

Effektiv användning av energi, effekt och resurser

För att underlätta elektrifieringen

ER 2024:03

Energimyndighetens publikationer kan laddas ner eller
beställas via www.energimyndigheten.se

Statens energimyndighet, januari, 2024

ER 2024:03

ISSN 1403–1892

ISBN (pdf) 978-91-7993-147-6

Tryck: Arkitektkopia, Bromma

Förord

Vi står inför en historisk möjlighet att påverka framtiden genom att ställa om till ett fossilfritt energisystem och hållbart samhälle. Omställningen är avgörande för att vi ska minska vår klimatpåverkan. När vi minskar vårt beroende av fossila energikällor bidrar vi samtidigt till ett tryggare energisystem. Omställningen skapar också förutsättningar för innovativa, hållbara och konkurrenskraftiga svenska företag och nya arbetstillfällen.

Omställningen påverkar samtidigt alla delar i samhället och det kommer krävas en mosaik av lösningar för att vi ska lyckas. Vi kommer behöva anpassa, förnya och bygga ut infrastrukturen för både produktion, distribution och lagring av energi, vara flexibla i vår energianvändning och hantera målkonflikter. Längs vägen måste vi också stödja utvecklingen av systemets utformning så att energiförsörjningen kan fungera både under normala och ansträngda situationer. Resan till det klimatneutrala samhället innehåller många möjliga vägar framåt. Det finns inget förutbestämt optimalt system, utan hur det kommer se ut år 2050 definieras av en rad val och avvägningar som vi behöver göra nu, i närtid och längre fram.

Att effektivisera användningen av energi, effekt och resurser eller att flytta användningen i tid är jämförelsevis snabba sätt för att minska och optimera energianvändningen, och bidrar också till lägre priser och en tryggare energiförsörjning. Lika viktigt som att öka produktionen av el är att använda den klokt. Kan användningen av el effektiviseras blir utbyggnadsbehovet av elproduktion och elnät lägre liksom resursanvändning och negativa miljöeffekter. Möjligheter att minska effekttoppar genom effektivare energianvändning kan, liksom flexibilitet i användning, underlätta en snabb elektrifiering. En flexibel och resurseffektiv elanvändning är en nödvändig del av ett hållbart energisystem.

Denna rapport är en redovisning av Energimyndighetens regeringsuppdrag om att analysera hur användning av energi, effekt och resurser kan effektiviseras för att underlätta utfasning av fossila bränslen genom elektrifiering. Många har varit involverade i framtagandet av denna rapport och vi vill tacka alla som engagerat sig i arbetet för deras viktiga bidrag.

Robert Andréén
Generaldirektör Energimyndigheten

Innehåll

Slutsatser och sammanfattning	7
Övergripande slutsatser	7
Sammanfattning av rapportens resultat	9
1 Om uppdraget	16
1.1 Uppdraget	16
1.2 Metod	17
1.3 Avgränsningar och angränsande frågor	18
1.4 Läshänvisning	21
2 Vad är en effektiv användning av energi, effekt och resurser?	23
2.1 En effektiv användning av energi och effekt	24
2.2 Effektiv användning av resurser	26
2.3 Effektiv användning ur ett systemperspektiv	26
3 Effektivare användning – en viktig pusselbit i omställningen till ett hållbart energisystem	28
3.1 Det framtida energisystemet – stort fokus på elektrifiering	28
3.2 Hur kan en effektivare användning bidra i omställningen?	30
3.3 I en tid av osäkerhet och förändring är en stabil grund viktig	33
4 Nuläget – Mycket har redan hänt	35
4.1 Sveriges mål för en effektivare energianvändning	35
4.2 Höga elpriser har lett till minskad elanvändning de senaste åren	36
4.3 Energianvändning inom sektorn bostäder och service	39
4.4 Energianvändning inom industrisektorn	39
4.5 Energianvändning inom transportsektorn	40
5 EU växlar upp på energi- och klimatområdet	41
5.1 Direktiv om energieffektivitet (EED)	42
5.2 Direktiv om byggnaders energiprestanda (EPBD)	45
5.3 Direktiv om ekodesign och förordning om energimärkning	46

5.4	EU:s system för handel med utsläppsrätter (EU ETS).....	48
5.5	Förordning om ansvarsfördelning (ESR)	50
5.6	Reformer av EU:s elmarknad.....	50
6	En effektivare användning av energi	52
6.1	Potentialer i olika tidsperspektiv	53
6.2	En teknoekonomisk potential för energieffektivisering ...	54
6.3	Från teknoekonomisk till privat- och företagsekonomisk lönsamhet.....	61
6.4	Från privat- och företagsekonomisk till samhällsekonomisk lönsamhet.....	65
6.5	Potentialer i förhållande till rekyleffekter	77
6.6	En samlad bedömning om potentialen för minskad elanvändning genom energieffektivisering	80
7	En effektivare användning av effekt	82
7.1	Hur relaterar elmarknaden till användningen av effekt?.....	83
7.2	Hur relaterar elinfrastrukturen till användningen av effekt?.....	86
7.3	Effektiv användning av effekt genom efterfrågefleksibilitet.....	88
7.4	Efterfrågefleksibilitet och energieffektivisering – hur hänger de ihop?	93
8	Hinder för en effektivare användning av energi och effekt	96
8.1	Vad hindrar den samhällsekonomiska potentialen för energieffektivisering att realiseras?.....	96
8.2	Vad hindrar potentialen för ökad efterfrågefleksibilitet att realiseras?	106
9	Styrmedel för en effektivare användning av energi och effekt	109
9.1	Styrmedel för energieffektivisering	109
9.2	Styrmedel för minskat effektbehov i topplastsituationer	134
10	En effektivare användning av resurser	141
10.1	Att kvalitativt och kvantitativt analysera miljöpåverkan i olika elektrifieringsscenarier.....	141

10.2	Kvalitativ bedömning av elektrifieringens miljöeffekter och påverkan på resursanvändning	143
10.3	Kvantitativ bedömning av miljöeffekter och resursanvändning för utbyggnad av elproduktion.....	159
10.4	En samlad bedömning av elektrifieringens påverkan på miljö och resursanvändning.....	177
11	Referenser	181
Bilaga: Beskrivning av scenarier för analys av energieffektivisering och dess påverkan på elsystemet 192		
	Beskrivning av energianvändning i scenarierna för användarsektorerna	192
	Effekter på elsystemet vid energieffektivisering	195

Slutsatser och sammanfattning

Det svenska energisystemet är i förändring och det finns många faktorer som påverkar utvecklingen. Med en snabbt ökande efterfrågan på el i samhället och med nya och förändrade elanvändningsmönster är det viktigt att i god tid skapa rätt förutsättningar för en ökad elektrifiering. En del av det är att underlätta för utbyggnad av alla fossilfria kraftslag, men en betydande ökning av elanvändningen understryker också vikten av en effektiv användning av energi, effekt och resurser. En effektivare användning är ofta det billigaste och snabbaste sättet för att frigöra el och för att minska eller jämna ut effektbehovet.

Elektrifieringen är en samhällsomställning inom flera sektorer som kommer att kräva nya fordon, ny elproduktion, mer elnät, fler elektrolysörer med mera. För att skapa hållbarhet i elektrifieringen måste resurs- och energieffektivitet genomsyra omställningen. Det är viktigt att åtgärder för effektiv användning av energi, effekt och resurser samtidigt också främjar elektrifieringen. I sammanhanget är det också viktigt att poängtera att en framtida utvecklingsväg *utan* omfattande elektrifiering också skulle kräva stora investeringar och resurser, och förlänga vårt beroende av fossila bränslen.

Övergripande slutsatser

Genom att använda energi, effekt och resurser mer effektivt skapas förutsättningar för en omställning av energisystemet

En stor omställning av Sveriges energisystem väntas ske de närmaste 30 åren. Elektrifieringen, eller snarare det framtida elektrifierade samhället, handlar inte enbart om byte av energibärare från fossilt till el utan också om etableringen av nya elintensiva industrier och processer. Elektrifieringen är en förutsättning för omställningen av industrin och transportsektorn och för att nå klimatmålen, men samtidigt en komplex utmaning. Med en snabbt ökande efterfrågan på el i samhället och med nya och förändrade elanvändningsmönster är det viktigt att redan nu skapa förutsättningarna för en utökad elektrifiering genom att använda energi, effekt och resurser effektivt. Kan användningen av el effektiviseras blir utbyggnadsbehovet av elproduktion och elnät lägre liksom resursanvändning och negativa miljöeffekter. Möjligheter att minska effektoppar genom effektivare energianvändning kan, liksom flexibilitet i användning, underlätta en snabb elektrifiering.

Den stora förändring som omställningen och elektrifieringen innebär gör det samtidigt svårare att analysera effekterna på energisystemet. Elektrifiering, digitalisering och automatisering kan skapa nya användnings- och beteendemönster i framtiden som är svåra att sätta om

idag. Även om det är svårt att idag fullt ut se hur elektrifieringen kommer påverka energisystemet är det viktigt att fortsätta och intensifiera arbetet med både elektrifiering och en effektivare användning av energi, effekt och resurser.

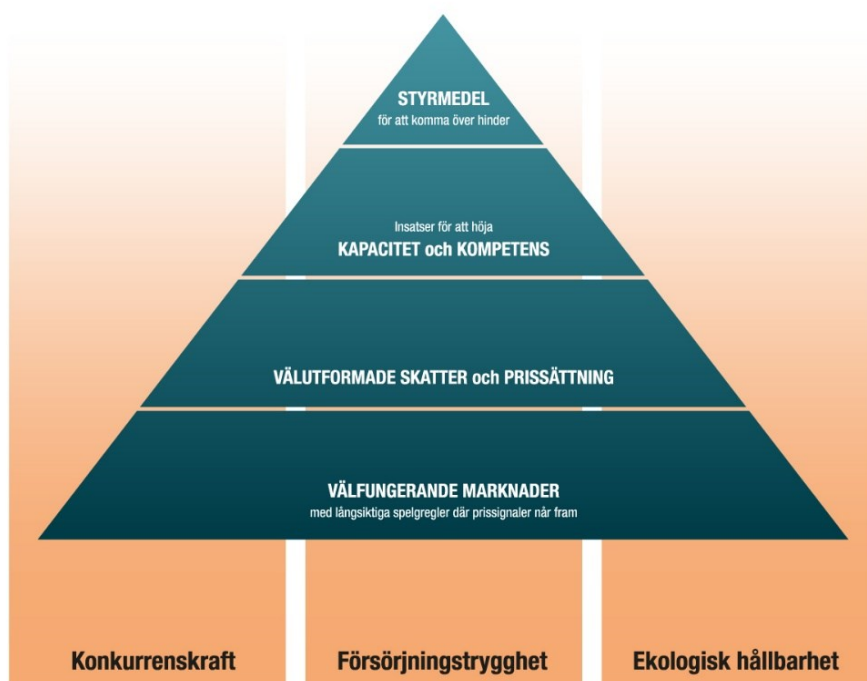
Skarpare EU-krav innebär att arbetet med en effektivare användning av energi, effekt och resurser måste intensifieras

Kraven att använda energi, effekt och resurser effektivt kommer att öka. EU tar stora kliv framåt på området i samband med de många nya och omarbetade direktiv och förordningar som kommer under *Fit for 55*. Som vägledande princip ställs krav på medlemsstaterna att i enlighet med principen om energieffektivitet först, säkerställa att energieffektivitetslösningar, inbegripet resurser på efterfrågesidan och systemflexibilitet, bedöms vid planerings-, policy- och större investeringsbeslut.

Krav på energieffektivisering blir mycket skarpare i samband med det omarbetade direktivet om energieffektivitet och direktivet om byggnaders energiprestanda. Även i andra direktiv och förordningar ställs skarpare krav, ett exempel är den så kallade ansvarsfördelningsförordningen (ESR) som ställer krav på minskade utsläpp i vissa sektorer. En effektivare användning kan få reella effekter på utsläppen på kort tid, medan elektrifieringen i stort är något som tar längre tid att realisera. Implementeringen av nya och omarbetade direktiv har bara börjat och det är ett arbete som kommer fortsätta under en längre tid och som behöver gå hand i hand med arbetet med energiomställningen och samhällets elektrifiering.

Välfungerande marknader och välutformade skatter är grundläggande för att energi, effekt och resurser används effektivt

I en tid av stor förändring av energisystemet är det särskilt viktigt att ha en stabil grund att stå på. Befintliga lagar, regler och standarder behöver fungera och användas ändamålsenligt så att de bidrar till en effektiv användning av energi, effekt och resurser. Grundläggande är också att säkerställa välfungerande marknader med långsiktiga spelregler där prissignalerna når fram. Det innebär samtidigt att energipriser behöver få variera, det är kostnaden över tid som ska vara konkurrenskraftig. Att säkerställa fortsatt välfungerande marknader blir särskilt viktigt i och med att många nya eller omarbetade krav, direktiv och förordningar införs samtidigt. För att kunna säkerställa att prissignaler når fram och att marknaderna fungerar innebär det också att de olika skatter, tariffer och andra priser som användarna möter behöver vara välutformade. Välfungerande marknader och välutformade skatter är grundläggande för att energi, effekt och resurser ska kunna användas effektivt.



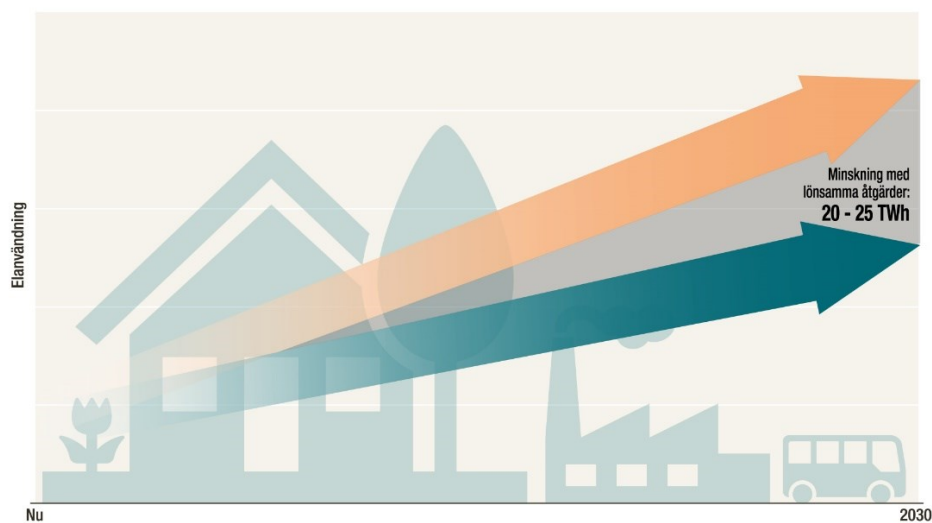
Det finns en stor potential för såväl energieffektivisering som efterfrågefleksibilitet och det är därför också viktigt att öka kapaciteten och kompetensen i samhället för att kunna ta tillvara den potential som finns. Information är ett viktigt medel för att öka kunskapen hos såväl allmänhet som offentlig sektor, vilket också blev tydligt i samband med de senaste årens informationskampanjer som genomförts med syfte att minska Sveriges elanvändning.

Även när det finns en stabil grund att stå på så att energi, effekt och resurser kan användas effektivt finns dock fortfarande marknadsmisslyckanden och hinder som kvarstår och som motiverar att ytterligare styrmedel införs. Detta kan också bidra till att marknaderna fortsätter vara välfungerande. Införande av nya styrmedel måste självklart göras på ett genomtänkt sätt och med hänsyn tagen till att upprätthålla såväl konkurrenskraft, försörjningstrygghet som ekologisk hållbarhet. Även social hållbarhet blir allt viktigare för att få legitimitet i omställningen.

Sammanfattning av rapportens resultat

Potentialen för att minska elanvändningen genom energieffektivisering är stor

Energimyndighetens bedömning är att det finns en teknoekonomisk potential på kort sikt (fram till 2030) för att minska elanvändningen genom energieffektivisering i storleksordningen 20–25 terawattimmar (TWh) el.



Den teknoekonomiska potentialen i sektorn för bostäder och service uppskattas till cirka 15 TWh el till 2030, där småhus står för den dominerande delen. För industrisektorn saknas heltäckande och aktuella data om energieffektiviseringspotentialer. Utifrån tidigare bedömningar för olika typer av potentialer inom industrin konstateras att det bör finnas en teknoekonomisk potential på åtminstone 5 TWh el i ett kortsiktigt perspektiv. För att kunna ta fram väl underbyggda potentialberäkningar i industrisektorn skulle dock ett omfattande arbete behöva göras för att kartlägga energianvändningen på bransch- och processnivå. I transportsektorn dominerar personbilar potentialen för minskad elanvändning genom effektivare elfordon, med en potential om cirka 1 TWh el som är teknoekonomiskt lönsam till 2030. Att potentialen uppskattas vara liten i transportsektorn beror på att andelen laddbara fordon fortfarande förväntas vara relativt liten 2030. Den stora potentialen för energieffektivisering i transportsektorn fram till 2030 ligger i själva elektrifieringen i sig.

Det finns många svårigheter i att peka ut en teknoekonomisk potential för energieffektivisering eftersom det förutsätter att alla åtgärder som är möjliga att genomföra är kända, nu och under hela den period som analysen avser. Så är sällan fallet, särskilt inte när det handlar om potentialer i framtiden, vilket innebär att bedömningar av teknoekonomiska potentialer bara är uppskattningar utifrån befintlig teknik och åtgärder som är lönsamma utifrån de antaganden som gjorts. Hänsyn tas inte till teknikutveckling och hur den stora omställning som sker i samhället påverkar potentialen. Även med ett förbättrat dataunderlag skulle potentialbedömningar ändå vara en förenkling av verkligheten, olika typer av felkällor och omätbara faktorer innebär att potentialen kan vara såväl lägre som högre än uppskattat.

Den samhällsekonomiska potentialen är ännu större eftersom energieffektivisering i hög grad också har positiva externa effekter

Utöver den teknoekonomiska potentialen, som inkluderar enbart tekniska åtgärder, finns också ytterligare potential som kan realiseras genom att göra saker annorlunda och smartare ur ett energiperspektiv, både hemma, på jobbet och i samhället i stort. Internationella studier pekar mot att beteendeåtgärder kan spara 10–25 procent av energianvändningen i bostäder och 5–30 procent i lokaler.

Sammantaget bedömer Energimyndigheten att den samhällsekonomiska potentialen för minskad elanvändning genom energieffektivisering överstiger den framräknade teknoekonomiska potentialen. En anledning till det är de beteendeåtgärder som inte tas hänsyn till i den teknoekonomiska potentialbedömningen. Andra anledningar är bedömningen att externa kostnader och nyttor med energieffektivisering för miljö, elsystemet, trafiksystemet etc. i högre grad är positiva än negativa och eftersom en samhällsekonomisk diskonteringsränta innebär att fler åtgärder blir lönsamma. Slutsatsen är därför att den samhällsekonomiska potentialen sannolikt är högre än den teknoekonomiska. Storleken har inte varit möjligt att kvantifiera. Hur stor den är beror på i vilken mån samhället ställer om och om det blir lätt att göra rätt. Då kan fler energibesparande åtgärder gå hand i hand med en bibehållen eller ökad nytta.

Det är inte självklart med energieffektiva val även om det vore lönsamt och mest rationellt

Det finns alltså en betydande potential för att minska elanvändningen genom energieffektivisering som är direkt lönsam i en investeringskalkyl, redan innan eventuella nyttor och kostnader för samhället i stort räknats in. För att potentialen till 2030 ska realiseras krävs en förståelse för vilka hinder för energieffektivisering som finns. Det kan finnas olika skäl till att potentialen inte realiseras och det beror på vilka typer av energieffektiviseringsåtgärder och vilken sektor det handlar om. Det kan bero på såväl klassiska marknadsmisslyckanden som asymmetrisk information och delade incitament, som andra hinder som har med människors beteende att göra eller som handlar om höga transaktionskostnader.

Det kan handla om att en person eller aktör som överväger att energieffektivisera sin byggnad eller verksamhet har mycket att ta ställning till. Om en åtgärd framstår som lönsam för den som ska göra åtgärden beror också på hur beräkningen görs och vilken återbetalningstid som används, och om den som betalar för åtgärden också är den som tjänar på åtgärden. För att kunna bedöma vilka alternativ som finns för lönsam energieffektivisering behövs även förståelse för hur den nuvarande energianvändningen ser ut och vilka alternativ som finns för att minska användningen. Människor beter sig inte heller alltid rationellt

och låter gärna bli att fatta beslut om de inte absolut måste. Vi tittar gärna på vad andra gör och gör likadant, och vi tenderar att ångra aktiva beslut mer än vad vi ångrar icke-beslut. Det är därför inte självklart att vi gör energieffektiva val även om det vore lönsamt och mest rationellt för oss. Det är några exempel på saker som hindrar genomförandet av energieffektiviseringsåtgärder, i rapporten lyfts många fler och mer detaljerade exempel på hinder som kan uppstå.

Samhällets elektrifiering skapar även en betydande potential för efterfrågefleksibilitet i framtiden

Effektiv användning handlar inte bara om energieffektivisering, utan kan även innebära att energi eller effekt används på ett flexibelt sätt till exempel genom att användning flyttas till en annan tidpunkt. Sådan flexibilitet kallas för efterfrågefleksibilitet och dess potential kommer att öka i takt med samhällets elektrifiering och digitalisering. För att potentialen ska kunna realiseras behöver bland annat värdet med flexibilitet prissättas och genom prissignaler nå användaren.

Elanvändarnas resurser behöver också kunna styras smart. Det kan här handla om exempelvis moderna värmepumpar, laddbara fordon, flexibla förädlingsprocesser inom industrin, styrning av kylning eller elektrolysörer för vätgasproduktion. Många hushåll och företag har redan idag dessa typer av resurser vilket gör den teoretiska potentialen mycket stor givet att de styrs smart.

Det finns vissa krav och förutsättningar för att den teoretiska potentialen ska kunna realiseras. I vissa fall rör det sig om hårda krav som exempelvis förkvalificeringskrav på balansmarknaden, och i andra fall mjuka barriärer som hinder för att förstå hur man bäst kan bidra med en given resurs. Annat som påverkar den realiserbara potentialen är vad som är praktiskt möjligt att realisera eller tillgängligt, exempelvis lägsta acceptabla mängd energi som behövs för en elbil, eller hur ofta bilen kopplas in. Flera kommande förändringar kommer att påverka och öka möjligheten att vara flexibel med sin elanvändning, inte bara nya tekniska lösningar utan också tillgänglighet till olika marknader, exempelvis via en aggregator, mer högupplöst handel, ny tariffstruktur och fler verktyg för nätbolagen att använda sina nät mer effektivt.

Den tillgängliga potentialen för flexibilitet bedöms kunna bli betydande i framtidens elsystem. Hushållens värmepumpar uppskattas vara en av de viktigaste resurserna hos elanvändarna på kort sikt. På längre sikt blir laddbara personbilar en alltmer betydande resurs för hushållen. På lång sikt väntas dock flexibilitet med elektrolysörer för vätgasproduktion kunna bli dominerande och där styrningen till största delen möjliggörs av energilager. Den teoretiska potentialen för att styra elektrolysörer flexibelt är mycket stor vilket pekar på vikten av att möjliggöra flexibilitet hos elektrolysörer i ett så tidigt skede som möjligt, gärna redan i samband med investeringsbeslut för vätgasprojekt.

I denna rapport ges en översiktlig bild av den framtida potentialen för efterfrågefleksibilitet. I uppdraget om att främja ett mer flexibelt elsystem¹ fördjupas diskussionen om flexibilitet och den kortsiktiga potentialen till 2030 uppskattas och beskrivs mer utförligt.

Efterfrågefleksibilitet leder i samverkan med energieffektivisering till en mer effektiv användning av effekt

Energieffektivisering och efterfrågefleksibilitet är två olika sätt att använda energi och elektrisk effekt mer effektivt. Sammantaget finns en positiv samverkan mellan efterfrågefleksibilitet och energieffektivisering kopplat till utmaningarna i framtidens elsystem, i synnerhet om de resurser som blir mer elintensiva också kan bidra med flexibilitet. Generellt leder energieffektiviseringsåtgärder som permanent minskar effektuttaget på en aggregerad nivå till ett minskat behov av flexibilitet. Därigenom påverkas nätutnyttjandet vilket innebär att effektivisering av elanvändningen bidrar med samma typ av nytta som efterfrågefleksibilitet, exempelvis mindre ansträngda nät under vinterhalvåret och lägre risk för effektbrist.

Elektrifiering som energieffektiviseringsåtgärd leder däremot till en ökning av elbehovet och därmed även en ökning av utmatad effekt. Därför är det hjälpsamt om elektrifieringsåtgärder också medför ökad potential för efterfrågefleksibilitet, exempelvis genom att en resurs kan styras smart. Med nuvarande teknikutveckling är det inte ovanligt att investering i energieffektivisering genom nya resurser innebär bättre styrförmåga. Att säkerställa att nya och förändrade verksamheter eller produkter utformas på ett energieffektivt och styrbart sätt redan från början är billigare än att bygga om anläggningar i efterhand. Incitament för effektiv användning av såväl energi som effekt behöver finnas på plats när verksamheterna etablerar sig. Med fler flexibla resurser i systemet kan systemet bli mer resilient och stabilt, trots ökad elanvändning och mer variabel elproduktion.

Efterfrågefleksibilitet och energieffektivisering är i hög grad möjligheter här och nu, till skillnad från exempelvis nätutbyggnad som tar lång tid att genomföra. Många aktörer (även små) kan tillsammans åstadkomma betydande nytta. Med rätt incitament på plats kan efterfrågefleksibilitet i samverkan med energieffektivisering leda till en mer effektiv användning av effekt.

Befintliga styrmedel svarar bara delvis mot identifierade hinder men arbetet med styrmedel fortsätter

I rapporten diskuteras många olika förslag till styrmedel som syftar till att undanröja hinder och marknadsmisslyckanden för att främja en effektivare användning av såväl energi som effekt. Arbetet med att göra

¹ 12022/01578, Uppdrag att främja ett mer flexibelt elsystem.

fördjupade analyser av olika förslag kommer att fortsätta i samband med uppdrag kopplat till implementeringen av det omarbetade direktivet om energieffektivitet.

Som redan nämnts bör viktiga förutsättningar ligga som grund när införande av nya styrmedel övervägs. Det är viktigt att säkerställa att det inte finns något i själva marknadsstrukturen som hindrar att ändamålet med styrmedlet kan uppnås. För att kunna säkerställa att prissignaler når fram och att marknaderna fungerar innebär det också att olika skatter, tariffer och avgifter som användarna möter behöver vara välutformade. I rapporten lyfts flera förslag som berör energibeskattningen. Exempelvis konstateras att incitament att effektivisera elanvändningen försvagas av skattenedsättningar på el. Det kan vara motiverat med nedsättningar av konkurrensskäl men i dagsläget är energibeskattningen fragmenterad och en större översyn vore önskvärd.

Dagens styrmedel har fokus på vissa typer av hinder, men det kan krävas andra typer av styrmedel för de hinder som idag inte hanteras. I rapporten utvecklas hur dagens styrning brister i förhållande till de hinder som identifierats. En effektiv styrmedelsmix bör bestå av olika styrmedelstyper. Till exempel kan informationsstyrmedel utöver att undanröja hinder också underlätta för implementering av ekonomiska och administrativa styrmedel. I rapporten lyfts också ett antal förslag med syfte att stötta särskilt sårbara hushåll att effektivisera sin energianvändning.

I uppdraget ingick särskilt att titta närmare på möjligheten att inkludera en effektdimension i energikartläggningar för stora företag respektive energideklarationer för byggnader. Att inkludera krav på effektdimensionen inom ramen för energikartläggningar för stora företag kan vara en lämplig utveckling av styrmedlet. Genom översyn av befintligt regelverk för energideklarationer bör fler dimensioner kunna inkluderas såsom efterfrågefleksibilitet, energilager och egenproduktion av el. En översyn av relevant lagstiftning behöver göras i samband med implementeringen av de omarbetade direktiven om energieffektivitet respektive om byggnaders energiprestanda och ett eventuellt införande av en effektdimension bör ske i samband med det. En effektdimension skulle också kunna inkluderas i andra informativa styrmedel och i upphandlingskriterier.

Elektrifieringen underlättas om såväl energi som resurser används effektivt

I rapporten finns även en analys av resursanvändning i ett bredare perspektiv än energi. Det har gjorts en kvalitativ analys av elektrifieringens effekter i både användning och produktion, och en kvantitativ analys har genomförts för att titta på specifikt effekterna av en utökad elproduktion. Analysen som genomförs är ett första steg att

försöka kvantifiera elektrifieringens effekter på miljö och resursanvändning. Vidare arbete och forskning behövs för att kunna kvantifiera elektrifieringens effekter på hela energisystemet.

Genom att arbeta för ett effektivt och cirkulärt användande av naturresurser och genom att lösa de målkonflikter som följer, finns bättre förutsättningar för att ekonomiska, sociala och miljömässiga mål kan nås. Resurseffektivitet, som omfattar alla naturresurser, behöver genomsyra omställningen. Genom att använda resurser mer effektivt är det möjligt att minska flera av de utmaningar som kommer med elektrifieringen, såsom exempelvis ökat ytanspråk och ökad råvaruförsörjning.

Även om elektrifieringen kommer innebära nya miljöutmaningar och ett ökat resursbehov under tiden för omställningen måste man tänka på att alternativet, en fortsatt användning av fossila bränslen, skulle vara betydligt sämre. Fossila bränslen är idag den största källan till utsläpp av växthusgaser, svaveldioxid och kväveoxider i Sverige. Utsläpp som påverkar klimatet, ger upphov till försurning av skog och mark och orsakar hälsoproblem. Elektrifieringen, framför allt inom transport- och industrisektorn, leder till en kraftig minskning av dessa utsläpp. Utöver effekter inom Sverige kan en minskad användning av fossila bränslen även medföra positiva miljöeffekter i de länder där de fossila bränslena utvinns idag. Elektrifieringen kommer dock innebära ett ökat behov av olika metaller och mineraler för exempelvis produktion av batterier, solceller, vindturbiner, kärnreaktorer och elektrolysörer.

Själva omställningen i sig kommer kräva resurser och innebära utsläpp av bland annat växthusgaser. Den infrastruktur som kommer krävas för att få till stånd elektrifieringen av samhället medför såväl ökade ytanspråk som andra effekter. Vilken effekt utbyggnaden kommer få beror på vilka kraftslag som byggs ut. Olika elproduktionsslag har olika miljöeffekter och många effekter är dessutom svåra att kvantifiera. Majoriteten av utsläppen som uppstår genom den kraftiga elektrifieringen kommer att komma från tillverkning och byggnation av elproduktionsanläggningar. Det är framför allt kopplat till utsläpp vid tillverkning av byggnadsmaterial som exempelvis stål, betong och aluminium och andra komponenter som krävs för en storskalig utbyggnad av elproduktionen. Hur stora utsläppen blir under utbyggnadstiden beror på elproduktionsmixen i de länder där resurser och material utvinns och produceras. En effektivare användning av energi underlättar dock elektrifieringen genom att behovet av att bygga ut elproduktionen minskar. En effektivare användning av energi bidrar på så sätt samtidigt till en effektivare användning av resurser. För att elektrifieringen ska vara hållbar är det också viktigt att tidigt möjliggöra cirkulärt omhändertagande av material.

1 Om uppdraget

Att effektivisera användningen av energi, effekt och resurser eller att flytta användningen i tid är jämförelsevis snabba sätt för att minska och optimera energianvändningen, och bidrar också till lägre priser och en tryggare energiförsörjning. Kan användningen av el effektiviseras blir utbyggnadsbehovet av elproduktion och elnät lägre liksom resursanvändning och negativa miljöeffekter. Energimyndigheten har fått i uppdrag att analysera hur användning av energi, effekt och resurser kan effektiviseras för att underlätta utfasning av fossila bränslen genom elektrifiering. I detta kapitel beskrivs uppdraget, metod, avgränsningar och angränsande frågor.

1.1 Uppdraget

Energi- och resursanvändningen behöver vara effektiv för att klimatmålen ska kunna nås på ett hållbart sätt. Det finns en stor potential för ytterligare energieffektivisering. Effektiviseringstakten bör öka genom att ta tillvara den samhällsekonomiskt effektiva potentialen i olika sektorer. Särskilt fokus ska läggas på möjligheterna att minska effekttoppar i samband med effektivare energianvändning för att underlätta en snabb elektrifiering. Även flexibilitet i elanvändningen, där effektbehov flyttas utan att det totala energibehovet ändras, behövs i större utsträckning i elsystemet framöver. Detta är frågor som behandlas inom ramen för detta uppdrag². Uppdraget består av tre delar:

1.1.1 Del 1 – Energi

I del 1 ingår att ”identifiera och analysera den samhällsekonomiskt effektiva energieffektiviseringspotentialen i olika sektorer och verksamheter vid olika scenarier med hög elektrifiering i ett kort- och långsiktigt perspektiv.

Analysen bör inkludera identifiering och analys av hinder, oönskade rekyleffekter, energimarknadernas funktion och marknadsmisslyckanden.

Även potentialen för efterfrågefleksibilitet kan ingå genom en samlad analys av hur energieffektivisering och efterfrågefleksibilitet samverkar.

Vid behov kan förslag lämnas för att undanröja marknadsmisslyckanden i syfte att uppnå det riksdagsbundna energieffektiviseringsmålet till 2030.”

1.1.2 Del 2 – Effekt

I del 2 ingår att ”analysera styrmedel som påverkar energianvändningen, i syfte att minska effektbehovet vid topplastsituationer i de fall det bedöms kunna ge en betydande minskning.

²I2022/01393, Uppdrag att analysera en effektivare användning av energi, effekt och resurser.

Detta ska inkludera en analys av huruvida det är ändamålsenligt och effektivt att inkludera ett krav på redovisning av effektdimensionen i regelverken för energideklarationer för byggnader respektive energikartläggningar i stora företag samt peka ut inriktningen för hur det i så fall ska göras på ett effektivt sätt.”

1.1.3 Del 3 – Resurser

I del 3 ingår att ”slutligen genomföra en kvalitativ och kvantitativ analys av miljöeffekter och resursanvändning i olika elektrifieringsscenarier.

Syftet med analysen är att öka synergier mellan ökad elektrifiering, ökad resurseffektivitet samt en hållbar mark- och vattenanvändning så att miljökvalitetsmålen kan nås.

Analysen bör beakta Miljömålsrådets synpunkter.”

1.1.4 Samråd med andra myndigheter

I uppdraget framgår att vid genomförandet av regeringsuppdraget ska Energimarknadsinspektionen, Naturvårdsverket, Boverket och Trafikverket ges möjlighet att lämna synpunkter utifrån sina respektive ansvarsområden. Om potentialen för efterfrågefleksibilitet berörs ska nära dialog föras med Energimarknadsinspektionen och Svenska kraftnät för att tillvarata kunskaper och bygga vidare på befintligt arbete inom området.

Samråd har skett med Naturvårdsverket om miljöanalysen i del 3 och de har även getts möjligheter att lämna synpunkter på utkast av hela rapporten. Boverket och Trafikverket har lämnat synpunkter på de underlag som tagits fram om potentialer för energieffektivisering och även getts möjlighet att lämna synpunkter på utkast av rapporten. När det gäller potentialen för efterfrågefleksibilitet har diskussioner förts mellan Energimyndigheten, Energimarknadsinspektionen och Svenska kraftnät. Frågan har framför allt hanterats inom uppdraget att främja ett mer flexibelt elsystem.³ Energimarknadsinspektionen har även getts möjlighet att lämna synpunkter på utkast av rapporten. Under uppdragets gång har dialog även förts med Klimat- och näringslivsdepartementet.

1.2 Metod

Arbetet delades in i de olika delområdena scenarier, miljöanalys och samhällsekonomisk analys för att slutligen landa i slutsatser och en överblick av möjliga styrmedel. Arbetet i de olika delarna har pågått parallellt och resultat från en del har tagits in som underlag i andra delar. Arbete med fördjupade styrmedelsanalyser fortsätter i

³ 12022/01578, Uppdrag att främja ett mer flexibelt elsystem.

Energimyndighetens uppdrag kring implementeringen av det omarbetade direktivet om energieffektivitet.

Energimyndigheten har byggt vidare på arbete som skett i tidigare uppdrag. Arbetet med scenarier har utgått från myndighetens rapport om långsiktiga scenarier för energisystemets utveckling från våren 2023⁴. Delar av analysen från ett regleringsbrevsuppdrag (2022) om utvecklingsvägar för elproduktion, som rapporterades i juni 2023, ligger också till grund för scenarierna i detta arbete⁵. Resultat och bedömningar från arbetet med scenarier har sedan gått in som underlag till miljö- och samhällsekonomisk analys.

För miljöanalysen har Energimyndigheten gjort en kvalitativ analys som utgått från tidigare myndighetssamarbete inom miljömålsrådet.⁶ En kvantitativ djupdykning i elektrifieringens påverkan på miljö och resursanvändning i samband med utbyggnaden av elproduktion har genomförts. Två elektrifieringsscenarier har studerats, ett med en högre grad av effektivisering och ett med en lägre grad. Livscykelanalys (LCA) har använts i syfte att kvantifiera miljöpåverkan och resursanvändning i de olika scenarierna. Mer om metoden för miljöanalysen finns att läsa i avsnitt 10.3.

För samhällsekonomisk analys har olika underlag använts. Inom ramen för uppdraget har underlag över teknisk och teknoekonomisk energieffektiviseringspotential för de olika sektorerna transport, industri samt bebyggelse tagits fram⁷. Underlagen baserar sig i stor utsträckning på tidigare studier, men även egna scenarier och beräkningar har gjorts i underlagen. Som underlag har också verktyg från den i december 2022 nedlagda utredningen om vita certifikat⁸ använts för att bedöma den teknoekonomiska potentialen. Detta har kompletterats med litteratur och scenarioresultat för att kunna analysera den samhällsekonomiska potentialen för energieffektivisering.

1.3 Avgränsningar och angränsande frågor

Då uppdraget syftar till att analysera hur användning av energi, effekt och resurser kan effektiviseras för att underlätta utfasning av fossila bränslen genom elektrifiering avgränsas analysen framför allt till hur elanvändningen kan minskas eller effektiviseras. Det gäller förutom direkt elanvändning även sådana energibärare⁹ som baseras på el (vätgas och

⁴ Energimyndigheten (2023a).

⁵ Energimyndigheten (2023b).

⁶ Energimyndigheten (2021a).

⁷ Finns i Energimyndighetens diarium. Dnr 2022–009896.

⁸ Utredningen om vita certifikat (2022).

⁹ En energibärare är inte en energikälla i sig utan ett ämne/system som lagrar och/eller transporterar energi. Exempel på energibärare är el, vätgas, varmvatten i ett fjärrvärmenät, olika köldmedium.

elektrobränslen) och sådana resurser som kan bli kritiska för olika delar av elektrifieringen (till exempel batterimetaller).

1.3.1 Effektivare produktion och distribution av el

Energimyndigheten har inte i någon större utsträckning tittat närmare på hur produktion och distribution av el kan effektiviseras. Även om uppdraget gäller energianvändning (med fokus på el) är det förstås även viktigt att produktion och distribution av el sker på ett effektivt sätt.

För elproduktionen skulle möjligen produktionens hjälpkraft, det vill säga den el som behövs för att producera elen, kunna ingå i en analys kring en effektivare energianvändning. Hjälpkraften uppgår till cirka tre terawattimmar (TWh), vilket motsvarar mindre än två procent av bruttoproduktionen av el.¹⁰ Eftersom det är en liten del av den totala användningen av el analyseras detta inte separat i rapporten.

Det finns en bestämmelse införd i ellagen¹¹ som anger att Energimarknadsinspektionen vid bedömning av intäktsramen¹² ska ta hänsyn till i vilken utsträckning nätverksamheten bedrivs på ett sätt som är förenligt med eller bidrar till ett effektivt utnyttjande av elnätet¹³. Energimarknadsinspektionen har i föreskrifter¹⁴ preciserat vad som avses med ett effektivt utnyttjande av elnätet vid fastställande av intäktsram. Syftet är att skapa incitament för elnätsföretagen för ett effektivt nyttjande av elnätet genom att sänka nätförlusterna och att använda/belasta elnätet jämnt över tid. Eftersom detta är ett område där arbete redan sker och det ligger utanför detta uppdrags omfattning analyseras effektiv användning av nät inte separat i rapporten¹⁵.

1.3.2 Energieffektivisering i fjärr- och kraftvärmeområden

Uppvärmning är ett område där det finns en potential för energieffektivisering och det berörs till viss del i detta uppdrag, framför allt när det kommer till olika former av elvärme inklusive värmepumpar. Det är dock svårt att avgöra i vilken mån effektiviseringsåtgärder för att minska värmebehovet¹⁶ bidrar till att underlätta elektrifieringen specifikt då det finns flera andra uppvärmningssätt än elvärme. Sveriges vanligaste uppvärmningssätt är fjärrvärme¹⁷, men även pelletskaminer och -pannor,

¹⁰ Energimyndigheten (2023c).

¹¹ SFS 1997:857.

¹² De samlade intäkter som en nätkoncessionshavare högst får uppbära från nätverksamheten under en tillsynsperiod.

¹³ Energimarknadsinspektionen (2022).

¹⁴ EIFS 2023:6, *Energimarknadsinspektionens föreskrifter om vad som avses med kvaliteten i nätverksamheten och vad som avses med ett effektivt utnyttjande av elnätet vid fastställande av intäktsram*.

¹⁵ Läs mer om arbetet med effektivt utnyttjande av elnäten på <https://ei.se/bransch/flexibilitet-i-elsystemet/effektivt-utnyttjande-av-elnatet>.

¹⁶ Åtgärder som exempelvis byte av fönster och ventilation, smartare styrning av värmesystem, effektivare vattenkranar och munstycken samt injustering av ventilationssystem.

¹⁷ 47 TWh av totalt 81 TWh energi använd till uppvärmning 2021 (d.v.s. 58 procent), 18 procent för småhus, 90 procent för flerbostadshus och 78 procent för lokaler. Källa: Energimyndigheten (2023d).

samt olje- och gaspannor används för uppvärmning. Framför allt de svenska flerbostadshusen värms nästan uteslutande med fjärrvärme och därmed antas en stor del av potentialen att spara värme där utgöras av fjärrvärmebesparingar.

När hushållen energieffektiviserar ställer det stora krav på innovationer och nya marknadslösningar från fjärrvärmebranschen eftersom det minskar värmeunderlaget. Inte minst kommer nya krav från EU att påverka graden av energieffektivisering (se kapitel 5) vilket kan påverka framtida leveranser av fjärrvärme stort beroende på hur direktiven implementeras. Det är också värmeunderlaget som avgör hur mycket el som kan produceras med kraftvärme. Detta betyder att det finns en begränsning i hur mycket kraftvärmeproducerad el som kan fås genom investeringar i ny kraftvärme. Om möjligheterna att få avsättning för värmen i ett fjärrvärmenät (eller för annan användning eller genom att lagra den) minskar riskerar kraftvärmen också minska på sikt. Om all fjärrvärme skulle fasas ut skulle det innebära ett ökat effektbehov (vilket också skulle skapa ett lokalt effektproblem på många ställen).

Det finns alltså en potential för effektivisering av fjärrvärmeanvändningen men det måste vägas mot nackdelarna som en sådan effektivisering kan få genom ett minskat värmeunderlag. Energieffektivitet måste vägas mot vad som är resurseffektivt i detta fall. En minskad fjärrvärmeanvändning kan försvåra elektrifieringen i stället för att underlätta den, men det görs ingen fördjupad analys kring det inom detta uppdrag. Mer analys om utvecklingen av fjärr- och kraftvärmesektorn görs i Energimyndighetens uppdrag att ta fram förslag till en fjärr- och kraftvärmestrategi¹⁸.

1.3.3 Andra uppdrag med kopplingar till detta uppdrag

Under 2022 utökades Energimyndighetens uppdrag gällande behoven av elektrifiering och myndigheten påbörjade arbetet med ett antal uppdrag kring framtidens elektrifierade samhälle. Nya uppdrag har löpande tillkommit. Dessa pågående eller nyligen redovisade uppdrag har beröringspunkter med det här uppdraget; att främja ett mer flexibelt elsystem¹⁹, förslag till fjärr- och kraftvärmestrategi²⁰, handlingsprogram för laddinfrastruktur och tankinfrastruktur för vätgas²¹, alternativa utvecklingsvägar för ny och befintlig elproduktion²², myndighetsgemensam uppföljning av samhällets elektrifiering²³, samordna kompetensförsörjning för elektrifieringen²⁴ samt uppdrag att

¹⁸ I2022/01373, Uppdrag att ta fram förslag till en fjärr- och kraftvärmestrategi.

¹⁹ I2022/01578, Uppdrag att främja ett mer flexibelt elsystem.

²⁰ I2022/01373, Uppdrag att ta fram förslag till en fjärr- och kraftvärmestrategi.

²¹ I2022/01562, Uppdrag att ta fram ett handlingsprogram för laddinfrastruktur och tankinfrastruktur för vätgas.

²² I2021/03314, I2021/00738, I2021/03196, Regleringsbrev för budgetåret 2022 avseende Statens energimyndighet.

²³ I2022/01060, Uppdrag att genomföra en myndighetsgemensam uppföljning av samhällets elektrifiering.

²⁴ I2022/01665, Uppdrag att samordna kompetensförsörjning för elektrifieringen.

samordna arbetet med vätgas i Sverige²⁵. Samordning och dialog har skett kontinuerligt mellan uppdragen under 2022 och 2023. Arbetet har också baserats på och samordnats med Energimyndighetens arbete med långsiktiga scenarier över energisystemets utveckling²⁶ som presenterades i mars 2023.

Under 2023 har Energimyndigheten också fått flera uppdrag (läs mer om dessa i avsnitt 5.1) som berör implementeringen av det omarbetade direktivet om energieffektivitet²⁷ och som kommer att rapporteras under 2024. Dessa har hög relevans för detta uppdrag och exempelvis kommer förslagen på styrmedel kunna tas vidare inom ramen för de uppdragen.

1.4 Lëshänvisning

Här följer en lëshänvisning till vad som ingår i denna rapport:

I **kapitel 1** beskrivs uppdraget, angränsande frågor och uppdrag.

I **kapitel 2** diskuteras begrepp som effektiv användning, effektivisering och efterfrägefleksibilitet och hur dessa används i denna rapport.

I **kapitel 3** diskuteras övergripande det framtida elektrifierade samhället och hur en effektivare användning av energi, effekt och resurser kan bidra till att underlätta elektrifieringen.

I **kapitel 4** beskrivs nuläget; hur energi- och elanvändningen ser ut och har utvecklats fram till i dag och hur det förändrats de senaste åren.

I **kapitel 5** diskuteras vad som händer på EU-nivå och hur det påverkar arbetet med en effektivare användning av energi, effekt och resurser.

I **kapitel 6** analyseras och diskuteras potentialen för energieffektivisering, både den teknoekonomiska, privat- och företagsekonomiska samt samhällsekonomiska.

I **kapitel 7** diskuteras vad en effektiv användning av effekt är, potentialen för efterfrägefleksibilitet samt hur energieffektivisering och efterfrägefleksibilitet samverkar.

I **kapitel 8** analyseras och diskuteras vilka hinder som kan finnas för att uppnå en effektivare användning av energi och effekt.

²⁵ KN2023/02715, *Uppdrag att samordna arbetet med vätgas i Sverige*.

²⁶ Energimyndigheten (2023a).

²⁷ EUROPAPARLEMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV (EU) 2023/1791 av den 13 september 2023 om energieffektivitet och om ändring av förordning (EU) 2023/955.

I **kapitel 9** diskuteras olika möjliga styrmedel som kan implementeras för att undanröja hinder och marknadsmisslyckanden och främja en effektivare användning av energi och effekt.

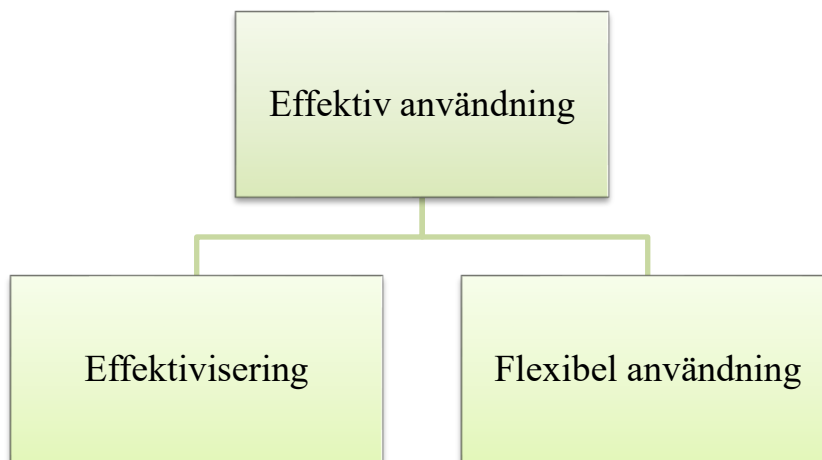
I **kapitel 10** analyseras hur elektrifiering och energieffektivisering kommer att påverka framtidens miljö och resursanvändning.

2 Vad är en effektiv användning av energi, effekt och resurser?

Det finns flera olika begrepp som berör en effektiv användning av energi, effekt och resurser men inte alltid en vedertagen definition för dessa begrepp. I många fall är gränserna mellan olika typer av effektiv användning inte heller tydliga. I detta kapitel diskuteras och definieras ett antal begrepp som används i denna rapport. Syftet i uppdraget är att underlätta elektrifieringen och fokus är därför framför allt på en effektiv användning av el.

Det är inte alldeles enkelt att hålla isär olika begrepp runt en effektiv användning av energi, effekt och resurser. Genomgående i denna rapport används det bredare begreppet *effektiv användning* där både *effektivisering* (av till exempel energianvändningen) och *flexibel användning* (ofta att flytta användningen till en annan tid) avses.

Till effektivare användning hör alltså inte enbart effektivisering utan även frågan om när och var energi, effekt och resurser används. Se Figur 1.



Figur 1. En effektiv användning av energi, effekt och resurser.

För att komplicera frågan ytterligare påverkas inte alltid de olika storheterna energi, effekt och resurser i samma riktning av en specifik åtgärd. En åtgärd som genomförs för att energieffektivisera kan till exempel öka behovet av vissa resurser. Ett exempel är en renovering som genomförs för att förbättra en byggnads energiprestanda. Det är då inte alltid enkelt att avgöra om nyttan i form av minskad energianvändning, ökad komfort och så vidare överväger kostnaden för de resurser som krävs för att genomföra renoveringen.

2.1 En effektiv användning av energi och effekt

En del av en effektiv användning är som sagt effektivisering, en annan del flexibel användning. Energieffektivitet definieras i direktivet om energieffektivitet²⁸ som förhållandet mellan produktionen av prestanda, tjänster, varor eller energi och insatsen av energi. Vilket går att se på som en kvot mellan nytta och energi. En energieffektivisering innebär alltså en effektivare användning av någon typ av energi medan en effektivare användning av effekt framför allt handlar om förmågan att anpassa användningen (flexibel användning).

2.1.1 Finns det en skillnad mellan energieffektivisering och en ren energibesparing?

Energieffektivisering innebär att en given mängd energi används på ett sätt som ger mer nytta än tidigare. Vid energieffektivisering kan energianvändningen öka, om nyttan ökar ännu mer. Omvänt kan nyttan minska vid energieffektivisering, så länge energianvändningen minskar mer (så att kvoten mellan nytta och energi ändå ökar). Viktigt att notera i sammanhanget är att nytta i hög utsträckning är subjektivt vilket innebär att det inte är självklart vad som faktiskt kan bedömas vara en effektivisering och vad som inte är det. Nyttan på individnivå kan också skilja sig från vad som kan definieras som nytta på samhälls- eller systemnivå.

Definitionen av energieffektivisering skiljer sig från hur en ren energibesparing definieras i detta uppdrag. En energibesparing innebär en minskad energianvändning oavsett hur detta påverkar den nytta som energianvändningen bidrar till²⁹. En energibesparing kan vara (och är ofta) en följd av en energieffektivisering, men behöver inte vara det. Här följer några exempel:

- Att helt stänga ner en produktionslina i en industri ger en ren energibesparing, men är inte en energieffektiviseringsåtgärd om det minskar nyttan för företaget mer än det minskar energianvändningen. Att däremot byta till mer energieffektiv produktionsutrustning innebär både en energibesparing och en energieffektivisering.
- Om ett hushåll minskar sin energianvändning genom att dra ner värmen några grader, släcka lampor eller duscha kortare tid innebär det en ren energibesparing och sannolikt minskar nyttan för de boende. Om energianvändningen minskar mer än vad nyttan gör är det även en energieffektivisering men inte alltid helt lätt att avgöra eftersom nytta som sagt är subjektivt.

²⁸ EUROPAPARLEMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV (EU) 2023/1791 av den 13 september 2023 om energieffektivitet och om ändring av förordning (EU) 2023/955.

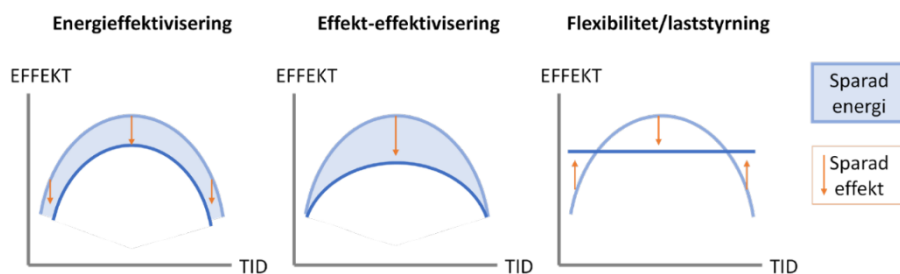
²⁹ I direktivet om energieffektivitet definieras dock en energibesparing i princip som en mängd sparad energi som fastställs genom mätning eller uppskattning, eller både och, av användningen före och efter genomförandet av en åtgärd för att förbättra energieffektiviteten, med normalisering för yttre förhållanden som påverkar energianvändningen.

- I vissa fall kan en energieffektivisering innebära ökad energianvändning. Att övergå till massproduktion av en vara kan vara en energieffektivisering om det krävs mindre energi per producerad enhet. Det skulle innebära en ökad energianvändning totalt sett, och därmed ingen energibesparing.

2.1.2 Energieffektivisering och flexibel användnings påverkan på effektbehovet

En effektivisering av elanvändningen innebär inte enbart möjligheter till minskad elanvändning utan bidrar samtidigt till ett minskat effektbehov, och därmed också till en effektivare användning av effekt.

Det finns olika typer av åtgärder som också har olika påverkan på behovet av effekt (se Figur 2)³⁰.



Figur 2. Olika typer av påverkan på behovet av effekt.

Åtgärder för att energieffektivisera kan minska behovet av el totalt och därmed även behovet av effekt. Vissa åtgärder, som att byta till ett mer energieffektivt kylskåp, ger i princip samma minskning av effektbehov dygnet och året runt (se grafen för energieffektivisering i Figur 2).

Andra åtgärder kan särskilt minska behovet av effekt vid topplastsituationer, men även behovet av el. Många åtgärder som sänker användningen av el sänker också efterfrågan på effekt³¹. Åtgärder som särskilt minskar effektbehovet vid topplastsituationer (effekt-effektivisering i Figur 2) kan exempelvis vara en tilläggsisolering i byggnader som minskar behovet av el som mest när det är kallt ute och effektbehovet i elnäten är som störst. Effektiva värmepumpar kan också minska effektbehovet under de kallaste vinterdagarna om de ersätter ineffektiv uppvärmning med direktverkande el³². Om de däremot ersätter fjärrvärme ökar effektbehovet kalla vinterdagar samtidigt som eventuell elproduktion från tillhörande kraftvärme kan minska.

³⁰ Figur från förra regeringens elektrifieringsstrategi.

³¹ Det finns undantag; ett exempel är sommarens användning av luftkonditionering som, om den minskar, inte (i nuläget) påverkar effekttopparna på vintern.

³² Hus med värmepump kan dock behöva stöd av elpatroner under de kallaste dagarna vilket kan innebära att effektbehovet är detsamma som innan ett byte från uppvärmning med direktverkande el.

Efterfrågefleksibilitet inkluderar åtgärder som flyttar elanvändning över tid, vilket bidrar till att jämna ut effektbehovet över dygnet och året, men innebär inte nödvändigtvis någon besparing av el (fleksibilitet/laststyrning i Figur 2). Se även 7.3.1 för mer om efterfrågefleksibilitet.

2.2 Effektiv användning av resurser

Resursanvändning är ett mycket brett begrepp och omfattar alla naturresurser. Det skulle egentligen gå att bredda till att inkludera alla möjliga typer av resurser såsom tid, pengar etc. men fokus i detta uppdrag är på naturresurser som används för omställningen av energisystemet. Genom att arbeta för ett effektivt och cirkulärt användande av sådana resurser, och med att lösa de målkonflikter som följer, finns bättre förutsättningar för att ekonomiska, sociala och miljömässiga mål kan nås. Det behövs samarbete kring resurseffektivitet på systemnivå, någons restflöden kan vara någon annans råvara. Naturresurser behöver förvaltas resurseffektivt under hela livscykeln. Från utvinning, transport, bearbetning och konsumtion till bortskaffning i form av avfall. Att arbeta för resurseffektivitet innebär att producera ett större värde med mindre material och att inte överkonsumera. Det innebär också att minska risken för bristsituationer och att hålla miljöpåverkan inom vår planets naturliga gränser.³³

Elektrifieringen är en samhällsomställning som kräver nya fordon, ny elproduktion, nya elnät, fler elektrolysörer och så vidare. Resurseffektivitet behöver genomsyra omställningen och genom att använda resurser mer effektivt är det möjligt att minska flera av utmaningarna som kommer med elektrifieringen, såsom exempelvis ökat ytanspråk och ökad råvaruförsörjning. En minskad energianvändning ska inte medföra en ökad resursanvändning på totalen även om behovet av vissa resurser kommer att öka.³⁴

2.3 Effektiv användning ur ett systemperspektiv

För att förstå vad som verkligen är åtgärder som leder till en mer effektiv användning av energi, effekt och resurser behöver man också se på frågan ur ett systemperspektiv. För att avgöra vilka åtgärder som är lämpliga att genomföra ur ett systemperspektiv behöver underlag för (väl utformad) prissättning finnas och innefatta miljökostnader. Då kan miljövärdering av effekter genomföras, dels för enskilda åtgärder, dels ur ett systemperspektiv. Det behövs då underlag om enskilda åtgärders miljöpåverkan, exempelvis i form av livscykelanalyser. Detta kan sedan ligga till grund för vilka externa effekter som kan prissättas och var det krävs nya regelverk eller styrning för att minimera miljöeffekter.

Detta kan illustreras med att en viss minskning av energianvändningen inte kan likställas med en viss besparing av resurser eller miljönytta. Det

³³ Europeiska kommissionen (2023a).

³⁴ Energimyndigheten (2021a).

kommer att bero både på sammanhanget och på storleksordningen. Ett exempel är att en investering i en värmepump i ett hus som har direktverkande el sannolikt minskar användningen av resurser då energianvändningen minskar flera gånger om. Det är dock inte lika självklart om det rör sig om ett hus tidigare varmt med fjärrvärme då det dels ökar elanvändningen under vintern när det oftare finns mindre tillgång till fossilfri el, dels kan det minska värmeunderlaget för elproduktion till kraftvärme (se avsnitt 1.3.2). Konsekvensen kan vid en storskalig förändring i den riktningen bli ett ökat behov av elnät, nya elproduktionsanläggningar, import av el eller i vissa fall att kraftvärmeverket/fjärrvärmenätet inte längre är lönsamt.

I ett systemperspektiv finns det alltså andra dimensioner än bara energimängd när miljönytta och resurseffektivitet ska bedömas. Det handlar om när i tiden energin sparas, storleksordningen på energibesparingen (som inte behöver vara linjär), vilken typ av energi som sparas och var besparingen sker. Det sistnämnda kan både avse geografiskt och var i elnätet besparingen sker. Mitt i en omställning av energisystemet blir det extra komplicerat då förutsättningarna framöver kommer att förändras i alla dessa dimensioner.

Exemplet ovan är inte menat att illustrera att värmepumpar på något sätt skulle vara sämre än fjärrvärme utan är enbart ett exempel för att peka på vikten av välfungerande marknader och korrekt prissättning av miljöeffekter. Då kan valet av åtgärder baseras på lägst kostnad i stället för att behöva göra val utifrån föreställningar om vad som är bäst ur ett hållbarhetsperspektiv. Det är också viktigt utifrån design av styrmedel för att inte skapa suboptimeringar eller utvecklingsvägar som medför en större miljöpåverkan eller resursutnyttjande någon annanstans i eller utanför energisystemet.

3 Effektivare användning – en viktig pusselbit i omställningen till ett hållbart energisystem

Energifrågan i allmänhet och elförsörjningen i synnerhet har högre aktualitet än någonsin och den globala omställningen till fossilfri el är ett av huvudspåren mot en hållbar utveckling för klimatet. Kommande decennier förväntas elanvändningen öka kraftigt och elsystemet förändras jämfört med idag. I detta kapitel diskuteras den framtida elektrifieringen och hur en effektiv användning kan bidra i omställningen.

Det svenska energisystemet är i förändring och det finns många faktorer som påverkar utvecklingen. Med en snabbt ökande efterfrågan på el i samhället och med nya och förändrade elanvändningsmönster är det viktigt att i god tid skapa rätt förutsättningar för en ökad elektrifiering. Den framtida utvecklingen behöver förena ekologisk hållbarhet, konkurrenskraft och försörjningstrygghet med förändrade förutsättningar för energiproduktion, distribution och energianvändning. Även den sociala hållbarheten blir allt viktigare när stora förändringar ska ske på kort tid. Omställningen påverkar nästan alla delar av samhället och skapar både möjligheter och utmaningar att hantera. En del är att underlätta för utbyggnad av samtliga fossilfria kraftslag, men en betydande ökning av elanvändningen understryker också vikten av en effektiv användning av energi, effekt och resurser. Något de flesta också blivit alltmer medvetna om de senaste åren.

3.1 Det framtida energisystemet – stort fokus på elektrifiering

I Energimyndighetens scenarier över Sveriges energisystem fram till 2050³⁵ framgår att i synnerhet industrisektorn väntas genomgå en stor omställning fram till 2050. Elektrifieringen, eller snarare det framtida elektrifierade samhället, handlar inte enbart om ett byte av energibärare från fossilt eller biobränslen till el utan också om etableringen av nya industrier och processer som är elintensiva. Denna tillkommande elanvändning uppstår genom en ökad förädling av råvaror i Sverige samt genom etablering av nya industrier och processer (till exempel tillverkning av elektrobränslen, ny ståltillverkning, batterifabriker, ny malmbrytning etc.). Allt detta är elintensiva verksamheter. Även inom övriga sektorer förväntas elanvändningen öka. I det mest progressiva scenariot (kallat *Högre elektrifiering*) bedöms den totala elanvändningen i Sverige öka från 134 terawattimmar (TWh) 2020 till 349 TWh 2050.

³⁵ Energimyndigheten (2023a).

3.1.1 *Elektrifieringen innebär ett nytt läge för elsystemet*

Elektrifieringen är en förutsättning för omställningen av industrin och transportsektorn samt för att nå klimatmålen men samtidigt en komplex utmaning. Det skapar dock förutsättningar för innovativa, hållbara och konkurrenskraftiga svenska företag.

Från att användning och tillförsel av energi varit relativt stabil i många år väntas stora rörelser ske framöver. Elektrifieringen innebär därmed ett nytt läge för elsystemet som går från en förvaltande till en expansiv fas. Med el som huvudsaklig energibärare blir elsystemfrågor alltmer centralt samtidigt som det medför att de olika användarsektorerna (industri, transport, bostäder och service) får en tydligare koppling både till elsystemet och varandra när användningen av samma energibärare ökar i samtliga sektorer, genom exempelvis elbilar, elektrifierade processer etc.

Omställningen av energisystemet skapar också nya lokala utmaningar och möjligheter. Den planerade kraftiga elektrifieringen av industrin leder till en omfördelning av elanvändningen mellan elområdena. Framför allt förväntas elanvändningen i elområde 1 (norra Sverige) öka kraftigt. Det finns även kluster av industrier i andra elområden där användningen kan förändras i stor omfattning. Elektrifieringen av transportsektorn i kombination med en ökad installation av solceller på fastigheter driver ytterligare på omställningen på en lokal nivå.

3.1.2 *Produktionen av vätgas får stor effekt*

Resultaten från Energimyndighetens scenarier³⁶ är till stor del beroende av ett fåtal stora enskilda industrier och projekt och den utveckling som sker där. I samtliga scenarier är det huvudsakligen produktion av vätgas genom elektrolys som bidrar till den ökade elanvändningen. Det faktiska utfallet för industrins (och även hela Sveriges) el- och energianvändning påverkas därmed av dessa aktörers beslut kring elektrolysbaserad vätgasproduktion. Om det uppstår hinder för denna produktion får det också stor påverkan på utvecklingen framåt.

En utmaning för produktion av vätgas är tillgången på fossilfri el. Att producera fossilfri vätgas är en energikrävande process. I dagsläget är verkningsgraden för en elektrolysör cirka 65 procent³⁷, vilket innebär att cirka 35 procent av energin omvandlas till värme i processen. Om det är möjligt att ställa om en process till direktelektrifiering är det idag därmed mer resurseffektivt. Om användningen av rest- eller spillvärme möjliggörs kan detta dock öka effektiviteten på systemnivå.

