

Klimat- och näringslivsdepartementet  
[kn.registrator@regeringskansliet.se](mailto:kn.registrator@regeringskansliet.se)  
[kn.e.remissvar@regeringskansliet.se](mailto:kn.e.remissvar@regeringskansliet.se)

## IVL Svenska Miljöinstitutets inspel till regeringens energiforskningsproposition

### Sammanfattning

**IVL Svenska Miljöinstitutet (IVL)** är ett fristående och oberoende forskningsinstitut som bedriver forskning och innovationsprojekt samt uppdrag inom miljö- och hållbarhetsområdet. IVL grundades 1966 av staten och näringslivet, en samverkan som än idag utgör basen för vår verksamhet. Institutet ser (hållbar) energiförsörjning som en av grundbultarna i ett hållbart samhälle.

**IVL Svenska Miljöinstitutet** föreslår följande riktningar och prioriteringar för forskning och innovation på energiområdet (utan prioriteringsordning):

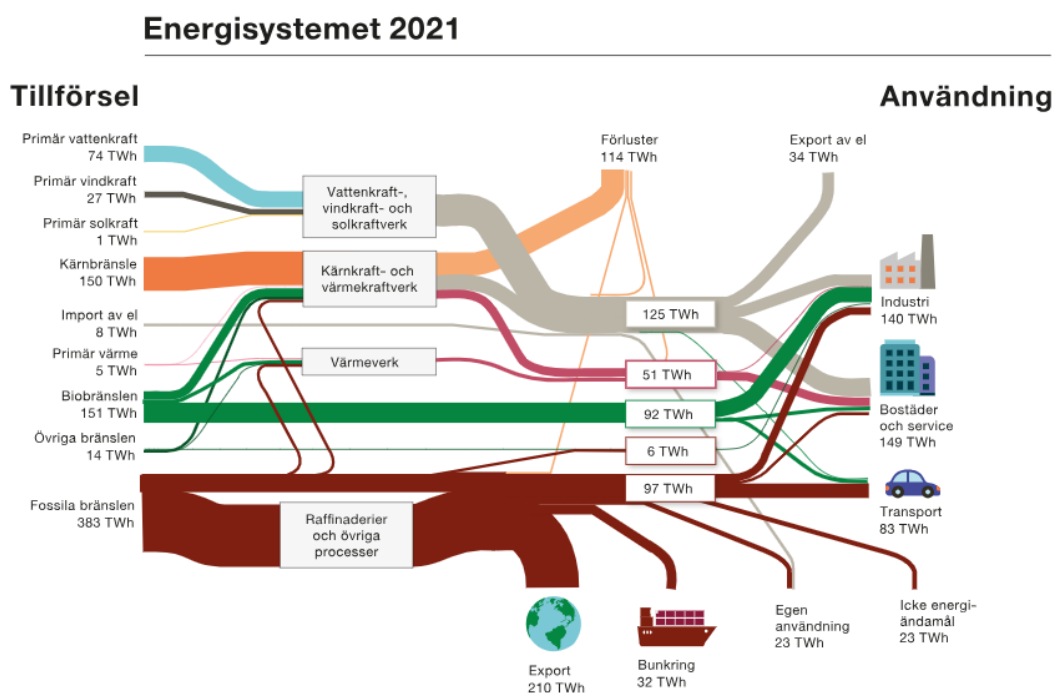
- Sverige bör verka för ökad användning av förnybar energi inom alla de sektorer som fortfarande använder energi från icke-förnybara energikällor, samt säkerställa att framtida investeringar uteslutande görs i förnybara energikällor som inte påverkar framtida generationers livskvalitet negativt. Framtidens svenska energisystem behöver vara mer robust och resilient än idag för att i högre grad kunna stå emot olika typer av påverkan.
- Regeringen bör bestämma och utforma spelreglerna i form av lagar och långsiktiga policys och därefter låta marknadsaktörerna bestämma lösning. Marknadsekonomi kommer att vara väl fungerande givet att nya affärsmodeller etableras, vilka är anpassade för hållbar energiförsörjning. Regeringen bör, genom lagar och policys, möjliggöra såväl teknisk som affärsmässig energiomställning.
- För en effektiv energiomställning krävs effektiva utbildningsformer och samverkan mellan lärosäten, institut, industri och andra aktörer, för att möta industrins behov av kompetens.
- Det finns ett stort behov av forskning och innovation för att utveckla nya kostnadseffektiva hållbara energisystemlösningar.

