

Vägval och utmaningar för energisystemet

*Ett underlag till
Energimyndighetens
utredning Fyra framtider
– energisystemet efter 2020*

Detta är en nyutgivning av en publikation som tidigare har getts ut av Energimyndigheten under beteckningen ET 2015:10 Vägval och utmaningar för energisystemet.

Publikationer utgivna av Energimyndigheten
kan beställas eller laddas ner via www.energimyndigheten.se
eller beställas genom att skicka e-post till
energimyndigheten@arkitektkopia.se eller per fax: 08-505 933 99.

© Statens energimyndighet

ET 2016:05

April 2016

Upplaga 500 ex

Grafisk form: Granath och Energimyndigheten

Tryck: Arkitektkopia, Bromma

Förord

År 2050 ska Sverige ha en hållbar och resurseffektiv energiförsörjning och inga nettoutsläpp av växthusgaser i atmosfären. Denna långsiktiga vision fastställdes av den dåvarande regeringen år 2009. Energimyndigheten har en liknande vision, nämligen "Ett hållbart energisystem". Omställningen till ett långsiktigt hållbart energisystem kräver handlingskraft, väl avvägda beslut och pragmatiskt samarbete mellan energisystemets olika aktörer.

Samtidigt finns det en mängd osäkerheter och utmaningar kopplade till utvecklingen av energisystemet, gällande allt från kommersialisering av ny teknik till beteendefrågor och målkonflikter av olika slag. Till detta kommer att dagens energipolitiska debatt ofta präglas av polarisering och bristande förståelse för andra perspektiv än det egna, vilket försvårar omställningsarbetet.

Med bakgrund av detta tog Energimyndigheten under 2013 beslut om att på eget initiativ starta en utredning om vägval och utmaningar för det framtida energisystemet, med målet att ta fram ett antal explorativa scenarier som kan visa tänkbara utvecklingsvägar utifrån olika strategiska val och prioriteringar. Utredningen tog namnet "Energisystemet efter 2020".

Innehållet i denna delrapport har tagits fram inom utredningen, främst som ett underlag till scenarioarbetet, som kommer att utgöra utredningens huvudresultat. I delrapporten beskrivs olika synsätt och perspektiv på ett antal frågor som är viktiga för energisystemets utveckling. Syftet är inte att återge myndighetens egna ståndpunkter i frågorna, utan att beskriva olika perspektiv som bryts mot varandra i debatten, och vilka argument som används för och emot olika vägval.

Underlagstexter till delrapporten har tagits fram av ett stort antal medarbetare på myndigheten. Texterna har sedan sammanställts till en sammanhållen delrapport av utredningens projektledare och ytterligare några få projektmedlemmar. Styrgrupp för arbetet har varit myndighetens ledningsgrupp.

Eskilstuna februari 2015

Erik Brandsma

Generaldirektör

Mattias Haraldsson

Projektledare

Camilla Hållén

Delprojektledare

Innehåll

1	Inledning	7
2	Energihushållning	9
2.1	Minskad energianvändning i absoluta tal eller minskad energiintensitet?	10
2.2	Hur mycket energibesparing krävs?	12
2.3	Är olika typer av energi lika viktiga att hushålla med?	16
2.4	Beteende- och livsstilsförändringar	18
3	Kraftsystemet	23
3.1	Hur kan framtidens kraftsystem balanseras?	24
3.2	Kommer det att byggas ny kärnkraft?	31
3.3	Produceras framtidens el av mikroproducenter?	35
4	Transportsektorn	38
4.1	På vilket sätt bör transportsektorns energianvändning minska?	39
4.2	Hur ska energiförsörjningen till transportsektorn se ut i framtiden?	44
5	Bioenergi	53
5.1	Bioenergi och hållbarhet	53
5.2	Vad bör biomassan användas till?	62
6	Olika aktörers roller i omställningen	75
6.1	Den offentliga sektorns roll	76
6.2	Privata vinstdrivande aktörers roll	80
6.3	Privata icke vinstdrivande aktörers roll	82
6.4	Hur förändras rollerna med en mer ambitiös nationell omställningspolitik?	83
7	Slutord	85

1 Inledning

Under 2013 tog Energimyndigheten initiativ till en egen utredning kring tänkbara utvecklingar för Sveriges energisystem. Anledningen var att myndigheten såg många osäkerheter och vägval kopplade till energisystemets framtid, samtidigt som det krävs handlingskraft om vi ska uppnå visionen om en hållbar och resurseffektiv energiförsörjning samt nettonollutsläpp av växthusgaser till 2050. Till detta kommer att den svenska debatten om energisystemets utveckling ofta sker på ett polariserat och fragmenterat sätt och utifrån låsta positioner. För att bidra till en mer konstruktiv diskussion, och för att undersöka tänkbara vägar framåt, beslutade myndigheten därför att göra ett antal långsiktiga scenarier över det svenska energisystemets utveckling efter år 2020 och fram mot 2050. Scenarierna ska inte försöka förutsäga den mest sannolika utvecklingen, och inte heller visa hur man kan uppnå 2050-målet (eller andra mål). Istället ska scenarierna visa på flera olika möjliga utvecklingsvägar, beroende på hur omvärlden förändras och vilka prioriteringar som energisystemets aktörer gör.

Inför framtagandet av scenarierna har myndigheten arbetat med att identifiera och beskriva viktiga vägval och utmaningar för energisystemets utveckling. Denna rapport beskriver några sådana vägval och utmaningar och är tänkt att fungera som ett underlag för scenarioarbetet. Innehållet i rapporten ska inte ses som ett slutresultat från utredningen, utan utgör ett steg på vägen mot framtagandet av scenarier.

I texterna om vägvalen och utmaningarna har vi valt att beskriva olika synsätt och perspektiv och försökt göra detta på ett så nyanserat sätt som möjligt. Vi beskriver också olika argument som lyfts fram i debatten och vilka för- och nackdelar man ser med olika vägval och alternativ. Delrapporten levererar inga färdiga svar utan utgör istället ett diskussionsunderlag. Slutresultatet av utredningen kommer att presenteras i form av scenarier, och konsekvensbedömningar av dessa, under 2015.

I delrapporten har vi medvetet avstått från att lyfta fram myndighetens egna bedömningar och ställningstaganden för att de olika synsätten som finns i debatten ska kunna beskrivas tydligare. I många av frågorna har dock myndigheten egna ståndpunkter, som grundar sig i den forskning som vi finansierar och de analyser som vi fortlöpande gör. Dessa ståndpunkter presenteras i andra rapporter från myndigheten.

I delrapporten tar vi upp följande ämnesområden:

- Energihushållning
- Kraftsystemet
- Transportsektorn

- Bioenergi
- Olika aktörers roller och ansvar i omställningen av energisystemet

Vi ser att det inom dessa områden finns frågor som är viktiga för omställningen av energisystemet, men där det inte råder konsensus om den mest lämpliga vägen framåt. Vi ser att det behövs mer breda, öppna och konstruktiva diskussioner om dessa frågor för att komma framåt i omställningsarbetet. Förhoppningsvis kan denna delrapport bidra till en sådan diskussion genom att väcka tankar och ge några nya infallsvinklar.

Vi vill påpeka att kapitlens olika längd inte säger något om frågornas inbördes vikt. Vi har dessutom identifierat flera andra viktiga framtidsfrågor för energisystemet som vi dock inte tar upp i denna delrapport. Exempel på sådana frågor är:

- Hur kan industrisektorn, och det svenska näringslivet i övrigt, komma att se ut i ett framtida hållbart energisystem? Frågan inbegriper allt från hur användningen av fossila bränslen i befintlig tung industri kan fasas ut till hur nya affärsmodeller, nya gröna produkter och ökad integration mellan olika industrigrenar kan bidra till ett klimat- och energieffektivare näringsliv.
- Vilken roll kan CCS komma att spela i det framtida energisystemet, och vilka möjligheter och svårigheter är tekniken förknippad med?
- Om värmebehovet minskar i bebyggelsen framöver, pga mer effektiva byggnader, vad innebär det för tillförselsidan i energisystemet? Hur påverkas t.ex. avfallsförbränningens utveckling, förutsättningarna för storskalig produktion av biodrivmedel (där anläggningarna behöver avsättning för överskottsvärme för att få lönsamhet) och elproduktionen i kraftvärmeverk?

Särskilt frågan om industrins och övriga näringslivets utveckling ser vi som mycket betydelsefull för omställningen till ett hållbart energisystem, och vi har för avsikt att arbeta vidare med en beskrivning av det området.

2 Energihushållning

Energieffektivisering¹ framhålls ofta som avgörande för omställningen till ett långsiktigt hållbart energisystem. Till exempel konstaterar IPCC² i sin senaste utvärdering av kunskapsläget kring klimatförändringarna³ att “Efficiency enhancements and behavioural changes, in order to reduce energy demand compared to baseline scenarios without compromising development, are a key mitigation strategy in scenarios reaching atmospheric CO₂eq concentrations of about 450 or 500 ppm by 2100”. Även IEA⁴ och Nordic Energy Research (NER) bedömer i sin studie Nordic Energy Technology Perspectives⁵ att energieffektivisering “is the firstorder priority for policy makers” för att åstadkomma ett hållbart energisystem. IEA/NER menar att energieffektivisering på kort sikt är den åtgärdskategori som måste leverera de största utsläppsminskningarna, och att regeringarna i de nordiska länderna måste agera för att realisera potentialen i – och säkerställa den långsiktiga varaktigheten av – förbättrad energieffektivitet, om omställningen till ett klimatneutralt energisystem ska lyckas.

IEA pekar också på de många positiva övriga effekterna av energieffektivisering, utöver den direkta effekten att spara energiresurser⁶. Några av de möjliga positiva effekter som nämns är:

På individnivå

- Bättre hälsa
- Bättre privatekonomi
- Bättre tillgång till nödvändiga energitjänster

På sektorsnivå

- Bättre industriell produktivitet och konkurrenskraft
- Att energibolagen kan erbjuda sina kunder bättre energitjänster
- Högre fastighetsvärden

¹ Energieffektivisering innebär att energianvändningen minskar utan att nyttan av användningen minskar eller omvänt att mer nytta erhålls utan att energianvändningen ökar. Energihushållning, ett bredare begrepp som också förekommer i rapporten, avser utöver effektiviseringar även åtgärder där energianvändningen minskar och nyttonivån samtidigt sjunker. I princip är detta detsamma som minskad energianvändning.

² Intergovernmental Panel of Climate Change (FN:s klimatpanel).

³ IPCC (2014). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.*

⁴ International Energy Agency.

⁵ IEA/NER (2013). *Nordic Energy Technology Perspectives.* OECD/IEA.

⁶ IEA (2014). *Capturing the Multiple Benefits of Energy Efficiency.* OECD/IEA.

På nationell nivå

- Jobbskapande
- Lägre energirelaterade offentliga utgifter
- Förbättrad energisäkerhet
- Positiva makroekonomiska effekter

På internationell nivå

- Minskade växthusgasutsläpp
- Lägre globala energipriser
- Minskat tryck på globala naturresurser
- Bättre förutsättningar att nå uppsatta mål om social och ekonomisk utveckling i fattiga länder

Även regeringen Reinfeldt 2006-2014 lyfte fram energieffektiviseringsnyttor som inte bara handlar om klimat och miljö; i energipropositionen från 2008 sa att ”ett effektivt utnyttjande av resurser, inklusive energi, utgör grunden för ekonomisk tillväxt och en hållbar utveckling”⁷. Även Svenskt Näringsliv är inne på samma linje när de i en rapport säger att ”Effektiv användning av energi och andra resurser är en viktig grundbult för konkurrenskraft inom näringslivet. Energi och resurser kostar pengar och därför är det självklart att dessa ska utnyttjas effektivt”⁸.

Det finns en bred samstämmighet om nyttan och behovet av en effektivare energianvändning, om vi ska uppnå ett hållbart energisystem och samhälle. Men vid en djupare analys uppstår ett antal frågor kring hur begreppet ska tolkas, och hur effektiviseringarna ska genomföras.

Många av de meningsskiljaktigheter som finns grundar sig i att energihushållning kan ha skilda syften – att minska klimat- och miljöpåverkan, att hushålla med knappa energiresurser, att öka företags konkurrenskraft och främja tillväxt, eller att minska energikostnaderna för privatpersoner. I följande avsnitt redogörs för vilka argument som förs fram i debatten.

2.1 Minskad energianvändning i absoluta tal eller minskad energiintensitet?

En fråga som ofta ställs är om energianvändningen bör minska i absoluta eller relativa termer. Är det mest relevant att fokusera på energianvändningen totalt sett

⁷ Prop. 2008/09:163.

⁸ Maria Sunér Fleming och Maria Thomtén (2012). *Ökad energieffektivitet i näringslivet – ett idédokument. Tio förslag för ökad energieffektivitet i näringslivet*. Svenskt Näringsliv.

eller är det mängden producerad nytta⁹ per kilowattimme (d.v.s. energiintensiteten) som är mest intressant? Svaret beror i hög grad på vilket syftet är. Om syftet i första hand är att t.ex. öka konkurrenskraften¹⁰ hos enskilda företag, eller öka privatpersoners tillgång till energitjänster¹¹ (eller bara minska deras energikostnader), så är minskad energiintensitet det relevanta måttet. I detta sammanhang ses minskad energiintensitet (på makronivå) ofta som en motor för tillväxt och nya jobb, eftersom samhället kan producera och konsumera mer varor och tjänster med de resurser som frigörs i effektiviseringen¹². Att sätta ett absolut tak för energianvändningen ses som problematiskt eftersom man menar att det skulle hämma möjligheterna till tillväxt och ökad sysselsättning. Särskilt för industrisektorns del ses ett energiintensitetsmål som mer relevant än ett mål om absoluta energiminskningar, eftersom det förra säger något om huruvida den svenska industrisektorn blir bättre på att använda mindre energi för samma mängd producerad vara. Skarpa krav på minskad energianvändning bedöms också i vissa fall kunna leda till att energiintensiva företag flyttar sin tillverkning utomlands, och använder samma mängd energi där istället. För transporter och byggnader är läget ett annat, eftersom dessa sektorer är mer platsbundna.

Om fokus istället är minskad klimat- och miljöpåverkan eller minskat tryck på naturresurser (inklusive lättillgänglig energi av hög kvalitet), så är det den totala energianvändningsnivån som är relevant eftersom det är den som ger effekt på miljön/klimatet. Påverkan på miljön/klimatet blir ju densamma oavsett hur stor nytta – t.ex. producerade enheter i en fabrik – som man får ut av varje

⁹ Frågan är också hur ”nytta” mäts. Många energiintensitetsmål utgår från BNP, vilket ibland kritiserats utifrån att man inte anser att tillväxt (dvs ökad BNP) självklart är synonymt med ökad nytta – man menar att nyttan beror på vad tillväxten består av, och att det är bättre att ha mer specifika intensitetsmått (t.ex. kilowattimmar per ton producerat stål inom industrisektorn, eller liter drivmedel per 100 km inom transportsektorn).

¹⁰ Tanken här är att ett företags ekonomiska konkurrenskraft kan förbättras genom att företaget har så låga energikostnader som möjligt per förädlingsvärde eller som andel av de totala kostnaderna. För ett enskilt företag är det svårt att göra någon åt energipriserna, däremot kan de i de flesta fall påverka sina energikostnader genom att minska sin energianvändning. Viktigt att påpeka är att energikostnader bara är en flera olika insatskostnader som ett företag har, och att konkurrenskraften för företaget påverkas av ytterligare faktorer, såsom kvaliteten på dess produkter, växelkurser, och i vilken mån konkurrerande företag lyckas sänka *sina* kostnader. Ett faktum är att ökad konkurrenskraft är ett motiv som företag och branscher ofta själva framhåller som ett motiv för att genomföra energieffektiviseringsåtgärder. Resonemang kring kopplingen mellan energieffektivisering och konkurrenskraft finns t.ex. i Patrik Thollander et.al (2013). *Beyond barriers - A case study on driving forces for improved energy efficiency in the foundry industries in Finland, France, Germany, Italy, Poland, Spain, and Sweden*. Applied Energy (111), 636-643, och även i Maria Sunér Fleming och Maria Thomtén (2012). *Ökad energieffektivitet i näringslivet – ett idédokument. Tio förslag för ökad energieffektivitet i näringslivet*. Svenskt Näringsliv.

¹¹ Här är utgångspunkten att vissa resurssvaga hushåll idag ”sitter fast” med energislukande, dåligt isolerade hus eller gamla bränsletörstiga bilar, vilket i kombination med låga inkomster gör att de inte har råd att t.ex. ha normalhög inomhustemperatur eller att transportera sig i den utsträckning de vill. Om deras energianvändning kunde effektiviseras (genom investeringar i snålare fordon, isolering av bostaden och effektivare uppvärmning etc.) skulle de få mer pengar över till nödvändiga energitjänster, och därmed bättre grundläggande livskvalitet och mindre utsatthet.

¹² Robert Ayres och Benjamin Warr (2010). *The Economic Growth Engine: How energy and work drive material prosperity*. The International Institute for Applied Systems Analysis.

kilowattimme.¹³ Här gäller dock att olika energikällor ger *olika mycket* klimat- och miljöpåverkan, och att de som innebär störst påverkan är mest prioriterade att minska användningen av – mer om det i avsnitt 2.3.

EU:s mål är att energitillförseln 2020 ska vara 20 procent lägre jämfört med den nivå som prognostiserats för detta år. Sverige har ett politiskt mål om minskad energiintensitet. En kritik som framförts mot denna målutformning är, som tidigare nämnts, att den riskerar att sätta en hämsko på den ekonomiska utvecklingen, eftersom den begränsar den mängd energi som näringslivet (och andra samhällssektorer) kan använda för att öka sin produktion¹⁴. Sverige har tolkat EU:s mål som att energiintensiteten i den svenska ekonomin minska med 20 procent till 2020 jämfört med år 2008. Målet är sektorsövergripande och avser mängden tillförd energi per BNP-enhet i fasta priser. Här fokuseras det alltså på att producera så mycket varor och tjänster som möjligt för varje använd kilowattimme. Om BNP skulle öka kraftigt till 2020, så skulle det alltså kunna innebära att målet nås trots att den totala energianvändningen ökar. Därför leder inte målet nödvändigtvis till minskad miljöpåverkan eller minskat tryck på naturresurser jämfört med dagens situation, men ger rimligen näringslivet bättre förutsättningar för ökad konkurrenskraft, eftersom de kan producera mer per insatt kilowattimme.

2.2 Hur mycket energibesparing krävs?

Nästa fråga är om och i vilken grad energianvändningen bör minska för att energisystemet ska bli hållbart, respektive hur stor del av hållbarhetsproblemen som bör lösas genom byte till andra energikällor? Här råder delade meningar. Vissa menar att vi kan tillföra så stora mängder icke-fossil energi på ett hållbart sätt att vi inte bör minska energianvändningen i absoluta termer särskilt mycket, eller kanske inte alls. Ett argument som ofta framhålls för detta är att en begränsning av energianvändningen inom t.ex. industri- och transportsektorerna skulle kunna hämma den ekonomiska tillväxten och inverka negativt på den personliga friheten för individer. Samtidigt menar dessa aktörer att ny teknik och innovation kommer att innebära stora möjligheter att utnyttja förnybara energiresurser i stor skala.

¹³ Ett annat sätt att minska klimat- och miljöpåverkan från energianvändningen är förstås att använda energislag som har lägre sådan påverkan – men då handlar det inte längre om energihushållning, utan om att byta ett visst antal kilowattimmar mot samma antal kilowattimmar från en mer hållbar källa.

¹⁴ EU-kommissionen överväger för närvarande att dela upp energieffektiviseringsmålet på olika sektorer, där transport- och industrisektorerna får ett energiintensitetsmål, medan målet för bebyggelsesektorn fortsatt ska handla om absoluta energibesparingar. Detta eftersom kopplingen mellan energianvändning och ekonomisk aktivitet bedöms vara tydligare för transporter och industri än för byggnader.

Andra menar snarare att vi bör ta fasta på att all energitillförsel innebär kostnader och miljökonsekvenser¹⁵, och att de flesta energiresurser dessutom är mer eller mindre begränsade. Det framförs också argument om att det inte är möjligt att hålla sig inom de så kallade ”planetära gränser”¹⁶ som krävs för en ekologiskt långsiktigt hållbar utveckling, om inte energianvändningen minskar totalt sett, på grund av energianvändningens påverkan på bland annat klimatet och den biologiska mångfalden. Utgångspunkten för omställningen till ett hållbart energisystem bör därför vara att minimera energianvändningen, med bibehållen välfärd. Icke-fossil energi bör därmed bara användas i den utsträckning det behövs för att täcka de kvarstående energibehoven, efter att dessa har minimerats (vilket kan ske genom effektivare teknik, beteendeförändringar, genom att behov tillgodoses på andra sätt än genom energianvändning etc.).

Om man är av denna senare åsikt, att energianvändningen bör minimeras av hållbarhetsskäl, så behöver man ta hänsyn till den så kallade rekyleffekten. Rekyleffekten innebär att energieffektiviseringsåtgärder föder ny energiefterfrågan. Man räknar med en direkt, en indirekt och en ekonomiövergripande rekyleffekt. Hur stora dessa effekter är, och hur relevanta de är i styrmedelssammanhang, råder det idag ingen konsensus om. Ett exempel på en direkt rekyleffekt är att när bilar blir bränslesnålare så tenderar vi att köra längre sträckor (och välja bilar med högre prestanda), eftersom den lägre körkostnaden per kilometer möjliggör detta¹⁷. Motsvarande effekt kan uppstå om en husägare sätter in en effektivare värmepanna i sitt hus och därför har råd att höja inomhustemperaturen eller öka den uppvärmda ytan, vilket motverkar den ursprungliga energibesparingen¹⁸. Generellt kan sägas att en mindre energiinsats betyder att kostnaden för energitjänsten blir lägre, vilket stimulerar efterfrågan på den (och därmed på den energianvändning den innebär). Det går också att räkna med indirekta rekyleffekter, som innebär att energibesparingar på ett håll frigör ekonomiska resurser som kan läggas på något annat, t.ex. att en familj sänker sina uppvärmningskostnader med hjälp av effektiviseringsåtgärder, och därmed får råd att åka på utlandssemester.

Slutligen räknar man också med ett flertal ekonomiövergripande rekyleffekter, som att lägre energiräkningar för företagen leder till lägre styckkostnader på de varor företagen producerar, vilket i sin tur stimulerar konsumtionen av dessa billigare varor. Lägre energikostnader för hushållen ger också utrymme för en allmänt högre konsumtionsnivå. I slutändan kan energieffektivisering medföra en strukturomvandling, en högre tillväxt och en förändrad energianvändning. Enligt vissa är makroekonomiska rekyleffekter av energieffektivisering till och med den

¹⁵ Se Energimyndighetens rapporter *Energimyndighetens roll i miljömålssystemet* (2011) och *Energi som miljömål* (2007) för beskrivningar av hur energitillförsel, -omvandling och -användning påverkar miljön.

¹⁶ Johan Rockström m.fl (2009). *Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity*. Ecology and Society 14(2):32.

¹⁷ Se t.ex. Annika K. Jägerbrand et.al. (2014). *Rebound effects of energy efficiency measures in the transport sector in Sweden*. VTI rapport 827A.

¹⁸ Konjunkturinstitutet (2011). *Rekyleffekten. Är energieffektivisering effektiv miljöpolitik eller långdistans i ett ekorrhjul?*

viktigaste drivkraften för ekonomisk tillväxt¹⁹ (även rekyleffekter från effektivare användning av andra insatsresurser, såsom råvaror, kapital och arbetskraft har dock betydelse). Sammanfattningar av kunskapsläget kring rekyleffekten finns bl.a. i Konjunkturinstitutets rapport ”Rekyleffekten. Är energieffektivisering effektiv miljöpolitik eller långdistans i ett ekorrhjul?” (2011) och i rapporten ”The Rebound Effect: large or small?” från American Council for an Energy Efficient Economy (ACEEE)²⁰. I sammanhanget kan nämnas att rekyleffekten inte är något problem om man har minskad energiintensitet som mål snarare än minskad total energianvändning, d.v.s. om man enbart har som syfte att öka företags konkurrenskraft och skapa nya jobb samt att ge människor bättre tillgång till energitjänster. Om man däremot vill minska klimat- och miljöpåverkan och minska trycket på naturresurser gäller det att hitta styrmedel och åtgärder som leder till så små rekyleffekter som möjligt, eller kombinera dessa med andra styrmedel som motverkar rekyleffekterna. Annars motverkas åtgärdens syfte.

Kritik mot långtgående offentliga satsningar på energihushållning framförs ibland från nationalekonomiskt håll. Kritiken utgår då från att energi prissätts på en marknad, och att eventuell resursknapphet avspeglas i priset, vilket i sin tur minskar risken för att resursen i fråga överutnyttjas. Marknaden reglerar alltså detta utan att samhället behöver gripa in. En viktig förutsättning är dock att alla positiva och negativa konsekvenser av energianvändningen avspeglas i priset så att köparen betalar den ”verkliga” kostnaden för att använda energiresursen. Så länge marknaden fungerar på detta sätt så kommer energianvändningen att ligga på en nivå som är optimal ur ett samhällsekonomiskt perspektiv och det saknas därmed anledning att införa särskilda styrmedel eller satsningar på energihushållning från offentligt håll. Ibland misslyckas marknaden med detta och då behöver samhället införa styrmedel, t.ex. i form av skatter eller utsläppshandelssystem, som rättar till misslyckandet.

Det kan också finnas andra hinder som gör att rent företags- och privatekonomiskt lönsamma energihushållningsåtgärder inte genomförs, trots att så borde vara fallet, teoretiskt sett²¹. Ett exempel är att det i vissa fall är en annan aktör än den som står för energieffektiviseringsåtgärden som drar nytta av den resulterande besparingen, något som brukar kallas ”split incentive problem” (detta gäller t.ex. för hyresbostäder). En annan förklaring till att en lönsam energieffektiviseringsåtgärd inte genomförs kan vara att företagets ledning helt enkelt har andra frågor än energieffektivisering högre upp på sin agenda. Detta får antas bero på att sådana frågor på olika goda grunder bedöms vara viktigare lönsamhetsmässigt. Det skulle kunna vara en förklaring till att exempelvis väldigt få åkerier använder sig av verktyg för sparsam körning, trots att de bedöms kunna spara mellan 5 och 15 procent av sin bränsleanvändning (samt motsvarande kostnader). Slutligen kan nämnas att företag i regel har en begränsad

¹⁹ Robert Ayres och Benjamin Warr (2010). *The Economic Growth Engine: How energy and work drive material prosperity*. The International Institute for Applied Systems Analysis.

²⁰ Steven Nadel (2012). *The Rebound Effect: large or small?* ACEEE White Paper.

²¹ Se t.ex. Adam Jaffe och Robert Stavins. 1994. *The energy efficiency gap: what does it mean?* Energy Policy 22(10): 60-71.

investeringsbudget och att man då kan prioritera t.ex. produktutveckling snarare än energieffektivisering (även om detta ibland förstås kan gå hand i hand). Detta kan vara ett helt rationellt och medvetet beslut från företagets sida, men är likväl en orsak till att lönsamma energieffektiviseringsåtgärder inte genomförs.

Slutsatsen av ovanstående exempel är att man även för lönsamma effektiviseringsåtgärder kan behöva införa styrmedel.

Ibland hörs även röster som menar att energihushållning på vissa områden överhuvudtaget inte innebär någon betydande nytta för samhället, och därför inte bör finansieras av samhället genom t.ex. investeringsbidrag eller liknande. Detta anses t.ex. gälla om den energi som sparas är av förnybart ursprung och tillgången inte kan betraktas som knapp. Ett exempel kan vara uppvärmning med hjälp av berg-, luft- och solvärme eller, i vissa fall, spillvärme från industrier. Minskning av sådan energianvändning anses inte med lätthet kunna kopplas ihop med minskad klimatpåverkan, eller minskat tryck på naturresurser. Mot detta argument står att det finns många andra nyttor²² med energihushållning som kan motivera att hushålla med energin även i dessa fall. I fallet med spillvärme bör man också ta i beaktande att industriprocesser kan komma att bli mer effektiva i framtiden, så att utbudet av spillvärme minskar (t.ex. genom att överskottsvärme används i någon annan del av anläggningens produktion), och därmed inte kan förväntas utgöra ett billigt och lättillgängligt uppvärmningsalternativ för all framtid.

Hur mycket vi i Sverige ska hushålla med tillgängliga energiresurser beror också på vilken systemgräns man utgår från. I Sverige har vi ovanligt goda naturgeografiska förutsättningar för att producera förnybar, hållbar el och dito biobränslen. Vi har t.ex. goda förutsättningar för vatten- och vindkraft, och stor potential för produktion av skogsbränslen. Dessutom har vi, liksom alla andra länder, möjlighet att importera t.ex. biobränslen som uppfyller gällande hållbarhetskriterier. Av detta är det möjligt att dra slutsatsen att vi inte behöver vidta så kraftfulla energieffektiviseringsåtgärder – vi har ju förnybar, hållbar energi att tillgå. Ett annat sätt att se på saken är att de samlade globala förnybara energiresurserna bör användas så att de ger optimal nytta ur klimat- och hållbarhetssynpunkt på global nivå. I så fall bör vi i Sverige använda våra energiresurser effektivt och inte intecknar energiresurser som skulle få större hållbarhetsnytta om de kunde användas på andra håll. Med detta synsätt kan även en överdriven användning av bioenergi eller förnybar el som uppfyller hållbarhetskriterier vara ohållbar, när man ser till att resursen i fråga kunde ha använts någon annanstans i det globala energisystemet med större nytta.

Ett globalt synsätt på energiresurserna innebär också enligt vissa att mer utvecklade länder bör hushålla med energin (inklusive förnybar sådan) för att mindre utvecklade länder ska ges möjlighet till en ökad levnadsstandard på ett hållbart sätt. En fjärdedel av jordens befolkning stod år 2009 för tre fjärdedelar av världens energianvändning²³.

²² IEA (2014). *Capturing the Multiple Benefits of Energy Efficiency*. OECD/IEA.

²³ Energimyndigheten (2009). *Energihushållning – ett medel för flera samhällsmål*. Energiutblick nr 2.

2.3 Är olika typer av energi lika viktiga att hushålla med?

Beroende på vilket huvudsakligt syfte²⁴ som finns med energihushållningen, går det att ge olika svar på frågan i rubriken.

Om det huvudsakliga syftet är att minska klimat- och miljöpåverkan, så prioriterar man rimligen att minska sådan energianvändning som ger upphov till störst negativa externa klimat- och miljöeffekter. Det skulle innebära att användning av t.ex. olja från tjärsand är mer prioriterad att minska än konventionell olja, och att användning av el som framställts från kol är mer prioriterad att minska än el som framställts från solenergi. Prioriteringarna är inte alltid självklara, eftersom en viss energikälla kan vara fördelaktig ur t.ex. klimatsynpunkt, medan en annan är fördelaktig för den biologiska mångfalden.