Vätgasens främsta roll blir att minska utsläppen av växthusgaser i sektorer där direkt elektrifiering inte är möjlig eller svårt inom överskådlig tid. Den kan också bidra till försörjningstrygghet och en

³⁶ Ibid.

³⁷ Energimyndigheten (2022).

effektivare användning av effekt genom att exempelvis användas som en flexibilitetsresurs i elnätet via förbrukningsreduktion från vätgasproducenter, göra variabel energiproduktion mer planerbar eller användas till reservkraft.³⁸ I och med att en så stor del av Sveriges framtida elanvändning förväntas komma från produktion av vätgas kommer frågor om hur vätgasen kan bidra till en effektivare användning av energi och effekt bli allt viktigare. Det är dock inte nödvändigtvis så enkelt att effektivare elektrolysörer är något som per automatik leder till en minskad elanvändning, eftersom en effektivisering också leder till att en vätgasproducent kan producera mer vätgas till ett givet pris.

3.1.3 Omställningen påverkar försörjningstryggheten

Omställningen till ett mer elektrifierat samhälle kommer ställa nya krav på vilka åtgärder som behövs för en god försörjningstrygghet. I och med elektrifieringen kommer processer som tidigare varit bränslebaserade att öka sitt elberoende. Till skillnad från system som bygger på bränslen är elsystemet ett system där leveransen sker direkt. När allt fler processer i samhället övergår till el som energibärare innebär det naturligtvis att även lager av fasta och flytande bränslen minskar. För att möta denna förändring kommer andra typer av reserv- eller lagersystem behöva byggas upp. Detta för att samhället ska ha förmåga att agera vid en omfattande och långvarig störning i elförsörjningen³⁹. Som redan nämnts kan vätgasen vara en sådan resurs som också kan bidra till en ökad försörjningstrygghet.

Det finns i och med elektrifieringen stora möjligheter att med till exempel digitalisering och automation styra användningen av resursen el på ett mer optimalt sätt. Flexibiliteten eller lagringsmöjligheterna flyttas från bränslets inneboende värmeinnehåll till användarsidan i form av batterier, vätgaslager och möjligheten att automatiskt flytta viss användning i tid (utan att påverka nyttan). En effektivare användning av energi och effekt är något som i grunden ger en förbättrad beredskap. En lägre total energianvändningsnivå minskar samhällets sårbarhet för ökade marknadspriser på energi och kan även förväntas minska de mängder energi som behöver importeras under en krissituation. En minskning av effektbehovet i topplastsituationer minskar också riskerna för lokala kapacitetsproblem.

3.2 Hur kan en effektivare användning bidra i omställningen?

En effektiv användning av energi, effekt och resurser är avgörande för att möjliggöra och också påskynda elektrifieringen då det går att genomföra effektiviseringar på relativt kort tid, jämfört med den tid det tar att utöka elproduktionen. Elektrifieringen i sig innebär ofta en energieffektivisering men ökar samtidigt behovet av el till helt nya nivåer i Sverige. Det är

³⁸ Ibid.

³⁹ Det är dock viktigt att påpeka att alla system även idag är beroende av el oavsett energibärare.

därför viktigt att även se över hur mycket och på vilket sätt elen används, och frigöra el så att den kan användas i de sektorer och verksamheter där den behövs mest.

Nyttillkommande elintensiva industrier och processer ökar energibehovet i Sverige, men kan också bidra till att minska utsläpp och öka energieffektiviseringstakten på sikt eller i andra delar av världen. Ett exempel är batteritillverkning som ökar den svenska elanvändningen men som kan leda till en energieffektivisering på sikt i och med att användningen av elfordon ökar. En ökad elektrifiering innebär därmed stora möjligheter för Sverige på många sätt samtidigt som det innebär en ökad infrastrukturell utmaning för samhället. En effektivare användning av energi kan underlätta elektrifieringen genom att minska behovet av ny elproduktion och nya elnät. En effektivare elanvändning som minskar effektoppar kan särskilt bidra till att underlätta elektrifieringen och minska behovet av investeringar i nätförstärkningar, elproduktion eller energilager, inte minst där det finns lokala kapacitetsutmaningar i elnäten. Det kan därmed också bidra till att minska elektrifieringens konsekvenser för andra mark- och vattenanvändningsintressen.

3.2.1 *Att främja en effektivare användning kan också bidra till en rättvis omställning*

Omställningen till ett elektrifierat samhälle bör ske på ett rättvist sätt och att främja en effektivare användning av energi, effekt och resurser kan på många sätt bidra till detta. För att kunna främja en effektivare användning är det viktigt att exempelvis energieffektivisering inte uppfattas som ett sätt att tvinga någon att göra uppoffringar för att andra ska kunna öka sin energianvändning. Ett viktigt syfte med energieffektiviseringsåtgärder är att underlätta för sårbara konsumenter, minska energifattigdom⁴⁰ och därmed också bidra till en mer rättvis omställning. Kunskapsstöd och informationsinsatser är betydelsefulla för att öka förståelsen för behovet och nyttan av en utbyggd elproduktion i ett samhällsperspektiv, men också för förståelsen om energieffektiviserande åtgärder och den nytta de kan bidra med.

3.2.2 *Energieffektivisering spelar en viktig roll, även för en industri i transformation*

Om den stora omställning som väntas ske inom industrin de närmaste 30 åren förvaltas väl finns möjligheter till energieffektivisering i samband med de stora nyinvesteringar i produktionskapacitet och teknikuppggraderingar som kommer göras. Nyetableringar kan också skapa förutsättningar för industriella samarbeten kring restenergiöden. Industrisektorn som helhet genomgår en strukturomvandling men det finns likväl många branscher, företag, processer och energikrävande

⁴⁰ Energifattigdom kan definieras som ett hushålls bristande tillgång till väsentliga energitjänster som behövs för en skälig levnadsstandard och hälsa, inklusive tillräcklig tillgång till uppvärmning, nedkylning, belysning och energi för att driva elapparater.

applikationer som inte står inför fullt så omfattande förändringar. Även här är energieffektivisering viktigt och kan i större utsträckning bygga på tidigare erfarenheter av energieffektivisering inom industrin.

I dagsläget finns betydande kunskapsluckor kring den nationella potentialen för energieffektivisering i svensk industri (läs mer i avsnitt 6.2.4). Eftersom stora delar av industrisektorn dessutom står inför en stor omställning där elanvändningen bedöms öka kraftigt skapas nya förutsättningar, vilket gör det svårt att bedöma framtida energieffektiviseringspotentialer baserat på historiska data och erfarenheter. Oavsett storleken på de faktiska potentialerna kommer energieffektivisering bli en mycket viktig fråga för att kunna tillgodose det framtida behovet av el, framför allt på kort sikt. Energieffektiviseringsinsatser behöver göras både i befintliga verksamheter och processer samt vid omställning och nyetablering.

3.2.3 *En effektiv användning av resurser är nödvändig för att elektrifieringen ska vara hållbar*

Elektrifieringen är en historisk strukturomvandling som påverkar alla delar av samhället. Elektrifieringen i sig är avgörande för att nå klimatmålen. Att Sverige och företag i Sverige går före möjliggör även export av klimatsmarta produkter och nya tekniklösningar som kraftfullt kan minska utsläppen i andra länder. Förutom export av fossilfritt järn och stål bidrar export av exempelvis batterier. Om samhället lyckas med en snabb elektrifiering av industrin kan Sverige visa att klimatomställningen är möjlig med stärkt konkurrenskraft samtidigt som exporten, såväl av produkter som tjänster, bidrar till utsläppsminskningar globalt.

En ökad elektrifiering ökar dock anspråken på mark för utbyggnad av ny elproduktion, elnät och nya industrianläggningar. Det kan i sig ha en lokal negativ påverkan på naturmiljöer, människors levnadsmiljö, landskapsbilden och den biologiska mångfalden även om den globala nyttan blir positiv. Utan en prioritering av energiintressen och en effektivare användning av resurser blir det svårt att klara av en ökad elektrifiering och omställning till ett hållbart energisystem.

Fler miljövärden än minskade klimatutsläpp behöver värnas när samhället elektrifieras. Elektrifieringen kan bidra till att minska luftföroreningar som medför miljö- och hälsoproblem, men förändrar samtidigt behovet av olika naturresurser. Elektrolys kan innebära ökad vattenkonsumtion och tillverkning av batterier kan innebära miljöpåverkan vid utvinning av kritiska metaller och mineraler.

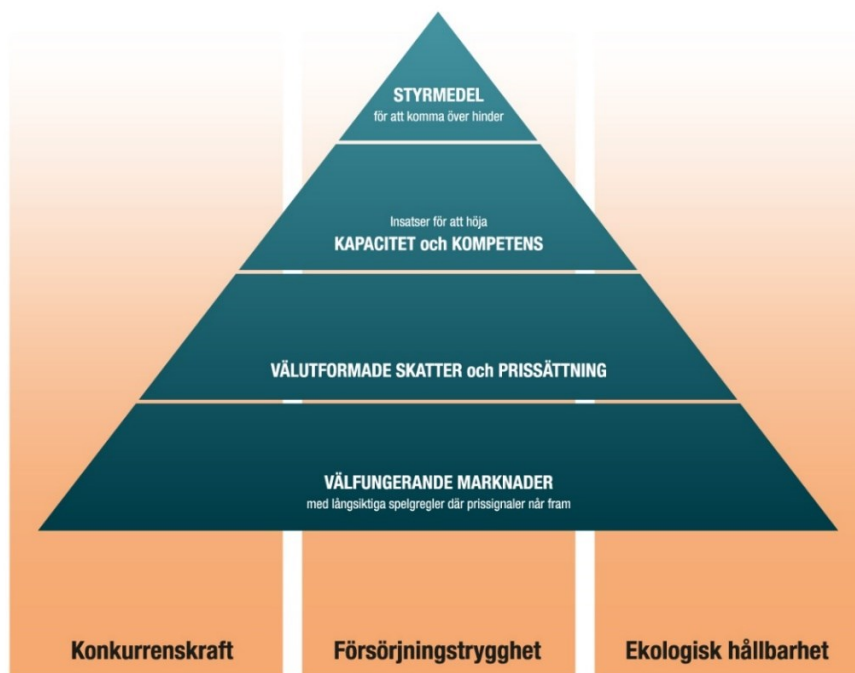
3.2.4 *Arbetet med en effektiv användning och elektrifiering behöver gå hand i hand*

Kraven att använda energi, effekt och resurser på ett effektivt sätt kommer att öka. EU tar stora kliv framåt på området i samband med de många nya och omarbetade direktiv som kommer under Fit for 55. Krav på energieffektivisering blir mycket skarpare i samband med omarbetade direktivet om energieffektivitet och direktivet om byggnaders energiprestanda (läs mer i kapitel 5). Dagens nivåer på skatter och avgifter i Sverige kommer inte, till skillnad mot tidigare, att räcka för att de skärpta målen ska kunna nås. Ytterligare åtgärder kommer krävas för att hantera gapet som bedöms uppgå till 60–70 TWh ytterligare energibesparingar som behöver hanteras under perioden 2024–2030. Den nya principen om ”energieffektivitet först” kan också få påverkan på beslut om stora infrastrukturella investeringar. Även i andra direktiv och förordningar ställs skarpare krav, ett exempel är den så kallade ansvarsfördelningsförordningen (ESR) som ställer krav på minskade utsläpp i vissa sektorer (se avsnitt 5.5). En effektivare användning är viktig i detta avseende då det kan få reella effekter på kort tid, medan elektrifieringen i stort är något som tar längre tid att realisera.

Det kommer att krävas mycket för att uppfylla de nya kraven i direktivet om energieffektivitet och andra direktiv och förordningar men implementeringen har samtidigt bara börjat. Det är ett arbete som kommer fortsätta under en längre tid och behöver gå hand i hand med arbetet med energiomställningen och samhällets elektrifiering. Även om det idag inte är helt klart hur kraven från EU kommer påverka arbetet med en effektivare användning av energi, effekt och resurser är det viktigt att fortsätta och intensifiera arbetet med både elektrifiering och effektivisering.

3.3 *I en tid av osäkerhet och förändring är en stabil grund viktig*

I en tid av stor förändring av energisystemet är det särskilt viktigt att ha en stabil grund att stå på. Befintliga lagar, regler och standarder behöver fungera och användas ändamålsenligt så att de bidrar till en effektiv användning av energi, effekt och resurser. Grundläggande är också att säkerställa välfungerande marknader med långsiktiga spelregler där prissignalerna når fram. Det innebär samtidigt att energipriser behöver få variera, det är kostnaden över tid som ska vara konkurrenskraftig. Att säkerställa fortsatt välfungerande marknader blir särskilt viktigt i och med att många nya eller omarbetade krav, direktiv och förordningar införs samtidigt. För att kunna säkerställa att prissignaler når fram och att marknaderna fungerar innebär det också att de olika skatter, tariffer och andra priser som användarna möter behöver vara välutformade. Välfungerande marknader och välutformade skatter är grundläggande för att energi, effekt och resurser ska kunna användas effektivt.



Figur 3. Överblick av viktiga förutsättningar för ett resurs- och energieffektivt energisystem.

Det finns en stor potential för såväl energieffektivisering som efterfrågefleksibilitet och det är därför också viktigt att öka kapaciteten och kompetensen i samhället för att kunna ta tillvara den potential som finns. Information är ett viktigt medel för att öka kunskapen hos såväl allmänhet som offentlig sektor, vilket också blev tydligt i samband med de senaste årens informationskampanjer som genomförts med syfte att minska Sveriges elanvändning.

Även när det finns en stabil grund att stå på så att energi, effekt och resurser kan användas effektivt finns dock fortfarande marknadsmisslyckanden och hinder som kvarstår och som motiverar att ytterligare styrmedel införs. Detta kan också bidra till att marknaderna fortsätter vara välfungerande. Införande av nya styrmedel måste självklart göras på ett genomtänkt sätt och med hänsyn tagen till att upprätthålla såväl konkurrenskraft, försörjningstrygghet som ekologisk hållbarhet. Även social hållbarhet blir allt viktigare för att få legitimitet i omställningen.

4 Nuläget – Mycket har redan hänt

I detta kapitel beskrivs kortfattat nuläge för energianvändningen och hur utvecklingen sett ut inom olika sektorer de senaste decennierna. Energiintensiteten har minskat trots en växande ekonomi och ökande befolkning. Elanvändningen har varit relativt konstant sedan tre decennier tillbaka, bland annat tack vare energieffektivisering. De senaste årens elpriser har lett till att många hushåll upplevt kraftigt ökade kostnader vilket också har lett till ett ökat intresse för energibesparingar på kort sikt och till att energieffektiviseringsåtgärder blivit mer lönsamma.

4.1 Sveriges mål för en effektivare energianvändning

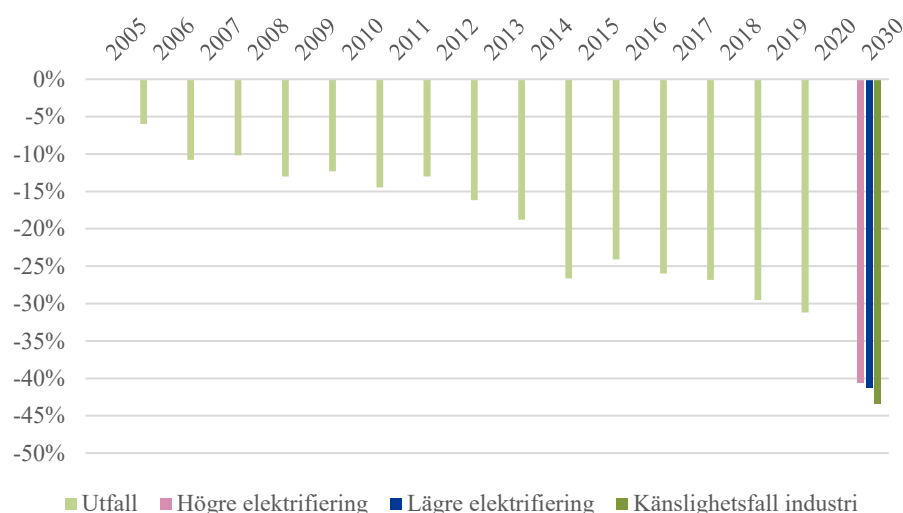
Sverige har ett nationellt sektorsövergripande mål om 50 procent effektivare energianvändning till år 2030 (jämfört med 2005), uttryckt genom minskad energiintensitet (se faktaruta). Åtminstone sedan mitten av 1990-talet har energianvändningen och BNP-tillväxten inte längre följt varandra i förhållandet 1:1 vilket är en anledning till behovet av en indikator som tar hänsyn till relationen mellan tillförd energi och ekonomisk utveckling. Energiintensiteten har minskat i jämn takt det senaste decenniet, energianvändningen har alltså blivit effektivare. Mellan 2005 och 2021 har energiintensiteten minskat med 33 procent⁴¹. Samtidigt har befolkningen ökat med 1,9 miljoner under samma period, vilket motsvarar en ökning på 22 procent mellan åren 1990–2021. Bruttonationalprodukten (BNP) i fasta priser har ökat med 93 procent under samma period.⁴²

Sverige är alltså på god väg i arbetet med att effektivisera användningen av energi, men mycket återstår för att nå målet till 2030 och energiintensiteten behöver fortsätta att minska, särskilt i takt med att nya tillkommande industrier och processer etableras. I Energimyndighetens scenarier över energisystemets utveckling⁴³ konstaterades att energiintensitetsmålet inte förväntas nås, oavsett scenario. Se Figur 4.

⁴¹ Energimyndigheten (2023e).

⁴² Energimyndigheten (2023f).

⁴³ Energimyndigheten (2023a).



Figur 4. Minskad energiintensitet 2006–2020, samt i olika scenarier 2030 (jämfört med 2005), procent.

Energiintensitetsmålet

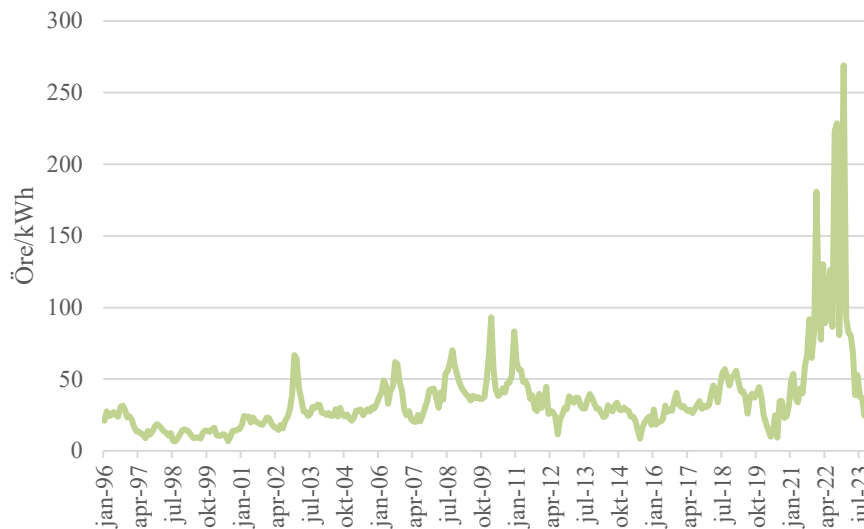
Sveriges mål om att energianvändningen ska vara 50 procent effektivare till 2030 jämfört med 2005 uttrycks som ett sektorsövergripande mål om minskad energiintensitet med 50 procent mellan år 2005 och 2030. Energiintensitet uttrycks som tillförd energi per BNP-enhet i fasta priser. Målet tar därmed hänsyn till den faktiska ekonomiska utvecklingen. Eftersom tillförd energi ställs i relation till BNP är det ett relativt mått.

Den tillförda energin i intensitetsberäkningen är normalårskorrigerad, d.v.s. hänsyn tas till vad tillförd energi uppgått till om året varit normalt tempererat. Energianvändning för icke-energiändamål ingår ej i beräkningen.

Målet kommer att behöva ses över i samband med att det omarbetade direktivet om energieffektivitet implementeras (läs mer i Kapitel 5).

4.2 Höga elpriser har lett till minskad elanvändning de senaste åren

Under andra halvåret 2021 och under 2022 skedde kraftiga prisökningar på energimarknaderna (specifikt priserna på drivmedel och el). Figur 5 visar prisutvecklingen för el 1996–2023 i elprisområde 3. Där går tydligt att se den stora ökningen i elpriser under 2021/2022 och att priserna varierat kraftigt.



Figur 5. Spotpriser el, månadsmedelvärde för elområde SE3, fr.o.m. januari 1996-juli 2023, öre/kWh.

De kraftiga prisökningarna har bidragit till ett ökat intresse för energieffektivisering och elbesparing. Energimyndigheten genomförde under 2022 en informationskampanj "Varje kilowattimme räknas"⁴⁴. En undersökning som Novus genomfört visar att två av tre småhusägare sett kampanjen och vidtagit energisparande åtgärder som att släcka lampor, stänga av apparater, sänka värmen och använda mindre varmvatten. Två av tre småhusägare uppger att de genomfört energieffektiviseringsåtgärder i sina hem det sista halvåret 2022, vilket är fler än under föregående fem år tillsammans.⁴⁵ Kampanjen genomfördes bland annat med syfte att minska elpriser och risk för elbrist samt för att minska risken för manuell fränkoppling⁴⁶. Energimyndigheten genomförde innan det även en småhuskampanj som resulterade i en guide för husägare som vill energieffektivisera⁴⁷.

Under september 2022-maj 2023 hade Energimyndigheten också ett uppdrag om energibesparingsåtgärder inom den statliga förvaltningen⁴⁸. Genom nyckeltalet kilowattimme (kWh) per kvadratmeter noterades att myndigheterna använt mindre el under de aktuella månaderna jämfört med motsvarande månader 2018 och 2019, men med reservation för osäkerheter i underlaget. En väsentlig osäkerhet är avsaknaden av

⁴⁴ Läs mer på: <https://www.energimyndigheten.se/varje-kilowattimme-raknas/>.

⁴⁵ Energimyndigheten (2023g).

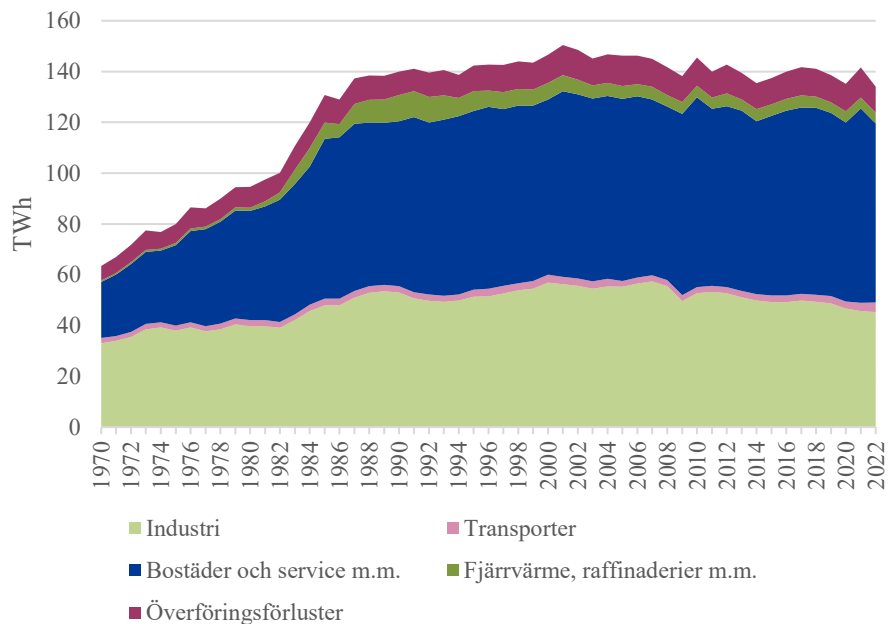
⁴⁶ Under vinterns kallaste dagar kan det finnas risk för att Sverige får brist på el (effektbrist). Då kan det bli aktuellt att koppla bort elen för ett begränsat antal kunder under ett par timmar för att förhindra ett större avbrott.

⁴⁷ Läs mer på: <https://www.energimyndigheten.se/energieffektivisering/husguiden---for-dig-som-vill-energieffektivisera-ditt/>.

⁴⁸ Energimyndigheten (2023h).

obligatorisk referensmånad för alla rapporteringsmånader. Uppdraget visar på behovet av ytterligare kunskapshöjande insatser för att offentlig sektor ska fortsätta att utveckla sitt energiarbete och bli föregångare i energieffektiviseringsarbetet.

Tack vare bland annat energieffektivisering har Sveriges elanvändning de tre senaste decennierna varit mer eller mindre konstant. Under åren 1990 till 2000 var trenden för elanvändningen svagt ökande. Efter år 2000 har elanvändningen minskat något, även om användningen varierar en del mellan åren (vilket i hög utsträckning beror på varierande väderförhållanden). Se Figur 6.



Figur 6. Elanvändning per sektor 1970–2022, TWh.

Under 2022 minskade den faktiska elanvändningen med drygt fem procent jämfört med året innan⁴⁹. En stor del av minskningen har skett i hushållens elanvändning⁵⁰. Även under 2023 har minskningarna fortsatt och hittills i år (till och med september) har den faktiska elanvändningen minskat med nästan fem procent jämfört med motsvarande månader 2022⁵¹.

⁴⁹ Energimyndigheten (2023i).

⁵⁰ Statistiska centralbyrån (2023a).

⁵¹ Statistiska centralbyrån (2023b).

4.3 Energianvändning inom sektorn bostäder och service⁵²

Sektorn bostäder och service⁵³ står idag för cirka 40 procent av Sveriges totala energianvändning. Energianvändningen i sektorn har haft en minskande trend sedan mitten av 1990-talet. Sedan 2010 har både den totala energianvändningen och fördelningen mellan olika bränslen varit relativt konstant. Under 2022 var energianvändningen i sektorn 139 terawattimmar (TWh).

Mer än hälften av energianvändningen i sektorn går till uppvärmning och varmvatten. Eftersom behovet av uppvärmning påverkas av utomhustemperaturen varierar energianvändning mellan olika år. Under de senaste decennierna har den tillförda energin till uppvärmning och varmvatten minskat. Utvecklingen beror till största delen på att värmepumpar och fjärrvärme har ersatt olja och därmed minskat omvandlings- och överföringsförluster inom sektorn. Delar av energiförlusterna har därför flyttats över på de företag som producerar el respektive fjärrvärme, vilka inom energistatistiken tillhör andra sektorer.

Elanvändningen i sektorn bostäder och service har varit stabil de senaste 20 åren. Sedan början av 1990-talet har elanvändningen inom sektorn uppgått till cirka 70 TWh. Sektorns elanvändning delas upp i användning av *elvärme* respektive *hushållsel*. Användningen av *elvärme*⁵⁴ har gradvis minskat sedan slutet av 1980-talet. År 2021 låg användningen av elvärme på 22 TWh, vilket motsvarar en minskning med 30 procent sedan toppen 1987. Den sjunkande användningen av *elvärme* är ett resultat av att många ersatt direktverkande el med andra alternativ såsom värmepumpar, fjärrvärme och pellets. Två motsatta trender påverkar idag användningen av *hushållsel*⁵⁵. Utvecklingen går mot energieffektivare apparater, vilket leder till minskad energianvändning. Antalet hushåll, antalet eldrivna apparater i hushållen, användningstiden för och antalet funktioner på många apparater ökar dock vilket i viss utsträckning motverkar minskningen i energianvändningen.

4.4 Energianvändning inom industrisektorn⁵⁶

Industrisektorns energianvändning uppgick under 2022 till 137 TWh vilket motsvarar 39 procent av Sveriges totala slutliga energianvändning. Energin används främst för att driva industriella processer. Trots att produktionen inom industrin har ökat har energianvändningen varit

⁵² Energimyndigheten (2023j), Energimyndigheten (2023k) samt Energimyndigheten (2023l).

⁵³ I sektorn ingår hushåll, service, areella näringar och byggverksamhet. I "service" ingår exempelvis hotell och restaurang, vård, utbildning, IT och datacenter, kultur och nöje, försäkrings- och finansverksamhet, uthyrning och fastighetsverksamhet samt annan serviceverksamhet. I "areella näringar" ingår jordbruk, skogsbruk och fiske. I "byggverksamhet" ingår byggande av hus samt anläggningsarbeten, exempelvis järnvägar och vägar.

⁵⁴ Elvärme kan vara direktverkande, där en viss energimängd el omvandlas till samma energimängd värme, direkt i el-element eller via ett vattenburet system. Som elvärme räknas också värmepumpar, som använder sig av den värme som finns naturligt i luft, mark eller vatten, och med hjälp av en mindre mängd el uppträder värmen till önskad temperatur.

⁵⁵ El som används för hushållsändamål.

⁵⁶ Energimyndigheten (2023j), Energimyndigheten (2023k) samt Energimyndigheten (2023l).

relativt konstant sedan 1970-talet och de senaste tio åren har energianvändningen varit svagt nedåtgående. Detta på grund av strukturförändringar inom olika industribranscher och tack vare mer energieffektiva tillverkningsprocesser.

Elanvändningen inom industrin har ökat från drygt 33 TWh 1970 till 45 TWh 2022. Det beror delvis på konverteringen från olja till el som skedde inom de flesta industribranscher i samband med oljekrisen under 1970-talet. Ökningen beror också på att den elintensiva produktionen av mekanisk pappersmassa ökade under 1980-talet. Elanvändningen var som högst 2007, drygt 57 TWh, och har sedan dess minskat. De senaste årens minskande elanvändning är bland annat ett resultat av mer energieffektiva produktionsprocesser samt effekter av covid-19-pandemin.

4.5 Energianvändning inom transportsektorn⁵⁷

Under 2022 uppgick energianvändningen för inrikes transporter till 79 TWh vilket motsvarar drygt 20 procent av landets totala slutliga energianvändning. Trenden för energianvändningen inom inrikes transporter har varit minskande sedan början av 2000-talet.

Elanvändningen för inrikes transporter har under lång tid varit relativt konstant (2,5–3 TWh vilket framför allt är järnvägens användning) men har ökat och uppgick 2022 till 4 TWh. Detta är en konsekvens av en större andel laddbara fordon i fordonsflottan.⁵⁸ I Trafikanalys kortsiktsprognoser för fordonsflottan syns en inbromsning av nybilsförsäljningen vilket saktar ner elektrifieringstakten. Under 2025 förväntas 37 procent av nyregistrerade personbilar vara rena elbilar, jämfört med 60 procent samma år utifrån den tidigare prognosen. Detta kan förklaras av det ekonomiska läget samt slopandet av klimatbonusen för nollutsläppsfordon.⁵⁹

⁵⁷ Energimyndigheten (2023j), Energimyndigheten (2023k) samt Energimyndigheten (2023l).

⁵⁸ Energimyndigheten (2023e).

⁵⁹ Jämförelse mellan Trafikanalys kortsiktsprognos för fordonsflottan för 2022 respektive 2023 i Energimyndigheten (2023m).

5 EU växlar upp på energi- och klimatområdet

Utifrån Europeiska unionens (EU:s) mål om klimatneutralitet senast 2050 ses rättsakter på energi- och klimatområdet över och omarbetas inom det så kallade *Fit for 55*-paketet. Dessutom har nya kompletterande regelverk tillkommit. Det är därmed mycket på gång inom områdena energieffektivisering och resursanvändning. Några av de viktigaste direktiven och förordningarna tas upp och diskuteras i detta kapitel.

Efter att den nuvarande Europeiska kommissionen tillträdde 2019 annonserades *EU:s gröna giv*⁶⁰ som en av kommissionens politiska prioriteringar för mandatperioden. Paketet innehåller en rad politiska initiativ som syftar till att bidra till ett övergripande mål om att nå nettonollutsläpp till 2050. I förordningen om en europeisk klimatlag⁶¹ som antogs 2020 har medlemsstaterna inte bara åtagit sig ett bindande mål om att uppnå klimatneutralitet⁶² senast 2050 utan även att minska utsläppen med minst 55 procent till 2030 jämfört med 1990 års nivåer. Till följd av de uppstramade målen är det nödvändigt att omarbeta rättsakterna på energi- och klimatområdet samt att upprätta nya kompletterande regelverk. Detta sker inom vad som benämns *Fit for 55-paketet*⁶³.

Lagstiftningspaketet *Fit for 55* påverkar i hög utsträckning arbetet med en effektivare användning av energi, effekt och resurser. Som vägledande princip ställs krav på medlemsstaterna att i enlighet med principen om energieffektivitet först, säkerställa att energieffektivitetslösningar, inbegripet resurser på efterfrågesidan och systemflexibilitet, bedöms vid planerings-, policy- och större investeringsbeslut.

Det är svårt att i skrivande stund (hösten 2023) säga exakt på vilket sätt arbetet med att främja en effektivare användning av energi, effekt och resurser kommer påverkas i och med implementeringen av de omarbetade direktiven och förordningarna, eftersom detta arbete precis påbörjats. Det är dock tydligt att detta kommer sätta ramarna för Sveriges arbete och att mycket kommer behöva hända på området. I resten av detta kapitel beskrivs kortfattat de föreslagna förändringarna i några av de mest relevanta direktiven (utifrån vilken status de hade under hösten 2023) och på vilket sätt de har bäring på en effektiv användning av energi, effekt och resurser eller påverkan på energimarknaderna i stort.

⁶⁰ Europeiska rådet (2023a).

⁶¹ EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS FÖRORDNING (EU) 2021/1119 av den 30 juni 2021 om inrättande av en ram för att uppnå klimatneutralitet och om ändring av förordningarna (EG) nr 401/2009 och (EU) 2018/1999 (europeisk klimatlag).

⁶² Växthusgasutsläpp och växthusgasupptag i balans.

⁶³ Europeiska rådet (2023b).

Det finns fler direktiv och förordningar än de som diskuteras i detta kapitel som kommer ha en påverkan på delar av eller hela energimarknaden och som är relevanta att nämna. Flertalet förändringar har direkt eller indirekt påverkan på hur energi, effekt och resurser används. Tabell 1 visar några av de viktigaste direktiven och förordningarna (och där de mest relevanta diskuteras närmare i kapitlet).

Tabell 1. Direktiv och förordningar som antagits eller är under förhandling, status den 30 november 2023.

Direktiv/förordning	Antaget
Förordning om ansvarsfördelning (ESR)	Antaget
Förordning om koldioxidutsläpp från nya personbilar och nya lätta nyttofordon	Antaget
Sociala klimatfonden	Antaget
EU:s system för handel med utsläppsrätter för växthusgaser (EU ETS och ETS BRT)	Antaget
Gränsjusteringsmekanismen för koldioxidjustering (CBAM)	Antaget
Direktiv om energieffektivitet (EED)	Antaget
Förordning om batterier och förbrukade batterier	Antaget
Förordning om infrastruktur för alternativa drivmedel (AFIR)	Antaget
Förordning om förnybara och koldioxidsnåla bränslen för sjöfart (så kallade FuelEU Maritime)	Antaget
Direktiv om främjande av energi från förnybara energikällor (så kallade förnybartdirektivet, RED)	Antaget
Förordning om hållbar luftfart (så kallade ReFuelEU aviation)	Antaget
Direktiv om byggnaders energiprestanda (EPBD)	Ej antaget ännu
Reformer av EU:s elmarknad (inkl. så kallade elmarknadsförordningen och -direktivet)	Ej antaget ännu
Förordning om ekodesign för hållbara produkter (ESPR)	Ej antaget ännu
Direktiv för beskattning av energiprodukter och elektricitet (så kallade energiskattedirektivet)	Ej antaget ännu
Förordning om nettonollindustri (NZIA)	Ej antaget ännu
Förordning om kritiska råvaror (CRMA)	Ej antaget ännu
Direktiv om industriutsläpp (så kallade industriutsläppsdirektivet, IED)	Ej antaget ännu

5.1 Direktiv om energieffektivitet (EED)⁶⁴

Direktivet om energieffektivitet, som nu har omarbetats, trädde ursprungligen i kraft 2012. Direktivet fastställer en gemensam ram för att främja energieffektivitet inom EU. Direktivet innehåller bland annat EU-mål för minskad slutlig energianvändning⁶⁵ och för

⁶⁴ EUROPAPARLEMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV (EU) 2023/1791 av den 13 september 2023 om energieffektivitet och om ändring av förordning (EU) 2023/955.

⁶⁵ Slutlig användning = Tillförd energi - Förluster och användning för icke energiändamål - Statistisk differens mellan användning och tillförd energi.

primärenergianvändning⁶⁶ samt bestämmelser som syftar till att undanröja hinder och att övervinna några av de marknadsmisslyckanden (se avsnitt 8.1) som hindrar effektivitet i tillförsel och användning av energi. Det finns krav på energieffektivitet och åtgärder inom samtliga delar av energisystemet, från energiomvandling via transmission och distribution till slutlig användning i alla sektorer.

I mars 2023 nådde rådsordförandeskapets och Europaparlamentets förhandlare en preliminär politisk överenskommelse om att minska den slutliga energianvändningen på EU-nivå med 11,7 procent fram till 2030, jämfört med prognosen för energianvändningen 2030 som togs fram 2020⁶⁷. Rådet antog det nya direktivet om energieffektivitet i juli 2023.

Det omarbetade direktivet syftar till att höja medlemsländernas insatser när det gäller att minska den slutliga energianvändningen, spara energi och minska sårbarheten vid höga energipriser. Detta görs till exempel genom höjda årliga nationella energisparkrav och skarpare krav för att minska energianvändningen. Nedan beskrivs några av de ändringar som finns med i det omarbetade direktivet.

5.1.1 Skärpt mål om energieffektivitet

Skärpt mål om energieffektivitet på EU-nivå, med ett bindande mål för slutlig energianvändning och indikativt mål för primärenergianvändning till 2030. Det bindande målet på slutlig användning är formulerat som ett tak på 763 miljoner ton oljeekvivalenter (Mtoe) och motsvarar cirka 38 procents minskning jämfört med 1990 års nivå, som är basåret. Energieffektiviseringsmålet i tidigare gällande direktiv är uttryckt som 32,5 procent minskning till 2030 för både slutlig och primärenergianvändning.⁶⁸ Energimyndigheten har i uppdrag⁶⁹ att ta fram underlag inför genomförandet av artikel 4 (Energieffektivitetsmål). Bland annat ska Energimyndigheten beskriva hur Sveriges nationella energieffektiviseringsbidrag till år 2030 bör tas fram, med grund i det omarbetade direktivet för energieffektivitet samt förordningen om styrning av energiunionen⁷⁰ (den så kallade styrningsförordningen). Uppdraget ska delredovisas den 15 januari 2024 och slutredovisas i

⁶⁶ Energisystemet består översiktligt av tillförd energi i form av primär energi som omvandlas och överförs till de slutliga energianvändarna. På vägen till energianvändarna uppstår en del energiförluster när energi omvandlas och transporteras.

⁶⁷ Det svenska ordförandeskapet i Europeiska unionens råd (2023).

⁶⁸ Artikel 3 i tidigare gällande direktiv, artikel 4 i omarbetade direktivet.

⁶⁹ KN2023/04094, *Uppdrag att ta fram underlag inför genomförandet av artikel 4 i det omarbetade direktivet för energieffektivitet*.

⁷⁰ EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS FÖRORDNING (EU) 2018/1999 av den 11 december 2018 om styrningen av energiunionen och av klimatåtgärder samt om ändring av Europaparlamentets och rådets förordningar (EG) nr 663/2009 och (EG) nr 715/2009, Europaparlamentets och rådets direktiv 94/22/EG, 98/70/EG, 2009/31/EG, 2009/73/EG, 2010/31/EU, 2012/27/EU och 2013/30/EU samt rådets direktiv 2009/119/EG och (EU) 2015/652 och om upphävande av Europaparlamentets och rådets förordning (EU) nr 525/2013.

samband med att Energimyndighetens förslag till uppdaterad nationell energi- och klimatplan⁷¹ redovisas senast den 17 april 2024.

5.1.2 Det årliga energisparbetinget ökar

Det årliga energisparbetinget ökar till 1,49 procent ny nationell energieffektivisering varje år. Detta är ett medelvärde över perioden 2021–2030, vilket i praktiken innebär en stegvis ökning med start på 1,3 procent 2024 och med slutlig nivå 1,9 procent 2028 och framåt. Sverige uppfyller dagens (lägre) sparbeting genom förväntade effekter av skatter och avgifter, vilket inte kommer att räcka för att uppfylla det ökade betinget. Gapet som uppstår i och med ökningen uppskattas till 60–70 terawattimmar (TWh); ytterligare energibesparing som måste till under perioden 2024–2030.⁷²

5.1.3 Elektrifieringens roll i klimatomställningen

Det finns en skrivning⁷³ i det omarbetade direktivet som säger att medlemsstaterna bör beakta ”den eventuella ökning av industrins efterfrågan på energi som kan bli resultatet av att den fasar ut fossila bränslen, särskilt för energiintensiva processer”. Det finns också en skrivning⁷⁴ om att medlemsstaterna ska ta hänsyn till ”utfasningen av fossila bränslen i energieffektiva sektorer” när de nationella indikativa energieffektivitetsbidragen tas fram. Det kommer troligen bli upp till varje land att beskriva sin situation och sina förutsättningar och det är i nuläget inte klart hur den skrivningen påverkar Sverige. Potentialen för energibesparingar är stor i alla sektorer men skrivningen öppnar upp för ökad energianvändning inom industrin, där elektrifiering kan bidra starkt i klimatomställningen.

5.1.4 Skallkrav för principen om energieffektivitet först

En ny artikel har införts i det omarbetade direktivet med skallkrav för principen om energieffektivitet först, som tidigare hittats i styrningsförordningen. I stora drag handlar det om att hänsyn ska tas till principen i beslut om stora infrastrukturella investeringar och det ska rapporteras hur det arbetet bedrivs.⁷⁵

5.1.5 Energisparbeting för offentlig sektor

Offentlig sektor får ett helt nytt energisparbeting. Aktörer som nationella, regionala eller lokala myndigheter samt enheter som direkt finansieras och administreras av dessa myndigheter (men inte har industriell eller kommersiell karaktär) omfattas av kraven i det omarbetade direktivet. Det nya betinget för offentlig sektor innebär 1,9 procent årlig energibesparing för all definierad offentlig verksamhet. Energimyndigheten har i

⁷¹ Uppdrag i Energimyndighetens regleringsbrev för 2023.

⁷² Artikel 7 i tidigare gällande direktiv, artikel 8 i omarbetade direktivet.

⁷³ I skälssats 13.

⁷⁴ Artikel 4 paragraf 3 punkt (e) (iv).

⁷⁵ Artikel 3 och artikel 27 i omarbetade direktivet.

uppdrag⁷⁶ att ta fram underlag inför genomförandet av artikel 5 (Offentliga sektorn ledande inom energieffektivitet) och artikel 6 (Offentliga sektorns byggnaders roll som förebild). Uppdraget delredovisades den 30 november 2023 och ska slutredovisas 14 juni 2024.

5.1.6 Ändrade krav på energikartläggning och energiledningssystem för företag

I det omarbetade direktivet ställs nya krav på energikartläggning och energiledningssystem för företag som innebär ändrade förutsättningar jämfört med tidigare. Idag baseras krav på energikartläggning på företagens storlek (omsättning, antal anställda etc.) och den svenska implementeringen innebär att enbart stora företag omfattas genom lag om energikartläggning i stora företag⁷⁷. I det omarbetade direktivet baseras kraven i stället på energianvändningen och innebär att företag med en genomsnittlig årlig energianvändning över 85 tera joule (TJ), vilket motsvarar 23,6 gigawattimmar (GWh), måste införa ett certifierat energiledningssystem samt att företag med en energianvändning över 10 TJ (cirka 2,8 GWh) behöver genomföra energikartläggningar.

5.2 Direktiv om byggnaders energiprestanda (EPBD)⁷⁸

Direktivet om byggnaders energiprestanda syftar till att säkerställa att varje medlemsstat senast 2050 har ett mycket energieffektivt och koldioxidsnålt byggnadsbestånd. Direktivet om byggnaders energiprestanda ändrades 2018 och då infördes (flyttades från EED) en skyldighet för varje medlemsstat att ha en långsiktig renoveringsstrategi till stöd för renoveringen av det nationella beståndet av både offentliga och privata byggnader, med målet att senast 2050 ha ett mycket energieffektivt och koldioxidsnålt byggnadsbestånd. Direktivet skyndar även på omvandlingen av befintliga byggnader till nära-nollenergibyggnader till 2050, med krav på att alla nya byggnader måste vara nära-nollenergibyggnader från och med 2021 och stödjer moderniseringen av alla byggnader med smart teknik.

Den 15 december 2021 la kommissionen fram ett förslag⁷⁹ till översyn av direktivet om byggnaders energiprestanda för att anpassa det till EU:s mål om en 55-procentig minskning av växthusgasutsläppen och målet att ha blivit en klimatneutral union senast 2050. Därefter har både rådet och parlamentet gett sin syn på kommissionens förslag. I december 2023 nådde medlagstiftarna en preliminär överenskommelse om omarbetningen. Direktivet kommer få stor påverkan på sektorn där bostäder och lokaler ingår, och berör i hög utsträckning en effektiv

⁷⁶ KN2023/04095, Uppdrag att ta fram underlag inför genomförandet av artikel 5 och 6 i det omarbetade direktivet för energieffektivitet.

⁷⁷ SFS: 2014:266.

⁷⁸ EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV 2010/31/EU av den 19 maj 2010 om byggnaders energiprestanda.

⁷⁹ COM (2021) 802 final, Förslag till EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV om byggnaders energiprestanda.

användning av energi, effekt och resurser. Direktivet kommer framför allt få påverkan på den svenska plan- och bygglagen⁸⁰ samt på lag om energideklaration för byggnader⁸¹.

5.2.1 Om kommissionens förslag

I kommissionens förslag fastställs visionen om och verktygen för att uppnå ett byggnadsbestånd med nollutsläpp senast 2050. Genom ändring av syftet tydliggörs att direktivet inte bara ska främja en förbättring av byggnaders energiprestanda, utan även främja en minskning av växthusgasutsläppen från byggnader. Det övergripande syftet är att nå ett byggnadsbestånd med nollutsläpp 2050. För att uppnå detta fokuserar omarbetningen framför allt på energieffektivisering av befintliga byggnader. Nytt i förslaget var att direktivet efter omarbetningen skulle ställa krav på medlemsstaterna att fastställa så kallade minimistandarder för befintliga byggnader, det vill säga i praktiken krav på energieffektivisering av det befintliga byggnadsbeståndet. När förhandlingen nu är i det närmaste avslutad kan det konstateras att kompromissen om att inte ställa specifika krav på renoveringar av enskilda bostäder, som lagstiftarna kom överens om vid förhandling i oktober, står sig. I stället för specifika krav föreslås medlemsländerna förbättra den genomsnittliga energiprestandan över hela bostadsbeståndet. Den nationella renoveringsstrategin föreslås också ersättas av en nationell byggnadsrenoveringsplan, som ska beskriva hur medlemsstaterna arbetar för att nå målet om ett byggnadsbestånd med nollutsläpp 2050.

5.3 Direktiv om ekodesign⁸² och förordning om energimärkning⁸³

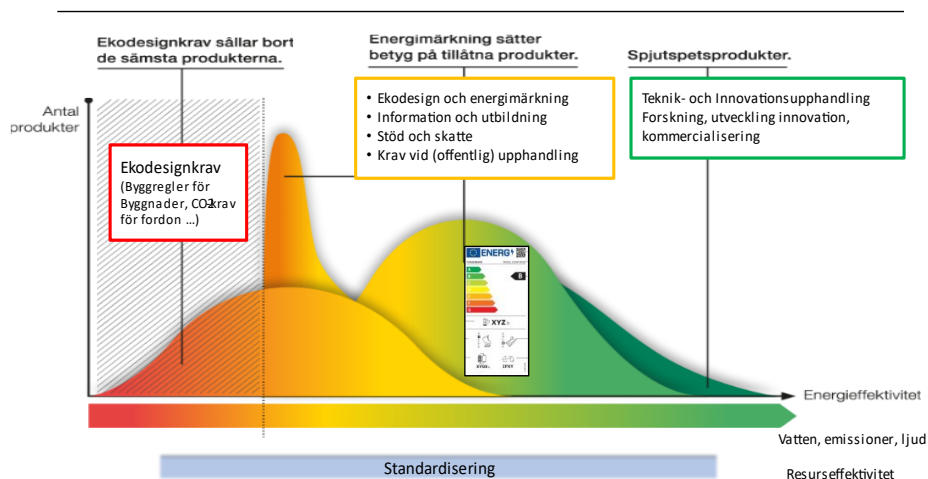
Ekodesign och energimärkning samverkar med forskning, utveckling, innovation och kommersialisering i utvecklingen mot en marknad med bättre och mer energieffektiva produkter. Det är ett gott exempel på en bra styrmedelsmix där ekodesignkrav sällar bort de sämsta produkterna, energimärkning sätter betyg på tillåtna produkter och forskning och innovation hjälper till att driva arbetet framåt. Se Figur 7.

⁸⁰ SFS: 2010:900.

⁸¹ SFS: 2006:985.

⁸² EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV 2009/125/EG av den 21 oktober 2009 om upprättande av en ram för att fastställa krav på ekodesign för energirelaterade produkter.

⁸³ EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS FÖRORDNING (EU) 2017/1369 av den 4 juli 2017 om fastställande av en ram för energimärkning och om upphävande av direktiv 2010/30/EU.



Figur 7. Energimyndighetens arbete med produktpolicy.

5.3.1 Nuvarande direktiv om ekodesign

Direktivet om ekodesign trädde i kraft 2005 och implementerades i Sverige genom lagen om ekodesign⁸⁴ som trädde i kraft 2008. Direktivet omarbetades 2009 och utökades då från att gälla energianvändande produkter till att gälla alla energirelaterade produkter. Syftet med direktivet om ekodesign är att förbättra produkters miljöprestanda under hela livscykeln. Ekodesignkraven har fungerat som ett golv för att förbjuda och ta bort de, ur energiperspektiv, allra sämsta produkterna på marknaden. Kraven har tagits fram genom livscykelanalys.

Tidigare har framför allt produktens energianvändning i användarfasen varit den största anledningen till att en produkt fått ekodesignkrav. Numera blir det allt vanligare att även ta hänsyn till produktens hela livscykel och även sätta krav på teknisk livslängd, återvinning, reparerbarhet, vattenanvändning, utsläpp till miljön, information kring farliga ämnen med mera.

Direktivet om ekodesign har stor påverkan på hur energi och resurser används och har bidragit till stora energibesparingar. EU-kommissionen räknar med att de hittills beslutade ekodesign- och energimärkningskraven (se även 5.3.3) sparade 537 TWh el per år inom EU år 2020. Besparingar från pannor och varmvattenberedare på 653 TWh primärenergi tillkommer, och innefattar el, olja och gas.⁸⁵

⁸⁴ SFS: 2008:12.

⁸⁵ Energimyndigheten (2018).

5.3.2 Förordning om ekodesign för hållbara produkter (ESPR)⁸⁶

Det nya förslaget till förordning om ekodesign för hållbara produkter (som ska ersätta direktivet om ekodesign) utgör ett ramverk för utformning av krav på specifika produktgrupper för att främja en cirkulär användning av resurser längs med hela värdekedjan. Kraven kan avse en rad olika aspekter, exempelvis produktens energiprestanda, återanvändbarhet, toxicitet, koldioxid- och miljövavtryck och andel återvunnet material. Den nya förordningen utgör en utvidgning av det nuvarande direktivet, som enbart reglerar energirelaterade produkter. Förslaget är att förordningen kommer omfatta i princip alla produkter förutom mat, medicin, växter och djur och även innehålla nya typer av krav jämfört med tidigare. Det kommer även ställas informationskrav. Förordningen etablerar det så kallade digitala produktpasset som är tänkt att innehålla information om produkten som är relevant för köpare, tillsynsmyndighet och även aktörer som reparerar, återtillverkar⁸⁷ eller återvinner produkten. Genom ESPR kan även resursanvändningen komma att bli mer effektiv på sikt.

5.3.3 Förordning om energimärkning

Energimärkningen synliggör energianvändningen och underlättar för konsumenter som vill göra energismarta val när de köper nya produkter. Märkningen gör det lätt att jämföra olika modeller och fabrikat och visar även andra viktiga egenskaper som bildstorlek på tv-apparater, volym på kylar och frysar samt kapacitet för tvättmaskiner och diskmaskiner. Energimärkningen är obligatorisk för de produktgrupper som är reglerade och är gemensam för alla EU-länder.⁸⁸ Alla energirelaterade produkter omfattas inte av krav på energimärkning. Förordningen om energimärkning ses inte över i samband med *Fit for 55*.

5.4 EU:s system för handel med utsläppsrätter (EU ETS)⁸⁹

Rådet och Europaparlamentet nådde en preliminär politisk överenskommelse kring EU:s utsläppshandelssystem i december 2022 under det tjeckiska EU-ordförandeskapet. Förslaget antogs sedan av rådet under det svenska EU-ordförandeskapet den 25 april 2023.⁹⁰

5.4.1 EU ETS (industri och kraft- och fjärrvärme)

EU:s system för handel med utsläppsrätter (EU ETS) infördes 2005 med syftet att minska utsläppen av koldioxid och andra växthusgaser på ett kostnadseffektivt sätt. Handelssystemet omfattar framför allt utsläpp från

⁸⁶ COM (2022) 142 final, Förslag till EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS FÖRORDNING om upprättande av en ram för att fastställa krav på ekodesign för hållbara produkter och om upphävande av direktiv 2009/125/EG.

⁸⁷ Komponenter/produkter bearbetas till nyskick med samma eller förbättrad prestanda som nytillverkat, ofta med motsvarande garanti som vid nytillverkning.

⁸⁸ Energimyndigheten (2019).

⁸⁹ EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV (EU) 2023/959 av den 10 maj 2023 om ändring av direktiv 2003/87/EG om ett system för handel med utsläppsrätter för växthusgaser inom unionen och beslut (EU) 2015/1814 om upprättande och användning av en reserv för marknadsstabilitet för unionens utsläppshandelssystem.

⁹⁰ Europeiska rådet (2023c).

energiintensiv industri samt el- och fjärrvärmeproduktion och är ett avgörande styrmedel för att EU ska nå de egna klimatmålen och internationella åtaganden inom Parisavtalet. EU ETS är utformat så att en övre gräns, det så kallade utsläppstaket, sätts för den totala storleken på utsläpp som omfattas av systemet. Utsläppstaket sänks successivt för varje år i syfte att skapa ekonomiska incitament för aktörerna att vidta utsläpps begränsande åtgärder och investera i ny klimatvänlig teknik. Den godkända totala mängden utsläpp allokeras genom utsläppsrätter som antingen kan köpas via ett auktionsförfarande eller tilldelas gratis genom fri tilldelning⁹¹. Fri tilldelning ges främst till industrier som bedöms vara utsatta för internationell konkurrens och där det därmed finns högre risk för så kallat koldioxidläckage⁹². Aktörerna redovisar årligen sina utsläpp och överlämnar utsläppsrätter som motsvarar den mängden.

Omarbetningen av EU ETS kopplar till frågan om effektiv användning av energi eftersom det införs krav på att anläggningar som vill behålla hela andelen av fri tilldelning måste genomföra alla energieffektiviseringsåtgärder (som har en återbetalningstid på mindre än tre år) som identifierats i företagets energikartläggning. Om företaget inte genomför åtgärderna blir de av med 20 procent av sina tilldelade utsläppsrätter. De minst energieffektiva anläggningarna inom varje sektor kommer också att behöva ta fram en omställningsplan mot klimatneutralitet för att inte förlora 20 procent av sina tilldelade utsläppsrätter.

5.4.2 ETS BRT (byggnad och vägtransport)

År 2027 införs ett separat handelssystem för utsläpp från uppvärmning av byggnader och vägtransporter samt vissa mindre industrier som inte omfattas av EU ETS. Länder kan välja att inkludera ytterligare sektorer som inte obligatoriskt är med i ETS BRT eller EU ETS. Det finns också en möjlighet för länder att välja att stå utanför systemet, om man har en koldioxidskatt som innebär högre koldioxidpriser än ETS BRT. De sektorer som omfattas av ETS BRT omfattas även av ansvarsfördelningsförordningen ESR (se avsnitt 5.5).⁹³ ETS BRT har också en koppling till den nya sociala klimatfonden⁹⁴ som införts med syfte att stötta EU:s konsumenter i omställningen, där finansieringen sker via de auktionsintäkter som genereras inom ETS BRT. Fokus är på energieffektiviserande åtgärder.

⁹¹ Varje utsläppsrätt ger i sin tur aktörerna rätt att släppa ut ett ton koldioxid.

⁹² Med koldioxidläckage menas att verksamheter flyttar från länder med ambitiösa mål för utsläppsminskningar till länder med mindre ambitiösa mål för utsläppsminskningar.

⁹³ Naturvårdsverket (2023a).

⁹⁴ EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS FÖRORDNING (EU) 2023/955 av den 10 maj 2023 om inrättande av en social klimatfond och om ändring av förordning (EU) 2021/1060.

5.5 Förordning om ansvarsfördelning (ESR)⁹⁵

Utsläppen utanför EU ETS (i den så kallade icke-handlande sektorn) regleras av den så kallade ansvarsfördelningsförordningen, Effort Sharing Regulation (ESR). ESR reglerar främst utsläppen från vägtransporter, egen uppvärmning av bostäder och lokaler, arbetsmaskiner samt jordbruket.

För att nå 55-procentsmålet ska utsläppen i ESR minska med 40 procent till 2030 jämfört med 2005. Detta mål har fördelats mellan medlemsländerna baserat på ländernas BNP/capita-nivå. Sverige tillsammans med Finland, Danmark, Luxemburg och Tyskland har fått ett beting att minska sina respektive utsläpp med 50 procent till 2030 jämfört med 2005. Bulgarien har EU:s lägsta beting och behöver minska sina utsläpp med tio procent jämfört med 2005 års utsläpp.

Förordningsändringen beslutades formellt under första halvåret 2023.⁹⁶ En effektivare användning kan bidra till att nå målen inom ESR eftersom det är något som kan få reella effekter på utsläppen på kort tid, medan elektrifieringen i stort är något som tar längre tid att realisera.

5.6 Reform av EU:s elmarknad⁹⁷

Mot bakgrund av de kraftigt ökande energipriserna de senaste åren presenterade EU-kommissionen den 14 mars 2023 ett förslag till reformer av EU:s elmarknad. Förslaget omfattar ändringar i flera olika rättsakter, som exempelvis den så kallade elmarknadsförordningen⁹⁸ och elmarknadsdirektivet⁹⁹. Den 14 december 2023 nåddes en preliminär överenskommelse. Syftet med de nya förslagen är att minska de fossila bränslenas påverkan på prissättningen genom att främja investeringar i förnybar och fossilfri elproduktion, införa verktyg som skyddar konsumenterna mot höga priser samt främja flexibilitet på elmarknaden.

Förslaget innehåller ökade krav på att bedöma behovet av flexibilitet, det vill säga elsystemets förmåga att anpassa sig till variationer i elproduktion och användning. EU-länderna kommer med förslaget att kunna ta till åtgärder som ökar flexibiliteten. Det sker genom stödsystem för fossilfri flexibilitet, till exempel energilager. Förslaget innebär också möjligheter att ta till åtgärder för att minska efterfrågan under perioder med hög elanvändning.

⁹⁵ EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS FÖRORDNING (EU) 2023/857 av den 19 april 2023 om ändring av förordning (EU) 2018/842 om medlemsstaternas bindande årliga minskningar av växthusgasutsläpp under perioden 2021–2030 som bidrar till klimatåtgärder för att fullgöra åtagandena enligt Parisavtalet samt om ändring av förordning (EU) 2018/1999.

⁹⁶ Naturvårdsverket (2023b).

⁹⁷ Förslag till EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS FÖRORDNING om ändring av förordningarna (EU) 2019/943 samt direktiven (EU) 2018/2001 och (EU) 2019/944 för att förbättra utformningen av unionens elmarknad.

⁹⁸ EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS FÖRORDNING (EU) 2019/943 av den 5 juni 2019 om den inre marknaden för el.

⁹⁹ EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV (EU) 2019/944 av den 5 juni 2019 om gemensamma regler för den inre marknaden för el och om ändring av direktiv 2012/27/EU.

Det är i nuläget oklart hur de föreslagna förändringarna kommer att påverka en effektiv användning av energi, effekt och resurser men tydligt är att förslaget innebär en större reform av elmarknaden. Marknadens utformning kommer påverkas och är något som är viktigt att ta hänsyn till i samband med att eventuella nya styrmedel eller åtgärder införs.

6 En effektivare användning av energi

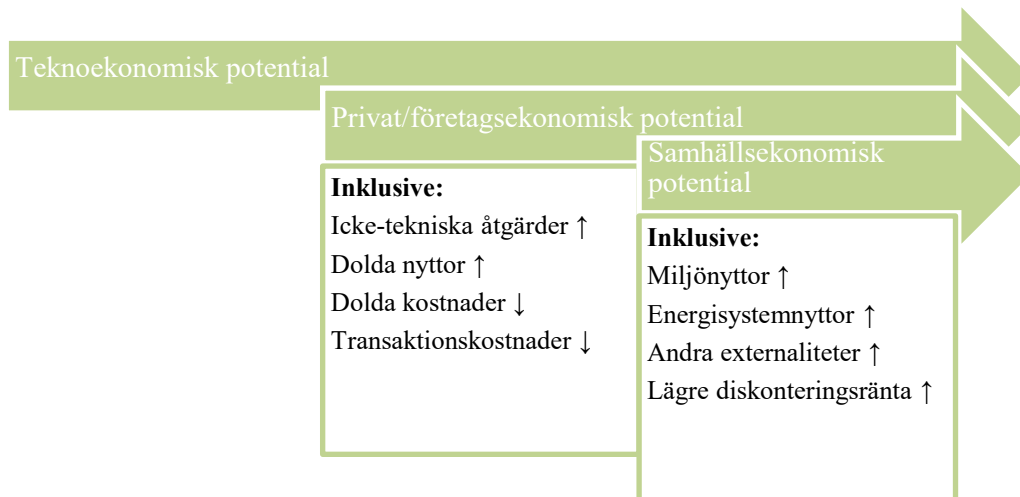
I detta kapitel besvaras den del av uppdraget som handlar om att "identifiera och analysera den samhällsekonomiskt effektiva energieffektiviseringspotentialen i olika sektorer och verksamheter vid olika scenarier med hög elektrifiering i ett kort- och långsiktigt perspektiv". Att identifiera en exakt potential för minskad elanvändning genom energieffektivisering är svårt men utifrån tidigare studier och egna beräkningar görs en bedömning av storleken på den lönsamma potentialen på kort sikt (fram till 2030) baserat på befintlig teknik och redan kända åtgärder. Vidare diskuteras också hur den samhällsekonomiska potentialen skiljer sig från detta och vad det beror på.

Analysen av samhällsekonomisk potential för minskad elanvändning genom energieffektivisering har gjorts i flera steg (se Figur 8):

- 1 I det första steget har en sammanställning av befintliga potentialstudier i olika sektorer gjorts. Dessa är i huvudsak *tekniska potentialer*, det vill säga i de flesta fall undersöks enbart tekniska åtgärder och utan någon uttrycklig hänsyn till om dessa är lönsamma eller ej, även om bedömningar om lönsamhet kan ha påverkat urvalet av åtgärder som ingår i studien.
- 2 I nästa steg har en bedömning av den *teknoekonomiska potentialen* gjorts, där enbart de åtgärder som är lönsamma i en investeringskalkyl tas med (där investeringskostnaden jämförs med nuvärdet av kostnadsbesparingarna under åtgärdens livstid).
- 3 För att omvandla detta till en *privat/företagsekonomisk potential*, behöver hänsyn även tas till dolda nyttor och kostnader, inklusive transaktionskostnader. Dessa syns inte i en investeringskalkyl, men påverkar icke-desto mindre hur lönsam åtgärden upplevs av den som ska genomföra den. Vidare har analysen också vidgats till icke-tekniska åtgärder, såsom förändringar i beteenden.
- 4 För att slutligen komma fram till den *samhällsekonomiska potentialen* har hänsyn tagits till eventuella nyttor och kostnader för åtgärderna som påverkar det omgivande samhället, så kallade externaliteter, såsom påverkan på miljö, hälsa och försörjningstrygghet. Här har också hänsyn tagits till att en samhällsekonomiskt motiverad diskonteringsränta normalt är betydligt lägre än de kalkylräntor som tillämpas av hushåll och företag.

De två första stegen, som delvis skett integrerat beroende på hur underlagen för de olika sektorerna ser ut, har varit möjliga att kvantifiera även om siffrorna är behäftade med osäkerheter. För de två senare stegen

har det inte varit möjligt att kvantifiera potentialerna utan dessa steg beskrivs i huvudsak kvalitativt. Där så är möjligt har ingående faktorer kvantifierats som kan ge en indikation på riktningar och storleksordningar.



Figur 8. Översikt över olika typer av potentialer och en bedömning av hur olika faktorer påverkar potentialen.

6.1 Potentialer i olika tidsperspektiv

Hur stor potentialen för energieffektivisering är beror på tidsperspektivet. Potentialen kan vara en ögonblicksbild över vad som skulle kunna genomföras här och nu, men det kan också vara ett nedslag vid någon senare tidpunkt. I det senare fallet är den relevanta frågan inte hur mycket energianvändningen kan effektiviseras jämfört med idag utan jämfört med den utveckling som bedöms sannolik med nuvarande styrmedel, prisprognoser o.s.v. Potentialer i ett längre perspektiv uttrycks alltså i förhållande till ett referensscenario. Enligt uppdraget ska potentialerna analyseras för scenarier med hög elektrifiering och därför är utgångspunkten i denna analys scenariot *Hög elektrifiering* från Energimyndighetens scenarier över energisystemets utveckling¹⁰⁰.

