

Ett elsystem i stor förändring





Innehåll

Ett elsystem i stor förändring	3
Omställning pågår	4
Energisystem igår, idag och imorgon	5
Elförbrukningen väntas öka	9
Vad händer med effekten i framtiden?	9
Energilandskapet förändras	11
Elnäten behöver utvecklas	11
Elbrist, effektbrist, flaskhalsar och kapacitetsbrist	12
Det finns flera utmaningar för elnäten	13
Teknikutvecklingen skapar också stora möjligheter!	13

Detta kunskapsunderlag är ett av fem underlag som tillsammans beskriver huvuddragen i den utveckling som behöver ske av energisystemet under kommande år. Läs alla underlag för en översikt, eller enstaka om du är intresserad av något särskilt! Kunskapsunderlagen är framtagna inom projektet *Smart Förnybart - Regionala dialoger om förnybar el i energisystemen* som är finansierat av Energimyndigheten och pågår mellan 2020 och 2022. Projektägare är Länsstyrelsen Skåne och projektet drivs tillsammans med länsstyrelserna i Uppsala och Västra Götaland samt med Power Circle och Sustainable Innovation. Läs mer om projektet och de övriga kunskapsunderlagen på [projekthemsidan](#).

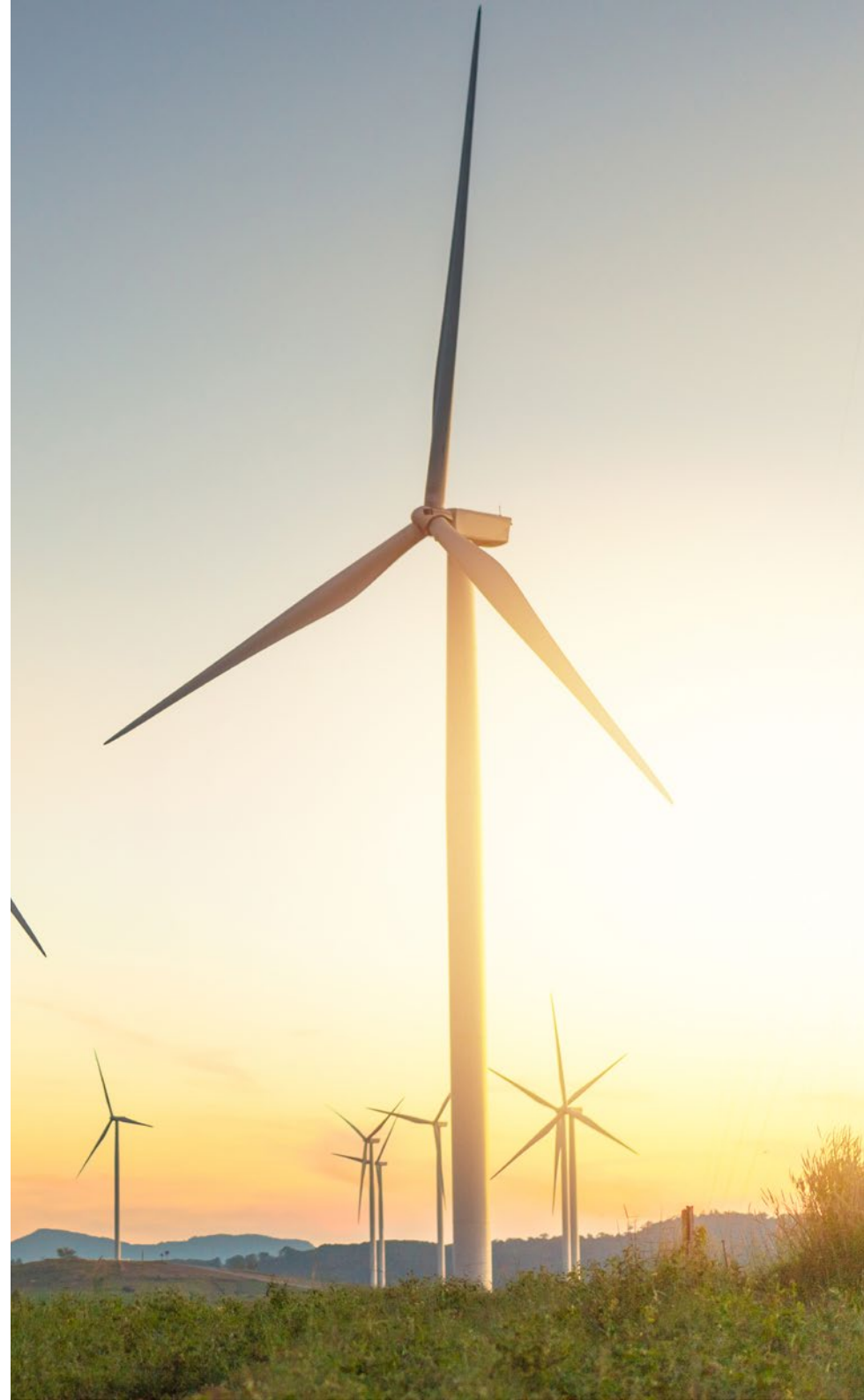
Ett elsystem i stor förändring

Energisystemet förändras och utvecklas hela tiden. Elsystemen i Sverige, Europa och världen kommer de närmaste årtiondena att genomgå en stor omställning. Industrier och transporter elektrifieras i strävan att minska användningen av fossil energi. Andelen variabel förnybar el från sol och vind ökar. Nya tekniker och trender, som småskalig distribuerad elproduktion, energilager, vätgasproduktion, smarta nättekniker, digitalisering och delningsekonomi, både utmanar och skapar nya möjligheter för energisystemet.

