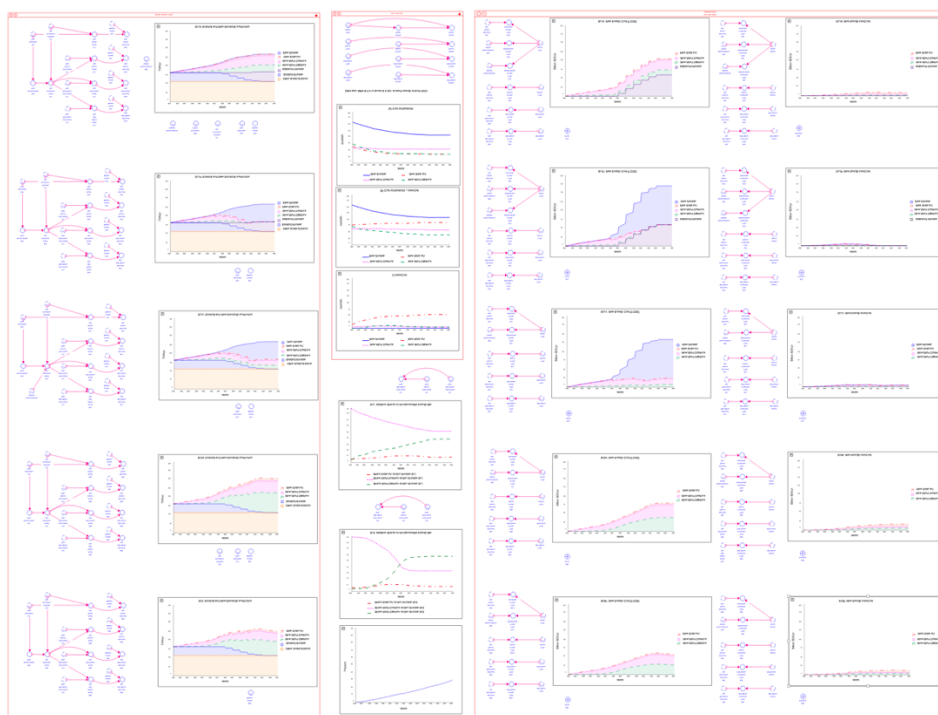


Ny kärnkraft eller effektivisering och ny förnybar energi för ett kostnadseffektivt svenskt elsystem?

MODELLERING OCH KOSTNADSANALYSER KRING FÖRDUBBLAD ELANVÄNDNING TILL ÅR 2050

Januari 2024 – Version 2



Henrik Ny och Martin Prieto Beaulieu

Blekinge Tekniska Högskola



Kopplingar till projekten SuperEffekt och Roadmapper

Denna rapport togs fram under december 2023 till januari 2024 av Blekinge Tekniska Högskola och bygger vidare på forskning från projekten SuperEffekt och Roadmapper. SuperEffekt undersökte möjligheten att ta fram s.k. energinav där förnybar el lokalt optimeras med tanke på användarnas behov och lagringsmöjligheter. Detta projekt leddes av Blekinge Tekniska Högskola 2022-2023 med finansiering från Region Blekinge, Tillväxtverket och Blekinge Tekniska Högskola. De preliminära studieresultaten presenterades för finansiärerna i juni 2023. En uppdaterad slutrapport för SuperEffekt är planerad till nyåret 2024. Det pågående Roadmapperprojektet tar ett helhetsgrepp på hållbarhetsomställning av ett regionalt transportsystem. Det leds av Blekinge Tekniska Högskola 2020-2024 och finansieras av Energimyndigheten, Blekinge Tekniska Högskola, Region Blekinge, Länsstyrelsen Blekinge och Blekinges kommuner. I denna rapport görs beräkningar för olika energiframtidsscenarier i den beräkningsmiljö Roadmapper Tool som utvecklas i Roadmapperprojektet. Rapporten har granskats vetenskapligt av professor Karl-Henrik Robèrt, Blekinge Tekniska Högskola och publicerats i BTHs rapportserie.

Förord till rapportversion 2

Vi är mycket tacksamma för det stora genomslag vår rapport har fått. Det innefattar flera synpunkter som givit oss tillfälle att i denna rapportversion 2 undvika missförstånd och ytterligare förtydliga den metodik och diskussion som ligger bakom våra slutsatser. Inga ändringar har dock påkallats vad gäller, indata, beräkningar, resultat eller slutsatser. Däremot finns nu vissa presentationstekniska ändringar för att ytterligare undvika eventuella missförstånd. De för fortsatt dialog mest centrala synpunkterna redovisas och kommenteras också på den hemsida som vi nu har skapat för rapporten (<https://www.bth.se/om-oss/institutioner/tisu/sustaintrans-qa/>).