Tidsperspektivet är inte bara intressant eftersom vissa åtgärder kommer att ske över tid ändå, utan också för att vissa åtgärder bara är lönsamma om de sker vid "rätt" tidpunkt. Det kan till exempel vara lönsamt att tilläggsisolera fasaden om det sker i samband med att fasaden ändå ska renoveras, men däremot inte om det sker som en fristående åtgärd. Det innebär att bara en mindre mängd av den tekniska potentialen för en viss åtgärd är lönsam varje år (motsvarande den andel av beståndet som står inför renovering, utbyte av den aktuella produkten o.s.v.) och att ju fler år som går, desto mer av åtgärden kan rullas ut på ett lönsamt sätt. För andra

¹⁰⁰ Energimyndigheten (2023a).

åtgärder finns det däremot inget behov av att vänta in någon särskild tidpunkt (föranledd av att utbyte, renovering eller andra insatser måste göras) utan åtgärden kan i princip genomföras med en gång överallt där åtgärden är tillämpbar.

Tidsperspektivet är också intressant då det avgör vilka priser som bör användas för att bedöma lönsamheten i en åtgärd. Detta gäller framför allt de energipriser som avgör hur stor den ekonomiska besparingen av en åtgärd är. Denna besparing beror på hur höga energipriser som kan förväntas under hela åtgärdens livslängd. Då olika åtgärder har olika livslängd är det dock praktiskt att anta samma energipriser för samtliga.

Därutöver kan även kostnaden för själva åtgärden förändras över tid. Detta är inte minst relevant för nya tekniker, som typiskt sett sjunker i pris med ökad användning genom så kallade läreffekter. Nya tekniker kan dock också bli dyrare över tid, till exempel om ökad konkurrens om begränsade resurser (till exempel vissa metaller) driver upp priser på ingående material. Varken ökade eller minskade kostnader för åtgärderna är något som beaktas i de underlag som ligger till grund för bedömningarna om teknoekonomisk potential.

Vidgas perspektivet från tekniska åtgärder till energieffektivitet i ett bredare perspektiv, såsom ett mer transporteffektivt samhälle, blir det också uppenbart att vissa anpassningar tar tid. Det tar till exempel tid innan en förändrad fysisk planering får något större genomslag i bebyggelse och infrastruktur. Därmed blir potentialen för denna typ av energieffektivisering större i ett mer långsiktigt perspektiv.

6.2 En teknoekonomisk potential för energieffektivisering

I arbetet med detta uppdrag har underlag tagits fram som beskriver potentialen för energieffektivisering inom de olika sektorerna transport¹⁰¹, bostäder och service¹⁰² samt industri¹⁰³. Eftersom detta uppdrag utgår från en elektrifierad framtid och fokuserar på hur elektrifieringen kan underlättas är det i praktiken potentialen för minskad elanvändning genom energieffektivisering som studerats, även om det kan skilja sig något mellan olika underlag. Till grund ligger en kartläggning av tidigare studier på området som tittat på vilka åtgärder för energieffektivisering som kan genomföras i olika sektorer och hur stor minskning av elanvändningen som är kopplad till dessa. Även underlag från den nedlagda utredningen om vita certifikat¹⁰⁴ har använts. Den tekniska

¹⁰¹ Finns i Energimyndighetens diarium. Dnr 2022-009896, *Elanvändning och eleffektiviseringspotentialen i transportsektorn*.

¹⁰² Finns i Energimyndighetens diarium. Dnr 2022-009896, *Energieffektiviseringspotential i bebyggelsesektorn – underlagsrapport till uppdraget att analysera en effektivare användning av energi, effekt och resurser för att underlätta elektrifieringen*.

¹⁰³ Finns i Energimyndighetens diarium. Dnr 2022-009896, *PM om energieffektiviseringspotentialer i industrin – underlag till utredningen Effektiv användning av energi, effekt och resurser*.

¹⁰⁴ Utredningen om vita certifikat (2022).

och/eller teknoekonomiska potentialen i olika sektorer och verksamheter på kort sikt (fram till 2030) respektive på lång sikt (fram till 2050) har sammanställts i den mån det har varit möjligt. Det finns många osäkerheter som gör det svårt, om inte omöjligt, att fastställa en teknoekonomisk potential för energieffektivisering. Tidigare studier skiljer sig åt i utformning, metod, kvalitet och vilka åtgärder som räknas med och är därför inte alltid jämförbara med varandra.

6.2.1 *Potentialbedömningar är en förenkling av verkligheten*

Även om dataunderlaget skulle förbättras kommer potentialbedömningar alltid vara en förenkling av verkligheten, olika typer av felkällor och omätbara faktorer kan innebära att en potential kan vara såväl lägre som högre än uppskattat. Det kan därför vara mer relevant att prata om ett effektiviseringsspann eller en indikativ effektiviseringspotential. Effektiviseringspotentialer måste ses som ett rörligt mål. Föränderliga faktorer som exempelvis prisutveckling på energi, räntor, kunskap, risk, leveranssäkerhet och teknikutveckling påverkar ständigt förutsättningarna och gör det också mindre relevant att kvantifiera potentialerna då de riskerar att snabbt bli inaktuella.

6.2.2 *Typ av potential varierar i studierna*

Vilken typ av potential det är som sammanställts i tidigare studier varierar. Ibland tas hänsyn till olika energieffektiviseringsåtgärders lönsamhet, ibland inte. De potentialbedömningar som redovisas i underlagen begränsas också i huvudsak till tekniska åtgärder, typiskt sett investeringar i någon typ av utrustning, apparat, fordon o.s.v. som använder mindre energi än alternativet (oavsett om alternativet är att välja en mindre energieffektiv produkt eller att inte göra något alls). Undantaget är underlaget för transportsektorn, som även redovisar potentialer för ett mer transporteffektivt samhälle som byggs upp på ett sätt som kräver färre och mindre energikrävande transporter.

Eftersom underlagen skiljer sig åt i fråga om hur de förhåller sig till lönsamhet, försvårar det också bedömningen av vad som är en teknoekonomiskt lönsam potential. I resten av detta avsnitt görs en sammanställning över den potential för minskad elanvändning som tidigare studier kunnat visa och genom att komplettera med vissa ytterligare källor identifieras en indikativ teknoekonomisk potential för respektive användarsektor.

6.2.3 Bostäder och servicesektorn

Potential för energieffektivisering 2030: Bostäder och service

- Beräknad teknoekonomisk (lönsam) potential: ~15 TWh el

I underlaget för bostäder och service¹⁰⁵ presenteras potentialen för energieffektivisering av både värme och el. I flertalet tidigare studier separeras inte minskningen av elanvändningen från minskningen av annan energianvändning. Utifrån tidigare studier bedöms potentialen för energieffektivisering ligga mellan 15 och 41 terawattimmar (TWh)¹⁰⁶ på kort sikt (fram till 2030). Störst är potentialen för småhus (6–18 TWh energi), följt av flerbostadshus (5–12 TWh energi) och sedan övriga lokaler (4–11 TWh energi). I flerbostadshus domineras uppvärmningen av fjärrvärme, vilket innebär att potentialen för att minska elanvändningen genom energieffektivisering är liten (se 1.3.2 för en diskussion om energieffektivisering i fjärrvärmeområden). För lokaler finns mycket bristfälliga data om potential för energieffektivisering och enbart vissa typer av lokaler inkluderas (framför allt kontor och skolor). Ett fåtal studier indikerar att det även finns en potential i vissa andra lokaler som ishallar, storkök och simhallar men det är svårt att kvantifiera och fler studier på området behövs.

I underlaget för sektorn bostäder och service¹⁰⁷ görs även en beräkning av en teknoekonomisk potential för sektorn. Det finns ett antal begränsningar och osäkerheter som kan tala för att potentialen är såväl större som mindre. Inte minst begränsningar i den mängd åtgärder som undersökts och risk för dubbelräkning när flera åtgärder interagerar. Utifrån den metod och det verktyg som används är Energimyndighetens bästa bedömning runt cirka 15 TWh minskad elanvändning till 2030, där småhus står för den dominerande delen. Den tekniska potentialen¹⁰⁸ bedöms öka till 2050, så om inte lönsamheten i åtgärderna förändras kan även den teknoekonomiskt lönsamma potentialen väntas öka i ett längre perspektiv. Det är däremot svårt att uttala sig om en potential så pass långt fram i tiden. I Energimyndighetens scenarier över energisystemets utveckling¹⁰⁹ antas också exempelvis att uppvärmning genom direktverkande el är utfasat vid den tidpunkten och att värmepumpar används i allt större utsträckning, vilket kan leda till att åtgärder för att

¹⁰⁵ Finns i Energimyndighetens diarium. Dnr 2022–009896, *Energieffektiviseringspotential i bebyggelsesektorn – underlagsrapport till uppdraget att analysera en effektivare användning av energi, effekt och resurser för att underlätta elektrifieringen*.

¹⁰⁶ Om ett förenklat antagande görs och potentialen justeras utifrån den procentandel som motsvarar elanvändningen i sektorn 2030 utifrån Energimyndighetens högelektrifieringsscenario i Energimyndigheten (2023a) är spannet någonstans runt 7–21 TWh el.

¹⁰⁷ Finns i Energimyndighetens diarium. Dnr 2022–009896, *Energieffektiviseringspotential i bebyggelsesektorn – underlagsrapport till uppdraget att analysera en effektivare användning av energi, effekt och resurser för att underlätta elektrifieringen*.

¹⁰⁸ Det vill säga identifierade åtgärder som är tekniskt möjliga, oavsett om de är lönsamma eller ej. Denna potential ska dock inte förstås som en maximal teknisk potential då lönsamheten ändå indirekt påverkat vilka åtgärder som överhuvudtaget undersökts.

¹⁰⁹ Energimyndigheten (2023a).

energieffektivisera får mindre genomslag på elanvändningen i sektorn (se bilagan för mer resonemang om energieffektivisering i relation till framtidsscenarioer).

6.2.4 Industrisektorn

Potential för energieffektivisering 2030: Industri

- Beräknad teknoekonomisk (lönsam) potential: ~5 TWh el

För industrisektorn har en genomgång av kunskapsläget kring energieffektiviseringspotentialer gjorts¹¹⁰. Vid denna genomgång konstaterades att det saknas heltäckande och aktuella data om energieffektiviseringspotentialer i industrin. Kunskapen om industrins energianvändning på detaljnivå är låg. På övergripande nivå finns data som beskriver industrins energianvändning men på enhets- och processnivå inom olika industribranscher finns ingen eller bristfälliga data om energianvändning och potentialer för energieffektivisering.

I underlaget¹¹¹ presenteras därför ingen teknoekonomisk potential, men däremot redovisas bedömningar för olika typer av potentialer som gjorts tidigare. Generellt brukar tidigare studier peka på en teknoekonomisk potential på i storleksordningen 10–25 procents effektivisering i ett kortsiktigt perspektiv, vilket utifrån dagens elanvändning i sektorn på knappt 45 TWh (2022) motsvarar någonstans 5–11 TWh. Den undre delen av spannet ligger väl i linje med bedömningar som gjorts av Fossilfritt Sverige¹¹² (5 TWh el till 2030) och den ligger också nära den nedlagda utredningen om vita certifikats¹¹³ beräkning av potential i sektorn som redovisar en teknoekonomisk potential till 2030 på drygt 4 TWh¹¹⁴. En teknoekonomisk potential på runt 5 TWh förefaller därför inte orimlig i det korta perspektivet även om det, precis som framgår av underlagen, finns kunskapsbrister som försvårar bedömningen.

Som jämförelse presenteras i underlaget resultaten från två studier publicerade i relativ närtid som undersöker en nationell effektiviseringspotential för industrisektorerna träindustri¹¹⁵ respektive aluminiumindustri¹¹⁶. Studierna anger en sammanlagd potential inom de två sektorerna på cirka 0,5 TWh el och 1 TWh värme. Detta motsvarar en

¹¹⁰ Finns i Energimyndighetens diarium. Dnr 2022-009896, *PM om energieffektiviseringspotentialer i industrin – underlag till utredningen Effektiv användning av energi, effekt och resurser*.

¹¹¹ Ibid.

¹¹² Fossilfritt Sverige (2023a).

¹¹³ Utredningen om vita certifikat (2022).

¹¹⁴ Denna potential avser såväl el som fjärrvärme, men av de redovisade åtgärderna framgår att så gott som hela potentialen avser el.

¹¹⁵ Johnsson et al. (2019).

¹¹⁶ Haraldsson et al. (2021).

energieffektiviseringspotential på runt 13 procent respektive 9 procent av den slutgiltiga energianvändningen i respektive sektor.

Utvecklingen för industrin på längre sikt är svårbedömd då den står inför en stor omvandling, både genom att befintliga processer ersätts med nya och genom att helt nya verksamheter etableras. Detta skapar nya förutsättningar för delar av sektorn vilket gör det svårt att bedöma framtida energieffektiviseringspotentialer baserat på historiska data och erfarenheter. Bedömningar om energieffektiviseringspotentialer som baseras på kontinuerliga förbättringar av relativt stabila verksamheter är inte självklart översättbara till helt nya verksamheter. Å ena sidan kan de nya anläggningarna och installationerna tänkas vara mer energieffektiva än befintliga anläggningar som byggts med teknik som hunnit bli föråldrad, men å andra sidan innebär ny teknik som ännu inte hunnit förfinas under lång tids användning ofta att det tids nog uppdagas möjliga effektiviseringar. Det är alltså svårt att säga så mycket om hur energieffektiviseringspotentialen kommer att utvecklas på längre sikt, men med tanke på den förväntade ökningen av industrins elanvändning som förutspås är det svårt att se annat än att potentialen i absoluta tal kommer att öka framöver.

För att kunna ta fram väl underbyggda potentialberäkningar i industrisektorn skulle ett omfattande arbete behöva göras för att kartlägga energianvändningen på bransch- och processnivå. Det skulle även vara användbart med en vedertagen klassificering. Att genomföra en fördjupad kartläggning för att förbättra kunskapen om industrins energianvändning och identifiera potentialer riskerar dock att bli kostsamt. Utifrån den uppskattade resursåtgången för att förbättra kunskapsunderlaget är det särskilt viktigt att fundera på vad målet är med att öka kunskapen om potentialen för energieffektivisering inom industrin. Vad är nödvändigt att veta och varför? Det är inte nödvändigtvis en hög detaljeringsgrad som i dagsläget är det som ska prioriteras. Det kan vara mer effektivt att lägga resurser på att få mer effektivisering att realiseras idag.

6.2.5 **Transportsektorn**

Potential för energieffektivisering 2030: Transport

- Beräknad teknoekonomisk (lönsam) potential: ~1 TWh el

Underlaget för transportsektorn¹¹⁷ utgår från ett samhälle med hög elektrifiering vilket innebär att transportsektorn till stor del antas vara elektrifierad 2050. Det är i sig en energieffektivisering och det är där en stor del av potentialen för energieffektivisering i transportsektorn ligger. Fokus i denna rapport är att titta på potentialen att minska elanvändningen

¹¹⁷ Finns i Energimyndighetens diarium. Dnr 2022-009896, *Elanvändning och eleffektiviseringspotentialen i transportsektorn*.

genom energieffektivisering dels genom potentialer för ett mer transporteffektivt samhälle¹¹⁸, dels genom att titta på potentialen för mer effektiva elfordon.

Potentialen för effektivare fordon är en typ av teknisk potential utan hänsyn till lönsamhet, men det framgår av underlaget att de högsta effektiviseringsnivåerna för tunga ellastbilar i vissa fall förutsätter dyra och ibland svårmotiverade åtgärder. Detta är inte förvånande då lastbilsköpare är professionella aktörer med intresse av att hålla nere körkostnaderna så länge detta är möjligt utan att högre kapitalkostnader för mer energieffektiva fordon överväger. Generellt är förväntningen alltså att lönsamma åtgärder i högre grad vidtas inom tunga transporter än inom personbilar.

Personbilar köps i större utsträckning av privatpersoner som kan antas vara mer utsatta för begränsad rationalitet (läs mer i 8.1.1). Detta gäller både då de inte har samma förutsättningar som en professionell organisation för att göra korrekta kalkyler och då de i högre grad kan antas påverkas av sådant som normer, status och liknande som kan leda till att mindre energieffektiva fordon väljs trots att det skulle gå att tillgodose transportbehovet till lägre total kostnad genom att välja ett annat fordon. Här väntas alltså en större del av den tekniska potentialen kunna betraktas som teknoekonomiskt lönsam. Eftersom personbilar helt dominerar potentialen för minskad elanvändning genom effektivare fordon, som enligt underlaget ligger på drygt 1 TWh till 2030, är det inte orimligt att åtminstone betrakta en potential om 1 TWh som teknoekonomiskt lönsam.

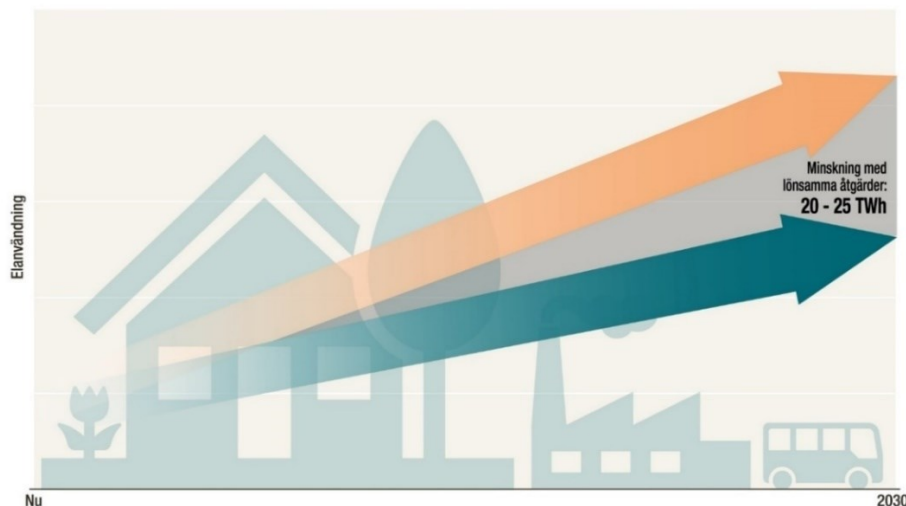
För ett transporteffektivt samhälle är det svårare att bedöma den lönsamma potentialen, eftersom denna typ av omställning i ännu högre grad än förändrad fordonsutformning kan tänkas påverka människors nytta. Begreppet teknoekonomisk potential är inte heller relevant då det normalt inte handlar om en teknisk åtgärd där en aktör gör en investering som sedan betalar sig i lägre energikostnader. Det kan i stället handla om sådant som förändrad samhällsplanering, förändrade vanor och normer och annat som minskar energianvändningen men där kostnaden bara i vissa fall (som till exempel för nya cykelbanor) består av en fysisk investering medan den i andra fall handlar om den ökning eller minskning av nyttan som uppstår genom att göra saker på ett annat sätt än tidigare.

¹¹⁸ Ett transporteffektivt samhälle definieras här som ”ett samhälle där trafikarbetet med energiintensiva trafikslag som personbil, lastbil och flyg minskar. Detta kan ske både genom överflyttning till mer energieffektiva färdmedel/trafikslag och genom att transporter effektiviseras, kortas eller ersätts helt. Effektivisering av transporter kan ske genom exempelvis ökad fyllnads/beläggingsgrad i gods- och personfordon. Transporter kan kortas genom exempelvis en mer tät och funktionsblandad bebyggelse. Ersättning av transporter kan ske via bland annat resfria möten eller förändrade arbetssätt och konsumtionsval.”

För att identifiera i vilken mån potentialen för transportsektorn är lönsam till 2030 är dessa resonemang inte avgörande. Anledningen till det är att den identifierade potentialen för transporteffektivt samhälle, liksom för effektivare fordon, hur som helst är relativt liten jämfört med andra sektorer. Det handlar om drygt 2 TWh i minskad elanvändning 2030 om man slår samman potentialen för effektivare fordon med potentialen för transporteffektivt samhälle. Det beror helt enkelt på att elektrifieringen av fordonssektorn inte hunnit så långt till 2030 att besparingarna får särskilt stort genomslag. Den stora potentialen för energieffektivisering i transportsektorn fram till 2030 ligger i själva elektrifieringen i sig. Genomslaget väntas däremot öka kraftigt i ett längre perspektiv i takt med att besparingarna av minskad energianvändning i högre grad faller ut i el i stället för flytande och gasformiga drivmedel.

Det är också värt att notera att flaskhalsarna för en snabb och kraftfull elektrifiering av transportsektorn inte bara handlar om tillgången på el utan i hög grad om andra resurser som till exempel batterimetaller. Ett samhälle med färre, mindre och lättare fordon minskar trycket på sådana resurser, både på grund av att färre batterier och motorer behövs totalt sett och då mer energieffektiva fordon inte kräver lika stora batterier och motorer.

6.2.6 En samlad bedömning om teknoekonomisk potential



Figur 9. Bedömning om teknoekonomiskt lönsam potential fram till 2030.

När de beskrivna uträkningarna av teknoekonomisk potential för de olika sektorerna läggs ihop, och med hänsyn taget till osäkerheter, landar bedömningen på en teknoekonomisk potential för minskad elanvändning genom energieffektivisering i storleksordningen 20–25 TWh till 2030, där sektorn bostäder och service dominerar. Se Figur 9. I ett längre perspektiv

väntas dock potentialen för minskad elanvändning öka. I synnerhet i industri- och transportsektorerna i takt med att el får en större roll i dessa sektors energianvändning. Dessa siffror är dock behäftade med stora osäkerheter och ska därför tolkas med försiktighet. Den faktiska potentialen kan vara såväl större som mindre.

6.3 Från teknoekonomisk till privat- och företagsekonomisk lönsamhet

Teknoekonomiska potentialbedömningar visar energieffektivisering som består av någon typ av investering, oavsett om att det handlar om att välja en mer energieffektiv variant av en produkt som ändå skulle bytas/köpas eller om att köpa en ny produkt av rena energibesparingsskäl. Däremot omfattar de inte energieffektivisering som handlar om att göra saker på ett smartare sätt; som individ, företag eller samhälle¹¹⁹. Här är det lätt att tänka på energisparvanor i hemmet, men frågan är också aktuell i mer energiintensiva verksamheter, där frågan om *hur* tekniken används kan vara nog så relevant som *vilken* teknik som används.

6.3.1 Göra saker på ett smartare sätt

Internationella studier¹²⁰ pekar mot att beteendeåtgärder, det vill säga att göra saker annorlunda och smartare ur ett energiperspektiv (både hemma, på jobbet och i samhället i stort) kan spara 10–25 procent av energianvändningen i bostäder och 5–30 procent i lokaler. På en högre systemnivå påverkas också den mängd energi som krävs för att uppnå en viss nytta av hur samhället byggs, i termer av till exempel bebyggelse eller transportinfrastruktur. Det innebär att potentialberäkningar som enbart omfattar tekniska åtgärder, och dessutom enbart tekniker som är redan är kända och kartlagda, riskerar att missa många tänkbara åtgärder vars lönsamhet inte ens blir bedömd.

En privat- eller företagsekonomisk potential utgår däremot från vad som är lönsamt för den enskilde, antingen hushåll eller företag, oavsett om det handlar om att köpa någon typ av produkt eller att ändra något i beteende eller rutiner. I det senare fallet är det inte relevant att tala om en investeringskalkyl, eftersom eventuella kostnader för åtgärden inte består i att köpa något och en kalkyl därmed bara skulle visa på kostnadsbesparingar.

¹¹⁹ Här behövs dock poängteras att det också finns potentialberäkningar som har med vissa typer av beteendeåtgärder. För industrisektorn har bland annat siffror använts som baseras på det tidigare program för energieffektivisering (PFE), där Paramonova, Thollander & Ottosson (2015) visat att enbart 61 procent av de rapporterade energibesparingarna kom från ny teknik. Bortsett från ett mindre antal okategoriserade besparingar kom resten från olika typer av vad författarna kallar "energy management", vilket innefattar justeringar av befintlig teknik, kontrollsystem och beteendeförändringar. Beteendeförändringar, såsom rutiner för avstängning av utrustning, kontroll av läckage o.s.v., stod för den absoluta merparten av besparingarna från "energy management". Då PFE endast omfattade åtgärder som var företagsekonomiskt lönsamma understryker det att potentialer som inte beaktar beteendeåtgärder riskerar att missa en inte obetydlig mängd potentiellt lönsamma åtgärder.

¹²⁰ Zhang et al. (2018).

6.3.2 Dolda kostnader och nyttor

Både produkter och beteenden kan ha så kallade *dolda kostnader och nyttor*, där ”dolda” är synonymt med att de inte syns i en investeringskalkyl. Dessa kan bestå i att den mer energieffektiva produkten upplevs som bättre eller sämre ur något annat perspektiv än energianvändningen, eller att en åtgärd utöver energianvändningen kan påverka sådant som inomhusmiljö (mindre drag, mer fukt, bättre ljusmiljö o.s.v.), produktivitet (kopplat till arbetsmiljön, användandet av utrustningen m.m.) eller kvaliteten på det produkten används till. Denna påverkan kan vara såväl positiv som negativ beroende på omständigheterna i det enskilda fallet.

Kontextberoendet gör det svårt att dra några slutsatser om i vilken mån nyttorna eller kostnaderna överväger, men några nedslag kan göras från litteraturen:

- Inom industrin pekar studier på att dolda kostnader är betydligt mindre viktiga än transaktionskostnader (se avsnitt 6.3.3) och överskuggas av dolda nyttor¹²¹. Dessa ytterligare nyttor, som till exempel kan handla om lägre kostnader för drift och underhåll, högre produktkvalitet och ökad produktivitet genom bättre arbetsmiljö, tycks ligga på i storleksordningen 40–50 procent av nyttan med själva energibesparingen (eller ännu mer i vissa fall)¹²². För vissa typer av åtgärder kan emellertid initiala kostnader i form av produktionsstörningar vid installation av den nya tekniken vara ett reellt hinder¹²³.
- I fråga om energieffektivare fordon tycks det inte finnas något stöd för att energieffektivare fordon i allmänhet skulle vara förknippade med dolda kostnader¹²⁴.
- I byggnader kan inomhusmiljön påverkas både positivt och negativt beroende på vad det är för åtgärd som genomförs. Till exempel ger bättre isolerade byggnader normalt ökad komfort för de som vistas i byggnaden, men insatser som inte genomförs genomtänkt kan försämra ventilationen och därmed inomhusmiljön. I internationella studier tenderar energieffektivisering i byggnader sammantaget att ge betydande nyttor i termer av hälsa och välbefinnande, i synnerhet hos sårbara grupper¹²⁵. Även utifrån svenska förhållanden, med en jämförelsevis hög boendestandard i de flesta grupper, finns studier som pekar på att energieffektiviseringsåtgärder i högre grad förbättrar än försämrar inomhusmiljön, förutsatt att de genomförs på ett korrekt sätt¹²⁶.

¹²¹ Sorrell, O'Malley, Schleich & Scott (2004).

¹²² International Energy Agency (2014).

¹²³ Sorrell, O'Malley, Schleich & Scott (2004).

¹²⁴ Helfand et al. (2016), Huang et al. (2018).

¹²⁵ Se till exempel International Energy Agency (2014).

¹²⁶ Pädam et al. (2016).

Bedömningen av dolda nyttor och kostnader (i synnerhet den typ av kostnader som uttrycker minskade nyttor) är inte alltid enkel. I vissa sammanhang kan nyttan mätas i antal lumen, antal grader o.s.v., så att frågan bara blir vilken apparat som kan leverera dessa lumen och grader med minst energi. Detta förutsätter dock att den ursprungliga dimensioneringen var optimal i förhållande till nyttan, så att belysningen exempelvis inte var för stark eller temperaturen för hög. Här finns otaliga exempel från såväl byggnader som industri på hur energianvändningen kunnat minskas med bibehållen eller rentav ökad nytta genom bättre dimensionering och styrning av ventilation, belysning, pumpar, motorer och så vidare.

”Dimensioneringsfrågan” blir mer komplex i fråga om förändrade beteenden och samhällsstrukturer. Om en bil utan förändringar i övrigt kan göras mer energisnål, det vill säga färre kilowattimmar per kilometer, finns det ingen anledning att tro att nyttan för föraren minskar. Men vad händer om samhället görs mer transportsnålt, det vill säga färre kilometer per person? Om det beror på att människor som saknar alternativ till bil helt enkelt tvingas avstå från resor för att de inte har råd påverkas rimligen nyttan negativt. Om det däremot beror på en samhällsomställning som minskar behovet av bilkilometrar genom exempelvis distansarbete, samhällsplanering som ger kortare avstånd eller bättre förutsättningar för cykel och kollektivtrafik på fler platser är det inte säkert att nyttan påverkas negativt. Mindre tid i bilköer kan rentav ses som något positivt.

Detta visar att hur nyttan påverkas av en åtgärd inte är statistiskt, utan beror på vad som sker runtomkring. Detta utvecklas i avsnitt 8.1.2, som beskriver hur nyttan kan minska för den som går före i en omställning, men att omställningen i slutändan ändå kan resultera i en högre sammanlagd nytta för samhället.

För att komplicera saken ytterligare kan det nationalekonomiska standardantagandet om stabila preferenser behöva problematiseras, då preferenser kan förändras genom policyförändringar. Policybedömningar som utgår från givna preferenser innebär en alltför begränsad syn på välbefinnande eftersom de bortser från att ändrade preferenser kan vara en väsentlig del av en samhällsomvandling.¹²⁷

För att trots föränderliga preferenser ändå kunna bedöma olika åtgärders konsekvenser på människors välbefinnande är ett alternativ att utgå från åtgärdernas konsekvenser för sådant som i forskning visat sig hänga samman med människors upplevda välbefinnande. Detta görs exempelvis i en studie av klimatåtgärder på efterfrågesidan, vilka i stor omfattning

¹²⁷ Creutzig, F., Niamir, L., Bai, X. et al. (2022).

överlappar med åtgärder för effektivare energianvändning¹²⁸. De undersökta åtgärderna klassificeras antingen som *förbättringar* (av effektiviteten i befintlig teknik), *undvikande* (av onödig konsumtion, till exempel genom energisparande beteenden) och *byten* (till andra tekniker och system, till exempel från bil till kollektivtrafik). Dessa bedöms utifrån sin påverkan på 18 välbefinnandekomponenter samt ytterligare en kategori som speglar påverkan på tillförselsidan/befintliga verksamheter. I den senare kategorin ses påtagliga risker för negativ påverkan medan samhället ställer om, men för den direkta påverkan ses övervägande positiva konsekvenser. Sammantaget är det 19 gånger vanligare med positiv påverkan än med negativ. Intressant att notera är att även åtgärder i klasserna *undvikande* och *byten*, som skulle kunna ses som en större uppoffring, faller väl ut i bedömningarna med betydligt fler positiva än negativa konsekvenser.

Slutligen innebär de kognitiva snedvridningar som beskrivs i 8.1.1 att våra nuvarande val inte nödvändigtvis är optimerade på så sätt att alla andra tänkbara val hade minskat vår nytta. Mer energieffektiva val än de som görs idag kan alltså mycket väl vara förenliga med bibehållen eller rentav ökad nytta.

6.3.3 Transaktionskostnader

Förutom nyttor och kostnader för själva åtgärden kan det också uppstå kostnader för att åtgärden ska komma till stånd. Sådana så kallade *transaktionskostnader* kan till exempel röra sig om kostnader för att söka information om vad som vore en lämplig åtgärd, inklusive val av fabrikat, modell, eventuell installatör och så vidare, samt att komma överens om pris och andra villkor för affären. Det kan också handla om kostnader för att samordna och komma överens mellan verksamheter (inom eller mellan organisationer) så att resurser kan samnyttjas eller överskottsenergi från ett ställe kan komma till nytta någon annanstans. Hur stora transaktionskostnaderna blir beror på hur transaktionerna organiseras. Precis som företag kan välja att organisera sig och sina förehavanden på ett sätt som minimerar transaktionskostnader, till exempel i valet mellan att göra något själv eller köpa in utifrån, kan samhället utforma styrmedel som minskar transaktionskostnader.

Erfarenheter från länder med kvotplikt för energieffektivisering (jämför 9.1.4) visar att de kvotpliktigas transaktionskostnader ligger på runt två till fyra öre per sparad kilowattimme (kWh), det vill säga en relativt låg kostnad i förhållande till elpriset¹²⁹. Med reservation för att energianvändaren kan ha vissa transaktionskostnader därutöver behöver

¹²⁸ Ibid. Åtgärder som inte överlappar är bland annat mer växtbaserad mat (som visserligen också påverkar energianvändningen men inte minst minskar utsläpp från djur och markanvändning) och ökad mikroproduktion av förnybar el (som strikt talat är en tillförselåtgärd även om den minskar fastighetens efterfrågan på externt tillförd el). Att exkludera dessa skulle dock inte märkbart påverka slutsatserna.

¹²⁹ Utredningen om vita certifikat (2022).

förekomsten av transaktionskostnader alltså inte skapa en stor skillnad mellan teknoekonomisk och privat/företagsekonomisk potential. Däremot skulle transaktionskostnaderna mycket väl kunna vara mer påtagliga utan styrmedel som syftar till att sänka dem, men för det saknas data.

6.3.4 Sammantaget om skillnader mellan privat/företagsekonomisk- och teknoekonomisk potential

Sammanfattningsvis finns det alltså både faktorer som drar upp och ner den privat/företagsekonomiska potentialen jämfört med den teknoekonomiska. Det är svårt att uttala sig kategoriskt eftersom dessa faktorer är kontextberoende och därmed svåra att studera på ett övergripande plan, men om något tycks dolda nyttor kunna vara större än dolda kostnader även om det beror på åtgärden i fråga. I kombination med att den privat/företagsekonomiska potentialen också omfattar icke-tekniska åtgärder, och potentialen för dessa kan vara betydande i synnerhet i ett samhälle som ställer om gemensamt, är Energimyndighetens bedömning att den privat/företagsekonomiska potentialen överstiger den teknoekonomiska.

6.4 Från privat- och företagsekonomisk till samhällsekonomisk lönsamhet

Den *samhällsekonomiska potentialen* visar vad som är lönsamt för samhället. Den kan skilja sig från den privat/företagsekonomiska potentialen av ett antal anledningar:

- Kundens kostnad för energin speglar inte alltid hela energins kostnader för samhället, till exempel i form av miljöpåverkan.
- Energieffektivisering kan medföra vissa kollektiva energisystemnyttor, till exempel i form av en tryggare energiförsörjning i systemet som helhet.
- Vissa energieffektiviseringsåtgärder kan ha andra nyttor eller kostnader (utöver själva energibesparingen) som påverkar andra än den som vidtar åtgärden.
- För kostnader och nyttor som infaller vid olika tidpunkter kan individer och företag tillämpa högre kalkylräntor än vad som är samhällsekonomiskt motiverat.

I följande avsnitt diskuteras dessa en i taget.

6.4.1 Samhällskostnader för elens miljöpåverkan

Som går att se i kapitel 10 ger elproduktion, även fossilfri sådan, i varierande grad upphov till negativ miljöpåverkan. Samhällets kostnader för denna miljöpåverkan kan i högre eller lägre grad vara inbakade (internaliserade) i priset på el genom styrmedel som sätter ett pris på miljöpåverkan. För att styra mot mer miljövänliga sätt att producera el bör prissättningen om möjligt ske i produktionsledet, såsom genom EU:s utsläppshandel ETS (se avsnitt 5.4) som sätter ett pris på

växthusgasutsläpp. För frågan om den enskildes kostnader för sin elanvändning motsvarar samhällets kostnader för densamma är emellertid även skatter i konsumtionsledet, såsom energiskatten på el, av intresse.

Hur kostnaderna för miljöpåverkan ska beräknas är ingen lätt fråga, då det kan vara svårt nog att förstå miljökonsekvenserna i fysiska termer och än svårare när dessa ska värderas i monetära termer. Den miljökostnad som bör vara mest välstuderad är den för växthusgasutsläpp, där estimaten över tid har blivit allt högre och nästan överallt överstiger faktiska utsläppspriser¹³⁰. Då elproduktionens klimatpåverkan har en prissättning genom EU ETS, och då den svenska elproduktionsmixen domineras av fossilfria kraftslag med andra typer av miljökonsekvenser, görs här ingen fördjupning i om prissättningen i EU ETS motsvarar samhällets kostnader för växthusgasutsläpp. I stället är fokus på de fossilfria kraftslagens miljökostnader, som enbart prissätts genom energiskatten på el¹³¹.

Normalskattesatsen på el 2023 är 39,2 öre/kWh, men som framgår av 9.1.3 betalar industrin och vissa andra konkurrensutsatta verksamheter enbart 0,6 öre/kWh och i vissa fall inget alls. Utanför dessa verksamheter finns en särskild nedsättning med 9,6 öre/kWh för hushåll och företag i vissa delar av norra och mellersta Sverige¹³².

Vilka är då de miljökostnader som elskatten ska jämföras mot? Jämfört med fossila bränslens klimatpåverkan (där varje enhet kol, olja, gas ger upphov till samma mängd koldioxid vid förbränningen oavsett var och hur förbränningen sker) är fossilfria kraftslags miljöpåverkan i högsta grad kontextberoende. Kärnkraftens strålsäkerhetsrisker beror bland annat på vilka säkerhetsmått som vidtas i hela kedjan från uranbrytning till avfallshantering och hur många som riskerar att exponeras om en olycka ändå sker. Vindkraftens miljöpåverkan beror bland annat på var verken placeras och hur stora de är. Biobränslens miljöpåverkan beror på vad för typ av biomassa som används och hur den, eller marken där den vuxit, annars hade använts och så vidare.

Det innebär att internationella uppskattningar av olika kraftslags externa kostnader inte nödvändigtvis är helt överförbara till svenska förhållanden. Det innebär också att uppskattningar av genomsnittliga kostnader kan ge en missvisande bild av vad som händer på marginalen, det vill säga när elanvändningen ökar eller minskar med en kWh. Det senare är inte minst relevant i den kraftiga expansion som det svenska elsystemet står inför. När de resurser som är billigast och ger minst målkonflikter redan är

¹³⁰ Tol, R.S.J. (2023).

¹³¹ Energiskatten har historiskt sett varit fiskal men har gradvis fått en alltmer resursstyrande karaktär (Prop. 2009/10:41, *Vissa punktskattefrågor med anledning av budgetpropositionen för 2010*).

¹³² Samtliga kommuner i Norrbottens-, Västerbottens- och Jämtlands län. Västernorrlands län: Sollefteå, Ånge, Örnsköldsvik. Gävleborgs län: Ljusdal. Dalarnas län: Malung-Sälén, Mora, Orsa, Älvdalen. Värmlands län: Torsby.

uttömnda blir nästa kWh dyrare och mer problematisk. När bra vindlägen med få störningar är ianspråktaga kommer ytterligare utbyggnad behöva hamna antingen i sämre vindlägen – vilket ger fler verk och därmed större miljöpåverkan per levererad kWh – eller i områden med större konflikter med exempelvis rennäring, naturvård eller närboende. När samhällets biobaserade restströmmar redan används som material eller energi kommer ytterligare efterfrågan på biomassa att behöva mötas med nyutvunna råvaror. Det innebär att samhällskostnaderna på marginalen sannolikt är högre än de genomsnittliga samhällskostnaderna, både för elproduktionsmixen som helhet och för respektive kraftslag.

Med dessa reservationer kan ändå internationella studier över genomsnittliga externa kostnader ge en fingervisning om storleksordningen. I en global metastudie uppges den genomsnittliga externa kostnaden för samtliga undersökta kraftslag vara drygt 7 US-cent/kWh i 2018 års penningvärde. Häri ryms såväl kraftslag med mycket låga externa kostnader (som lägst cirka 0,1 US-cent för geotermisk kraft) som sådana med mycket höga (som högst cirka 14,6 för avfallsförbränning).¹³³

Som framgår av bilagan är det framför allt kärnkraft och havsbaserad vindkraft som faller bort på marginalen om ökningen av elanvändningen (tack vare effektiviseringsåtgärder) inte behöver bli fullt så stor, samtidigt som nettoexporten av el ökar. Det är alltså i första hand de externa kostnaderna för dessa kraftslag som är intressanta att jämföra med elskatten. I ovan nämnda studie görs tyvärr ingen åtskillnad mellan landbaserad och havsbaserad vindkraft, men den genomsnittliga externa kostnaden för vindkraft ligger på cirka 3,0 US-cent/kWh. För kärnkraft ligger den genomsnittliga externa kostnaden på cirka 5,6 US-cent.¹³⁴ I svenska kronor och dagens penningvärde motsvarar det en extern kostnad på knappt 37 öre/kWh för vindkraft och drygt 69 öre/kWh för kärnkraft.¹³⁵ Vindkraften ligger alltså enligt dessa siffror rentav något öre under elskatten, om än med ovan nämnda reservationer för att de verkliga kostnaderna kan vara något högre. För kärnkraft är däremot de externa kostnaderna nästan dubbelt så höga som elskatten.

Då den svenska nettoexporten tränger undan elproduktion i våra grannländer, där elproduktionen i dagsläget fortfarande i högre grad är fossilbaserad, är det i närtid också relevant att jämföra med de genomsnittliga externa kostnaderna för fossil elproduktion. Dessa spänner från cirka 3,5 US-cent/kWh för gaskraft till 14,5 US-cent/kWh för

¹³³ Sovacool, B. K., Kim, J., & Yang, M. (2021).

¹³⁴ Ibid.

¹³⁵ Beräknat utifrån en ackumulerad amerikansk inflation på 23 procent (<https://www.usinflationcalculator.com/>) och en dollarkurs på 10 kronor.

kolkraft. I ett längre perspektiv kommer dock utsläppshandeln att tvinga ut den fossilbaserade elproduktionen.

Om elens miljöpåverkan är internaliserad genom elskatten kommer därmed att bero på hur den framtida elproduktionsmixen ser ut, i Sverige såväl som i de länder Sverige handlar el med. Oavsett vilka vägval som görs i fråga om framtidens elproduktionsmix kan dock redan nu konstateras att den utbredda användningen av skattenedsättningar innebär att stora delar av elanvändningen inte prissätts i linje med elens externa kostnader.

Att en elanvändare inte själv betalar de fullständiga miljökostnaderna för elproduktionen innebär naturligtvis inte automatiskt att personen i fråga struntar i dem. Såväl i företag som i det privata kan saker göras av omtanke om miljön utan syftet att tjäna något själv på det. Däremot innebär det att en privat/företagsekonomisk kalkyl inte ger en rättvisande bild av den samhällsekonomiska lönsamheten.

6.4.2 *Energisystemnyttor*

De kollektiva energisystemnyttor som energieffektivisering ger upphov till rör i huvudsak två aspekter, nämligen energipriseffekter och försörjningstrygghet.

Energipriseffekterna uppstår när efterfrågan på el minskar genom energieffektivisering (jämfört med vad som annars hade varit fallet; i absoluta tal kan det ändå röra sig om en ökning av efterfrågan). Därmed minskar också behovet av att använda de dyraste elproduktionsanläggningarna (nya eller befintliga), vilket sänker samhällets kostnader för sin elförsörjning och sänker elpriserna. Lägre priser är visserligen i första hand en omfördelning från producenter till konsumenter, men stärker konkurrenskraften för elintensiva verksamheter. Då konkurrenskraft är en av den svenska energipolitikens tre grundpelare är detta inte ointressant ur samhällets perspektiv.

Hur mycket elpriserna minskar beror naturligtvis på hur mycket elanvändningen minskar, liksom vilka antaganden som i övrigt görs om utvecklingen. Den modellering som redovisas i bilagan kan ge en illustration över vilka storleksordningar det kan röra sig om. Där minskar den antagna energieffektiviseringen det genomsnittliga elpriset på årsbasis med runt fyra euro per megawattimme (MWh), det vill säga närmare fem öre/kWh när en euro kostar en bit över tio kronor. De redovisade priserna avser spotpriset på el, så ur elkonsumentens perspektiv behöver även eventuella marginaler för elhandlarna och i förekommande fall elskatt och moms beaktas. Vidare innebär en lägre ökning av elanvändningen ett lägre behov av att förstärka elnätet, vilket borde leda till lägre nättariffer än utan energieffektiviseringen.

I modellen ingår kostnader för själva effektiviseringsåtgärderna, men däremot antas inga kostnader för de styrmedel som ska driva fram en effektivisering utöver den som väntas ske med befintliga styrmedel. Med klokt utformade styrmedel behöver dessa emellertid inte bli så höga. Till exempel beräknade den nedlagda utredningen om vita certifikat, utifrån erfarenheter från andra länder med kvotplikter för energieffektivisering (jämför 9.1.4), att påslaget på elpriset i snitt skulle bli 0,3 öre/kWh, med en antagen kvot om två procents ny effektivisering varje år¹³⁶. Även med hänsyn taget till de styrmedel som kan krävas för att realisera potentialen kan alltså slutresultatet för elkonsumenterna bli lägre priser.

Även *försörjningstryggheten* är en form av kollektiv nytta som de enskilda elanvändarna inte kan förväntas ta hänsyn till när de överväger att energieffektivisera. För en given kapacitet i produktion och överföring av el innebär naturligtvis en minskad användning (eller snarare mindre kraftigt ökad användning) en minskad risk för bristsituationer och störningar. I längden är det visserligen rimligt att anta att såväl produktion som överföring byggs ut för att matcha den ökade efterfrågan, men denna anpassning kan ta tid, varmed effektiviseringen minskar sårbarheten under anpassningstiden.

Det finns dessutom anledning att anta att energieffektivisering även på längre sikt kan ge positiva effekter på försörjningstryggheten. Detta hänger samman med att samhället bygger ut den ”bästa” elproduktionen först, men i takt med att efterfrågan ökar behöver ”sämre” resurser tas i bruk. Den ”bästa” elproduktionen på en utbudskurva är normalt den billigaste, men här spelar det också in när i tid som produktionen kan ske, eftersom detta avgör hur mycket producenten får betalt för varje producerad kWh. Här intar reglerbara resurser som vattenkraft en särställning mot icke-reglerbara resurser, inklusive planerbara men inte i praktisk mening reglerbara resurser som kärnkraft. Då det av miljöskäl inte är aktuellt att bygga ut den svenska vattenkraften kommer tillkommande elproduktion alltså i högre grad behöva mötas med icke-reglerbara resurser, vilket förskjuter andelen reglerbart kontra icke-reglerbart i den totala produktionsmixen. Variationer i elproduktionen behöver visserligen inte i sig vara ett problem om efterfrågan och lagring kan anpassas för att matcha¹³⁷ men energieffektivisering kan icke desto mindre bidra positivt. Detta gäller inte minst då i synnerhet sådana energieffektiviseringsåtgärder som minskar uppvärmningsbehovet tenderar att sänka elbehovet just då efterfrågan är som störst (det vill säga då det är som kallast).

Om elanvändningen minskar, och i synnerhet då efterfrågan är som störst, minskar också risken för effektunderskott. I modelleringen (se bilaga)

¹³⁶ Utredningen om vita certifikat (2022).

¹³⁷ Vilket inte beaktas i den gjorda modelleringen.

minskar antalet timmar med effektunderskott¹³⁸ från drygt 3 000 per år till knappt 2 000. Med reservation för modellens bristande representation av lager och efterfrågefleksibilitet är det ändå en betydande minskning. Antas emellertid en lägre elektrifieringstakt blir skillnaden i absoluta termer mindre eftersom elanvändningen redan utan effektivisering var lägre och därmed också antalet timmar med effektunderskott.

6.4.3 Andra nyttor och kostnader med energieffektivisering

Som redan beskrivits kan energieffektiviseringsåtgärder ha ytterligare nyttor och kostnader utöver själva energibesparingen och investeringskostnaden. Dessa så kallade dolda kostnader och nyttor kan uppstå för samma aktör som beslutar om investeringen (till exempel påverkan på produktiviteten i ett företag eller inomhusmiljön i den egna bostaden) men de kan också uppstå för andra aktörer. Precis som för energins miljöpåverkan är det då fråga om externaliteter, men i motsats till miljöexternaliteterna kan dessa vara såväl positiva som negativa. I motsats till energins miljöpåverkan, som ju inte påverkas av i vilken sektor energin till slut används, är dessa andra externaliteter dessutom kontextberoende. Efter en inledande diskussion kommer dessa därför att diskuteras sektorsvis.

Positiva externaliteter kan bland annat förekomma för sådana energieffektiviseringsåtgärder som innebär utveckling och spridning av ny teknik. Det handlar då om innovationsrelaterade marknadsmisslyckanden, som uppstår när den privata avkastningen på teknisk utveckling understiger den samhällsekonomiska. Detta kan bli fallet om den kunskap som en aktör tagit fram sedan utan full ersättning sprids till andra aktörer (så kallat kunskapsläckage), och med vilken de andra aktörerna kan vara med och skörda frukterna utan att ha behövt stå för de risker och kostnader som den initiala investeringen innebär. Utan styrmedel för att korrigera för detta kommer investeringarna i ny, i detta fall energibesparande, teknik att bli lägre än vad som vore samhällsekonomiskt effektivt. I kombination med så kallade läreffekter, där användningen av ny teknik ger upphov till nya erfarenheter som gör det möjligt att sänka produktionskostnaderna, kan resultatet bli att nya lösningar som fullt utvecklade skulle vara mer lönsamma än dagens aldrig kommer till stånd.

Åtgärder för minskad energianvändning kan dessutom innebära såväl ökad som minskad användning av andra resurser:

¹³⁸ I modelleringen avser effektunderskott att den mängd el som produceras i Sverige en given timme är lägre än den mängd el som efterfrågas i Sverige denna timme. Underskottet måste alltså täckas med import, energilager, efterfrågefleksibilitet, effektreduktion eller i sista hand fränkoppling.

- Att ersätta en fortfarande fungerande produkt med en mer energieffektiv sådan innebär naturligtvis en viss resursanvändning (inklusive energi) för att tillverka den nya produkten.
- Att välja ett mer energieffektivt alternativ när en ny produkt ändå ska köpas kan däremot innebära såväl lägre som högre resursanvändning.
- Att hålla nere energidrivande konsumtion (bo mindre, inte äga en egen bil osv.) sparar både energi och andra resurser.

Då det inte går att säga att mer energieffektiva produkter generellt är vare sig mer eller mindre resurseffektiva är det framför allt det första och det sista fallet ovan som är intressanta.

Om energins miljöpåverkan är internaliserad i samma grad vid användning som vid tillverkning, och det heller inte finns några ointernaliserade kostnader från resursanvändningen eller andra snedvridningar som påverkar produkt- och energipriserna, kommer produktens pris att ge bra vägledning till om det är värt att köpa den ur ett livscykelperspektiv. Om det kostar mer energi (och andra resurser) att tillverka produkten än vad den sparar vid användningen kommer det inte att löna sig att köpa den. Om energin vid tillverkningen däremot är billigare än vid användningen, till exempel på grund av skattenedsättningar för industrins energianvändning eller för att produkten är tillverkad i ett land med svagare miljöstyrmedel, kan det uppstå situationer där en investering i en ny produkt är privat/företagsekonomiskt men inte samhällsekonomiskt lönsam.

Den som överväger att dra ner på energidrivande konsumtion har att väga en eventuellt minskad nytta mot den möjliga kostnadsbesparingen. I den mån konsumtionen rymmer ointernaliserade kostnader (utöver eventuella ointernaliserade kostnader för energin i användningsfasen som beskrivits i föregående avsnitt) kommer samhällets kostnadsminskning att vara större än den enskildes kostnadsminskning, vilket resulterar i att konsumtionen blir högre än vad som vore samhällsekonomiskt effektivt.

Bostäder och service

Som redan nämnts kan energieffektiviseringsåtgärder påverka inomhusmiljön såväl positivt som negativt. Den som själv äger sin bostad bör i teorin väga in dessa effekter i sitt beslut att vidta eller inte vidta åtgärder eftersom det gynnar respektive drabbar en själv (även om detta förutsätter att bostadsägaren är medveten om dessa effekter). Hyresvärdar påverkas däremot inte själva av förändringar i inomhusmiljön i fastigheter de äger, utan det gynnar eller drabbar hyresgästerna. Om hyresvärden inte kan kompensera för detta genom högre eller lägre hyra¹³⁹ är det en

¹³⁹ Det kan exempelvis hindras av regler för vilken typ av renoveringar som medger hyreshöjningar inom det svenska hyresregleringssystemet.

externalitet som skapar en skillnad mellan den företagsekonomiska och den samhällsekonomiska potentialen.

Industri

Andra nyttor och kostnader som uppstår i industrin i samband med energieffektivisering tillfaller normalt samma företag som står för investeringen (jämför diskussionen om dolda kostnader och nyttor), men det kan också uppstå nyttor och kostnader som spiller över på andra. Som redan nämnts kan vissa åtgärder påverka arbetsmiljön vilket i sin tur kan påverka arbetsproduktiviteten, men det påverkar också medarbetarnas nytta direkt. Vidare minskar vissa åtgärder inte bara behovet av energi utan också av andra insatsvaror som vatten och material, och därmed också uppkomsten av avfall och avloppsvatten.¹⁴⁰

Transporter

Transportsektorn skiljer sig från bostäder och service och industrin genom att energieffektivisering, i synnerhet genom ett mer transporteffektivt samhälle, i högre grad ger nyttor som också gynnar andra än den som direkt vidtar åtgärden. I transportsektorn finns ett antal externaliteter vid användningen av fordon (oavsett om de går på el eller bränslen) utöver de externa kostnader som uppstår vid framställning och användning av el respektive bränslen. För elektriska fordon är dessa vägslitage, olyckor, slitagepartiklar från bromsar och däck, buller och (i förekommande fall) trängsel. För 2019 kunde de, exklusive trängsel, summeras till cirka 0,1 kr/km för lätta fordon, 1,1 kr/km för lastbilar utan släp och 1,8 kr/km för lastbilar med släp, med högre värden för tätorter än för landsbygd¹⁴¹. För bränsle drivna fordon bidrar energiskatten delvis, men långt ifrån tillräckligt¹⁴² till att internalisera dessa kostnader, då energiskatten just för detta syfte är högre på motorbränslen än på bränslen som används för uppvärmning. För el är det däremot samma skattesats oavsett om elen används i trafik¹⁴³ eller till andra ändamål (utom vissa verksamheter, framför allt industri, som har nedsatt energiskatt). Då energiskatten ska täcka de externa kostnaderna för elproduktionen, som ju är desamma oavsett var elen sedan används, kan den alltså inte sägas bidra till att internalisera dessa andra externa effekter.

Däremot kan fordonsskatten och den årliga vägavgift (eurovinjett) som träffar vissa tunga fordon i någon mån sägas bidra till att internalisera dessa kostnader, även om de inte är relaterade till körsträckan och därmed inte påverkar hur mycket fordonet körs. Fordonskatten för elfordon är endast 360 kr/år för lätta fordon och 984 kr/år för tunga. Detta täcker inte ens de genomsnittliga externa kostnaderna för personbilar, som med en genomsnittlig körsträcka på 1 126 mil/år enligt Trafikanalys¹⁴⁴ blir över

¹⁴⁰ International Energy Agency (2014).

¹⁴¹ Börjesson et al. (2023). Grovt räknat med en valutakurs på 1 € = 10 kr.

¹⁴² Trafikanalys (2023a).

¹⁴³ El för tåg och andra spårbundna transportmedel är dock skattebefriad.

¹⁴⁴ Trafikanalys (2023b).

1 000 kr även utan trängsel. Än mindre täcks kostnaden för tunga fordon med både högre externa kostnader per kilometer och längre körsträckor. För lastbilar och lastbilsekipage på minst 12 ton betalas därutöver en eurovinjettavgift, som för eldrivna bilar är 8 155 kr för högst tre axlar och 13 592 kr för minst fyra axlar. Med en genomsnittlig körsträcka på 4 237 mil/år¹⁴⁵ motsvarar det alltså en kilometerkostnad på 19 respektive 32 öre, det vill säga avsevärt under de genomsnittliga externa kostnaderna på 1,1–1,8 kr/km exklusive trängsel.

Beroende på var och när ett fordon körs kan det även uppstå externa kostnader för trängsel. Trängselkostnaden i Mälardalen har skattats till i snitt 83 öre/km viktat utifrån körda fordonskilometer. En stor del av trafikarbetet utförs där på sträckor och vid tidpunkter med begränsad trängsel men snittet dras upp av mycket höga trängselkostnader för de mest belastade vägsträckorna, i synnerhet i eftermiddagsrusningen.¹⁴⁶ Trängselavgifter förekommer i Stockholm och Göteborg, men annars finns inga styrmedel som hanterar externa kostnader för trängsel.

Trafikens externaliteter är oftast negativa, men det finns också exempel på positiva externaliteter. Ökad tillgänglighet, i termer av ökat kunskapsutbyte, förbättrad matchning på arbetsmarknaden med mera, kan ses som en positiv externalitet som dock kan uppnås på mer eller mindre transportsnåla sätt och därmed inte direkt relaterar till antal fordonskilometrar för ett visst trafikslag eller motsvarande. För trafikslag som innebär fysisk aktivitet finns däremot ett tydligare samband där fler kilometer som promeneras eller cyklas innebär större hälsovinster för resenären. Det kan visserligen diskuteras i vilken mån dessa hälsovinster verkligen är ”externa” för resenären eller om det vägs in i valet av färdmedel. Studier pekar på att hälsovinster påverkar människors val att gå eller cykla, men att det är svårt att finna stöd för att effekterna beaktas fullt ut. Detta gäller inte minst då resenärerna visserligen själva drar nytta av ökad hälsa och livslängd medan nyttan av ökad arbetsproduktivitet och lägre sjukvårdskostnader tillfaller andra. Olika studier finner hälsovinster på i spannet 7–30 kr/km för gång, cykel och elcykel, varav 2–11 kr/km externa¹⁴⁷. Trafikverket rekommenderar att hälsoeffekten av gång och cykling i sin helhet ska betraktas som extern¹⁴⁸. Utöver dessa direkta hälsoeffekter pekar studier på att urbana miljöer med fler fotgängare och cyklister och färre bilar blir tryggare, både i termer av trafiksäkerhet och kriminalitet, och upplevs som trevligare¹⁴⁹. Dessa effekter är externa, eftersom varje bilist som byter till gång eller cykel ökar trygghet och attraktivitet i gaturummet även för andra som vistas där. Däremot finns det i dagsläget inget vedertaget sätt att kvantifiera dessa externa effekter.

¹⁴⁵ Ibid.

¹⁴⁶ Börjesson et al. (2023).

¹⁴⁷ WSP (2021).

¹⁴⁸ Trafikverket (2020).

¹⁴⁹ WSP (2021).

I fråga om transportsektorns externa effekter har fokus hittills legat på effekter vid användningen av fordon och infrastruktur. Elektrifieringen av transportsektorn innebär emellertid att en större del av ett fordon's miljöavtryck flyttas från användningsfasen till produktionsfasen, liksom att användningen av kritiska resurser (till exempel vissa batterimetaller med hållbarhetsutmaningar i framställningen, men också sådant som yta i städer) kan bli mer begränsande än själva energianvändningen. De som funderar på hur de ska lösa sina transportbehov kanske funderar på om de vill äga en egen bil eller om de klarar sig med någon lämplig kombination av (spark)cykel, kollektivtrafik, bilpool/hyrbil o.s.v. Om svaret blir att köpa en bil blir nästa fråga hur stor bilen respektive batteriet ska vara. Personen kan naturligtvis efter bästa välvilja och kunskap försöka väga in samhällskostnaderna av de olika alternativen, men prissignalen kommer inte att fungera som en korrekt informationsbärare eftersom samhällets kostnader för resursanvändningen inte syns i priset. Resultatet riskerar att bli att det köps fler, större, tyngre eller batteristarkare bilar än vad som hade varit fallet om alla externa kostnader varit internaliserade. Detta får inte bara konsekvenser för exempelvis användningen av batterimetaller utan innebär också att energianvändningen (även om själva elens externaliteter skulle vara helt internaliserade) blir högre än vad som hade varit fallet om de andra effekterna hade varit fullt ut internaliserade.

Makroekonomiska/sektorsövergripande

En ökad energieffektiviseringstakt påverkar inte bara den sektor där effektivisering sker utan påverkar också ekonomin i stort. Insatser för energieffektivisering leder till att mindre pengar behöver läggas på att köpa energi och i stället kan användas till annat. Insatser som förutsätter någon typ av investering kan innebära en omflyttning från en investering till en annan, men kan också innebära att pengar som annars lagts på löpande konsumtion i stället flyttas till investeringar. Dessa omfördelningar påverkar hur produktion och sysselsättning fördelas i olika delar av ekonomin (såsom att färre behöver jobba med att utvinna energi och fler med att tillverka energibesparande produkter) men kan också påverka den totala nivån på produktion och sysselsättning.

Hur denna påverkan ser ut kommer naturligtvis att bero på vilka konkreta åtgärder som vidtas och hur den politik som driver fram åtgärderna ser ut, vilket gör det svårt att komma med exakta svar. Icke desto mindre har det genomförts ett stort antal studier som med olika typer av ekonomiska modeller (ekonometriska, allmänjämvikts-, input-output o.s.v.) försökt beräkna de makroekonomiska effekterna av energieffektivisering under olika antaganden. Sådana modeller är som alltid en förenkling av verkligheten och ska därför tolkas försiktigt, men kan ändå ge vissa intressanta insikter. När OECD:s energiorgan IEA (International Energy Agency) sammanställt ett antal sådana studier landar de i att en miljon euro som investeras i energieffektivisering i snitt ger en ökning av bruttonationalprodukten (BNP) med 1,31 miljoner euro och en ökning av

den totala sysselsättningen med tio jobb¹⁵⁰. Sysselsättningseffekterna är alltså blygsamma, om än positiva, medan tillväxteffekterna är tydligare och även dessa positiva.

Ett annat sektorsövergripande mervärde med energieffektivisering som lyfts av IEA är försörjningstrygghet, ur perspektiven ökad suveränitet och resiliens i energiförsörjningen. Suveränitet definieras här som graden av utsatthet för hot från utländska aktörer och resiliens som förmågan att svara på olika typer av störningar, vilka båda är relevanta när energi importeras från andra länder som kan hota med eller de facto dra ner leveranserna och därmed orsaka störningar i energiförsörjningen. Då Sverige har en nettoexport av el och elproduktionsmixen i Sverige i hög grad består av inhemska energikällor är denna aspekt i fråga om eleffektivisering mindre påtaglig än i länder med hög import av el och/eller bränslen för elproduktion, men även i Sverige förekommer import av kärnbränsle, fossila bränslen och biobränslen för elproduktion.

Ett aktuellt exempel är Rysslands anfallskrig mot Ukraina. Där påverkades den svenska elproduktionen visserligen inte direkt av Rysslands användning av gasleveranser som maktpolitiskt medel, men däremot påverkas elproduktionen av minskade leveranser av andra bränslen. Inte minst gäller detta kraftvärmeproduktionen som i hög grad använder biobränslen och där Ryssland och Belarus före kriget stod för en betydande export till Sverige och andra EU-länder. När denna export ströps skapades utmaningar för kraft- och fjärrvärmeproducenter att täcka sitt råvarubehov. En minskad elanvändning ger därmed förutsättningar att minska sårbarheten för denna typ av störningar.

6.4.4 Skillnader i diskonteringsränta

En energieffektiviseringsåtgärd innebär ofta en initial investering som ger kostnadsbesparingar och eventuellt andra effekter under lång tid. Det väcker frågan om hur kostnader och nyttor som infaller vid olika tidpunkter ska jämföras, det vill säga vilken diskonteringsränta som ska användas. En privatperson eller ett företag som investerar i energieffektivisering behöver fundera över alternativkostnaden. Antingen har de egna pengar, som de annars hade kunnat investerat i något annat och fått avkastning på, eller så behöver de skaffa sig pengar från till exempel en bank eller från aktieägare och då kommer dessa att vilja ha någon typ av avkastning. Oavsett vilket är kontentan att det kostar att använda pengar jämfört med att vänta och under tiden få respektive slippa betala avkastning. En investeringskalkyl för en energieffektiviseringsåtgärd bör därför ha med en kalkylränta (vilket

¹⁵⁰ International Energy Agency (2014).

diskonteringsräntan brukar kallas i dessa sammanhang) som motsvarar denna kostnad.¹⁵¹

Ur ett samhällsekonomiskt perspektiv blir dock valet av diskonteringsränta lite annorlunda, i synnerhet när konsekvenserna sträcker sig över längre tidshorisonter. Människor tenderar att vilja äta kakan idag hellre än imorgon och därför vill de ha avkastning om de ska avstå pengar som de får tillbaka först senare. Denna tidspreferens är inget som samhället har anledning att ha synpunkter på så länge det ändå är samma person som äter kakan i slutändan, men om dagens generation äter upp alla kakor så att det inte blir några kvar till kommande generationer blir frågan mer problematisk. För att motivera en positiv diskonteringsränta ur samhällets perspektiv brukar i huvudsak två argument anföras¹⁵²:

- Om samhället fortsätter att bli rikare och rikare kommer ytterligare en kaka att ge mindre nytta för den som redan är ganska mätt,
- om någon typ av katastrof utrotar mänskligheten finns det ingen anledning att spara några kakor alls.