Om det huvudsakliga syftet snarare är att minska den egna energiräkningen, så är det i första hand relevant att minska användningen av köpt energi. Dyra energiformer (d.v.s. med högre priser per kWh i konsumentled) är då viktigare att spara in på än billiga. Med detta synsätt kan man se t.ex. installation av värmepumpar i byggnader som en energieffektiviseringsåtgärd eftersom behovet av köpt energi minskar (även om byggnaden fortfarande har samma totala behov av tillförd energi – gratis eller ej).

Om det huvudsakliga syftet med energihushållningen är att spara på knappa energiresurser, så prioriteras ofta att minska användningen av energi med hög s.k. primärenergifaktor. Detta eftersom det är användningen av primärenergi som avgör hur mycket av jordens resurser som tas i anspråk²⁵. Primärenergi är den energi som finns i olika typer av bränslen och andra naturresurser och som inte har omvandlats av människan. Exempel är råolja, kol, skogsbränslen, sol och vind. Denna primärenergi kan sedan omvandlas till t ex drivmedel, fjärrvärme eller el. Längs kedjan från primär energikälla till slutanvändning krävs tillkommande energi för utvinning, transporter, bearbetning, distribution etc. Dessutom sker värmeförluster i varje omvandlingssteg. För varje slutanvänd kWh har det alltså gått åt en ännu större mängd primärenergi. Förhållandet mellan tillförseln av primärenergi och hur mycket nyttig energi man får ut kallas för primärenergifaktor. Den ingående primärenergin divideras med den utgående nyttiga energin. Om en slutlig elanvändning på 100 MWh kräver 250 MWh i primärenergi blir primärenergifaktorn 2,5. Vid prioritering mellan olika energihushållningsåtgärder bör, om huvudsyftet är att minska trycket på naturens energiresurser, de åtgärder som leder till störst primärenergibesparingar väljas. Ett problem med att använda primärenergifaktorer som ett generellt prioriteringsverktyg är att alla primärenergikällor inte är lika knappa – det kan rimligen inte ses som ett lika stort problem, ur *resurshushållningssynpunkt*, att

²⁴ Det huvudsakliga syftet kan vara att minska klimat- och miljöpåverkan, att hushålla med knappa energiresurser, att öka företags konkurrenskraft och främja tillväxt, eller att minska energikostnaderna för privatpersoner – eller en kombination av dessa.

²⁵ Energieffektiviseringsutredningen (2008). *Vägen till ett energieffektivare Sverige*. SOU 2008:110.

använda stora mängder solenergi som att använda stora mängder av en mer knapp resurs som t.ex. olja. Bland de åtgärder som leder till störst primärenergibesparingar behöver man därför göra en bedömning av vilka åtgärder som leder till minskad användning av primärenergikällor som är ändliga och/eller finns i begränsad omfattning.

I många fall finns ingen konflikt mellan ambitionen att minska miljö- och klimatpåverkan respektive att hushålla med energiresurser. Ibland kan dock målkonflikter uppstå. Biodrivmedel har exempelvis generellt sett högre primärenergifaktor än bensin och diesel, men i de allra flesta fall har de också betydligt bättre klimatprestanda. Konventionell olja är en resurs som kräver relativt små energiinsatser för att utvinnas och raffineras till bland annat drivmedel. Att ersätta ett sådant drivmedel med en produkt som tillverkas från en förnybar råvara, som kräver större energiinsatser i sin framställningskedja, utan att öka användningen av energiresurser är mycket svårt. Det betyder inte att inte det går att motivera användningen av förnybara drivmedel ur ett sammantaget hållbarhetsperspektiv, men det visar att primärenergi- och klimatprestanda inte alltid går hand i hand. För att minimera målkonflikten är det viktigt att de förnybara drivmedel som introduceras har en så hög energieffektivitet som möjligt ur ett livscykelperspektiv.

I de flesta fall leder minskad energianvändning i slutanvändarledet även till minskad primärenergianvändning. Det finns dock fall där primärenergianvändningen faktiskt kan öka. Ett exempel: om man i ett hus byter från en vedeldad panna till en mer effektiv pelletspanna, så minskar slutanvändningen av energi – men ur ett helhetsperspektiv kan energianvändningen öka, om produktionen av pellets i pelletsfabriken kräver mer energi än vad som sparas in vid förbränningen. Detta visar på vikten av att tillämpa ett systemperspektiv på energihushållning.

I vissa fall går det att hävda att primärenergifaktorn för ett visst energislag är mindre än 1. Detta gäller t.ex. vid användning av energi i form av restprodukter och avfall från andra processer. Ett exempel är fjärrvärme som baseras på spillvärme från industrier, eller på förbränning av avfall. I det fallet anser man inte att någon primärenergi tillförts inkom i syfte att framställa fjärrvärme, utan den "ursprungliga" primärenergin har istället utvunnits för att driva industriprocesser och framställa varor. Primärenergianvändningen allokeras därför till industriprocesserna och de resulterande produkterna. Att göra fjärrvärme av den spillvärme som uppstår innebär att man utnyttjar förluster som annars inte skulle blivit nyttiggjorda, och den enda primärenergin som tillkommer är den som krävs för att pumpa fjärrvärmevattnet genom distributionsnätet. Även vid förbränning av avfall räknar man ofta med att stora delar av avfallet inte har någon möjlig alternativ användning, och att energiutvinning från avfallet därmed innebär att man utnyttjar en förlust som annars inte skulle blivit nyttiggjord. Ibland argumenteras för att det inte är meningsfullt att minska/effektivisera användningen av energi som har bedöms ha en primärenergifaktor nära noll, eftersom energin inte ger upphov till något extra uttag av primära energiresurser. En invändning mot detta är att ur ett långsiktigt perspektiv så är t.ex. inte

spillvärme nödvändigtvis en oundviklig restprodukt som bara ”går upp i rök”, utan industriprocesser och –teknik kan utvecklas så att mindre spillvärme uppstår, och så att den som trots allt uppstår nyttiggörs i någon annan del av anläggningen (eller av någon intilliggande industri). Samma resonemang kan föras för avfall – på lång sikt kan man genom olika åtgärder lyckas minska uppkomsten av avfall, eller nyttiggöra avfallet genom ökad återanvändning och materialåtervinning. Det innebär i så fall att inte heller avfall bör ses som ett oundvikligt spill på lång sikt. Med ett sådant perspektiv är det relevant att minska användningen även av energi med låg primärenergifaktor, för att inte upprätthålla en energiefterfrågan som motverkar strukturella effektiviseringar uppströms av industriproduktion och avfallssystem. Detta gäller särskilt vid investeringar och åtgärder som har lång livslängd, t.ex. byggnader – under en byggnads livslängd kan energisystemet och samhällsstrukturen förändras många gånger om, varför man i t.ex. den statliga utredningen ”Vägen till ett energieffektivare Sverige²⁶” argumenterade för att byggnader alltid ska uppföras med hög energiprestanda.

Ovanstående resonemang har främst rört vilka energislag som är viktigast att hushålla med. Det går dock också att hävda att energihushållning är olika viktigt vid olika tidpunkter. T.ex. kan det vara mer angeläget att minska användningen av el och fjärrvärme vid höglasttimmar, för att undvika att behöva koppla in spetskapacitet, som ofta är fossilbaserad (eller för att undvika obalans i elnätet).

En annan variant av rubrikens fråga är: ”är energianvändningen i olika delar av en produkts livscykel lika viktiga att minska”? Många produkter – från personbilar till tv-apparater till byggnader – kräver allt mindre energi när de används. Det krävs dock fortfarande energi för att tillverka dessa produkter – ibland t.o.m. mer än vad som krävdes för en äldre produkt som drar mer energi i användningsfasen. För att veta om den nya tekniken innebär en energieffektivisering totalt sett, så måste man se till produktens hela livscykel. Ett annat sätt att uttrycka detta är att en ökad total energianvändning i industrisektorn kan vara motiverad, om energin går åt till att producera energisnåla och/eller långlivade produkter som ger en nettoenergiesparning i ett livscykelperspektiv. Ett exempel är den svenska tillverkningen av höghållfast stål, som kan vara mer energikrävande än tillverkning av standardstål, men som i användarledet leder till större energibesparingar genom att man kan göra produkter (t.ex. fordon) med lägre vikt och/eller längre livslängd.

2.4 Beteende- och livsstilsförändringar

Ovanstående diskussion har handlat om huruvida energianvändningen bör minska, och i så fall hur mycket. En annan frågeställning rör *på vilket sätt* energianvändningen bör minska. Energianvändningen påverkas av flera faktorer, bl.a. av befolkningens mängd och inkomstnivå²⁷, hur inkomsterna spenderas (t.ex.

²⁶ SOU 2008:110.

²⁷ Se t.ex. Jonas Nässén m.fl. (2009). *The effect of work hours on energy use: A micro-analysis of time and income effects*. ECEEE proceedings: summer study 2009.

hur stor del som läggs på energitjänster, eller på varor som krävt energi vid tillverkningen) samt hur effektiv den teknik man använder är.

Att hushålla med energin genom att begränsa befolkningmängden eller inkomstnivåerna brukar inte betraktas som en framkomlig väg och behovet av effektivare teknik ifrågasätts sällan, men i vilken mån behövs t.ex. beteende- och livsstilsförändringar? Mycket energiteknik (t.ex. fordon, byggnader, industrianläggningar) har lång livslängd, varför det tar lång tid för ny energieffektiv teknik att få genomslag. Ändrade beteenden kan åtminstone teoretiskt få snabbare genomslag även om det tar en viss tid även att ändra vanor. Beteendeförändringar kräver oftast inte heller några dyra investeringar²⁸, vilket för att det kan vara ett billigare sätt att minska energianvändningen jämfört med enbart tekniska åtgärder.

Beteende- och livsstilsförändringar i energihushållningssammanhang omfattar olika typer av handlingar – allt från att tillämpa eco-driving och släcka lampor i tomma rum, till att duscha kortare tid och sänka inomhustemperaturen och vidare till att ändra boende-, kost-, rese- och konsumtionsvanor på ett mer genomgripande sätt.

I Naturvårdsverkets rapport ”Tvågradersmålet i sikte?”²⁹ och i slutrapporten³⁰ från klimatforskningsprogrammet LETS 2050 bedöms ny teknik och satsning på förnybara energislag inte vara tillräckligt för att nå klimatmålen år 2050, utan det krävs även beteende- och livsstilsförändringar. Även IPCC:s senaste utvärderingsrapport anger att beteende- och livsstilsförändringar är viktiga för att minska energianvändningen och koldioxidutsläppen, särskilt om det sker i samband med strukturella förändringar och tillämpning av ny teknik³¹. Ett exempel är att de boende behöver bete sig ”rätt” för att låg/nollenergihus faktiskt ska kräva så lite energitillförsel som beräknat. På motsvarande sätt behöver det finnas understödjande tekniska lösningar för större beteende- och livsstilsförändringar. Ett exempel är att det krävs en ändamålsenlig fysisk planering av bebyggelse och transportinfrastruktur för att människor ska kunna minska sitt bilåkande, till förmån för ökat cyklande och kollektivtrafiknyttjande. Det råder alltså inte vattentäta skott mellan tekniska effektiviseringar och beteendeförändringar, utan i många fall behöver de samverka för att få avsedd effekt.

²⁸ Om byten till ny, mer effektiv teknik ses som en beteendeförändring, så innebär det dock förstas investeringar, som kan vara dyra.

²⁹ Jonas Åkerman, Karolina Isaksson, Jessica Johansson och Leif Hedberg (2007). *Tvågradersmålet i sikte? Scenarier för det svenska energi- och transportsystemet till år 2050*. Naturvårdsverket.

³⁰ Lars J Nilsson, Jamil Khan, Fredrik NG Andersson, Mikael Klintman, Roger Hildingsson, Annica Kronsell, Fredrik Pettersson, Henrik Pålsson och Nora Smedby (2013). *I ljuset av framtiden. Styrning mot nollutsläpp år 2050*. Klimatforskningsprogrammet LETS 2050 vid Lunds universitet.

³¹ IPCC (2014). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.

En fråga som ofta lyfts är huruvida energihushållande beteende- och livsstilsförändringar kan innebära minskad nytta och livskvalitet för individen. Här finns olika uppfattningar. Att minska sin energianvändning genom vissa typer av beteendeförändringar, t.ex. att duscha kortare, minska sitt resande eller sänka inomhustemperaturen anses av vissa inte påverka nyttan, medan andra upplever det som en standardsänkning. Ibland kan energihushållande beteenden ge positiva bieffekter, t.ex. i form av bättre hälsa (om man går och cyklar istället för att ta bilen) eller mer social interaktion (genom s.k. gemensam konsumtion³²). I så fall skulle dessa fördelar, helt eller delvis, kunna väga upp den eventuellt minskade nyttan. Om man utgår från att beteende- och livsstilsförändringar är nödvändiga för att uppnå ett hållbart energisystem, är nästa fråga hur dessa förändringar kan komma till stånd. En fråga är *vem* som ska initiera och driva igenom de önskade beteende- och livsstilsförändringarna, samt bestämma vilka beteendeförändringar som bör ske. Beteendeförändringar kan drivas på från det offentliga sida via olika typer av styrmedel, men också ske på initiativ från individen själv.

Många menar att det är orealistiskt att förlita sig på stora frivilliga livsstils- och beteendeförändringar. Det är inte säkert att tillräckligt många är intresserade av att ändra livsstil eftersom andra drivkrafter än minskad energianvändning kan vara starka. Exempelvis är social status och materiella attribut viktigt för många och traditioner, kultur och vanor gör att beteenden förändras långsamt. Beteenden kan dock ändras genom förskjutningar av sociala normer och värdegrunder. I slutrapporten från forskningsprogrammet LETS 2050³³ beskrivs detta på följande sätt: "Det är lätt att uppleva nuvarande sociala normer som fasta eller till och med cementerade. Men om vi tänker ett par eller tre decennier tillbaka, blir det tydligt hur normerna förändrats på en rad områden. Barnaga, nedskräpning, rökning på offentliga platser, tomgångskörning, sexistiskt språk eller utebliven källsortering, är bara några spridda företeelser där den dominanta samhällsnormen ändrats avsevärt ... Här bör vi omedelbart slå håll på myten att all normförändring följer en mänsklig grundläggande drivkraft i riktning mot bekvämlighet, habegär eller annan hedonism, vilket skulle vara människors eller samhällets grundläggande mål och drivkraft". Det är svårt att bedöma hur de sociala normerna kan komma att förändras. En möjlighet är att normerna förskjuts mot att leva mer hållbart, samtidigt som social status erhålls på andra sätt än genom materiella attribut. Det kan dock lika gärna ske förändringar i andra riktningar.

Istället för att förlita sig på frivilliga beteendeförändringar, kan man tänka sig att staten (eller andra offentliga aktörer) inför styrning i syfte att åstadkomma beteende- och livsstilsförändringar. En invändning mot detta är att det kan vara problematiskt ur demokratisk synpunkt och att människor uppfattar det som oacceptabla begränsningar av den individuella friheten. Beteendeförändringar kan

³² Gemensam konsumtion (eng. collaborative consumption) går kortfattat ut på att skaffa sig tillgänglighet till varor, tjänster och funktioner genom att låna, hyra eller samäga dessa istället för att äga dem själv. Se t.ex. Rachel Botsman och Roo Rogers (2010). *What's Mine Is Yours: The Rise of Collaborative Consumption*.

³³ Lunds universitet (2013), I ljuset av framtiden – Styrning mot nollutsläpp år 2050, Klimatforskningsprogrammet LETS 2050 vid Lunds universitet

dock främjas på andra sätt än genom tvingande krav. Ett exempel är s.k. ”nudging”. En nudge (”puff” på svenska) leder till ett förändrat beslut vid en valsituation utan att man tar bort andra valmöjligheter och utan att man ändrar priser. Detta åstadkoms genom genomtänkta och väl presenterade policys och alternativ. Genom att minska storleken på tallrikarna i frukostbuffén kan svinnet minskas, genom att placera cykelställ direkt framför företagets entré kan medarbetarnas cyklande öka etc. Man gör det helt enkelt lätt och lockande att välja ”rätt”.

Ytterligare en möjlig metod för att åstadkomma beteendeförändringar är att använda sig av genomtänkt feedback, d.v.s. att individen får direkt återkoppling när han/hon använder energi, t.ex. via displayer som visar elförbrukning i bostaden. Dessa kan då ge synliggöra energianvändningen, ge information om besparingar och sätta energianvändningen i relation till tidigare användning eller till jämförbara hushålls användning. Något annat som kan öka medvetenheten om den egna energianvändningen är egen elproduktion, t.ex. via solceller eller småskalig vindkraft. Offentliga aktörer kan också försöka påverka människors beteende via information. I det sammanhanget bör dock påpekas att kunskap inte alltid leder till förändring.

Ytterligare en faktor som behöver beaktas vid införande av styrmedel som syftar till ett energieffektivare beteende är vilka fördelningseffekter de kan få. Ett sätt att ge människor incitament att spara energi är att höja skatterna på, eller på andra sätt fördyra, el- och bränsleanvändning. Ett potentiellt problem med detta är att vissa grupper kan ha svårare att minska sin energianvändning. Ett exempel är glesbygdsbor, som oftast inte har möjlighet att byta från bil till kollektivtrafik om drivmedelspriserna går upp. Om dessa personer samtidigt har en ansträngd privatekonomi riskerar de att hamna i energifattigdom. Här gäller det att utforma styrmedlen på ett sätt så att de inte missgynnar utsatta grupper. En annan aspekt av detta är att energi som används för ”lyxkonsumtion” kan anses vara mer motiverad att minska, än energi som används för att tillfredsställa grundläggande behov³⁴. En sådan syn reflekteras t.ex. i vissa länders system med högre skatter per kWh för energianvändning över en viss nivå per person/hushåll³⁵. På så sätt riktas energihushållningskraven i första hand mot hushåll/personer med hög energianvändningsnivå. Detta synsätt kan även appliceras på global nivå; för de delar av jordens befolkning som idag inte har tillgång till grundläggande energitjänster behöver energianvändningen med största sannolikhet öka för att åstadkomma en acceptabel välfärdsnivå, medan energianvändningen i de delar av världen som har högst energianvändning per capita bör minska om vi ska hålla oss inom de gränser som krävs för långsiktig hållbarhet och en jämlik resursfördelning.

³⁴ Vad som kan ses som lyxkonsumtion respektive grundläggande behov är dock förstås inte självklart, utan varierar mellan individer och grupper i samhället

³⁵ I Europa används detta system bland annat i Italien, Grekland och några länder i Östeuropa. Frankrike, Belgien och Spanien har diskuterat att införa systemet.

Slutligen kan nämnas att nya affärsmodeller i näringslivet kan innebära en effektivare, eller lägre, energianvändning utan att privatpersoner behöver ta hela ansvaret. Ett exempel är att fjärrvärmeföretag skulle kunna sälja tjänsten ”21 graders inomhustemperatur” snarare än antal kWh värme. Ett annat exempel kan vara att företag hyr ut varor (t.ex. mobiltelefoner eller bilar) istället för att sälja dem. På så sätt ökar incitamenten för näringslivet att energihushålla både på tillförsel- och användarsidan, samt att tillverka produkter med större livslängd (vilket leder till lägre energianvändning i tillverkningsledet).

3 Kraftsystemet

Det svenska kraftsystemet står idag inför stora förändringar, både när det gäller nätets infrastruktur och anläggningar för elproduktion. Detta beror dels på att stora delar av kraftsystemet byggdes under mitten av 1900-talet och nu har ett behov av stora återinvesteringar, och dels på att nya omvärldsfaktorer påverkar energipolitiken.

Den globala medvetenheten om klimatfrågan och koldioxidutsläppen från fossil elproduktion, tillsammans med en önskan att minska beroendet av elimport från andra länder, har internationellt medfört en stor utveckling av förnybara alternativ. En utmaning med elproduktion från vissa förnybara energiresurser, såsom vind och sol, är att resursen varierar utifrån yttre förutsättningar, främst beroende på väder samt dygns- och säsongscyklar. All förnybar elproduktion med dessa egenskaper kallas för *variabel förnybar elproduktion*, till skillnad från exempelvis storskalig vattenkraft som också är förnybar, men har förmåga att lagra sin resurs för att använda den vid en lämplig tidpunkt.

I Sverige och Norden, liksom i många andra länder i världen, växer andelen variabel förnybar el. I Sverige har den installerade vindkrafteffekten fördubblats på tre år och vindkraftproduktionen var under år 2013 nästan 10 TWh. Även mängden solceller ökar kraftigt i Sverige, om än från mycket låga nivåer. En av drivkrafterna för denna utbyggnad är sedan 2003 det svenska elcertifikatsystemet, som 2012 blev gemensamt med Norge. Inom ramen för elcertifikatsystemet har även annan förnybar elproduktion som biokraftvärme och småskalig vattenkraft byggts ut. Kraftbalansen har stärkts ytterligare genom flera effekthöjningar i de svenska kärnkraftverken, och de senaste tre åren har Sverige nettoexporterat el.

Att det årliga utbudet av svensk elproduktion är större än landets elanvändning avspeglas på elmarknaden genom låga elpriser. Detta sätter press på många av marknadens aktörer, speciellt de som inte kan välja när deras kraftverk ska producera, som kärnkraft, vindkraft och solkraft. Även kraftvärme, som i stor utsträckning styrs utifrån värmebehovet, kan påverkas av de låga elpriserna. Någon uppgång i elpriserna förväntas inte de närmsta åren då elproduktionen i Norden kommer att fortsätta byggas ut. Det är först när de äldsta kärnkraftverken tas ur drift, eller annan kraft konkurreras ut, som den tillgängliga effekten minskar och priserna på marknaden förväntas stiga.

Situationen är densamma i övriga Europa. Produktion med höga driftkostnader, som gaskraft, konkurreras ut när mycket förnybar produktion med låga rörliga kostnader tas i drift. En diskussion pågår därför i flera länder om att införa så kallade kapacitetsmarknader, som innebär att vissa produktionsanläggningar får betalt för att vara tillgängliga vid de tillfällen då övrig tillgänglig produktion inte räcker till. Införandet av regleringar av detta slag skulle kunna påverka handeln med el över gränserna negativt. Detta visar erfarenheter bl.a. från den minskade handeln mellan Finland och Ryssland efter införandet av en kapacitetsmarknad i

Ryssland³⁶. Samtidigt strävar EU-kommissionen efter en gemensam europeisk elmarknad, och de närmaste åren kommer gemensamma regler att införas när det gäller anslutning till nät, drift av nät och marknadsfunktioner. Nationella kapacitetsmarknader kan skapa svårigheter i strävan att uppnå en sådan gemensam europeisk elmarknad.

Den framtida effektsituationen i Sverige påverkas bland annat av kärnkraftens utveckling. Kärnkraften utgör en fjärdedel av den totala installerade effekten i Sverige och bidrar med hög tillgänglighet under vintern när elanvändningen är som högst. Dagens tio reaktorer togs i drift mellan 1972 och 1985 och även om moderniseringar görs och livslängden förlängs så kommer de till slut att vara uttjänta. Livslängden är inte förutbestämd, och så länge det är tillåtet och anses vara lönsamt att investera i livstidsförlängande åtgärder och moderniseringar så kommer det antagligen att göras. De kärnkraftsägande bolagen har tidigare aviserat att de kan driva de befintliga kärnkraftverken tills de är ca 50-60 år gamla, vilket de kommer att vara mellan 2022 och 2045. Samtidigt påverkas den ekonomiska livslängden av framtida elpriser och kommande säkerhetskrav, vilka är betydelsefulla faktorer för när reaktorerna kan komma att tas ur drift. Samtidigt finns idag möjlighet för aktörer på marknaden att bygga nya ersättningsreaktorer om det anses lönsamt, men inga beslut om detta är ännu fattade.

Det pågår även ett annat skifte i kraftsystemet. Centraliserad produktion som ägs av stora energibolag utmanas av småskaliga mikroproduktionsanläggningar. Hur elproduktionsmixen ser ut i framtiden kommer i hög grad bero på marknaden och dess aktörer, i kombination med utvecklingen av politiska styrmedel.

I detta kapitel resonerar vi kring olika möjliga utvecklingsvägar för kraftsystemet.

3.1 Hur kan framtidens kraftsystem balanseras?

Det unika med elsystemet, till skillnad från andra energisystem, är att elen inte lagras i näten för att förbrukas när behov uppstår, utan att det måste vara ständig balans mellan produktion och konsumtion. Balansen upprätthålls idag med hjälp av elmarknaden, prognoser och flexibla kraftresurser. Tillförseln av en ökande andel variabel elproduktion tillför en ny osäkerhet i systemet. Även tillförselsidan behöver nu prognostiseras korrekt för att en balans ska kunna uppnås. Eftersom prognoserna till marknaden idag görs 12-36 timmar i förväg, ställs höga krav på bra prognosverktyg samt på att aktörerna tar ansvar och justerar sin prognos för att uppnå hög noggrannhet.

En studie³⁷ från 2013 pekar på tre huvudsakliga utmaningar för kraftsystemet och elmarknaden när det gäller införandet av stora mängder variabel förnybar el:

³⁶ Elforsk (2014). *En elmarknad i förändring*.

³⁷ NEPP (2013). *Beskrivning av de konkreta utmaningar som det svenska elnätet står inför med anledning av den pågående omställningen av energisystemet*. Rapport till Samordningsrådet för smarta elnät.

- Hur hanteras den kontinuerliga balanshållningen efter introduktionen av variabel förnybar elproduktion?
- Hur dimensioneras systemet så att det är leveranssäkert även de timmar då variabel produktion ger ett litet tillskott men efterfrågan på el är hög?
- Hur dimensioneras systemet så att timmar med stort bidrag från variabel produktion och samtidig låg efterfrågan inte leder till instängd produktion och negativa priser?

Alla dessa tre utmaningar handlar om att skapa balans mellan produktion och konsumtion. IEA lyfter i en rapport³⁸ fram flexibiliteten som en av de viktigaste delarna i framtidens kraftsystem om en stor andel variabel förnybar elproduktion ska integreras. Flexibiliteten i Norden består idag främst av flexibel produktion, men det finns även en ökande andel av flexibel användning, både i effektreserven och på reglermarknaden. Marknadernas regler är idag bäst anpassade för de stora produktionsanläggningarna, och olika åtgärder diskuteras därför för att underlätta även för mindre producenter och användare att kunna bidra med flexibilitet. Svenska kraftnät, som är systemansvariga för det svenska stamnätet, har studerat³⁹ vad effekterna blir om vindkraft motsvarande en normalårsproduktion på 17 TWh (7000 MW installerad effekt) integreras i det svenska elsystemet. Enligt studien ökar behovet av resurser för regleringar med 600 MW jämfört med idag, samtidigt som det konstateras att studien borde utökas till att omfatta hela Norden för att ge en bättre bild av behovet för vårt gemensamma kraftsystem.

3.1.1 Flexibel produktion

I NEPP:s⁴⁰ rapport ”Reglering av ett framtida svenskt kraftsystem” (2014) beskrivs hur regleringen av kraftsystemet idag fungerar, vilket är viktigt för förståelsen för de utmaningar vi står inför.

I Sverige finns idag lite drygt två tusen vattenkraftverk, och hos de tvåhundra största vattenkraftsanläggningarna finns goda förutsättningar att reglera produktionen utifrån efterfrågan. Att vattenkraften ska miljöanpassas för att bättre leva upp till EU:s ramdirektiv om en god ekologisk status i alla vattendrag, har ifrågasatts ur ett klimatperspektiv. Detta eftersom de föreslagna åtgärderna i Vattenverksamhetsutredningen⁴¹ förväntas påverka vattenkraftverkens effekt och reglerförmåga. Energimyndigheten har därför tillsammans med Havs- och vattenmyndigheten tagit fram en gemensam strategi för vattenkraften⁴². Bedömningen är att miljö kvalitetsmål kan uppnås på nationell nivå utan att väsentligt påverka vattenkraftens roll i energisystemet och förmågan att nå

³⁸ International Energy Agency, IEA (2014). *The Power of Transformation*.

³⁹ Svenska Kraftnät (2013). *Integrering av vindkraft*.

⁴⁰ NEPP står för North European Power Perspectives, och är ett forskningsprogram som studerar frågor som rör utvecklingen av elsystemet och elmarknaden.

⁴¹ SOU 2013:69. *Ny tid ny prövning – förslag till ändrade vattenrättsliga regler*

⁴² Energimyndigheten och Havs- och vattenmyndigheten (2014). *Strategi för åtgärder i vattenkraften. Avvägning mellan energimål och miljö kvalitetsmålet Levande sjöar och vattendrag*. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2014:14.

klimatmålen. Förslaget innebär att högst 2,3 procent av vattenkraftens nuvarande årsproduktion under ett normalår (1,5 TWh) får tas i anspråk för miljöförbättrande åtgärder.

Vattenkraftens möjlighet att i större grad användas som reglerkraft behöver utredas närmare. Ett ökat behov av reglering behöver nämligen inte betyda utbyggnad av ny produktion, utan istället kan den befintliga flexibla produktionen i högre grad användas för reglering⁴³. I ett system med hög andel variabel elproduktion antas det bli vanligare att vattenkraften kör på min- eller maxnivå jämfört med dagens situation. Hur stor tålighet anläggningarna har för ökad belastning och nya körsätt skulle behöva utredas⁴⁴. Möjligheten att förändra körsättet kan också begränsas av de nya miljökraven på vattenkraften⁴⁵. Samtidigt finns det aktörer som ser nya möjligheter att använda vattenkraften som reglerresurs. Med hjälp av en pump kan vattnet pumpas tillbaka upp i dammen och användas ännu en gång.⁴⁶

Förutom vattenkraft finns det flera andra produktionskällor som har möjlighet att bidra med flexibilitet. Gaskraftverk, kraftvärmeverk och industriellt mottryck har turbiner som på kort tid kan öka eller minska sin produktion. För kraftvärmeverk och industriellt mottryck styrs elproduktionen idag ofta utifrån värmebehov eller industriella processer varför möjligheten till reglering är mer begränsad jämfört med ett gaskraftverk. Produktionen i ett kraftvärmeverk måste dock egentligen inte följa värmebehovet så som sker idag, utan man kan tänka sig att kraftvärmeverken i framtiden producerar el när det behövs, även om det inte finns ett samtidigt värmebehov, och att överskottsvärmen lagras på dygns- och säsongsbasis och sedan används i fjärrvärmenätet när värmebehov uppstår. För detta krävs dock att lagringsutrymmen i form av t.ex. berggrum eller borrhål byggs ut. Även kärnkraft förekommer som reglerkälla i andra länder, t.ex. utnyttjas kärnkraften i Frankrike rutinemässigt för att följa efterfrågan. Från början var det tänkt att även de svenska kärnkraftverken under den senare delen av sin livslängd skulle användas för lastföljning, det vill säga långsam reglering på dygns- och veckobasis⁴⁷. Lönsamheten minskar dock, i likhet med andra kraftslag, i och med att man inte låter kraftverken producera för fullt.