Om SustainTrans-gruppen

SustainTrans-gruppen verkar vid Institutionen för strategisk hållbar utveckling vid Blekinge Tekniska Högskola i Karlskrona, Sverige. Forskningen utförs nära privata och offentliga aktörer inom påskyndad omställning till hållbara transport- och energisystem.

Kontaktperson för SustainTrans-gruppen

Docent Henrik Ny
henrik.ny@bth.se
www.bth.se/sustaintrans

Innehåll

Bakgrund och tidigare studier	4
Syfte och avgränsningar	5
Metod och antaganden	5
<i>Antaganden kring framtida elproduktion och elanvändning</i>	6
<i>Antaganden kring olika energislags framtida livscykelkostnader</i>	13
<i>Våra beräkningar av energiscenariernas framtida kostnader</i>	17
Resultat.....	19
Diskussion och slutsatser	25
Nästa steg	27
Referenser	28
Bilaga 1. Relativa andelen av ny förnybar el i scenarierna	30
Bilaga 2. Indata för energikostnader i våra beräkningar	31
Sammanfattning	32

Bakgrund och tidigare studier

Allt fler prognoser pekar på att det svenska elenergibehovet kommer att öka kraftigt i och med den pågående gröna omställningen som bland annat innebär storskalig elektrifiering av stål och transportsektorerna under de närmaste decennierna¹. Samtidigt debatteras det flitigt kring hur denna elenergiutmaning förhåller sig till satsningar på ny kärnkraft², förnybar energi³, effektiviseringar och olika energibesparingsystem.

Svenska kraftnät⁴, Energiforsk⁵ och Chalmers⁶ har varit några av de mest tongivande aktörerna i studiet av olika framtidsscenarier och deras konsekvenser för det svenska elsystemet.

I september 2022 gjorde vi, som en del av SuperEffektprojektet⁷, en översiktlig strategisk hållbarhetsanalys över ekologiska, sociala och ekonomiska effekter av att möta en potentiellt fördubblat elanvändning via antingen ett scenario där ny kärnkraft ingår som ett alternativ, eller ett scenario där vi enbart satsar på en kombination av effektiviseringar, energibesparingar och ny förnybar energi⁸. Slutsatsen blev att effektiviserings- och förnybartscenariot, utan ny kärnkraft, skulle ge mycket mer hanterbara hållbarhetsrisker, bli betydligt billigare och, till skillnad från kärnkraftsscenariot, kunna genomföras tillräckligt snabbt för att bli relevant för klimatutmaningen. Detta är också i linje med att svenska kraftnät i sina scenarioanalyser har kommit fram till att det fram till år 2050 är troligt att kärnkraften minskar eller som mest kan upprätthållas på dagens nivå.

I oktober 2023 kom International Energy Agency (IEA) ut med sin regelbundna rapport World Energy Outlook där de bland annat gjorde uppskattningar av framtida kostnader för olika typer av energi⁹. Här ingick också uppskattningar av merkostnader för att hantera flexibilitetsbehovet kring förnybar väderberoende energi som sol- och vindkraft men trots detta blev ändå kärnkraftsrelaterade dyrare.

I december 2023 kom också nyheten om den svenska regeringens kärnkraftsfärdplan som siktar på 10 nya kärnkraftverk till år 2045¹⁰ vilket är mer än i någon av de ovan nämnda scenariostudierna. I januari 2024 kom därtill nya uppgifter från SVT om att Vattenfalls utredning om ny kärnkraft talar för att kostnaden kan bli uppåt dubbelt så hög jämfört med vad regeringen har utgått ifrån¹¹. Institutet

1 Se t.ex. Energimyndigheten. 2023. Scenarier över veriges energisystem 2023 Med fokus på elektrifieringen 2050. ER 2023:07

2 Se t.ex. Moderaternas plan från 2022: <https://moderaterna.se/nyhet/byggnykarnkraft/>

3 Se t.ex. Linda Burenius från 100% förnybart från 2022: <https://www.nyteknik.se/debatt/mot-klimatkris-och-hogt-elprismed-effektivisering-och-fornybart/899972>

4 Svenska Kraftnät. 2021. Långsiktig marknadsanalys 2021. Scenarier för elsystemets utveckling till 2050. <https://www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2021/langsiktig-marknadsanalys-2021.pdf>

5 Energiforsk. 2021. EL FRÅN NYA ANLÄGGNINGAR. Elforsk. RAPPORT 2021:714. Länk finns här: <https://energiforsk.se/media/30970/el-fra-n-nya-anlaggningar-energiforskrappport-2021-714.pdf>

6 Göransson och Johnson. 2023. Ett framtida elsystem med och utan kärnkraft – vad är skillnaden? Chalmers. Se länk här: https://research.chalmers.se/publication/536840/file/536840_Fulltext.pdf

7 Projektet SuperEffekt, med Tillväxtverket, Region Blekinge och BTH som finansiärer, undersökte möjligheten att ta fram s.k. energinav där förnybar el lokalt optimeras med tanke på användarnas behov och lagringsmöjligheter.

