

FÖRNUFT OCH KÄRNKRAFT

HUR DEN SVENSKA ENERGIMODELLEN
KAN LÖSA KLIMATKRISEN

JOAKIM BROMAN

TIMBRO

© Författaren och Timbro 2019
www.timbro.se
info@timbro.se
Sättning: Markus Konow

APRIL 2019

OM FÖRFATTAREN



Joakim Broman är ledarskribent på Liberala Nyhetsbyrån. Han skriver ofta om ekonomisk politik, miljö- och klimatfrågor, och har följt kärnkraftsdebatten under många år.

SAMMANFATTNING

- ◇ Den blocköverskridande energiöverenskommelsens mål om ett 100 procent förnybart energisystem kommer att ställa till stora problem både för elproduktionen och i klimatomställningen. Större svängningar i produktionen på grund av beroendet av vindkraft skapar å ena sidan bristande lönsamhet och investeringsvilja, och å andra sidan elbrist och importberoende.
- ◇ Behovet av baskraft innebär att den snabba utbyggnaden av vind- och solkraft inte ensam kan ersätta kolkraft. Den globala klimatomställningen går därför alltför långsamt. Behovet av reglerbar fossilfri energi kommer dessutom att öka i takt med att fler sektorer elektrifieras.
- ◇ Sveriges förmåga att både genomföra vår egen klimatomställning och att bidra till andras, exempelvis genom att tränga ut fossil elproduktion eller att locka till oss elintensiv verksamhet, hotas i takt med att kärnkraften fasas ut.
- ◇ Energiöverenskommelsen måste rivas upp och kärnkraftens roll i det svenska energisystemet tydliggöras. Leveranssäkerhet måste premieras och subventionerna till förnybar energi fasas ut för att jämna ut förutsättningarna för energislagen.

INNEHÅLL

| | |
|---|-----------|
| Inledning | 6 |
| Helt förnybar energi: En lösning på jakt efter ett problem | 8 |
| Problem med förnybar elproduktion | 9 |
| Kärnkraft i stället för kol: Den svenska energimodellen | 11 |
| Argumenten mot kärnkraft | 14 |
| "Kärnkraften behövs inte" | 14 |
| Avfallet, kärnvapnen och uranbristen | 14 |
| Säkerheten | 16 |
| "Ny kärnkraft är för dyr" | 17 |
| Kärnkraft som klimatpolitik | 21 |
| Slutsatser: Klimatpolitiken och kärnkraftens framtid | 25 |
| Policyförslag | 27 |
| Riv upp energiuppgörelsen | 27 |
| Tillåt kärnkraftverk på nya platser | 27 |
| Låt den förnybara energin betala för sina systemkostnader | 27 |
| Fasa ut elcertifikatsystemet och övriga förnybara subventioner | 27 |
| Öka forskningsanslagen till ny kärnkraft | 28 |
| Upprätta en nationell strategi för elintensiva verksamheter | 28 |
| Referenser | 30 |

INLEDNING

Kommer världen att klara klimatkrisen? Frågan är fortfarande öppen och goda och dåliga nyheter avlöser varandra i nyhetsrapporteringen. De flesta är överens om att klimatfrågan är både viktig och brådskande. Världen över måste fossila bränslen fasas ut i alla delar av samhället.

Vissa sektorer står dock inför större utmaningar än andra. Dit hör energisektorn. Energiproduktionen, mestadels el och värme, står för 68 procent av världens klimatutsläpp.¹ Runt 40 av dessa 68 procent utgörs av själva elproduktionen,² där kolkraften står för merparten.

Även om vi helt skulle sluta flyga, köra bensinbilar och diesellastbilar och transportera gods på fossildrivna containerfartyg skulle alltså merparten av klimatutsläppen finnas kvar. Att förändra energisektorn är det som utgör den verkliga utmaningen, inte minst eftersom det handlar om så enorma volymer. Bara i Kina genererade kolkraften under 2017 drygt 4 300 TWh³ – att jämföra med den svenska elkonsumtionen på 150 TWh. Den installerade effekten kolkraft i landet är runt 1 000 GW, och kommer att fortsätta byggas ut de kommande åren.⁴ En konservativ uppskattning är att om denna installerade effekt ersattes med vindkraft skulle det krävas mellan 300 000 och 400 000 vindkraftverk. (Dessutom, som vi återkommer till i avsnittet ”Energiewende: Den tyska omställningen”, skulle dessa vindkraftverk till skillnad från

kolkraftverken bara producera el ungefär en tredjedel av tiden.)

Att ersätta dagens fossila energiproduktion är inte heller hela utmaningen. År 2050 beräknas världens befolkning ha växt från 7,4 till 9,8 miljarder,⁵ samtidigt som miljontals människor lyfts ur fattigdom. Att tillgodose alla dessa med el och värme utan att samtidigt bygga ut den fossila produktionen är en svår nöt att knäcka. Samtidigt är det varken möjligt eller moraliskt acceptabelt att säga att en småbarnsfamilj i södra Indien måste tvingas leva utan elektricitet och varmvatten för att världen redan släppt ut den mängd koldioxid som var godtagbar.

I Sverige, liksom i många andra delar av världen, har idén om ett 100 procent förnybart energisystem blivit ett slags standard svar på hur denna utmaning ska lösas. Förespråkarna pekar – helt riktigt – på de snabbt sjunkande priserna för exempelvis solceller och vindkraftverk.⁶ På marginalen är sol- och vindkraft det billigaste sättet att tillföra fossilfri energi, och dessa energislag kommer därmed att vara viktiga de kommande åren.

Men den miljörelse – inklusive svenska Miljöpartiet – som förespråkar detta ignorerar samtidigt de problem som uppstår i de energisystem som blir alltför beroende av förnybara källor. När sol och vind står för betydande delar av elproduktionen blir svängningarna i produktionen kraftiga, vilket skapar lönsamhetsproblem i den ena

¹ IEA (2017).

² OECD/NEA (2019).

³ BP (2018).

⁴ McGrath (2018).

⁵ UN DESA (2017).

⁶ Grafström & Lindman (2017).

änden och brist i den andra. Ingen tillfällig lagring, som batterier, är i dag ens nära att lösa dessa problem. Behovet av baskraft i energisystemen kvarstår, och ökar till och med i takt med att el ersätter fossila bränslen i exempelvis transportsektorn. Detta leder ironiskt nog till att kolkraften inte fasas ut i den takt som är nödvändig för att möta klimatutmaningen. I stället har den snabba förnybara utbyggnaden i många fall kommit att ersätta kärnkraften.

Miljörörelsen och gröna partier, som Miljöpartiet, tycks se möjligheten till billig

utbyggnad av förnybar energi som en chans att fasa ut och lägga ner kärnkraften. Resultatet är dock att klimatomställningen får stå tillbaka, och i värsta fall till och med går bakåt.

Energisektorn måste dekarboniseras. Lösningen på klimatfrågans viktigaste beståndsdel är att bygga ut kärnkraften så snabbt som möjligt, att behålla den som finns så länge som möjligt, och att kombinera detta med en snabb utbyggnad av förnybar elproduktion. Det vill säga det man skulle kunna kalla den svenska energimodellen.

HELT FÖRNYBAR ENERGI: EN LÖSNING PÅ JAKT EFTER ETT PROBLEM

2016 års energiöverenskommelse under tecknades av Socialdemokraterna, Moderaterna, Miljöpartiet, Centerpartiet och Kristdemokraterna, och var tänkt att skapa långsiktiga förutsättningar för det svenska energisystemet. Uppgårelsen innehåller tre mål:

- Senast år 2045 ska Sverige inte ha några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären, för att därefter uppnå negativa utsläpp.
- Målet år 2040 är 100 procent förnybar elproduktion. Detta är ett mål, inte ett stoppdatum som förbjuder kärnkraft och innebär inte heller en stängning av kärnkraft med politiska beslut.
- Sverige ska år 2030 ha 50 procent effektivare energianvändning jämfört med 2005. Målet uttrycks i termer av tillförd energi i relation till BNP.

Av dessa är det främst den andra punkten som väckt uppmärksamhet och diskussion. Det var också denna punkt som fick Liberalerna, Vänsterpartiet och Sverigedemokraterna att hoppa av uppgörelsen, fast av olika skäl. Vänsterpartiet ville se ett slutdatum för kärnkraften, medan Sverigedemokraterna pekade på vikten av leveranssäkerhet och trygghet i energiförsörjningen.⁷ Liberalerna var starkt kritiska till subventionerna av förnybar energi som görs genom elcertifikatsystemet.⁸ Både L och SD ville att målet skulle formuleras som

”100 procent fossilfritt energisystem”. I början av april 2019 anslöt sig även Moderaterna till detta krav.

Det är en formulering som ställer frågan på sin spets. För vilket problem är det egentligen som målet om ett 100 procent förnybart energisystem försöker lösa? Sveriges energisystem är till skillnad från de flesta andra länders redan till 98 procent fossilfritt. Ur ett klimatperspektiv är det få länder som har en bättre elproduktion i hela världen.⁹

Svaret är förstås att problemet som Miljöpartiet och stora delar av den övriga miljörelsen försöker ”lösa” är kärnkraften. Huruvida detta verkligen är ett problem kan vara värt att diskutera (se avsnittet ”Argumenten mot kärnkraften”). Så mycket kan man konstatera att även om miljörelsen gärna framställer det som en nödvändig klimatåtgärd – argumentationen från föreningen ”100 procent förnybart”, stödd av bland andra Naturskyddsföreningen, WWF och Greenpeace är ett exempel¹⁰ – så har den förespråkade energiomställningen inte något att göra med vår klimatpolitik. Utsläppen från elproduktionen är redan borta.

Tvärtom talar allt mer för att målet står i skarp motsättning till en effektiv minskning av klimatutsläppen, både för svensk del och i en europeisk kontext.

⁷ Wiesner (2018).

⁸ Nordenskiöld (2016).

⁹ Norge är ett exempel. Vattenkraft står för runt 96 procent av den norska elproduktionen, något som till stor del beror på landets geografiska och topografiska förutsättningar.

¹⁰ 100 procent förnybart (2019).

PROBLEM MED FÖRNYBAR ELPRODUKTION

Det finns flera problem med de energisystem som i för stor utsträckning förlitar sig på sol- och vindkraft. Tyskland, som i den svenska debatten ibland framhålls som ett föredöme på grund av sin snabba utbyggnad av förnybar energi,¹¹ utgör på flera sätt en bra illustration av problematiken. Landets energiomställning under de senaste 15 åren har varit omtalad, inte minst i gröna kretsar. 2018 var den förnybara andelen för första gången största energislag i elproduktionen.¹² "Energiewende", som omställningen kallas på tyska, har inneburit att mängden vindkraft nästan tredubblats på tolv år. Jämfört med år 2000 är det fråga om en tjugodubbling.¹³

Men som statsvetaren Joshua Goldstein och energiforskaren Staffan Qvist visar i sin bok *A Bright Future* (2019) har detta också inneburit en del problem. Sol- och vindkraft är intermittenta kraftkällor, det vill säga produktionen varierar kraftigt över tid. Båda energislagen producerar el när möjligheten finns, inte när den efterfrågas. Det har bland annat lett till att elpriset i vissa perioder, särskilt under dagtid på våren eller sommaren när solkraften ger mycket el samtidigt som efterfrågan är låg, är noll eller till och med negativt: de tyska elnätsbolagen tvingas ibland betala storkonsumenter av el för att konsumera ännu mer, eftersom nätet annars riskerar att överbelastas. När förespråkare för ett 100 procent förnybart energisystem lyfter fram vindkraftens låga kostnader¹⁴ är detta en aspekt som inte tas med i beräkningen. Det

innebär också problem för energisystemet på längre sikt eftersom långsiktiga och mer storskaliga investeringar undergrävs av de stora prisvariationerna.

