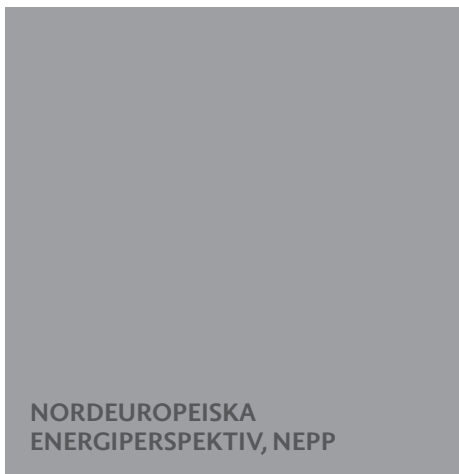
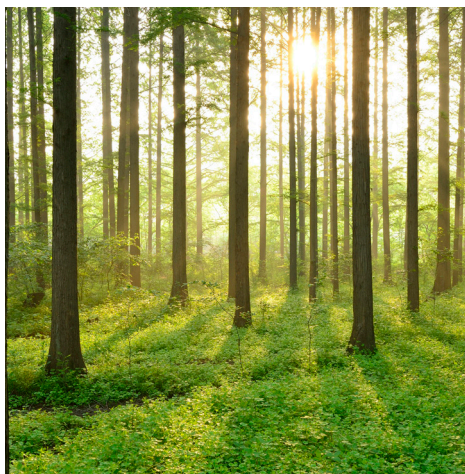


FULL EFFEKT

RAPPORT 2021:778



Full effekt

Hur klarar vi effektbalansen i ett framtida elsystem?

THOMAS UNGER, JOHAN HOLM, BO DICZFALUSY OCH CECILIA HELLNER

ISBN 978-91-7673-778-1 | © Energiforsk juni 2021

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se | www.energiforsk.se

Förord

Vi behöver allt mer el för att möta våra klimatmål och för att kunna ha en fortsatt positiv och hållbar ekonomisk utveckling. Från att under trettio år ha upplevt en mer eller mindre oförändrad nivå på elanvändningen ser vi nu scenarier som talar om en möjlig fördubbling av elbehovet under de kommande tjugofem åren.

Vi ser en mer geografiskt spridd och mindre stabil tillkommande produktion, framför allt i form av vindkraft, samtidigt som vårt importberoende ökar. Vi ser också nya typer av elanvändare, som datahallar och laddstationer för elfordon. Vätgas framställd via elektrolys tycks vara på väg att få sitt stora genombrott för användning inom järn- och stålindustrin och kemiindustrin samt som drivmedel för fordon. Samtidigt har två kärnkraftverk i Ringhals nyligen stängts.

Hur klarar vi detta? Vad ser vi för utmaningar med vår framtida elförsörjning? Vad händer om det inte blåser tillräckligt, om vi får minskade möjligheter till import och hur kan en mer flexibel elanvändning bidra till att stabilisera elbalansen?

I denna rapport fokuserar vi främst på elsystemets förmåga att klara av den allra högsta belastningen, den så kallade topplasten. Vi jämför en framtida situation om ungefär femton år i två fall – dels om vi har kvar de kärnkraftverk som nu är i drift, dels om alla kärnkraftverk är avstängda. Vi belyser också utmaningarna för elsystemet i ett antal ansträngda situationer, till exempel om det inte skulle blåsa under en längre tidsperiod.

De resultat vi presenterar utgör två ögonblicksbilder vid en tänkt framtida tidpunkt. Däremot belyser vi inte hur vägen dit kan se ut. Men förhoppningsvis pekar beräkningarna och resonemangen på ett antal viktiga utmaningar som måste uppmärksammas redan nu – politiskt och av energisektorns olika aktörer - för att vi inte ska hamna i svårigheter med vår framtida elförsörjning.

Våra analyser bygger vidare på underlag från NEPP-projektet North European Power Perspectives. För analysarbetet står Thomas Unger och Johan Holm, Profu. I arbetet med att kommentera analyserna och göra observationerna har också Bo Diczfalusy, Bodiz Consulting AB, och Cecilia Hellner, Hellner Energy AB deltagit.

Stockholm maj 2021

Markus Wråke

VD, Energiforsk

Tio observationer

1

Vi måste planera för ökad elanvändning

Elanvändningen ökar kraftigt till 2045 i våra scenarier. Det är svårt att säga hur stor den faktiska ökningen blir, och när den infaller. Det är inte orimligt att tänka sig en ökning i storleksordningen 50–150 TWh eller mer till 2045. Om elförsörjningen inte upplevs som tillförlitlig så bromsas klimatomställningen och den industriella utvecklingen.

2

Vi får ett underskott på effekt – även med kärnkraften kvar

Underskottet i den svenska effektbalansen kommer enligt modellberäkningarna att växa till 2035 oavsett om vi har kärnkraften kvar eller inte. Avgörande för omfattningen är hur den tillkommande elanvändningen kommer att påverka efterfrågan på effekt. I de scenarier vi presenterar ökar effektbehovet med uppemot 5000 MW till 2035 och på sikt mer än så.

3

Handeln med omvärlden blir allt viktigare

Vårt importberoende ökar i framtiden. I ansträngda lägen kan importbehovet till och med bli större än tillgänglig kapacitet på överföringsförbindelserna till våra grannländer. Scenarierna pekar också på att vi periodvis kan exportera stora mängder el. Kapaciteten på utlandsförbindelserna måste förstärkas. Samtidigt bör de geopolitiska och säkerhetspolitiska aspekterna av ett ökat beroende till utlandet beaktas. I slutändan avgörs möjligheterna att importera av om det finns ett överskott av el i omvärlden. Det kan uppstå lägen när import inte är möjlig samtidigt som effektbalansen är ansträngd.

4

Näten måste byggas ut snabbt

Även om vi får fram tillräcklig produktionskapacitet, en säker tillgång till import och en flexibel användning av el, så räcker inte det. Elnäten måste förstärkas på alla nivåer, så att det inte uppstår flaskhalsar och elen kommer fram till kunderna. Det gäller inom Sverige, i Norden och gentemot övriga Europa.

5

Vattenkraften är central

Vattenkraften kommer att spela en fortsatt central men delvis annan roll i det svenska elsystemet. Vattenkraftens andel av eltillförseln kommer minska och kraftverken kommer att behöva köras på ett delvis annat sätt än i dag för att kunna möta det framtida effektbehovet. Detta behöver beaktas i samband med omprövningen av miljötillstånden för vattenkraften.

6

Den planerbara termiska produktionen är en viktig tillgång

Effektbalansen är som mest ansträngd under kalla vinterdagar, särskilt i ett scenario utan kärnkraft och om det inte skulle blåsa. Värdet av att ha en planerbar termisk produktionskapacitet är alltså som störst i ansträngda situationer. Men import och topplastproduktion behövs också för att få ihop effektbalansen, vare sig vi har tillgång till kärnkraft eller inte.

7

Tillgången till topplastkapacitet är kritisk

Tillgång till topplastproduktion är helt nödvändig för att klara effektbalansen under perioder då elförbrukningen är som högst. Det gäller oavsett om vi har vattenkraften kvar eller inte. Vi har i vårt scenario räknat med 5000 MW topplastkapacitet (motsvarande till exempel ett 50-tal gasturbiner). Antalet drifttimmar i topplastproduktionen är dock litet. Enligt modellberäkningarna talar vi om högst ett par hundra timmar av årets 8760 timmar.

Topplastkapaciteten är samtidigt helt central i våra scenarier eftersom vi inte kan förlita oss på att det alltid finns möjligheter till import. Topplastkapaciteten har också en prisdämpande effekt. Efterfrågefleksibilitet kan bidra till att minska importberoendet, men löser inte effektbalansen över längre perioder. Det måste därför skapas incitament att investera i topplastkapacitet så att den finns tillgänglig när den behövs.

8

Efterfrågeflexibilitet och lagring blir allt viktigare

Både utbud och efterfrågan av el kommer att variera mer i framtiden. Flexibilitet och lagring kommer att bli viktigare, inte minst för reglering under enstaka timmar. För reglering över dygn har flexibilitet i användningen en mer begränsad uthållighet (förbrukningen flyttas i tid men försvinner inte).

Samtidigt kan man anta att utbudet av efterfrågeflexibilitet – och tilliten till den – kommer att öka i takt med att lokala flexibilitetsmarknader växer fram, förutsatt att det finns lönsamhet för aktörerna på dessa marknader. Ju mer efterfrågeflexibilitet, desto lägre blir behovet av topplastproduktion och import. Staten bör stödja tillkomsten och utvecklingen av lokala och regionala flexibilitetsmarknader.

9

Elpriserna kommer att variera mer i framtiden

Timmar med god effekttillgång kommer att varvas med timmar med begränsad tillgång på effekt. Antalet timmar med mycket höga och mycket låga priser kommer därför att öka. Det gör det svårare för elkunderna att förutse sina elkostnader och dyrare att prissäkra sig. Samtidigt ökar incitamenten att vara flexibel i sin användning. En väl fungerande prisbildning, där höga priser får slå igenom, är en förutsättning för utvecklingen av flexibilitetsmarknader.