8 Analysen publicerades i tidningen Miljö och utveckling i september 2022: <https://miljo-utveckling.se/debatt-lyft-blicken-vi-kan-fa-ett-hallbart-energisystem/>

9 Energikostnadsprognosen från IEA:s World Energy Outlook 2023 återges i bilaga 2 av denna rapport och hela rapporten finns här: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>

10 <https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2023/11/regeringen-lanserar-en-fardplan-for-ny-karnkraft-i-sverige/>

11 Se <https://www.svt.se/nyheter/inrikes/karnkraften-kan-bli-nara-dubbelt-sa-dyr-som-regeringen-trott>

för näringslivsforskning gick också ut och rådde regeringen att avvakta med nya kärnkraftssatsningar i väntan på att kostnaderna för ny kärnkraft eventuellt kan minska¹².

Dessa motsättningar påkallar en ordentlig genomlysning eftersom de har en så stor betydelse för Sveriges framtid.

Syfte och avgränsningar

Vi utreder här de ekonomiska förutsättningarna för samhället att möta den kraftfullt ökade elanvändning¹³ som de flesta energiaktörer är överens om kommer behövas. Mer specifikt vill vi jämföra vad vi förlorar eller vinner på att välja ett framtidsscenario framför ett annat med olika kombinationer av ny kärnkraft, effektivare energianvändning och ny förnybar energi. Vi utgår från de mest etablerade och relevanta prognoser vi kunde hitta för framtida elproduktion¹⁴, elanvändning och kostnadsbild. Vi har tidigare gjort en inledande hållbarhetsanalys av olika energiframtider där vi bland annat kom fram till att ett fokus på energieffektivisering och förnybart borde bli billigare än alla kategorier av kärnkraft¹⁵. Samtidigt pekar flera internationella studier i samma riktning¹⁶. Vi vill därför i denna rapport undersöka om det övergripande kostnadsförhållandet mellan scenarierna skulle kunna ändras med hänsyn till de senaste prognoserna och då med generösa antaganden om de ekonomiska förutsättningarna för regeringens nya kärnkraftsfärdplan med 10 nya reaktorer. Vi vill också diskutera konsekvenserna av kostnadsförhållandena i ett större systemiskt perspektiv kring vad som är skalbart på sikt och vad som inte är det.

Metod och antaganden

Denna studie fokuserar på ekonomisk samhällsnytta men gör ingen ny fullskalig hållbarhetsanalys med ekologiska eller sociala hänsynstaganden. I ett första steg beräknar vi översiktligt samhällskostnadseffekterna för energiframtidsscenarioer med fokus på ny kärnkraft respektive med fokus på effektivisering i kombination med ny förnybar energi. I detta kombineras antaganden och prognoser för framtida energiproduktion för olika energislag med antaganden och prognoser för deras kostnader. Beräkningarna hålls på en övergripande nivå och redovisas i denna rapport tillsammans med de viktigaste antagandena.

12 <https://www.svd.se/a/2B6664/holmberg-och-tangeras-vanta-med-statligt-stod-till-ny-karnkraft>

13 Den fördubbling av elanvändningen som det ofta talas om är en prognos baserat på antaganden om vad elektrifiering kommer att kräva men observera att detta inte är detsamma som ett framtida behov.

14 Trots att det enligt termodynamiken inte går att producera energi (det går bara att omvandla mellan energiformer) använder vi ändå i denna rapport begreppet 'elproduktion' eftersom det används i dagligt tal och i de flesta rapporter.

15 Se analysen som publicerades i tidningen Miljö och utveckling i september 2022: <https://miljo-utveckling.se/debatt-lyft-blicken-vi-kan-fa-ett-hallbart-energisystem/>