“Nya tekniker både utmanar och skapar möjligheter för energisystemet”

Det här kunskapsunderlaget beskriver några av de ovanstående trenderna. Dessutom görs en kort tillbakablick på hur elsystemet utvecklats historiskt och en utblick på hur elanvändningen och energilandskapet kan komma att se ut i framtiden. Bland annat tar kunskapsunderlaget upp att:

- Många scenarier pekar på en väsentlig ökning av elanvändningen.
- Stora delar av Sveriges elproduktion och elnät är föråldrade.
- En större andel variabel elproduktion, exempelvis från sol och vind, skapar utmaningar men också möjligheter.



Omställning pågår

– elsystemet utvecklas snabbare än någonsin

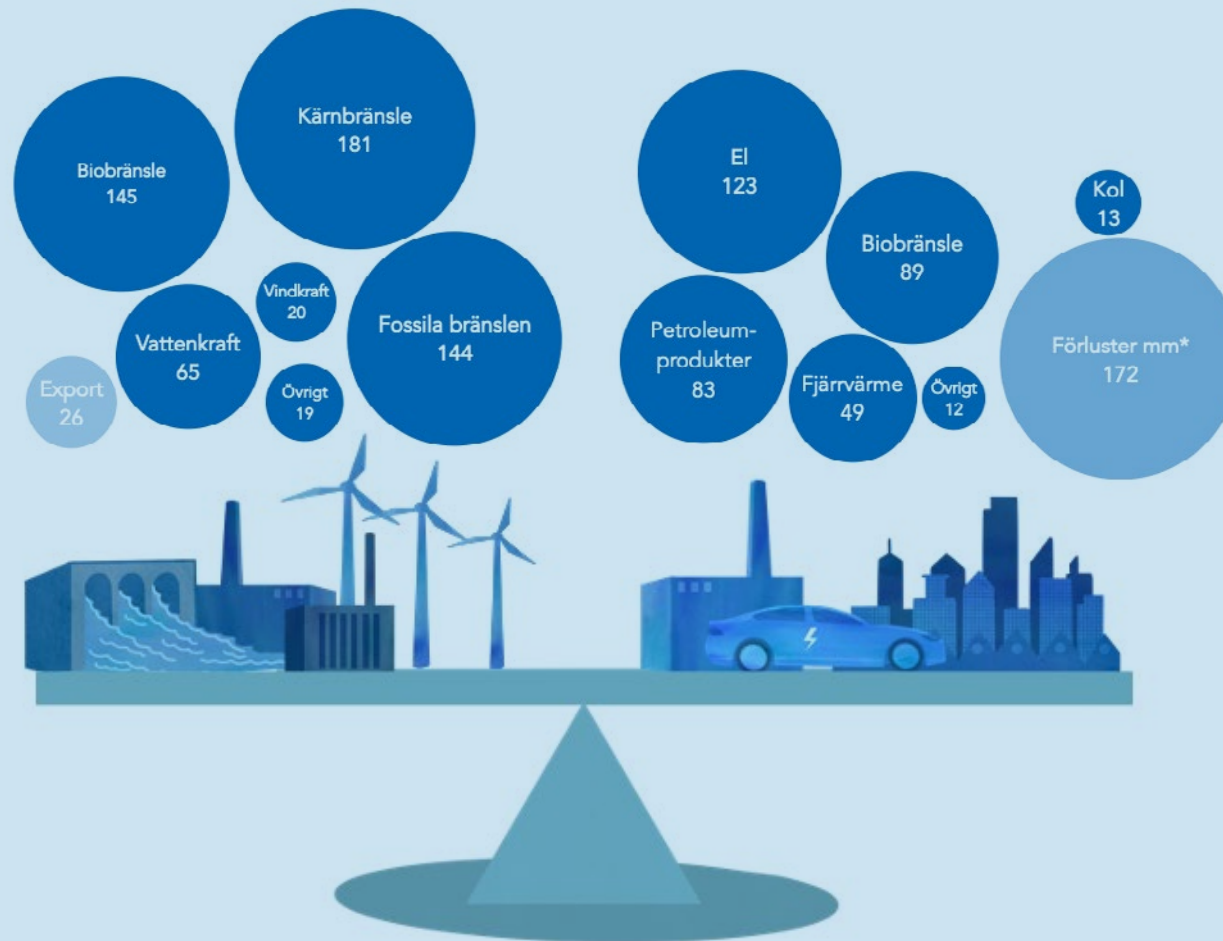
I Sverige ska nettoutsläppen av växthusgaser vara helt borta år 2045, samtidigt som hela EU höjer sina klimatmål. Det innebär att de svenska utsläppen måste minska flera gånger snabbare framöver, under perioden 2020 till 2045, än under det senaste decenniet. Ny klimatforskning, i kombination med att allt fler sektorer ser elektrifiering som en viktig lösning för att minska utsläppen, gör att omställningen av energisystemet i allmänhet, och elsystemet i synnerhet, måste gå fortare och vara mer genomgripande än vad tidigare bedömningar har visat.

Sverige har dock goda förutsättningar att ställa om energisystemet. En viktig tillgång är vattenkraften som behövs för att reg-

lera elsystemet. I jämförelse med andra länder har vi också stora ytor som kan användas för produktion av förnybar el. Vi har även tillgång till inhemsk biomassa, ett väl utbyggt fjärrvärmenät och en befintlig el- och värmeproduktion med låg klimatpåverkan. Tillsammans med den snabba teknikutvecklingen kan detta möjliggöra utsläppsminskningar i transportsektorn och industrin som ingen vågade drömma om för bara några år sedan.

Omställningen vi står inför är dock inte utan utmaningar. Att den lyckas beror på flera olika tekniska, politiska och sociala drivkrafter som tillsammans med klimatmålen och andra hållbarhetsaspekter formar utvecklingen.