10

En ny tid kräver nya lösningar

Redan idag ser vi ett ökat regionalt behov av nätförstärkningar, flexibilitet och toppeffekt. Och mycket tyder på att problemen kan öka i framtiden, både regionalt och nationellt, om vi inte kan planera framsynt. Sannolikt kommer vi att få vänja oss vid mer varierande elpriser. Vi måste skapa förutsättningar för att få till stånd den toppeffekt som krävs. Det finns olika möjligheter. Vissa, till exempel en effektmekanism, kan dock behöva utredas närmare. Men det räcker inte med att trygga en tillräcklig toppeffekt. Vi måste också uppmuntra nya lösningar som inkluderar flexibilitet och lagring av el. Elsystemet måste utvecklas för att kunna möta framtidens behov så att elektrifieringen kan bidra till klimatomställningen och industriell utveckling. För att det ska ske krävs både en politisk vision och ett antal kraftfulla politiska beslut. Regeringens elektrifieringsstrategi kan bli ett viktigt steg på vägen

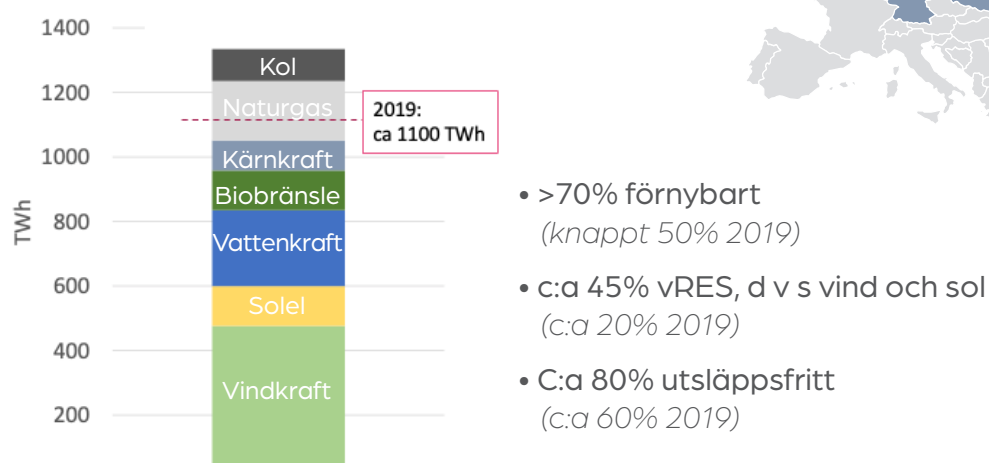
Syfte och avgränsningar

- Elbehovet väntas öka kraftigt
- Vi ser en ny struktur, med nya aktörer på både utbuds- och efterfrågesidan
- Med mer variabel produktion (framförallt vindkraft) och nya förbrukningsmönster blir frågan om hur förbrukning kan matchas mot produktion allt viktigare
- Vi jämför två scenarier – ett med och ett utan kärnkraft efter år 2035. Scenariot utan kärnkraft förutsätter ännu mer vind och sol

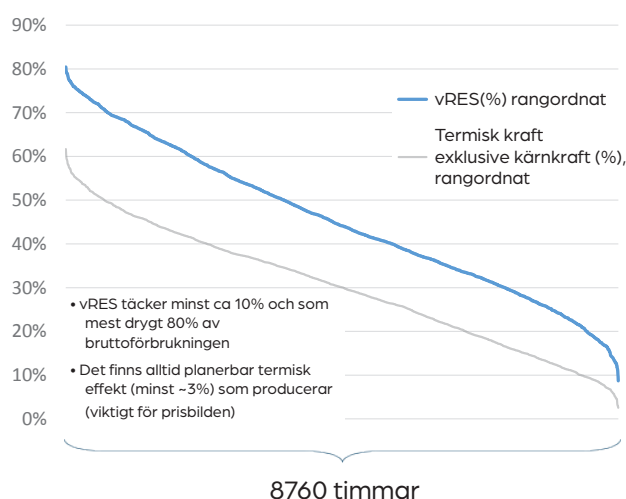


-
- En god tillgång till elenergi är en förutsättning för att vi ska kunna upprätthålla och utveckla välfärden och nå centrala mål för miljö och klimat.
 - Under efterkrigstiden fram till mitten av 1990-talet ökade användningen av el i Sverige snabbt. Därefter har den legat på en mer eller mindre konstant nivå.
 - I dag ser vi återigen tecken på en ökad användning av el.
 - Under de senaste åren har vi börjat se en snabb förändring av elförsörjningen, med både nya ändamål (transporter, serverhallar, basindustri m.m.), nya produktionsslag (vind- och solkraft), storskalig lagring av el (bl.a. i batterier och genom framställning av vätgas) och smartare överföringsnät.
 - Samhället behöver en säker tillgång till el under årets samtliga 8760 timmar – även när det är mycket kallt och vinden inte blåser. Det räcker inte med att producera en tillräcklig mängd elenergi, vi måste också kunna leverera den vid rätt tidpunkt.
 - Syftet med denna rapport är att – på grundval av modellberäkningar – beskriva ett par scenarier för elmarknadens utveckling fram till 2035, med speciell tonvikt på hur det maximala effektbehovet kan utvecklas under olika antaganden, och hur vi kan möta detta behov.
 - Fokus i presentationen ligger på att jämföra kraftproduktionen i ett elsystem där kärnkraften finns kvar med ett system helt och hållet baserat på förnybar elproduktion.
 - Vi behandlar inte exempelvis frågor om bristande kapacitet i regionala eller lokala elnät, olika marknadsmodeller eller nya metoder för lagring och produktion av el (vätgas, power-to-X etc).

Elsystemet i Nordeuropa i vårt 2035-scenario



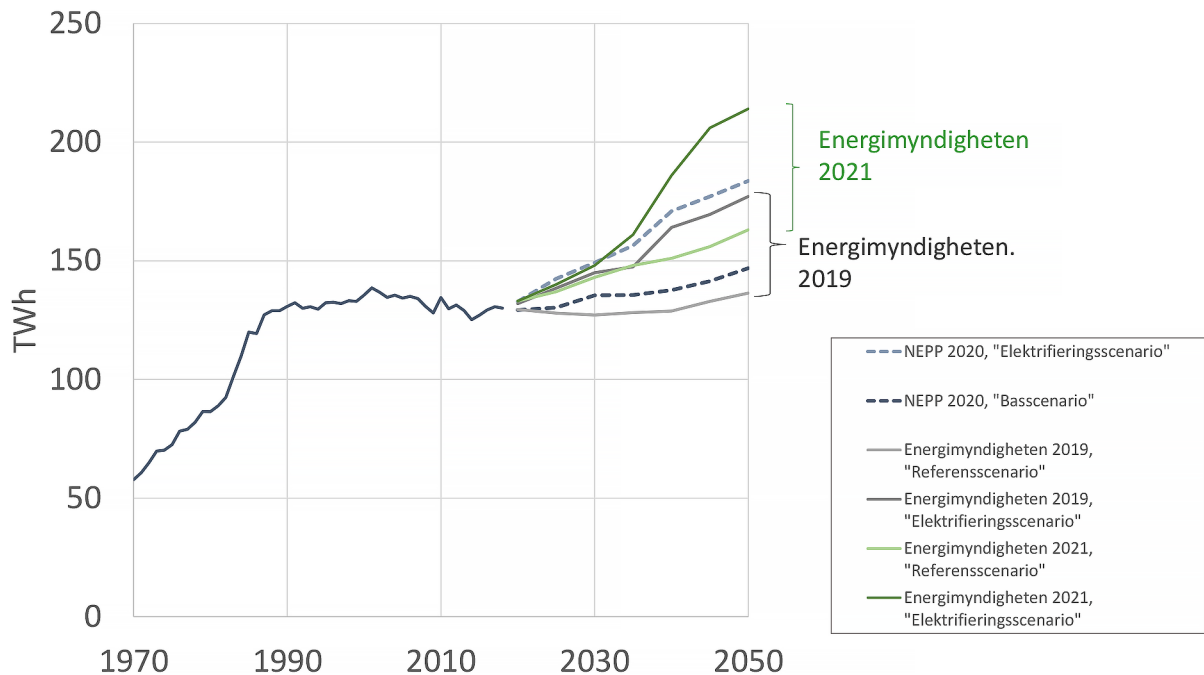
Andel av bruttoelförbrukningen (%) i Nordeuropa



Ett fossilsnålt elsystem

- Den elproduktionsmix i Nordeuropa som vi analyserar år 2035 är till 80 procent fri från utsläpp av växthusgaser.
- Andelen variabel förnybar el (vind + sol) uppgår till ca 45 procent av den totala produktionen.
- Det innebär dock inte att vind och sol helt försörjer elmarknaden under 45 procent av årets alla timmar! Som mest svarar de för ca fyra femtedelar av den samlade produktionen under en timme och som minst knappt 10 procent (det nedre diagrammet).
- Samtidigt återfinns termisk planerbar effekt från biomassa och fossila bränslen (kärnkraften borträknad) med en andel på minst 3 procent under årets alla timmar. Som mest står den termiska produktionen för ca 60 procent, vilket då sammanfaller med en låg tillgång till vind och sol.

Vi ser ett ökat elbehov...