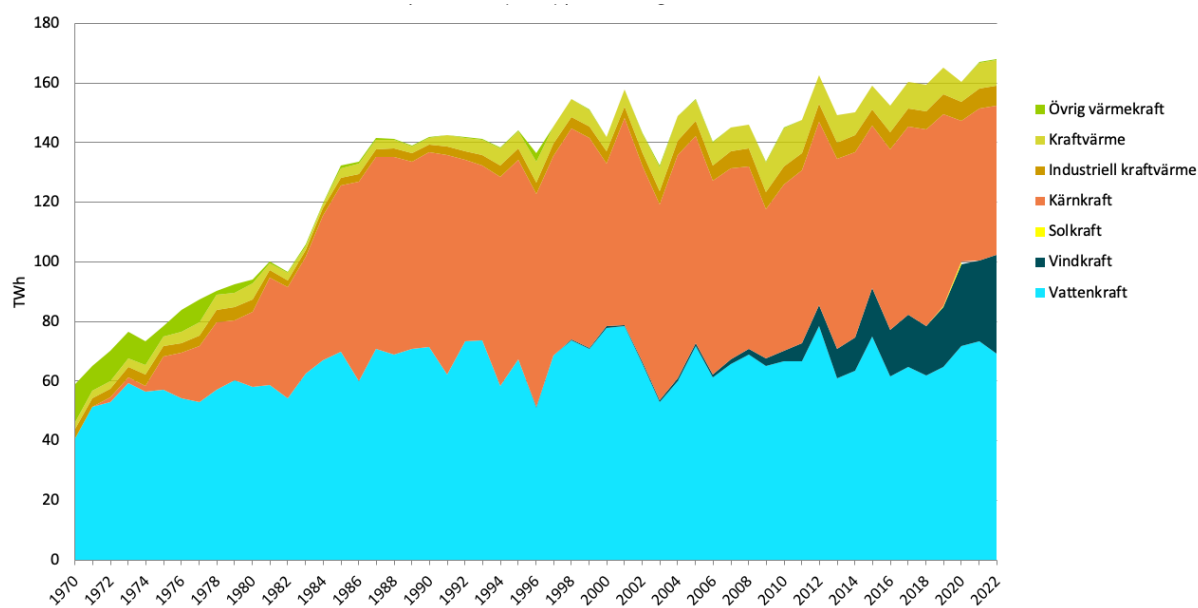
16 Se t.ex. den internationella finansrådgivningsfirman Lazards senaste årliga rapport för globala genomsnittliga subventionskorrigerade livscykelkostnader (s.k. Levelised Cost Of Energy (LCOE)) (<https://energycentral.com/c/cp/lazard-lcoe-2023>) eller rapporter från Bloomberg New Energy.Finance (BNEF) (T. Brandily & A. Vasdev, "2H2021 LCOE Update," Bloomberg New Energy Finance, 21 Dec 2021 (subscriber content)).

Antaganden kring framtida elproduktion och elanvändning

Här ges historik och nuläge, prognoser samt valda antaganden och framtidsscenarier.

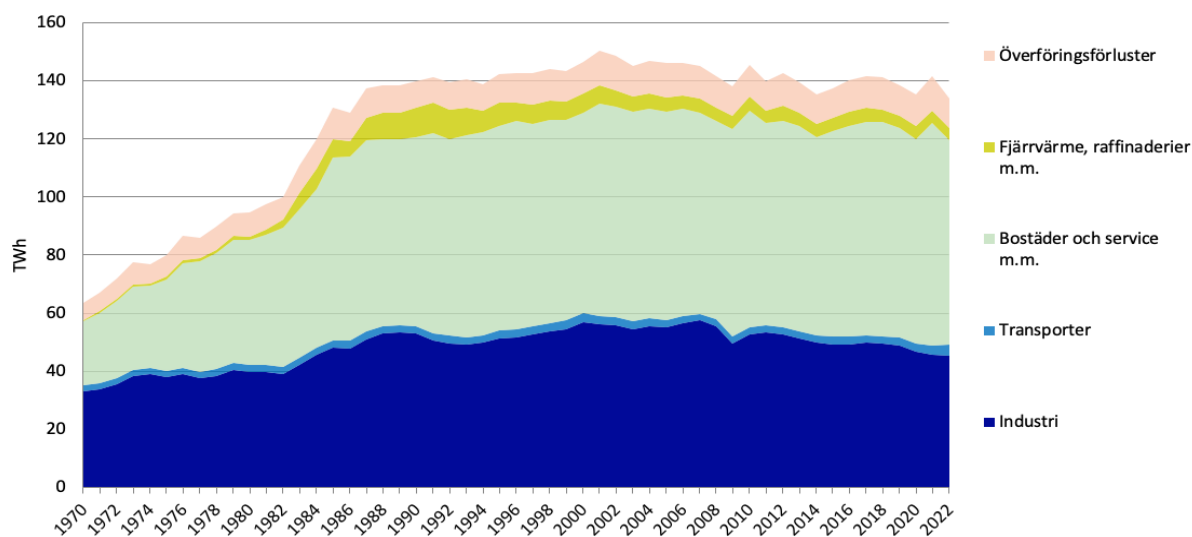
Historik och nuläge för elproduktion och elanvändning

Enligt Energimyndighetens årliga sammanställning Energiläget¹⁷ så producerade Sverige ca 164 TWh el år 2022 (se figur 1).



