



Till Länsstyrelsen Dalarna

Att: Jakob Ebner

KUNSKAPSLÄGET FÖR NÅGRA OLIKA ENERGISLAG

EN BAKGRUND

Länsstyrelsen Dalarna driver projektet "Hållbar Vindkraft i Dalarna" med syfte att öka produktionen av vindkraft i Dalarna på ett hållbart sätt, öka förståelsen för ett ökat behov av vindkraft och ta fram ett underlag som gör det lättare för berörda aktörer att väga ihop olika samhällsnyttor.

Under våren 2019 genomfördes ett antal workshop där flera av deltagarna önskade få mer fakta kring vindkraftens resurseffektivitet jämfört med andra energislag.

Till de frågor som deltagarna då ställde hörde bland annat om vindkraften kan byggas utan subventioner, hur vindkraften finansieras, hur vindkraften står sig i jämförelse med andra energislag då det gäller sådant som ekonomi, miljökostnader, resursanspråk och balansstyrning.

För att få klarhet i ovanstående gav Länsstyrelsen i Dalarna i uppdrag åt Dala Energiförening att sammanställa en faktarapport då det gäller kunskapsläget beträffande solenergi, vindenergi, vattenkraft och kärnkraft. Enligt Länsstyrelsen lämpar sig föreningen för uppdraget eftersom dess medlemmar har kompetens inom olika energislag.

I riktlinjerna från Länsstyrelsen stod det bland annat att jämförelsen i möjligaste mån skulle grunda sig på existerande studier och kända fakta. Vidare rekommenderades det källhänvisningar och att eget tyckande i möjligaste mån skulle undvikas. De olika energislagen skulle jämföras utifrån bland annat följande kriterier:

- Ekonomin: Produktionskostnaden per kWh
- Marknaden: Investeringstilviljan, tillgången till riskkapital och efterfrågan på marknaden
- Balans styrningen: Bidraget till hållbarheten i energisystemet
- Resursanvändningen och miljöpåverkan under byggnation, drift och avveckling.
- Acceptansen: Politiskt samt bland befolkning såväl generellt som lokalt.

Dala Energiförening, DEF, grundades 1986 och är en ideell och partipolitiskt neutral förening. Föreningen skall verka enligt demokratiska principer och arbeta för att främja hållbara energisystem genom att bland annat studera, utforska och stimulera användningen av inhemska och förnybara energikällor som är ekologiskt försvarbara.

DEF är en lokalavdelning till SERO, Sveriges Energiföreningars Riksorganisation. SERO är en icke statlig organisation för regionala och speciella organisationer, som på olika sätt stöder och arbetar för snabb expansion av förnybara energikällor i Sverige.

MEDVERKANDE I RAPPORTEN

Vi i Dala Energiförening, DEF, som arbetat med denna rapport heter:
Dennis Adås, Roger Björkman, Jan-Olof Blomberg, Gunnar Grusell, Lars Hedvall
och Magnus Svenson samt ytterligare några icke-namnngivna DEF-medlemmar.

Det som förenar oss inom rapportgruppen är att vi vill verka för att förnybar energi används samt att vi tror att det är möjligt att uppnå 100 procent förnybar energi fram till 2040, under vissa förutsättningar. Förutsättningar som blivit livligt diskuterade i rapportgruppen och det utifrån olika aspekter, däribland de tankar som framförts i Energimyndighetens rapport ER2019:06.

Ordförklaringar och begrepp

Rekommendation: Du som inte behärskar nedanstående ord och begrepp rekommenderas varmt att först av allt läsa BILAGA 1 i slutet av rapporten. Följande förklaras:

Utnyttjningstid. Maxeffekt. Tillgänglig effekt. Verkningsgrad. Planerbar och icke-planerbar energi.
Energiprincipen. Energikvalité. Systemtjänster. Frekvens. Balanskraft. svängmassa. LCOE-analys.
Skillnaden mellan kondenskraftverk och kraftvärmeverk.
Omvandling av olika energiformer –Vind-, sol-, vatten- och kärnkraft

SLUTSATSER

Våra slutsatser sammanfattas i följande sju punkter:

- Det finns goda möjligheter att uppnå det nationella målet ”100 procent förnybar el till år 2040. Den stora utmaningen i sammanhanget är att kunna åtgärda den effektbrist, som kan uppstå.¹
- I ett kraftsystem med stor variabel kraftproduktion, alltså med mycket el från sol och vind, måste konsumtionen bli mera flexibel. Alla nuvarande och nya flexibilitetsresurser måste utvecklas.
- Det finns många möjligheter att, före 2040, klara av balanskraften² utan någon kärnkraft.
- Vindelen och soleden har de största utvecklingspotentialerna.
- Vindelen är redan idag prismässigt konkurrenskraftig och dessutom billigare än kärnkraften. Den kan byggas ut utan statliga subventioner
- Solelen lönar sig idag för intern användning i hemmet, däremot inte för inkoppling på nätet medan vindkraftens tillväxt bromsas av folkligt motstånd.
- En kraftig utbyggnad av vattenkraften är med dagens opinion och lagar inte realistisk.

INNEHÅLL

SLUTSATSER.....	2
EN SAMMANFATTNING	4
INLEDNING.....	10
ETT SÅRBART SAMHÄLLE	10
EFTERFRÅGEFLEXIBILITETEN.....	11
EN REFORMERAD SVENSK ELMARKNAD?.....	12
EN NULÄGESBESKRIVNING	13
DEN FÖRNYBARA ENERGIN ÄR PÅ FRAMMARSCH.....	13

¹ Detta begrepp förklaras i Bilaga 1 i slutet av rapporten.

² Detta begrepp förklaras i Bilaga 1 i slutet av rapporten

SVERIGE HAR VÄRLDENS BÄSTA ELNÄT!	15
POTENTIALEN FÖR FÖRNYBAR ENERGI	15
100 PROCENT FÖRNYBART ENLIGT ER2019:06 – ALLMÄNNA DELEN	16
RESURSANVÄNDNINGEN OCH MILJÖPÅVERKAN	18
UR ETT LIVSCYKELPERSPEKTIV	19
UTSLÄPPEN AV VÄXTHUSGASER	19
RESURSANVÄNDNINGEN OCH DEN MILJÖPÅVERKAN SOM INTE HAR ATT GÖRA MED NÅGRA UTSLÄPP AV VÄXTHUSGASER.....	21
SÄKERHETEN, HÄLSORISKERNA OCH KONSEKVENSERNA AV OLYCKOR	22
EKONOMIN: PRODUKTIONSKOSTNADEN PER kWh	23
EN SAMMANFATTANDE JÄMFÖRELSE MELLAN OLIKA ENEREGISLAG	23
KOSTNADERNA FÖR NYA ANLÄGGNINGAR I SVERIGE.....	24
VINDKRAFTEN.....	25
SOLEL.....	27
VATTENKRAFTEN	28
KÄRNKRAFTEN	29
MARKNADEN: INVESTERINGSVILJAN, TILLGÅNGEN PÅ RISKKAPITAL OCH EFTERFRÅGAN PÅ MARKNADEN .	31
VINDKRAFTEN.....	31
SOLELEN.....	31
VATTENKRAFTEN	32
KÄRNKRAFTEN	32
ACCEPTANSEN: POLITISKT OCH BLAND BEFOLKNINGEN (GENERELLT SOM LOKALT).....	34
VINDKRAFTEN.....	34
SOLELEN.....	35
VATTENKRAFTEN	35
ETT HÅLLBART ENERGISYSTEM.....	36
EFFEKTBRIST MEN INGEN ELBRIST	36
VAD GÖR VI MED ÖVERSKOTTET RESPEKTIVE UNDERSKOTTET PÅ EL?	37
BILAGA 1. NÅGRA GRUNDFAKTA OCH BEGREPP	38
OMVANDLING AV OLIKA ENERGIFORMER TILL EL.....	40
BILAGA 2. BALANSKRAFTEN OCH EN ÄNDRAD EFFEKTEFTERFRÅGAN.....	42
TOPPLASTTIMMEN	42
BILAGA 3 FLEXIBLA RESURSER	45

EN SAMMANFATTNING

Det som förenar oss inom rapportgruppen är att vi vill verka för att den förnybara energin och att vi anser att den politiska ramöverenskommelsen från 2016, med 100 procent förnybar energi, är fullt möjlig att genomföra på marknadsmässiga grunder fram till 2040, under vissa förutsättningar.

Inledning

De scenarier som FN-organet IPCC³ lämnar i sina rapporter, bland annat kring en förhöjd global medeltemperatur, har redan påbörjats. Det krävs att vi bromsar de värsta klimatskadorna redan nu.

De elsystem vi bygger inför framtiden måste vara långsiktigt hållbara och flexibelt så att de klarar av förändringar i omvärlden. Vägen dit hör ihop med nyckelord som: Energilagring (flexibelt utnyttjande av vattendammar, bilarnas batterier samt andra batterier och lager). Mer av efterfrågefleksibilitet, energieffektiviseringar och kraftvärme. Detta samtidigt som vi ransonerar våra fossila aktiviteter och konsumtion av onödiga prylar.

Den svenska elmarknaden måste reformeras och mer än nu integreras med den europeiska. Utveckla systemtjänsterna så att vi enkelt kan styra vår elkonsumtion beroende efter tillgången på el.

Sverige har världen bästa elnät enligt IEA⁴. Ändå måste de gamla elnäten både nationellt, regionalt och lokalt förstärkas för att kunna försörja södra Sverige och storstadsområdena med förnybar el. Glöm inte heller bort efterfrågefleksibiliteten!

Politikerna måste bestämma sig för vilken sorts elmarknad vi vill ha och bland annat acceptera höjda elpriset vid elbrist, så att det skapas incitament för att investera i systemtjänster som nu är osynliga och "gratis"

Ny teknik gör samhället allt mer sårbart. Men det har blivit billigare och enklare att åtgärda, via ny teknik, exempelvis solceller, så att alla viktiga samhällsfunktioner kan klara sig i veckor.

En nulägesbeskrivning

Den förnybara energin utgör bara en del av all den energi som används globalt. Samtidigt har el från sol och vind utvecklats mycket starkt det senaste decenniet. Tre fjärdedelar av den energikapacitet som byggdes ut i Indien år 2018 var till exempel förnybar.

"Förut ansågs elen från vindkraften vara mycket dyrare än kärnkraften". "Nu (2019) är det precis tvärtom

Kärnkraften hade globalt sett samma produktionsnivå år 2018 som år 2002. Under samma tidsperiod ökade elen från sol och vind samtidigt med en faktor 34.

Ett vindkraftverk producerar på 6-9 månader lika mycket energi, som det har gått åt för att få fram allt material, tillverka, transportera, bygga, driftsätta och driva verken. Under sin återstående livslängd producerar vindkraftverket sen enbart ren energi. Motsvarande siffra för solceller är 2-3 år.

Länsstyrelsen Dalarna (2013) visade på en metod som gör det enkelt att få fram grova skattningar av maxpotentialen för den förnybara energin. Stor potential att hämta. Metoden är användbar även nu.

100 procent förnybart enligt Energimyndighetens rapport ER 2019:06 Allmänna delen

De tre huvudscenarier som Energimyndigheten för fram i sin rapport inför 2040 är: Vind i Fokus. Mer sole-
nergi. Värna om kraftvärmen. I samtliga scenarier bedöms vattenkraften producera 70 TWh/år

Återstoden på 110 TWh kommer troligen att bestå av mycket variabel, annan ny förnybar elproduktion. Vindkraften (land och hav) varierar mellan 70-90 TWh, Solelen mellan 5-25 TWh och kraftvärmen mellan 15-35 TWh i de olika scenarierna.

³ IPCC= Intergovernmental Panel on Climate Change = ett mellanstatligt organ i FN som ska försörja världen med objektiv och relevant vetenskaplig information.

⁴ IEA = International Energy Agency

Elbehovet kommer dessutom att öka i takt med en ökande digitalisering, automatisering och elektrifiering av transportsystem och industrisektorer. Angeläget att då prioritera och säkerställa att elsystemet fungerar och att det via en ökad flexibilitet byggs ut stora mängder förnybar el, kostnadseffektivt.

Utifrån ett brett samhällsperspektiv ska tre olika huvudscenarier belysa det faktum att det inte alltid finns självklara svar på alla frågor, att det finns olika vägval, att försöka identifiera de centrala utmaningarna i samband med omställningen.

Enligt Energimyndighetens rapport ER2019:06 förväntas följande: Ytterligare minskning av produktionskostnaderna för vindkraft och solel. De i dag inbyggda flexibilitetsresurserna i energisystemet kommer att vidareutvecklas. Den planerbara kraften, exempelvis vattenkraft, får ett högre pris än den variabla kraften, sol och vind.

Under de kommande 20-30 åren kommer huvuddelen av Sveriges elproduktion, att ersättas av ny, cirka 100 TWh, eftersom de befintliga produktionskällorna då nått sina ekonomiska livslängder. Elanvändningen inom Sverige antas öka med 20 TWh till 160 TWh och ytterligare 20 TWh beräknas gå på export.

Resursanvändningen och miljöpåverkan

Samtliga energislag orsakar mer eller mindre stora utsläpp, av olika slag. Detta via gruvbrytningen, anrikningen, byggnationen, driften, rivning och sist av allt avfallshanteringen.

Kärnkraften samt bio- och fossilbränslena ger under driften, via bränslet, upphov till materiaomvandlingar och därmed också helt nya ämnen, som ett avfall. Kärnkraften producerar exempelvis radioaktiva grundämnen, som i värsta fall måste omhändertas under hundratusentals år.

Eftersom de förnybara energislagen sol-, vind- och vattenkraft inte använder sig av något bränsle alls är deras miljöbelastningar vid drift närmast försumbara.

Via livscykelanalyser kan vi få ett helhetsperspektiv på resursanvändningen och miljöpåverkan hos olika energislag, i exempelvis hela kedjan från metallbrytning till omhändertagande av avfall.

Beträffande utsläppen av koldioxid kan vi säga att all elproduktion, vars utsläpp totalt sett ger mindre än 30 g koldioxid per producerad kWh, är koldioxidsnål, enligt Göran Bryntse med flera.

Säkerheten, hälsoriskerna och konsekvenserna av olyckor

Kärnkraftförespråkarens tankar:

Risken för reaktorhaverier finns förstås. Men rent statistiskt har de händelser, som inträffat (Tjernoby, Fukushima), trots allt gett mindre personskador än effekterna av avfall från fossileldade kraftverk eller havererade/översvämmade vattenkraftanläggningar. Kopplingen mellan radioaktivt material för kärnkraft eller kärnvapen finns rent tekniskt, men sådana frågor måste behandlas i globala och mellanstatliga fredsavtal, inte avgöra val av energialternativ i Sverige.

Tankar hos den som är kritisk mot kärnkraften:

Det är oansvarigt att ersätta en låsning till storskalighet i form av oljan med en annan storskalighet, kärnkraften. Den framtida förvaringen av avfallet är osäker. Kärnkraften har en kontinuerlig risk för terror och haverier under drift.

Om det skulle inträffa en riktigt svår reaktorolycka med stora utsläpp kommer radioaktiva ämnen att bidra till att många får cancer, hjärt- och kärlsjukdomar och genetiska mutationer. Plus att stora markområden troligen blir förorenade och oanvändbara lång tid in i framtiden.

"När reaktorerna byggdes på 1900-talet fanns det teoretiska beräkningar om att härdsmältor skulle inträffa en gång på 100 000 reaktorår eller ännu mera sällan" "Nu visar verklig erfarenhet att vi efter knappt 20 000 reaktorår sett cirka tio reaktorer stängas efter härdsmältor, varav åtminstone fyra lett till stora utsläpp och

kostnader”⁵. De allvarligaste har inträffat i Tjernobyl och i Fukushima. I Sverige har det inträffat fyra allvarliga tillbud. Något sådant inträffar inte med den förnybara energin.

Så här tycker en del av rapportgruppen: ”Vi behöver inte detaljgranska kärnkraftens roll”. ”Bygg först ut den hållbara förnybara energin och sedan om det mot alla odds går att få fram en tekniskt, ekonomiskt och ekologiskt fungerade kärnkraft skulle den kunna användas som ett komplement”.

Ekonomi: produktionskostnaden per kWh.

Sverige: Produktionskostnaden bedöms år 2020 till 31-34 öre/kWh för storskalig vindkraft i bra vindlägen, 46-55 öre för vattenkraften och 55-64 öre/kWh för kärnkraften (exklusive miljökostnader).

Globalt: Det viktigaste nordamerikanska energianalysföretaget Lazard kom 2018 med följande beräkningar utifrån LCOE-kalkyler beträffande kostnaderna för nya energianläggningar.

(I beräkningarna har miljökostnader tagits med, på ett sätt som nog inte godkänns av alla):

Kärnkraft, i snitt 151 \$/MWh \approx 1510 kr/MWh \approx 1,51 kr/kWh

Vindkraft på land, 43 \$/MWh \approx 430 kr/MWh \approx 0,43 kr/kWh

Solelsfarm (Utility Scale): 41 \$/MWh \approx 410 kr/MWh \approx 0,41 kr/kWh

Vindkraften i Sverige:

Under de närmaste decennierna kommer detta energislag att vara den billigaste produktionskällan.

Enligt investeringsbeslut ska Sverige under åren 2017-2021 bygga 1 915 verk. Totala effekten blir 7609 MW. Kostnaden är 82,6 miljarder kronor. Produktionskostnaden beräknas till 33 öre/kWh.

De som började bygga ut vindkraften, har delvis fått betala teknikutvecklingen under 2008-2016. För ersättningen under denna tid var oftast lägre än produktionskostnaden. Konsekvens= konkurser.

I dag ingår vindkraftsägare ofta ett PPC-energiköpeavtal (PPC = power -price-contracts) med en elförbrukare före ett investeringsbeslut. Detta genom att sälja 80-90 procent av produktionen till fast pris, under en länge period, säg 15 år. Ett PPC-avtal gör det lättare att ta banklån.

Solelen i Sverige:

Solceller är lönsamma om de utnyttjas internt inom en fastighet utan att kopplas upp på nätet.

I den här rapporten redovisas produktionskostnaderna för fyra svenska anläggningar med solceller.

Utvecklingen av såväl teknik som produktion, de senaste åren, har varit så omfattande, att även de mest optimistiska prognoserna slagit helt fel. På lång sikt bedöms solelen få en betydligt lägre produktionskostnad jämfört med i dag.

Numera kan solcellerna utgöra en integrerad del i själva i själva taket, eller i fönstren eller i fasadmaterialet, vilket kan vara direkt kostnadsbesparande.

I nuläget är anläggningskostnaden 6-8 kr/års kWh. Produktionskostnaden är 15-20 öre/kWh. Antal fullast-timmar, då anläggningen producerar sin märkeffekt uppgår till ca 1 000 timmar/år. Denna låga produktionskostnad har uppnåtts i länder nära ekvatorn.

Vattenkraften i Sverige:

Det är mycket svårt att uppskatta kostnaderna för vattenkraften eftersom faktorer som tillståndsgivning, domstolsprocesser och beskattning inte känns stabila.

Utbyggnad av vattenkraften kan överslagsmässigt beräknas till ca 3 - 6 SEK per producerad årskWh, enligt beprövad erfarenhet. Produktionskostnaden för småskalig nybyggd vattenkraft är cirka 50 öre/kWh, varav kapitalkostnaden utgör cirka 62 procent och driftkostnaden cirka 38 procent.

