



Strategi för fossilfri konkurrenskraft

BIOENERGI OCH BIORÅVARA
I INDUSTRINS OMSTÄLLNING



Fossilfritt
Sverige

En strategi av
Fossilfritt Sverige

Innehållsförteckning

Förord	5
Företag som står bakom strategin	6
Färdplaner för fossilfri konkurrenskraft	7
Sammanfattning	8
1 Introduktion	13
1.1 Genomförande	15
1.2 Strategins syfte	15
1.3 Viktiga utgångspunkter för hållbar försörjning och användning av bioråvara	15
1.4 Avgränsningar och antaganden	17
2 Hur används bioråvara i Sverige idag?	20
2.1 Skogsbaserad bioråvara	20
2.2 Jordbruksbaserad bioråvara	22
3 Efterfrågan på bioråvara i ett fossilfritt Sverige 2045	23
3.1 Industrisektorn	24
3.2 Transportsektorn	26
3.3 El- och värmesektorerna	26
4 Tillgång på bioråvara	27
4.1 Skogsbrukets bi- och restprodukter	27
4.2 Jordbrukets grödor och biprodukter	28
4.3 Slytäkt	28
5 Teknik- och prisutveckling för bioenergi	29
5.1 Närtida teknikval för biodrivmedelsproduktion	29
5.2 Kostnadsutveckling för bioråvara och el	30
6 Politiska förutsättningar	32
6.1 EU	32
6.2 Nationellt	34
7 Teknikutvecklingens påverkan på bioråvarans roll i omställningen	35
7.1 Elektrifiering och vätgas i industrins omställning	36
7.2 Bio-CCUS och CCU	38

7.3	Elektrifiering och vätgas i transportsektorn	39
7.4	Cirkulär ekonomi - materialåtervinning	43
7.5	Effektivisering och elektrifiering i skogsindustrin	44
7.6	Framtidens fjärrvärme	46
8	Slutsatser	48
8.1	En möjlig lösning på pusslet	48
8.2	Värde och betalningsvilja för jord- och skogsbrukets bi- och restprodukter	50
9	Handlingsplan	53
9.1	Ökat förädlingsvärde på svenska bioråvaror	53
9.2	Övriga områden med stor betydelse för användandet av bioråvara	55
10	Referenser	59



Tempot i omställningen måste öka!

För att underlätta genomförandet av de 22 färdplanerna för fossilfri konkurrenskraft som näringslivets branscher har tagit fram arbetar nu Fossilfritt Sverige med att ta fram strategier i samverkan med olika företag i respektive värdekedja. Tidigare har vi tagit fram strategier för både batteri- och vätgasutvecklingen och nu har turen kommit till bioenergi och bioråvara som kan bidra till att flera branscher blir fossilfria.

Bioenergin, som är Sveriges största energikälla, har varit en nyckelspelare när Sverige har minskat utsläppen av växthusgaser med 29 procent jämfört med 1990 i den officiella statistiken. Bioenergin kommer även fortsättningsvis spela en avgörande roll för en snabb utfasning av fossila råvaror i Sverige och EU, även vid vad som förutspås bli en mycket snabb elektrifiering av transportsektorn.

Denna strategi för bioenergi och gröna kolatomer som du nu håller i din hand har inte till syfte att lösa alla de intressanta och viktiga frågorna som nu präglar diskussionen, som till exempel hur mycket uttag från skogen som är hållbart eller hur mycket jordbruksmark som får användas för att ersätta fossila resurser.

Det primära syftet är istället att visa hur pusslet av de 22 färdplanerna ska gå ihop. Det sammanlagda behovet av bioenergi och bioråvara som uttrycks i färdplanerna skulle, enligt våra antaganden, kräva en kraftig ökad import av biobränsle.

Det kan tyckas märkligt och ohållbart att ett föregångsland som Sverige med relativt mycket skog skulle dammsuga marknaden på biobränslen för att klara de svenska klimatmålen. Denna strategi visar istället att effektivisering, ny teknik och en ökad förädling av de svenska bioråvarorna med hjälp av prismekanismen kan öka den svenska exporten av tekniska lösningar och bio-

baserade produkter så att utsläppsminskningar även i andra länder kan påskyndas.

Att lägga fram en biostrategi är att beträda minerad mark. Ämnet är oerhört komplext och ny forskning kommer fram hela tiden. Ett underliggande syfte är därför att också skapa mer balans i bioenergifrågan för att på så sätt förhindra att den ökade polariseringen sänker tempot i det politiska beslutsfattandet och rena investeringar i en tid när vi tvärtom måste öka tempot för att snabbt bli fossilfria.

Fossilfritt Sverige har utifrån sin samordnande roll försökt att finna en stabil gemensam nämnare i hur Sverige ska kunna få till en trovärdig berättelse om bioenergins och bioråvarornas förändrade roll över tid när olika färdplaner genomförs. Dialogen med olika berörda företag och branscher i värdekedjan har varit oerhört konstruktiva där alla har fått ge och ta för att kunna ta några gemensamma steg framåt. Det är alltid en svår utmaning för företag och branscher när marknaden förändras genom till exempel den snabba elektrifieringen, de högre utsläppspriserna och de förväntade prisökningarna på bioenergi.

Jag hoppas att denna strategi kan lägga grunden för att snabba på utfasningen av fossila råvaror och bidra till en annan ton i samtalet om bioenergins roll i ett fossilfritt Sverige och EU.



Svante Axelsson

Nationell samordnare, Fossilfritt Sverige

Företag som står bakom strategin

Fossilfritt Sverige har i arbetet haft dialog med ett antal företag och organisationer, dessa står bakom strategin i sin helhet, men inte nödvändigtvis alla enskilda formuleringar och åtgärdsförslag.

Alarik Sandrup, Näringspolitisk chef, Lantmännen

Alf Engqvist, VD, Göteborg Energi AB

Anders Egelrud, VD, Stockholm Exergi

Anders Ericsson, Koncernchef, Adven AB och Värmevärden AB

Anders Fröberg, VD, Borealis

Anders Östlund, VD, Öresundskraft AB

Andreas Teir, VD, Neste Sverige

Christian Schwartz, VD, Mölndal Energi AB

Dag Waldenström, Generalsekreterare, Svenskt flyg

Håkan Carefall, VD, Sala- Heby Energi AB

Lotta Lyrå, VD och koncernchef, Södra

Lovisa Fricot Norén, Chef värme Sverige, Vattenfall

Magnus Heimburg, VD, Preem

Maria Fiskerud, CSO, Braathens Regional Airlines (BRA)

Mattias Bergman, VD, Bil Sweden

Per-Anders Tauson, VD, E.ON Värme Sverige AB

Per-Arne Karlsson, Direktör Public Affairs, St1 Sverige

Rikard Engström, VD, Svensk Sjöfart

Sezgin Kadir, VD, Kraftringen AB

Ulf Larsson, VD och koncernchef, SCA

22 färdplaner för fossilfri konkurrenskraft

I färdplanerna för fossilfri konkurrenskraft visar 22 branscher hur de kan bidra till att Sverige når målet om att vara klimatneutralt senast 2045. Tillsammans visar de också inom vilka områden det krävs avgörande insatser för att transformationen ska lyckas och konkurrenskraften stärkas. Fossilfritt Sverige tar därför fram horisontella strategier tillsammans med aktörer i berörda värdekedjor för att lösa upp knutarna och visa vägen framåt.



Sammanfattning

Bioråvaror är, tillsammans med elektrifiering och effektivisering, en nyckelkomponent för att ersätta fossila råvaror och bränslen i omställningen till ett fossilfritt Sverige. Bioenergi är idag den största energikällan i Sverige och är huvudanledningen till att Sverige har minskat de territoriella utsläppen av koldioxid med 29 procent i den officiella statistiken sedan 1990. För att klara utfasningen av fossil energi kommer användningen av bioenergi fortsätta att öka, både i Sverige och inom EU.

Den goda tillgången på bioråvara i Sverige erbjuder stora möjligheter inom olika branscher att ersätta fossila råvaror samtidigt som konkurrenskraften stärks. Men bioråvara är i likhet med många andra insatsvaror en begränsad resurs och därför gäller det att öka förädlingsvärdet på resurserna för att utveckla bioekonomin i Sverige samtidigt som det leder till effektiviseringar och utveckling av alternativa lösningar när bioråvaran blir för dyr att använda.

Syftet med den här biostrategin är att visa hur marknad och politik genom bland annat prismekanismen bidrar till att lösa den stora efterfrågan av bioråvara som framkommit i de 22 färdplanerna för fossilfri konkurrenskraft. Strategin identifierar hinder och utmaningar för ett effektivt utnyttjande av jord- och skogsbrukets rest- och biprodukter samt energigrödor från jordbruket och lyfter möjligheter att använda andra fossilfria alternativ där det är möjligt så att export till andra länder kan öka. Målet är att möjliggöra bioråvarornas potential i klimatomställningen och att färdplanerna kan genomföras.

En möjlig lösning på pusslet

Många sektorer pekar ut en ökad användning av bioråvara i sina färdplaner som en möjliggörare för fossilfrihet men summerar man det ökade behovet överstiger det tillgången på svensk bioråvara för energiändamål (huvudsakligen uppskattat utifrån rapporten "Potential för ökad tillförsel och avsättning av inhemsk biomassa i en växande svensk bioekonomi" av Pål Börjesson vid Lunds universitet) vilket inte är hållbart om Sverige ska vara ett internationellt föredöme.

Dagens användning av bioenergi är cirka 158 TWh, varav 26 TWh importeras som biodrivmedel till framför allt transportsektorn. Uppskattningar utifrån de framtida behov som uttrycks i färdplanerna för fossilfri konkurrenskraft förväntas innebära en ökning till 241 TWh till 2045 vilket skulle förutsätta stor import. Den här biostrategin visar hur denna utmaning kan lösas genom exempelvis snabbare elektrifiering av vägtrafiksektorn, effektivisering och teknikutveckling inom värmesektorn samt effektivisering och elektrifiering inom skogsindustrin och samtidigt skapa möjligheter till ökad export.

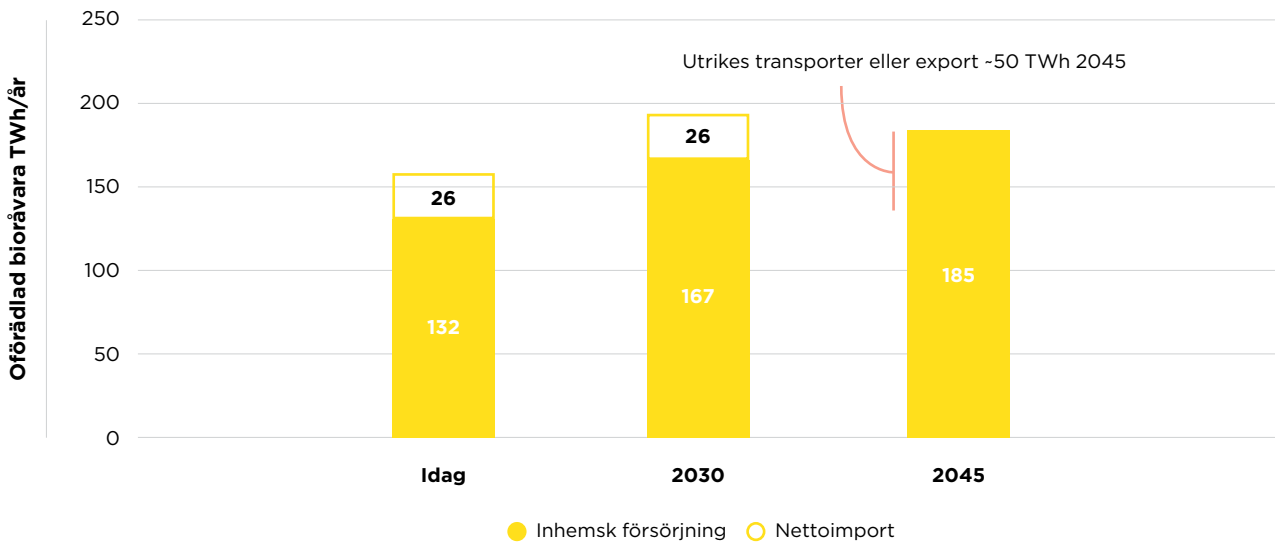
Till 2030 bedöms i den här biostrategin behovet av bioråvara öka till cirka 193 TWh, vilket är en ökning med 22 procent jämfört med dagens användning av bioenergi. Ökningen beror till stor del på vägtransportsektorns behov av biodrivmedel för att uppnå målet om att minska utsläppen från inrikes vägtransporter med 70 procent jämfört med 2010. Det innebär att importen av biodrivmedel vid denna tidpunkt väntas ligga kvar på samma nivåer som idag, men representera en mindre andel av den totala mängden biodrivmedel eftersom det planeras för en ökning av den inhemska produktionen.

År 2045 uppskattas el vara det dominerande drivmedlet inom vägtransportsektorn medan flyg och sjöfart kommer ha ett ökande behov av biodrivmedel. En stor del av industrin väntas kunna bli fossilfri med hjälp av elektrifiering och vätgastekniker till 2045. Industrins behov av bioråvara kan ändå öka något beroende på att framför allt kemiindustrin troligen genomför mycket av sin omställning efter 2030 och kommer först då ha ett ökat behov av förnybar råvara till sina produkter. Utvecklingen av värmesektorns användning av biobränslen förväntas till stor del styras av prisutvecklingen och därmed ökar möjligheten till att alternativa tekniker som djupgeotermi, solvärme och ökad användning av spillvärme blir mer konkurrenskraftiga och kan utgöra en större andel av energitillförseln 2045. Även ökad energieffektivisering av bostäder innebär att värmebehovet minskar i framtiden.

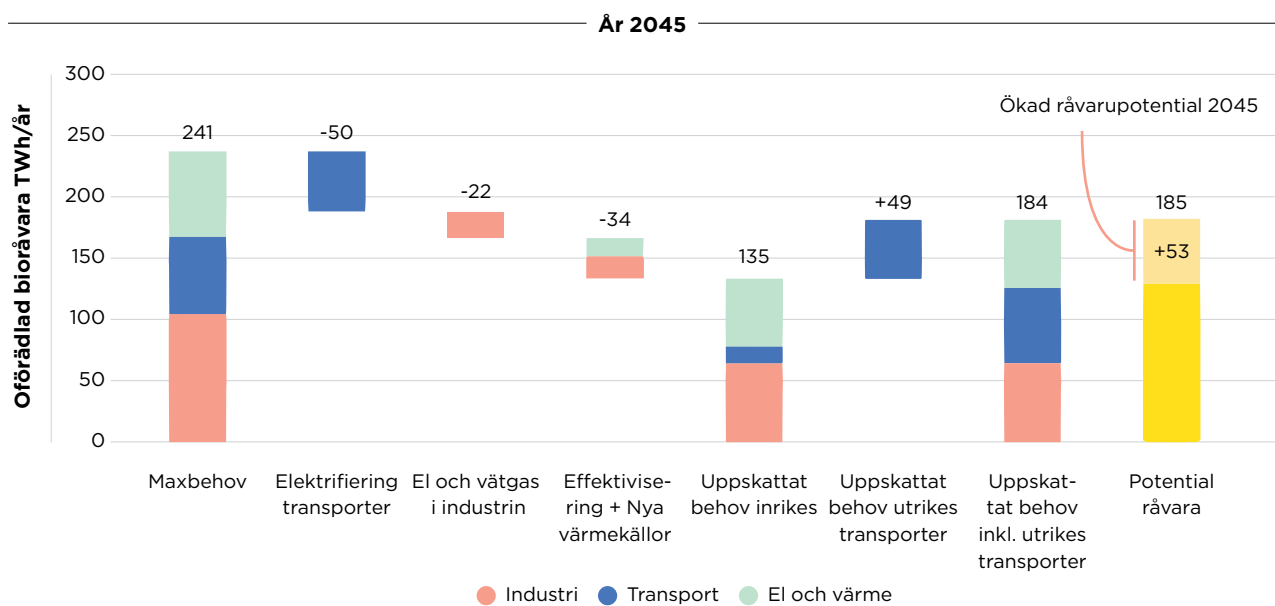
För år 2045 bedöms det inhemska behovet vara cirka 135 TWh vilket innebär att Sverige då inte längre väntas

vara beroende av import av bioråvaror för energiändamål, detta exkluderar dock inte import och export av vare sig råvaror eller produkter. Istället finns möjligheter att använda stora delar av det drivmedel som tankas i Sverige för utrikes transporter, till exempel flyg och sjöfart. Något

som inte är inkluderat i färdplaneras initiala efterfrågan. En annan möjlighet är export baserat på svensk bioråvara. Det totala uppskattade behovet av bioråvara år 2045 blir då istället cirka 184 TWh, vilket är en ökning med 16 procent jämfört med dagens användning.



Dagens användning av bioråvara i oförädlad form i jämförelse med uppskattat totalt behov 2030 respektive 2045. Utrikes transporter inkluderar flyg och sjöfart och bedöms år 2045 kunna förädlas med inhemskt producerat bränsle.



Uppskattat behov av bioråvara i oförädlad form 2045. Ingen nettoimport förutsätts. Maxbehovet baseras på färdplaner och publicerade studier.

Viktiga utgångspunkter för hållbar försörjning och användning av bioråvara

Användandet av bioråvaror har en viktig roll att spela i klimatomställningen. I en framtida bioekonomi kommer strikta hållbarhetskriterier att vara avgörande för att bibehålla och öka värdet på bioråvaror. Hållbarheten för varje enskild värdekedja måste värderas, hela vägen från produktion till slutanvändning oavsett vilket bränsle som används. Biostrategin lyfter därför några viktiga utgångspunkter för hållbar försörjning och användning av bioråvara:

- **Substituering – bioråvara ska ersätta fossilt och användas effektivt.** Bioråvara kan ersätta fossila råvaror och därmed minska utsläppen av fossila växthusgaser. Utsläppen från användning av bioenergi måste alltid jämföras med hur samma ändamål hade tillfredsställts med andra energislag, inklusive effektivisering och hushållning, där hela värdekedjornas utsläpp inkluderas. För att maximera substitutions-effekten bör så stor del som möjligt av ett träd som avverkas, inklusive dess bi- och restprodukter, användas till produkter.
- **Hushållning med mark.** Mark är en värdefull resurs som bör skyddas mot irreversibel exploatering. Sverige är ett land där stora arealer åkermark läggs ned eller är i träda och därför finns i nuläget ingen konflikt mellan produktion av bioråvaror och matproduktion. Men användning av bioråvara kan innebära effekter utanför landets gränser och det är därför viktigt med spårbarhet av resurser så att hela hållbarhetsbilden kan bedömas oberoende av om det är importerade eller inhemskt producerade råvaror.
- **Kolbindning i ett systemperspektiv.** En viktig förutsättning för att en bioråvara ska kunna anses hållbar är att den kommer från ett system där uttaget från skogs- och jordbruk inte överstiger tillväxten, utan tvärtom ökar kolinlagringen över tid. Den rimliga systemgränsen är inte trädet eller hygget utan den nationella ytan där Sverige har rådighet och ansvar för inför FN. Biogen koldioxid skiljer sig fundamentalt från koldioxid från fossila källor. Vid fossil utvinning används kol som har legat under jord i miljontals år vilket tillför ny koldioxid till kretsloppet när den förbränns.

- **Hållbar bioråvara tar hänsyn till miljömålen.** Hur jord- och skogsbruk bedrivs påverkar möjligheten att nå de flesta av de svenska miljökvalitetsmålen. Även EU:s förnybarhetsdirektiv (direktiv 2018/2001) innehåller hållbarhetskriterier för både fasta, flytande och gasformiga biobränslen. En utgångspunkt för strategin är därför att försörjningen av bioråvara alltid ska ske inom ramen för möjligheterna att uppfylla uppsatta krav och miljökvalitetsmål.

Fokus på bi- och restprodukter och ökat nyttjande av nedlagd mark

I den här biostrategin ligger fokus på tillgång och användning av jord- och skogsbrukets bi- och restprodukter, det vill säga bioråvara utanför den traditionella skogsindustrin samt från jordbrukets mat- och foderproduktion. När det gäller jordbruket ingår också rena energigrödor som energiskog samt vete och raps som idag används till biobrivmedelsproduktion. Det finns dock ett starkt beroende av de traditionella skogs- och jordbruksvärdekedjorna eftersom det fortsatt är de som ekonomiskt kommer att vara drivande i skogs- och jordbruket.

Vidare görs i strategin ett antagande om att framtida avverkningsnivåer i skogsbruket ligger på en liknande nivå som idag i förhållande till tillväxten på produktionsmark. Det innebär att skogen fortsätter att öka sitt kolförråd och vara en koldioxidsänka samtidigt som avverkningsnivåerna kan öka under förutsättningen att tillväxten i skogen ökar på det sätt som förväntas. Något som kan komma att påverka detta antagande är dock EU-kommissionens nyligen lagda förslag till revidering av LULUCF-förordningen. Förslaget innebär att Sverige, genom naturliga kolsänkor, ska öka sitt årliga upptag av koldioxid från ca 38 miljoner ton till 47 miljoner ton, vilket förmodligen skulle få stora konsekvenser för det svenska skogsbruket med bland annat minskad avverkning som följd.

Potentialen för ökad användning av bioråvara från jordbruket består både av ett bättre utnyttjande av restprodukter från matproduktion och av ökad produktion av energigrödor på nedlagd åkermark. Tillgången på råvara från jordbruksmark baseras på ett antagande om att arealen som används för energi, mat- och foderproduktion är ungefär samma 2030 och 2045 som idag.

Sverige har ambitionen att vara världens första fossilfria

välfärdsland och kan med sin stora tillgång på bioråvara säkerställa att strikta hållbarhetskriterier följs för de inhemska råvarorna. I en värld som ställer om förväntas efterfrågan på bioråvara öka vilket också innebär en ökad risk för minskad biologisk mångfald och annan negativ miljöpåverkan. Långsiktigt hållbara bioråvaror från Sverige kan därmed bidra till att möjliggöra en hållbar omställning även globalt och strategin utgår ifrån att Sverige 2045 netto ska vara exportör av biobaserade produkter för energiändamål och industriell användning utanför traditionell skogsindustri.

Högst betalningsvilja i de sektorer som saknar andra fossilfria alternativ

Den ökade efterfrågan på bioråvara som har identifierats i branschernas färdplaner för fossilfri konkurrenskraft tillsammans med politiska styrmedel på både nationell och europeisk nivå kommer med stor sannolikhet att resultera i ökade priser. Detta leder till att bioråvaran styrs till de sektorer som har störst betalningsvilja, vilket förmodligen kommer vara de sektorer där det inte finns några relativt billiga fossilfria alternativ. De kommande åren väntas den högsta betalningsviljan för bioråvara finnas inom vägtransportsektorn. Även om nybilsförsäljningen till stor del kommer vara elektrifierad till 2030 kommer det finnas kvar många förbränningsmotorer i fordonsparken som behöver fortsatt tillgång till hållbara drivmedel med låga klimatutsläpp. På längre sikt väntas bioråvaran användas för till exempel biojet till flyget eller som förnybar råvara till kemiindustrin.

För att uppnå målet om klimatneutralitet till 2045 krävs förutom kraftiga utsläppsminskningar också negativa utsläpp. Det kan möjliggöras genom bio-CCS där biogen koldioxid fångas in och lagras. Tekniken för koldioxidinfångning finns tillgänglig idag men har relativt höga kostnader och energiförbrukning. Planer på en svensk marknad för negativa utsläpp presenterades nyligen av regeringen och bio-CCS kan då också bli ett område med allt högre betalningsvilja för bioråvara.

Handlingsplan

Inom flera sektorer finns alltså potentiellt billigare alternativ till att använda bioråvara för att uppnå fossilfrihet. Teknikmognad och förutsättningar för implementering varierar dock mellan sektorer och alternativ och kan därmed få olika stora genomslag. Även om utvecklingen till

stor del förväntas vara marknadsdriven finns det därmed även behov av att införa styrmedel inom vissa områden för att snabba på eller underlätta utvecklingen.

För att förverkliga potentialen av bioråvaror från jord- och skogsbruk i klimatomställningen presenterar Fossilfritt Sverige nedan prioriterade förslag för att öka förädlingsvärdet på svenska bioråvaror. Men för att möjliggöra färdplanernas genomförande kommer även lösningar i andra sektorer vara avgörande för att frigöra resurser till områden där andra alternativ saknas. Därför lyfter den här biostrategin även förslag för ökad energi- och resurseffektivitet samt för ökad takt i samhällets elektrifiering. Fördjupning och fullständig lista över alla förslag presenteras i kapitel 9.

Prioriterade förslag: Ökat förädlingsvärde på svenska bioråvaror

- För att säkra fortsatt skattebefrielse för rena och höginblandade biodrivmedel, bör regeringen verka för att EU-kommissionens förslag om att ge utrymme för detta inom statsstödsregelverket genomförs (punkt 77 i CEEAG). Fram till dess att denna förändring finns på plats bör nuvarande skatteundantag förlängas. I det fall skatteundantag inte beviljas på sikt, så är ett alternativ att inkludera rena och höginblandade biodrivmedel i reduktionsplikten.
- Regeringen bör stimulera den inhemska produktionen av biodrivmedel från lignocellulosa, exempelvis genom en avancerad kvot i reduktionsplikten som bör kunna införas 2024.
- Regeringen bör senast 2022 fastställa inblandningsnivåer i reduktionsplikten för flygfotogen för åren 2030–2045 och verka för att EU sätter likvärdiga mål. Slutmålet bör vara 100 procents inblandning år 2045 i båda fallen.
- Regeringen bör under 2022 införa de mål för kompletterade åtgärder som föreslås i Vägvalsutredningens betänkande (SOU 2020:4) där inriktningen för bio-CCS är upp till 10 miljoner ton/år.