Figur 1. Sveriges elproduktion (netto) per kraftslag från 1970 till 2022 (källa: Energiläget 2023).

Samtidigt har Sveriges elanvändning sedan 1980-talet legat stabilt runt 120-130 TWh/år och 120 TWh gick åt under år 2022 (se figur 2).



Figur 2. Sveriges elanvändning per sektor från 1970 till 2022 (källa: Energiläget 2023).

17 Energimyndigheten. 2023. Energiläget 2023. <https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2023/energilaget-i-siffror-2023/>

Prognoser och antaganden från forskning och praktik för framtida elproduktion och elanvändning

Omställningsscenarier till ett förnybart svenskt elsystem har tidigare gjorts av exempelvis Greenpeace 2011¹⁸, Naturskyddsföreningen 2019¹⁹ och Energimyndigheten 2020²⁰. Ingen av dessa studier hade räknat med ny kärnkraft som nödvändig i framtidens elmix och tog därför inte med den bland sina scenarier.

Vi bygger våra antaganden kring Svenska kraftnäts scenarierapport från år 2021²¹. Deras rapport är speciellt lämplig för våra beräkningar eftersom den inkluderar både kärnkraft och förnybart i olika kombinationer i fyra scenarier (se figur 3):

- Småskaligt förnybart (förkortas SF)
- Färdplaner mixat (FM)
- Elektrifiering planerbart (EP)
- Elektrifiering förnybart (EF)

Observera att det mesta av den ökade elproduktionen i Svenska Kraftnäts elektrifieringsscenarier används till att producera vätgas (se figur 3). Denna vätgas är tänkt att främst användas till produktion av fossilfritt stål men även till att producera el till elfordon och serverhallar²². Notera dock att alla dessa större nya elanvändningsområden är flexibla. Enbart elbilarnas genomsnittliga överskott i ellagringskapacitet skulle t.ex. räcka för att balansera hela elnätet från dag till dag och vätgaslagren kring det fossilfria stålet skulle kunna fungera som säsongslager och överföra el motsvarande flera veckors produktion från sommar till vinter²³. Detta innebär att nästan all ny elanvändning redan innehåller kapacitet för att lagra el. Vilket gör att den tillkommande förnybara elen kan klara sig med endast lite av fördyrande extra ellagringsanläggningar. Svenska kraftnät har dock trots detta tagit höjd för att deras förnybartscenario kommer att kräva mer el till vätgas än deras planerbartscenario. Detta för att de utgår från att förnybartscenariot skulle behöva en extra buffert för att hjälpa till att stabilisera ett mer variabelt elsystem. Detta ger i deras analys en större total årlig elproduktion (304 TWh) för förnybartscenariot än för planerbartscenariot (269 TWh).

18 Greenpeace. 2011. the advanced energy [r]evolution A SUSTAINABLE ENERGY OUTLOOK FOR SWEDEN. (<https://www.greenpeace.org/sweden/publikationer/energi/the-advanced-energy-revolution-a-sustainable-energy-outlook-for-sweden/>)

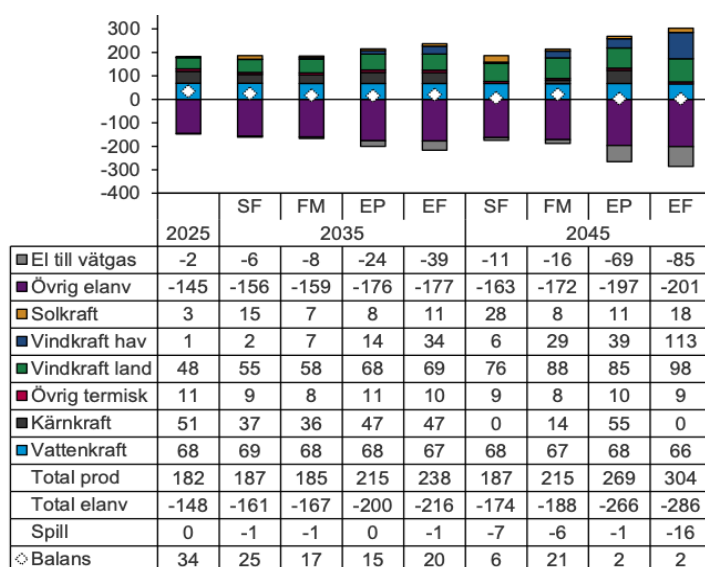
19 Naturskyddsföreningen. 2019. Fossilfritt, förnybart och flexibelt -Framtidens hållbara nergisystem.