⁵ Tomas Käberger i ETC, 8 april 2019:

Beräkningarna utgår från en investeringskostnad på 4 kr/årskWh. Verkningsgraden är mer än 80 procent. Utnyttningstiden, omräknat till produktionen vid full effekt är i genomsnitt ca 4 000 tim.

Kärnkraften i Sverige:

Enligt kärnkraftsbranschen:

De löpande kostnaderna är 26 öre/kWh (2018). I Ringhals beräknas denna kostnad bli 19 öre/kWh till år 2021. Totalpriset för årsproducerad energi bedöms hamna på ca 40-60 öre per kWh. Kapitalkostnaden för reaktor och de tillhörande systemen svarar för två tredjedelar av den totala kostnaden för elproduktionen.

För varje kilowattimme el som produceras i ett svenskt kärnkraftverk betalas in pengar till Kärnavfallsfonden. Avgiften ska finansiera framtida kostnader för hantering av driftavfall, försäkringar, miljöåtgärder, forskning och utveckling.

Atomansvarighetslagen gör att reaktorägarna är skyldiga att teckna en ansvarsförsäkring som kostar 1-3 öre/kWh för att täcka skador vid en atomolycka. Skulle det hända en atomolycka i dag betalar ägaren till kärnkraftverket maximalt cirka ca 11,8 miljarder kr. per atomreaktor till de som påverkas.

Beräkningarna kring framför allt kärnkraftens kostnader skiljer sig avsevärt beroende på om miljökostnaderna, som kan uppkomma vid bland annat en svår kärnkraftsolycka, även tas med. Detta sätta att räkna ifrågasätts starkt av bland annat dem som förespråkar kärnkraft.

Enligt andra bedömare:

Kärnkraften är subventionerad, eftersom de 11,8 miljarder per reaktor, som ska täcka skadorna vid en reaktorolycka inte räcker särskilt långt. Fukushima kostade exempelvis cirka 6 000 miljarder kronor!

Kåberger: Om kärnkraften kommer att finnas kvar beror på hanteringen av den viktigaste subventionen. För i nuläget slipper reaktorägarna nämligen ifrån att betala för de mesta av konsekvenserna av stora reaktorolyckor, eftersom ansvaret ligger hos aktiebolag med ett begränsat ansvar. Kostnaderna hamnar hos dem som drabbats eller skattebetalarna

Marknaden: Investeringsviljan, tillgången på riskkapital och efterfrågan på marknaden

Vindkraften. 95 procent av investeringarna i Sverige har finansierats med hjälp av utländskt kapital. Svenska pensionsbolag har börjat visa intresse för att investera i vindkraftsprojekt i Sverige.

Osäkerhetsfaktorer. Lönsamheten och därmed investeringsviljan är helt beroende av hur pass bra vindlägen som entreprenören tilldelas. Osäkerheten kan öka, när de bästa vindlägena redan har exploaterats. Många projektansökningar avslås redan idag.

Solelen:

Det behövs troligen någon form av styrmedel för att solcellerna ska kunna ta en betydande andel av marknaden. Svenska regeringen och EU har förutsett detta och därför utformat ett stödsystem. För övrigt finns det mycket ny teknik på gång.

Vattenkraften:

Troligen är det ingen brist på investeringsvilja och tillgång till riskkapital om förutsättningar och tillståndsgivning anpassas. För att få möjligheten att bygga ut vattenkraften krävs det genomgripande lagändringar och en vilja att bygga dammar i de tre stora oreglerade älvar i Sveriges Norrland, vilket i dagsläge är mycket begränsat.

Kärnkraften:

Kärnkraftsförespråkarens tankar:

Effektsskatten, som gällde under åren 2000-2018 motverkade ytterligare investeringar i forskning och utveckling. Sen effektsskatten togs bort, tycks marknads intresse för kärnkraften ha pånyttfötts.

Genom att uppgradera använt kärnbränsle i form av uran och plutonium går det att tillverka så kallat mox-bränsle. Detta bränsle kan användas ytterligare en gång i dagens reaktorer.

Nästa generations kärnkraftsreaktorer, generation 4, kan hantera fler långlivade ämnen i bränslet och bättre utnyttja dess energi och dessutom korta ner det använda bränslets lagringstid. Generation 4 skulle kunna placeras i områden där det tidigare fanns kärnkraftverk, möjliggöra ett optimalt utnyttjande av den redan befintliga infrastrukturen och så vidare.

Ur kärnkraftsmotståndarens synvinkel

Det har inte färdigbyggts några kärnreaktorer i Västeuropa eller USA på ca 30 år. De pågående projekten i Finland och Frankrike är ännu inte avslutade, och kostnaden skjuter i höjden av olika skäl.

Eon säger att kärnkraften är utsiktslös framöver och att den inte kan bli lönsam ens på sikt och dess Sverigechef Marc Hoffmann säger att kärnkraften ska avvecklas och att ingen ny ska byggas. Och Vattenfalls generaldirektör och ordförande tror inte på byggandet av nya kärnkraftverk i Sverige.

Den fjärde generationens kärnkraft existerar inte än. Och om det skulle gå att realisera skulle det krävas mycket omfattande subventioner från statligt håll.

Om tanken på att bygga nya kärnreaktorer, säger Per Högselius, professor i historiska studier på KTH, att ny kärnkraft är chanslös på en fri elmarknad. För investeringar i ny kärnkraft förutsätter nämligen att den avreglerade elmarknaden kringgås och att det skapas konstgjorda, skyddade öar fria från marknadens nyckfulla priser.

Detta har man gjort i exempelvis Kina, Indien, Ryssland och Förenade Arabemiraten, där det investerats i ny kärnkraft. Beträffande USA är det, enligt Per Högselius, bara kärnkraftverk som ligger i delstater där elpriserna garanteras av myndigheterna i delstaten som uppvisar någon lönsamhet. I de andra delstaterna, har kärnkraften enorma ekonomiska problem.

Acceptansen: Politiskt och bland befolkningen (generellt som lokalt)

Vindkraften:

Utbyggnaden av vindkraften är dramatisk och vi går nu från dagens 14 procent vindel till morgondagens 50 procent. Det finns också en stark trend mot allt större, allt mer effektiva vindkraftverk med ständigt större rotordiametrar, där stora vindkraftsverk är bättre än små i närmast alla avseenden.

För att lyckas med denna utbyggnad måste lokalbefolkningen bli mer delaktiga än i dag. I och för sig är nog rätt många svenskar positiva till vindkraften. Men bara så länge som den inte byggs där man själv bor. Å andra sidan när vindkraftsverken väl är i drift är många människor i närområdet, vilka har blivit delaktiga i projektet, positiva till vindkraften.

Och i renkötselområdena kommer minst en sameby att kunna säga nej till vindkraften. Detta kan begränsa planerna på att bygga ut vindkraften just där. Om samebyarna erbjuds att bli delaktiga och rennäringsen inte påtagligt påverkas finns det goda möjligheter för att samordna de båda intressena.

För övrigt är de långa prövningstiderna ett stort bekymmer för dem som ska bygga vindkraftverk. Det måste gå snabbare och bli lättare och bli mer rättssäkert att få till ett prövningstillstånd.

Solelen:

Allt tyder på att andelen solceller ökar fram till år 2040. Detta beror bland annat på sjunkande priser, ett starkt folkligt stöd, korta ledtider och tillgång till ytor som inte har några alternativa användningsområden. Annat som talar för mer solceller är ett intresse för att främja lokal och småskalig elproduktion. En framtidsfråga: Kommer skatteundantaget för utmatning på nätet att finnas kvar?

Vattenkraften:

Långtidsmätningar av SOM-institutet visar att överväldigande många svenskar är för vattenkraften. Enligt Riksdagsbeslut ska de fyra stora Norrlandsälvarna lämnas orörda. Byggdes de fullt skulle Sverige få ett tillskott på ungefär 30 TWh el per år, det vill säga mer än halva kärnkraften. Troligen finns det inget folkligt stöd för en sådan utbyggnad.

Ett hållbart energisystem

Sverige står **inte** inför en hotande elbrist, som skulle kunna hota industrins expansionsmöjligheter. Däremot har vi ett delvis underdimensionerat elnät, som inte alltid klarat av att leverera tillräckligt med effekt överallt.

Med hjälp av efterfrågestabilitet (amerikanska studier) kan vi dock kapa effekttopparna med 20 procent och dessutom samtidigt relativt snabbt och enkelt ta bort de värsta obalanserna i elproduktionen! Och detta med hjälp av ett elsystem baserat på förnybar energi! Det som bland annat krävs är att vi ändrar elpriset och inför ett elpris som ändras timvis, kanske oftare. På så sätt styrs efterfrågan via elpriset beroende på om det är ett överskott eller ett underskott på el.

Elpriset kan exempelvis sätta utifrån de vind-och solprognoser som SMHI gör inför ett kommande dygn. Det pågår även omfattande utveckling av prognosverktyg, som vindkraftsägarna kan utnyttja, för planering av produktionen. När det är ett överskott på el kan vi i till exempel lagra elen i batterier eller i vätgas.

Bilaga 1 Några grundfakta och begrepp

Omvandlingen till olika energiformer

Bilaga 2. Balanskraften och en ändrad effektefterfrågan samt Topplasttimmen

Med en rapport, från Svenska Kraftnät, slår Lennart Söder fast att "Om vi stänger all kärnkraft och om vi bygger ut vindkraften för att ersätta kärnkraften och dessutom ökar konsumtion, så kommer vi bara att få problem med elförsörjningen mindre än en timme per år i snitt".

Fungerar trots en ökad energikonsumtion!

Enligt Svenska Kraftnäts rapport om ett framtida elsystem: Ingen mer eltillförsel från kärnkraften. Elen från kraftvärmorna har minskat. Ändå beräknas den årliga elkonsumtionen till 179 TWh, i Sverige. Och detta sker samtidigt som stora mängder el kommer att krävas i Hybritprojektet och i alla nya datacenter och till alla nya elbilar. Samtidigt kan elbilarnas batterier tillsammans med det nordiska elnätet bidra med flexibiliteten i nätet.

Bilaga 3 Flexibla resurser

INLEDNING

ETT SÅRBART SAMHÄLLE

En viktig utmaning inför framtiden är att vi bygger långsiktigt hållbara och flexibla infrastrukturer för elsystemen. System som är möjliga att utvärdera och bygga om i takt med teknikutvecklingen och förändrade förutsättningar i omvärlden. Men det är svårt. För många gånger handlar det ju om stora system och därmed dyra investeringar. Ändå måste vi bygga flexibelt. Annars riskerar vi att under ett antal decennier låsa fast oss i suboptimala och miljömässigt ohållbara elsystem, exempelvis ny kärnkraft som bland annat tar decennier att genomföra.⁶

Utan elen stannar rätt mycket i samhället omedelbart, alternativt ganska snart. Det handlar om bland annat frysar, belysning, pumpar till vattenförsörjning, fjärrvärme, tåg, avloppssystem, betalsystem, mobiltelefonernas basstationer, bensinpumpar och så vidare.

Till de faktorer som kan sätta elsystemet ur spel hör bland annat extrem kyla och värme, vattenbrist, vindstiltje, molnighet och snö (solel) stormar, hackare, krig och terrorism. Sådana faktorer måste beaktas vid de bedömningar som ska göras.

Ett exempel på samhällets sårbarhet är det strömavbrott som inträffade hösten 1983, då 4,5 miljoner svenska elkunder blev strömlösa under en till sju timmar. Orsaken var en överhettning i ett ställverk i Hamra utanför Enköping. Trots att nästan hela elnätet fortfarande var intakt under strömavbrottet kopplades ändå två ledningar på stamnätet från Norrland bort, liksom nästan all kärnkraft.

Samtidigt som samhället blivit allt mer sårbart på grund av all den nya tekniken, har ny teknik också gjort det enklare och billigare att minska sårbarheten. Ett tydligt exempel på detta är utvecklingen av tekniken kring solceller.⁷ Detta gäller även för vindkraften. Samhället bör planera in en beredskap så att exempelvis mobilnätet och varenda tankstation kan leverera bränsle och så att vattentillförseln och avloppssystemen fungerar även om det skulle bli strömlöst i flera veckor.⁸

För övrigt är vi människor oförmögna att tänka framtid och de flesta vill nog hålla sig kvar i nuet. Samtidigt ligger det scenarier som FN-organet IPCC lämnat i sina rapporter inte alls långt fram i tiden. De har redan påbörjats. Så åtgärderna för att bromsa de värsta klimatskadorna måste komma nu!

Redan i rapporten "Third Assessment Report" från IPCC från 2007 fanns det till exempel väl styrkt att det brådskade med åtgärder mot klimat och att två graders uppvärmning markerade gränsen mellan farligt och mycket farligt.

Andra källor pekar på att två graders höjning av medeltemperaturen skulle leda till att världens korallrev dog ut. Men blir uppvärmningen "bara" 1,5 grader förväntas 20-30 procent av korallerna klara sig!

Med "business as usual" kommer den globala medeltemperaturen år 2100 att vara tre- fem (medelvärde blir fyra grader) grader högre än i dag, enligt IPCC:s prognoser, framtagna av ett stort antal forskare. Vilka effekter detta får vet vi inte, mer än att förändringarna blir minst sagt dramatiska. Överlever mänskligheten en sådan förändring?⁹

Lägg till detta att vi måste minska vår konsumtion och göra energieffektiviseringar. Detta samtidigt som vi snabbt bygger ut elkraften enligt ovan och ransonerar våra fossilkrävande aktiviteter.

⁶ Dessa tankegångar kring kärnkraften håller inte alla med om i rapportgruppen

⁷ Tomas Kåberger i "Sol mot sårbarhet" i ETC 2019

⁸ Tomas Kåberger: professor på Chalmers, avdelningen fysisk resursteori i "Sol mot sårbarhet" i ETC 2019

⁹ Föreläsning i maj 2019 av Alisdair Skelton, professor i geokemi och petrologi på Stockholms Universitet:

En av utmaningarna

Den 10 juni 2016 slöts en ramöverenskommelse om den svenska energipolitiken mellan fem av riksdagens partier: Socialdemokraterna, Moderaterna, Miljöpartiet de gröna, Centerpartiet och Kristdemokraterna. Överenskommelsen utgör en gemensam färdplan för en kontrollerad övergång till ett helt förnybart elsystem, med målet 100 procent förnybar elproduktion år 2040. Detta är ett mål, inte ett stoppdatum som förbjuder kärnkraft och det innebär inte heller en stängning av kärnkraft med politiska beslut. Statligt stöd för kärnkraft kan inte påräknas.

En mycket viktig fråga i sammanhanget är exempelvis hur Sverige, i takt med att kärnkraften stängs ner, ska klara av sin effektförsörjning och sin balanskraft.

Frågeställningen uppkommer eftersom tillförseln av såväl sol som vind kommer att variera kraftigt, beroende på hur mycket det blåser och hur mycket solen skiner. Å andra sidan kan en del av dessa problem troligen lösas, helt eller delvis, med hjälp av en så kallad efterfrågefleksibilitet

EFTERFRÅGEFLEXIBILITETEN

Efterfrågefleksibiliteten, som hittills har varit en outnyttjad resurs, kommer att få en allt större betydelse i framtiden. För kraftsystemet kommer nämligen att ställas inför ökade utmaningar, i takt med att allt mer variabel el från sol och vind kommer till användning. Detta enligt information från Energimarknadsinspektionen.¹⁰

Rätt använd kan konceptet bland annat ge ett minskat investeringsbehov, ett effektivare och mer flexibelt elsystem, en minskad risk för effektbrist, värdefulla bidrag till balanskraften, en bättre fungerande elmarknad, samhällsekonomiska vinster, energilagring av el samt utjämning av lokala nätproblem. Det sist nämnda har att göra med att allt fler små hushåll kommer att leverera el till nätet och att allt fler elbilar kommer att laddas via nätet.

Men för att flexibiliteten ska fungera krävs det också att elkunderna och deras elapparater agerar utifrån olika signaler. Till exempel att elkunderna minskar sin förbrukning när elnätet är hårt belastat och att de ökar sin elanvändning när det finns gott om förnybar el.

Mycket av den teknik som krävs för att genomföra ovanstående finns redan tillgänglig i dag. Och de hushåll som värmer upp sina hus med el kommer troligen att kunna dra mest nytta av konceptet. Observera också att övergången kan ske med bibehållen komfort och att nyttan dessutom överstiger kostnaderna. Enligt informationen från Energimarknadsinspektionen.

Efterfrågefleksibilitet är en bra "växellåda" för ett kraftsystem som skall fungera trots att förutsättningarna hela tiden förändras. För elproduktionen och elkonsumtionen i ett sammankopplat elnät måste ju hela tiden, varje sekund, vara i balans och elledningarna tillräckligt kraftiga för att det inte skall bli strömavbrott.

Vill jag köra upp för en brant backe spelar det ingen roll om bilen är fulltankad (bränslet = energi) om motorn är för svag och har för få växlar. Då måste motoreffekten överdimensioneras eller så måste växellådan bytas till en som är mer flerväxlad för att bilen skall orka ta sig upp för backen.

Utan Efterfrågefleksibiliteten blir framtidens elsystem mer sårbart under vissa timmar, då det kan uppkomma effektbrist. Med exempelvis svårigheter att balansera efterfrågan och tillgången de dagar som sol och vind inte levererar tillräckligt med el. Se för övrigt längst bak i rapporten: Bilaga 3, Flexibla resurser. Företaget Power Circle visar där en bild med nio flexibla resurser, som kan ge mer än 60 GW. Observera bland annat att elbilarnas batterier skulle kunna utgöra en stor flexibilitetsresurs!

¹⁰ "Efterfrågefleksibiliteten. En outnyttjad resurs i kraftsystemet": https://www.ei.se/Documents/Publikationer/rapporter_och_pm/Rapporter%202016/Efterfrageflexibilitet_en_outnyttjad_resurs.pdf

EN REFORMERAD SVENSK ELMARKNAD?

Enligt en artikel i Second Opinion anser Markus Wråke på Energiforsk¹¹ att den svenska elmarknaden och energipolitiken måste reformeras. Info om Energiforsk hittar du på¹² Det är till exempel motsägelsefullt att elmarknaden ska vara avreglerad och kostnadseffektiv samtidigt som de gjorda investeringarna ska vara slimmade.

För det måste ju löna sig att göra investeringar i system- och nättjänster. Vidare är det inte rimligt att vi på en integrerad europeisk marknad ska exportera el från exempelvis vattenkraften till våra grannar och samtidigt tro att vår industri ska kunna basera sin konkurrenskraft på samma billiga vattenkraft.

För politikerna gäller det nu att bestämma sig för vilken sorts elmarknad vi vill ha. Att bland annat acceptera att elpriset höjs när det råder elbrist. Så att det skapas incitament för att investera i de systemtjänster som nu är närmast osynliga och dessutom "gratis"

Enligt Markus Wråke får det dessutom inte finnas den minsta misstanke om att politikerna kommer att blanda sig i elmarknaden om elpriserna blir för höga. För blotta misstanken om något sådan skulle kunna minska viljan att investera i de systemtjänster, som vi så väl behöver.

För övrigt handlar numera mycket av diskussionerna, enligt Markus Wråke om trängseln på elnätet. I det sammanhanget är det inte alls självklart att varje kommun ska bygga sig en ny batterifabrik!¹³

Ökad integration mellan elen och värmesystemen?