Urval övriga förslag:

- Regeringen bör under 2022 ge Boverket i uppdrag att utforma byggregler med krav på att redovisa använd energi istället för köpt energi när en byggnads energiprestanda ska beräknas i syfte att reglerna ska



styra mot mer energieffektiva byggnader. Incitament för att producera egen energi är fortsatt viktigt men bör särskiljas från regler kring energiprestanda.

- Regeringen bör under 2022 ge Energimyndigheten i uppdrag att utreda möjligheter för ett ökat tillvaratagande av spillvärme. Uppdraget kan exempelvis omfatta en ändring av ellagen så att villkor på systemlösningar kan säkerställa att restenergi som uppstår i nya anläggningar utnyttjas maximalt, undanröja hinder för tillvaratagande av spillvärme samt styrmedel som uppmuntrar och ger incitament till anpassningar av kundanläggningar för att möjliggöra lägre temperaturer i fjärrvärmenäten.
- Regeringen bör under 2022 ge Energimyndigheten

i uppdrag att ta fram en tidsatt handlingsplan med konkreta etappmål för elektrifieringen av lätta och tunga transporter. I uppdraget bör även ingå att säkra infrastrukturen för såväl lätta som tunga fordon och farkoster. Handlingsplanen bör innehålla en behovsanalys och förslag på åtgärder för att säkerställa att det finns laddplatser för tunga fordon vid på- och avlastningsområden, i depåer för laddning över natten, publik snabbladdning längs stora vägar samt elförsörjning och laddmöjligheter på flygplatser och hamnar.

- Regeringen bör senast 2022 sätta ett planeringsmål om att ha 3 GW installerad elektrolyseffekt år 2030 och minst 8 GW år 2045 för att möjliggöra en fossilfri utveckling genom vätgasproduktion och användning inom flertalet sektorer.



1. Introduktion

Sverige har som målsättning att ha noll nettoutsläpp av växthusgaser senast 2045. Som ett steg i genomförandet har 22 branscher inom ramen för Fossilfritt Sverige tagit fram färdplaner för fossilfri konkurrenskraft.

I färdplanerna visar branscherna hur de ska bli fossilfria senast 2045 med ökad konkurrenskraft, samt vilka åtgärder de själva behöver vidta och vilka politiska förutsättningar som behövs för att öka tempot. Nu ligger fokuset på att genomföra färdplanerna och för att snabba på det arbetet tar Fossilfritt Sverige fram horisontella strategier för att lösa upp ett antal branschgemensamma utmaningar.

Bioenergi utgör tillsammans med elektrifiering och effektivisering nyckelkomponenter i omställningen till ett fossilfritt Sverige. Sverige är ett glest befolkat land, som till 63 procent täcks av skogsmark och 6 procent av jordbruksmark.² Skogen bidrar idag till konkurrenskraft, tillväxt och exportintäkter genom skogsindustrins traditionella produkter som trävaror och pappersmassa. Genom ett effektivt utnyttjande av mark samt rest- och biprodukter från skogen och jordbruket kan värdet på dessa resurser öka betydligt och medverka till att skogen och jordbruket ytterligare kan bidra till svensk konkurrenskraft och välfärd.

En anledning till att bioråvara pekas ut som ett viktigt verktyg för omställning mot fossilfrihet är att ett byte av råvara eller bränsle ofta är möjlig redan på kort sikt, utan att invänta ytterligare forskning och teknikutveckling. En annan anledning är att användning av bioråvara idag ofta är kostnadseffektivt jämfört med andra alternativ för omställning. Biomassa utgör en källa för biogent kol som kan användas för att ersätta fossilt kol i olika former av kolinnehållande produkter, både som material och energibärare. Dessa fördelar gör att det är många sektorer som kan och vill använda bioråvaror i omställningen.

Bioenergi är idag den största energikällan i Sverige och är huvudanledningen till att Sverige har minskat de territoriella utsläppen av koldioxid med 29 procent i den officiella statistiken sedan 1990. Redan idag erbjuder alltså Sveriges tillgång på biomassa möjligheter att kraftigt

underlätta omställningen till fossilfrihet samt stärkt konkurrenskraft inom en mängd sektorer och branscher.

För att klara utfasningen av fossil energi kommer användningen av bioenergi fortsätta att öka, både i Sverige och inom EU. Men med en ökad efterfrågan på bioråvara kommer priserna att stiga och denna begränsade resurs kommer i praktiken inte att räcka till i omställningen om inte omprioriteringar, effektiviseringar och andra möjliga fossilfria alternativ utvecklas. Tillgången på svenska bioråvaror matchar inte behovet som pekats ut i färdplanerna och flera andra scenarier för omställningen till fossilfrihet. Den här strategin försöker visa hur detta pussel kan lösas genom att identifiera hinder och utmaningar för andra fossilfria alternativ där det är möjligt.

Biomassa är organiskt material som finns inom ett visst område, till exempel ett träd. Biomassa, oavsett om den används eller ej.

Bioråvara är en obearbetad produkt från biomassa som går att vidareförädla.

Bioenergi är energi producerad från biomassa. Används ibland missvisande då framtida viktiga användningsområden framför allt inte använder råvaran för sitt energiinnehåll, till exempel kemiindustrin där bioråvarans kolatomer bygger upp produkterna i plaster och olika kemiska produkter.

Biobränsle är bränsle producerat av biomassa. Kan vara fast, flytande eller gasformigt.

Biodrivmedel är bränsle producerat från biomassa och som används i transporter.

För att underlätta jämförelser i den här biostrategin presenteras genomgående energiinnehållet i bioråvara med enheten TWh/år för att redovisa mängder av bioråvara som används i olika sektorer även när det inte är energiinnehållet i bioråvaran som är det primära.





1.1 Genomförande

Strategin har utvecklats på initiativ och under ledning av Fossilfritt Sverige. Arbetet har utförts med stöd från forskningsinstitutet RISE Research Institutes of Sweden och näringslivet och bygger på kunskapsinhämtning från litteratur, inspel från och diskussioner med särskilt inrättade referens- och industrigrupper samt andra intressenter från exempelvis skogsindustrin, järn- och stålindustrin, energibolag, kemi- och raffinaderiindustrin och miljörelsen. Flertalet av företagen ställer sig även bakom strategin, vilket listas i inledningen.

Referensgruppen har bestått av: Christian Azar, Chalmers; Göran Berndes, Chalmers; Pål Börjesson, Lunds universitet; Jonas Ericson, Naturvårdsverket; Hillevi Eriksson, Skogsstyrelsen; Sören Eriksson; och Malin Lagerquist, Energimyndigheten.

Industrigruppen har bestått av: Johan G Andersson, Drivkraft Sverige; Helén Axelsson, Jernkontoret; Magnus Berg, Skogsindustrierna; Erik Dotzauer, Stockholm Exergi; Birgitta Govén, Byggföretagen; Elin Hermansson, Hållbar kemi 2030; Raziye Khodayari, Energiföretagen; Jenny Näslund, LRF; Karin Comstedt Webb, Cementa.

1.2 Strategins syfte

Syftet med den här biostrategin är att visa hur marknad och politik genom bland annat prismekanismen bidrar till att lösa den stora efterfrågan av bioråvara som framkommit i de 22 färdplanerna. Strategin identifierar hinder och utmaningar för ett effektivt utnyttjande av skogs- och jordbrukets rest- och biprodukter samt energigrödor från jordbruket och lyfter möjligheter att använda andra fossilfria alternativ där det är möjligt så att export till andra länder kan öka. Målet för strategin är att möjliggöra bioråvarornas potential i klimatomställningen och att färdplanerna kan genomföras.

Det är viktigt att påpeka att målet inte är att göra en kvantitativ allokering av den tillgängliga mängden bioråvara. Istället visas en kvalitativ uppskattning och analys utifrån de alternativ som finns i många sektorer och deras potential att påverka användningen av bioråvara så att färdplanerna blir möjliga att genomföra. Därigenom kan den inhemska efterfrågan mötas utan att Sverige behöver nyttja råvaror med sämre hållbarhet och det kan även möjliggöra export av hållbara biobaserade produkter, råvaror och energi.

1.3 Viktiga utgångspunkter för hållbar försörjning och användning av bioråvara

Den viktigaste utgångspunkten i en biostrategi är att de förnybara resurserna nyttjas på ett effektivt sätt och att konsumtion sker i förhållande till vad naturen kan leverera på ett hållbart sätt. Användandet av bioråvaror har en viktig roll att spela i klimatomställningen och det är därför också viktigt med strikta hållbarhetskriterier i en framtida bioekonomi. Hållbarheten för varje enskild värdekedja måste värderas och säkerställas, hela vägen från produktion till slutanvändning oberoende vilket bränsle som används. I detta kapitel diskuteras ett antal viktiga utgångspunkter för hållbar försörjning och användning av bioråvara.

Substituerings - Bioråvara ska ersätta fossilt och användas effektivt

För att uppnå klimatmålen är det viktigt att begränsa utsläppen, både i närtid och på lång sikt. I ett kortare tidsperspektiv ökar skogens kolinbindning om man låter den stå. Detta måste dock vägas mot vad de produkter som produceras från skogsråvara ersätter. Bioråvaran kan ersätta fossila råvaror och därmed minska utsläppen av fossila växthusgaser, vilket kallas substitutionseffekten. För långlivade produkter, som till exempel konstruktionsvirke, tas koldioxid upp under ett trädets tillväxt och undanhålls sedan atmosfären under den tid en byggnad står kvar. Men även för kortlivade produkter från bioråvara, till exempel drivmedel eller fast biobränsle, finns en tydlig klimatnytta om dessa ersätter fossila bränslen, eftersom utsläpp av fossil koldioxid till atmosfären då undviks. Därför är det en viktig princip att alltid jämföra utsläppen från användningen av bioenergi med ett referensscenario, det vill säga hur samma ändamål hade tillfredsställts med andra energislag, inklusive effektivisering och hushållning. Hela värdekedjornas utsläpp ska inkluderas, såsom krävs i EU:s förnybarhetsdirektiv (direktiv 2018/2001).

En annan viktig princip är att bioråvara ska användas effektivt, så att substitutionseffekten maximeras. Ju mer fossila produkter som trängs undan, desto högre klimatnytta. Därför bör så stor del som möjligt av ett träd som avverkas, inklusive dess rest- och biprodukter, användas till produkter.

Hushållning med mark

I Sverige, EU och andra länder med stora arealer åkermark som läggs ned eller är i träda finns det ingen konflikt mellan produktionen av bioråvaror och matproduktion. I stället blir odling av energigrödor ett sätt att hålla markerna öppna så att de lätt kan ställas om till matproduktion om behovet uppstår. Men i en internationell kontext och med hänsyn till markerosion, utarmade jordar, bebyggelse och annan konsumtion som tar mark i anspråk så är åkermarken en värdefull resurs som bör skyddas mot irreversibel exploatering. Brist på mark i andra länder kan även innebära att användning av inhemska råvaror får en effekt utanför landets gränser där konkurrensen om odlingsbar mark är hårdare. Därför är det oerhört viktigt med spårbarhet av resurser så att hela hållbarhetsbilden kan bedömas oberoende av om det är importerade eller inhemskt producerade råvaror.

Så kallade indirekta markanvändningseffekter (ILUC) innebär att en ökad produktion av bioenergi i ett land kan leda till förändrad markanvändning i andra länder. Exempelvis kan skog omvandlas till jordbruksmark vilket får negativa konsekvenser för klimatet. Ett annat exempel är att mark som tidigare låg i träda tas i anspråk vilket istället kan ha positiva konsekvenser för klimatet i och med ökad kolinbindning i marken. Multifunktionella vallodlingar har även potential att användas som proteinfoder och kan därmed ersätta importerat proteinfoder vilket kan ge indirekta klimat- och miljövinster.³ Sambanden mellan ökad efterfrågan på bioenergi och indirekta markanvändningseffekter är komplexa och svåra att härleda till endast en faktor utan bör bedömas utifrån varje lands unika förutsättningar. EU:s förnybarhetsdirektiv (direktiv 2018/2001) klassar jordbruksråvaror efter risk för indirekta effekter på markanvändning, med målet att grödor med hög risk ska fasas ut till år 2030.

Genom att fokusera på användningen av bioenergi på bi- och restprodukter, det vill säga delar av bioråvaran som redan skördas men inte används eller kan användas effektivt, tillsammans med energigrödor från outnyttjad mark minskar risken för oönskade landanvändningseffekter. Ett exempel är att använda grenar, toppar, bark, sågspån eller lignin, som är restprodukter från träd som avverkas för att bli sågade trävaror, pappersprodukter och textilier. Andra exempel är att använda biprodukter som uppstår inom jordbruket, där energin i till exempel spannmål och raps plockas ut innan näringsämnen används till livsmedel

och foder eller annan biomassa från odlingsmark som inte utnyttjas för livsmedels- och foderproduktion.

Kolbindning i ett systemperspektiv

En viktig förutsättning för att en bioråvara ska kunna anses hållbar är att den kommer från ett system där uttaget från skogs- och jordbruk inte överstiger tillväxten, utan tvärtom ökar kolinlagringen över tid. Koldioxid tas upp från atmosfären under växternas livstid. Koldioxiden återbildas när växten dör och förmultnar eller, om den används som bioenergi, när den förbränns. Ny koldioxid tas upp när växten ersätts med nya plantor som sedan växer på samma mark. Detta innebär att det i ett kretsloppsperspektiv inte sker någon nettotillförsel av ny koldioxid från själva råvaran om återplantering sker.

Biogen koldioxid skiljer sig alltså fundamentalt från koldioxid från fossila källor, där kolet har legat under jord i miljontals år och ger en nettoökning av koldioxid till kretsloppet när den förbränns vilket gör att en större mängd kol måste hållas bundet i ekosystemet ju mer fossila bränslen som förbränns. Trots att molekylerna är likadana går det alltså inte att likställa biogen och fossil koldioxid när det gäller deras påverkan på klimatet. Den svenska skogslagstiftningen och EU:s hållbarhetskriterier för bioenergi innehåller absoluta krav på återväxt. Det är dock viktigt att skogs- och jordbrukssektorerna fortsätter att fasa ut användningen av fossila bränslen för att minimera den klimatpåverkande effekt själva brukandet innebär.

Det finns också så kallade organogena jordar, det vill säga torv- och våtmark som när de odlas eller dikas ger upphov till stora utsläpp av växthusgaser. För att minska utsläppen från dessa jordar är den mest effektiva metoden att återställa dem till våtmarker.

För skoglig bioråvara är avverkningscyklerna långa, uppemot hundra år, och det tar lång tid innan ett nytt träd växer upp på samma plats. Men det är missvisande att räkna på det enskilda trädet eller hyggets återbindningstid när skogen som helhet binder kol genom fotosyntesen. Den systemavgränsning som är rimlig när det gäller kolbindning är det svenska jord- och skogsbruket som helhet, alltså hela det område som Sverige har rådighet över och är ansvariga för inför FN.

Utsläpp och upptag av biogen koldioxid rapporteras

enligt EU:s förordning LULUCF (2018/841) om markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk och regleras tillsammans med FN:s klimatkonvention. Rapporteringen inkluderar förändringar i kolförråd i levande och död biomassa samt markkol. Dessutom rapporteras skördad biomassa och dess användning för produkter med olika livslängd. Det innebär att kolförråd i till exempel trähus räknas in i kolförrådet medan råvara som förbränns, till exempel bark från massabruk och grenar och toppar (grot), bokförs att gå direkt till atmosfären.⁴

Totalt sett ger detta en helhetsbild av kolflöden och kollager och därmed klimatpåverkan från biogen koldioxid även om dessa inte rapporteras tillsammans med övriga energislag. De nationella beräkningarna är fundamenten i de internationella klimatförhandlingarna och i sammanhang där länder utkrävs ansvar om inte Parisavtalet uppfylls.

LULUCF-förordningen kräver vidare att uttag av biomassa i EU balanseras av ett minst lika stort upptag av koldioxid från atmosfären genom tillväxt, det vill säga att kollagren i mark och vegetation inte minskar samt att upptaget överstiger uttaget så att kollagret hela tiden ökar. I Sverige överstiger upptaget uttaget med 35–40 miljoner ton kol per år.

LULUCF-förordningen är under omarbetning och i ett förslag från kommissionen föreslås det svenska upptaget att öka till 47 miljoner ton årligen från 2030. Statistiken visar tydligt att kollagren i det svenska landskapet ökat kontinuerligt under en lång tid och bidrar till en inbindning motsvarande 60–70 procent av Sveriges territoriella utsläpp.⁵

Hållbar bioråvara tar hänsyn till miljömålen

Hur jord- och skogsbruk bedrivs påverkar möjligheten att nå de flesta av de svenska miljökvalitetsmålen, till exempel målen om Levande skogar, Frisk luft, Ett rikt växt- och djurliv, Ingen övergödning samt Ett rikt odlingslandskap.⁶ Detta innebär bland annat att hållbarhetsbedömningar och hållbarhetskriterier är en nyckelfråga när det gäller försörjning av bioråvara för en omställning till ett hållbart fossilfritt samhälle.

EU:s förnybarhetsdirektiv (direktiv 2018/2001) syftar till

att främja hållbar användning av förnybara energikällor, inklusive bioenergi, och innehåller bland annat hållbarhetskriterier för fasta, flytande och gasformiga biobränslen.

En utgångspunkt för den här biostrategin är att försörjningen av bioråvara alltid ska ske inom ramen för möjligheterna att uppfylla uppsatta krav och miljökvalitetsmål. Vid sidan av betydelsen det har för miljön ökar det också värdet på bioråvaran och den internationella acceptansen. Till exempel behöver mark som är värdefull för att bevara biodiversitet avsättas från brukande eller utvecklas så att mångfalden säkras utifrån en helhetssyn på landskapsnivå. Förlust och fragmentering av livsmiljöer är ett stort hot mot den biologiska mångfalden som aktivt måste motverkas för att ett hållbart jord- och skogsbruk ska uppnås. Vid uttag av grenar och toppar är det viktigt att även lämna kvar en viss mängd död ved och återföra aska för att minimera uttagets inverkan på skogsmarkens långsiktiga produktionsförmåga samt den biologiska mångfalden.

Biodiversitet kan i vissa fall även gynnas av uttag av bioråvara, till exempel genom att ta bort sly i åkerlandskap och ledningsgator. Även minskat näringsläckage kan uppnås genom odling av vall och mellangrödor vars biomassa sedan kan användas för till exempel biogasproduktion. Vallodling kan även leda till ökad kolinbindning i marken.^{7,8}

1.4 Avgränsningar och antaganden

Fossilfritt Sverige har i denna strategi valt en »konserverativ« ansats och försökt att lösa färdplanernas utmaningar genom att utgå från nuvarande nivåer på några viktiga omvärldsfaktorer som kan påverka utfallet av potential och sektorernas behov av bioråvara. Detta gäller exempelvis avverkningsnivåer för skog, areal jordbruksmark och avfallsförbränningsnivåer. Genom detta angreppssätt kan strategin visa att biopusslet från färdplanerna kan lösas utan dramatiska förändringar jämfört med idag. Strategin har däremot inte som mål att lösa alla andra frågor som gäller skogen och tar inte heller ställning i dessa frågor.

Fokus på bi- och restprodukter samt energigrödor från jordbruksmark

Bioråvara från skogs- och jordbruk används idag till största delen i traditionella tillämpningar för att produ-

cera till exempel trävaror, pappersprodukter, livsmedel och foder. Denna strategi behandlar tillgång på och användning av bioråvara framför allt utanför dessa områden, och fokuserar på det som ofta kallas bioenergi. Bioenergi är dock ett delvis missvisande ord eftersom det finns ett flertal viktiga användningsområden där bioråvaran inte främst används för sitt energiinnehåll, till exempel som råvara för biobaserad plast.

Sågtimmer, massaved, fodergrödor och matgrödor ingår inte i de uppskattningar av tillgång och efterfrågan som anges, undantaget dagens användning av vete och raps till biodrivmedelsproduktion. När det gäller jordbruket ingår också rena energigrödor som energiskog. Det finns dock ett mycket starkt beroende av de traditionella skogs- och jordbruksvärdekedjorna eftersom det fortsatt är de som ekonomiskt kommer att vara drivande i skogs- och jordbruket. Mängden biprodukter är naturligtvis beroende på produktionsnivån.

Hushållsavfall och verksamhetsavfall, som innehåller både biogena och fossila fraktioner, används som bränsle i kraftvärmeanläggningar. En stor del av biogent hushållsavfall och övrigt bioavfall används eller kan också användas för biogasproduktion. Denna strategi behandlar inte explicit avfall som råvara men de inkluderas implicit genom inverkan på behovet av andra bioråvaror.

Antagande om skogsavverkning på liknande nivåer som idag i förhållande till tillväxten

Att bedöma framtida avverknings- och produktionsnivåer i skogsindustrin är svårt. Det finns många bedömare som anser att det finns utrymme för ett ökat uttag av stamved, tack vare den ökade tillväxt som förväntas.^{9, 10} Samtidigt finns flera aktörer i samhället som istället lyfter behovet av att avsätta en större andel av skogsmarken av ekologiska skäl som en del av miljömålsarbetet och övergå till andra former av skogsbruk, till exempel kontinuitetsskogsbruk.^{11, 12}

När det gäller tillgången på bioråvara utgår biostrategin ifrån ett antagande om att skogsavverkningen ligger på en liknande nivå i förhållande till tillväxten på produktionsmark som den gjort under de senaste åren. Det innebär att skogen fortsätter att öka sitt kolförråd och vara en koldioxidsänka. Samtidigt kan avverkningsnivåerna öka under förutsättningen att tillväxten i sko-

gen ökar på det sätt som förväntas, framförallt på grund av klimatförändringen, och mer resurser kan därmed användas för att ersätta fossil energi. Strategin gör även antagandet att det fortsatt är den traditionella skogsindustrins produktion av sågat virke och pappersmassa som ekonomiskt driver avverkningen och att denna fördelar sig på ungefär samma sätt som idag, även om produktmixen ändras, till exempel med en större andel förpackningar på bekostnad av tryckpapper.

Syftet med strategin är inte att avgöra hur hög den framtida avverkningen kan vara eller hur skogsbruket ska bedrivas för att uppnå de uppsatta miljömålen. Istället görs antagandet i syfte att visa att branschernas färdplaner ser ut att kunna genomföras utan stora förändringar jämfört med idag.

Inga stora nedläggningar av jordbruksmark

I jordbruket är mängden tillgänglig mark tillsammans med tillgången på restprodukter från livsmedelsproduktion en viktig faktor för möjligheterna till ökad produktion av råvaror för bioenergi.

Sedan 1990 har den aktivt använda åkermarken minskat med cirka 10 procent. Därtill bedöms ytterligare cirka 10 procent åkermark utgöras av överskott av vallodling som inte behövs för foderproduktion på grund av ett minskat djurantal. Till detta uppgår arealen träda till cirka 5 procent där energiodling också är möjlig.⁷

Det finns prognoser som tyder på att nedläggningar av jordbruksmark kommer att fortsätta. Samtidigt är ökningen av ekologisk odling och ökat fokus på inhemskt producerad mat trender som visar på en utveckling i motsatt riktning, det vill säga mot ökade behov av odlad areal. En liten andel av jordbruksmarken utgörs också av organogena jordar, dikad torv- och våtmark med höga mullhalter, som ger upphov till stora utsläpp av växthusgaser och därför kan bli aktuella att återställa till våtmarker. Uppskattningen i denna strategi av tillgång på råvara från jordbruksmark baseras på ett antagande om att arealen som används för energi, mat- och foderproduktion är ungefär samma 2030 och 2045 som idag.

Liksom för skogsbruket ovan är detta ett konservativt antagande avseende potentialen för bioråvara, eftersom

det innebär att ytterligare mark för odling av energigrödor inte odlas upp.

Oberoende av nettoimport av bioråvara

Sverige har ambitionen att vara ett föregångsland i klimatomställningen och utformningen av styrmedel och den teknikutveckling som sker här bör därmed även bidra till att omställningen i andra länder påskyndas. I en värld som ställer om förväntas efterfrågan på bioråvara öka vilket också innebär en ökad risk för minskad biologisk mångfald och annan negativ miljöpåverkan. Här har Sverige en unik roll att använda sin gynnsamma situation vad avser tillgången på bioråvara i ett globalt perspektiv. Även om elektrifiering och vätgas har stor potential som möjliggörare i klimatomställningen kommer det finns sektorer där elektrifiering inte är möjligt och där långsiktigt hållbara bioråvaror från Sverige kan bidra till att möjliggöra omställningen även globalt. Strategiarbetet har därför utgått ifrån att Sverige netto ska vara exportör av biobaserade produkter för energändamål och industriell användning utanför traditionell skogsindustri och jordbruk 2045. Detta exkluderar inte import av vare sig råvaror eller produkter. Dessa kommer att handlas internationellt, eftersom olika typer av bioråvaror har olika egenskaper och användningsområden.

Koldioxidinfångning kan påverka hur bioråvara används i framtiden

Teknik för att fånga och lagra fossil koldioxid, så kallad carbon capture and storage (CCS), är ett komplement för att reducera delar av industrins fossila koldioxidutsläpp som med dagens teknik är mycket dyra eller tekniskt svåra att hantera på annat sätt. CCS är även en viktig möjlighet att minska utsläppen av fossil koldioxid i ett kortare tidsperspektiv, innan övergången till ny fossilfri teknik hunnit ske.

Denna strategi behandlar användningen av bioråvara för en omställning av samhället till fossilfrihet, därför ligger fossil CCS utanför strategins direkta fokus. Det är dock viktigt att påpeka att implementering av CCS, var och när det sker, kommer att kunna ha en indirekt inverkan på hur bioråvara används i omställningen.

Bio-CCS, det vill säga infångning och lagring av biogen koldioxid är däremot direkt kopplad till användningen av bioråvara och kan påverka användningen i olika sektorer.