Behovet av flexibilitet för att reglera förnybar produktion har också lett till en teknisk utveckling av vindkraftverkens styrsystem. Genom att vrida bladen på turbinen har vindkraftverk möjlighet att fånga olika mycket vind vilket används för att optimera produktionen, men det kan även användas för att uppnå balans i systemet. Ett EU-demonstrationsprojekt⁴⁸ i Spanien har visat att vindkraftverken kan användas för snabb reglering där styrsignaler skickas var fjärde sekund. En

⁴³ Lennart Söder (2014). *På väg mot en elförsörjning baserad på enbart förnybar el i Sverige: En studie om kraftsystemets balansering version 4.0*. Kungliga Tekniska Högskolan.

⁴⁴ Elforsk och Svenskt Vattenkraftcentrum (2010). *Utvecklingsbehov inom reglerkraftsområdet ur ett vattenkraftperspektiv*. Elforsk rapport 10:11. 2010.

⁴⁵ <http://www.second-opinion.se/energi/view/2876>

⁴⁶ <http://www.second-opinion.se/energi/view/2880>

⁴⁷ Elforsk (2012). *Lastföljning i kärnkraftverk*. Elforsk rapport 12:08.

⁴⁸ TWENTIES project (2013). *Final report*.

nackdel med att använda vindkraft för flexibilitet är att vindresursen spills. För andra kraftslag kan bränslet sparas och utnyttjas vid en senare tidpunkt och då ge intäkter. Detta medför att reglering med vindkraft kräver högre ekonomiska incitament än för annan produktion. Ändå kan det vara viktigt för vindkraft, och även solkraft, att i ett framtida elsystem erbjuda flexibilitet för att på så sätt möjliggöra ett mer effektivt nyttjande av nätinfrastrukturen.

3.1.2 Energilager

Vattenkraftsdammar utgör i princip ett energilager eftersom vattnet i dammarna kan omvandlas till el vid valfri tidpunkt. Här avses dock sådana energilager som använder el när de laddas upp. Energilager skulle kunna användas för att jämna ut variationerna i tillförseln från variabel förnybar elproduktion. Med hjälp av lagring kan överskott av el sparas för att användas vid ett senare tillfälle. Energilager är något som allt fler länder nu intresserar sig för som ett sätt att hantera den höga andelen variabel förnybar el. Det finns flera olika tekniker för lagring, vilka kan delas in i två övergripande grupper. Dels kan lagring användas för att möjliggöra en senare användning av el, genom användning av exempelvis batterier, pumpkraftverk, tryckluft eller svänghjul. Dels kan lagring innebära att elenergi flyttas till ett annat energisystem för användning där, såsom ett fjärrvärmenät eller gasnät. Den stora nackdelen med lagring är att det ännu inte är konkurrenskraftigt rent ekonomiskt, det beror förutom på den relativa energieffektiviteten också på investeringskostnaden och på nuvarande skatteregler. Lagring, i likhet med annan flexibilitet, är i behov av prisskillnader på elmarknaden så att el kan lagras vid överproduktion och låga elpriser för att sedan säljas till elmarknaden eller annan energimarknad till ett högre pris vid ett senare tillfälle. En utveckling av elmarknaden med andra regleringar och incitament skulle kunna förändra förutsättningarna för energilager om det anses intressant och nödvändigt.

I Sverige finns idag endast ett fåtal mindre pumpkraftverk kvar då tidigare dålig lönsamhet gjort att flera anläggningar för pumpning har lagts ner. Tekniken är mer vanligt förekommande i områdena kring Alperna samt i USA, Kina och Japan. I Sverige pågår också en förstudie kring att testa tekniken Power-to-gas⁴⁹, och i samband med diskussioner om smarta nät framförs ofta idén om att utnyttja en framtida elbilsflotta för storskalig lagring av el. Om 60 procent av personbilarna, 25 procent av fjärrlastbilar och landsvägsbussar samt alla distributionslastbilar år 2050 skulle drivas på el skulle vägtrafikens elförbrukning bli drygt 10 TWh. Det kan därför på sikt finnas en potential att använda elbilar som reglerresurs, genom att deras batterier laddas vid elöverskott och urladdas när behov av mer effekt uppstår⁵⁰. Det finns emellertid en betydande nackdel med att använda bilbatterier för storskalig lagring då upprepade laddcykler ger ett slitage

⁴⁹ Power-to-gas är en teknik som går ut på att använda överskottsel för att tillverka gas, som sedan kan lagras och användas när behov uppstår.

⁵⁰ Svensk Vindenergi (2013). *På väg mot ett förnybart elsystem*.

på batterierna som innebär en värdeminskning för bilägarna⁵¹. En mer trolig utveckling är därför att elbilar kan användas som en styrbar last, där bilarna laddas vid en för elsystemet lämplig tidpunkt men inte utnyttjas för att föra tillbaka energin till nätet igen⁵². På samma sätt skulle eldriven värmeproduktion hos hushåll kunna användas som styrbar last och kapa effekttoppar⁵³.

3.1.3 Överföring

Ökad överföringskapacitet är, precis som lagring, en möjlig väg för att hantera överproduktion från variabel förnybar el. El från platser med goda vind- och solresurser behöver kunna transporteras till andra områden med hög konsumtion, eftersom produktionen inte kan placeras fritt på samma sätt. Den förnybara produktionen är också ofta småskalig vilket gör att den kopplas direkt mot lokala och regionala nät. Det finns därför ett behov av en översyn och utveckling av såväl stamnätet som regional- och lokalnät. Eftersom många av dessa ledningar byggdes under mitten av förra århundrandet, finns det även ett stort behov av reinvesteringar. Att i samband med reinvesteringarna utvärdera alternativ med smarta nättekniker och anpassningar av näten för mer variabel förnybar el skulle ge dubbel nytta. Energimarknadsinspektionen tar nu fram incitament som ska styra mot smart nätutveckling, effektivt utnyttjande av näten och att samtidigt möjliggöra för förnybar energi.

Den situation Sverige befinner sig i just nu innebär en hög produktion av el i norr och en stor konsumtion av el i söder. En stor utbyggnad av landbaserad vindkraft i de norra delarna, som är den utveckling vi ser idag, skulle ytterligare belasta förbindelserna söderut genom landet. En kapacitetsökning eller ny ledning planeras⁵⁴ av Svenska kraftnät innan 2025 för att förebygga att produktionen blir instängd och skapar lokalt låga elpriser. Samtidigt ser flera företag en möjlighet i att placera elintensiv verksamhet, som t.ex. serverhallar, i norra Sverige för att få tillgång till både kyla och billig el. Även med ny överföringskapacitet finns ett överskott på el vilket ger långsiktigt förmånliga elpriser. Men enligt beräkningar från KTH⁵⁵ skulle en fortsatt kraftig utbyggnad av vindkraft, som till stor del sker i norr, på sikt kunna öka behovet av överföring söderut mer än den planerade ledningen. Samhällsekonomiskt skulle det kanske då vara mer lönsamt att bygga ut elnätet till havs i södra Sverige för att möjliggöra havsbaserade parker nära konsumtionen än att bekosta ännu större förstärkningar från norr till söder.

Kapacitet behövs inte bara inom landet. De senaste tre åren har Sverige exporterat mycket el över gränserna. En stor del av exporten har gått till Finland, men Sverige är även sammankopplat med Danmark, Norge, Tyskland, Polen och snart

⁵¹ NEPP (2013). *Översiktlig bedömning av teknikutveckling och tillämpning inom nyckelområden som ställer nya krav på att elnäten utvecklas – elfordon, vindkraft, solceller och energilagring.*

⁵² Lennart Söder (2010). *Möjligheterna att balansera vindkraftens variationer.* Kungliga Tekniska Högskolan

⁵³ Elforsk (2014). *En elmarknad i förändring.*

⁵⁴ Svenska Kraftnät (2013). *Perspektivplan 2025 - en utvecklingsplan för det svenska stamnätet.*

⁵⁵ Lennart Söder (2014). *På väg mot en elförsörjning baserad på enbart förnybar el i Sverige: En studie om kraftsystemets balansering version 4.0.* Kungliga Tekniska Högskolan.

Litauen. När Finlands nya reaktor tas i drift finns enligt Svenska kraftnät en risk för att produktionen blir instängd i Sverige och Norge om inte nya förbindelser till utlandet byggs. Flera politiker har de senaste åren talat om nya utlandsförbindelser och att satsa på el som exportvara. Sveriges koldioxidsnåla elproduktionsmix skulle på kontinenten kunna ersätta mer kolintensiv produktion. Nya förbindelser medför även ökad kapacitet in i landet. En ökad handel med el mellan allt fler länder underlättar integreringen av en hög andel förnybar el eftersom den geografiska spridningen jämnar ut produktionstoppar och -dalar. Sverige har även ett starkt näringsliv inom området, som kan bidra med nödvändig teknik. T.ex. menar ABB att ny likströmsteknik skulle kunna underlätta integreringen av mer förnybar el genom att bidra med högre kapacitet, bättre kontrollmöjligheter och lägre förluster i överföringen⁵⁶.

3.1.4 Flexibel användning

Flexibla användare kan också bidra till balansering och för att klara av effekttoppar då tillförseln av el inte räcker till. Rörligt elpris återspeglar lasten i nätet och industri och andra elkonsumenter med timdebitering har möjlighet att reagera på prissignaler från marknaden och sänka eller senarelägga sin förbrukning. För industrin finns det redan idag goda förutsättningar för effektstyrning, bara pristopporna på marknaden är tillräckligt höga för att motivera det produktionsbortfall som blir innebörden av en effektreduktion. Effektstyrning är lämpligt främst för industriella processer med naturlig värmetröghet, eller i industri där man inte omgående behöver leverera till kund⁵⁷. Tidvis höga elpriser för hushållen har historiskt visat sig vara en politiskt svår fråga eftersom elavändarna även är väljare och elräkningen redan idag är en stor utgiftspost i vissa hushåll⁵⁸.

Ett sätt att minska känsligheten för prisvariationer är att även privatpersoner flyttar sin förbrukning från de dyraste timmarna. Med hjälp av feedback från smarta elmätare och ”Home Energy Management”-teknik kan användare och/eller producenter förskjuta eller minska elanvändningen för att undvika lasttoppar då priset är högt. Lastförflyttning kan dock upplevas som ett intrång i den privata sfären (t.ex. för att tekniken innebär insamling av information om dina användarvanor) och det kan anses obekvämt att förskjuta sitt användande som i regel samspekar med andra praktiker i hushållet – exempelvis måltider och tvätt är ju beroende av andra aspekter som påverkar val av tidpunkt, vilket sammantaget kan leda till begränsade resultat⁵⁹. Studier gjorda på dagens låga elpriser visar också att de små prisskillnaderna gör att laststyrning idag enbart kan ge en förtjänst på ca 150-200 kronor per år för ett vanligt hushåll⁶⁰. Lönsamheten kan

⁵⁶ <http://www.abb.com/industries/se/9aac30100013.aspx>

⁵⁷ Johan Linnarsson (2013). *Efterfrågeflexibilitet*. Power point-presentation från Sweco. http://www.swedishsmartgrid.se/wp-content/files_mf/1382622735NEPP.pdf

⁵⁸ Energimyndigheten (2014). *Ett aktörsperspektiv på energianvändningen*. ER 2014:07.

⁵⁹ Sarah Darby (2010). *Smart metering: what potential for household engagement?* Building Research and Information, 38(5): 442-457.

⁶⁰ Joakim Widén (2013). *Evaluating the benefits of a solar home energy management system: impacts on photovoltaic power production value and grid interaction*. ECEEE Summer study proceedings 5A-237-13.

givetvis förändras med tiden, men utmaningen med att motivera ett förändrat beteende kvarstår⁶¹. Även andra incitament utöver de rent ekonomiska skulle förmodligen behöva användas för att motivera ett förändrat beteende. En annan möjlig väg är att istället låta hushållsutrustning med ”smart” teknik automatiskt styra sin förbrukning till lämpliga tillfällen. Produkter skulle inom ett behagligt komfortintervall av inomhus- eller kylskåpstemperatur enkelt kunna styra mot pris, koldioxidhalt eller frekvens.

Risken med automatisk styrning mot pris är att alla produkter reagerar på samma sätt utifrån elbörsens prissignaler och istället skapar nya effekttoppar men vid en annan tidpunkt. Felaktigt implementerad kan efterfrågefleksibilitet därför snarare stjälpa än hjälpa systemet (om elmarknaden i övrigt fungerar som idag). Enligt slutsatserna från Elforsks program Market Design⁶² finns en brytpunkt vid 100 000 aktiva kunder, där systemet vid fler aktiva kunder kräver att efterfrågefleksibiliteten kommer med i prisbildningen för att ge systemnytta. Det är därför viktigt att en diskussion inleds om hur elmarknaden skulle kunna utvecklas för att dra nytta av den resurs som efterfrågefleksibiliteten erbjuder. Samtidigt kommer en priskoppling av flexibilitet på sikt att resultera i minskade prisvariationer på elmarknaden, vilket kan minska motivationen att vara med och bidra. Aktiva kunder behöver på sikt kanske andra belönande incitament för att bidra med flexibel elanvändning. Incitamenten behöver inte nödvändigtvis vara ekonomiska, utan skulle även kunna handla om en ökad förståelse för hur systemet fungerar och att man vill bidra till att det ska fungera bättre. Om acceptansen finns hos konsumenterna skulle smarta produkter kunna styra direkt mot frekvensen och kontinuerligt bidra till att upprätthålla balansen. En styrning mot frekvens skulle vara effektivare än att styra mot priset eftersom den ger direkta signaler om situationen i systemet. Efterfrågefleksibilitet och smart teknik är områden under utveckling och där det finns en potential för nya lösningar som kan göra Sverige till en konkurrenskraftig exportör av miljöteknik.

3.1.5 Avslutning

Att balansera framtidens kraftsystem är en utmaning som kan mötas med flera olika strategier. Flexibel produktion, energilager, ökad överföring och flexibla användare är alla möjliga vägar, och troligtvis kommer en kombination av flera tekniker att behövas. För att möjliggöra en utveckling av balanseringstekniker är prisernas variationer, elmarknadens utveckling och styrmedel avgörande. Det krävs även fler utredningar och en fördjupad diskussion mellan fler aktörer. En erfarenhet som projektet Smart Grid Gotland lyfter fram är svårigheten att göra satsningar på förnybart och smarta tekniker tillsammans. Den avskiljning som gjordes mellan nätbolag och elhandelsbolag har försvårat samarbetet och mycket tid i projektet gick åt till att skriva avtal.

⁶¹ Energimarknadsinspektionen (2014). *En elmarknad i förändring - Är kundernas flexibilitet till salu eller ens verklig?*

⁶² Elforsk (2014). *En elmarknad i förändring.*

Eftersom det i hög grad är förnybar produktion som ökar behovet av flexibilitet, lyfter en ny rapport från IEA⁶³ fram systemvänlig förnybar elproduktion som en möjlig framtidsutveckling. Genom att låta den förnybara elen bidra till sin egen systemintegration, går det att minska de övergripande systemkostnaderna samtidigt som man erhåller alla de fördelar som förnybar elproduktion ger. Systemvänlig förnybar elproduktion kan åstadkommas genom att elproduktion byggs ut i samklang med nätinfrastrukturen och att en väl avvägd geografisk spridning samt flera olika typer av förnybar el utnyttjas för att få en större utjämning av produktionstoppar. Rapporten framhåller även vikten av att förnybar elproduktion tillhandahåller systemtjänster såsom flexibilitet samt att elproduktionstekniken i sig själv anpassas för att få en mer utjämnad effektkurva, exempelvis genom att anpassa vindkraftsturbiner till att ge en större del av elproduktionen vid lägre vindhastigheter.

Sveriges och Nordens möjligheter till flexibilitet är unika i ett globalt perspektiv. Vattenkraften bidrar med stor kapacitet till låga priser vilket skapar en efterfrågan från övriga Europa. Om Sverige och Norden ska satsa på export av reglerkraft behöver elnäten förstärkas och integreras allt mer. Samtidigt ökar den variabla förnybara elproduktionen även här vilket skapar ett större eget behov av dessa resurser. Att få användarna att bli mer flexibla kommer att vara en stor utmaning som kräver enklare och tydligare kommunikation från energibranschen, samt en elmarknad som gör det möjligt att bidra med nya balanslösningar.

3.2 Kommer det att byggas ny kärnkraft?

Sverige står inför ett vägval när det gäller att bygga ny kärnkraft. Sommaren 2010 fattade riksdagen beslut om att förbudet att uppföra reaktorer i Sverige skulle upphävas och att nya reaktorer ska kunna byggas, utan krav på installerad effekt, på befintliga anläggningsplatser.

Då flera äldre reaktorer har betydligt lägre effekt än vad nya reaktorer normalt sett har så skulle nya reaktorer med största sannolikhet innebära en ökning i installerad effekt och elproduktion. Allt mellan tio nya och inga reaktorer är möjligt, även om det intressanta inte är antalet reaktorer utan den totala effekten. Detta medför flera möjliga utvecklingsvägar för kraftsystemet. De som framförallt kan påverka utvecklingen är politiker, främst på nationell nivå, de eventuella investerarna i ersättningsreaktorer och den allmänna opinionen. Samtidigt finns det frågetecken kring om det är lönsamt att investera i ny kärnkraft. Kärnkraft har relativt låga driftskostnader men höga investeringskostnader.

Elpriserna kommer troligtvis att förändras i takt med att bl.a. export och import ökar, ny flexibel produktion tillkommer och befintliga reaktorer fasas ur systemet. Dessutom har det beslutats att ägare till kärnkraftsreaktorer ska bli obegränsat skadeståndsskyldiga vid kärnkraftsolyckor samt att inga statliga subventioner kommer att ges. Signaler från ägarna tyder på att tre reaktorer kommer vara stängda innan år 2025. Samtidigt kan ny kärnkraft stå på plats tidigast 2027, och

⁶³ International Energy Agency, IEA (2014). *The Power of Transformation*.

den kraftiga utbyggnaden av annan kraftproduktion gör att behovet av kärnkraft inte är lika stort som tidigare. I EU har det inte färdigställts några nya reaktorer under lång tid och det pågående projektet i Finland dras med stora förseningar. De kostnadsbedömningar som finns för att bygga kärnkraft har stor spridning men uppskattas resultera i produktionspriser högre än det rådande elpriset⁶⁴. Samtidigt sjunker kostnaderna för förnybara energislag som vind och sol kontinuerligt.

Forskning pågår kring hur använt bränsle från dagens reaktorer kan bli till nytt bränsle i fjärde generationens kärnkraftverk. Det skulle innebära att bränslet kan användas många gånger effektivare än i dagens reaktorer och ge ett betydligt större energiutbyte jämfört med dagens teknik. Avfallet är fortfarande lika farligt men behöver inte slutförvaras under lika lång tid. Det finns en gemensam ansökan från Chalmers, KTH och Uppsala Universitet om att få bygga en testanläggning för fjärde generationens kärnkraft vid Oskarshamns kärnkraftverk som regeringen ska ta ställning till. Dessutom studeras s.k. hybridreaktorer vid Uppsala universitet.

Investeringar i kärnkraft är riskfyllt också till följd av politisk osäkerhet. En studie⁶⁵ framtagen av SKGS⁶⁶ lyfter fram den politiska osäkerheten som en stor risk för investerare. En viktig förutsättning för att möjliggöra ny kärnkraft bedöms i studien vara en bred och långsiktig parlamentarisk energiöverenskommelse, som kan ge stabila och förutsägbara investeringsförhållanden.

Det som har störst inverkan på investeringskostnaden är byggtiden.⁶⁷ Tillståndsprocessen för ny kärnkraft kan ta upp mot tio år från den första ansökan tills att alla tillstånd är färdiga och det slutgiltiga investeringsbeslutet kan tas. Därefter beräknas projektiden till minst fem år. Vattenfall lämnade 2012 in en ansökan om att bygga ny kärnkraft, vilket innebär att en ny reaktor tidigast kan stå på plats år 2027. Det troliga är dock att det tar ännu längre tid. Detta innebär att oavsett om ny kärnkraft byggs eller inte så kommer elproduktionen från kärnkraften att hinna minska jämfört med dagens produktion.

Något som kan komma att påverka tidpunkten när de äldsta reaktorerna stänger är förändrade skatter och avgifter, liksom kostnader för att uppfylla strängare säkerhetskrav. Ett aktuellt exempel på det senare är det beslut om införande av system för oberoende härdkylning som fattats av Strålsäkerhetsmyndigheten⁶⁸. Oberoende härdkylning är en viktig del i flera av de nationella handlingsplaner som togs fram inom EU som ett resultat av de stresstester som genomfördes efter olyckan i Fukushima. Beslutet innehåller två steg där en övergångslösning som starkt förstärker härdkylsystemets oberoende skall vara genomförd i samtliga

⁶⁴ Ingrid Nohlgren, Solveig Herstad Svärd, Marcus Jansson och Jennie Rodin (2014). *El från nya och framtida anläggningar 2014*. Elforsk rapport 14:40.

⁶⁵ SKGS (2014). *Ny baskraft till konkurrenskraftiga priser. En rapport om huvudalternativen för ny produktionskapacitet av baskraft i det svenska elsystemet*.

⁶⁶ Skogen, Kemin, Gruvorna och Stålet. Ett samarbete mellan olika branschorganisationer kring industrins energifrågor.

⁶⁷ Energimyndigheten (2010). *Kärnkraften nu och i framtiden*. ER 2010:21.

⁶⁸ <http://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/Om-myndigheten/Aktuellt/Nyheter/Nya-villkor-for-oberoende-hardkylning-ska-hoja-reaktorsakerheten/>

svenska kärnkraftverk år 2017, och ett fast system för oberoende härdkylsystem skall vara installerat år 2020. För de reaktorer som kraftbolagen ämnar ta ur drift de närmaste åren efter 2020 kan bolagen ansöka om ändring av villkoren på kravet om den slutliga installationen. Strålsäkerhetsmyndigheten arbetar under de kommande åren även med att ta fram nya föreskrifter för att bl.a. klargöra vilka krav som skall ställas på eventuella nya reaktorer i Sverige. De krav som kommer att gälla för nya reaktorer kommer även i tillämplig utsträckning att gälla de befintliga. Svensk Energi bedömer att reaktorer kan komma att stänga ”i förtid” om kostnaderna för att möta de nya kraven blir höga i relation till dagens låga elpriser⁶⁹.

Av flera olika är det alltså osäkert om ny kärnkraft kan bli lönsam under den närmaste framtiden. En utveckling mot ett elsystem med en mindre andel kärnkraft och en större andel förnybar elproduktion är därför sannolik.

3.2.1 Alternativ till kärnkraftens systemtjänster

Kärnkraften kan emellertid inte ersättas med annan produktion utan anpassningar av kraftsystemet. Kärnkraften är till nytta för kraftsystemet genom systemtjänster som hög tillgänglighet, som innebär en trygg och stabil leverans av effekt, en stor roterande massa, svängmassa, som bidrar till systemets tröghet och motverkar snabba frekvensvariationer. Dessutom har kärnkraften möjlighet att leverera reaktiv effekt till nätet vilket kan behövas vid störningar och för att upprätthålla en hög överföringskapacitet i nätet⁷⁰. Sammantaget bidrar kärnkraften till att minska risken för stora störningar i kraftsystemet. Om inga nya reaktorer byggs kommer elsystemet att stå inför fler utmaningar än att bara klara vårt elbehov, alltså mer än att ersätta kWh med kWh. Dessa andra utmaningar handlar om att klara effekttoppar, att stabilisera elnätet för att klara frekvenshållning, att ha goda reaktiva resurser för en stabil spänning och hög överföringsförmåga samt att klara av olika typer av driftstörningar.

Det är viktigt att diskussionen om systemtjänster lyfts upp och börjar utredas mer. Idag ställs inga direkta krav på ny produktion att bidra med systemtjänster, och inte heller får befintlig produktion betalt för att tillhandahålla dem. Det europeiska regelverk⁷¹ som nu tas fram gemensamt av stamnätsoperatörerna, kommer till viss del att förändra situationen. Regelverket kommer att vara detaljerat och beräknas träda i kraft successivt under år 2015 och framåt. Krav kommer bland annat att ställas på generatorer som ansluts till nätet att bidra med olika tjänster och att klara av olika situationer. Utifrån dessa förutsättningar behöver sedan reglerna för drift och marknad säkerställa att dessa resurser utnyttjas på ett optimalt sätt.

Anledningen till att den nya produktion som nu installeras inte bidrar med systemtjänster är alltså för att det varken finns några krav eller ekonomiska

⁶⁹ <http://www.skgs.org/skgs-utredare-joran-hagglund-karnkraft-och-gaskraft-ar-de-praktiskt-mojliga-losningarna-for-ny-baskraft/>

⁷⁰ Svenska Kraftnät (2014). *Svenska kraftnäts kund- och intressentmöte 2014*.

⁷¹ <http://www.ei.se/sv/internationellt/Arbetsomraden-inom-EU/natkoder/natkoder-for-el/>

incitament att göra det. Flera studier har visat att förnybar elproduktion har möjlighet att bidra med tjänster till kraftsystemet med hjälp av IT och kraftelektronik. I en modell⁷² har vindkraften försetts med reglerstrategier såsom bladvinkelreglering, utjämning av uteffekt och varvtalsstyrning. Resultaten visar att sådana lösningar minskar vindinducerade frekvensvariationer i elnätet. Demonstrationsprojekt⁷³ har även genomförts där vindkraft har bidragit med reaktiv effekt för spänningsreglering eller som primärreglering. Det finns idag även exempel på krav att vindkraftverk ska bidra med syntetisk svängmassa för att upprätthålla driftsäkerheten. Möjligheten för förnybar elproduktion att i högre grad bidra till sin egen integration genom att bidra till bättre elkvalitet samt spänning- och frekvensstabilitet finns alltså. Samtidigt är alla förnybara energikällor beroende av tillgången på sin variabla energiresurs. Den tillgängliga effekten kan därför inte tas för given på samma sätt som hos andra produktionsanläggningar. Jämfört med landbaserad vindkraft bedöms dock havsbaserad vindkraft ha potential att leverera en mer stabilt tillgänglig effekt. En kombination av olika förnybara produktionskällor skulle också kunna öka tillgången på effekt då solel tillsammans med vindkraft minskar variabiliteten jämfört med om man bara har vindkraft. I framtiden kan också vågkraft, som har ett generellt jämnare produktionsmönster än vindkraften, komma att bidra (stor teoretisk vågkraftpotential finns t.ex. utanför Norges kust).

Det ökade inslaget av el från förnybara energikällor samt det faktum att den nuvarande effektlösningen med en upphandlad effektreserv ska fasas ut till 2020 ställer oss inför utmaningen att säkra tillgången på effekt för alla situationer. Elsystemet behöver därför på sikt kompletteras med en utveckling av produktionsflexibilitet, efterfrågefleksibilitet, energilager, nätutbyggnad eller kapacitetsmekanismer för att klara av att hantera ett elsystem baserat på en större andel förnybar energi och en mindre andel kärnkraft.

Flera aktörer menar att det enda som kan ersätta kärnkraften är ny kärnkraft eller gasturbiner. Detta eftersom det är de enda tillgängliga kraftslagen som ger en hög tillgänglighet på mellan 70 och 90 procent och bidrar direkt med de systemtjänster som ett stabilt kraftsystem behöver⁷⁴. De båda alternativen skulle också kunna vara fördelaktiga ur ett klimatperspektiv. Gasturbiner skulle i teorin kunna drivas på biogas, om gasen kan framställas i tillräckligt stor omfattning, eller möjligen med naturgas tillsammans med CCS-teknik. Nackdelen med gasturbiner om de behöver drivas på naturgas är en minskad försörjningstrygghet för Sverige då vi gör oss beroende av naturgasimport, samt ökade klimatgasutsläpp om inte CCS-teknik finns att tillgå. Det råder delade meningar om huruvida CCS-tekniken är ett realistiskt alternativ, bl.a. med tanke på acceptansfrågor och kostnader.

Nackdelar finns såklart även med ny kärnkraft. Även om själva elproduktionen vid ett kärnkraftverk inte bidrar till utsläpp av växthusgaser, så bidrar brytningen av uran med negativa miljö- och hälsoeffekter. Dessutom måste det radioaktiva

⁷² Elforsk (2012). *Frequency Controlling Windpower*. Elforsk rapport 12:43. 2012.

⁷³ TWENTIES project (2013). *Final report*.

⁷⁴ SKGS (2014). *Ny baskraft till konkurrenskraftiga priser. En rapport om huvudalternativen för ny produktionskapacitet av baskraft i det svenska elsystemet*.

avfallet hanteras och förvaras under mycket lång tid. Sverige och Finland är långt fram i sina planer på ett slutförvar men ännu finns inget bränsle i några slutförvaringslager. Enligt den metod⁷⁵ som planeras idag i så behöver det starkt radioaktiva avfallet först mellanlagras i 30-40 år för att sedan, något förenklat, kapslas in i koppar, placeras i urberget på 500 meters djup och omslutas av bentonitlera. När deponeringen är gjord så ska tunnlar och bergrum förseglas. Metoden har kritiserats⁷⁶ genom att ifrågasätta hållbarheten i lodrätt borrhål. Om sprickor uppstår och vatten kommer in kan den lera som omsluter kapseln lösas upp. Osäkerheter kring slutförvaret lyfts även av Greenpeace⁷⁷ som istället föreslår att avfallet förvaras åtkomligt med möjlighet att övervaka. En oro finns även hos allmänheten när det gäller de risker som finns för stora kärnkraftsolyckor. Även om sannolikheten för en olycka är liten skulle konsekvenserna om de skulle inträffa kunna bli väldigt stora. Radioaktiva utsläpp påverkar både människor och områden de sprids på direkt vid tiden för olyckan men även under mycket lång tid framöver. Effekter av kärnkraftsolyckorna i Harrisburg, Tjernobyl och Fukushima finns bland annat beskrivna av Strålskyddsmyndigheten i olika skrifter⁷⁸. För att säkerställa ett fortsatt fungerande elsystem krävs att vi redan nu börjar diskutera vilka systemtjänster elsystemet behöver och på vilka sätt dessa behov kan tillgodoses på ett kostnadseffektivt sätt. Möjligheterna är många och tekniken utvecklas snabbt när stora delar av världen ställer om samtidigt. Lönsamheten är viktig då en stor del av ansvaret för framtidens elsystem ligger på marknaden och dess aktörer. Samtidigt har staten ett ansvar att skapa spelregler som styr mot ett långsiktigt hållbart elsystem med hög leveranssäkerhet och som klarar av olika störningar. I sammanhanget bör påpekas att teknikutveckling och nya innovationer kan komma att förändra bedömningarna kring hur olika kraftslag behöver bidra till det framtida kraftsystemet. De senaste åren har t.ex. flera nya svenska innovationer på elproduktionssidan presenterats – bl.a. en metod för utvinning av elenergi från restvärme, och tekniker som kan öka elverkningsgraden i kraftvärmeverk. Hur dessa och andra innovationer kan spela en roll är intressant att bära med sig.