Utifrån denna typ av argumentation, och med en förväntad tillväxt på 1,8 procent per år, räknar Trafikverket i sina samhällsekonomiska kalkyler med en samhällsekonomisk kalkylränta på 3,5 procent, att jämföra med en företagsekonomisk låneränta på fem procent och ett schablonmässigt avkastningskrav på tio procent (samtliga inflationsfria)¹⁵³. Andra bedömare argumenterar för att den samhällsekonomiska diskonteringsräntan bör sjunka över tid, bland annat på grund av osäkerhet om den framtida tillväxten¹⁵⁴. Detta blir i så fall framför allt relevant för åtgärder med lång livslängd.

I de teknoekonomiska potentialer som beskrivits i avsnitt 6.2 samt i underlagsrapporterna¹⁵⁵ har en privat/företagsekonomisk kalkylränta på 8 procent använts. Med en samhällsekonomisk kalkylränta på till exempel 3,5 procent, eller ännu lägre sett över tid, blir alltså den samhällsekonomiska potentialen större än den teknoekonomiska. Hur mycket är dock svårt att utläsa ur underlagen, då potentialerna är uppbyggda ”nerifrån och upp” utifrån kartläggningar av tänkbara

¹⁵¹ Såväl företag som privatpersoner kan explicit eller implicit tillämpa kalkylräntor som är betydligt högre än deras alternativkostnad för investeringskapitalet. Detta gör att skillnaden mellan vad som är samhällsekonomiskt lönsamt och vad som faktiskt blir gjort kan vara ännu större än skillnaden mellan vad som är samhällsekonomiskt och privat/företagsekonomiskt lönsamt.

¹⁵² En beskrivning med mer matematik och mindre kakor ges av den så kallade Ramseyekvationen, $\rho_t = \delta + \eta \cdot g_t$, där ρ_t är diskonteringsräntan år t , δ beskriver samhällets tidspreferens (d.v.s. hur samhället värderar framtida generationers nytta jämfört med dagens) och med tiden också kommit att inkludera den utrotningsrisk som beskrivs nedan, η är absolutbeloppet av elasticiteten för marginalnytta med avseende på konsumtion och g_t är annualiserad tillväxt i konsumtion per capita från år 0 till år t .

¹⁵³ Trafikverket (2020).

¹⁵⁴ Se till exempel Arrow et al. (2014).

¹⁵⁵ Som finns i Energimyndighetens diarium. Dnr 2022-009896.

åtgärder. Metodiken skiljer sig något åt mellan de olika underlagen, men i många fall omfattas bara åtgärder som var mer eller mindre lönsamma med typiska företagsekonomiska kalkylräntor och de energipriser som rådde vid undersökningstillfället. Det innebär att det bara i vissa fall går att se vilka ytterligare åtgärder som skulle bli lönsamma vid en samhällsekonomisk diskonteringsränta (eller för den delen med högre energipriser). Att en lägre diskonteringsränta skulle innebära att den samhällsekonomiska potentialen blir större än den privat/företagsekonomiska råder det däremot ingen tvekan om.

6.5 Potentialer i förhållande till rekyleffekter

Potentialer för energieffektivisering behöver också förhålla sig till så kallade rekyleffekter. Rekyleffekter uppstår när en ny energibesparande teknik i praktiken gör energin billigare och människor därmed blir mindre sparsamma med energin. Det vill säga med en ny bil, ny värmepump och så vidare blir kostnaden för att köra en viss sträcka, hålla en viss temperatur etc. lägre. Ibland är detta en tydlig nyttoökning, till exempel i hushåll som tidigare inte haft råd att hålla en hälsosam inomhustemperatur men som med effektivare teknik kan höja temperaturen. Ibland är däremot nyttoökningen försumbar, till exempel i hushåll som redan haft en hälsosam temperatur men som med lägre uppvärmningskostnader lägger sig av med goda energisparrutiner som effektiv vädring, tofflor på vintern och så vidare. I båda fallen blir resultatet att den uppmätta energibesparingen inte blir lika hög som vad som kunde förutses i en teknisk bedömning som inte tar hänsyn till ändrat beteende. Om den lägre energibesparingen motsvaras av en nyttoökning i samma storleksordning är det dock fortfarande fråga om energieffektivisering, det vill säga mer nytta per energienhet.

6.5.1 Direkta och indirekta effekter

Rekyleffekter kan förekomma på flera nivåer och kategoriseras lite olika¹⁵⁶. En grundläggande skiljelinje går mellan *direkta* och *indirekta* effekter, där de *direkta* effekterna träffar den energianvändning som är föremål för en effektivisering medan *indirekta* effekter kan uppstå i andra delar i energisystemet.

Olika studier ger ett stort spann för omfattningen av *direkta* rekyleffekter, men för de områden som studerats mest, bilresor och uppvärmning, tycks det röra sig om i storleksordningen en tredjedel (bilresor) respektive hälften (uppvärmning) av den potentiella besparingen¹⁵⁷. Dessa siffror bygger dock på studier från olika länder och är inte nödvändigtvis representativa för Sverige. Tvärtom är det väl belagt att den *direkta* rekyleffekten är större för hushåll med lägre inkomster, som tidigare inte haft råd att upprätthålla en grundläggande nivå på mobilitet, innetemperatur o.s.v. För ett rikt land som Sverige kan alltså den direkta

¹⁵⁶ Sorrell, S., Gatersleben, B., & Druckman, A. (2018).

¹⁵⁷ Ibid.

rekyleffekten antas vara mindre än i många andra länder. Andra sidan av detta mynt är att den *indirekta* rekyleffekten då kan antas bli större.

Den *indirekta* rekyleffekten uppstår när de pengar som sparas med energieffektivare teknik (givet att användarna inte hellre kör längre, skruvar upp termostaten och så vidare) i stället läggs på något annat. I de allra flesta fall innebär även detta ”annat” någon form av energianvändning, om än i en annan del i energisystemet. Beroende på energiintensiteten (energi per krona) i den gamla respektive nya energianvändningen kan energianvändningen rentav öka, till exempel om de sparade pengarna läggs på en resa med lågprisflyg. Storleken på denna effekt är dock svårbedömd eftersom det beror på vad konsumenterna väljer att lägga sina pengar på i stället. Om de lägger de frigjorda pengarna på tjänster (som inte är transporttjänster) blir den *indirekta* rekyleffekten betydligt lägre.

6.5.2 Sekundära effekter

Utöver dessa effekter kan det även uppstå *sekundära* effekter. Det mest uppenbara är att minskad efterfrågan på energi pressar energipriset (under förutsättning att de *direkta* och *indirekta* rekyleffekterna inte överstiger 100 procent så att efterfrågan på energi rentav ökar). Ett lägre energipris stimulerar en ökad användning av energi som motverkar något av den ursprungliga minskningen. Hur mycket beror på de så kallade egenpriselasticiteterna för utbudet och efterfrågan på energi, vilket gör det jämförelsevis enkelt att beräkna storleksordningen på denna effekt. Om till exempel efterfrågeelasticiteten är -0,4 och utbudselasticiteten är 1,0 blir denna rekyleffekt 30 procent (det vill säga rekylen åter upp 30 procent av den besparing som skulle ha uppstått utan beteendeförändringar). Detta kan dock i sin tur trigga ytterligare effekter i ekonomin, såsom en förändrad näringslivsstruktur där företag som använder mycket energi gynnas medan företag som utviner och säljer energi missgynnas av de lägre energipriserna. Dessa är svåra att studera isolerat, men däremot ingår de i den totala, ekonomiövergripande rekyleffekten som kan studeras med makroekonomiska metoder. Studier på långsiktiga ekonomiövergripande rekyleffekter pekar mot att dessa kan överstiga 50 procent¹⁵⁸.

6.5.3 Rekyleffekternas storlek beror på vilka styrmedel som driver fram energieffektiviseringen

Innebär då rekyleffekten att energieffektivisering är meningslöst, eller i vart fall mindre meningsfullt? Nej, oavsett om effektiviseringen tas ut i lägre energianvändning (och därmed minskad miljöpåverkan från denna) eller i ökad konsumtion av något slag innebär det normalt en nytta. Potentialen för energieffektivisering påverkas därmed inte av rekyleffekten. Om däremot syftet är att minska energianvändningen med

¹⁵⁸ Ibid.

en viss mängd i absoluta tal (till exempel för att nå ett politiskt mål) är det viktigt att ta höjd för rekyleffekten så att den eftersträvade minskningen verkligen nås.

Även om både ökad konsumtion och minskad energianvändning i högre eller lägre grad ökar nyttan är fördelningen däremellan inte oväsentlig ur ett policyperspektiv. Då all energianvändning i någon mån påverkar miljön, och denna miljöpåverkan av olika skäl inte alltid internaliserats direkt, kan samhället ha intresse av att subventionera lösningar som minskar energianvändningen. Samhället kan också av sociala skäl ha intresse av att subventionera lösningar som minskar energifattigdom¹⁵⁹. Däremot är det svårare att se motiv för att subventionera lösningar som i största allmänhet möjliggör en högre konsumtionsnivå av energi eller annat för hushåll som redan fått sina grundläggande behov täckta.

Energieffektiviseringsåtgärder behöver dock inte nödvändigtvis drivas fram genom subventioner, utan de kan också stimuleras genom att helt enkelt göra energin dyrare, till exempel genom höjda energiskatter. När energieffektiviseringen uppstår som ett svar på ökade energipriser finns inte samma ökade konsumtionsutrymme att fördela, vare sig på den energi som blev dyrare (*direkt* rekyl) eller på annan konsumtion som också använder någon typ av energi (*indirekt* rekyl). Även om den minskade energianvändningen också i detta fall ger en dämpande effekt på energipriserna ska den ses i ljuset av den initiala prishöjning som drev fram den minskade användningen. I studier har energibeskattnings visat sig kunna motverka rekyleffekten fullt ut¹⁶⁰.

Om energieffektiviseringspolitiken syftar till att uppnå en absolut mängd energibesparing kan det alltså finnas anledning att vara restriktiv med styrmedel som subventionerar energieffektiviserande åtgärder¹⁶¹ och i stället arbeta mer med prissättning av energin. Om det av sociala skäl finns önskemål om att ge hushåll som lever i energifattigdom möjlighet att uppnå en högre standard i fråga om energitjänster (en önskad rekyleffekt i detta fall) kan intäkterna från energibeskattnings till exempel användas till riktade subventioner för energieffektiviseringsåtgärder för denna grupp, i stället för breda subventioner som riskerar att ge rekyleffekter som inte är önskade.

På ett principiellt plan är frågan om rekyleffekter inte annorlunda i industrin, men då konsumenterna kan välja varifrån de köper sina varor

¹⁵⁹ I direktivet om energieffektivitet definieras energifattigdom som "ett hushålls bristande tillgång till väsentliga energitjänster som tillhandahåller grundläggande nivåer och en skälig levnadsstandard och hälsa, inklusive tillräcklig tillgång till uppvärmning, varmvatten, nedkylning, belysning och energi för att driva elapparater, inom det berörda nationella sammanhanget, befintlig nationell socialpolitik och andra relevanta nationella politikområden, orsakad av en kombination av faktorer, inbegripet åtminstone orimliga priser, otillräcklig disponibel inkomst, höga energikostnader och bostäder med låg energieffektivitet."

¹⁶⁰ Freire-González (2020).

¹⁶¹ Vilket dock inte bör ses som ett argument mot stöd som kompenserar för positiva externaliteter, såsom innovationsrelaterade marknadsmisslyckanden.

och producenterna kan välja var de förlägger sin produktion¹⁶² blir valet av systemgränser avgörande för analysen. Ett styrmedel som bidrar till energieffektivisering i svensk industri kan få en kraftig rekyleffekt ur ett svenskt perspektiv om det innebär att industrin därmed ökar sin produktion. Om svensk industri genom den effektivare energianvändningen får en tillräckligt stor konkurrensfördel, och därmed ökar sin marknadsandel väsentligt, kan den svenska energianvändningen rentav öka (det vill säga rekyleffekten överstiger 100 procent). Ur ett globalt perspektiv bör rekyleffekten däremot bli betydligt mindre. Visserligen är det sannolikt att industrin även på global nivå har möjlighet att öka sin produktion när kostnaden för insatsvaran energi blir lägre (i vart fall i Sverige och i förlängningen också i andra länder i takt med att tekniken sprids), men däremot innebär en ökad marknadsandel för svenska företag per definition att marknadsandelen för andra länders företag minskar.

Ovanstående får också konsekvenser för valet av styrmedel för industrin. Även styrmedel med inslag av ”piskor” kan bidra till att driva fram åtgärder som egentligen är lönsamma, men om prissättningen av energin blir alltför kraftfull i förhållande till konkurrenterna finns naturligtvis en risk för ”energiläckage” (det vill säga att energianvändningen flyttar utomlands, i analogi med koldioxidläckage men tillämpligt oavsett om energin är fossil eller ej). Styrmedel för energieffektivisering i industrin behöver därför balansera mellan en prissättning av energin som är för låg, vilket minskar incitamenten för såväl etablerade och innovativa lösningar som långsiktigt stärker industrins konkurrenskraft, eller för hög, vilket minskar konkurrenskraften här och nu.

6.6 En samlad bedömning om potentialen för minskad elanvändning genom energieffektivisering

I 6.2.6 uppskattade vi, med reservation för stora osäkerheter, en teknoekonomisk potential för minskad elanvändning genom energieffektivisering på i storleksordningen 20–25 TWh till 2030 och ökande därefter.

Det har inte varit möjligt att kvantifiera någon privat/företagsekonomisk potential, inte minst då många av de faktorer som skiljer den teknoekonomiska och den privat/företagsekonomiska lönsamheten åt är kontextberoende och därmed svårstuderade. Utifrån den litteratur som identifierats i detta uppdrag förefaller dock dolda nyttor om något överväga dolda kostnader och transaktionskostnader, vilket drar upp lönsamheten jämfört med den teknoekonomiska. Dessutom omfattar den privat/företagsekonomiska potentialen inte bara tekniska åtgärder, utan

¹⁶² I praktiken innebär de stora kapitalinvesteringar det är fråga om en inlåsning till den ursprungliga lokaliseringen, så ofta handlar det snarare om var ny/reinvesteringar lokaliseras och var produktionen i befintliga anläggningar dras upp respektive ner. Blir skillnaderna i förutsättningar mellan olika länder alltför stora kan det dock inte uteslutas att en befintlig anläggning inte klarar konkurrensen och måste läggas ner.

också möjligheten att göra saker på ett smartare, mindre energikrävande sätt, både hemma, på jobbet och i samhället i stort. Den potentialen kan vara betydande, i synnerhet i ett dynamiskt perspektiv. I ett statiskt perspektiv kan den som på egen hand försöker göra mer energisnåla val uppleva det som en uppoffring, men i ett samhälle som ställer om gemensamt för att stödja mer energismarta val kan dessa förknippas med ökad snarare än minskad nytta.

Även de faktorer som skiljer den privat/företagsekonomiska potentialen från den samhällsekonomiska är svåra att kvantifiera, men däremot är det lättare att säga något om riktningen. Att den samhällsekonomiska diskonteringsräntan är lägre än privat/företagsekonomiska kalkylräntor drar entydigt upp den samhällsekonomiska potentialen. Därutöver tenderar externa kostnader och nyttor med energieffektivisering (för miljö, elsystemet, trafiksystemet och så vidare) att i betydligt högre grad vara positiva än negativa. Detta beror dock på vilken typ av energieffektiviseringsåtgärd det rör sig om. Åtgärder som utan sänkt nytta möjliggör ett mer transporteffektivt samhälle sticker ut med särskilt stora positiva externaliteter. Åtgärder där den minskade elanvändningen sker till priset av hög resursåtgång, såsom när fullt fungerande saker byts ut till mer energieffektiva sådana, är dock inte alltid samhällsekonomiskt lönsamma när också ointernaliserade miljökonsekvenser från produkternas hela livscykler vägs in. För att maximera den samhällsekonomiska potentialen har lösningar som är både energi- och resurseffektiva en fördel, förutsatt att samhället stödjer denna typ av val så att de inte medför minskad nytta.

Läggs de olika bedömningarna ihop blir slutsatsen att den samhällsekonomiska potentialen sannolikt är högre än den teknoekonomiska. Exakt hur hög är dock inte statiskt, utan beror på i vilken mån samhället ställer om gemensamt så att ännu fler energibesparande åtgärder kan gå hand i hand med en bibehållen eller rentav ökad nytta.

Rekyleffekter innebär att den faktiska energibesparingen sannolikt blir lägre än vad som hade blivit fallet utan beteendeförändringar. Så länge detta beror på ökad nytta, såsom i hushåll som tidigare inte haft möjlighet att hålla en komfortabel temperatur inomhus, är det dock ingenting som påverkar storleken på potentialen för energieffektivisering.

7 En effektivare användning av effekt

För att beskriva en effektivare användning av (elektrisk) effekt är fokus för detta kapitel primärt vilka nyttor och behov som finns av att använda effekt på ett mer effektivt sätt. Det förs en diskussion om hur utvecklingen på elmarknaden och hur elinfrastrukturen relaterar till användningen av effekt. I slutet av kapitlet förs en diskussion om effektivare användning av effekt med hjälp av både efterfrågefleksibilitet och energieffektivisering.

Syftet med att uppnå en effektivare användning av effekt¹⁶³ kan vara för individen eller företaget att minska sina kostnader, för elsystemet att hantera fler elanvändare eller mer väderberoende elproduktion, för samhället att möta klimatmålen genom elektrifiering av industri och transport, eller en kombination av dessa. För att kunna föra en diskussion om hur effekt kan användas på ett mer effektivt sätt behövs en förståelse för utmaningarna längs vägen och till att börja med en diskussion om platsen där överenskommelserna sker; elmarknaden.

Vad är elektrisk effekt i elsystemet?

Elektrisk effekt mäts i Watt (W)¹⁶⁴ och är en storhet som bestämmer den mängd elektrisk energi (mäts i Joule) som används per tidsenhet. Inom det vardagliga, för exempelvis hushållsapparater respektive elhandel, är kilowatt (kW) för effekt och kilowattimme (kWh)¹⁶⁵ för energi mer vanligt förekommande. 1 kW effekt som används under 1 timme utgör 1 kWh.

Alla former av energi är inte lika användbara. Det som särskiljer elektrisk energi från många andra sorters energi är att den är högvärdig, vilket innebär att den kan användas med relativt låga förluster. Värme är å andra sidan en lågvärdig form av energi och därför förknippat med större förluster; det går åt en större mängd värmeenergi för att åstadkomma samma mängd nyttigt arbete.

En annan finurlig egenskap med elektricitet är att den elektriska signalen färdas med i princip ljusets hastighet (för det givna mediet som för en elledning brukar vara aluminium eller koppar). Eftersom signalen når fram direkt måste effekten användas i samma tidpunkt som den produceras: elsystemet behöver ständigt vara i effektbalans.

¹⁶³ Det fysikaliska begreppet effekt ska inte förväxlas med effekt som i verkan eller påföljd.

¹⁶⁴ 1 W = 1 Joule (J) per sekund.

¹⁶⁵ 1 kWh = 3,6 MJ.

7.1 Hur relaterar elmarknaden till användningen av effekt?

Elhandel kan beskrivas utifrån två marknader: dagen före-marknaden¹⁶⁶ och intradagmarknaden¹⁶⁷. Dagen före leverans av el läggs bud via marknadernas börser på energi per timme i form av prognostiserat utbud från de som producerar energin och i form av prognostiserad efterfrågan från de som använder energin. Eftersom handeln på dagen före-marknaden sker fram till kl. 12.00 redan dygnet före leveranstimmen kan prognoserna för producerad energi och efterfrågan komma att ändras efter att dagen före-marknaden stängt. Intradagmarknaden möjliggör då för aktörerna att justera för detta och därmed handla sig närmare effektbalans. Den kvarstående obalansen tar Svenska kraftnät hand om via balansmarknaden som är en del av deras portfölj av stödtjänster.

Energimängden som på börserna handlas på timbasis bestäms av den genomsnittliga effekt som används/produceras över en timme. Det är den sist handlade kilowattimmen energi som sätter priset för en given timme, enligt marginalprissättning. Eftersom behoven av varma duschar, matlagning, industriella processer, kaffemaskiner på kontoren och så vidare infaller vid ungefär samma tid på dygnet för de flesta är ofta elpriset högre på morgon respektive kväll.

Elmarknadsprodukter är dock på väg att fasas över från timbasprodukter till kvartsbasprodukter, vilket möjliggörs av bland annat kvartupplöst mätning och verifiering¹⁶⁸. Detta medför att handel på intradagmarknaden kan ske mer pricksäkert och det blir därmed enklare att handla sig i balans och därmed avlastas stödtjänstmarknaden¹⁶⁹ som Svenska kraftnät ansvarar för. Även spotpriset på dagen före-marknaden bör bli utjämnat sett till de ”prishopp” som annars kan ske vid timskarvar. På sikt kan det faktiska produktionsmönstret också ändras för den planerbara produktionen som inte måste överproducera i början av en timme och underproducera i slutet för att hålla timbalansen vid ökande användning, med mindre ramper att hantera vid timskarvarna. Med de stora volymer väderberoende elproduktion som är på ingång i det svenska elsystemet är därför denna övergång en fördel, då mindre volymer behöver balanseras i leveranstimmen. Ju närmare tidpunkten för leverans, desto mer angeläget är det att effektbalansen upprätthålls, och därmed mer kostsamt att vidta åtgärder för eventuell obalans. Med andra ord kan åtgärder och styrmedel som stärker effektbalansen långsiktigt vara fördelaktiga och därmed möjliggöra ett effektivare sätt att använda effekt. Sådana åtgärder och

¹⁶⁶ Läs mer på: <https://www.svk.se/om-kraftsystemet/om-elmarknaden/dagen-fore-marknaden--fysisk-handel-med-el/>.

¹⁶⁷ Läs mer på: <https://energiforsk.se/media/30200/intradagmarknaden-energiforskrapport-2021-797.pdf>.

¹⁶⁸ Utifrån förordning (1999:716) om mätning, beräkning och rapportering av överförd el.

¹⁶⁹ Läs mer på <https://www.svk.se/om-kraftsystemet/om-systemansvaret/verktyg-for-systemdrift/stodtjanster-och-avhjalpande-atgarder/>.

styrmedel kan exempelvis vara riktade mot att sänka effektbehovet generellt, eller hjälpa elanvändare att flytta sina behov till tidpunkter då effektbalansen är lättare att upprätthålla.

All elhandel behöver dock inte ske på dagen före-marknaden, handel kan även ske fritt mellan olika aktörer och det är inte ovanligt att användare prissäkrar sin elleverans genom bilaterala avtal eller dylikt. Det kan vara allt från stora industrier eller bostadsbolag som har långsiktiga avtal om elinköp, så kallade PPA (Power Purchase Agreement), till hushållskunder som valt fast pris. Sådana avtal kan innebära att användaren blir okänslig för elpriset på börsen och troligen inte kommer anpassa sin användning efter det generella utbudet av el. Traditionella rörliga avtal för hushållskunder har länge varit per månad, men med införandet av timbasräkning och verifiering har timprisavtal blivit vanligare¹⁷⁰. Timprisavtal till skillnad från fastprisavtal skapar incitament att anpassa elanvändning mot det faktiska utbudet av el.

Effekt och energi är två sidor av samma mynt. Det är således viktigt att förstå att effekten som används är fritt att variera oavsett hur elhandelsavtalet ser ut, däremot finns ett tak som sätts av nätavtalet (abonnemanget). För en kund med rörligt elhandelsavtal är priset konstant för varje tidsbasperiod (månad, timme eller kvart), och det spelar på så sätt ingen roll för kunden om energin används i början eller i slutet av perioden. På samma vis har det ingen påverkan på priset om kunden använder hög effekt i början och låg effekt i slutet, det är genomsnittet över hela tidsbasperioden som räknas. Det kostar således inte att använda effekt inom elhandeln vilket spär på utmaningen med tidskarvar som nämnts tidigare.

En annan förestående förändring är att en tidsdifferentierad effektkomponent införs på nättariffen, en så kallad effekttariff¹⁷¹. Detta kan ge ytterligare incitament till att anpassa sin efterfrågan efter utbudet. Nätbolagen har mandat att själva utforma och testa effektkomponenten redan idag och senast 1 januari 2027 ska samtliga nätbolag ha infört en effektkomponent på sina tariffer. En sådan komponent måste balanseras väl eftersom man inte vill skapa nya ineffektiva incitament. Förändringarna med både kvartsmätning och -handel, samt införandet av effektkomponenten kommer kunna verka (få effekt!) genom samtliga slutanvändare, stora som små. Det bör leda till mer balanserad handel innan leveranstimmen och ett mer effektivt nätutnyttjande som kan vara bra för systemet på nationell, lokal och regional nivå.

¹⁷⁰ I jämförelse med när statistik över timprisavtal infördes i februari 2023 har andelen timprisavtal generellt stigit, men oktober 2023 visade en markant sänkning av andelen timprisavtal. Källa: Statistiska centralbyrån (2023c).

¹⁷¹ I enlighet med Energimarknadsinspektionens föreskrifter och allmänna råd för utformning av nättariffer för ett effektivt utnyttjande av elnätet (EIFS 2022:1).

Det finns ytterligare exempel på produkter och marknader som kan stötta elsystemet, direkt eller indirekt, på lokal och regional nivå genom särskilda aktörer. Det rör sig exempelvis om tillfälliga effektabonnemang¹⁷², lokala flexibilitetsmarknader¹⁷³, nya roller som leverantör av balanstjänster¹⁷⁴ och oberoende aggregatorer¹⁷⁵, framöver också möjligtvis villkorade avtal¹⁷⁶.

Lokala flexibilitetsmarknader har än så länge endast funnits som pilotprojekt i Sverige och har olika utmaningar som exempelvis konkurrens mot tillfälliga effektabonnemang (inom sthlmflex) eller allmänt minskad efterfrågan av el vintern 2022/2023. De bedöms dock fortfarande vara ett av de viktigaste verktygen för lokala nätkapacitetsutmaningar¹⁷⁷ men kräver precis som för andra marknader att alla värden är rätt prissatta, och med prissignaler som når fram. Oberoende aggregering har också stor potential att samla många små resurser (exempelvis hos hushållen) för att skapa en samlad större nytta både för lokala flaskhalsar och för systemtjänster på nationell nivå.

Därutöver har nätbolagen redan idag möjlighet att avropa flexibilitetstjänster mer generellt via marknadsbaserad anskaffning av flexibilitetstjänster¹⁷⁸. Ett större arbete med en ny nätkod (nätföreskrifter och kommissionsriktlinjer) för efterfrågefleksibilitet¹⁷⁹ pågår och kommer att få stor påverkan på nätbolagens möjligheter och förutsättningar att avropa efterfrågefleksibilitet. Syftet med reglerna är att möjliggöra för flexibilitetsresurser att få tillgång till elmarknaderna samt att underlätta för nätföretagens marknadsbaserade anskaffning av tjänster. Nätkoden beslutas på EU-nivå i slutet av 2024, därefter ska det införas i svensk lagstiftning. Det pågår generellt mycket arbete på nationell- och EU-nivå med lagstiftning, policy och informationskampanjer. För det arbete som berör ett mer effektivt nätutnyttjande och i slutändan förmågan att upprätthålla effektbalans hänvisas i första hand till uppdraget att främja ett mer flexibelt elsystem och den kartläggning som görs där¹⁸⁰, rapportering sker 15 december 2023.

¹⁷² Se: <https://www.svk.se/aktorsportalen/anslut-till-transmissionsnatet/transmissionsnatstariffen/tariff-prislistor-avtal-abonnemang/>.

¹⁷³ Se: <https://www.svk.se/utveckling-av-kraftsystemet/systemansvar--elmarknad/lokala-flexibilitetsmarknader/> och i faktabladet från Power Circle <https://powercircle.org/lokala-flexibilitetsmarknader-2022.pdf>.

¹⁷⁴ Se: <https://www.svk.se/utveckling-av-kraftsystemet/systemansvar--elmarknad/inforande-av-aktorsrollerna-bsp-och-brp/> och <https://ei.se/om-oss/nyheter/2023/2023-05-25-ei-har-tagit-beslut-om-villkor-for-leverantorer-av-balanstjanster-och-balansansvariga-parter>.

¹⁷⁵ Se: <https://ei.se/bransch/flexibilitet-i-elsystemet/kundens-bidrag-till-efterfrageflexibilitet/oberoende-aggregatorer> och <https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2023/02/proposition-om-nya-regler-for-aggregeringstjanster-pa-elmarknaden/>.

¹⁷⁶ Se: <https://ei.se/bransch/reglering-av-natverksamhet/reglering---elnatsverksamhet/villkorade-avtal-ska-metodgodkannas>.

¹⁷⁷ Svenska kraftnät (2023a).

¹⁷⁸ Energimarknadsinspektionen (2023a).

¹⁷⁹ ENTSO-E (2023).

¹⁸⁰ I2022/01578, *Uppdrag att främja ett mer flexibelt elsystem*. Rapporteras 15 december 2023.

7.2 Hur relaterar elinfrastrukturen till användningen av effekt?

Elnäten i Sverige är uppdelade på tre nivåer; transmissionsnättnivå (nationellt) samt distributionsnättnivå regionalt och lokalt. Ibland är förväntad produktion eller användning på någon eller flera nivåer så stor att överföringskapaciteten (nätkapaciteten) inte räcker till, exempelvis i samband med nytillkommande behov. Det finns därmed så kallade flaskhalsar i näten som kan leda till att prissättningen inte matchar efterfrågan. Det ökande elbehovet som kommer med samhällets elektrifiering och ny industri innebär stora utmaningar kopplat till nätkapacitet, på samtliga nätnivåer. Regioner eller lokala delar av Sverige kan bli begränsade i sin användning av effekt trots att den finns tillgänglig på nationell nivå.

Sverige har de senaste 30 åren haft en relativt konstant elanvändning trots ökad befolkningsmängd och bruttonationalprodukt (BNP), en trend som bland annat berott på energieffektivisering. Men som nämnts i kapitel 3 sker nu en förändring där elanvändningen förväntas öka kraftigt över tid. Det ökade elbehovet leder till ett ökat behov av nätutbyggnad och ny elproduktion vilket förutspås leda till en fortsatt kraftig utbyggnad av väderberoende elproduktion även i scenarier där andra kraftslag också byggs ut kraftigt¹⁸¹. Därmed kommer det sannolikt finnas stora utmaningar på samtliga nivåer i systemet gällande effektbalans i topplasttimmen (se nästa avsnitt), men också stora möjligheter med energieffektivisering och flexibilitet i elsystemet. Innan diskussionen om hur dessa utmaningar kan hanteras genom energieffektivisering och flexibilitet behövs en närmare förståelse för hur topplast, nätkapacitet och elproduktion hänger ihop med effekt.

7.2.1 Topplast

Topplast¹⁸² sker de tider, under en given tidsperiod och i ett givet system, då det sammanlagda effektbehovet är som störst. Den timme på året med absolut störst genomsnittligt effektuttag kallas topplasttimmen, vilken historiskt sett inträffar på vintern då det är kallt och det sammanlagda behovet av el för uppvärmning är som störst, liksom även risken för effektbrist¹⁸³. Svenska kraftnät har stödtjänster och andra avhjälpande åtgärder i sin verktygslåda för att hantera samtliga driftsituationer. För att dimensionera verktygen görs resurstillräcklighetsanalyser¹⁸⁴ kopplade till regeringens beslutade tillförlitlighetsnorm¹⁸⁵ som innebär krav på effekttillräcklighet alla timmar på året utom en. Ett av verktygen är

¹⁸¹ Chalmers (2023).

¹⁸² Med last menas använd effekt, det vill säga effektuttag från nätet.

¹⁸³ Effektbrist kan uppstå vid andra tillfällen, exempelvis när planerbar elproduktion oväntat blir avställd.

¹⁸⁴ Läs mer på: <https://www.svk.se/aktorsportalen/bidra-med-reserver/om-olika-reserver/effektreserv/>.

¹⁸⁵ Regeringskansliet (2022) och Energimarknadsinspektionen (2021a).

effektreserven¹⁸⁶ där det framöver också ingår avtal om minskad elanvändning.

7.2.2 Nätkapacitet

Som grund att stå på när det gäller att hantera risker finns således en lag om effektreserv och tillförlitlighetsnormen som faller under Svenska kraftnäts ansvar. Även distributionsnätbolagen gör riskanalyser för sina nät, kopplat till topplasttimmen. Riskerna och regleringen styr vilken höjd nätbolagen behöver ta för kapaciteten i näten när nya användare vill ansluta, eller när befintliga användare vill höja sina abonnemang. När nya användare nekas anslutning eller får köa länge kan exempelvis den långsiktiga konkurrenskraften försämrats och företagens investeringar riskerar att försenas eller utebli. Vid bedömningarna ska nätbolagen beakta riskerna med ett så kallat N-1 kriterium¹⁸⁷ som förenklat innebär att leveransen av el inte ska påverkas vid bortfall av en komponent (som exempelvis en ledning eller transformator). N-1 kriteriet har dock kritiserats för att vara onödigt kostsamt¹⁸⁸ och att det finns mer kostnadseffektiva alternativ¹⁸⁹. Svenska Kraftnät har i skrivande stund ett uppdrag att utreda driftsäkerhetsnormen¹⁹⁰. Idag är dock N-1 kriteriet den grund med vilken nätbolagen avgör om ny anslutning eller effekthöjning hos befintliga användare är möjlig. Topplast är en faktor i beräkningen.

I praktiken är kapacitetsbegränsningen dock inte en fast absolut nivå, utan beror på olika tekniska omständigheter. Nätbolagen behöver räkna kontinuerligt på sina nät och vilka laster de klarar, i takt med att deras lokala landskap förändras. Nätförstärkning behöver göras där den är mest kostnadseffektiv. Mer decentraliserad elproduktion, urbanisering, elektrifiering av transport och industri, nya industrier etc. är några av förändringstrenderna. På transmissionsnättnivå finns en trend av större behov av överföring i öst-västlig led i kontrast till de befintliga (dock ändå begränsande) ledningar som löper i nord-sydlig riktning.

Som ett led i utbyggnad och förstärkning av näten kommer digitalisering spela en avgörande roll. Med digitalisering ökar nätbolagens verktygslåda och förmåga att hantera sina nät närmare realtid vilket över lag bör leda till ett mer effektivt nätutnyttjande. Till exempel genom så kallad ”dynamic line rating” vilket innebär att kapaciteten i en given ledning beräknas dynamiskt genom temperaturgivning, eller genom att mer effektivt kunna avropa flexibilitetstjänster. Den nya nätkoden för efterfrågefleksibilitet ställer höga krav på standardisering och

¹⁸⁶ I enlighet med lag (2003:436) om effektreserv.

¹⁸⁷ Enligt europeisk lagstiftning (Kommissionens förordning (EU) 2017/1485 av den 2 augusti 2017 om fastställande av riktlinjer för driften av elöverföringssystem) ska varje systemansvarig för överföringssystem sträva efter att säkerställa att det egna överföringssystemet förblir i normaldrifttillstånd, d.v.s. det systemdrifttillstånd där samtliga parametrar är inom definierade driftsäkerhetsgränser, och robusthet i form av att systemet är stabilt även efter att en eventuell störning inträffat (N-1 kriteriet) uppfylls.

¹⁸⁸ Energiforsk (2020a).

¹⁸⁹ Energiforsk (2020b).

¹⁹⁰ KN2023/03507, Uppdrag att lämna förslag till norm för driftsäkerhet i framtida normalläge.

digitalisering och blir en viktig grund för fortsatt arbete för att effektivt utnyttja näten. Nätkoden förväntas kunna implementeras i svensk lagstiftning tidigast under 2025. Allt detta innebär att det behöver göras ordentliga investeringar i näten. Tidigare studier¹⁹¹ har beräknat att investeringar i befintlig och utbyggd nätinфраstruktur skulle kunna uppgå till cirka 1 000 miljarder kronor till 2045, varav regionala och lokala nätbolag står för 800 miljarder kronor.

7.2.3 Elproduktion

Det är viktigt att komma ihåg att obalanser också kan hanteras med längre tidsperspektiv än enbart timmen (eller kvarten). Elpriser kan variera mycket från dag till dag, vecka till vecka och över säsonger. Vid en framåtblick går det att se att en större andel förnybar produktion (oaktat mer eller mindre kärnkraft)¹⁹², kommer leda till större variation i utbud av el över dygnet och veckan samtidigt som användarmönstren sannolikt kommer ändras med nya lastprofiler i systemet. De skiften som kommer att prägla elsystemet och kan leda till att den kallaste vinterdagen inte längre nödvändigtvis är definierande för den största utmaningen kopplat till effekt. En given måndag i augusti skulle också kunna vara föremål för de största utmaningarna med att upprätthålla effektbalansen. Även om elbehovet troligtvis kommer vara större på vintern (allt annat lika behövs ändå mer el för uppvärmning den tiden på året) är det troligt med en framtid där elproduktionsmixen är dimensionerande för utmaningen att hantera de största obalanserna, som alltså inte nödvändigtvis inträffar bara under de kallaste vinterdagarna.

Samtidigt blir vindenergi som det dominerande väderberoende kraftslaget alltmer förutsägbart och stabilt med högre verk som producerar fler timmar på året, och prognoserna dagen före leveranstimmen blir också allt bättre. Det blir också en större geografisk spridning av vindkraften som gör att elsystemet blir mer robust och tillförlitligt i termer av tillgänglig kapacitet. I synnerhet med alltmer integrerade nät på internationell nivå väntas vindenergi verka mer i synergi¹⁹³. Även solenergi och vindenergi har vissa säsongsbetonade synergier kopplat till vädret. Med andra ord behöver inte variabiliteten öka linjärt 1:1 med ny förnybar elproduktion, även om den givetvis kommer öka.

7.3 Effektiv användning av effekt genom efterfrågefleksibilitet

Utmaningarna som beskrivits i detta kapitel kan adresseras på flera olika vis. Några har redan nämnts, exempelvis nätförstärkning och digitalisering, lokala flexibilitetsmarknader och utbyggnad av elproduktion. Däremot är flexibel användning av effekt samt energieffektivisering i hög grad en möjlighet här och nu, till skillnad från

¹⁹¹ Energiföretagen (2023).

¹⁹² Energimyndigheten (2023b).

¹⁹³ European environment agency (2023).

exempelvis nätutbyggnad som tar lång tid att genomföra. Många aktörer, även små, kan sammantaget åstadkomma betydande nytta på detta sätt. Redan tidigare, i kapitel 2, har det diskuterats hur effektivisering och flexibel användning påverkar användning av effekt, men i detta avsnitt fördjupas diskussionen om efterfrågefleksibilitet.

7.3.1 Beskrivning av efterfrågefleksibilitet

Efterfrågefleksibilitet definieras i det så kallade elmarknadsdirektivet¹⁹⁴ artikel 2.20¹⁹⁵. Förmågan att anpassa last och effektuttag jämfört med det normala användarmönstret finns hos i princip alla elanvändare i någon utsträckning. Det kan enligt definitionen av efterfrågefleksibilitet röra sig om att antingen flytta efterfrågan av effekt eller reducera respektive höja efterfrågan av effekt, i samtliga dessa fall som svar på en prissignal.

Att skifta sin efterfrågan på el innebär med andra ord att den avsedda nyttan till fullo realiseras eller bibehålls, det är bara en fråga om när nyttan realiseras. Att å andra sidan reducera sin användning av effekt tillfälligt utan kompensation innebär att man på det stora hela också avstår från elenergi. I detta fall är användaren så flexibel att nyttan kan åstadkommas på alternativ väg. Det kan röra sig om en besparing där exempelvis personerna i ett hushåll klär sig varmare eller eldar med ved i stället för eluppvärmning. Båda dessa exempel ingår i begreppet efterfrågefleksibilitet om incitamentet är signaler från någon elmarknad och åtgärden innebär en avvikelse från det normala. Om en användare anpassar sin efterfrågan frivilligt under den tid som elpriserna är höga handlar det om *implicit* efterfrågefleksibilitet. Om en användare däremot genom avtal bundit sig till att sänka sitt effektuttag under givna perioder handlar det om *explicit* efterfrågefleksibilitet.

Vid en diskussion om efterfrågefleksibilitet bör det också tas hänsyn till ekonomisk hållbarhet och i synnerhet ur ett energifattigdomsperspektiv. Vintern 2022/2023 karakteriserades av en (då fortsatt) kraftigt minskad elanvändning, cirka 5–8 procent per månad i perioden september 2022 – februari 2023, och i januari 2023 var genomsnittlig effektreduktion i Sverige cirka 1,3 gigawatt (GW)¹⁹⁶. Effektreduceringen i januari 2023 motsvarar nettoeffekten från Sveriges enskilt största kärnkraftreaktor Oskarshamn 3. Samtidigt var det också många hushåll och företag i Sverige som hade det svårt under perioden som följde efter Rysslands anfallskrig mot Ukraina. Med andra ord är det viktigt att perspektiv kring energifattigdom finns med för att inte överskatta potentialen för

¹⁹⁴ EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV (EU) 2019/944 av den 5 juni 2019 om gemensamma regler för den inre marknaden för el och om ändring av direktiv 2012/27/EU.

¹⁹⁵ Efterfrågefleksibilitet: förändringar i belastningen i fråga om el från slutkunder, jämfört med deras normala eller nuvarande konsumtionsmönster, som svar på marknadssignaler, inbegripet som svar på tidsvarierande elpriser eller ekonomiska incitament, eller som svar på antagandet av slutkundens bud om att sälja efterfrågeminskning eller -ökning till ett visst pris på organiserade marknader enligt definitionen i artikel 2.4 i kommissionens genomförande förordning (EU) nr 1348/2014 (17), enskilt eller genom aggregering.

¹⁹⁶ Svenska kraftnät (2023b).

efterfrågeflexibilitet. Effektreducering med risk för konkurs, avkall på behov eller utebliven nytta som inte nås på annat sätt ingår inte i begreppet efterfrågeflexibilitet.

7.3.2 Potential för efterfrågeflexibilitet

Potentialen för efterfrågeflexibilitet analyseras i uppdraget att främja ett mer flexibelt elsystem¹⁹⁷. Potentialen är i hög grad avhängig på om elanvändarna äger resurser som kan styras smart¹⁹⁸. Det kan exempelvis vara moderna värmepumpar, laddbara fordon, flexibla förädlingsprocesser inom industrin, och styrning av kylning eller elektrolysörer för vätgasproduktion. Många hushåll och företag har redan idag sådana typer av resurser vilket gör den teoretiska potentialen mycket stor.

Flexibilitetspotentialen som faktiskt är tillgänglig och dessutom kan möjliggöras är dock inte densamma som en teoretisk potential. Bland möjliggörande faktorer ingår att värden måste prissättas och prissignalerna måste nå användaren. Det kan också finnas hårda krav för att kunna realisera sin resurs, exempelvis förkvalificeringskrav på balansmarknaden¹⁹⁹, eller mjuka hinder i att förstå hur man bäst kan bidra med en given resurs. I deluppdrag 5 i nämnda uppdrag om att främja flexibilitet lyfts fem utvecklingsområden för att möjliggöra mer flexibilitet i elsystemet:

- Flexibilitet från industriella aktörer.
- Aggregering, obalansjustering, rätt mätning och avräkning.
- Effektivt nätnyttjande.
- Utveckling och information om balansmarknaden.
- Kundinformation.

Områdena kopplar till ett antal åtgärdsförslag som är tänkta att möjliggöra att en större del av den teoretiska potentialen blir tillgänglig, och att en större del av den tillgängliga potentialen faktiskt kan realiseras.

Aggregering ingår i ett särskilt utpekad område och kopplar starkt till potentialen för efterfrågeflexibilitet. Aggregering är ett sätt att samla många mindre och decentraliserade resurser för att agera samverkande för större effekt, och optimerat för systemet. Det möjliggör också för enskilda användare att få tillträde till marknadsplatser som annars är utom räckhåll och därmed till högre lönsamhet med styrbara resurser.

Andra aspekter som går in i den realiserbara potentialen är vad som praktiskt är möjligt att realisera och tillgängligt under vissa omständigheter. Vad som är praktiskt möjligt kan kopplas exempelvis till den lägsta mängd energi som behövs för ett laddbart fordon eller

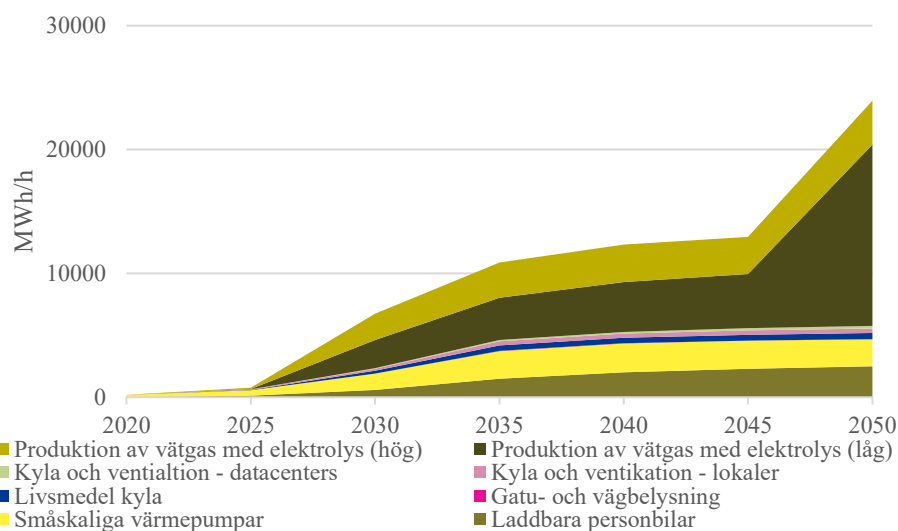
¹⁹⁷ I2022/01578, *Uppdrag att främja ett mer flexibelt elsystem*. Publiceras 15 december 2023.

¹⁹⁸ Energimyndigheten (2023n).

¹⁹⁹ Förkvalificering är den process som används för att säkerställa att den enhet eller grupp som ska leverera en reserv uppfyller de tekniska kraven för den reserven. Källa: Svenska kraftnät (2023c).

uppvärmning till en lägsta acceptabel temperatur med en värmepump. Tillgängligheten kan vara kopplad till hur ofta fordonet laddas eller till att värmepumpen inte används till värme på sommaren. Det är således viktigt att ta hänsyn till *uthållighet* när man karakteriserar och uppskattar efterfrågeflexibilitet; hur länge man kan avvika från normalmönstret, och *återhämtningstid*; hur lång tid tar det innan man återgår till normaltillståndet. Aktiveringen av en flexibilitetsresurs är också priskänslig vilket är något som behöver tas hänsyn till vid uppskattningen av den realiserbara flexibiliteten, i synnerhet vid elmarknadsmodellering. I deluppdrag 5 att främja ett mer flexibelt elsystem gjordes inte någon analys av priskänsligheten, utan värden från tidigare analys antogs²⁰⁰. Ett fortsatt arbete kring priskänsligheten för aktivering av olika flexibilitetsresurser är något som skulle vara värdefullt och öka förståelsen kring den realiserbara flexibilitetspotentialen i framtiden.

Efterfrågeflexibilitet brukar kvantifieras som genomsnittlig effekt; energi per tid (exempelvis kilowattimme per timme; kWh/h). I Figur 10 visas potentialen för efterfrågeflexibilitet för olika typer av resurser med antagande om tillgänglighet på kort och lång sikt. Det är inte en komplett lista, exempelvis finns inte delar av transportsektorn och industrin med. Laddbara personbilar uppskattas stå för cirka 80 procent av transportsektorns elanvändning 2030 och studier har visat att exempelvis transportbolag optimerar för sin logistik i första hand vilket antyder att eventuell laddning av deras fordon kommer styras med lastbalansering snarare än mot prissignaler om de laddar i en depå.



Figur 10. Uppskattad tillgänglig potential för efterfrågeflexibilitet för utvalda resurser 2020–2050, MWh/h.

Anm. Uppskattad i uppdraget att främja ett mer flexibelt elsystem.

²⁰⁰ Svenska kraftnät (2022).

Uppskattningen i Figur 10 visar att hushållens värmepumpar är den största bidragande resursen för efterfrågefleksibilitet till 2025 med uppåt 400 megawattimmar per timme (MWh/h), vilket är ungefär hälften av potentiellt bidrag från storskaliga batterier samma år. Även på längre sikt förblir värmepumpar en starkt bidragande resurs och skulle enligt uppskattningarna kunna stiga till över 2 000 MWh/h. I övrigt blir laddbara personbilar en betydande resurs på nationell nivå från 2030 då potentialen uppskattas till över 600 MWh/h för att sedan stiga till 2 500 MWh/h 2050. Laddbara personbilar är också en resurs som med hög sannolikhet går att räkna med eftersom den marknaden redan är väl etablerad och drivs fram av annat än elsystemets behov.

Något som inte räknas till efterfrågefleksibilitet är dubbelriktad laddning²⁰¹ där potentialen på längre sikt också kan bli mycket stor. Det som verkligen kan ändra landskapet är dock intåget av fossilfri vätgasproduktion med elektrolysörer. Potentialen ser olika ut för olika kommande vätgasprojekt, men uppskattningen är att vätgas kommer ha det enskilt största bidraget av flexibilitet för elsystemet. År 2040 väntas potentialen vara mellan 4 000 och 7 000 MWh/h, vilket är flera gånger större än dagens effektreserv (Karlshamnsverket) som är 662 megawatt (MW). Det bör sägas att möjligheten att styra produktionen av vätgas flexibelt uppstår i huvudsak från lagring. Lagring som möjliggör flexibel vätgasproduktion är främst vätgaslager och vätgasledningar men kan också vara exempelvis lagring av andra insatsvaror eller intermediära produkter i processen.

Med tanke på den stora potential som finns hos elektrolysörerna skulle åtgärder som ökar incitamentet att tillgängliggöra flexibilitet i ett så tidigt skede som möjligt kunna vara viktigt, gärna redan i samband med investeringsbeslut för vätgasprojekten. Det skulle exempelvis kunna röra sig om investeringen i ett energilager, bättre möjlighet att ansluta sig till ett framtida vätgasnät, eller processoptimering utifrån möjlighet till efterfrågefleksibilitet. Flexibilitet med vätgas adresseras mer i detalj i uppdraget att samordna arbetet med vätgas i Sverige²⁰².

Det är inte bara topplasttimmen som styr behovet av flexibilitet på nationell nivå, men den är till stor del dimensionerande för planering och drift av näten. Sett ur ett effekttillräcklighetsperspektiv kan då topplasttimmen vara det mest väsentliga att undersöka²⁰³, men det är viktigt att förstå att nytta även kan skapas över kortare och längre tidsperioder än så. På kort sikt, under timmarna fram till leverans av el, kan flexibilitet användas för att hantera prognosfel av last och produktion. Flexibilitet över dygn och säsonger behövs också för att hantera

²⁰¹ Kommunikation mellan elbilar och väggmonterade laddboxar.

²⁰² KN2023/02715, *Uppdrag att samordna arbetet med vätgas i Sverige*.

²⁰³ Svenska kraftnät (2023d).

variabiliteten hos solkraft, samt över veckan och säsongen för att hantera variabiliteten i den förnybara elproduktionen. Precis som vid prognosfel kan flexibilitet bidra även i andra situationer när oförutsedda händelser inträffar, vilket gör att flexibilitet är viktigt även för ett resilient och tryggt elsystem. Inte minst eftersom det också skapar större utrymme för mer decentraliserad elproduktion.

Sammantaget bedömer Energimyndigheten att det kommer finnas en stor teoretisk potential för efterfrågefleksibilitet i elsystemet framöver. Det som redovisats i detta kapitel och i uppdraget att främja ett mer flexibelt elsystem blir viktiga för att realisera den potentialen. Det är viktigt att notera att efterfrågefleksibilitet och lagring, som är två olika typer av flexibilitet, ofta hänger ihop. Möjligheten till flexibel användning av el kan uppstå från möjligheten att lagra energi, exempelvis för styrning av elektrolysörer för produktion av vätgas med hjälp av ett vätgaslager.

7.4 Efterfrågefleksibilitet och energieffektivisering – hur hänger de ihop?

Sveriges elsystem står inför en del utmaningar när det kommer till effektfrågan, men att enbart bygga ut nät är inte lösningen. Att bygga ett överdimensionerat nät helt utan risk för effektbrist är inte en samhällsekonomiskt effektiv lösning. Det finns däremot stora möjligheter att bygga ut ett smart och kostnadseffektivt system som banar väg för, eller till och med accelererar, samhälls- och klimatomställningen. Detta då det finns stora samhällsekonomiska vinster med att utnyttja elnätet mer effektivt, men givetvis också genom att utnyttja energi mer effektivt. Efterfrågefleksibilitet och energieffektivisering är två olika sätt att använda elektrisk effekt på ett mer effektivt sätt. Det sista avsnittet i detta kapitel innehåller en analys av hur energieffektivisering och efterfrågefleksibilitet kan samverka. Energieffektivisering har beskrivits närmare tidigare i rapporten men i följande avsnitt görs ett litet återbesök vid begreppet energieffektivisering och då i relation till användningen av effekt.

7.4.1 Energieffektivisering påverkar användning av effekt

Energieffektivisering har och får som beskrivits tidigare en rad olika nyttor och konsekvenser varav en är att det kan leda till ett förändrat effektuttag. Vissa åtgärder reducerar den effekt som behövs från elsystemet, som exempelvis att byta ut värmesystem med direktverkande el mot värmepump eller att tilläggsisolera en byggnad. Dessa typer av effektreducerande effektiviseringsåtgärder karakteriseras av minskad total energianvändning och därmed sänkt effektbehov. Den reducerade användningen skickar en signal till elleverantören som på sikt kan justera sin lastprognos, vilket i slutändan kan påverka elpriset. Om energieffektiviseringen leder till ett minskat effektbehov och till att användaren kan minska sitt abonnemang mot nätbolaget har nätbolaget en möjlighet att justera beräkningar efter den frigjorda nätkapaciteten. Det

kan i sin tur leda till att ytterligare en elanvändare kan ansluta mot samma nät och leder till ett mer effektivt nätutnyttjande. I annat fall skapas luft i systemet vilket visserligen leder till möjlighet att bättre utnyttja energin men inte nödvändigtvis till bättre utnyttjande av elnäten.

Andra energieffektiviseringsåtgärder kan innebära ett ökat behov av effekt från elsystemet, exempelvis i samband med elektrifiering av en industriell process eller vid byte till en laddbar personbil. Vid stora förändringar förväntas elanvändaren också ändra sitt elabonnemang, men i exemplet om en laddbar personbil är det sannolikt vanligare att hushållet lastbalanserar²⁰⁴ bakom mätaren vid de tillfällen man behöver ladda bilen.

7.4.2 Samverkan mellan energieffektivisering och efterfrågefleksibilitet

Generellt bör energieffektiviseringsåtgärder som permanent minskar effektuttaget på en aggregerad nivå också leda till minskat behov av flexibilitet både indirekt och direkt; direkt genom att lasten minskar och därmed variabiliteten i lasten, och indirekt om behovet av ny elproduktion i form av vindkraft blir lägre och därmed ger en lägre variabilitet i elproduktionen. Med variabilitet menas helt enkelt förväntad och oväntad variation som kan leda till förväntad obalans som slår på elpriserna på dagen före-marknaden, och oväntad obalans som behöver hanteras på intradagsmarknaden och balansmarknaden.

För Sverige som nettoexportör av el i dagsläget kan energieffektivisering leda till fler tillfällen med negativa elpriser. I dessa lägen kan efterfrågefleksibilitet i form av absorberande strategier²⁰⁵ hjälpa systemet vilket leder till jämnare elpriser.

Elektrifieringen i sig som energieffektiviseringsåtgärd leder däremot till en ökning av effektuttaget. I många fall skapas då en klimatnytta men det ”bekostas” av elsystemet. Därför bedöms elektrifiering leda till ett ökat behov av efterfrågefleksibilitet, men också till en ökad potential för efterfrågefleksibilitet om resursen som elektrifieras kan styras smart efter en given prissignal som når fram. Teknikutvecklingen så som den har sett ut möjliggör ofta att nya investeringar i energieffektivisering ofta kommer med bättre styrförmåga, något som kan ge flera positiva effekter. Med fler flexibla resurser i systemet, trots ökad elanvändning och mer variabel elproduktion, kan systemet på så sätt bli mer resilient och stabilt.

Med välfungerande elmarknader där alla värden är prissatta och signalerna når fram till elanvändarna finns stora möjligheter för systemet och de enskilda användarna att gynnas av både energieffektivisering och

²⁰⁴ Lastbalansering innebär enkelt beskrivet att använd effekt optimeras eller fördelas mer jämnt bakom elmätaren utifrån maximal tillgänglig effekt som bestäms av abonnemanget.

²⁰⁵ Absorberande strategi innebär en ökad elanvändning när elpriset är lågt. Motsatsen är kompletterande strategi då man matar in el på nätet, vanligtvis när elpriset är högt.

efterfrågeflexibilitet. Detta sker om användarna kan få betalt för de nyttor de skapar samtidigt som de kan minska sina utgifter, exempelvis i form av minskade abonnemangskostnader.

Sammantaget finns en generell positiv samverkan mellan efterfrågeflexibilitet och energieffektivisering kopplat till utmaningarna i framtidens elsystem, i synnerhet om de resurser som elektrifieras och blir mer elintensiva också kan bidra med flexibilitet. En viktig förutsättning är att skapa incitament för att investera i flexibilitet och energieffektivisering särskilt för nytillkommande stora elanvändare. Med rätt incitament på plats kan efterfrågeflexibilitet och energieffektivisering, och samverkan däremellan, leda till en alltmer effektiv användning av effekt.

8 Hinder för en effektivare användning av energi och effekt

Det finns hinder både för att realisera den samhällsekonomiska potentialen för energieffektivisering och potentialen för efterfrågefleksibilitet. Det innefattar bland annat varför inte till synes lönsamma åtgärder genomförs och varför inte fler åtgärder är lönsamma för den som ska genomföra dem. I detta kapitel diskuteras vilka dessa olika hinder kan vara.

8.1 Vad hindrar den samhällsekonomiska potentialen för energieffektivisering att realiseras?

För att förstå vad som hindrar att den samhällsekonomiska potentialen för energieffektivisering realiseras kan det vara praktiskt att dela upp frågan i två delar. Den första handlar om varför till synes lönsamma åtgärder inte genomförs, det vill säga åtgärder som ingår i den teknoekonomiska potentialen. Den andra handlar om varför åtgärder som är, eller som skulle kunna bli, lönsamma för samhället inte idag är lönsamma för den som ska genomföra den.

8.1.1 Varför genomförs inte till synes lönsamma åtgärder?

Det finns en omfattande litteratur som studerat det så kallade energieffektiviseringsgapet, det vill säga gapet mellan vilka energieffektiviseringsåtgärder som är lönsamma i en investeringskalkyl och vilka åtgärder som faktiskt blir av²⁰⁶. I resten av detta avsnitt diskuteras några av de hinder som lyfts i dessa studier som kan vara aktuella.

Det kostar att få saker att hända

En aktör som överväger att energieffektivisera sin byggnad eller verksamhet har mycket att ta ställning till. Redan att välja mellan olika produkter när valet att införskaffa produkten i fråga är gjort kräver en del informationsinhämtning, men om frågan är den öppnare ”borde jag göra något särskilt för att effektivisera min energianvändning?” blir det snabbt mer komplext. Som framgår i nästa avsnitt – och vilket visar på kopplingen mellan transaktionskostnader och informationsrelaterade marknadsmisslyckanden – har energianvändaren sällan full information om ens sin nuvarande energianvändning och än mindre vilka alternativa lösningar som står till buds för att minska denna. Även om energianvändaren lyckats komma fram till vad den ska göra för åtgärder kan det också behöva göras val mellan olika fabrikat och olika installatörer eller motsvarande, där det kan vara svårt att på förhand

²⁰⁶ Se till exempel Sorrell, O'Malley, Schleich & Scott (2004).

bedöma vilken kvalitet de håller. Det är svårt att bedöma hur stor risken är för att något går fel. Även för till exempel industriföretag kan det vara svårt att få full förståelse för att det finns energieffektiviseringsåtgärder som är möjliga att genomföra och också lönsamma. Ofta krävs att arbete med energieffektivisering sköts på ett koordinerat sätt inom företaget för att frågan ens ska komma upp på bordet.

För en aktör där samma typ av energianvändning och därmed möjlig energibesparing återkommer gång på gång, som en fastighetsägare med många fastigheter i sitt bestånd, behöver grundjobbet bara göras en gång och kan sedan (eventuellt med mindre uppdateringar) komma till nytta i ett stort antal fastigheter. Utslaget på den sparade energin behöver transaktionskostnaderna därmed inte bli så höga. För mindre aktörer, som en småhusägare eller ett småföretag i en icke-energiintensiv bransch, kan däremot transaktionskostnaderna bli väldigt höga i förhållande till energibesparingen.

Risk kan också vara ett större problem för den mindre aktören, som bara köper en viss vara eller tjänst en gång. Det innebär till exempel att leverantörens incitament att inte tumma på kvaliteten inte är lika höga i fallet med den större fastighetsägaren, som kan bli en återkommande kund om leverantören sköter sig väl. Den större fastighetsägaren kan också slå ut riskerna över hela sitt bestånd, så om en lösning visar sig fungera dåligt kan det behöva åtgärdas i just den fastigheten men sedan väljer fastighetsägaren en annan lösning för nästa fastighet som står på tur.

Åtgärder ska vara lönsamma för den som beslutar om dem

Om en åtgärd framstår som lönsam för den som ska göra åtgärden beror inte bara på de faktiska omständigheterna utan också på hur beräkningen görs. Inom industrin är det vanligt att en rak återbetalningstid på tre år eller rentav ännu kortare tillämpas²⁰⁷. Användningen av återbetalningstid framför mer rättvisande kalkylmetoder (såsom nuvärdesberäkning) missgynnar i sig långsiktiga investeringar som ger avkastning långt efter det att de tre (eller hur många de nu är) åren är till ända. Att använda så korta återbetalningstider som tre år motsvarar dessutom en avkastning som med råge borde överstiga företagets kapitalkostnad, vilket innebär att företaget avstår från investeringar som skulle ge mer tillbaka än vad det skulle kosta företaget att finansiera dem. O'Malley m.fl.²⁰⁸ argumenterar för att denna självpåtagna begränsning kan vara ett fullt rationellt sätt att täcka risker eller dolda kostnader som inte syns i kalkylen, men att det inte alltid är helt rationellt ur företagets perspektiv.

²⁰⁷ Se till exempel Thollander & Ottosson (2010) för en studie från svensk gjuteri- respektive massa- och pappersindustri. Tre års återbetalningstid är också den gräns som sattes upp inom det numera avslutade Programmet för energieffektivisering (PFE) som riktade sig till energiintensiva företag. Företagen förväntades alltså inte genomföra några åtgärder med längre återbetalningstid än så.

²⁰⁸ O'Malley, Scott & Sorrell (2003).

Korta återbetalningstider kan böttna i marknadsmisslyckanden på temat asymmetrisk information, närmare bestämt det så kallade *principal-agent*-problemet. *Principal-agent*-relationer kan uppstå på många håll i organisationer och en person kan ha båda dessa roller samtidigt. Exempelvis kan företagets ägare ses som den primära huvudmannen (*principal*) som sedan utser en *agent* i form av en chef som får ansvaret för driften av företaget. Denne chef anställer i sin tur medarbetare för att utföra olika sysslor och i denna senare relation är chefen att betrakta som huvudman (*principal*) medan de anställda är *agents*. Företagets ägare har inte praktiska förutsättningar att övervaka allt chefen gör, lika lite som chefen kan övervaka vad alla anställda gör, så huvudmännen behöver utforma mekanismer och incitament som säkerställer att de anställda handlar i enlighet med huvudmannens intresse. En möjlighet är att huvudmannen helt enkelt räknar med att de anställda kommer att föreslå en del investeringar som inte ligger i huvudmannens intresse, utan har helt andra motiv som att exempelvis öka den anställdes egen status i organisationen, och därför begränsar investeringsbudgeten och/eller tillämpar hårda återbetalningskrav så att bara de allra mest lönsamma investeringarna blir gjorda.²⁰⁹

En annan möjlighet är att använda sig av bonussystem som baseras på det ekonomiska resultatet för företaget (eller mindre organisatoriska enheter), så att alla ska dela ägarnas intresse av ett starkt resultat. Om dessa incitamentssystem är uppbyggda på ett sätt som premierar snabba resultat kan emellertid långsiktiga investeringar missgynnas. Denna problematik kan också uppstå om den chef som beslutar om investeringen inte stannar så länge på sin post. Chefen har då inga incitament att initiera investeringar med längre återbetalningstider, även om de skulle vara mer lönsamma än investeringar med kortare återbetalningstider om en fullständig nuvärdesberäkning gjordes. Oavsett om *principal-agent*-problemet tar sig uttryck genom att begränsa vilka projekt som får tillgång till finansiering eller genom att chefen saknar intresse av långsiktiga investeringar²¹⁰ blir resultatet att företag kan avstå från energieffektiviseringsåtgärder som inte bara vore samhällsekonomiskt utan också, med rimliga kalkylmetoder, företagsekonomiskt lönsamma.

Fallet med en chef som har andra intressen än företagets ägare understryker att en lönsam åtgärd kan ha svårt att bli genomförd om den som beslutar om åtgärden inte är densamma som den som drar nytta av den. Detta hinder, *delade incitament*, förekommer i många situationer, där det mest klassiska exemplet i fråga om energieffektivisering är relationen hyresvärd-hyresgäst. I Sverige är det normalt att hyresvärderna betalar

²⁰⁹ Ett företag kan naturligtvis också tvingas begränsa investeringsbudgeten av andra skäl, såsom svårigheter att få lån och därmed inte kunna genomföra alla investeringar som är lönsamma.