Energiföretaget Uniper, bland annat ägare till Eon, skriver i en rapport: "På en marknad där priset sätts baserat på den billigaste kilowattimmen och där planerbar produktion med stora turbiner och generatorer får absorbera kostnaderna för de obalanser som vindkraften skapar, hotas investeringarna i just planerbar produktion. Det gör att frekvensstabiliteten och leveranssäkerheten, som är en viktig konkurrensfördel för den elintensiva industrin på sikt riskerar att bli betydligt sämre."¹⁵

Att elen ibland blir för billig skapar alltså problem för energisystemet som helhet. Och som såväl Goldstein och Qvist som Bill Gates¹⁶ påpekat finns det i dag ingen batteriteknik som ens kommer i närheten av att kunna lagra dessa tillfälliga elöverskott.

Än större problem blir det förstas när elen efterfrågas, men inte finns att få. Det påstås ibland att dessa variationer jämnar ut sig eftersom energisystemen är sammankopplade. Det blåser alltid någonstans, är tanken, och import och export kan utjämna obalanserna. Men som Goldstein och Qvist påpekar stämmer det inte. I en analys av Europas elva främsta vindkraftsländer och fem största solkraftsländer under en vecka 2013 hittade de en period på 48 timmar då vindkraften bara producerade på 6 procent av sin kapacitet,

¹¹ Rockström (2019).

¹² Clean Energy Wire (2018a).

¹³ Tyska energidepartementet (2018).

¹⁴ Wicklén (2018).

¹⁵ Uniper (2018).

¹⁶ Gates (2018).

sett över hela kontinenten. Under den sämsta månaden producerade solkraften bara på 3 procent av sin installerade effekt. Och under den sämsta veckan producerade sol och vind gemensamt på runt 10 procent av kapaciteten.

En rapport från Google¹⁷ illustrerar också detta i praktiken. Google har sedan länge haft ambitionen att bara köpa in förnybar el såväl till sina elslukande serverhallar som till sin övriga verksamhet. Detta har blivit vanligt bland företag som vill få PR-poäng för sitt hållbarhetsarbete.

Men till skillnad från många andra nöjde sig inte Google med att köpa så kallade ursprungsgarantier för elkonsumtionen. Resonemanget var att man kanske tränger undan andra elkunder som skulle vilja köpa samma el.¹⁸ I stället har man tecknat avtal om att köpa el från nya anläggningar, exempelvis vindkraftparker. På så sätt kan man visa att man skapar efterfrågan på ny fossilfri el som tillförs till energisystemet.

Men eftersom den el man tecknar avtal om i sol- och vindkraftsparker inte alltid finns tillgänglig bestämde sig Google för att också titta närmare på hur fossilfri man är i praktiken, det vill säga när man också räknar in de timmar då den förnybara produktionen inte levererar tillräckligt för att driva serverhallarna.

Svaret varierar beroende på hur elmixen i serverhallens region ser ut. I Hamina i norra Finland är Google till 97 procent fossilfria, sett till alla årets timmar. I Lenoir i North Ca-

rolina är samma siffra 67 procent. Detta alltså trots att Google i North Carolina köper förnybar el motsvarande hela sin årsförbrukning.

Mest intressant är dock resultatet i Iowa, där Google byggt upp stora mängder egen vindkraft. Ett normalt vindkraftverk producerar el ungefär en tredjedel av tiden. Man skulle utifrån det kunna anta att det räcker att ha tre gånger så många vindkraftverk som behovet, för att täcka upp för de som för tillfället inte blåser. Men som Googles rapport visar räcker inte ens det. Trots att den installerade effekten i de tre vindparkerna i Iowa var tre gånger större än Googles behov lyckades man bara förse serverhallen med el under tre fjärdedelar av årets timmar. Övriga timmar var serverhallen fossildriven. Vinden blåser inte alltid någonstans.

Rapporten konstaterar också att även om man i teorin skulle kunna addera så mycket överkapacitet att det går att matcha effektbehovet sett över årets alla timmar, så är detta varken tekniskt lämpligt eller ekonomiskt försvarbart.

Det är precis samma poäng som Goldstein och Qvist gör i *A Bright Future*, där de menar att om inte kontinenten ska vara strömlös under merparten av en vecka då sol- och vindkraft producerar för lite, då krävs antingen ”massiv redundant kapacitet som kommer att stå oanvänd merparten av året, eller en omfattande fossilbaserad kraftproduktion som kan producera el till hela Europa under perioder då de förnybara källorna står stilla”.

¹⁷ Google (2019).

¹⁸ Andersson (2018).

KÄRNKRAFT I STÄLLET FÖR KOL: DEN SVENSKA ENERGIMODELLEN

Det finns dock ett tredje alternativ, som dessutom är en pålitlig, leveranssäker och fossilfri energikälla: kärnkraften.

Som de flesta känner till är denna energikälla inte en del av ”Energiewende”. Sedan haveriet i Fukushima i samband med tsunamin 2011 har Tyskland i stället för att fasa ut brunkolet låtit utbyggnaden av vindkraft och solet ersätta kärnkraften. Mellan 2004 och 2017 minskade mängden el från kärnkraft från 167 till 76 TWh. Under samma period minskade även mängden el från kolkraft, men bara från 299 till 242 TWh.¹⁹ Det har varit ett gigantiskt misstag från klimatsynpunkt.

Om Tyskland i stället behållit sin kärnkraft och använt den förnybara utbyggnaden till att ersätta kolkraften hade alltså mängden kolkraftsel kunnat minska med ytterligare 91 TWh. Eftersom ett normalt kolkraftverk släpper ut cirka 700 g koldioxid per producerad kWh²⁰ innebär det att utsläppen hade kunnat minska med ungefär 63 miljoner ton. Det är mer än vad Sverige släpper ut totalt sett varje år.²¹ Det är värt att upprepa att dessa utsläpp sker helt i onödan.

Inte ens om den nya kapaciteten skulle ha ersatt kol i stället för kärnkraft skulle dock takten på den tyska energiomställningen vara tillräcklig sett till klimatmålen i Parisavtalet. Eller för den delen särskilt snabb, jämfört med liknande omställningar historiskt. Inte ens om man tittar på de år då takten varit som allra högst, 2014–2015, har den varit till-

närmelsevis tillräckligt snabb. Som Goldstein och Qvist skriver kommer Tyskland med den farten att vara fossilfritt först om hundra år. Och det är hundra år som världen inte har.

Även bortsett från den variabla produktionen tycks det alltså som om det är mycket svårt att bygga ut sol- och vindkraft i de volymer som krävs för att klara kraven på en snabb klimatomställning.

Jämför sedan detta med den svenska kärnkraftsutbyggnaden under 1970- och 80-talen – en av världshistoriens snabbaste energiomställningar. Från 1970 till 1990 halverade Sverige sina koldioxidutsläpp, samtidigt som ekonomin växte med 50 procent och elproduktionen fördubblades (se figur 1 på sidan 12). På drygt tio år byggdes och driftsattes tolv reaktorer. Om hela världen byggde fossilfri el i samma takt som Sverige gjorde under detta decennium så skulle kolkraften vara borta en bra bit innan 2040. Jämfört med den tyska utbyggnaden av förnybar energi under 2000-talet – en av världens snabbaste expansioner av sol- och vindkraft – adderades fossilfri effekt mer än fem gånger så snabbt (se figur 2 på sidan 13).

Simuleringar som EU-kommissionen gjort bekräftar detta. I åtta scenarier²² har man studerat hur EU:s medlemsländer skulle kunna nå upp till Parismålets målsättningar om 80 respektive 100 procents utsläppsminskningar till 2050. Precis som i IPCC:s modeller konstateras att kärnkraften utgör en ryggrad i energiförsörjningen.²³

¹⁹ BP (2018).

²⁰ SKGS (2019).

²¹ Sveriges utsläpp är cirka 53 miljoner ton (Naturvårdsverket, 2017).

²² Energiforsk (2019).

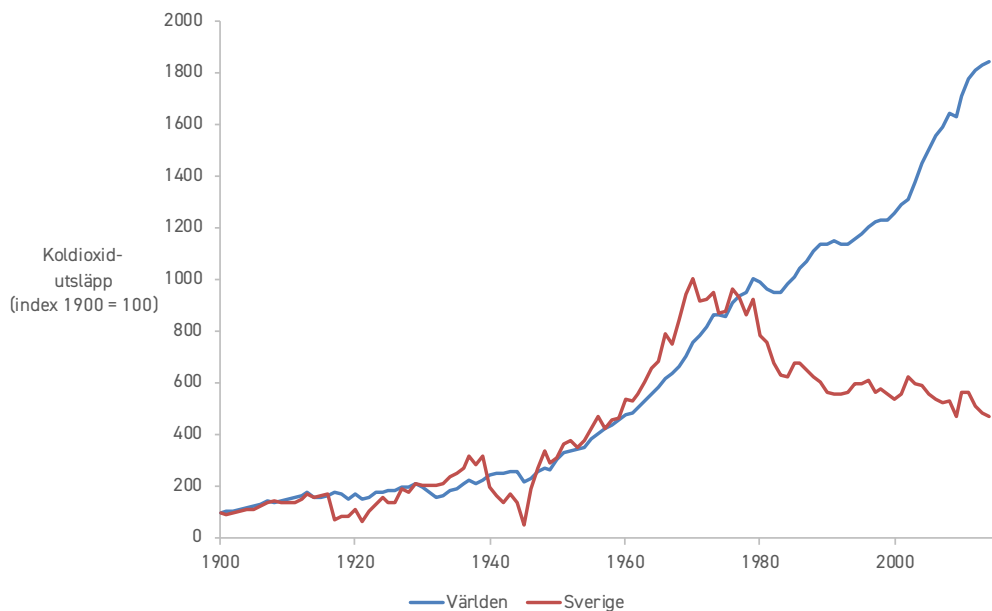
²³ Det ska påpekas att IPCC i formell mening inte förordar någon särskild lösning, varken när det gäller kärnkraft, förnybar energi eller andra kraftslag. Man har dock gjort simuleringar och beräkningar av behov i olika scenarier, och presenterat dessa som möjliga vägar till nollutsläpp. Av de fyra scenarier som presenteras i Summary for Policy Makers är en utbyggnad av kärnkraften central i samtliga, precis som en utbyggnad av förnybar energi.