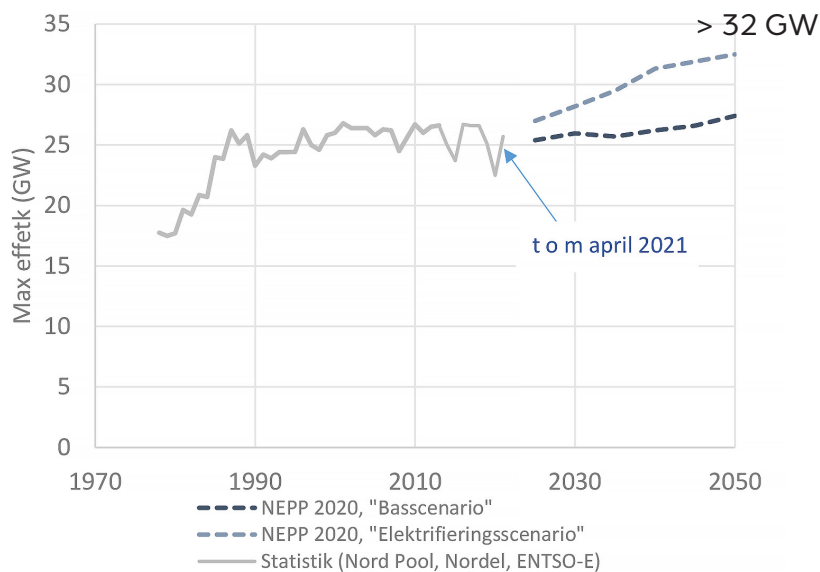


Vi behöver mer el

- Elanvändningen i Sverige har länge legat på en relativt jämn nivå omkring 140 TWh per år. Den största andelen el används i dag inom sektorn bostäder och service m. m. följt av industrisektorn.
- Att ersätta fossila bränslen med klimatsmart el är helt centralt för att Sverige ska nå nettollutsläpp. De färdplaner som tagits fram av Fossilfritt Sverige och en lång rad andra aktuella studier innehåller nästan undantagslöst planer på en övergång till el, oavsett om det handlar om industrier eller transporter.
- Mycket talar alltså för att efterfrågan på el i Sverige kommer att öka kraftigt i takt med att fler samhällssektorer ställer om. Det sker samtidigt det sker en kontinuerlig effektivisering av el- och energianvändningen. Vi står med andra ord inför en elektrifieringsvåg som vi inte sett sedan 1970- och 80-talen. Den drivs framför allt av tre sektorer:
 - Transportsektorn, där den övervägande delen av trafiken antas vara elbaserad till år 2045.
 - Service- och företagssektorn, där bland annat utbyggnaden av datahallar antas bli snabb i Sverige.
 - Processindustrin, där flera branscher ställer om sina processer till elbaserade lösningar fram till 2045.
- Det är svårt att säga hur stor den faktiska ökningen blir och när under perioden den infaller i tiden. Det är inte orimligt att tänka sig en ökning i storleksordningen 50–150 TWh eller mer till 2045.

... och ett ökat effektbehov

Effektuttag

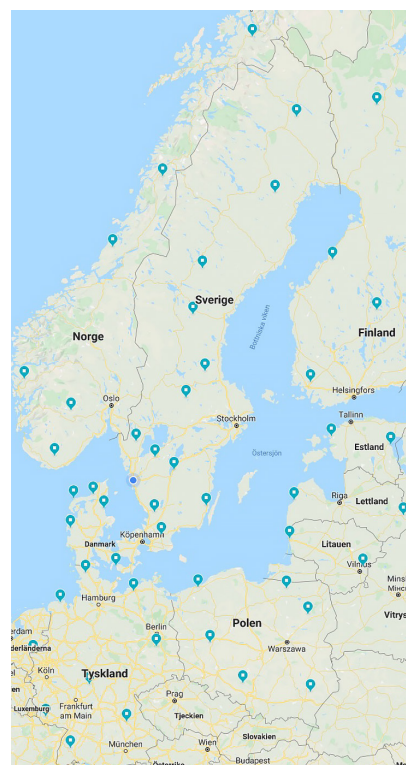
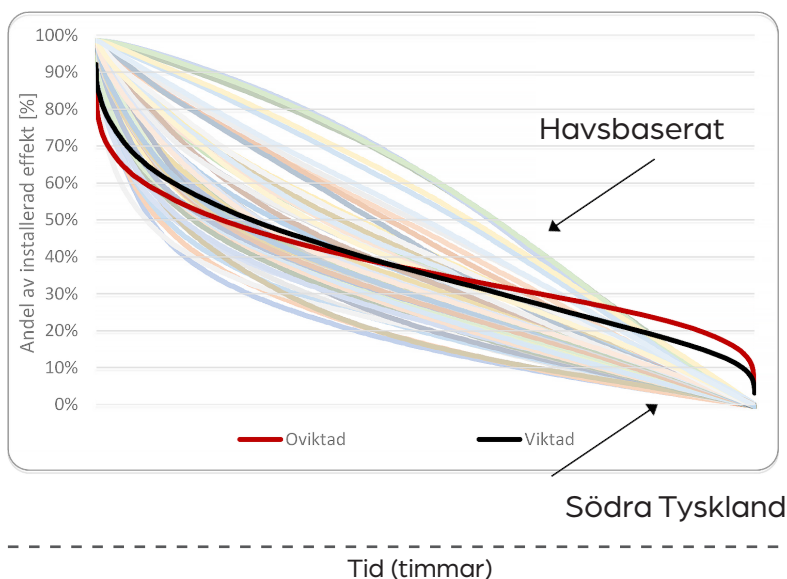


Ett större behov
av el kommer att
medföra ett större
behov av effekt.

Hur utvecklas effektbehovet?

- Eleffektbehovet ökar till följd av tillkommande el(energi)efterfrågan. I NEPP:s elektrifierings-scenario (vilket låg till grund för Färdplan fossilfri el), ökar effektuttaget från dagens maxnivå på cirka 26 000 MW till ungefär 32 000 MW år 2050. Det finns dock osäkerheter, vilket illustreras av att NEPP:s basscenario tyder på en relativt måttlig ökning av effektbehovet till 2050.
- Hur stor ökningen i effektbehov faktiskt kommer att bli beror på hur den tillkommande elanvändningen varierar både över året men också under dygnet.
- Ett ökat antal elfordon innebär att det totala elbehovet ökar. Utmaningen med en elektrifiering av transportsektorn ligger främst i att elsystemets toppbelastning kan komma att öka eller nya effekttoppar i elsystemet skapas, beroende på när på dygnet elen används och hur mycket el som då används. Men elfordonens batterier kan också utnyttjas för lagring av el genom att batterierna laddas vid tillfällen då effektbelastningen är låg och sedan återmatas till nätet (s.k. vehicle-to-grid-teknik).
- Elektrifieringen av transportsektorn kan därmed påverka elsystemet både med avseende på energi och effekt samt på ett sätt som antingen leder till stor eller liten påverkan på effektbehovet.
- Sett över dygnet bidrar elfordon till en eftermiddagstopp om laddningen inte är "smart". I den här figuren förutsätts att en del av elbilsflottan laddas "smart".
- En stor del av den tillkommande elanvändningen antas vara relativt jämn över årets timmar, bland annat inom industrin.
- Samtidigt minskar elefterfrågan för uppvärmning till följd av fortsatt bortkonvertering från direktel och vattenburen elvärme. Dessutom ersätter nya värmepumpar gamla värmepumpar ("utbytesmarknaden") med högre verkningsgrader och högre effekttäckning som resultat. Detta avlastar effekttoppen.

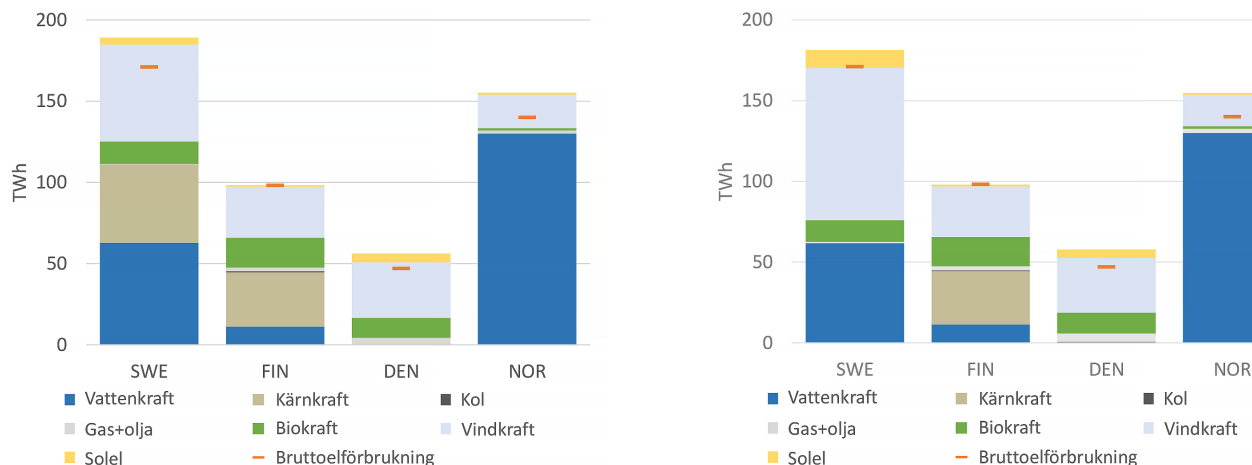
Det blåser inte lika mycket överallt – och inte samtidigt