²¹⁰ Här förutsätts att ägarna har intresse av företagets långsiktiga utveckling – om inte annat för att denna bör speglas i värderingen av företaget i den händelse att ägarna vill sälja. Om så inte skulle vara fallet är det visserligen inte längre fråga om att ägarna och chefen har olika intressen, men resultatet skulle även i ett sådant fall bli att långsiktiga investeringar missgynnas.

uppvärmningen (inklusive varmvatten), medan hyresgästen betalar hushållselen. Det innebär att hyresvärden har incitament att isolera byggnaden och vidta andra åtgärder som minskar uppvärmningsbehovet, men däremot inte att välja energieffektiva vitvaror till sina hyresgäster. Hyresgästen har å andra sidan incitament att bete sig energieffektivt i sin användning av elapparater, men inte i sin användning av värme och vatten.

I teorin borde hyresgäst och hyresvärd kunna enas om lämpliga åtgärder och justera hyran därefter, men det är ovanligt i praktiken²¹¹. Sådana lösningar förutsätter bland annat att hyresgästen har samma information som hyresvärden. För el kan det handla om vilka energibesparingar de nya vitvarorna innebär och vilka hyreshöjningar som därmed skulle vara motiverade. För värme kan det handla om att hyresvärden måste mäta de individuella lägenheternas värmeanvändning (och dessutom kunna särskilja vilka hyresgäster som har låg värmeanvändning för att de betar sig energieffektivt, och därmed borde ”belönas” med en hyresrabatt, och vilka som har låg värmeanvändning för att deras lägenhet ligger bra till i huset (till exempel inte vetter mot en kall vind eller gavel) och kan dra nytta av grannar som håller hög värme). Detta för oss över till frågan om informationsrelaterade hinder.

Att åtgärder är lönsamma hjälper inte om ingen vet det

För att kunna bedöma vilka alternativ för lönsam energieffektivisering som står till buds behöver en aktör både förstå hur den nuvarande energianvändningen ser ut och vilka alternativ som finns att minska denna. Inför energirelaterade köp (av allt från hus till elapparater) behöver aktören också förstå hur alternativens energiprestanda skiljer sig åt för att kunna göra ett välavvägt val mellan energiprestandan och andra attribut. I den nationalekonomiska modellen för en perfekt fungerande marknad förutsätts alla aktörer ha perfekt information, men när det gäller energieffektivisering är ofullständigt information ett centralt tema.²¹²

Ofullständig information kan vara mer eller mindre problematisk i olika fall. För produkter som köps ofta och där kunden direkt kan utvärdera om den fick vad den förväntade sig behöver ofullständig information inte få så stora konsekvenser; det är sannolikt inte värt mödan att kartlägga marknaden i jakt på den ultimata tandkrämen. Blev det inte bra är det bara att köpa ett annat märke nästa gång. För varor och tjänster som köps mer sällan (i synnerhet om den tekniska utvecklingen hinner gå fort under tiden) och där prestandan är svår att utvärdera före eller ens direkt efter köpet, blir det svårare att göra välövervägda val med bristfällig information. Många av de lösningar som är aktuella för

²¹¹ En hyreshöjning på grund av energieffektivisering skulle dessutom i allmänhet komma i konflikt med det svenska bruksvärdessystemet där energieffektiviseringar normalt räknas som underhåll och inte som standardhöjningar som ger rätt att höja hyran.

²¹² Se till exempel O'Malley, Scott & Sorrell (2003), som ligger till grund för stora delar av detta avsnitt.

energieffektivisering uppfyller dessa kriterier, vilket innebär att ofullständig information blir ett reellt problem vid köptillfället.

När det gäller ett flertal energieffektiviseringsåtgärder är ofullständig information ett hinder för att det överhuvudtaget ska bli fråga om något köptillfälle. I motsats till exempelvis ett fordon, där energianvändningen kan följas i princip i realtid, får elkunder normalt mycket begränsad återkoppling om sin energianvändning. Fakturan, som kanske kommer månadsvis eller än mer sällan, ger ingen information om hur användningen fördelas på olika apparater. Såvida inte kunden har timprisavtal är den tidsmässiga fördelningen heller inte närmare preciserad än vilken månad användning skett. Kunder får alltså mycket begränsad ledning i vad som driver energianvändningen och därmed vad som skulle kunna vara angeläget att åtgärda, oavsett om åtgärden sedan består i köp av någon typ av utrustning eller ett förändrat beteende.

Om en energianvändare vill energieffektivisera behöver den alltså lägga ner tid och möda på att inhämta information, både om hur ens nuvarande energianvändning ser ut och vad man kan göra åt det. Om det blir aktuellt att köpa något, oavsett om det handlar om en vara eller tjänst som syftar till att spara energi eller om en produkt som kunden vill ha av andra skäl men som påverkar kundens energianvändning, kan även ett annat informationsmisslyckande bli aktuellt, nämligen asymmetrisk information.

Asymmetrisk information är ett särskilt fall av ofullständig information där parterna i en transaktion har olika mycket information om det som är föremål för transaktionen. Tillämpat på energieffektivisering kan det vara svårt för en köpare att bedöma energiprestandan på en produkt, vilket ger säljaren ett informationsövertag. Om det inte finns något sätt för kunden att få oberoende information om energiprestandan, till exempel genom en reglerad energimärkning på relevanta produkter, blir det svårt för kunden att väga in energiprestandan i sitt köpbeslut. Det gör det inte bara svårare för kunder som efterfrågar mer energieffektiva alternativ, utan riskerar rentav att dra med sig hela utbudet i en mindre energieffektiv riktning, då tillverkarna har incitament att prioritera andra attribut hos sina produkter som kunden kan bedöma på förhand och därmed tänkas vara beredda att betala mer för.

Asymmetrisk information kan också skapa problem i finansieringen av energieffektiviseringsåtgärder, då långgivaren kan ha svårare än låntagaren att bedöma såväl åtgärdens lönsamhet som låntagarens kreditvärdighet och därmed antingen kräva en väldigt hög ränta för att kompensera sig för den upplevda risken eller neka lånet helt. Detta kan särskilt skapa problem för nya lösningar, vars lönsamhet är mer svårbedömd för en utomstående, liksom för hushåll med låga och oregelbundna inkomster,

fastighetsägare på svaga bostadsmarknader och andra med svårbedömd återbetalningsförmåga.

Både när det gäller ofullständig och asymmetrisk information kan kunden ofta skaffa sig mer information²¹³. Beroende på situation kan kunden till exempel anlita ett proffs som går igenom energianvändningen i kundens hem eller verksamhet, ta del av oberoende produkttester, fråga andra om rekommendationer på produkter och utförare och så vidare. Detta är dock förknippat med kostnader i tid och/eller pengar. För åtgärder som sparar mycket pengar kan denna initiala investering i informationsinhämtning betala sig mycket väl, varför en rationell aktör skulle bedöma det mödan värt. Här finns en tydlig samverkan med prissättande styrmedel, där dessa bidrar till att öka energikostnaderna och därmed lönsamheten i att skaffa information om hur energikostnaden kan minska. Ett hinder i sammanhanget är dock att människor tenderar att inte fullt ut bete sig så rationellt som de ekonomiska standardmodellerna utgår från, vilket är temat för nästa avsnitt.

Ingen orkar vara rationell hela dagarna

De ekonomiska standardmodellerna utgår från att människor betar sig rationellt utifrån sina mål, vilket för privatpersoner antas vara att maximera sin nytta (i bred bemärkelse) och för företag att maximera sin vinst. Som framgick av avsnitt 6.3 är inte heller antagandet om nytta oproblematisk, men här är fokus på antagandet om rationalitet. Detta antagande grundas inte i en övertygelse om att människor i alla lägen är strikt rationella. Det grundas snarare i uppfattningen att människors irrationalitet spretar åt alla håll och därmed inte kan förutspås eller fångas i modeller. Därmed kan perfekt rationalitet anses vara den minst missvisande representationen av verkligheten. Denna uppfattning stöds dock inte av mer beteendeorienterad forskning, där inte minst ekonomipristagaren Daniel Kahneman visat att människors irrationalitet inte är helt slumpmässig²¹⁴. Tvärtom finns det vissa regelbundenheter, eller kognitiva snedvridningar (biases), i människors beteende som kan bidra till att kasta ljus över varför vi inte alltid gör det som verkar vara rationellt.

Kahnemans teorier kan lättast förstås genom att tänk att människors beslutsfattande sker på två olika sätt. Det rationella sättet, som traditionell (neoklassisk) nationalekonomi utgår från, kallar Kahneman för system 2. När vi kopplar på detta system väger vi för och emot och bestämmer oss

²¹³ Detta gäller förvisso även långgivare, som kan skaffa sig mer information om den presumtiva låntagarens kreditvärdighet och åtgärdens lönsamhet, men så länge det finns gott om ”enkla” kunder med säkrare återbetalningsförmåga borde långgivarens intresse för detta vara begränsat. Ett mer attraktivt alternativ, som nyttjas av vissa nischbanker, är att förvisso erbjuda lån till ”riskfyllda” kunder men då till så höga räntor att låntagarna sällar ut sig själva, d.v.s. enbart de som själva bedömer att de har möjlighet att betala en ränta långt över det normala vägar ta lånen (och för de kunder denna bedömning visade sig vara ett utslag av dåligt omdöme så har banken ändå fått in tillräckligt mycket pengar från andra kunder för att täcka kreditförlusterna).

²¹⁴ Se Kahneman (2011) för en populärvetenskaplig genomgång.

för det alternativ som sammantaget tjänar oss bäst. Detta sätt är dock kognitivt krävande, så skulle det tillämpas för varje beslut i vardagen skulle vi knappt komma ur sängen innan våra hjärnor blev helt överbelastade. I stället låter vi oftast system 1 styra.

När system 1 är påkopplat är beslutsfattandet mer automatiskt och intuitivt. Vi tar hjälp av rutiner och tumregler eller låter helt enkelt bli att fatta beslut om vi inte absolut måste. Vi äter samma frukost som vi vet att vi brukar gilla i stället för att gå igenom all mat som finns hemma och fundera över för- och nackdelar med olika alternativ. Vi tittar på vad andra gör och gör likadant. Vi är inte så pigga på att se över om vi verkligen har valt de bästa pensionsfonderna, hemförsäkringarna eller elbolagen utan när vi väl gjort vårt val låter vi gärna saken bero.

När vi försöker fatta beslut med system 1 låter vi oss lätt förledas till andra slutsatser än om vi hade kopplat på system 2. Människor tenderar till exempel att fästa mer uppmärksamhet vid egenskaper som är framträdande, som pris och utseende på en produkt, än vid mer osynliga egenskaper som energianvändning (även om det också finns tillgängligt inför ett köp). Samma beslutssituation kan dessutom ge olika utfall beroende på hur frågan ramas in. Till exempel tenderar människor att vara mer negativa till en förlust av en given storlek än vad de är positiva till en vinst av motsvarande storlek (förlustaversion). En energieffektiviseringsåtgärd består ofta av en investering, det vill säga en initial ”förlust”, och en besparing, det vill säga en vinst. Dessa bedöms då inte symmetriskt. Om däremot den uteblivna besparingen kan ramas in som en förlust, det vill säga de pengar som förloras på att inte vidta åtgärder, kan saken komma i ett annat ljus.

Förlustaversion är en av de snedvridningar som tenderar att premiera status quo, men det finns fler som spelar in. Kahneman noterar att människor tenderar att ångra aktiva beslut mer än vad de ångrar icke-beslut. Den som sålde en aktie som sedan steg i värde tenderar att ångra sig mer än den som inte sålde en aktie som sedan sjönk i värde. För att inte riskera att ångra oss är det då ett tryggare val att fortsätta som vanligt snarare än att vidta åtgärder för att spara energi.

Att göra som alla andra är ett annat sätt att minska risken för ånger, för gör vi som alla andra behöver vi inte förebrå oss så hårt om vi gör fel. Att göra som andra kan vid första anblicken tyckas vara ett enkelt sätt att avgöra vad som sannolikt är ett rationellt beteende, men det bygger på att de andra verkligen beter sig rationellt. Både andras beteende och vår bild därav påverkas dessutom av marknadsföring som försöker skapa sociala normer som är gynnsamma för säljaren snarare än för köparen.

Det finns flera kognitiva snedvridningar som i högre eller lägre grad kan vara relevanta för energieffektivisering. Det viktiga här är dock inte exakt

vilka uttryck de tar utan att de finns; att människor kan vara rationella när vi anstränger oss men att vi oftast inte kopplar på vårt rationella beslutsfattande. Det går alltså inte att räkna med att vi gör energieffektiva val bara för att det vore mest rationellt.

Några praktiska exempel på att människor inte beter sig energieffektivt trots att det vore mest rationellt kan ges för marknaderna för inköp av nya fordon. En fullt rationell köpare skulle värdera fordonets nyttor mot dess kostnader sett över hela innehavet (inklusive andrahandsvärdet för den som inte själv avser behålla fordonet under hela dess livslängd). För fordon med identiska attribut i övrigt skulle köparen då välja den kombination av inköpskostnad och driftskostnad (inklusive energianvändning) som ger lägst totalkostnad, med tillämpning av en ”rimlig” kalkylränta. I en sådan kalkyl kan det alltså löna sig att välja ett energieffektivare fordon även om den är något dyrare i inköp.

Om köparna verkligen agerar så har undersökts i ett antal studier, där vissa visar på att i vart fall bilköpare grovt undervärderar framtida bränslekostnader jämfört med inköpskostnaden medan andra studier ser mer begränsade effekter. I en relativt färsk studie utnyttjas det naturliga experiment som möjliggjordes när ett antal bilmodeller visade sig ha felaktig märkning i fråga om energianvändning och snabbt fick märkas om, vilket innebär att bilarna definitivt var identiska i övrigt eftersom det var exakt samma bilmodeller som undersöktes före respektive efter ommärkningen. Genom att studera hur mycket mindre köparna var beredda att betala för bilarna när de visade sig ha högre energianvändning framgick att köparna undervärderade framtida bränslekostnader med en faktor 0,16–0,39 jämfört med inköpskostnaden, vid en kalkylränta på 4 procent (d.v.s. köparna var enbart beredda att betala 16–39 cent mer i inköpskostnad för varje sparad dollar i diskonterade bränslekostnader).²¹⁵

Utifrån Kahnemans teorier förefaller det mer sannolikt att privatpersoner skulle misslyckas med att bete sig rationellt när de köper bil jämfört med de professionella aktörer som köper de tunga fordonen, eftersom körkostnader normalt är en så stor del av verksamhetens kostnader och motivationen för att koppla på system två därmed borde vara hög. Trots detta beräknar USA:s miljömyndighet att deras föreslagna nya krav på tunga fordon kommer att leda till kostnadsbesparingar jämfört med de konventionella fordon som hade köpts utan regleringen.²¹⁶ Därmed går det inte heller att utgå från att alla professionella aktörer fullt ut förmår att på egen hand efterfråga mer energieffektiva fordon (eller lösningar generellt) som skulle vara lönsamma för dem. Däremot är det fortfarande rimligt att anta att hindren är ännu större för exempelvis hushåll och småföretag

²¹⁵ Gillingham, Houde & van Benthem (2021).

²¹⁶ Environmental Protection Agency (2023).

jämfört med till exempel en stor energiintensiv industri som har både kapacitet och starka ekonomiska motiv att se över sin energianvändning.

8.1.2 Varför är inte fler åtgärder lönsamma för den som ska genomföra dem?

I 8.1.1 beskrevs delade incitament, det vill säga när det är olika aktörer som bekostar en energieffektiviseringsåtgärd respektive får kostnadsbesparingen från den. Om aktörerna befinner sig i olika organisationer (såsom en hyresvärd och en hyresgäst) klassas detta som ett marknadsmisslyckande, men om de delade incitamenten uppstår inom en organisation (mellan olika avdelningar exempelvis) brukar det ses som ett organisatoriskt hinder. Oavsett vilket är det bara de som är parter i transaktionen som berörs, så om det inte funnits några transaktionskostnader skulle de kunna komma överens om att genomföra åtgärden och dela på vinsten på lämpligt sätt.

I verkligheten är dock transaktionskostnader ett reellt hinder redan när kostnader och nyttor bara ska fördelas mellan två parter. Än värre blir det i fråga om externaliteter, där åtgärden har nyttor eller kostnader som träffar betydligt bredare, som miljöpåverkan. Där är det knappast praktiskt möjligt att den som förstör miljön ska förhandla med alla som berörs om lämplig ersättning, utan här är det betydligt enklare att miljöpåverkan prissätts genom skatter eller andra ekonomiska styrmedel, så att den som ger upphov till miljöpåverkan får incitament att väga in denna i sina val.

Människor kan naturligtvis av moraliska skäl välja att ta hänsyn till sådana aspekter även om det inte är lönsamt för dem, men att hitta det alternativ som ger den sammantaget lägsta miljöpåverkan i alla dimensioner, från användning av energi och andra resurser, i andvändningsfas och tillverkningsfas för en produkt, ställer mycket höga krav på den enskildes kunskap. Hade alla dessa aspekter varit korrekt prissatta hade priset i sig gett den information som behövs för att göra ett informerat val.

Otillräcklig eller obefintlig prissättning kan påverka energianvändningen även om själva energin skulle vara korrekt prissatt. Om miljöpåverkan från resursanvändningen är otillräckligt prissatt kan en konsekvens bli att människor väljer större bostäder, bilar, tv-apparater och så vidare än vad som skulle vara samhällsekonomiskt effektivt, vilket också drar upp energianvändningen både i tillverkning och användning av dessa produkter.

Externaliteter skapar en skillnad mellan vad som är lönsamt för samhället respektive för den som ska genomföra åtgärden. Även om externaliteter kan gå åt båda håll är den samlade bilden att fler energieffektiviseringsåtgärder skulle vara privat/företagsekonomiskt

lönsamma om dessa externaliteter vore korrekt prissatta. Utan ett statistiskt perspektiv, där nyttor och kostnader är opåverkbara, skulle ännu fler åtgärder kunna bli lönsamma.

Möjligheten att utforma styrmedel som sänker transaktionskostnader utvecklas i 9.1.4, men här kan det vara värt att understryka att transaktionskostnader inte bara kan vara ett hinder för den typ av direkta energieffektiviseringsåtgärder som berörs där. Transaktionskostnader (liksom i vissa fall skatteregler och andra regelverk) kan även vara ett hinder för många lösningar som möjliggör ett mer resurseffektivt nyttjande av fastigheter, fordon, apparater med mera, vilket minskar energianvändningen i tillverkningen. Att delande innebär visst merarbete jämfört med att äga allting själv är svårt att komma från, men när olika typer av pooler och andra delandelösningar blir vanligare blir det också mer intressant att utveckla bättre digitala lösningar som underlättar den praktiska hanteringen och sänker transaktionskostnader.

Även andra kostnader och nyttor med en åtgärd beror på hur samhället är organiserat. I ett samhälle som är uppbyggt på ett energikrävande sätt kan det mycket väl initialt vara förknippat med lägre nytta för den som försöker göra mer energisnåla val. I ett samhälle där exempelvis fler väljer bort egen bil till förmån för bilpool kan poolerna ligga tätare, samarbeta med varandra och erbjuda fler olika bilar för olika behov, med mindre risk för att alla ska vara uppbokade samtidigt. Att vara med i en bilpool blir alltså mer värt ju fler andra som också är det. Motsvarande kan sägas om kollektivtrafik. Den som tar bussen i ett bostadsområde där alla andra åker bil har sannolikt ett skralt kollektivtrafikutbud, men om fler väljer bussen ökar underlaget för ett finmaskigare linjenät och bättre turtäthet. Detta är bara två exempel på så kallade *nätverksexternaliteter*, där nyttan ökar med fler användare. Att gå från en situation där ingen är med i bilpool och ingen åker buss till en situation med väl utbyggda nätverk för såväl bilpooler som kollektivtrafik skulle alltså kunna öka nyttan totalt sett, men om de som går först inte får något för sin temporära nyttominskning (tills nätverken byggts ut) är risken stor att de aldrig tar steget.

Att bo i villa kan också påverkas av normer och status, vilket understryker att våra val inte bara påverkas av andras val utan också av deras syn på våra val. ”Bandvagnseffekten” och ”snobbeffekten” beskriver hur människor å ena sidan vill göra som andra för att passa in, å andra sidan visa på exklusivitet genom att utmärka sig från andra. ”Vebleneffekten” beskriver en typ av ”iögonfallande konsumtion” (*conspicuous consumption*) av dyrbara varor i syfte att signalera rikedom och status²¹⁷. Dessa effekter skulle kunna innebära att människor väljer stora bilar och långväga semestrar för att signalera status, eller väljer att

²¹⁷ Leibenstein (1950).

överhuvudtaget ha bil och åka på utlandssemester för att passa in. Omvänt finns en risk att människor undviker vissa energibesparande beteenden, som att vrida ner termostaten, för att inte stigmatiseras som fattiga²¹⁸.

Det är fullt möjligt att tänka sig ett samhälle där mindre energikrävande beteenden är status och den som betar sig energislösigt ses som avvikare, men på vägen dit är det den som går före som sticker ut eller tappar i status. Dessutom skulle en sådan förändring utmana kommersiella intressen som tjänar på nuvarande konsumtion. Exempelvis ger stora bilar som stadsjeepar (också kallad SUV; sports utility vehicle) högre marginaler för biltillverkare och -försäljare, vilket minskar deras intresse av att marknadsföra mindre, mer energieffektiva modeller – faktum är att vissa tillverkare upphört helt med att sälja annat än stadsjeepar i vissa segment.²¹⁹

Eftersom nyttor och kostnader är påverkbara går det alltså att bygga upp samhället på ett mindre energikrävande sätt med bibehållen eller rentav ökad nytta. Vägen dit kan däremot innehålla en del friktioner som tillfälligt minskar nyttan och därmed utgör hinder för dem som går före i omställningen, till dess att infrastruktur, normer och så vidare anpassats till den nya situationen. För att nå denna önskade situation går det alltså inte att förlita sig på att enskilda på egen hand ska ta steg som först är obekväma, utan det kan behövas kollektiv handling för att knuffa över samhället till det mer önskade läget.

8.2 Vad hindrar potentialen för ökad efterfrågefleksibilitet att realiseras?

I kapitel 7 beskrivs hur elanvändarna genom att vara flexibla i sin efterfrågan, det vill säga flytta elanvändning i tid eller minska den vid särskilt ansträngda tidpunkter, kan bidra till en effektivare användning av effekt och andra nyttor för energisystemet. Även om de olika nyttorna har lite olika karaktär handlar det i grunden om att använda mindre el när någon del av systemet är ansträngt (överföringskapaciteten i nätet eller hög efterfrågan i förhållande till utbud i elsystemet i stort) och i stället använda denna el när kapacitet och utbud i förhållande till efterfrågan är större. Vissa nyttor är symmetriska i den mån att det kan finnas behov av såväl ökningar som minskningar, till exempel för frekvenshållning, men när det gäller att frigöra överföringskapacitet när denna är begränsad spelar det ingen roll om elanvändningen flyttas eller bara minskas just då utan att öka någon annan gång.

Om exempelvis elpris och elnätstariffer (liksom i förekommande fall prissignaler från marknader för lokal flexibilitet, stödtjänster och så vidare) speglar eventuella knappheter och dessa prissignaler når fram till elanvändaren bör denne ha incitament att flytta (eller minska) sin

²¹⁸ DellaValle (2019).

²¹⁹ Transport & Environment (2023).

elanvändning. Detta är dock beroende av att en eventuell nyttominskning på grund av detta understiger elsystemnyttan, såsom den senare uttrycks i elpris, nättariffer och i förekommande fall andra prissignaler. Om elanvändaren sedan verkligen agerar på ett rationellt sätt utifrån dessa prissignaler påverkas de av samma hinder för lönsamma åtgärder som identifierades i 8.1.1. Här kan inte minst hushållens bristande information om vilka förutsättningar de har att bidra med flexibilitet och vad de skulle kunna tjäna på detta framhållas²²⁰. Incitamenten blir dock missvisande om den prissignal elanvändaren möter inte fullt ut speglar variationer i underliggande knappheter.

När det gäller elpriset sätts spotpriset dagen före utifrån marknadsaktörernas bedömning av utbud och efterfrågan på timbasis (se kapitel 7), så detta pris bör normalt ge en god bild av hur effektbalansen ser ut. Denna prissignal försvagas dock på sin väg till konsumenten genom påslag av skatter och avgifter, i synnerhet elskatten, som inte varierar med elpriset. Vidare är det bara konsumenter som har timprisavtal som möter prisvariationer på timbasis. Andelen konsumenter med timprisavtal har i och för sig ökat kraftigt på senare år och var i oktober 2023 12,5 procent²²¹. Fortfarande dominerar dock så kallat rörligt pris (55,5 procent av konsumenterna), där kunderna i stället möter ett genomsnittligt pris per månad. Även detta kan visserligen ge incitament att hushålla mer med elen under kalla och dyra vintermånader men ger knappast incitament till efterfrågefleksibilitet, som i praktiken sker över betydligt kortare tidsskalor. Konsumenter med fastpris, oavsett om det rör sig om hushåll som bundit sitt elavtal eller företag som köper in sin el till ett förutbestämt pris genom så kallade Power Purchase Agreements (PPA), möter överhuvudtaget inga prisvariationer under avtalsperioden och saknar därmed incitament att vara flexibla i sin användning²²².

När det gäller nättariffer har Energimarknadsinspektionen bedömt att få elnätsföretag erbjuder hushållskunder nättariffer som kan sägas vara kostnadsreflektiva, det vill säga som speglar de faktiska kostnader som kundernas användning av nätet medför²²³. För 2021 angav till exempel endast 15 nätföretag att de hade tariffer med en effektkomponent för kunder under 63 ampere.

Energimarknadsinspektionen har emellertid beslutat om nya föreskrifter (EIFS 2022:1) som ska styra hur nätföretagen får utforma sina tariffer, i syfte att kunderna ska möta korrekta prissignaler som speglar hur deras användning av nätet påverkar framtida utbyggnadsbehov. En jämnare belastning med sänkta effekttoppar minskar behovet av att investera i mer

²²⁰ Energimarknadsinspektionen (2023b).

²²¹ Statistiska centralbyrån (2023c).

²²² Större företag skulle visserligen kunna tänkas dra ner sin efterfrågan och sälja vidare det överskott som då uppstår till marknadspris, men det förutsätter att de tar på sig en elhandlarroll och blir därmed ett större steg än att bara minska mängden el de köper in.

²²³ Energimarknadsinspektionen (2021b).

elnätskapacitet i ansträngda nät. Därmed kommer de nya föreskrifterna, när de börjar tillämpas senast 2027, att ge kunderna incitament att använda nätet mer effektivt. Däremot finns fortfarande ingen möjlighet att differentiera tarifferna inom ett lokalnät för att spegla eventuella begränsningar inom nätområdet. Energimarknadsinspektionen föreslog 2020 en ändring av ellagen för att möjliggöra sådan differentiering²²⁴ men detta har hittills inte föranlett någon lagändring.

²²⁴ Energimarknadsinspektionen (2020).

9 Styrmedel för en effektivare användning av energi och effekt

I en tid med stor förändring av energisystemet är det särskilt viktigt med en stabil grund att stå på. Befintliga lagar, regler och standarder behöver fungera och användas ändamålsenligt så att de bidrar till en effektiv användning av energi, effekt och resurser. Grundläggande är att säkerställa välfungerande marknader med långsiktiga spelregler där prissignaler når fram. Samtidigt kan det finnas ett behov av styrmedel som syftar till att undanröja olika hinder och marknadsmisslyckanden och främjar en effektivare användning av energi och effekt, vilket är fokus för detta kapitel.

Det finns en stor potential för såväl energieffektivisering som för efterfrågefleksibilitet och det är därför också viktigt att öka kapaciteten och kompetensen i samhället för att kunna ta tillvara den potential som finns. Justeringar av styrmedel eller införande av nya styrmedel behöver göras på ett genomtänkt sätt och med hänsyn tagen till att upprätthålla såväl konkurrenskraft, försörjningstrygghet som ekologisk hållbarhet. Som redan nämnts bör viktiga förutsättningar ligga som grund när införande av nya styrmedel övervägs. Det är viktigt att säkerställa att det inte finns något i själva marknadsstrukturen som hindrar att ändamålet med styrmedlet kan uppnås. Dagens styrmedel har fokus på vissa typer av hinder, men det kan krävas andra typer av styrmedel för de hinder som idag inte hanteras. En effektiv styrmedelsmix bör bestå av olika styrmedelstyper.

9.1 Styrmedel för energieffektivisering

I uppdraget ingår att vid behov lämna förslag för att undanröja marknadsmisslyckanden i syfte att uppnå det riksdagsbundna energieffektiviseringsmålet till 2030. Att det finns behov av ytterligare styrmedel för att uppnå målet till 2030 framgår av avsnitt 4.1, men hindren för att realisera den samhällsekonomiskt effektiva potentialen för energieffektivisering är inte bara sådana som i snäv mening brukar betraktas som marknadsmisslyckanden.

Att styrmedel eller andra politiska ingripanden bara är motiverade för hinder som utgör marknadsmisslyckanden är en vanlig men inte självklar utgångspunkt inom traditionell nationalekonomi. Sorrell med flera²²⁵ argumenterar för att denna traditionella (eller med deras uttryck ortodoxa) syn är begränsad för att förstå hinder för energieffektivisering och i vilken

²²⁵ Sorrell, O'Malley, Schleich & Scott (2004).

mån politiska ingripanden är motiverade ur ett samhällsekonomiskt perspektiv. Genom att komplettera "ortodoxa" perspektiv med insikter från bland annat transaktionskostnadsekonomi och beteendeekonomi menar de att marknadsmisslyckanden inte är absoluta utan relativa. Onödigt höga transaktionskostnader, där "onödigt" i detta sammanhang innebär att de skulle kunna bli lägre med andra institutioner eller styrmedel, liksom kognitiva snedvridningar (se 8.1.1), kan betraktas som ytterligare källor till marknadsmisslyckanden. Dessutom kan klassificeringen bero på hur verksamheter organiseras, där hinder kan klassificeras som marknadsmisslyckande om det uppstår mellan två aktörer som handlar på en marknad men inte om samma transaktion i stället organiseras inom ett företag eller en annan organisation.

I denna rapport förs ingen diskussion om vad som är ett marknadsmisslyckande eller inte, utan frågan är i stället om hindren är sådana att den samhällsekonomiska effektiviteten kan öka genom nya eller förändrade styrmedel. Att problematisera begreppet marknadsmisslyckanden innebär emellertid inte att alla hinder för energieffektivisering är sådana att politiska ingripanden är motiverade. Till exempel hindras vissa energieffektiviseringsåtgärder av att de helt enkelt är väldigt dyra. Om samhällets kostnad för åtgärden inte överstiger nyttan, och eventuella styrmedel bara kan flytta runt kostnaden men inte minska den, finns det ingen anledning för staten att ingripa utifrån ett samhällsekonomiskt effektivitetsperspektiv.

Även om politiska ingripanden kan vara motiverade även för andra hinder än strikta marknadsmisslyckanden behöver typen av ingripande ta hänsyn till vad det är för misslyckande som ligger till grund för ingripandet. Här är distinktionen mellan misslyckanden som ligger inom organisationer eller individer (dessa kallas ibland för *organisatoriska och beteendemässiga misslyckanden*) och traditionella marknadsmisslyckanden inte oväsentlig. När misslyckandet består i att en aktör skapar kostnader för en annan aktör är det inte orimligt att samhället vill reglera detta, men om aktören (oavsett om det rör sig om ett företag eller individ) inte förmår agera i linje med sina egna intressen bör samhället vara försiktig med att göra sig till tolk för vad dessa intressen är. Detta kan undvikas genom styrmedel där aktörer erbjuds hjälp att överkomma eventuella misslyckanden men själva får avgöra om de är intresserade av hjälpen eller om de tvärtom redan anser sig agera i linje med sina intressen.

Utöver ingripanden i syfte att öka den samhällsekonomiska effektiviteten kan staten också vilja ingripa av andra skäl, som av fördelningsskäl. Om omställningen, eller de styrmedel som ska driva fram denna, inte uppfattas som rättvis kan detta påverka legitimiteten. Denna aspekt har hamnat i ökat fokus inom EU, med krav på medlemsstaterna inom rättsakter som direktivet om energieffektivitet och direktivet om

byggnaders energiprestanda (se kapitel 5). Därför innehåller detta kapitel även ett resonemang kring denna typ av styrmedel.

9.1.1 Dagens styrmedel för energieffektivisering härstammar ofta från EU

För att kunna ta ställning till frågan om eventuella styrmedelsförändringar behöver man förhålla sig till det nuvarande styrmedelslandskapet. Befintliga styrmedel som påverkar förutsättningarna för en effektivare energianvändning – positivt eller negativt – kan vara både styrmedel som primärt syftar till just detta eller styrmedel med helt eller delvis andra syften, som minskad klimatpåverkan eller ökad konkurrenskraft. En sammanställning av sådana styrmedel, såsom de såg ut våren 2023, finns i utkastet till Sveriges uppdaterade nationella energi- och klimatplan 2023²²⁶.

Av de styrmedelsförändringar som skett sedan dess är det framför allt det nya bidraget till energieffektivisering av småhus som bör beröras. Bidraget kan ges till privatpersoner som äger ett småhus som värms upp med el eller gas. Namnet till trots är bidraget i första hand ett stöd till konvertering till andra energibärare (fjärrvärme eller biobränsle) och andra åtgärder på värmesystemet, såsom installation av någon typ av värmepump. Stöd till klimatskärmsåtgärder (isolering och liknande) medges bara för hus med värdeår²²⁷ tidigare än 1990 och som dessutom redan fått stöd till en åtgärd i värmesystemet. Detta kan ge den bakvända effekten att värmesystemet dimensioneras för ett illa isolerat hus och sedan blir överdimensionerat om ägarna senare väljer att också åtgärda klimatskärmen²²⁸. Eller för den delen att en bristfällig klimatskärm inte åtgärdas alls även om det skulle vara mer kostnadseffektivt än att åtgärda värmesystemet.

Bortsett från nyss nämnda bidrag har de styrmedel som direkt syftar till energieffektivisering ofta sitt ursprung i EU-direktiv (bland annat ekodesignregler, energimärkning och krav på energikartläggning) och syftar ofta till att aktörer ska kunna göra mer välinformerade val. Därutöver bidrar energibeskattningen och EU:s handel med utsläppsrätter till att sätta ett pris på fossila energislags klimatpåverkan. Fossilfria energikällor beskattas inte alls, men däremot finns en energiskatt på el i användningsledet.

Det finns också några styrmedel som direkt sätter krav på en viss lägsta energieffektivitet. Detta gäller dels vid nybyggnation och viss ombyggnation, dels de sextioalet produktgrupper (inom bland annat

²²⁶ Regeringskansliet (2023).

²²⁷ Värdeåret är samma år som huset blev färdigt, om det inte har byggts om eller till. Då kan Skatteverket bestämma värdeåret till ett senare år.

²²⁸ En byggnads klimatskärm är dess golv, tak, ytterväggar, fönster och dörrar som utgör gränsen mot omgivningen

vitvaror, elektronik och viss industriell utrustning) som omfattas av EU:s ekodesignkrav. Läs mer i avsnitt 5.3.

Styrmedlen för effektivare energianvändning styr nästan uteslutande mot minskad energianvändning generellt, utan att särskilt beakta effektdimensionen. Ett undantag är Boverkets byggregler som sätter en gräns för hur mycket eleffekt som får installeras för uppvärmning och tappvarmvatten i en byggnad. Möjligheten till skatteavdrag för installation av lager för egenproducerad elenergi påverkar vidare förutsättningarna för efterfrågefleksibilitet.

9.1.2 Befintliga styrmedel svarar bara delvis mot identifierade hinder

Befintliga styrmedel kan sägas ha fokus på klassiska marknadsmisslyckanden, i synnerhet negativa externaliteter (utsläppshandel och energibeskattnings) samt asymmetrisk information (energimärkning, energideklaration med flera). Styrningen är dock fragmenterad, bland annat då industrin av konkurrensskäl har kraftiga nedsättningar och i vissa tillämpningar total befrielse från energiskatten på el. För andra typer av hinder och misslyckanden, såsom beteendemislyckanden och höga transaktionskostnader, är styrningen svagare. Vidare ligger fokus på energieffektivisering i snäv bemärkelse, det vill säga lägre energianvändning per fordonskilometer, yta och så vidare, snarare än det bredare perspektivet där samhället kan organiseras på andra sätt som kräver mindre energi för att skapa en viss nytta.

När det gäller hinder för energieffektivisering i form av bristande legitimitet för omställningen har de åtgärder som vidtagits mest handlat om att sänka omställningstakten, genom att göra det billigare att använda energi, än att vidta åtgärder som ökar legitimiteten för den omställning som måste ske. Här finns alltså behov av nya styrmedel som hanterar eventuella oönskade sociala effekter utan att minska drivkrafterna till en effektivare energianvändning.

I resten av detta kapitel utvecklas hur dagens styrning brister i förhållande till de hinder som diskuterats tidigare i rapporten. De hinder och brister i nuvarande styrning som uppmärksammas är i de flesta fall väl kända sedan tidigare och det finns också ett stort antal styrmedelsförändringar som föreslagits i olika utredningar och andra sammanhang men ännu inte genomförts. Detta arbete upprepas inte här, men under kommande avsnitt lyfts också centrala förslag som redan utretts. Därutöver ges förslag på ett antal ytterligare styrmedelsförändringar som behöver utredas vidare innan de kan införas. Förslagen som diskuteras i detta kapitel sammanställs i Tabell 2 och Tabell 3 där det också görs en övergripande bedömning av när i tid ett styrmedel skulle kunna införas samt vilken effekt styrmedlen kan ha på kort och lång sikt. Tabellerna är inte uttömmande och vissa andra förslag nämns också i text i efterföljande avsnitt.

Arbete med fördjupade analyser av de förslag som diskuteras i detta kapitel kommer fortsätta i samband med uppdrag kopplat till implementeringen av det omarbetade direktivet om energieffektivitet.

Tabell 2. Översikt över styrmedel och förslag för en effektivare användning av energi.

Förslag	Sektor	Hinder/motiv	Status och hur snabbt kan det införas?	Effekt på energi/effektanvändningen på kort sikt (till 2030)	Effekt på energi/effektanvändningen på lång sikt (till 2045–50)
Översyn av energibeskattningen	Alla	Nedsättningar och undantag försvårar effektiv styrning men kan ibland vara motiverade av läckage- och konkurrenskraftsskäl	Behöver utredas närmare	Beror på hur energibeskattningen ev. förändras	Beror på hur energibeskattningen ev. förändras
Villkorad skattebefrielse på el	Industrin	Nedsättningar och befrielser från energiskatt på el försvagar industrins incitament till energieffektivisering	Behöver utredas närmare	Liten	Stor
Avståndsbasead vägskatt	Transporter	Trafikspecifika externaliteter som inte internaliseras av elskatten	Behöver utredas närmare	Stor för energi men liten för just el	Stor
Energi- eller viktbasead malus för lätta fordon	Transporter	Beteendemisslyckanden hos bilköpare och miljöexternaliteter i fordonens produktionsfas	Behöver konkretiseras	Liten (men stor för resurser)	Mellan (men stor för resurser)
Krav på energieffektivitet hos elbilar för att få nedsatt förmånsskatt	Transporter	Beteendemisslyckanden hos bilköpare och miljöexternaliteter i fordonens produktionsfas	Behöver konkretiseras	Liten (men mellan för resurser)	Liten (men mellan för resurser)
Ökad styrning mot ett transporteffektivt samhälle	Transporter, bostäder och service	Miljöexternaliteter, nätverkseffekter, inläsning, instabila preferenser	Finns många förslag i bl.a. Energimyndigheten m.fl. (2017), SOU 2021:48, SOU 2022:21 och Naturvårdsverket (2023), som i flera fall behöver utredas närmare eller i vart fall konkretiseras	Stor för energi men liten för just el	Stor

Återinför Energisteget	Industrin	Nedsättningar och befrielser från energiskatt på el försvagar industrins incitament till energieffektivisering	Tidigare styrmedel som kan återinföras utan omfattande utredning	Liten	Mellan
Energieffektiviseringsbeting	Bostäder och service samt industri, med tonvikt på de förra	Beteendemisslyckanden och höga transaktionskostnader	Har utretts i den nedlagda utredningen om vita certifikat men behöver tas vidare till konkreta författningsförslag	Stor	Stor
Energieffektivisering och efterfrågeflexibilitet som del av eventuell kapacitetsmekanism	Alla	Om samhället av försörjningstrygghetsskäl önskar införa en kapacitetsmekanism bör även energieffektivisering och efterfrågeflexibilitet kunna bidra till att frigöra effekt	Svenska kraftnät har utrett en kapacitetsmekanism men om en sådan ska införas behöver möjligheterna att inkludera energieffektivisering och efterfrågeflexibilitet utredas närmare	Liten effekt på nivån på energianvändningen men större på effekttoppar	Liten effekt på nivån på energianvändningen men större på effekttoppar
Kreditgarantier för energieffektivisering på svaga bostadsmarknader	Bostäder och service	Kapitalmarknadsmisslyckanden (asymmetrisk information)	Förslag finns i SOU 2017:99, men då aktuell förordning ändrats sen dess behöver frågan övervägas på nytt	Liten	Liten
Delbeting för sårbara hushåll i ett eventuellt system med energieffektiviseringsbeting	Bostäder	Kapitalmarknadsmisslyckanden, regleringsmisslyckanden, sociala motiv/EU-krav	Har utretts i den nedlagda utredningen om vita certifikat men behöver tas vidare till konkreta författningsförslag	Ingen (mer än legitimitet för de styrmedel som ger energieffektiviseringen)	Ingen (mer än legitimitet för de styrmedel som ger energieffektiviseringen)
Energieffektiviseringsfond för åtgärder hos sårbara hushåll	Bostäder	Kapitalmarknadsmisslyckanden, regleringsmisslyckanden, sociala motiv/EU-krav	Behöver utredas närmare	Ingen om ren finansiering av ovanstående punkt, annars liten	Ingen om ren finansiering av ovanstående punkt, annars liten

Tabell 3. Översikt över styrmedel och förslag för en effektivare användning av effekt.

Förslag	Sektor	Hinder/motiv	Status och hur snabbt kan det införas?	Effekt på energi/effektanvändningen på kort sikt (till 2030)	Effekt på energi/effektanvändningen på lång sikt (till 2045–50)
Dynamisk elskatt	Alla utom industrin	Inte försvaga prissignalen	Behöver utredas närmare	Stor för effekt men kan rentav öka energianvändning lite totalt om ökad efterfrågan vid negativa priser överstiger minskad efterfrågan vid höga priser	Stor för effekt men kan rentav öka energianvändning lite totalt om ökad efterfrågan vid negativa priser överstiger minskad efterfrågan vid höga priser
Villkorad skattebefrielse på el mot möjliggörande av efterfrågeflexibilitet	Industrin	Kompensera för svag prissignal på grund av fastpris	Behöver utredas närmare	Mellan på effekt	Stor på effekt
Effektdimension i Energikartläggningar för stora företag	Företag	Ofullständig information	Utformning kan utredas i samband med revidering av regelverket utifrån omarbetade direktivet om energieffektivitet	Liten men skulle kunna få viss påverkan på effekttoppar	Liten till medel påverkan på effekttoppar. Beror på hur implementeringen ser ut och om det kombineras med andra styrmedel.
Effektdimension i Energideklarationer för byggnader	Bostäder och service	Ofullständig information	Utformning kan utredas i samband med revidering av regelverket utifrån reviderade direktivet om byggnaders energiprestanda	Liten men skulle kunna få viss påverkan på effekttoppar	Liten till medel påverkan på effekttoppar. Beror på hur implementeringen ser ut och om det kombineras med andra styrmedel.
Effektdimension i andra informativa styrmedel	Alla	Ofullständig information	Kan genomföras utan större utredning	Liten	Liten
Effektdimension i upphandlingskriterier	Bostäder och service, transporter	Ofullständig information	Uppdrag till Upphandlingsmyndigheten	Liten	Liten
Energimarknadsinspektionens förslag på åtgärder för ökad flexibilitet	Bostäder och service, transporter	Ofullständig information, svaga incitament för flexibilitet	Många förslag som ofta behöver utredas vidare. Uppdrag till Energimarknadsinspektionen, Energimyndigheten, Konsumentverket	Mellan på effekt	Mellan på effekt

9.1.3 Industrins incitament för eleffektivisering försvagas av nedsatt skatt på el

El som används i industriell verksamhet, datahallar, jordbruk, skogsbruk, vattenbruk och växthus samt landström till skepp i hamn beskattas endast med 0,6 öre per kilowattimme (kWh), att jämföra med normalskattesatsen på 39,2 öre/kWh. För mineralogiska, metallurgiska och elektrolytiska processer, samt viss framställning av energiprodukter, betalas ingen energiskatt alls. Med undantag för skattenedsättningen för landström har motiven inte i första hand handlat om att gynna el framför andra energibärare utan mer om att säkerställa svenska företags internationella konkurrenskraft. Oavsett motiv blir emellertid konsekvensen att berörda verksamheters incitament att minska sin elanvändning blir svagare än vad som vore samhällsekonomiskt effektivt (jämför 6.4). Detta är särskilt bekymmersamt i industrin, där en kraftigt ökad elanvändning väntas på grund av såväl elektrifiering av befintliga verksamheter som etablering av nya verksamheter och verksamhetssteg (se kapitel 2)²²⁹. För att säkerställa att dessa nya och förändrade verksamheter utformas på ett energieffektivt sätt redan från början, vilket normalt blir betydligt billigare än att bygga om anläggningar i efterhand, är det därför angeläget att se till att incitamenten för energieffektivisering i dessa verksamheter är tillräckliga.

Det rakaste sättet att stärka industrins incitament till eleffektivisering och undanröja nuvarande snedvridning mellan olika verksamheter vore förstås en enhetlig energiskatt på el för alla. Ett sådant förslag skulle dock kräva noggranna analyser av konsekvenser för såväl elens konkurrenskraft gentemot andra energibärare som svenska företags konkurrenskraft gentemot utländska företag. Sannolikt skulle det också behöva kombineras med justeringar i andra styrmedel för att undvika oönskade konsekvenser. Detta alternativ har inte utretts närmare utan Energimyndighetens bedömning är att energibeskattningen med fördel bör ses över i ett större sammanhang.

Däremot har möjligheten att villkora skattenedsättningar/befrielser mot någon form av motprestation studerats närmare. Med motprestation menas något som driver fram den typ av åtgärder för effektivare elanvändning från företagens sida som annars hade drivits fram av en högre skatt på el. Inspirationen kommer från det tidigare programmet för energieffektivisering (PFE) som pågick i två femårscykler med början 2005. Programmet var en typ av frivilliga avtal mellan staten och energiintensiva industrier där deltagande företag fick nedsatt elskatt mot att de åtog sig att bland annat kartlägga åtgärder som kunde effektivisera elanvändningen och sedan rapportera vilka åtgärder de genomfört.²³⁰

²²⁹ Detta gäller även etablering av datahallar, som dock strikt talat räknas till sektorn bostäder och service.

²³⁰ Energimyndigheten (2016).

I PFE behövde de deltagande företagen inte betala någon elskatt. Som motprestation krävdes bland annat att de skulle införa certifierade energiledningssystem samt genomföra eleffektiviseringsåtgärder som motsvarade den kostnadshöjande effekten som skatten haft om den hade fått verka. En total skattenedsättning bedöms inte längre vara förenligt med det så kallade energiskattedirektivet (vilket också var anledningen till att PFE lades ner), utom för tidigare uppräknade processer som idag är befriade från skatt. En villkorad skattebefrielse skulle alltså innebära att företagen behöver genomföra den angivna motprestationen för att ta del av den nedsatta skattesats de har idag, alltså 0,6 öre/kWh, och nollskatt enbart för de ovan angivna processer som idag är helt skattebefriade. En sådan styrning kan vara lämplig om motprestationen inte är alltför betungande, så att i princip alla företag kan mäkta med den och inte plötsligt hamnar på normalskattesatsen 39,2 öre/kWh, vilket i procentuella termer är en mycket kraftig skattehöjning. Det går emellertid också att tänka sig tuffare krav på motprestationer, möjligen differentierade utifrån exempelvis företagets storlek, men i så fall kan det vara lämpligt att införa ytterligare en skattenivå som ligger närmare dagens 0,6 öre, så att skattehöjningen inte blir så drastisk för de företag som har svårt att genomföra motprestationen.

Även om det är nedsättningen av just elskatten som villkoras behöver motprestationerna inte nödvändigtvis begränsas till enbart eleffektivisering, utan tvärtom kan det ur ett bredare perspektiv vara fördelaktigt att även uppmuntra effektivisering av andra typer av energi och resurser eller (som föreslås i 9.2.2) uppmuntra efterfrågefleksibilitet.

En annan motprestation skulle kunna vara att synliggöra och tillgängliggöra restresurser, såsom den restvärme som kan uppstå i vissa industriprocesser eller den syrgas som bildas tillsammans med vätgas vid elektrolys, så att dessa kan komma till nytta hos andra aktörer. Att synliggöra dessa flöden skulle dessutom underlätta framtida energiplanering/kartläggning, där tillgången till data utöver aktörers primära resursanvändning idag är en utmaning.

En ytterligare tänkbar motprestation är deltagande i någon typ av energinätverk. Sådana nätverk kan antingen organiseras geografiskt, för att utforska möjligheter/utmaningar för synergier i det lokala/regionala området, eller branschvis, för att högspecialiserade aktörer med begränsad nytta av generella råd ska kunna dela erfarenheter med andra i liknande situation. Denna typ av nätverk behöver naturligtvis inte införas som en motprestation för skattebefrielse, utan kan även införas fristående. Det har också funnits liknande nätverk tidigare, men det skulle kunna införas i en

mer strukturerad form liknande nätverken BeLok²³¹ och BeBo²³² till exempel.

Förutom att villkora skattenedsättningen går det också att använda sig av andra styrmedel för att kompensera för att skattenedsättningen försvagar incitamenten för effektivare energianvändning. För juridiska styrmedel, som i motsats till ekonomiska styrmedel tvingar eller förbjuder företagen att göra på ett visst sätt, är detta särskilt intressant vid större förändringar eller nyetableringar, då företagens möjligheter att välja mer energieffektiva lösningar normalt är större än då anläggningen/utrustningen redan finns på plats, givet de långa livslängder som det oftast är fråga om. Här kan skarpa krav i tillståndsgivning bidra till att kompensera för att de ekonomiska incitamenten är otillräckliga för att driva fram en samhällsekonomiskt effektiv avvägning mellan investeringskostnad och energieffektivitet. Även ekonomiska stöd till investeringar, till exempel Klimatklivet, bör ställa krav på energieffektivitet också när det gäller fossilfria energibärare.

Ett annat sätt att förstärka de ekonomiska incitamenten för mer energieffektiva lösningar är att på olika sätt subventionera dessa. Detta gjordes tidigare i det numera avslutade programmet Energisteget, där företag inom gruv- och tillverkningsindustrin under åren 2018–2020 kunde få stöd för investeringar eller projektering med syfte att energieffektivisera sin verksamhet. Vid utvärderingen av programmet bedömdes det i allt väsentligt ha varit ett mycket välfungerande program som bidrog till energieffektivisering som annars inte hade skett inom svensk industri. De projekt som fått stöd från Energisteget bidrog även i de flesta fall till ytterligare energieffektiva åtgärder samt andra mervärden utöver den energirelaterade kostnads- och energibesparingen.²³³ Energimyndigheten har därför, bland annat i budgetunderlag för 2022–2024, föreslagit en fortsättning på Energisteget. Ett sådant förslag är fortsatt aktuellt. En fortsättning av stödet bör inkludera förprojektering inför stora investeringar, nyetableringar samt drift och koordinering av nätverk för industriföretag. Stödet har även föreslagits att breddas till att även omfatta energibolag (SNI 35) och förlängas till fem år. Den tidigare korta utlysningssperioden har vid utvärdering av stödet pekats ut som ett problem då det troligtvis gjort att lågt hängande frukter givits företräde vilket kan motverka mer långsiktiga och strategiska åtgärder.

9.1.4 *Styrmedel tar sällan hänsyn till hur människor faktiskt fungerar*

Befintliga styrmedel är i hög grad utformade utifrån idén att om en åtgärd är lönsam och information om detta finns tillgänglig för den som letar så

²³¹ Ett nätverk för att skynda på utvecklingen mot mer energieffektiva lokalfastigheter. Läs mer på: <http://belok.se/>.

²³² Ett nätverk för energieffektiva flerbostadshus. Läs mer på: <https://www.bebostad.se/>.

²³³ Energimyndigheten (2021b).

kommer åtgärden att genomföras. Styrmedel i form av olika typer av energimärkning (på vitvaror, fastigheter o.s.v.) bygger visserligen i högre eller lägre grad på beteendekonsekvenser genom att göra information om energianvändning både synligare och lättare att relatera till. Däremot är dessa styrmedel först aktuella för den som står inför ett köpbeslut och minskar inte tröskeln för att överhuvudtaget köpa något eller vidta någon annan åtgärd. Denna tröskel kan vara betydande, både på grund av beteendekonsekvensen som premierar status quo och på grund av höga transaktionskostnader (se 8.1.1).

Detta gäller i synnerhet för mindre energianvändare som småhusägare och bostadsrättsföreningar, men också för större organisationer där energikostnaden är låg jämfört med andra kostnader och därmed tenderar att prioriteras ned när begränsade resurser som ledningens och medarbetarnas tid, investeringsmedel och så vidare ska fördelas. I energiintensiva företag utgör energikostnaderna en så stor del av kostnaderna att de blir en strategiskt viktig fråga för ledningen och som därmed bör speglas i prioriteringen av finansiella och personella resurser. Det tidigare beskrivna PFE-programmet visade visserligen att det även i denna typ av företag fanns en betydande potential för energieffektivisering som inte realiserats och dessutom kan tillämpningen av korta återbetalningstider medföra att långsiktigt lönsamma åtgärder ändå inte genomförs. Sammantaget är ändå vår bedömning att tidigare beskrivna skattenedsättningar som minskar lönsamheten för energieffektivisering i industrin är ett större hinder där än att lönsamma åtgärder inte vidtas.

För teknoeconomiskt lönsamma åtgärder är det principiellt en skillnad mellan höga transaktionskostnader, som är en reell kostnad som drar ner lönsamheten jämfört med vad som framgår av en investeringskalkyl, och beteendekonsekvensen, som kan hindra även sådana åtgärder som skulle vara lönsamma också om transaktionskostnaderna räknades in. I praktiken ger dock båda liknande effekter i form av en tröskel för många typer av energieffektiviseringsåtgärder, i synnerhet sådana där aktören inte serveras ett tydligt val mellan olika produkter med olika energiprestanda när de redan bestämt sig för att införskaffa en ny produkt, utan där aktören själv måste ta initiativ till att göra något. Sådana åtgärder kan både handla om tekniska lösningar, till exempel att tilläggsisolera vinden och om beteendeförändringar som att vädra kort med korsdrag i stället för att släppa ut värme genom att ständigt ha fönstret på glänt. Oavsett vilket kan det vara lättare att komma till skott om någon annan redan gjort förarbetet så att det, precis som i valet mellan två produkter med olika energiprestanda, bara handlar om att ta ställning till att genomföra en föreslagen åtgärd eller inte.

Att lägga över förarbetet på någon annan minskar förstås inte i sig kostnader för att till exempel söka information om lämpliga åtgärder,

välja en lämplig produkt, hitta en pålitlig utförare, skriva avtal med denne och så vidare. Däremot finns en stor potential för stordriftsfördelar. Jämfört med den enskilda småhusägaren som ska uppfinna hjulet från början lär sig en professionell fastighetsförvaltare snabbt sådant som vilken typ av åtgärder som brukar lämpa sig i olika typer av fastigheter och vilka märken som håller bra kvalitet samt arbetar antingen upp kontakter med pålitliga utförare eller anställer egna. En stor professionell aktör kan alltså pressa transaktionskostnaderna väsentligt jämfört med mindre aktörer. Om mindre aktörer kan få hjälp av större aktörer med att energieffektivisera skulle alltså de totala transaktionskostnaderna kunna minska, och en större mängd energieffektiviseringsåtgärder skulle bli samhällsekonomiskt lönsamma.

Skulle det vara möjligt att utforma ett styrmedel där stora aktörer får ett intresse av att hjälpa mindre aktörer som företag eller hushåll att energieffektivisera? Detta är den bärande idén i så kallade kvotpliktssystem för energieffektivisering, där professionella aktörer i form av någon typ av energibolag får ett beting att bidra till en viss mängd energieffektivisering hos sina (eller andras) kunder. Hur de gör är upp till dem, vilket innebär att de har intresse av att hitta de billigaste åtgärderna. Finns det då åtgärder som redan är lönsamma blir det intressant för företagen att hitta dessa och skapa attraktiva paket där kunderna visserligen får betala för åtgärderna (som ju är lönsamma för dem) men i övrigt får allt serverat. Energibolagen har därmed inte bara intresse av att pressa transaktionskostnader utan också att hjälpa energianvändarna att överkomma de beteendemisslyckanden som hindrar dem från att genomföra lönsamma åtgärder.

Ett sådant styrmedel, som i denna rapport benämns *energieffektiviseringsbeting* i stället för det otympliga *kvotplikt för energieffektivisering*, har alltså goda förutsättningar att hantera hinder som i låg grad hanteras i befintliga styrmedel och bidra till ökad energieffektivisering på ett kostnadseffektivt sätt. För att styrmedlet ska bli kostnadseffektivt krävs emellertid också att styrmedlet utformas så att kostnaderna för själva styrmedlet (för berörda företag och myndigheter) inte överstiger nyttorna. Detta kan vara utmanande då det inte är helt lätt att mäta och beräkna energieffektivisering, eftersom det handlar om en jämförelse mot vad som skulle ha hänt annars och inte hur det ser ut nu²³⁴. Det krävs därför ett regelverk för beräkning av besparingar, tillsyn och så vidare som inte ger företagen incitament att bara ”räkna hem” saker som ändå hade skett, men inte heller ger dem orimligt betungande krav på att beräkna och bevisa exakt hur mycket just deras insatser sparar.

²³⁴ Att bara mäta hur energianvändningen ökar eller minskar, utan några särskilda justeringar för annat som förändras än eventuell energieffektivisering, skulle kunna få orimliga konsekvenser då till exempel ett elbolag som säljer mer el för att en stor industrikund elektrifierar en tidigare fossildriven process skulle straffas för det.

Den nedlagda utredningen om vita certifikat redovisar i sin slutrapport²³⁵ en möjlig utformning av ett sådant styrmedel, men då utredningen lades ner i förtid är det endast en beskrivning av hur styrmedlet skulle kunna se ut, utan något färdigt författningsförslag. Någon typ av energieffektiviseringsbeting skulle emellertid fylla en lucka i dagens styrmedelspalett och frågan bör därför väckas på nytt. Även om de principiella analyser som gjorts i utredningen har fortsatt relevans finns det olika delar i utredningens förslag som behöver övervägas vidare, som exempelvis hur besparingar ska beräknas och rapporteras och förslaget behöver hur som helst konkretiseras till ett färdigt författningsförslag. Detta styrmedel är väldigt brett eftersom de berörda energibolagen har stor frihet att själva välja vilka de vänder sig till och med vilka erbjudanden och det kan därför vidare finnas anledning att överväga om det bör ersätta vissa mer riktade styrmedel för att undvika dubbelstyrning. Till exempel kan de åtgärder som nu finansieras genom det särskilda stödet för energieffektivisering i småhus (se 9.1.1) komma att främjas genom energieffektiviseringsbetinget, varmed stödet kan avskaffas eller omformas för att få tydligare inriktning mot utsatta hushåll.

Som alternativ till energieffektiviseringsbeting har Fossilfritt Sverige²³⁶ föreslagit ett marknadsbaserat auktioneringssystem för att minska användningen av el och effekt. Ett sådant system har tydliga likheter med ett effektiviseringsbeting, eftersom det premierar de billigaste åtgärderna för att uppnå en given energieffektivisering. Däremot skiljer sig de båda styrmedlen i fråga om finansiering: i ett effektiviseringsbeting bärs kostnaderna för systemet i slutändan av elkunderna, medan omvända auktioner finansieras av skattebetalarna²³⁷. Fördelningsmässigt gör det kanske inte så stor skillnad på gruppnivå, men för enskilda kan det spela roll om man betalar utifrån inkomst eller elanvändning. Vidare kan ett styrmedel som är frikopplat från statsbudgeten uppfattas som mer stabilt över tid än ett system som är beroende av årliga budgetbeslut.

En annan skillnad är att effektiviseringsbeting är obligatoriska för elbolagen, medan bara de som så önskar deltar i auktionerna. Kombinationen av dessa två skillnader innebär i auktionsfallet att en begränsad grupp aktörer får ta del av skattemedel, vilket ställer höga krav på att ersättning bara utgår för energibesparingar som går utöver vad som ändå hade skett. Annars finns risk att mindre nogräknade aktörer bjuder in besparingar de inte själva bidragit nämnvärt till och får betalt för detta, vilket påverkar konkurrensen gentemot andra aktörer och riskerar att gå ut över legitimiteten för systemet. Även för effektiviseringsbetinget finns risken att aktörerna räknar med vissa besparingar som hade skett ändå,

²³⁵ Utredningen om vita certifikat (2022).

²³⁶ Fossilfritt Sverige (2023a).

²³⁷ Här talas om omvända auktioner som styrmedel; inget hindrar att de aktörer som beläggs med effektiviseringsbeting väljer att köpa in energibesparingar av till exempel energitjänsteföretag genom någon typ av auktionsförfarande. I det senare fallet är det fortfarande elkunderna och inte skattebetalarna som finansierar.

men eftersom det systemet omfattar alla går det att när nivån på betinget bestäms ta höjd för att det kommer att bli en del "luft" i besparingarna, hos alla aktörer. Därmed är det möjligt att undvika ett mycket komplicerat och kostsamt regelverk för att hantera additionaliteten i besparingarna, utan att det leder till oacceptabla nivåer av fusk och orättvisor.

Om styrmedlet primärt syftar till att undanröja hinder för lönsam energieffektivisering, där det inte är avgörande exakt hur mycket som sparas, vid vilka tidpunkter, vilka platser o.s.v., kan effektiviseringsbeting alltså möjliggöra ett enklare system, där nyttorna i lägre grad äts upp av kostnader för systemet. Om det däremot är viktigt att garantera en viss mängd besparingar, i synnerhet om det också spelar roll när och/eller var, kan däremot auktionsmodellen vara att föredra. Detta gäller inte minst för olika typer av kapacitetsmekanismer, såsom det förslag²³⁸ som Svenska kraftnät tagit fram. I en sådan mekanism borde den som vid ansträngda situationer kan garantera ett minskat effektbehov av en viss omfattning (oavsett om det handlar om att flytta eller minska energianvändningen) kunna vara med och tävla på samma villkor som den som kan tillhandahålla en viss mängd produktionskapacitet (eller lager). I detta fall krävs hur som helst ett omfattande regelverk för att säkerställa att den avtalade effektminskningen verkligen realiserar, varmed effektiviseringsbeting inte längre har en fördel ur denna aspekt.

Effektiviseringsbeting och kapacitetsmekanismer fyller två olika syften – att undanröja hinder för energieffektivisering respektive att säkerställa effekttillräcklighet – vilket gör att de mycket väl kan kombineras. Det går alltså att tänka sig effektiviseringsbeting där den som kan garantera att deras energieffektiviseringsåtgärder ger en viss effektminskning vid en viss tidpunkt också kan bjuda in denna på en kapacitetsmarknad och få ersättning också för denna extra nytta. Sådana kombinationer av kvotplikter för energieffektivisering och kapacitetsmekanismer där energieffektivisering kan delta förekommer bland annat i ett antal amerikanska delstater.²³⁹

9.1.5 *Elektrifieringen ställer nya krav på styrmedlen för vägtransportsektorn*

I vägtransporterna finns styrmedel som påverkar körkostnaderna, vilket bör påverka både trafikanternas val av färdmedel, fordon och körsträckor. Det finns också styrmedel som specifikt påverkar valet av fordon vid inköpstillfället. Det senare kan motiveras av att bilköpare visat sig ha svårt att fullt ta in hur driftskostnaderna påverkar de totala kostnaderna för fordonet och väljer bilar som (för en given prestanda) blir dyrare för dem i längden än om de valt ett mer energieffektivt alternativ (se 8.1.1). En brist med dagens styrmedel är dock att de är utformade med förbränningsmotordrivna fordon i åtanke och därmed kan behöva

²³⁸ Svenska kraftnät (2023e).

²³⁹ Santini et al. (2020).

anpassas när fordonsparken ställs om och förbränningsmotorer ersätts med batteri- eller i vissa tillämpningar bränslecellsdrivna elmotorer.

För att börja med de styrmedel som påverkar körkostnaderna är det framför allt i energibeskattningen som denna brist blir tydlig. Koldioxidskatten syftar till att internalisera utsläppen från förbränningen av drivmedlet, så det är logiskt att elen till eldrivna fordon inte omfattas av denna skatt. Eventuella utsläpp från elproduktionen prissätts i stället genom utsläppshandeln. Energiskatten på el kan sägas syfta till att internalisera andra miljökostnader än klimatpåverkan från elproduktionen, vilka inte påverkas av om elen används i fordon eller i andra tillämpningar. Som framgår av 6.4.3 ger emellertid transporter upphov till ytterligare samhällskostnader i form av till exempel vägslitage, olyckor och trängsel. För att även bidra till att internalisera dessa är energiskatten på motorbränslen högre än när motsvarande bränslen används för uppvärmning. Vissa av dessa externaliteter kan vara lägre för elfordon, såsom buller i lägre hastigheter, men andra kan tvärtom vara högre, såsom vägslitage då batteriet allt annat lika gör elfordonen tyngre. Eftersom el som används i trafik i motsats till motorbränslen inte har någon förhöjd energiskattesats finns det alltså inget som internaliserar dessa externaliteter. Detta innebär att körkostnaderna blir lägre och körsträckorna därmed längre än vad som vore samhällsekonomiskt effektivt.