Även IEA:s beräkningar²⁴ går i samma riktning. I de tre scenarier som man tagit fram som möjliga riktningar för att nå 2-gradersmålet spelar kärnkraften en viktig roll i alla tre. Man ska dock notera att varken IEA, IPCC eller EU-kommissionen pekar ut kärnkraften som ensam lösning. Oavsett scenario, och även om fungerande tekniska lösningar för carbon capture and storage, CCS, och direct air capture, DAC utvecklas,²⁵ behövs en mix av förnybara källor och kärnkraft. I vissa scenarier, exempelvis ett som är framtaget av IEA, är även naturgas en viktig del av lösningen.

Men ett 100 procent förnybart system är alltså varken praktiskt eller kostnadseffektivt för att möta klimatförändringarna, utöver att det skapar stora problem och osäkerheter

i energiförsörjningen – vilket, som vi ska se, också ökar utsläppen. Om detta är de stora invändningarna är de ändå inte alla. Som Michael Shellenberger skriver i Quillette²⁶ tar solcellsparker upp stora markanspråk. Det är kanske inte ett problem i ökenområden (där dock efterfrågan på el tenderar att vara låg), men har en stor alternativkostnad i länder där exempelvis skogsbruk utgör en alternativ markanvändning. I viss mån går förstås el att transportera, men över större avstånd blir förlusterna kännbara. En kostnad för utbyggda elnät uppstår förstås också.

Även vindkraften har negativa externa effekter. En amerikansk studie uppskattade markanvändningen till mellan 30 och 140 hektar per megawatt installerad kapacitet,²⁷ även om den absoluta merparten är tillfällig.



Figur 1. Historiska koldioxidutsläpp i Sverige och världen.

Källa: Carbon Dioxide Information Analysis Center.

²⁴ IEA (2018).

²⁵ Grafström, Hvalgren & Korpi (2018).

²⁶ Shellenberger (2018).

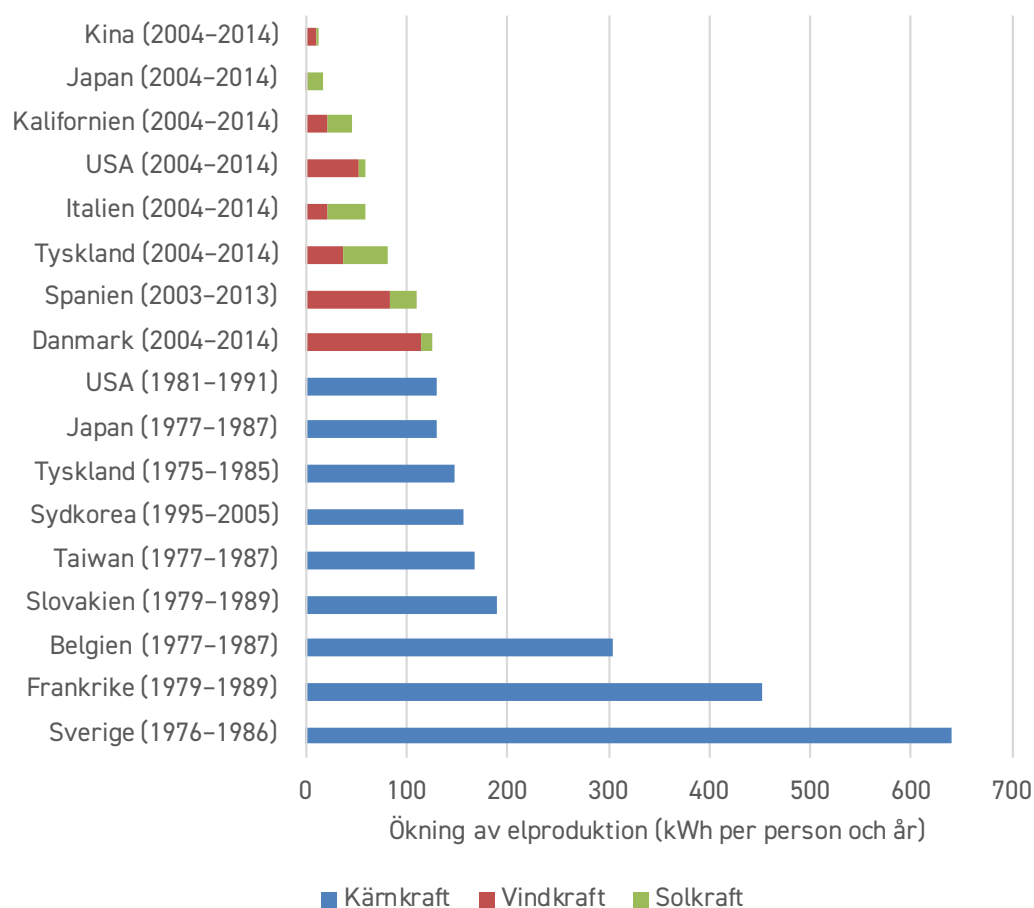
²⁷ Union of Concerned Scientists (2019).

Många fågelarter och fladdermöss tar stryk av utbyggd vindkraft.²⁸

Dessa motargument framstår dock som bagatellartade i jämförelse med klimathotet. Det skulle säkert också de flesta som är engagerade i miljö- och klimatfrågor hålla med om.

Motfrågan blir då varför Sverige, Europa och världen inför en historiskt stor och svår

utmaning ska avsäga sig det historiskt snabbaste och mest kraftfulla verktyget för att lösa problemet? Ännu har ingen som förespråkar ett 100 procent förnybart energisystem kunnat besvara den frågan. Som vi ska se är argumenten mot modern kärnkraft inte bara svaga – de väger extremt lätt i jämförelse med de risker klimatförändringarna innebär.



Figur 2. Olika länders energiomställningar, i ökning av fossilfri elproduktion (kWh per person och år).

Källa: Cao m fl (2016).

²⁸ Ibid.

ARGUMENTEN MOT KÄRNKRAFT

“KÄRNKRAFTEN BEHÖVS INTE”

Men skulle inte Sverige kunna ha ett 100 procent förnybart system, eftersom vi har så mycket vattenkraft att använda i reglerings-syfte? Magasinen i anslutning till vattenkraft-verken är utmärkta sätt att lagra energi i väntan på att det behövs.

Tyvärr är matematiken skoningslös även på detta område. Vattenkraften står för runt 40 procent av Sveriges el, sett över ett helt år, och är i princip utbyggd så mycket som är möjligt. (Kalix älv, Torne älv, Piteälven och Vindelälven är skyddade från utbyggnad av riksdagsbeslut. Om vi valde att ta bort detta skydd kunde vi också bygga ut en del vattenkraft, fast då förstås med stor lokal miljöpåverkan.) Om man antar att kärnkraftens 40-procentiga andel av elproduktionen försvinner, vad kommer att hända under den så kallade toppplasttimmen, den timme på året då vi konsumerar som allra mest el? Under 2018 inträffade denna under en februarimorgon mellan klockan 08 och 09, då solen knappt gått upp.²⁹ Solcellerna kommer inte att producera el under merparten av vinterhalvåret,³⁰ och lagring genom exempelvis batterier är som redan konstaterat inte ett alternativ på kort

sikt. Var ska elen komma ifrån, när det kommer en vindstilla vintermorgon och industriernas maskiner trummar igång, samtidigt som hela Sverige ska ta sin morgondusch?

Vid dessa tillfällen kommer Sverige, om kärnkraften är utfasad, att tvingas importera mer el än i dag. Den elen kommer i många fall att komma från länder som har betydligt mer fossila källor i sin energimix. Det kommer också att innebära att våra möjligheter att exportera fossilfri el minskar, vilket är ett stort avbräck från klimatsynpunkt. Som vi ska se i avsnittet ”Kärnkraft som klimatpolitik” är den svenska elproduktionen och -exporten ett av våra främsta verktyg för att minska utsläppen.

Därtill ska man komma ihåg att även vattenkraften är ett väderberoende energislag. En av anledningarna till att kärnkraften återtog ”tronen” som Sveriges viktigaste energislag under 2018³¹ var att den torra sommaren innebar att många vattenmagasin ekade tomma.

Vattenkraften är på samma sätt som kärnkraften central i det svenska energisystemet. Men den räcker inte för att också ersätta kärnkraften som baskraft.

AVFALLET, KÄRNVAPNEN OCH URANBRISTEN

Vad ska världen göra med de cirka 370 000 ton kärnavfall som producerats sedan 1950-talet?³² Restavfallet kommer att vara radioaktivt i upp till 100 000 år.

En annan fråga, till synes frikopplad från den ovan, är hur världen ska kunna bygga ut kärnkraf-

ten i den utsträckning som behövs för att ersätta kolkraften. Om hela världen byggde reaktorer i samma takt som Sverige på 1970- och 80-talen skulle uranbrist eller åtminstone kraftigt höjda uranpriser snabbt bli ett stort problem. Uranbrytning är dessutom, precis som all gruvdrift,

²⁹ Svenska Kraftnät (2018).

³⁰ Kågeson (2018).

³¹ Energiföretagen (2019).

³² Ny Teknik (2017).

förknippat med både risker och koldioxidutsläpp.

Dessa två frågor utgör två invändningar både mot befintlig kärnkraft och mot en framtida utbyggnad. Vid närmare granskning kan man dock konstatera att det inte finns särskilt mycket att oroa sig för.

För det första har Svensk kärnbränslehantering, bolaget som ansvarar för att ta fram en slutlagring, ett trovärdigt förslag för hur det svenska kärnavfallet ska kapslas in även på mycket lång sikt. Det innebär i korthet att avfallet kapslas in i gjutjärn, som i sin tur läggs i kopparkapslar som försluts med en egenutvecklad svetsmetod. Dessa packas sedan in i lera och läggs i urberget, som varit stabilt geologiskt i ungefär två miljoner år och beräknas hålla avfallet borta från grundvattnet i 100 000 år, till och med om havsnivån stiger eller Sverige går in i en ny istid.³³ Denna metod har också kopierats av Finland, som börjat bygga sitt slutförvar, och som gjorde en säkerhetsstudie på modellen. I det mest pessimistiska scenariot räknade man på att kopparkapseln skulle vara skadad redan innan den läggs ner i berget, att leran skulle försvinna inom tusen år, och att en person både skulle leva hela sitt liv på och äta all sin mat från den mest kontaminerade kvadratmetern. I detta scenario skulle denna person utsättas för samma strålning som om han eller hon åt en klase bananer.³⁴

Dessutom tyder allt mer på att dessa frågor kommer att vara mer eller mindre irrelevanta inom bara ett par decennier. Den fjärde generationens kärnkraft är ett samlingsnamn för flera olika tekniker, men där de gemensamma nämnarna är billig elproduktion, frånvaro av långlivat avfall samt ökad säkerhet. Dessa kärnkraftverk består av så kallade brid-reaktorer (från engelskans ”breeder”) som använder det uttjänta kärnbränslet från de första generationernas kärnkraftverk som bränsle.³⁵ Därmed skulle världen

inte behöva hantera de 370 000 ton som det diskuteras slutförvar för, utan kan helt enkelt mellanlagra det i bassänger i väntan på användning i elproduktionen.

Om fjärde generationens kärnkraftverk blev brett implementerade skulle uranbristen vara ett minne blott. Någon ny uranbrytning kommer inte att behövas eftersom det använda kärnbränslet skulle räcka till hela världens produktion i flera hundra år. Avfallet som till sist blir kvar behöver hållas avskilt i några hundra år, snarare än i tiotusentals.