### Innehållsförteckning

|  |   |
|--|---|
| Sammanfattning.....  | 1 |
| 1. Ökad andel förnybar energi.....   | 2 |
| 2. Det hållbara energisystemet måste vara resilient.....                   | 5 |
| 3. Affärsmodeller och ramverk som understödjer hållbar energiförsörjning . | 7 |
| 4. Kompetensförsörjning för effektiv energiomställning .....               | 8 |

## 1. Ökad andel förnybar energi

Användningen av fossila energikällor är än idag fortfarande betydande i Sverige, se Figur 1.



Figur 1: Tillförsel och användning av energi i Sverige 2021<sup>1</sup>.

Fossila bränslen svarar för 383 TWh av total tillförd energi på 813 TWh, vilket motsvarar nästan 50%. I användningsfasen är transportsektorn en stor förbrukare av fossil energi och motsvarar ungefär 60 TWh men även flera olika industrisektorer använder stora mängder fossil energi i sin produktion, exempelvis stål- och metallverk 13 TWh, massa-, pappers- och papperstillverkning 2,5 TWh, utvinning av mineraler 2 TWh<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Bilden är tagen från Energimyndigheten som ansvarar för att ta fram statistik om energianvändningen i Sverige.

<https://www.energimyndigheten.se/energisystemet/sveriges-energisystem/>

<sup>2</sup><https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNGMzYmY2YzgtYWNiMi00YjZjLWE3NjltODJiZGI0NTI3ZjQ5IiwidCI6IjVjMTk0OGIzLWE5ODYtNDg1MC04M2YyLTO2NTk2NWZmNmNhMSIsImMiOiJh9>

**Sverige bör verka för ökad användning av förnybar energi inom alla de sektorer som fortfarande använder energi från icke-förnybara energikällor.** Förbränning av fossila bränslen ger utsläpp av växthusgaser och farliga partiklar. Utsläppen av växthusgaser accelererar klimatförändringen, och konsekvenserna av en temperaturökning på jorden är numera påtagligt genom översvämningar, bränder, orkaner, jordskred, torka, stigande havsnivåer etcetera, och med detta följer död, svält, förödelse, kostnader samt ökade risker för konflikter när stora folkmassor behöver flytta på sig för att överleva. Det blir allt tydligare att vi snabbt behöver begränsa jordens temperaturhöjning, vilket annars kommer att få enorma effekter i form av radikalt ändrade levnadsbetingelser.

Luftföroreningar beräknas orsaka 6 700 förtida dödsfall bara i Sverige varje år, vilket en studie från bland annat IVL visar<sup>3</sup>. I världen så är siffran 7 miljoner människor som dör i förtid pga. luftföroreningar, i hjärt-kärlsjukdomar, luftvägssjukdomar och cancer<sup>4</sup>. Dessutom lider många miljoner fler av dålig hälsa som ett resultat av luftföroreningarna. Ju snabbare vi kan ställa om energisystemet och minska beroendet av fossila bränslen, desto färre dödsfall och bättre livskvalitet får vi.

### *Elenergiproduktion*

Elenergibehovet i Sverige kommer att öka väsentligt framöver. Energimyndigheten prognostiserar som mest ett ökat behov med 280 TWh år 2035 (fördubbling mot dagens nivå) för att nå 370 TWh 2045<sup>5</sup>, bland annat för ett antal planerade stora industrisatsningar. Det innebär att vi har ett ökat behov av snabb utbyggnadstakt av elproduktion och elnät.