3.3 Producers framtidens el av mikroproducenter?

Tillsammans med utbyggnaden av variabel förnybar elproduktion kommer en annan fråga för framtidens elsystem. Framförallt solkraft, men även småskalig vindkraft, ansluts idag i ökande omfattning direkt till det lokala distributionsnätet och de som investerar i kapaciteten är privatpersoner, kooperativ, bostadsbolag, företag och kommuner. En helt ny aktör, mikroproducenten, tar sin plats på elmarknaden och i elsystemet. Hur vanligt förekommande mikroproduktion blir och vilka effekter det får på kraftsystemet kommer att vara viktiga frågor framöver.

⁷⁵ http://www.skb.se/Templates/Standard____14883.aspx

⁷⁶ <http://sverigesradio.se/sida/artikel.aspx?programid=406&artikel=5711527>

⁷⁷ <http://www.greenpeace.org/sweden/se/Karnkraft/Karnavfall/>

⁷⁸ <http://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/start/Karnkraft/Karnkraftsolyckan-i-Japan/Handelser/>

Globalt finns en stor potential för sole. Räknat med dagens verkningsgrad på solceller och de tillgängliga ytor som är både praktiskt och acceptabelt möjliga att använda skulle solceller kunna leverera tio gånger mer energi än vi idag använder globalt⁷⁹. Solenergin når jordens alla ytor och det årliga inflödet av solenergi är geografiskt mer jämt fördelat än tillgången på annan förnybar energi. Områden nära polerna får ungefär hälften så mycket energi som områden vid ekvatorn.

Mängden sole i Sverige ökar nu snabbt om än från en låg nivå. Under 2013 skedde i stort sett en fördubbling av den installerade solcellseffekten och antalet ansökningar till elcertifikatsystemet för soleanläggningar har ökat kraftigt. Det ökande intresset från allmänheten kan förklaras av de snabbt sjunkande priserna på solpaneler, borttagandet av avgifter för inmatning och mätarbyte, men också av att allt fler elhandelsbolag profilerar sig inom området och plockar fram produkter som riktar sig mot mikroproducenter. Erfarenheter från andra länder visar att utbyggnaden av mikroproduktion kan gå snabbt när de ekonomiska kalkylerna pekar åt rätt håll. I Sverige kan man sedan 1 januari 2015 få skattereduktion för mikroproduktion av förnybar el. Tillsammans med certifierade installatörer, kvalificerade återförsäljare och enklare helhetslösningar väntas detta driva på utvecklingen i Sverige.

En kritik som förts fram mot de tidigare förslagen på nettodebitering och skattereduktion är att det framförallt riktar sig till privatpersoner med egen egendom och inte öppnar upp för andelsäganden. Vindkraften har uppenbara skalfördelar, där större verk är betydligt effektivare än småskaliga verk. För investeringar i vindkraft kan det därför vara mer fördelaktigt att som privatperson andelsinvestera i ett storskaligt vindkraftverk än att bygga det på sin egen tomt. Även om effektiviteten är densamma för små och stora solcellsanläggningar skulle andelsägande kunna vara ett alternativ för privatpersoner som bor i lägenhet och inte äger sin egen fastighet. En boom av mikroproduktionsanläggningar ställer nya krav på elsystemet. Till exempel på att distributionsnäten ska kunna klara av dubbelriktade effektflöden och hög spänning. Spänningstoppar inträffar då den förnybara elproduktionen är hög samtidigt som elanvändningen i samma område är låg. Topparna sätter ofta en gräns för hur stor mängd elproduktion som kan anslutas till distributionsnätet. Samtidigt finns det studier⁸⁰ som pekar på att de svenska distributionsnäten kan klara av att ansluta en stor mängd solcellsanläggningar utan att få problem med elkvaliten. Genom små förändringar i hur elnäten används kan kapaciteten för mikroproduktion höjas. När det gäller transmissionsnätet har ännu inga större effekter av solkraften noterats, men en storskalig utbyggnad skulle kunna få effekt på priserna och balanshållningen i elnäten. Solcellsanläggningar producerar framförallt mitt på dagen och skulle då kunna bidra till stora effekttoppar.

⁷⁹ Björn Sandén, Linus Hammar och Fredrik Hedenus (2014). *Chapter 3: Are renewable energy resources large enough to replace non-renewable energy?* I *Systems perspectives Renewable Power 2014* (red. B. Sandén), p. 18-31, Chalmers tekniska högskola.

⁸⁰ Tobias Walla et al (2012). *Determining and increasing the hosting capacity for photovoltaics in distribution grids*. Presentation under 27th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition 6DO.12.3.

Eftersom efterfrågan på el vanligtvis ökar under dagen när industrin drar igång finns en möjlig systemmatchning, dessutom kompletterar sol och vind varandra till viss del genom att det blåser mer vid lågtryck när det inte är så soligt.

En kraftig ökning av mikroproducenter skapar också en maktförskjutning mellan de traditionella elproducenterna och deras konsumenter. När konsumenterna själva börjar producera el skapas en ny relation eftersom beroendet minskar. Samtidigt är nätet viktigt för den småskaliga mikroproducenten som behöver hjälp med utjämning. Ur ett systemperspektiv är det Svenska kraftnät som är ansvariga för att hela systemet fungerar ihop och nätägarna som ser till att leveranser sker utan elavbrott. Många små anläggningar kan tidvis bidra med mycket kraft i systemet, vilket gör att deras egenskaper inte är irrelevanta. Det kan därför finnas skäl att utöka systemansvaret så att Svenska Kraftnät även ska kunna ställa krav på små mikroanläggningar och deras bidrag till helheten. En sådan utveckling skulle eventuellt kunna förskjuta maktbalansen igen.

En ytterligare dimension av mikroproduktion är i vilken utsträckning konsumenter väljer att helt koppla bort sig från elnäten för att istället ha egen elförsörjning. Både svenska och internationella bedömare⁸¹ pekar på pristrenden för batterilösningar och menar att det i framtiden finns en risk för en sådan utveckling i USA och Europa. I Sverige har vi i dagsläget väldigt låga elpriser och värdet av att koppla ifrån sig kan därför ifrågasättas. Samtidigt pågår en trend i Australien mot mikronät där hela lokalsamhällen gör sig självständiga med förnybar energi och lagringstekniker istället för att bekosta upprustningen av långa kraftledningar⁸².

Att vara självförsörjande på el skapar också möjlighet till mer förutsägbara elkostnader. Att konsumenter kopplar bort sig från elnätet skulle kunna leda till en negativ spiral där nätavgiften fördelas på färre kunder, vilket leder till att det blir dyrare och att incitamenten att koppla ifrån ökar allt mer. Detta skulle kunna bli mer kostsamt samhällsekonomiskt än ett gemensamt system .

Idag ansluts majoriteten av solcellsanläggningarna i Sverige till elnätet och den totala mängden mikroproduktion är liten i förhållande till annan kraftproduktion. En stor ökning av andelen mikroproducenter i ett distributionsnät kan skapa vissa utmaningar men är också en möjlighet att bidra med mer produktion i närheten av konsumtionen. Mikroproduktionen skulle på sikt kunna minska förlusterna i nätet och även minska beroendet av inmatning från överliggande nät, vilket föreslås av Energimarknadsinspektionen som ekonomiska incitament till nätägarna. Det gäller att elbranschen välkomnar intresset för mikroproduktion och erbjuder smidiga anslutningar. Tillsammans med batteriteknikens utveckling kan påverka hur elsystemet utvecklas de närmaste decennierna.

⁸¹ MorganStanley (2014). *Solar Power & Energy Storage*. MorganStanley Blue Paper.

⁸² <http://reneweconomy.com.au/2014/australian-networks-see-future-of-renewables-based-micro-grids-42817>

4 Transportsektorn

Idag står transportsektorn för ungefär en tredjedel av Sveriges totala slutliga energianvändning⁸³. Inrikes dominerar vägtransporter med över 90 procent av energianvändningen, vilken i sin tur till ca 90 procent består av fossila bränslen. Det gör transportsektorn till den användarsektor i det svenska energisystemet som är mest beroende av fossila bränslen. För att transportsektorn ska bli fossilfri måste förnybar el och biodrivmedel ersätta de fossila drivmedlen. Enligt den statliga utredningen om fossilfri fordonstrafik⁸⁴ ("FFF-utredningen") är det inte rimligt att ersätta hela dagens användning av fossila drivmedel med samma mängd förnybar energi, utan det krävs åtgärder som kan dämpa energianvändningen i hela transportsektorn. Även en mängd andra studier – utförda av bl.a. Naturvårdsverket⁸⁵, Trafikverket⁸⁶, konsultbolaget Profu⁸⁷, IEA⁸⁸ och ett konsortium på uppdrag av EU-kommissionen⁸⁹ – har kommit till samma slutsats. Det finns några olika huvudtyper av åtgärder för att minska transportsektorns energianvändning:

- Åtgärder som minskar behovet av/efterfrågan på transporter. Hit hör bl.a. transport- och bebyggelseplanering, samordning av godstransporter, ruttoptimering, samåkning/bilpooler, e-handel, förändrade parkeringsnormer, IT-lösningar för resfria möten/distansarbete etc.
- Åtgärder som leder till överflyttning av trafik till mer energieffektiva trafikslag (t.ex. av persontrafik från bil till kollektivtrafik, eller av godstrafik från väg till järnväg och sjöfart). Här ingår olika typer av åtgärder som gör de mer energieffektiva trafikslagen relativt sett mer attraktiva än de mindre energieffektiva.
- Åtgärder som leder till ett mer energieffektivt framförande av fordon. Här ingår t.ex. justering av hastighetsgränser, sparsam körning och infrastrukturella åtgärder såsom vägbeläggning med mindre friktion och anpassade tidsintervaller för trafiksignaler ("grön våg").
- Tekniska åtgärder för att göra fordonen mer effektiva. Här ingår åtgärder som effektiviserar drivlinan och minskar färdmotståndet.

⁸³ Inräknat energianvändningen för utrikes flyg- och sjöfart. Se Energimyndigheten (2014). *Transportsektorns energianvändning 2013*. ES 2014:01.

⁸⁴ SOU 2013:84. *Fossilfrihet på väg*. Näringsdepartementet, 2013.

⁸⁵ Naturvårdsverket (2012). *Underlag till en färdplan för ett Sverige utan klimatutsläpp 2050*. Naturvårdsverkets rapport 6537.

⁸⁶ Trafikverket (2012). *Delrapport transporter – underlag till färdplan 2050*. Trafikverkets rapport 2012:224.

⁸⁷ Håkan Sköldberg, David Holmström och Ebba Löfblad (2013). *Roadmap för ett fossilbränsleoberoende transportsystem 2030*. Elforsk rapport 12:68.

⁸⁸ IEA (2012). *Energy Technology Perspectives. Pathways to a clean energy system*.

⁸⁹ EU-kommissionen (2011). *Vitbok. Färdplan för ett gemensamt europeiskt transportområde – ett konkurrenskraftigt och resurseffektivt transportsystem*. KOM(2011)144.

Det råder delade meningar om hur fördelningen av dessa åtgärder bör se ut. Vissa åtgärds-kategorier ses också som kontroversiella bland vissa aktörer. Detta diskuteras i första delen av detta kapitel.

Även om energianvändningen i transportsektorn minskas, så kommer det att finnas ett kvarstående energibehov som behöver tillgodoses på något – hållbart – sätt. Det finns en mängd olika uppfattningar om hur denna energiförsörjning bör se ut. Hur mycket bör vi t.ex. satsa på elektrifiering av vägar och fordon? Och när det gäller biodrivmedel, är det bäst att fasa in dessa i befintliga drivmedelssystem i form av s.k. drop in-bränslen, eller är det bättre att utforma särskilda, nya distributionssystem? Och vilka energiförsörjningslösningar är rimliga för flyget och sjöfarten? Dessa frågor diskuteras i andra delen av detta kapitel.

4.1 På vilket sätt bör transportsektorns energianvändning minska?

Det finns många sätt att minska, eller effektivisera, energianvändningen i transportsektorn. De flesta är överens om behovet av effektivare fordon, och att dessa framförs på ett mer effektivt sätt än idag (t.ex. med hjälp av sparsam körning). EU:s regler för CO₂-utsläpp från nya fordon har haft stor betydelse för att dämpa energianvändningen för persontransporter under senare år, och det finns ytterligare arbete att göra framöver för att göra alla typer av fordon än mer effektiva, och för att få konsumenterna att välja dessa fordon. Frågan är hur långt detta räcker, och i vilken utsträckning man behöver använda sig även av andra typer av åtgärder.

Många menar att behovet av/efterfrågan på transporter behöver bli lägre för att energianvändningen i transportsektorn ska kunna minska i den grad som anses nödvändig för att kunna försörja transportsektorn med enbart förnybar energi på ett hållbart sätt. Denna bedömning görs t.ex. i FFF-utredningen, i forskningsprogrammet LETS 2050⁹⁰, av Trafikverket⁹¹, av konsultbolaget Profu⁹² samt av Naturvårdsverket⁹³. Ofta används benämningen ”transportsnålt samhälle” för att beskriva hur ett sådant transportsystem skulle kunna se ut. En stor del av omställningen till ett transportsnålt samhälle handlar om att planera städer och tätorter så att avstånden mellan olika funktioner minskar, och så att möjligheterna att cykla, gå och åka kollektivt ökar. Detta kan åstadkommas genom ökad förtätning, blandning av funktioner (såsom bostäder, service och arbetsplatser),

⁹⁰ Lars J Nilsson, Jamil Khan, Fredrik NG Andersson, Mikael Klintman, Roger Hildingsson, Annica Kronsell, Fredrik Pettersson, Henrik Pålsson och Nora Smedby (2013). *I ljuset av framtiden. Styrning mot nollutsläpp år 2050*. Klimatforskningsprogrammet LETS 2050 vid Lunds universitet.

⁹¹ Trafikverket (2012). *Målbild för ett transportsystem som uppfyller klimatmål och vägen dit*. Rapport 2012:105.

⁹² Håkan Sköldberg, David Holmström och Ebba Löfblad (2013). *Roadmap för ett fossilbränsleoberoende transportsystem 2030*. Elforsk rapport 12:68.

⁹³ Jonas Åkerman, Karolina Isaksson, Jessica Johansson och Leif Hedberg (2007). *Tvågradersmålet i sikte? Scenarier för det svenska energi- och transportsystemet till år 2050*. Naturvårdsverket.

samlokalisering av ny bebyggelse med kollektivtrafik, en gatuutformning där gående och cyklister prioriteras samt genom en striktare parkeringspolicy. Förutom åtgärder som rör fysisk planering kan man också använda sig av bilpooler, e-handel, resfria möten samt lösningar för distansarbete. När det gäller godstransporter kan trafikvolymerna hållas nere genom t.ex. ökad samordning av godstransporter i städerna, ruttoptimering och ökad fyllnadsgrad i fordonen. Trafikledning och trafikinformation kan också spela en roll. Förespråkare för en övergång till ett transportsnålt samhälle lyfter ofta fram ytterligare nyttor som ett transportsnålt samhälle skulle föra med sig, utöver klimat- och energinyttan – Trafikverket menar t.ex. att transportsnåla städer kan ha större attraktionskraft för nya invånare, samtidigt som tillgänglighet, jämställdhet och social integration ökar. Med minskad biltrafik och ökad cykling och gångtrafik kommer också förbättrad luftkvalitet, minskat buller och förbättrad hälsa⁹⁴.

Det finns dock en hel del aktörer som är kritiska mot idén om att styra mot ett transportsnålt samhälle, och menar att transporter i sig tillför en avgörande nytta till samhället och att de därför inte bör begränsas. Denna ståndpunkt har t.ex. framförts från flera håll i remissvaren till FFF-utredningen. Man ser inte ett transportsnålt samhälle som eftersträvansvärt, eftersom man bedömer att det skulle inverka negativt på näringslivets konkurrensförmåga och på Sveriges ekonomiska tillväxt, samt på privatpersoners mobilitet och valfrihet. Samtidigt framhåller även dessa aktörer behovet av att hållbarhets- och klimatanpassa transportsystemet, men man menar att det bör göras genom att bekämpa själva utsläppen från trafiken, inte genom att minska volymen transporter av gods och personer.

Även på politisk nivå finns olika uppfattningar om huruvida transportvolymerna bör minska eller ej. Vissa partier menar att transporter är av grundläggande betydelse för ekonomin och samhället, och att minskad rörlighet därmed inte är något alternativ för att uppnå miljömålen. Det är inte trafiken som ska begränsas, utan dess negativa effekter i form av utsläpp och skador på miljö och hälsa. Andra partier framhåller att man vill minska behovet av transporter genom t.ex. samhällsplanering, digital kommunikation, distansarbete och effektivare logistiksystem.

Kanske är denna konflikt endast en skenbar sådan, eftersom förespråkarna för ett transportsnålt samhälle menar att trafikvolymerna och rörligheten kan minska (eller ökningen åtminstone avstanna) utan att *tillgängligheten* till olika funktioner behöver bli sämre. Rörlighet kan beskrivas som ett samlingsbegrepp för samtliga förflyttningar som sker och som sätter transporten i centrum. Man transporterar och reser dock oftast för att uppnå något annat, t.ex. att få varor på rätt plats eller kunna utföra sitt arbete. Syftet med transporten eller resan är alltså att få tillgänglighet till något; transporten är ett medel snarare än ett mål i sig. Som sägs i 2009 års transportpolitiska proposition (s.17) har transportsystemet en central del i att skapa tillgänglighet, men även IT och bebyggelsestruktur har betydelsefulla

⁹⁴ Trafikverket (2012). *Delrapport transporter – underlag till färdplan 2050*. Trafikverkets rapport 2012:224.

roller. Ökad tillgänglighet är inte automatiskt detsamma som ökad mängd resor och transporter – transporter åstadkommer bara en del (om än central) av tillgängligheten. I propositionen (s 17) definieras tillgänglighet som ”möjligheten att minimera och överbrygga geografiska avstånd för att skapa kontaktmöjligheter och närhet till nyttor och funktioner. Ett mer vardagligt uttryck för tillgänglighet är en förälders möjlighet att lämna sitt barn på skolan och att resa till arbetet, en matproducentens möjlighet att leverera sina varor till butiker i rätt tid, en affärsresenärs möjlighet att resa till ett betydelsefullt möte eller möjligheten att ha mötet på distans med hjälp av IT”. Poängen är alltså att få tillgång till nyttor och funktioner i samhället – och detta kan lösas på flera sätt än genom transporter.

När det gäller de *åtgärder* som brukar lyftas fram för att åstadkomma ett transportsnålt samhälle så ses vissa som okontroversiella även av aktörer som inte vill se minskade transportvolymerna. Exempel på sådana åtgärder är IT-lösningar för distansarbete eller samordning av godstransporter. Andra åtgärder kan dock vara mer kontroversiella, t.ex. att fördyra parkering i innerstäder, eller att inte tillåta etableringar av externa köpcentra.

4.1.1 Infrastruktur- och samhällsplanering

En skiljelinje finns dock när det gäller planering och utbyggnad av infrastruktur, och då framförallt vägar. Det traditionella planeringssättet är att först göra prognoser över trafikens utveckling, och sedan planera och bygga vägar som kan omhänderta de enligt prognosen oftast ökande trafikvolymerna. Detta anses nödvändigt för att bibehålla god tillgänglighet i transportsystemet och undvika trängsel och andra störningar. Detta s.k. ”predict-and-provide”-tänkande utmanas av vissa, som anser att man bör utgå från hur trafikarbetet behöver förändras om klimatmålen ska kunna nås – och planera infrastrukturen utifrån det. En specifik kritik man bl.a. framför är att byggande av ny infrastruktur *i sig* genererar mer trafik⁹⁵. Efterfrågan på vägtransporter påverkas av utbud på vägar (vägkapacitet) och av utbud och kostnad för alternativa transportsätt. Ökad efterfrågan på trafik som uppstår som en konsekvens av ökad kapacitet, kallas inducerad efterfrågan. Att efterfrågan på trafik påverkas av kapacitetsförändringar är välkänt bland transportforskare och svenska sakmyndigheter. Slutsatsen av detta är att det inte är möjligt att bygga bort trängsel – ökad kapacitet gör att trafiken ökar, vilket över tid motverkar syftet med själva utbyggnaden. Detta betyder inte att väginvesteringar alltid är omotiverade (vägar byggs ju av fler anledningar än att minska trängsel, t.ex. att förse nybyggda områden med vägförbindelser). Man behöver dock generellt ta hänsyn till fenomenet inducerad trafik, och undersöka om det finns andra lösningar på trängselproblem än att bygga nya vägar (t.ex. att effektivisera utnyttjandet av befintlig kapacitet via t.ex. prissättning, eller att satsa på alternativ till bilen).

Ett exempel på konkreta situationer där de olika synsätten kring planering och utbyggnad av infrastruktur ofta kommer till uttryck är byggandet av förbifarter i

⁹⁵ Se t.ex. Trafikverket (2011). *Inducerad trafikefterfrågan i dagens modeller för planering av och beslut om infrastruktur*. Rapport 2011:052. Se även Trivector Traffic (2009). *Att hantera inducerad efterfrågan på trafik*. Rapport 2009:8.

utkanten av tätorter. En sådan förbifart som är aktuell just nu är Förbifart Stockholm, där det finns olika grupper som är starkt negativa respektive positiva till den planerade utbyggnaden. Båda sidor är i princip överens om problembeskrivningen – att Stockholms infrastruktur är hårt belastad med trängsel, långa restider, luftkvalitetsproblem och klimatpåverkan som följd. Förespråkarna för Förbifarten motiverar bygget med att det kommer binda samman de norra och södra delarna av Stockholms län, avlasta Essingeleden och innerstaden samt minska sårbarheten i Stockholms trafiksystem. Man tar fasta på de trafikprognoser som har gjorts, och som förutsäger en kraftig tillväxttrafik i regionen. Genom Förbifarten (och andra infrastrukturprojekt) ska kapaciteten öka på väg- och spårnätet, vilket ska leda till att trafiken flyter bättre och att behoven av rörlighet i regionen bättre kan mötas. Förbifartens kritiker framhåller istället att den nya motorvägen kommer att ge upphov till mer trafik, vilket på längre sikt skapar ny trängsel (enligt resonemangen om inducerad trafik ovan). Den ökade trafiken leder också till ökade utsläpp av koldioxid och ökad användning av energi⁹⁶. När det gäller just Förbifarten pekar man också på att den kommer att dras fram genom tidigare delvis oexploaterade områden i stadens periferi, vilket kommer att leda till att olika verksamheter såsom detaljhandel, service för motorfordon och nya bostadsområden kommer att etableras längs Förbifarten. Att bebyggelse på detta sätt placeras utspritt (ofta kallat ”urban sprawl”), minskar möjligheterna att istället vidareutveckla mer samlade, täta och transportsnåla ”noder” (t.ex. befintliga stadsdelscentra) som ett komplement till stadskärnan. Utspriddheten gör att behovet av transporter ökar, och att kollektivtrafikens relativa attraktivitet minskar (eftersom antalet stopp med kollektivtrafiken ökar). Man ifrågasätter också tillförlitligheten i de befintliga trafikprognoserna som säger att trafiken i regionen förväntas öka kraftigt – detta eftersom vissa studier visar att personbilstrafiken i många delar av västvärlden har slutat att öka. Andra invändningar går ut på att förbifarter generellt ökar bilens attraktivitet gentemot andra färdmedel samt bidrar till utglesning, vilket ökar avstånden mellan start- och målpunkter vilket ytterligare försämrar förutsättningarna för gång-, cykel- och kollektivtrafik. Man menar också att förbifarter försämrar kollektivtrafikens konkurrenskraft i förhållande till bilen rent tidsmässigt eftersom kollektivtrafiken ofta går via centrum.

Forskarna bakom klimatforskningsprogrammet LETS 2050 talar om en ”diskursiv konflikt” när det gäller transportpolitiken och infrastrukturplaneringen, som de menar kan identifieras även inom Trafikverket, den myndighet som ansvarar för den nationella infrastrukturplaneringen. År 2012 tog Trafikverket fram ett planeringsunderlag för begränsad klimatpåverkan⁹⁷, som förespråkade en bred strategi för att kraftigt minska klimatutsläppen från persontransporter – bland de nödvändiga åtgärderna listades förutom satsningar på förnybar energi och energieffektiva fordon även transportsnål samhällsplanering, andra åtgärder för att minska transportbehovet samt överflyttning av trafik från bil till kollektivtrafik,

⁹⁶ Göran Finnveden och Jonas Åkerman (2009). *Förbifart Stockholm, miljön och klimatet – en fallstudie inom vägplaneringen*.

⁹⁷ Trafikverket (2012). *Samlat planeringsunderlag – Energieffektivisering och begränsad klimatpåverkan*. Rapport 2012:152.

cykel och gång. Parallellt genomförde Trafikverket på regeringens uppdrag den så kallade Kapacitetsutredningen, vars slutrapport⁹⁸ presenterades i april 2012. Denna utredning gav enligt LETS-forskarna uttryck för ett motsatt synsätt på transportutveckling och mobilitet⁹⁹. Utredningen utgick från trafikprognoser som visade på ökade personbilstransporter i framtiden, och koncentrerade sig i huvudsak på att undersöka hur denna trafikökning kan tillgodoses. Transportutvecklingen betraktades som given av yttre omständigheter, och något som inte kan påverkas genom transportpolitiska åtgärder. Trots att man i utredningen konstaterade att klimatmålen inte kommer att uppnås, gav man ingen framträdande roll åt sådana åtgärder som skulle kunna lösa detta (såsom samhällsplaneringsåtgärder, eller upprustning av väg- och järnvägsnäten som ett alternativ till att bygga ut ny kapacitet). Enligt LETS-forskarna visar detta exempel hur motsatta perspektiv och uppfattningar kan leva sida vid sida i en och samma organisation.

Även mellan den regionala och den lokala nivån kan det finnas intressekonflikter kring vad som är den ”bästa” transportlösningen eller bebyggelselokaliseringen. Ett exempel på det kan vara kommuners vilja att locka till sig ny befolkning genom exploatering av ny mark i attraktiva lägen, exempelvis strandnära eller på landsbygd. Det kan i sin tur stå i konflikt med en eventuell regional ambition om att utveckla den regionala kollektivtrafiken och öka befolkningstätheten i tätorterna, för att få ett större resandeunderlag. Sådana kommunala utvecklingsmål premieras ofta framför regionala mål eller inriktningar (även om synergier kan finnas). Problematiken med en regional ambition om hur exempelvis tätorter, bebyggelse och transportsystem ska utvecklas är att det ofta saknas en koppling till den fysiska planeringen i kommunerna och att det också kan stå i konflikt med andra kommunala målsättningar. I sammanhanget kan nämnas att Boverket har tagit fram en ”Vision för Sverige 2025”¹⁰⁰ där man visar på vägar för framtidens fysiska samhällsplanering – i den rapporten ses regional planering och samverkan som en förutsättning för att Sverige i tillräcklig grad ska kunna ställa om transportsystemet från individuellt till kollektivt i möjlig och lämplig omfattning. Även inom arbetet med Färdplan 2050¹⁰¹ lyftes behovet av regional planering fram. Idag finns ingen formell regional planeringsnivå, annat än för infrastruktur, och de regionala styrdokument gällande planering som finns är mestadels utformade som visionsdokument som inte har lika stor tyngd som t.ex. kommunala översiktsplaner.

Styrningen mot transportsnål planering är idag relativt svag. För kommunerna finns inga specifika regler eller andra incitament som säger att de ska planera för

⁹⁸ Trafikverket (2012). *Transportsystemets behov av kapacitetshöjande åtgärder – förslag på lösningar till år 2025 och utblick mot år 2050*. Rapport 2012:100.

⁹⁹ Lars J Nilsson, Jamil Khan, Fredrik NG Andersson, Mikael Klintman, Roger Hildingsson, Annica Kronsell, Fredrik Pettersson, Henrik Pålsson och Nora Smedby (2013). *I ljuset av framtiden. Styrning mot nollutsläpp år 2050*. Klimatforskningsprogrammet LETS 2050 vid Lunds universitet.

¹⁰⁰ Boverket (2012). *Vision för Sverige 2025*.

¹⁰¹ Naturvårdsverket (2012). *Underlag till en färdplan för ett Sverige utan klimatutsläpp 2050*. Naturvårdsverkets rapport 6537.

att åstadkomma minskade transporter, eller byte från bil till andra trafikslag. I plan- och bygglagen anges förvisso, i 3 kap om översiktsplanering, att ”Av översiktsplanen ska framgå hur: kommunen i den fysiska planeringen avser att ta hänsyn till och samordna översiktsplanen med relevanta nationella och regionala mål, planer och program av betydelse för en hållbar utveckling inom kommunen”. Detta säger dock inget specifikt om mål för effektiva transportsystem. När det gäller infrastrukturplanering på regional och nationell nivå ska den s.k. fyrstegsprincipen tillämpas. Denna går ut på att åtgärder för minskade transportbehov, eller i andra hand ett mer effektivt nyttjande av den befintliga infrastrukturen, ska övervägas innan man eventuellt planerar för byggande av ny infrastruktur. Riksrevisionen¹⁰² har dock visat att denna princip endast följs i begränsad omfattning. T.ex. kunde man se att regeringen ofta pekade ut enskilda infrastrukturprojekt och gav besked om att dessa skulle byggas, utan att först göra en analys enligt fyrstegsprincipen. En annan svårighet – om man vill verka för en transportsnål planering – är att det på nationell nivå är otydligt vem som ska ansvara för åtgärder som minskar transportbehovet eller som åstadkommer en effektivare användning av befintlig infrastruktur. Trafikverkets ansvar för att arbeta med åtgärder som faller utanför investering, drift och underhåll av den fysiska infrastrukturen är t.ex. begränsat.

4.2 Hur ska energiförsörjningen till transportsektorn se ut i framtiden?

Förutom att energianvändningen i transportsektorn behöver minska, så behöver det kvarstående energibehovet täckas av någon form av hållbar energi. Det finns en rad möjliga utvecklingsvägar för att försörja transportsektorn med energi på ett hållbart sätt – där el eller olika typer av biodrivmedel utgör huvudspåren – men det finns olika utmaningar förknippade med de olika utvecklingsvägarna.

I detta avsnitt diskuteras två olika frågeställningar rörande transportsektorns energiförsörjning. Vägvalen i respektive frågeställning har potential att leda till ett långsiktigt hållbart transportsystem men ger olika konsekvenser och har olika för- och nackdelar. Den första frågeställningen handlar om huruvida tyngdpunkten i energiförsörjningen bör ligga på biodrivmedel eller på elektrifiering – vilka för- och nackdelar finns med de olika alternativen? Den andra frågeställningen berör biodrivmedel och vägvalet om samhället bör satsa på biodrivmedel som kan användas i befintlig fordonspark och distributionssystem, så kallade drop in-bränslen, eller satsa på så kallade höginblandade eller rena biodrivmedel där nya fordon och distributionssystem krävs. Är det mest lämpligt att anpassa drivmedel eller att anpassa fordon och distributionssystem?