Forskningen vid Elforsk visar att om vi bättre än i dag kunde öka integrationen mellan elen-och värmesystemen så har vi stora outnyttjade värden att hämta. Detta är möjligt om vi till exempel kombinerar kraftvärmen med värmepumpar och värmelager och samtidigt utnyttjar den stora potentialen som finns i att växla mellan elvärme och termisk energi. Termisk energi = rörelseenergin hos exempelvis molekylerna i vatten. En illustration till begreppet hittar du i bilden under¹⁴

En möjlighet är till exempel att koppla ihop överskottselen från vind- och solkraft med värmelager i våra kraftvärmeverk. Där elen åstadkommer temperaturer på mer än 500 grader som smälter något salt. Den i saltet lagrade energin kan sen i ett senare skede skickas ut i kraftvärmenäten eller användas för att göra el. Beräkningar tyder på att en sådan anordning skulle kunna bli lönsam.¹⁵

¹¹ Energiforsk ägs bland annat av Energiföretagen Sverige, Svenska kraftnät och Energigas Sverige

¹² <https://sv.wikipedia.org/wiki/Elforsk>

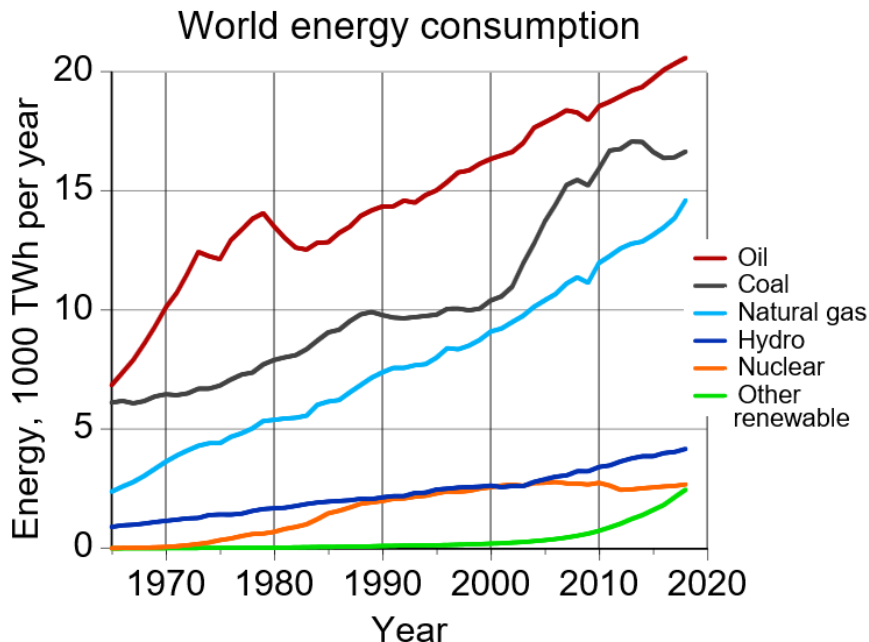
¹³ <https://second-opinion.se/karnkraften-skygger-de-viktigaste-fragorna/>

¹⁴ https://sv.wikipedia.org/wiki/Termisk_energi.

¹⁵ <https://www.hh.se/forskning/forskningsmiljoer/rydberglaboratoriet-for-tillampad-naturvetenskap-rlas/energisystem/integration-av-el-och-varme-via-hogtempererade-varmelager.html>

EN NULÄGESBESKRIVNING

De fossila bränslena utgör en dominerande andel av världens energikonsumtion, vilket framgår av nedanstående diagram hämtad från Wikipedia.¹⁶ De andelar som omvandlas till el beskrivs inte i diagrammet. Lägg till detta att i de flesta länder utanför Norden används energin framför allt för att åstadkomma värme och för att driva industriprocesser.



Enligt artikeln "Elproduktionen internationellt"¹⁷ i Ekonomifakta, har den globala användningen av nästan all slags energi ökat sedan 1990, samtidigt som elproduktion mer än fördubblats

Dessutom har oljeanvändningen minskat med 30 procent samtidigt som den globala användningen av naturgas ökat med över 200 procent och kol med nästan 120 procent. Av den globala elproduktionen år 2018, på ungefär 26 000 TWh, var ungefär en fjärdedel förnybar och resten icke-förnybar el. Andelen el globalt från

de olika energislagen fördelade sig enligt: Vattenkraften cirka 19 procent, sol och vind cirka 7 procent, kolkraften cirka 38 procent, naturgasen cirka 23 procent, kärnkraften 10 procent och oljan 3 procent.¹⁸

DEN FÖRNYBARA ENERGIN ÄR PÅ FRAMMARSCH

Även om det förnybara utgör en liten del av all den energi som används globalt så har framförallt el från sol och vind utvecklats mycket starkt det senaste decenniet.

Just nu finns det totalt sett över 2 000 GW kolkraft installerad i världen och ytterligare 170 GW är under uppbyggnad enligt IEA 2019. I maj 2019 kommenterade Tomas Käberger detta faktum: "Satsningarna på fossila bränslen är usla och dåliga investeringar, som om de genomförs enbart slösar bort resurser och fördröjer utvecklingen." För det går inte längre att stoppa den positiva utvecklingen!¹⁹

Tre fjärdedelar av den energikapacitet som byggdes ut i Indien år 2018 var förnybar. Flera exempel från USA visar att ny sol-och vindel nu konkurrerar ut de befintliga kol- och kärnkraftverken. Bland annat stängdes en kärnreaktor och bygget av två reaktorer avbröts, trots att de redan kostat 100 miljarder kronor.²⁰ Paradoxalt nog fick samtidigt två kärnkraftverk i USA under 2019 sina drifttillstånd förlängda till 80 år, fram till och med åren 2052 och 2053. Senare i rapporten, under kärnkraften, diskuteras tänkbara förklaringar.

Förut ansågs el från kärnkraften vara mycket billigare än el från vindkraften". "Nu (2019) är det precis tvärtom "Precis så sade Lennart Söder, professor i elkraftsystem på KTH, innan han skickade ett mail med nedanstående diagram över den globala elproduktionen i TWh mellan åren 2000-2018. Diagrammet har

¹⁶ https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3a/World_energy_consumption.svg

¹⁷ Tidningen är ägd av arbetsgivarorganisationen Svenskt Näringsliv:

<https://www.ekonomifakta.se/fakta/energi/energibalans-internationellt/elproduktion/>

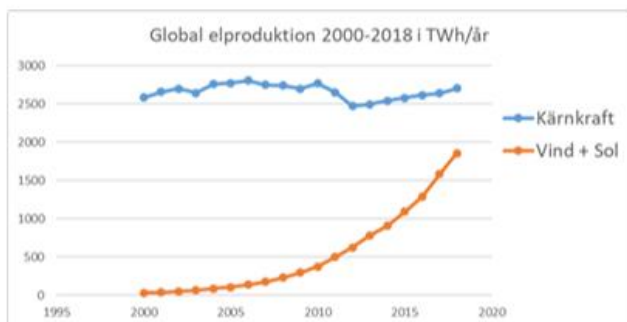
¹⁸ <https://el.se/elanvandning>

¹⁹ Tomas Käberger i mail 2019

²⁰ Tomas Käberger i ETC 8 april 2019

han gjort utifrån information från BP Statistical Review of World Energy. Av diagrammet framgår det bland annat att el från sol-och vind ökat kraftigt. Då det gäller kärnkraften har den samma produktionsnivå år 2018 som år 2002. Detta samtidigt som *el från* sol och vind har ökat med en faktor 34 under samma tid.

Rent tekniskt finns det inte några hinder för att införa ett globalt energisystem som helt försörjs av förnybar energi. Och förnybar el kan dessutom ersätta oljan i transportsektorn så att utsläppen av koldioxid därifrån kan minska.



Vindkraften

Globalt:

Sedan de första moderna vindkraftverken togs i drift på 1980-talet har det skett en snabb teknisk utveckling. 2018 fanns det 600 000 MW vindkraft i världen, som bidrog med 6 procent av elanvändningen

Sverige:

I Sverige bidrog vindkraften 2018 med 18,1 TWh (eller 12,9 procent) av elanvändningen på 140,1 TWh. Vindkraftens effekt uppgick till

7 395 MW. Vindkraften ökar hela tiden sin kapacitetsfaktor (utnyttjandegraden). Det innebär att den snart passerar 40 procent. I bra vindlägen där vindhastigheten ligger inom intervallet 4-25 m/s är vindkraften normalt i drift under 90-95 procent av tiden.

En forskningsrapport visar att vindkraftens effektvärde fram till år 2040 mycket väl kan fördubblas jämfört med år 2010 enbart genom att befintlig vindkraft ersätts med bästa tillgängliga teknik.

Moderna vindkraftverk i bra vindlägen producerar på sex-nio månader lika mycket energi, som det har gått åt för att få fram allt material, tillverka, transportera, bygga, driftsätta och driva verken.

Gör vi en liknande beräkning på solceller, som för vindkraften, rör det sig om en tidperiod på två-tre år innan energiskulden är betald. Under solcellens återstående livslängd som är ungefär 27-28 år åstadkommer solcellen enbart ren energi. Beträffande vattenkraften har vi inga uppgifter. Ett kärnkraftverk kan däremot aldrig komma ikapp eftersom det hela tiden tillförs nytt kärnbränsle.

Mix av olika energislag

Dagens elproduktion i Sverige består av en mix av olika energislag. Totala elproduktionen år 2017 var i Sverige 160,2 TWh, varav 97,2 TWh kom från förnybara energikällor och 63 TWh från kärnkraften. Elanvändningen inom Sverige var 141,2 TWh och exporten svarade för 19 TWh.

Tabell: Så här fördelade sig elproduktionen mellan de olika energislagen

Energislag	Solkraft	Vindkraft	Vattenkraft	Kraftvärme	Kärnkraft
Produktion TWh	0,4	17,6	64,6	14,6	63

Solkraften

Solcellstekniken, som inte är en ny teknik, har de senaste åren genomgått en snabb utveckling. Från en nischapplikation i rymden till dagens konkurrenskraftiga teknik med storskalig elproduktion. I ett av oljefälten i något Arabland konkurrerade solelen till och med ut oljan som normalt brukade användas i de pumpar som skulle hämta upp olja ur marken!

Globalt byggs solcellerna ut kraftigt. Runt 2009 hade till exempel världens kärnkraftverk tio gånger större installerad generatoreffekt jämfört med världens alla solceller. 2019 hade i stället all världens solceller 25 procent större installerad effekt jämfört med kärnkraften.²¹

Den årliga ökningen globalt sett av el från solceller är ungefär 300 TWh²², vilket är ungefär dubbelt så mycket el som Sverige producerade år 2017. Erfarenheterna visar att tillverkarna har kapacitet för att snabbt bygga ut såväl sol- som vindenergin.

SVERIGE HAR VÄRLDENS BÄSTA ELNÄT!

Enligt IEA har Sverige världens bästa elnät, vilket innebär att vi som land har unika förutsättningar för att klara omställningen till förnybar energi. Samtidigt är vårt land inne i en utvecklingsfas där en del anser att omställningen måste gå snabbare. Den nuvarande nätkapaciteten måste få ett ökat underhåll och förstärkas. För just nu räcker den inte till för att försörja södra Sverige med el om kärnkraften avvecklades i dag. Det beror på att kärnkraften är placerad framför allt i södra Sverige.

Ett lågt elpris lockar utländska investerare

Vidare har Sverige relativt sett ett lågt elpris. Detta lockar nya industrier och anläggningar till Sverige och skapar bland annat arbetstillfällen och skatteintäkter. En förutsättning är då förstås att det också finns tillräckligt med produktions- och nätkapacitet.

Att behovet av el ökar ställer hårda krav på såväl distribution som produktion av förnybar energi. I Sverige saknas egentligen inte el, men den produceras främst i norr och används mest i söder. Att stam-, regional och lokalnätens ledningar har begränsade möjligheter att överföra el, gör Skåne och storstadsregionerna sårbara. Dessutom bidrar detta till högre elpriser i södra Sverige.

Eftersom elen från solen och vinden är variabel måste det till kapacitet och teknik i systemen som gör det möjligt att lagra stora mängder el då produktionen från dessa energislag överstiger efterfrågan. I detta sammanhang finns det stora möjligheter att styra efterfrågan på el via efterfrågefleksibiliteten.

Vårgårda bostäder har byggt en anläggning med solceller, batterier och vätgas för uppvärmning och fastighetsel. Målet är att fastigheten på så sätt ska bli självförsörjande på värme, varmvatten och fastighetsel. Hushållselen ska hyresgästerna dock få via elnätet genom vanliga elavtal. Överskott av solenergi från vår, sommar och höst ska lagras i vätgas och sen användas under den kallare årstiden för att göra el och värme²³

POTENTIALEN FÖR FÖRNYBAR ENERGI

2013 redovisades rapporten "Underlag för potentialberäkningar av förnybar energi": Rapport 2013:03, Länsstyrelsen Dalarna, av Håkan Sternberg.²⁴

I rapporten redovisas metoder för hur man även i dag kan beräkna potentialen för förnybar energi för ett län. De energislag som behandlats är bioenergi, solenergi, vindkraft och vattenkraft.

Rapporten visar att det är möjligt att med relativt enkla metoder få fram rimliga uppskattningar av de länsvisa potentialerna. Uppgifterna måste i varje enskilt fall bedömas utifrån ett rimlighetsperspektiv.

²¹ Tomas Käberger i ETC 26 april 2019

²² Tomas Käberger i ETC 20 maj 2019

²³ <https://second-opinion.se/vargarda-forst-med-varme-fran-solceller>

²⁴ <https://www.lansstyrelsen.se/download/18.4df86bcd164893b7cd92d381/1534488489669/2013-03%20Underlag%20for%20fornybar%20energi.pdf>

Tabell. Ungefärliga maxpotentialer för förnybar energi hela landet, respektive Dalarnas län år 2013. I spalten till höger redovisas även den nuvarande elproduktionen för respektive energislag.

Energislag	Ungefärliga maxpotentialer Rapport 2013:03, TWh		Nuvarande nivåer, år 2017 TWh	
	Sverige	Dalarna	Sverige	Dalarna
Vindkraft	250	10	17,6	0,8
Solenergi	30	0,9	0,4	0
Vattenkraft	70	4,3	64,6	3,2
Kraftvärme	-	-	14,6	0,3
Summa potential för ovanstående förnybara energislag	350	15,2	97,2	4,3

100 PROCENT FÖRNYBART ENLIGT ER2019:06 – ALLMÄNNA DELEN

Energikommissionens ramöverenskommelse om energipolitiken

Utifrån den politiska ramöverenskommelsen om energipolitiken år 2016 har Energimyndigheten initierat ett eget projekt om 100 procent förnybar elsystem. I delrapport 1 beskrivs hur vägen dit skulle kunna se ut och vilka förutsättningar som det finns i Sverige för olika kraftslag. I delrapport 2: Scenarier, vägval och utmaningar, ER 2019:06 gör myndigheten en översiktlig sammanställning över kunskapsläget för förnybar energi, samt beskriver scenarier inför omställningen av elsystemet, som enligt målen ska vara 100 procent förnybart fram till 2040.

Fullt möjligt

Enligt Energimyndighetens rapport ER2019:06 är det fullt möjligt, att på marknadsmässiga grunder, åstadkomma ett till 100 procent förnybart elsystem fram till 2040 där:

- Utbud och efterfrågan av el möts under större delen av tiden, utan några större anpassningar. Ett nyckelord är begreppet prissignaler.
- Produktionskostnaderna för vindkraft och solceller förväntas fortsätta minska.
- De flexibilitetsresurser som redan i dag finns inbyggt energisystemet vidareutvecklas ytterligare.
- Den planerbara kraften (bland annat vattenkraften) får i genomsnitt ett högre pris än den variabla kraften (el från sol och vind)

En stor omställning

Under de närmaste 20-30 åren kommer det att bli stora förändringar beträffande hur, var och när elen kommer att produceras och användas. Eftersom det är osäkert när i tiden och hur snabbt dessa förändringar kommer att äga rum kommer det att uppstå ordentliga planeringsutmaningar.

Den mesta elproduktionen ska ersättas av ny, runt 100 TWh el, eftersom dagens produktionskällor når sin ekonomiska livslängd innan 2040. De nya produktionskällorna kommer med stor sannolikhet att bestå av mycket variabel kraft. Elbehovet kommer dessutom att öka i takt med en ökande digitalisering, automatisering och elektrifiering av transportsystem och industrisektor.

Investeringsbehoven kommer att bli extra stora fram till 2040. Och elanvändningen antas öka med 20 TWh så att elanvändningen inom Sverige blir 160 TWh. Ovanpå detta ska ytterligare 20 TWh produceras och gå

på export. Det gäller då att prioritera och säkerställa att elsystemet fungerar och att vi via en ökad flexibilitet kan bygga ut en stor mängd förnybar el, kostnadseffektivt, billigt och på marknadsmässiga grunder enligt Energimyndighetens rapport ER2019:06.

De tre huvudscenarierna

I rapporten diskuteras framtidens elsystem utifrån ett brett samhällsperspektiv, utifrån tre olika huvudscenarier och elmixer med syftet:

- att bredda diskussionen om hur framtidens elsystem skulle kunna se ut
- att belysa det faktum att det inte alltid finns självklara svar på alla frågor
- att visa på olika vägval
- att försöka identifiera centrala utmaningar i samband med omställningen

För övrigt har det gjorts en konsekvensanalys beträffande elsystemet, miljön, acceptansen och så vidare. Tabellen visar de tre huvudscenarierna. I samtliga scenarier bedöms vattenkraften producera 70 TWh/år. De resterande 110 TWh skall bestå av annan förnybar elproduktion. Andelen vindkraft är hög i alla scenarierna.

Scenari		Vattenkraft		Vindkraft på land		Vindkraft till havs		Solkraft		Kraftvärme	
		TWh /år	I procent	TWh /år	I procent	TWh /år	I procent	TWh /år	I procent	TWh /år	I procent
1.	Vind i Fokus	70	39	80	44	10	6	5	3	15	8
2.	Mer sole- nergi	70	39	60	33	10	6	25	14	15	8
3.	Värna om kraftvär- men	70	39	60	33	10	6	5	3	35	19

Kommentarer:

En årsproduktion på 10 TWh solel kan dagens elsystem ta hand om utan några nämnvärda problem. Men om årsproduktionen skulle bli 25 TWh, alltså cirka 14 procent av den totala elproduktionen, kommer det att krävas förstärkningar på vissa lokala elnät och kanske även på vissa regionala nät, men inte på stamnätet. För övrigt är troligen efterfrågefleksibiliteten ett kraftfullt instrument i sammanhanget.

Modellerna och framtiden

De modeller som använts i rapporten ER2019:06 bör ses som antydningar. I arbetet med att ta fram modellerna har det gjorts många känslighetsanalyser som upprepats och jämförts med andra studier.

Det finns osäkerhetsfaktorer som har att göra med sådant som kostnaderna för den använda tekniken, konsekvenserna av ny teknik, leveranssäkerheten, en förändrad konkurrenskraft, förändrade material- och systemkostnader, en förändrad kalkylränta samt förändringar i synen på miljöfrågorna. Hur dessa faktorer ska viktas framåt i tiden styr vilka åtgärder och val som kommer att ligga högst på agendan inför framtiden.

