

Finansieringsmodellen behöver inte vara obligatorisk för alla anläggningar i Sverige, utan kan införas på lokal nivå där det finns en anläggning som investerar i och erbjuder CCS eller där returraffinaderier införs, antingen som separat process eller där en avfallsförbränningsanläggning med CCS utgör en del i en sådan process. Viktigt är då att avfallslämnaren är beredd att betala för det extra värde som CCS utgör, för att inte riskera att avfallet skickas till annan kommun med sämre avfallsbehandling, så kallat läckage.

Det finns även möjlighet att söka investeringsstöd, t ex genom Industriklivet eller EU:s innovationsfond, för anläggningar som eldar blandat avfall eller för utveckling av ökad återvinning och nya processer för kemisk återvinning. Ett sådant stöd skulle inte behöva täcka hela kostnaden för avskiljningen av den fossila koldioxiden eftersom anläggningen slipper köpa utsläppsrätter om den fossila delen avskiljs.

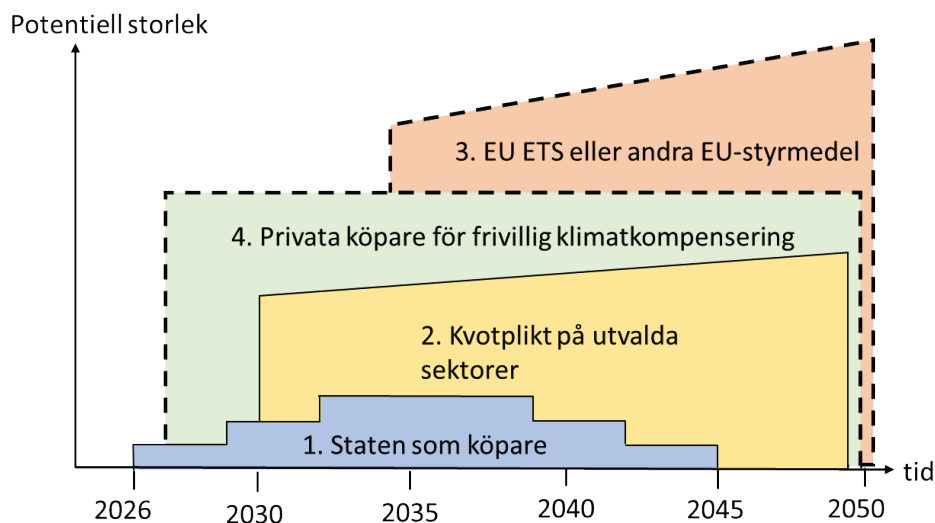
Sammantaget skulle det behövas två olika finansieringsmodeller för hantering av koldioxid från blandat avfall – en för den biogena koldioxiden och en för den fossila koldioxiden. En sådan modell bör utformas så den inte försvårar en utveckling mot återvinning.

4 Sammanfattande diskussion

4.1 SEKVENSERING AV FINANSIERINGSMODELLERNA FÖR BIO-CCS

Skillnaderna mellan de olika finansieringsmodellerna innebär att vissa modeller passar i ett tidigt skede men kommer inte vara ekonomiskt hållbara på lång sikt, medan andra är intressantare på längre sikt. Därmed är det troligt att de behöver införas sekventiellt. Ur svenska statens perspektiv skulle en logisk följd vara att börja med att staten finansierar Bio-CCS genom auktioner, med start så snart som möjligt, följt av en infasning av kvotplikt i syfte att öka volymerna och bredda finansieringsunderlaget. Ett tredje steg vore att inkludera Bio-CCS-krediter i EU ETS för att ytterligare bredda finansieringsbasen och öka effektiviteten. Utöver detta kan frivilligmarknaden (modell 4) utgöra en viktig köpare av Bio-CCS-krediter. Som indikerats ovan är frivilligmarknaden dock mycket osäker vad gäller tidpunkt och förväntade volymer.