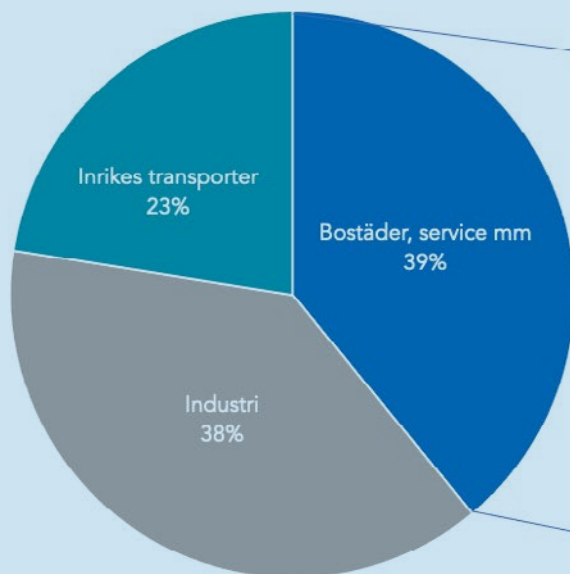


Energisystemets utveckling igår, idag och imorgon

Sveriges totala slutliga användning av energi har de senaste 50 åren legat ganska stabil runt 375 TWh (år 2019 var den 369 TWh), varav runt 40 procent används i sektorn bostäder, service med mera.

Översikt över Sveriges energibalans år 2019 i TWh. Förluster med mera inkluderar användning för ickeenergirelaterade ändamål. Siffror från Energimyndigheten, [Energiläget i siffror 2021](#).

Slutlig energianvändning
per sektor av totalt 369 TWh



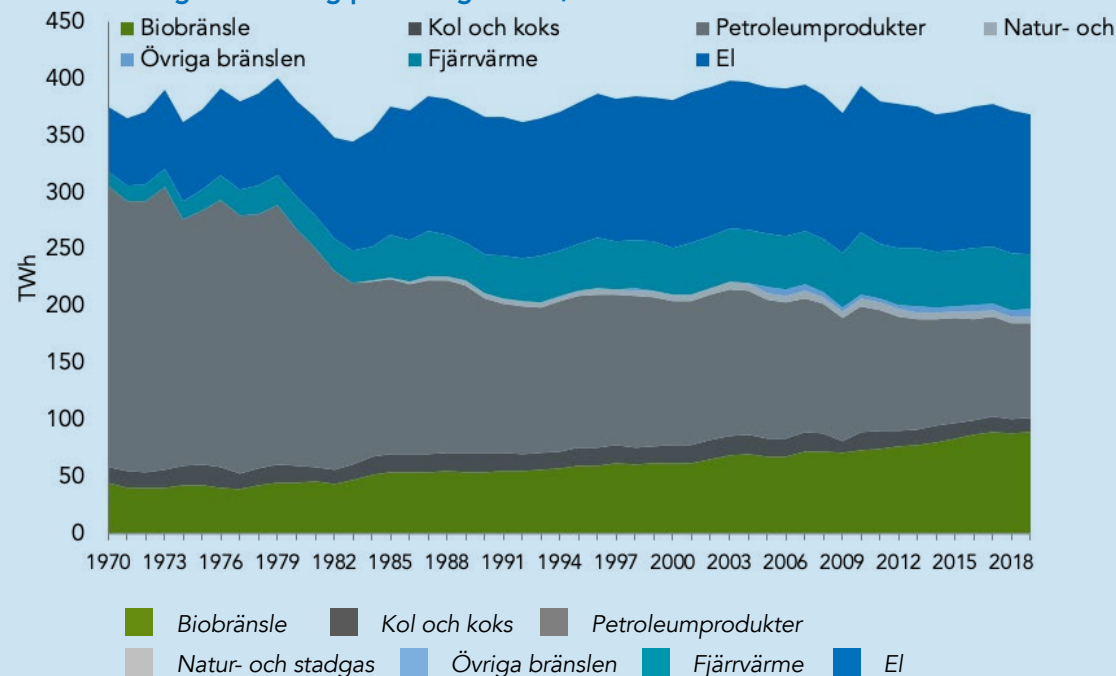
Energianvändning inom sektorn
bostäder, service m.m.

Totalt 144 TWh



Sveriges totala slutliga energianvändning uppdelad på sektorer. Sektorn Bostäder, service med mera använder 144 TWh, varav mer än hälften går till hushållen. [Siffror från Energimyndigheten, Energiläget i siffror 2021](#).

Energianvändning per energibärare, TWh



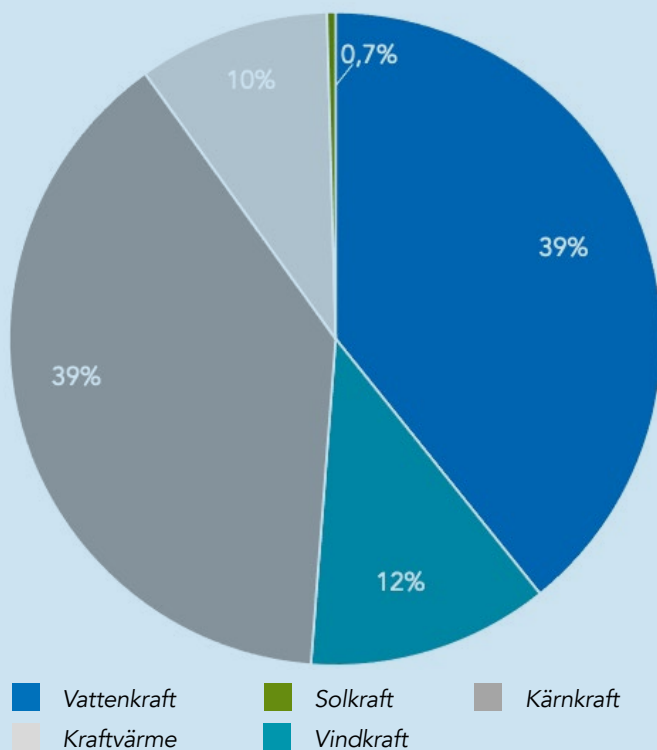
Sveriges totala slutliga energianvändning, uppdelad på energibärare, sedan 1970. En del av de fossilbaserade energibärarna (de grå områdena) ersattes med el under den första elektrifieringsvågen på sjuttioalet, men resterande fossila bränslen behöver nu också fasas ut och ersättas med exempelvis förnybar el och biobränsle. [Siffror från Energimyndigheten, Energiläget i siffror 2021](#).