Det är möjligt att göra en investeringsplanering och att jämföra kostnaden/tillverkad energimängd för olika elproduktionslösningar. Om exempelvis metodiken Levelized cost of energy (LCOE) vid 5 procents kalkylränta används för Sverige så fås för väderberoende kraftslag följande kostnader<sup>6</sup>: Storskalig solkraft 59 öre/kWh, Landbaserad vindkraft 31 öre/kWh, Småskalig solkraft 141 öre/kWh och Havsbaserad vindkraft 53 öre/kWh. För planerbara kraftslag kostar: Vattenkraft 55 öre/kWh, Kraftvärme med flis som bränsle 49 öre/kWh, Kraftvärme med avfall som bränsle 38 öre/kWh och till sist Kärnkraft 51 öre/kWh. Denna investeringsplanering

<sup>3</sup> <https://www.naturvardsverket.se/om-oss/aktuellt/nyheter-och-pressmeddelanden/luftfororeningar-leder-till-tusentals-fortida-dodsfall/>

<sup>4</sup> [https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab\\_2](https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_2)

<sup>5</sup> <https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2022/vagen-mot-en-eldriven-framtid/>

<sup>6</sup> El från nya anläggningar, ISBN 978-91-7673-715-6, Energiforsk. December 2021. <https://energiforsk.se/media/30970/el-fra-n-nya-anla-ggningar-energiforskrappport-2021-714.pdf>

ger dock tyvärr inte hela sanningen. I den underliggande beräkningsmodellen finns avgränsningar, en hel del antaganden samt uteblivna kostnader för eventuella oförutsägbara händelser som exempelvis olyckor. Kärnkraftsolyckan i Fukushima skattas exempelvis till ofattbara 7000 miljarder kronor enligt Japan Center for Economic Research<sup>7</sup>. Dessutom lämnar kärnkraften efter sig ett radioaktivt avfall som måste hanteras av framtida generationer<sup>8</sup>. Vid val av elproduktionslösningar så behöver därför olika perspektiv beaktas och därefter kloka beslut fattas.

**Sverige bör säkerställa att framtida investeringar i energiproduktion uteslutande rör förnybara energikällor som inte påverkar livskvaliteten för framtida generationer negativt.** De tekniker som väljs för dessa investeringar ska vara effektiva, robusta samt ha ett så lågt klimat- och miljöavtryck som möjligt. **Regeringen bör utveckla elmarknaden i form av lagar och långsiktiga policies och låta aktörerna bestämma vilket kraftslag de vill investera i.**

#### *Forskning- och innovation behövs för att utveckla nya lösningar*

Vi behöver kontinuerligt och redan idag investera i ny fossilfri elproduktion, men det finns också ett **stort behov av forskning och innovation för att utveckla nya kostnadseffektiva lösningar.**

Den koldioxid som kommer från punktkällor kommer att behöva fångas in i betydligt större utsträckning än idag, dels för lagring (CCS)<sup>9</sup>, dels för framtida användning (CCU)<sup>10</sup>. I system för infångning, transport och slutlagring eller användning av koldioxid kommer lagringssystem ofrånkomligen att behövas. Minimering av energiåtgång för dessa delprocesser behöver fortsatt beforskas för att säkerställa så (energi-)effektiva processer som möjligt.

Andra exempel på lösningar där vi undviker att gräva fram kol från jordens inre och förbränna det i atmosfären är biogas, biodrivmedel och biobränslen. Värdet av bioresursen är stort för energiområdet, och Sverige har mycket goda förutsättningar att använda våra bioresurser på smarta sätt. Det finns ett stort intresse från industrisektorer och transportslag att öka andelen bioresurs i sin energimix samt som råvara för att få in gröna kolatomer i sina processer. Det finns ett fortsatt behov av både teknikutveckling samt systemstudier kring bioresurser och dess ökade

---

<sup>7</sup> <https://www.jcer.or.jp/english/accident-cleanup-costs-rising-to-35-80-trillion-yen-in-40-years>

<sup>8</sup> <https://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/omraden/radioaktivt-avfall/>

<sup>9</sup> <https://www.naturskyddsforeningen.se/faktablad/ccs-infangning-och-lagring-av-koldioxid/>

<sup>10</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon\\_capture\\_and\\_utilization](https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_capture_and_utilization)

användning. Klimatklivet<sup>11</sup> och Industriklivet<sup>12</sup> är verktyg som bedöms kunna ha fortsatt positiv effekt på bioresursens andel av energimixen. Det är även av **stort värde för Sverige att bioresursens användning inte begränsas via EU.**