Att internalisera dessa externaliteter genom ett påslag på energiskatten för el som används i fordon (på motsvarande sätt som för motorbränslen) förefaller inte särskilt praktiskt eftersom det uppmuntrar till att undvika för ändamålet anpassade laddare, som dessutom måste mätas separat, och i stället ”smygladda” el avsedd för stationär användning. Eftersom externaliteterna inte korrelerar linjärt med elanvändningen utan påverkas av faktorer som var och när fordonet framförs vore det dessutom betydligt mer träffsäkert att internalisera dessa genom en avståndsbaserad vägtrafikbeskattning, som då kan differentieras inte bara utifrån fordonets vikt och eventuellt andra relevanta egenskaper utan också utifrån geografi och/eller tidpunkt. En geografisk differentiering skulle också kunna bidra till högre legitimitet för beskattningen. Möjligheten att införa en differentierad avståndsbaserad vägbeskattning, även för lätta fordon, har analyserats och föreslagits i olika sammanhang²⁴⁰ och det bör tas vidare till att ta fram ett konkret förslag.

Vänds i stället blicken mot de styrmedel som syftar till att påverka val av fordon för den som står i begrepp att skaffa ett fordon, hittas dels

²⁴⁰ En översyn av den långsiktiga beskattningen i transportsektorn, mot bakgrund av ovan nämnda problematik, var ett av de prioriterade förslagen för att verkställa snarast från det myndighetsgemensamma arbetet med att samordna omställningen av transportsektorn till fossilfrihet (Energimyndigheten m. fl., 2021). Konkreta förslag på utformning har bland annat analyserats av IVL Svenska Miljöinstitutet (2020) men däremot har frågan inte utretts närmare inom det offentliga utredningsväsendet.

fordonsskatten (inklusive den förhöjda ”malusen” de första tre åren), dels beskattningen av bilförmån. Dessa styr redan mot att välja elfordon framför andra fordon (vilket i sig är en energieffektivisering även om det ökar användningen av just el) men inte mot att välja mer energieffektiva elfordon. I takt med att elfordon blir allt vanligare blir denna bristande styrning alltmer problematisk, för som sagt går det inte att förlita sig på att driftskostnaderna i sig är tillräckliga för att styra mot energieffektiva fordon. För elfordon innebär det vidare att miljöpåverkan inte lika tydligt som för fossilbilar domineras av energianvändningen i driftsfasen utan att användningen av energi och andra resurser i tillverkningsfasen får en relativt större betydelse. Då Sverige kan ha svårt att hantera dessa externaliteter vid källan, om utvinning och/eller tillverkning sker i andra länder, väcker detta frågan om styrmedlen behöver anpassas för att också beakta dessa externaliteter.

Styrningen av förmånsbilar skulle kunna förbättras med en maxgräns på bilens energianvändning per kilometer för att en elbil ska kunna räknas som en sådan miljöbil som medger nedsättning av förmånsvärdet. I fordonsskatten skulle önskad styrning i stället kunna uppnås genom en särskild energikomponent, som tillägg till koldioxidkomponenten för lätta fordon som omfattas av koldioxidbaserad fordonsskatt. Denna komponent bör då fungera som nuvarande malus, som tas ut för nya fordon under deras tre första år, och inte tas ut för befintliga fordon²⁴¹. Därmed undviks oönskade fördelningseffekter, då den nya skatten bara drabbar den som överhuvudtaget har råd att köpa en ny bil och inte personer som redan sitter med en gammal bil med dålig energieffektivitet. Med en sådan utformning behöver komponenten inte skräddarsys för elfordon utan kan tas ut som en enhetlig skatt för varje kWh som fordonet använder per kilometer²⁴², för elfordon såväl som bränslefordon. Därmed blir skattehöjningen större för bränsledrivna fordon än för elfordon, vilket säkerställer och rentav stärker incitamenten att välja elfordon framför bränsledrivna fordon.

Även om det förefaller praktiskt att bara lägga till en energikomponent till befintlig koldioxidkomponent, oavsett fordonens drivlina, kan det tyckas lite ologiskt att energianvändningen för de bränslebilar som träffas av koldioxidmalus då de i någon mån beskattas dubbelt, eftersom koldioxidutsläppen relaterar direkt till energianvändningen. En alternativ utformning som inte har detta problem är en viktbaserad komponent för lätta fordon som idag inte beskattas utifrån vikt, som liksom ovanstående förslag enbart skulle gälla de första tre åren. En sådan komponent skulle

²⁴¹ Om storleken på denna komponent sätts på en nivå som blir betydande i förhållande till fordonens inköpspris skulle en oönskad konsekvens kunna bli att människor behåller sina äldre fordon längre och därmed fördröjer omställningen av fordonsparken. Om en sådan kraftfull styrning för nya fordon önskas kan det också behövas mindre justeringar i fordonsskatten för befintliga fordon för att upprätthålla omställningstakten.

²⁴² Enligt WLTP, för bränsledrivna fordon omräknat från volym till energimängd utifrån energiinnehållet för det bränsle fordonet är certifierat för.

också styra mot högre energieffektivitet, då tyngre bilar kräver mer energi för att förflytta, men mer indirekt än en komponent som direkt utgår från energianvändningen. Däremot skulle en viktbaserad skatt styra bättre mot minskad användning av kritiska resurser, som kan bli en större flaskhals för elektrifieringen av transportsektorn än själva elanvändningen, i synnerhet för lätta fordon som är fler men körs mindre än tunga fordon. I väntan på en eventuell differentierad avståndsbaserad vägbeskattning enligt ovan skulle en sådan utformning också korrelera bättre med vägslitage och andra externaliteter som varierar med vikt och körsträcka. Så länge köpare av lätta fordon kan välja mellan el- och bränsledrift (och hybriddrift) skulle en rak viktbaserad skatt emellertid missgynna eldrivna fordon, eftersom dessa är tyngre än motsvarande bränslefordon på grund av vikten på batteriet. Detta kan i så fall behöva kompenseras genom någon typ av schablonpåslag för fordon utan batteri.

Utöver ekonomiska styrmedel kan en ökad energieffektivitet hos laddbara fordon också främjas med andra styrmedel. Energimyndigheten har tagit fram ett förslag på en obligatorisk märkning av lätta fordon som visar fordonets energieffektivitet, koldioxidutsläpp räknat på drivmedlets livscykel samt miljöpåverkan under tillverkning och skrotning²⁴³. Förslaget är utformat utifrån beteendevetenskaplig forskning, vilket innebär att märkningen inte bara presenterar en siffra (som köparen kan ha svårt att relatera till). Precis som i befintlig energimärkning presenteras informationen grafiskt i en färgglad skala där det är lätt för konsumenten att förstå hur energieffektivt fordonet är jämfört med andra fordon, och därmed också lättare att fatta ett välinformerat beslut. Detta förslag bör genomföras utan dröjsmål och inte stanna vid den rena lagreglering av redan gällande EU-rätt om konsumentinformation vid marknadsföring av nya personbilar som nyligen föreslagits i en lagrådsremiss²⁴⁴.

Den energiklassning som ingår i märkningen kan sedan också ligga till grund för upphandlingskrav, både sådana som är obligatoriska för offentlig upphandling (genom lag om miljökrav vid upphandling av bilar och vissa tjänster inom vägtransportområdet²⁴⁵ eller förordning om miljö- och trafiksäkerhetskrav för myndigheters bilar²⁴⁶) och sådana där Upphandlingsmyndigheten tar fram kriterier i varierande ambitionsnivå som upphandlare frivilligt kan välja att använda sig av. I synnerhet i det senare fallet kan det även vara lämpligt att ta fram kriterier för andra aspekter på resurseffektivitet under fordonets livscykel. Det vore också önskvärt att på EU-nivå driva tak för nya fordons energianvändning, på

²⁴³ Energimyndigheten (2020).

²⁴⁴ Regeringen (2023).

²⁴⁵ SFS: 2011:846.

²⁴⁶ SFS: 2020:486.

samma sätt som det idag finns tak för deras koldioxidutsläpp per kilometer.

Innan vi lämnar transportsektorn är det också viktigt att påminna om att elektrifieringen på intet sätt gör det meningslöst att arbeta för ett mer transporteffektivt samhälle och då inte minst ett sådant där fler människor i högre grad kan få ihop sin vardag utan att behöva äga en egen bil. För att hushålla med el, effekt och andra begränsade resurser, både sådant som batterimetaller som specifikt gäller laddbara fordon och sådant som yta i städer som också gäller andra fordon, är det önskvärt att hålla nere såväl antal som storlek på bilar och deras batterier. Här har både myndigheter och olika utredningar genom åren lämnat en rad viktiga förslag som fortfarande är angelägna att genomföra.²⁴⁷

9.1.6 För att alla ska hänga med i energiomställningen ställs ytterligare krav på styrmedlen

I 8.1.1 nämndes att bland annat låginkomsttagare och fastighetsägare på svaga bostadsmarknader kan ha svårt att få lån (i vart fall till samma räntor som andra) då informationsasymmetrier innebär att långivarna kan ha svårt att bedöma såväl låntagarnas återbetalningsförmåga som åtgärdernas lönsamhet. För dessa grupper kan det alltså bli svårt att åtgärda dålig energiprestanda i bostäderna även om det vore lönsamt. För småhus saknas data men för flerbostadshus har det visats att låginkomsttagares bostäder i genomsnitt har sämre energiprestanda än höginkomsttagares.²⁴⁸

Att flerbostadshus med många låginkomsttagare i snitt har sämre energiprestanda än andra flerbostadshus kan också påverkas av andra faktorer. Låginkomsttagare är överrepresenterade i hyresrätter och påverkas därmed av regelverket för hyressättning av bostäder ("bruksvärdessystemet") och i många fall dessutom av regelverket för allmännyttiga bostadsbolag. Boverket och Energimyndigheten bedömer att bruksvärdessystemet ger företagsekonomiska incitament att genomföra standardhöjande "överrenoveringar", det vill säga renoveringar som inte är efterfrågade av de boende och som därför inte är samhällsekonomiskt motiverade, men å andra sidan ger svaga företagsekonomiska incitament att genomföra mer begränsade renoveringsåtgärder i form av energieffektiviseringsåtgärder och andra åtgärder som räknas som underhåll.²⁴⁹ Detta hänger samman med regelverkets tydliga distinktion mellan standardhöjande investeringar å ena sidan och underhållsåtgärder å andra sidan, där åtgärder av det senare slaget inte berättigar till hyreshöjningar.

²⁴⁷ Se till exempel Energimyndigheten m. fl. (2017), SOU 2021:48, SOU 2022:21 och Naturvårdsverket (2023c).

²⁴⁸ von Platten, Mangold & Mjörnell (2020).

²⁴⁹ Boverket & Energimyndigheten (2019).

För underhåll, till vilka alltså energieffektivisering normalt räknas, är tanken att pengar för planerat underhåll ska avsättas i förväg i stället för att hyran ska behöva höjas kraftigt när underhållet väl sker.

Branschaktörer vittnar dock om att det kan vara svårt att i hyresförhandlingarna få igenom tillräckligt stora avsättningar, med de hyresnivåer som då följer, för att möjliggöra denna typ av energieffektiviseringsåtgärder. Detta kan påverkas av skattekonsekvenser av fonderingarna, men det egentliga problemet är att hyresvärden har svårt att få igenom en hyra som täcker det fulla underhållet, inte bara ”planerat underhåll” som återkommer med viss regelbundenhet utan också energieffektiviseringsåtgärder som inte nödvändigtvis är planerade på samma sätt. Där har praxis i stället blivit att åtgärderna i praktiken enbart genomförs om och när de kan kombineras med standardhöjande åtgärder som medger en hyreshöjning.

Men varför skulle hyran överhuvudtaget behöva höjas om investeringen är lönsam, på så sätt att den långsiktigt spar mer pengar än den kostar? För allmännyttiga bostadsbolag gäller enligt den så kallade allbolagen, lag om allmännyttiga kommunala bostadsaktiebolag²⁵⁰, att verksamheten ska bedrivas enligt affärsmässiga principer. Det innebär bland annat att bolagen ska tillämpa marknadsmässiga avkastningskrav på sina investeringar, oavsett hur höga eller låga faktiska kostnader de har för att ta in kapital. Då kommunala bolag typiskt sett har tillgång till kapital till låga kostnader kan det alltså finnas åtgärder som är lönsamma utifrån de faktiska kapitalkostnaderna, men inte om lönsamheten ska beräknas utifrån marknadens ofta mycket höga avkastningskrav (jämför 8.1.1). För att möta dessa högre avkastningskrav räcker det alltså inte att sänka driftskostnader egentligen gör investeringen långsiktigt lönsam, utan bolaget måste kombinera de sänkta driftskostnaderna med höjda (hyres)intäkter för att kunna räkna hem den. Om det inte är möjligt att höja hyran kan detta bromsa även långsiktigt lönsamma energieffektiviseringsåtgärder.

Ur ett samhällsekonomiskt effektivitetsperspektiv är det naturligtvis problematiskt om långsiktigt lönsamma åtgärder bromsas. Ur ett bredare socialt perspektiv kan det även ses som problematiskt om grupper som redan har en tuffare ekonomisk situation tvingas lägga omotiverat mycket av en redan ansträngd budget på energikostnader i stället för att effektivisera och därmed i längden sänka kostnaderna. Detta gäller oavsett om de fulla energikostnaderna betalas direkt av hushållen, som i äganderätter, eller om energikostnaderna helt eller delvis ingår i hyran eller månadsavgiften. Detta gäller för övrigt inte bara för el, som detta uppdrag primärt handlar om, utan även för fjärrvärme. Att utelämna fjärrvärme och begränsa diskussionen om sociala aspekter till (bristande) energieffektivisering på el riskerar tvärtom att slå snett, i synnerhet då

²⁵⁰ SFS: 2010:879.

boende i flerbostadshus i genomsnitt har lägre inkomster än boende i småhus. Oavsett om det rör sig om äganderätter, bostadsrätter eller hyresrätter, och oavsett om de värms med el, fjärrvärme eller något annat, finns alltså en slagsida mot att redan sårbara grupper görs ännu mer sårbara genom att bo i bostäder med dålig energiprestanda, där plötsliga prisökningar på energi får större genomslag än i bostäder med bättre energiprestanda.

De ökade energikostnader som Europa upplevt efter Rysslands anfallskrig mot Ukraina har vidare lett till en intensifierad diskussion om så kallad energifattigdom, det vill säga att vissa hushåll inte har råd att upprätthålla en grundläggande nivå på energitjänster som värme, belysning och så vidare. Denna problematik ser dock väsentligt annorlunda ut i Sverige än i många andra länder, inte bara på grund av vårt relativt starka sociala skyddsnät. Då låginkomsttagare i huvudsak bor i hyresrätt får det stora konsekvenser att hyror (och månadsavgifter i bostadsrätter) i Sverige oftast inkluderar uppvärmning (inklusive varmvatten), så kallad varmhyra. Jämfört med länder där kallhyra är vanligast ges alltså ekonomiskt svaga hushåll sällan alternativet att dra ner på värmen för att hålla nere utgifterna. Bortsett från ekonomiskt svaga hushåll som bor i småhus har de i stället att välja mellan att bo mindre (om det valet ens finns i praktiken) eller att dra ner på andra utgifter, det vill säga en fråga om generell fattigdom snarare än energifattigdom.

Även om energifattigdom i Sverige alltså i utfall oftast inte skiljer sig från fattigdom generellt kan däremot lösningarna behöva se annorlunda ut. Genom det sociala skyddsnät som ska hantera fattigdom generellt kan människor i fattigdom under vissa förutsättningar få ekonomiskt bistånd för att täcka skäligen levnadsomkostnader, inklusive hyra och energikostnader. Om de höga energikostnaderna (direkta eller inbakade i hyran) däremot beror på att bostaden har låg energiprestanda, som på grund av något av de ovan beskrivna hindren inte kunnat åtgärdas, kan det däremot vara långsiktigt mer effektivt att göra något åt bostadens energiprestanda än att betala för konsekvenserna därav.

Därutöver ställer EU i allt ökande grad krav på medlemsstaterna att vidta åtgärder mot energifattigdom och för att se till att även sårbara hushåll kan ta del av energieffektiviseringsåtgärder. I det omarbetade direktivet om energieffektivitet²⁵¹ finns en lång rad bestämmelser som riktar sig mot energifattigdom, som i direktivet definieras som ”ett hushålls bristande tillgång till väsentliga energitjänster som tillhandahåller grundläggande nivåer och en skälig levnadsstandard och hälsa, inklusive tillräcklig tillgång till uppvärmning, varmvatten, nedkylning, belysning och energi för att driva elapparater, inom det berörda nationella sammanhanget, befintlig nationell socialpolitik och andra relevanta nationella

²⁵¹ EUROPAPARLEMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV (EU) 2023/1791 av den 13 september 2023 om energieffektivitet och om ändring av förordning (EU) 2023/955.

politikområden, orsakad av en kombination av faktorer, inbegripet åtminstone orimliga priser, otillräcklig disponibel inkomst, höga energikostnader och bostäder med låg energieffektivitet”. På ett allmänt plan ska medlemsstaterna ”vidta ändamålsenliga åtgärder för att stärka och skydda personer som påverkas av energifattigdom, utsatta kunder, personer i låginkomsthushåll och, om tillämpligt, personer som bor i subventionerade bostäder” (artikel 24.1) och på ett prioriterat sätt vidta åtgärder för att öka energieffektiviteten bland dessa grupper (artikel 24.2). Mer specifikt ska medlemsstaterna se till att personer som påverkas av energifattigdom, utsatta kunder, personer i låginkomsthushåll och, om tillämpligt, personer som bor i subventionerade bostäder får ta del av de energibesparingar som medlemsstaterna är skyldiga att uppnå enligt artikel 8 (se avsnitt 5.1.2). Den andel av energibesparingarna som genomförs hos dessa grupper ska minst motsvara den andel av hushållen som omfattas av energifattigdom enligt bedömningen i medlemsstaternas nationella energi- och klimatplaner. Någon sådan har inte gjorts i Sveriges nu gällande energi- och klimatplan men kommer sannolikt att göras i samband med den uppdatering som ska lämnas till kommissionen 2024.

Även i förslaget till omarbetat direktiv om byggnaders energiprestanda (EPBD)²⁵², som ännu inte är antaget, finns skrivningar som tar syfte på energifattigdom och sårbara hushåll. Bland annat ska medlemsstaterna, för att stödja efterlevnaden av kraven på minimistandarder för energiprestanda, ”tillhandahålla lämpliga ekonomiska åtgärder, särskilt sådana som riktar sig till sårbara hushåll, människor som drabbats av energifattigdom eller som bor i subventionerade bostäder” (artikel 9.3). Dessa inslag motiverar kommissionen både med de marknadsmisslyckanden som präglar byggnadssektorn i alla medlemsstater och med vikten av en klimatomställning där ingen lämnas utanför, i synnerhet då de mest sårbara hushållen ofta finns i byggnaderna med sämst energiprestanda.²⁵³

Det senare perspektivet, där styrmedel och åtgärder inte bara motiveras med marknadsmisslyckanden utan också med att alla ska med i klimatomställningen, går också igen i EU:s nya sociala klimatfond²⁵⁴. Därifrån kan medlemsstaterna söka medel för att stödja utsatta hushåll och mikroföretag som får ökade energikostnader när EU:s utsläppshandel utvidgas till byggnader och vägtransporter. För svenskt vidkommande är fonden visserligen av mindre intresse i bostadssektorn då andelen bostäder som värms av fossila bränslen, och därmed kan komma att påverkas av den utvidgade utsläppshandeln, är mycket låg. Däremot är den underliggande principen (att det kan behövas styrmedel inte bara för

²⁵² COM (2021) 802 final, Förslag till EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV om byggnaders energiprestanda.

²⁵³ Ibid, s 10.

²⁵⁴ EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS FÖRORDNING (EU) 2023/955 av den 10 maj 2023 om inrättande av en social klimatfond och om ändring av förordning (EU) 2021/1060.

att hantera marknadsmisslyckanden och liknande direkta hinder för omställningen utan också för att hantera de sociala konsekvenser som annars kan urholka legitimiteten för omställningen och därmed hindra de åtgärder som ska leda dit) relevant också i en svensk diskussion om energieffektivisering och energifattigdom.

Den officiella svenska hållningen till energifattigdom är att denna, precis som fattigdom generellt, hanteras inom socialpolitiken²⁵⁵. Efter det att statliga stöd till energieffektivisering i socialt utsatta områden utvecklats har de energipolitiska styrmedel som kan sägas ha sociala förtecken tagit formen av elstöd till hushåll och företag, där staten i praktiken subventionerar dessas elanvändning utan att ställa några krav på energieffektivisering och utan att rikta subventionerna till särskilt utsatta grupper. Stöden har därför snarare minskat drivkrafterna till energieffektivisering och gett mest stöd till hushåll som redan från början haft råd att använda mycket el.

För att möta EU:s krav kommer Sverige däremot framöver att behöva utveckla styrmedel som mer tydligt riktar sig mot sårbara grupper och som leder till att dessa får ta del av energieffektiviseringsåtgärder som långsiktigt sänker deras energikostnader, i stället för att bara kompenseras för energikostnaderna. Denna typ av styrmedel kan delvis sägas svara mot ovan identifierade marknadsmisslyckanden, men då frågan även har en fördelningspolitisk dimension som går utöver frågan om samhällsekonomisk effektivitet betraktas de olika perspektiven här samlad.

Vilken typ av styrmedel som kan vara lämpliga beror på vad de är tänkta att åstadkomma. Som redan konstaterats finns det flera perspektiv som samverkar i frågan om energieffektivisering och energifattigdom och därför kan det behövas olika styrmedel som hanterar olika aspekter. Det kan också finnas anledning att fundera över hur befintliga regelverk kan justeras för att inte bromsa energieffektivisering, men då detta potentiellt kan ge stora bostadspolitiska konsekvenser har det inte analyserats närmare inom ramen för det här uppdraget.

Om syftet begränsas till att strikt hantera marknadsmisslyckanden, såsom ovan beskrivna informationsasymmetrier på kreditmarknaden, kan det vara lämpligt med styrmedel som riktas mot kreditgivningen. Staten skulle till exempel kunna erbjuda någon typ av kreditgarantier för långivare som ger lån till grupper som annars kan ha svårt att få lån för energieffektiviseringsåtgärder till rimliga villkor. Utredningen om energisparlån²⁵⁶ föreslog en statlig kreditgaranti för lån till renoverings- och energieffektiviseringsåtgärder på svaga bostadsmarknader, men däremot bedömde utredningen att staten inte bör bidra till att ekonomiskt

²⁵⁵ Regeringen (2020) och Regeringskansliet (2023).

²⁵⁶ SOU 2017:99.

svaga grupper skuldsätter sig ytterligare och föreslog inget motsvarande för lån till privatpersoner. Sedan dess har visserligen en ny förordning om statlig kreditgaranti för lån för bostadsbyggande²⁵⁷ beslutats, men primärt baserat på en annan utredning²⁵⁸. Det kan därför finnas skäl att på nytt överväga om möjligheten till kreditgarantier för renoverings- och energieffektiviseringsåtgärder på svaga bostadsmarknader är tillfredsställande.

Om fokus i stället är att nå EU-krav kan styrmedlen utformas för att mer direkt styra i den riktningen. För att nå energieffektivitetsdirektivets krav på att en viss andel av medlemsstatens årliga energisparkrav ska uppnås bland de sårbara grupper som räknas upp i direktivet kan detta tas med i utformningen av de styrmedel som ska bidra till att uppnå energisparkravet som sådant. I direktivet lyfts särskilt så kallade kvotplikter för energieffektivisering, eller som det benämns i denna rapport energieffektiviseringsbeting, men direktivet öppnar också upp för alternativa policyåtgärder för att nå energisparkravet. Om Sverige väljer att införa ett system med effektivitetsbeting kan systemet utformas så att de kvotpliktiga får ett delbeting, motsvarande vad som krävs av Sverige enligt direktivet, för energibesparing som ska uppnås hos sårbara hushåll.

Ett förslag med denna innebörd analyserades inom den nedlagda utredningen om vita certifikat, som dock också öppnade för möjligheten att de kvotpliktiga i stället skulle kunna betala in till en energieffektivitetsfond som kunde bidra med finansiering när en kvotpliktig genomför åtgärder hos sårbara hushåll. Båda modellerna skulle enligt utredningen bidra till att minska den snedvridning som annars kan uppstå i ett kvotpliktssystem, där de kvotpliktiga sannolikt prioriterar åtgärder hos kapitalstarka hushåll som själva kan betala för åtgärden framför åtgärder (som rentav kan vara mer lönsamma) hos kapitalbegränsade hushåll som har lägre förmåga att medfinansiera åtgärderna.

Det är naturligtvis fullt möjligt att styra mot sårbara hushåll också med andra styrmedel än ett energieffektiviseringsbeting. Det går till exempel att inrätta en statlig energieffektivitetsfond som finansieras med skattemedel (och möjligen med tillskott från EU-medel) som kan bidra till att finansiera energieffektiviseringsåtgärder hos sårbara hushåll. Konstruktionen skulle kunna vara likartad som den som föreslås i den nedlagda utredningen om vita certifikat, det vill säga att sårbara hushåll i småhus definieras på hushållsnivå (i utredningens förslag som hushåll med ”låg ekonomisk standard” enligt Statistiska Centralbyråns definition) medan styrningen för flerbostadshus sker på områdesnivå (i utredningens förslag enligt Statistiska Centralbyråns så kallade demografiska statistikområden och även där i förhållande till måttet låg ekonomisk

²⁵⁷ SFS 2020:255.

²⁵⁸ SOU 2017:108.

standard). För att fonden verkligen ska nå också de hushåll som har störst behov av medlen, men kanske också sämst förutsättningar att sätta sig in i vilka finansieringsmöjligheter som erbjuds, kan fonden också behöva arbeta uppsökande. Vilket skulle kunna ske i samarbete med exempelvis socialtjänst, frivilligorganisationer eller andra aktörer. Detta kan förvisso vara värdefullt också i ett system med energieffektiviseringsbeting, även om uppsökande verksamhet där uppmuntras av att de kvotpliktiga behöver hitta kunder för sina energieffektiviseringserbjudanden.

Någon typ av energieffektiviseringsfond skulle också kunna vara ett svar på de föreslagna kraven i EPBD på ”lämpliga ekonomiska åtgärder”, särskilt för sårbara hushåll, för att stödja efterlevnad av krav på minimistandarder för energiprestanda. Innan direktivet och därmed den slutliga utformningen av kraven har beslutats är det dock svårt att analysera denna fråga närmare.

9.2 Styrmedel för minskat effektbehov i topplastsituationer

Enligt uppdraget ska Energimyndigheten analysera styrmedel som påverkar energianvändningen, i syfte att minska effektbehovet i topplastsituationer i de fall det bedöms kunna ge en betydande minskning. Tidigare i rapporten gjordes bedömningen att det avgörande hindret för en effektivare användning av effekt är att prissignaler inte når fram. För att elanvändare ska kunna anpassa sin elanvändning på ett sätt som minskar effektbehovet i topplastsituationer behöver de nås av korrekta prissignaler som speglar eventuella knappheter i elbalans och överföringskapacitet. Första steget bör därför vara att se över hur prissignalerna kan nå fram bättre.

9.2.1 Fler kunder behöver nås av korrekta prissignaler

Som redan nämnts är ett nytt regelverk på gång för nättariffer. När det tillämpas fullt ut 2027 bör det ge kunderna incitament att anpassa sin elanvändning så att behovet av kostsamma förstärkningar av elnätet minskas (se 8.2). Dock kan det fortfarande finnas behov av att differentiera tarifferna inom ett lokalnät för att spegla eventuella begränsningar inom nätområdet, i enlighet med Energimarknadsinspektionens tidigare förslag²⁵⁹.

För elpriset innebär en ökad andel timprisavtal att fler nås av korrekta prissignaler, men fortfarande är det en minoritet av kunderna som har denna typ av avtal (se 8.2). Eftersom kunderna kan ha ett legitimt intresse av prissäkring kan det vara svårt med alltför hård styrning mot timprisavtal. Däremot har Energimarknadsinspektionen tagit fram ett antal förslag på ”mjukare” styrning i syfte att stärka hushållens förutsättningar att fatta välinformerade beslut om såväl elavtal som

²⁵⁹ Energimarknadsinspektionen (2020).

lösningar för efterfrågefleksibilitet²⁶⁰. Ett första steg är att genomföra dessa.

9.2.2 *Elskatten kan reformeras för att stimulera snarare än motverka efterfrågefleksibilitet*

Vänds i stället blicken mot styrmedel som påverkar energianvändningen är det svårt att blunda för energiskatten på el. Som nämnts i 8.2 bidrar den med nuvarande utformning till att försvaga den prissignal som når kunden (i vart fall för kunder som betalar energiskatt) eftersom den är ett fast påslag per kWh som i motsats till elpriset inte varierar med underliggande knapphet²⁶¹. En dynamisk elskatt som uttrycks som ett procentuellt påslag på elpriset, ungefär som moms, skulle lösa detta problem. En sådan lösning skulle dock ytterligare förstärka den prisvolatilitet kunderna möter och när priserna av olika skäl blir riktigt höga skulle de med en dynamisk elskatt bli extremt höga. För att undvika detta skulle en dynamisk elskatt därför sannolikt behöva utformas med ett övre tak, så att skatten inte kan bli hur hög som helst. Även en skatt som bara varierar inom ett begränsat spann skulle dock förstärka incitamenten till efterfrågefleksibilitet. Den största nyttan skulle emellertid inte komma i ”topparna” utan i ”dalarna”, det vill säga incitamenten stärks för att utnyttja låga spotpriser till att till exempel fylla olika former av energilager som sedan kan nyttjas när elpriset är högre. En sådan beskattning bör utredas, och i den pågående revideringen av det så kallade energiskattedirektivet bör Sverige verka för att direktivet utformas på ett sätt som inte begränsar möjligheten till dynamisk beskattning av el.

Som nämnts i 9.1.3 är industri och vissa andra verksamheter helt eller delvis befriade från energiskatt och påverkas därmed i låg grad eller inte alls av denna problematik. Däremot innebär den utbredda användningen av prissäkringsstrategier i form av fastprisavtal (PPA) att dessa verksamheter får låga incitament till efterfrågefleksibilitet från det elpris de möter. Detta skiljer sig visserligen inte från andra kunder, men då industrin är, och i än högre väntas bli, en stor elanvändare får försvagade incitament för flexibilitet här särskilt stora konsekvenser för elsystemet. För dessa användare kan det därmed vara önskvärt att använda energiskatten för att aktivt stimulera och inte bara undvika att bromsa efterfrågefleksibilitet.

Detta är inte minst relevant för den elektrolysbaserade vätgasproduktion som väntas stå för en kraftigt ökad efterfrågan framöver (se avsnitt 3.1.2). Beroende på om dessa anläggningar (elektrolysörer och eventuellt vätgaslager) byggs för kontinuerlig drift eller för att kunna anpassa produktionen efter elpriserna kommer detta att ge stora konsekvenser för

²⁶⁰ Energimarknadsinspektionen (2023b).

²⁶¹ Variationerna i spotpriset påverkas förvisso inte av elskatten, men i synnerhet då elpriserna är låga blir den fasta elskatten en stor procentuell andel av det pris elkunden möter, varmed prisskillnaden så att säga ”späds ut”.

effekttopparna i systemet. Det gör det angeläget att styrningen uppmuntrar till att anläggningarna redan från början byggs på ett sätt som möjliggör flexibilitet. I 9.1.3 fördes ett resonemang om att nedsättningar och befrielser från elskatt kan villkoras mot någon form av motprestation som effektiviserar elanvändningen. Denna princip skulle också kunna användas för att främja efterfrågeflexibilitet, så att till exempel den som bygger en anläggning för elektrolysbaserad vätgasproduktion behöver göra detta på ett sätt som möjliggör flexibilitet för att få ta del av skattebefrielsen för el till elektrolysörer. Det föreslås också i regeringsuppdraget att främja ett flexibelt elsystem²⁶². Det är rimligt att tänka sig att äldre anläggningar har större förutsättningar för energieffektivisering medan nyare industrianläggningar har större möjligheter att skapa förutsättningar för flexibel elanvändning, så de två syftena kompletterar varandra väl.

9.2.3 *Effektdimension i energikartläggning för stora företag och energideklarationer*

I uppdraget ingår att Energimyndigheten ska analysera om det är ändamålsenligt och effektivt att inkludera ett krav på redovisning av effektdimensionen i regelverket för energideklarationer för byggnader (ED) respektive energikartläggningar i stora företag (EKL).

Både EKL och ED syftar till att främja energieffektivitet och bidrar på det sättet redan indirekt till en effektreduktion. I befintliga direktiv, lagar, förordningar, föreskrifter och standarder som reglerar EKL och ED finns dock inget stöd för att utöver energieffektivisering kräva ytterligare insatser kopplade till effekt. För att hantera effektdimensionen inom ramen för dessa styrmedel skulle därför en omarbetning av befintliga regelverk och/eller ett utökat arbete med information och metodstöd behövas.

Effektdimensionen saknas i Lag om energikartläggning i stora företag. Lag om energikartläggning i stora företag²⁶³ (EKL) är den svenska implementeringen av krav från EU:s direktiv om energieffektivitet. Direktivet fokuserar tydligt på effektivare energianvändning och berör i princip inte effektdimensionen specifikt²⁶⁴. Det är tydligt att även den svenska implementeringen behandlar effektivisering av energianvändning utan att särskilt ta hänsyn till effektdimensionen och ordet effekt (i betydelsen energianvändning per tidsenhet) förekommer inte i varken lag, förordning eller föreskrifter. Effektdimensionen hanteras inte heller i de

²⁶² I2022/01578, *Uppdrag att främja ett mer flexibelt elsystem*.

²⁶³ SFS: 2014:266.

²⁶⁴ Effektdimensionen berörs ett fåtal gånger i den omarbetade versionen av direktivet om energieffektivitet (EU) 2023/1791, dock inte i artikel 11 om energiledningssystem och energikartläggning.

standarder²⁶⁵ för energikartläggning som hänvisas till i 5 § i föreskrifter om energikartläggning i stora företag²⁶⁶.

Energikartläggningen omfattar alla stora företag (det vill säga företag som inte kan klassas som små eller medelstora²⁶⁷) och kräver att energikartläggningar genomförs vart fjärde år. En energikartläggning som görs inom ramen för EKL ska innehålla uppgifter om byggnadernas totala energianvändning och om verksamhetsenergi inklusive energianvändning för transporter samt förslag till kostnadseffektiva åtgärder såväl för att spara energi som för att effektivisera energianvändningen. Lagen ställer inte krav på att åtgärder ska genomföras.

Energikartläggningen fokuserar helt på att öka energieffektiviteten och tar inte hänsyn till när i tid energi används. Efterfrågefleksibilitet handlar primärt om att styra när energi används och kan i vissa fall till och med leda till en minskad energieffektivitet²⁶⁸. Utifrån dessa förutsättningar konstateras att det inte finns något stöd i gällande regelverk för att ställa skarpa krav på redovisning av effektdimensionen och åtgärder kopplade till efterfrågefleksibilitet eller lagerkapacitet.

Effektdimensionen saknas även i regelverket för energideklARATIONER. EnergideklARATIONER för byggnader är en följd av den svenska implementeringen av artikel 11 i direktivet om byggnaders energiprestanda²⁶⁹ (EPBD) som ställer krav på att medlemsstaterna ska upprätta ett system för certifiering av byggnaders energiprestanda. I EPBD ställs krav på att energideklARATIONERNA ska innehålla uppgifter om byggnadens energiprestanda, rekommendationer om hur byggnadens energiprestanda kan förbättras, vilka byggnader som omfattas och behöver energideklARERAS, och hur ofta energideklARATIONERNA behöver förnyas.

Bestämmelser om energideklARATIONER finns i lag om energideklARATION för byggnader²⁷⁰ och förordning om energideklARATION för byggnader²⁷¹. Nuvarande lagstiftning ställer inga krav på att effektdimensionen ska hanteras eller beaktas i energideklARATIONER. Syftet med energideklARATIONERNA är att främja effektiv energianvändning och samtidigt säkerställa gott inomhusklimat i byggnader, det tas inte hänsyn till när energianvändningen sker. Att genom energideklARATIONER adressera

²⁶⁵ Vanligen tolkat som antingen ISO 50002 eller SS-EN 16247–1.

²⁶⁶ STEMFS 2014:2.

²⁶⁷ Enligt Kommissionens rekommendation (96/280/EG) av den 3 april 1996 om definitionen på små och medelstora företag (96/280/EG).

²⁶⁸ Exempelvis om processer stängs ner som är tänkta att gå i kontinuerlig drift, som exempelvis ugnar som sedan måste värmas upp igen.

²⁶⁹ EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV 2010/31/EU av den 19 maj 2010 om byggnaders energiprestanda.

²⁷⁰ SFS 2006:985.

²⁷¹ SFS: 2006:1592.

effektdimensionen och ställa skarpa krav på redovisning och åtgärder saknar stöd i rådande regelverk.

Omarbetade direktiv innebär förändringar i regelverken

Ett omarbetat direktiv om energieffektivitet (EED) har antagits och ska implementeras i svensk lagstiftning (läs mer i avsnitt 5.1). Förändringarna i direktivet kommer påverka utformningen av EKL. Exempelvis genom att kriterierna för vilka företag som omfattas av kravet på kartläggning och införande av energiledningssystem kommer utgå från storlek på företagens genomsnittliga energianvändning i stället för antal anställda och omsättning. Företag med en genomsnittlig energianvändning som överstiger 10 terajoule (TJ) ska genomföra en energikartläggning och företag med en energianvändning som överstiger 85 TJ ska införa energiledningssystem som ska vara certifierat av ett oberoende organ. Detta gör att både krav och målgrupp förändras, exakt hur många och vilka företag som kommer att omfattas utifrån dessa förändringar är dock ej klart i skrivande stund.

Direktivet om byggnaders energiprestanda (EPBD) står inför en omarbetning och det går ännu inte att uttala sig om den slutliga utformningen (läs mer i avsnitt 5.2).

Förutsättningar att inkludera en effektdimension vid revidering av styrmedlen

Eftersom direktivet om energieffektivitet nyligen omarbetats och även direktivet om byggnaders energiprestanda är under omarbetning innebär det att de nationella regelverken för energikartläggningar och energideklarationer kommer behöva uppdateras. I dagsläget är det inte helt klarlagt vilka effekter förändringarna i direktiven kommer att få på berörda verksamhetsutövare. De förändrade kriterierna för vilka företag som ska genomföra energikartläggning gör att det i dagsläget inte är känt vilka eller hur många de berörda företagen är. Rekommendationen är därför att införande av krav på att hantera effektdimensionen bör övervägas i samband med att regelverket justeras utifrån de förändrade krav som ställs i EED och EPBD, detta för att skapa en helhetsbild av kravbilden gentemot verksamhetsutövarna och göra en samlad konsekvensbedömning.

Att inkludera krav på att hantera effektdimensionen inom ramen för EKL kan vara en lämplig utveckling av styrmedlet. Ett krav på att hantera effektdimensionen vid kartläggningen skulle göra kartläggningsarbetet mer omfattande och därmed dyrare men har samtidigt potential att resultera i fler lönsamma åtgärdsförslag för berörda företag.

Effektåtgärder kommer troligtvis bli mer lönsamma i takt med att marknadens efterfrågan ökar och tariffer förändras. En eventuell förändring bör syfta till att öka kunskapen om effektfrågan och möjliga effektåtgärder hos de företag som omfattas av lagen. Att företagen har aktuell kunskap om sin effektprofil samt möjligheter och förutsättningar

för att göra effektåtgärder kan bidra positivt i arbetet med mer övergripande lokala eller regionala initiativ, exempelvis regional energiplanering, kring effektfrågan.

En övergripande diskussion som är viktig att ta vidare är om fokus och ansvar i effektarbetet ska ligga på de enskilda elanvändarna eller i produktions- och distributionsleden. I en fortsatt analys är det viktigt att väga in båda perspektiven, det vill säga både de aktörer som kan tillhandahålla flexibilitet och de som kan komma att efterfråga flexibilitet.

Genom att se över befintligt regelverk för energideklarationer bör fler dimensioner kunna inkluderas även i detta styrmedel så att även efterfrågeflexibilitet, energilager och egenproduktion av el inkluderas i regelverken. Att inkludera effektdimensionen i ED kan bidra till att öka kunskapen om byggnadens effektbehov och möjlighet att bidra till flexibilitet. Möjligen skulle innehållet i ED även kunna inkludera uppgifter om byggnadens topp effekt, laddningspunkter för elfordon, energilager och värmesystemets effektstorlek. För ED är det dock viktigt att beakta att det inte träffar all byggnadsrelaterad elanvändning, då det endast är energi till uppvärmning, komfortkyla, tappvarmvatten och fastighetsel som ingår i ramen för energideklarationer. Verksamhetsenergi och hushållsenergi ligger utanför både i avseende av rapportering och identifierade åtgärder. Det blir en gränsdragning som kan medföra att goda effektreducerande åtgärder missas.

Utan att göra förändringar i lag, förordning eller föreskrifter finns möjligheter att rikta det arbete som redan genomförs inom ramen för EKL och ED så att styrmedlen i större utsträckning bidrar till att minska behovet av effekt. Energiexperter som utför energikartläggning och energideklarationer kan styras mot att även uppmärksamma åtgärder som förbättrar effektbalansen. En möjlighet är att båda styrmedlen också skulle kunna användas för att uppmuntra egenproduktion av el.

Information och metodstöd

Oavsett om krav på att hantera effektdimensionen i lagarna om energikartläggning och energideklarationer införs eller ej finns ett behov av information kring och verktyg för bedömning av åtgärders påverkan på effektanvändningen och möjligheter till efterfrågeflexibilitet.

Det finns goda möjligheter att nå ut med information inom ramen för både EKL och ED, och på så sätt uppmuntra aktörer att genomföra åtgärder för minskat effektuttag. Det går att via vägledningar uppmuntra användare att identifiera och utreda åtgärder kring efterfrågeflexibilitet, lagring och egenproduktion av el. Energimyndigheten har tagit fram ett flertal vägledningar för genomförandet av energikartläggningar enligt EKL. Vägledningarna används flitigt av både företag och kartläggare. I vägledningarna finns goda möjligheter att arbeta kunskapshöjande mot

företagen för att uppmuntra till att inkludera nya aspekter vid kartläggningen, till exempel att ta hänsyn till effektbehovsreduktion som mervärde vid utvärdering av energieffektiviseringsåtgärder. Energimyndigheten har under 2023 publicerat skriften Effekttåtgärder – Kunskapsunderlag för industri och fastighetsbolag²⁷². Den här typen av vägledning kan vara ett sätt att öka kunskapen om effekttåtgärder utan att reglera via lagstiftning.

För energideklarationer är en idé att upprätta vägledningar med information och exempel om samband mellan effekt och elkostnader, och att öka fokus på effektfrågan vid utbildning av energiexperter. Det skulle också gå att inkludera varaktighetsdiagram och siffror för toppeffekt, storlek på eventuellt energilager, storlek på eventuell flexibel effekt och värmeförlusttal. Även i Boverkets Energiguide²⁷³ skulle information om effekt kunna inkluderas.

9.2.4 Effektdimension i andra styrmedel

Utöver energikartläggning och energideklarationer finns ett antal andra informativa styrmedel för energieffektivisering som skulle kunna få ett tydligare uppdrag att också beakta effektdimensionen. Detta gäller till exempel energi- och klimatrådgivningen och olika energieffektiviseringsnätverk. Vidare skulle offentlig upphandling av sådana varor och tjänster som kan ge en betydande minskning av effektbehovet vid topplastsituationer uttryckligen kunna ställa krav ur ett effektperspektiv. En möjlighet vore att Upphandlingsmyndigheten såg över sina energirelaterade kriterier för att där så är relevant också beakta effektdimensionen.

²⁷² Energimyndigheten (2023o).

²⁷³ Se: <https://www.boverket.se/sv/energiguide/>.

10 En effektivare användning av resurser

För att kunna uppnå en hållbar elektrifiering är det viktigt att förstå och analysera vilka miljöeffekter som en storskalig elektrifiering medför. Omställningen har såväl positiva som negativa miljöeffekter, men det är mycket viktigt att förstå att alternativet, att inte ställa om, skulle vara ett betydligt sämre alternativ. I detta kapitel görs en kvalitativ analys av miljöeffekter och resursanvändning i olika elektrifieringsscenarier. En kvantitativ analys har gjorts för utbyggnaden av tillkommande elproduktion och elnät till 2050. Effekter på de svenska miljökvalitetsmålen samt synergier med en effektiv användning av energi analyseras.

Även om elektrifieringen kommer innebära nya miljöutmaningar och ett ökat resursbehov under tiden för omställningen måste man tänka på att alternativet, en fortsatt användning av fossila bränslen, skulle vara betydligt sämre. Fossila bränslen är idag den största källan till utsläpp av växthusgaser, svaveldioxid och kväveoxider i Sverige. Utsläpp som påverkar klimatet, ger upphov till försurning av skog och mark och orsakar hälsoproblem. Elektrifieringen, framför allt inom transport- och industrisektorn, leder till en kraftig minskning av dessa utsläpp. Men elektrifieringen kommer under utbyggnadsskedet innebära ett ökat behov av olika metaller och mineraler för exempelvis produktion av batterier, solceller, vindturbiner, kärnreaktorer och elektrolysörer.

Själva omställningen i sig kommer kräva resurser och innebära utsläpp av bland annat växthusgaser. Den infrastruktur som krävs för elektrifieringen av samhället medför såväl ökade ytanspråk som andra effekter. Vilken effekt utbyggnaden får på utsläppen av växthusgaser beror på vilka kraftslag som byggs ut. Olika elproduktionsslag har olika miljöeffekter och många effekter är dessutom svåra att kvantifiera. Stora delar av de utsläpp och miljöeffekter som uppstår till följd av den kraftiga utbyggnaden av elnät och elproduktion i Sverige kommer sannolikt att ske i andra länder. Det är framför allt kopplat till utsläpp vid utvinning och anrikning av metaller och material samt för tillverkning av olika byggnadsmaterial och komponenter.

10.1 Att kvalitativt och kvantitativt analysera miljöpåverkan i olika elektrifieringsscenarier

I det här kapitlet presenteras både en kvalitativ och en kvantitativ analys av miljöeffekter och resursanvändning i olika elektrifieringsscenarier. Den kvalitativa analysen tar framför allt utgångspunkt i rapporten *Framtidens elektrifierade samhälle*²⁷⁴ som genomfördes inom ramen för

²⁷⁴ Energimyndigheten (2021a).

miljömålsrådet. Rapporten var ett myndighetssamarbete i syfte att bedöma elektrifieringens påverkan på de energipolitiska grundpelarna och de nationella miljökvalitetsmålen. Inom ramen för det uppdraget genomfördes en kvalitativ analys av elektrifieringens påverkan på miljömålen. Detta gjordes genom att identifiera och beskriva större miljöeffekter samt möjliga vägar och val för en hållbar elektrifiering utifrån både ett ekologiskt och socialt perspektiv med syfte att visa vilka hållbarhetsaspekter som är viktiga att beakta.

För att kunna kvantifiera miljöpåverkan och resursanvändning av den systemövergripande förändring som elektrifieringen innebär krävs detaljerade underlag av hela energisystemets utveckling och hur denna förändring kan komma att påverka miljö och resursuttag. Det har inte varit möjligt att i detta uppdrag göra en komplett kvantitativ analys över elektrifieringens påverkan på energisystemet. Men i avsnitt 10.3 görs en kvantitativ analys av effekterna som utbyggnaden av elproduktion och elnät innebär för miljö och resursanvändning, i två olika elektrifieringsscenarier till 2050. Ett med en högre grad av energieffektivisering och ett med en lägre grad av energieffektivisering. Båda scenarierna utgår från scenariot *Högre elektrifiering* i Energimyndighetens långsiktiga scenarier över energisystemets utveckling²⁷⁵. Den kvantitativa analysen av elsystemets utveckling ger alltså ingen komplett bild av elektrifieringens resurs- och miljöeffekter utan utgör en delmängd av den samhällsomställning som elektrifieringen innebär. Metoden för den kvantitativa analysen beskrivs i avsnitt 10.3.1 och 10.3.2.

Scenariot *Högre elektrifiering* representerar att det sker stora förändringar i samhället och energisystemet i samband med att flera sektorer ska fasa ut fossila bränslen och el blir i stället i flera fall den primära energibäraren. Omställningen sker dels i syfte att minska utsläppen av växthusgaser för att uppnå klimat- och energipolitiska mål, dels i syfte att stärka Sveriges konkurrenskraft. Störst förändringar kommer troligen att ske inom transport- och industrisektorerna då sektorerna har höga utsläpp idag. Flera aktörer menar också att omställningen behöver göras för att de ska vara konkurrenskraftiga både på kort och lång sikt.²⁷⁶

Inom industrisektorn sker elektrifieringen när branscher ställer om, ökar sin produktion samt vid nyetableringar av olika elintensiva verksamheter. En högre efterfrågan på produkter som är hållbart producerade eller har lägre klimatavtryck leder till ytterligare ökad industriell produktion av exempelvis fossilfritt stål, elektrobränslen och batterier. Teknikerna för att producera dessa varor är elintensiva och elanvändningen ökar därför kraftigt. Detta gäller särskilt för produktion av vätgas inom industrin.

²⁷⁵ Energimyndigheten (2023a).

²⁷⁶ Fossilfritt Sverige (2023b).



Inom transportsektorn ökar efterfrågan på eldrivna fordon och infrastruktur kopplat till detta, vilket ytterligare bidrar till att öka elbehovet. Även inom bostäder och service ökar elanvändningen främst genom ett ökat elbehov för datacenter och genom att arbetsmaskiner elektrifieras i högre utsträckning. Totalt ökar elanvändningen i scenariot till 349 terawattimmar (TWh) till 2050 vilket innebär mer än en fördubbling mot dagens elanvändning. Hur mycket elanvändningen ökar inom varje sektor beskrivs i avsnitt 10.3.1.

10.2 Kvalitativ bedömning av elektrifieringens miljöeffekter och påverkan på resursanvändning

I följande avsnitt presenteras en kvalitativ analys av miljöeffekter och resursanvändning baserat på tidigare genomfört arbete i rapporten *Framtidens elektrifierade samhälle*²⁷⁷. Analysen görs med utgångspunkt i det beskrivna scenariot ovan och de drivkrafter och trender som ligger bakom den ökade elanvändningen och omställningen. Den ursprungliga analysen i nämnd rapport gjordes utifrån ett scenario med en lägre elanvändning än i det här arbetet. Men eftersom miljöanalysen inom arbetet är en kvalitativ analys är det snarare trender inom olika sektorer som har analyserats och exakt hur mycket elanvändningen ökar eller exakt hur mycket elproduktion och infrastruktur som behöver byggas ut påverkar inte analysen i någon större utsträckning. Eftersom drivkrafterna och trenderna bakom den ökade elanvändningen är gemensamma för båda scenarierna bedöms den kvalitativa analysen ändå vara fortsatt relevant.

10.2.1 Elektrifieringens påverkan på de svenska miljömålen

Bedömningen av miljöeffekter tar sin utgångspunkt i påverkan på de svenska miljökvalitetsmålen inklusive generationsmålet, vilket även omfattar miljöeffekter utanför Sveriges gränser (se faktaruta).

Miljöeffekterna och vilka miljökvalitetsmål som påverkas mest sammanfattas i tabeller för varje sektor i slutet på varje avsnitt. Pilarna och dess färg i tabellen anger i vilken riktning miljökvalitetsmålet kan komma att påverkas,  innebär en positiv riktning och  innebär en negativ riktning. Antal pilar utgör en skattning om påverkan är större eller mindre där två pilar utgör en stor påverkan och pil inom parentes en mindre påverkan på miljökvalitetsmålet.

²⁷⁷ Energimyndigheten (2021a).

De svenska miljömålen²⁷⁸

Miljömålssystemet består av ett generationsmål, 16 miljökvalitetsmål samt ett antal etappmål inom områdena avfall, biologisk mångfald, farliga ämnen, hållbar stadsutveckling, luftföroreningar och klimat. Sveriges miljömål är det nationella genomförandet av den miljömässiga dimensionen av de globala hållbarhetsmålen.

Generationsmålet: Det övergripande målet för miljöpolitiken är att till nästa generation lämna över ett samhälle där de stora miljöproblemen är lösta, utan att orsaka ökade miljö- och hälsoproblem utanför Sveriges gränser.

De 16 miljökvalitetsmålen (varav 14 bedöms påverkas i någon grad av en storskalig elektrifiering, de övriga 2 är inom parentes):



Miljöeffekter av en förändrad elanvändning

Elektrifieringen medför att en rad elektrifieringsåtgärder kommer att vidtas inom respektive användarsektor²⁷⁹ som kan medföra både positiva och negativa miljöeffekter. Bedömningarna utgår från de trender och drivkrafter som beskrivs i avsnitt 10.1 som leder till en ökad elanvändning. Detta innefattar framför allt en ökad elanvändning inom industrisektorn och transportsektorn för att fasa ut fossila bränslen.

²⁷⁸ Sveriges miljömål (2023).

²⁷⁹ Industri, transport och bostäder & service.

Övergång till en fossilfri industrisektor

En övergång från fossila bränslen och råvaror till el i industriprocesserna och som uppvärmning inom industrin kommer att leda till en betydande minskning av utsläppen av växthusgaser från *industrisektorn*.
















Elektrifieringen inom industrin kommer även innebära en betydande minskning av utsläpp av andra luftföroreningar som orsakas av förbränning av fossila bränslen. Arbetsmiljön i gruvor kan förbättras vid en elektrifiering av arbetsmaskinerna. Utvinningen av fossila bränslen som kol och olja kan komma att minska vilket kan få positiva effekter på miljön i utvinningsländerna.

Industrisektorn står för en stor del av framtidens förväntade ökning av elbehovet. Detta behov kommer främst från järn- och stålindustrin och produktionen av vätgas genom elektrolys. Vätgasen används för direktreduktion av järnmalmspellet för att producera järnsvamp som i sin tur kan användas i en ljusbågsugn för att producera fossilfritt stål.²⁸⁰ Produktion och användning av vätgas kräver mycket el och den största miljöpåverkan ligger i hur vätgasen produceras, det vill säga om den el som används vid själva vätgasproduktionen är fossil eller fossilfri. För att minska behovet av el är det viktigt att produktionen av vätgas sker med en så hög verkningsgrad som möjligt det är också viktigt att den restvärme som uppstår vid vätgasproduktionen tas till vara. Övriga miljöeffekter av vätgasproduktion är av mer lokal karaktär då produktionen kan kräva stor åtgång av vatten samt att hanteringen av vätgasen kan vara förenat med olycksrisker.

Produktion av elektrobränslen eller plast från vätgas kombinerat med koldioxid har potential att minska utsläppen av växthusgaser från kemi- och raffinaderiindustrin. Det förutsätter dock att det är biogen koldioxid samt fossilfri el som används i produktionen.

²⁸⁰ HYBRIT development (2023).

Tabell 4. De miljö kvalitetsmål som bedöms påverkas mest av de elektrifieringsåtgärder som analyserats inom industrisektorn.

<u>Miljöeffekter</u>	<u>Miljömål som påverkas</u>
Övergång från fossila bränslen och råvaror till el	
Minskade växthusgasutsläpp jämfört med fossila bränslen	Begränsad klimatpåverkan  
Minskade utsläpp av luftföroreningar jämfört med fossila- och biobränslen	Frisk Luft  
Minskad utvinning av fossila bränslen	Generationsmålet 
Ökad energianvändning	God bebyggd miljö 
Förbättrad arbetsmiljö i gruvor	God bebyggd miljö, Frisk Luft 
Produktion och användning av vätgas	
Minskade växthusgasutsläpp om fossilfri el används	Begränsad klimatpåverkan 
Energikrävande process	God bebyggd miljö 
Vattenanvändning	Levande sjöar och vattendrag  Grundvatten av god kvalitet 
Produktion av elektrobränslen	
Minskade växthusgasutsläpp om fossilfri el används	Begränsad klimatpåverkan 
Minskade växthusgasutsläpp om biogen koldioxid används	Begränsad klimatpåverkan  
Energikrävande process	God bebyggd miljö 

En ökad elektrifiering i transportsektorn

Generellt kommer en ökad elektrifiering av *transportsektorn* få positiva effekter på flera svenska miljömål utöver klimatmålet. De direkta effekterna av en elektrifiering av transportsektorn i Sverige är en ökad grad av energieffektivitet och minskade klimatutsläpp. Detta beror främst på att elmotorer har en högre verkningsgrad än förbränningsmotorer. I Sverige gäller detta jämfört med alla typer av fordon med förbränningsmotorer (som drivs med fossila eller förnybara drivmedel). Även utsläppen av luftföroreningar, som kväveoxider och förbränningspartiklar, minskar till 2050 när antalet förbränningsmotorer (som körs på fossila och förnybara drivmedel) minskar kraftigt. De utsläpp av partiklar som härrör från slitage av däck, väg och bromsar kan dock riskera att öka något eftersom elfordon generellt väger mer på grund av sina batterier. Energieffektivare fordon kan innebära en risk för rekyleffekter i form av att ett ökat trafikarbete kan uppstå på grund av att el är billigare som drivmedel än fossila (och andra förnybara) drivmedel.

Elmotorer i stadsmiljöer och tätorter har vid lägre hastigheter även en viss positiv påverkan på bullernivåer från trafik.

De negativa miljöeffekterna av elektrifiering av transportsektorn kommer främst från tillverkning av elektrifierade fordon och batterier som kräver kritiska metaller och andra råvaror som måste brytas ur jordskorpan. I ett internationellt perspektiv förväntas växande marknader för fordonsbatterier längs batterivärdekedjans olika delar leda en till ökad miljöbelastning. Störst miljöbelastning uppstår vid utvinning och anrikning av innovationskritiska metaller och mineraler.

Miljöbelastningen från batterivärdekedjan bedöms vara relativt större i många andra verksamma länder jämfört med om den etableras i Sverige tack vare att det här finns en stark miljölagstiftning. Även tillverkning av permanentmagneter till elmotorerna kräver brytning av kritiska mineral och metaller. Miljöpåverkan från gruvverksamhet sker på många olika sätt, till exempel genom utsläpp till vatten, förändrad markanvändning, utsläpp av växthusgaser och luftföroreningar samt genom att stora mängder avfall genereras. En stor del av de negativa effekterna av batteriproduktion kommer att uppstå i de länder där metallerna bryts och batterier och permanentmagneter tillverkas. Detta sker idag i hög utsträckning utanför Sverige och EU.²⁸¹
















Målkonflikter kan också uppstå genom att en ökad elektrifiering leder till en ökad efterfrågan på att etablera ny gruvverksamhet som i sin tur påverkar flera miljömål negativt både i Sverige och utomlands. Denna målkonflikt kan dock minskas med åtgärder för ett transporteffektivt samhälle där fordon används mer effektivt än idag, till exempel genom kollektivtrafik eller annan delning av fordon. Målkonflikten kan även minskas betydligt om de elektrifierade fordonen blir lättare och utrustas med batterier bättre anpassade till genomsnittliga körmönster, vilket kan innebära mindre batterier. Andra sätt som målkonflikten kan minska är genom ny teknik för energilagring nya batterityper eller renare tekniker och metoder för att utvinna och förädla mineral och metall som används för elektrifieringen (exempelvis genom renare energiproduktion i utvinnings- och tillverkningsländerna).²⁸²

När fler enskilda laddningspunkter byggs kan lokala miljöstörningar uppstå. Laddningspunkterna byggs dock ofta i anslutning till befintlig infrastruktur och tar en liten yta i anspråk vilket gör den lokala miljöpåverkan relativt liten. Alternativ infrastruktur såsom elvägar innebär en högre miljöpåverkan både vid anläggning, drift och underhåll.

²⁸¹ Naturvårdsverket (2023d).

²⁸² Ibid.

Tabell 5. De miljö kvalitetsmål som bedöms påverkas mest av de elektrifieringsåtgärder som analyserats inom transportsektorn.


<u>Miljöeffekter</u>	<u>Miljömål som påverkas</u>
En ökad andel elfordon	
Effektivare energianvändning jämfört med förbränningsmotorer generellt²⁸³	Generationsmålet  
Minskade växthusgasutsläpp jämfört med fossila drivmedel	Begränsad klimatpåverkan  
Minskade utsläpp av luftföroreningar jämfört med fossila och förnybara drivmedel	Frisk Luft  , Ingen övergödning, Bara naturlig försurning 
Minskat buller jämfört med förbränningsmotorer	God bebyggd miljö 
Ökat trafikarbete pga. rekyleffekter	God bebyggd miljö 
Växande marknader för fordonsbatterier	
Lokal påverkan på vatten och naturmiljö vid utvinning av råvaror	Levande sjöar och vattendrag   Grundvatten av god kvalitet, Giftfri miljö, Ett rikt växt- och djurliv, Storslagen fjällmiljö 
Luftutsläpp vid anrikning av råvaror och tillverkning av batterier	Begränsad klimatpåverkan, Frisk luft, Bara naturlig försurning 
Miljö- och sociala aspekter i brytningsländer	Generationsmålet  
Fler enskilda laddningspunkter	
Lokala hälso- och miljö störningar samt klimatutsläpp	Begränsad klimatpåverkan, Ett rikt växt- och djurliv, Levande sjöar och vattendrag samt God bebyggd miljö 

Elanvändning från datacenter förväntas öka

Inom sektorn *bostäder och service* förväntas den mest betydande miljöpåverkan från ökad elanvändning komma från etablering av stora datacenter. Även här kommer största miljöpåverkan bero på vilken elproduktionsmix som används. En ökad användning av värmepumpar i bostäder stället för direktverkande el kommer framför allt bidra med en minskad elanvändning inom sektorn. Elektrifiering av arbetsmaskiner kommer att leda till minskade utsläpp av växthusgaser och luftföroreningar samt leda till förbättrad arbetsmiljö på byggarbetsplatser.

²⁸³ Såväl fossila och förnybara drivmedel som elektrobränslen.

Tabell 6. De miljö kvalitetsmål som bedöms påverkas mest av de elektrifieringsåtgärder som analyserats inom bostads- och servicesektorn.

Miljöeffekter	Miljömål som påverkas
Etablering av stora datacenter	
Ökad elanvändning	God bebyggd miljö 
Värmepumpar som ersätter direktverkande el	
Minskad elanvändning	God bebyggd miljö  
Elektrifiering av arbetsmaskiner inom byggsektorn	
Minskade växthusgasutsläpp jämfört med fossila drivmedel	Begränsad klimatpåverkan 
Minskade utsläpp av luftföroreningar jämfört med fossila- och biodrivmedel	Frisk Luft  
Förbättrad arbetsmiljö på byggarbetsplatser	God bebyggd miljö 

Systemövergripande miljöutmaningar



















Den ökade elanvändningen kommer medföra att elsystemet måste utvecklas för att möta de ökande behoven. Det kommer både behövas en ökad utbyggnad av elproduktion och en ökad utbyggnad av elnät för att en god överföringskapacitet ska kunna upprätthållas över hela landet. Åtgärder som kan öka flexibiliteten i elsystemet är också en viktig faktor att beakta för att upprätthålla en god funktionalitet i ett framtida elsystem. Flexibilitetsåtgärder utgör samtidigt en potential för att minska behovet av tillkommande elproduktion och utbyggnad av elnät. En ökad elektrifiering kan även medföra ett ökat behov av transportinfrastruktur, både i samband med nya industrietableringar och i samband med utbyggnad av elproduktion och elnät.

En storskalig utbyggnad av elproduktion

En kraftigt ökad elanvändning till följd av elektrifieringen kommer kräva en utbyggnad av elproduktion även om den potential till att minska elanvändningen genom energieffektivisering som finns utnyttjas (läs mer i kapitel 6). Alla kraftslag, både fossila och fossilfria, samt utbyggnaden av elnät och användandet av flexibilitet ger effekter på miljön. En ökad utbyggnad av elproduktion och elnät medför ökade ytanspråk och ett ökat behov av resurser vilket i sin tur kan påverka miljön. I Tabell 7 finns en kvalitativ uppskattning av påverkan på miljömålen från de kraftslag som framför allt kan antas byggas ut i framtiden; vindkraft, solkraft och kärnkraft. Jämförelserna här omfattar enbart potentiell miljöpåverkan av en utbyggnad av elproduktionen, vilket då representerar den potentiellt negativa påverkan på miljön. I avsnitt 10.3 görs en kvantitativ analys av effekterna av en utbyggd elproduktion.

Det är viktigt att komma ihåg i sammanhanget att en drivkraft bakom den omfattande elektrifiering som studeras i det här arbetet är att fasa ut fossila bränslen och lyckas med klimatomställningen. Således finns det också flera positiva effekter på miljön då utbyggnaden möjliggör elektrifieringen och omställningen av användarsektorerna.

Tabell 7. De miljö kvalitetsmål som bedöms påverkas mest av utbyggnad av ny elproduktion per produktionsslag.