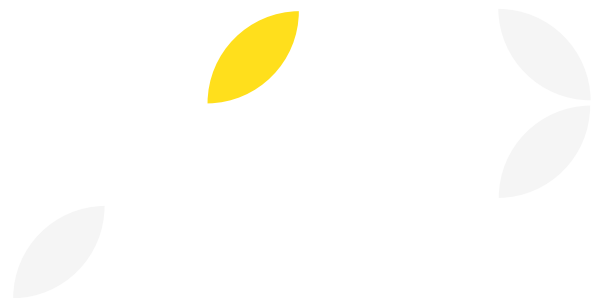
Även carbon capture and utilization (CCU), som innebär att koldioxiden som avskiljs används som råvara i material och produkter, kan påverka användningen av bioråvara.

Omräkning till primärenergi

Många källor gör ingen skillnad på olika typer av bio-bränslen/-råvaror när behoven av bioråvara summeras, vilket innebär att summeringarna inkluderar allt från biogas och vätskeformiga drivmedel till bark och avverkningsrester. Därför har en uppskattning av primärenergibehovet utförts, så att siffror för användning och behov av bioenergi representerar primärenergi (oftast oförädlad biomassa).

I de fall denna information inte finns i källan har en schablonmässig skattning på i snitt 70 procent verkningsgrad från primärenergi till vätske- eller gasformiga bränslen använts, utifrån effektiva bioraffinaderikoncept. Den verkliga verkningsgraden varierar förstås mycket beroende på val av råvara och omvandlingsprocess men 70 procent bedöms realistiskt att kunna nå i genomsnitt på längre sikt för de huvudsakliga alternativ som finns. Beroende på teknikval och teknikutveckling kan detta bli både högre och lägre. Notera att denna verkningsgrad avser den mellan förädlad produkt och oförädlad råvara men att det därutöver kan krävas insats av energi i andra former, oftast el. Utöver detta kan spillvärme i många fall utvinns, speciellt för processalternativ med lägre verkningsgrad. I de fall oförädlad bioråvara kan användas, till exempel för förbränning i kraftvärme, görs ingen justering.

Uppskattningen av efterfrågan blir därmed jämförbar med de potentialskattningar som görs och som diskuteras i denna strategi. Eftersom förluster alltid uppstår då bioråvara konverteras till en mer förädlad form, såsom drivmedel, innebär det att de behov som redovisas ibland är högre än de som finns i källorna, där hänsyn ofta inte tas till förädlingsgrad.



2. Hur används bioråvara i Sverige idag?

Sveriges totala bioenergianvändning är cirka 140 TWh/år (Figur 1). Drygt 100 TWh av detta kommer från skogen, varav mer än hälften används för skogsindustriens egen energiförbrukning. Cirka 20 TWh är biodrivmedel, som till största delen importeras, och cirka 20 TWh kommer från hushållsavfall, jordbruk med mera. Av dagens inhemska försörjning av bioenergi är alltså cirka 85 procent skogsbaserat.

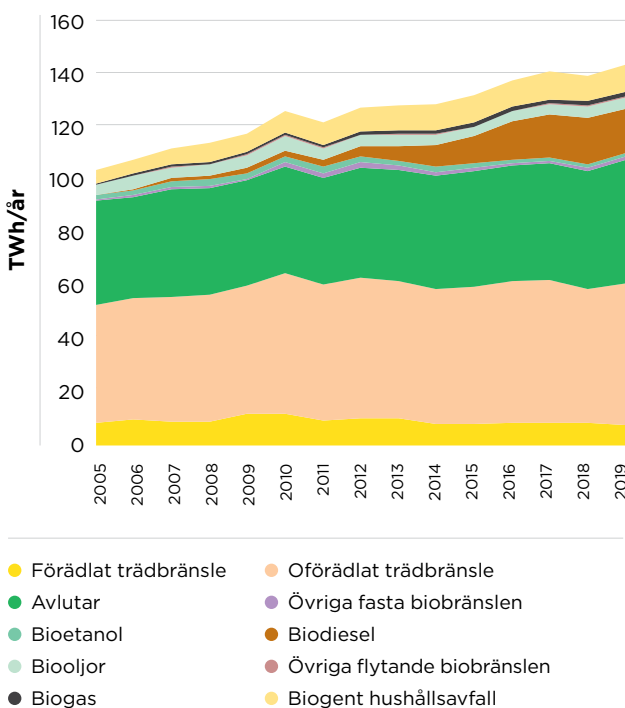
Den totala användningen av bioenergi som visas i Figur 2 är nästan 160 TWh/år omräknad till primäre energi, se kapitel 1.3. Användningen finns främst inom industrin, vilket framförallt är skogsindustrin och el/fjärrvärme men även en del annan värme. Användning av bioenergi för el i Figur 2 (18 TWh/år) inkluderar elproduktion både

i industri och fjärrvärme. Energimängden för fjärrvärme (38 TWh/år) inkluderar även den biogena fraktionen av olika avfallsströmmar.

Mängden biobaserad energi i transportsektorn har ökat avsevärt under de senaste tio åren, främst genom import. Det är viktigt att notera att nettoimporten gäller råvara för bioenergi, inte biomassa generellt och biobaserade produkter, där Sverige är en nettoexportör.

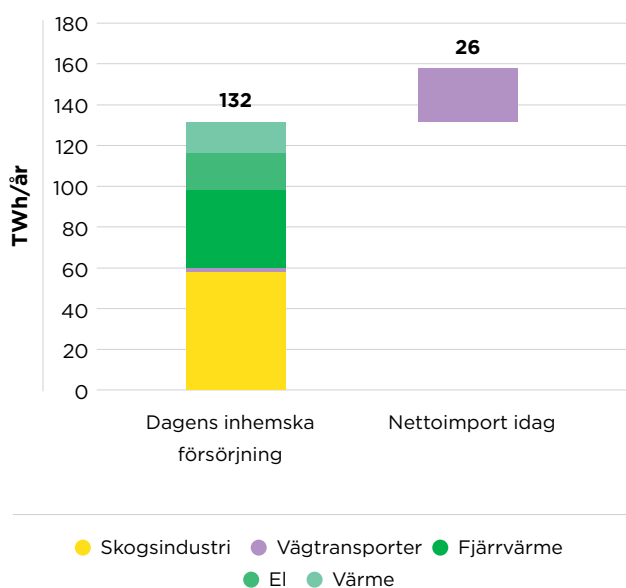
2.1 Skogsbaserad bioråvara

Sverige har idag ungefär 23 miljoner hektar produktiv skogsmark med ett virkesförråd på 3,3 miljarder kubikmeter, vilket motsvarar 12 000 TWh. Den årliga tillväxten är cirka 120 miljoner kubikmeter, eller drygt 400 TWh. Cirka 20 miljoner hektar brukas och cirka 75 procent av tillväxten avverkas 2015 (Figur 3).^{7,9}



Figur 1: Användningen av bioenergi i Sverige 2005–2019.

Källa: Energimyndigheten (2021) Energiläget i siffror.¹³



Figur 2: Användningen av bioenergi i Sverige, omräknat till primäre energi.

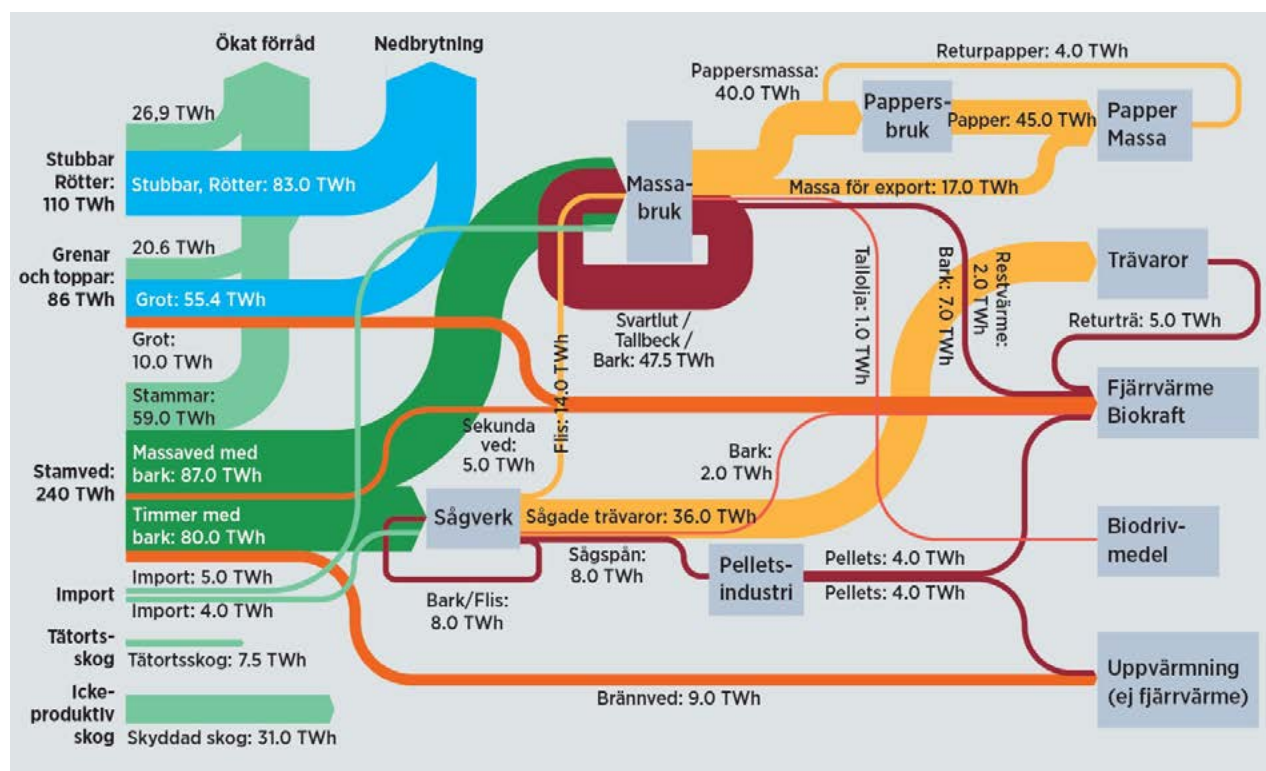
Energiflöden inom skogssektorn illustreras i Figur 3, som även inkluderar tillväxt och användningen av massaved och sågtimmer. Här visas tydligt beroendet mellan utbudet av rest- och biprodukter och den traditionella skogsindustrin, som producerar sågade trävaror, massa och papper. Skogsbruk drivs idag ekonomiskt helt och fullt av produktion av sågade trävaror, massa och papper. Av den stamved som går till sågverk och massabruk, blir cirka hälften pappersmassa och sågat virke. Den andra hälften, cirka 75 TWh/år blir bi- och restprodukter som används för energiändamål, framförallt svartlut, beckolja, bark, sågspån och flis.

Förutom stamved produceras restprodukten grenar och toppar (grot) vid skogsavverkning. Grot har potential som råvara för bioenergi men har ett betydligt lägre värde än stamveden, bland annat på grund av höga trans-

portkostnader, och tas därför ut och används endast i begränsad utsträckning idag.

Den största delen av de rest- och biprodukter som kommer från sågverk, massa- och pappersbruk används internt för egen energiförsörjning men cirka 20 TWh/år används utanför skogsindustrin, nästan uteslutande för produktion av el och värme. Även rest- och biprodukter som kommer direkt från skogsbruk, används främst för el och värme och utgörs av cirka 10 TWh/år grenar och toppar, cirka 5 TWh/år är skadad ved och cirka 10 TWh/år brännved. Den senare används direkt för småskalig uppvärmning.

Merparten av biodrivmedelsproduktionen som sker i Sverige idag från skoglig råvara baseras på tallolja som bildas vid produktion av pappersmassa. Produktionen av



- Skördat gagnvirke
- Ej skördad tillväxt, kvar i skogen
- Grenar, toppar och stubbar kvarlämnade i skogen efter avverkning
- Produktflöden, inkl. återvinning
- Primär bioenergi (direkt från skogen)
- Sekundär bioenergi (restprodukter från skogsindustrin)

Figur 3: Årliga energiflöden i den svenska skogssektorn, år 2015.

Källa: Svebio (2020), Färdplan Bioenergi - så möter vi behovet av bioenergi för fossilfritt Sverige.^{10, 14}

tallolja uppgår idag till 1 TWh/år. Denna är tillsammans med en liten produktion av metanol vid Mönsterås massabruk den enda skogsbaserade biodrivmedelsproduktion som sker idag i Sverige.

2.2 Jordbruksbaserad bioråvara

Produktionen av skördeprodukter (främst för mat och foder) i jordbrukssektorn uppgår till 53 TWh/år, varav 25 TWh är spannmål, 21 TWh är vall, 2 TWh är oljeväxter medan resten främst utgörs av sockerbetor, potatis och baljväxter. Samtidigt produceras cirka 21 TWh/år restprodukter i form av halm och blast. Halm från spannmål utgör den största delen, cirka 16 TWh/år.⁷

Den energirelaterade användningen av jordbrukets produktion av skördeprodukter utgörs främst av drivmedelsproduktion:

- Etanol produceras ur vete vid Lantmännen Agroetanol's anläggning i Norrköping. Denna har kapacitet att använda cirka 2,5 TWh/år. Andelen inhemsk råva-

ra varierar men totalt sett är Sverige en nettoexportör av vete. En betydande del av etanolproduktionen har historiskt exporterats.

- Inhemskt odlad raps används för produktion av biodiesel (RME). Den totala inhemska produktionskapaciteten är 1,5–2 TWh/år. Denna försörjs idag med en mix av inhemsk och importerad rapsolja.

De viktigaste råvarorna för biogasproduktion är restprodukter och avfall, främst slam från avloppsrening, gödsel, matavfall och avfall från livsmedelsproduktion.¹⁵ Biogasproduktionen i Sverige idag är cirka 2,1 TWh/år, varav cirka två tredjedelar uppgraderas till fordonsgaskvalitet. Den totala biogasanvändningen uppgår till cirka 4 TWh, varav omkring hälften utgörs av import.

Vad avser restprodukterna halm och blast används idag endast en mycket begränsad andel för biogasproduktion och övrig energiproduktion. Cirka 4 procent av den svenska åkerarealen används för biodrivmedelsproduktion.¹⁶ Odlingen av energiskog är marginell idag och används då som bränsle för värmeproduktion.



3. Efterfrågan på bioråvara i ett fossilfritt Sverige 2045

För att nå klimatmålet om noll nettoutsläpp av växthusgaser 2045 krävs en total systemtransformation med stora förändringar i många sektorer som idag använder fossila råvaror. Omställningen förväntas leda till en kraftigt ökad efterfrågan på bioråvara, eftersom detta i dagsläget är en kostnadseffektiv lösning i många branscher. Detta kapitel har som syfte att göra en sammanställning av hur den efterfrågan ser ut.

Färdplanerna för fossilfri konkurrenskraft¹⁷ ger en bild av behovet av bioråvara för omställningen i olika branscher och sektorer. I många fall är bilden i färdplanerna dock bara kvalitativ. Kvantitativa sammanställningar av behovet av el och bioråvara i färdplanerna har gjorts av Sweco 2019 på uppdrag av Svenskt Näringsliv¹⁸ och i Ingenjörsvetenskapsakademins (IVA) arbete inom projektet Vägval för klimatet.^{19, 20, 21, 22} Swecos analys av

		Bioenergi 2030		Bioenergi 2045	
		Primärenergi	Använd form	Primärenergi	Använd form
Industri	Stål	3-6	2,5-4	7-9	4-6,5
	Gruv och mineral	3-4	2-3	3-4	2-3
	Cement	2-3	2-3	4-5	4-5
	Kemi A	1,5-2,5	1-2	0-25	0-13
	Metall	0	0	1-2	1-2
	Skog B	2-3	2-3	2-3	2-3
	Totalt	12-19	10-15	17-48	14-33
Transport	Väg	20	14	20	14
	Inrikes flyg och sjöfart	3	2	4,5-6	3-4
	Arbetsmaskiner	7-10	5-7	8,5-9	6-6,5
	Totalt	30-33	21-23	33-35	23-25
El/värme	Fjärrvärme C	0	0	0	0
	El C	0	0	0	0
	Värme C	0	0	0	0
	Totalt	0	0	0	0
Summa		42-52	31-38	50-83	37-58

Tabell 1 Sammanställning av prognoser för ökade behov av bioenergi och bioråvara för omställning till 2030 och 2045, baserat på Färdplaner för fossilfri konkurrenskraft, Sweco och IVA.^{23, 28, 22} Behoven av primärenergi i bioråvara är uppskattade. Alla värden i TWh/år.

A Kemiindustrin har inte gjort någon färdplan inom ramen för Fossilfritt Sverige. Uppskattningen baseras i stället på IVA (se text).

B Avser utfasning av de fossila bränslen som används och visst extra energibehov för bio-CCS. Sågtimmer och massaved inkluderas inte.

C Ett visst extra energibehov för bio-CCS i fjärrvärmesektorn. Färdplanerna för el- och värmesektorerna inkluderar ingen kvantifiering av ökat behov av bioråvara.

färdplanerna baseras på de nio första av färdplanerna och man har, när så krävts för kvantifiering av behovet, fört dialoger med branschföreträdare. Transportsektorn, som spelar en viktig roll i flera färdplaner, har lyfts ut och behandlas separat. Samma sak gäller för arbetsmaskiner, som behandlas tillsammans med transportsektorn.

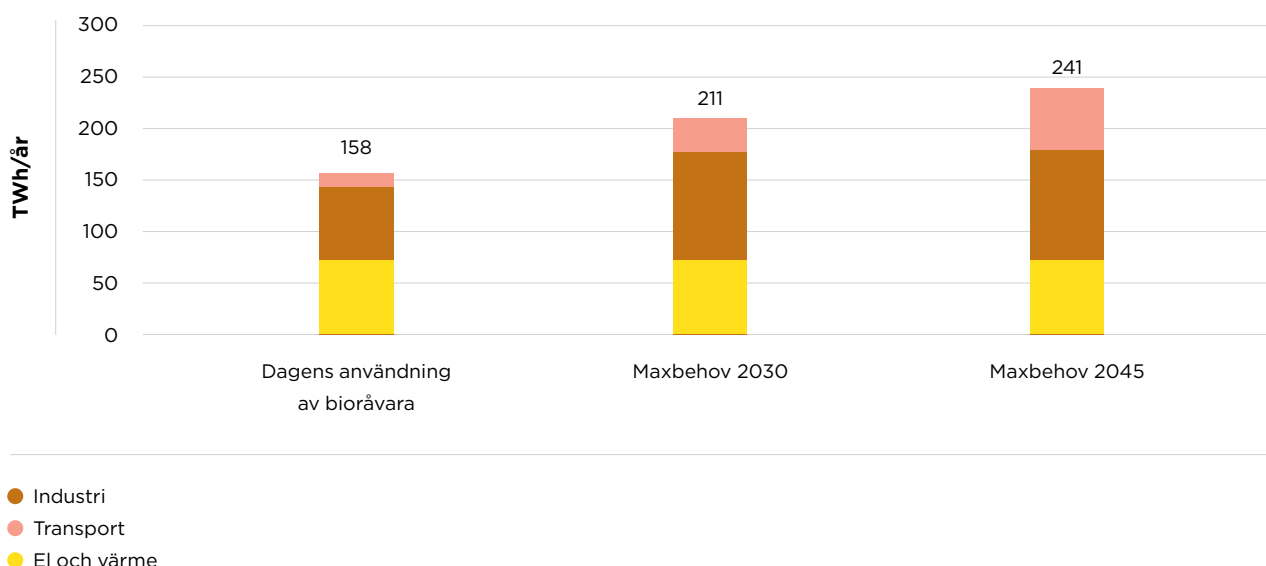
Sammanställningen som visas i Tabell 1 begränsas till användandet av bioråvara för att reducera territoriella utsläpp. Det bör noteras att behoven av bränslen för utrikes transporter som bunkras i Sverige är betydande, cirka 10 TWh/år för flyg (utan effekter av pandemin) och cirka 24 TWh/år för sjöfart.

I Figur 4 redovisas dagens användning av bioråvara tillsammans med det uppskattade behovet utifrån färdplanerna, Sweco och IVA för 2030 och 2045. Maxbehovet har beräknats till 211 TWh och 241 TWh för år 2030 respektive 2045. Även Material Economics har i sin rapport »Klimatagenda för Sverige« gjort en liknande uppskattning av behov av bioråvara år 2045, baserat bland annat på branschernas färdplaner, och kommit fram till en liknande slutsats om en potentiell framtida efterfrågan på cirka 250 TWh.²⁴

3.1 Industrisektorn

Behoven av bioråvara för industriell omställning 2045 baseras i stort på färdplanerna och Swecos analys av dessa. Med tillägg av den nya anläggning som H2 Green Steel planerar i Boden, som inte var känd när färdplanen gjordes, blir behovet inom stålindustrin 7–9 TWh/år 2045 om samma antaganden om användning av bioråvara till biokol och värmning görs för denna anläggning som för liknande produktion i färdplanen. Gruv- och mineralindustrin kommer liksom cementindustrin ha ett stort behov av biobränslen för värmning. Enligt Swecos analys ligger behovet på 2–3 TWh/år respektive 4–5 TWh/år. Skogsindustrin behöver 2–3 TWh/år bränsle för att fasa ut de sista fossila bränslena.

De potentiellt största volymerna av bioråvara i industrisektorn kan komma att krävas i kemiindustrin – men här finns också de största osäkerheterna. Kemiindustrin har inte gjort någon färdplan inom ramen för Fossilfritt Sverige så uppskattningen för 2045 baseras i stället på en bedömning från IVA.¹⁹ Den pekar på att kemiindustrin kan göra olika vägval som resulterar i helt olika behov av bioråvara, från noll till 13 TWh/år förädlad råvara (bio-



Figur 4: Dagens användning av bioråvara jämfört med uppskattat behov utifrån Färdplaner för fossilfri konkurrenskraft, Sweco och IVA^{17, 18, 22} för 2030 och 2045 redovisat som primärenergi. Det maximala behovet används från intervaller i Tabell 1.





metanol och biogas). För detta kan det krävas upp till 25 TWh/år bioråvara enligt IVA. För 2030 antas endast 1–2 TWh/år biogas ersätta naturgas.

3.2 Transportsektorn

Analysen av transportsektorn och behovet av drivmedel i Sweco-rapporten baseras inte direkt på de underliggande färdplanerna för fossilfrihet, eftersom färdplanerna ofta inte är kvantitativa vad avser transporter, har stora överlapp mellan varandra samt att scenarier för hela transportsektorn kräver antaganden utanför vad som ingår i de individuella färdplanerna. När Sweco-rapporten gjordes saknades också färdplaner från fordonsindustrin, sjöfartsbranschen, petroleum- och biodrivmedelbranschen samt gasbranschen. Swecos analys av vägtransportsektorn baseras istället på FFF-utredningen från 2013.²⁵

Det sammanlagda behovet av gas- eller vätskeformiga drivmedel för vägtrafik, arbetsmaskiner, inrikesflyg och inrikes sjötrafik beräknas till ungefär 44 TWh/år 2045. Av det utgörs cirka 34 TWh/år av flytande drivmedel för vägtransporter, att jämföra med cirka 20 TWh/år idag. Den av Sweco antagna elektrifieringen på personbilssidan är lägre än vad fordonsindustrins färdplaner för lätta respektive tunga fordon indikerar. Sweco-sammanställningens uppskattade behov av drivmedel för arbetsmaskiner är 6 TWh/år. Denna uppskattning baseras på antaganden om elektrifiering motsvarande 15 procent av energibehovet idag och 35 procent effektivisering.

Swecos analys av inhemsk efterfrågan av drivmedel till 2030 utgår från Energimyndighetens reduktionsplikts-

scenarier från 2019,²⁶ vilken är cirka 40 TWh/år för vägtransporter 2030. I petroleum- och biodrivmedelsbranschens färdplan framhåller branschen att scenarier med högre andel biodrivmedel kan ha lägre totala kostnader jämfört med scenarier med högre grad av elektrifiering. Branschen anger en total produktionsambition hos medlemsföretagen om mer än 100 TWh/år men gör ingen distinktion mellan svensk och utländsk produktionsökning eller mellan användning på en inhemsk och internationell marknad.

3.3 El- och värmesektorerna

Dagens svenska elsystem kännetecknas av stora delar vattenkraft och kärnkraft, vindkraft under snabb utbyggnad samt biobränsle- och avfallsbaserad kraftvärme. När det specifikt gäller efterfrågan på bioenergi måste el- och värmesystemen analyseras tillsammans eftersom det idag i princip inte finns någon biobaserad elproduktion som inte samtidigt producerar värme och detta är, av effektivitets- och kostnadsskäl, inte heller aktuellt i framtiden.

Både uppvärmningsbranschen och elbranschen har tagit fram färdplaner. Värmesektorn har som vision att vara fossilbränslefri år 2030 och en kolsänka 2045. Sektorn pekar ut ökat användande av olika typer av restvärme och därutöver kraftvärmebaserad fjärrvärmeproduktion för en hög totaleffektivitet och för att bidra till att minska elsystemets effektutmaning. Branschen menar att en avsevärt minskad användning av biobränslen i värmesektorn kan äventyra omställningen av energisystemet men prognosticerar heller inte någon omfattande ökning.



4. Tillgång på bioråvara

Tillgången på bioråvara är, i likhet med många andra in-satsvaror, fysiskt begränsad. Men inom den fysiska ramens begränsning så avgörs vad som är hållbar potential för bioråvara av ett antal ekonomiska och miljömässiga bedömningar, avvägningar och antaganden. Detta kapitel beskriver kort en resulterande uppskattning av en hållbar mängd bioråvara som kan användas i omställningen, givet de miljöhänsyn och skogsindustriella produktionsnivåer som diskuteras i kapitel 1. Uppskattningen bygger framför allt på rapporten »Potential för ökad tillförsel och avsättning av inhemsk biomassa i en växande svensk bioekonomi« från Lunds universitet.^{7,27}

En sammanställning av den ökade tillgången på bioråvara, jämfört med dagens situation, finns i Tabell 2. Utöver dagens användning beräknas det finnas tillgång till ytterligare cirka 40 TWh bioråvara om året 2030. År 2045 är motsvarande siffra cirka 53 TWh/år.