Även om det verkar nödvändigt att införa de olika modellerna i sekvens, är det inte uppenbart hur en sådan sekvens kan fastställas eftersom rådigheten ligger hos olika organisationer (svenska regeringen, EU och privata företag). Figur 1 visar en schematisk illustration med en tidslinje för fyra av modellerna, samt en illustration av deras potentiella inbördes storleksförhållanden.



Figur 1. En schematisk illustration av en tidslinje och potentiella inbördes storleksförhållanden för fyra av modellerna. Prickade linjer anger modeller där Sverige inte har rådighet. Följande antaganden har gjorts: Modell 1: Den svenska regeringen köper Bio-CCS med start 2026 motsvarande 0,5 Mt per år och ökande för att nå en maximal nivå på 1,8 miljoner ton per år 2032 och därefter en nedtrappning mot noll år 2045. Modell 2 innebär att en kvotplikt införs i transportsektorn år 2030 för en del (t ex 10%) av utsläppen från fossila bränslen. Kvotplikt växer linjärt till 100% år 2045 för att kompensera för minskade utsläpp men också för att öka efterfrågan över tid. Modell 3: Vi antar att Bio-CCS-krediter kan användas i EU ETS från 2035 och framåt, men efterfrågan på svenska Bio-CCS-krediter är osäker. Frivilliga marknader (modell 4) kan stå för en betydande efterfrågan men är svårt att uppskatta, både gällande tid och potentiella volymer.

5 Referenslista

- Allen, M. o.a., 2020. The Oxford Principles for Net Zero Aligned Carbon Offsetting, u.o.: Smith school of enterprise and the environment, Oxford university
- Bellamy, R., Fridahl, M., Lezaun, J., Palmer, J., Rodriguez, E., Lefvert, A., et al. (2021). Incentivising bioenergy with carbon capture and storage (BECCS) responsibly: comparing stakeholder policy preferences in the United Kingdom and Sweden. *Environ. Sci. Policy* 16, 47–55. doi: 10.1016/j.envsci.2020.09.022
- Burke, J., Byrnes, R., & Fankhauser, S. (2019). How to price carbon to reach net-zero emissions in the UK. Policy report, Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment and Centre for Climate Change Economics and Policy, London School of Economics and Political Science, London.
- EU kommissionen (2021a)., COM (2021) 551 final, DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL amending Directive 2003/87/EC establishing a system for greenhouse gas emission allowance trading within the Union, Decision (EU) 015/1814 concerning the establishment and operation of a market stability reserve for the Union greenhouse gas emission trading scheme and Regulation (EU) 2015/757.
- EU kommissionen (2021b). State of the union 2021- Letter of intent from Ursula von der Leyen and Maroš Šefčovič to President David Maria Sassoli and Prime Minister Janez Jansa, 15 September 2021.
- Fridahl, M. et al. (2020). Mapping Multi-Level Policy Incentives for Bioenergy With Carbon Capture and Storage in Sweden. *Frontiers in Climate* 2: 604787
- Fridahl, M. och Lundberg, L. (2021). Aktörspreferenser i design av ett stödsystem för bio-CCS. Linköpings universitet Tema miljöförändring.
- Fuss, S., and Johnsson, F. (2021). The BECCS implementation gap-a Swedish case study. *Front. Energy Res.* 8:553400. doi: 10.3389/fenrg.2020.553400
- La Hoz Theuer, S., Doda, B., Kellner, K. and Acworth, W. (2021). Emission Trading Systems and Net Zero: Trading Removals. Berlin: ICAP.
- Jeffery, L., Höhne, N., Moisio, M., Day, T., & Lawless, B. (2020). Options for supporting Carbon Dioxide Removal. New climate institute. Retrieved from <http://newclimate.org/publications>
- Johnsson, F., Thunman, H. (2019). Så kan plast återanvändas istället för att eldas upp. Debattartikel i Dagens Nyheter 2019-10-17. <https://www.dn.se/debatt/sa-kan-plast-ateranvandas-i-stallet-for-att-eldas-upp/>.
- Johnsson, F., Normann, F., Svensson, E. (2020). Marginal abatement cost curve of industrial CO2 capture and storage - a swedish case study. *Front. Energy Res.* 8:175. doi: 10.3389/fenrg.2020.00175
- Marcu, A. (2021). Article 6 rule book – A post COP26 assessment. European Roundtable on Climate Change and Sustainable Transition
- Microsoft. (2021). Microsoft carbon removal. Microsoft corporation.
- Naturvårdsverket 2020. Utdrag ur utsläppsregistret, <https://utslappsisiffror.naturvardsverket.se/sv/Sok/>