Andra lösningar på minskade koldioxidutsläpp är vätgas och elektrobränslen. Vätgas ses av många som en nyckel till omställningen för sektorer som annars är svåra att ställa om. Den svenska stålindustrins omställning baserat på vätgas är kanske mest känd<sup>13</sup>, men även inom många andra industrisektorer och transportslag kan vätgas ha en nyckelroll att spela. (Biogen) koldioxid går mot att bli en resurs för samhället. "Kampen om det gröna kolet" ses redan exempelvis inom bioresurser och kommer sannolikt att gälla i framtiden. Flera transportslag och industrisektorer kommer fortsatt ha behov av energibärare med mycket hög energitäthet. Elektrobränslen eller syntetiska bränslen kan här komma att spela en viktig roll när utsläppsmål ska nås och konkurrensen om bioresurser ökar.

Det är viktigt med ett helhetsperspektiv i arbetet mot ett hållbart energisystem. Förutom kunskap om olika tekniska möjligheter är systemkunskap av yttersta betydelse. I en sådan kontext blir det allt viktigare med flexibilitet i systemet genom olika flexibilitetstjänster och marknader. Energitillgång är en central del i industrins omställningsarbete, och forskning inom området har potential till mycket stor effekt som minskad klimatpåverkan. IVL ser mycket stora möjligheter att ge stöd till industrins och samhällets energi- och resursanvändning i den pågående hållbarhetsomställningen samt underlätta och accelerera omställningen till ett hållbart energisystem, genom tillämpad forskning och innovationer som kommer samhället till nytta.

## 2. Det hållbara energisystemet måste vara resilient

Sverige bör satsa på smarta och innovativa lösningar för energibalansering. Vårt energisystem går mot högre andel förnybar energi men även högre andel icke-planerbar energi. Det ställer nya och delvis ökade krav på hur olika energibärarsystem konstrueras och integreras med varandra. Vidare så behöver energisystemet fungera även när det utsätts för stress, störningar eller sabotage. Kriget i Ukraina har gjort detta ytterst påtagligt, men även vid andra kriser och katastrofer så är det av yttersta vikt att kunna övervaka, analysera och dirigera om energiflödena. **Framtidens svenska energisystem behöver vara mer robust och resilient än idag för att i högre grad kunna stå emot olika typer av påverkan.** Forskningen behöver lägga grunderna för ett sådant system som i högre grad är tvärkopplat inom samma energibärarsystem men även kopplat mellan olika energibärarsystem samt dessutom med kopplingar mellan olika sektorer för att

---

<sup>11</sup> <https://www.naturvardsverket.se/klimatklivet>

<sup>12</sup> <https://www.industriklivet.se/>

<sup>13</sup> [https://www.sverigesnatur.org/aktuellt/fler-foretag-satsar-pa-fossilfri-stal-med-  
vatgas/](https://www.sverigesnatur.org/aktuellt/fler-foretag-satsar-pa-fossilfri-stal-med-vatgas/)

möjliggöra flytt av energi mellan olika system med minimala förluster för maximerad kostnadseffektivitet.

Sektorskoppling inom energiområdet och mellan energi och andra system blir allt viktigare som en möjliggörare i omställningen för allt fler sektorer. Värdet av flexibilitetspotential blir allt högre och viktigare i ett energisystem med större andel icke-planerbar kraftproduktion.

Ett robust, resilient, flexibelt och sektorskopplat energisystem behöver olika typer av buffertar och lager, både av energi och material. Balansen i elsystemet kan skapas på olika sätt, dels genom att förbrukare har förståelse för energisystemet och anpassar sitt beteende efter tillgång och efterfrågan på energi (vilket priset delvis indikerar), dels med mer energilagringkapacitet som kopplas till nätet. Energilager i form av batterier ökar markant, delvis i form av fler stationära energilager i fastigheter för att jämna ut fluktuationerna i anslutningspunkten<sup>14</sup>, och delvis som en effekt av fler elektrifierade fordon i fordonsflottan. Fler och fler elfordon stödjer möjligheten till dubbelriktad laddning, vilket innebär att de också stödjer möjligheten att återmata elenergi från fordonet tillbaka till elnätet<sup>15</sup>. Elfordonen har därmed möjligheten att när de är inkopplade stabilisera elnätet både lokalt (enskilda fordon) eller storskaligt i form av aggregerade bilflottor som agerar synkroniserat. Andra energilagerslösningar är exempelvis pumpkraft<sup>16</sup>, termisk lagring i berg<sup>17</sup>, kemisk energilagring<sup>18</sup> och att göra vätgas vid elöverskott<sup>19</sup>. De olika metoderna har bland annat olika svarstider, lagringstider, verkningsgrader, energikostnader, effektkostnader<sup>20</sup> samt hanteras på olika nivå (ex. på central nivå i ett fjärrvärmenät eller distribuerat till industriella energianvändare). Forskningen är central för att förstå vad, var och hur dessa lager ska designas, hur långa lagringstider som är effektivt och hur de bäst kan etableras.