Svaret på ovanstående frågor påverkas i hög grad av hur marknaderna för fordon och drivmedel utvecklas i andra länder. Sverige utgör en allt för liten marknad för att fordonstillverkare och drivmedelsproducenter ska kunna satsa på tekniker som

¹⁰² Riksrevisionen (2012). *Statens satsningar på transportinfrastruktur – valuta för pengarna?* RiR 2012:21.

uteslutande används inom landets gränser – efterfrågan måste vara bredare än så. Det internationella perspektivet är också viktigt när det gäller forskning om nya tekniker – en långsiktig och kraftig satsning på elbilar är t.ex. i hög grad beroende av framsteg inom den internationella batteriforskningen.

4.2.1 Ska tyngdpunkten ligga på biodrivmedel eller på elektrifiering av transportsektorn?

Ett långsiktigt hållbart transportsystem kommer troligen att försörjas av både förnybar el och biodrivmedel. Dessa bör ses som kompletterande hellre än konkurrerande energibärare i ett längre perspektiv. Det kan däremot finnas olika uppfattning om var tyngdpunkten ska ligga och i vilken takt utvecklingen ska ske. Den främsta fördelen med ökad elektrifiering av transportsektorn är elmotorns höga verkningsgrad jämfört med förbränningsmotorn. Att använda el innebär också en diversifiering av energiförsörjningen jämfört med dagens situation, vilket ökar försörjningstryggheten. Andra fördelar är en bättre lokal miljö eftersom elfordon inte ger upphov till lika stora lokala utsläpp¹⁰³ som fordon med förbränningsmotor, och även innebär lägre bullernivåer¹⁰⁴.

Den främsta utmaningen för elfordon är utvecklingen av batteritekniken, både vad gäller kostnader, livslängd på batterierna, miljöpåverkan från tillverkning av batterier, samt räckvidd. Det finns också acceptansfrågor kopplat till utvecklingen. Ett rent batterifordon kan för närvarande inte ersätta ett konventionellt fordon fullt ut på grund av den begränsade räckvidden. Laddhybrider kan däremot ersätta ett konventionellt fordon.

En annan viktig utmaning – kanske inte i Sverige, men i många andra länder – är tillgången på hållbart producerad el. Om den el som elfordonen använder kommer från t.ex. kol- eller oljeeldade kraftverk kan elfordonen ge upphov till högre utsläpp jämfört med konventionella fossildrivna fordon. För att elektrifiering av fordonsflottan ska bli en hållbar lösning så krävs därför att elen produceras på ett hållbart sätt.

Den rörliga kostnaden för att använda elfordon kommer att vara betydligt lägre än för konventionella fordon, medan inköpskostnaden, på grund av batterierna, istället blir betydligt högre. Batteriernas livslängd och andrahandsvärdet för elfordon är idag osäkra faktorer som kommer att påverka vid val av fordon. Kommer konsumenterna att acceptera det högre inköpspriset och dessa osäkerheter även om de rörliga kostnaderna är lägre? Svaret på den frågan beror bl.a. på vilken tidsperiod som fordonsköparen överblickar vid inköpet. Svaret på frågan beror delvis också på i vilken utsträckning man som brukare kommer att äga sin egen bil i framtiden – det finns idag tendenser till övergång från att äga fordon till att leasa eller ingå i en bilpool, som i så fall gör att risken flyttas från brukaren till fordonstillverkaren. En annan viktig fråga är om elfordon kommer att

¹⁰³ Vissa lokala utsläpp uppstår dock även från elfordon, i form av partiklar från däcken och allmän uppdamning.

¹⁰⁴ Detta gäller vid låga hastigheter, då ljudet från motor och avgassystem dominerar. Vid högre hastigheter tar bullret från däck och vägbana över. För personbilar går gränsen vid 30-50 km/h.

användas på ett annat sätt än konventionella fordon. Kan den lägre rörliga kostnaden medföra rekyleffekter, det vill säga att fordonsinnehavaren använder fordonet mer, vilket kan ge upphov till exempelvis trängselproblem?

I nästa avsnitt beskrivs utvecklingen av elfordon och bränslecellsfordon. Ett konkret exempel på en tydlig satsning på elektrifiering är om samhället skulle välja att elektrifiera vissa vägar, vilket också beskrivs, samt hur en ökad elektrifiering kan påverka elsystemet.

En intressant möjlighet med biodrivmedel är om man kan få igång en produktion av dessa på den svenska landsbygden, vilket skulle kunna ge nya möjligheter för jord- och skogsbruksnäringen med en ny verksamhetsgren. En annan möjlighet med biodrivmedel är att man kan ersätta fossila drivmedel i sektorer där elektrifiering troligen inte är aktuell – detta gäller främst sjöfart och flyg, men till viss del också fjärtransporter på väg.

För biodrivmedel ligger den främsta utmaningen i att få tillgång till råvara i tillräcklig mängd på ett långsiktigt hållbart sätt. En annan stor utmaning ligger i att kunna kommersialisera nya mer systemeffektiva tekniker för biodrivmedel, vilket har visat sig vara svårt. Detta gäller särskilt för kapitalintensiva anläggningar, såsom t.ex. anläggningar för förgasning av biomassa.

Biodrivmedelsfrågorna diskuteras vidare i avsnitt 4.2.2.

Utmaningen vad gäller utveckling av eldrivna vägfordon

Elfordon finns i form av laddhybrider respektive rena batterifordon. Typiska räckvidder för rena batteripersonbilar är i dagsläget runt 100–150 km (flera fordonstillverkare arbetar dock med att ta fram fordon med räckvidder upp mot 250–350 km). Lastbilar för långväga gods är inte lämpliga som batterifordon, eftersom batterivikten skulle behöva vara så hög att det inte finns utrymme för någon nyttolast. Tänkbara batterifordon är istället främst bilar i småbilsklassen och olika former av lättviktsfordon som cyklar samt tre- och fyrhjulingar. Även stadsbussar och måttligt stora lastbilar som går i stadstrafik kan konstrueras som batterifordon.

Laddhybrider har helt andra förutsättningar än batterifordon. Där dimensioneras batteriet för en betydligt kortare körsträcka eftersom förbränningsmotorn kopplas in när batteriet är urladdat. Laddhybrider får i princip samma prestanda och körsträcka som en konventionell bil och fungerar till skillnad från rena batterifordon även för långfärder.

Kostnaden är den största begränsningen för att öka batteristorleken. För närvarande utgör materialkostnaden drygt halva den totala batterikostnaden¹⁰⁵. Tillverkningskostnaden behöver sjunka för att batteribilar ska kunna konkurrera med konventionella bilar. Att sänka materialkostnaden är också viktigt, men kan vara svårt utan byte till billigare material. Utbudet på världsmarknaden av vissa batterimetaller är begränsat och kan påverkas av t.ex. politisk oro eftersom antalet

¹⁰⁵ Sten Bergman, Helena Berg och Peter Georén. (2013). *Kostnadsutveckling. Batterier och Bränsleceller fram till 2025*. StonePower AB, Libergreen AB och KTH.

leverantörer är få. Frågan om tillgång till metaller för batteritillverkning kan komma att växa i betydelse. På längre sikt kan nya batterikoncept ge möjlighet till radikalt förbättrad energitäthet. Batteriernas livslängd har stor betydelse för batteribilarnas ekonomi, eftersom de svarar för en betydande del av fordonens totala pris. För personbilar räknar fordonsindustrin med minst tio års livslängd hos batterier som används normalt. Frågan om hur frekventa snabbladdningar av energioptimerade batterier kan inverka på deras livslängd är svårbedömd.

I och med att fordonen blir allt mer energieffektiva så står själva tillverkningen för en allt större del av ett fordonets koldioxidutsläpp i ett livscykelperspektiv. Detta förstärks också av att belastningen från produktion av både batteri- och bränslecellsfordon är extra stor då batterier, bränsleceller, elmaskiner och elektronik innehåller mer eller mindre ovanliga metaller. Slutsatser från en underlagsrapport till FFF-utredningen¹⁰⁶ visar att miljöbelastningen från ett elfordons livscykel jämfört med ett konventionellt fordon (ingen belastning från bränslet vid användning är inräknat) är högre. Litteraturgenomgången av LCA-studier visar stor påverkan av exempelvis antaganden om återvinningsgrad på material och antagande om hur den el som används vid tillverkningen produceras.

Utvecklingen av bränslecellsfordon

I bränslecellsfordon används bränsleceller som genererar el till en elektrisk drivmotor antingen direkt eller via batterier. I likhet med elfordon är en fördel med denna teknik att det bidrar till en bättre lokal miljö. Dessutom breddas energibasen då vätgas, som oftast föreslås som drivmedel i bränsleceller, kan framställas på olika sätt. Till skillnad från batterifordon, men i likhet med laddhybrider, erbjuder bränslecellsfordon långa körsträckor vilket innebär att den i det avseendet har samma egenskaper som en konventionell bil.

Prototyper av bränslecellsfordon har funnits länge, men inga fordon har tillverkats i större serier. Under de senaste åren har emellertid utvecklingen av bränslecellstekniken gått snabbt och kostnaderna har sjunkit samtidigt som livslängden hos cellerna förbättrats. Flera biltillverkare står nu i startgroparna att lansera modeller under de närmaste åren. Det återstår dock att se om bränslecellsfordonen på allvar kommer att kunna konkurrera med konventionella fordon med förbränningsmotorer – det finns t.ex. fortfarande vissa frågetecken kring cellernas livslängd (som gör att de flesta tillverkare väljer att leasa istället för att sälja fordonen), och priset är fortfarande högre än för en konventionell bil. En annan viktig fråga i sammanhanget är tillgången och distributionen av vätgas samt hur vätgasen ska produceras. Tillverkningen av vätgasen har stor betydelse för om bränslecellsfordon är ett systemeffektivt alternativ.

Bussar i tätorts- och förortstrafik har på sikt potential att drivas med bränsleceller i kombination med batterier. I innerstadstrafik konkurrerar de dock med rena batteribussar. Fordon för långa transporter kommer sannolikt få svårt att rymma

¹⁰⁶ Steen et.al. (2013). *Emissioner av växthusgaser och förbrukning av naturresurser vid tillverkning av personbilar med olika drivkällor*. Chalmers Tekniska Högskola.

tillräcklig vätgasmängd och bränsleceller kommer därför knappast att bli intressanta för dessa.

Distribution av el i transportsektorn samt påverkan på elnätet

Det finns olika typer av laddinfrastruktur, t.ex. i form av laddning hemma, publik normalladdning och snabbaddning¹⁰⁷. Den viktigaste laddningsplatsen bedöms bli i hemmet, även om arbetsplatser också kommer att bli viktiga¹⁰⁸. Det krävs naturligtvis också publika laddstationer, men i vilken utsträckning beror till stor del på om det främst kommer att vara laddhybrider som slår igenom eller rena batteribilar.

En ökad elektrifiering kommer att medföra ökad efterfrågan på el. I ett svenskt perspektiv är dock ökningen förhållandevis liten i jämförelse med den totala efterfrågan och väntas också ske över ganska lång tid. För att ge ett exempel hur stor ökning det kan röra sig om har Trafikverket¹⁰⁹ beräknat att om personbilarna år 2050 kör på el till 60 procent (av antal fordonskilometrar), fjärrlastbilar och landsvägsbussar till 25 procent och distributionslastbilar till 100 procent (av antalet tonkilometrar) blir vägtrafikens elförbrukning drygt 10 TWh. Den totala elförbrukningen i Sverige 2011 var 143 TWh¹¹⁰. Fler elfordon kommer dock att påverka mängden variabel elanvändning beroende på laddningsmönstret. Även om elnätet i genomsnitt klarar belastningen så kan det lokalt bli problem, något som man behöver ta hänsyn till i framtiden. Å andra sidan skulle elfordonsflottan potentiellt sett också kunna utnyttjas som en resurs för att jämna ut belastningen i elnäten, genom att laddningen styrs till en för elsystemet lämplig tidpunkt.

Elvägar

Ett sätt att elektrifiera transportsystemet kan vara att satsa på elvägar. Med kontinuerlig tillförsel av el från elnätet behövs endast liten eller ingen lagring i batterier. Detta bör vara mest intressant för tunga lastbilar och bussar i fjärrtrafik där elförsörjning enbart med el från batterier inte är möjligt. I många större städer i världen används tekniken redan för trådbussar och är där ett vanligt inslag i citymiljön. På lång sikt är kontinuerlig strömförsörjning också tänkbar för lätta vägfordon.

¹⁰⁷ Normalladdning kan definieras som när en elbil laddas full på 6-10 timmar, beroende på laddplatsens tillgängliga effekt, ofta 230V/10A (källa: HRM Energineering AB (2013). *Strategisk studie av infrastruktur för snabbaddning av elfordon – inom Fyrbodalen och Göteborgsregionen*). Vid snabbaddning används vanligen en extern likströmladdare som överför energin direkt till elbilens batteri med en laddeffekt upp till 50 kW. Denna typ av laddning laddar batteriet till 80 procent på 20-30 minuter.

¹⁰⁸ Energimyndigheten (2008). *Kunskapsunderlag angående marknaden för elfordon och laddhybrider*. ER2009:20.

¹⁰⁹ Trafikverket (2012). *Delrapporter transporter – underlag till färdplan 2050*. Trafikverket rapport 2012:224.

¹¹⁰ Energimyndigheten (2014). *Energiläget i siffror 2014*.

Det finns stora möjligheter för energieffektivisering vid elektrifiering av främst vägburna godstransporter då energiåtgången per fordonskilometer skulle kunna mer än halveras¹¹¹.

Att införa elvägar är ett stort infrastrukturellt beslut som slutligen staten måste fatta, vilket skiljer från den infrastruktur som krävs för laddning av personbilar. Det är ännu oklart vilken av de olika tekniska lösningar som finns som är mest lämplig. Utöver konduktiv laddning där strömmen överförs via hängande tråd eller skena i marken, kan induktiv laddning vara en möjlighet. Det innebär att strömmen överförs utan direkt kontakt mellan fordonet och en ledning i väggroppen, men det sker till priset av högre överföringsförluster. De induktiva lösningarna förväntas innebära högre investeringskostnad per kilometer, men lägre underhållskostnader. Teknikerna är inte heller testade i större skala så de måste provas ytterligare i demonstrationsanläggningar. Ett omfattande standardiseringsarbete kommer att krävas och beslut bör fattas på internationell nivå om val av teknisk lösning.

I slutändan kommer det att bli avgörande vilket intresse som finns från åkerinäringen för denna utveckling. Det kan finnas skilda uppfattningar från olika aktörer om hur mycket det ska satsas på denna teknik jämfört med den spårbundna trafiken. Elektrifiering av spårbunden trafik samt elektrifiering via elvägar är två infrastrukturer som bör kunna komplettera varandra, eftersom de har olika styrkor på olika områden – på längre sträckor med stort underlag (av resenärer respektive gods) är järnväg förmodligen det lämpligaste alternativet, medan elvägens styrkor är dess flexibilitet och dess jämförelsevis låga investeringskostnad.

4.2.2 Bör drivmedlen anpassas, eller fordonen och distributionssystemen?

När det gäller biodrivmedel finns, som tidigare nämnts, en skillnad mellan biodrivmedel som kan användas i befintlig fordonspark och befintliga distributionssystem, så kallade drop in-bränslen, och sådana biodrivmedel som kräver särskilda fordon och distributionssystem. Det finns för- och nackdelar med båda alternativen, och olika aktörer har olika uppfattningar om vilket system som är mest fruktbart att satsa på.

Den största fördelen med drop in-bränslen är att befintlig infrastruktur och befintlig fordonsflotta kan användas. Drop in-bränslen betyder höga andelar förnybar energi i konventionella drivmedel och på längre sikt troligen helt förnybar bensin och diesel. Detta kan åstadkommas genom exempelvis förgasning av biomassa och Fischer-Tropschprocessen. Nackdelen med Fischer-Tropschprocessen är att den är minst energieffektiv och ger lägst utbyte av alla förgasningsprocesser. Vid förgasning av biomassa är det mer energieffektivt att ta fram biometan, DME eller metanol som slutprodukt, än att ta fram ett biodrivmedel som blir identiskt med konventionell bensin och diesel.

¹¹¹ SOU 2013:84. *Fossilfrihet på väg*. Näringsdepartementet, 2013.

Ett annat drop in-bränsle där andelen biomassa teoretiskt kan bli 100 procent är genom HVO-tekniken¹¹². Den största utmaningen med HVO-tekniken är att tillgången till lämplig råvara för närvarande är begränsad. Det är samma råvarubas som används både för HVO och FAME¹¹³ (förutom tallolja, men också denna råvara är begränsad). För att kunna bredda råvarubasen för drop in-bränslen behöver det ske framsteg inom forskning och demonstration på detta område. Det pågår sådana aktiviteter idag, men ännu är inte teknikerna mogna.

En annan fördel med drop in-bränslen är att det inte kräver att konsumenten aktivt väljer ett biodrivmedel, utan man tankar som vanligt och får då ”automatiskt” ett bränsle med lägre klimat/miljöpåverkan. Biodrivmedelsanvändningen blir därför inte beroende av efterfrågan från kundsidan.

Den största fördelen med höginblandade eller ”rena” biodrivmedel (d.v.s. sådana som kräver särskilt anpassade fordon och distributionssystem) är att de troligen kommer att vara mer energieffektiva i framställningen än drop in-bränslen. Detta kan bedömas få allt större betydelse i framtiden med en trolig ökad konkurrens om olika bioråvaror. Utmaningarna ligger i att bygga upp infrastruktur för tillverkning och distribution samt ställa om fordonsflottan och att göra detta i takt med varandra.

För personbilssidan krävs en vidsträckt infrastruktur för att ge god täckning över landet. Idag finns vad gäller biodrivmedel en utbyggd infrastruktur för E85 och i viss mån för biogas. Kostnader för distribution av höginblandade och rena biodrivmedel kan vara en utmaning särskilt då Sverige är ett stort och glesbefolkat land. Det kan bli svårt av kostnadsskäl att bygga upp nya distributionssystem för drivmedel för personfordon som täcker hela landet, särskilt då effektivisering och ökad elektrifiering av fordon bedöms minska det totala drivmedelsbehovet (detta kommer att gälla för distribution av alla drivmedel, inte bara för biodrivmedel).

För fjärrtransporter är situationen delvis annorlunda. Dessa går främst i särskilda godsstråk och därmed behövs färre tankstationer för att ge god täckning för fjärrlastbilars tankningsbehov. För särskilda flottor, exempelvis bussar och olika typer av nyttofordon, kan det räcka med en eller några centrala tankningspunkter för att täcka behovet.

Det finns flera utmaningar i att ställa om fordonsflottan. Fordonstillverkare kan inte ta fram särskilda fordonsmodeller för ett enskilt land som Sverige – den svenska fordonsmarknaden är för liten för att motivera fordonstillverkare till en omställning till nya fordonssystem. Det kommer därför att krävas en global, eller åtminstone europeisk, efterfrågan.

Utmaningar vid kommersialisering av biodrivmedel

¹¹² Framställning av syntetiskt biobaserat dieselbränsle genom hydrering av vegetabiliska (eller animaliska) oljor/fetter.

¹¹³ FAME (fettsyrametylestrar) är en typ av biodiesel som framställs ur oljeväxter. I Sverige är den vanligaste råvaran rapsolja som förestras till RME (rapsmetylester). Används huvudsakligen för låginblandning i fossilt dieselbränsle, men kan också användas som separat bränsle i fordon som är anpassade för detta.

Det har visat sig vara en utmaning att gå från mindre demonstrationsanläggningar till kommersiella anläggningar för biodrivmedel. De biodrivmedel som finns på den svenska marknaden idag finns tack vare statliga stöd och styrmedel. Flera tekniker som utnyttjar lignocellulosa som råvara är mogna att ta steget mot demonstration och kommersialisering men kombinationen av höga investeringskostnader (gäller särskilt för förgasningsprojekten), höga risker och frånvaron av långsiktiga politiska styrmedel, gör introduktionen till en stor utmaning. På senare år noteras flera fall runtom i Europa där berörda aktörer och investerare drar sig ur projekt på grund av dessa faktorer. Några exempel är Adytja Birla/Domsjö fabriker som drog sig ur planerna att uppföra en demonstrationsanläggning för förgasning av svartlut till DME, och Choren i Tyskland som gick i konkurs och avbröt uppförandet av en förgasningsanläggning av lignocellulosa till Fischer-Tropschdiesel när nyckelinvesterare drog sig ur bolaget. Under 2014 har det dock hänt en del när det gäller kommersialisering av biodrivmedelsanläggningar i länder utanför Europa. Flera större anläggningar för etanol från cellulosa har invigts i USA, och i Kina talas också satsningar på etanol i tämligen stora anläggningar. Detta kan vara intressant att ha i bakhuvudet när man betraktar situationen i Europa.

Det är viktigt att notera att de *långsiktiga* produktionskostnaderna för nya tekniker bedöms ligga i samma storleksordning som de biodrivmedel som finns på marknaden idag¹¹⁴. Vägen dit är dock som sagt kantad med utmaningar. I kapitel 6 diskuteras vilka roller som samhällets olika aktörer kan ta för att bidra till omställningen, inklusive att få fram nya bränsletekniker.

4.2.3 Energiförsörjning till flyg och sjöfart

Ovanstående avsnitt har mestadels behandlat energiförsörjningen till vägtransporter. Två andra trafikslag som i dagsläget är i princip helt beroende av fossila drivmedel är flyget och sjöfarten. Här är omställningsutmaningarna förmodligen ännu större än för vägtrafiken, bl.a. beroende på trafikslagets internationella karaktär samt på att man inte kommit lika långt i utvecklingen av alternativa, förnybara drivmedel.

Styrningen mot minskade klimatutsläpp från flyget och sjöfarten är i dagsläget svag. Båda trafikslagen är undantagna från bränslebeskattning, och utsläppen från internationella sjö- och luftfartstransporter har hittills inte omfattats av globala klimatöverenskommelser. Detta gör att omställningen från fossila till förnybara bränslen, som ett sätt att minska klimatpåverkan, hittills har gått långsamt. Från år 2015 kommer dock hårdare krav att gälla för sjöfartens utsläpp av svavel i Östersjön, Nordsjön och Engelska kanalen. Från 2020 eller 2025 gäller hårdare svavelkrav även för övriga vatten. Dessa krav kommer att påverka sjöfartens val av bränslen, förmodligen genom ett ökat intresse för LNG och eventuellt metanol (som dock troligen kommer att vara av fossilt ursprung). För flyget kommer någon typ av globalt marknadsbaserat ekonomiskt klimatstyrmedel att införas från

¹¹⁴ Pål Börjesson, Joakim Lundgren, Serina Ahlgren och Ingrid Nyström (2013). *Dagens och framtidens hållbara biodrivmedel. Underlagsrapport från f3 till utredningen om FossilFri Fordonstrafik*. Rapport f3 2013:13.

och med år 2020, men det är ännu oklart hur detta styrmedel kommer att utformas och vilka effekter det kommer att få. På grund av sjö- och luftfartens internationella karaktär behövs internationella överenskommelser för att skapa en effektiv styrning. Att komma överens om sådana globala styrmedel som är tillräckligt skarpa har visat sig vara en stor utmaning.

Rent tekniskt finns det stora möjligheter att ersätta de fossila drivmedlen inom sjöfarten med förnybara alternativ. De alternativ som diskuteras idag är i princip flytande biogas, DME, metanol samt Fischer Tropsch-diesel, varav de tre sista skulle tillverkas via förgasning av biomassa. För kortare rutter kan även elektrifiering vara ett alternativ. För att uppfylla de kommande kraven på sänkta svavelutsläpp diskuterar branschen dock i första hand att ersätta den traditionella bunkeroljan med andra typer av fossila bränslen, såsom flytande naturgas (LNG) och metanol av fossilt ursprung. Än så länge finns relativt få fartyg som faktiskt går på LNG, mycket få som går på metanol, och inga alls som går på DME eller FT-diesel.

Även flyget har tekniska möjligheter att ersätta de fossila bränslena med alternativa bränslen som exempelvis alkoholer och biobaserat jetbränsle. En utmaning ligger dock i att klara flygets säkerhetskrav och att kunna föra med bränslena på hög höjd. Bränslena behöver ha en hög energitäthet (högre än vad biodrivmedel vanligtvis har), och måste fungera vid låga temperaturer (något som t.ex. bränslen av rapsoljetyp inte gör). Det finns dock redan idag flera godkända tekniska processer för tillverkning av alternativa flygbränslen, och flera flygbolag har genomfört passagerarflygningar med biobränsleblandningar i tankarna (dock ej med 100 procent biobränsle, eftersom det inte är tillåtet enligt specifikationerna för flygbränsle). Det största hindret för införande av biobränslen inom luftfarten är förmodligen snarare bristen på incitament att ta den extra kostnad som biobränslet skulle innebära.

5 Bioenergi

Biomassa har en avgörande roll att spela i omställningen till ett hållbart samhälle, bl.a. i form av bioenergi som ersätter fossil energi. Det finns dock många olika åsikter om hur stor roll bioenergin bör spela i ett framtida hållbart energisystem, och många olika bedömningar görs om biobränslenas hållbarhet. Dessa frågor diskuteras i detta kapitel.

En annan fråga är hur den begränsade biomassaresursen bör användas för att åstadkomma så stor samhällsnytta som möjligt. Biomassa behövs för att producera livsmedel, industriråvaror och material som kan ersätta fossila alternativ, och för att tillföra bioenergi. Om biomassan inte obegränsat kan tillgodose alla dessa behov, hur ska man då prioritera mellan de olika behoven? Vilka användningar innebär störst systemnytta? Här finns inga enkla svar, men många perspektiv – dessa diskuteras i slutet av detta kapitel.

5.1 Bioenergi och hållbarhet

Världens energitillförsel består till drygt 80 procent av fossila bränslen, och ledde år 2011 till utsläpp av drygt 30 Gt koldioxid¹¹⁵. Det kommer att vara svårt att lösa de klimat- och resursproblem som detta ger upphov till utan att, som en del av lösningen, använda bioenergi. I IPCC:s femte klimatrapport finns t.ex. bedömningar att omfattande användning av biomassa för energi, i kombination med infångning och lagring av koldioxid från biomassaförbränningen, kan komma att krävas för att vi med tillräcklig stor sannolikhet skall kunna nå 2-gradersmålet.

Om tillförseln av bioenergi kan göras på ett hållbart sätt är det en viktig pusselbit för att, tillsammans med energieffektivisering och andra åtgärder, lösa befintliga och framtida resurs- och klimatproblem. Ännu finns ingen entydig bedömning av vilka mängder biomassa som kan produceras på ett hållbart sätt.

Samtidigt kan storskalig produktion av biobränslen, beroende på hur och var den sker, orsaka miljömässiga och sociala problem. Bioenergi inrymmer potentiellt hela skalan från rena miljönyttor och sociala nyttor, till konsekvenser som inte kan anses som långsiktigt hållbara. Det finns också mycket olika uppfattningar om hur stor denna problematik är, och i vilken grad den kan undvikas. I arbetet med att ställa om till ett långsiktigt hållbart energisystem är det därför viktigt att diskutera vilken och hur stor roll bioenergi från jord, skog och hav bör spela över tiden, och hur uttaget kan göras på ett hållbart sätt. I detta ingår också att diskutera hur olika biobränslenas klimatnytta bör bedömas (även i relation till andra energikällor).

En del av de nyttor och problem som finns kring bioenergi är gemensamma oavsett var i världen man befinner sig men det finns också många frågor som är

¹¹⁵ International Energy Agency, IEA (2013). *World Energy Outlook*.

relaterade till lokala förutsättningar och därför ser helt olika ut om man t.ex diskuterar svenskt skogsbruk eller odling av sockerrör för etanolproduktion i Brasilien. Det är viktigt att hålla i minnet när man diskuterar bioenergens hållbarhetsfrågor.

Det finns många olika tolkningar av begreppet ”hållbarhet”, men Brundtlandrapportens¹¹⁶ definition brukar ses som en minsta gemensam nämnare:

En hållbar utveckling tillfredsställer dagens behov utan att äventyra kommande generationers möjligheter att tillfredsställa sina behov.

I hållbarhet inryms både sociala, ekonomiska och ekologiska aspekter. En hållbar verksamhet kännetecknas av den inte inkräktar på kommande generationers förutsättningar att tillfredsställa sina behov. Perspektivet är alltså långsiktigt.

Nedan ges några konkreta exempel på vad ovanstående hållbarhetsdefinition skulle kunna betyda specifikt på bioenergiområdet¹¹⁷:

- Att biobränslen produceras på ett sådant sätt att markens långsiktiga produktionsförmåga inte utarmas. Det handlar om att behålla humusförråd och en god näringsstatus, och att motverka förlust av jord genom erosion.
- Att hänsyn tas till naturvärden och biodiversitet. Det kan innebära att viss biomassa lämnas kvar i ekosystemet, att vissa områden undantas helt från produktion och uttag av biobränsle, eller att bränsleproduktionen utformas så att den leder till förbättrad naturvård (hävd, hamling, utglesning av igenväxande områden mm).
- Att biobränsleproduktion inte etableras på marker med höga naturvärden, om det innebär att dessa värden utarmas.
- Att de biobränslen som används har en tillräckligt hög klimatnytta när såväl insatsenergi som markeffekter inkluderas.
- Att både mark och biomassa används så resurseffektivt som möjligt. Hög produktion och verkningsgrad ska eftersträvas. Avfall och restprodukterska ska tas tillvara.
- Att sociala frågor, såsom markrättigheter, vattenrättigheter och arbetsförhållanden, hanteras ansvarsfullt.

5.1.1 Olika synsätt kring bioenergens hållbarhet

En stor del av de biobränslen som används i Sverige utgörs av olika industriella biprodukter, restprodukter eller avfall. För dessa bränslen finns oftast inga eller få invändningar ur miljömässig eller social hållbarhetssynpunkt, så länge hanteringen och användningen sker på ett ansvarsfullt sätt.

¹¹⁶ Brundtlandkommissionen (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future.*

¹¹⁷ Det finns utförliga hållbarhetskriterier och standarder för bioenergi som är internationellt överenskomna – den här återgivna listan ger endast några exempel på viktiga hållbarhetsaspekter.

När det gäller produktion av *primära* biobränslen finns ett helt spektrum av bränslen, som alla kan vara mer eller mindre hållbara. I olika delar av världen kan hållbarhetsfrågorna för dessa bränslen se olika ut. Det är inte alltid bränsleslaget som sådant, utan snarare produktions- och användningssätten, som avgör var på "hållbarhetsskalan" som bränslet hamnar. De olika åsikterna om hur hållbar bioenergin är beror till en del på att olika aktörer talar om olika former av bioenergi och lyfter fram antingen goda eller dåliga exempel i sin argumentation.

Risker med och oönskade effekter av produktion och handel med biomassa, såsom skogsskövling, dikning av torvmarker, förstörda skyddsvärda naturtyper etc, har uppmärksammats som problem på global nivå och debatterats under lång tid. Styrmedel för att stimulera bioenergi har sedan en tid tillbaka börjat kopplas samman med krav på hur produktionen ska gå till. Specifika hållbarhetskriterier väntas skapa bättre förutsättningar¹¹⁸ för hållbar resursanvändning givet att kontrollsystem med hög integritet kan upprätthållas.