Kommentar: Ett våtare klimat innebär troligen att elen från vattenkraften kommer att öka, samtidigt som risken för att det ska inträffa dammbrott ökar. Å andra sidan kan den risken minskas med hjälp av efterfrågefleksibilitet och via utbyggda utskov.

Ett utskov är en anordning som är placerad intill en damm, vid ett vattenkraftverk. På ett kontrollerat sätt ser utskovet till att vatten kan rinna förbi, vid sidan av kraftverket, till ett område nedströms dammen.

Vid ett högt flöde, exempelvis en vårflod, i kombination med en välfylld damm och ett negativt elpris ska kraftverkets turbiner kunna stängas av. Via utskoven, väldimensionerade, släpps det sen ut tillräckligt med vatten vid sidan av kraftverket

För övrigt är det viktigt att utskoven klarar att avleda framtidens maximala vattenflöden, att utskoven klarar av de vattenflödena som uppstår ifall en stor damm brister uppströms. Lägg till detta att det inte är lönsamt att överdimensionera ett kraftverk med tanke på att det kanske inträffar ovanligt stora vattenflöden i framtiden. Numera utökas också utskoven när befintliga vattenkraftstationer renoveras.

På Länsstyrelsens karttjänst kan vi se vilka områden utmed Dalälven som drabbas om det inträffar ett dammbrott någonstans utmed Dalälven.

Försörjningstryggheten

Framtidens elsystem riskerar att bli mer sårbart under vissa timmar, då det kan uppkomma effektbrist. Med exempelvis svårigheter att balansera efterfrågan och tillgången de dagar som sol och vind inte levererar tillräckligt med el. En delösning på problemet är att använda sig av Efterfrågefleksibiliteten. Å andra sidan kan fler projekt av den typ som nu planeras i Vårgårda Bostäder mycket väl bidra till en minskad sårbarhet

Det är stora fördelar om det är möjligt att hantera balansering av den variabla elproduktionen över större område. Arbete pågår att utveckla den gemensamma europeiska elmarknaden för att uppnå ett effektivare nyttjande av resurserna. För övrigt kommer fler aktörer än idag att i framtiden bidra till balanshållningen i elsystemet, enligt Er 2019:06.

RESURSANVÄNDNINGEN OCH MILJÖPÅVERKAN

Många aspekter att ta hänsyn till

Sol-vind-vatten och kärnkraft är samtliga förknippade med mer eller mindre stora utsläpp av olika slag. Utsläpp som uppkommer vid exempelvis gruvbrytningen, anrikningen, byggnationen, driften och rivning. Samt vid framställningen av komponenter, användningen av plaster, glasfiber, betong och armeringsjärn plus vägbyggen och ledningsgator och så vidare.

Kärnkraften samt bio- och fossilbränslena ger under driften, via bränslet, upphov till materiaomvandlingar och därmed också nya ämnen, som inte fanns från början.

Kärnkraften producerar även ett avfall med radioaktiva grundämnen, exempelvis plutonium, strontium, jod och cesium. Ett avfall som i värsta fall måste tas om hand under hundratusentals år. Via kraftverkets skorsten sker medvetna utsläpp av radioaktiva gaser. Men det som släpps ut ska regleras noga enligt gällande bestämmelser.

Bio- och fossilbränslena å sin sida ger under driften, förutom koldioxid, även upphov till kväveoxider, NOX samt mer eller mindre stora mängder med svavelföreningar och sotpartiklar.

Däremot ger de förnybara energislagen sol-vind- och vattenkraften närmast försumbara miljöbelastningar och utsläpp under driften. Det beror på att de inte använder sig av något bränsle överhuvudtaget.

Å andra sidan kan vindkraftverkens rotorblad under vintern kasta iväg isbitar, så kallade iskast, ut i naturen. I praktiken rör det sig om begränsade sträckor. Det längsta iskastet som uppmätts vid det 145 meter höga vindkraftverket på Högberget i Falun var 140 meter. Isbildning på rotorbladen är inte normalt och det förutsätter att luften har hög fuktighet och att temperatur omkring noll grader.

Som tidigare nämnts finns det för vattenkraftens del risk för dammbrott om mängden vatten blir för stor i dammen.

UR ETT LIVSCYKELPERSPEKTIV

Ovanstående visar några av de aspekter som har att göra med resursanvändningen och miljön. Och för att få någon form av helhetsperspektiv som belyser problematiken kan vi då exempelvis använda oss av begreppet livscykelperspektiv och livscykelanalyser. Så att slutsatserna blir så rättvisande som möjligt.

I fallet kärnkraft kan vi till exempel studera hela kedjan, alltifrån uranbrytning, anrikning, reaktorbygge, drift och rivning till förvaringen av det radioaktiva avfallet. Men begreppet livscykelperspektiv är relativt nytt och komplicerat. De beräkningar som görs i olika länder är svåra att jämföra då olika definitioner används. En samordning är önskvärd.

Det är till exempel svårt att uttala sig om relevansen och kvalitén i livscykelanalyser som rör utsläppen av koldioxid. Det enda som vi säkert vet är till exempelvis att kärn-, sol-, vind- och vattenkraften, någonstans eller på flera ställen i kedjan, ger upphov till mer eller mindre stora utsläpp av växthusgaser, däribland koldioxid. Men de resultat vi sen får fram via olika slags livscykelanalyser kan sen skilja sig åt avsevärt, beroende på vem som gjort analyserna, hur de genomförts och vad som tagits med respektive inte tagits med.

UTSLÄPPEN AV VÄXTHUSGASER

Nedan redovisas olika resultat då det gäller utsläppen av koldioxid från olika energislag.

Kommentar:

Ibland anges koldioxidutsläppen per producerad kWh el som CO₂e/kWh el. I stället för det vanliga CO₂/kWh el. Det lilla e:et innebär att inverkan av olika växthusgaser, förutom koldioxiden, tagits med i beräkningarna och räknats om som om allt vore koldioxid, i så kallade koldioxidekvivalenter. Utan det lilla e:et har enbart utsläpp från koldioxiden tagits med.

Koldioxidsnålt!

Förslagsvis kan vi säga att all elproduktion vars utsläpp totalt sett är förknippade med mindre än 30 g CO₂/kWh också är koldioxidsnål ²⁵ enligt Göran Bryntse med flera.

Vattenfalls rapport ratades

Enligt en rapport från Vattenfall gav kärnkraften upphov till 5 g koldioxid per producerad kWh el. Men det var en slutsats som helt ratades av Stanforduniversitet i USA, eftersom de bakomliggande beräkningarna inte ansågs klara av en vetenskaplig granskning.

IPCC:s rapport

FN-organet IPCC ²⁶ redovisade år 2019 utsläppen från olika energislag. Solceller ger 18-180 g CO₂e per kWh el, Kärnkraft ger 4-110 g CO₂e per kWh, vindkraft ger 7-56 g CO₂e per kWh. För vindkraften gäller den högre delen av spannet för små vindkraftverk.

Ökoinstitutet

Ökoinstitutet i Berlin kom fram till att kärnkraften släppte ut 35 g/kWh. Institutet är en av Europas ledande, oberoende, forsknings- och konsultorganisationer som arbetar för en hållbar framtid. Grundades 1977 och utvecklar principer och strategier för att förverkliga visionen om hållbar utveckling på global, nationell och lokal nivå.

Annan forskning från till exempel CREIPI (Hitachi m.fl.) och IAE. har visat på värden mellan 30– 60 g/kWh.

²⁵ Göran Bryntse: Teknisk doktor och ordförande i SERO, Sveriges Energiföreningars Riksorganisation,

²⁶ I Naturvårdsverkets och Energimyndighetens preliminär rapport "Strategi för hållbar vindkraft" från oktober 2019 finns en hänvisning till en rapport från IPCC.

Mark Z Jakobson, Stanforduniversitet

Mark Z. Jacobsson, professor i civil-och miljöteknik vid Stanford Universitet i USA, hävdar att kärnkraften inte är koldioxidfri och den inte heller löser några problem då det gäller klimatförändringarna. Om detta berättar han i: "De sju orsakerna till att kärnenergi inte är svaret för att lösa klimatförändringarna"²⁷

I en annan, ständigt uppdaterad, rapport²⁸, har Mark Jakobson, ur ett hundraårsperspektiv, analyserat utsläppen, från olika energislag, då det gäller växthusgaser. De växthusgaser som ingår i kalkylen är koldioxid, metan och kväveoxider.

De emissioner som redovisas gäller allt som har att göra med konstruktionen, själva driften och de växthusgaser som frigörs när bränslet ska tas fram samt utsläppen i samband med nermonteringen av anläggningarna. Eftersom ett vattenkraftverk troligen står sig i mer än 100 år blir beräkningarna nog troligen inte riktigt rättvisa för detta energislag.

Solceller ger 10-34 g CO₂e/kWh, vindkraften ger 7 -17 g CO₂e/kWh, vattenkraften 17 -22 g CO₂e/kWh och kärnkraften 9-70 g CO₂e/kWh el

Men kan man verkligen räkna på detta sättet?

Riktigt intressant blir det som står i kolumn tre "Opportunity Emission Cost" i tabellen på sidan två i rapporten: <https://web.stanford.edu/group/efmh/jacobson/Articles/I/NuclearVsWWS.pdf>

Där redovisas siffror som nog inte brukar nämnas, när vi jämför de olika energislagen. Men Mark Jakobson tycker å sin sida att det i högsta grad är relevant att göra det.

Nåväl. Det hela har att göra med att det tar 5-17 år längre tid från planeringen till dess att ett nytt kärnkraftverk är i drift, i jämförelse med vindkraften och solcellerna. Om nu elen fram till dess att kärnkraftverket sätts i drift kommer från fossileldade kraftverk blir det fråga om stora mängder koldioxid som släpps ut. Detta jämfört med om elen i stället kommit från nybyggd sol- och vindkraft.

Ett exempel från Finland belyser denna tankegång utifrån viktiga aspekter:

- Naturskyddsföreningen. Om man satsat på ny förnybar el på direkten, istället för att vänta in några elleveranser från Olkiluotos tredje kärnreaktor skulle detta ha sparat in 38 miljoner ton koldioxid!²⁹
- "Fel" Under den aktuella tidsperioden kompenserade inte Finland den uteblivna kärnkraftselen via fossil kondenskraft. Elen kom i stället från svenska "koldioxidfria vatten- och-kärnkraftverk!"
- "Stämmer inte" Hade man i Finland i stället för att vänta in kärnkraften byggt ut motsvarande elkapacitet i form av exempelvis sol-och vindkraft hade man inte behövt importera el från Sverige. Och Sverige hade kunnat exportera ren förnybar el till Polen och Baltikum, som hade kunnat stänga av en del av sina smutsiga kolkondenskraftverk.
- "Håller inte med" Elnätet från Sverige till Baltikum och Polen är idag inte tillräckligt utbyggt för en så stor export och så vidare!

Analysgruppen

Analysgruppen³⁰ som genom Energiföretagen via Sweden Energy AB är knuten till kraftindustrin är inte nådig i sin kritik mot bland annat det som Mark Z Jacobson framför ovan kring kärnkraften och förkastar närmast allt det som sagts.³¹

²⁷ <https://www.leonardodicaprio.org/the-7-reasons-why-nuclear-energy-is-not-the-answer-to-solve-climate-change/>

²⁸ <https://web.stanford.edu/group/efmh/jacobson/Articles/I/NuclearVsWWS.pdf>

²⁹ Enligt en studie från Naturskyddsföreningen

³⁰ <https://www.analys.se/om-oss/>

³¹ <https://www.analys.se/wp-content/uploads/2018/09/lcaer-om-karnkraft-i-debatten-rapport2018.pdf>

Kommentarer kring Analysgruppen

För dem som inte vill ha kärnkraft är det som Analysgruppen säger nog inget att lita på, eftersom "det som framförs oftast är osant och enbart en ren ensidig propaganda från kärnkraftsindustrin". Föga förvånande anser de som förespråkar kärnkraften inte alls så, utan precis tvärtom!

Lennart Söder

I ett mail skriver Lennart Söder i december 2019 att den stora frågan nog inte är utsläppen av CO₂ då det gäller kärnkraft och förnybar energi. För antalet gram CO₂ per producerad kWh beror ju mycket på hur man antar att bland annat stålet och cementen producerats och hur gruvfordonen producerats och drivs och så vidare. Men antar vi i stället att vi har ett "fossilfritt samhälle" blir ju rätt mycket av det som har att göra med kärn-, sol-, vind- och vattenkraften i det närmaste fossilfria.

Kommentar: Rätt tänkt. Men innan vi får tillgång till koldioxidfritt stål och cement och så vidare tar det minst tio år, troligen flera decennier. Och under tiden är det med de resonemang som Mark Jakobson förespråkar mycket bättre att bygga ny sol- och vindkraft i stället för ny kärnkraft, eftersom utsläppen av koldioxid då blir avsevärt mindre!

Var står Dala Energiförening?

I föreningens stadgar är inte kärnkraften nämnd och det tas inte där ställning för eller emot kärnkraften. Å andra sidan ska föreningen verka för förnybar energi (huvudsyftet) och i det sammanhanget är kärnkraften definitivt inte förnybar. Enligt stadgarna ska föreningen också verka för ekologiskt vettiga energilösningar. De flesta inom föreningen (men inte alla) anser troligen att kärnkraften inte är en vettig ekologisk energilösning.

Enligt en del av de som arbetat i rapportgruppen: "Vi behöver inte detaljgranska kärnkraftens roll". "Bygg först ut den hållbara förnybara energin och sedan om det mot alla odds går att få fram en tekniskt, ekonomiskt och ekologiskt fungerande kärnkraft skulle den kunna användas som ett komplement".

RESURSANVÄNDNINGEN OCH DEN MILJÖPÅVERKAN SOM INTE HAR ATT GÖRA MED NÅGRA UTSLÄPP AV VÄXTHUSGASER.

Vindkraften

Vindval är ett forskningsprogram om vindkraftens påverkan på människor, natur och djur. Programmet är ett samarbete mellan Energimyndigheten och Naturvårdsverket. Vindval har tagit fram rapporter om Fåglar och fladdermöss, Människors intressen, Däggdjur på land, Marint liv, Vindkraft och samhälle, Planering och vindkraft. Just nu pågår ett projekt om Ren och vindkraft. Rapporterna finns att läsa på³²

Själva vindkraftverket tar relativt lite mark i anspråk. Men det går åt betydligt mycket mer mark för vägar och uppställningsytor (för transport av alla delar och montage av vindkraftverket) samt elledningar. Vägdragning i höglänta skogsområden blir ytkrävande. Detta på grund av kravet på stora radier i kurvorna för att kunna möjliggöra transporter av bland annat torndelar, maskinhus och långa rotorblad.

Men med en god logistik och god planeringen kan dock påverkan på naturen begränsas. Vägar och arbetsytor måste ha en hög bärighet för att de inte ska skadas av stora specialfordon, montagekranar och stora, tunga och långa delar till vindkraftverket. Så vägens bredd och montageytornas storlek måste planeras med stor omsorg så att markanspråken minimeras. Å andra sidan innebär nya vägar till vindkraften att skogsbruket underlättas.

Det finns risk för störning av värdefulla biotoper eftersom de blir tillgängliga på grund av den nya skogsvägen. Rovfåglar spanar nedåt efter byten och ser inte rotorbladen. Med hjälp av radar och mikrofoner kan man dock upptäcka djuren och stoppa kraftverket i tid. Buller och estetiska effekter måste också hanteras.

³² <https://www.naturvardsverket.se/vindval>

Solceller

För att tillverka, driftsätta och transportera en anläggning med solceller krävs det energi. Under svenska förhållanden betalar anläggningen tillbaka sin energiskuld på två till tre år. Räknat på en livslängd på 40 år levererar anläggningen ren solel under sin återstående livslängd på 37-38 år.

Största delen av miljöpåverkan från solceller och dess elektronik sker vid tillverkning, som oftast sker utanför Norden, däribland Kina. Denna påverkan är svår att uttala sig om eftersom den varierar från land till land där det kan gälla vitt skilda miljökrav. En samordning är önskvärd.

När anläggningen ska skrotas går det åt en del energi. Hur mycket är inte känt, eftersom återvinningen av solceller så här långt knappt har påbörjats. I nuläget hamnar därför alltsammans i den allmänna återvinningen av elektronik.³³ Det som tas om hand är till exempel aluminium, glas, kisel och elektronik.

För övrigt innehåller solceller med tunnfilmsteknik vissa sällsynta jordartsmetaller som kan vara svåra att fånga upp vid återvinningen.

Vattenkraften

Fördelarna med vattenkraft är uppenbara. Samtidigt finns det negativa effekter på flora och fauna som inte är och inte helt kan kompenseras. Påverkan på landskapsbild och naturupplevelse är avsevärd och ur mänskligt perspektiv oåterkalleliga även om den varierar från fall till fall.

Så här resonerar en varm förespråkare för vattenkraften:

Vattenkraften har kritiserats för att negativt påverka ekosystemen i rinnande vatten. Detta bland annat genom att försvåra fiskarnas vandringar upp genom forsarna när de ska leka. Dammarna utgör vandringshinder och ekosystemen har förändrats från rinnande vatten till sjöekosystem. Vid projektering och tillståndsgivning anses vattenkraft vara ett hinder för faunapassage och biologisk mångfald.

För att kompensera för den påverkan som vattenkraften har på ekosystemen görs det olika insatser runt om i landet. Till exempel kan man riva dammar som inte längre behövs. Ibland handlar det om utsättning av fisk, ibland om att transportera fisk förbi kraftstationerna upp till lekområdena. På vissa platser lämpar det sig att bygga fiskvägar, vilket då också görs. Insatserna kan även handla om att återställa lekområden eller älvsträckor till mer naturliga miljöer.

Å andra sidan skulle miljön runt dammarna och älvarna påverkas utan vattenkraften. Vattennivåerna skulle förändras åt både det ena och det andra hållet. Om vi tog bort kraftverken skulle alla städer som ligger utmed en älv riskera att översvämmas, och man skulle nog inte kunna bo nära älvarna utan att ha en buffertzon. Om vi dessutom rev alla smådammar så skulle många sjöar försvinna och många sommarstugeägare och fastboende skulle inte längre ha någon sjötomt.

SÄKERHETEN, HÄLSORISKERNA OCH KONSEKVENSERNA AV OLYCKOR

Så här säger en som förespråkar kärnkraft:

Risken för reaktorhaverier finns förstås. Men rent statistiskt har de händelser, som inträffat (Tjernobyl, Fukushima), trots allt gett mindre personskador än effekterna av avfall från fossileldade kraftverk eller havererade/översvämmade vattenkraftanläggningar. Kopplingen mellan radioaktivt material för kärnkraft eller kärnvapen finns rent tekniskt, men sådana frågor måste behandlas i globala och mellanstatliga fredsavtal, inte avgöra val av energialternativ i Sverige.

33 Förordning 2014:

Den som är kritisk till kärnkraften säger kanske så här:

Det är oansvarigt att ersätta en låsning till storskalighet i form av oljan med en annan storskalighet, kärnkraften. Det som borde vara vägledande vid omställningen av energisystemet borde vara att bejaka en så stor handlingsfrihet som möjligt och se till att så blir fallet.³⁴

Miljö- och hälsomässigt utgör kärnkraften en stor belastning om det skulle inträffa något oförutsett. Den framtida förvaringen av avfallet är osäker. Kärnkraften har en kontinuerlig risk för terror och haverier under drift.