- Naturvårdsverket (2021). Sweden's Territorial Emissions and Uptake of Greenhouse Gases. <http://www.naturvardsverket.se/klimatutslapp> (nedladdad 19 mars, 2021).
- Nylén, L., Vattenfall, personlig kommunikation, 2021.
- Pour, N., Webley, P., & Cook, P. (2018). Opportunities for application of BECCS in the Australian power sector. *Applied Energy*, 615-635
- Regeringen (2021). Regeringens proposition 2021/22:1 - Budgetpropositionen för 2022. Nedladdat 2021-10-18 från www.regeringen.se/rattsliga-dokument/proposition/2021/09/prop.-2021221/
- Schneider, L., Kollmuss, A. & Lazarus, M., 2014. Addressing the risk of double counting emission reductions under the UNFCCC, u.o.: Stockholm Environment Institute
- Schneider (2021). <https://blog.oeko.de/glasgow-delivered-rules-for-international-carbon-markets-how-good-or-bad-are-they-cop26/>
- Skårman, T., IVL Svenska Miljöinstitutet, personlig kommunikation, 2021.
- Statens offentliga utredningar (2020). SOU 2020:4. Vägen till en Klimatpositiv Framtid Betänkande av Klimatpolitiska Vägvalsutredningen, 2020. Stockholm, Norstedts Juridik
- Thunman H., Berdugo Vilches, T., Seemann, M, Maric, J., Cañete Vela, I., Pissot, S., Nguyen, H., N., T. (2019). Circular use of plastics-transformation of existing petrochemical clusters into thermochemical recycling plants with 100% plastics recovery. IN *Sustainable Materials and Technologies*, Vol. 22, Dec 2019. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2019.e00124>
- Zetterberg L, Johnsson F and Möllersten K (2021) Incentivizing BECCS—A Swedish Case Study. *Front. Clim.* 3:685227. doi: 10.3389/fclim.2021.685227.
- Zetterberg, L., Källmark, L., & Möllersten, K. (2019). *Incitament och finansiering av Bio-CCS i Sverige*. IVL Svenska Miljöinstitutet

INCITAMENT FÖR BIO-CCS I FJÄRRVÄRMEN

Det är vanligt med negativa koldioxidutsläpp i de flesta globala scenarier som uppfyller Parisavtalets temperaturmål och en kritisk komponent för att Sverige ska nå nettonollutsläpp år 2045. Trots det saknas nästan helt ekonomiska incitament som stöder utvecklingen av Bio-CCS.

Här presenteras och diskuteras fyra olika finansieringsmodeller för Bio-CCS. Den första modellen är staten köpare, den andra innebär kvotplikt på utvalda sektorer, den tredje att de som deltar i EU:s utsläppshandel tillåts använda Bio-CCS-krediter och den fjärde innebär frivillig klimatkompensering genom privata företag.

För modellen med staten som köpare har flera fjärrvärmeföretag uttryckt ett intresse att sälja krediterna på frivilligmarknaden. Därför är det viktigt att staten före genomförandet klargör vem som får göra anspråk på de negativa utsläppen. Ett väl utformat policypaket bör även se till att Bio-CCS inte används för att fördröja verkliga utsläppsminskningar.

Ett nytt steg i energiforskningen

Energiforsk är en forsknings- och kunskapsorganisation som samlar stora delar av svensk forskning och utveckling om energi. Målet är att öka effektivitet och nyttiggörande av resultat inför framtida utmaningar inom energiområdet. Vi verkar inom ett antal forskningsområden, och tar fram kunskap om resurseffektiv energi i ett helhetsperspektiv – från källan, via omvandling och överföring till användning av energin. www.energiforsk.se



Energiforsk