Elanvändningen varierar mellan åren

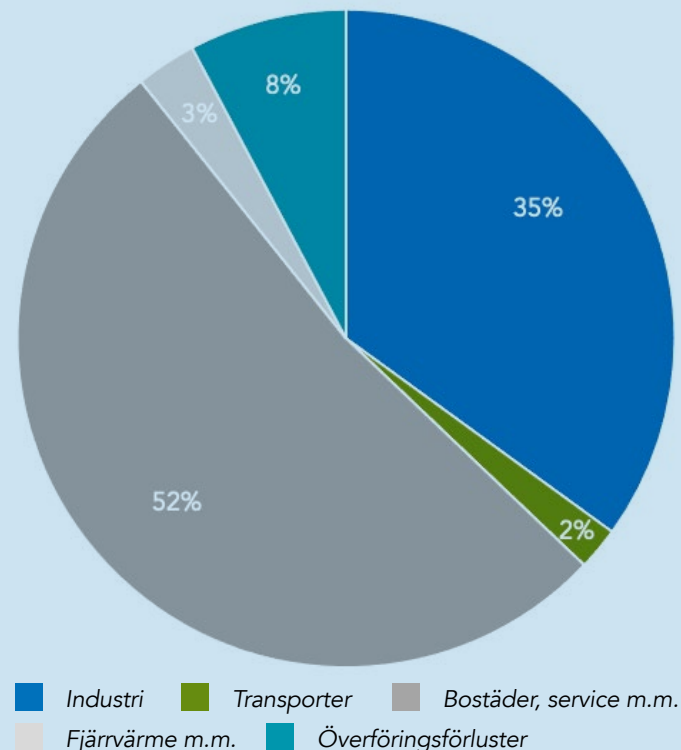
Elanvändningen i Sverige varierar mellan åren, bland annat beroende på industrins behov och temperaturen som styr uppvärmningsbehovet. Under 2019 användes totalt 138 TWh el, fördelad enligt figuren nedan. Elproduktionen under 2019 var nästan 166 TWh, vilket resulterade i att Sverige nettoexporterade nästan 28 TWh el.¹

Sveriges totala slutliga elanvändning, uppdelad på sektorer, och elproduktion, uppdelad per kraftslag, år 2019. Skillnaden mellan produktion och användning, det vill säga nettoexporten, uppgick till 27,5 TWh. [Siffror från Energimyndigheten, Energiläget i siffror 2021.](#)

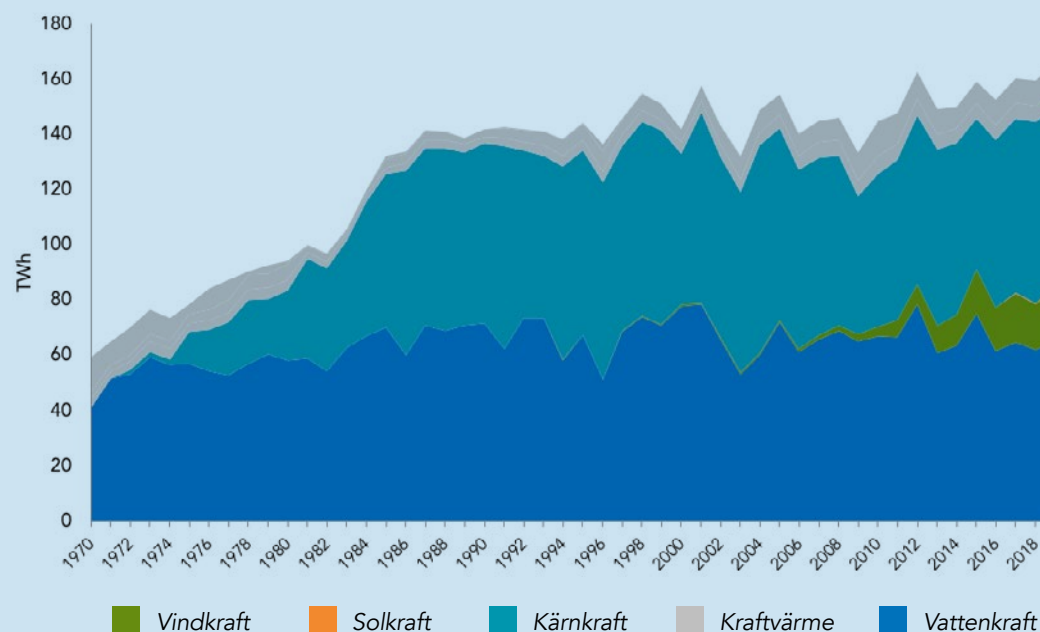
Slutlig elproduktion per kraftslag, av totalt 165 TWh



Slutlig elanvändning per sektor av totalt 138 TWh



Elproduktion per kraftslag sedan 1970, TWh



Sveriges nettoproduktion av el uppdelad per kraftslag sedan 1970. Vattenkraften varierar mellan våtar och torrår. Kärnkraften ökade kraftigt under åttiotalet men har börjat minska igen medan vindkraften har växt kraftigt de senaste åren. Solkraften ger än så länge endast ett knappt synligt bidrag, men utgör nu runt en procent av produktionen. [Siffror från Energimyndigheten, Energiläget i siffror 2021.](#)

I början av nittiotalet stod vattenkraften för 50 procent och kärnkraften för 46 procent av elproduktionen i Sverige. Sedan dess har övriga elproduktionsslag ökat sin andel samtidigt som vattenkraftens och kärnkraftens andel har minskat, se figur nedan. Elproduktionen från vindkraft har ökat mest. Den bidrog med nästan 20 TWh under 2019² och hela 27,6 TWh 2020.³

Oförändrad elanvändning sedan nittiotalet

Sverige genomgick en elektrifieringsvåg under oljekrisen på sjuttio- och åttiotalet. Kärnkraften byggdes ut och mycket av den tidigare oljebaserade uppvärmningen ersattes med el. Sedan början av nittiotalet har elanvändningen varit mer eller mindre konstant. Det beror dels på att ny teknik installerats, dels på att energieffektiviseringsåtgärder kompenserat för en stor del av den tillväxt som skett.