<https://www.naturskyddsforeningen.se/artiklar/fossilfritt-fornybart-flexibelt-framtidens-hallbara-energisystem/>
20 Energimyndigheten. 2020. Så kan 100 procent förnybar elproduktion se ut.

<https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2019/sa-kan-100-procent-fornybar-elproduktion-se-ut/>
21 Svenska Kraftnät. 2021. Långsiktig marknadsanalys 2021. Scenarier för elsystemets utveckling till 2050.
<https://www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2021/langsiktig-marknadsanalys-2021.pdf>

22 Svenska Kraftnät. 2021. Långsiktig marknadsanalys 2021. Scenarier för elsystemets utveckling till 2050.
<https://www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2021/langsiktig-marknadsanalys-2021.pdf>

23 Se t.ex. Naturskyddsföreningen. 2019. Fossilfritt, förnybart och flexibelt - Framtidens hållbara energisystem.
<https://www.naturskyddsforeningen.se/artiklar/fossilfritt-fornybart-flexibelt-framtidens-hallbara-energisystem/>



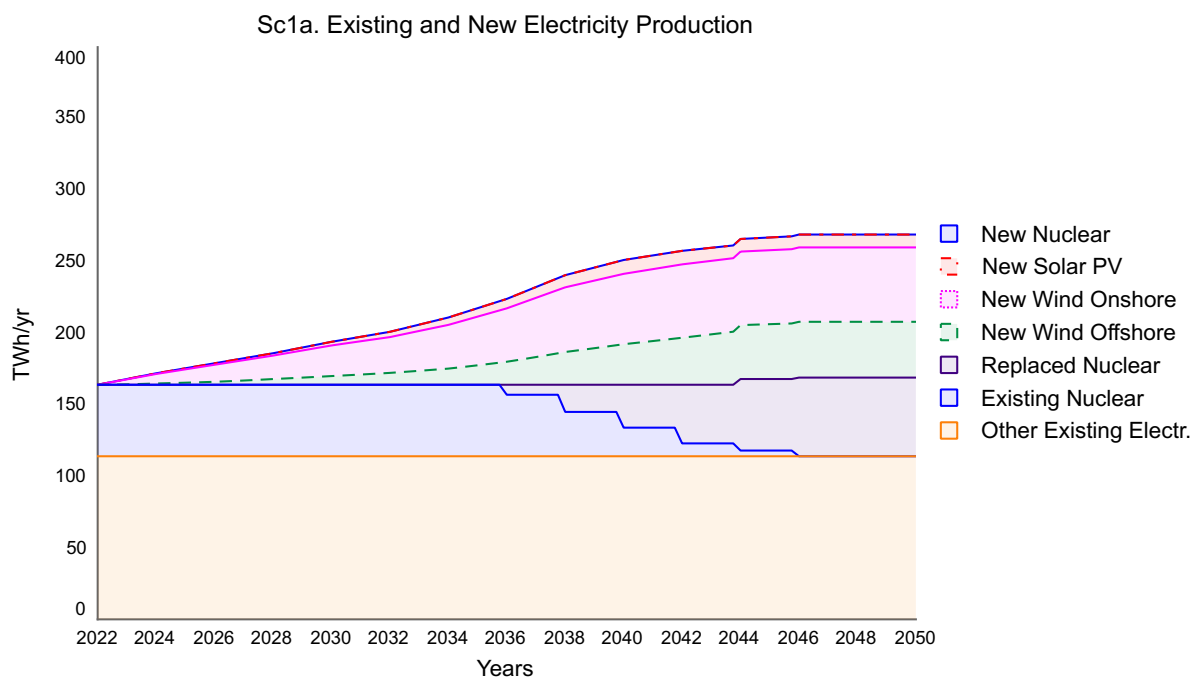
Figur 3. Simulerat årsmedel för elproduktion, elanvändning och elexport (balans) i Sverige, TWh (källa: SvK 2021)

Vår utgångspunkt baserat på Svenska kraftnäts scenarier planerbart (EP) och förnybart (EF)