Är det då realistiskt att räkna med denna teknik? Motståndarna framför ibland att forskningen trots 50 års arbete inte kommit närmare en färdig lösning och att den fjärde generationens kärnkraftverk på så sätt påminner om fusionsteknik – något som alltid ligger 30–50 år bort i tiden.

Det stämmer dock inte. Även om forskningen på brid-reaktorer pågått sedan 1950-talet blev lättvattenreaktorerna den standardteknik som man forskade vidare på. Orsaken var inte främst att denna teknik var bättre eller säkrare, utan att avfallet kunde användas till att producera kärnvapen, något som i kalla krigets dagar sågs som ett omistligt argument. Kopplingen till kärnvapenproduktion försvann dock i de flesta länder redan på 1960-talet.

Det finns därför ett slags ironi i att dagens kärnkraftsmotståndare pekar på fjärde generationens kärnkraftverk som en säkerhetsrisk som kan leda till ökad kärnvapenspridning,³⁶ eftersom det i allt väsentligt förhåller sig tvärtom: de nya kärnkraftsreaktorerna kan motverka kärnvapenspridning i och med att de kan förbränna det bränsle som används i stridsspetsar. Och det restavfall som produceras i generation IV går inte att koka vapen av.

På senare år har brid-reaktorerna gjort comeback i kärnkraftsforskningen och stora tekniska

³³ SKB (2016).

³⁴ Goldstein & Qvist (2019).

³⁵ Westlén (2016).

³⁶ Holmstrand & Lindholm (2019).

framsteg har gjorts. Vissa tekniker är fortfarande på ritbordet, medan andra finns som färdiga prototyper. Reaktorn BN-800 utanför Jekaterinburg i Ryssland har exempelvis varit inkopplad och levererat el till det allmänna elnätet sedan 2016. Tillsammans med föregångarna BN-600 och BN-350 finns nu förhållandevis lång drifterfarenhet av brid-reaktorer.

Visst återstår ännu en del arbete. De tekniker som ryms inom generation IV måste bli

skalbara och kommersiellt gångbara. Men tekniken finns redan på plats. Huvudskälet till att brid-reaktorer inte byggts är att det inte funnits ett behov av dem. På längre sikt, och ställt i relation till klimatfrågan, är de dock ett viktigt nästa steg. Fjärde generationen gör också kärnkraften långsiktigt hållbar. Varken avfallet, uranbristen eller kärnvapnen utgör därmed några verkliga invändningar mot en snabb utbyggnad av reaktorer världen över.

SÄKERHETEN

Egentligen är det märkligt att säkerhetsfrågorna är så starkt förknippade med kärnkraft. Kanske är det baksidan av att tekniken är så avancerad och att den handskas med material som till skillnad från vind eller vatten känns främmande och nästan utomjordiskt. Tjernobykatakstrofen har bidragit till bilden av vad som kan hända om allt går riktigt snett. Härdsmltan i Fukushima i samband med tsunamin 2011 tycks också ha bidragit. Det var efter den olyckan som Tyskland påbörjade sin utfasning av kärnkraften.

Fukushima används som avskräckande exempel av kärnkraftsmotståndare. Under rubriken ”Fukushima visade riskerna med kärnkraft” skrev exempelvis den miljöpartistiska europaparlamentarikern Bodil Valero nyligen så här: ”Idag är det åtta år sedan den stora östjapanska jordbävningen och kärnkraftsolyckan i Fukushima. Jordbävningen och den efterföljande tsunamin resulterade i en katastrof där 18 500 människor dog, och den efterföljande härdsmltan tvingade tiotusentals att fly från sina hem.”³⁷

På så vis kopplas jordbävningen och tsunamin ihop med härdsmltan och de 18 500 dödsfallen. Valero undviker naturligtvis att berätta att inte en enda person dog på grund av

strålning som ett resultat av härdsmltan. Det har också visat sig att evakueringen av området var onödig, eftersom risken för att utsättas för farlig strålning till och med vid kärnkraftverket var låg.³⁸ Japans värsta naturkatastrof genom tiderna skördade många liv och ödelade stora delar av de hårdast drabbade regionerna. Men att kärnkraften ens diskuteras som en central del av denna katastrof är ärligt talat absurt.

Detta är dock en vanlig argumentationsteknik i kärnkraftsdebatten. Motståndare räknar gärna upp några dussin tillbud på diverse kärnkraftverk runt om i världen, men är inte lika noga med att förklara vad dessa ”olyckor” faktiskt lett till. Faktum är att vid sidan av Tjernobylolyckan finns inte ett enda dödsfall som beror på joniserande strålning från ett kärnkraftshaveri.³⁹ Fler personer dör av att montera vindkraftverk än av kärnkraftsrelaterade olyckor.⁴⁰

Tjernobylolyckan var förstas en katastrof, men en som berodde på undermåliga strukturer och säkerhetsrutiner och försök från Sovjetunionen att mörklägga olyckan. De totalt cirka 4 000 dödsfall som förknippas med händelsen är allvarliga, men måste sättas i relation till an-

³⁷ Valero (2019).

³⁸ Goldstein & Qvist (2019).

³⁹ Qvist & Brook (2015).

⁴⁰ Conca (2012).

dra energirelaterade olyckor. Den största vattenkraftsolyckan i historien inträffade i Kina 1975, då Banqiaodammen brast. Detta beräknas ha orsakat mellan 170 000 och 230 000 dödsfall.⁴¹

För kolkraften ser siffrorna ännu värre ut. Världshälsoorganisationen uppskattade 2012 att tre miljoner människor varje år mister livet som ett resultat av dålig luft på grund av

fossileldade bränslen som brunkol.⁴² Därtill ska läggas de många olyckor som sker i kolgruvor.

Lite tillspetsat skulle man kunna argumentera för att all energi som kan ersätta kolkraft bidrar till att minska denna enorma mängd dödsfall. Mer än något annat gäller det faktiskt kärnkraften, som är det säkraste energislaget per producerad kilowattimme.⁴³

“NY KÄRNKRAFT ÄR FÖR DYR”

De svenska kärnkraftsreaktorerna närmar sig slutet på sin livstid och när det är dags att stänga dem blir de alltför dyra att ersätta. Ungefär så lyder ett av de vanligaste resonemangen i energidebatten. Isabella Lövin påstod under valrörelsen 2018 att kostnaden för ny kärnkraft ligger runt 1 kr/kWh.⁴⁴

Påståendet mötte dock kritik. Visst finns det uppmärksammade exempel på kraftigt försenade och fördyrade kärnkraftsprojekt, som Olkiluoto 3 i Finland och Hinkley Point i södra England. I mars bestämde sig japanska Hitachi för att dra sig ur bygget av ett kärnkraftverk i Wales. Att bygga en ny reaktor är förknippat med stora affärsrisker och kräver mycket kapital.

Även de projekt som inte går åt pipan tycks också bli något dyrare än motsvarande mängd vindkraft. Energikommissionen, utredningen som låg till grund för energiöverenskommelsen, uppskattade att kostnaden för ny kärnkraft ligger på runt 54 öre/kWh,⁴⁵ vilket också ligger i linje med vad fyra nya reaktorer i Abu Dhabi, byggda av ett sydkoreanskt konglomerat, förväntas kosta, inklusive byggkostnader,

driftsättning och startbränsle.⁴⁶ Det är värt att tillägga att konglomeratet erhållit statliga exportkrediter från Sydkorea, vilket kan utgöra en subvention som drivit ner priset. En rapport från Energy Technologies Institute visar dock att ytterligare nästan 20 reaktorer byggts till likvärdiga priser.⁴⁷ Detta ska jämföras med ny vindkraft som i många fall kan byggas för runt 40 öre/kWh.⁴⁸

Problemet med den kalkylen är att man inte tagit med de så kallade systemkostnaderna i beräkningen. I det ingår exempelvis att ersätta de förnybara källorna under tiden som de inte producerar el – det vill säga det behov av redundans som Goldstein och Qvist pekar på, och som Google stötte på i Iowa. Priset på 40 öre/kWh för ny vindkraft är vad bolaget som äger kraftverket kan ta betalt för en producerad timme på marginalen. Men när detta enskilda vindkraftverk står stilla måste det antingen finnas några fler vindkraftverk som producerar, ett kärnkraftverk som gör det, eller – som i många länder – naturgaskraftverk. Denna ”reservproduktion” utgör en dold kostnad som inte syns i marknadspriset på

⁴¹ Den första siffran kommer från Goldstein & Qvist (2019). Den andra från Watkins (1998).

⁴² Conca (2012).

⁴³ Ritchie (2017).

⁴⁴ Wicklén (2018).

⁴⁵ SOU 2017:2.

⁴⁶ World Nuclear Association (2019).

⁴⁷ Energy Technologies (2018).

⁴⁸ Energimyndigheten (2016).

1 kWh el, men som finns på systemnivå och som orsakas av de förnybara källorna. Därtill måste elnäten anpassas till en distribuerad produktionsapparat.

Dessa kostnader blir dessutom högre ju större andel variabla förnybara källor man har i energimixen, vilket illustreras i en OECD-rapport (se figur 3 på sidan 19).⁴⁹

Om ägaren till ett vindkraftverk var tvungen att kompensera marknaden för de timmar det står stilla, skulle prissättningen vara mer rättvisande. Ett annat sätt att tänka på det är att om elkonsumenterna får välja vilken sorts el de vill köpa så väljer många sol- och vindkraft. Men om samma kunder fick sin el avsla-

gen när dessa källor inte levererade tillräcklig effekt till elnätet så skulle fler inse behovet av baskraft som kärnkraft.

Så länge man inte misslyckas kapitalt med ett kärnkraftsprojekt – vilket givetvis är en risk – tycks det alltså inte som om vindkraft är billigare än ny kärnkraft. Åtminstone inte om man ser till hela elsystemet och behovet av reglerbar energi.