4.1 Skogsbrukets bi- och restprodukter

Skogsbrukets bi- och restprodukter utgörs primärt av grenar och toppar (grot), som är de delar av trädet som (tillsammans med stubbar och rötter) inte räknas som stamved. Grot kan även samlas in vid gallring. Gränserna för vad som är ett ekologiskt hållbart grot-uttag sätts

	2030	2045
Skog		
Grenar och toppar	16-18	18-21
Skadad rundved	3-4	3-4
Klen rundved (röjningar mm)	2-3	3-4
Delsumma	21-25	24-29
Jordbruk		
Halm	2-4	2-4
Restprodukter biogas	4-6 A	4-6 A
TrädesmarkB	3-4	5-7
Energiskog på nedlagd mark		2-6
Delsumma	9-14	13-23
Slytäkt	5-8	8-10
Summa	40 (35-47)	53 (45-62)

Tabell 2 Uppskattad ökad potential för råvaror från bioråvara från skogs- och jordbruk. Alla värden i TWh/år.

Källa: Börjesson, P. (2021), Potential för ökad tillförsel av inhemsk biomassa i en växande svensk bioekonomi – en uppdatering²⁷ men med justeringar för andra antaganden om avverkningsnivåer, se kapitel 1.4.

A För dessa poster anges inte råvaruenergin utan potentialen för biogasproduktion, eftersom verkningsgraden i omvandlingen är så olika. Med restprodukter avses till exempel gödsel.

B Från trädesmark är vall troligen den viktigaste råvaran, som inte utnyttjas idag.

främst av miljömålen Levande skogar, Ett rikt växt- och djurliv samt Endast naturlig försurning.²⁸ Bark från sågverk och massabruk samt sågspån från sågverk är också bi- och restprodukter som behandlas i strategin.

Det är enligt Börjesson²⁷ och de Jong m.fl.²⁸ möjligt att öka uttaget av grot med 16–18 TWh/år jämfört med dagens nivå utan negativ inverkan på andra miljömål. Denna ytterligare potential innebär uttag om 70 procent av grot som uppstår vid avverkning, så kallad fallande grot, på cirka 50 procent av de avverkningsytor som är lämpliga för detta. Potentialen för ett ökat uttag av grot varierar mellan olika delar av landet. En större andel tas idag ut i södra Sverige än i norra på grund av större efterfrågan som i sin tur leder till lägre kostnader. Till 2045 är potentialen något större på grund av den ökade tillväxten som förväntas.^{9, 27}

Stubbar inkluderas inte i den potential för bioråvara som presenteras här. Stubbrytning riskerar att ha negativa ekologiska konsekvenser och är inte godkänt enligt den certifiering som används inom skogsbruket idag. Det bedöms därför att stubbskörd inte kommer att ske i någon signifikant utsträckning.

Skadad och angripen rundved kan inte användas för virke eller pappersmassa men fungerar att användas som biobränsle. Mängden insektsangrepp på skog i Sverige förväntas öka med den globala uppvärmningen. Ett rimligt antagande är att mängden skadad rundved som därmed blir tillgänglig för bioenergiproduktion kan förväntas öka med ytterligare 3–4 TWh/år från dagens cirka 5 TWh/år.

4.2 Jordbrukets grödor och biprodukter

Potentialen för ökad användning av bioråvara från jordbruket består både av ett bättre utnyttjande av restprodukter från matproduktion och av ökad produktion på nedlagd åkermark. Eftersom biprodukter inte kan användas som mat eller foder begränsas de inte av det »tak« på grödebaserade råvaror som finns i EU:s förnybarhetsdirektiv (direktiv 2018/2001). Uppskattningen i denna strategi av tillgång på råvara från jordbruksmark baseras på ett antagande om att arealen som används för mat- och foderproduktion är ungefär samma 2030 och 2045 som idag, som diskuteras i kapitel 1.4.

Börjesson²⁷ skattar den framtida tillgången på halm för bioenergi till 2–4 TWh/år. Detta är en relativt blygsam

andel av den totala produktionen på 16 TWh/år av halm från spannmål och begränsningen görs av praktiska, miljömässiga och ekonomiska skäl.

Den potentiella ökade produktionen av biogas ur andra restprodukter så som gödsel, matavfall, blast och slam uppskattas av Börjesson till 4–6 TWh/år till 2030 (för råvaror som inte har någon annan rimlig användning än biogasproduktion genom rötning anges mängden som biogaspotential, alltså inte som energi i råvara). Denna uppskattning stämmer väl med biogasutredningens mål för 2030.²⁹

Utöver detta finns ett överskott av vall, som kan användas som råvara för biogas eller andra typer av bioenergi, framförallt från trädesmark. Börjesson²⁷ uppskattar denna potential till 3–4 TWh/år idag och 5–7 TWh/år 2050, i den här strategin har denna potential använts för 2045. Som diskuterats ovan görs i denna strategi inga stora antaganden om ändrad markanvändning på längre sikt. Ökningen mellan 2030 och 2050 beror främst på förbättrade och anpassade system för skörd.

Det finns idag cirka 100 000 hektar nedlagd åkermark och ungefär lika mycket nedlagd betesmark.⁷ Den senare kan ha höga ekologiska värden men den nedlagda åkermarken kan med fördel användas för att odla så kallad energiskog (till exempel poppel eller hybridasp) med en potential om 2–6 TWh/år. Eftersom det endast finns marginellt med sådana planteringar idag och omloppstiden är 20–30 år så ligger potentialen från 2040 och framåt. Eftersom inga omfattande nedläggningar av jordbruksmark antas är den tillgängliga ytan för energiskogsodling dagens nedlagda mark.

4.3 Slytäkt

Sly är unga träd och buskar, ofta av lövtyp, som finns till exempel längs vägar, i kraftledningsgator, i åkerkanter och i igenväxande betesmarker. Det finns stora mängder igenväxt mark och skörd av sly har ofta en positiv effekt på biologisk mångfald.^{28, 30} Potentialen av slytäkt bedöms vara 5–8 TWh/år, baserat på en studie från Sveriges Lantbruksuniversitet,³¹ och 8–10 TWh/år 2045 utveckling av skördeteknik samt ökat behov av att stödja biologisk mångfald i odlingslandskapet.²⁷

5. Teknik- och prisutveckling för bioenergi

Förutsättningarna för produktion och användning av bioenergi förändras av både teknikutveckling och trender i omvärlden. Det handlar om vilka typer av biodrivmedel som används i transportsektorn och hur priset på bioråvaran förväntas utvecklas de närmaste åren. Allt detta kommer att påverka efterfrågan på bioenergi och dess möjligheter att konkurrera med andra lösningar.

5.1 Närtida teknikval för biodrivmedelsproduktion

De flesta scenarier för vägtransporternas biodrivmedelsbehov anger ett högre behov 2030 än 2045, främst på grund av elektrifiering som diskuteras mer ingående i kapitel 7.1. Trafikverket³² uppskattar behovet 2030 till 70 procent högre än dagens cirka 34 TWh/år medan flera andra prognoser snarare landar på ett behov om 30–50 TWh/år 2030.²⁶ För flyget ger den nyligen beslutade reduktionsplikten en efterfrågan om cirka 4 TWh/år 2030.

Den totala produktionskapaciteten för biodrivmedel i Sverige är idag cirka 5 TWh/år. Dagens importbehov i kombination med den förväntade ökningen av efterfrågan inom både vägtransport och flyg leder till att flera aktörer planerar för en ökad inhemsk produktionskapacitet av biodrivmedel.

Den helt dominerande mängden biodrivmedel i Sverige idag utgörs av HVO och biodiesel som baseras på en råvarubas av fetter och oljor. Nästan samtliga av de befintliga och planerade investeringarna för biodrivmedelsproduktion i Sverige utgår också från fetter och oljor snarare än inhemska restprodukter från skogsbruk och industri.

Exempel på större befintliga anläggningar är Preems HVO-produktion i Göteborg (200 kt/år) och Adesso Bioproducts produktion av biodiesel i Stenungsund (150 kt/år). Exempel på planerade anläggningar är St1:s i Göteborg (200 kt/år) (under konstruktion), Preems i Gö-

teborg (1 Mt/år) och Preems så kallade SynSat-projekt i Lysekil (650–950 kt/år). Om alla de planerade anläggningarna byggs ger detta tillsammans, upp till 30 TWh/år av de fett- och oljebaserade drivmedlen HVO, HEFA och biodiesel.

Sverige har i idag liten tillkommande tillgång på råvaror av typen oljor och fetter, som kan användas i dessa anläggningar även om viss tillgång till använd frityrolja och slaktavfall finns. Genom att investera i och utveckla förbehandling av exempelvis lignin eller förvätskad lignocellulosa kan även andra typer av råvaror användas i anläggningarna, men eftersom anläggningarna konstrueras för oljor och fetter finns, av tekniska och ekonomiska skäl, risk att detta endast sker i begränsad utsträckning och att råvarorna därmed fortsatt kommer att behöva importeras och att råvarorna därmed fortsatt kommer att behöva importeras i stor utsträckning.

Palmolja och PFAD, som produceras samtidigt som palmolja, är idag viktiga råvaror för biodrivmedelsproduktion. EU:s förnybarhetsdirektiv (direktiv 2018/2001) klassar, i en delegerad akt, jordbruksråvaror efter risk för indirekta effekter på markanvändning (ILUC-risk). Råvaror som klassas med hög risk ska fasas ut inom EU till 2030. Idag räknas palmolja som en råvara med hög risk och i Sverige och de medlemsländer där PFAD är klassificerad som samprodukt räknas även den som hög risk. I det beslutade förslaget till reduktionsplikt för både bensin och diesel samt flygfotogen kommer palmolja och PFAD inte att kunna användas i uppfyllandet av dessa plikter från och med 2022 eftersom dessa råvaror klassas som råvaror med hög risk enligt förnybarhetsdirektivet.³³

Samtidigt förväntas en kraftigt ökad efterfrågan av biodrivmedel i världen, till exempel till följd av den nyligen annonserade skärpningen av EU:s klimatambitioner till 2030, vilket förväntas kräva 24 procent förnybart i transportsektorn jämfört med dagens 8 procent.³⁴ Det leder till en kraftigt pågående och kommande utbyggnad av pro-

duktionskapacitet globalt för framförallt HVO och en därpå följande kraftigt ökad konkurrens internationellt om bioråvaror av typen oljor och fetter. Denna kan även driva mot användning av råvaror med större miljöpåverkan.²¹

Sverige har goda förutsättningar för utökad inhemsk produktion av förnybara drivmedel, inklusive biogas, utifrån inhemska restprodukter från skogsbruk, skogsindustri samt grödor och biprodukter från jordbruk, som även kan medföra andra positiva effekter på samhället.³⁵ Alternativa tekniker för biodrivmedelsproduktion, som kan använda råvaror från framförallt skogsindustri, har dock hittills inte varit konkurrenskraftiga, vilket till stor del beror på höga investeringskostnader i kombination med att teknikerna ofta ännu inte är implementerade i kommersiell skala.

Ett pågående uppdrag hos Energimyndigheten syftar till att utreda styrmedel för att främja svensk produktion av biodrivmedel, inklusive förnybar gas, med ny teknik. Detta kan vara en mycket viktig pusselbit för realisering av den potential som finns för produktion av biodrivmedel ur hållbara råvaror som är tillgängliga i större mängder i Sverige.³⁶

5.2 Kostnadsutveckling för bioråvara och el

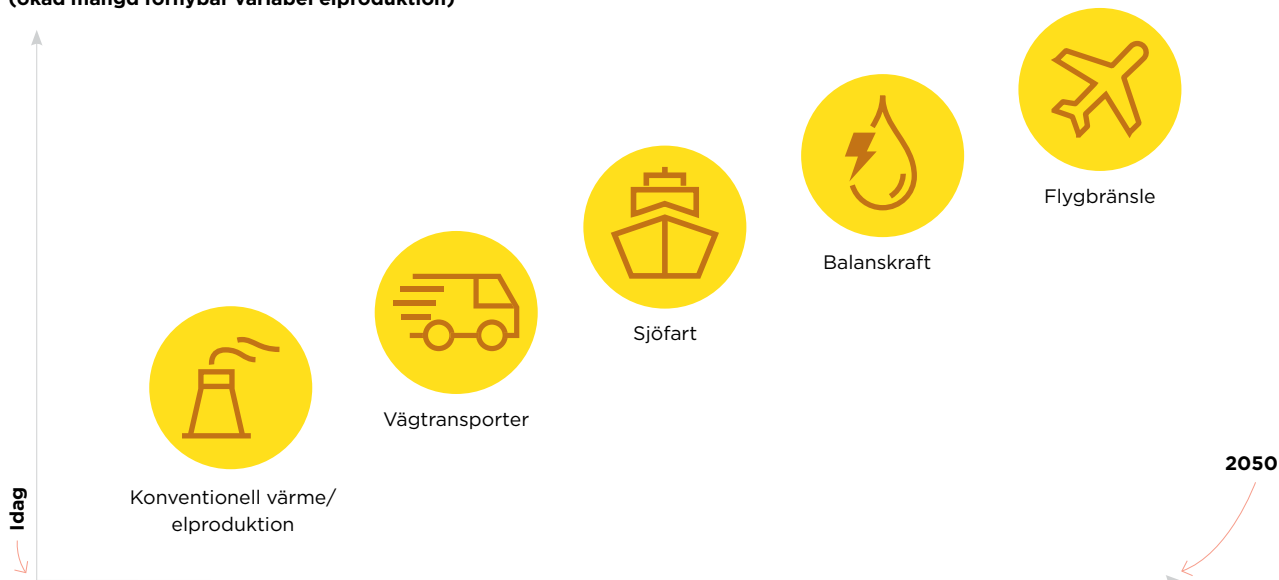
I den här strategin tas ett kvalitativt angreppssätt på el- och bioråvaroprisers inverkan på olika användningsområden för bioråvara, eftersom en kvantitativ uppskattning av framtida priser är mycket svår och osäker.

Bioråvara

Ökad efterfrågan på bioråvara kommer troligen att leda till ökade priser i takt med att allt fler länder ställer om i linje med Parisavtalet. De kommande åren kommer den högsta betalningsviljan för biodrivmedel förmodligen finnas inom vägtransportsektorn medan den på längre sikt troligen kommer vara störst i de sektorer där andra fossilfria alternativ saknas, se Figur 5. Även bio-CCS kan i framtiden bli ett område med allt högre betalningsvilja för bioråvara och kommer därmed konkurrera med annan användning för bioråvara.³⁷

Prisökningar kan även bero på ökade uttagskostnader och transportkostnader. För restprodukter från skogsbruk tyder studier^{38, 39} på att kostnads-utbudskurvan för uttag av grenar och toppar är relativt flack. Med ökat

Betalningsvilja förnybara biobränslen
(ökad mängd förnybar variabel elproduktion)



Figur 5: Värde-trappa för att illustrera framtida användning av bioenergi och hur betalningsviljan kan se ut över tid. Behovet av att minska fossila koldioxidutsläpp kommer styra användandet av bioråvara till de sektorer där det finns högst betalningsvilja och där det är svårt att ersätta fossila kolkällor med andra alternativ.

Källa: Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens tidskrift (2018), Forests and the climate. Manage for maximum wood production or leave the forest as a carbon sink?

uttag kommer dock troligen längre transporter att ske, vilket leder till ökade kostnader. En ökad efterfrågan på bioråvara gör det dock mer lönsamt att ta ut/utnyttja tillgängliga resurser i högre grad än idag trots ökade transportkostnader.

För restprodukter som uppstår vid sågverk och massabruk, finns ingen väldefinierad produktionskostnad men marknadspriset varierar med efterfrågan och transportavstånd.

Energiskog kan produceras till något högre kostnad jämfört med insamling av restprodukter från skogsbruk och en övergång till sådan råvara innebär endast en mindre förändring i råvarukostnaderna.⁴⁰

El

Investeringar i ny fossilfri produktionsteknik innebär en kraftig ökning av den svenska elförbrukningen på 20–25 års sikt. En prognos på dubbling från dagens cirka 130 TWh till 2045 har påtalats av både industri och politiker. Den stora omvandlingen av industri, transportsystem och energisektor kommer att ställa stora krav på utvecklingen av energisystemet. För att lyckas med omställningen till fossilfrihet behöver utvecklingen vara både snabb och genomgripande och kräver stora investeringar inom både elproduktion och distribution samt snabbare och mer förutsägbara tillståndprocesser.

Kostnaderna för solenergi har under de senaste åren minskat kraftigt och är nu globalt sett det billigaste sättet att generera el. Även vindkraft, som ofta genererar som mest el under natten och vintertid vilket är tider då solen inte gör det, har haft en mycket fördelaktig kostnadsutveckling där kostnaderna nära nog halverats den senaste tioårsperioden.

Utbyggnadstakten av förnybar elproduktion i Sverige är hög. Vindkraftsproduktionen ökade från 20 TWh 2019 till 28 TWh 2020, vilket innebär en 40 procentig utbyggnad av den totala produktionen på ett år. Samma utvecklingstakt förväntas fortsätta de kommande åren och Energimyndighetens huvudscenario är 80–120 TWh förnybar elproduktion år 2045.

Med en stor andel väderberoende förnybar elproduktion kommer lösningar för att balansera systemet bli viktiga, samt kostnaderna för dessa. Lagring av el kommer att

vara en viktig lösning. Både batterier och kemisk lagring, där el används tillsammans med exempelvis koldioxid för att tillverka elektrobränsle eller vätgas, kommer att vara betydelsefulla på olika sätt beroende på behov av tidsintervall för lagringen. Båda dessa tekniker har idag höga kostnader för storskalig lagring men kostnaderna minskar nu snabbt. Även andra tekniska lösningar kommer att ha betydelse, så som utnyttjande av vindkraftens egen förmåga att balansera, efterfrågeflexibilitet samt samspelet med värmesystemet och kommande storskaliga vätgaslager.

Hur lösningar baserade på direkt eller indirekt elektrifiering kan konkurrera med biobaserade lösningar är bland annat beroende av kostnadsutvecklingen för förnybar el, elektrolysörer och lagringsmöjligheter samt hur priset kommer påverkas av den ökade efterfrågan. Visionerna för och utbyggnadstakten av lösningar för till exempel vätgas är till stor del ett resultat av förväntningar på låga kostnader för förnybar el, vilket också är det som kommer avgöra satsningarnas storlek.

Svenska kraftnäts långsiktiga marknadsanalys⁴¹ lanserad i maj 2021 presenterar fyra scenarier med olika grad av förnybar elproduktion, där tre av fyra scenarier visar på fortsatt lågt eller sjunkande årsmedelpris i de fyra elområdena år 2045. I vissa scenarier sker en prisökning till 2035 för att sedan minska till 2045.

Scenarierna antar olika hög ökning av elanvändningen vilket gör rena jämförelser svåra, men några viktiga trender går att utläsa:

1. Elpriserna blir i regel mer volatila och kopplas i ännu större utsträckning till variation i produktion.
2. Förnybar elproduktion så som havsbaserad vindkraft kan bidra till hög andel timmar med låga elpriser.
3. En låg utbyggnad av förnybar elproduktion skulle ge svagare elenergibalans i Norden och därmed hög andel timmar med högt pris.
4. Årsmedelpriset varierar stort beroende på väder men också på elpriser i Europa.

6. Politiska förutsättningar

Det finns en mängd regelverk som på olika sätt påverkar användningen av biorävara för den typ av tillämpningar som behandlas i den här strategin. Det handlar om regelverk både på EU-nivå och nationellt. Det här kapitlet diskuterar kort de viktigaste av dessa regelverk och några pågående processer som bedöms kunna ha stor betydelse för deras framtida utveckling och därmed också på slutsatserna som dras i den här biostrategin.

6.1 EU

Den gröna given

I juni 2021 beslutade parlamentet en höjning av ambitionsnivån i unionens klimatmål till 55-procents reduktion av växthusgaser till 2030 jämfört med 1990. Ett stort policy-paket (»Fit for 55«) relaterat till denna nya målsättning presenterades av kommissionen i juli 2021. Paketet syftar till att precisera var utsläppsminskningarna ska ske och innehåller bland annat förslag om att sjöfarten ska bli en del av handeln med utsläppsrätter (ETS), ett parallellt handelssystem för utsläpp kopplat till byggnader och vägtransporter samt även så kallade klimattullar (CBAM) för handelsströmmar som genererar stora utsläpp av växthusgaser, exempelvis järn och stål, cement samt el. Förslagen som omfattas av »Fit for 55«-paketet kommer att förhandlas med parlamentet och medlemsländerna under kommande år.

EU har sedan tidigare ett mål om netto noll-utsläpp av växthusgaser 2050. Som delar av den europeiska gröna given har dessutom ett antal strategier publicerats, till exempel strategierna för biologisk mångfald, strategin »från jord till bord«, vätgasstrategin samt strategin för hållbar och smart mobilitet. Även en skogsstrategi har presenterats som sätter upp riktlinjer för skogsbruk inom EU. Inriktningen på strategin är bevarande av biologisk mångfald, skydd av värdefull natur samt klimat och anger exempelvis att kalhyggen ska undvikas. EU:s skogsstrategi har därmed en potentiell stor påverkan på hur det svenska skogsbruket kommer att bedrivas i framtiden.

De två initiativen RefuelEU aviation och FuelEU maritime innehåller förslag på förordningar som styr mot ökad användning av hållbara bränslen inom flyg- och sjötransporter. För flygbranschen föreslås en kvotplikt för hållbart flygbränsle i EU som startar på 2 procent 2025, är 5 procent 2030 och 63 procent 2050, varav andelen elektrobränslen är 0,7 respektive 28 procent 2030 och 2050. För sjöfarten föreslås nivåer för förnybart och koldioxidsnålt bränsle mellan 6–9 procent för år 2030 och 86–88 procent till 2050.

Taxonomin

Den så kallade EU-taxonomin är en del av EU:s gröna giv och syftar till att definiera ett klassificeringssystem för hållbara ekonomiska aktiviteter för att styra privat kapital till omställningen. Taxonomin förväntas ha mycket stor inverkan på klimat- och hållbarhetsarbetet inom EU. Verksamheter som klassas som gröna enligt Taxonomin kommer sannolikt att enklare hitta kapital, framförallt från investerare med fokus på omställning. I det slutliga förslaget från kommissionen är bioenergi klassat som en hållbar lösning om hållbarhetskriterier kopplade till förnybarhetsdirektivet (direktiv 2018/2001) uppfylls.

Förnybarhetsdirektivet

Förnybarhetsdirektivet (RED, direktiv 2018/2001) syftar till att främja hållbar användning av förnybara energikällor, inklusive bioenergi. Förnybarhetsdirektivet innehåller mål för förnybar energi men också hållbarhetskriterier för fasta, flytande och gasformiga biobränslen, som gäller både marken de kommer från och bränslenas klimatprestanda ur ett livscykelperspektiv. I syfte att uppfylla både klimat- och miljömål finns särskilda hållbarhetskriterier för att skogsråvara som används för produktion av biodrivmedel och biobränslen ska anses som hållbar. Kommissionens förslag inom »Fit for 55«-paketet inkluderar bland annat följande ändringar med mållåret 2030: Höjda mål för användningen av »avancerade biodrivmedel« till 2,2 procent samt 2,6 procent för elektrobränslen.

- Hållbarhetskriterier och utsläppsberäkningar för elektrobränslen som enligt förslaget ska minska utsläppen med minst 70 procent. Detta gäller både så kallade »recycled carbon fuels« (från fossil koldioxid/avfall) och »renewable fuels of non-biological origin« (från förnybara kolkällor).
- Höjt mål från 32 till 40 procent för andel förnybar energi som används inom EU. Sektorsvisa mål tas fram för transportsektorn, uppvärmning och kylning, byggnader och industri.

Dessutom stärks hållbarhetskriterierna för användning av bioenergi och medlemsstaterna måste utforma eventuella stödssystem för bioenergi på ett sätt som respekterar kaskadprincipen för användning av biomassa från skog.

Kommissionens förslag kommer under hösten 2021 att behandlas av EU-parlamentet och på vilket sätt och hur hållbart det klassas att använda bioråvara kommer att ha mycket stor betydelse för möjligheterna att använda bioenergi för att möta klimatmålen samt även påverka de slutsatser och förslag på åtgärder som presenteras i den här strategin.

Med stor relevans för effektivisering och elektrifiering av vägtransportsektorn finns även EU-regelverket om koldioxidutsläpp från nya tunga fordon (förordning 2019/1242) och lätta fordon (förordning 2019/631), som driver på för lösningar med nollutsläpp i användningsfasen, det vill säga vätgas och batterielektrifiering. Även dessa förordningar ligger inom ramen för »Fit for 55« och kommissionen har föreslagit att utsläppen från nya personbilar och lätta lastbilar ska minska till noll till 2035. Sedan tidigare gäller krav på utsläppsminskningar om 30 procent till 2030 för tunga fordon.

LULUCF-förordningen

Även förslag kring utsläpp och upptag från skog och mark inom LULUCF-förordningen är en del av »Fit for 55«-paketet, vilka kan komma att innebära stora konsekvenser för det svenska skogsbruket och möjliga avverkningsnivåer. Enligt kommissionens förslag ska 310 miljoner ton koldioxid bindas in i naturliga kolsänkor inom EU fram till 2030. Förslaget innebär för Sveriges del att upptaget i skog och mark ska öka med nästan 10 miljoner ton per år från 2030. Bio-CCS kan enligt förslaget inte räknas in som en kolsänka.

EU:s system för handel med utsläppsrätter

EU:s system för handel med utsläppsrätter (EU ETS) syftar till att på ett kostnadseffektivt sätt minska utsläppen av växthusgaser i EU. Systemet inkluderar industriell verksamhet samt el- och fjärrvärmeproduktion. Flyg inom EU är också inkluderat i systemet men inga andra transportslag.