Vindförhållandena i Nordeuropa varierar kraftigt

- Det finns stora skillnader mellan olika vindlägen runtom i Nordeuropa. Vindförhållandena är mest gynnsamma utanför Danmarks västkust och minst gynnsamma i södra Tyskland.
- Det är skillnad på landbaserad och havsbaserad vindkraft. Havsbaserad vindkraft är dyrare att bygga men ger större och jämnare produktion. Som framgår av den övre gröna kurvan understiger effektuttaget för havsbaserad vindkraft 20 procent av den installerade kapaciteten under bara 16 procent av tiden. För landbaserad vindkraftsproduktion i södra Tyskland kan vindkraftverken utnyttja mindre än 20 procent av sin kapacitet under halva året.
- I figuren illustreras hur stor andel av den installerade vindkraften som faktiskt producerar el under olika delar av året (grupperat från lägst andel till högst andel) dels för 53 olika geografiska positioner, dels för summan av dem.
- Slår man ihop produktionen för alla vindkraftverk (dvs betraktar verken som en enda produktionsenhet) så blir den s.k. sammanlagringseffekten av samtliga undersökta lokaliseringar i Nordeuropa betydande. Variationen i utnyttjad kapacitet (variabiliteten) blir betydligt mindre än vid varje enskilda lokalisering och produktionen blir mycket jämnare.
- Det innebär i sin tur att perioden med mycket hög tillgång till vind respektive mycket låg tillgång till vind är klart lägre för totalen än för varje enskilda lokalisering. Det illustreras av de röda och svarta linjerna. Produktionen understiger 20 procent av kapaciteten endast under 18 procent av årets timmar.
- I praktiken begränsas elöverföringen av kapacitetsbegränsningar i elnäten mellan regioner och länder, vilket påverkar möjligheterna att utnyttja den nordeuropeiska sammanlagringseffekten.

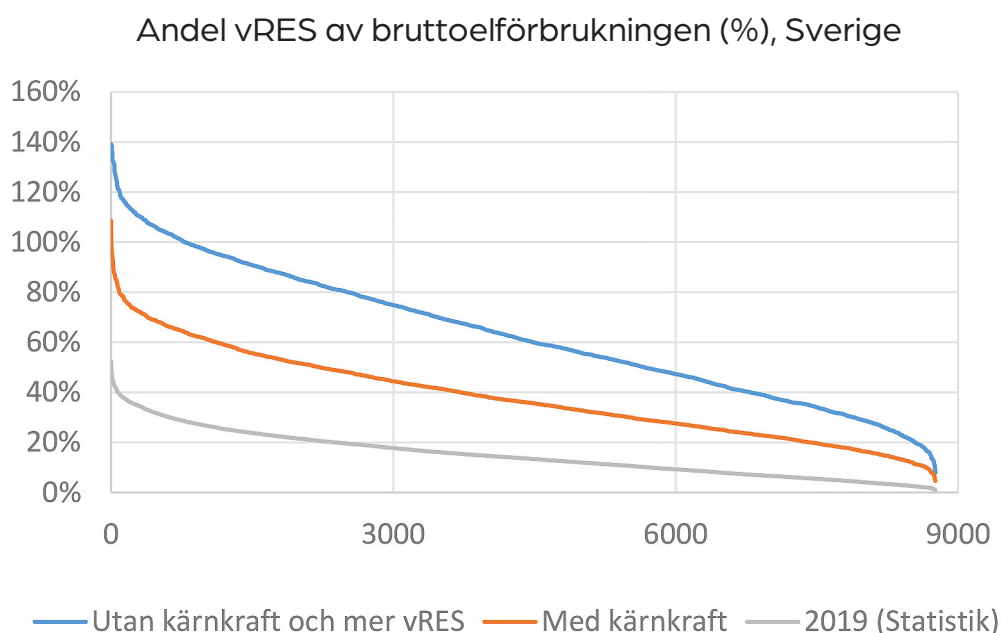
Ett räkneexempel: Sverige med och utan kärnkraft (men med mer vind och sol) 2035



Vilka kraftslag använder vi 2035?

- Den vänstra delen av figuren illustrerar hur Sveriges elproduktion ser ut om dagens svenska kärnkraftverk finns kvar och den högra hur elproduktionen ser ut om all svensk kärnkraft är avvecklad till år 2035. Den orangefärgade markeringen anger antagen efterfrågan på el. Beräkningarna har gjorts med samma data som låg till grund för Fossilfritt Sveriges Färdplan för fossilfri el (dvs Energiföretagen Sveriges färdplanunderlag).
- I exemplet ersätts den svenska kärnkraften i huvudsak med vindkraft (ljusblå stapel) men också med en del solkraft eller annan kraft (gul stapel).
- Figuren bygger på ett antal antaganden och förutsättningar. Varje kraftslags bidrag till eleffektbalansen styrs av en rad olika villkor och utmaningar.
- Vattenkraft kan ge ett större bidrag till effektbalansen om effekthöjningar tillåts och genomförs. Detta har dock inte analyserats närmare i denna studie. På kort sikt har miljöprövningsprocessen stor betydelse för investeringar i vattenkraft. På längre sikt kan klimatförändringarna påverka hur stort det möjliga bidraget från vattenkraften blir.
- Kärnkraftens framtid styrs bl.a. av kostnader, säkerhetskrav och andra politiska beslut. År 2035 är de i dag befintliga kärnkraftverken mellan 50 och 55 år gamla. Investeringar i ny kärnkraft är ekonomiskt tveksamma i dag, och eventuella nya anläggningar kommer troligen – med hänsyn till ledtiderna – dessutom inte heller att hinna uppföras till 2035.
- Kraftvärme (kombinerad el- och fjärrvärmeproduktion) kämpar i dag med lönsamhetsproblem och är starkt beroende av att det finns ett ökat behov av fjärrvärme (fjärrvärmeunderlag). Det är svårt att i dag sja om kraftvärmens möjliga roll efter 2035.
- Vindkraften förväntas periodvis ge ett mycket stort bidrag till elförsörjningen. Dock kommer den inte alltid att kunna bidra till effektbalansen när det behövs som bäst.
- För att balansen mellan utbud och efterfrågan ska gå ihop krävs det i exemplen bidrag från kraftslag som idag inte bidrar nämnvärt till Sveriges elförsörjning, t.ex. vätgas där det i dag inte finns någon uttalad strategi

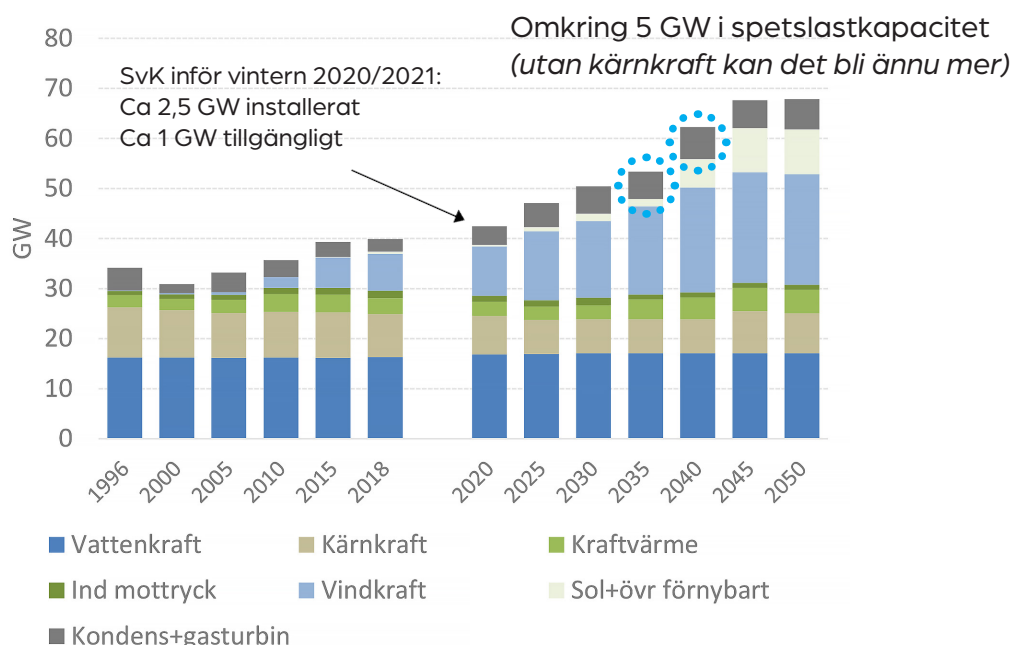
Andel vind- och solenergi ("vRES") i Sveriges elförsörjning 2019 och 2035



Hur mycket bidrar variabel förnybar kraft (vind och sol, "vRES") med under olika delar av året?

- Vind- och solproducerad el benämns ofta variabel eller intermittent (förnybar) produktion eftersom dessa kraftslag inte producerar el under alla årets timmar. En vanlig förkortning är Variable Renewable Supply (vRES).
- I diagrammet illustreras hur stor andel (i procent) av elproduktionen vind- och solenergi svarade för under var och en av årets 8760 timmar under 2019, och hur stor motsvarande andel väntas bli i scenarierna för 2035 – dels i fallet då kärnkraften är kvar (röd kurva), dels om den avvecklas och ersätts med ytterligare vind- och solel (blå kurva).
- Även med en mycket stor andel vind och sol i elproduktionen så kommer det att finnas timmar då dessa kraftslag ger ett mycket litet bidrag. Under 2019 stod vindkraften för mindre än tio procent av elproduktionen under ca en tredjedel av årets timmar.
- I bägge beräkningsfallen (de blå och orange kurvorna) överstiger andelen vind och sol 100 procent av bruttoelförbrukningen under en (liten) del av året.
- Som mest stod vind och sol för drygt halva den momentana elproduktionen år 2019 (och ännu mer under 2020).