Det krävs mycket omfattande brytning för att få fram tillräckliga mängder uran till reaktorbränslet. Detta i sin tur orsakar lungcancer hos många gruvarbetare. Det beror på att den radongas som naturligt finns i gruvorna är radioaktiv. Av 4 000 studerade gruvarbetare mellan 1950-2000 dog tio procent av dessa i lungcancer.³⁵ För övrigt är det så att alla slags gruvor, i vilka det omgivande berget innehåller uran och radon, utsätter gruvarbetarna för förhöjda risker att få lungcancer.

Om det skulle inträffa en riktigt svår reaktorolycka med stora utsläpp kommer radioaktiva ämnen att bidra till att många får cancer, hjärt-kärlsjukdomar och genetiska mutationer. Plus att stora markområden troligen blir förorenade och oanvändbara för lång tid in i framtiden.

"När reaktorerna byggdes på 1900-talet fanns det teoretiska beräkningar om att härdsmltor skulle inträffa en gång på 100 000 reaktorår eller ännu mera sällan" "Nu visar verklig erfarenhet att vi efter knappt 20 000 reaktorår sett cirka tio reaktorer stängas efter härdsmltor, varav åtminstone fyra lett till stora utsläpp och kostnader"³⁶. De allvarligaste har inträffat i Tjernobyl Ukraina och i Fukushima Japan. För svensk del har det sammanlagt uppstått minst fyra allvarliga tillbud, som var och en mycket väl skulle kunna ha gett allvarliga konsekvenser. Denna typ av tillbud kan aldrig någonsin inträffa med den förnybara energin.

EKONOMIN: PRODUKTIONSKOSTNADEN PER kWh

EN SAMMANFATTANDE JÄMFÖRELSE MELLAN OLIKA ENEREGISLAG

Under de senaste åren har det skett en mycket snabb teknikutveckling inom området elproduktion från såväl vind- som solenergi. Beräkningar av livscykelkostnaderna visar att vindkraften i Sverige under de närmaste decennierna kommer att vara den billigaste produktionskällan. Solceller är lönsamma om den producerade elen kan utnyttjas internt inom en fastighet, utan att kopplas upp på nätet.

Vindkraften bedöms få en produktionskostnad på 30-50 öre/kWh beroende på den valda platsens vindläge. För vattenkraftens del rör sig produktionskostnaden om cirka 50 öre/kWh.

Produktionskostnaden för kärnkraftsel varierar stort beroende bland annat på hur miljökostnaderna bedöms. Enligt Mark Z. Jacobson rör det sig om 60-380 öre/kWh och enligt Lazard om 111-181 öre/kWh.

³⁴ Göran Bryntse

³⁵ Tomas Käberger ETC 24 juni 2019

³⁶ Tomas Käberger i ETC, 8 april 2019:

Sammanfattande tabell: Produktionskostnaden i öre per kWh.

	Vind	Sol	Vatten	Kärnkraft	Enhet
2014 El från nya anläggningar Elforsk	51	93-170	46-56	55-64	öre/kWh
2016 PM inför politisk överenskommelse	51	93-170	46-56	63	öre/kWh
2016 IEA Wind	41,7				
2020 IEA Wind	34				
2019 Ny bedömning med underlag IEA Wind	33				
2021 Ny bedömning med underlag IEA Wind	31-32				
2019 Lazard	26-51	30-228		111-181	
2019 Stanford University Jacobson låg Anm. 1				60-192	
2019 Stanford University Jacobson hög Anm. 1				120-380	

Anm. 1) Ett nytt kärnkraftverk kostar 2,3 till 7,4 gånger per kWh jämfört med el från en vindkraftpark placerad på land. För ett nytt kärnkraftverk tar det 5 till 17 år längre tid mellan planering och drift jämfört med tiden för ett sol- eller -vindkraftverk. Per producerad energienhet i kWh är utsläppen av växthusgaser 9 -37 gånger större för kärnkraften jämfört med vindkraften.

KOSTNADERNA FÖR NYA ANLÄGGNINGAR I SVERIGE**El från nya och framtida anläggningar från 2014 enligt Elforsk rapport 14:40³⁷**

Det har varit svårt att få fram en beräkning av de aktuella produktionskostnaderna för de två förnybara energikällorna vind- och solenergi. För den senaste rapporten vi har att tillgå är "El från nya och framtida anläggningar", Elforsk rapport 14:40", som gav en aktuell beskrivning av olika produktionstekniker och deras produktionskostnader år 2014.

Energislag	Öre/kWh	Energislag	Öre/kWh	Energislag	Öre/kWh
Vind i land	51	Vindkraft hav	75-79	Sol 5 kW	170
Sol 50 kW	126	Sol 1000 kW	98	Vatten storskalig	46
Vatten småskalig	56	Kärnkraft	54-60		

PM om kostnaderna för nya anläggningar i Sverige – Energikommisionen 2016

Rapporten, M 2015:01, Promemoria om de ekonomiska förutsättningarna för befintlig svensk elproduktion presenterades vid Energikommisionens sammanträde 28 april 2016.

Rapportens syfte var att ge en överblick beträffande kostnaderna för nya anläggningar för elproduktion i Sverige. De bedömningar som har gjorts av produktionskostnaderna var ett viktigt underlag inför energiöverenskommelsen om den svenska energipolitiken, som slöts i juni 2016 mellan fem av riksdagens partier: Socialdemokraterna, Moderaterna, Miljöpartiet de gröna, Centerpartiet och Kristdemokraterna.

Rapporten bygger på Elforsks rapport 14:40. Kompletteringar har gjorts gällande kärnkraft och biokondenskraft. Bland annat bedöms produktionskostnaden för kärnkraften att bli 3-9 öre/kWh dyrare än i rapporten 14:40 från Elforsk.

Tabell: Produktionskostnaden för olika energikällor

Energislag	Öre/kWh	Energislag	Öre/kWh	Energislag	Öre/kWh
Vindkraft land	51	Vindkraft hav	75	Sol 5 kW	170
Solindustri	126	Solpark	93	Vatten storskalig	46
Vatten småskalig	56	Kärnkraft	63		

³⁷ <https://www.energiforsk.se/program/elproduktionskostnader/rapporter/el-fran-nya-och-framtida-anlaggningar-2014/>

Vindkraften i Sverige under åren 2008-2016

Nedanstående slutsatser bygger på: IEA Wind uppgift 26 - Kostnaden för vindenergin, fas 3, Slutrapport april 2019³⁸.

Rapporten redovisar kostnaderna för vindkraften i fem länder (Danmark, Tyskland, Irland, Norge, Sverige). I arbetet har Europeiska kommissionens gemensamma forskningscenter, IEA sekretariat från respektive land samt tre forskningscentra från USA deltagit. Sverige har representerats av Klaus Hammes, Pierre-Jean Rigole och Maria Stenkvist på Energimyndigheten.

Rapporten diskuterar de underliggande faktorer som påverkade kostnaderna, mellan 2008-2016, för landbaserad vindkraft i respektive land. Produktionskostnaderna beräknades via en så kallad LCOE-analys.³⁹

Eftersom varje vindprojekt är unikt i sig, så finns det en betydande variation i alla de primära parametrar som matats in. Det innebär också att det blir betydande variationer i LCOE-(livscykel-) beräkningarna. Men genomsnittet ger ändå en indikation på de allmänna trenderna mellan 2008-2016. En viktig slutsats är att produktionskostnaden för vindkraften har sjunkit med 49 procent från 81,4 öre/kWh år 2008 till 41,7 öre/kWh år 2016 enligt nedanstående tabell.

Enhet	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
öre/kWh	81,4	94,7	76,7	75,7	71,0	58,7	54,9	43,6	41,7

Produktionskostnaden anges i 2016 års prisnivå.

Vindkraften i Sverige under 2019-2021

Kostnaden för vindkraften i Sverige förväntas även fortsättningsvis minska, utifrån ett LCOE-perspektiv. Den uppskattade LCOE-kostnaden för 2020 har beräknats utifrån antagandet att investerings- samt drifts- och -underhållskostnader kommer att utvecklas linjärt. De tekniska parametrarna som använts är baserade på två typer av information. Dels vilka turbintyper som kommer att användas. Dels på de förväntade kapacitetsfaktorerna i de planerade projekten år 2020.

Det värde som presenteras för år 2016 i ovanstående tabell har förts in i tabellen nedan i kolumn A. Därefter har IEA-vind gjort LCOE-beräkningar för år 2020 (kolumn B)

Vindkraftverken med effekten 4 MW består i grupp C av 20 verk och i grupp D och E av vardera 10 verk "någonstans" i Sverige. Grupp C togs i drift 2019 och grupperna D och E är beslutade och planeras tas i drift 2020 respektive 2021.

I produktionsberäkningarna för grupperna C, D och E har hänsyn tagits till platsernas vindlägen, höjden över såväl havet som omgivningen, samt verkens navhöjd (navhöjden = avståndet mellan marknivån och navet, där rotorbladen sitter). Vidare förutsätts det att beräkningarna uppfyller de LCOE-krav som IEA Wind ställer. Beräkningarna visar att produktionskostnaden fortsätter att sjunka och att den redan år 2021 kan närma sig 30 öre/kWh.

Tabell: Uppskattade produktionskostnader (LCOE) för Sverige 2019 - 2021

	IEA Wind	IEA Wind	De senaste vindkraftverken med effekten 4 MW		
Kolumn	A.	B.	C.	D.	E.
	2016	2020	2019	2020	2021
Antal verk			20	10	10
Öre/kWh	41,7	34,1	33,1	32,3	30,8

³⁸ <https://ieawind.connectedcommunity.org/task26/home>

³⁹ Vad som menas med en LCOE-analys förklaras i Bilaga 1 i slutet av rapporten

Stor satsning på utbyggnad av vindkraft i Sverige åren 2017-2021

Enligt en sammanställning från Svensk Vindenergi finns det investeringsbeslut på att satsa 82,6 miljarder kronor under åren 2017-2021. Det rör sig om 1 915 vindkraftverk med den totala effekten 7 609 MW. Produktionskostnaden beräknas till 33 öre/kWh och kapacitetsfaktorn till 38 procent. Elproduktionen från vindkraft beräknas år 2022 uppgå till 41,5 TWh, varav 25,1 TWh tillkommit från ovan nämnda utbyggnad. Vindkraftens bidrag år 2022 blir 31 procent räknat på elanvändningen 135 TWh år 2019.

Produktionskostnad enligt IEA Wind och ersättning för förnybar elproduktion i Sverige åren 2008-2016

På 1990-talet fick vindkraftägare ett investeringsstöd då ersättningen inte täckte produktionskostnaden. Från år 2003 har all förnybar elproduktion fått en extra ersättning i form av elcertifikat utöver nordpoolpriset. Konsumenterna har fått ett lågt elpris och pionjärer har inte fått betalt för sina produktionskostnader.

Tabell: En jämförelse av genomsnittlig ersättning och produktionskostnad åren 2008-2016 i Sverige. Värdena i tabellen anges i öre/kWh

Enhet	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Produktionskostnad (LCOE)	81,4	94,7	76,7	75,7	71,0	58,7	54,9	43,6	41,7
Ersättning Noordpool+ certifikat	75,4	71,5	80,0	61,9	45,0	53,8	47,7	35,8	41,5
varav elcertifikat	32,6	31,7	25,5	18,7	16,7	19,7	17,9	15,2	13,8

Tabellen visar att produktionskostnaden under sju år har varit högre än ersättningen och ett år (2010) tre öre/kWh lägre. År 2009 och 2012 var den genomsnittliga produktionskostnaden minst 23-26 öre/kWh högre än ersättning för såld vindel.

Konsumenterna har fått ett lågt elpris och pionjärer har inte fått betalt för sina produktionskostnader.

Resultatet av den alltför låga ersättningen för att producera förnybar el under åtta år är att många vindkraftsprojekt går med förlust och ägarna måste satsa eget kapital eller tvingas av banken att sälja projekt med förlust eller gå i konkurs. 2020 har återigen ersättningen för producerad förnybar el sjunkit kraftigt och därför legat långt under jämförande priser från år 2016. Om den låga ersättningen fortsätter under februari och mars är risken stor att flera vindkraftsprojekt, som byggdes före år 2012, kan komma att försättas i konkurs, varnar Svensk Vindkraftförening.

Idag är det vanlig att vindkraftsägare ingår ett energiköpeavtal med en elförbrukare före investeringsbeslut. Enligt avtalet säljer vindkraftsägaren ca 80-90 % av produktion till fast pris under en länge period (säg 15 år). Under denna tid skall projektet hinna betala av investeringen. Därefter skall intäkterna från Nordpoolbörsen täcka enbart de rörliga driftkostnaderna.

Utveckling av produktionskostnad för vindkraft i sex länder åren 2008-2016

Tidigare har den utjämnade produktionskostnaden redovisats för Sverige. IEA Wind har på samma sätt redovisat produktionskostnaden i ytterligare sex projekt.

Tabellen visar produktionskostnad (LCOE) i öre/kWh i prisnivå 2016 för sju projekt under åtta år 2008-2016)

Projekt	Enhet öre/kWh	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Danmark	"	44	40	44	38	40	37	31	34	30
Norge	"	53			58	58	58	39	38	30
Sverige	"	81	95	77	76	71	59	55	44	42
EU	"	79	79	73	70	63	54	50	42	39
USA	"	69	91	76	73	61	52	43	41	38
Tyskland	"	90	89	82	84	79	69	62	58	57
Irland	"	65	75	67	62	61	60	65	59	65

Kostnaden år 2016 är lägst i de nordiska länderna (30 öre/kWh i Danmark och Norge och 42 öre/kWh i Sverige) och högst 65 öre/kWh i Irland och 57 öre/kWh i Tyskland. Av den totala investeringskostnaden utgör vindkraftverket cirka 70 procent och byggplatskostnaderna cirka 30 procent. Egentligen borde kostnaden för drift och underhåll vara ungefär densamma i all sju projekten.

Det är svårt att förklara de stora skillnaderna i produktionskostnaden, men det kan delvis bero på skillnader i vindtillgången. Vindtillgången är högre i Sverige än i Tyskland men vindtillgången i Sverige kan knappast vara 71 procent (30/42) av den i Danmark och Norge. Det finns andra faktorer som påverkar kostnaden. En tydlig slutsats är dock att produktionskostnaden i alla fem länderna har sjunkit kraftigt under åtta år.

Lazard - Utjämnade kostnad för förnybar elproduktion

Lazard är ett globalt nätverk av relationer, som bilades 1848, med kontor i 43 städer (bl.a. Stockholm) och i 27 länder. Bolaget gör årliga så kallade utjämnade kostnader för energi. Den senaste energianalysen (LCOE 13) daterad 2019-11-07 visar att kostnaden för förnybar energi fortsätter att sjunka och att vissa tekniker till exempel vindkraft och solceller kan med fortsatt teknikutveckling konkurrera med övriga energislag.

SOLEL

Utvecklingen av såväl teknik som produktion, de senaste åren, då det gäller solceller har varit så omfattande att även de mest optimistiska prognoserna varit helt i underkant. Denna utveckling fortsätter.⁴⁰ Kostnadsminskningarna är stora för de kiselsolceller som dominerar marknaden i dag. Detsamma gäller även för nya tekniker som skulle kunna göra anläggningar med solceller till ett billigare alternativ relativt andra produktionsslag, även i Sverige. På lång sikt bedöms solelen få en betydligt lägre produktionskostnad jämfört med i dag.⁴¹

40 ER2019:06 sid 47

41 ER2019:06 sid 39

Numera kan solcellerna mycket väl ingå som en integrerad del i själva taket, fasadmaterialet eller i fönstren. Detta blir till och med billigare än att lägga solceller separat utanpå de traditionella taken och fasaderna. I vissa applikationer är det till och med så att priset på det i materialet takintegrerade solcellerna kan ligga nära priset för ett tak utan solceller!

Samtidigt som den etablerade solcellstekniken blir konkurrenskraftig i sig, och det på bred front, så finns det på gång många nya lösningar, innovationer och idéer i olika utvecklingsstadier. Med förutsättningar för riktigt radikala språng i teknologin kring solceller. Alltifrån nya material, ändrade former och utseende och nya sätt att bättre ta till vara på energin i solljuset. Så att solcellerna blir allt mer kostnadseffektiva genom en förbättrad verkningsgrad, en minskad resursanvändning samt via effektivare produktionsprocesser.⁴²

I nuläget är anläggningskostnaden 6-8 kr/års kWh, (lägre beloppet gäller solcellsparker). Produktionskostnaden är 15-20 öre/kWh, (lägre beloppet gäller solcellsparker). Antal fullasttimmar då anläggningen producerar el med märkeffekten uppgår till ca 1000 timmar/år. Denna låga produktionskostnad har uppnåtts i länder nära ekvatorn.

Det innebär att utnyttjandegraden är 9-13 procent. Den el som solcellerna ger är 800-1100 kWh per installerad effekt i kW. Livslängden på en anläggning med solceller uppskattas till 30-50 år. Det krävs ett byte av viss omvandlarelektronik (växelriktare) efter ca 10-20 år. Troligen skulle det inte behövas något byte alls, om anläggningen försågs med ett ordentligt åskskydd från start.

Beräkningsmodeller för hur elpriser sätts kommer att förändras jämfört med dagens prissättning. Precis som i fallet med vindkraft påverkas lönsamheten för solceller av hur mycket som byggs ut.

Produktionskostnaden i två solcellsparker

Produktionskostnaden har beräknats för två solcellsparker och två privata solcellanläggningar. Den varierar mellan 58 och 70 öre/kWh för parkerna och mellan 51 och 71 öre/kWh för de mindre solcellanläggningarna (privat och företag). Här nedan redovisa beräkningsunderlaget.

		Solpark anläggningar1		Mindre solcellanläggningar	
		Park 1	Park 2	Privat 1	Företag 2
Effekt kW	kW	3064	420	10,8	17,9
Utnyttjningstid	procent	11,5	11,4	11,0	10,5
Produktion	MWh	3087	420	10	16,5
Anläggningskostnad	kkkr	28 000	2 520	125	150
Avskrivningstid	År	30	25	25	25
Kalkylränta	Procent	6	5	3	3
Kapitalkostnad	Öre/kWh	66	43	69	49
Driftkostnad	Öre/kWh	5	15	2	2
Produktionskostnad	Öre/kWh	71	58	71	51

VATTENKRAFTEN

Det är svårt att uppskatta kostnaderna för vattenkraften, eftersom faktorer som tillståndsgivning, domstolsprocesser och beskattning påverkar kostnadsbilden. Dessutom begränsas den maximala produktionskapaciteten bland annat av sänkta magasinshöjder, av tappningsrestriktioner i samband med isläggning samt av vattendomar.

Produktionskostnaden för småskalig nybyggd vattenkraft är cirka 50 öre/kWh. Varav kapitalkostnaden utgör cirka 62 procent och driftkostnaden cirka 38 procent. Beräkningarna utgår från en investeringskostnad på 4 kr/årskWh. Men en utbyggnad av vattenkraften kan variera mellan 3- 6 SEK per producerad årskWh,

42 ER2019:06 sid 47-48

enligt beprövad erfarenhet. För övrigt har vattenkraften en verkningsgrad på mer än 80 procent. Utnyttjningstiden (kapacitetsfaktorn), omräknat till produktionen vid full effekt är i genomsnitt ca 4 000 tim. Om kraftverket används för reglering blir utnyttjningstiden större.

KÄRNKRAFTEN

De beräknade kostnaderna för kärnkraften varierar stort beroende på vilka aspekter som tagits med i uträkningarna.