El används till uppvärmning, men kan ersättas med fjärrvärme där det finns möjlighet till det. Direktverkande el kan även bytas till styrbara värmepumpar för att avlasta elnätet. Läs mer om uppvärmningens möjligheter att bidra med flexibilitet finns i kunskapsunderlag om värmemarknadens nyttor för elsystemet.

“Elanvändningen har varit nästan oförändrad sedan 90-talet”

Elförbrukningen väntas öka

“Vi kan få en fördubbling av elförbrukningen”

De flesta studier som gjorts de senaste åren tyder på att elanvändningen kommer att öka, från dagens 138 TWh (från 2019) till mellan 160 och 210 TWh i framtiden.^{4,5} Den mycket snabba omställningen av transportsektorn och industrin, som pågår just nu, har dock lett till att flera myndigheter och forskare uppdaterat sina framtidsscenarier. Nu pekar de istället på att vi kan få ett elbehov på mellan 190 och 310 TWh i framtiden, vilket innebär mer än en fördubbling av elförbrukningen.^{6,7} Denna förändring av framtidsscenarierna beror på att flera sektorer nyligen gjort kraftiga satsningar på elektrifiering; satsningar som är så omfattande att de inte kan förväntas kompenseras av energieffektiviseringsåtgärder på samma sätt som skett historiskt.

En framtida elektrifiering av sjöfarten och flyget kan komma att kräva stora mängder el, särskilt om det sker med hjälp av vätgas och elektrobränslen.⁸ Även industrin går mot ett allt större elbehov. Till exempel aviserade gruvdriftskoncernen LKAB⁹ i höstas att deras framtida elbehov kan uppgå till 55 TWh, vilket är mer än en tredjedel av hela Sveriges elbehov idag. Det tydliggjorde att befintliga framtidsscenarier snabbt kan bli utdaterade och behöva förändras dramatiskt, till exempel om fler industrier följer denna linje.

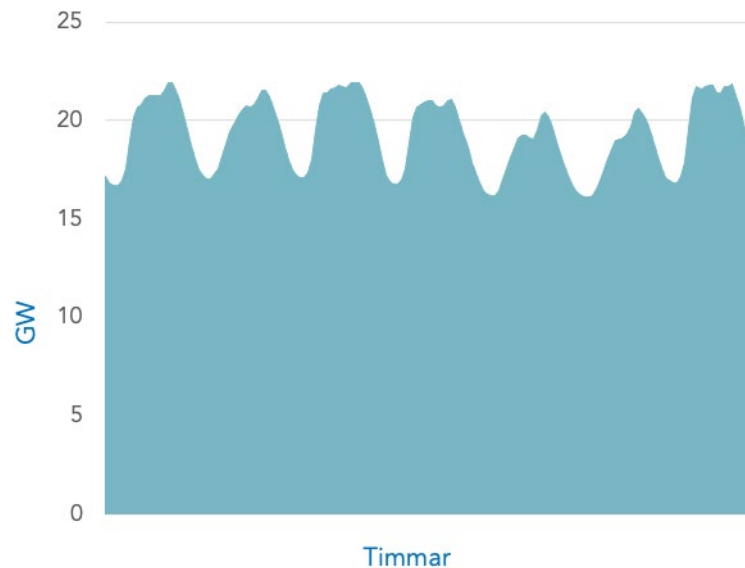
Vad händer med effekten i framtiden?

Även om det finns gott om scenarier för framtidens elbehov är det få som har tittat på det framtida effektbehovet, varken sett över hela året eller sett till det maximala effektbehovet. Det är nämligen det som i stor utsträckning avgör hur elsystemet ska dimensioneras. Den så kallade topplasttimmen, det vill säga den timme som har den högsta elförbrukningen under året, har historiskt ofta inträffat under en kall vinterdag. Det behövs mycket el på en gång när eluppvärmda hus drar upp värmen, samtidigt som människor kommer hem från jobbet och sätter i gång med matlagning och tvätt runt om i hela landet.

Elbehovet varierar kraftigt både med vädret, årstiderna och över dygnet och det är oftast endast några få timmar som innebär utmaningar för elsystemet. Sveriges elnät är sammankopplat med övriga Europas nät och under de senaste decennierna har vi haft en nettoexport av el sett över hela året. Elnätet behöver dock dimensioneras för att klara alla årets timmar. Om kapacitet saknas under den mest ansträngda timmen kan detta bland annat leda till att företag och andra nyetableringar nekas anslutning till elnätet.

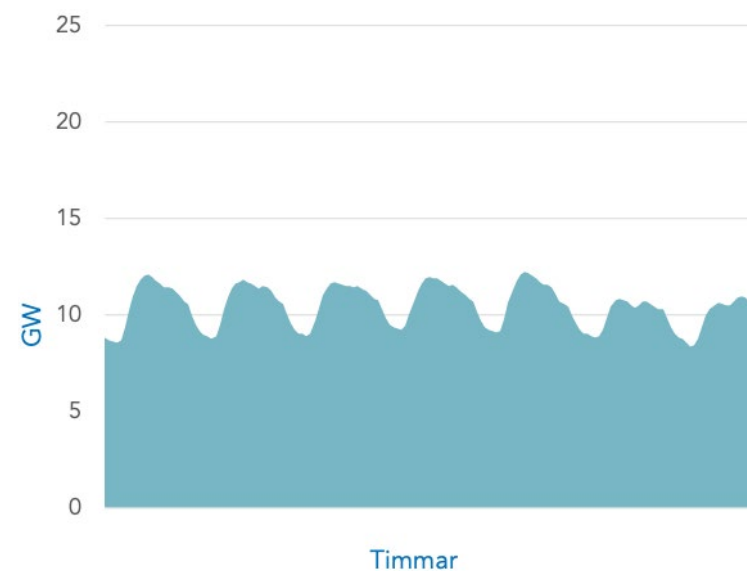
“Det är oftast endast några få timmar som innebär utmaningar för elsystemet.”