En annan syn är att risken för oönskade effekter finns, men kan hanteras genom bättre kunskap, genom lagar och tillsyn, samt genom att styrmedel utformas för att styra mot hållbara system. Vilka åtgärder som behövs skiljer sig från land till land, och från situation till situation.

Vad gäller biobränslenas hållbarhet ur social synpunkt, så kan även den se mycket olika ut från fall till fall. Biobränsleproduktion kan bidra till social hållbarhet bl.a. genom att ge arbetstillfällen bland annat i glesbygd. Samtidigt finns det exempel på biobränsleproduktion som medför sociala hållbarhetsproblem (se vidare under rubriken Specifikt om bioenergi från jordbruk).

Nedan beskrivs två principiellt olika perspektiv på bioenergins hållbarhet ur ett globalt perspektiv, som vi har valt att kalla "rätta munnen efter matsäcken" respektive "låt inte det bästa bli det godas fiende". Naturligtvis finns många nyanser av dessa synsätt, och säkert fler som inte ryms här. Dessa två kan dock illustrera hur olika aktörer kan landa i olika bedömningar av bioenergins hållbarhet. Företrädare för båda synsätten är positiva till att använda bioenergi som en del i ett framtida hållbart energisystem, men i olika grad och utifrån olika villkor.

"Rätta munnen efter matsäcken"

Enligt detta synsätt måste användandet av alla naturresurser, inklusive energi, ske inom ramarna för vad som är ekologiskt bärkraftigt, det vill säga ett brukande utan att ekosystem, deras struktur och funktion, degraderas. Samhället måste anpassa sin energi- och övriga resursanvändning utifrån detta, d.v.s. "rätta munnen efter matsäcken". Annars löser man bara ett hållbarhetsproblem (t.ex. klimatförändringarna) genom att skapa ett annat (degraderade ekosystem). Minskad energianvändning blir då den viktigaste strategin för att kunna fasa ut den fossila energin. Det ställs stora förhoppningar till energi från sol och vind,

¹¹⁸ Det får särskilt stor betydelse då bioenergisystem etableras i stater med korruption och dålig kontroll/låg miljöprioritet.

men också till mer utvecklade biobränslen som är resurs- och klimateffektiva och inte tär på ekosystemen. Skogsbruk och uttag av skogsbränslen ska ske inom naturens ramar genom tillräckligt skydd och hänsyn så som bevarande av naturvärden och kolförråd^{119,120}.

Ibland utvecklas detta synsätt med en syn på naturen och ekosystemen som utgår från att dessa har ett egenvärde oavsett om de bidrar någon nytta för människan eller ej. Detta s.k. biocentriska synsätt innebär att naturen har ”moralisk status”, och att människan inte har moralisk rätt att skada den – oavsett om hon anser sig behöva det för att få tillgång till energi eller andra råvaror. Naturen är inte ett råvaruförråd som står till människans tjänst, utan har ett värde i sig själv.¹²¹

”Låt inte det bästa bli det godas fiende”

Utgångspunkten för detta synsätt är det faktum att den globala energianvändningen ökar, och förväntas fortsätta göra det under lång tid framöver¹²². Energieffektivisering är centralt men det kommer att ta tid att vända utvecklingen. Fram till den hypotetiska tidpunkt då energianvändningen har anpassats till en hållbar nivå står valet i praktiken mellan förnybar energi, fossil energi och kärnkraft. Det gäller då att hitta avvägningar mellan energislagen som relativt sett (sett till alternativet) ger så små oönskade miljökonsekvenser som möjligt. Olika energislag fyller olika funktioner och all förnybar energi kommer att behövas när man skall fasa ut fossila bränslen.

Enligt synsättet ”Rätta munnen efter matsäcken” finns en gräns för uttaget av bioenergi, nämligen när det blir så stort eller sker på ett sådant sätt att miljö- eller sociala värden riskerar att påverkas negativt i något avseende. Enligt synsättet ”Låt inte det bästa bli det godas fiende” bedöms ett biobränsles hållbarhet i ett första steg på samma sätt, d.v.s. att identifiera gränser och tillvägagångssätt för hur biobränslen kan produceras utan risk för oönskade miljömässiga eller sociala effekter. Men nästa steg blir att försöka beskriva ”hållbarheten” med en relativ skala och jämföra det aktuella bioenergialternativet med hållbarheten hos den energikälla som man bedömer annars skulle ha använts. Det har då naturligtvis betydelse mot vilken typ av energi jämförelsen sker – om det är olja från tjärsand, kol, traditionell olja, naturgas, kärnkraft eller något annat¹²³. Även med detta synsätt finns det dock en gräns för uttaget av bioenergi – nämligen när produktionen leder till så negativa effekter (t.ex. degradering av ekosystemens funktion) att det inte är försvarbart att använda den ens för att ersätta fossila bränslen (eller kärnkraft).

Enligt detta synsätt riskerar en alltför strikt hållbarhetsbedömning resultera i att ”det bästa blir det godas fiende” – d.v.s. att man undviker förhållandevis måttliga

¹¹⁹ WWF (2011). *Hållbar energi. 100 % förnybart på naturens villkor.*

¹²⁰ Ecofys (2010). *The Ecofys Energy Scenario.*

¹²¹ För en närmare diskussion om olika naturuppfattningar och miljöfilosofiska synsätt, se t.ex. Mikael Stenmark (1999), *Miljöetik och miljövärd*, Studentlitteratur.

¹²² International Energy Agency, IEA (2013). *World Energy Outlook.*

¹²³ Det är svårt att veta exakt vad som annars skulle ha använts i enskilda fall. Man får se till vilka troliga alternativ som finns tillgängliga i hög omfattning, och då blir det ofta fossila alternativ.

negativa miljökonsekvenser av ett bioenergiuttag, men istället får ännu värre miljökonsekvenser från produktion och användning av de fossila bränslen som biobränslena skulle ha ersatt.

Att de två ovan beskrivna synsätten kan leda till helt olika bedömningar av biobränslenas hållbarhet beror till stor del på att man jämför biobränslena med skilda alternativ – med det första synsättet ses biobränslen och annan förnybar energi delvis som ett alternativ till en minskad energianvändning, med det andra till användning av fossila bränslen (och/eller kärnkraft). I det första fallet framstår biobränslena därmed som en mindre hållbar lösning, i det andra fallet som en mer hållbar dito. De olika synsätten grundar sig också till stor del på olika tidsperspektiv – i det första fallet är det främst det långsiktiga målet, med en kraftigt minskad energianvändning, som beaktas, medan man i det andra fallet fokuserar på dagens situation med hög och ökande energianvändning. Målen med på sikt minskad energianvändning kan vara lika i de båda synsätten. Man kan dock ha olika uppfattning om möjligheterna att snabbt minska energianvändningen genom omfattande samhällsförändringar samt att tillföra mer förnybar energi i form av sol-, vind- och vattenkraft, och därmed kunna minska behovet av att tillföra bioenergi.

5.1.2 Avvägningar och miljömålskonflikter

Bioenergi kan teoretiskt orsaka miljömålskonflikter, vilket gör att avvägningen mellan målen kan behöva diskuteras. Vissa anser att klimathotet är så allvarligt att klimatmålet bör tillåtas väga tyngre i avvägningar gentemot andra miljömål. Synsättet ”Låt inte det bästa bli det godas fiende” kan ibland sammanfalla med den bedömningen – så länge bränslet ifråga ger en tydlig klimatnytta då det används istället för fossila bränslen, så kan ett visst mått av påverkan på t.ex. naturvärden accepteras. Enligt synsättet ”Rätta mun efter matsäcken” blir bedömningen snarare att alla miljömål väger lika tungt.

Det finns ytterligare en variant av avvägningen mellan bioenergi och dess alternativ. Biomassa produceras för fler ändamål än för energitillförsel, t.ex. för livsmedelsändamål eller som industriråvara. Det kan hävdas att det inte är logiskt att enbart ställa hållbarhetskrav på den biomassaproduktion som sker för energiändamål, utan att motsvarande krav bör riktas mot all biomassaproduktion oavsett användningsområde. Annars riskerar bioenergiproduktion med måttlig miljöpåverkan att stoppas till förmån för annan markanvändning som kan vara sämre ur hållbarhetssynpunkt.

5.1.3 Specifikt om bioenergi från svensk skog

En stor del av diskussionen om skogsbränslenas hållbarhet kretsar kring bedömningen av klimatnyttan av dessa bränslen, framförallt vilka rums- och tidsperspektiv som ska gälla vid sådana bedömningar samt vilka indikatorer som bäst beskriver skogsbränslenas bidrag till minskad klimatpåverkan. Denna diskussion återkommer vi till längre fram i kapitlet.

En annan fråga gäller hur hållbart uttag av avverkningsrester vid skogssavverkning är. Å ena sidan är det känt att det extra uttaget av biomassa innebär risker för mark, vatten, biodiversitet och kolbalanser och det kan leda till slutsatsen att uttaget bör begränsas. Å andra sidan kan man peka på att riskerna med extra biomassauttag har blivit allt bättre kända, och att väl underbyggda rekommendationer om lämpliga uttagsnivåer och hänsynsåtgärder kan möjliggöra användning av skogsbränsle utan att det blir svårare att nå berörda miljömål. Bedömningar kring detta redovisas i Energimyndighetens syntesrapport om skogsbränsle och miljö¹²⁴.

Det finns också skilda uppfattningar om det lämpliga i att intensifiera skogsbruket för att kunna öka uttaget av bl.a. bioenergi. En ökad produktion av skogsbiomassa skulle innebära ökade möjligheter till ersättning av fossila bränslen och andra klimatpåverkande råvaror¹²⁵, men också ett ökat koldioxidupptag i skogen. Det finns olika sätt att öka skogsproduktionen genom effektivare skötsel, väl valda provenienser¹²⁶, snabbväxande trädslag och behovs- och ståndortsanpassad gödsling¹²⁷, parallellt med miljöanpassning och att andra områden sköts mer naturvårdsinriktat. Samtidigt finns risker för att de åtgärder som sätts in kan komma i konflikt med vissa av de nationella miljö kvalitetsmålen, främst målen Ingen övergödning, Levande skogar samt Ett rikt växt- och djurliv.

5.1.4 Specifikt om bioenergi från jordbruk

En av de hållbarhetsaspekter som diskuteras mycket i det globala perspektivet när det gäller bioenergi från jordbruk, är frågan om konkurrens med livsmedelsproduktion. Denna fråga beskrivs närmare i avsnitt 5.2.1.

När denna fråga diskuteras kommer ofta begreppet ILUC upp. ILUC står för indirect land-use change, d.v.s. indirekt förändring av markanvändning. Med detta menas att odling av bioenergigrödor kan tränga undan produktion av exempelvis livsmedel, och att ny mark därför måste tas i anspråk för att kunna producera samma mängd livsmedel som innan. Den nya mark som tas i anspråk kan i värsta fall utgöras av dittills oexploaterade områden med höga kolförråd och naturvärden, t.ex. regnskog. Hur stor denna risk är, och hur lätt den kan undvikas, råder det mycket delade meningar om. Det beror på att ILUC inte kan kvantifieras genom observationer utan kräver t.ex. modellering, vilket ställer stora krav på datamängd och -kvalitet och på vidareutveckling av datormodeller. ILUC-effekter är förmodligen inte ett stort problem i Sverige, åtminstone inte i dagsläget, eftersom det inte råder brist på mark på samma sätt som i vissa andra länder.

¹²⁴ Energimyndigheten (2012). *Konsekvenser av ett ökat uttag av skogsbränsle*. ER 2012:08.

¹²⁵ Bishnu Chandra Poudel, Roger Sathre, Johan Bergh, Leif Gustavsson, Anders Lundström och Riitta Hyvönen (2012). *Potential effects of intensive forestry on biomass production and total carbon balance in north-central Sweden*. Environmental Science & Policy 15: 106-124.

¹²⁶ Proveniens betyder härkomst, d.v.s. varifrån man hämtat ursprungsmaterialet till de frön eller plantor som används vid skogens förnygring.

¹²⁷ Stig Larsson, Tomas Lundmark och Göran Ståhl (2009). *Möjligheter till intensivodling av skog. Slutrapport från regeringsuppdrag Jo 2008/1885*. Sveriges lantbruksuniversitet.

IEA Bioenergy bedömer att ILUC-effekter finns men är svåra att kvantifiera och koppla till enskilda fall. Omfattningen av ILUC beror av faktorer som kan utvecklas i olika riktning, t ex hur effektivt styrmedel skyddar naturliga ekosystem, efterfrågan på och internationell handel med jordbruksprodukter, hektaravkastning inom växtodling och omfattning och former för betesdrift. Resultat av modellbaserad kvantifiering av ILUC beror på vilka antaganden som görs om hur kritiska faktorer förändras över tid. Vidare konstateras att det finns möjligheter att begränsa ILUC genom ökad integration mellan produktionen av livsmedel, fiberråvara och bränslen¹²⁸.

Eventuella sociala effekter (utöver eventuell konkurrens med livsmedelsproduktion) av bioenergi odling diskuteras också. Framför allt i vissa utvecklingsländer skulle expansion av bioenergi odling kunna innebära att mark med otydliga ägarförhållanden tas i anspråk av internationella företag utan att de boende får rimlig ersättning. Det kan skapa svårigheter för lokalbefolkningen, och kanske behov av flytt för att få tillgång till odlings- och betesmark samt för att hitta brännved. Det finns också risker att anställningar leder till orimliga arbetsförhållanden¹²⁹. Det är frågor som innefattas av en blivande ISO-standard för bioenergi¹³⁰. Samtidigt lyfter andra fram att nya biobränsleodlingar kan innebära arbetstillfällen och förbättrad infrastruktur, liksom ökad lokal energiförsörjning. Gemensamt för de som ser risker respektive möjligheter är att de understryker vikten av att lokalsamhällen som berörs medverkar i beslutsprocesser och att regelverk och associerade institutioner spelar en central roll^{131,132}.

Rätt utformat kan odling av perenna energigrödor ha potential att tillföra miljönyttor till odlingslandskapet, såsom mindre läckage av växtnäring och bekämpningsmedel samt ökad biodiversitet. Kolinbindning och upptag av tungmetaller ur förorenade marker kan vara ytterligare sådana positiva miljöeffekter, beroende på hur förutsättningarna på platsen ser ut. Vissa energigrödor (t.ex. vall) lämpar sig också bra på marker som inte är av tillräckligt bra kvalitet för att odla livsmedel på, och kan vara markvårdande¹³³. Vissa perenna energigrödor, t.ex. salix, kan uppfattas som antingen problematiska eller gynnsamma ur landsskapsbildssynpunkt, beroende på hur odlingarna utformas.

I t.ex. arbetet med standardisering samt i EU:s hållbarhetskriterier betonas ett starkt skydd för naturliga och icke naturliga gräsmarker (betesmarker räknas som icke naturliga gräsmarker). Med EUs hållbarhetskriterier går kulturlandskap, boskapskötsel och gräsekosystem alltid före t.ex. brukande för livsmedels-

¹²⁸ Göran Berndes m. fl (2010). *Bioenergy, land use change and climate change mitigation*. IEA Bioenergy ExCo:2010:03.

¹²⁹ Något som inte är specifikt för bioenergi.

¹³⁰ ISO 13065 Sustainability criteria for bioenergy.

¹³¹ FAO: Bioenergy and Food Security (BEFS) www.fao.org/energy/befs/en/

¹³² IFPRI International Food Policy Research Institute www.ifpri.org/book-774/ourwork/researcharea/bioenergy

¹³³ IEA Bioenergy (2011). *Quantifying environmental effects of Short Rotation Coppice (SRC) on biodiversity, soil and water*. IEA Bioenergy Task 43, 2011:01.

produktion eller bioenergi. Eftersom natur- och biodiversitetsvärdena kan variera starkt mellan gamla hagmarker med busk- och trädsikt och rena gräsmarker, så menar andra att det borde finnas utrymme för avvägningar mellan de olika sätten att använda marken, och att effektivt brukande för livsmedelsproduktion eller bioenergi ibland kan vara att föredra.

5.1.5 Klimatbedömningar av bioenergi

Biomassa ingår i ett biologiskt kretslopp där kolatomerna cirkulerar mellan fotosyntes och förbränning/nedbrytning. Ny biomassa bildas och förbränns om och om igen utan att ytterligare kolatomer behöver tillföras från fossila förråd. Därmed är biobränslen principiellt annorlunda än fossila bränslen och bedöms som koldioxidneutrala. Det finns dock behov av att analysera biobränslets klimatpåverkan lite mer nyanserat.

Energigrödor med kort omloppstid har korta cykler mellan upptag av koldioxid och utsläpp genom förbränning och utsläppen från förbränningen kan då approximeras till noll. Till det ska läggas utsläpp från odling, gödsling (inklusive framställning av gödselmedel), skörd och transport, samt om odlingen påverkar markens kolbalanser eller flöden av växthusgaser i någon riktning (relativt ett referensfall där energigröda inte odlas). Dessutom ska energiförluster vid eventuella förädlingssteg beaktas.

Klimatbedömningar för fleråriga energigrödor, t.ex. salix och poppel, utgår ofta från beslutet att odla biobränslen (d.v.s. startpunkten för klimatberäkningen sätts till denna tidpunkt). Koldioxidupptaget sker först, och när bränslet vuxit färdigt kan det skördas och förbrännas. Koldioxid binds således i växtbiomassan ett antal år innan den åter frigörs. Till bilden hör också hur mycket mark som tas i anspråk samt hur energieffektivodlingen är.

Vid övergång från odling av ettårsgrödor till perenna energigrödor eller snabbväxande trädgrödor sker en initial nettoinbindning av kol i mark och gröda. Med tiden uppstår en ny jämvikt. Om man sedan återgår till ettårsgrödor går på sikt även kolförrådet tillbaka till tidigare nivå. Beroende på hur klimatberäkningar tar hänsyn till den initiala kolinbindningen och sedan kolavgången om odlingen bryts erhålls olika resultat i klimatbedömningar av perenna energigrödor.

För skog med lång omloppstid är det svårare att argumentera för att skogen planterats för att ge energi och att upptaget av koldioxid ska anses ske innan förbränning i tiden. Skog finns på platsen av en rad olika skäl¹³⁴ och beslutet att avverka fattas då skogen är avverkningsmogen. Då tas också eventuellt beslut om att ta ut skogsbränsle (grot¹³⁵ och stubbar). Därför är det vanligt att skogsbränslets climateffekter bedöms med utgångspunkt i avverkningstillfället.

¹³⁴ Den brukade skog som finns i Sverige idag är resultatet av en skogsskötsel som syftar till leverans av råvara till industrin och försörjning för skogsägaren, inom ramen för aktuell skogslagstiftning.

¹³⁵ Grot är en förkortning för ”grenar och toppar”, och avser de rester av träden som kvarstår efter att virket tagits om hand vid skogsavverkning.

Förbränning av ett träd ger utsläpp av koldioxid som ”balanseras” först när det står ett nytt lika stort träd på platsen. Under tiden från förbränningen till dess att ett nytt träd finns på platsen räknas koldioxiden som ett nettoutsläpp (som dock avklingar över tiden när de nya träden växer). Det har uttryckts som att förbränning av trädbränslen orsakar en ”koldioxidskuld”. Bränslen som har en lång omloppscykel får då en klimatbelastning utöver den som består av insatsenergi från skörd, transport, beredning etc. och från eventuella förändringar av kolförråd och växthusgasflöden. Detta perspektiv bygger på att en produktionsyta, t ex ett skogsbestånd, analyseras över tiden från skogsavverkningen och framåt.

Skog binder koldioxid i biomassa och mark och skapar ett kolförråd. För klimatets skull är det viktigt att kolförrådet inte minskar och omvandlas till koldioxid igen. I ett globalt perspektiv finns det generellt en risk och en oro för att bioenergi skulle leda till att kolrika ekosystem överexploateras på ett sådant sätt att stora kolförråd i biomassa och mark går förlorade genom bränning eller dikning. Det är fullt möjligt att undvika sådana effekter, men det bygger på att det finns institutioner som kan se till att ett ansvarsfullt skogsbruk upprätthålls.

I ett landskap med brukad skog finns skogsbestånd i alla åldrar, från nyplanterad skog till avverkningsmogen skog och hyggen. Vid skörd förlorar skogen kol men genom trädens tillväxt binds ny koldioxid. Så länge som skörden inte överstiger tillväxten och markens kolförråd upprätthålls är det balans mellan förlusterna av kol och trädens inbindning av ny koldioxid. Om tillväxten är större än skörden så uppstår ett nettoupptag av koldioxid och skogen fungerar som en kolsänka.

Kolförrådet i skog kan enkelt ökas genom att avstå från avverkningar och/eller låta bestånden nå högre ålder innan de avverkas. Det är ett effektivt sätt att bevara kollagret. I Sverige har under lång tid uttaget av skogsbiomassa ökat, samtidigt som skogen haft en nettotillväxt (dvs koldioxid har tagits upp från atmosfären) och markens kolförråd ökar, detta tack vare en allt effektivare skogsskötsel¹³⁶.

Annat som påverkar klimatbedömningen av bioenergi är areaeffektivitet, produktionskedjans primärenergibehov, hjälpenenergibehov/energibalans samt olika allokeringmetoder mellan huvudprodukt och biprodukter, samt val av systemgränser i övrigt.

5.1.6 Olika synsätt kring hur bioenergi bör klimatbedömas

Det rapporteras vitt skilda bedömningar om olika aspekter kring biobränslen och bioenergi som ofta grundar sig i att man ser på systemet på olika sätt eller har olika utgångspunkter för sin analys. Nedan listas några av de aspekter som ofta debatteras och där det finns tydliga meningsskiljaktigheter.

- **Klimatneutralitet:** Ett perspektiv är att biobränslen ingår i ett biologiskt kretslopp och därmed kan betraktas som klimatneutrala. Ett annat är att det

¹³⁶ Skogsstyrelsen (2008). *Långsiktiga konsekvenser av olika sätt att sköta och bruka den svenska skogen. Skogliga konsekvensanalyser och virkesbalanser 2008 - SKA-VB 08.*

inte räcker att se på enbart själva biobränslet utan att hänsyn också måste tas till emissioner i produktionen, förändringar i kolförråd som orsakas av produktionen, direkta och indirekta effekter av ändrad markanvändning samt till omvandlingsförluster vid produktion av värme, el och drivmedel.

- **ILUC:** Det finns både olika åsikter kring om och i vilken omfattning ILUC-effekter finns och vilken hänsyn som ska tas till dem när bioenergins klimatnytta värderas.
- **Tidsskala:** Det finns olika syn på vilket tidsperspektiv som är relevant vid bedömning av biobränslets klimategenskaper. Olika tidsperspektiv leder till olika slutsatser kring vilka typer av biobränslen som bör prioriteras.
- **Kolförråd:** Meningsskiljaktigheter finns kring vilken roll kolförråd i ekosystemet spelar i klimatnyttan av biodrivmedel och vilken referenspunkt som skall användas när förändringar i kolförrådet bedöms.
- **Skogsbruk:** Olika aktörer gör olika prioriteringar när det gäller avverkning av gammal skog. Biodiversitetsskäl talar för att gammal skog ska sparas. Då utgör den samtidigt ett betydande kolförråd vilket ger en klimatnytta i närtid. Den avsatta arealen kan dock inte samtidigt leverera långsiktig klimatnytta i form av skogsråvara och biobränsle eller upprätthålla ett lika högt upptag av koldioxid som i en brukad skog med hög tillväxt. Olika synsätt råder om i vilken grad man ska prioritera 1) biodiversitet och kortsiktig klimatnytta) eller 2) långsiktig klimatnytta med substitution av fossila bränslen och klimatpåverkande råvaror.

5.2 Vad bör biomassan användas till?

I föregående del av detta kapitel har vi diskuterat olika synsätt kring vad som kan räknas som ett hållbart uttag av biomassa, och i vilken mån uttaget behöver anpassas eller begränsas för att inte äventyra t.ex. mål om biologisk mångfald eller ekosystemens funktioner. En annan fråga är: hur ska den biomassa som långsiktigt kan plockas ut från skog, jordbruk och hav användas? Biomassa kan ju användas för en mängd olika ändamål – som råvara för olika industriprodukter inklusive förpackningar, kemikalier, textilier etc, till byggmaterial, till livsmedel och djurfoder eller för energiändamål i form av el, värme och biodrivmedel.

Med ökat intresse för biomassa som ett sätt att minska fossilberoendet och klimatpåverkan från både energisystemet och andra samhällssektorer så ökar samtidigt konkurrensen om biomassan. Om man utgår från de samlade nationella planerna för bioenergi globalt så kommer efterfrågan på bioenergi att öka kraftigt de närmaste decennierna. IPCC skriver i en rapport om förnybar energi¹³⁷ att bioenergiefterfrågan förväntas växa avsevärt de kommande decennierna. Samtidigt konstateras att bioenergiesurserna inte bedöms vara tillräckliga för att tillgodose hela energiefterfrågan på global nivå. Samtidigt ökar också efterfrågan på andra produkter som tar mark i anspråk. Den största biomassaproduktionen

¹³⁷ IPCC (2011). *Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation*.

sker idag inom jordbruket och med växande befolkning och förändrade konsumtionsmönster mot ökad köttkonsumtion förväntas produktionen växa avsevärt under de kommande decennierna.

Hur olika sortiment av den begränsade biomassaresursen faktiskt används beror i grund och botten på vilken betalningsvilja som finns för olika användningar. Utbud och efterfrågan styr pris och i förlängningen användningsområde (som för alla varor på en konkurrensutsatt marknad). Med det grundantagandet i bakhuvudet, så är det ändå intressant att diskutera vilka användningar av biomassan, och vilka allokeringsprinciper, som skulle innebära störst samhällsekonomisk nytta och störst resurseffektivitet.

Olika aktörer gör olika bedömningar av vilka användningar av den tillgängliga biomassaresursen som bör prioriteras för att ge största möjliga samhällsnytta. Vad som är "bäst" användning varierar beroende på vilka mål som anses viktigast. I detta avsnitt diskuteras olika synsätt som finns i denna fråga, och hur argumenten ser ut för att prioritera olika användningar. Det handlar dels om olika synsätt vad gäller användning av "prima" biomassa – finns överhuvudtaget utrymme att använda denna för bioenergi, eller ska bioenergi bara komma från avfall och restprodukter? Ett angränsande synsätt på denna fråga är att mer biomassa bör lämnas kvar i naturliga system, av naturvärdesskäl, vilket har diskuterats tidigare i detta kapitel.

Det handlar också om olika synsätt på konkurrensen om biomassan och prioritering mellan etablerade industriella tillämpningar såsom papperstillverkning, råvara till nya biobaserade produkter och den framväxande användningen för energiändamål. Vilka behov är störst? Vilka behov kan tillgodoses på andra sätt än genom biomassaanvändning? Vilka marknader bedöms mest attraktiva? Var uppnås störst klimatnytta respektive resurseffektivitet? Osv.

Det finns också olika synsätt kring hur bioenergin gör störst nytta i energisystemet. Är biokraftvärme att föredra framför industriell spillvärme? Och är det i ett hållbart energisystem viktigt att prioritera biodrivmedel för att klara utmaningarna i transportsektorn även om större CO₂-reduktioner eller totalverkningsgrad kan uppnås - åtminstone på kort sikt - genom annan användning av biomassan? Värdet av inhemsk användning jämfört med export beror likaså på vilka perspektiv och mål som prioriteras.

Innan vi går in i redogörelsen för olika synsätt kring allokering av biomassaresursen så bör ett viktigt påpekande göras – det finns en mängd olika typer av biomassa med olika ursprung och olika egenskaper. Dessa är inte generellt utbytbara mot varandra, och är inte efterfrågade av samma aktörer. Som ett exempel kan nämnas att olika delar av ett träd passar för olika användningsområden – stamveden kan bli en mängd olika produkter med högt förädlingsvärde, medan grenar och toppar inte kan användas till mycket annat än bioenergi. Detta gör att det inte alltid är funktionellt att tala om "biomassa" som en enhetlig resurs, för vilken man kan dra absoluta slutsatser som vilken

användning som bör prioriteras. Vissa generella resonemang går trots allt att föra, och det är dessa som redogörs för i följande avsnitt.

5.2.1 Biomassa för energiändamål kontra andra ändamål såsom livsmedel och industriprodukter

En viktig princip som sannolikt många aktörer är överens om är att biomassaråvaror ska utnyttjas där det är mest samhällsekonomiskt effektivt, och att de samhällsekonomiskt mest effektiva råvarorna ska utnyttjas först. Vad som är samhällsekonomiskt mest effektivt beror dock på vad som läggs in i begreppet. Det är exempelvis inte enkelt att prissätta de variabler som läggs in i hållbarhetsbegreppet, såsom social och miljömässig hållbarhet. Svårigheten att exempelvis sätta pris på miljöpåverkan eller utnyttjande av begränsade resurser, som markyta, kan göra det svårt att internalisera kostnaden. Vissa menar att klimatnyttan bör vara huvudfokus, andra menar att t.ex. andra miljömål, försörjningstrygghet, sociala aspekter, sysselsättning eller industrins konkurrenskraft är minst lika viktiga och att dessa nyttor inte alltid går hand i hand. Om det huvudsakliga målet är minskad klimatpåverkan i samhället i stort och koldioxidutsläpp prissätts lika över alla sektorer (inklusive livsmedelsprodukter, byggnadsmaterial, förpackningar, energi osv), så kommer marknaden att allokera biomassan till den användning som kostnadseffektivast minskar utsläppen. Detta kräver dock liknande styrmedel globalt. Blir detta då självklart den mest resurseffektiva användningen? Vilka konsekvenser får det för markanvändningen, eller för svensk ekonomi? Och för fattiga länder med sämre köpkraft, som inte kan uppvisa samma ”betalningsvilja” för en resurs som rika länder? Det finns fler variabler att väga in än exempelvis klimatnytta för att avgöra samhällsnyttan. Därför krävs en sammanvägd bedömning, vilket är en utmaning – särskilt eftersom perspektiven och förutsättningarna förändras över tid.

Nedan diskuteras några olika sätt att se på frågan om hur och var den begränsade biomassaresursen ska användas.

Bör bioenergi baseras endast på avfall och restprodukter?

Det finns de som menar att det är resursslöseri att använda ”prima” biomassa för energiändamål, och att biobränslen endast bör baseras på avfall och restprodukter. Ett vanligt synsätt, bl.a. vad gäller skogsbiomassa, är att kaskadanvändningsprincipen bör tillämpas. Kaskadanvändningsprincipen handlar om att det finns ett ökat behov av biomassa globalt, som ersättning för bl.a. industriråvaror av fossilt ursprung samt för fossila drivmedel. Den stora efterfrågan på biomassa gör att man måste prioritera hur biomassa bör användas främst – detta eftersom den rimligen inte räcker till ”allt”, om uttaget ska göras på ett hållbart sätt. Det anses att biomassan först bör användas för att producera

långlivade produkter med högt ekonomiskt värde, som i sin tur kan återanvändas och återvinnas i flera led och först i *slutänden* användas för energiändamål¹³⁸.