Det betyder givetvis inte att de ekonomiska riskerna i kärnkraftsprojekten är försumbara – snarare tvärtom. Det är sannolikt också skälet, tillsammans med undermålig prissättning på koldioxidutsläpp, till att det byggs så pass lite kärnkraft runt om i världen. Ett närliggande problem är att den som väl byggs tenderar att

Tabell 1. Kostnad i öre/kWh för nyproduktion av olika energislag, exklusive skatter, avgifter och investeringsstöd.

| Energislag | Produktionskostnad i öre/kWh |
|------------------------|-------------------------------------|
| Kraftvärme avfall | -21 |
| Vattenkraft storskalig | 46 |
| Vindkraft land | 51 |
| Kärnkraft | 54 |
| Vatten småskalig | 56 |
| Gaskombikondens | 59 |
| Kraftvärme gaskombi | 61 |
| Kraftvärme bio | 73 |
| Vindkraft hav | 75 |
| Solkraft park | 93 |
| Solkraft industri | 126 |
| Solkraft villa | 170 |

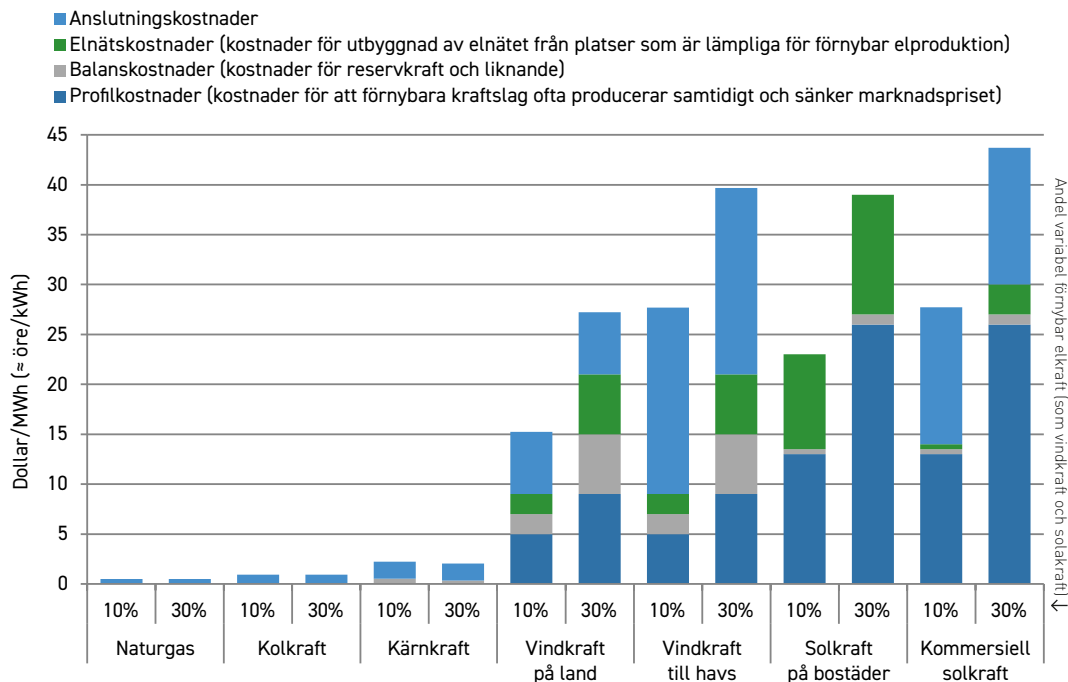
Källa: SOU 2017:2.

⁴⁹ OECD/NEA (2018).

byggas och designas från grunden. Dessutom byggs ofta reaktorer en och en, som i Finland. En studie från MIT⁵⁰ visar på behovet av ökad standardiserad och industrialiserad tillverkning. Kan man dessutom bygga och planera flera reaktorer på samma gång, som under Sveriges kärnkraftsutbyggnad, eller som i Abu Dhabi, minskar riskerna avsevärt eftersom man kan återanvända lösningar och lära av eventuella problem i konstruktionen av den första reaktorn. Allt detta kräver dock långsiktighet och en politik där man bestämt sig för att kärnkraften ska spela en central roll. Velandet kring kärnkraften och vissa länders plötsliga beslut om avveckling leder till osäkerhet och onödigt höga

riskpåslag från både finansiärer och kraftbolag.

En än viktigare poäng för svensk del är faktiskt att Sverige inte har något omedelbart behov av ny kärnkraft. Även efter att Ringhals 1 och 2 stängs finns sex reaktorer kvar i drift, med en total installerad effekt på runt 6 400 MW. Fyra av dessa är kokvattenreaktorer, som med förhållandevis små investeringar skulle kunna få sin livslängd kraftigt förlängd. Det finns tekniskt goda möjligheter att förlänga drifttiden bortom – kanske till och med mycket bortom – den planerade livslängden på 60 år. Flera amerikanska reaktorer förbereder exempelvis redan för 80 års drift och har tillstånd att fortsätta driften.⁵¹



Figur 3. Systemkostnader för olika energislag.

Källa: OECD/NEA (2018).

⁵⁰ MIT (2018).

⁵¹ Nuclear Energy Institute (2018).

Och mycket talar för att det också kommer att ske. Sweco har på uppdrag av Svenskt Näringsliv exempelvis beräknat att den årliga efterfrågan på el kommer att stiga med 30 procent till 2045.⁵² Som vi ska se innebär både omställningen av fordonsflottan och produktionen av kolfritt stål ett kraftigt ökat effektbehov. Att den befintliga kärnkraften i ett sådant läge skulle avvecklas när det inte finns några säkerhetsmässiga skäl framstår som både oklokt och osannolikt. Det bekräftas också av att energiföretaget Uniper öppnat för att förlänga livslängden på Oskarshamn 3 till 2065, och därefter bygga ny kärnkraft.⁵³

Det är här som energiöverenskommelsen

ställer till problem. För även om uppgörelsen som bekant inte innehåller något stoppdatum för kärnkraften, så finns där trots allt ett mål om att energisystemet ska vara 100 procent förnybart år 2040. En rimlig tolkning av målet om förnybar energi är att kärnkraften visserligen kan drivas vidare om ägarna vill detta, men att politiska beslut och styrmedel – om nuvarande regeringspartier får bestämma – kommer att gynna konkurrerande energislag, exempelvis med subventioner genom elcertifikatsystemet. Det som var tänkt som en överenskommelse som balanserade mellan olika intressen har i praktiken kidnappats.

Tabell 2. Svenska kärnkraftsreaktorer och deras stängningstider.

| Reaktor | Reaktortyp | Startår | Stängning | Stängning vid 60 års livstid | Stängning vid 80 års livstid |
|--------------|-------------|---------|-----------|------------------------------|------------------------------|
| Ringhals 1 | Kokvatten | 1976 | 2020 | 2036 | 2056 |
| Ringhals 2 | Tryckvatten | 1975 | 2019 | 2035 | - |
| Ringhals 3 | Tryckvatten | 1981 | - | 2041 | - |
| Ringhals 4 | Tryckvatten | 1983 | - | 2043 | - |
| Forsmark 1 | Kokvatten | 1980 | - | 2040 | 2060 |
| Forsmark 2 | Kokvatten | 1981 | - | 2041 | 2061 |
| Forsmark 3 | Kokvatten | 1985 | - | 2045 | 2065 |
| Oskarshamn 1 | Kokvatten | 1972 | 2017 | 2032 | 2052 |
| Oskarshamn 2 | Kokvatten | 1975 | 2015 | 2035 | 2055 |
| Oskarshamn 3 | Kokvatten | 1985 | - | 2045 | 2065 |
| Barsebäck 1 | Kokvatten | 1975 | 1999 | 2035 | 2055 |
| Barsebäck 2 | Kokvatten | 1977 | 2005 | 2037 | 2057 |

Källa: Vattenfall.

⁵² Wiesner (2019).

⁵³ Lundin (2019).

KÄRNKRAFT SOM KLIMATPOLITIK

Låt oss för en stund lämna energiöverenskomsten och dess motsägelser bakom oss, och fokusera på den svenska klimatpolitiken. Föreställ dig att Sverige, precis som under utbyggnaden under 1970- och 80-talen, anammade kärnkraften och använde den stabila, billiga och fossilfria energin som verktyg för att mota undan fossila bränslen. Vad skulle effekten bli?

På hemmaplan finns det knappt några fossila bränslen kvar att tränga ut i elproduktionen, men det gör det som bekant i våra grannländer. Tyskland producerar ungefär 35 procent av sin el med hjälp av kolkraft.⁵⁴ För Danmark är siffran ungefär hälften av det, 19 procent. Estland har i perioder Europas smutsigaste energisystem, mycket på grund av ett kraftverk utanför Narva som eldas med oljeskiffer (se figur 4 på sidan 22). Redan i dag är svensk kärnkraft grunden till en elexport som tränger undan delar av denna produktion. Under 2017 exporterade Sverige 19 TWh – mer än halva Danmarks totala behov – till våra grannländer.⁵⁵ (Sverige har inga elkablar som går direkt till Estland, men esterna kan ändå ta del av vår fossilfria produktion genom att vi exporterar till Finland som i sin tur kan exportera renare el till Estland.) Energiföretaget Uniper uppskattar i rapporten ”Den svenska elexporten” att Sverige skulle kunna bli helt klimatneutralt bara genom elexport, om vi lyckades öka exporten till runt 60 TWh.

En annan studie⁵⁶ uppskattar att svensk kärnkraft fram till 2014 hade trängt undan mellan 1,2 och 2,1 *miljarder* ton koldioxid i andra länder – och att de under sin livstid har potential att tränga undan ungefär lika myck-

et till. Det ska jämföras med att hela världen under 2017 släppte ut ungefär 35 miljarder ton koldioxid.⁵⁷

I dag har Sverige ingen kärnkraftsreaktor i elområde 4, det vill säga Skåne och Blekinge. Men låt säga att Sverige som genom ett trollslag skulle kunna starta upp de stängda och nedmonterade Barsebäckreaktorerna, inte för att ta del av elen själv, utan enkom för att exportera elen till Danmark och Tyskland. Som klimatåtgärd skulle en sådan investering ge omedelbart resultat: nästan 22 000 ton mindre koldioxid skulle släppas ut varje dag.⁵⁸ Under ett år handlar det om cirka 8 miljoner ton – eller ungefär 2,4 miljoner personers enkleresor mellan Stockholm och New York.⁵⁹ Av Danmarks totala utsläpp på 33 miljoner ton koldioxid om året skulle Barsebäck i ett svep kunna ta bort en fjärdedel. Man kommer att tänka på Ernst-Hugo Järegårds karaktär i miniserien Riket, överläkaren Stig Helmer som när han får hemlängtan kliver upp på taket till Rigshospitalet i Köpenhamn och blickar med kikare mot den svenska kusten, där Barsebäck står. ”Tack, ni svenska vaktorn”, säger han. ”Med plutonium tvingar vi dansken på knä.” Den här gången får man göra tillägget att det är koldioxidutsläppen som tvingas ner.

En invändning mot detta resonemang är att EU:s system för utsläppshandel, EU ETS, medför att utträngning av fossil elproduktion leder till att priset på utsläppsätter går ner, och att motsvarande utsläpp därför kan ske i en annan del av systemet. Det är definitivt en risk. Men många av de länder som Sverige ex-

⁵⁴ Clean Energy Wire (2019).

⁵⁵ Uniper (2018).

⁵⁶ Qvist & Brook (2015).

⁵⁷ Our World in Data (2015).

⁵⁸ Qvist & Brook (2015).

⁵⁹ ICAO (2019).

porterar el till importörer i sin tur el från länder utanför EU ETS, som Ukraina och Ryssland. Därmed finns ändå möjlighet att tränga ut fossil el. Och som Konjunkturinstitutet påpekar i en rapport⁶⁰ införs 2019 nya regler i EU ETS om en ”marknadsreserv” som kommer att skapa nya möjligheter för systemet att plocka bort utsläppsrätter från marknaden. Eftersom antalet utsläppsrätter i systemet på sikt kommer att minska, kommer kolkraften förr eller senare att behöva ersättas. Här kan svensk kärnkraft spela en central roll.