Elförbrukningen i Sverige en vintervecka



Sveriges elförbrukning per timme en vecka i januari 2021 och en vecka i juli 2020. Elförbrukningen varierar generellt över dygnet med en morgontopp och en kvällstopp samt en lägre förbrukning

Elförbrukningen i Sverige en sommarvecka



på natten. Det maximala effektbehovet för hela landet under vinterveckan är knappt 22 GW medan det är knappt 13 GW under sommarveckan. Statistik från myndigheten Svenska kraftnät.

De senaste åren har Sveriges samlade effektbehov under topplass-timmen varierat mellan cirka 23 och 27 GW,¹⁰ men det är inte självklart att effektbehovet ökar proportionellt med det ökande elbehovet. Ny elanvändning kan komma att förändra hur effektbehovet ser ut. Till exempel kräver datacenter kylning på sommaren, snarare än värme på vintern, och elbilar laddas förmodligen vid helt andra tidpunkter än då hushållens elanvändning traditionellt varit som högst. Användarflexibilitet och elbilsladdning kan bidra till att jämnna ut effektbehovet över dygnet och på så sätt minska behovet av installerad produktionskapacitet.

Projektet NEPP (North European Energy Perspectives) har gjort en av få studier av framtida effektbehov.¹¹ Enligt studien väntas det svenska effektbehovet öka till cirka 32 GW i ett scenario där elbehovet väntas öka till 200 TWh per år. En annan studie, som också undersökt effektbehovet, är den högscenarioanalys¹² som Profu och Energiforsk gjort på uppdrag av Energiföretagen. Analysen har utgått från hur mycket el som kommer att behövas i Sverige år 2045 om alla aviserade satsningar på elektrifiering faktiskt genomförs. Slutsatsen är att effektbehovet under topplasttimmen kan öka till upp till 47 GW i ett scenario med ett

elbehov över året på 310 TWh. Då antas bland annat att hälften av fordonsflottan laddas smart, att inga stora förändringar sker i hushållens flexibilitet och att industrins tillkommande elbehov är konstant över tiden. Det finns med andra ord utrymme att minska det väntade effektbehovet genom exempelvis ökade satsningar på energilager och användarflexibilitet. Läs mer om det i kunskapsunderlag om *Användarflexibilitet i framtidens energisystem*.

Energilandskapet förändras

Samtidigt som elbehovet väntas öka i framtiden kommer en del av den befintliga elproduktionen att behöva ersättas med ny elproduktion. Inom de närmaste decennierna kommer omkring 100 TWh, eller drygt 60 procent, av dagens elproduktion att nå sin tekniska livslängd och behöva bytas ut.¹³

En stor del av den tillkommande elproduktionen väntas vara variabel förnybar produktion. Enligt en studie¹⁴ från det internationella energioorganet IEA växte den globala förnybara elproduktionen under 2020 snabbare än den gjort på två decennier. Samtidigt stod ökningen av förnybar kapacitet för 90 procent av hela den globala kraftsektorns expansion. Enligt samma studie förväntas förnybar elproduktion att expandera i ännu snabbare takt under de kommande åren.

Även i Sverige väntas den förnybara produktionen, framför allt vindkraften, växa kraftigt under de kommande åren. I Energimyndighetens senaste scenarioanalys¹⁵ väntas landbaserad vindkraft byggas utan stödsystem och i vissa scenarier blir även havsbaserad vindkraft lönsam. I scenarioanalysen väntas den totala elproduktionen från vindkraften bli mellan 64 och 156 TWh år 2050.

Solkraftens väntas bidra med mellan 9 och 11 TWh år 2050 i samtliga scenarier, med visst stöd i form av dagens skattereduktion för den som levererar solceller till elnätet. Priserna sjunker också på solceller och stora solparker konkurrerar redan nu med befintlig kol- och kärnkraft i flera delar av världen.¹⁶

Elnäten behöver utvecklas

Även elnäten behöver byggas ut för att klara den stora omställningen och det ökade elbehovet. Stora delar av elnätet är föråldrat och behöver ersättas inom en snar framtid. Redan idag finns flaskhalsar i elnätet, som leder till kapacitetsbrist i flera regioner. Att bygga ut elnäten tar dock lång tid. På kort sikt riskerar därför dessa begränsningar att hota eller försena elektrifieringen, och därmed omställningen, av de sektorer som förlitar sig på el som lösning på sina klimatutmaningar.¹⁷ Svenska kraftnät är den myndighet som bygger ut och förstärker stamnätet, för att möjliggöra ytterligare anslutning i region- och lokalnäten. De har redan varit tvungna att säga nej till regionnåtsägarnas önskan om utökat effektuttag i bland annat Västerås, Stockholm, Uppsala och Malmö.¹⁸

Historiskt har el överförts via stamnätet, i huvudsak från större produktionsanläggningar i norr till förbrukning i söder, vilket kan komma att ändras i framtiden. En mer decentraliserad produktion, och en annan fördelning av elanvändningen, förändrar behovet av elnätskapacitet vilket kan leda till inlåst elproduktion. Det innebär att elen inte kommer fram till konsumenterna på grund av kapacitetsbrist. Dessutom förändras även elnätens roll. Med en förändrad produktionsmix, där större andel kraft kommer från mindre anläggningar och anläggningar som inte har lika stor roterande massa, behövs nya så kallade stödtjänster. Mer om detta finns att läsa i kunskapsunderlag om *Smart förnybart i energisystemet*.