Digitaliseringen spelar en nyckelroll för att kunna skapa ett robust och resilient energisystem, men även de IT-strukturer, styrsystem och digitala flöden som kontrollerar energisystemet behöver i större utsträckning vara robusta och resilienta för att bibehålla funktionen i energisystemet även vid påverkan av olika slag.

---

<sup>14</sup> <https://powercircle.org/wp-content/uploads/2020/05/2014-Underlagsrapport-Energilager-i-energisystemet.pdf>

<sup>15</sup> <https://powercircle.org/vehicle-to-everything/>

<sup>16</sup> <https://powercircle.org/exjobb-visar-att-storskalig-lagring-behovs-i-framtidens-elsystem%EF%BF%BC/>

<sup>17</sup> <https://www.sgu.se/samhallsplanering/energi/Geoenergi-geotermi-och-energilagring/energilagring/>

<sup>18</sup> <https://energiforsk.se/nyhetsarkiv/arkiverade/det-gar-att-lagra-solenergi/>

<sup>19</sup> <https://www.energiforetagen.se/pressrum/nyheter/2022/mars/energiforetagen-forklarar-vatgas-som-energilager/>

<sup>20</sup> <https://www.energihandbok.se/lagring-av-elektrisk-energi>



IVL ser forskningsbehov kring tekniska frågeställningar relaterade till smarta lösningar för energibalansering men även kring system- och affärsmodellanalyser samt kring modellering av energisystem. Vidare behövs kartläggningar av möjligheter, hinder och potential, såväl tekniska som (mellan-) organisatoriska.

### 3. Affärsmodeller och ramverk som understödjer hållbar energiförsörjning

Hållbar energiförsörjning har karaktärsdrag vilka skiljer sig åt från fossilbaserad energiförsörjning. Exempelvis varierar tillgången på sol och vind både över dygnet och över året. Den hållbara energins volatilitet kräver annan styrning och annan utrustning än vad som tidigare varit fallet. Smarta system där utbud och efterfrågan kan balanseras i realtid, så att energisystemet kan nyttiggöra de mest kostnadseffektiva energiresurserna vid rätt tidpunkt, är en förutsättning för att få hållbar energiförsörjning att fungera. Därtill krävs hårdvara i form av lager av olika slag med lagringsförmåga över dygn, veckor, månader och till och med säsong.

Hållbar energiförsörjning innebär att den energi som finns att tillgå också nyttjas. Ett tydligt exempel på outnyttjad energiresurs är restvärme från olika processer (industriella men även urbana) liksom värme i omgivningen (luft och vatten). Sverige är världsmästare på att återvinna restvärme från industriella processer in i fjärrvärmesystem (9% av värmeförsörjningen<sup>21</sup>) och har en utbredd vana att återvinna energi från avloppsvatten, men den outnyttjade restvärmepotentialen är stor. I det uppdaterade Energieffektiviseringsdirektivet likställs restvärme för första gången med förnybar energiråvara<sup>22</sup>.