En annan möjlighet är att använda försörjningstryggheten som kärnkraften ger till att locka till sig elintensiva verksamheter. Inte heller det skulle utgöra en ny väg för Sverige. Tvärtom var den kombinerade energiförsörjningen från vatten- och kärnkraft ett framgångsrecept för att internationella industriföretag som Sandvik, ABB och SCA skulle kunna växa.

Den svenska pappersindustrin släppte 2016 ut knappt en miljon ton koldioxidekvivalenter (för övrigt en kraftig minskning jämfört med 20 år tidigare, då man släppte ut mer än 3,5 miljoner ton om året). Samma år förbrukade pappersindustrin över 20 TWh – att jämföra med Sveriges totala elförbrukning på 152 TWh.⁶¹ Hade denna produktion i stället gjorts med kolkraft som grund hade samma mängd pappersindustri i stället orsakat 14 gånger högre koldioxidutsläpp, det vill säga runt 14 miljoner ton koldioxid.⁶² Om Sverige skulle lyckas locka till sig sådan produktion från fossilintensiva länder som Kina skulle det alltså vara en enormt effektiv klimatåtgärd, även om det förstås också skulle innebära att de svenska territoriella utsläppen skulle öka något. Det är en påminnelse om att vi inte kan stirra oss blinda på ett enskilt lands utsläpp, utan måste ha en helhetsbild.

Detsamma gäller järn- och stålindustrin. För svensk del förbrukar den visserligen ”bara” runt 4 TWh,⁶³ vilket innebär att ett kolkraftsdrivet stålverk ”bara” släpper ut ungefär tre gånger så mycket koldioxid som ett svenskt. Detta beror på att även de svenska stålverken använder sig av kol som bränsle – en del av den tusen år gamla metoden för att tillverka stål – och att själva processen i sig släpper ut stora mängder koldioxid. Trots att stålindustrin bara står för drygt 2 procent av elanvändningen är den ansvarig för över 10 procent av de svenska koldioxidutsläppen. Detta vill dock ståltillverkaren SSAB, gruvbolaget LKAB och statliga energiföretaget Vattenfall ändra på. I konglomeratet HYBRIT håller man på att ta fram världens första modell för tillverkning av fossilfritt stål. En förstudie pågick under 2016–2017 och i början av 2018 togs första spadtaget för en pilotanläggning i Luleå.

Målet är att ha en lösning på plats och produktion igång år 2035. Lyckas man innebär det att stålindustrins totala energianvändning på runt 20 TWh kan göras praktiskt taget helt fossilfri, och att det svenska stålet i så fall skulle kunna bli ungefär lika klimateffektivt som pappersmassan: runt 14 gånger mindre utsläpp jämfört med koleldad produktion.

Det finns en hake. Den process som HYBRIT skissar på är vätgasbaserad, vilket innebär att den är extremt elintensiv. De 16 TWh som tidigare bland annat kom till av kol i masugnar måste i stället komma från elnätet. Vem tar ansvar för att den effekten finns tillgänglig? Stålverket kan inte stå stilla i väntan på bättre väder. ”Placera din fabrik i soliga Sverige” är inte heller en särskilt övertygande säljpitch.

Allt handlar inte heller om tillverkningsindustri. Sverige har de senaste åren lockat till

⁶⁰ Konjunkturinstitutet (2018).

⁶¹ Skogsindustrierna (2018).

⁶² Baserat på 700 g CO₂/kWh för kolkraftverk.

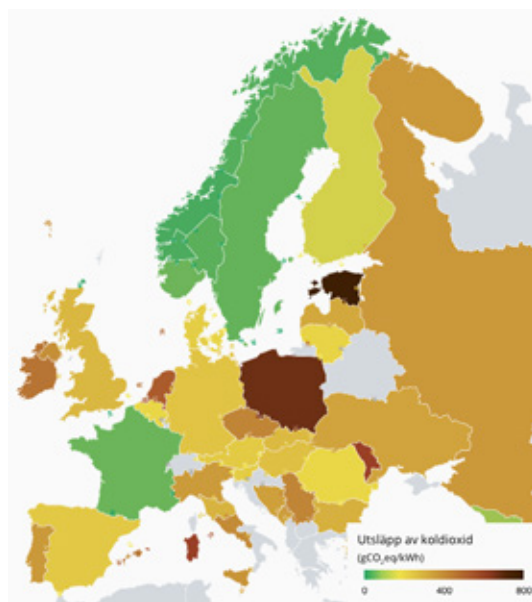
⁶³ Jernkontoret (2019).

sig internationella techjättar som Facebook och Amazon, som bland annat placerat serverhallar i Luleå respektive Mälardalen. En sådan serverhall kan förbruka 1 TWh per år, jämförbart med ett normalt pappersbruk.⁶⁴ Om tio sådana serverhallar skulle placeras i Sverige i stället för i Tyskland skulle nästan fem miljoner ton koldioxid sparas varje år⁶⁵ – en tiondel av de svenska utsläppen.

Som Klimatpolitiska rådet konstaterade i sin första årsrapport är omställningen av transportsystemet en av Sveriges största klimatutmaningar. De inrikes transporterna står för runt en tredjedel av utsläppen. Elektrifieringen av fordonsflottan är påbörjad och biodrivmedel kan förhoppningsvis bidra med signifikanta utsläppsminskningar på sikt. Men som fysikerna Bengt Pershagen och Jacob Weitman påpekar i en debattartikel i Expressen⁶⁶ är det svårt att se att elektrifieringen av fordonsflottan ska vara möjlig utan kärnkraft. En enkel överslagsräkning ger vid

handen att 2,5 miljoner elbilar som ska laddas samtidigt kräver en elektrisk effekt på 5 000 MW – det vill säga fem kärnkraftsreaktorer som enbart försörjer bilarna. Den totala årsförbrukningen av el för dessa bilar skulle uppgå till 7,5 TWh, och 15 TWh om man räknar in alla andra laddbara bilar som väntas existera då. Ännu mer el, alltså, och i många fall vid ett givet tillfälle.

Det är som sagt en enkel överslagsräkning, och det går att ha invändningar mot den. Smarta elnät kan exempelvis styra på vilket sätt och i vilken takt laddningen ska ske. De flesta elbilar som behöver laddning kommer inte heller att ha ett tomt batteri och behöva laddas hela natten. Man kan också diskutera hur lång tid det kommer att ta innan Sverige har så många elbilar. I dag är andelen låg, runt 1 procent av fordonsflottan.⁶⁷ Å andra sidan sker stora investeringar från fordonsindustrin, och vissa bedömare tror att elbilsförsäljningen kan vara så hög som 30 procent



Figur 4. En ögonblicksbild av klimatutsläpp i det europeiska energisystemet. Sverige, Norge och Frankrike är i en klass för sig, medan länder som Estland och Polen hör till klimatbovarna.

Källa: ElectricityMap.com.

⁶⁴ Uniper (2018).

⁶⁵ Baserat på 489 g CO₂/kWh, Clean Energy Wire (2018b).

⁶⁶ Pershagen & Weitman (2017).

⁶⁷ Klimatpolitiska rådet (2019).

redan 2025.⁶⁸ I den takten är 2,5 miljoner elbilar år 2035 absolut ingen omöjlighet. Enligt branschföreningen Power Circle kommer Sverige redan 2030 ha 2,5 miljoner laddbara bilar.⁶⁹ Så kallad efterfrågestyrning – egentligen ett fint ord för ransonering – är naturligtvis möjlig i viss mån. Men i slutändan finns det ändå risk att den bilägare som satt sin elbil på laddning över natten, bara för att kliva upp på morgonen och upptäcka att den inte blivit laddad eftersom effekten inte räckte till, kommer att vara något missnöjd.

Vägtrafiken, som står för 90 procent av transportsystemets utsläpp, är alltså ytterli-

gare ett område där kärnkraften konkret kan bidra till klimatomställningen. Och där omställningen riskerar att bromsa in eller hindras av att kärnkraften avvecklas eller missgynnas.

Det är som tidigare konstaterat inte bara omställningen av fordonsflottan som kommer att kräva mer el. Elektrifieringen utgör lösningen på klimatfrågan i de flesta sektorer. De flesta kommer också att behöva el vid specifika tillfällen, och inte bara i allmänhet. Men samtidigt som både elbehovet och behovet av att styra över elanvändningen ökar, minskar möjligheterna att göra det sistnämnda när produktionen i allt större utsträckning blir förnybar.

⁶⁸ JP Morgan (2018).

⁶⁹ Power Circle (2019).

SLUTSATSER: KLIMATPOLITIKEN OCH KÄRNKRAFTENS FRAMTID

Sverige behöver, liksom de flesta länder, öka takten i klimatpolitiken. Utsläppen måste ner snabbare än vad som hittills skett. Ju tidigare vi kan nå negativa utsläpp, desto mer kan vi bidra till länder med sämre förutsättningar, som saknar stora skogsarealer och möjligheter till vattenkraft.

Inget tyder i dag på att klimatomställningen går snabbt nog, varken i Sverige, i Europa eller i andra delar av världen. Tvärtom varnar forskare för att världen i princip redan missat 1,5-gradersmålet och att 2-gradersmålet mycket snart kommer att vara i fara.⁷⁰ Man kan som teknikostrimist vara hoppfull inför att CCS- och DAC-tekniken nu ser ut att utvecklas snabbt, men än så länge finns ingen skalbar eller kommersiellt gångbar teknik som ger negativa utsläpp. Forskningen på dessa områden bör få fortsatt stöd och resurser, men världen kan inte i nuläget sätta sitt hopp till att teknik som inte finns kommer att lösa problemet. Det gäller för övrigt både CCS och batteriteknik som är tänkt att utjämna svängningarna i produktionen från förnybar energi. Tills vidare måste vi utgå från att omställningen från fossila bränslen ska ske, och att den måste ske snabbt.

Klimatpolitiken är som alla områden naturligt omgärdad av begränsade resurser och alternativkostnader. Därför är det så märkligt att stora delar av det politiska spektrat gått med på att göra omställningen av energisystemet till en central del av klimatomställningen, trots att klimatnyttan är obefintlig eller till och med riskerar att bli negativ. De resurser som skulle kunna gå till att ställa om fordonsflottan exempelvis i form av en skrotningssubvention, till att bygga ännu mer laddinfrastruktur, eller till att skynda på industrins omställning, går nu i stället till att subventionera sol- och vind-

kraftsutbyggnad på kärnkraftens bekostnad.

I huvudsak sker detta genom elcertifikatsystemet, genom att kärnkraftsproducenter, industrieföretag och andra storkonsumenterna av el tvingas köpa elcertifikat från producenter av förnybar el. Under 2017 subventionerades en kilowattimme förnybar el med i snitt 12 öre genom elcertifikatsystemet. Detta finansierades genom att övrig elproduktion (med vissa undantag) tvingades att köpa elcertifikat motsvarande 0,25 kWh sol- och vindkraft per 1 kWh producerad elektricitet. Kostnaden för exempelvis kärnkraften blev därmed 3 öre per kilowattimme.⁷¹

2017 uppgick ”straffskatten” på dessa företag till mer än två miljarder kronor – pengar som i vissa fall går rakt ner i fickan på konkurrenten.⁷² Även om denna rapport inte gått på djupet i systemets utformning och effekter har följderna av förnybar utbyggnad redovisats: inte nog med att detta både är dyrt och att variabiliteten skapar merkostnader i energisystemet, vilket stjäl resurser som skulle kunna användas till omställning. Det hotar också Sveriges förmåga att exportera fossilfri el och våra möjligheter att locka till oss energiintensiva verksamheter.