Installerad kapacitet i Sverige – den långsiktiga utvecklingen

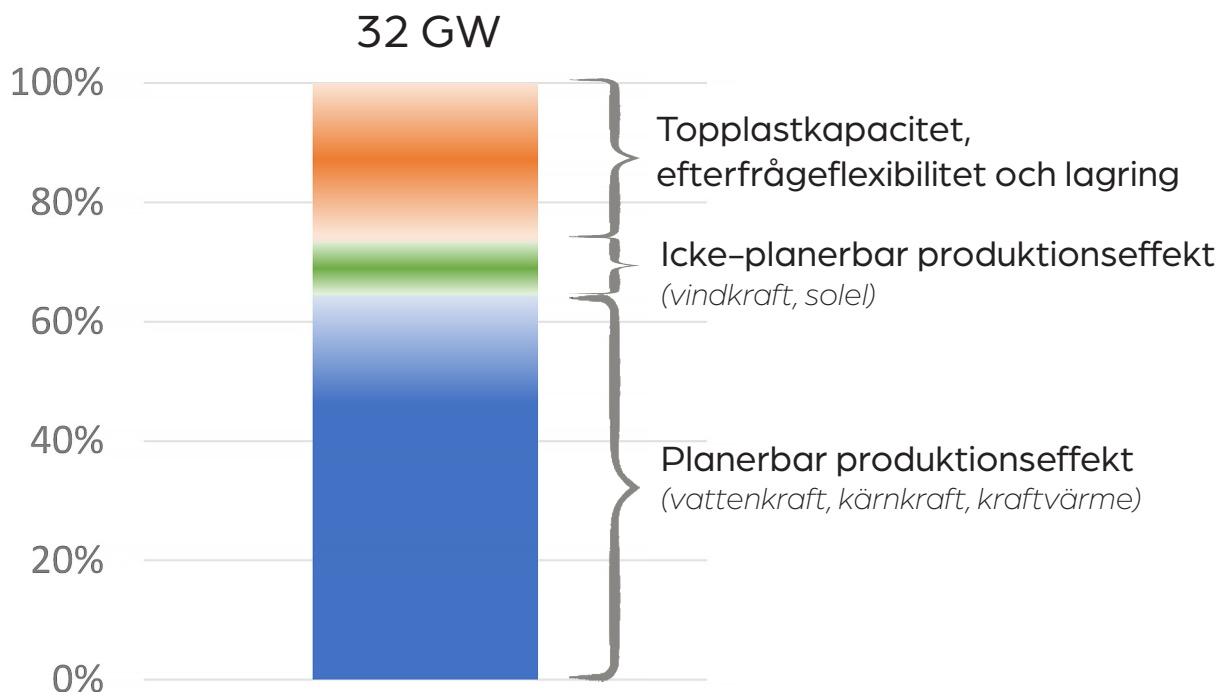


Effektbehovet på lång sikt

- Huvudfrågan i denna rapport är hur vi klarar att få till tillräcklig elektrisk effekt, så att vi kan tillgodose elbehovet under alla årets 8760 timmar.
- I dag finns en installerad produktionskapacitet i Sverige på knappt 40 000 MW (40 GW). Som framgår av diagrammet utgörs merparten av denna kapacitet av vattenkraft, kärnkraft, industriellt mottryck, kraftvärme och vindkraft. En liten del utgörs av sol och övrigt förnybart.
- Det finns också resurser för s.k. topplastproduktion, dvs sådan produktion som krävs för att möta effektbehovet när systemet är som mest belastat. Normalt används denna kapacitet endast under ett fåtal timmar per år. Det rör sig i första hand om kondenskraftverk eller gasturbiner. Enligt Svenska kraftnät uppgick den installerade topplasteffekten inför vintern 2020/2021 till ca 2500 MW, varav ca 1000 MW var tillgängligt (dvs kunde börja utnyttjas omedelbart vid behov).
- Enligt scenarierna kommer behovet av topplastproduktion att öka fram till 2050. Kapacitetsbehovet bedöms uppgå till minst 5000 MW (och troligen ännu mer i det fall kärnkraftverken stängs).
- En viktig fråga är dels vilken teknik som finns tillgänglig för att möta behovet av topplast, dels hur man får till stånd investeringar i sådana anläggningar. Ekonomiskt innebär sådana investeringar ett stort risktagande, eftersom de normalt bara används under ett fåtal timmar varje år och därmed ger begränsade och osäkra intäkter.
- Det framtida behovet av topplastproduktion blir mindre ju större plats efterfrågefleksibilitet och energilagring kan ta i systemet. Det finns alltså en viss utbytbarhet mellan dessa alternativ för effektbalansen. En viktig fördel med topplastproduktion är att den har förmågan att vara ut hållig. Efterfrågefleksibilitet innebär oftast att man inom en relativt kort tid måste hämta igen den elförbrukning som man av exempelvis effektskäl valde att skjuta upp.

Handel med el

– hur möter vi en efterfrågan på drygt 32 GW utan import år 2045?

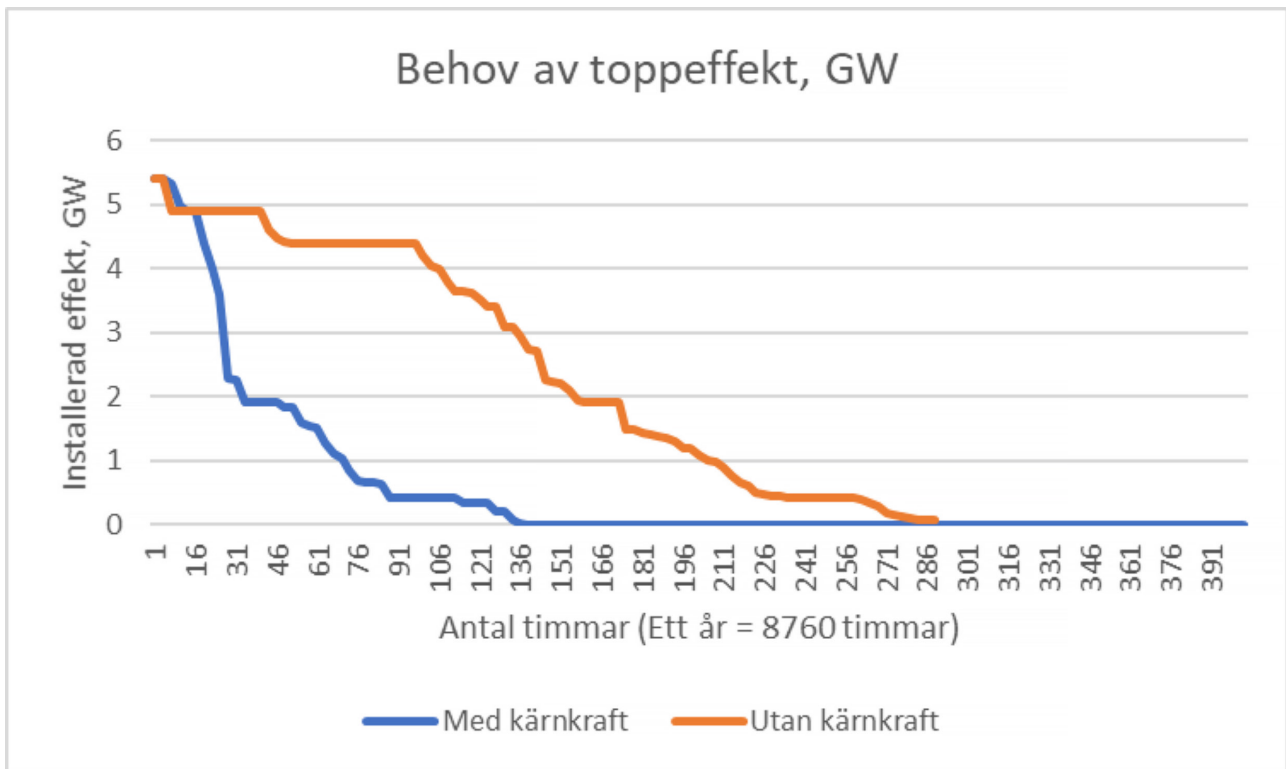


Handeln med el är central

- Handel med el med våra grannländer spelar en viktig roll för vår elförsörjning. Genom att el kan transporteras mellan länderna och att det finns en gemensam börs som ger en effektiv prisbildning, får samtliga anslutna nordiska länder en elförsörjning som är tekniskt, ekonomiskt och miljömässigt effektiv.
- Sammankopplingen av elsystemen ger också ett mer robust system, där handeln gör att länderna kan möta enskilda toppar i elbehovet utan att behöva bygga eller tillhandahålla kraftverk.
- Ibland uttrycks det oro för leveransförmågan och robustheten hos ett kraftsystem, som till större del än idag baseras dels på ökad export och import till våra grannländer, dels på s.k. icke planerbar elproduktion i form av vind- och solenergi. Kan vi verkligen lita på att våra grannländer kan förse oss med el när behovet är stort och det inte blåser?
- Diagrammet illustrerar schematiskt ett scenario för 2045 där det inte finns möjlighet att importera el. I exemplet utgörs ungefär två tredjedelar av den inhemska produktionskapaciteten av planerbar elproduktion (vattenkraft, kärnkraft och kraftvärme) och ungefär fem procent av icke planerbar produktion (vind och sol). Det låga bidraget från vindenergi beror på att den har låg effekttillgänglighet trots att den installerade kapaciteten är relativt stor. Resterande ca 30 procent av elbehovet måste då mötas med andra åtgärder i form av topplastproduktion, efterfrågefleksibilitet och/eller energilagring.