Utifrån ett affärsmodellperspektiv innebär den hållbara energins karaktärsdrag att den gängse affärslogiken, där skalekonomi är i centrum, inte längre är tillämplig. Den viktigaste kapitalresursen blir inte längre energiproduktionsanläggningen. I stället är det möjligheten att spara resurser tills de behövs, nyttja de resurser som är mest kostnadseffektiva för ögonblicket och möjligheten att distribuera ut energi till konsumenterna på ett resilient sätt som säkerställer konkurrenskraft. Detta skifte kräver förändrad affärslogik, ökad dialog och en förmåga att skapa win-win lösningar (exempelvis genom flexibilitetstjänster) med kund samt nya nyckelresurser, aktiviteter och partners. **En förmåga att identifiera effektiva affärsmodeller för hållbar energiförsörjning är i Sverige idag en eftersatt resurs vilken bör stärkas.** Det är först när hållbar energi fullt ut är kommersiellt gångbar

<sup>21</sup> Risk assessment of industrial excess heat recovery in district heating systems. Kristina Lygnerud och Sven Werner. Energy, volym 151, 15 maj 2018, sidorna 430-441. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544218304559>

<sup>22</sup> <https://ei.se/bransch/eu-direktiv-och-forordningar/direktiv/energieffektiviseringsdirektivet>

som energiomställningen kommer att realiseras fullt ut, vilket kräver en kombination av forskning och stöd.

Effektiva ramverk påverkar energiomställningens hastighet. I dagsläget premieras investeringar i sol och vind emedan investeringar i exempelvis restvärme inte stötts på samma sätt. En möjlig orsak är att systemperspektivet är frånvarande i många av de ramverk som etablerats kring energiförsörjning, vilket riskerar att resultera i suboptimerade åtgärder vilka, i värsta fall, kan vara motstridiga. **Vi förordar en översyn av policy kring energi för att säkra en effektiv helhetssyn.**

#### 4. Kompetensförsörjning för effektiv energiomställning

Hållbar energiförsörjning har andra karaktärsdrag än konventionellt genererad energi. Det medför att ny kompetens krävs inom bland annat smart infrastruktur, självlärande system, lagring, flexibilitet och affärsmodeller. De behov som industrin har måste mötas här och nu annars riskerar svenskt näringsliv att se viktig industriell infrastruktur lämna landet. Befintliga former av utbildning, vid etablerade lärosäten, har en viss inneboende fördröjning för att till exempel kunna erbjuda rättssäkra utbildningar (kursplaner, examination). **Det krävs samverkan mellan lärosäten, institut, industri och andra aktörer för att möta industrins behov av kompetens för en hållbar energiförsörjning.**

Som exempel står norra Sverige inför stora möjligheter genom omfattande investeringar och även etableringar inom grön teknik, och det är de geografiska fördelarna som är bakgrund till att norra Sverige (Region Västerbotten och Norrbotten) har blivit en av världens mest intressanta platser att etablera och driva större hållbarhetsåtgärder på. Den samhällsomvandling som behöver ske påverkar hela regionen men även övriga delar av landet. Frågor som är särskilt betydelsefulla att lösa på kort och lång sikt är behoven av stärkt infrastruktur, bostadsbyggande och kompetensförsörjning inom offentlig och privat sektor. I området finns stora möjligheter att utveckla och bredda energiområdet för att främja industriomställningen, men återigen är kompetensförsörjningsutmaningen en kritisk faktor.

Ett behov har identifierats i Kiruna och Gällivare kommuner för att stärka kompetensförsörjningen med avseende på energifrågor för att främja nödvändig industriomställning i regionen. Ett kluster har formerats för att identifiera hur industrins utbildningsbehov skall kunna mötas. Klustret omfattar två kommuner (Kiruna och Gällivare), tre lärosäten (Handelshögskolan vid Göteborgs Universitet, Lunds Tekniska Högskola vid Lunds universitet och Luleå Tekniska Universitet), två bolag (LKAB och Copperstone) samt ett forskningsinstitut (**IVL Svenska Miljöinstitutet**). Ett förslag finns framtaget på ett "Cirkulärt Energicentrum Malmfälten", vilket skall syfta till högre utbildning på plats i Malmfälten. Avsikten



med centrumet är att samverka på ett nytt sätt för att generera erforderlig kompetens. Denna typ av centrumbildningar är av vikt för att samla krafterna i Sverige och kunna genomföra nödvändig omställning.

Med vänlig hälsning,



Adjungerad professor och forskningschef, Stefan Pettersson  
Gruppchef Energi, Anton Fagerström  
Adjungerad professor och Senior Energisystemsexpert, Kristina Lygnerud

IVL Svenska Miljöinstitutet AB