Kommissionen har föreslagit att EU ETS ska utökas för att inkludera även sjöfarten, transportsektorn och byggnader. Enligt förslaget kommer dock transportsektorn och byggnader att finnas i ett separat system eftersom kostnaderna för att reducera emissioner skiljer sig mycket från de sektorer som ingår i dagens system. Sjöfarten kommer att, precis som flyget, ingå i vanliga ETS.

Skatter och statsstödsregler

Energiskattedirektivet påverkar möjligheterna att nationellt stödja olika former av bioenergi. Även detta direktiv ingår i Fit for 55-paketet där kommissionen föreslår en harmonisering av beskattning av alla bränslen inom EU i enlighet med direktivet. Förslaget innebär bland annat att skatteundantaget för flyg och sjöfart tas bort under en 10-årsperiod och att miniminivåer på skatter baseras på energiinnehåll, miljöprestanda och användningsområde. Förslaget kräver dock sannolikt ett enhälligt beslut från medlemsländerna och kommer därmed att vara svårt att få igenom. Även en revidering av statsstödsreglerna pågår och kan innebära att Sveriges undantag som möjliggör skattebefrielse för andra höginblandade biodrivmedel än biogas underlättas. EU kommissionen har i nuläget godkänt fortsatt skattebefrielse för höginblandade biodrivmedel till och med år 2022. Revisionen kommer sannolikt också stoppa många av de skatteundantag som finns för fossila bränslen runt om i Europa idag.

Investeringar i utveckling av hållbar teknik

EU erbjuder även stora möjligheter till finansiering av investeringar i utveckling av hållbar teknik, inklusive teknik där bioråvara används. Det viktigaste exemplet är Innovation Fund som planeras dela ut ungefär 10 miljarder euro fram till 2030 för demonstrationsprojekt. Det kan komma att vara projekt inom olika områden, till exempel vätgas, bioenergi, CCS och elektrifiering.

6.2 Nationellt

De viktigaste nationella styrmedlen som direkt påverkar användningen av bioenergi är koldioxidskatt, energiskatt och reduktionsplikt för väg- och flygtransporter. Även många andra skatter, såsom avfallsförbränningsskatt, har en påverkan.

Det är tydligt att reduktionsplikten, och andra styrmedel på marknadssidan som fanns innan den infördes, har varit effektiv för att öka användningen av biodrivmedel i Sverige. Men, bland annat på grund av att Sverige inte haft motsvarande styrmedel på produktionssidan, har den inte lett till motsvarande utbyggnad av inhemsk produktionskapacitet. I stället har Sverige idag ett stort importberoende vad avser biodrivmedel och råvaror för biodrivmedel, som diskuteras i kapitel 5.1.

Inom ett pågående uppdrag ska Energimyndigheten analysera behovet av ytterligare styrmedel för att främja biodrivmedelsanläggningar med ny teknik, bland annat för att främja inhemsk produktion. Energimyndighetens preliminära förslag är en riktad kvot i reduktionsplikten för råvaror som inte kan omvandlas till drivmedel med etablerade tekniker, det vill säga råvaror baserade på lignocellulosa. Man förordar även möjligheter till investeringsstöd för produktionsanläggningar, till exempel genom Industriklivet. Möjligheter till stöd kan även finnas genom Klimatklivet.

Utfasningsutredningen (M2019:04) presenterade i juni 2021 bland annat förslag om att användningen av fossila drivmedel i inrikes transporter och arbetsmaskiner i Sverige ska vara utfasade senast 2040. Utredningen bedömer att utfasningen kan ske genom en kombination av omfattande elektrifiering, minskad trafikvolym genom ett mer transporteffektivt samhälle, och en övergång till långsiktigt hållbar förnybara drivmedel och inkluderar även förslag på styrmedel för hur det ska kunna ske.⁴²

Biogasmarknadsutredningen (SOU 2019:63)²⁹ har i ett första steg föreslagit produktionsstöd för biogas genom rötning och uppgradering av denna till fordonsgas. I ett andra steg föreslås produktionsstöd även för biogas producerad med andra tekniker, vilket öppnar för fler råvaror och större potential, till exempel via förgasning av lignocellulosa.

Regeringen har aviserat att ett system för driftstöd för

bio-CCS i form av omvänd auktionering ska införas under 2022 med de första utbetalningarna för inlagrad koldioxid planerade 2026. Målet är att skapa 400 000 ton inlagrad koldioxid per år. Energimyndigheten har i ett regeringsuppdrag lämnat ett förslag på utformning och kommer under hösten 2021 att slutredovisa uppdraget med fördjupade detaljer och författningsförslag.⁴³ Införandet av ett sådant stöd kan ha stor påverkan på utvecklingen av bio-CCS och även långsiktigt på var bioråvara används.



7. Teknikutvecklingens påverkan på bioråvarans roll i omställningen

I detta kapitel diskuteras ett urval av tekniska lösningar vars utveckling förväntas ha en stor betydelse för efterfrågan på bioråvara i omställningen till fossilfrihet. De faktorer som diskuteras har delats in i sex olika kategorier. De tekniska lösningarna har olika betydelse för sektornas behov av bioråvara, vilket ges en översikt av i Tabell 3.

1. Elektrifiering och vätgas i industrins omställning (kapitel 7.1)

- Elektrifiering förväntas bli en oerhört viktig del av omställningen och delas in i direkt och indirekt.
- »Direkt« elektrifiering inkluderar olika tekniska lösningar där el används för att minska behovet av bränslen.
- Vid »indirekt« elektrifiering omvandlas energi och lagras kemiskt som exempelvis vätgas för att kunna användas på ett enklare sätt i många tillämpningar.

2. Bio-CCUS (kapitel 7.2)

- Kan ha betydelse för användningen av bioråvara

genom att lagring av infångad koldioxid kan öka konkurrenskraften för användning av bioråvara i vissa sektorer. Infångad koldioxid kan också ersätta användning av både fossila och biogena råvaror.

3. Elektrifiering och vätgas i transportsektorn (kapitel 7.3)

- Delas in i direkt och indirekt elektrifiering på samma sätt som i avsnittet om »Elektrifiering och vätgas i industrins omställning«.

4. Cirkulär ekonomi – materialåtervinning (kapitel 7.4)

- Återvinning och återanvändning är en nyckelfråga för att minska behovet av jungfruliga material, inklusive bioråvara.

5. Effektivisering och elektrifiering i skogsindustrin (kapitel 7.5)

- Utvecklingen av skogsindustrin är en viktig möjliggörare för att kunna använda bioråvara i fler sektorer i större utsträckning än idag.

6. Framtidens fjärrvärme (kapitel 7.6)

- Alternativa värmekällor, till exempel geovärme,

	Elektrifiering och vätgas industri	Bio-CCUS	Elektrifiering och vätgas transporter	Materialåtervinning	Effektivisering	Alternativa värmekällor
Skogsindustri		X			X	
Kemiindustri	X	X		X		
Stål- och metallindustri	X					
Cementindustri	X					
Transportsektorn och arbetsmaskiner	X		X	X		
El- och värme		X		X	X	X

Tabell 3 Översikt över tekniska lösningar och de sektorer där de förväntas ha störst betydelse för användningen av bioråvara i omställningen till fossilfrihet.

djup geotermisk energi, solvärme, avfallsförbränning och spillvärme, är alternativ för fjärrvärme, som kan ge möjligheter att minska användningen av biobränsle. För vissa av dessa kan värmepumpar och/eller energilagring krävas.

- Effektivisering av byggnadsbeståndet i kombination med minskat värmebehov på grund av klimatförändringar ger ett minskat värmebehov, trots befolkningsökning.

För varje faktor inkluderas en diskussion om deras tekniska och ekonomiska potential att påverka efterfrågan på bioråvara. Därefter dras slutsatser om hur faktorn bedöms påverka mängden bioenergi som används i olika sektorer.

En sammanställning av det skattade behovet av bioråvara utifrån de ovan listade tekniska lösningarnas effekt inom respektive sektor finns i Tabell 4.

7.1 Elektrifiering och vätgas i industrins omställning

Industrisektorn står för en tredjedel av Sveriges utsläpp av växthusgaser. Den största utsläpparen är järn- och stålindustrin med drygt 10 procent av de territoriella utsläppen. Cementindustrin och raffinaderier står för cirka 5 procent vardera och kemiindustrin för knappt 3 procent. Både kemiindustrin och raffinaderiindustrin hanterar dock utöver detta stora mängder fossila råvaror

som hamnar i deras produkter. Bioråvara till raffinaderisektorn behandlas i diskussionen om transportsektorn i kapitel 7.3 och tas därför inte upp här.

Järn- och stålindustrin

Inom järn- och stålindustrin har vätgas sedan en tid etablerats som det främsta verktyget på vägen mot en fossilfri produktion, då det ska ersätta den koksbaseade masugnprocessen för att reducera järnmalm. SSAB, LKAB och Vattenfall samarbetar i Hybrit-projektet med pilotanläggning i Luleå och planer på uppskalning i Gällivare. Samtidigt planerar nystartade företaget H2 Green Steel för en anläggning i Boden.

För att järn- och stålindustrin ska lyckas med omställningen till fossilfri produktion kommer det, även efter övergången till vätgasbaserade processer, krävas cirka 4–6,5 TWh/år förädlad bioråvara (bränsle och biokol) i stålproduktionen. Kol används i Höganäsprocessen som reduktionsmedel samt även i ljusbågsugnar som legeringsämne och tillsatsämne samt till elektroder. Dessa användningsområden bedöms svåra att göra fossilfria på annat sätt än med biokol, producerat ur till exempel skogsråvara.

Stålindustrins färdplan bedömer att 2–3 TWh/år energigaser för värmning behövs även i framtiden. Detta handlar till stor del om att förbränna biogas eller andra

Sektor	Nuvarande behov, inkl. nettoimport (TWh/år)	Uppskattat behov, inkl. nettoimport 2030 (TWh/år)	Uppskattat behov 2045 (TWh/år)
Vägtransporter	27	49	1
Arbetsmaskiner	2	10	6
Flyg och sjöfart	0	3	6
Skogsindustri inkl. bio-CCS	58	51	50
El- och värmesektorn inkl. bio-CCS	71	64	56
Kemiindustri	0	3	9
Järn- och stålindustri	0	6	5
Metall	0	0	2
Cementindustri	0	3	0
Gruv- och mineralindustri	0	4	0
TOTALT	158 TWh/år	193 TWh/år	135 TWh/år

Tabell 4 Uppskattat inrikes behov av bioråvara 2030 respektive 2045 utifrån maximalt skattad effekt av alternativa tekniska lösningar som beskrivs i kapitel 7. Observera att värdena i tabellen är omräknat till primär energi.



biogena gaser i olika typer av ugnar. För närvarande undersöker industrin om även värmningsbehovet kan klaras med vätgas. Ovako demonstrerade i samarbete med Linde Gas denna teknik under 2020 och tittar nu på möjligheten att implementera tekniken i stor skala. En full implementering i Sverige skulle kunna handla om elektrolysörer i skalan 800 MWel. Möjligheten att använda vätgas som bränsle kan variera mellan olika företag. Det framtida behovet av bioråvara till svensk stålindustri skulle alltså, om tekniken får genomslag, kunna begränsas till 2–4 TWh/år biokol och biobränslen. Minskningen med 3 TWh/år motsvarar cirka 50 procent av de cirka 4–6,5 TWh/år som anges som behov i kapitel 3.

Gruv- och mineralindustrin

Gruv- och mineralindustrin kan, på samma sätt som järn- och stålindustrin, ersätta energigas för värmning med direkt elektrifiering eller indirekt elektrifiering genom vätgas. Det innebär att det behov om 2–3 TWh/år använd bioenergi som anges för 2030 helt kan ha upphört 2045.

Cementindustrin

Totalt använder cementindustrin cirka 3,5 TWh energi. År 2017 var cirka 20 procent av använt bränsle biobaserat. För en fullständig ersättning av fossila bränslen skulle det enligt redovisningen i kapitel 3 krävas 4,5 TWh/år bioråvara. Alla koldioxidutsläpp från industrin kommer dock inte från bränslet utan två tredjedelar består av utsläpp som kommer från kalkstenen i processen för cementproduktion. För att komma åt dessa utsläpp krävs CCS-teknik, vilket kräver ytterligare energi.

Ett möjligt alternativ till biobränslen är elektrifiering av cementugnar med plasmateknik. I projektet CemZero har Cementa och Vattenfall visat att det kan finnas tekniska förutsättningar för att utveckla en elektrifierad produktionsprocess för cement i Sverige.⁴⁴ Koldioxiden som frigörs från kalkstenen måste även i detta fall fångas med CCS men detta blir billigare och effektivare med elektrisk värmning, då inga rökgaser bildas av förbränning.

Med elektrisk värmning av cementtillverkning skulle behovet av biobränslen i processen i stort sett försvinna och det scenario för behov av bioråvara som görs nedan inkluderar därför ingen bioråvara till cementindustrin 2045. För 2030 ses däremot ett ökat behov, då elektrifiering inte beräknas ha utvecklats och implementerats till dess.

Kemiindustrin

Kemiindustrin använder idag stora mängder fossila råvaror som skulle kunna ersättas med biobaserad råvara. Den klart största processen som använder fossila råvaror är Borealis kracker som producerar 770 kt/år olefiner från fossila råvaror för vidare förädling. Olefiner kan istället produceras från bioråvara, till exempel via intermediären biometanol genom en process som kallas methanol-to-olefins (MTO). Som diskuteras i kapitel 3 handlar det om upp till 25 TWh/år biogen primärenergi om alla fossila råvaror ska ersättas. Branschen arbetar dock med flera olika spår för omställning till fossilfri produktion. Effektivisering och elektrifiering kan erbjuda stora möjligheter. Ökad cirkularitet är en annan mycket viktig faktor som diskuteras under en egen rubrik nedan.

Ett möjligt alternativ till bioråvaror är att genom CCU använda koldioxid och elektricitet som råvara. Ett exempel på detta är Perstorps satsning i Stenungssund på produktion av 200 kt/år fossilfri metanolproduktion via en kombination av infångad koldioxid, elektrolysbaserad vätgas och biogas med start 2025. En annan möjlig lösning i Stenungssund är att ersätta fossilt krackerbränsle med vätgas från elektrolys, antingen helt eller delvis, vilket skulle kunna reducera behovet av andra råvaror med cirka 2–3 TWh/år. Även elektriskt värmda processer är av intresse att undersöka vidare i syfte att minska mängden fossil råvara. Dessa bedöms ha stor potential.

Företag från kemiindustrin har bedömt att tekniker baserade på elektrifiering, CCU och effektivisering kan ersätta ungefär en tredjedel av dagens fossila råvaror. Därmed skulle en tredjedel av den prognosticerade förbrukningen av bioråvara kunna undvikas år 2045, motsvarande 8–9 TWh/år oförädlad bioråvara.

7.2 Bio-CCUS och CCU

Bio-CCS

Klimatpolitiska vägvalsutredningen har mål om att bio-CCS ska bidra till infångning av 3–10 miljoner ton koldioxid/år 2045.¹ Det motsvarar 10–30 procent av dagens tillgängliga biogena koldioxidutsläpp från stora punktkällor i skogsindustrin och fjärr- och kraftvärmeproduktionen.⁴⁵ Således kan målet i Klimatpolitiska vägvalsutredningen om upp till 10 miljoner ton/år bio-CCS nås även om avsevärt mindre bioråvara används för värmeproduktion än

idag men för att driva själva processen kan det å andra sidan uppstå ett ökat bränslebehov.

Storskalig infångning av koldioxid är fördelaktigt ur ett kostnadsperspektiv. Även det geografiska läget och tillgång till infrastruktur är avgörande eftersom det påverkar kostnaderna för transport av koldioxiden innan lagring.

Den här typen av stora punktutsläppskällor finns idag inom skogsindustrin.⁴⁵ Energiförbrukningen för infångningen kan med dagens teknik vara cirka 3 MJ/kg koldioxid. Om hälften av bio-CCS-målet ska nås i skogsindustrin kan det komma att kräva 1,5–5 TWh/år i ökat bränslebehov 2045 och cirka 1 TWh/år 2030. Detta energibehov kan tekniskt även klaras med el, såsom diskuteras för fjärrvärmesektorn nedan, men detta är mindre troligt i skogsindustrin och denna biostrategi bygger på antagandet att bioenergi används. Energiförbrukningen diskuteras i kapitel 7.5 i samband med effektivisering inom skogsindustrin.

Även fjärr- och kraftvärmeproduktion har stora punktutsläppskällor och kan liksom skogsindustrin bidra till att nå målet för bio-CCS.¹ Här finns dock en möjlighet till effektivisering genom att kombinera elektrifiering och smart integrering med fjärrvärme, vilket är en av de aspekter Stockholm Exergi undersöker i sin studie om bio-CCS i Värtaverket. Detta skulle kunna spara 0,5–2 TWh/år bränsle vid infångning av 1,5–5 miljoner ton/år i samband med fjärrvärmeproduktion. Implementeringen av bio-CCS kan därmed sägas komma tillsammans med en delvis elektrifiering av värmeproduktionen.

Bio-CCU och CCU

Koldioxiden som fångas in kan även användas som råvara för nya produkter inom exempelvis kemiindustrin, se kapitel 7.1 men även till så kallade elektrobränslen inom transportsektorn. Koldioxiden kan antingen ha fossilt eller biogent ursprung. Biobaserad koldioxid har på vissa marknader redan idag ett högre värde än fossil koldioxid och kan på sikt bli en viktig kolkälla för samhället.

Elektrobränslebaserade drop in-drivmedel kan användas i vanliga förbränningsmotorer och befintliga distributionssystem. Exempel på drivmedel som kan framställas är drop in-diesel, drop in-bensin, drop in-flygbränsle och gas (metan). Ammoniak och metanol är alternativa elektrobränslen som för närvarande utvecklas fram-

förallt med marina applikationer i sikte. Det finns flera industriella initiativ till produktionsanläggningar för elektrobränslen i Sverige och närliggande länder idag. Som exempel kan nämnas Liquid Wind i Örnsköldsvik och Jämtkraft i Östersund.

7.3 Elektrifiering och vätgas i transportsektorn

Det finns två huvudsakliga alternativ för elektrifiering av transportsektorn: batteribaserad elektrifiering och vätgasdrivna fordon och farkoster.

Batteribaserade fordon

Det sker för närvarande en mycket stark utveckling inom batteribaserade fordon för vägtransporter. På personbilsidan har batterifordon redan betydande marknadsandelar som ökar snabbt. Under 2020 var 32 procent av de nyregistrerade personbilarna laddbara (rena elbilar eller laddhybrider) jämfört med 11 procent 2019 medan andelen för lastbilar fortfarande är mycket liten.⁴⁶ Energieffektiviteten från el i elnätet till nyttiggjord energi för batteribaserade fordon är hög, cirka 70–80 procent, vilket gör batteribaserad elektrifiering till ett resurseffektivt alternativ i en värld där efterfrågan på olika former av förnybar energi är hög. Även inom flyg och sjöfart sker en accelererande utveckling mot mer batteribaserad elektrifiering.

Vätgas

Många fordonstillverkare bedömer att vätgasbaserade bränslecellsfordon kommer att vara relevanta i segmentet längre tunga transporter på längre sikt och gör för närvarande stora satsningar inom området.⁴⁷ Verkningsgraden från elektricitet till nyttiggjord energi för framdrivning är cirka 30–40 procent för vätgasdrivna bränslecellsfordon idag, det vill säga ungefär hälften av den som erhålls med batteribaserade fordon. Räckvidden för vätgasfordon är dock längre än för de batteribaserade. För flyget ses vätgas som ett tänkbart alternativ även om omfattande teknisk utveckling krävs. För den marina sektorn är vätgas också ett potentiellt alternativ på lång sikt men mer satsningar görs i dagsläget på andra förnybara alternativ.

Kostnader för transportsektorns omställning

Den realiserbara potentialen för batterielektrifiering, vätgas och elektrobränslen i transportsektorn kommer



att avgöras i konkurrens med biodrivmedel. En nyligen publicerad forskningsstudie⁴⁸ förutsäger att batterifordon kommer att ha lägst transportkostnader för tunga fordon både 2030 och 2045, se Tabell 5. Kostnaden för vätgas och elektrobränsledrivna fordon 2030 är högre än både batterier och biodrivmedel. År 2045 kan vätgasdrivna bränslecellsfordon komma ner i ungefär samma kostnad som biodrivmedel. Det ska betonas att dessa kostnadsprognoser är mycket osäkra, framförallt för den längre tidshorisonten till 2045.

Batterielektrifiering bedöms därmed slå igenom där det är tekniskt genomförbart i vägtrafiksektorn. Vätgas bedöms få en viss roll för längre och tyngre transporter. För andra sektorer, marint och flyg, är situationen annorlunda eftersom en större del av transporterna bedöms behöva vätske- eller gasformiga bränslen även på längre sikt. Dock är elektrifiering på kortare sträckor aktuella för både fartyg och flyg.

Produktion av vätgas och elektrobränslen kräver stora mängder elektricitet och förutsätter en utbyggnad av vind- och solkraft. För att framställa 1 TWh vätgas för fordon krävs cirka 1,3–1,4 TWh elektricitet. Motsvarande siffra för elektrobränsle är cirka 1,5–1,6 TWh. Om produktionsanläggningarna byggs med rätt lokalisering finns möjlighet att återvinna stora delar av förlusterna som

fjärrvärme. I Fossilfritt Sveriges vätgasstrategi uppmanas regeringen att sätta ett planeringsmål på minst 8 GW elektrolyskapacitet 2045. Som en jämförelse kan 1 GW elektrolyskapacitet ge cirka 2–4 TWh/år elektrobränslen eller 3–6 TWh/år vätgas.

Scenarier för elektrifiering

Det finns olika scenarier för hur snabb och omfattande elektrifieringen av vägtransportsektorn kommer att bli. I fordonsindustrins färdplan för lätta fordon är målet att 80 procent av nybilsförsäljningen ska utgöras av laddbara bilar 2030. Power Circle prognosticerar en högre takt och att 90 procent av nybilsförsäljningen är rena elbilar 2030 och de bedömer att laddhybrider kommer fasas ut tills dess.⁴⁹ Det är en ökningstakt som skulle innebära att cirka 85 procent av hela personbilsflottan är batteridrivna 2045. Trafikverkets scenarier för 2040 redovisar 68–84 procent batteridrivna personbilar. Det finns alltså en samsstämmighet om en hög elektrifiering på minst 70 procent av personbilarna till 2045, vilket här valts som lågt scenario med 100 procent som högt scenario, se Tabell 6.

För godstransporter är osäkerheten större men det sker en mycket snabb utveckling. Flera tillverkare erbjuder batteridrivna modeller av både bussar och lastbilar och under 2021 lanserar Volvo Trucks även batteridrivna tunga lastbilar. Trafikverkets scenarier⁵⁰ redovisar att

Fordon	Drivmedel	2030 SEK/fkm	2045 SEK/fkm
Batterifordon*	El	4,4	3,8
Förbränningsmotor	Diesel (fossil ref)	4,4	4,3
Förbränningsmotor diesel/DME	Biodrivmedel	4,6	4,4
Förbränningsmotor kompr. gas	Biodrivmedel	5,0	4,5
Bränslecell	Vätgas	5,9	4,6
Förbränningsmotor diesel/DME	Elektrobränsle	5,9	5,0
Förbränningsmotor kompr. gas	Elektrobränsle	6,5	5,4
Förbränningsmotor diesel/DME	Elektrobränsle	5,9	5,0
Förbränningsmotor kompr. gas	Elektrobränsle	6,5	5,4

Tabell 5 Prognosticerade totala transportkostnader, angivet som kostnad per fordonskilometer (SEK/fkm), för olika fordons- och drivmedelsalternativ för långväga tunga (40 tons) vägtransporter 2030 och 2045.

Källa: Statens väg- och transportforskningsinstitut (2021) KNOGA - Fossiloberoende framdrift för tunga långväga godstransporter på väg - kostnadsfördelning och risker för olika aktörer.⁴⁸

* Fallet »Stort batteri, snabbbladning« från studien.

10 respektive 30 procent av godstransporterna görs med elektrifierade fordon 2030 och 2040, vilket här valts som lågsenario, se Tabell 5. Enligt fordonsindustrins färdplan för tunga fordon förväntas elfordon i ett högelektrifieringsscenario stå för 50 procent av nyförsäljningen redan 2030, vilket indikerar att andelen elektrifierade tunga fordon 2045 skulle kunna vara avsevärt högre. Diskussioner med branscherna indikerar att så högt som 95 procent är möjligt, vilket valts som högt scenario för 2045, se Tabell 6. För mycket tunga och långväga transporter, till exempel inom skogsindustrin, kan vätgasdrift bli relativt sett viktigare på grund av svårigheter med batteribaserad elektrifiering.

Arbetsmaskiner är en viktig kategori, som fördelas på olika typer av maskiner och användning i olika sektorer med olika potential för elektrifiering. Entreprenadmaskiner, som står för drygt en tredjedel av koldioxidutsläppen, har god potential för elektrifiering och det sker redan omfattande utveckling.⁵¹ Volvo CE lanserade under 2020 heelelektriska modeller av både mindre hjullastare och mindre grävmaskiner. Inom vissa branscher såsom gruvindustrin har elektrifiering redan kommit långt och branschen bedömer att arbetsmaskinerna kan vara nära helt elektrifierade redan 2035. Elektrifiering av andra typer av maskiner, till exempel traktorer och skogsmaskiner är mer utmanande.

Konsekvenser för behovet av biodrivmedel

Resultaten av analysen i Figur 6 visar tydligt att elektrifieringstakten har ett mycket stort inflytande på mängden biodrivmedel som krävs, framförallt för 2045.