Argument som talar för detta synsätt är att det dels ger maximal resurseffektivitet eftersom biomassan kan användas flera gånger och då kan ersätta andra fossila eller energiintensiva produkter, och dels att längre värdekedjor fördröjer utsläppen av CO₂ (från den slutliga förbränningen för energiändamål). Biomassa i långlivade produkter utgör ett kolförråd i sig (precis som exempelvis stående skog), vilket bidrar till att minska klimatpåverkan under uppbyggnaden av ett sådant kolförråd, jämfört med att all biomassa snabbt förbrukas och kolet återgår som koldioxid till atmosfären. Om biomassa används direkt för energiändamål kan den bara användas en gång. Med detta synsätt bör bioenergi enbart baseras på restprodukter eller avfall som uppkommer från produktionssystem med andra huvudsyften än energiutvinning, samt på biomassasortiment som andra sektorer inte har användning för. Om bioenergi så långt som möjligt baseras på avfall och restprodukter kan det därför ge ett mervärde i de näringar där dessa material uppkommer. Detta görs i stor utsträckning redan idag, men det finns fortfarande outnyttjad potential i form av restprodukter från jordbruket (såsom skörderester, gödsel mm) och från skogen. Även högre utnyttjande av organiskt avfall från såväl hushåll som industri är möjligt, genom högre grad av sortering och uppsamling. För organiskt avfall blir det för Sveriges del dock främst en avvägning mellan olika typer av energiåtervinning, främst biogasproduktion eller avfallseldade kraftvärmeverk, eftersom avfall som inte sorteras ut för t.ex. biogasproduktion energiåtervinnas genom förbränning. Potentialen är större i andra delar av världen, där avfallsåtervinningen är mindre utvecklad.

När det gäller huruvida organiskt avfall ska förbrännas för el- och värmeproduktion eller rötas till biogas, finns olika synsätt och nyttor. Man får inte ut lika mycket energi vid rötning som vid förbränning, en betydande del av energin blir kvar som rötrest. Å andra sidan ger rötning biogas som är ett värdefullt tillskott till transportsektorn. Om det organiska avfallet är fritt från miljögiftiga ämnen ger rötresten också ett bra organiskt gödselmedel vilket är en bonus. Vissa bedömare tillskriver kretslopp av rötresten ett högt värde, andra ser främst till de val som rör energisystemet – mer el och värme vid förbränning jämfört med mer biogas för transportsektorn där behovet är stort.

En invändning mot synsättet att endast avfall och restprodukter ska användas som bioenergi, är att en stor del av (lättillgängliga) restprodukter och avfall redan är in-tecknade, bl.a. för energiändamål. Dessutom passar restprodukter och avfall inte för alla typer av bioenergitillämpningar. Behovet av att snabbt bryta fossilberoendet inom energisektorn, och inom transportsektorn i synnerhet, kan motivera att odla/framställa biomassa särskilt för energiändamål. Behoven av utfasning av fossil energi är betydligt större än de resurser som genereras i form av restprodukter och avfall, varför man menar att en strikt tillämpning av

¹³⁸ I sammanhanget bör påpekas att strävan efter ökad återvinning – att samma resurs används flera gånger – inte bara är aktuell för biomassa. Principen om återvinning är lika viktig för produkter och råvaror av fossilt ursprung.

kaskadprincipen inte är det mest hållbara. Dels finns det primära biomassaresurser som kan användas för energiändamål utan att det innebär konkurrens med andra användningsområden. T.ex. kan fleråriga energigrödor odlas på outnyttjade eller dåligt utnyttjade marker. Dels krävs biomassa av hög kvalitet för vissa bioenergitillämpningar där det saknas bra alternativ till fossil energi – det kan t.ex. gälla förädlade biodrivmedel. I dessa fall kan användning av prima biomassa anses vara motiverat.

Ska biomassa från jordbruksmark användas för grundläggande mänskliga behov först, och till bioenergi i andra hand?

När det gäller biomassa från jordbruket, så är ett vanligt synsätt är att denna bör användas till bioenergi först efter att samhällets övriga behov av biomassa har tillgodosetts, för att undvika konkurrens med exempelvis livsmedelsproduktion och industriproduktion. Den så kallade Food-vs-fuel-debatten speglar dels reaktioner på upplevda reella effekter (t ex snabbt stigande spannmålspriser som av många har kopplats till växande biodrivmedelsproduktion) och dels reaktioner på scenariobaserade studier där en del resultat indikerar att ökande markanspråk från en växande bioenergisektor orsakar höjda livsmedelspriser som kan påverka matsäkerheten i fattiga länder. En hållning som framförs i debatten är att bioenergi som baseras på råvaror som även kan användas för att producera mat och foder, t ex spannmål, bör undvikas. En invändning mot detta är att efterfrågan från bioenergisektorn leder till att jordbrukets produktionskapacitet ökar och att denna högre kapacitet utgör en slags buffert som mildrar effekter av stora skördebortfall under missväxtår (se mer om detta nedan). Ibland hörs också röster från bl.a. biståndsorganisationer som menar att höjda livsmedelspriser skulle vara gynnsamt för fattiga länder, där odlingsbar mark finns i överflöd men subventionerad livsmedelsexport från bl.a. EU och USA gör det svårt att leva på jordbruk. I bl.a. Afrika anses sådana förhållanden gälla i många länder.

En hållning som ibland förs fram, bl.a. för att undvika ILUC-effekter, är att man bör satsa på energigrödor som kan produceras på marker som inte lämpar sig för odling av mat- och fodergrödor. En sådan strategi skulle förstås också mildra markkonkurrensen mellan livsmedel och bioenergi. Här måste dock beaktas dels att det kan vara svårt att avgöra i vilken utsträckning marker faktiskt används (t ex genom betesdrift) och dels att grödor som kan odlas på marginella marker många gånger är mest lönsamma på bättre marker.

Konkurrens om begränsade markresurser kan mildras genom effektivisering av existerande markanvändning för att på så vis minska markanspråken. Likaså finns stora möjligheter att minska matsvinnet och på så vis minska markbehovet inom jordbruket. Som redan nämnts har dieten stor betydelse för markanspråken och en förändring mot minskad animaliekonsumtion - och även skifte från nötkött till kyckling och griskött - kan både minska markbehovet och växthusgasutsläppen från jordbruket.¹³⁹ Det innebär att mark kan frigöras för t.ex. bioenergiproduktion.

¹³⁹ Stefan Wirsenius, Christian Azar och Göran Berndes (2010). *How much land is needed for global food production under scenarios of dietary changes and livestock productivity increases in 2030?* *Agricultural Systems* 103:9, s 621–638.

Närmare 70 procent av all jordbruksmark och alla gräsmarker på global nivå används till betesmark eller för foderproduktion. Detta är nästan 30 procent av hela jordens isfria landyta.¹⁴⁰ Ur klimatsynpunkt kan det finnas en poäng i att beskoga viss betesmark för kolinbindning och biomassaproduktion, men då kan också att andra värden gå förlorade. Många betesmarker (dock inte alla) är värdefulla naturmiljöer och har även ett stort socialt värde. På många platser bidrar betet till att hålla landskapet öppet och skapar förutsättningar för biologisk mångfald.

Många menar att det inte är en fråga om mat *eller* bioenergi utan om mat *och* bioenergi. Bioenergi kan vara ett bra komplement till livsmedelsproduktion, bidra till bättre lönsamhet för jordbrukaren och bidra till en effektivisering av jordbruket och markanvändningen. Energi från jordbruket kan ses som en viktig del i växtföljden av miljöskäl och även för att bidra till stärkt konkurrenskraft hos jordbrukarna genom att de kan bredda sin verksamhet och sprida risker. Detta gäller särskilt i länder som Sverige där livsmedelsproduktionen har lönsamhetsproblem. I Sverige och Europa och även i vissa andra delar av världen minskar arealen brukad jordbruksmark. Dels pga. produktivitetsförbättringar och dels på grund av dålig lönsamhet. Den mark som inte behövs för den egna livsmedelsförsörjningen skulle istället kunna användas till bioenergi, men så sker inte i Sverige i någon större utsträckning idag. Uppenbarligen är drivkraften (efterfrågan och därmed priset) idag inte tillräcklig för att odla energigrödor på dessa marker samtidigt som växande efterfrågan på bioenergi från vissa håll ses som ett problem för markkonkurrensen som beskrivits ovan.

På lång sikt kan större delen av jordbruksmarken komma att behövas för livsmedel (beroende bl.a. på konsumtionsmönster enligt ovan). Frågan är hur marken används till dess. Det är lättare att återgå till produktion av livsmedel om marken används för energigrödor än om den planterats med skog. Ur markanvändningsperspektiv kan det därför vara att föredra att odla fleråriga energigrödor än att låta skog växa in. Energiogrödor och deras odlingsarealer kan fungera som buffert vid missväxt och kanaliseras till livsmedelsproduktion. Det går att växla mellan livsmedelsproduktion och bioenergiproduktion, så länge energiråvaran utgörs av mat- och fodergrödor eller andra grödor som möjliggör snabb omställning, t ex gräsarter och vissa vedartade grödor.

Biomassa till bioenergi, eller till gröna industriprodukter och material?

Råvaran för industriella produkter såsom kemikalier och olika plastmaterial som idag till stor del är fossilbaserade skulle teoretiskt kunna ersättas med biobaserade material. Det finns idag exempelvis biobaserad mjukplast, och en intressant råvara för plaster är polylaktid från stärkelse. I framtiden kan kanske främst mjukare plaster även tillverkas från lignocellulosa. Kolfiber som kan ersätta hårdplast, stål eller aluminium tillverkas idag främst från fossil råvara, men kan även tillverkas av lignin (till lite lägre kvalitet). Nya biobaserade material som utvecklas inom

¹⁴⁰ Energimyndigheten (2007). *Energiutblick nr 01/07, Temarapport: Bioenergi*. ET2007:60.

skogsindustrin har potential att ersätta exempelvis vissa plast-, glas- eller metallförpackningar.

Biobaserade material som ersättning för andra material är intressant ur hållbarhetssynpunkt främst om det innebär energieffektivare processer som kan ge mindre livscykelutsläpp än produkten/materialet som ersätts. Här är exempelvis trähus istället för betonghus ofta betydligt bättre ur energi- och klimatsynpunkt¹⁴¹, men även pappförpackningar som ersätter metallförpackningar kan vara ett sådant exempel. Ett exempel på där vinsten ur energi- och klimatsynpunkt sannolikt är begränsad är majsstärkelsebaserad plast, men där det kan vara motiverat av andra hållbarhetsskäl såsom nedbrytbarhet i naturen. Som berörts tidigare kan det också ur klimatsynpunkt vara prioriterat att biomassa allokeras till långlivade produkter och material framför bioenergi som ett sätt att bygga upp ett kolförråd, och att biomassan används för bioenergi när dessa tjänat ut (jfr. kaskadanvändningsprincipen ovan). När det gäller att använda tillgänglig bioråvara för att ersätta fossil råvara i olika petrokemiska produkter såsom kemikalier eller plastprodukter är det dock inte självklart att det är det mest effektiva. Det är tveksamt hur stor potentialen är, och om effektiviteten i sådana system kan motivera stor biomassaanvändning jämfört med ersättning av t.ex. fossil energi.

När det gäller biomassa från skogen, så anser svensk skogsindustri att denna tas tillvara på det mest effektiva sättet om sågtimmer och massaved utnyttjas för tillverkning av trävaror, papper och pappersmassa medan biprodukter samt avverkningsrester från skogsbruket tas tillvara som biobränsle. Skogsindustrin är generellt positiv till ökad produktion av bioenergi från skogen, men anser att det ut klimatsynpunkt vore kontraproduktivt att låta detta inkräkta på tillverkningen av trävaror, papper, pappersmassa eller nya produkter¹⁴². Skogsindustrin anser att konkurrenskraftig produktion av trävaror och pappersmassa är en förutsättning för att ett effektivt helutnyttjande av skogsråvaran ska komma till stånd och att stora mängder bioenergi ska kunna levereras. Dessutom ger skogsindustrin upphov till spillvärme, som kan användas i fjärrvärmenäten istället för att biomassan bränns direkt för värmeproduktion.¹⁴³

Det råder ingen tvekan om att skogsindustrins verksamhet är viktig för svensk samhällsekonomi, och utgör en motor för effektivt skogsbruk och för produktion av stora mängder bi- och restprodukter som kan användas för energiändamål. Många av skogsindustrins produkter är också klimateffektiva och bidrar till minskade utsläpp genom att ersätta andra material. Det är dock inte otänkbart att en hög produktivitet, ett effektivt helutnyttjande av skogsråvaran och en konkurrenskraftig industri skulle kunna bibehållas även om skogsindustrin skulle

¹⁴¹ Se bl.a. Jonas Joelsson och Leif Gustavsson (2010). *Reduction of CO2 emission and oil dependency with biomass-based polygeneration*. Biomass and Bioenergy 34:7, s. 967–984.

¹⁴² Skogsägare kan däremot se till prisfrågan i första hand, d.v.s. att en större konkurrens om skogsbiomassan leder till ett högre pris på den råvara man som skogsägare producerar och säljer.

¹⁴³ Skogsindustrierna (2012). *Skogsindustriernas hållbarhetskrift 2012. Skogsindustrin – motorn i en hållbar bioekonomi*.

producera andra produkter än de som produceras idag, exempelvis biodrivmedel, bara betalningsviljan för dessa produkter är tillräckligt hög.

Idag tillämpas i hög grad redan kaskadanvändningsprincipen för svensk skogsråvara, så att skogsråvara som används för bioenergi utgörs av avverkningsrester och industriella restprodukter som inte kan användas för produktion av trävaror och massa/papper. Det råder till stor del konsensus om att prima biomassa i form av stamved även fortsättningsvis bör prioriteras till produkter med höga förädlingsvärden samt längre omloppstid som kan ersätta fossilintensiva produkter som medför höga CO₂-utsläpp.

Det kan dock ur hållbarhetssynpunkt ifrågasättas om all användning av skogsråvara för traditionella pappersprodukter i framtiden självklart bör prioriteras framför olika typer av bioenergi, såsom biodrivmedel. Klimatnyttan av fortsatt stor användning av ”vanligt” papper är inte självklar i ett alltmer digitaliserat samhälle i förhållande till den nytta skogsråvaran kan ha genom att exempelvis ersätta fossila drivmedel. Skogsindustrin och skogsnäringen är viktig för omställningen och för svensk ekonomi i stort, men inte självklart bara med de produkter som idag produceras. Att vissa av skogsindustrins traditionella pappersprodukter, som redan idag möter en sjunkande efterfrågan, sätts under ökad konkurrens från exempelvis efterfrågan på avancerade biodrivmedel baserade på skogsråvara kan också ses som en naturlig del av omställningen till ett hållbart energisystem som skogsindustrin i högsta grad kan vara en del av och tjäna på. En utveckling mot mer förädlade pappersprodukter (såsom smarta förpackningar eller material) i kombination med produktion av exempelvis biodrivmedel i olika former kan vara en intressant väg att gå för skogsindustrin (många skogsindustriföretag har redan idag börjat ställa om sin tillverkning från tryckpapper till t.ex. mjukpapper och förpackningar). Ett synsätt är därför att ett maximalt uttag av avverkningsrester, stubbar mm ur skogsbruket – på ett sätt som är långsiktigt hållbart och inte försämrar skogens tillväxt – bör stimuleras först och främst, men att det i framtiden inte bör hindra att användningen av exempelvis sämre sortiment av massaved mm för bioenergiändamål kan öka. Man skulle då mycket väl kunna tänka sig att skogsindustrin själva producerar dessa biobränslen.

5.2.2 Biomassa som bedöms tillgänglig för bioenergi – var i energisystemet bör den användas?

Den del av biomassaresursen som går till bioenergiändamål kan, som tidigare nämnts, användas på flera olika sätt. I kommande avsnitt ges några argument för och emot prioritering av olika användningsområden. Till att börja med kan konstateras att svaret på frågan om var i energisystemet som bioenergin bör användas, beror på prioriteringsgrunderna. Några tänkbara prioriteringsgrunder är:

- Bioenergi ska användas där den ger största möjliga klimatnytta.
- Bioenergitillämpningar som innebär ett effektivt utnyttjande av primärenergi ska prioriteras.

Både klimatnytta och primärenergianvändning måste bedömas ur ett livscykelperspektiv. Det innebär att hänsyn tas till alla faktorer som påverkar utsläpp och energianvändning genom hela livscykeln, såsom utvinning, transport, bearbetning och distribution av biomassa, och förluster i olika omvandlingssteg.

- Bioenergi ska användas i de sektorer där fossilberoendet är som störst, alternativt där det finns få andra alternativ för att fasa ut de fossila bränslen som används.

Det går inte att säga vilken av dessa prioriteringsgrunder som är den ”rätta”, utan det beror på vilket perspektiv man har, och prioriteringsgrunderna kan också vara olika från fall till fall.

Bioenergi för att ersätta fossilbränsleanvändning inom industrin?

Idag utgörs drygt 20 procent av den svenska industrisektorns energianvändning av fossila bränslen. Cement-, stål-, kemi- och raffinaderiindustriernas energianvändning är delvis fossilbaserad. Det ligger nära till hands att tänka sig att denna fossilanvändning skulle kunna ersättas med användning av bioenergi, för att på så vis komma till rätta med branschernas resurs- och klimatproblem.

Det finns dock tekniska, praktiska och – i dagens situation – ekonomiska hinder för en ökad användning av bioenergi i åtminstone vissa av branscherna. När det gäller stålindustrin är t.ex. ett problem att den koks som används i masugnarna inte bara fungerar som energikälla, utan även behövs som reduktionsmedel och strukturmaterial. Det ersättande biobränslet måste kunna bidra även med dessa funktioner, vilket inte är helt enkelt. Även i cementindustrin kan det vara svårt att ersätta dagens bränslen med biobränsle, eftersom biobränslet måste förbehandlas för att bli mer homogent och energitätt, och det kan vara svårt att frambringa lämplig biomassa i tillräckliga volymer med hållbar ekonomi för detta ändamål. När det gäller raffinaderi- och kemiindustrin, så använder dessa till stor del interna bränslen, som härstammar från den fossila råvara som verksamheten bygger på. Här är det rimligen mer relevant att försöka öka andelen förnybar råvara, än att sluta använda den interna restenergi som ändå uppstår och ersätta denna med biobränsle.

I den mån det faktiskt går att ersätta (delar av) den fossila energin med bioenergi, så behöver man ställa sig frågan om detta är den bästa användningen av den begränsade biomassaresursen, eller om det finns andra mer prioriterade användningsområden. Svaret beror bl.a. vilken möjlighet dessa industrier har att använda biomassasortiment av låg kvalitet (såsom avfall och svårare restprodukter såsom bark, halm mm), och om det går att uppnå hög systemenergieffektivitet jämfört med andra lösningar och till vilken kostnad detta kan ske.

Bioenergi för produktion av el och värme?

En sedan länge etablerad användning av bioenergi är att producera el och värme i kraftvärmeverk. En styrka med denna användning är att den ger en hög totalverkningsgrad – en stor del av energin i biomassan omvandlas till nyttig elektricitet och värme (som förs ut i fjärrvärmenät). Ännu effektivare kan

biokraftvärmen bli om kapacitetsutnyttjandet under året kan ökas, t.ex. genom att värmen kan levereras till en industrianläggning under den tid på året då det inte finns behov av värme för uppvärmning av bostäder och lokaler.

Ibland lyfts dock fram att det finns en outnyttjad potential i den spillvärme som uppstår vid många industrianläggningar, och att denna värme skulle kunna användas i första hand (istället för att etablera nya bioeldade kraftvärmeverk). Det finns många som menar att det är både resurseffektivare och klimatsmart att använda spillvärme från industrier för att ersätta lokal fjärrvärme än att denna värme går till spillo. På så sätt minskar ”onödig” förbrukning av bioenergi, som istället kan allokeras till andra angelägna användningsområden. Med detta synsätt bör bioeldad kraftvärme endast användas på sådana platser där det inte finns tillräckliga spillvärmepotentialer att tillgå. Ett motargument som vissa lyfter fram är att spillvärme från industrin i många fall har fossil ursprung, och att fossilbaserad energi aldrig kan vara hållbar, ens som restprodukt. Man menar också att det är viktigt att inte urholka drivkraften att ersätta den fossila energin med förnybar dito, genom att fossilbaserad spillvärme får bra betalt. Naturskyddsföreningens miljömärkning Bra Miljöval för fjärrvärme accepterar exempelvis inte fossil spillvärme. Ett annat motargument är risken att industrin p.g.a. produktionsbortfall vid vissa tillfällen kan få svårt att leverera den värme som utlovats, vilket i så fall är problematiskt ur försörjningstrygghetssynpunkt.

Kraftvärmeverken producerar ju inte bara värme, utan även el. En invändning mot (ytterligare) allokering av bioenergi till kraftvärme skulle kunna vara att biobränslena behövs på andra håll, samtidigt som det finns andra sätt att producera förnybar el på, t.ex. via vind- och solkraft. I andra sektorer (t.ex. vissa delar av transportsektorn) kan det vara svårare att hitta hållbara lösningar som inte innefattar användning av bioenergi. Å andra sidan är både vind- och solkraft variabla kraftslag, medan bioeldade kraftvärmeverk kan producera el på en jämn och stabil nivå (under vinterhalvåret). Biobränslet kan också lagras, till skillnad från vind och solinstrålning. Biokraftvärme har därför fördelar ur effektbalans- och försörjningstrygghetsperspektiv. Som reglerresurs har biokraftvärmen i dagsläget mer begränsad potential, eftersom dess produktion följer värmebehovet. Produktionen måste dock egentligen inte följa värmebehovet så som sker idag, utan det är tänkbart att kraftvärmeverken i framtiden producerar el när det behövs, även om det inte finns ett samtidigt värmebehov, och att överskottsvärmen lagras på dygns- och säsongsbasis och sedan används i fjärrvärmenätet när värmebehov uppstår. För detta krävs dock att lagringsutrymmen i form av t.ex. berggrum eller borrhål byggs ut. Ett annat biobaserat kraftslag som eventuellt också skulle kunna bidra med reglerförmåga är biogasdrivna gasturbiner, som skulle kunna kopplas in som spetslast vid effektoppar.

Bioenergi för produktion av drivmedel?

Som nämnts i kapitel 4 är transportsektorn den sektor i Sverige som är mest beroende av fossila bränslen. Samstämmiga bedömningar pekar på att biodrivmedel kommer vara nödvändigt för att ställa om till en hållbar transportsektor, även om effektiviseringar och elektrifiering kan dämpa behovet.

Elektrifiering kommer t.ex. knappast att vara en lösning för sjöfart och luftfart, och kanske inte heller för tunga fjärtransporter på väg. Svårigheterna att hitta alternativa lösningar är ett argument för att prioritera användning av bioenergi i transportsektorn. Detta knyter an till en av de prioriteringsgrunder som återges i början av avsnitt 5.2.2, nämligen ”Bioenergi ska användas i de sektorer där fossilberoendet är som störst, alternativt där det finns få andra alternativ för att fasa ut de fossila bränslen som används”. Enligt detta synsätt bör bioenergin användas där det inte finns några andra förnybara alternativ, även om det ger lägre kostnadseffektivitet, energieffektivitet och/eller CO₂-reduktion än andra användningar.

Ett argument mot att prioritera biodrivmedel framför andra bioenergitillämpningar, är att produktion och användning av biodrivmedel generellt sätt är betydligt mindre energieffektivt än t.ex. direktförbränning för produktion av el och värme. Beräkningar visar också att bioenergi som ersätter bensin och diesel ger mindre än hälften av koldioxidreduktionen jämfört med om biomassan istället ersätter kol till el och värme¹⁴⁴, vilket *ur klimatsynpunkt* skulle kunna tala för att export av biomassa för användning i kraftvärmeverk på kontinenten borde vara högre prioriterat än inhemsk biodrivmedelsproduktion¹⁴⁵. Ett annat sätt att uttrycka detta på är att mer fossil energi (och därmed mer utsläpp) kan ersättas per hektar mark om biomassan används för värme- och elproduktion i exempelvis ett kraftvärmeverk än om det används för biodrivmedel, pga. omvandlingsförluster.¹⁴⁶ Samtidigt kan påpekas att potentialen för detta är mer begränsad än i Sverige, eftersom de flesta länder saknar utbyggd fjärrvärme.

I sammanhanget kan nämnas att produktion av framförallt andra generationens biodrivmedel (t.ex. i förgasningsanläggningar) tenderar att generera stora mängder spillvärme. För att sådana biodrivmedelsanläggningar ska bli lönsamma, och få god totalverkningsgrad, krävs att det finns ett stort fjärrvärmenät (eller processindustri) att leverera spillvärmerna till.¹⁴⁷

Export av bioenergi?

När det gäller våra inhemska bioenergiressurser så kan de användas inom landet för ovan beskrivna ändamål – för produktion av el och värme, för framställning av

¹⁴⁴ Pål Börjesson, Karin Ericsson, Lorenzo Di Lucia, Lars J. Nilsson och Max Åhman (2008). *Hållbara drivmedel- finns de?* Lunds universitet.

¹⁴⁵ Detta påstående utgår från dagens produktionsmetoder för bensin och diesel. Om man i framtiden börjar använda mer okonventionella och energikrävande utvinnings- och produktionsmetoder, så kan kalkylen förändras.

¹⁴⁶ Jenny Gode, Mathias Gustavsson, Jonas Höglund, Sofie Hellsten, Fredrik Martinsson och Johanna Stadmark (2011). *Strategisk bioenergiforskning. En kunskapssammanställning och syntes av forskningsprojekt finansierade av Energimyndighetens bränsleprogram 2007-2011*. ER 2011:21.

¹⁴⁷ Se t.ex. Pål Börjesson och Karin Ericsson (2008). *Potentiell avsättning av biomassa för produktion av el, värme och drivmedel inklusive energikombinat. Regionala analyser och räkneexempel*. Lunds Universitet.

biodrivmedel eller för utfasning av fossil energi inom industrisektorn. En annan möjlighet är att exportera (delar av) bioenergiresurserna för användning i andra länder. Det är ju inte självklart att svensk bioenergi gör störst nytta om den används eller förädlas just i Sverige.

Ett synsätt som talar för en betydande nettoexport av bioenergi är att det är av stor betydelse att se till Sveriges möjligheter att bidra till global minskning av oljeanvändningen och koldioxidutsläppen och att inte enbart fokusera på minskning i Sverige. Klimatpåverkan är ett globalt problem och de samlade globala bioresurserna är begränsade och bör därför användas så att de ger optimal global nytta ur klimat- och hållbarhetssynpunkt. Om klimatnyttan är i fokus kan man argumentera för att biobränsle så långt som möjligt bör exporteras för att ersätta exempelvis kolbaserad elproduktion, snarare än t.ex. ersätta svenska drivmedel, eftersom detta ger stor klimatnytta per kWh.

Ett annat argument för nettoexport är att många andra länder har betydligt sämre förutsättningar än Sverige att producera de mängder bioenergi som de kommer att behöva för att kunna ställa om sina energisystem bort från användning av fossil energi, och därför har behov av att importera hållbart producerad bioenergi (vilket Sverige kan bidra med, bl.a. med tanke på våra stora skogsresurser).

Ytterligare ett argument för nettoexport av bioenergi är kostnadseffektivitet – i många länder har man inte kommit lika långt med utfasningen av fossil energi som i Sverige, och det finns därför fler åtgärder kvar att göra som ger stor (klimat)nytta i förhållande till kostnaden, jämfört med i Sverige.

Det finns dock även argument för att prioritera inhemsk användning av våra nationella bioenergiresurser. Ett sådant argument är att inhemsk förädling och försäljning kan skapa arbetstillfällen, och att dessa (potentiellt sett) kan uppstå på landsbygden, där behovet av arbetstillfällen i många fall är stort.

Ett annat argument för inhemsk förädling och användning är att det kan bidra till viktig teknikutveckling för att uppnå nya effektiva bioenergilösningar, som sedan kan exporteras. Detta innebär tillväxtpotentialer för Sverige, men är också viktigt för omställningen av energisystemet. Här kan Sverige göra en insats genom att "gå före" och ta på sig de kostnader och risker, men också möjligheter, som det innebär att utveckla nya effektiva bioenergitillämpningar. I Sverige finns såväl råvara (mark och effektivt hållbart skogsbruk) som tekniskt kunnande kring drivmedelsproduktion, raffinaderiverksamhet, skogsindustri och tradition av energikombinatslösningar i form av bl.a. kraftvärme samt en stor fordonsindustri. Det går alltså att argumentera för att vi har särskilt bra förutsättningar för utveckling av effektiva bioenergisystem som vi bör ta till vara.

Hur kan omvärldsfaktorer förändra prioriteringarna?

När omvärlden förändras kan förutsättningarna för hur biomassan bör användas förändras. Nedan ges två sådana exempel.

- Minskat värmebehov i bebyggelsen

En del av resonemangen i avsnitten ovan har byggt på att det finns en efterfrågan på fjärrvärme från bebyggelsen. I framtiden är det dock tänkbart att denna efterfrågan minskar, i takt med att byggnadsbeståndet blir allt mer energieffektivt. Frågan är om en sådan minskad värmefterfrågan påverkar vilka bioenergianvändningar som ger störst samhällsnytta? Om t.ex. biodrivmedelsanläggningar och bioenergidrivna kraftvärmeverk inte kan få tillräcklig avsättning för sin värmeproduktion, så blir dessa bioenergitillämpningar rimligen mindre effektiva. Är det då bättre att exportera större andel av den inhemska bioenergiressursen, eller kanske att allokera mer bioenergi till industrin (för ersättning av fossila bränslen)? Eller är det fortfarande motiverat att satsa på inhemsk produktion av biodrivmedel, eftersom behovet bedöms vara så pass stort? Vilka förutsättningar har i så fall en sådan produktion att bli långsiktigt lönsam?

- Förändrade koldioxidpriser

Flera olika internationella organisationer – såsom, IEA, EU och CEFIC¹⁴⁸ – har förutspått att CO₂-priserna år 2030 kan ha stigit till betydligt högre nivåer än idag. Det skulle kunna innebära att t.ex. stora komplexa bioraffinaderier blir lönsamma, vilket helt kan förändra synen på hur biomassan bäst kan användas.

¹⁴⁸ CEFIC, The European Chemical Industry Council, är den europeiska kemiindustrins branschorganisation.

6 Olika aktörers roller i omställningen

Tidigare kapitel har berört olika vägval och utmaningar för utformningen av det framtida energisystemet: Behöver energianvändningen minska, och i så fall hur mycket? Hur kan balansen i elnäten upprätthållas med ökad mängd förnybar variabel el? Hur ska energiförsörjningen till transportsektorn se ut i framtiden? Etc. Oavsett vilka svar man ger på dessa frågor, så behöver man också fundera över *vem* som ska se till att de önskade förändringarna kommer till stånd. Hur bör fördelningen av ansvar och roller mellan olika aktörer i energisystemet se ut?