Topplastproduktion: effekten behövs men inte energin...

Vid den högsta belastningen måste vi ha tillgång till
toppeffekt både med och utan kärnkraft



Hur ofta behöver vi kapacitet för toppeffekt?

- Enligt scenarierna behövs det ca 5500 MW (5,5 GW) topplastkapacitet omkring år 2035 om det totala effektbehovet vid varje tillfälle ska tillgodoses med inhemsk elproduktion.
- Som framgår av figuren utnyttjas den fulla kapaciteten endast under ett fåtal timmar under året, typiskt sett under sådana timmar som illustrerades i föregående figur.
- Den årliga drifttiden för topplastproduktionen är mycket låg, typiskt sett mellan 1 och 5 procent av årets alla timmar, beroende på scenario.
- Störst behov föreligger i scenariot där kärnkraften avvecklats och ersatts av lika mycket vind och sol.
- Minst behov föreligger i scenariot där kärnkraften är tillgänglig och efterfrågeflexibilitet kan mobiliseras på användarsidan. En viss andel av elförbrukningen antas då kunna förskjutas i tid inom vissa tidsbegränsningar som beror på vilken typ av elanvändning det rör sig om, t ex laddning av elfordon eller el för uppvärmning.
- Produktionseffekten behövs alltså, men under mycket få timmar.
- I energi räknat bidrar topplastanläggningarna endast med försumbara volymer.

Har vi tillräckligt med effekt när det gäller? Analys av några ansträngda perioder

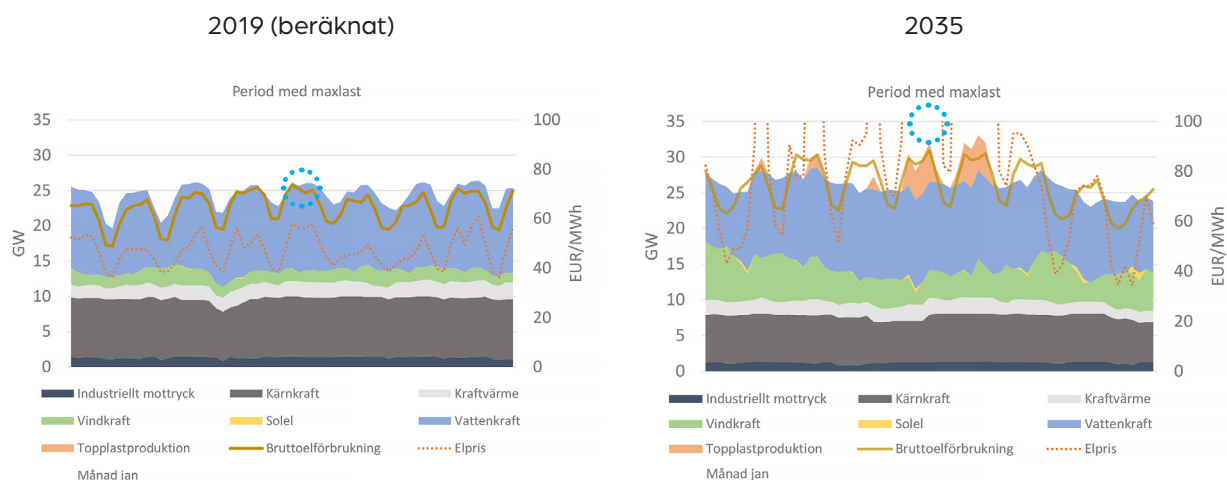


- Maximal elförbrukning, om dagens kärnkraft är kvar
- Maximal elförbrukning utan kärnkraft
- Maximal elförbrukning om det inte blåser – med och utan kärnkraft
- Hur kan efterfrågefleksibilitet bidra?

I det följande illustreras behovet av toppeffekt i några ansträngda situationer. Utgångspunkten är NEPP-scenarierna.

- Vilken toppeffektkapacitet behöver vi vid maximal förbrukning?
- Hur påverkas det om dagens kärnkraftverk inte är kvar?
- Hur påverkas behovet av toppeffekt om effektbehovet är högt och det inte blåser?
- Hur stort blir behovet av toppeffekt om vi genom åtgärder på användningssidan (efterfrågefleksibilitet) kan minska eller flytta belastningen i tid?

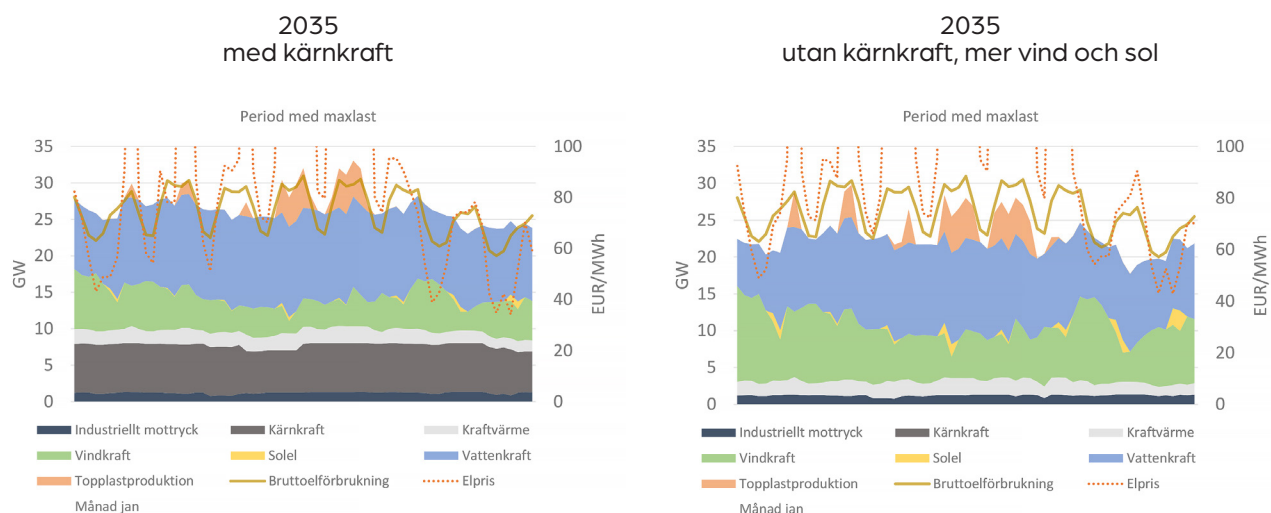
Effektbalansen i ett ansträngt läge – idag och i framtiden



Hur klarar elsystemet timmen med maximal elförbrukning ?

- Figuren visar den dryga vecka i januari som omger timmen med maximalt effektuttag i landet som helhet. Historiskt sett har just timmen med den högsta förbrukningen utgjort den mest utmanande situationen för det svenska elsystemet. I den vänstra delen av figuren ser vi 2019 med den elproduktionsmix vi hade då, den högra delen av figuren belyser ett framtidsscenario för 2035 med kärnkraft och en ökad andel vindkraft och solkraft.
- Effekttoppen 2019 låg på cirka 25 000 MW medan den beräknade toppen för 2035 i detta scenario hamnar på cirka 31 000 MW (inringat i figuren).
- I scenariot förutsätts att den underliggande efterfrågan är större i framtiden och att användningen av el varierar mer över dygnet jämfört med i dag. (kurvan i figuren till höger är "spetsigare"). Efterfrågefleksibilitet kan dock jämna ut kurvan, men detta har inte analyserats närmare i just det här exemplet.
- Elpriset (den streckade kurvan) beräknas variera mer i framtiden och skillnaden mellan höga och låga priser under dygnet blir större.
- Vattenkraften spelar en central roll i elsystemet också framgent, men den körs på ett delvis annat sätt jämfört med i dag. I den vänstra figuren (2019) följer vattenkraften mönstret i elförbrukningen mycket väl. I den högra figuren (2035) är det mönstret inte alls lika tydligt. Det beror bland annat på att driften av vattenkraften i högre grad än i dag behöver anpassas efter vindkraftens variationer. Denna slutsats stöds också av andra modellsimuleringar som utförts av NEPP.
- Bidraget från planerbar termisk effekt är mindre 2035 jämfört med i dag, både i relativa och absoluta termer. [Här bör noteras att Ringhals 1 och Ringhals 2 ingår i effektbalansen i figuren för 2019 men är numera tagna ur drift].
- Importen av el beräknas öka i framtiden. I den vänstra figuren (2019) överstiger produktionen förbrukningen under veckans alla timmar. Simuleringen för 2035 visar att Sverige kommer att behöva importera el under flera timmar för att få balans i elsystemet. [I figuren illustreras importen som skillnaden mellan den heldragna linjen (elförbrukning) och höjden på areadiagrammet (produktionen)].
- Vidare finns ett ökat behov av planerbar produktionseffekt med kort utnyttjningstid, så kallad topplastproduktion. I de simuleringar som illustreras här har det antagits att det finns tillgång till 5 000 MW topplastproduktion (motsvarande till exempel ett 50-tal gasturbiner). Hur och när den används är däremot ett resultat av simuleringarna. Om det hade antagits att det inte fanns någon tillgänglig topplastkapacitet hade det behövts antingen ännu mer import, till en högre kostnad, eller en minskad förbrukning för att få balansen att gå ihop.
- Under vissa timmar ersätter importerad el inhemsk topplastproduktion, medan det under andra timmar körs nästan enbart inhemsk topplastproduktion. Det beror på vilka tekniska och ekonomiska förhållanden som råder i Sverige och i våra grannländer under just den aktuella timmen.