Resultaten, som också inkluderar Trafikverkets scenarier för ökning av trafikarbetet,⁵² visar även tydligt att behovet av biodrivmedel kommer att öka fram till 2030 för att klara 70 procent-målet för vägtransportsektorn, oavsett scenario. Fordon används under lång tid innan de byts ut och även om nybilsförsäljningen av elbilar är hög kommer det 2030 finnas kvar många fordon med förbränningsmotorer som behöver tillgång till hållbara bränslen med lågt klimatavtryck.

Skillnaden mellan scenarierna 2045 är cirka 20 TWh/år drivmedel, vilket motsvarar cirka 30 TWh/år oförädlad biorävara – det är en stor del av den inhemska potentialen. En mycket hög elektrifieringstakt innebär ett lågt behov av biodrivmedel till 2045 oavsett transportarbetets utveckling.

Sammanlagd potential för elektrifiering av transportsektorn

Biostrategin har i sina uppskattningar av transportsektorns behov av biodrivmedel utgått från scenarierna om hög elektrifiering och högt transportarbete i Tabell 6. Sammanfattningsvis bedöms behovet av biodrivmedel 2030 kunna vara runt 35 TWh/år (förädlad energi) för vägtransporter och arbetsmaskiner. För 2045 kan det vara möjligt att minska behovet till så lågt som 5–6 TWh/år (förädlad energi), vilket till allra största del kommer användas i arbetsmaskiner. Detta behov för 2045 är 35 TWh/år mindre än behovet för vägtransporter och arbetsmaskiner som redovisats i Tabell 1 i kapitel 3.

För flyg och marin sektor är batteribaserad elektrifiering

	Låg elektrifiering		Hög elektrifiering	
	2030	2045	2030	2045
Arbetsmaskiner	10%	50%	25%	75%
Personbilar	30%	70%	50%	100%
Buss	30%	75%	70%	95%
Lastbil	10%	30%	20%	95%

Tabell 6 Scenarier för elektrifiering – siffrorna anger andelen av trafikarbetet för respektive fordonstyp som utförs med el som drivmedel. Scenarierna för låg elektrifiering är baserade på Trafikverkets scenarier för att nå klimatmålet för inrikes transporter.⁵⁰ Scenarier för hög elektrifiering är baserade på enskilda diskussioner med branscher och företag.



aktuell i nischapplikationer, till exempel vissa regionala flygsträckor och färjetrafik. Det är inte troligt att elektrifiering kommer att reducera behovet av vätskeformiga drivmedel i högre grad i dessa transportslag till 2045. Användning av drivmedel för inrikes transporter är cirka 2 TWh/år i flyget och cirka 1,5 TWh/år i marina sektorn. För utrikes transporter är de bränslemängder som tankas i Sverige mycket större: cirka 10 TWh/år för flyget (före Corona) och cirka 24 TWh/år för sjöfart.

7.4 Cirkulär ekonomi – materialåtervinning

Cirkulär ekonomi är en nyckelfråga för att minska behovet av jungfruliga material, inklusive bioråvara. Idag går 50 procent av hushållens totala avfall till energiåtervinning (förbränning), medan cirka 35 procent materialåtervinns.⁵³

Arbetet för en cirkulär ekonomi där material används mer effektivt för att minska uttaget av nya råvaror och minska avfallsmängder kan leda till ändrad sammansättning och mindre avfallsmängder på längre sikt. Exempelvis har EU nyligen infört en avgift på icke återvunna plastförpackningar och har infört krav på att 50 procent ska återvinnas 2025. EU:s avfallspaket innehåller även en strävan efter att

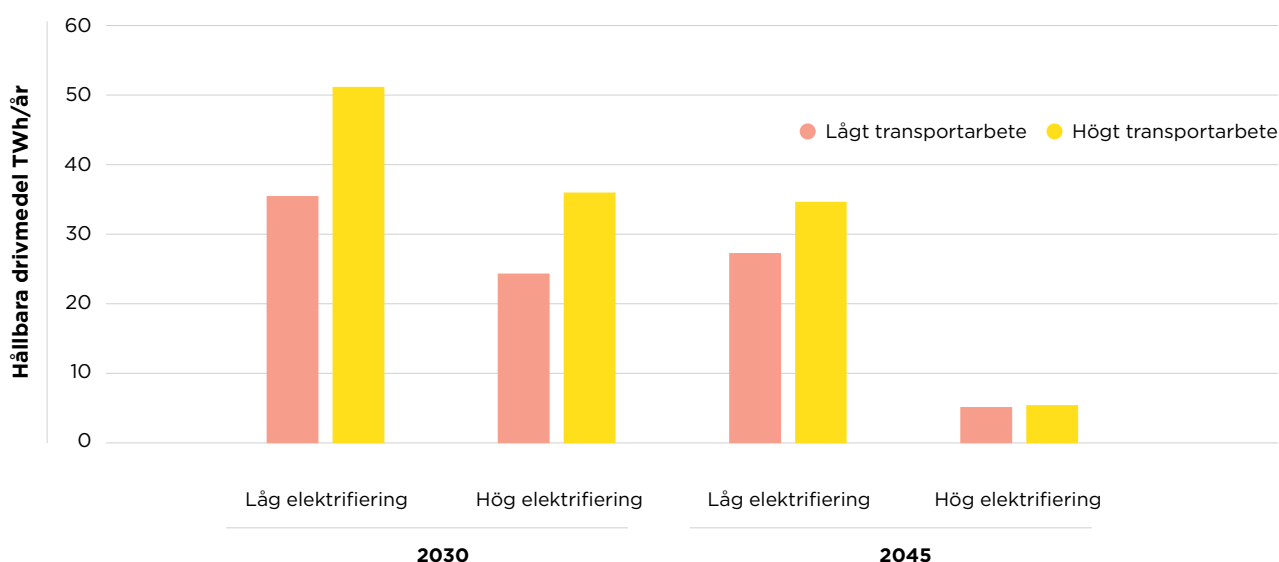
framför allt kommunalt avfall, som det är möjligt att materialåtervinna, inte ska få deponeras från och med 2030.

Längre livslängd på produkter och material, mer återbruk samt resurs- och energieffektiva processer är av stor vikt för att en mer cirkulär ekonomi ska uppnås. I ett sådant system används energiåtervinning genom avfallsförbränning först när produkterna inte kan cirkuleras ytterligare.

Återvinning inom kemiindustrin

Idag används nästan uteslutande fossila jungfruliga råmaterial inom den svenska kemiindustrin, för tillverkning av framförallt plast, baskemikalier och specialkemikalier. En omställning till fossilfrihet baserad på bioråvaror skulle kräva mycket stora mängder såsom diskuterats i kapitel 3.

En viktig del av den cirkulära ekonomin som kan ha betydande påverkan av hur bioråvara används i ett fossilfritt samhälle är återvinning av plastmaterial. Idag materialåtervinns bara 16 procent av plastavfallet. Teknikutveckling och ökad källsortering förväntas öka den andel av plasten som mekaniskt kan materialåtervinnas



Figur 6: Uppskattat framtida behov av flytande eller gasformiga hållbara drivmedel för vägtransporter och arbetsmaskiner för lågt och høgt transportarbete. Detta behov kan mötas med biodrivmedel, elektrobränslen eller vätgas. Biostrategin har i sina uppskattningar av transportsektorns behov av biodrivmedel utgått från scenarierna om høgt elektrifiering och høgt transportarbete.

men det kommer fortfarande att finnas en stor fraktion plastavfall där detta inte är möjligt.

Den svenska kemiindustrin satsar därför, parallellt med utveckling för att använda biogena råvaror, på utveckling av ett så kallat returaffinaderi med kemisk återvinning av plast. Där ska plast som inte kan återvinnas mekaniskt istället återvinnas kemiskt och bli råvara till ny plast. Borealis har gjort flera studier avseende möjligheten att omvandla plastavfall i en form som kan användas som råvara och beviljades under våren 2021 stöd från Industriklivet för en förstudie av uppförandet av ett pyrolysbaserat returaffinaderi.

Flera företag i Europa satsar på kemisk återvinning av plast, till exempel Neste, Total, Fortum och BASF. Neste har som mål att använda 1 Mt/år återvunnen plast 2030 och Total har målsättningen att 30 procent av deras plastproduktion ska vara cirkulär samma år.

Företag i kemiindustrin har bedömt att tekniker baserade på kemisk återvinning av plastavfall har potential att ersätta ungefär en tredjedel av dagens fossila råvaror, motsvarande cirka 8 TWh/år oförädlad bioråvara.

Tillsammans med den tredjedel som potentiellt kan ersättas med elektrifiering och effektivisering, se kapitel 2.1 innebär det att det kommer att återstå en tredjedel av de fossila råvaror som används i Stenungssund som behöver ersättas med biogena råvaror.

7.5 Effektivisering och elektrifiering i skogsindustrin

Stammen i ett träd som avverkas används som sågtimmer och massaved. Av stammen blir drygt hälften sågat virke och pappersmassa. Resten blir rest- och biprodukter som bark, sågspån och lignin, vilka idag främst används för industrins egen energiförsörjning (se kapitel 0). Inom skogsindustrin används knappt 60 TWh/år processvärme som kommer från förbränning av dessa. Skogsnäringsens färdplan pekar på effektivisering och ny teknik inom industrin, som en möjlighet att minska det egna energibehovet. Effektivisering kan ske genom byte till energieffektiva tekniker (som en del av underhåll/nyinvesteringar) men också delvis genom elektrifiering. I och med detta ökar mängden rest- och biprodukter från skogsindustrin som kan användas utanför den traditio-

nella skogsindustrins processer, till exempel för produktion av biodrivmedel, i kemiindustrin eller i stålindustrin. Inom skogsindustrin finns en effektiviseringspotential som kan infrias om investeringar i utrustning med modern teknik genomförs. Med en effektiviseringstakt om 1–2 procent per år fram till 2030 erhålls en besparing av 6–12 TWh/år bioråvara, som därmed kan frigöras vid en produktion av sågat virke och pappersmassa som fördelar sig på ungefär samma sätt som idag. Det innebär en potentiell ökning av skogsbaserad bioråvara som kan användas utanför skogsindustrin på 30–60 procent från dagens cirka 18 TWh/år. För att potentialen ska kunna nyttjas krävs att rätt incitament finns, till exempel att värdet på de restprodukter som kan frigöras är tillräckligt högt.

Historiskt är dessa effektiviseringstakter inte optima. Södra Skogsägarna har till exempel minskat värmeförbrukningen vid produktion av pappersmassa och sågad vara med 3 procent per år de senaste fem åren.⁵⁴ Som diskuteras i kapitel 7.4 förväntas dock ett ökat bränslebehov om cirka 1 TWh/år för att täcka värmebehovet för bio-CCS, varför den tillgängliga frigjorda mängden kan vara 5–11 TWh/år 2030.

På längre sikt, efter 2030, är det rimligt att en förväntad omställning av skogsindustrin mot högre andel korslimmat virke, förpackningar och textilfibrer, leder till att andelen biprodukter från massabruken minskar något. För 2045 bedöms totalt 10–16 TWh/år mindre restprodukter än idag användas för industrins egen energiförsörjning.²⁷ När det ökade bränslebehovet för bio-CCS på 1,5–5 TWh/år räknats av blir den tillgängliga frigjorda mängden 9–11 TWh/år 2045.

Med frigörande av bioråvara avses här både en ökad försäljning av bi- och restprodukter från anläggningar som har energiöverskott, till exempel sågverk och moderna massabruk, och en minskad import av biobränslen till anläggningar som har energiunderskott, till exempel integrerade massa- och pappersbruk. Det är troligt att en del av denna frigjorda råvara kommer att uppgraderas till nya produkter i anslutning till skogsindustrin och i dess egen regi.

Utöver den potential som kvantifieras ovan finns även möjlighet till mer transformativa energibesparingsåtgärder, framförallt genom elektrifiering. Redan idag

förekommer användning av rena elpannor för processånga men ännu högre energieffektivitet kan nås med värmepumpar för att förse de delar av processen som behöver värme vid relativt sett låg temperatur, till exempel pappersmaskiner, industrianläggningar och virkestorkar. Dessa kan potentiellt ersätta stora mängder biobränsle med el men en realisering beror på flera faktorer, bland annat hur prisutvecklingen för bioråvara respektive el ser ut och räknas därför inte in i effektiviseringspotentialen i denna strategi.

Potentialen för energieffektivisering och elektrifiering inom skogsindustrin landar, före behovet av bränsle för bio-CCS tas med i beräkningen, alltså på 6-12 TWh/år bioråvara fram till 2030 vilket utgör 10-20 procent och 10-16 TWh/år (15-25 procent) till 2045.

7.6 Framtidens fjärrvärme

Värmebranschen är starkt marknadsdriven och använder idag i stor utsträckning bränslen som är svåra att använda för andra applikationer och har därför en lägre kostnad, till exempel olika typer av avfall och biogena restprodukter.

Biobaserad värmeproduktion har hög energieffektivitet, speciellt då den kombineras med produktion av förnybar el i kraftvärmeanläggningar som bidrar med planerbar elproduktion. Det är viktigt att dessa anläggningar kan användas fullt ut för elproduktion de tidpunkter då eleffektbehovet är som störst, vilket ofta sammanfaller med ett högt värmebehov. Idag prioriteras ibland elproduktion bort i dessa lägen av kostnads- eller kapacitetsskäl.⁵⁵

Vid ökade priser på bioråvaror finns goda skäl att inte i större utsträckning använda förbränning av biobränsle för att producera fjärrvärme utan samtidig produktion av el. År 2015 användes cirka 15 TWh/år biobränsle för fjärrvärmeproduktion utan elproduktion i så kallade hetvattenpannor, både som bas- och spetslast.⁵⁶ En annan viktig del av värmesystemet idag är värmepumpar för att kunna använda lågtempererad värme för uppvärmning av bostäder och lokaler med småskalig bergvärme som ett betydelsefullt exempel.

Effektivisering och klimatförändringar

Energiforsks projekt Klimatförändringarnas inverkan på fjärrvärme och fjärrkyla har uppskattat minskningen av

det totala uppvärmningsbehovet till följd av klimatförändringar till cirka 3 TWh/år vid 1,5 graders uppvärmning.⁵⁷ Tillsammans med de förväntade effektiviseringar om 12 TWh/år som Energimyndigheten⁵⁸ anger innebär det ett minskat värmebehov trots befolkningstillväxt. Den sammantagna effekten från ett större byggnadsbestånd och det minskade specifika värmebehovet för bostäder och lokaler bedöms till cirka 5 TWh/år 2030 och cirka 7 TWh/år 2045.

Fjärrvärme står för cirka hälften av det totala uppvärmningsbehovet, varför fjärrvärmebehovet kan minska med cirka 2-3 TWh/år 2030 och cirka 3-4 TWh/år 2045 tack vare effektiviseringsåtgärder och minskat uppvärmningsbehov på grund av klimatförändringar.

Geotermi och geovärme

Djupgeotermisk värme är en teknik som bedöms ha potential att ge hållbar fjärrvärme till låg kostnad och undersöks av flera energibolag.⁵⁹ Tekniken kan genom flera kilometer djupa borrhål ge fjärrvärme utan behov av en värmepump men har relativt låg teknisk mognad för nordiska geologiska förhållanden. Kostnaden för djupborrning är i dagsläget hög och behöver sänkas för att tekniken ska bli konkurrenskraftig. Förutsättningarna för djupgeotermisk värme är även starkt beroende av markförhållanden vilket begränsar användandet beroende på plats.

Spillvärme

Högtempererad spillvärme från industrier används redan idag i hög utsträckning, där geografiska förutsättningar och ekonomi tillåter detta. IVA²⁰ pekar ut behov av att använda spillvärme i traditionell industri i högre grad än det görs idag och det finns ett antal områden där potentialen för ökat nyttjande av spillvärme kan vara betydande till 2030 och 2045:

- Bioraffinaderier, som tillverkar till exempel biodrivmedel, ger generellt upphov till stora mängder spillvärme som kan utnyttjas för uppvärmning om anläggningens lokalisering tillåter. Produktion av 1 TWh drivmedel kan ge så mycket som 0,3 TWh värme. En lovande möjlighet, som undersöks på flera ställen i Sverige, är att samlokalisera biodrivmedelsproduktion med kraftvärmeanläggningar, vilket kan sänka kostnader och underlätta användning av existerande infrastruktur.

- Produktion av biokol från biorävara kan kombineras med värmeproduktion, vilket demonstreras av Stockholm Exergi och Stockholms Stad.
- I Fossilfritt Sveriges vätgasstrategi anges ett planeringsmål om 8 GW elektrolysörkapacitet 2045, vilket kan ge upp till 10 TWh/år värme. Det finns dock en risk att stora delar av kapaciteten kommer ligga i lokaliseringar som gör spillvärmens svår att ta till vara.
- En förväntat stor utbyggnad av datacenter ger en potential att ta till vara all värme som kyla bort. Denna teknik används redan idag i Stockholm i mindre skala.

Om spillvärmens uppstår vid lägre temperatur måste en värmepump i många fall användas men nya energieffektiva byggnader och lågtempererade fjärrvärmennät kan lättare utnyttja lågtempererad spillvärme för uppvärmning.

Med en planerbar fossilfri elproduktion bidrar kraftvärmens till ett stabilt förnybart energisystem. Övergång till större andel spillvärmebaserad fjärrvärme innebär en minskning av sådan planerbar produktion och potentiellt även en ökning av elförbrukningen, i de fall spillvärmens är vid låg temperatur och måste värmepumpas. Således är det av hög vikt att elsystemet beaktas när nya källor till värmeproduktion diskuteras och analyseras.

Energimyndigheten bedömer potentialen för lågtempererad spillvärme till 9 TWh/år 2050 och föreslår att lågtempererad spillvärme bör ingå i lagen om kostnadsnyttoanalys (2014:268).⁵⁶

Solvärme

Solvärme används i mycket liten utsträckning i Sverige men har lyfts fram som en teknik med möjlig potential för storskalig användning i fjärrvärmennät. En analys från IEA⁶⁰ som visar på teknikens potential har fokuserat på småstäder, delvis på grund av att utrymmesskäl kan begränsa i storstäder och även på grund av större tillgång på spillvärme i städer. I Europa finns cirka 400 anläggningar som producerar cirka 1 TWh/år.⁶¹ I Sverige finns ingen kommersiell installation men det pågår ett demonstrationsprojekt i Härnösand finansierat av Energimyndigheten.

Solvärme har, liksom solel, begränsningar, eftersom solinstrålningen har dålig samstämmighet med värme-

behovet. I lösningar där solvärme har betydelse under vintersäsongen krävs därför ett värmelager, vilket höjer kostnaderna. Samtidigt pågår ett utvecklingsarbete som kan förväntas sänka produktionskostnaderna för solvärme. IEA uppskattar potentialen för solvärme utan säsongslager i Sverige till 1,5–2 TWh/år.⁶⁰ Naturskyddsföreningen⁶² bedömer potentialen för solvärmebaserad fjärrvärme till 8 TWh/år i Sverige och Energimyndigheten har ett pågående uppdrag att bedöma potentialen för solvärme i Sverige, uppdraget ska redovisas hösten 2021.⁶³

Avfallsförbränning

Avfallsförbränning är ett viktigt bidrag till fjärrvärmeproduktion idag och kan komma att öka, i alla fall på kortare sikt. Arbetet för en cirkulär ekonomi där material används mer effektivt för att minska uttaget av nya råvaror och minska avfallsmängder kommer, som nämnts i kapitel 7.4, troligen leda till ändrad sammansättning och mindre avfallsmängder på längre sikt.

Avfallsförbränning kommer fortsättningsvis vara slutlösningen när produkterna nått vägs ände och inte kan cirkuleras ytterligare och i Sverige finns goda förutsättningar att genom den väl utbyggda fjärrvärmens ta hand om avfall, både från Sverige och andra delar av EU, med hög kostnads- och energieffektivitet. Om förbränningen dessutom görs med CCS minimeras den klimatpåverkande effekten. I de scenarier som presenteras i den här strategin antas därför avfallsförbränningen ligga kvar på ungefär samma nivåer som idag.

Sammanlagd potential framtidens fjärrvärme

Sammantaget finns det som redovisats ovan flera möjligheter att mängden biobränsle som används för uppvärmning minskar. Detta kan ske till följd av den naturliga marknadsutvecklingen och utveckling av ny teknik. Klimatförändringarna och energieffektivisering minskar också det totala behovet av uppvärmning.

Mängden tillgänglig (billig) spillvärme kommer att öka med produktion av drivmedel och vätgas, samt till följd av nya datahallar. Solvärme och geotermi kommer att utvecklas och bli billigare. Det finns även »svåra« fraktioner (bio)avfall som inte går att göra drivmedel av men som är lämpliga att förbränna.

Två tekniska faktorer som underlättar effektivisering av

fjärrvärmesektorn är energilager och lågtempererade fjärrvärmenät. Energilager, till exempel borrhålslager, ger möjligheter att flytta värme mellan säsonger och kan underlätta implementeringen av flera av de möjligheter som diskuteras ovan, eftersom det ger möjlighet att ta till vara olika former av värme även under sommaren. Samtidigt kommer priset på bioråvara att öka eftersom efterfrågan från transporter och industri ökar. Denna kostnadsökning på bioråvara gör att fjärrvärmeföretagen successivt letar sig till billigare energikällor.

Det är svårt att prognosticera exakt vilka tekniker som får genomslag men sammantaget görs bedömningen att användningen av biobränsle inom värmesektorn kan komma att minska med upp till 15 TWh till 2045. Det betyder dock inte att värmesystemet kommer minska den faktiska användningen av biobränsle med lika mycket eftersom en stor del av den spillvärme som kommer att användas kommer från den ökande biodrivmedelsproduktionen.

Det minskade behovet av fjärrvärme hänger ihop med effektivisering och klimatförändringar och ger i kombination med implementering av bio-CCS en potential att spara om 3,5–6 TWh/år biobränsle, se kapitel 7.2 om potentialen av bio-CCS i värmesektorn. Detta kan som ett exempel kompletteras med cirka 3 TWh/år från omställning från biopannor i villor och flerfamiljshus till värmepumpar samt totalt 6 TWh/år omställd fjärrvärme i en kombination av spillvärme, solvärme och geotermi. Spillvärmen väntas främst komma från de nya källor som diskuteras ovan, till exempel bioraffinaderier.

Kraftvärmeanläggningar ligger i nära anslutning till elanvändningen och bidrar med planerbar elproduktion. De är därmed ett viktigt komplement till vindkraft och solenergi och dagens kraftvärmeproduktion från biobränslen blir troligen kvar även på sikt.

För 2030 är möjligheten för nya tekniker att få genomslag mindre. Det scenario som redovisas för 2030 inkluderar 2 TWh/år småskaliga värmepumpar som ersättning för förbränning och 2 TWh/år nya tekniker i fjärrvärme tillsammans med det minskade fjärrvärmebehovet om 2–3 TWh/år.



8. Slutsatser

8.1 En möjlig lösning på pusslet

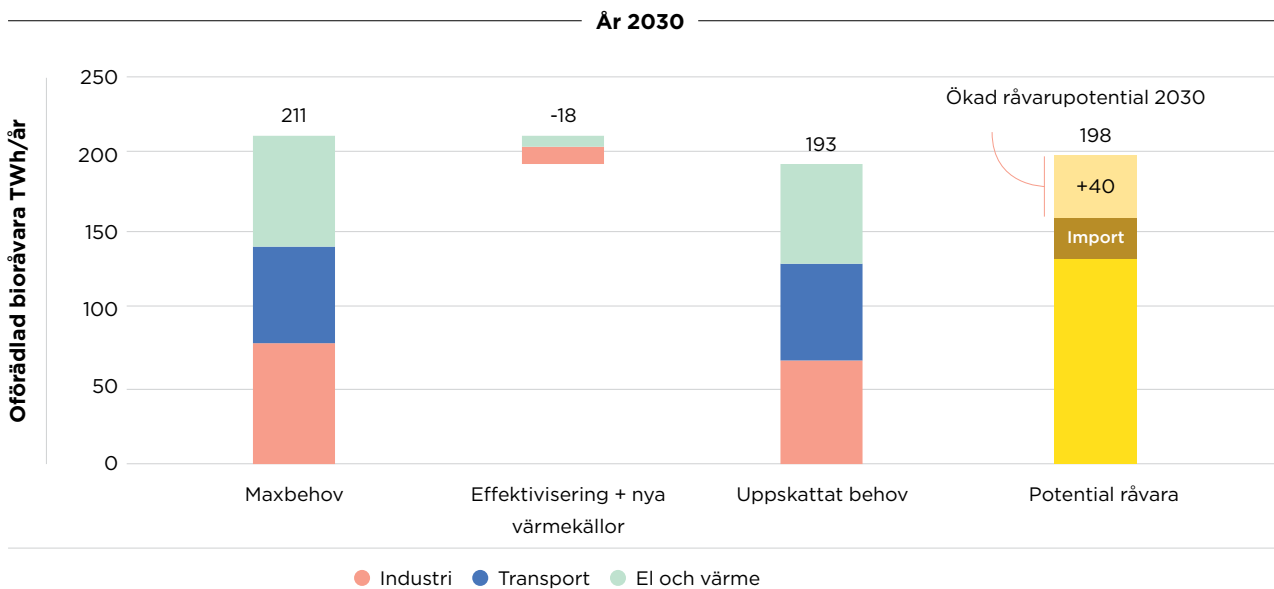
Bioråvara möjliggör byten av råvaror eller bränslen redan på relativt kort sikt och är en av nyckelkomponenterna i omställningen till ett fossilfritt Sverige. Många sektorer pekar ut en ökad användning av bioråvara som en möjliggörare för deras omställning men lägger man samman det ökade behovet överstiger behovet tillgången på svensk bioråvara för energiändamål.

Ur ett globalt perspektiv finns i Sverige en relativt stor tillgång på bioråvaror. I en värld som ställer om förväntas efterfrågan på bioråvara öka vilket också innebär en ökad risk minskad biologisk mångfald och annan negativ miljöpåverkan. Genom att Sverige på sikt blir exportör av biobaserade produkter för energiändamål och industriell användning blir de utgångspunkter för en hållbar försörjning av bioråvara som diskuteras i kapitel 1.3 än viktigare.