Fram till nyligen har kritiken mot detta varit obefintlig. Fem partier, inklusive Kristdemokraterna som allt sedan valrörelsen lyft fram sin kärnkraftsvänliga hållning, har signerat en uppgörelse som tillåter detta att fortsätta – och till och med innebär en utbyggnad av elcertifikatsystemet. Liberalerna, som i många år drivit kärnkraftsfrågan, står utanför energiuppgörelsen av redovisade skäl, men är märkligt frånvarande när debatten äntligen börjat föras.

Kanske börjar en omsvängning anas. Kristdemokraterna fortsätter att lyfta fram kärnkraftens fördelar, och i början av april meddelade Mode-

⁷⁰ IPCC (2018).

⁷¹ Energimyndigheten (2018), sid 13.

⁷² Ekonomifakta (2019).

raternas Ulf Kristersson att partiet kräver att målet om 100 procent förnybart rivs upp.⁷³ Förhoppningsvis innebär detta att klimatdebatten kan fokusera på det viktiga, i stället för att ständigt urarta i strider om symbolfrågor som flyg-, barn- och köttskam eller klimatångestterapi.

Men insikterna måste också omsättas i handling, vilket för svensk del lär bli svårt så länge Miljöpartiet är en del av regeringen och tillåts diktera villkoren för energipolitiken. Socialdemokraternas gamla sympatier för basindustrin verkar inte väga tillräckligt tungt. I ett internationellt perspektiv, som i Japan och Tyskland, tycks det som om utsläppen från kolkraften skymmer sikten för en mer rationell politik. På europeisk nivå har kommissionen konstaterat att kärnkraften behöver utgöra 15–20 procent av kontinentens elproduktion, men i ministerrådet och i parlamentet motarbetas det konsekvent. När rådet antog sin förhandlingsposition inom området ”sustainable financing” i februari smögs exempelvis kärnkraften in på listan med sektorer som ska undantas från offentlig finansiering, tillsammans med exempelvis prostitution, tobak, spel och dobbel.⁷⁴

Energiuppgörelsen innebär att Sverige riskerar att förlora sina komparativa fördelar i klimatomställningen. Här finns inget omedelbart behov av ny kärnkraft, eftersom flera av dagens reaktorer kan få förlängd livslängd med förhållandevis små investeringar. Men om kärnkraften fortsätter att missgynnas som ett resultat av energiuppgörelsen (eller snarare tolkningen av den) riskerar reaktorer att läggas ner, utan att det planeras för några nya. Då väntar stora problem i såväl elförsörjningen som i klimatomställningen.

Det är faktiskt ingen överdrift att säga att Sverige löst den viktigaste beståndsdel i klimatfrågan – utfasningen av fossil elproduktion. Visst måste vi fortfarande dekarbonisera transportsektorn, stålindustrin och jordbruket, men det kan förmodligen göras med teknik som finns eller håller på att utvecklas – som elbilar och kolfritt stål.

Vi verkar dock ha gjort ett annat val. Sweco uppskattar att ett 100 procent förnybart energisystem kommer att kosta 1 500 miljarder kronor att åstadkomma.⁷⁵ En del av dessa investeringar, exempelvis förstärkta kraftnät, kommer att behöva göras även med bibehållen kärnkraft. Men merparten av resurserna ska spenderas utan att det ger någon som helst klimatnytta.

Man skulle kunna likna klimatomställningen vid en resa mot ett utsatt mål. Sverige har inte bara listat ut hur vi ska ta oss dit, utan dessutom byggt en fyrfilig motorväg som gör att både vi och andra snabbt, säkert och effektivt kan ta oss till målet. Men i stället väljer vi att köra på en pittoresk landsväg, som visserligen har vackrare vyer, men som också är full med gropar och går alltför långsamt. Såväl Sverige som andra länder avhänder sig på så sätt de främsta verktygen – och framför allt den effektivaste kombinationen av verktyg – för att lösa klimatkrisen. Viljan att avveckla kärnkraften som energislag leder i praktiken till att klimatpolitiken nedprioriteras.

Den konflikt som klimatfrågan naturligt leder till är valet mellan fossilfria och fossila energislag. Och sett som ett lag borde de fossilfria källorna ha goda chanser att vinna slaget. Sol- och vindkraft kan byggas ut snabbt, industriellt, över hela världen och till låga kostnader. Kärnkraften kan reglera elproduktionen i takt med att svängningarna i energisystemen ökar, och när både efterfrågan på el och behovet av baskraft ökar.

På något vis har dock konflikten kommit att bli en annan: baskraft som kol- och kärnkraft ställs mot förnybar energi, trots att erfarenheterna tydligt visar på de negativa effekterna. Viktigast bland dessa är att världen inte kommer att hinna genomföra klimatomställningen utan kärnkraften. Är miljörelsen beredd att ta den risken? Eller kan man efter decennier av motstånd till slut omvärdera situationen och konstatera att det inte är uranet som måste bort från kraftverken, utan kolet?

⁷³ Kristersson (2019).

⁷⁴ Europeiska unionens råd (2019).

⁷⁵ Sweco (2017).

POLICYFÖRSLAG

RIV UPP ENERGIUPPGÖRELSEN

Målet om ett 100 procent förnybart energisystem kan inte tillåtas styra varken energi- eller klimatpolitiken. Energiuppgörelsen måste rivas upp och en ny antas där utgångspunkterna är fossilfrihet och leveranssäkerhet som gör att Sverige får förutsättningar både att ställa om

fordonsflottan och att tränga ut fossil energiproduktion i närliggande länder. Politiken bör slå fast att kärnkraften ska vara en del av det svenska energisystemet under lång tid framöver, och se till att myndigheter som Svenska Kraftnät och Energimyndigheten förhåller sig till detta.

TILLÅT KÄRNKRAFTVERK PÅ NYA PLATSER

Energiuppgörelsen tillåter att nya kärnkraftverk byggs på samma platser som det i dag finns kärnkraftverk. De bör tillåtas även på nya platser. Detta är viktigt inte minst efter-

som den fjärde generationens kärnkraftverk kan komma att innebära små, modulära reaktorer som exempelvis kan byggas i anslutning till en fabrik.

LÅT DEN FÖRNYBARA ENERGIN BETALA FÖR SINA SYSTEMKOSTNADER

Dagens prissättning på elmarknaden innebär att stabil, leveranssäker och förutsägbar elproduktion är missgynnad, till förmån för variabel produktion. Ett sätt att lösa detta vore att, som Thomas Tangerås på Institutet för Näringslivsforskning föreslår,⁷⁶ låta priserna på den kort-

siktiga reglerkraftmarknaden utgöra basen för inkomsterna till den förnybara elproduktionen. På så sätt finns en tydligare koppling till de obalanser som uppstår som ett resultat av förnybar produktion. Sverige bör också inrätta ett leveranssäkerhetsmål för elförsörjningen.

FASA UT ELCERTIFIKATSYSTEMET OCH ÖVRIGA FÖRNYBARA SUBVENTIONER

Elcertifikatsystemet förhindrar en marknadsmässig styrning av energisystemet. Vind- och solkraft gynnas trots att dessa energikällor skapar stora problem. Dessa energikällor är

redan i dag konkurrenskraftiga nog att byggas ut utan subventioner. Elcertifikatsystemet bör fasas ut så snabbt som möjligt.

De extra subventioner som finns för ut-

⁷⁶ Tangerås (2019).

byggnad av solceller bör avskaffas snarast, och den planerade subventionen av anslutningsavgiften för havsbaserad vindkraft bör slopas.

ÖKA FORSKNINGANSLAGEN TILL NY KÄRNKRAFT

Energimyndigheten fördelar varje år 1,8 miljarder kronor i forskningsanslag.⁷⁷ Men inte en enda krona av detta går till kärnkraftsforskning. (Detta ändrades egentligen när Moderaternas och Kristdemokraternas budget röstades igenom i riksdagen, men regeringen har vägrat implementera den av riksdagen beslutade politiken.) Detta trots att Sverige på många sätt har hög kompetens och många duktiga forskare internationellt sett. Flera är involverade i projekt som rör den fjärde generationens kärnkraft, som har enorm potential om de kan gå från prototyper till kommersiella och skalbara reaktorer. Sverige behöver satsa mer på denna forskning.

UPPRÄTTA EN NATIONELL STRATEGI FÖR ELINTENSIVA VERKSAMHETER

I takt med att priset på koldioxidutsläpp stiger de kommande åren finns en stor möjlighet för Sverige att locka till sig elintensiva verksamheter som pappers- och stålindustri, serverhallar och batteritillverkning. En nationell strategi borde tas fram som med utgångspunkt i kärnkraftsproduktionen ser över vilka hinder som behöver rivas för att Sverige ska bli ännu mer attraktivt för denna typ av verksamheter. Det kan exempelvis handla om skattenivåer eller möjligheter till mineralutvinning.

⁷⁷ Energimyndigheten (2017).