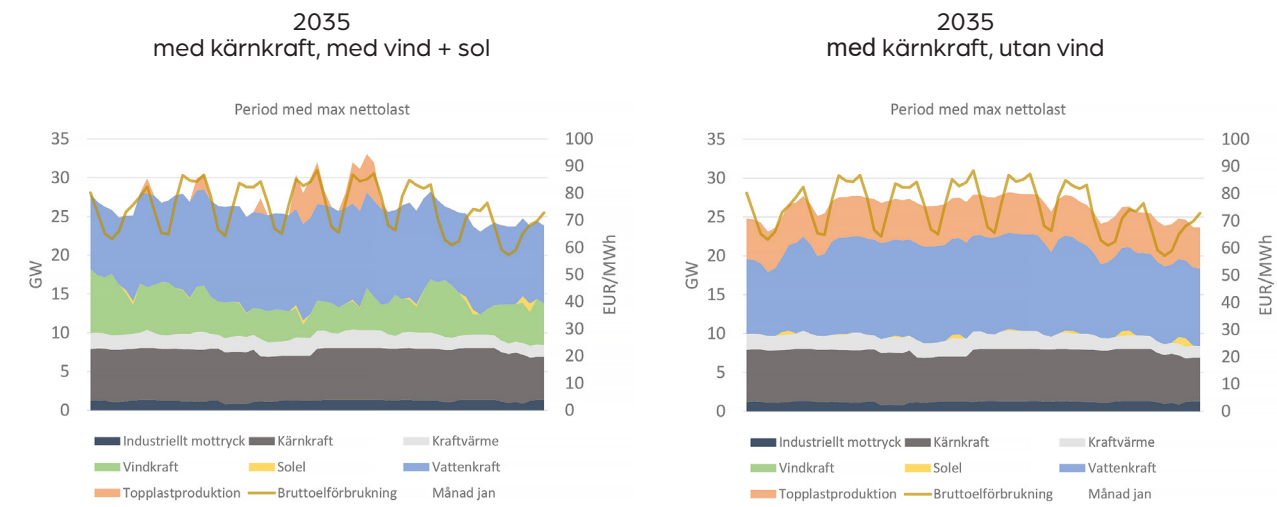
Ansträngt läge utan kärnkraft och mer vind och sol



Hur går effektbalansen ihop i ett framtida elsystem utan kärnkraft och där andelen variabel elproduktion har ökat kraftigt?

- I det här exemplet illustreras timmen med högst effektuttag i ett framtidsscenario 2035 där vi jämför ett elproduktionssystem med tillgång till kärnkraft (bilden till vänster) med ett system utan kärnkraft (bilden till höger). I den högra figuren har kärnkraften ersatts med vind- och solkraft (ungefär lika mycket vind och sol som kärnkraften bidrar med på årsbasis).
- Elanvändningen antas vara densamma i båda figurerna.
- Elpriserna i framtiden väntas bli mer variabla än vad vi hittills varit vana vid (den streckade linjen). Prisvariationerna är större i ett system utan kärnkraft.
- Behovet av inhemsk topplastkapacitet och import är likaledes större i ett system utan kärnkraft.
- Bidraget till effektbalansen är inte noll från vindkraften under någon enskild timme, men det är relativt litet. Vindkraften bidrar med ungefär 5 000 MW (5 GW) i den vänstra figuren av totalt cirka 20 000 MW (20 GW) tillgänglig vindkrafteffekt, och med ungefär 5 000 –10 000 MW (5–10 GW) i den högra figuren av totalt cirka 30 000 MW (30 GW) tillgänglig vindkrafteffekt.

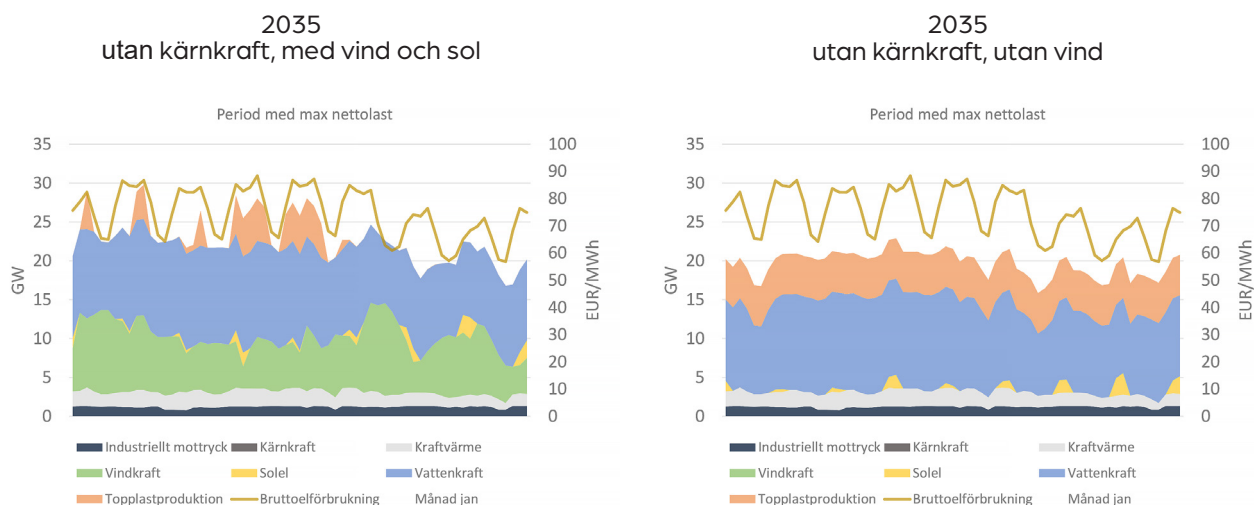
Ansträngt läge: Med kärnkraft men vindstilla (räkneexempel)



... och vad händer om det inte skulle blåsa men om vi har kärnkraften kvar?

- Med en snabbt ökande andel vindkraft i elproduktionsmixen är det naturligt ställa sig frågan hur effektefterfrågan kan tillgodoses om det inte blåser.
- Här illustreras timmen med högst effektuttag i ett framtidsscenario 2035 där vi har tillgång till kärnkraft och där det inte blåser alls och effektbidraget från vind antas vara obefintligt (figuren till höger). [Det bör framhållas att detta är ett extremt och starkt förenklat räkneexempel]. Figuren till vänster visar samma vecka i en situation där vi har tillgång till både kärnkraft och vind och sol.
- I modellberäkningarna antas att det finns 5 000 MW (5 GW) topplastproduktion. I det här räkneexemplet, där vindkraften inte ger något effektbidrag, "tvingas" topplastproduktionen in med maximalt antagen kapacitet, men den räcker ändå inte riktigt till för att effektbalansen ska gå ihop. Sverige behöver även importera under den aktuella perioden.
- En större andel planerbar produktionskapacitet är särskilt värdefull vid extrema situationer. Utan tillgång till planerbar termisk produktion måste efterfrågefleksibilitet spela en större roll för att effektbalansen ska gå ihop. Efterfrågefleksibilitet och planerbar produktion är delvis komplementära men kan inte helt jämföras eftersom efterfrågefleksibilitet vanligen har mindre uthållighet.

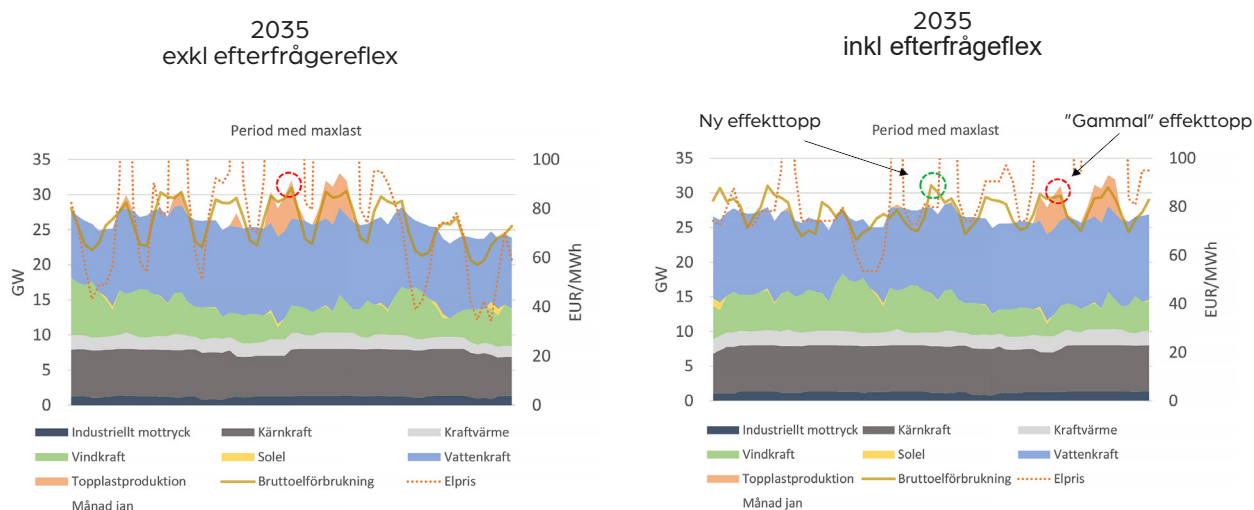
Ansträngt läge utan kärnkraft och vindstilla (räkneexempel)



... och vad händer om det inte skulle blåsa, och vi dessutom inte har tillgång till kärnkraft?