<u>Miljöeffekter</u>	<u>Miljömål som påverkas</u>
Vindkraft på land och till havs	
Låga växthusgasutsläpp i drift	Begränsad klimatpåverkan 
Markanvändning och etablering till havs	Levande skogar, Storslagen fjällmiljö, Hav i balans, Ett rikt växt- och djurliv, God bebyggd miljö 
Resurs- och energiåtgång vid tillverkning och byggnation	Begränsad klimatpåverkan  Generationsmålet 
Användning av jordartsmetaller och mineral	Generationsmålet 
Solceller på tak och på mark	
Låga växthusgasutsläpp i drift	Begränsad klimatpåverkan 
Resurs- och energiåtgång vid tillverkning och återvinning	Begränsad klimatpåverkan  Generationsmålet 
Användning av jordartsmetaller och mineral	Generationsmålet 
Markanvändning (solcellsparkar)	Ett rikt odlingslandskap, God bebyggd miljö 
Ny kärnkraft	
Låga växthusgasutsläpp i drift	Begränsad klimatpåverkan 
Risk för kärnkraftsolycka, hantering av använt kärnbränsle	Säker strålmiljö   Generationsmålet  
Resurs- och energiåtgång vid byggnation, utvinning och transport av uran	Begränsad klimatpåverkan  Generationsmålet 
Användning av uran som begränsad resurs	Generationsmålet 

Hur stor miljöpåverkan från elproduktionen blir beror på elproduktionsmixen, vilken kan se ut på flera olika sätt i framtiden. Skillnaderna beror på hur mycket av olika kraftslag som kommer byggas ut. Användning av mark påverkas mest av landbaserad vindkraft (läs mer om användning av mark- och vattenområden i avsnitt 10.2.2). Vilken miljöpåverkan en ökad och förändrad markanvändning kan få beror naturligtvis på den geografiska lokaliseringen. En ökad utbyggnad av vindkraft i norra Sverige i goda vindlägen kan exempelvis störa känsliga fjällmiljöer och även påverka renskötseln och det rörliga friluftslivet

negativt. Utbyggnad i glesbebyggda områden innebär sannolikt att det krävs en större utbyggnad av annan infrastruktur såsom vägar och elnät jämfört med en ökad utbyggnad i mer tätbebyggda områden. Anläggning av både vägar och elnät skapar nya barriärer och ökar fragmenteringen av landskapen vilket kan leda till en minskad biologisk mångfald och bidra till att rekreativvärden för människor påverkas.

Havsbaserad vindkrafts direkta miljöpåverkan i drift liknar till viss del den för landbaserad. En fördel är att negativ påverkan på människors livsmiljö kan minska om vindkraften placeras långt från land. Behovet av att anlägga vägar minskar även i fallet med en högre andel havsbaserad vindkraft. I anläggningsfasen sker ofta arbeten i form av muddring och pålning vilket temporärt påverkar djur- och växtliv på havsbotten eller i vattenmassan negativt. Under driftsfasen kan havsbaserad vindkraft påverka fågellivet negativt men i vilken utsträckning beror på lokalisering och utformning av parker.

Sett ur ett livscykelperspektiv är kärnkraft det kraftslag som har den minsta resursåtgången vid tillverkning och byggnation per producerad kilowattimme (kWh). Detta beror på den långa livslängden, cirka 60 år, möjligtvis upp till 80 år, för anläggningarna i kombination med den höga elproduktionen per reaktor. Att drifttidsförlänga den befintliga kärnkraften bidrar till ökad resurs- och energieffektivitet jämfört med att bygga nya reaktorer. Fortsatt drift av befintliga reaktorer och utbyggnad av ny kärnkraft innebär att det inte går att helt utesluta en risk för kärnkraftsolyckor som kan få mycket allvarliga miljökonsekvenser under en mycket lång tid. Saneringskostnaderna efter olyckan i Fukushima har beräknats uppgå till cirka 7 000 miljarder svenska kronor och arbetet uppskattas behöva pågå i 60 år²⁸⁴. Även hanteringen av använt kärnbränsle samt slutförvar av kärnavfall kan vara riskfyllt. Slutförvar och mellanlager av kärnbränsle är dimensionerat för det bränsle som dagens reaktorer förväntas producera under sin livstid. En utbyggnad av kärnkraften innebär att en ny slutförvarsprocess behöver inledas för att omhänderta det kärnavfall som kommer uppkomma från de nya reaktorerna. Kärnkraft har ett betydligt lägre ytanspråk sett till producerad kilowattimme än exempelvis vindkraft, men innebär samtidigt ett mycket mer långsiktigt anspråk, särskilt vad avser slutförvaring av det utbrända kärnbränslet. Lokal miljöpåverkan av kärnkraften uppstår också vid brytning och anrikning av uran. Brytning av uran är förbjudet i Sverige, vilket innebär att all miljöpåverkan från uranbrytning och anrikning sker i andra länder. Återanvändning av utbränt uran²⁸⁵ för att tillverka nytt kärnbränsle kan bidra till att minska behovet av ny brytning.

²⁸⁴ Dagens industri (2023).

²⁸⁵ Det återvunna uranet antingen anrikas och återanvänds i så kallat ERU-bränsle eller blandas samman med höganrikat uran i så kallat SIU-bränsle. ERU-bränsle har använts i svenska reaktorer.

Solceller har en låg direkt miljöpåverkan under driftsfasen och om den huvudsakliga placeringen sker på tak tar de ingen mark i anspråk. En utveckling mot allt fler större solcellsparkar kan bidra till en ökad markanvändning. Den största miljöpåverkan är främst kopplat till tillverkningen, som i hög grad sker i andra länder, och till återvinningen av solcellerna. Hur stor miljöpåverkan är beror till stor del på tillverkningslandets elproduktionsmix och miljölagstiftning. Teknikutvecklingen går mot minskad materialanvändning och minskad energianvändning i produktionen. Även återvinningen av solceller är energikrävande och kan ge upphov till miljöskadliga utsläpp om det sker på ett felaktigt sätt, exempelvis i länder som saknar lagstiftning för hantering av elektroniskt avfall.

Utbyggnad av elnät

För att möjliggöra en hållbar elektrifiering där både användning och produktion av el kommer att öka är en utbyggnad av elnäten nödvändig. För utbyggnad av elnät är det generellt materialframställning, med utvinning av råvaror och produktion av material samt byggnationsfasen med avverkning av skog, anläggning och materialtransport som står för den största resurs- och miljöpåverkan samt utsläpp av växthusgaser.

Utbyggnad av elnät medför även en lokal miljöpåverkan i form av påverkan på landskapsbild, skogs- och jordbruk samt påverkan på biologisk mångfald och buller. Elnäten kan bland annat skapa nya barriärer för växter och djur och fragmentering av landskapen vilket kan leda till en minskad biologisk mångfald och även bidra till att rekreationsvärden för människor försvinner. Vissa fåglar, framför allt större arter, kan dö eller skadas allvarligt vid kollision eller strömgenomföring. Flest kollisioner sker i områden där många fåglar uppehåller sig eller vid flyttstråk²⁸⁶. Dessa effekter kan vara betydande och är beroende av lokaliseringen av nätutbyggnaden. Vissa arter kopplade till äng- och hagmarksmiljöer kan dock gynnas av den hävd av marken som uppstår när man röjer ledningsgatorna vilket efterliknar det slätterbruk som i stort har upphört idag. Elnät kan även medföra en ökad exponering av elektromagnetiska fält i bebyggd miljö och i havsmiljön, vilket ytterligare understryker vikten av lokalisering. Även val av teknik, samt om ledningen är luftburen eller går under mark eller vatten, har stor betydelse för storleken på den lokala miljöpåverkan. Att minimera negativ miljöpåverkan i samband med utbyggnad av elnät är viktigt framöver för en ekologiskt hållbar elektrifiering.





Sveriges Lantbruksuniversitet har på uppdrag av Energimyndigheten inom ramen för forskningsprogrammet Vindval genomfört en förstudie om miljöeffekter av elnät²⁸⁷. Förstudien kommer fram till att dagens kunskapsläge kan beskrivas som obalanserat och att det saknas

²⁸⁶ Ottvall & Green (2020).

²⁸⁷ SLU Centrum för biologisk mångfald (2023).

övergripande sammanställningar av olika miljöeffekter av elnät för svenska/skandinaviska förhållanden. Vissa miljöeffekter är relativt väl belagda, såsom ledningsdöden för fåglar (påflygning och strömgenomföring) och att ledningsgatorna kan skapa nya livsmiljöer för gräsmarksarter. På liknande sätt är hälsoeffekter av elektromagnetiska fält sedan länge studerat. För andra miljöeffekter finns ett mer begränsat kunskapsunderlag specifikt kopplat till elnät. För ekologiska aspekter som; i) fragmentering av skog, inklusive habitatförlust och barriäreffekter för skogslevande arter, ii) spridning av främmande arter längs kraftledningar, iii) störningar från buller, ljusföroreningar och synintryck av luftledningar, och för iv) effekter av elektriska och magnetiska fält på både människor och djur, behövs mer fördjupad syntes av nuvarande kunskapsläge och teoretisk bakgrund.²⁸⁸

Tabell 8. De miljö kvalitetsmål som bedöms påverkas mest av utbyggnad av elnät.


Miljöeffekter	Miljömål som påverkas
Utbyggnad av elnät	
Markanvändning	Levande skogar, Ett rikt odlingslandskap, Levande sjöar och vattendrag, Ett rikt växt- och djurliv, God bebyggd miljö, Hav i balans 
Resurs- och energiåtgång vid tillverkning och byggnation	Begränsad klimatpåverkan  Generationsmålet 
Exponering från elektromagnetiska fält	Säker strålmiljö 

Flexibilitetsresurser

Ett alltmer integrerat energisystem där el är den huvudsakliga energibäraren i de olika sektorerna möjliggör nya sätt att tillhandahålla flexibilitet samt synergier mellan olika sektorer. En flexibel användning av el har potential att bidra till en mer effektiv resurs- och energianvändning. Flexibel styrning av uppvärmning, kyla, ventilation och hushållsel samt av elanvändningen i stora datacenter och inom industrin kan bidra med en stor potential (läs mer om flexibel användning i kapitel 7). Förutom investeringar i styrutrustning krävs inte några nya större investeringar eller en ökad resursåtgång för att möjliggöra den flexibla användningen. En ökad andel elfordon liksom vätgaslager inom industrin kan också bidra till en ökad möjlighet till flexibilitet i elsystemet. Att dra nytta av den potential till flexibilitet som byggs in i ett framtida elektrifierat samhälle genom att möjliggöra flexibel styrning, innebär inte någon tillkommande miljöpåverkan än den som redan beskrivits under respektive användarsektor. En ökad flexibel användning av el kan minska behovet av utbyggnad av elnät genom att den befintliga nätkapaciteten kan användas mer effektivt, vilket kan möjliggöra att nya kunder i högre grad kan anslutas.

²⁸⁸ Ibid.

Tabell 9. De miljö kvalitetsmål som bedöms påverkas mest av en flexibel elanvändning.

<u>Miljöeffekter</u>	<u>Miljömål som påverkas</u>
Flexibel elanvändning inom uppvärmning, kyla, ventilation, hushållsel, datacenter och industri	
Minskat behov av utbyggnad av elnät	Levande skogar, Ett rikt odlingslandskap, Levande sjöar och vattendrag, Ett rikt växt- och djurliv, God bebyggd miljö, Begränsad klimatpåverkan, Säker strålmiljö, Hav i balans 

Utöver en flexibel efterfrågan på el finns också flexibilitetsresurser i form av energilager och elproduktion, och till viss del även i elnätet. Även dessa har möjlighet att bidra till en ökad resurs- och energieffektivitet. Genom en ökad flexibilitet från exempelvis vattenkraft kan en ”överutbyggnad” av väderberoende elproduktion undvikas för att tillgodose elbehovet och hålla systemet i balans. Skulle vattenkraften köras mer flexibelt än vad den gör idag, kan det dock öka miljöpåverkan i vattendragen. Energilager som exempelvis stationära batterilager kan också utgöra en flexibilitetsresurs, men bidrar med en tillkommande miljöpåverkan från resursuttag och tillverkning av batterier.

Import och export av el




Det sker en ständig elhandel mellan Sverige och våra grannländer. Det svenska elnätet är direkt ihopkopplat med elsystemen i Finland, Norge, Danmark, Tyskland, Polen och Litauen. I de flesta av dessa länder används mer fossila bränslen för elproduktion än i Sverige. Den fossilbaserade andelen av elproduktionen kommer förmodligen att minska med tiden men i flera av länderna kommer fossila bränslen sannolikt att användas i många år till. En ökad elanvändning i Sverige kan under perioder betyda nettoimport av el, vilket kan ge en negativ miljöpåverkan i dessa länder. Om Sverige fortsatt är en nettoexportör av el under majoriteten av året får det i stället en positiv miljöpåverkan i samma länder. Hur handel med andra länder och elproduktion i andra länder (samt dess miljöpåverkan) utvecklas i framtiden behöver fortsatt bevakas.

Utbyggnad av transportinfrastruktur

Som en följd av exempelvis nya industrilokaliseringar för batteritillverkning och fossilfri stålindustri uppstår bland annat behov av ny infrastruktur för transporter i norra Sverige. Generellt krävs exploatering av mark för att anlägga ny transportinfrastruktur, vilket innebär stor miljöpåverkan. Vid byggnation och underhåll kan det förekomma lokala hälsofarliga, miljöstörande och klimatpåverkande utsläpp eller bullerstörningar från arbetsmaskinerna. Miljöpåverkan är betydande både vid byggnationen, drift och underhåll. Generellt förändrar och påverkar transportinfrastrukturen natur- och kulturmiljöer, landskapsbilden samt bebyggda miljöer. Ny transportinfrastruktur kan skapa nya barriärer för växter och djur och bidra till fragmentering av landskapen vilket kan leda till en minskad biologisk mångfald och även

bidra till att rekreativsvärden för människor försvinner. Det finns en risk för negativ miljöpåverkan på miljömålen *Ett rikt växt- och djurliv* och *Levande sjöar och vattendrag*. Hur transportinfrastrukturen utformas påverkar markåtgången för anläggningsdelar som viltstängsel, viltportar och faunapassager.

Tabell 10. De miljö kvalitetsmål som bedöms påverkas mest av en utbyggnad av transportinfrastruktur.

<u>Miljöeffekter</u>	<u>Miljömål som påverkas</u>
Utbyggnad av transportinfrastruktur	
Markanvändning	Levande skogar, Ett rikt odlingslandskap, Levande sjöar och vattendrag, Ett rikt växt- och djurliv, God bebyggd miljö, 
Resurs- och energiåtgång vid tillverkning och byggnation	Begränsad klimatpåverkan  Generationsmålet 

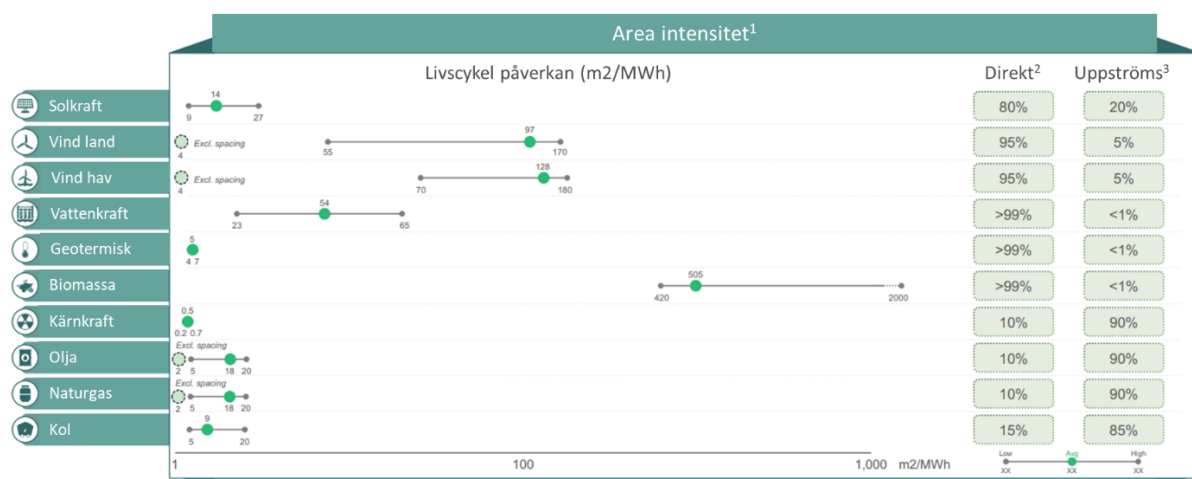
10.2.2 Elektrifieringens påverkan på användning av mark- och vattenområden

En naturlig konsekvens av elektrifieringen är att fler mark- och vattenområden behöver tas i anspråk framför allt för utbyggnad av elproduktion och överföring av el men även till nya industrietableringar, ökad gruvdrift och transportinfrastruktur. Det ökade ytanspråket kan påverka befintliga naturmiljöer som då ersätts av nya typer av miljöer, människors livsmiljö och pågående mark- och vattenanvändning. Ett ökat ytanspråk kan därmed ge en miljöpåverkan och ge upphov till konflikter om hur landskapet ska användas och se ut. I den inneboende konflikten ligger aspekterna:

- Vilken grad av hänsyn och anpassning ny infrastruktur ska ta till den befintliga markanvändningen samt,
- i vilken omfattning andra intressen och värden kan och ska anpassa sig till nya förutsättningar.

Den utbyggnad av elproduktion och elnät som behövs för att möta det ökade elbehovet kommer att innebära ökat anspråk på ytor både på land och till havs. Olika kraftslag har olika stort ytanspråk och Världsnaturfonden (WWF)²⁸⁹ har bland annat tittat på olika elproduktionsteknikers land och marina avtryck. Från studien framkommer det att vindkraft samt biomassa har störst markanvändning under hela livscykeln, se Figur 11. Hur stor yta som kommer krävas beror på en rad faktorer; vilken elproduktionsmix som byggs ut till 2050, geografisk placering, graden av flexibilitet och lagring i elsystemet samt teknikutveckling som kan medföra effektivare elproduktion.

²⁸⁹ WWF (2023).



Figur 11 Användning av mark- eller havsyta per kraftslag/energibärare.

Anm. 1. Direkt användning är markyta för installation, drift och underhåll av anläggningen.

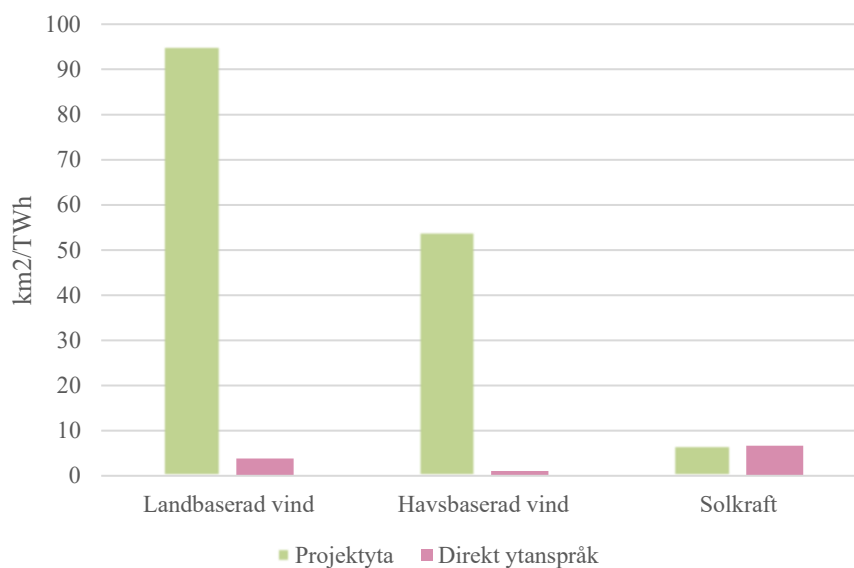
Anm. 2. Uppströms är den yta som krävs för hela värdekedjan vilket innefattar utvinning av råmaterial eller bränslen samt tillverkning av de komponenter som krävs för olika kraftslag.

Vindkraftens ytanspråk

Oavsett utvecklingsväg för elproduktionen i framtiden kommer vindkraft utgöra en väsentlig del av elproduktionen. I jämförelse med andra produktionsslag har vindkraft ett relativt stort ytanspråk per installerad effekt och en större geografisk spridning. Lokalisering och geografisk fördelning av produktionen har därför stor betydelse för en hållbar utbyggnad av vindkraft. I princip all landbaserad vindkraft byggs idag i skogslandskapet där det finns stora möjligheter till utbyggnad utan att väsentligt påverka de värden som har svårt att anpassa sig till nya förutsättningar. Arealen skogsbeklädd mark med begränsade naturvärden där aktivt skogsbruk bedrivs är mycket stor och där är samexistens mellan skogsbruk och vindkraft i högsta grad möjlig. På samma sätt finns det stora tillgängliga ytor i havet där vindkraft har en begränsad påverkan på värden som inte kan anpassa sig till nya förutsättningar.²⁹⁰

Vad gäller vindkraft kan dess ytanspråk bedömas som projektområde respektive direkt ytanspråk. Det direkta ytanspråket utgörs av den faktiska ytan som vägar, fundament och erosionsskydd tar upp och är ganska litet, medan projektområdet utgörs av den yta som en vindkraftspark upptar. Det direkta ytanspråket motsvarar cirka tre till fem procent av projektområdet för landbaserad vindkraft och en till två procent för havsbaserad vindkraft. I Figur 12 visas skillnaden mellan projektområde respektive direkt ytanspråk för vindkraft och solkraft.

²⁹⁰ Energimyndigheten (2023p).



Figur 12. Skillnaden i ytanspråk mellan projektområden samt direkt användning för de kraftslag som har störst ytanspråk, km²/TWh.

Anm. Direkt ytanspråk: ytan för fundament, erosionsskydd, vägar. Projektyta: hela ytan som en vindkraftspark upptar.

10.2.3 Elektrifieringens påverkan på resursanvändning

Energiomställning och storskalig utbyggnad av elproduktion innebär förändrade och nya behov av råvaror och material. Precis som vid etablering av all annan infrastruktur och byggnation kommer det finnas behov av standardmaterial som stål, cement, ballast, koppar och aluminium. Med elektrifieringen kommer även ett ökat behov av andra metaller och material exempelvis till vindturbiner, solceller och batterier. Olika kraftslag och komponenter i elsystemet är i olika grad beroende av kritiska och strategiskt viktiga ämnen och metaller vilket illustreras genom färgkodningen i Tabell 11. Förutom standardmaterial och metaller och mineraler kommer det också finnas ett behov av bränsle i form av uran till kärnkraft och biobränsle till kraftvärme.

Tabell 11. Betydelsen och användningen av kritiska och strategiskt viktiga ämnen och metaller i elektrifiering (● = hög, ● = medel, ○ = låg)²⁹¹.

	Koppar	Kobolt	Nickel	Litium	REE*	Krom	Zink	PGM**	Aluminium
Solkraft PV	●	○	○	○	○	○	○	○	●
Vindkraft	●	○	●	○	●	●	●	○	●
Vattenkraft	●	○	○	○	○	●	●	○	●
Bioenergi	●	○	○	○	○	○	●	○	●
Kärnkraft	●	○	●	○	○	●	○	○	○
Elnät	●	○	○	○	○	○	○	○	●
Batterier	●	●	●	●	●	○	○	○	●
Vätgas	○	○	●	○	●	○	○	●	●

*Sällsynta jordartsmetaller, **Platinagruppernas metaller

Vad gäller ändliga resurser och hållbarhet är resurseffektivitet, återvinning och cirkulärt omhändertagande centralt. Återvinning kommer fram till 2040-talet endast till mycket begränsad del ha möjlighet till att fylla behovet av elektrifieringens nödvändiga metaller och mineral. IEA uppskattar till exempel att omkring tio procent av behovet av de viktigaste metallerna och mineralen till Li-jonbatterier kommer från återvinning vid 2040²⁹². Orsaken är att dessa ämnen idag i mycket begränsad omfattning finns i råvarusystemet, samtidigt som användningen går in i en exponentiell fas samt att metoder för återvinning behöver utvecklas eller kommersialiseras. Det betyder att elektrifiering kommer vara beroende av primära resurser och att den huvudsakliga källan till dessa metaller och mineral inom överskådlig tid är brytning av nytt material samtidigt som det är viktigt att från början bygga in och möjliggöra för cirkulärt omhändertagande av olika typer av material i systemet.

Det ökade behovet av råvaror från primära källor ställer krav på miljömessig och social hållbarhet. Utvinning av metaller, ämnen och mineral är förknippat med en negativ miljöpåverkan. Det gäller inte bara metaller och mineral att bygga in i elektrifieringskomponenter utan även utvinningen av uran till kärnbränsle samt utvinning av kol, olja och gas. Landområden tas i anspråk och förändras vilket omöjliggör annan markanvändning på platsen. Det finns risk för anrikning och spridning av föroreningar samt att stora mängder avfall produceras. Vidare finns det risker för korruption och brister i socialt ansvarstagande och mänskliga rättigheter i flera av de länder där stor del av råvarorna kommer ifrån

²⁹¹ IEA (2022).

²⁹² Ibid.

idag. Det här är frågor som behöver finnas med centralt i resonemang om elektrifieringens hållbarhet. Det finns internationella samarbeten och initiativ inom branschen som utgör en grund för att motverka låg miljöhänsyn och främja socialt ansvarstagande. Exempel på internationella samarbeten är ICMM Mining Principles²⁹³ och IRMA Standard for Responsible Mining.²⁹⁴ Det kan behövas vidare arbete med att utveckla dessa initiativ.

I och med att elektrifieringen sker globalt och i ett relativt högt tempo blir frågan om att säkra tillgången på kritiska råvaror alltmer central. En stor efterfrågan kan leda till högre priser, brist på material och protektionism. Det öppnar också upp för att starka beroenden skapas till enskilda länder och leverantörer vilket i sin tur har betydelse för försörjningstryggheten. Inom EU finns flera initiativ bland annat förordningen om kritiska råvaror (CRMA)²⁹⁵ vilket syftar till att minska riskerna och ta vara på egna möjligheter till råvaruförsörjning och att bygga upp förädlingskedjor.

10.3 Kvantitativ bedömning av miljöeffekter och resursanvändning för utbyggnad av elproduktion

I avsnitt 10.2 har en kvalitativ bedömning av elektrifieringens miljöeffekter och resursanvändning presenterats för energisystemet som helhet. För att kunna kvantifiera miljöpåverkan och resursanvändning av den systemövergripande förändring som elektrifieringen innebär krävs detaljerade underlag både vad avser energisystemets utveckling och hur denna förändring kan komma att påverka miljö och resursuttag. I det här avsnittet presenteras en fördjupad kvantitativ analys av miljöeffekter och resursanvändning specifikt för utbyggnad av elproduktion och elnät i olika elektrifieringsscenarier till 2050. För att fånga ett helhetsperspektiv av elektrifieringens miljöpåverkan skulle en kvantifiering behöva göras för alla sektorer inom energisystemet vilket inte varit möjligt inom ramen för detta arbete.

10.3.1 Scenarier för utveckling av elsystemet

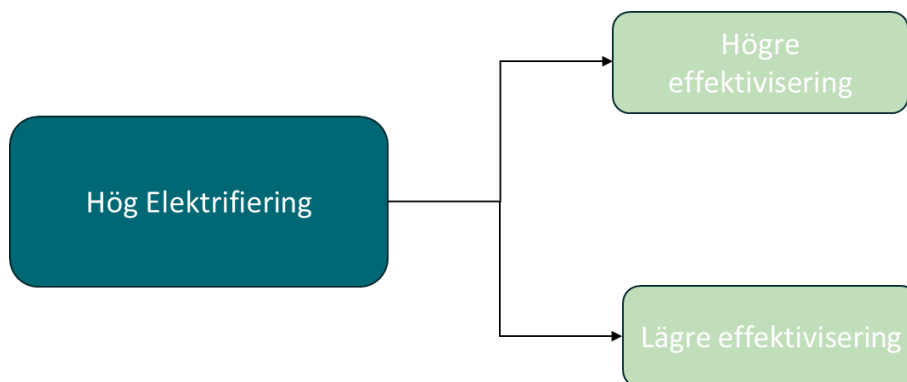
I syfte att kvantitativt analysera effekter på miljö- och resursanvändning i olika elektrifieringsscenarier har två scenarier studerats, ett med en högre grad av effektivisering och ett med en lägre grad av effektivisering, se Figur 13. Utgångspunkten är den grad av elektrifiering som ingår i scenariot *Högre elektrifiering* i Energimyndighetens långsiktiga scenarier över Sveriges energisystem 2023²⁹⁶. I scenariot ökar elanvändningen till 349 TWh till 2050 vilket skulle innebära mer än en fördubbling mot dagens elanvändning.

²⁹³ Läs mer på: <https://www.icmm.com/en-gb/our-work/environmental-resilience>.

²⁹⁴ Läs mer på: <https://responsiblemining.net/what-we-do/standard/>.

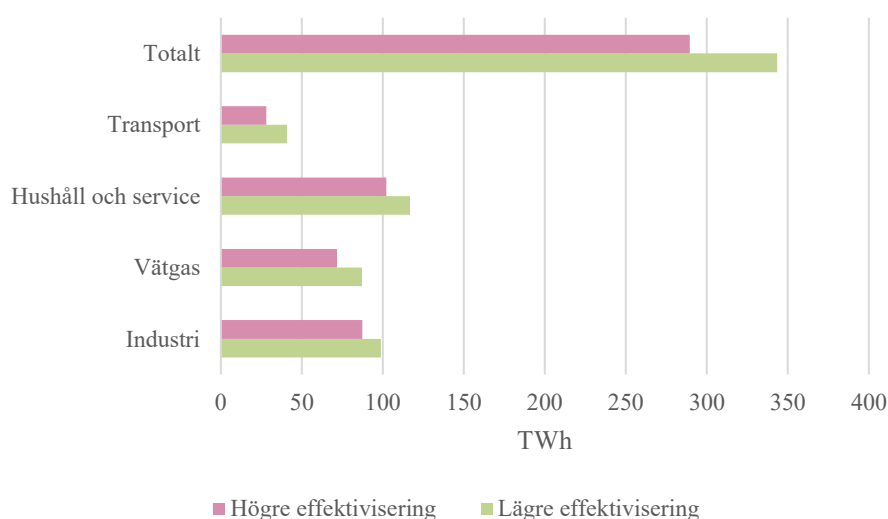
²⁹⁵ Europeiska kommissionen (2023b).

²⁹⁶ Energimyndigheten (2023a).



Figur 13. Illustration av de två olika scenarierna som använts som underlag för den kvantitativa analysen.

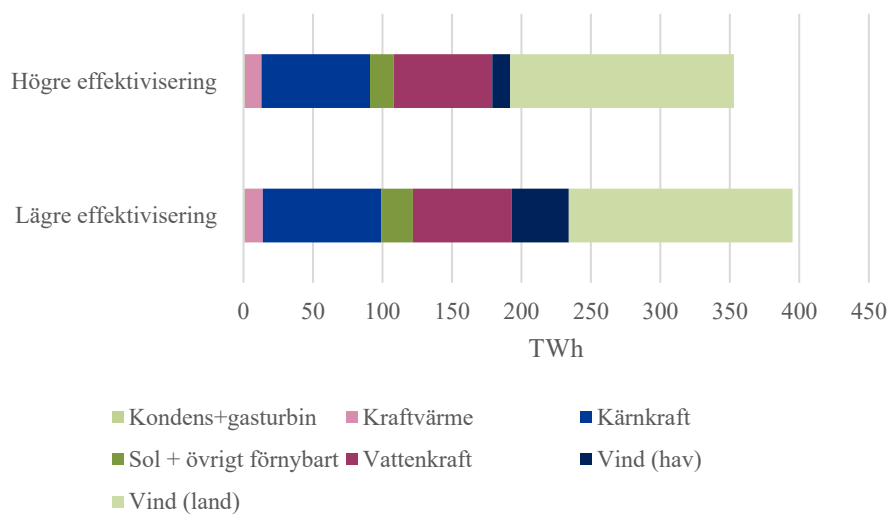
I scenariot *Högre elektrifiering* ingår en grad av energieffektivisering i samtliga användarsektorer och benämns därav vidare som fallet *Lägre effektivisering*. För att analysera effekterna av en högre grad energieffektivisering har ett ytterligare ett scenario tagits fram, *Högre effektivisering*, där ytterligare åtgärder för effektivisering genomförs i alla sektorer. Det handlar om åtgärder som effektivare industriprocesser, högre verkningsgrad i elektrolysörer, åtgärder för transporteffektivitet (vilket innefattar effektivare fordon samt förändrat trafikarbete) samt minskat värmebehov inom bostäder och service. Åtgärderna medför att elanvändningen 2050 i scenariot *Högre effektivisering* är 290 TWh jämfört med 349 TWh i fallet *Lägre effektivisering*. Figur 14 visar elanvändningen inom de olika sektorerna och skillnaderna mellan de två scenarierna. För närmare beskrivning av scenarierna se bilagan.



Figur 14. Elanvändning 2050 inom de olika användarsektorerna i de olika scenarierna, TWh.

Anm. Produktion av vätgas inom industrin redovisas som en separat post i diagrammet.

När det kommer till antaganden om utbyggnad av elproduktion i de olika scenarierna är även de i linje med antaganden i Energimyndighetens scenarier över Sveriges energisystem 2023²⁹⁷. Det innebär att utbyggnaden av elproduktion för att tillgodose det ökande elbehovet framför allt utgörs av drifttidsförlängd och ny kärnkraft samt vindkraft (främst landbaserad), se Figur 15. Landbaserad vindkraft byggs ut i samma omfattning i de båda scenarierna, i *Lägre effektivisering* är det framför allt havsbaserad vindkraft och solkraft som byggs i större omfattning men även kärnkraften byggs ut något mer. Vattenkraften antas inte byggas ut²⁹⁸. För mer information om scenarierna se bilagan.



Figur 15. Elproduktion uppdelat per kraftslag i de två scenarierna med högre och lägre grad av effektivisering, TWh.

10.3.2 Kvantifiering av miljöpåverkan och resursanvändning i de olika scenarierna för elsystemets utveckling

I den här delen av arbetet har livscykelanalys (LCA) använts i syfte att kvantifiera miljöpåverkan och resursanvändning i de olika scenarierna. LCA är en av flera metoder för att bedöma eller redovisa miljöpåverkan. Andra metoder är miljöbedömning (vanligen använt för enskilda projekt eller planer), olika former av ekonomisk värdering som exempelvis cost-benefit-analys och miljörapporter. LCA kan användas som en del av olika styrsystem inom miljöområdet, exempelvis miljöledningssystem och miljömärkning, och nyttjas i ökande grad inom lagstiftning exempelvis för klimatdeklaration av byggnader²⁹⁹ och EU:s förordning om batterier³⁰⁰.

²⁹⁷ Energimyndigheten (2023a).

²⁹⁸ Den kapacitet som tillkommer till 2050 beror på effekthöjningar i befintliga kraftverk.

²⁹⁹ Läs mer på: <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/klimatdeklaration/>.

³⁰⁰ EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS FÖRORDNING (EU) 2023/1542 av den 12 juli 2023 om batterier och förbrukade batterier, om ändring av direktiv 2008/98/EG och förordning (EU) 2019/1020 och om upphävande av direktiv 2006/66/EG.

En livscykelanalys beskriver en produkts (eller tjänsts) miljöpåverkan från vaggan till graven, det vill säga längs med hela värdekedjan och med hänsyn till flera olika typer av miljöpåverkan inklusive resursanvändning. Det innebär att en livscykelanalys kan innefatta miljöpåverkan och resursanvändning både inom och utom landets gränser beroende på hur värdekedjorna ser ut. Hänsyn till hela värdekedjan samt många olika typer av miljöpåverkan gör det lättare att se vilka åtgärder som kan vidtas för att minska miljöpåverkan från olika steg i livscykeln samt möjliggöra avvägningar mellan olika typer av miljöpåverkan. Det är framför allt detta som skiljer LCA från många andra bedömningsmetoder som enbart tittar på den berörda delen (projektet eller företaget). Livscykelanalys är också kvantitativ, till skillnad från många andra bedömningsmetoder. LCA är standardiserat enligt ISO 14040 och ISO 14044 och det finns utöver dessa standarder ett flertal relaterade och i viss mån mer detaljerade standarder och andra regelverk.

EPD (Environmental Product Declaration; miljövarudeklaration) är en livscykelanalys som utöver ovan nämnda ISO standarder även utgår från ISO 14025 samt ibland även andra standarder, exempelvis EN 15804 för byggprodukter. EPD:er måste alltid granskas av tredje part. Det finns i världen ett femtiotal olika EPD-operatörer, där den äldsta är det svenska EPD International som även har många internationella användare. En EPD används generellt av företag i syfte att redovisa resultat från livscykelanalyser för sina affärskunder, men anses svårtolkade för konsumenter. Vattenfall har exempelvis tagit fram EPD:er för sin nordiska portfölj av installerad elproduktion. Dessa tillhandahåller uppgifter om miljöprestanda och information om resursförbrukning, utsläpp, avfall, återvinning och markanvändning per kilowattimme el som produceras för respektive kraftslag.

En EPD ger även information om var i livscykeln miljöpåverkan och resursuttag sker, förenklat beskrivet uppdelat på de olika processerna för elproduktionsanläggningar. Se exempel för vattenkraft i Figur 16.

 Uppströmsprocess	Tillverkning av oljor, kemikalier och bränslen till fordon och reservkraft.
 Kärnprocess	Drift av kraftverket, det vill säga utsläpp i samband med inspektionsresor, utsläpp av oljor till mark och vatten, förbränning respektive deponering av driftavfall.
 Kärnprocess – infrastruktur	Byggande och reinvestering i maskineri, dammar och vattenvägar. Utsläpp från mark som lagts under vatten i samband med anläggande av vattenmagasin.
 Nedströmsprocess	Drift av elnät, det vill säga utsläpp i samband med inspektionsresor och tillverkning av oljor. Extra elproduktion i Vattenfalls vattenkraftverk för att kompensera för förlusterna i elnäten.
 Nedströmsprocess – infrastruktur	Byggande och rivning av stamnät och distributionsnät.

Figur 16. Exempel på livscykelprocesser för vattenkraft. Figur från Vattenfalls EPD³⁰¹.

För att kvantifiera miljöpåverkan och resursanvändning i de olika scenarierna för elsystemets utveckling har livscykeldata för respektive kraftslag använts, främst från Environdec (EPD:er)³⁰² men även från LCA-databasen Ecoinvent³⁰³. Beräkningarna har utgått från den tillkommande kapacitet för respektive kraftslag som krävs till 2050, inkluderat generationsväxling av den produktion som förväntas nå sin tekniska livslängd innan 2050. Miljöpåverkan och resursanvändning uttrycks i enheter såsom kgCO₂/producerad kWh el, kg stål/anläggning eller kgNO_x/MJ använt bränsle och så vidare, vilket relateras till den faktiska mängden producerad el per kraftslag i respektive scenario.

Metodmässiga utmaningar med att kvantifiera miljöpåverkan

Även om användningen av livscykelanalyser kan leda till större förståelse för var i en livscykel det finns störst möjligheter till minskad miljöpåverkan finns osäkerheter med metoden. Det handlar om vilka antaganden och avgränsningar som gjorts, då dessa kan få stor påverkan på resultatet. Exempelvis kan antaganden om vilken avfallshantering som används få stor påverkan på den resulterande miljöpåverkan. Det kan också handla om att använda data i form av ett uträknat medelvärde om det finns brist på lämpligare data eller för att slippa gå in på detalj i alla delar av livscykeln. Om det görs olika antaganden och avgränsningar i separata livscykelanalyser innebär det också att det kan leda till osäkerheter vid jämförelser mellan dessa. Detsamma gäller vid sammanslagningar av livscykelanalyser, vilket är en nödvändighet för att kunna kvantifiera miljöpåverkan på systemnivå.

Ytterligare osäkerheter i metoden kommer med användningen av scenarier för år 2050. Eftersom det är omöjligt att veta vilken påverkan

³⁰¹ Vattenfall (2015).

³⁰² Läs mer på: <https://www.environdec.com>.

³⁰³ Läs mer på: <https://ecoinvent.org/>.

exempelvis teknikutveckling eller händelser i omvärlden kommer få för energisystemet i framtiden blir osäkerheterna stora. Det kan handla om materialbesparingar eller skiften av material som används. Det kan även handla om effektivisering av processer och därmed minskade utsläpp eller energianvändning. Omställningen till ett mer hållbart energisystem i länder där tillverkning sker bör också leda till att utsläpp och energianvändning minskar ju närmare 2050 vi kommer. Hastigheten och omfattningen av sådana skiften är naturligtvis svåra att bedöma vilket innebär att resultatet inte ska antas spegla hur framtiden faktiskt kommer att se ut, utan är *ett* möjligt scenario. Det är därmed mer intressant att göra jämförelser och dra slutsatser scenarier emellan än att analysera de faktiska siffrorna för ett specifikt scenario.

10.3.3 Miljöpåverkan från utbyggnad av elproduktion

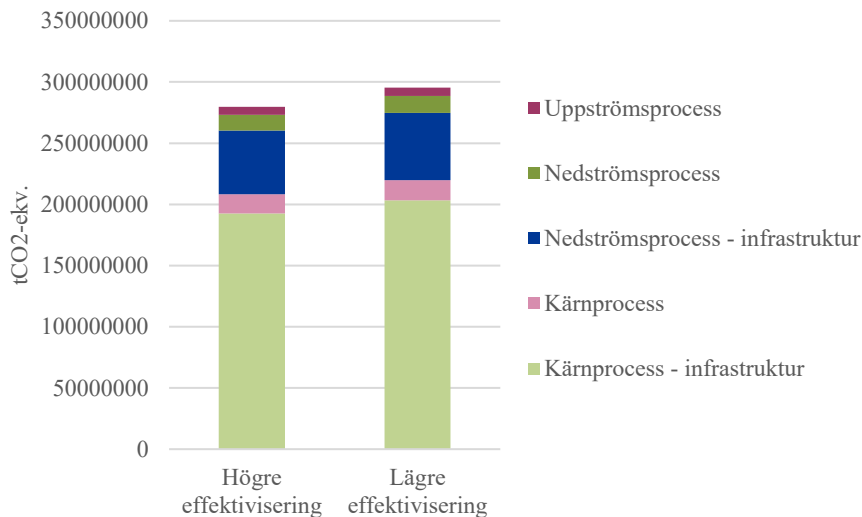
För att bedöma miljöeffekterna från utbyggnaden av ny elproduktion kvantitativt behöver man titta på miljöeffekterna i hela livscykeln, från utvinning av material till byggnation, drift och avveckling. Med utgångspunkt i den utbyggnad av elproduktion som sker i de olika elektrifieringsscenarierna har följande påverkansfaktorer kvantifierats: utsläpp av växthusgaser, vattentillgång och markanvändningstryck. Detta är ett urval av de påverkansfaktorer som är möjliga att kvantifiera med hjälp av livscykeldata.

Majoriteten av växthusgasutsläppen kommer från tillverkning och byggnation

Elproduktionen i Sverige har sedan länge haft låga utsläpp i driftsfasen då den har dominerats av vattenkraft och kärnkraft som har mycket låga driftsutsläpp. Våra scenarier visar på att elproduktionsmixen även 2050 förväntas utgöras av fossilfria kraftslag med låga driftsutsläpp (se Figur 15). I Figur 17 redovisas utsläpp till luft i form av växthusgasutsläpp. Figuren anger kumulativa utsläpp till 2050 uppdelat per fas i livscykeln från den totala kapacitetsutbyggnad (produktionsanläggningar och del av elnät) som krävs för att möta det ökande elbehovet i de olika scenarierna. Den utbyggnad av elproduktion som modellerats i respektive scenario motsvarar livscykelutsläpp på omkring 9,3–9,8 miljoner ton koldioxidekvivalenter årligen (utslaget för åren 2021–2050), baserat på dagens utsläpp för produktion. Industrisektorn i Sverige släpper idag ut cirka 15 miljoner ton koldioxidekvivalenter årligen.

Det är i byggfasen (kärnprocessinfrastruktur och nedströmsinfrastruktur) som den största andelen av utsläppen sker. Detta är kopplat till utsläpp vid utvinning och tillverkning av byggnadsmaterial som exempelvis stål, betong och aluminium, och andra komponenter (solceller och vindturbiner) som krävs för en storskalig utbyggnad av elproduktion och det elnät som krävs. Detta är sannolikt utsläpp som till stor del kommer ske i andra länder. Åtgärder för en effektivare användning av el medför att behovet av utbyggnad av såväl elproduktion som elnät minskar vilket

även medför minskade växthusgasutsläpp totalt för scenariot *Högre effektivisering*, se Figur 17.



Figur 17. Totala växthusgasutsläpp per process för tillkommande elproduktion mellan 2021–2050 vid lägre och högre effektivisering.

Anm. Det är i byggfasen (kärnprocessinfrastruktur och nedströmsinfrastruktur) som den största andelen av utsläppen sker.

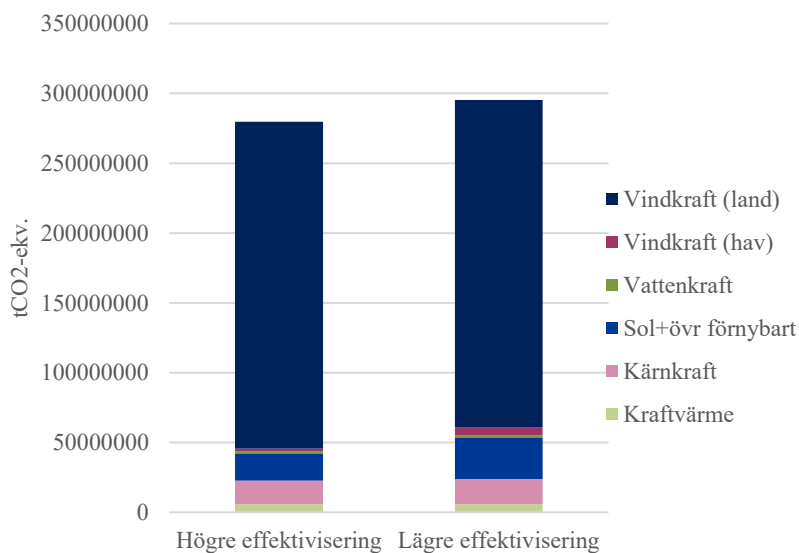
Det finns en rad osäkerheter med att skriva fram en livscykelpåverkan som är framtagen utifrån dagens teknik och produktion. Sannolikt överskattas utsläppen till 2050 kraftigt eftersom analysen baseras på utsläpp från den produktion av material och komponenter som sker idag och siffrorna som redovisas här ska därför tolkas med försiktighet. Exempelvis kan man förvänta sig att även omvärlden ställer om från användning av fossila bränslen vilket medför att produktionen i andra länder i högre grad kommer minska sin utsläppsintensitet med tiden. Teknikutveckling är en annan faktor som kan påverka resultaten till 2050. Olika kraftslag kan bli effektivare, materialbesparingar, materialsubstitutioner och andel återvunna material kan öka.

Utsläppen av växthusgaser kommer sannolikt till stor del vara utsläpp som sker utanför Sveriges gränser, exempelvis för utvinning av material och vid tillverkning av solcellspaneler och vindkraftverk. Dock skulle utbyggnaden av elsystemet kunna medföra en ökad efterfrågan också på material som kan produceras inom landet, exempelvis betong och stål. Det är viktigt att komma ihåg att det som till stor del ligger bakom och driver upp elbehovet och utbyggnaden av elproduktionen är just omställningen inom industrisektorn. För att få till industrins omställning behöver elnäten och elproduktionen byggas ut. Innan utbyggnaden är gjord och material kan produceras med betydligt lägre utsläpp än idag kommer utsläpp på högre nivåer ske. Det krävs en omfattande utbyggnad

av elproduktionen för att möjliggöra omställningen av dessa processer och det innebär att det ena inte kommer före det andra.

Landbaserad vindkraft byggs ut kraftigt i båda scenarierna och står för mellan cirka 50–60 procent av den tillkommande elproduktionen till 2050 beroende på scenario. Av den anledningen orsakar landbaserad vindkraft de största andelarna av utsläppen sett till total installerad kapacitet för respektive scenario, se Figur 18. Växthusgasutsläppen härrör från den stora åtgången av material som exempelvis stål och betong, som enligt dagens produktion är mycket utsläppsintensiva, se avsnitt 10.3.5 om resursanvändning.

Något som är intressant är solkraftens relativt höga påverkan. År 2050 står solkraften för endast fem till sex procent av produktionen, men orsakar relativt sett höga utsläpp av växthusgaser. En anledning till detta är sannolikt användningen av material som exempelvis kisel och aluminium, material som är mycket energikrävande att tillverka och i dagsläget genererar höga utsläpp av växthusgaser. Utsläppen från kärnkraften kan även härledas till produktion och användning av konstruktionsmaterial till följd av utbyggnaden (varierar något beroende på scenario) av kärnkraften fram till 2050. Även utvinning och anrikning av uran bidrar till kärnkraftens utsläpp av växthusgaser ur ett livscykelperspektiv.



Figur 18. Totala utsläpp av växthusgaser för tillkommande elproduktion vid högre och lägre effektivisering mellan 2021–2050.

Anm. Landbaserad vindkraft byggs ut kraftigt enligt scenarierna och står för 50–60 procent av den tillkommande elproduktionen till 2050.

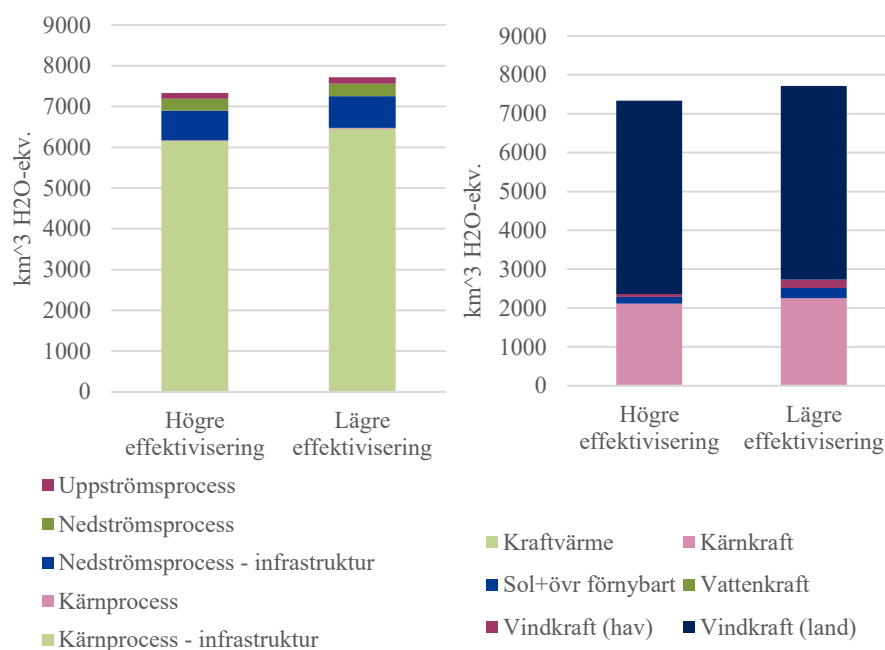
Påverkan på vattentillgång

För att analysera påverkan på vattenanvändning används inom EPD-systemet måttet Water Deprivation Potential (WDP), genom en metod

som kallas AWARE (Available Water REmaining). AWARE och WPD fokuserar på att bedöma vattenanvändning i relation till den tillgängliga vattenmängden i ett specifikt geografiskt område. Det innebär att hänsyn tas till befintliga vattenresurser och hur olika aktiviteter, som exempelvis jordbruk eller en industri, påverkar den kvarvarande vattenmängden i området. Vattenanvändning i ett område med begränsad tillgång till vatten viktas högre i indexet. Den totala påverkan på vattentillgång för respektive scenario ges i Figur 19. Huvuddelen av påverkan på vattentillgången sker i samband med produktion av material och komponenter samt vid byggnation av kraftanläggningar och nät.

Ur svenskt perspektiv finns generellt goda tillgångar på vatten även om det finns områden som under perioder på året har brist på vatten, exempelvis Gotland. Vattentillgång är en fråga som även kommer bli alltmer viktig i Sverige i samband med klimatförändringar. Ur ett globalt perspektiv är det viktigt att värdera påverkan på vattentillgångar då vatten i många regioner är en begränsad resurs.

De kraftslag som i driftsfasen innebär en direkt användning av vatten är framför allt vattenkraft och kärnkraft, men denna användning fångas inte in i WDP-indexet då den inte påverkar själva tillgången på vatten i området. Vattenkraft orsakar dock en direkt påverkan på hydrologin i vattendragen vilket i sin tur påverkar ekosystemet negativt. I scenarierna sker ingen ny utbyggnad av vattenkraft till 2050 utan den kapacitetsökning som sker är genom effekthöjningar i befintliga vattenkraftsanläggningar. Kärnkraft kräver stora mängder kylvatten i driftsfasen och innebär en lokal uppvärmning av vattnet till recipienten vilket kan påverka ekosystemen.



Figur 19. Vattenanvändning vid högre och lägre effektivisering för tillkommande elproduktion mellan 2021–2050 uppdelat per process och per kraftslag.

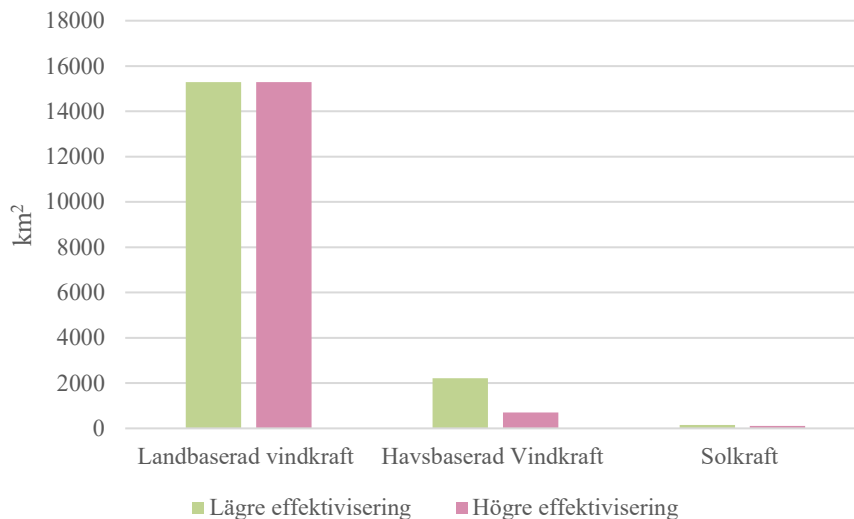
10.3.4 Markanvändning och ytanspråk för elproduktion

Som tas upp i avsnitt 10.2.2 innebär elektrifieringen att fler mark- och vattenområden behöver tas i anspråk framför allt för utbyggnad av elproduktion och överföring av el. Det ökade ytanspråket kan ge en miljöpåverkan och ge upphov till konflikter om hur landskapet ska användas och se ut. I den kvantitativa uppskattningen av ytanspråket i scenarierna har utbyggnad av ny elproduktion beaktats för vindkraft, solkraft och kärnkraft. Eftersom det sker en stor utbyggnad av landbaserad vindkraft i båda scenarierna, oavsett effektiviseringsgrad, är det framför allt denna som ger en stor markanvändning, se Figur 20.

Kärnkraft har ett betydligt lägre ytanspråk än övriga kraftslag. Sammantaget uppskattas ytanspråket i Sverige för dagens reaktorer och anläggningar, inklusive för hantering och slutförvar av kärnavfall, uppta en yta om cirka 42 km².³⁰⁴ Kärnkraft antas, i scenarierna, byggas ut på de platser där det idag finns reaktorer och därmed antas att ingen ny yta tas i anspråk. Om kärnkraft skulle byggas på nya platser skulle det förstås medföra ett utökat ytanspråk, även om det i jämförelse med vindkraften skulle vara mycket lågt. Däremot kommer mer yta behöva tas i anspråk i form av uranbrytning i andra länder, utökad hantering av kärnavfall och

³⁰⁴ Se: <https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/44e304c6-429b-44a2-f008-08daf7da081a/Data>.

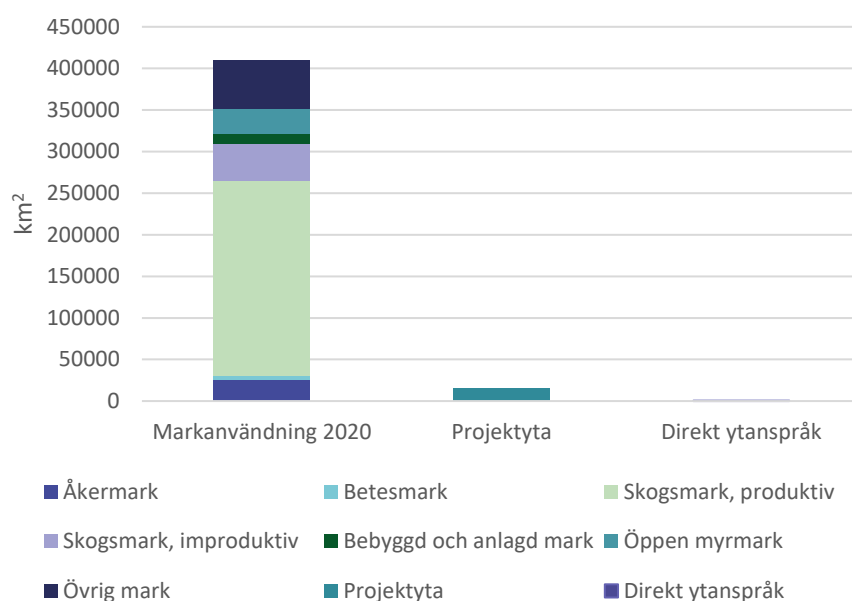
slutförvar samt till viss del i form av beredskaps- och planeringszoner, se Figur 11.



Figur 20. Ytanspråk för vind- och solkraft i de två scenarierna.

Vindkraftens ytanspråk

Sverige är ett stort och relativt glesbefolkat land med generellt sett goda vindresurser, vilket ger en stor potential för utbyggnad av vindkraft. I Figur 21 omfattar ytanspråket för landbaserad vindkraft hela projektytan vilket innebär att det direkta ytanspråket är betydligt lägre. Jämför man ytanspråket för landbaserad vindkraft med annan markanvändning innebär utbyggnaden i scenarierna ett relativt litet ytanspråk (direkt ytanspråk syns inte ens i figuren), se Figur 21. Om utbyggnaden skulle ske på mark där exempelvis skogsbruk bedrivs och där möjligheten till samexistens är relativt god kan den negativa påverkan av ytanspråket begränsas.



Figur 21. Landbaserad vindkrafts markanvändning i scenarierna relativt annan markanvändning i Sverige, km². I figuren redovisas både det direkta ytanspråket samt projektyta för jämförelse.
Källa: Statistiska centralbyrån³⁰⁵

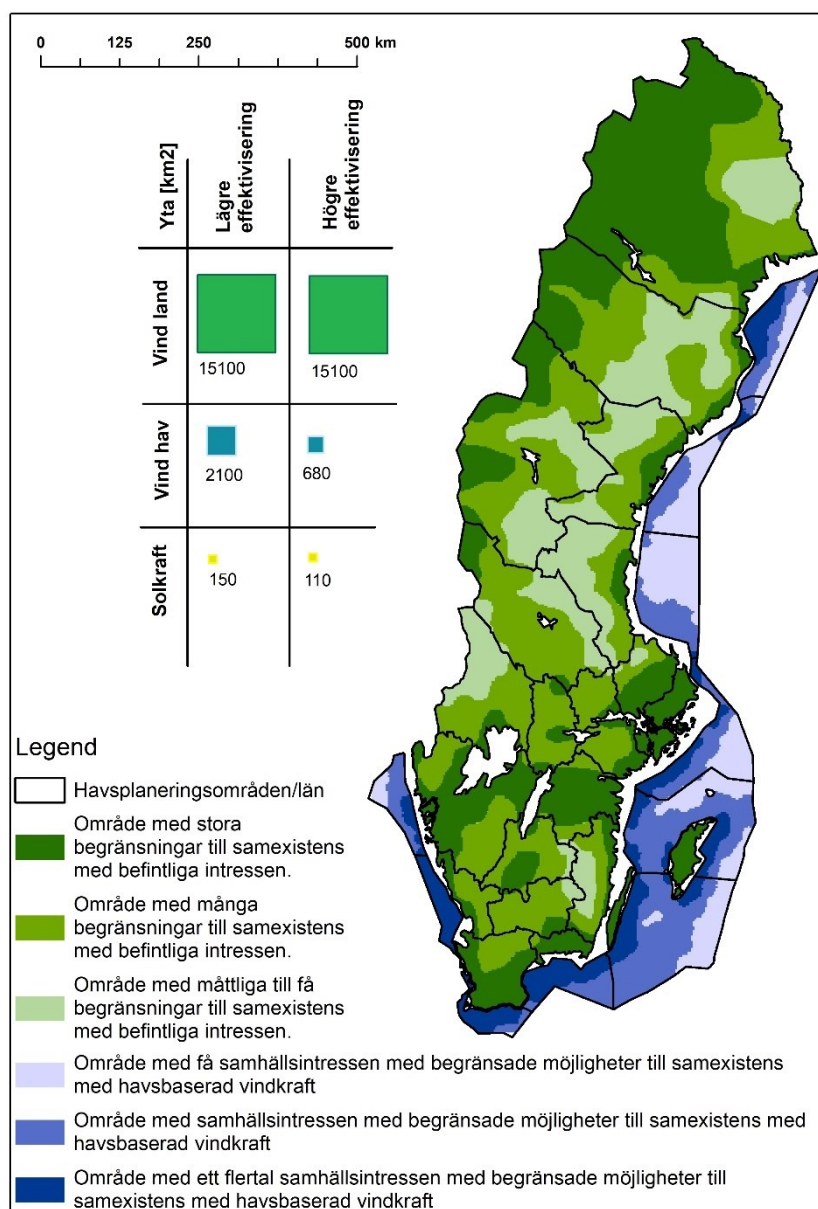
Lokalisering och geografisk fördelning av produktionen har stor betydelse för en hållbar utbyggnad av vindkraft. Både på land och till havs finns andra markintressen med mer eller mindre möjlighet för samexistens med utbyggnad av vindkraft. Samexistenslösningar och anpassningar kommer bli viktigt. Särskilt i områden där ny elproduktion behövs ur ett elsystemperspektiv och där det är svårt med möjligheter till samexistens. Vad gäller naturvärden och biologisk mångfald är möjligheterna till anpassning till nya förutsättningar inte lika stora, vilket innebär att den nya elinfrastrukturen behöver anpassas i proportion till hur stor negativ påverkan den har. Det kan leda till ett större behov av elnät och överföringskapacitet, men även till ökade motsättningar mellan vindkraft och lokala intressen i områden där utbyggnaden blir intensiv.

Kartan i Figur 22 visar en övergripande bedömning om möjligheterna till samexistens mellan olika nationella intressen och vindkraft, från den nationella vindkraftstrategin³⁰⁶ och från arbetet med att ta fram förslag på lämpliga energiutvinningsområden för havsplanerna³⁰⁷.

³⁰⁵ Statistiska centralbyrån (2023d).

³⁰⁶ Energimyndigheten (2021c).

³⁰⁷ Energimyndigheten (2023p).



Figur 22. Karta över möjligheter och begränsningar till samexistens mellan vindkraft och andra nationella intressen.

Anm. Mörkare grön och blå indikerar områden där möjlighet till samexistens är lägre. I tabellen till vänster visas kumulativa projekteringsområden per kraftslag. Utbyggnaden av vindkraft och solkraft finns representerade som skalenliga rutor till vänster i de båda scenarierna. Ytanspråket för vindkraft representerar hela projektytan. För solkraft är ytanspråket beräknat utifrån att all utbyggnad sker på mark.³⁰⁸

10.3.5 Resursanvändning från utbyggnad av elproduktion

Resursanvändning för elproduktion handlar både om de resurser som krävs för driften, exempelvis fossila eller förnybara bränslen samt de resurser som krävs vid tillverkning och byggnation av en anläggning och för omkringliggande infrastruktur. Olika kraftslag kräver förstås olika

³⁰⁸ Vilket är ett antagande för att fånga ett maximalt ytanspråk från sol, sannolikt sker en stor del av utbyggnad på tak.

typer av resurser i form av material och metaller. Teknikutveckling kan dock påverka både vilka mängder och vilka typer av resurser det kan finnas behov av i framtiden. En mer effektiv elproduktionsanläggning får också ut mer el per mängd resurser än en mindre effektiv anläggning.

Exempel på vilka typer och mängder av resurser som krävs per megawatt (MW) för vindkraft, solceller och kärnkraft visas i Tabell 12. Tabellen är baserad på en sammanställning som gjorts av Sveriges Geologiska Undersökning (SGU) i rapporten *Sveriges behov av metaller och material för energiomställning 2025–2050*³⁰⁹.

Tabell 12. Resursbehov i ton/MW för vindkraft, solceller respektive kärnkraft, reviderad från SGU (2023).