Det finns ett antal utvecklingsområden och nya tekniker som har potential att minska det behov av bioenergi som bland annat har presenterats i branschernas färdplaner för fossilfri konkurrenskraft. Hur dessa faktorer kan påverka användandet av bioråvara presenteras i Figur 7 för 2030 och i Figur 8 för 2045. De ska inte ses som någon prognos över den framtida utvecklingen men visar en möjlig lösning på hur pusslet av efterfrågan och tillgång på bioråvara kan lösas.

Utvecklingen till 2030

Behovet av bioråvara 2030 kommer att vara betydande i de tre sektorerna industri, transport och el/värme. Liksom idag finns den absolut största användningen i industrin inom skogsindustrin. Men stål-, gruv-, cement- och kemiindustrierna kan också ha börjat använda bioråvara i högre utsträckning än idag. I transportsektorn finns ett stort behov för omställning av vägtransporter och ar-



Figur 7: Uppskattat behov av bioråvara i oförädlad form 2030. Maxbehovet baseras på färdplaner och publicerade studier, se kapitel 3. Observera att nettoimporten förutsätts ligga på samma nivå som idag. Detsamma gäller användningen av biogent avfall i framför allt värmesektorn. Ingångsvärdena i diagrammet är utifrån maximala uppskattade behov och maximalt skattade effekter av åtgärder.

betsmaskiner för att möta målet om 70 procents minskning av utsläppen till 2030, men även en viss användning inom flyget i enlighet med flygets reduktionsplikt. Användningen av bioråvara inom el- och värmeproduktion bedöms till 2030 vara något mindre än idag på grund av ökad användning av småskaliga värmepumpar som ersättning för småskalig förbränning, visst utökad användning av spillvärme och andra alternativa värmekällor samt ett minskat fjärrvärmebehov.

Det stora behovet av bioenergi, framförallt inom transportsektorn, innebär att import av biodrivmedel förmodligen kommer att ligga kvar på samma nivåer 2030 som idag. Dock kommer den stå för en mindre andel av den totala mängden biodrivmedel som används eftersom den inhemska produktionen förväntas öka från dagens ca 5 TWh/år till drygt 30 TWh/år 2030.

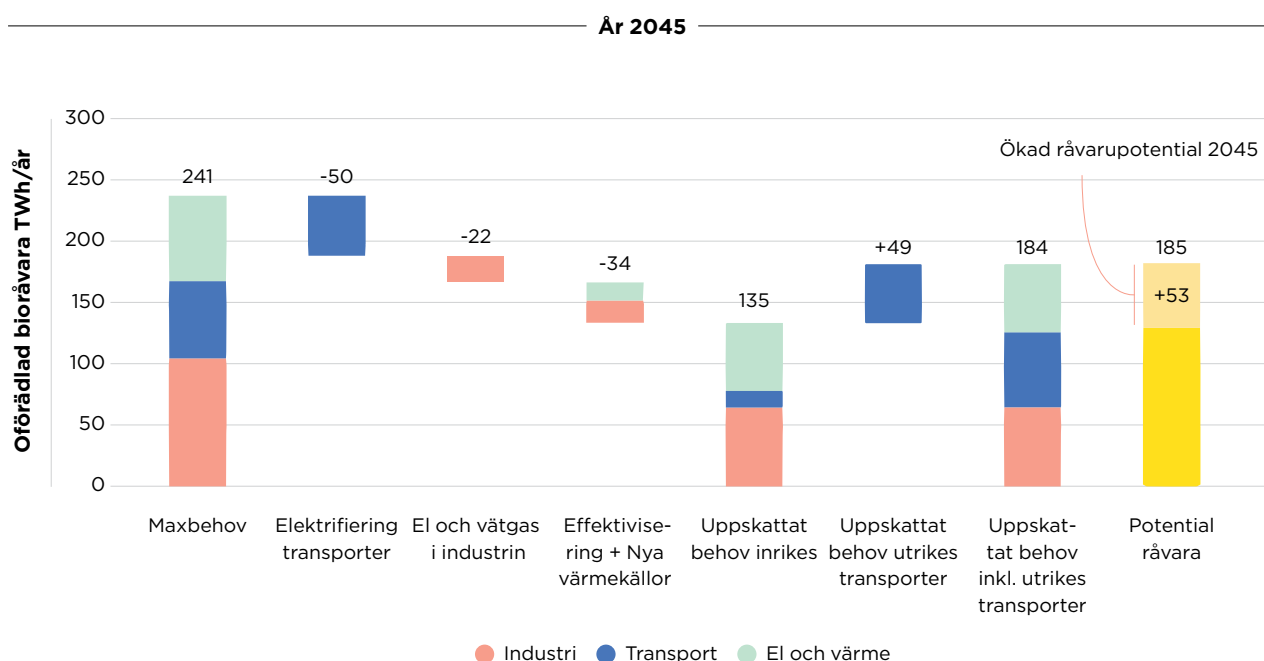
Drivmedelsimporten, som fortsatt förväntas domineras av HVO-diesel, innebär en risk för sämre hållbarhets-kvalitet på drivmedlen. Detta gäller speciellt med tanke på den stora efterfrågeökning på förnybara drivmedel som förväntas i världen fram till 2030 och den press det

sätter på den hållbara försörjningen av råvaror. Upprätthållandet av relevanta hållbarhetskriterier kommer att vara av största vikt för dessa volymer, liksom för den inhemska produktionen.

Totalt kan svenska behovet av bioråvara i oförädlad form 2030 vara cirka 35 TWh/år större än idag med bibehållen nettoimport på cirka 26 TWh/år. Det motsvarar en ökning med 22 procent jämfört med dagens användning av bioråvara.

Utvecklingen till 2045

För år 2045 förväntas behovet av biodrivmedel i vägtransportsektorn ha minskat kraftigt på grund av elektrifiering. För inhemskt flyg och sjöfart kommer behovet att ha växt något. Även inom industrin kan behovet av bioråvara ha ökat, framförallt i kemiindustrin som troligen genomför mycket av sin omställning efter 2030. Järn- och stålindustrin kommer att ha ett visst behov av bioråvara för att lyckas med omställningen till fossilfritt stål medan behovet inom cementindustrin kan försvinna genom elektrifiering. El- och värmesektorn har potential



Figur 8: Uppskattat behov av bioråvara i oförädlad form 2045. Ingen nettoimport förutsätts. Användningen av biogent avfall i framför allt värmesektorn antas ligga kvar på samma nivåer 2045 som idag. Maxbehovet baseras på färdplaner och publicerade studier, se kapitel 3.

att med effektiviseringar och nya värmekällor minska sin användning av bioenergi.

Totalt kan det inhemska behovet 2045 vara cirka 20 TWh/år mindre än idag, vilket innebär att det är möjligt att Sverige då är oberoende av nettoimport av bioråvaror för energiändamål. Dessa siffror ligger med god marginal inom de bedömda tillgängliga potentialerna som redovisas i kapitel 4.

För 2045, där den skattade ökade potentialen för bioråvara är drygt 50 TWh/år samtidigt som den inhemska efterfrågan är relativt liten, finns det även möjligheter till export baserat på svensk bioråvara, alternativt att även stora delar av behovet för att de utrikes transporter som tankas i Sverige även produceras här. För flyg är det cirka 10 TWh/år och 24 TWh/år för sjöfart, vilket omräknat till primär energi blir totalt cirka 49 TWh. Det är dock också möjligt att det beroende på tillväxt inom vissa industrisektorer kan finnas ett ökat behov av bioråvaror 2045 som inte har tagits med i uppskattningarna i den här strategin. Det totala behovet 2045, inklusive utrikes flyg och sjöfart, uppskattas till cirka 184 TWh, vilket motsvarar en ökning med 16 procent jämfört med dagens användning av bioråvara.

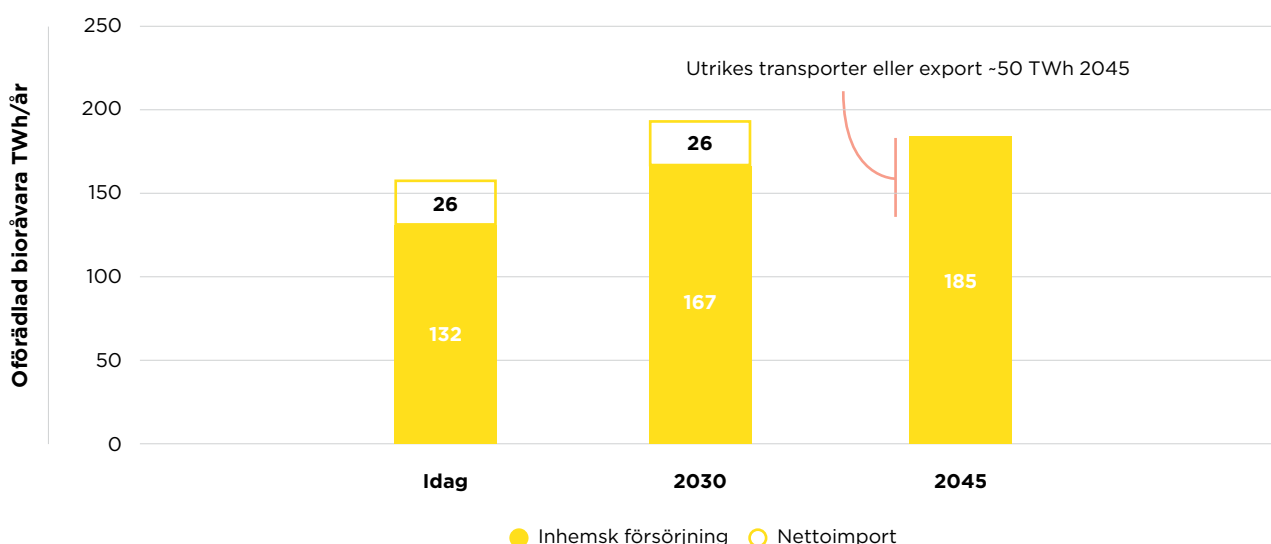
En jämförelse mellan dagens användning av bioråvara

och de uppskattade framtida behoven för 2030 och 2045 kan ses i Figur 9.

8.2 Värde och betalningsvilja för jord- och skogsbrukets bi- och restprodukter

Skogsbruk i Sverige bedrivs primärt i syfte att producera sågade trävaror, massa och papper eftersom det är där det ekonomiska värdet ligger. Mängden tillgänglig bioråvara beror därmed på den traditionella skogsindustrin, ett förhållande som inte bedöms förändras inom en överskådlig framtid. Ett effektivt utnyttjande av den skog som avverkas genom att även använda de rest- och biprodukter som uppstår bidrar till omställningen till ett fossilfritt samhälle samtidigt som det stärker svensk konkurrenskraft och välfärd. Inom jordbruket kan ett effektivare nyttjande av biprodukter och mark tjäna samma syfte.

Eftersom dessa bi- och restprodukter är en så värdefull resurs i omställningen med potential att ersätta fossila material och energi med fossilfria alternativ bör de främst användas för att ersätta fossila kolatomer där det inte finns några andra alternativ, exempelvis som råvara inom kemiindustrin. Detta kommer också förmodligen ske eftersom en ökad efterfrågan på bioråvara, tillsammans med politiska styrmedel på både nationell och europeisk nivå, påverkar priserna och betalningsförmågan



Figur 9: Dagens användning av bioråvara i oförädlad form i jämförelse med uppskattat totalt behov 2030 respektive 2045. Utrikes transporter inkluderar flyg och sjöfart och bedöms år 2045 kunna förses med inhemskt producerat bränsle.

lär troligen vara högst i de sektorer där andra fossilfria alternativ saknas eller har mycket höga kostnader.

Biodrivmedel inom transportsektorn

Biodrivmedel kommer spela en avgörande roll för Sveriges möjligheter att nå målet om att minska utsläppen från transportsektorn med 70 procent till 2030 jämfört med 2010. Biodrivmedel är en lösning som kan implementeras relativt snabbt eftersom de i många fall går att använda i dagens fordon och i befintlig infrastruktur. Baserat på beslutade nivåer i reduktionsplikten förväntas transportsektorn bli en mycket stor användare av bioråvara till 2030, i strategin bedömt till cirka 35 TWh/år vilket innebär cirka 49 TWh/år omräknat till primär energi. Även om nybilsförsäljningen av elbilar är hög år 2030 kommer det finnas kvar många förbränningsmotorer i fordonsparken. En förutsättning för att reducera klimatutsläppen från dessa fordon är därför att det även efter 2030 finns tillgång till hållbara drivmedel med låga klimatutsläpp. Även reduktionsplikten för flyget innebär ett behov av biodrivmedel också efter 2030.

Det finns en betydande potential att öka den inhemska produktionen av biodrivmedel, framförallt baserat på bi- och restprodukter från skogsindustrin samt eventuellt även energigrödor. Investeringar i biodrivmedelsproduktion kräver dock längre tidshorisont än 2030 för att komma till stånd. Även om behovet av biobränslen för vägtransporter förväntas kvarstå till viss del även efter 2030 kommer elektrifieringen med största sannolikhet ta över en allt större andel av transportsektorn. År 2045 är uppskattningsvis 100 procent av personbilarna och cirka 95 procent av de tunga transporterna, exklusive arbetsmaskiner, elektrifierade. För att den ekonomiska kalkylen ska gå ihop för de anläggningar som krävs för att möta behovet av biodrivmedel 2030 behöver de därför kunna exportera sin produktion i ökande grad efter 2030 eller ha möjlighet att ställa om eller kombinera produktionen med andra produkter, till exempel biojet till flyg, drivmedel till sjöfart eller förnybar råvara till kemiindustrin. De energibärare som används vid produktion av biodrivmedel motsvarar i många fall ungefär de intermediära produkter som används inom kemiindustrin samt även de produkter som används vid flygbränsleproduktion.

Bioråvara till kemiindustrin

Den svenska kemiindustrin tillverkar framförallt plast, baskemikalier och specialkemikalier och använder idag nästan uteslutande fossila jungfruliga råmaterial för produktionen. De potentiellt största volymerna av bioråvara i industrisektorn kan därav komma av krävas i kemiindustrin. En omställning av kemiindustrin till fossilfrihet genom effektiviseringar, CCU, elektrifiering och kemisk återvinning innebär uppskattningsvis ett behov av cirka 9 TWh/år bioråvara till 2045.

Dagens styrmedel styr bioråvaran till transportsektorn och användning av biogena råvaror för kemiindustrin har därför inte samma förutsättningar som transportsektorn. Liksom i raffinaderier blir det mesta av kemiindustrins fossila insatsvaror inte koldioxidemissioner utan hamnar i produkterna som till exempel plast. Den betalningsvilja som idag finns för drivmedel och som skapas av reduktionsplikt och skattebefrielse finns dock inte här.

Frigörande av bioråvara genom effektiviseringar inom skogsindustrin

Effektiviseringar av användandet av bioråvaror för energiändamål inom skogsindustrin sker naturligt som en del av underhåll och nyinvesteringar som krävs då gammal teknik ersätts med ny. I den här strategin bedöms dessa effektiviseringar vara i linje med de historiska nivåerna och leda till att 6–12 TWh/år bioråvara frigörs 2030 om produktionen av sågat virke och pappersmassa ligger kvar på samma nivåer som idag. För 2045 bedöms 10–16 TWh/år bioråvara kunna frigöras.

Ytterligare effektiviseringar kan frigöra mer bioråvara än vad som uppskattats här om de ekonomiska incitamenten är tillräckligt höga, det vill säga att värdet av den bioenergi som kan frigöras är högre än kostnaden på investeringen. Därmed blir priset för de skogsindustriella restprodukter som kan frigöras avgörande för om sådan ytterligare effektivisering sker.

Effektiviseringarna frigör bioråvara som kan användas utanför den traditionella skogsindustrins processer, till exempel för produktion av biodrivmedel, i kemiindustrin eller i stålindustrin. Priser på bioråvara och el påverkar hur de frigjorda bioråvarorna kommer att användas. De kan användas för att utöka produktionen, ersätta elanvändning eller till försäljning.

Värmesektorns roll i omställningen

Fjärrvärmens spelar en viktig roll i omställningen till ett fossilfritt Sverige. De kan utnyttja restenergier, och i allt större utsträckning även lågvärdig värme, från industrier, datacenter och andra verksamheter. Samtidigt kan fjärrvärmens bidra till högeffektiv, planerbar och förnybar elproduktion genom biobaserad kraftvärme. Den biobaserade kraftvärmeproduktionen har även potential att utvecklas till bioraffinaderier där biodrivmedel samproduceras med el och värme⁶⁴ samt vara ett kostnadseffektivt alternativ för negativa utsläpp genom bio-CCS.

En högre efterfrågan och konkurrens om bioråvara i kombination med lägre priser på förnybar el innebär en sannolik omvandling av fjärrvärmesektorn. Effektiviseringar, minskat värmebehov till följd av klimatförändring-

arna, spillvärme och nya tekniker så som solvärme och geotermi kan göra det attraktivt att ersätta biobränsle för fjärrvärme med andra värmekällor. Utvecklingen av kostnadseffektiv energilagring ger möjligheter till säsongslagring av värme vilket underlättar implementeringen av exempelvis spill- och solvärme.

Sammantaget uppskattas i den här strategin att värmesektorns behov av bioråvara kan komma att minska med upp till 15 TWh till 2045. Det betyder dock inte att värmesystemet kommer minska den faktiska användningen av biobränsle med lika mycket eftersom en stor del av den spillvärme som kommer att användas kommer från den ökande biodrivmedelsproduktionen. Dagens kraftvärmeproduktion från biobränslen med positiva effekter för lokal elförsörjning antas bli kvar även på sikt.

9. Handlingsplan

Fokus för strategin är att visa hur marknad och politik genom bland annat prismekanismen bidrar till att göra alternativa lösningar konkurrenskraftiga för att lösa det framtida behov av bioråvara som lyfts i färdplanerna. Allt fler länder ställer nu om för att uppnå Parisavtalet vilket troligen kommer resultera i en ökad global efterfrågan på bioråvara och därmed även ökade priser. Detta kommer i sin tur styra bioråvaran till de sektorer som har störst betalningsvilja, vilket förmodligen kommer att vara de sektorer där inga eller få andra fossilfria alternativ än bioråvara finns eller har mycket höga kostnader.

Inom flera sektorer finns alternativ till att använda bioråvaror för att uppnå fossilfrihet. Inom transportsektorn förväntas elektrifiering bli det dominerande drivmedlet till 2045 och för en stor del av industrin förväntas elektrifiering och vätgastekniker kunna möjliggöra fossilfrihet. Utvecklingen inom värmesektorns användning av biobränslen förväntas till stor del drivas av prisutvecklingen och därmed kan det finnas möjlighet att alternativa tekniker som djupgeotermi, solvärme och ökad användning av spillvärme blir mer kostnadseffektiva alternativ som kan utgöra en större andel av energitillförsel 2045. Teknikmognad och förutsättningar för implementering varierar dock mellan sektorer och alternativ och kan därmed få olika stora genomslag. Även om utvecklingen till stor del förväntas vara marknadsdriven finns det därmed även behov av att införa styrmedel inom vissa områden för att snabba på eller underlätta utvecklingen.

För att förverkliga potentialen av bioråvaror i klimatomställningen presenteras nedan hinder och förslag för att öka förädlingsvärdet på svenska bioråvaror. Men för att möjliggöra färdplanernas genomförande kommer även lösningar i andra sektorer vara avgörande för att frigöra resurser till områden där andra alternativ saknas. Därför lyfts även hinder och förslag för ökad energi- och resurseffektivitet samt för ökad takt i samhällets elektrifiering.

9.1 Ökat förädlingsvärde på svenska bioråvaror

Utmaningar

Det uppskattade behovet av biodrivmedel inom transportsektorn bedöms till 30–40 TWh/år 2030 medan den totala inhemska produktionskapaciteten idag är ca 5 TWh/år. Flera aktörer planerar för en ökad inhemsk produktion, men som till stor del är beroende av importerade råvaror så som fetter och oljor. Det förväntas en kraftigt ökad efterfrågan på biodrivmedel i världen och konkurrensen om råvarorna kommer därmed att öka. Den ökade efterfrågan riskerar även att driva mot användning av råvaror med större miljöpåverkan.

För att öka värdet av det svenska jord- och skogsbrukets bi- och restprodukter samt energigrödor och även säkerställa att en högre andel av de biodrivmedel som används i klimatomställningen håller en hög hållbarhetsklass bör produktion av biodrivmedel baserat på svenska råvaror öka. Alternativa tekniker för biodrivmedelsproduktion, som kan använda råvaror från framförallt skogsindustri, har dock hittills inte varit konkurrenskraftiga. Detta beror till stor del på höga investeringskostnader i kombination med att teknikerna ofta ännu inte är implementerade i kommersiell skala. För att uppskalning av olika tekniksprång ska ske behöver den ekonomiska risken i många fall minskas.

Energimyndigheten utreder för närvarande styrmedel för att främja svensk produktion av biodrivmedel med ny teknik vilket kan vara en mycket viktig pusselbit för att realisera den potential som finns för produktion av biodrivmedel ur svenska hållbara råvaror.³⁶ Utfasningsutredningen lämnade i sitt betänkande bland annat förslag att en särskild kvot i reduktionsplikten för avancerade biodrivmedel och elektrobränslen bör införas.⁴²

Sverige har nyligen fått sin ansökan om förlängd skattebefrielse för höginblandade flytande biodrivmedel förlängd med ytterligare ett år. EU:s översyn av statsstödsreglerna kommer sannolikt att innebära att Sveriges undantag kommer att kunna bli kvar på sikt. Om detta inte skulle genomföras krävs andra styrmedel för de

höginblandade biodrivmedlen än skatteundantag från år till år för att dessa drivmedel ska bli mer konkurrenskraftiga på marknaden.

För de svenska vägtransporterna förväntas elektrifieringstakten innebära att behovet av biodrivmedel efter 2030 minskar kraftigt. Samtidigt är det viktigt med uthållighet och fortsatt gynnsamma förutsättningar för andra förnybara drivmedelsalternativ som redan finns tillgängliga i befintlig fordonsflotta och infrastruktur, inte minst för behov inom tunga transporter.

Den globala efterfrågan på biodrivmedel förväntas öka, vilket även ökar möjligheterna för export av hållbara biodrivmedel från Sverige. Trots detta är det viktigt att de kommande investeringarna i biodrivmedelsproduktion är flexibla och kan skifta mellan eller samproducera olika produkter med varierande andelar. Det kan handla om anläggningar som har kapacitet att producera biodrivmedel för vägtransporter, biojet till flyget eller förnybar råvara till kemiindustrin. Styrmedel för att få till stånd dessa anläggningar bör därför inte begränsas till enbart drivmedel samt stimulera både flytande och gasformiga bränslen.

Kemiindustrin är en sektor där det sannolikt inte kommer finnas några alternativ till att använda bioråvaror för att uppnå målet om fossilfrihet till 2045. Sektorn använder idag stora mängder fossila råvaror och arbetar med flera olika spår för att ställa om till en fossilfri produktion. Effektivisering, CCU och elektrifiering bedöms ha potential att ersätta en tredjedel av dagens fossila råvaror. Tekniker baserade på kemisk återvinning av plastavfall kan ersätta ytterligare en tredjedel. Det innebär att den sista tredjedelen av de fossila råvaror som används behöver ersättas med biogena råvaror för att branschen ska uppnå målet om fossilfrihet.

Dock styr dagens styrmedel bioråvaran till transportsektorn vilket innebär att kemiindustrin, där betalningsviljan än så länge är låg, inte kan konkurrera om råvarorna. För att successivt öka andelen biobaserad råvara är ett tillvägagångssätt att arbeta för att utveckla en massbalansmodell. Principen om massbalans bygger på att en viss volym biobaserad råvara tillförs samma system som fossil råvara. Motsvarande volym biobaserade produkter säljs sedan som den volym biobaserad råvara som stoppas in.

Förnybar gas har potential att bidra till att uppnå klimat-

målen inom flera olika sektorer i samhället, som råvara och energikälla för industrin, i fordon och fartyg samt för el- och värmeproduktion. I Sverige finns dessutom en inhemsk biogasproduktion som med befintlig teknik kan skalas upp i snabb takt om de rätta ekonomiska förutsättningarna ges. Idag hämmas den svenska produktionen av biogas av produktionsstöd i andra länder som snedvrider konkurrensen till fördel för import av biogas och svårighet att priskonkurrera mot fossila alternativ i flera potentiella sektorer, inte minst inom industrin. Biogasutredningen (SOU 2019:63) har lämnat förslag på att nationella mål för den svenska produktionen av biogas och olika former av stöd för produktion av biogas.⁶⁵

För att uppnå målet om klimatneutralitet till 2045 krävs kraftiga utsläppsminskningar i kombination med negativa utsläpp. Dessa negativa utsläpp kan möjliggöras genom bio-CCS där biogen koldioxid fångas in och lagras. Dock kan lagring av koldioxid som möjliggörs genom bio-CCS inte räknas in som kolsänka enligt kommissionens förslag till revidering av LU-LUCF-förordningen, något som skulle underlätta för medlemsländernas möjligheter att uppnå ökade beting på kolsänkor. Tekniken för koldioxidinfångning finns tillgänglig idag men har relativt höga kostnader och energiförbrukning. För att möjliggöra negativa utsläpp via bio-CCS kommer det krävas styrmedel som tekniskt och ekonomiskt stödjer en mer storskalig implementering av tekniken. Regeringen har aviserat att ett system för driftstöd för bio-CCS i form av omvänd auktionering införs under 2022 med de första utbetalningarna för inlagrad koldioxid planerade 2026.