Det är idag många olika aktörer som tillsammans deltar i utformandet av det svenska energisystemet. En första huvudgrupp av aktörer är de som finns inom den offentliga sektorn, främst riksdag, regering, myndigheter, landsting och regioner samt kommuner. En annan huvudgrupp är olika typer av privata vinstdrivande aktörer – några som kan nämnas är energibolag, drivmedelsföretag, fordonstillverkare, energiintensiv industri, fjärrvärmeföretag, bygg- och fastighetsbolag, elnätsbolag och miljöteknikföretag. I en tredje huvudgrupp finns privata icke vinstdrivande aktörer, främst hushåll och olika typer av föreningar (allt från miljöorganisationer till bostadsrättsföreningar).¹⁴⁹ Alla dessa aktörer har betydelse för att energisystemet ska kunna ställas om i en långsiktigt hållbar riktning.

Fördelningen av roller och ansvar mellan olika aktörer i energisystemet är inte självklar, och den förändras dessutom över tid. Historiskt sett har de flesta större förändringar av energiförsörjningen i världen haft stora inslag av statlig inblandning, och ofta närmast fullt offentligt ansvar. Exempel på detta är den storskaliga utbyggnaden av vattenkraft och kärnkraft. Idag är makten över energisystemet mer otydlig, och fördelad på fler aktörer. Den statliga styrningen har minskat, och fler intressen är inblandade i besluten. Man talar generellt om en förändring av styrningen i samhället från ”government” till ”governance”¹⁵⁰. Man vill då peka på en utveckling där den nationella politiska rådigheten successivt förflyttats uppåt genom europeisering och globalisering, nedåt till kommuner och regioner genom delegering och decentralisering samt utåt genom privatisering till företag och olika frivilligorganisationer¹⁵¹. Denna förändring gör det än mer angeläget att diskutera hur ansvaret för omställningen av energisystemet kan och bör fördelas, beroende på situation och område. Det finns inga enkla svar på frågan, men i detta kapitel försöker vi oss på några resonemang, och börjar då med den offentliga sektorns roll.

¹⁴⁹ Därutöver finns en mängd ”omvärldsaktörer” som påverkar det svenska energisystemet utifrån, t.ex. EU-institutioner och internationella energirelaterade företag.

¹⁵⁰ Stig Montin och Gun Hedlund, red. (2009). *Governance på svenska*.

¹⁵¹ Jon Pierre och B. Guy Peters (2000). *Governance, Politics, and the State*.

6.1 Den offentliga sektorns roll

Idag råder ofta synen att det offentliga bör låta marknaden hitta de optimala lösningarna, eventuellt inom ramen för ekonomiska styrmedel, för att på så sätt ta vara på den kraft som finns i marknaden. Det finns dock situationer där det kan vara motiverat att det offentliga tar en större roll. Ett exempel är vid s.k. sociala dilemman, där individuella beslut, som var för sig är optimala, leder till en icke-optimal situation. Sådan kan situationen vara när det gäller t.ex. forskning och innovation. Kunskap är en kollektiv nytta, och för enskilda individer eller företag kan det vara optimalt att använda kunskapen utan att själva bidra till att ta fram den i någon större utsträckning. Detta kan leda till ett läge som är dåligt för alla, vilket kan vara ett motiv för regleringar från statens sida. Ett annat motiv för ingrepp från det offentliga kan vara behov av omfördelning av resurser. Det klassiska ekonomiska kriteriet på att en förändring är ”bra” är att ingen förlorar på den (det s.k. Pareto-kriteriet). I marknadssammanhang är heller ingen tvingad att ingå ett avtal som denne förlorar på. Det kan ses som ett konservativt kriterium jämfört med politiska majoritetsbeslut, som mycket väl kan leda till att vissa får det sämre. Det politiska systemet kan legitimera en (för vissa ofrivillig) omfördelning, vilket nog de flesta anser är acceptabelt. Det kan t.ex. förekomma att aktörer har kunnat berika sig i ett system som är ohållbart i något avseende. Utifrån Pareto-kriteriet skulle dessa aktörer då kunna blockera ett skifte till ett mer hållbart system. Ett tredje skäl till ingrepp från det offentliga kan vara att situationen är så komplex att ekonomiska styrmedel blir för besvärliga att utforma och administrera. Att det offentliga tar över kan då ses som ett sätt att reducera transaktionskostnaderna. Man skulle kunna säga att det offentliga ska ta över om det blir samhällsekonomiskt mer lönsamt.

Om man utgår från att det finns situationer där det offentliga behöver styra utvecklingen, så är frågan *hur* man ska välja att styra i olika situationer. Vanliga typer av styrning är administrativa styrmedel i form av t.ex. lagar och regler, och ekonomiska styrmedel i form av t.ex. skatter och subventioner. Offentlig styrning måste dock inte alltid handla om införande av subventioner, skatter eller regler, det kan också handla om att facilitera och underlätta marknadsaktörernas initiativ och samarbete, t.ex. genom nätverksbyggande eller genom fysisk planering som underlättar hållbara beteenden och initiativ. Det offentliga kan också arbeta med informativa styrmedel och med s.k. nudging¹⁵², något som verkar bli allt mer aktuellt. Även finansiering av forskning och innovation är en viktig roll för det offentliga.

En intressant fråga i sammanhanget är vem som ska stå för sådana investeringar som är nödvändiga ur omställningssynpunkt, men som är olönsamma (på kort sikt), som innebär stora risker eller där det inte finns etablerade sätt att ta betalt för

¹⁵² Nudging handlar i princip om att ”puffa” aktörer i en viss önskvärd riktning, t.ex. genom att presentera olika val på ett genomtänkt sätt, och underlätta önskvärda val. För mer information, se t.ex. boken *Nudge: Improving Decisions about Health, Wealth, and Happiness* (2008) av Richard H. Thaler och Cass R. Sunstein, eller Naturvårdsverkets rapport *Nudging. Ett verktyg för hållbara beteenden?* (2014).

att få igen investeringen. Några exempel på sådana investeringar kan vara stora demonstrationsanläggningar (som ofta är både dyra och riskfyllda), CCS-anläggningar (där bl.a. osäkerhet kring det framtida koldioxidpriset en stor risk) och laddinfrastruktur för elfordon (där det kan vara svårt att hitta en fungerande affärsmodell – detta problem tycks dock bli allt mindre, se vidare under avsnittet ”Privata vinstdrivande aktörers roll”). Ytterligare ett exempel är det stora behovet av renovering och samtidig energieffektivisering av miljonprogrammets byggnader – frågan är hur fastighetsägarna kan finansiera sådana renoveringar utan att behöva höja hyrorna så pass att hyresgästerna tvingas flytta p.g.a. svag ekonomi.

Att den offentliga sektorn är med och delar stora och riskfyllda investeringar med marknadsaktörerna kan vara viktigt i förtroendeskapande syfte. Exempelvis föregicks elcertifikatsystemet av tolv år med investeringsstöd för biobränslebaserad kraftvärme samt vindkraft, och utan detta som grund hade det sannolikt inte varit möjligt att introducera certifikatsystemet. Idag finns investeringsstöd till solceller och i viss mån till biogas. Det diskuteras också investeringsstöd till laddinfrastruktur till elfordon. I ljuset av det kommande EU-direktivet om infrastruktur för alternativa drivmedel¹⁵³ vore det teoretiskt sett tänkbart att ha en stödform för alla de aktuella drivmedel vars distribution innebär merkostnader. På samma sätt vore sannolikt ett sätt att komma vidare med förnybara drivmedel att också där ha ett investeringsstöd för produktionsanläggningar.

Det offentliga kan dessutom ha en roll i att främja etablering av ny teknik även om den faktiskt är lönsam, eftersom t.ex. befintlig infrastruktur, normer och vanor skapar en tröghet som hindrar skiftet till den nya tekniken. Det kan också vara så att vissa (vinstdrivande) aktörer tjänar pengar på den gamla tekniken och därför kan komma att bromsa framväxten av den nya.

Ett annat sätt att driva på omställningen på specifika områden kan vara att det offentliga tillsammans med företag och andra aktörer samverkar på områden där både det offentliga och företagen bedömer att en lösning kan passa både i Sverige och i andra länder. Två för transportsektorn möjliga områden skulle kunna vara elvägar samt drivmedlet DME. Sådana satsningar kan på sikt innebära både en omställning här och i andra länder samt export av teknik och kunnande. Idag finns forsknings- och utvecklingsresurser för delar av en sådan insats men det saknas medel från offentligt håll för att gå in och kunna dela investeringar som behövs för att realisera ett system i Sverige.

Innovationsupphandling, d.v.s. att offentliga aktörer efterfrågar utveckling av nya innovativa lösningar, kan också vara ett sätt för både stat, landsting och kommuner att öka takten i omställningen – särskilt med tanke på att offentlig sektor varje år upphandlar varor och tjänster till ett värde av uppskattningsvis 600-

¹⁵³ Direktiv 2014/94/EU om utbyggnad av infrastrukturen för alternativa bränslen.

800 miljarder kronor¹⁵⁴, vilket motsvarar ungefär en femtedel av Sveriges BNP, och ca 20 procent av denna totala upphandling uppskattas gälla energiförsörjning¹⁵⁵.

Omfattningen av offentligt stöd till forskning och innovation kan rent generellt ha stor betydelse för hur snabbt introduktionen av en ny teknik sker. Stödet för elfordon i Norge är här ett mycket tydligt exempel. Ofta talar man om s.k. lärlärokurvor där ny teknik på en marknad blir mer kostnadseffektiv med tiden och där stöd till forskning och innovation ger möjlighet att skapa ett snabbare lärande och därmed en snabbare kostnadseffektivitetshöjning för tekniken. Forsknings- och innovationsstöd parallellt med en marknadsutveckling kan därför vara en viktig typ av insats från statens sida. Utmaningen är att sedan minska stödet på ett förtroendeskapande sätt. Det som sagts inledningsvis i exemplet med de norska elfordonen är att stödet ska minska när marknaden kommit igång. Med nuvarande takt i elbilsförsäljningen i Norge och de uttalade ambitionerna om stöd, ska en nedtrappning av stödet ske redan under 2015. Sverige hade tidigare ett samlat ”stödpaket” till E85-fordon, som i kraft motsvarade den nuvarande satsningen på elfordon. Det kan inte uteslutas att just utfasningen av detta stöd i Sverige, som skedde mycket snabbt, kom att minska förtroendet för E85. Utfasning av dessa typer av stöd är inte alltid lätt att genomföra på ett optimalt sätt.

I vissa fall behöver flera tekniker på olika marknader utvecklas parallellt för att fungera ihop. Exempelvis behöver produktion och distribution av ett nytt drivmedel utvecklas parallellt med fordon som kan använda detta drivmedel. Då behövs samordning, något som kan vara en uppgift för det offentliga. Lokala demonstrationsprogram har ibland använts för att åstadkomma detta. Parterna gör då gemensamma, samtidiga satsningar inom programmet. Utgående från lokala satsningar kan man senare, om förtroende och positiva erfarenheter visar på möjligheter, utveckla spridningen av den prövade kombinationen (av t.ex. fordons- och infrastrukturlösningar) utan större svårigheter. Demonstrationerna är som regel samfinansierade mellan det offentliga och det privata. Oftast är det lättast att börja med professionella aktörer snarare än med privatmarknaden.

När det gäller tekniks specifika styrmedel, så kan sådana vara problematiska om de leder till satsningar på en teknik som kanske inte efterfrågas av kunderna, eller där det inte finns någon efterfrågan utanför Sverige. I det senare fallet kan vi varken fungera som förebild för andra länder eller exportera tekniken och kunskapen. Å andra sidan finns det tekniker som kan ha stor potential på lång sikt, men som ännu inte kan konkurrera på en marknad enbart med hjälp av generella styrmedel som t.ex. energi- och koldioxidskatter. Här kan det vara relevant för det offentliga att ge riktade stöd för att stimulera den lovande tekniken innan den kommer till det skede där den kan bära sig själv. Generellt kan man säga att det offentliga förmodligen behöver ta ett större ansvar för radikalt nya tekniker som har stor potential på lång sikt, men som är ”svåra” eftersom de kräver stora förändringar,

¹⁵⁴ Charles Edquist (2014). *Offentlig upphandling och innovation*. Uppdragsforskningsrapport 2014:5, Konkurrensverket.

¹⁵⁵ Konkurrensverket (2014). *Upphandlingsreglerna – en introduktion*.

helt ny infrastruktur el.dyl. För de vinstdrivande marknadsaktörerna ligger det nämligen ofta närmast till hands att effektivisera och förbättra befintlig teknik, eller att fasa in ny teknik i befintlig infrastruktur. När det offentliga på detta sätt satsar på nya tekniker som står långt från marknaden, så är det viktigt med uthållighet och långsiktighet. T.ex. har marknaden för solceller på senare år växt kraftigt, och solelen kan komma att få stor påverkan på energisystemets utveckling framöver. Det har dock krävts många år, många olika typer av styrmedel och motiv för att nå till det skede där utvecklingen står idag.

Ett annat motiv för tekniks-specifik styrning på vissa områden kan vara att det ibland inte anses finnas tid att låta marknaderna utvecklas mer organiskt, i sin egen takt, eftersom problemet som ska lösas är allt för trängande. Det nya EU-direktivet om alternativa drivmedel skulle kunna ses som ett uttryck för detta – att EU önskar ena Europa i stor utsträckning för gemensamma lösningar kring drivmedel och laddinfrastrukturstandarder snabbare än vad en fritt verkande marknad kunnat göra.

6.1.1 Specifikt om kommunernas roll

Inom den offentliga sektorn finns flera olika aktörer som kan ha ganska skilda roller och intressen, och som fungerar på olika sätt. Förutom staten är även kommunerna viktiga aktörer i omställningen. De har genom det kommunala självstyret stora möjligheter att gå före i klimat- och energiarbetet, och det kommunala planmonopolet gör att de har stor påverkan på t.ex. transportsystemets energianvändning. Ibland kan en kommuns klimat- och energiambitioner hindras av den nationella politiken och lagstiftningen, t.ex. vad gäller förbudet mot särkrav för byggnader, eller regler kring offentlig upphandling. I andra fall kan det vara staten som driver kommunerna framåt. Några exempel på styrning som används eller har använts från statligt håll gentemot kommunerna är lagen om kommunal energiplanering, energieffektiviseringsstödet, delegationen för hållbara städer samt LIP- och KLIMP-programmen.

Ambitiösa kommuner kan via lokal politik och lokala styrmedel skapa lokala marknader för olika gröna energilösningar. En viktig utmaning är då att skapa ett långsiktigt förtroende för de lokala marknader som uppträder. Exempel på sådana marknader är t ex biogasdrivna bussar och de lokala miljökraven på offentligt köpta taxitjänster.

En annan intressant fråga när det gäller kommunernas roll i utformandet av energisystemet, är den betydelse de har haft, och har, när det gäller el- och värmeproduktion. Kommuner har sedan början av 1900-talet drivit energibolag i syfte att försörja medborgare med stadsgas och el. Från 1970-talet blev även utbyggnad av fjärrvärme en omfattande kommunal verksamhet. Ett mål med det kommunala ägandet av elproduktionen var att hålla nere priserna för konsumenterna. De kommunala energibolagens ursprungliga syfte var således inte att generera vinst då detta skulle stå i strid med det tidigare förbudet för kommuner att bedriva verksamhet i vinstsyfte. Den avreglering av elmarknaden som genomfördes 1996 innebar att kommunalt ägda energibolag skulle delas upp

efter samma mönster som det statliga Vattenfall. Detta innebar att det i en rad kommuner kom att konstrueras två bolag, ett för produktion och ett för leveranser. Som en följd av avregleringen kan kommunerna inte längre påverka priset för konsumenterna. Ett argument för det kommunala ägandet av energibolagen försvann därmed. De svenska kommunernas trängda ekonomiska läge har bidragit till att en rad kommuner sålt sina energibolag. Det inflytande kommunerna kan utöva över energisystemets utveckling har därmed begränsats. På så sätt ser rollfördelningen mellan privat och offentlig sektor på detta område annorlunda ut idag jämfört med tidigare.

6.2 Privata vinstdrivande aktörers roll

Hur stor roll kan privata vinstdrivande aktörer ta i omställningen? Svaret beror i mångt och mycket på hur lönsam omställningen bedöms vara, eller rättare sagt – om företagen kan hitta lönsamma sätt att genomföra omställningsåtgärder. En grundläggande utgångspunkt här är att företag drivs av ekonomiska incitament. Det företag som inte reagerar på ekonomiska incitament, och som gör långsiktigt olönsamma investeringar eller åtgärder kommer inte att överleva. Problemet är att det på många marknader inte är ekonomiskt rationellt att genomföra åtgärder eller göra investeringar som leder till en omställning av energisystemet. Det är då upp till det offentliga att via styrmedel skapa ekonomiska incitament som styr åt rätt håll – företagen kan ”bara” bidra med att använda pengarna på ett effektivt sätt. Ju starkare styrmedel som behövs för att påverka en marknad i en viss riktning desto större utmaningar.

Det finns dock ett genuint intresse hos många företag att bidra till hållbarhet, så länge det är företagsekonomiskt rationellt. Drivkrafterna är både att man ser att det kan löna sig på sikt och att man vill göra en insats här och nu. En viktig förutsättning här är – i de allra flesta fall – att det finns kunder som också är intresserade av att köpa företagets hållbara produkter. I sammanhanget kan nämnas att omställningen av energisystemet innehåller två delar – dels behöver hållbara lösningar skapas och implementeras, dels behöver icke hållbara praktiker och tekniker fasas ut. I de flesta fall kan de privata vinstdrivande aktörerna spela störst roll när det gäller den första delen, eftersom det är där man kan hitta nya affärsidéer. För den andra delen hamnar ansvaret istället ofta på det offentliga att införa olika typer av restriktioner i form av t.ex. skatter och förbud.

När det gäller omställningen av el- och värmeförsörjningen har Sverige som tidigare nämnts valt att avreglera elmarknaden, och man har uttalat att värmemarknaden ska bygga på konkurrens mellan olika uppvärmningsformer. I princip innebär detta att man överläter till marknadsaktörerna att ta beslut om vilka elproduktionsanläggningar som ska byggas, och vilka värmelösningar som är bäst i varje givet fall. Denna situation är annorlunda än den som rådde t.ex. tidigare under 1900-talet, där staten hade en större roll i utbyggnaden av elproduktionen i form av vattenkraft och kärnkraft, bl.a. via statliga Vattenfall. Samtidigt har staten fortfarande ansvar för att reglera elmarknaden och de villkor

som sätter de affärsmässiga ramarna, vilket gör att staten i praktiken har ett stort inflytande.

En särskild problematik kan finnas för marknadsaktörerna i de fall där flera marknader behöver utvecklas parallellt, t.ex. marknaden för fordon som drivs med alternativa drivmedel eller el, och marknaden för distribution av själva drivmedlet/elen. Om det inte finns tanknings/laddningsmöjligheter blir inga fordon sålda och vice versa. Som tidigare nämnts kan det offentliga i vissa fall bidra med samordning i dessa fall, t.ex. genom lokala demonstrationsprogram. Man kan dock även se exempel på när marknadsaktörerna själva löser problemet. När det gäller just laddstolpar har det varit svårt att se hur en affärsidé för elleverantören skulle kunna fungera. Detta därför att investeringskostnaden i infrastrukturen (d.v.s. laddstolparna) inte ger tillräcklig återbetalning endast genom försäljningen av elen, och det därför inte har varit attraktivt för elbolagen att satsa på detta. Alternativa affärsmodeller håller dock på att växa fram. I flertalet fall är det fordonsföretagen som nu tar ansvar för helheten, men gör det i samverkan med lokala aktörer. Elfordonsföretagen hjälper sina kunder med laddningen hemma och tar betalt för detta, och flera investerar även i offentlig s.k. snabbladdning utan att ha offentligt stöd för detta annat än stödet till fordonet. De nya affärsmodellerna ser alltså inte likadana ut som de etablerade. I en av de nya modellerna köper kunden fordon och en viss typ av drivmedel samtidigt. Kunden betalar en engångssumma för relevant publik laddning av el, istället för att debiteras vid varje laddning. Fordonsföretagen samverkar sedan lokalt med aktörer som dagens drivmedelskedjor, vägresteranger eller köpcentra för att finna synergier med dessa företag. De företag som tror på marknaden för elfordonstekniken ser på så sätt också till att helheten för kunden fungerar. Detta är i sig lovande för de nya teknikerna, och detta förhållande rådde ofta inte tidigare.

Något som är viktigt för att marknadsaktörerna ska kunna ta en stor roll är långsiktigt stabila spelregler. Dessa spelregler måste också vara hållbara gentemot EU-bestämmelser (här kan staten i och för sig göra olika strikta tolkningar av vad som är ok enligt EU-reglerna – olika EU-länder har lagt ribban på olika nivå när det gäller att anpassa sig till alternativt tänja på EU-bestämmelser för att kunna införa olika nationella styrmedel). Långsiktighet kring mål och styrmedel krävs både från den svenska staten och från EU-nivå. Man kan konstatera att det finns ett intresse bland marknadens aktörer att göra stora energi- och klimatinvesteringar om något mer stabila förutsättningar fanns. Ett exempel på ett styrmedel som bidragit med sådan stabilitet är elcertifikatsystemet – här vet aktörerna på elmarknaden hur regelverket kommer att se ut under 15 år framåt.

Staten har alltså en viktig roll i att skapa förtroende genom långsiktigt stabila spelregler så att marknadsaktörerna vågar satsa på hållbara investeringar och omställningsåtgärder. Samtidigt måste styrmedlen vara så pass flexibla så att de kan anpassas till en föränderlig omvärld med en snabb teknikutveckling.

6.3 Privata icke vinstdrivande aktörers roll

Ytterligare en viktig grupp aktörer i omställningen är de privata icke vinstdrivande aktörerna, främst privatpersoner/hushåll och föreningar. Det är dessa aktörer som står för en stor del av efterfrågan på den nya hållbara energirelaterade tekniken – allt från miljöbilar till energisnåla elektronikprodukter till uppvärmningslösningar för småhus och bostadsrätter. Utan efterfrågan från denna grupp blir det svårt för företagen att satsa på nya klimat- och energismarta produkter (som vänder sig till privatkonsumenter).

Energianvändningen i bebyggelsen och i transportsektorn beror också till stor del på hushållens beteenden och livsstilar. Det offentliga sätter vissa ramar för hur privatpersoner kan bo och transportera sig, t.ex. med hjälp av byggregler och infrastrukturutbyggnad, men individen har ändå stor valfrihet och energianvändningen kan skilja sig mycket åt mellan olika hushåll.

Det finns olika uppfattningar om hur stort ansvar för omställningen som bör läggas på individen jämfört med på den politiska nivån. Vissa menar att individens makt och ansvar är stort, och att det är en etisk uppgift att handla i enlighet med långsiktig hållbarhet, medan andra menar att det är orealistiskt att förlita sig på att enskilda individer frivilligt ska välja att avstå från konsumtion av energiintensiva varor och tjänster i sådan utsträckning att det verkligen påverkar energisystemet. Vissa hävdar att individens främsta ansvar i omställningen till ett hållbart samhälle är att ställa krav på politiska beslut i rätt riktning. Sveriges konsumenter skriver t.ex. på sin hemsida att ”viljan att göra en insats [för en hållbar utveckling] är stor hos dagens konsumenter. Samtidigt är det viktigt att inte lämna över allt ansvar till konsumenterna. Märkning och andra åtgärder får aldrig bli ett alibi för att politikerna och företag ska slippa att fatta tuffa beslut”¹⁵⁶. Oavsett hur man vill placera det moraliska ansvaret för omställningen till ett hållbart energisystem och samhälle, så kan man konstatera att hushållens samlade agerande när det gäller t.ex. transporter och boende har stor betydelse för energianvändningens utveckling.

Idag pågår dessutom en intressant utveckling som gör att allt fler hushåll inte längre bara är användare utan även producenter av energi. De som skaffar solceller, eller ingår i vindkraftkooperativ, blir på så sätt producerande konsumenter (”prosumenter”) av el. Drivkrafterna bakom detta kan dels vara att man vill bidra till omställningen av energisystemet genom att producera ren, förnybar el, men det kan också handla om att man vill ta makt över sin egen energiförsörjning och minska sitt beroende av stora energibolag. På detta sätt träder en ny grupp aktörer in som producenter på elmarknaden. Det offentliga kan här ha en uppgift i att bistå dessa nya aktörer så att de inte upplever hinder som har att göra med att den befintliga marknaden är dåligt anpassad till deras behov och egenskaper. Till exempel är att det ofta inte är lika attraktivt att söka elcertifikat för solceller (vare sig för sökanden eller för den berörda myndigheten)

¹⁵⁶ <http://www.sverigeskonsumenter.se/MILJOETIK/>

som för andra, mer etablerade, kraftslag, eftersom småskaligheten gör administrationen betungande per kWh räknat.

6.4 Hur förändras rollerna med en mer ambitiös nationell omställningspolitik?

De olika aktörer som tillsammans formar det svenska energisystemet kan ha olika åsikter när det gäller hur snabbt och i vilken omfattning omställningen till ett långsiktigt hållbart energisystem bör ske. I vissa fall kan enskilda företag, eller sammanslutningar av företag, välja att ta på sig ledartröjan och gå längre än vad som krävs från offentligt håll. Som nämnts tidigare kan motivet till detta vara både att man ser att det kan löna sig på sikt och att man genuint vill göra en insats för större hållbarhet, och att man då anser att den nationella politiken går för långsamt framåt. Många kommuner har också en vilja att gå längre än vad som förespråkas på nationell nivå – ett exempel på detta är den nyligen aktuella debatten om särkrav för byggnader, där vissa kommuner har velat ställa hårdare energieffektiviseringskrav på nya byggnader än vad som gällt på nationell nivå. Även många privatpersoner väljer frivilligt att hållbarhetsanpassa sin livsstil mer än vad som påbjuds via offentliga styrmedel. Frågan som ska diskuteras här är dock vad det innebär om man från statligt håll väljer att gå före i omställningen, och införa en ambitiösare energiomställningspolitik än t.ex. övriga EU-länder – hur förändras då roll- och ansvarsfördelningen mellan staten och övriga aktörer i det svenska energisystemet?

Ett första svar är att staten förmodligen behöver ta en större roll ju längre i förväg man vill gå, jämfört med andra länder – åtminstone om föregångarrollen innebär ökade åtgärdskostnader. I vissa branscher finns en risk att företag förlorar konkurrenskraft och flyttar till andra länder om omställningskraven blir för hårda, och i sådana fall har man inte vunnit något i hållbarhetssynpunkt. Två branscher som anses vara särskilt känsliga för detta är stålindustrin och cementindustrin. För dessa industrigrenar är det därför svårt att införa styrmedel som är tillräckligt kraftiga för att leda till en tydlig omställning i hållbar riktning. Så länge styrmedlen är internationella är det oftast lättare för industrin att anpassa sig till dem, eftersom samma spelregler gäller för alla. Utmaningen blir betydligt större när en internationell marknadsaktör ska hantera starka lokala eller regionala styrmedel. I dessa fall kan det vara bättre att staten, istället för att införa kraftiga styrmedel, bidrar med stöd till forskning och innovation, så att företagen kan skapa nya lösningar som kan lösa branschens hållbarhetsproblem.

För vissa branscher kan det dock vara en fördel på lång sikt om Sverige väljer att gå före i omställningen. Det kan finnas möjlighet till ett lärande på en ny marknad, till nya hållbara produkter och tjänster och därmed tillväxt i gröna företag som senare kan bli vinnare på en större eller global marknad. Det behöver därför inte bara innebära merkostnader utan kan också ge vinster, åtminstone på längre sikt. Fordons- och skogsindustrierna skulle kunna vara exempel på branscher som på detta sätt kan vinna på att Sverige går före. Genom företagen Volvo AB och Scania och deras varumärken på olika ställen i världen utvecklas

grunden för ca 25 % av all världens försäljning av lastbilar i Sverige, och en stor del av grundtekniken för bussar. Vad vi går före med i Sverige kan genom detta ge stor utdelning både i en mer hållbar global utveckling och svenska jobb. Skogsindustrin är som sagt en annan marknad som kan komma att utvecklas genom att t.ex. producera andra varor och råvaror än massa och papper. Just denna industri står mitt uppe i en förändring genom att vissa sorters papper efterfrågas allt mindre. Här uppstår en möjlighet att utnyttja en naturlig marknadsförändring så att de nya produkterna kan bli konkurrenskraftiga i ett mer hållbart globalt energisystem och på en internationell marknad.

I vissa fall kan marknadens aktörer, både köpare och säljare, också komma att värdera t.ex. klimategenskaperna hos en produkt mer på en viss lokal marknad än på andra – då finns förutsättningar för att gå före på marknadens villkor snarare än genom tuffa styrmedel från statligt håll.

En tanke kan också vara att Sveriges ”föregående” kan innebära en möjlig konkurrensfördel på sikt. Vissa typer av företag kan konkurreras ut, men det kan också uppstå affärsmöjligheter för andra företag som är bättre anpassade till en framtida, mer hållbar, global marknad.

7 Slutord

I föregående kapitel har vi belyst ett antal frågor som rör utvecklingen av det svenska energisystemet, och vilka roller och ansvar som olika aktörer kan ha i denna utveckling. Många frågor återstår att analysera, bl.a. vad gäller omställningen av näringslivet och dess energianvändning.

Fokus i utredningen ”Energisystemet efter 2020” kommer framöver att vara utarbetandet av långsiktiga framtidsscenarier. Under hösten 2014 har vi arbetat med att identifiera viktiga omvärldsfaktorer och prioriteringar som kan komma att styra utvecklingen. Under 2015 kommer vi att arbeta fram innehållet i scenarierna, och göra konsekvensanalyser. De färdiga scenarierna kommer att utgöra huvudresultatet från utredningen.

Till dess hoppas vi att ovanstående genomgång av olika synsätt, perspektiv och vägval har väckt några nya tankar, och gett underlag till fortsatt diskussion om hur morgondagens energisystem kan utvecklas. Energisystemet påverkas av förändringar i omvärlden, men också av våra egna aktiva val och ställningstaganden. Framtiden går att påverka, men för att lyckas med detta krävs konstruktiv och pragmatisk dialog, samarbete och handlingskraft. Energimyndigheten har för avsikt att ta en aktiv del i en sådan dialog, och hoppas att vår pågående utredning kan bidra till detta.

Ett hållbart energisystem gynnar samhället

Energimyndigheten arbetar för ett hållbart energisystem, som förenar ekologisk hållbarhet, konkurrenskraft och försörjningstrygghet.

Vi utvecklar och förmedlar kunskap om effektivare energianvändning och andra energifrågor till hushåll, företag och myndigheter.

Förnybara energikällor får utvecklingsstöd, liksom smarta elnät och framtidens fordon och bränslen. Svenskt näringsliv får möjligheter till tillväxt genom att förverkliga sina innovationer och nya affärsidéer.

Vi deltar i internationella samarbeten för att nå klimatmålen, och hanterar olika styrmedel som elcertifikatsystemet och handeln med utsläppsätter. Vi tar dessutom fram nationella analyser och prognoser, samt Sveriges officiella statistik på energiområdet.



Energimyndigheten, Box 310, 631 04 Eskilstuna
Telefon 016-544 20 00, Fax 016-544 20 99
E-post registrator@energimyndigheten.se
www.energimyndigheten.se