Enligt information från kärnkraftsbranschen

De löpande kostnaderna för kärnkraftsel rör sig kring 26 öre/kWh enligt information från kärnkraftsbranschen, 2018. I Ringhals räknar man med att nå 19 öre/kWh till år 2021.

Totalpriset för den årsproducerade elenergin bedöms hamna på ca 40-60 öre per kWh.

Kapitalkostnaden för reaktor och de tillhörande systemen står för ungefär två tredjedelar av den totala kostnaden för elproduktionen. Resten täcker allt annat, inklusive personal, underhåll, bränsle, försäkringar, rivning och slutförvar av det använda bränslet.

En rimlig kostnad för en ny reaktor identisk med Oskarshamn O3 är ca 47 miljarder kr med en byggtid på ca 5 år för en anläggning med 60 års teknisk livslängd och produktionsförmåga om ca 1 100 MW.

För varje kilowattimme el som produceras i ett svenskt kärnkraftverk betalar kärnkraftsföretagen en av Riksdagen fastställd avgift till Kärnavfallsfonden. Pengarna ska finansiera framtida kostnader för hantering av driftavfall, försäkringar, miljöåtgärder, forskning och utveckling.

Från och med 2019 ställer Riksdagen större krav på kärnkraftsägarnas skadeståndskrav i händelse av en reaktorskada, som drabbar allmänheten. Atomansvarighetslagen gör att reaktorägarna är skyldiga att teckna en ansvarsförsäkring som kostar 1-3 öre/kWh för att täcka skador i händelse av en atomolycka. Vid en olycka i dag skulle det betalas ut motsvarar maximalt cirka ca 11,8 miljarder kr. per atomreaktor (dagens penningvärde)

Kommentarer av Lennart Söder

Nedanstående tankar lämnade Lennart Söder, professor på KTH, i ett mail i december 2019.

Han refererar bland annat till ett PM som upprättades inför ett möte hos Energikommisionen 2016 då det gäller kostnaderna för ny produktion av kärnkraft.⁴³

- I basfallet är kostnaden 40 Mkr/MW+5 Mkr. Och i " Ekonomiska beräkningsförutsättningar kärnkraft-pågående projekt i EU" uppskattades kostnaden till 51,4 Mkr/MW + 5 Mkr.
- För en anläggning på 1 100 MW innebär detta i basfallet en kostnad på 45 miljarder kronor. Använder vi beräkningsmetoderna enligt "pågående projekt i Europa" rör det sig i stället om 61,5 miljarder kronor.
- I rapporten står det vidare att "Byggtiden för Olkiluoto i Finland och Flamanville i Frankrike kommer att bli betydligt längre än 6 år. I stället för att öka byggtiden är den ökade kostnaden för förseningar i stället inräknad i den uppräknade investeringskostnaden".
- Att därför tro att en anläggning som ser ut som O3 skulle kosta "47 miljarder kr med byggtid på ca 5 år" är MYCKET optimistiskt, om man ser på hur det ser ut idag.
- Det stämmer att de löpande kostnaderna för kärnkraften (2018) rör sig om cirka 26 öre/kWh. I fallet Ringhals kan den hamna under 19 öre/kWh år 2021. På kort sikt ligger 19-26 öre/kWh under elpriset, så de kommer troligen köra vidare.
- Utmaningen för ägarna är att om det av någon anledning, till exempel uppställda säkerhetskrav behöver göras större investeringar. För då är det inte säkert att det är lönsamt längre att driva kärnkraften.

⁴³ <http://www.energienkommissionen.se/app/uploads/2016/05/promemoria-om-kostnaderna-fr-nya-elproduktionsanlaggningar-i-sverige.pdf>

- Lägg till detta att den planerade anläggningen i UK, Hinkley, blir mycket dyrare än beräknat, eftersom det där handlar om ca 100 öre/kWh. Denna siffra skiljer sig från de ca 60 öre/kWh som gäller enligt PM:et: "pågående projekt i Europa".
- För övrigt har Hinkley upphandlats i en öppen konkurrens, där det billigaste budet accepterades. I budet ingick även en inflationskyddad 35 årig prisgaranti.
- För övrigt anser vissa politiker att det är "nödvändigt med kärnkraftssubventioner" Detta trots att vi i Sverige numera kan bygga ny vindkraft utan några subventioner.

Markus Wråke

Enligt Markus Wråke på Energiforsk: "Enligt forskningen finns det inget stöd för att hypotesen att elsystemet kommer att kollapsa utan kärnkraft". Ur systemsynpunkt kan vi därför lägga ner all kärnkraft. Problemet är dock att det kan bli extremt dyrt."⁴⁴

Elpriserna bedöms också att förbli låga fram till dess att kärnkraften läggs ned, vilket kan innebära att annan produktion inte hinner ersätta kärnkraften i tid. Analyserna visar att nedläggning av kärnkraften leder till en ökad risk för effektbrist. Detta illustrerar behovet av mer förbrukningsflexibilitet och planerbar elproduktion, enligt Svenska Kraftnät.

Analysföretaget Lazard

Det viktigaste nordamerikanska energianalysföretaget Lazard bedömde 2018 kostnaden för kärnkraft till 1,51 kr/kWh⁴⁵ utifrån LCOE-kalkyler.

I detta pris är kärnkraftens kostnader för att lagra kärnavfall i hundratusentals år inte inräknade och inte heller avfallskostnader eller katastrofkostnader. För Fukushima rörde det sig om minst 7000 miljarder SEK.

Diskussion: Är ny kärnkraft chanslös på en fri marknad?

Under rubriken "Den förnybara energin är på frammarsch", tredje stycket i den här rapporten stod det att ny sol-och vindel nu konkurrerar ut de befintliga kol- och kärnkraftverken i USA. Och att kärnkraftverk stängdes plus att bygget av två reaktorer avbröts trots att det redan kostat mycket pengar. Samtidigt nämndes det att två befintliga kraftverk fått sina drifttillstånd förlängda till 80 år.

Ovanstående verkar vara helt ologiskt. Men det kanske finns en tänkbar förklaring i artikeln "Ny kärnkraft är chanslös på den fria marknaden"⁴⁶, av Per Högselius, professor i filosofi och teknikhistoria vid KTH. Enligt honom råder det ett fundamentalt motsatsförhållande mellan investeringar i ny kärnkraft och en avreglerad marknad. Vidare påstår han att investeringar i ny kärnkraft förutsätter att den avreglerade elmarknaden kringgås och att det skapas konstgjorda, skyddade öar fria från marknadens nyckfulla priser.

För att bemästra de enormt långa tidshorisonerna kring ny kärnkraft och dess lönsamhet krävs det att de liberala marknadskrafterna sätts ur spel. Detta har man gjort i exempelvis Kina, Indien, Ryssland och Förenade Arabemiraten där det investerats i ny kärnkraft. Beträffande USA är det, enligt Per Högselius, bara kärnkraftverk som ligger i delstater där elpriserna garanteras av myndigheterna i delstaten som uppvisar någon lönsamhet. I de delstater, där kärnkraften konkurrerar på en fri elmarknad och konkurrerar med skifergas och förnybara energikällor, har kärnkraften enorma ekonomiska problem.

⁴⁴ <https://second-opinion.se/karnkraften-skygger-de-viktigaste-fragorna/>

⁴⁵ Siffrorna hittar du under kapitel 3.3.1.3 i rapporten:

<https://web.stanford.edu/group/efmh/jacobson/Articles//NuclearVsWWS.pdf>

⁴⁶ <https://www.gp.se/debatt/ny-karnkraft-chanslos-pa-en-fria-elmarknaden-1.22858829>

MARKNADEN: INV ESTERINGSVILJAN, TILLGÅNGEN PÅ RISKKAPITAL OCH EFTERFRÅGAN PÅ MARKNADEN

Enligt FN behöver energieffektiviseringarna och den förnybara energin dubblas om vi ska nå målet med 1,5 graders temperaturökning! Detta skulle kosta 600-800 miljarder dollar per år globalt. En inte oöverstiglig kostnad med tanke på att de totala årliga energiinvesteringarna idag ligger på 1 800 miljarder dollar.

Uppmaning:

Åsikt från en i rapportgruppen: "Ge teknikerna ordentliga och långsiktiga spelregler så löser de problemet "100 procent förnybart till år 2040!" Glädjande nog finns det ju redan nu mycket ny teknik på gång".

VINDKRAFTEN

Utbyggnaden av vindkraften är dramatisk, eftersom vi nu går från dagens 14 procent vindel till morgondagens 50 procent.⁴⁷ I det sammanhanget är det värt att notera att hela 95 procent av investeringarna i vindkraften i dagens Sverige finansieras med hjälp av utländskt kapital, från exempelvis pensionsförsäkringar. Detta i sin tur beror bland annat på att det varit svårt att få fram svenskt kapital. Svenska pensionsbolag har på senare tid börjat visa intresse för att investera i vindkraft.

Men det finns några osäkerhetsfaktorer. Lönsamheten, och därmed investeringsviljan, är till exempel helt beroende av hur pass bra vindlägen som entreprenörerna kan få tillgång till. Och värre kan det bli framöver, när de bästa vindlägen har exploaterats. Plus att många projektansökningar avslås redan idag.

Nästan inga större parker byggs utan att man tecknar långtidskontrakt med industrin,⁴⁸ via så kallade PPC-power-price-contracts. Norsk Hydro, som bland annat sysslar med aluminiumproduktion, har till exempel tecknat ett långtidskontrakt på upp till 30 år. Detta för att få en årlig leverans av tre TWh vindkraftsel från Sverige. Företagets VD säger att det inte finns någon el som är billigare än den förnybara, för närvarande. Lägg till detta att det blir lättare att ta banklån om elleveranserna är långsiktigt prissäkrade.⁴⁹

Det finns också en stark utvecklingstrend mot allt större, allt mer effektiva vindkraftverk med ständigt större rotordiametrar. Runt 2020 kan därför diametrarna mycket väl vara 200 meter! Beträffande tornhöjden finns det dessutom inte några tekniska begränsningar. Och en intressant möjlighet är att bygga tornen i trä, eftersom de har bättre förutsättningar för att bli högre än ståltornen. Om detta forskas det på Chalmers, som snart kommer att sätta upp en provanläggning.⁵⁰

Men samtidigt ökar motståndet mot vindkraften. I princip är nog rätt många svenskar positiva till vindkraften. Men det gäller bara så länge som den byggs någon annanstans än där man själv bor.

Och i renkötselområdena kommer samebyarna (just nu är det en, men det kan bli fler) troligen att kunna säga nej till vindkraften. Detta i sig kan begränsa planerna på att bygga ut vindkraften i dessa områden. Å andra sidan, om samebyar kan bli delägare i projektet och vindkraftverken inte påtagligt skadar rennärningen kan båda intressena samverka i samma område.

SOLELEN

Globalt spås solen spela en huvudroll i den kommande 50-procentiga ökningen av den förnybara energin i världen under de kommande åren. Installationen av solceller hos privatpersoner, i kommersiella byggnader och på industrier spås att explodera de kommande fem åren. Detta i sin tur kommer att förändra det sätt på vilket solen genereras och konsumeras.⁵¹

47 VIND, vindbranschens årliga konferens i oktober 2019: https://svenskvindenergi.org/wpcontent/uploads/2019/10/Svensk_Vindenergi_FÄRDPLAN_2040_rev-1.pdf

48 Enligt VIND, vindbranschens årliga konferens i oktober 2019

49 https://www.svk.se/siteassets/omoss/rapporter/2019/nordic_grid_development_plan2019.pdf

50 VIND, vindbranschens årliga konferens i oktober 2019

51 Enligt Energy Agencys rapport Renewables 2019.

På bred front blir den etablerade tekniken för solceller allt mer konkurrenskraftig. Samtidigt finns de mängder med andra tänkbara lösningar, som skulle kunna innebära radikala språng i form av en ny och förbättrad teknologi. Allt detta kommer att leda till alltmer kostnadseffektiva solceller, med en förbättrad verkningsgrad, en minskad resursanvändning och effektivare produktionsprocesser.⁵²

Även i Sverige pågår det en kraftig utbyggnad av solkraften. 2018 ökade byggnationen av solkraft i Sverige exempelvis med 59 procent, om än från en låg nivå⁵³. Produktionen 2018 var ca 0,4 TWh⁵⁴ vilket motsvarade 0,27 procent av Sveriges elproduktion.

I ett realistiskt utbyggnadsscenario för solelen skulle Sverige kunna producera 25 TWh solel. Med i huvudsak takbaserade solceller innebär detta scenario att 15 procent av den totala takytan och cirka hälften av alla byggnader i Sverige kommer att ha solceller på sina tak. För att åstadkomma detta behövs det troligen någon form av styrmedel som gynnar solelen. I det sammanhanget har den svenska regeringen och EU utformat stödsystem, där bland annat solpanelerna får en låg skatt, för den el som produceras för eget bruk. Investeringsviljan är bra för svensk solkraft med dagens bidragssystem på 20 procent. Å andra sidan ser vi redan idag att stora solcellsprojekt kan drivas utan subventioner. Ett exempel är Danmark.

VATTENKRAFTEN

Troligen är det ingen brist på investeringsvilja och tillgång till riskkapital om förutsättningar och tillståndsgivning anpassas. För att få möjligheten att bygga ut vattenkraften krävs det genomgripande lagändringar och en vilja att bygga dammar i de tre stora oreglerade älvar i Sveriges Norrland, vilket i dagsläge är mycket begränsat.

KÄRNKRAFTEN

Enligt Energiöverenskommelsen 2016 mellan regeringspartierna är det tillåtet att bygga nya kärnkraftreaktorer på befintliga platser, dock inom ramen för maximalt tio reaktorer. Statligt stöd för kärnkraft kan inte påräknas.

Ur kärnkraftsförespråkarens synvinkel:

Effektsskatten, en punktskatt, som gällde under åren 2000-2018 motverkade ytterligare investeringar i forskning och utveckling. Sen effektsskatten togs bort, tycks energimarknadens intresse för kärnkraften ha pånyttfötts.

Genom att upparbeta använt kärnbränsle tar i form av uran och plutonium går det att tillverka så kallat mox-bränsle. Detta bränsle kan användas ytterligare en gång i dagens reaktorer.

Nästa generations kärnkraftsreaktorer, generation 4, kan hantera fler långlivade ämnen i bränslet och bättre utnyttja energin i bränslets plus att de kan korta ned lagringstiden av det använda bränslet. Placeras sådan anläggningar i samma område som ett nedlagt kärnkraftverk är det möjligt att optimalt utnyttja den redan befintliga infrastrukturen (kraftledningar, ställverk och så vidare)⁵⁵

Går vi ut i världen var fler än 400 kraftproducerande reaktorer i drift i världen år 2012. De svarade då för 14 procent av världens elproduktion. (2018 rörde det sig om cirka 10 procent) Drygt 60 nya reaktorer håller på att byggas och planer finns för omfattande utbyggnadsprogram i flera länder.

52 ER2019:06 sid 47

53 Förnybar Energi 3/2019

54 Rapport IEA National Survey Report of PV Power Application in Sweden

55 Ny Teknik 2017: <https://www.nyteknik.se/energi/nya-reaktorer-atervinner-branslet-kan-utnyttja-branslets-energi-mycket-mer-6883490>

De anläggningar, som nyligen byggts i Ryssland, Indien och Kina har byggts till halva kostnaden, jämfört med Europeiska verk, vilket berott på kontinuitet och kunskap om tekniken. För övrigt inverkar kapitalkostnaden stort på elpriset beroende på vald anläggningsteknik, bedömd ekonomisk livslängd, finansiering och politiska värderingar

Vetenskapsradion:

I Vetenskapsradion har det sänts några program kring kärnkraften. I "Kärnkraftsmotståndaren som blev kärnfysiker" talas det mycket om generation 4⁵⁶. Detta program följs upp av "Svensk kärnkraft-Onödig i framtiden"⁵⁷ samt "Svensk kärnkraft- Hur realistisk är den nya kärntekniken?"⁵⁸

Ur kärnkraftsmotståndarens synvinkel

Det har inte färdigbyggts några kärnreaktorer i Västeuropa eller USA på ca 30 år. De pågående projekten i Finland och Frankrike är ännu inte avslutade, och kostnaden skjuter i höjden av olika skäl.

Eon säger att kärnkraften är utsiktslös framöver och inte kan bli lönsam ens på sikt och dess Sverigechef Marc Hoffmann säger att kärnkraften ska avvecklas och att ingen ny ska byggas.⁵⁹ Och Vattenfalls generaldirektör och ordförande tror inte på byggande av nya kärnkraftverk i Sverige.

I november 2019 krävde Regeringens vetenskapliga experter i Kärnavfallsrådet Svensk kärnbränslehantering att det skulle till nya utredningar om slutförvaret för använt kärnbränsle.

Den fjärde generationens kärnkraft existerar inte än. Och om det skulle gå att realisera skulle det krävas mycket omfattande subventioner från statligt håll.

Enligt "Svensk elförsörjning – en fråga med globala dimensioner" som är en tvärvetenskaplig rapport från Uppsala Universitet" från juni 2014, beräknas de första generation-fyra-reaktorerna i bästa fall kunna tas i drift först år 2045. Den tid som detta tar att få fram denna typ av kärnkraft är på tok för lång, med tanke på att klimathotet kräver betydligt snabbare lösningar.

I flera länder avvecklas det kärnkraftverk och utvecklingen av nästa generations kärnkraftverk i Frankrike med ett omfattande program har stoppats på grund av alltför höga kostnader.

Vid Strålskyddsmyndigheternas årliga seminariedagar under hösten 2019 förkastades generation 4 eftersom den ansågs vara överspelad.

Kärnkraften har fått enorma subventioner eftersom den vid en stor reaktorolycka bara behöver betala ut struntsummor till de drabbade. Så reaktorägarna borde därför tvingas att fullt ut ansvara och dessutom kunna bevisa att de har kapacitet och tillräckligt med försäkringar för att kunna betala de kolossalbelopp som skulle krävas vid en svår reaktorolycka.

Samma resonemang borde gälla även för ägarna till vattenkraftverk, vilket innebär att också de borde avkrävas tillräckliga försäkringar, så att de exempelvis skulle kunna betala kostnaderna fullt ut vid en svår dammolycka?

Den japanska kärnkraftens strålskyddsmyndighet stänger nio kärnreaktorer år 2020 eftersom reaktorägarna inte lyckats vidta de åtgärder som myndigheterna krävt: Exempelvis förebyggande åtgärder gentemot terroristattacker, förmåga att på distans kunna stänga av och kontrollera reaktorerna och kylsystemen, för-

56 <https://sverigesradio.se/sida/avsnitt/1464174?programid=4640>

57 <https://sverigesradio.se/tabla.aspx?programid=132&date=2020-02-24>

58 <https://sverigesradio.se/sida/avsnitt/1449009?programid=412>

59 Dagens Industri i maj 2019

hindra att inkräktare eller infiltratorer ensamma ska kunna förstöra reaktorn från kontrollrummet. Ett ytterligare krav är att reaktorerna ska kunna stå emot ett kraschande flygplan. Det sista kravet torde vara svårt att uppfylla.