Elbrist, effektbrist, flaskhalsar och kapacitetsbrist – vad betyder det?

Elbrist

Elbrist är ett uttryck som förekommer i debatten men som inte har någon tydlig definition. Det närmaste är kanske brist på elenergi över året, något som är ovanligt och inte har hänt i Sverige sedan 2010. Normalt sett nettoexporterar vi el. Utöver att tillgodose elsystemets behov av energi på årsbasis är det även nödvändigt att se till att det finns tillräckligt med effekt på alla platser över hela året. Annars kan det uppstå andra problem som effektbrist och kapacitetsbrist lokalt.

Effektbrist

Effektbrist uppstår när efterfrågan på el i Sverige vid en viss tidpunkt är större än vad produktionen är samtidigt som tillgången på importerad kraft av någon anledning är begränsad.

Kapacitetsbrist

Kapacitetsbrist uppstår när produktionen av el är tillräcklig, men överföringskapaciteten inte räcker till, det vill säga att elnätet inte klarar att överföra tillräckligt med el alla områden där förbrukning sker. Det beror vanligen på brister i stamnätet, elens "motorvägar", men det kan också handla om brister i region- och lokalnät.

Flaskhalsar

Flaskhalsar kallas ofta de delar av elnäten som behöver byggas om eller förstärkas för att klara av att transportera mer el. Det råder nämligen sällan brist på överföringskapacitet i hela elnätet, utan det är vissa knutpunkter eller områden som kan bli överlastade.



Det finns flera utmaningar för elnäten

Flaskhalsar i stamnätet är långt ifrån den enda utmaningen i dagens och framtidens elnät. Power Circle¹⁹ har identifierat flera olika typer av utmaningar för elnäten. Kapacitetsbrist är ett problem som kan uppstå i lokalnäten och de räcker då inte till för nya etableringar som genererar höga effekttoppar, exempelvis snabbladdning av elbilar eller elbussar. En annan lokal utmaning är elkvalitetsproblem, till följd av ny elanvändning, stora solcellsinstallationer i svaga elnät eller brist på stödtjänster lokalt eller regionalt. Variationen är stor kring vilken som är den huvudsakliga utmaningen för olika elnät, på landsbygden, i tätorter eller i storstäder, just nu och i nära framtid. Det finns även variationer i hur lågspänningsnäten hanterar nya tekniker och vilka utmaningar de drabbas av beror på hur de är uppbyggda.

Många utmaningar kretsar kring nya etableringar och förtätningar, där det är avgörande med en dialog mellan nätbolag, stadsplanerare och andra funktioner i kommuner och regioner, för att få till bra lokaliseringar. Enligt Power Circle varierar det hur bra den dialogen fungerar idag. Elnätsbolagen ser exempelvis

en stor risk i om elfordon får laddas helt fritt, utan styrning, i framtiden. Smart styrning, och samverkan med andra delar av elsystemet, är en förutsättning för att elnäten ska fungera.

Teknikutvecklingen skapar också stora möjligheter!

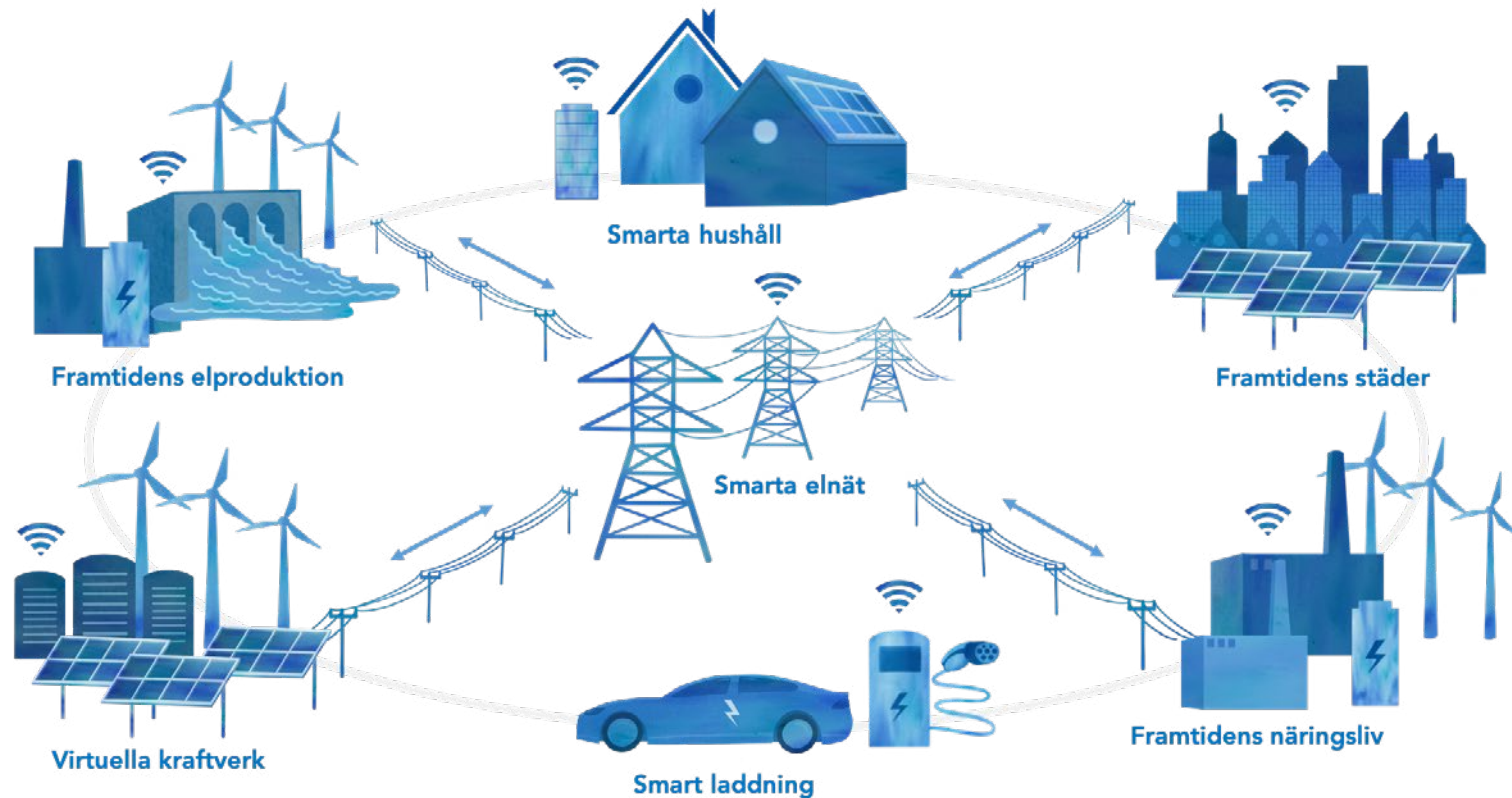
En ökad andel variabel elproduktion, småskalig distribuerad kraft, energilager, vätgas, elektrifiering av transporter, nya smarta nättekniker, ökat fokus på användarflexibilitet, digitalisering, mikronät, lokala energigemenskaper och delningsekonomi är bara några av de trender som både utmanar och skapar nya möjligheter för energisystemet.²⁰ Dessa nya tekniker och trender innebär tillsammans ett paradigmskifte, som sträcker sig långt bortom själva bytet av teknik och energikällor. Historiskt har elsystemet varit uppbyggt kring stora, centraliserade produktionsanläggningar. Elnätet har överfört el i en tydlig riktning: från produktionen vid energikällan till konsumtionen hos elanvändaren. Användarna har haft en mer passiv roll, med ett relativt förutsägbart beteende, och möjligheterna till lagring av el och användarflexibilitet har varit begränsade.