Förslag:

1. För att säkra fortsatt skattebefrielse för rena och höginblandade biodrivmedel, bör regeringen verka för att EU-kommissionens förslag om att ge utrymme för detta inom statsstödsregelverket genomförs (punkt 77 i CEEAG). Fram till dess att denna förändring finns på plats bör nuvarande skatteundantag förlängas. I det fall skatteundantag inte beviljas på sikt, så är ett alternativ att inkludera rena och höginblandade biodrivmedel i reduktionsplikten.
2. Regeringen bör stimulera den inhemska produktionen av biodrivmedel från lignocellulosa, exempelvis genom en avancerad kvot i reduktionsplikten som bör kunna införas 2024.

3. Regeringen bör senast 2022 fastställa inblandningsnivåer i reduktionsplikten för flygfotogen för åren 2030–2045 och verka för att EU sätter likvärdiga mål. Slutmålet bör vara 100 procents inblandning år 2045 i båda fallen.
4. Regeringen bör verka för förändringar i EU:s lufttrafikförordning som gör det möjligt att ställa krav på fossilfri flygtrafik på lämpliga inrikes flyglinjer som upphandlas av staten. Trafikverket lämnade i december 2020 över en förstudie om möjligheterna till upphandling av fossilfritt flyg till regeringen. [66]
5. För att stimulera ny teknik, större volymer förnybar gas och möjliggöra de investeringar som krävs, är det viktigt att ett långsiktigt produktionsstöd införs snarast för biogas från rötning, förslagsvis i enlighet med Biogasmarknadsutredningens förslag till stödpaket 1, samt att förslaget om stödpaket 2 utvecklas fullt ut genom ett uppdrag till Energimyndigheten om industriell användning.
6. Regeringen bör under 2022 införa de mål för kompletterade åtgärder som föreslås i Vägvalsutredningens betänkande (SOU 2020:4) där inriktningen för bio-CCS är upp till 10 miljoner ton/år. [1]
7. Regeringen bör under 2022–2023 stötta utvecklingen av massbalansbegreppet i syfte att öka andelen biobaserad plast på ett säkert, spårbart och hållbart sätt.
8. Regeringen bör under 2022 ge Skogsstyrelsen i uppdrag att lämna förslag på hur krav på askåterföring kan införas för att minimera miljöpåverkan vid ett ökat uttag av grot.

9.2 Övriga områden med stor betydelse för användandet av bioråvara

Utmaningar ökad energi- och resurseffektivitet

Effektiv energianvändning är avgörande för om de klimat- och energipolitiska målen ska nås. Energieffektivisering för byggnader frigör resurser samt minskar problem med lokal kapacitet och behov av infrastruktur för att leverera och producera el och värme. I de system som finns för att stödja omställningen till fossilfrihet, exempelvis Klimatklivet och Industriklivet, saknas idag perspektivet kring energieffektivisering till stor del. Det går alltså inte att i samma utsträckning få stöd för investeringar som använder förnybar energi mer effek-

tivt som det går att få stöd för investeringar som syftar till att ersätta fossil användning av energi med fossilfri. Båda typerna av investeringar är viktiga för att lyckas med omställningen till ett fossilfritt samhälle.

Enligt Boverkets byggregler redovisas idag köpt energi istället för använd energi när en byggnads energiprestanda ska beräknas. Detta innebär att energi som alstras i byggnaden eller på dess tomt och som sedan används av byggnaden inte räknas med i byggnadens energianvändning. Installation av egen energi kan därmed räknas som energieffektiviseringsåtgärder men inte nödvändigtvis innebära att mindre energi används.

Svensk värmeproduktion är till stor del biobaserad och har i regel hög energieffektivitet, speciellt då den kombineras med produktion av förnybar el i kraftvärmeanläggningar som bidrar med planerbar elproduktion. Det är viktigt att dessa anläggningar kan användas fullt ut för elproduktion de tidpunkter då eleffektbehovet är som störst, vilket ofta sammanfaller med ett högt värmebehov. Idag prioriteras ibland elproduktion bort i dessa lägen av kostnads- eller kapacitetsskäl.⁵⁵ Det finns möjligheter att ersätta biobränsle för fjärrvärme med andra värmekällor, men branschen är konkurrenskänslig och använder idag i stor utsträckning bränslen som är svåra att använda inom andra sektorer och därför har en lägre kostnad.

Om konkurrensen om bioråvara ökar kommer fjärrvärmebranschen att söka sig till andra mindre kostsamma energikällor. Dock tar förflyttning tid då det kan krävas ombyggda eller nya anläggningar. Forskning och utveckling av alternativa värmekällor så som djupgeotermi och solvärme krävs därför inom en snar framtid för att ha potential att vara ett konkurrenskraftigt alternativ för värmeproduktion.

Fjärrvärmenäten, som finns i de flesta svenska städer, möjliggör för användning av restenergier från industrier. Högtempererad spillvärme används redan idag i stor utsträckning där de geografiska och ekonomiska förutsättningarna finns. Att använda spillvärme är resurseffektivt och behöver användas i högre grad än vad som görs idag. Det finns i allt större utsträckning även potential att använda mer lågvärdig värme från till exempel datacenter eller nya processer så som produktion av vätgas och biodrivmedel. En viktig förutsättning för detta är att

dessa anläggningar förläggs i närhet till värmeförbrukning och infrastruktur för att spillvärmen ska kunna tas till vara. En resurseffektiv teknik med stor potential är att i befintliga biobaserade kraftvärmeverk samproducera el och värme med bioljor som sedan kan raffineras vidare till biodrivmedel.⁶⁴

En större andel spillbaserad fjärrvärme kan innebära att den planerbara fossilfria elproduktionen som dagens kraftvärmeverk bidrar med riskerar att minska. Elsystemet behöver därför beaktas som en helhet när alternativa värmekällor diskuteras. Exempelvis skulle en ökad flexibilitet i systemet kunna uppnås genom fler värmepumpar i fjärrvärmenätet vilket kan öka möjligheterna att utnyttja vindkraftsel under perioder med låga elpriser och kraftvärme när priserna är högre.

Att använda restenergi är ett resurseffektivt sätt att utnyttja energi på, oavsett om det har biogent eller fossilt ursprung. Det kan därför vara kontraproduktivt att restenergi från fossila industrier samt energi från avfallsförbränning idag inte definieras som hållbart.

Avfallsförbränning är ett viktigt bidrag till dagens fjärrvärmeproduktion. I den här strategin görs bedömningen att förbränningen av avfall år 2045 ligger kvar på ungefär samma nivåer som idag. Att mängden plast minskar i avfallet över tid är en förutsättning för att den typen av energiåtervinning ska bli mer hållbar. Naturvårdsverket har i uppdrag att under 2021 lämna förslag på produktgrupper eller materialflöden där kvotplikter för användningen av återvunnen råvara skulle vara lämpliga samt även ett uppdrag att föreslå åtgärder för att materialåtervinningen av plast i giftfria kretslopp ska öka i Sverige.^{67, 68}

Avfallsmängderna i samhället kommer att minska på grund av ökade incitament för återanvändning och återvinning. Förbränning kommer dock fortsätta vara en bra slutlösning när produkterna nått vägs ände och inte kan cirkuleras ytterligare och i Sverige finns redan goda förutsättningar att ta hand om avfall, både från Sverige och andra delar av EU. Sker denna förbränning dessutom med CCS kan klimatutsläppen minska ytterligare eller till och med bli negativa. För att tillvarata de svenska förutsättningarna att slutbehandla och materialåtervinna restavfall som återstår efter utsortering behöver det främjas att styrmedel för svenska avfallsförbränningsanläggningar jämfört med anläggningar i övriga EU jämföras.

Förslag:

9. Regeringen bör under 2022 återinföra det statliga stödet Energisteget som under 2018-2020 stöttade energieffektiviseringar inom industrin. Stödet omfattade i tidigare period 105 miljoner SEK men bör vid ett återinförande utökas och drivas under en längre period.
10. Regeringen bör under 2022 ge Boverket i uppdrag att utforma byggregler med krav på att redovisa använd energi istället för köpt energi när en byggnads energiprestanda ska beräknas i syfte att reglerna ska styra mot mer energieffektiva byggnader. Incitament för att producera egen energi är fortsatt viktigt men bör särskiljas från regler kring energiprestanda.
11. Regeringen bör under 2022 ge Energimyndigheten i uppdrag att utreda möjligheter för ett ökat tillvaratagande av spillvärme. Uppdraget kan exempelvis omfatta en ändring av ellagen så att villkor på systemlösningar kan säkerställa att restenergier som uppstår i nya anläggningar utnyttjas maximalt, undanröja hinder för tillvaratagande av spillvärme samt styrmedel som uppmuntrar och ger incitament till anpassningar av kundanläggningar för att möjliggöra lägre temperaturer i fjärrvärmenäten.
12. Regeringen bör under 2021 genomföra Energimyndighetens förslag om att lågtempererad spillvärme bör ingå i lagen om kostnadsnyttoanalys (2014:268) [56].
13. Regeringen bör se över och tydliggöra att förnybar och återvunnen energi i alla relevanta legala sammanhang behandlas likvärdigt, exempelvis inom Boverkets byggregler och i förhandlingar inom EU. Att använda restenergi är ett resurseffektivt sätt att utnyttja energi på, oavsett ursprung.
14. Regeringen bör under 2022 ge Energimyndigheten i uppdrag att se över möjligheterna att införa incitamentsystem för djupgeotermi och solvärme i fjärrvärmesystemet och utveckla industrilivet att omfatta nya tekniker för värmeproduktion. Uppdraget bör även inkludera att se över möjligheterna till stöd för ökad värmelagring i fjärrvärmesystemet.
15. Regeringen bör under åren 2022–2026 avsätta medel för ytterligare forskning och teknisk utveckling av alternativa tekniker för värmesektorn så som djupgeotermi och solvärme.
16. Regeringen bör under 2022 införa ett nationellt kvot-

pliktssystem med återvinningscertifikat för plast för att stärka efterfrågan på avfallsbaserad återvunnen plastråvara och öka incitamenten för ytterligare sortering av avfall. Regeringen bör verka för ett gemensamt europeiskt system på sikt.

Utmaningar ökad takt i samhällets elektrifiering

Den förväntade ökade efterfrågan på bioråvaror globalt kommer att innebära ökade priser vilket innebär att alternativa lösningar som exempelvis elektrifiering kan bli mer konkurrenskraftigt. En ökad elektrifiering kommer dock kräva satsningar på utbyggnad av elnät, resurser, helhetsgrepp och systemtänk för att potentialen ska kunna infrias.

Med ökad efterfrågan av fossilfri el från alla branscher som nu ställer om, tillsammans med den ökade efterfrågan från vätgasproduktion, kommer det krävas mer fossilfri elproduktion. Flertalet prognoser visar att vindkraft är det kraftslag som når lägst elproduktionskostnader och elproduktionen från vindkraft i Sverige förväntas öka från 36 TWh år 2021 till 50 TWh år 2025, enligt Svenska kraftnäts kortsiktiga marknadsanalys. Men därefter är utvecklingen mer osäker. Energimyndigheten och Naturvårdsverket anser det oroande att det tillkommer väldigt få nya tillstånd och många ansökningar avslås eller minskas ned under processens gång. Snabbare och mer förutsägbara tillståndprocesser krävs för att få fram den el som behövs i tid.

Sveriges väl utbyggda fjärrvärmesystem fyller en viktig funktion i ett allt mer elektrifierat samhälle där elen istället för att värma byggnader kan användas inom exempelvis industrin eller transportsektorn. Biostrategin förutsätter att dagens biobaserade kraftvärmeproduktion kommer att finnas kvar men för att detta ska ske behöver dess konkurrenskraft för säkerställas.

För att elektrifieringen av transportsektorn ska ske måste laddinfrastruktur för både lätta och tunga fordon och farkoster samt infrastruktur för vätgasbaserade bränslecellsfordon utvecklas i takt med att den elektrifierade fordonsflottan växer. I den här strategin bedöms marknaden styra mot en hög elektrifieringstakt så länge infrastrukturen byggs ut i takt med att marknaden växer och ett nationellt målår för 100 procent utsläppsfria personbilar bedöms därför inte som nödvändigt.

Regeringen arbetar med att ta fram en elektrifieringsstrategi med syfte att ta ett helhetsgrepp om förutsättningarna i energisektorn för att möjliggöra en ökad elektrifiering. Strategin beräknas beslutas av regeringen i oktober 2021. Regeringen har även tillsatt en elektrifieringskommission för att påskynda arbetet med elektrifiering av de tunga vägtransporterna och transportsektorn som helhet. Kommissionen ska i samråd med berörda aktörer identifiera åtgärder som de kan vidta för att takten i elektrifieringen på transportområdet ska öka. Alla former av elektrifiering för person- och godstransporter inom samtliga trafikslag omfattas av kommissionens arbete.

Ett flertal förslag för att underlätta elektrifierings roll i omställningen till ett fossilfritt samhälle har tidigare lyfts av Fossilfritt Sverige i olika sammanhang. Nedan upprepas några av dessa som anses av särskild vikt även för biostrategin, kompletterat med nya förslag.

Förslag:

17. Regeringen bör under 2022 ge Energimyndigheten i uppdrag att ta fram en tidsatt handlingsplan med konkreta etappmål för elektrifieringen av lätta och tunga transporter. I uppdraget bör även ingå att säkra infrastrukturen för såväl lätta som tunga fordon och farkoster. Handlingsplanen bör innehålla en behovsanalys och förslag på åtgärder för att säkerställa att det finns laddplatser för tunga transporter vid på- och avlastningsområden, i depåer för laddning över natten, publik snabbaddning längs stora vägar samt elförsörjning och laddmöjligheter på flygplatser och hamnar.
18. Klimatpremien (tidigare Miljölastbilspremien) som infördes från och med 7 september 2020 bör bibehållas som idag men under en introduktionsperiod höjas för elektriska lastbilar (inkl. vätgasdrivna) till 25 procent av inköpskostnaden, förslagsvis tillsammans med en ökad budget.
19. Regeringen bör under 2022 ge myndigheterna (Energimyndigheten, Svenska kraftnät, och Naturvårdsverket) i uppdrag att upprätta en nationell strategi för att en bibehållen kraftvärmeproduktion ska säkerställas.
20. Regeringen bör under 2022 inleda ett arbete med att modernisera relevanta lagar och regler för en snabb-

are och mer förutsägbar tillståndsprövning som bidrar till ett snabbare tempo i klimatomställningen. Ett första steg bör vara att genomföra Kommittén för teknologisk innovation och etiks (Komet) förslag om att inrätta en särskild kommitté dit kommuner, regioner och statliga myndigheter kan anmäla regelhinder som hämmar försöksverksamhet.

21. Regeringen bör senast 2022 sätta ett planeringsmål om att ha 3 GW installerad elektrolyseffekt år 2030 och minst 8 GW år 2045 för att möjliggöra en fossilfri utveckling genom vätgasproduktion och användning inom flertalet sektorer.

10. Referenser

1. SOU 2020:4, »Vägen till en klimatpositiv framtid,« Statens offentliga utredningar, 2020.
2. Riksskogstaxeringen, SLU, »Skogsdata 2021,« Institutionen för skoglig resurshushållning, SLU, Umeå, 2021.
3. Hermansen, J. m.fl., »Green biomass – Protein production through bio-refining,« Århus University, Danmark, 2017.
4. Lundblad, M. m.fl., »Sammanfattning av de metoder som används i Sveriges klimatrapporering av LU-LUCF-sektorn,«.
5. Naturvårdsverket, »Territoriella utsläpp och upptag av växthusgaser,« 2021. [Online]. Available: <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser-territoriella-utslapp-och-upptag/?>.
6. »Sveriges miljömål - Sveriges miljömål (sverigesmiljomal.se),« [Online].
7. Börjesson, P., »Potential för ökad tillförsel och avsättning av inhemsk biomassa i en växande svensk bioekonomi,« Miljö- och energisystem, LTH, Lunds universitet, Lund, 2016.
8. Björnsson L., Prade T., Lantz M., »Åkermark som kolsänka – En utvärdering av miljö- och kostnads-effekter av att inkludera gräsvall för biogas i spannmålsrika växtföljder,« Miljö- och energisystem, Lunds universitet, Lund, 2016.
9. Claesson, S. m.fl., »Skogliga konsekvensanalyser 2015 – SKA 15,« Skogsstyrelsen, Jönköping, Lunds Universitet, 2015.
10. Svebio, »Färdplan bioenergi - så möter vi behovet av bioenergi för ett fossilfritt Sverige,« 2020.
11. Naturskyddsföreningen, »Skogen, klimatet och den biologiska mångfalden,« 2021.
12. SOU 2020:73, »Stärkt äganderätt, flexibla skyddsformer och naturvård i skogen,« Statens offentliga utredningar, 2020.
13. Energimyndigheten, »Energiläget i siffror,« Energimyndigheten, Eskilstuna, 2021.
14. Svebio och IRENA, »Bioenergy from boreal forests - Swedish approach to sustainable wood use,« 2019.
15. Energimyndigheten, »Drivmedel 2019,« Energimyndigheten, Eskilstuna, 2020.
16. Ahlgren, S. m.fl., »Biodrivmedel och markanvändning i Sverige,« Miljö- och energisystem, LTH, Lunds universitet, 2017.
17. »<https://fossilfritt Sverige.se/fardplaner/>,« [Online].
18. Sweco, »Klimatneutral konkurrenskraft - Kvantifiering av åtgärder i klimatfärdplaner,« Svenskt Näringsliv, Stockholm, 2019.
19. IVA, »Så klarar svensk industri klimatmålen,« Ingenjörsvetenskapsakademien, Stockholm, 2019.
20. IVA, »Så klarar det svenska energisystemet klimatmålen,« Ingenjörsvetenskapsakademien, Stockholm, 2019.
21. IVA, »Så klarar Sveriges transporter klimatmålen,« Ingenjörsvetenskapsakademien, Stockholm, 2019.
22. IVA, »Syntesrapport för IVA-projektet Vägval för klimatet,« Ingenjörsvetenskapsakademien, Stockholm, 2020.
23. »<https://fossilfritt Sverige.se/fardplaner/>,« [Online].
24. Material Economics, »Klimatagenda för Sverige - en plan som kombinerar netto-noll utsläpp med industriellt värdeskapande,« 2021.
25. SOU 2013:84, »Fossilfrihet på väg,« Statens offentliga utredningar, 2013.
26. Energimyndigheten, »Kontrollstation 2019 för reduktionsplikten - Reduktionspliktens utveckling 2021–2030,« Energimyndigheten, Eskilstuna, 2019.
27. Börjesson, P., »Potential för ökad tillförsel av inhemsk biomassa i en växande svensk bioekonomi – en uppdatering,« Miljö- och energisystem, LTH, Lunds universitet, Lund, 2021.
28. de Jong, J. m.fl., »Realizing the energy potential of forest biomass in Sweden – How much is environmentally sustainable?,« Forest Ecology and Management, vol. 383, p. 3–16, 2017.
29. SOU 2019:63, »Mer biogas! För ett hållbart Sverige,« Statens offentliga utredningar, 2019.
30. Ebenhard, T. m.fl., »Environmental effects of brushwood harvesting for bioenergy,« Forest Ecology and Management, vol. 383, pp. 85–98, 2017.

31. Emanuelsson, U. m.fl., »Landsomfattande slytäkt – potential, hinder och möjligheter,« Sveriges Lantbruksuniversitet och Uppsala universitet, Uppsala, 2014.
32. Trafikverket, »Inriktningsunderlag inför transportinfrastrukturplaneringen för perioden 2022 – 2033 och 2022 – 2037,« Trafikverket, Borlänge, 2020.
33. Sveriges riksdag, »www.riksdagen.se,« 22 06 2021. [Online]. Available: https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/arende/betankande/reduktionsplikt-for-bensin-och-diesel-_H801MJU23.
34. Eurostat, »Energy for transport: 8% from renewable sources,« 2021. [Online]. Available: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/ddn-20200123-2>.
35. Mossberg J, Pettersson K, Furusjö E, Baky A, Klintbom P., »Perspektiv på svenska förnybara drivmedel,« Biodriv Öst, Uppsala, 2019.
36. Infrastrukturdepartementet, »Uppdrag att utreda behovet av ytterligare styrmedel för att främja ökad inhemsk produktion av biodrivmedel,« 2020.
37. Berndes, G. m.fl., »Forests and the climate. Manage for maximum wood production or leave the forest as a carbon sink?,« Kungl. skogs- och lantbruksakademins tidskrift, nummer 6, årgång 157, 2018.
38. Lundmark, R. m.fl., »Supply assessment of forest biomass – A bottom-up approach for Sweden,« Biomass and Bioenergy, vol. 75, pp. 213-226, 2015.
39. Ouraich I, Wetterlund E, Forsell N, Lundmark R., »A spatial-explicit price impact analysis of increased biofuel production on forest feedstock markets: A scenario analysis for Sweden,« Biomass and Bioenergy, vol. 119, p. 364–80, 2018.
40. Rosenqvist, H., »Kalkyler för energigrödor 2019,« Jordbruksverket, Jönköping, 2017.
41. Svenska kraftnät, »Långsiktig marknadsanalys 2021. Scenarier för elsystemets utveckling fram till 2050,« 2021.
42. SOU 2021:48, »I en värld som ställer om - Sverige utan fossila drivmedel 2040,« Statens offentliga utredningar, 2021.
43. Energimyndigheten, »Förslag på utformning av ett system för driftstöd, i form av omvänd auktionering eller fast lagringspeng, för avskiljning, infångning och lagring av koldioxid från förnybara källor (bio-CCS). Delredovisning,« 2021.
44. Cementa, »Cementa och Vattenfall satsar på nästa steg mot klimatneutralt cement,« 2019. [Online]. Available: https://www.mynewsdesk.com/se/cementa_ab/press-releases/cementa-och-vattenfall-satsar-paa-naesta-steg-mot-klimatneutralt-cement-2829138.
45. Svebio, »Stora källor för biogen CO₂,« 2019. [Online]. Available: <https://bioenergitidningen.se/app/uploads/sites/2/2019/04/Stora-kallor-fo-C-C%88r-biogen-CO2-lista.pdf>.
46. »<https://www.bilsweden.se/statistik/databas-nyregistringar>,« [Online].
47. Volvo Trucks, »A climate smart solution for heavy transport - Hydrogen fuel cells,« 2021. [Online]. Available: <https://www.volvogroup.com/en/future-of-transportation/innovation/electromobility/fuel-cells.html>.
48. Holmgren, K. m.fl., »KNOGA - Fossiloberoende framdrift för tunga långväga godstransporter på väg – kostnadsfördelning och risker för olika aktörer,« f3 Svenskt kunskapscentrum för förnybara drivmedel, Göteborg, 2021.
49. Power Circle, »Elbilsläget 2018,« 2019.
50. Trafikverket, »Scenarier för att nå klimatmålet för inrikes transporter – ett regeringsuppdrag,« Trafikverket, Borlänge, 2020b.
51. [51] WSP, »Fossilfrihet för arbetsmaskiner,« WSP, Stockholm, 2017.
52. Trafikverket, »Kunskapsunderlag om energieffektivisering och begränsad klimatpåverkan, Rapport 2020:084,« Trafikverket, Borlänge, 2020d.
53. Avfall Sverige, »Svensk avfallshantering 2019,« Avfall Sverige, Malmö, 2020.
54. Södra, »Årsredovisning och hållbarhetsredovisning 2019,« Södra Skogsägarna, Växjö, 2020.
55. Svebio, »Biokraft och effektsituationen i kraftsystemet 2021,« 2021.
56. Energimyndigheten, »Heltäckande bedömning av potentialen för uppvärmning och kylning,« Energimyndigheten, Eskilstuna, 2020b.
57. Sandgren, A-M. m.fl., »Klimatförändringarnas inverkan på fjärrvärme och fjärrkyla, Rapport 2021:741,« Energiforsk, Stockholm, 2021.

58. Energimyndigheten, »Scenarier över Sveriges energisystem 2018,« Energimyndigheten, Eskilstuna, 2019.
59. Tidningen Energi, »Flera bolag borrar efter underjordisk värme,« 2021. [Online]. Available: <https://www.energi.se/artiklar/2021/mars/flera-bolag-borrar-efter-underjordisk-varme/>.
60. Trier, D. m fl, »Solar District Heating Trends and Possibilities,« PlanEnergi, Köpenhamn, Danmark, 2018.
61. Weiss, W. och Spörk-Dür, M., »Solar heat worldwide,« AEE - Institute for Sustainable Technologies, Gleisdorf, Österrike, 2020.
62. Naturskyddsföreningen, »Fossilfritt, förnybart, flexibelt - Framtidens hållbara energisystem,« Naturskyddsföreningen, Stockholm, 2019.
63. Infrastrukturdepartementet, »Regleringsbrev för budgetåret 2021 avseende Statens energimyndighet,« 2020.
64. Björnsson, L. m.fl., »Bioolja från befintliga kraftvärmeverk - en systemstudie,« Lunds universitet, 2021.
65. SOU 2019:63, »Mer biogas! För ett hållbart Sverige,« Statens offentliga utredningar, 2019.
66. Trafikverket, »Upphandling av fossilfritt flyg. En förstudie om möjligheten att avtala om fossilfri flygtrafik under allmän trafikplikt,« 2020.
67. Naturvårdsverket, »Regleringsbrev för budgetåret 2021 avseende Naturvårdsverket,« 2020.
68. Miljödepartementet, »Uppdrag att föreslå åtgärder för att materialåtervinningen av plast ska öka,« 2020.
69. IRENA, »Hydrogen: a Renewable Energy Perspective,« International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, 2019.
70. Fossilfritt Sverige, »Fossilfri återhämtning - 10 prioriterade förslag för färdplanernas genomförande,« 2021.
71. Fossilfritt Sverige, »Politik för fossilfri konkurrenskraft: Del 2,« 2021.
72. Fossilfritt Sverige, »Vätgasstrategi för fossilfri konkurrenskraft,« 2021.
73. Skogsstyrelsen, »2018,« Återvätning av organogen jordbruksmark som klimatåtgärd.
74. »<https://fossilfrittssverige.se/fardplaner/>,« [Online].