REFERENSER

- 100 procent förnybart (2019), 100 procent förnybart. <<http://www.fornybart.org>>.
- Andersson, Morgan (2016), Google köper svensk vindkraft. *Entreprenad*, 7 september. <https://www.entreprenad.com/article/view/393834/google_koper_svensk_vindkraft>.
- BP (2018), *World energy outlook*. <<https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/energy-outlook.html>>.
- Cao, Junji, Cohen, Armond, Hansen, James, Lester, Richard, Peterson, Per & Hongjie, Xu (2016), China-U.S. cooperation to advance nuclear power. *Science*, 353 (6299).
- Clean Energy Wire (2018a), CO₂ emissions per kilowatt-hour down 36 percent between 1990 and 2017 in Germany. <<https://www.cleanenergywire.org/news/coal-task-force-postponed-yet-again-source-fracking-commission/co2-emissions-kilowatt-hour-down-36-percent-between-1990-and-2017-germany>>.
- Clean Energy Wire (2018b), *Germany's energy consumption and power mix in charts*. <<https://www.cleanenergywire.org/factsheets/germanys-energy-consumption-and-power-mix-charts>>.
- Conca, James (2012), How deadly is your kilowatt? : we rank the killer energy sources. *Forbes*, 10 juni. <<https://www.forbes.com/sites/jamesconca/2012/06/10/energys-deathprint-a-price-always-paid/#2359c1c709b7>>.
- Ekonomifakta (2019), Elcertifikat. <<https://www.ekonomifakta.se/fakta/energi/styrmedel/elcertifikat/>>.
- Energiforsk (2019), Kärnkraften erkänns åter av EU. <<http://www.energiforsk.se/program/omvarldsbevakning-karnkraft/nyheter/karnkraftspolicy/karnkraften-erkanns-ater-av-eu/>>.
- Energiföretagen (2019), Kärnkraften störst 2018 : rekord i Ringhals och Oskarshamn 3. <<https://svenergi52iskprod.dxccloud.episerver.net/pressrum/nyheter/2019/februari/karnkraften-storst-2018--rekord-i-ringhals-och-oskarshamn-3/>>.
- Energimyndigheten (2016), Produktionskostnader för vindkraft i Sverige. <https://www.energimyndigheten.se/contentassets/9f658fbcc1d24014bbe6fbeb70f80cba/er-2016_17-produktionskostnader-for-vindkraft-i-sverige.pdf>.
- Energimyndigheten (2017), Budgetunderlag 2017–2019. <<https://www.energimyndigheten.se/globalassets/om-oss/budgetunderlag-2017-2019.pdf>>.
- Energimyndigheten (2018), En svensk-norsk elcertifikatsmarknad. <https://www.energimyndigheten.se/globalassets/fornybart/elcertifikat/marknadsseminarium-2018/elcertifikat-arsrapport-2017-se_web.pdf>.
- Energy Technologies (2018), The ETI Nuclear Cost Drivers Project: Summary Report. <https://d2umxnkyjne36n.cloudfront.net/documents/D7.3-ETI-Nuclear-Cost-Drivers-Summary-Report_April-20.pdf?mtime=20180426151016>.
- Europeiska unionens råd (2019), Proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council establishing the InvestEU Programme. <<https://www.consilium.europa.eu/media/38254/st06685-en19.pdf>>.
- Gates, Bill (2018), What I learned at work this year, 29 december. <<https://www.gatesnotes.com/About-Bill-Gates/Year-in-Review-2018>>.
- Goldstein, Joshua & Qvist, Staffan (2019), *A bright future: how some countries have solved climate change and the rest can follow*. New York: Public Affairs.
- Google (2019), Moving toward 24x7 carbon-free energy at Google Data Centers : progress and insights. <<https://storage.googleapis.com/gweb-sustainability.appspot.com/pdf/24x7-carbon-free-energy-data-centers.pdf>>.
- Grafström, Jonas & Lindman, Åsa (2017). Invention, innovation and diffusion in the European wind power sector. *Technological Forecasting and Social Change*, 114, 179–191.
- Grafström, Jonas, Hvalgren, Niclas & Korpi, Martin (2018), Förutsättningar för storskaligt infångande av koldioxid. Ratio working paper 309, <<https://swopec.hhs.se/ratioi/abs/ratioi0309.htm>>.
- Holmstrand, Olov & Lindholm, Jan (2019), Kärnkraft räddar inte klimatet. <<https://www.lerumstidning.se/2019/03/karnkraft-raddar-inte-klimatet/>>.
- ICAO (2019), Carbon emissions calculator. <<https://www.icao.int/environmental-protection/CarbonOffset/Pages/default.aspx>>.
- IEA (2017), CO₂ emissions from fuel combustion. <<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/CO2EmissionsfromFuelCombustionHighlights2017.pdf>>.
- IEA (2018), World energy outlook. <<https://www.iea.org/weo2018/>>.

- IPCC (2018), Special report on global warming of 1.5°C approved by governments. <<https://www.ipcc.ch/2018/10/08/summary-for-policymakers-of-ipcc-special-report-on-global-warming-of-1-5c-approved-by-governments/>>.
- Jernkontoret (2019), Energianvändning. <<https://www.jernkontoret.se/sv/stalindustrin/branschfakta-och-statistik/energianvandning/>>.
- JP Morgan (2018), The future of electric vehicles. <<https://www.jpmorgan.com/global/research/electric-vehicles>>.
- Klimatpolitiska rådet (2019), Årsrapport. <<https://www.klimatpolitiskaradet.se/wp-content/uploads/2019/03/kpr-rapport190328.pdf>>.
- Konjunkturinstitutet (2018), EU ETS, marknadsstabilitetsreserven och effekter av annulleringar. <<https://www.konj.se/publikationer/special-studier/specialstudier/2018-04-30-atgarder-pa-kort-sikt-minskar-utslappen-mest.html>>.
- Kristersson, Ulf (2019), Utan nytt kärnkraftsmål lämnar vi energiöverenskommelsen. *Dagens Industri*, 2 april. <<https://www.di.se/debatt/kristersson-utan-nytt-karnkraftsmal-lamnar-vi-energioverenskommelsen/>>.
- Kågeson, Per (2018), Solkraften i kritisk belysning. *Ekonomisk Debatt*, 46 (8). <<https://www.nationalekonomi.se/sites/default/files/NEFfiler/46-8-pk.pdf>>.
- Lundin, Kim (2019), ”Moderaternas krav är väldigt oroväckande”, *Dagens industri*, 22 april. <<https://www.di.se/nyheter/moderaternas-krav-ar-valdigt-orovackande/>>.
- McGrath, Matt (2018), China coal power building boom sparks climate warning. BBC, 26 september. <<https://www.bbc.com/news/science-environment-45640706>>.
- MIT (2018), The future of nuclear energy in a carbon-constrained world <<http://energy.mit.edu/research/future-nuclear-energy-carbon-constrained-world/>>
- Naturvårdsverket (2017), *Territoriella utsläpp och upptag av växthusgaser*. <<http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser-territoriella-utslapp-och-upptag/>>.
- Nordenskiöld, Tomas (2016), Liberalerna hoppar av energiöverenskommelsen. *Dagens industri*, 1 juni. <<https://www.di.se/artiklar/2016/6/1/l-hoppar-av-energiuppgorelsen/>>.
- Nuclear Energy Institute (2018), Turkey point second license renewal application ready for review. <<https://www.nei.org/news/2018/turkey-point-second-license-renewal-application>>.
- Ny Teknik (2017), Lång väg kvar till slutförvar av världens kärnbränsle, 20 november. <<https://www.nyteknik.se/energi/lang-vag-kvar-till-slutforvar-av-varldens-karnbransle-6883475>>.
- OECD/NEA (2018), *The full costs of electricity provision*. <<https://www.oecd-nea.org/ndd/pubs/2018/7298-full-costs-2018.pdf>>.
- OECD/NEA (2019), *The costs of decarbonisation : system costs with high shares of nuclear and renewables*. <http://www.oecd-nea.org/ndd/pubs/2019/7299-system-costs.pdf?fbclid=IwAR17swZLLOLNDNexTrNw7F-A1CY5cYzrfogUB6Wt-DCGIg11GtzJgRtI_AjDQ>.
- Our World In Data (2015), CO₂ and other greenhouse gas emissions. <<https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>>.
- Pershagen, Bengt & Weitman, Jacob (2017), Utan kärnkraft blir det ingen elbilsrevolution. *Expressen*, 14 december. <<https://www.expressen.se/debatt/utan-karnkraft-blir-det-ingen-elbilsrevolution/>>.
- Power Circle (2019), Sverige är på väg mot 2,5 miljoner laddbara fordon 2030. 28 januari. <<http://powercircle.org/nyhet/sverige-ar-pa-vag-mot-25-miljoner-laddbara-fordon-2030/>>.
- Qvist, Staffan & Brook, Barry (2015), Environmental and health impacts of a policy to phase out nuclear power in Sweden. *Energy Policy*, 84.
- Ritchie, Hannah (2017), It goes completely against what most believe, but out of all major energy sources, nuclear is the safest. Our World in Data, 24 juli. <<https://ourworldindata.org/what-is-the-safest-form-of-energy>>.
- Rockström, Johan (2019), Tysklands beslut kan få en dominoeffekt. *Svenska Dagbladet*, 25 januari. <<https://www.svd.se/kolbeslutet-blir-avgorande-for-globala-klimatarbetet>>.
- Shellenberger, Michael (2018), Danger’s deliverance. *Quillette*, 23 augusti. <<https://quillette.com/2018/08/23/the-saving-power-in-danger/>>.
- SKB (2016), Vår metod för slutförvaring. <<https://www.skb.se/projekt-for-framtiden/karnbransleforvaret/var-metod/>>.
- SKGS (2019), Energi och klimat. <<http://www.skgs.org/om-energin/klimat/>>.

- Skogsindustrierna (2018), Statistik om el och energi. <<https://www.skogsindustrierna.se/skogsindustrin/branschstatistik/el-och-energi/>>.
- SOU 2017:2, *Kraftsamling för framtidens energi*. Betänkande av Energikommissionen.
- Stiernstedt, Jenny (2019), Rapport: Sverige behöver fylla enormt ökande behov av el och biobränsle. *Dagens industri*, 1 februari.
- Svenska Kraftnät (2018), Kraftbalansen på den svenska elmarknaden. <<https://www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2018/kraftbalansen-pa-den-svenska-elmarknaden-rapport-2018.pdf>>.
- Sweco (2017), *100% förnybart*. <https://www.skekraft.se/wp-content/uploads/2017/06/100_procent_fornybart_2040.pdf>.
- Tangerås, Tomas (2019), Stabil elproduktion uppmuntras inte av elmarknaden. *Dagens Nyheter*, 25 mars. <<https://www.dn.se/debatt/replikor/stabil-elproduktion-uppmuntras-inte-av-elmarknaden/>>.
- Tyska energidepartementet (2018), Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland. <https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Service/Erneuerbare_Energien_in_Zahlen/Zeitreihen/zeitreihen.html>.
- UN DESA (2017), World population prospects. <https://esa.un.org/unpd/wpp/publications/files/wpp2017_keyfindings.pdf>.
- Union of Concerned Scientists (2019), Environmental impacts of wind power. <<https://www.ucsusa.org/clean-energy/renewable-energy/environmental-impacts-wind-power>>.
- Uniper (2018), *Den svenska elexporten*. <https://www.uniper.energy/sverige/sites/default/files/2018-06/uniper_svenska_elexporten_rapport2018.pdf>.
- Valero, Bodil (2019), Fukushima visade riskerna med kärnkraft. SVT, 11 mars. <<https://www.svt.se/opinion/fukushima-visade-riskerna-med-karnkraft>>.
- Watkins, Thayer (1998), The catastrophic dam failures in China in August 1975. <<http://www.sjsu.edu/faculty/watkins/aug1975.htm>>.
- Westlén, Daniel (2016), Fjärde generationens kärnkraft. Energiforsk. <<https://www.energiforsk.se/info/vara-trycksaker-och-annat-informationsmaterial/fjarde-generationens-karnkraft/>>.
- Wicklén, Johan (2018), Isabella Lövin har delvis rätt om kärnkraftens och vindkraftens kostnader. SVT, 21 september. <<https://www.svt.se/nyheter/inrikes/isabella-lovin-har-delvis-ratt-om-karnkraften-och-vindkraftens-kostnader>>.
- Wiesner, Emma (2018), Inför valet: varför valde tre partier bort energiöverenskommelsen?. *Energibloggen*, 13 juni. <<https://blogs.sweco.se/energipolitiken-infor-valet-varfor-valde-tre-partier-bort-energioverenskommelsen/>>.
- Wiesner, Emma (2019), *Klimatneutral konkurrenskraft*. Sweco/Svenskt Näringsliv. <https://www.svensknaringsliv.se/fragor/miljo-energi-klimat/klimatneutral-konkurrenskraft-quantifiering-av-atgarder-i-klimatf_729392.html>.
- World Nuclear Association (2019), Nuclear power in the United Arab Emirates. <<http://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-t-z/united-arab-emirates.aspx>>.

TIMBRO