Så här säger Tomas Kåberger

Om kärnkraften kommer att finnas kvar beror på hur hanteringen av den viktigaste subventionen; att reaktorägarna slipper betala för de mesta av konsekvenserna för stora reaktorolyckor eftersom ansvaret ligger hos aktiebolag med ett begränsat ansvar. Kostnaderna hamnar hos dem som drabbats eller skattebetalarna

Kommentar av Lennart Söder

Ovan står det under kärnkraftförespråkarens synvinkel: "Effektskatten, en punktskatt, som gällde under åren 2000- 2018 motverkade ytterligare investeringar i forskning och utveckling". "Sen effektskatten tagits bort, tycks energimarknadens intresse för kärnkraften ha pånyttfötts".

Kring ovanstående resonemang ger Lennart Söder, professor på KTH följande kommentarer i ett mail i december 2019: Ja, det politiska intresset är ganska stort, men de som yttrar sig verkar snarast diskutera "subventioner" eller "stöd". Det är ju, i Sverige, helt tillåtet att bygga kärnkraft, men inte har jag sett något intresse för detta?

ACCEPTANSEN: POLITISKT OCH BLAND BEFOLKNINGEN (GENERELLT SOM LOKALT)

Att ersätta de fossila bränslena i elproduktionen med förnybar energi bidrar till att minska utsläppen av koldioxid och andra gaser. Detta bidrar till att minska växthuseffekten och att hålla den globala temperaturökningen under 1,5 grader. Denna positiva faktor ska i tillståndsprövningen vägas mot lokal påverkan av vindkraften, förändrad landskapsbild, nya vägar och kraftledningar, buller och andra störningar i landskapet. En strävan skall alltid vara att få den lokala påverkan så liten som möjligt.

VINDKRAFTEN

Norden har en stor tillväxt av vindkraften och verken blir hela tiden allt större. I slutet av 2017 bidrog vindkraften med 12 procent av Sveriges elproduktion och den förväntas öka till 30 % år 2022. Vindkraften är lönsamt, samtidigt som det folkliga motståndet växer. Det är viktigt att föra en dialog med de som kan ha en annan åsikt och visa på hur värden påverkas eller inte påverkas.

Det finns också en stark trend mot allt större, allt mer effektiva vindkraftverk med ständigt större rotordiameter, där stora vindkraftsverk är bättre än små i närmast alla avseenden. För att lyckas med denna utbyggnad måste lokalbefolkningen bli mer delaktiga än i dag.

I och för sig är nog rätt många svenskar positiva till vindkraften. Men bara så länge som den inte byggs där man själv bor. Å andra sidan när vindkraftsverken väl är i drift är många människor i närområdet, vilka har blivit delaktiga i projektet, positiva till vindkraften.

Och i renkötselområdena kommer minst en sameby att kunna säga nej till vindkraften. Detta kan begränsa planerna på att bygga ut vindkraften just där. Om samebyar erbjuds att bli delaktiga och rennäringen inte påtagligt påverkas finns det goda möjligheter att samordna de båda intressena.

Stora vindkraftsverk är bättre än små i närmast alla avseenden. För de står glesare, producerar mer, skadar ett färre antal fåglar per producerad kWh och de står längre från bebyggelsen. Samtidigt kan utsikten från högt belägna punkter vara en begränsande faktor för hur höga vindkraftsverken får bli.⁶⁰

⁶⁰ VIND, vindbranschens årliga konferens i oktober 2019

För övrigt är de långa prövningstiderna ett stort bekymmer. Det måste gå snabbare och bli lättare, mer rättssäkert att få till ett prövningstillstånd. Och det behövs mer resurser till myndigheter och domstolar för att hantera tillstånden.⁶¹

SOLELEN

Allt tyder på att andelen solel kommer att öka fram till år 2040. Till drivkrafterna hör bland annat sjunkande priser, starkt folkligt stöd, korta ledtider och tillgång till ytor som inte har några alternativa användning. Till detta kommer ett allt större intresse för att främja lokal och småskalig elproduktion.⁶² Ett av frågetecknen inför framtiden är dock om skatteundantaget för utmatning på nätet kommer att finnas kvar.⁶³

VATTENKRAFTEN

SOM-institutet

Under åren 1999-2018 har SOM-institutet regelbundet frågat ungefär 1 500 slumpvist utvalda svenskar om de tycker att Sverige bör satsa på vattenkraften under de närmaste fem-tio åren. De svar som lämnats har stadigt legat på ungefär samma nivåer.

En överväldigande majoritet är positiva till vattenkraften. 44 procent (39-49 procent) vill att det ska satsas mer. 43 procent (39-48 procent) vill ha oförändrade satsningar. 5 procent (4-7 procent) att det ska satsas mindre än i dag. 0-1 procent vill att vi helt ska avstå från vattenkraften och 8 procent (6-11 procent) har ingen åsikt.

De orörda Norrlandsälvarna

Enligt Riksdagsbeslut ska de fyra stora Norrlandsälvarna lämnas orörda. Byggdes de fullt ut med vattenkraft skulle Sverige få ett tillskott på ungefär 30 TWh per år, dvs. mer än halva kärnkraftsproduktionen. Potentialen för att få ytterligare el från de redan befintliga vattenkraften via energi- och effekthöjande åtgärder rör sig om cirka fem TWh per år.

Tankar från en förespråkare av kraftigt utbyggd vattenkraft

Vattenkraften är fantastisk och torde vara det bästa och effektivaste sättet att klara de uppsatta målen, med 100 procent förnybar el till år 2040. Verkningsgraden är högre än 80 procent och att inte nyttja vattenkraften strider helt emot principen att utnyttja våra naturtillgångar på bästa sätt.

Med utbyggd vattenkraft kan vi glömma alla batterier, med miljöpåverkan, och sätta fokus på att nyttja möjligheter till energilagring i vattenmagasin.

Vi måste bestämma oss för om vi vill ha fiskevatten eller utsläppsfri förnyelsebar och reglerbar vattenkraft. Det kommer att bli svårt att klara problematiken med effektbristen utan att bygga ut vattenkraften?

En kommentar kring den pågående processen att ompröva alla vattendomar till, som det heter, moderna miljökrav. Detta torde bli både kostsamt och tidskrävande (beräknas ta 20 år) samt svårt att förstå då vattenkraften är det i särklass bästa sättet att producera el. Man kan väl dock hoppas att de nya kraven, domarna, ger utrymme för mera elproduktion från vattenkraften.

61 VIND, vindbranschens årliga konferens i oktober 2019

62 ER2019:06 sid 37

63 ER2019:06 sid 95

ETT HÅLLBART ENERGISYSTEM

EFFEKTBRIST MEN INGEN ELBRIST

Sverige, med "världens bästa elnät", står **inte** inför en hotande elbrist som exempelvis skulle kunna hota industrins expansionsmöjligheter.

Däremot har vi ett delvis underdimensionerat elnät som inte alltid klarat av att leverera tillräckligt med effekt överallt.⁶⁴ Dessutom räcker inte stamnätet inte riktigt till för att föra över el från överskottsområdena i norra Sverige till underskottsområdena i södra och mellersta Sverige.⁶⁵

För att öka flexibiliteten i elsystemet krävs det en ökad överföringskapacitet både lokalt, regionalt och nationellt, men även mellan våra grannländer och Sverige. I det sammanhanget kommer det att under de närmaste 10 åren att byggas mer stamnät än vad som totalt sett varit fallet under de senaste 30 åren.⁶⁶

Överföring av el blir allt viktigare

I dag är skillnaden i elpriset mellan södra och norra Sverige i genomsnitt 1 öre/kWh. Beräkningar visar att motsvande skillnad på 2040-talet kan komma att uppgå till 9,1 öre/kWh. Skillnaden i elpris mellan sommar och vinter kan till och med bli 35 öre/kWh.

Existensen av prisskillnader mellan olika elområden antyder att det finns ett behov av en ökad överföringskapacitet. Modellsimuleringar visar dessutom att det längre fram i tiden kan uppstå stora prisskillnader gentemot våra grannländer. De beräkningar som gjorts visar även att investeringar i de elnät som förbinder Sverige med andra länder kan vara mer kostnadseffektiva än att göra investeringar i Sveriges elnät.⁶⁷

När andelen icke-planerbar produktion ökar markant i Sverige, samtidigt som kärnkraftens bidrag till elförserjningen minskar, och en liknande utveckling som i vårt land sker även i andra länder, blir behovet att överföra el mellan olika elområden, såväl mellan länder som inom och inom Sverige, ännu större.

Norge och Sverige, som ju har mycket vattenkraft, är förbundna med elkablar till ett antal länder. Till dessa hör Danmark, Finland, Tyskland Nederländerna, Storbritannien, Polen och Litauen. Tänk sen tanken att det som avgör vilka som ska få leverera elen inom i Europa är de som har den lägsta rörliga kostnaden för sin elproduktion! Då skulle el från sol, vind och vatten ligga bra till, eftersom bränslet är gratis!

Ingen effektbrist år 2025

Risken för att det ska uppstå en effektbrist finns sammanfattad i rapporten "Nordic perspectives on mid-term adequacy forecast 2017" Rapporterna bygger på sannolikhetsbaserade simuleringar som utgår från det europeiska kraftsystemet uppbyggt i en datamodell.

I denna modell stimuleras det bland annat över ett stort antal år hur vind- och – vattentillgången samt elförbrukningen varierar. Timme för timme utvärderar modellen om förbrukningen i varje elområde kan tillgodoses. Den tar även hänsyn till hur det ser ut beträffande import/exportkapaciteten mellan olika elområden. Vad finns det för nationella och utländska produktionsresurser? Var kan det uppstå oplanerade avbrott då det gäller såväl produktions- som -överföringsförbindelserna? Analyserna visar i alla fall att Sverige inte löper någon risk för att få någon effektbrist år 2025

64 Tomas Käberger

65 Enligt rapporten 2019/432 Svenska Kraftnät <

66 Enligt Anders Ygerman 2019

67 ER2019:06

VAD GÖR VI MED ÖVERSKOTTET RESPEKTIVE UNDERSKOTTET PÅ EL?

Enligt amerikanske studier kan användningen av efterfrågefleksibilitet kapa effekttopparna med 20 procent och relativt snabbt och enkelt ta bort de värsta obalanserna i en elproduktionen baserad på förnybar energi. Det som bland annat krävs är att vi ändrar ellagen och inför ett elpris som ändras timvis, kanske till och med varje kvart. Så att vi via elpriset kan styra efterfrågan beroende på om det är ett överskott eller ett underskott på el.

Priset kan mycket väl sättas utifrån de vind-och solprognoser som SMHI, med rätt hög precision, numera kan göra inför de kommande dygnet. Och när det är ett överskott på el, så att priset är lågt, kan vi till exempel lagra överskottet i batterier och i vätgaslager.⁶⁸

För övrigt kan vi använda oss av vattenmagasin som återfylls med hjälp av eldrivna pumpar och där detta vatten senare kan används för elproduktion i samband med att det finns ett behov. Men ovanstående kräver dock att alla Sveriges elmätare byts ut. Detta kommer också att ske innan 2025.

Exempel på energilagring

Att lagra energi mellan säsongerna är redan i dag en realitet och konceptet kommer att användas på sex fastigheter i Vårgårda. Den överskottsenergi som takens solceller ger under vår, sommar och höst kommer att lagras i ett vätgaslager och används långt senare under den kallare årstiden för att göra el och värme. Liknande projekt planeras på flera håll i Sverige.⁶⁹

Ett annat sätt att lagra energi är att nyttja byggmaterial i befintliga byggnader, till exempel hus från miljonprogrammets dagar, där man genom att isolera fasaderna, täta klimatskalet och minimera köldbryggorna kan lagra överskottsvärme i väggarna.⁷⁰

För övrigt måste det till incitament så att kraftproducenterna ser till att producera el när det behövs och att de också utnyttjar all den potential som redan i dag finns i näten.

⁶⁸ <http://www.iea-igan.org/flexibility-in-future-power-systems/>

⁶⁹ <https://www.svt.se/nyheter/lokalt/vast/har-bli-hyreshusen-sjalvforsorjande-pa-el>

⁷⁰ Malin Löfsjögård VD Svensk Betong 2013

BILAGA 1. NÅGRA GRUNDFAKTA OCH BEGREPP

Skillnaden mellan energi och effekt

Gemene man känner nog inte till skillnaden mellan energi och effekt. Och när det sägs att vi måste bygga ut vissa energislag på grund av bristande tillgång på energi är det i stället ofta fråga om en effektbrist. För normalt sett har vi nämligen gott om energi.

Vill jag köra upp för en brant backe spelar det ingen roll om bilen är fulltankad (bränslet = energi) om motorn är för svag och har för få växlar. Då måste motoreffekten överdimensioneras eller växellådan bytas till en mer flerväxlad för att bilen skall orka ta sig upp för backen.

Efterfrågefleksibilitet är en bra växellåda för ett kraftsystem som skall fungera trots att förutsättningarna hela tiden förändras. Elproduktionen och elkonsumtionen i ett sammankopplat elnät måste hela tiden vara lika stora och elledningarna tillräckligt kraftiga för att det inte skall bli strömavbrott. För om motoreffekten är för liten orkar ju inte bilen att ta sig upp för backen.

Lyfter jag en sten rakt upp på en viss tid krävs det en viss effekt. Skulle jag i stället lyfta samma sten lika högt, fast på halva tiden blir effekten fördubblad.

Med andra ord: Effekten är arbetet dividerat med tiden = energin dividerat med tiden
Annorlunda uttryckt: energi = effekten multiplicerad med tiden.

De effektenheter som används är W, kW, MW, GW och TW där W = Watt
En kW = en kilowatt = 10^3 W = 1 000 W. En MW = en megawatt = 10^6 W = 1 000 000 W
En GW = en gigawatt = 10^9 W = 1 000 000 000 W. En TW = en terawatt = 10^{12} W

För energin är enheterna: Wh, kWh, MWh, GWh och TWh
Exempelvis läses 20 GWh ut som tjugo gigawattimmar

Utnyttjningstid, maxeffekt, tillgänglig effekt och verkningsgrad

Utnyttjningstiden: Divideras årsproduktionen i kWh med märkeffekten i kW får man fram det antalet timmar per år som anläggningen uppnått hela sin märkeffekt. Annorlunda uttryckt är utnyttjningstiden = det antal timmar man behöver köra anläggning med dess fulla märkeffekt för att uppnå årsproduktionen.

Utnyttjningstid = kapacitetsfaktor: Säg att utnyttjningstiden är 2479 timmar. Divideras denna tid med antalet timmar per år som är 8760 timmar får vi $2479/8760 = 0,283$. Alltså är utnyttjandegraden 28,3 procent.

Verkningsgrad är nyttiggjord energi dividerad med tillförd energi.

Tillgänglig effekt är den effekt som är tillgänglig för såväl reglering som det aktuella energibehovet. Det högsta effektuttaget på nätet under året inträffar för övrigt oftast en kall vinterdag.⁷¹

Planerbar och icke-planerbar energi

Sol- och vindel sägs vara icke-planerbar. Det beror på att den är variabel så att man inte säkert, en längre tid i förväg, kan planera för storleken på elproduktionen ett visst datum. För solinstrålningen varierar ju liksom hur mycket det blåser. Men, det är redan idag möjligt att med prognoser planera när vinden kommer och det pågår forskning att få fram bättre prognosverktyg. Eftersom sol och vindkraften har den lägsta rörliga produktionskostnad måste då övriga med högre rörlig produktionskostnad lämna företräde till sol- och vindkraften.

Sol och vindel kan bli planerbar ihop med vätgaslagring. Vid ett överskott av el från sol eller vind kan man göra vätgas som lagras i tankar eller berggrum. När det blir ett elunderskott som oftast inträffar under vintern kan man med den lagrade vätgasen via bränsleceller göra el och värme.

⁷¹ Enligt Svenska kraftnät

Vattenkraften är mycket planerbar eftersom energin kan lagras i stora dammar. Kärnkraften är bara delvis planerbar eftersom den inte kan korttidsregleras från några sekunder till flera dygn.

Energiprincipen och energikvaliteten

Energiprincipen, Termodynamikens första huvudsats säger att energi inte kan skapas eller förstöras utan endast omvandlas.

I ett vattenkraftverk sker det exempelvis två energiomvandlingar. Först omvandlas vattnets lägesenergi till rörelseenergi i turbinen. I steg två omvandlas rörelseenergi till elenergi i en generator.

Om sen energin i elen tillförs ett värmeelement försvinner det ingen energi. Däremot omvandlas energin till en lägre energikvalitet.

El har nämligen en hög energikvalitet, vilket innebär att den har många användningsområden, alltifrån att driva elmotorer, ge belysning och värma något till mer än 1000 grader. Den värme som strålar ut från elementet duger bara till att värma upp ett hus, inte till att driva bormaskiner och så vidare. Om däremot elens höga energikvalitet användas för att driva en värmepump som i sin tur värmer upp ett hus utnyttjas elens höga energikvalitet på ett bättre sätt.

Systemtjänster

En systemtjänst är en teknisk lösning som snabbt ser till att exempelvis frekvensen i elsystemet inte avviker allt för mycket från det som är önskvärt. Kraftledningarna i Europa har frekvensen 50 Hz (Hertz)

Frekvensen

Tänk dig en vattenvåg och en boj som bara kan röra sig upp i takt med att den ena vågtoppen och vågdalen efter den andra passerar bojen. Om bojen utsätts för fem vågtoppar (eller vågdalar) under en sekund säger vi att frekvensen är 5 Hz, där Hz betyder här att göra med namnet Hertz

Om strömmen i en elledning går 50 gånger åt det ena hållet och 50 gånger åt det andra hållet under en sekund säger vi att frekvensen är 50 Hz.

Balanskraften

Användningen och produktionen av elen måste hela tiden, i precis varje sekund, vara i balans i elsystemet. Om en elhandlare tar ut mer el från nätet än hen tillför måste hen köpa balanskraft från Svenska Kraftnät.

I ett system med mycket variabel kraft där 100 procent är förnybart är det en större utmaning att upprätthålla balanskraften jämfört med ett system som innehåller mycket med planerbar elproduktion.

Svängmassan

När vi tänder en lampa eller startar en elmaskin, så sjunker frekvensen på elnätet. För att då samtidigt kunna upprätthålla den önskade frekvensen på nätet måste det till en ökad elproduktion. Även när efterfrågan och tillgången varierar måste det finnas något som hjälper till att upprätthålla frekvensen. Ett viktigt begrepp i det sammanhanget är svängmassan, eftersom den hjälper till att reglera nätfrekvensen.

Om exempelvis energitillförseln till ett kraftverk av någon anledning upphör tvärt så fortsätter de tunga roterande delarna (svängmassan) att snurra vidare och lämna elström ytterligare ett litet tag. Så att frekvensen från kraftverket inte sjunker lika tvärt som den skulle ha gjort utan någon svängmassa. Det är framför allt turbiner och generatorer i vatten- och – kärnkraftverken som i dag bidrar med svängmassa i elsystemet.

Skillnaden mellan kondenskraftverk och kraftvärmeverk

De anläggningar, exempelvis kärnkraftverk samt bio-och fossilbaserade anläggningar, som enbart producerar el kallas för kondenskraftverk. I dessa verk omvandlas ungefär en tredjedel av energin till el och resten två tredjedelar, i form av uppvärmt vatten, kyls medvetet bort. Till ingen nytta.

I ett kraftvärmeverk däremot tas förutom elen även värmen tillvara. Värmen kan till exempel användas för att lokalt värma upp hus och fastigheter via ett fjärrvärmenät. Detta i sin tur förutsätter att det finns en last, alltså något som ska värmas upp, vilket ju är mest aktuellt vintertid.