- Här illustreras situationen med högst effektuttag i ett framtidsscenario (2035) där det inte blåser och där vi inte heller har tillgång till kärnkraft.
- Det bör understrykas att det exempel som illustreras beskriver en relativt långvarig period med stiltje vilket får betraktas som ett extremfall.
- Övrig kraftproduktion (vattenkraft, kraftvärme, industriellt mottryck) producerar nära sin maximala förmåga. Där finns alltså inte några extra resurser att utnyttja.
- Importbehovet är betydande även om vi antar att den tillgängliga topplastkapaciteten på 5 000 MW i modellberäkningarna antas användas så mycket som det är möjligt (se den högra figuren). Utan tillgång till denna topplastproduktion överstiger importbehovet kapaciteten på överföringsförbindelserna till grannländerna.
- Och omvänt, om en sådan extrem period sammanfaller med ett läge där vi inte kan förlita oss på import så räcker inte den inhemska kapaciteten till för att täcka efterfrågan.
- Topplastproduktionen under perioden är 0,2 TWh i den vänstra figuren och knappt 1 TWh i den högra figuren. I ett scenario utan kärnkraft, och utan vind, får vi alltså ett ökat behov av topplast-effekt samtidigt som importbehovet ökar.
- Efterfrågefleksibilitet skulle kunna bidra, men det har inte analyserats närmare i denna simulering. Det kan dock konstateras att bidraget från efterfrågefleksibilitet skulle behöva vara tämligen stort för att lösa det effektunderskott som uppstår under den aktuella (extrema) situationen, i synnerhet som vi i detta räkneexempel inte kan förlita oss till import.

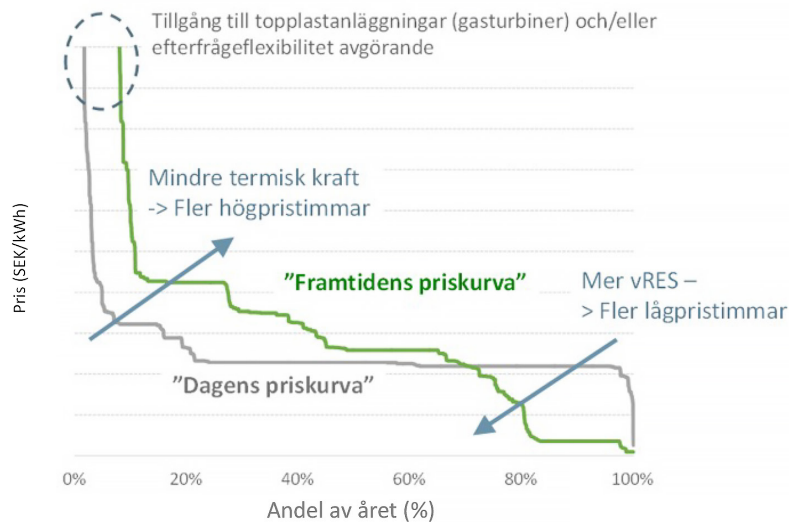
Efterfrågefleksibilitet under ansträngda timmar



Hur kan efterfrågefleksibilitet bidra under ansträngda timmar?

- Efterfrågefleksibilitet (och lagring) blir allt viktigare i det framtida elsystemet. Redan i dag utnyttjas efterfrågefleksibilitet i viss utsträckning som reglerresurs, dels som en följd av höga priser, dels genom direkta bud. Frågan är om efterfrågefleksibilitet är en faktor att räkna med under ansträngda timmar? I så fall skulle efterfrågefleksibilitet kunna bidra till att göra det framtida elsystemet mer robust.
- I figuren illustreras hur efterfrågefleksibilitet kan bidra under den vecka som omger situationen med den högsta effektefterfrågan.
- Figuren till vänster visar utgångsläget, dvs ett scenario år 2035, med kärnkraft men utan efterfrågefleksibilitet.
- I figuren till höger räknar vi med en relativt omfattande efterfrågefleksibilitet inom elbilsaddning (30 procent av fordonen kan skjuta på lasten i tiden) och på uppvärmningssidan (20 procent av den elbaserade uppvärmningen antas kunna flytta sin förbrukning i tid). Det bör noteras att eventuell efterfrågefleksibilitet (eller lagring) från industrin inte har tagits med i dessa beräkningar.
- Figuren illustrerar att efterfrågefleksibilitet kan bidra till att minska den tidigare effekttoppen men att det uppstår en ny topp, som är ungefär lika stor, under en period då elbalansen inte är lika ansträngd. Eller annorlunda uttryckt: efterfrågefleksibilitet bidrar till att minska effektuttaget under ansträngda timmar medan effektuttaget under mindre ansträngda timmar ökar.
- Efterfrågefleksibilitet leder också till att behovet av topplastproduktion minskar, eller helt försvinner, under vissa timmar.
- Efterfrågefleksibilitet har enligt beräkningarna bara en marginell inverkan på mängden överförd el mellan Sverige och omvärlden.
- Effekttoppen i sig är inte något större problem. Utmaningen uppstår om den sammanfaller med ett läge då produktionen är ansträngd eller överföringsförmågan knapp. Det bör (återigen) påpekas att den här analysen inte tar hänsyn begränsningar i de lokala elnäten. Sådana begränsningar skapar ytterligare incitament till efterfrågefleksibilitet.
- Sammanfattningsvis bedöms efterfrågefleksibiliteten bli en allt viktigare reglerresurs för vårt elsystem i framtiden, inte minst för reglering under enstaka timmar.

Elpriserna kommer att variera mer i framtiden



Större variationer i elpriserna

- Figuren visar schematiskt hur elpriserna varierar inom året dels i dagsläget (grå färg), dels för ett framtida år, i detta fall runt 2030 (grön färg). Timpriserna har sorterats i fallande ordning, från vänster till höger.
- Den gråa kurvan visar dagens typiska situation med ett fåtal timmar med mycket höga priser och ett fåtal timmar med mycket låga elpriser. Däremellan rör sig priserna inom ett relativt smalt intervall (vars nivå dock kan skilja sig avsevärt mellan olika år)
- I framtiden kommer, enligt modellberäkningarna, andelen timmar med mycket höga priser respektive mycket låga priser att öka.
- Ett större inslag av vind- och solbaserad elproduktion får, allt annat lika, priskurvans lågprisdelen att skifta inåt – det blir fler timmar med (mycket) låga elpriser.
- Ju mindre planerbar termisk effekt (t.ex. kondenskraftverk och gasturbiner) det finns i systemet, desto mer kommer – allt annat lika – priskurvans högprisdelen att skifta åt höger i figuren. Det blir fler timmar med höga elpriser.
- Tillgången till efterfrågefleksibilitet och topplasteffekt (produktion) kan ha stor betydelse för hur stor perioden med höga elpriser blir. Om elbehovet under ansträngda timmar kan pressas ned eller flyttas i tid så skjuts priskurvan till vänster, dvs. det blir färre timmar med höga priser. På så sätt kan alltså efterfrågefleksibilitet ha stor betydelse för lönsamheten i topplastproduktion.
- Efterfrågefleksibilitet har också inverkan på lågprisperioderna (den högra delen av kurvan). I den här studien har inte belysts hur efterfrågefleksibilitet påverkar elpriserna. Något förenklat kan dock sägas att ju större bidrag från efterfrågefleksibilitet, desto mer kommer lågprisdelen att skifta utåt. Efterfrågefleksibilitet innebär nämligen att elförbrukningen stiger under de timmar då elpriset är lågt, allt annat lika. Därmed stiger också de (låga) priserna på el under just de timmarna. Den sammantagna priseffekten av efterfrågefleksibilitet är alltså att priskurvan i figuren jämnas ut.

FULL EFFEKT

Hur klarar vi effektbalansen i det framtida elsystemet? Vilka utmaningar ser vi med elförsörjningen? Vad händer om det inte blåser tillräckligt, eller om möjligheterna att importera el minskar? Och hur kan en mer flexibel elanvändning bidra till att stabilisera elbalansen?

Rapporten fokuserar främst på elsystemets förmåga att klara av den allra högsta belastningen, den så kallade topplasten. Här belyser vi utmaningarna för elsystemet i ett antal ansträngda situationer, till exempel om det inte skulle blåsa under en längre tid.

Rapportens beräkningar och resonemang pekar på några viktiga utmaningar som måste uppmärksammas av politiker och energisektorns olika aktörer redan nu, för att vi inte ska få problem med vår framtida elförsörjning.

Ett nytt steg i energiforskningen

Energiforsk är en forsknings- och kunskapsorganisation som samlar stora delar av svensk forskning och utveckling om energi. Målet är att öka effektivitet och nyttiggörande av resultat inför framtida utmaningar inom energiområdet. Vi verkar inom ett antal forskningsområden, och tar fram kunskap om resurseffektiv energi i ett helhetsperspektiv – från källan, via omvandling och överföring till användning av energin. www.energiforsk.se



Energiforsk