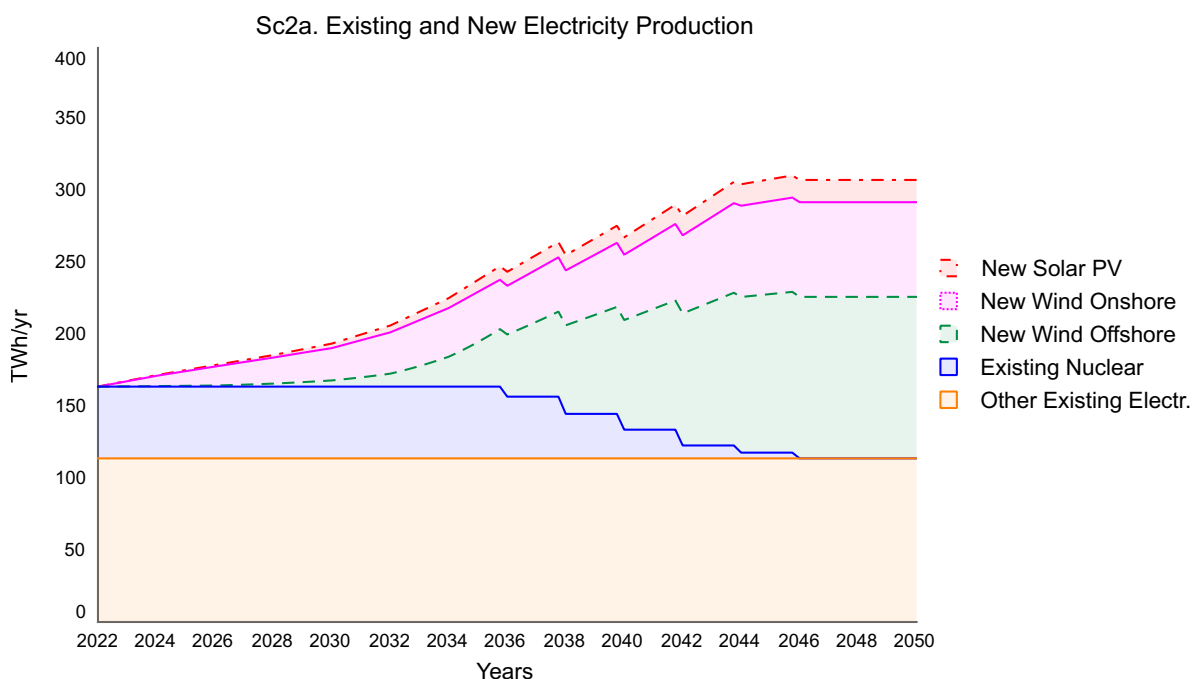
Vi fokuserar på tidsintervallet 2022-2050 eftersom det var vad som används i International Energy Agencys (IEAs) kostnadsantaganden (se mer om detta längre fram i denna rapport) och eftersom det underlättar jämförelser med många andra policies och scenariostudier. Som startpunkt tar vi Energilägets elmixdata för år 2022 (se figur 2, ovan). Vi fokuserar på elproduktionen som behövs för att täcka inhemsk svensk elanvändning (ca 130 TWh) plus export (ca. 34 TWh) och hamnar då på en total elproduktion på 164 TWh. Av detta var ca 30% (ca. 50 TWh) kärnkraft och resten vattenkraft (ca. 68 TWh), vindkraft (ca. 33 TWh), kraftvärme (ca. 11 TWh) och solkraft (ca. 2 TWh).

För att täcka övergången från 2022 till 2045 utgår vi från Svenska kraftnäts ovannämnda två elektrifieringsscenarier. Deras planerbartsscenario, som innefattar ny kärnkraft, kallar vi för scenario 1a och deras förnybartscenario, som inte innefattar ny kärnkraft, kallar vi för scenario 2a. För båda scenarierna antar vi att elmixen som gäller för år 2045 förblir konstant till år 2050.

En jämförelse av de två elektrifieringsscenarierna visar att de båda har en konstant årlig kärnkraftsproduktion på ca. 50 TWh från år 2025 till år 2035 men att denna sedan till år 2045 ökar till 55 TWh i planerbarts scenariot respektive går ner till noll i förnybartscenariot. Vår tolkning av detta är att den befintliga kärnkraften i båda scenarierna fasas ut i samma takt till år 2045 men att den i planerbarts scenariot ersätts av ny kärnkraft upp till nivån 55 TWh per år och i förnybartscenariot av ny förnybar el. I denna rapport skiljer vi alltså på 'befintlig' och 'ersatt kärnkraft'. I alla Svenska Kraftnäts scenarier förblir vattenkraft, kraftvärme och solkraft under hela perioden i stort sett konstanta på de nivåer som angavs av Energiläget för år 2022 enligt ovan. Eftersom vi vill fokusera på hur ökningen av elproduktion kan lösas så slår vi ihop vattenkraft, kraftvärme och solkraft med vindkraftens utgångsläge för år 2022 till en klumpsumma på 114 TWh per år och kallar det för 'övrig befintlig elproduktion'. Denna kategori blir därmed en basnivå i alla våra scenarier. Vi är medvetna om att en stor del av den övriga befintliga elproduktionen också behöver ersättas under scenarioperioden men kostnaden för detta är inkluderat i livscykelkostnaderna för respektive kraftslag (se mer detaljer i våra kostnadsantaganden längre fram i denna rapport). Sammantaget kan vi då anpassa Svenska Kraftnäts elektrifieringsscenarier till våra två utgångsscenarier 'Sc1a. Planerbart' (se figur 4) respektive 'Sc2a. Förnybart' (se figur 5).