Vad menas med en LCOE-analys?

LCOE-analys (LCOE=levelized cost of electricity; där levelized cost =den utjämnade kostnaden =ett slags medelvärde) mäter den kostnad som uppstår under energianläggningens hela livstid dividerat med den totala energiproduktionen under hela anläggningens livstid. De primära beståndsdelarna, som krävs för att uppskatta LCOE, inkluderar kostnaderna för investeringar, de totala årliga driftskostnaderna, kostnader för projektfinansiering och den förväntade årliga energiproduktionen. Vidare beräknas det nuvarande beloppet som hör ihop med den totala kostnaden för byggnationen och för att använda energianläggningen under hela dess livslängd. LCOE-analys möjliggör jämförelser mellan olika typer av energislag.

OMVANDLING AV OLIKA ENERGIFORMER TILL EL

Vindkraft:

Eftersom energin från solen värmer upp jordytan olika mycket på olika ställen på jordklotet uppstår det tryckskillnader, som i sin tur ger upphov till vindar. Vindarna består i sin tur av luftpartiklar som totalt sett rör sig åt ett och samma håll. När rörelseenergin i de framrusande luftpartiklarna når rotorbladen i ett vindkraftverk sätts dessa i rörelse. Detta i sin tur alstrar en elektrisk ström via en elgenerator.

Skillnaden i rörelseenergin hos luftpartiklarna före och efter passagen av rotorbladen driver rotorbladen. Den teoretiska verkningsgraden för ett vindkraftverk är maximalt 59,3 procent. Mer än så är omöjligt att uppnå, eftersom luften ju måste ha någonstans att ta vägen, sen den passerat rotorbladen.

Om vindhastigheten fördubblas från exempelvis 5 m/s till 10 m/s så blir rörelseenergin som träffar rotorbladen $2^3 = 8$ gånger högre än vid 5 m/s. Och skulle vindhastigheten tredubblas från till exempel 5 m/s till 15 m/s så blir vindens rörelseenergi $3^3 = 27$ gånger högre än vid 5 m/s,

För övrigt startar ett vindkraftverk normalt vid 4 m/s och stoppas vid 25 m/s. Moderna vindkraftverk kan i Sverige nå kapacitetsfaktorn 30-40 procent.

Solkraft:

Solceller består av ljuskänsliga komponenter (halvledardioder), som när de utsätts för solljus omvandlar vissa delar av energin i solljuset till elektrisk ström.

Ju kallare det är desto högre verkningsgrad får solcellen. Den har därför en högre verkningsgrad en kall solig vinterdag jämfört med en varm solig sommardag. Å andra sidan levererar solcellen inte så värst mycket energi en solig vinterdag med tanke på att den då inte tar emot särskilt mycket energi från solen.

Den teoretiskt högsta verkningsgraden på en solcell gjord av kisel ligger strax över 30 procent. De solceller som såldes år 2019 hade en verkningsgrad på 17-19 procent. Kapacitetsfaktorn för solceller i Sverige är 10-14 procent.

Vattenkraft:

Energien från solen värmer upp sjö, hav och vegetation så att vatten avdunstar och bildar moln. Molnen i sin tur lämnar ifrån sig regn, varav en del av dess vatten samlas vattenmagasin. När vatten från dammen sen störtar ner i en lägre liggande turbin omvandlas lägesenergin i vattnet från dammen till rörelseenergi, som i sin tur via en generator alstrar elektrisk ström, med en verkningsgrad som är större än 80 procent!

Vattenkraften har brukats under hundratals år, åtminstone från 1600 talet, och då i början med vattenhjul med mycket låg verkningsgrad. I början av 1900-talet kom vattenturbiner med hög verkningsgrad och en utbyggnad av vattenkraften satte fart och gav välstånd för Sverige och det svenska folket.

Kärnkraft:

En svensk kärnreaktor använder sig av anrikat uran som placerats i bränslestavar. Stavarna omges av vanligt vatten. Alltsamman är placerat inuti en strålningsdämpande inneslutning. När atomkärnorna i det anrikade uranet klyvs under kontrollerade former via kärnreaktioner frigörs det energi. En del av den energi som då frigörs används för att värma upp och omvandla flytande vatten till vattenånga.

Vattenånga som i sin tur via en ångturbin och en elgenerator omvandlar vattenångans rörelseenergi till el. Samtliga svenska kärnreaktor är så kallade kondenskraftverk. Verkningsgraden är ungefär 35. Resten av den energi som omvandlas i processen blir till kylvatten. Till ingen nytta.

Det finns olika skäl till varför inte energin i detta kylvatten tagits till tillvara. Bland annat skulle kostnaderna för att uppfylla myndighetskraven kring säkerhetsövervakningen och tillstånden ha överskridit nyttan. Och planerna på att leda spillvärme från Forsmark till Stockholms fjärrvärmenät (mer än 100 km) visade sig bli allt för dyrbar. Dessutom litade man inte fullt ut på att leveranserna alltid skulle vara säkra. Vilket i sig skulle ha krävt ett dyrbart reservsystem i Stockholm.

BILAGA 2. BALANSKRAFTEN OCH EN ÄNDRAD EFFEKTEFTERFRÅGAN

Olika snabb effektökning

Vattenkraften kommer att spela en viktig roll då det gäller att balansera ut andra sätt att producera el som inte är reglerbar, såsom vind och sol. För de stora vattenkraftverken kan ögonblickligen reglera sin elproduktion när effektefterfrågan ändras. Som ett komplement till detta kommer troligen överskottsdel från exempelvis sol och vind lagras i energilagrar av olika slag.

Utan vattenkraften skulle vi inte kunna köra vår vindkraft om vi inte byggde gasturbiner eller anslöt något annat fossilt bränsle som reglerkraft. Å andra sidan går det redan nu bra att använda sig av vindkraften som balanskraft, om den programmerats för denna tjänst. Men det billigaste sättet är nog att använda sig av batterier.

Norsk och svensk vattenkraft kan användas som balanskraft i angränsande länder. Danmark har mycket vindkraft men knappast någon vattenkraft. Därför köper de balanskraft från vattenkraft i Norge och Sverige. När det blåser mycket kan vi köpa dansk vindkraft och fylla upp våra vattenmagasin.

Enligt Mark Jakobson kan kärnkraften inte matcha en förändrad effektefterfrågan. Exempelvis Frankrike som ju har riktigt mycket kärnkraft klarar inte av att öka på effekten med mer än en till fem procent per minut. Naturgasen, vattenkraften eller batterier kan däremot mycket snabbt tillgodose topparna i effektefterfrågan. Faktiskt fem till hundra gånger snabbare än kärnkraften.⁷²

Om ett kraftverk snabbstoppas så behövs det momentant, ögonblickligen, något som motverkar att frekvensen och spänningen på nätet sjunker allt för snabbt och dramatiskt. I det sammanhanget ser rotorbladens svängmassa ser till att frekvensen inte sjunker lika snabbt som den skulle göra utan svängmassa. Men sen måste det sekundsnabbt till effekt från någon annan energikälla, så att frekvens och spänningen kan upprätthållas på nätet.

Om en kärnkraftreaktor skulle behöva snabbstoppas, vid fel i anläggningen eller på nätet, blir balansproblemet väldigt stort och konsekvenserna de svårast tänkbara störningarna som kan inträffa i elsystemet!⁷³ Men det inträffar väldigt sällan. Som tur är.

Lennart Söder har skrivit en artikel i "Second Opinion" som bland annat handlar om FFR (Fast Frequency Reserve). Det är ett nytt system som Svenska Kraftnät har infört. Det är fråga om en snabb reserv som kan aktiveras på någon sekund. FFR kan dessutom minska problemen med "brist på svängmassa."⁷⁴

Chalmers och KTH forskar mycket på något som kallas för nätflexibilitet. I det sammanhanget är det viktigt att inse vilken typ av flexibilitet som vi pratar om. Är det frekvensvariationer som pågår under millisekunder och kan störa exempelvis pappersindustrin eller rör det sig om nätkapaciteten som för närvarande skapar problem i växande städer?⁷⁵

TOPPLASTTIMMEN

30 januari 2019

Vintern 2018/2019 inträffade, det enligt Nord Pool, den så kallade topplasttimmen (dvs. timmen med den högsta svenska elförbrukningen) den 30 januari 2019 kl. 17–18. Under denna timme var den svenska elförbrukningen totalt ca 25 200 MWh, varav ungefär 97 procent producerades inom Sveriges gränser.

Av den el som då producerades i Sverige kom ungefär 50 procent från vattenkraften, 32 procent från kärnkraften, tre procent från vindkraften och 11 procent av den övriga kraftvärmen.

⁷² Mark Z. Jacobson

⁷³ Tomas Käberger

⁷⁴ Om FFR <https://www.svk.se/siteassets/aktorsportalen/tekniska-riktlinjer/ovriga-instruktioner/technical-requirements-for-fast-frequency-reserve-provision-in-the-nordic-synchronous-area-1.pdf>

⁷⁵ VIND, vindbranschens årliga konferens i oktober 2019

Samtidigt var nettoimporten till Sverige 700 MWh under denna topplasttimme. Med importen från Norge, Danmark och Tyskland samt export bland annat till Polen och Litauen! ⁷⁶

Kommentar:

Buden på elmarknaden aktiveras i prisordning. Detta i sig kan innebära att Sverige kan vara en nettoimportör av el trots att det kanske finns ytterligare produktionsmöjligheter att tillgå eller möjligheter att reducera förbrukningen i Sverige.

Farhågor kring topplasttimmen!

Samtidigt som installerad effekt inför vintern 2019/2020 förväntas öka kommer den förväntade tillgängliga produktionskapaciteten att minska jämfört med prognosen för vintern 2018/2019.

Detta förklaras med att tillkommande effekt i form av vind- och solkraft har en låg förväntad tillgänglighet vid topplasttimmen, medan tillgängligheten för den nedlagda kärnkraften varit hög. ⁷⁷ Så trots att vi bygger ut vindkraften från 7 500 MW till 35 000 MW når vi inte målen vad gäller effekt om vi samtidigt lägger ner kärnkraften, enligt Svenska kraftnät.

Topplasttimmen inträffar på vintern. Och om vi då inte anpassar priset utifrån efterfrågan genom att exempelvis använda Efterfrågefleksibiliteten t subventionerar vi i praktiken elanvändningen under vintern. Det är precis lika galet som att året runt ha samma pris på jordgubbarna!

Tabellen visar hur mycket effekt som kan förväntas vara tillgänglig under topplasttimmen, som andel av total installerad effekt för varje kraftslag i Sverige, enligt Svenska Kraftnät.

Tabell: Tillgängligheten under Topplasttimmen

Energislag	Tillgängligheten i procent	Energislag	Tillgängligheten i procent
Vindkraft	9	Kärnkraft	90
Vattenkraft	82	Gasturbiner	90

Kommentarer

- Att tillgängligheten på vindkraften bara är nio procent sticker ut. Å andra sidan är den nu på god väg att nå upp till 20 procent.
- Den installerade effekten per kraftslag multiplicerad med tillgänglighetsfaktorn ger den resulterade tillgängliga effekten.
Exempel: Den installerade effekten = 100 kW. Tillgänglighetsfaktorn =80 procent. Då blir den tillgängliga effekten =80 kW.
- Svenska kraftnät räknar på ett worst case och på en alldeles för låg siffra för vindkraftens tillgänglighet. Dessutom bortser man från möjligheten att importera vid extrema tillfällen. Enligt Energikommissionen har Sverige normalt en handelskapacitet på ca 8 000 MW, som lägst 5 000 MW. Om vi även som planerat övergår till effekttariffer blir det en minskning av effektbehovet på över 1 000 MW. Vidare kan vi minska effektbehovet med ca 1 700 MW, med hjälp av efterfrågefleksibiliteten enligt Energikommissionen. ⁷⁸
- Vindkraftens tillgänglighet är ofta högre vintertid, när det är kallt och blåsig, jämfört med resten av året. Då stöttar vindkraften exempelvis vattenkraften.
- För övrigt kan det mycket väl vintertid råda en stor effektefterfrågan på el när det är kallt och blåsig. Vid sådana tillfällen skulle vindkraften kunna köra för fullt. Samtidigt som de vattenkraftverk vars dammar inte är fulla i stället sparar på sitt vatten och använder det när elpriset är högt.
- Men under perioder med sträng kyla, då det kan vara vindstilla är elförbrukningen i Sverige oftast är som högst, avtar dock ofta vindkraftens tillgänglighet.

⁷⁶ Kraftbalansen på den svenska elmarknaden Rapport 2019/432 Från Svenska kraftnät

⁷⁷ Rapport 2019:432 från Svenska kraftnät

⁷⁸ Kommentaren från Göran Bryntse och Tomas Käberger

- Indikationer tyder på att en betydande andel kraftvärme kan försvinna ur det svenska elsystemet. Det beror på förändrade marknadsförutsättningar som leder till att kraftvärme ersätts med värmeverk. Kraftvärmens finns i huvudsak i mellersta och södra Sverige där det redan råder ett underskott under topplasttimmen.

Men farhågorna kan tonas ner!

Enligt Lennart Söder, i ett mail i december 2019, har Svenska Kraftnät lämnat en intressant rapport,⁷⁹ som enligt honom är ett rejält lyft då det gäller rapportering och beräkningar. Med stöd av denna rapport slår han fast att "Om vi stänger all kärnkraft och om vi bygger ut vindkraften för att ersätta kärnkraften och dessutom ökar konsumtion, så kommer vi bara att få problem mindre än en timme per år i snitt"⁸⁰

I rapporten från Svenska Kraftnät studeras ett framtida elsystem. Ett elsystem i vilket det inte längre sker någon eltillförsel från kärnkraften och där elen från kraftvärmens minskat. Trots detta beräknas ändå den årliga elkonsumtionen kunna bli 179 TWh. Och detta ska till och med kunna äga rum samtidigt som Hybritprojektet kommer att kräva mycket el. I Hybritprojektet, i vilken stål framställs, används det väte i stället för kol och vätet tas fram ur vatten med hjälp av förnybar el.

Lägg till detta att det i framtiden kommer att gå åt stora mängder el till alla nya datacenter och till alla nya elbilar. Å andra sidan kan vi räkna med att elbilar (när de fungerar som energilager) i kombination med det totala nordiska elnätet kommer att svara för en viss flexibilitet i nätet.

Bara 0,69 timmar per år!

På sidan 44 i Svenska Kraftnäts rapport finns det en bild som avser det genomsnittliga antal timmar per år då INTE ALLA konsumenter kan få sin el. Utifrån vissa antaganden rör det sig om enbart 0,69 h per år!

Enkel matematik visar att alla Sveriges elkonsumenter får sin el under 99,992 procent av årets timmar!

Men detta är ändå inte hela sanningen! För under de 0,69 timmarna under året då det råder effektbrist får fortfarande de absoluta flertalet sin el! Samma tabell visar att man under de 0,69 timmarna i genomsnitt kopplar bort 418 MWh/år. Om Sveriges totala energikonsumtion en är 179 TWh = $179 \cdot 10^6$ MWh (sid 19 i rapporten) innebär detta i sig att 0,000233 procent av förbrukningen kopplas bort under de 0,69 timmar då det råder effektbrist!

Lennart Söder: Självklart är ovanstående resonemang ingen "sanning" om hur framtiden ser ut. Men det är ändå en bra grundplatta att utgå ifrån då det gäller den fortsatta energidiskussionen!

⁷⁹ <https://www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2019/langsiktig-marknadsanalys-2018.pdf>

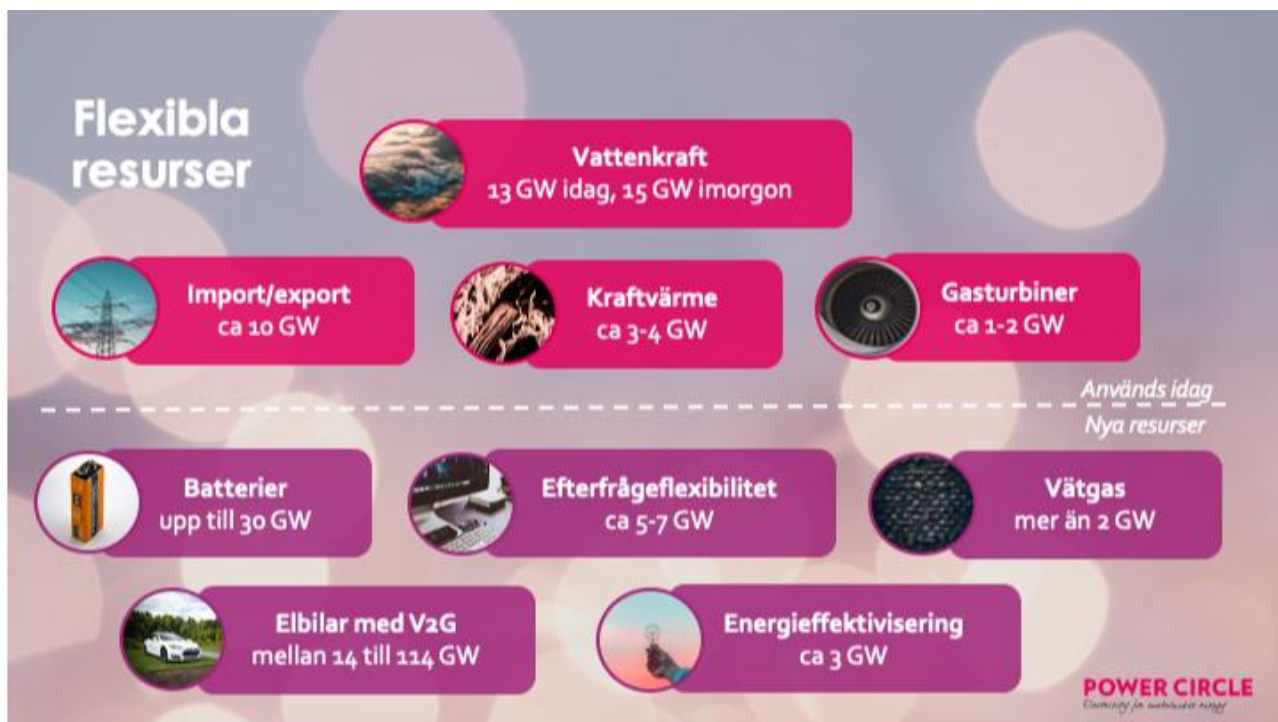
⁸⁰ <https://sverigesradio.se/sida/artikel.aspx?programid=83&artikel=7335803>

BILAGA 3 FLEXIBLA RESURSER

Den sammanlagda effekten av de flexibla resurserna i framtiden är totalt mer än 60 GW. Detta kan jämföras med en förväntad effektefterfrågan på 28,2 GW totalt i Sverige (inom elområdena SE1, SE2, SE3 och SE4, där SE1 ligger i norra Sverige och SE4 i södra Sverige) under topplasttimmen under en tjugoårs vinter⁸¹

Av nedanstående bild framgår att de idag använda flexibla resurser på 27-29 GW består av 13 GW vattenkraft, 10 GW importen/exporten 3-4 GW kraftvärme och 1-2 gasturbiner.

Till dagens flexibla resurser kan vi inför framtiden bland annat lägga till upp till 30 GW från batterier och 14-114 GW från elbilarnas batterier, enligt bilden!



⁸¹ <https://www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2019/kraftbalansrapport2019.pdf>