Material/Metall	Vindkraft (ton/MW)	Solceller (ton/MW)	Kärnkraft (ton/MW)
Cement	345	60,7	50
Stål	118	67,9	45
Polymer	4,60	8,6	-
Glas/komposit	8,08	46,4	-
Aluminium	1,05	7,5	0,2
Bor	0,00175	-	i.u.* ³¹⁰
Krom	0,525	-	-
Koppar	2,59	4,6	1,5
Dysprosium	0,00775	-	-
Järn	19,8	-	-
Mangan	0,790	-	-
Molybden	0,109	-	-
Neodym	0,0678	-	-
Nickel	0,363	-	-
Praseodym	0,012	-	-
Terbium	0,00225	-	-
Zink	5,50	-	-
Kisel	-	4,0	-
Silver	-	0,02	-
Uran	-	-	0,025

Kvantitativa beräkningar har gjorts för behoven av ett antal viktiga metaller och material för scenarierna *Lägre* och *Högre effektivisering*. Förutom utbyggnaden av kraftslagen i de olika scenarierna har beräkningarna baserats på resursanvändningsdata från Environdec och

³⁰⁹ Sveriges geologiska undersökning (2023a).

³¹⁰ Bor används i processvatten och styrstavar för att kontrollera kärnreaktionen, men det saknas uppgift om hur mycket som används per producerad MW.

Ecoinvent³¹¹. För att uppskatta cement- och uranbehovet har data från SGU:s rapport³¹² använts.

Behov av metaller för utbyggnad av elproduktionen till 2050

Ett av de materialen det finns störst behov av för att kunna bygga ut elproduktion är stål (baserat på vikt). Stål används främst vid byggnation av havs- och landbaserad vindkraft samt kärnkraft, se Figur 23. Den utbyggnad av elproduktion som modellerats i respektive scenario innebär att omkring 250 000–280 000 ton stål per år kommer att bindas upp i olika anläggningar vilket motsvarar cirka sex procent av dagens svenska stålproduktion³¹³. Vindkraftsutbyggnaden förväntas använda mest stål. Tillverkning av stål är mycket energikrävande och det stål som finns på den svenska marknaden har en emissionsfaktor på 3,15 kgCO₂-ekv/kg³¹⁴ för stål tillverkat av primär råvara. En omställning till fossilfri stålproduktion i framtiden skulle kunna bidra till att kraftigt minska utsläppen från användning av stål.

Aluminium används främst i svenska solcellsanläggningar för att konstruera ramarna och monteringsstrukturen för solpanelerna, oftast i form av extruderade profiler, vilket gör strukturerna både lätta och starka. Dessutom är aluminium korrosionsbeständigt, vilket gör det till ett bra val för utomhusanvändning. Det är dock viktigt att notera att tillverkningen av aluminium kan ha en betydande miljöpåverkan, inklusive utsläpp av växthusgaser, beroende på var den produceras. Enligt Boverkets klimatdatabas³¹⁵ har den aluminium som förekommer på den svenska marknaden idag i dagsläget en emissionsfaktor om 7,5 kgCO₂-ekv/kg aluminium. I elektrifieringsscenarierna kan den årliga mängden aluminium estimeras till mellan 6 800–10 200 ton per år om den totala användningen av aluminium fördelas jämnt över alla år (2021 – 2050), se Figur 23. Total svensk produktion av aluminium är idag cirka 135 000 ton per år³¹⁶, men det sker ingen brytning av råvara³¹⁷ till aluminium i Sverige. Aluminium lämpar sig väl för att återvinna och återvinns även i mycket hög grad, vilket ger en energibesparing på cirka 95 procent jämfört med primärproduktion.

³¹¹ Se <https://ecoinvent.org/the-ecoinvent-database/>.

³¹² Sveriges geologiska undersökning (2023a).

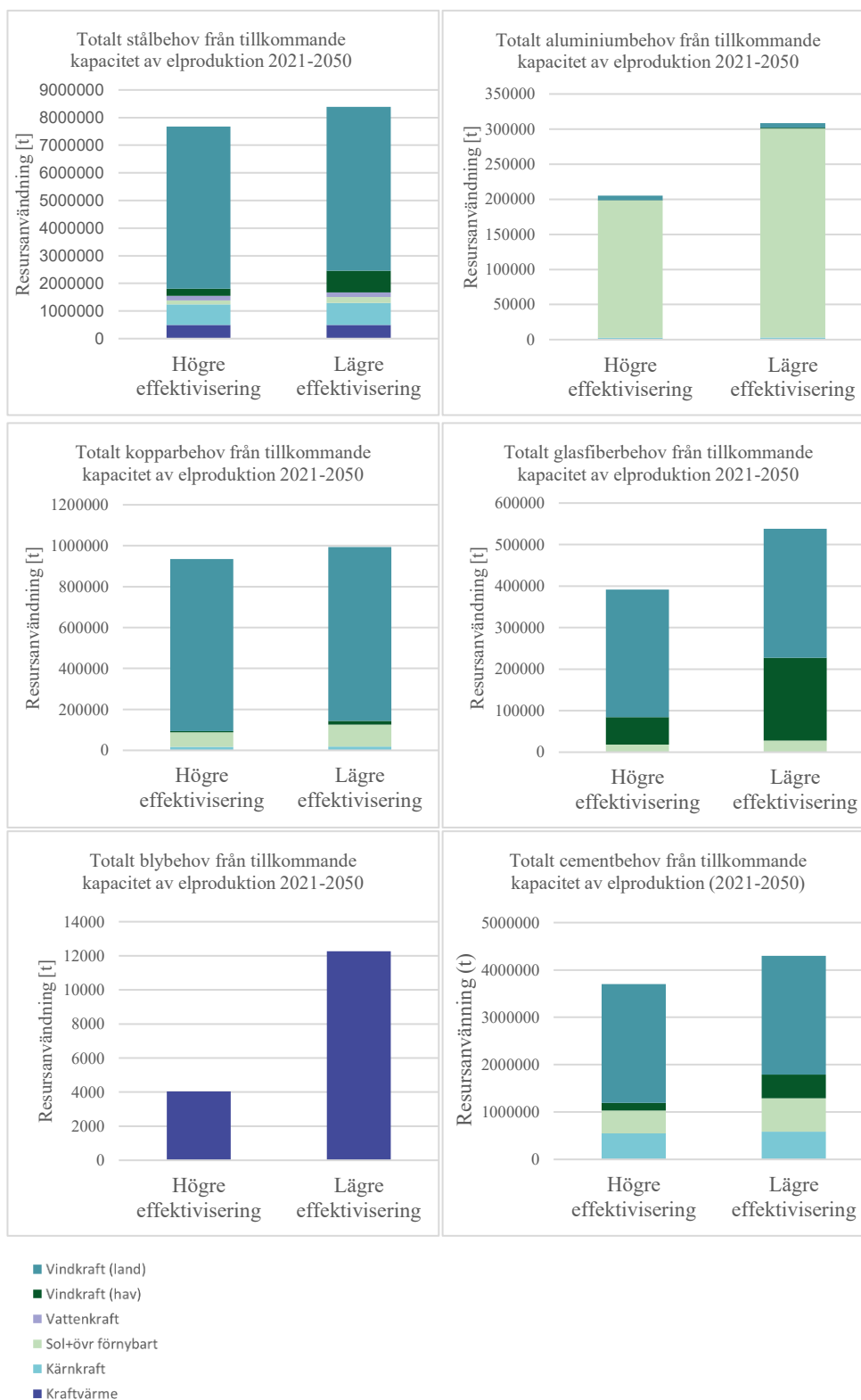
³¹³ År 2022 producerades cirka 4,4 miljoner ton råstål. Källa: Jernkontoret (2023).

³¹⁴ Boverket (2023).

³¹⁵ Ibid.

³¹⁶ Svenskt aluminium (2023).

³¹⁷ Aluminium framställs från mineralet bauxit vilket utvinns till största del utanför EU. Det finns inga fyndigheter av bauxit inom Sverige.



Figur 23. Resursanvändning vid högre och lägre effektivisering för tillkommande elproduktion mellan 2021–2050 per kraftslag.

Det förväntade behovet av bly kan kopplas till förväntade installationer av havsbaserad vindkraft. Där används bly i dagsläget i förankringslinor. Anledningen till detta är dess hållbarhet då bly är mycket korrosionsbeständigt vilket minimerar dyrt underhållsarbete. Svensk blyutvinning uppgick 2021 till 65 400 ton³¹⁸. Totalt sett motsvarar behovet av bly för utbyggnad av elproduktionen (2021–2050) mellan cirka 6–19 procent av årlig svensk blyutvinning (2021) beroende på scenario. Bly kan återvinnas och återanvändas, 2020 återvanns 46 000 ton bly i Sverige³¹⁹. Återvunnet bly har en utsläppsfaktor mellan 0,53 – 0,58 kgCO²-ekv/kg, medan primärproduktion av bly har en emissionsfaktor uppåt 2,61 kgCO²-ekv/kg bly³²⁰.

Koppar används till stor del för att producera och leda elektricitet. Omkring 65 procent av världens kopparproduktion går just till dessa ändamål. För att underlätta generering, transmission och distribution av el med så låga förluster som möjligt är koppar en ovärderlig metall. Det används alltså inte enbart i ledningar, utan är även en mycket viktig komponent i anläggningar för elproduktion. I Sverige användes under 2020 cirka 136 000 ton koppar och den inhemska produktionen från primär råvara låg på cirka 86 000 ton³²¹. Koppar går utmärkt att återvinna och under 2021 producerades även cirka 60 220 ton koppar från sekundär råvara i Sverige³²². Att sätta i relation till behovet av koppar i scenarierna om ungefär 30 000 ton per år för utbyggnaden av svensk elproduktion (beroende på scenario och år). Kopparkablar har i genomsnitt en emissionsfaktor om 1,98 kgCO²-ekv/kg kopparkabel³²³.

Utbyggnaden innebär ett stort behov av cement och kompositmaterial. Det material som det viktmässigt efter stål kommer krävas mest av för att bygga tillkommande elproduktion mellan 2021 och 2050 är cement, se Figur 23. Cement används för att tillverka den betong som används till fundament för land- och havsbaserad vindkraft, fundament för byggnader, konstruktioner i kärnkraftverk samt fundament för solcellsparker³²⁴. Globalt tillverkas cirka 4,2 miljarder ton cement per år³²⁵, vilket står för cirka sju procent av de globala koldioxidutsläppen årligen. Jämnt fördelat över åren till 2050 resulterar mängden cement till följd av ökad svensk elproduktion i en årlig användning om cirka 123 000–143 000 ton. Det motsvarar cirka fem procent av svensk årlig cementanvändning idag. Cement tillverkad i Sverige har en emissionsfaktor på cirka 0,87 kgCO²-ekv/kg³²⁶.

³¹⁸ Sveriges geologiska undersökning (2021).

³¹⁹ Sveriges geologiska undersökning (2023b).

³²⁰ Trafikverket (2023).

³²¹ Sveriges geologiska undersökning (2023b).

³²² Sveriges geologiska undersökning (2022).

³²³ Trafikverket (2023).

³²⁴ För utbyggnad av solkraft antas att 40 procent byggs på tak och resten är markbaserade anläggningar.

³²⁵ IEA (2023).

³²⁶ Trafikverket (2023).

Det är utbyggnad av vindkraft som bedöms stå för det ökande behovet av cement till 2050. Då bergsförankrade fundament är ett alternativ, är det dock möjligt att betonganvändning för fundament överskattas för landbaserad vindkraft. Det kan även finnas en möjlighet att i vissa fall återanvända befintliga betongfundament vid generationsväxling av vindkraft. För havsbaserad vindkraft beror fundamentvalet på faktorer som vattendjup och sjöbotten, och det är rimligare att anta en stor del stålfundament i svenska havsbaserade vindkraftsparker. Detta är dock fortfarande osäkert.

Epoxylförstärkt glasfiber används främst i turbinblad för land- och havsbaserad vindkraft men även för solcellspaneler. För att skatta utvecklingen har vikter estimerats för blad om cirka 9–10 MW för landbaserade vindturbiner och 20 MW för havsbaserade turbiner och justerat underlagen från Ecoinvent, vilket minskar risken för en överskattning som annars skulle skett genom enkel extrapolering. Jämnt fördelat på alla år motsvarar mängden glasfiber för svensk tillkommande elproduktion i genomsnitt 13 000–18 000 ton per år beroende på scenario. Behovet av glasfiber kommer givetvis variera med utbyggnadstakten och är exempelvis väsentligt högre runt 2035 i scenariot *Lägre effektivisering*, då en kraftig utbyggnad av havsbaserad vind sker. Globalt sett produceras idag omkring 8 miljoner ton glasfiber per år³²⁷ varav utbyggnaden av elproduktion beräknas motsvara omkring 0,01–0,02 procent av global årlig produktion. Glasfiber har i genomsnitt en emissionsfaktor om 1,54 kgCO₂e/kg producerad glasfiber³²⁸.

Behovet av uran ökar då kärnkraften byggs ut

Kärnkraften byggs ut i både det högre och lägre effektiviseringsscenariot, med en total installerad effekt av 10 986 MW respektive 11 759 MW till 2050. Uran-235 utgör bränsle i kärnkraftverken och det totala behovet av uran under perioden 2021–2050 har summerats utifrån det årliga behovet i såväl befintliga som tillkommande reaktorer. Den något lägre utbyggnaden av kärnkraft i *Högre effektivisering* medför ett minskat uranbehov till 2050 jämfört med *Lägre effektivisering*, se Figur 24. De nya reaktorerna i respektive scenario tillkommer mellan åren 2035–2045 och det är då det årliga behovet av uran förväntas öka. Om nuvarande installerad kapacitet av kärnkraft bibehålls och ingen ny utbyggnad sker till 2050 skulle det totala behovet till 2050 landa på cirka 5200 ton, se Figur 24. De nya reaktorerna som tas i drift innebär även att behovet av uran kommer kvarstå under en lång tid då livslängden för reaktorer är upp till cirka 80 år³²⁹.

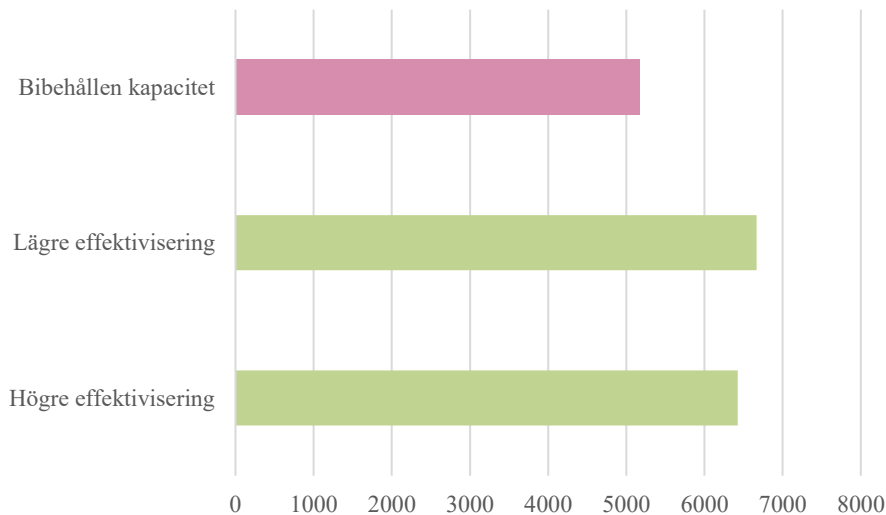
Utvinning och anrikning av uran sker idag utomlands. Miljöpåverkan från brytning av uranmalm liknar den från annan gruvdrift. Då uranmalm har

³²⁷ APEX Global (2023).

³²⁸ Trafikverket (2023).

³²⁹ Utifrån att nuvarande svenska reaktorer kan drifttidförlängas upp till 80 år.

högre strålningsnivåer än andra malmer krävs dock särskilda åtgärder mot radon i luften, radium i vatten och avfall samt mot direktstrålning i de mest uranrika gruvorna. Uran är dessutom en tungmetall och har därför liksom andra tungmetaller en viss kemisk giftverkan. Utvinning och anrikning av uran är även en energikrävande process och står för cirka 30 procent av de totala utsläppen av växthusgaser från kärnkraft i ett livscykelperspektiv.



Figur 24. Uranbehov för total kapacitet för kärnkraft mellan 2021–2050 vid högre och lägre effektivisering, ton.
Anm. Jämfört med ett fall där nuvarande kärnkraftskapacitet bibehålls och ingen utbyggnad av ny kärnkraft sker.

10.4 En samlad bedömning av elektrifieringens påverkan på miljö och resursanvändning

Elektrifieringen är en förutsättning för att såväl klimat- som miljömål kan nås...

Elektrifieringen av framför allt transport- och industrisektorn är en förutsättning för att Sverige ska nå sina klimatmål och en möjliggörare för att nå miljö kvalitetsmålen. Detta då elektrifieringen kraftigt kan minska användningen av fossila bränslen inom dessa sektorer. En förutsättning för att elektrifieringen ska bidra till klimatomställningen är att den el som används för att ersätta de fossila bränslena är fossilfri.

En storskalig elektrifiering av samhället kan förutom att kraftigt reducera utsläppen av växthusgaser även bidra till att minska andra utsläpp, som luftföroreningar relaterade till förbränningen av fossila bränslen. Utsläpp av luftföroreningar orsakar miljö- och hälsoproblem, och problemen är som störst i stadsmiljöer. En övergång från fossila bränslen till el som energibärare kan även innebära en energieffektivisering, vilket främst

sker inom transportsektorn. Detta ger potential för en minskad total energianvändning men samtidigt kan det finnas risk för rekyleffekter, som exempelvis ökad användning av fordon, eftersom eldrift är billigare än bränsledrift (läs mer om rekyleffekter av energieffektivisering i avsnitt 6.5). Utöver effekter inom Sverige kan en minskad användning av fossila bränslen även medföra positiva miljöeffekter i de länder där de fossila bränslena utvinns idag.

...men kommer innebära ökade ytanspråk...

En konsekvens av elektrifieringen är att fler mark- och vattenområden behöver tas i anspråk framför allt för utbyggnad av elproduktion och överföring av el, men även till nya industrietableringar, ökad gruvdrift och transportinfrastruktur. En ökad markanvändning kan negativt påverka naturmiljöer, människors levnadsmiljö och landskapsbilden samt skapa barriärer som kan påverka den biologiska mångfalden. En förutsättning för att hantera uppkomna målkonflikter är att hitta lösningar för samexistens mellan olika intressen.

Förbättrade kunskapsunderlag om elproduktionens påverkan på olika intressen och effektiv koordinering och samverkan är verktyg för att hitta samexistenslösningar. Det kommer dock inte vara möjligt att uppnå samexistens och/eller lokal förankring på alla platser. Politiska avvägningar och prioriteringar mellan olika samhällsintressen kommer behöva göras om omställningen ska kunna åstadkommas. Att utifrån ett samhällsperspektiv med helhetssyn för alla intressen hitta lösningar för att skapa samspel och lösa intressekonflikter på ett optimalt sätt är också viktiga forskningsfrågor.

...och ett ökat behov av resurser...

Elektrifieringen kommer innebära ett ökat behov av resurser för produktion och byggnation av den infrastruktur och teknik som krävs för elektrifieringen. Det innefattar produktion av exempelvis batterier, solceller, vindturbiner, kärnreaktorer och elektrolysörer. Men även av de material som krävs för utbyggnad av infrastrukturen; som betong, stål, koppar och glasfiber. En utbyggnad av kärnkraften i Sverige kommer även innebära ett ökat behov av import av uran som kärnbränsle för en lång tid framöver.

Utvinning och anrikning av metaller och mineral ger upphov till en stor miljöbelastning och kan påverka både naturmiljöer och människors levnadsförhållanden och hälsa negativt samt utgöra en risk för utsläpp av miljöförstörande ämnen till mark och vatten. Produktionen är i många fall energiintensiv och kan bidra till utsläpp av växthusgaser, beroende på energimix i tillverkningen. En ökad utvinning och användning av uran till kärnbränsle innebär även en ökad strålrisk och ett långsiktigt behov av ett säkert omhändertagande av kärnavfallet.

...vilket sätter fokus på ett effektivt energi- och resursutnyttjande i energisystemet som helhet...

Genom att använda resurser mer effektivt är det möjligt att minska flera av de utmaningar som beskrivits i detta kapitel. Elektrifieringen kan i sig bidra till energieffektivisering, exempelvis inom transportsektorn. Inom industrisektorn är dock elektrifieringen synonymt med en ökad elanvändning på grund av både ny industrialisering och produktion av vätgas vilket innebär en betydande ökning av energianvändningen (läs mer i avsnitt 3.1).

Elektrifieringen är en samhällsomställning inom flera sektorer som kommer kräva nya fordon, ny elproduktion, mer elnät, fler elektrolysörer med mera. För att skapa hållbarhet i detta måste resurseffektivitet genomsyra omställningen i alla led. Det räcker till exempel inte med att bara byta från fordon med förbränningsmotor till elfordon. Fordonen måste också vara energieffektiva och resurssnåla både i tillverkningen och i drift. Utöver det behöver också samhället bli mer transporteffektivt. I omställningen av industrin behöver teknik väljas som tillgodoser tillverkningsprocessens behov men samtidigt är energieffektiv och leder till ett optimerat resursutnyttjande.

Genom åtgärder för att minska elanvändningen i användarsektorerna kan behoven av utbyggnad av elproduktion och elnät minska vilket minskar resursbehovet. Men det är lika viktigt att bygga elproduktionen på rätt ställen, det vill säga i närmare anslutning till användare, där nyttan för elnätet och elöverföringen är som störst eller där produktionsförhållandena är som bäst. Anspråket på resurser dels i material, dels i ytanspråk blir på så sätt mindre och de negativa effekterna av omställningen kan hållas nere. För att inte öka miljöbelastningen i samhället behövs ett ökat fokus på både resurs- och energieffektivitet i energisystemet som helhet.

...samtidigt måste man betänka vad alternativet till elektrifiering innebär

Även om elektrifieringen kommer innebära nya miljöutmaningar och ett ökat resursbehov under omställningen måste man betänka att alternativet skulle innebära en fortsatt användning av fossila bränslen. Fossila bränslen är idag den största källan till utsläpp av växthusgaser, svaveldioxid och kväveoxider i Sverige. Utsläppen påverkar klimatet, ger upphov till försurning av skog och mark och orsakar hälsoproblem. Fortsatt användning av olja bidrar även till risk för miljöskadliga oljeutsläpp som kan kräva omfattande sanering i såväl vatten som på mark. En utebliven elektrifiering av industrin skulle sannolikt innebära exempelvis reinvesteringar i nya masugnar för framställning av stål. En utebliven eller försenad elektrifiering av transportsektorn skulle innebära en fortsatt och ökad användning av olja. Detta skapar inlåsnings effekter i

fossil teknik under en lång tid framöver och skulle göra det omöjligt att nå såväl klimat- som miljömål.

Vikten av systemperspektivet

Här har en kvalitativ bedömning av elektrifieringens påverkan på miljöeffekter och resursanvändning för energisystemet som helhet redovisats. En kvantitativ analys genomfördes för att studera utvecklingen av elsystemet givet en hög elektrifiering, men elsystemet utgör enbart en delmängd av energisystemet. För att göra en motsvarande kvantitativ analys över hela energisystemets utveckling behövs förbättrade dataunderlag. Både i form av scenarier för energisystemets utveckling avsedda för ändamålet, och underlag för att kunna räkna på miljöeffekter och resursanvändning i ett energisystem under omställning. Det är en mycket omfattande analysutmaning och det finns en rad aspekter som behöver arbetas vidare med för att på ett bättre sätt genomföra en miljövärdering i ett systemperspektiv:

- Alternativa utvecklingsvägar för hur energisystemet utvecklas.
- Betydelsen av flexibilitet.
- Underlag för kvantifiering av miljöeffekter för nya tekniker som exempelvis vätgas.
- Teknikutveckling och omvärldens omställning.
- Underlag för hur åtgärder för energieffektivisering påverkar resursåtgång och miljöbelastning.

11 Referenser

APEX Global (2023), Development of glass fiber industry, <https://apexglobal.trade/development-of-glass-fiber-industry/> (hämtad 2023-12-12).

Arrow, K., Cropper, M., Gollier, C., Groom, B., Heal, G., Newell, R., Nordhaus, W., Pindyck, R., Pizer, W., Portney, P., Sterner, T., Tol, R., & Weitzman, M. (2014). Should Governments Use a Declining Discount Rate in Project Analysis? *Review of Environmental Economics and Policy*, vol 8. 145–163.

Boverket (2023), Boverkets klimatdatabas, <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/klimatdatabas/> (hämtad 2023-12-11).

Boverket & Energimyndigheten (2019), *Underlag till den tredje nationella strategin för energieffektiviserande renovering – Ett samarbete mellan Boverket och Energimyndigheten*, Boverkets rapport 2019:26, Energimyndighetens rapport 2019:13.

Börjesson, M., Asplund, D., och Hamilton, C. (2023). Optimal kilometre tax for electric vehicles, *Transport Policy*, vol 134, 52-64.

Chalmers (2023), Ett framtida elsystem med och utan kärnkraft – vad är skillnaden?, https://research.chalmers.se/publication/536840/file/536840_Fulltext.pdf (hämtad 2023-12-04).

Creutzig, F., Niamir, L., Bai, X. et al. (2022). Demand-side solutions to climate change mitigation consistent with high levels of well-being. *Nat. Clim. Chang.* 12, 36–46.

Dagens industri (2023), Summan för saneringen av Fukushima: 7.000 miljarder, <https://www.di.se/nyheter/summan-for-saneringen-av-fukushima-7-000-miljarder/> (hämtad 2023-12-08).

DellaValle, N. (2019). People’s decisions matter: understanding and addressing energy poverty with behavioral economics, *Energy & Buildings*, vol 204,

Det svenska ordförandeskapet i Europeiska unionens råd (2023). Fit for 55 – EU:s plan för att skynda på klimatomställningen, <https://swedish-presidium.consilium.europa.eu/sv/program/fit-for-55/> (hämtad 2023-06-08).

Energiforsk (2020a), Nyheter och resultat i risk- och tillförlitlighetsanalys – slutsyntes, <https://energiforsk.se/media/29416/risk-och-tillforlitlighet-syntesrapport.pdf> (hämtad 2023-12-04).

Energiforsk (2020b), *Hybridmetod för riskbaserad värdering av driftsäkerhet*, Rapport 2020:675.

Energiföretagen (2023), Sveriges elbehov 2045 – Hur stänger vi gapet?, <https://www.energiforetagen.se/4917e4/globalassets/dokument/gap-rapport-handlingsplan/sveriges-elbehov-2045---hur-stanger-vi-gapet-20230215.pdf> (hämtad 2023-12-04).

Energimarknadsinspektionen (2023a), *Flexibilitet i distributionsnäten – Förutsättningar för ett effektivt nätutnyttjande*, Ei R2023:05.

Energimarknadsinspektionen (2023b), *Konsumenter och efterfrågefleksibilitet – En nulägesbeskrivning och åtgärdsförslag för ökad flexibilitet*, Ei R2023:04.

Energimarknadsinspektionen (2022), *Reglering av el- och gasnätverksamhet – Utveckling sedan införandet av förhandsregleringen*, Ei R2022:01, 2022.

Energimarknadsinspektionen (2021a), *Ei:s förslag till tillförlitlighetsnorm för Sverige – artikel 25 i EU:s elmarknadsförordning*, Ei R2021:05.

Energimarknadsinspektionen (2021b), *Konsekvensutredning avseende föreskrifter av nya nättariffer*.

Energimarknadsinspektionen (2020), *Lokaliseringssignaler i elnätstariffer – Förslag till lagändring*, Ei PM2020:03.

Energimyndigheten (2023a), *Scenarier över Sveriges energisystem 2023 – Med fokus på elektrifieringen 2050*, ER 2023:07, april 2023.

Energimyndigheten (2023b), *Utvecklingsvägar för elproduktion – Möjligheter och utmaningar för att möta ett växande elbehov*, ER 2023:18, juni 2023.

Energimyndigheten (2023c), Årlig energibalans. År 2021. <https://www.energimyndigheten.se/statistik/den-officiella-statistiken/statistikprodukter/arlig-energibalans/> (hämtad 2023-10-18).

Energimyndigheten (2023d), Tabell 2.4 Total energianvändning för uppvärmning och varmvatten åren 2002-2021, fördelat på använt energislag och byggnadstyp [TWh], <https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww>

[w.energimyndigheten.se/2F4a8c0d%2Fglobalassets%2Fstatistik%2Fofficiell-statistik%2Fstatistikprodukter%2Fenergistatistik-i-smh-fbhlok%2Ftabeller%2Frapport_01v02_sam2021_resultattabeller.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK](https://www.energimyndigheten.se/2F4a8c0d%2Fglobalassets%2Fstatistik%2Fofficiell-statistik%2Fstatistikprodukter%2Fenergistatistik-i-smh-fbhlok%2Ftabeller%2Frapport_01v02_sam2021_resultattabeller.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK) (hämtad 2023-10-18).

Energimyndigheten (2023e), *Energiindikatorer 2023 – Uppföljning av Sveriges energipolitiska mål*, ER 2023:15, maj 2023.

Energimyndigheten (2023f), *Energiläget i siffror 2023*, https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.energimyndigheten.se/2F495283%2Fglobalassets%2Fenergilageti-siffror-20230313_webb.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK (hämtad 2023-10-19).

Energimyndigheten (2023g), *Energimyndighetens årsredovisning 2022*, ER 2023:1, februari 2023.
http://pxexternal.energimyndigheten.se/pxweb/sv/%c3%85rlig%20energibalans/%c3%85rlig%20energibalans__Total%20anv%c3%a4ndning%20av%20energivaror/EN0202_5.px/ (hämtad 2023-12-01).

Energimyndigheten (2023h), Informationsinsatser för minskad energianvändning i statlig verksamhet,
<https://www.energimyndigheten.se/energieffektivisering/energieffektivisering-inom-offentlig-sektor/informationsinsatser-for-minskad-energianvandning-i-statlig-verksamhet/> (hämtad 2023-12-01).

Energimyndigheten (2023i), *Användning av el per sektor fr.o.m. 1970, TWh. Statistikdatabas*.

Energimyndigheten (2023j), *Energiläget 2022 - Med energibalanser för år 1970–2020*, ET 2022:09, januari 2023.

Energimyndigheten (2023k), *Energiläget i siffror 2023 (Excel)*,
https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.energimyndigheten.se/2F495283%2Fglobalassets%2Fenergilageti-siffror-20230313_webb.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK (hämtad 2023-10-19).

Energimyndigheten (2023l), *Årlig energibalans – Total slutlig energianvändning*,
<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoibWVjYzgwOWQtMTNiZS00ZjE2LTkyZGUtMjhmM2M3OWEyNzdiLiwidCI6IjVjMTk0OGIzLWE5ODYtNDg1MC04M2YyLTQ2NTk2NWZmNmNhMSIsImMiOiJh9&pageName=ReportSection> (hämtad 2023-12-14).

Energimyndigheten (2023m), *Yttrande angående Sänkning av reduktionsplikten för bensin och diesel*,

<https://www.regeringen.se/contentassets/de853e9b01aa453399187bfa5d6be326/statens-energimyndighet.pdf> (hämtad 2023-12-01).

Energimyndigheten (2023n), *Smart styrning av elanvändning – Analys av tekniska förutsättningar för utrustning samt rekommendationer för ökad efterfrågefleksibilitet*, ER 2023:13, april 2023.

Energimyndigheten (2023o), *Effektåtgärder – kunskapsunderlag för industri och fastighetsbolag*, ET 2023:07, maj 2023.

Energimyndigheten (2023p), *Förslag på lämpliga energiutvinningsområden för havsplanerna – Redovisning av uppdraget att ta fram ett underlag för nya eller ändrade områden för energiutvinning i havsplanerna som möjliggör ytterligare 90 TWh årlig elproduktion*, ER 2023:12, mars 2023.

Energimyndigheten (2022), *Förslag till Sveriges nationella strategi för vätgas, elektrobränslen och ammoniak*, ER 2021:34, maj 2022.

Energimyndigheten (2021a), *Framtidens elektrifierade samhälle – Analys för en hållbar elektrifiering*, ER 2021:28, oktober 2021.

Energimyndigheten (2021b), *Tre år med Energisteget – Resultat, erfarenheter och slutsatser av genomförandet av Program för statligt stöd till energieffektivisering i industrin 2018–2020*, ER 2021:20, september 2021.

Energimyndigheten (2021c), *Nationell strategi för en hållbar vindkraft*, ER 2021:02.

Energimyndigheten (2020), *Regeringsuppdrag – Vägledning om lätta fordons energianvändning och koldioxidutsläpp*.

Energimyndigheten (2019), *Energimärkningsförordningen*, <https://www.energimyndigheten.se/energieffektivisering/jag-ar-saljare-eller-tillverkare-av-produkter/ekodesign-energimarkning-och-ce-markning/energimarkning/energimarkningsforordningen--detta-sager-lagen/> (hämtad 2023-10-12).

Energimyndigheten (2018), *Ekodesigndirektivet*, <https://www.energimyndigheten.se/energieffektivisering/jag-ar-saljare-eller-tillverkare-av-produkter/ekodesign-energimarkning-och-ce-markning/ekodesign/ekodesigndirektivet/> (hämtad 2023-10-11).

Energimyndigheten (2016). *10 år med PFE – Resultat, erfarenheter och slutsatser* (ER 2016:28).

Energimyndigheten m. fl. (2021), *Kontrollstation för Strategisk plan för omställning av transportsektorn till fossilfrihet*, ER 2020:03. Framtagen av Boverket, Energimyndigheten, Naturvårdsverket, Trafikanalys, Trafikverket och Transportstyrelsen inom ramen för Energimyndighetens samordningsuppdrag.

Energimyndigheten m. fl. (2017), *Strategisk plan för omställning av transportsektorn till fossilfrihet*, ER 2017:07. Framtagen av Boverket, Energimyndigheten, Naturvårdsverket, Trafikanalys, Trafikverket och Transportstyrelsen inom ramen för Energimyndighetens samordningsuppdrag.

ENTSO-E (2023), EUDSO Entity and ENTSO-E DRAFT Proposal for a Network Code on Demand Response,
https://consultations.entsoe.eu/markets/public-consultation-networkcode-demand-response/supporting_documents/Network%20Code%20Demand%20Response%20v1%20draft%20proposal.pdf (hämtad 2023-12-01).

Environmental Protection Agency (2023). *Greenhouse Gas Emissions Standards for Heavy-Duty Vehicles – Phase 3*.

European environment agency (2023), *Flexibility solutions to support a decarbonised and secure EU electricity system*, EEA/ACER Report 09/2023.

Europeiska kommissionen (2023a), Circular economy,
https://ec.europa.eu/environment/resource_efficiency/documents/factsheet_sv.pdf (hämtad 2023-10-20).

Europeiska kommissionen (2023b). European Commission. Critical raw materials. *European Commission*. Critical raw materials (europa.eu) (Hämtad 2023-06-02)

Europeiska rådet (2023a), Den europeiska gröna given,
<https://www.consilium.europa.eu/sv/policies/green-deal/> (hämtad 2023-03-27).

Europeiska rådet (2023b), 55%-paketet,
<https://www.consilium.europa.eu/sv/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/> (hämtad 2023-10-05).

Europeiska rådet (2023c), Infografik – 55 %-paketet: reformen av EU:s utsläppshandelssystem,
<https://www.consilium.europa.eu/sv/infographics/fit-for-55-eu-emissions-trading-system/> (hämtad 2023-10-06).

Fossilfritt Sverige (2023a), *Strategi för fossilfri konkurrenskraft, effektiv användning av energi och effekt*. Februari 2023.

Fossilfritt Sverige (2023b), Färdplaner för fossilfri konkurrenskraft – Omställning och utveckling av svensk industri, <https://fossilfritt Sverige.se/fardplaner/> (hämtad 2023-02-28).

Freire-González, J. (2020), Energy taxation policies can counteract the rebound effect: analysis within a general equilibrium framework. *Energy Efficiency* 13, 69–78.

Gillingham, K. T., Houde, S., & van Benthem. A. A. (2021). Consumer Myopia in Vehicle Purchases: Evidence from a Natural Experiment. *American Economic Journal: Economic Policy*, 13 (3): 207–38.

Haraldsson, J., Johnsson, S., Thollander, P. & Wallén, M. (2021), Taxonomy, saving potentials and key performance indicators for energy end-use and greenhouse gas emissions in the aluminium industry and aluminium casting foundries. *Energies*, 14 (12): 3571.

Helfand, G., McWilliams, M., Bolon, K., Reichle, L., Sha, M., Smith, A., & Beach, R. (2016). Searching for hidden costs: A technology-based approach to the energy efficiency gap in light-duty vehicles, *Energy Policy*, vol 98, 590-606.

Huang, H. H., Helfand, G., Bolon, K., Beach, R., Sha, M., & Smith, A. (2018). Re-Searching for Hidden Costs: Evidence from the Adoption of Fuel-Saving Technologies in Light-Duty Vehicles. *Transportation research. Part D, Transport and environment*, vol 65, 194–212.

HYBRIT development (2023), Smälta järnsvamp i en ljusbågsugn, <https://www.hybritdevelopment.se/en-fossilfri-utveckling/smalta-jarnsvamp-i-ljusbagsugn/> (hämtad 2023-02-16).

IEA (2023), Cement, <https://www.iea.org/energy-system/industry/cement#tracking> (hämtad 2023-12-12).

IEA (2022), *The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions*.

International Energy Agency (2014). *Capturing the Multiple Benefits of Energy Efficiency*.

IVL Svenska Miljöinstitutet (2020). *Vägs katt för personbilar*.

Jernkontoret (2023), Stålproduktionen minskade i Sverige under 2022, <https://www.jernkontoret.se/sv/omvarldsbevakning/?aid=08316720230119557493> (hämtad 2023-12-11).

Johnsson, S., Andersson, E., Thollander, P. & Karlsson, M. (2019), Energy savings and greenhouse gas mitigation potential in the Swedish wood industry. *Energy*, vol 187.

Kahneman, D. (2011). *Tänka, snabbt och långsamt*.

Leibenstein, H. (1950). Bandwagon, Snob, and Veblen Effects in the Theory of Consumers' Demand, *The Quarterly Journal of Economics*, vol 64, issue 2, 183–207.

Naturvårdsverket (2023a), Beslut om förändringar i EU ETS, <https://www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/utslappshandel/aktuellt-om-utslappshandel/2023/beslut-om-forandringar-i-eu-ets/> (hämtad 2023-10-06).

Naturvårdsverket (2023b), Sveriges del av EU:s klimatmål, <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomställningen/sveriges-klimatarbete/sveriges-del-av-eus-klimatmal/> (hämtad 2023-10-16).

Naturvårdsverket (2023c). *Underlag till regeringens kommande klimathandlingsplan och klimatredivisning*.

Naturvårdsverket (2023d), *Miljöeffekter av elektrifiering av transporter*, NV-09921-21.

O'Malley, E., Scott, S., & Sorrell, S. (2003). *Barriers to Energy Efficiency: Evidence from Selected Sectors*, Economic and Social Research Institute (ESRI).

Ottvall, R. & Green, M. (2020), *Kraftledningars påverkan på fåglar – en syntesrapport*.

Paramonova, S., Thollander, P., & Ottosson, M. (2015). Quantifying the extended energy efficiency gap – evidence from Swedish electricity-intensive industries, *Renewable & sustainable energy reviews*, vol 51, 472-483.

von Platten, J., Mangold, M. & Mjörnell, K. (2020), A matter of metrics? How analysing per capita energy use changes the face of energy efficient housing in Sweden and reveals injustices in the energy transition, *Energy Research & Social Science*, Volume 70, 2020, 101807.

Pädam, S., Kvarnström, O., Larsson, O., & Persson, A. (2016). *Samband mellan inomhusmiljö, energieffektivisering och fjärrvärmeproduktion – Analys för flerbostadshus med stöd av tre fallstudier*. Energiforsk rapport 2016:305.

Regeringen (2023), *Lagrådsremiss – Information om bränsleförbrukning och koldioxidutsläpp vid marknadsföring av nya personbilar*.

Regeringen (2020). *Sveriges integrerade nationella energi- och klimatplan. Regleringsbrev för budgetåret 2022 avseende Statens energimyndighet*, I2021/03314, I2021/00738, I2021/03196, Regeringen: Infrastrukturdepartementet, 2021.

Regeringskansliet (2023), *Utkast till uppdaterad nationell energi- och klimatplan för Sverige*.

Regeringskansliet (2022), Regeringen beslutar om en tillförlitlighetsnorm för Sverige,
<https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2022/11/regeringen-beslutar-om-en-tillforlitlighetsnorm-for-sverige/> (hämtad 2023-12-04).

Santini, M., Tzani, D., Thomas, S., Stavarakas, V., Rosenow, J., & Celestino, A., (2020). *Experience and lessons learned from P4P pilots for energy efficiency*.

SLU Centrum för biologisk mångfald (2023), *Miljöeffekter av elnät – En förstudie*, på uppdrag av Energimyndigheten.

Sorrell, S., Gatersleben, B., & Druckman, A. (2018). *Energy sufficiency and rebound effects*.

Sorrell, S., O'Malley, E., Schleich, J. & Scott, S. (2004). *The Economics of Energy Efficiency: Barriers to Cost-Effective Investment*.

SOU 2022:21. *Rätt för klimatet*, Klimaträtsutredningen.

SOU 2021:48. *I en värld som ställer om – Sverige utan fossila drivmedel 2040*, Utfasningsutredningen.

SOU 2017:99. *Effektivare energianvändning*, Utredningen om energisparlån.

SOU 2017:108. *Lån och garantier för fler bostäder*, Utredningen om förbättrad bostadsfinansiering.

Sovacool, B. K., Kim, J., & Yang, M. (2021). The hidden costs of energy and mobility: A global meta-analysis and research synthesis of electricity

and transport externalities, *Energy Research & Social Science*, Volume 72, 2021, 101885.

Statistiska centralbyrån (2023a), Tillförsel och användning av el 2001-2022 (GWh), <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/energi/tillforsel-och-anvandning-av-energi/arlig-energistatistik-el-gas-och-fjarrvarme/pong/tabell-och-diagram/tillforsel-och-anvandning-av-el-20012022-gwh/> (hämtad 2023-12-01).

Statistiska centralbyrån (2023b), Elanvändning efter användningsområde. Månad 1990M01 – 2023M09. *Statistikdatabasen*.
https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START_EN_EN0108_EN0108A/ElanvM/ (hämtad 2023-12-01).

Statistiska centralbyrån (2023c). Fördelning av elavtal, andel (procent) efter elområde, avtalstyp och månad. *Statistikdatabasen*.
https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START_EN_EN0301/SSDManadElAvtalstyp/table/tableViewLayout1/ (hämtad 2023-11-29).

Statistiska centralbyrån (2023d). Land- och vattenareal per den 1 januari efter region och arealtyp. År 2012–2023. *Statistikdatabasen*.
https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START_MI_MI0802/Areal2012NN/ (hämtad 2023-06-02).

Svenska kraftnät (2023a), *Strategisk handlingsplan för ökad flexibilitet – Redovisning av regeringsuppdrag avseende att främja ett mer flexibelt elsystem inom Svenska kraftnäts ansvarsområden*, SvK 2022/2276.

Svenska kraftnät (2023b), Sverige fortsätter att snåla på elen,
<https://www.svk.se/press-och-nyheter/press/sverige-fortsatter-att-snala-pa-elen---3340397/> (hämtad 2023-12-01).

Svenska kraftnät (2023c), Förkvalificering,
<https://www.svk.se/aktorsportalen/bidra-med-reserver/forkvalificering/> (hämtad 2023-12-04).

Svenska kraftnät (2023d), *Kraftbalansen på den svenska elmarknaden, rapport 2023 – En rapport till Klimat- och näringslivsdepartementet*, 2023/1019.

Svenska kraftnät (2023e), *Framtidens kapacitetmekanism för att säkerställa resurstillräcklighet på elmarknaden – Regeringsuppdrag om förslag på utformning efter 16 mars 2025*, SvK 2022/3774.

Svenska kraftnät (2022), *Kortsiktig marknadsanalys 2022 – Analys av kraftsystemet 2023-2027*, SvK 2022/3235.

Svenskt aluminium (2023), Om aluminium,
<https://www.svensktaluminium.se/om-aluminium/> (hämtad 2023-12-12).

Sveriges geologiska undersökning (2021), *Hållbar utvinning och återvinning av metaller och mineral från sekundära resurser*.

Sveriges geologiska undersökning (2022), *Bergverksstatistik 2022 – Statistics of the Swedish Mining Industry 2022*, Periodiska publikationer 2023:1.

Sveriges geologiska undersökning (2023a). *Sveriges behov av metaller och material för energiomställning 2025–2050*.

Sveriges geologiska undersökning (2023b), Metall- och mineralåtervinning, <https://www.sgu.se/mineralnaring/metall--och-mineralatervinning/> (hämtad 2023-12-11).

Sveriges miljömål (2023), <https://www.sverigesmiljomal.se/miljomalen/> (hämtad 2023-11-24).

Thollander, P. & Ottosson, M. (2010). Energy management practices in Swedish energy-intensive industries, *Journal of Cleaner Production*, (18), 12, 1125-1133.

Tol, R.S.J. (2023). Social cost of carbon estimates have increased over time. *Nat. Clim. Chang.* 13, 532–536.

Trafikanalys (2023a). *Transportsektorns samhällsekonomiska kostnader för 2022* (rapport 2023:4).

Trafikanalys (2023b), *Körsträckor 2022* (statistik 2023:10).

Trafikverket (2023), Klimatkalkyl – begränsad version,
<https://klimatkalkyl.trafikverket.se> (hämtad 2023-12-12).

Trafikverket (2020), *Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 7.0*.

Transport & Environment (2023). *Small and profitable: why affordable electric cars in 2025 are feasible*.

Utredningen om vita certifikat (2022), *Rapport från Utredningen om vita certifikat* (I 2021:01).

Vattenfall (2015), Miljödeklaration EPD Vatten – Sammanfattning av EPD för el från Vattenfalls vattenkraft i Norden,

<https://www.norrtaljeenergi.se/wp-content/uploads/2019/07/vad-ar-epd-el.pdf> (hämtad 2023-12-08).

WSP (2021). *Externa effekter av gång- och cykeltrafik*.

WWF (2023), Building a nature-positive energy transformation – Why a low-carbon economy is better for people and nature, https://files.worldwildlife.org/wwfcmprod/files/Publication/file/8ath2y428z_Technical_Annex_Nature_Positive_Energy_Transformation_Nov_2023.pdf?_ga=2.81462034.406134370.1700036792-431824161.1700036792 (hämtad 2023-12-08).

Zhang, Y., Bai, X., Mills, F.P., & Pezzey, J.C.V. (2018). Rethinking the role of occupant behavior in building energy performance: A review, *Energy and Buildings*, vol 172, 279–294.

Bilaga: Beskrivning av scenarier för analys av energieffektivisering och dess påverkan på elsystemet

I den här rapporten görs analyser över hur energieffektivisering påverkar faktorer kopplade till elanvändningen (med syfte att underlätta elektrifieringen). Det innebär att fokus ligger på energisystemets slutanvändarsektorer och dess användning av el. I Energimyndighetens långsiktiga scenarier över energisystemets utveckling³³⁰, och främst scenariot *Högre elektrifiering*, antas en hög användning och produktion av vätgas. Vätgasproduktion är elintensivt och inkluderas därför i den här rapportens analys. Övriga resulterande tekniker inom omvandlingssektorn³³¹ i långsiktiga scenarier har låg elanvändning och hanteras därför inte i den här rapporten.

Inom ramen för detta uppdrag har körningar gjorts i elsystemsmodellen TheMa för att ge en första indikation på effektiviseringspotentialens påverkan på elproduktionssystemet. Resultaten har använts i analysen av samhällsekonomisk potential för energieffektivisering respektive för analysen av elektrifieringens påverkan på miljö och resursanvändning.

Körningarna jämför hur elanvändningen från de långsiktiga scenarierna och elanvändningen i varianter där energieffektiviseringspotentialen inkluderas påverkar elproduktionens kapacitet och produktionsmix.

Beskrivning av energianvändning i scenarierna för användarsektorerna

Industrisektorn

Energianvändningen för industri i Energimyndighetens långsiktiga scenarier bygger delvis på en framskrivning baserad på Konjunkturinstitutets uppskattningar av nuvarande industris förädlingsvärde, och delvis på en uppskattning av energianvändningen från tillkommande industrier och projekt.

Den energieffektivisering som redan inkluderats för existerande industri i de långsiktiga scenarierna beräknas motsvara en minskning av energianvändningen per genererat förädlingsvärde på i genomsnitt 15 procent år 2050 jämfört 2020. Tillkommande industrier och projekt,

³³⁰ Energimyndigheten (2023), *Scenarier över Sveriges energisystem 2023 – Med fokus på elektrifieringen 2050*, ER 2023:07, april 2023.

³³¹ I långsiktiga scenarier har el som används till att framställa vätgas allokerats som slutanvändning då det vid framtagandet av den rapporten fortfarande inte var fastställt hur vätgas ska allokera. Kommande statistikreglering från Eurostat pekar dock på att vätgas ska hanteras som en del av omvandlingssektorn.

som exempelvis batterifabriker och vätgasbaserad järnsvampsproduktion antas inte effektiviseras inom de långsiktiga scenarierna.

I den här analysen antas att ytterligare effektivisering är möjlig. För existerande industri antas att en total effektivisering motsvarande 30 procent lägre energianvändning per genererat förädlingsvärde 2050 jämfört med 2020 är möjlig i alla sektorer. För tillkommande produktion antas en lägre effektiviseringsgrad motsvarande runt 10 procent lägre energianvändning för alla industriprocesser förutom vätgasproduktion. För vätgas antas att alla elektrolysörer i långsiktiga scenarier har en verkningsgrad på 70 procent. För analysen i den här rapporten antas verkningsgraden kunna öka till 85 procent. En sådan effektivisering innebär ett minskat elbehov motsvarande 15 terawattimmar (TWh) år 2050 i scenariot *Högre elektrifiering*, se Tabell 13 .

Tabell 13. Resultande elanvändning inom industrisektorn år 2050 i TWh för de olika scenarierna och dess varianter.

Scenario	Variant	El	El till vätgas
Högre elektrifiering	Lägre effektivisering	98,8	87,1
Högre elektrifiering	Högre effektivisering	87,4	71,7

Transportsektorn

I Energimyndighetens långsiktiga scenarier antas transportsektorn genomgå en omfattande elektrifiering i samtliga scenarier. En viss effektivisering i transportsektorn antas i scenarierna men den berör främst bilar med förbränningsmotor som till stor del antas ha fasats ut 2050 och ersatts av elbilar. Elbilar bidrar med en stor effektiviseringspotential jämfört med bilar med förbränningsmotor vilket tydligt syns i energianvändningen 2050 jämfört med 2020. I scenariot *högre elektrifiering* var energianvändningen 79 TWh 2020 och minskade till 49 TWh 2050 samtidigt som personbilsflottan ökade. För elbilar antas ingen effektivisering alls i långsiktiga scenarier.

I det underlag som tagits fram för transportsektorn³³² antas ytterligare effektivisering vara möjlig 2050. Effektiviseringspotentialen är en kombination av ett mer transporteffektivt samhälle och teknikrelaterade åtgärder. Potentialerna har uppskattats för personbilar, lätta lastbilar och tunga lastbilar. Bantrafik, luftfart och sjöfart lämnas alltså utanför analysen.

³³² Finns i Energimyndighetens diarium. Dnr 2022-009896, *Elanvändning och effektiviseringspotentialen i transportsektorn*.

- De teknikrelaterade åtgärderna utgår från att fordonsflottan 2050 dels väntas bli effektivare, dels att bilarna som används kommer vara mindre (storleken kommer minska) jämfört med 2020.
- Det transporteffektiva samhället fokuserar på beteendeändringar, affärsmodeller, samordning och andra åtgärder som leder till minskat behov av trafikarbete för energiintensiva transportslag (exempelvis personbilar och lastbilar).
- Uppskattade effektiviseringspotentialer för enskilda åtgärder för ett transporteffektivt samhälle visar på stor variation och många av åtgärderna överlappar dessutom varandra.

Den uppskattade minskningen av elanvändning i scenariot *Högre elektrifiering* till följd av ökad energieffektivisering varierar mellan 20–40 procent lägre 2050 beroende på transportslag (se Tabell 14). För personbilar och tunga lastbilar leder en ökad energieffektivisering till en minskning av elanvändningen på 35–40 procent 2050 medan minskningen för lätta lastbilar är närmre 20–25 procent 2050 när scenariovarianten lägre effektivisering jämförs med högre effektivisering.

Tabell 14. Resultande elanvändning inom transportsektorn år 2050 i TWh för de olika scenarierna och dess varianter.

Scenario	Variant	Personbilar	Lätta lastbilar	Tunga lastbilar
Högre elektrifiering	Lägre effektivisering	21,2	4,0	9,3
Högre elektrifiering	Högre effektivisering	12,8	3,1	5,8

Sektorn bostäder och service

Energianvändningen inom sektorn bostäder och service kan delas upp i två huvudsakliga delar, energi för uppvärmning samt energi för apparater och drift. För att tillgodose behovet av uppvärmning i Energimyndighetens långsiktiga scenarier används värmepumpar och fjärrvärme 2050 medan andra uppvärmningstekniker fasas ut från 2020. Dessutom investeras det i effektiviseringsåtgärder som sänker uppvärmningsbehovet med cirka 9 TWh för bostäder och 3 TWh för lokaler. Dessutom innebär användandet av värmepumpar en minskning i energianvändningen jämfört med exempelvis direktverkande el eller en bränslepanna trots bibehållet uppvärmningsbehov.

Behovet av energi (i praktiken el) för apparater och drift ökar i scenarierna, främst till följd av den i scenarierna antagna utbyggnaden av datahallar i Sverige. Effektiviseringspotentialer för apparater och drift har inte uppskattats då effektiviseringsåtgärder inom bostäder och service

fokuserar genomgående på uppvärmning i både långsiktiga scenarier och i det underlag som tagits fram för sektorn bostäder och service³³³.

Den resulterande energieffektiviseringen för uppvärmning i sektorn bostäder och service i scenariot *Högre elektrifiering* är ganska liten i jämförelse med de potentialer som beskrivs i underlagsrapporten. I underlaget uppskattas att en effektivisering skulle kunna leda till ett minskat uppvärmningsbehov för bostäder och lokaler om totalt 37,5 TWh respektive 9 TWh år 2050. I de långsiktiga scenarierna skulle en sådan procentuell minskning motsvara 34,1 TWh minskat uppvärmningsbehov år 2050 jämfört med basfallet.

Trots att effektiviseringspotentialen för uppvärmning i sektorn bostäder och services är stor får den liten påverkan på elbehovet år 2050 i scenarierna (se Tabell 15). Detta beror på att det genom användandet av värmepumpar går att få ut mer värme än satsad mängd el, vilket gör att en effektivisering av värmebehovet har en mindre effekt på elbehovet. I kombination med att uppvärmningsbehovet också uppfylls genom fjärrvärme, minskar elanvändningen för uppvärmning med endast 6,0 TWh till följd av en ökad effektivisering jämfört med scenariovarianten lägre effektivisering. Samtidigt bedöms en ökad effektivisering minska det totala uppvärmningsbehovet med 34,1 TWh 2050 jämfört scenariovarianten lägre effektivisering.

Tabell 15. Resultande elanvändning inom sektorn bostäder och service år 2050 i TWh för de olika scenarierna och dess varianter.

Scenario	Variant	El till uppvärmning	El till apparater/drift
Högre elektrifiering	Lägre effektivisering	11,5	76,5
Högre elektrifiering	Högre effektivisering	5,5	76,5

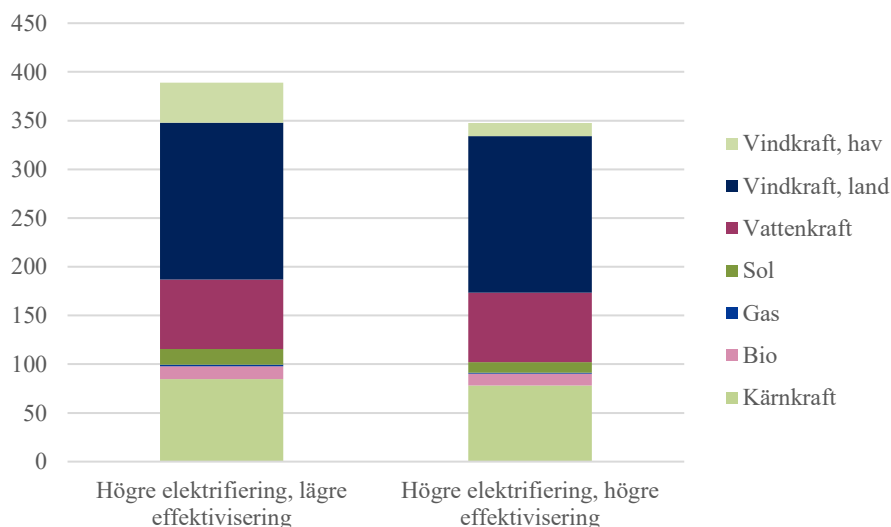
Effekter på elsystemet vid energieffektivisering

För att testa hur en effektivisering av elanvändningen påverkar elsystemet har modellkörningar gjorts med elmarknadsmodellen TheMa. Modellen är en kostnadsminimeringsmodell som kan användas både för produktionsoptimering och för investeringsoptimering av elsystemet, där modellen tillåts investera i de elproduktionstekniker som ger lägst kostnad. I körningarna antas att elnätet liknar dagens och ingen möjlighet till vare sig vätagaslagring eller flexibel användning av el inkluderas. Basefterfrågan på el följer scenariot *Högre elektrifiering* från energimyndighetens långsiktiga scenarier för år 2050 där en effektiviserad variant av scenarierna har tagits fram enligt beskrivningen

³³³ Finns i Energimyndighetens diarium. Dnr 2022-009896, *Energieffektiviseringspotential i bebyggelsesektorn – underlagsrapport till uppdraget att analysera en effektivare användning av energi, effekt och resurser för att underlätta elektrifieringen.*

per sektor i föregående avsnitt. För antagna begränsningar kring elproduktionstekniker används samma antaganden som i uppdraget om utvecklingsvägar för elproduktion, som rapporterades i juni 2023³³⁴. Givet förutsättningarna illustrerar körningarna hur en ökade effektivisering som isolerad åtgärd kan komma att påverka självförsörjningsgrad och kostnader i ett framtida kostnadsminimerat elsystem.

Modellkörningarna visar att i båda scenariovarianterna maximeras potentialen för landbaserad vindkraft samtidigt som vattenkraften förblir oförändrad (se Figur 25). Konkurrensen om marginalproduktionen står mellan havsbaserad vind, sol och kärnkraft (se Figur 25). Resultaten visar att effektivisering leder till minskning av alla tre kraftslagen men där havsbaserad tenderar att minska mest (28 TWh) i absoluta tal medan både kärnkraft och sol minskar ungefär lika mycket (6 TWh). Även bio minskar något i det effektiviserade fallet. Resultatet är förväntat då lagringsmöjligheter för vätgas och flexibel användning av el inte är inkluderat i körningarna. Både lagring och flexibel användning kan förbättra konkurrenskraften för tekniker med variabel produktion.

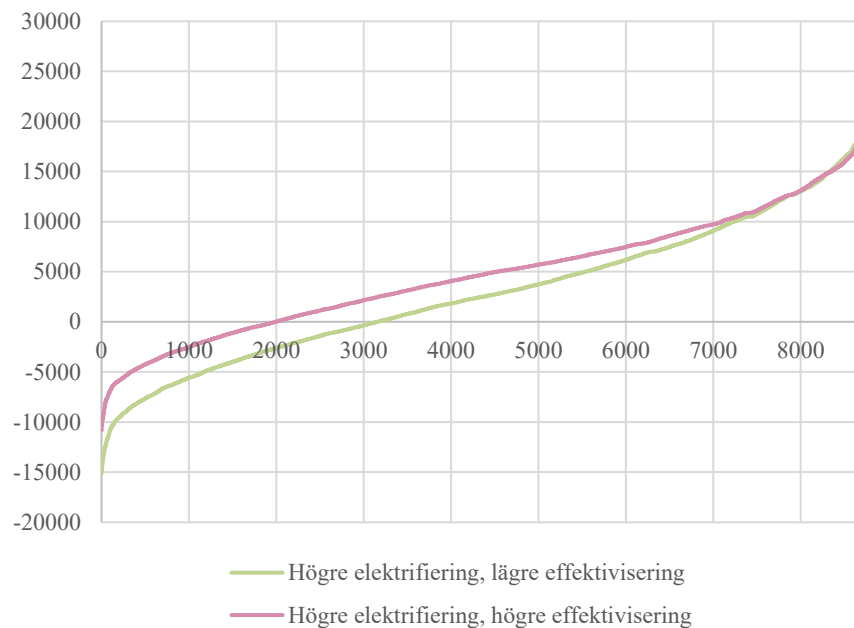


Figur 25. Resultande elproduktionsmix i de två analyserade scenariovarianterna, TWh.

En högre effektivisering av slutanvändningen av el i scenariot *Högre elektrifiering* har även effekter på produktionsöverskott/underskott samt på elpriset. Resultatet visar ett överskott av elproduktion sett över ett år både med högre och lägre effektivisering. En högre effektivisering av elanvändningen leder dock till att antal timmar med produktionsöverskott

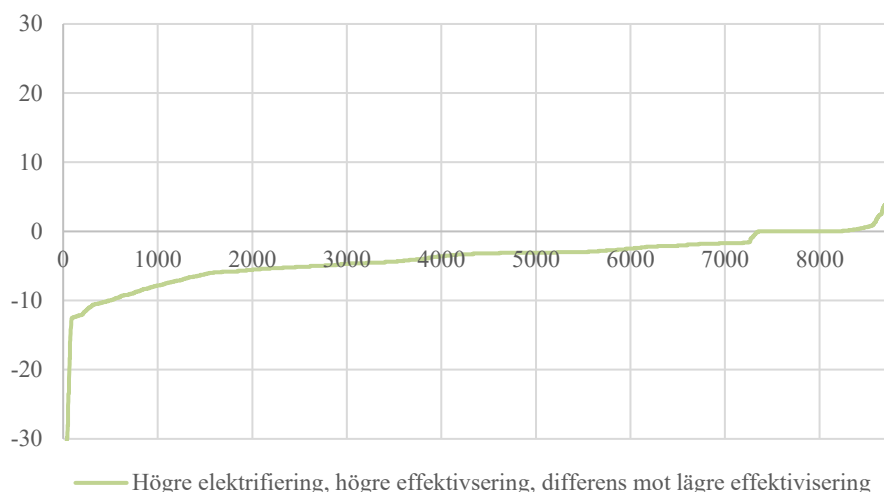
³³⁴ Energimyndigheten (2023), *Utvecklingsvägar för elproduktion – Möjligheter och utmaningar för att möta ett växande elbehov*, ER 2023:18, juni 2023.

ökar med runt 1000 timmar per år och det totala produktionsöverskottet ökar med runt 16 TWh (Figur 26).



Figur 26. Över- och underskott av egenproducerad effekt i Sverige, timmar.
Anm. Negativa värden indikerar underskott.

Den lägre elanvändningen som erhålls till följd av effektiviseringsåtgärder ger en minskning av elpriset på årsbasis med runt fyra euro per megawattimme (EUR/MWh) i scenarierna. Resultatet är logiskt då potentialen för elproduktion med lägst kostnad alltid utnyttjas först. En högre efterfrågan på el innebär att dyrare potentialer måste utnyttjas, vilket blir än mer påtagligt med avsaknad av flexibilitetslösningar i modellen. Kostnadsminskningen till följd av effektivisering blir tydlig när skillnaden i elpriset jämförs mellan basfallet och det effektiviserade fallet av ett scenario. Resultatet visar att en ökad effektivisering ger ett lägre elpris över större delen av årets timmar men med några kortare tidsperioder då priset blir högre (se Figur 27).



Figur 27. Elprisdifferensen mellan basfallet och det effektiviserade fallet av scenarierna. Anm. Negativa värden indikerar att priset minskar till följd av effektivisering.

Modellresultaten visar att en effektivisering av elanvändningen kan ge påtagliga förbättringar både ur ett självförsörjningsperspektiv samt ett kostnadsperspektiv. Dessa resultat beror till stor del på att antalet timmar med effektunderskott³³⁵ minskar när elanvändningen minskar. (I modelleringen minskar antalet timmar med effektunderskott från drygt 3 000 per år till knappt 2 000.) Samtidigt måste resultaten analyseras med förbehållet att lagring och flexibel användning kan åstadkomma samma, eller större, effekter på effektbalansen mer kostnadseffektivt. Samtidigt leder effektivisering till att behovet av både flexibilitet och lagring minskar.

Resultaten från scenarioanalysen tar inte hänsyn till rekyleffekter vilket är viktigt att beakta när resultaten analyseras. Förutsättningen för att effektiviseringsåtgärder ska kunna ge en effekt på energi och effektbalansen är att effektivisering faktiskt leder till minskad elanvändning. På grund av potentiella rekyleffekter, vilka beskrivs mer utförligt i avsnitt 6.5, är det inte säkert att minskningen i elanvändning blir lika stor som den totala potentialen. För industrin blir detta extra känsligt då en av de primära drivkrafterna för en ökad elektrifiering, och framför allt etablering av nya elintensiva industrier, är konkurrenskraftiga elpriser. En effektivisering kan alltså leda till att fler nya elintensiva industrier väljer att etablera sig i Sverige i stället för att leda till en minskad elanvändning.

³³⁵ I modelleringen avser effektunderskott att den mängd el som produceras i Sverige en given timme är lägre än den mängd el som efterfrågas i Sverige denna timme. Underskottet måste alltså täckas med import, energilagring, efterfrågeflexibilitet, effektreduktion eller i sista hand fränkoppling.