Det historiska elsystemet

Nu växer ett helt nytt energisystem fram! Och det är både mer diversifierat och mer decentraliserat än tidigare. Prosumenter,²¹ alltså elkonsumenter som även producerar el, energilager, mikronät samt möjligheter att aggregera både lagring, flexibilitet och produktion i virtuella kraftverk²² skapar helt nya spelregler i elsystemet, men också större möjligheter att lösa problem på nya sätt. Ett exempel är hur lokala energisystem och batterilager kan minska sårbarheten och i vissa fall behovet av att vädersäkra genom att gräva ned kabel. Detta möjliggör i sin tur att investeringar i nätet kan skjutas upp eller undvikas helt.

Framtidens elsystem kommer troligen att ha ett större behov av stödtjänster och användarflexibilitet för att kunna balanseras på ett kostnadseffektivt sätt. Förmodligen kommer det även att ha större variation i elhandelspriser och en större flora av elnätstariffer, vilket möjliggör aktiva, flexibla kunder och nya aktörer som kan lösa dagens och morgondagens utmaningar med nya tekniker och affärsmodeller. Läs mer om de nya teknikerna och det nya energisystemets möjligheter i de övriga kunskapsunderlagen i denna serie!



Framtidens elsystem.

Slutnoter

- 1 [Energimyndigheten \(2021\). Energiläget i siffror 2021.](#)
- 2 [Energimyndigheten \(2021\). Energiläget i siffror 2021.](#)
- 3 [Energiföretagen \(2021\). Energiåret - årsstatistik.](#)
- 4 [NEPP \(2020\). Insikter och vägval i energiomställningen - Slutrapport från NEPP:s andra etapp.](#)
- 5 [IVA \(2019\). Så klarar det svenska energisystemet klimatmålen.](#)
- 6 [Energimyndigheten \(2021\). Sveriges energisystem 2050 – så kan det se ut.](#)
- 7 [Energiforsk & Profu \(2021\). Efterfrågan på fossilfri el - Analys av högnivåscenario.](#)
- 8 Samlingsnamn för bränslen som tillverkas av el, vatten och i vissa fall koldioxid, exempelvis vätgas och metanol.
- 9 [LKAB \(2020\). Frågor och svar vår nya strategi.](#)
- 10 [Svenska kraftnät \(2021\). Topplasttimmen.](#)
- 11 [NEPP \(2020\). Eleffektfrågan - utmaningar och lösningar.](#)
- 12 [Energiforsk & Profu \(2021\). Efterfrågan på fossilfri el - Analys av högnivåscenario.](#)
- 13 [Energimyndigheten \(2019\). 100 procent förnybar el - delrapport 2.](#)
- 14 [IEA \(2021\). Renewable Energy Market Update 2021.](#)
- 15 [Energimyndigheten \(2021\). Sveriges energisystem 2050 – så kan det se ut.](#)
- 16 [BloombergNEF \(2020\). New Energy Outlook 2019.](#)
- 17 [IVA \(2020\). Så når Sverige klimatmålen - Syntesrapport för IVA projektet Vägval för klimatet.](#)
- 18 [Ny Teknik \(2019\). Elnäten kring storstäderna räcker inte till.](#)
- 19 [Power Circle. \(2018\). Lokal energilagring eller traditionella nätförstärkningar?](#)
- 20 Läs mer om dessa i projektets övriga kunskapsunderlag.
- 21 Konsumenter som producerar sin egen el, t ex med hjälp av solpaneler på taket
- 22 Virtuella kraftverk innebär att en oberoende aktör aggregerar, eller samlar ihop, flera små resurser av elproduktion och lagring för att buda in större bud på en marknad

Klicka på siffrorna för att komma till fotnotens källa och på den blå texten för att komma till länken.



LÄNSSTYRELSEN
UPPSALA LÄN



Länsstyrelsen
Skåne



Länsstyrelsen
Västra Götaland

POWER CIRCLE
Electricity for sustainable energy

**Sustainable
innovation**