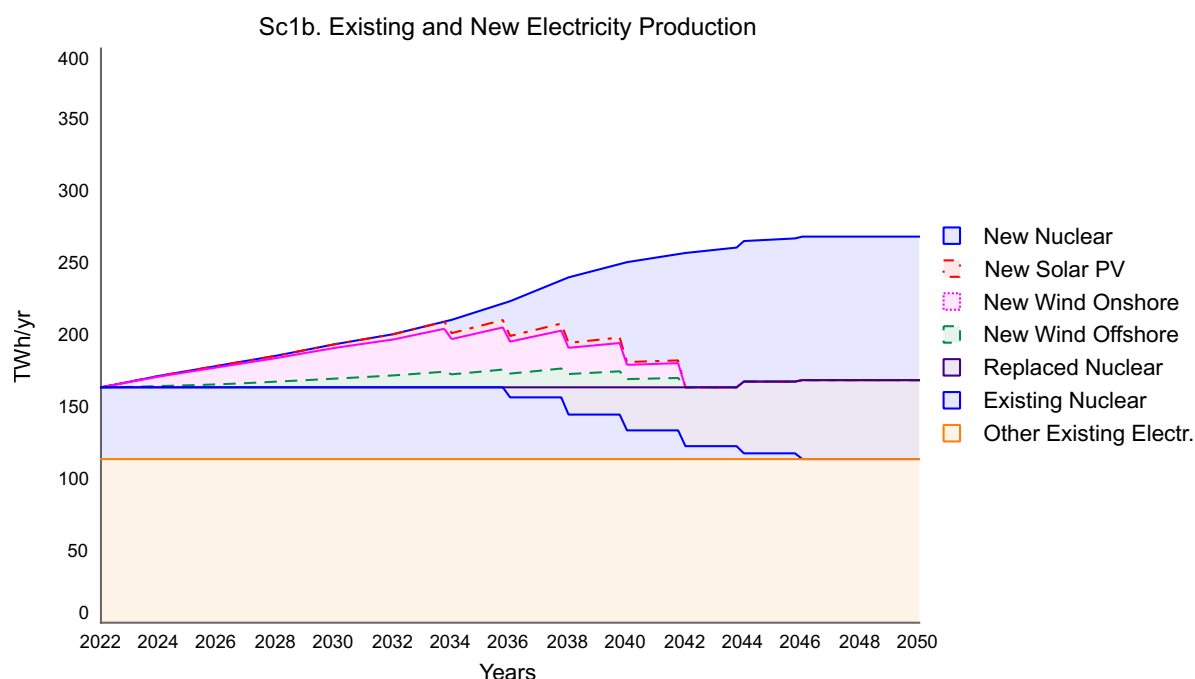
Figur 4. Framtida svensk elproduktion enligt scenario 1a (Planerbart) (anpassat från SvK 2021)



Figur 5. Framtida svensk elproduktion enligt scenario 2a (Förnybart) (anpassat från SvK 2021)

Varianter av Svenska kraftnäts planerbartscenario baserade på regeringens kärnkraftsfärdplan

När Sveriges regering i december 2023 annonserade sin kärnkraftsfärdplan så bestämde vi oss för att testa även den i vår scenariorstudie. Vi la då till ett nytt scenario som utgick ifrån Svenska kraftnäts Planerbartscenario och antog, i linje med vad regeringen har uttryckt sig vilja göra, att ökningen av elanvändningen till 2050 i detta fall framför allt skulle mötas med ny kärnkraft (detta kallade vi scenario 1b - se figur 6).



Figur 6. Framtida svensk elproduktion enligt Sc1b (Planerbart med ny kärnkraft) (anpassat från SvK 2021)

Vi antog också i scenario 1b att regeringens ambition med två nya reaktorer med kapacitet på ca 10 TWh/år kommer att gå att genomföra till år 2034. Detta trots att:

- det finns väldigt få tänkbara leverantörer av nya kärnkraftverk²⁴
- erfarenheterna från de senaste verkliga reaktorbyggena i europeiska demokratier med höga säkerhetsambitioner pekar på längre byggtider²⁵
- experter ser en stor internationell konkurrens både om kärnbränsle och tillgänglig kompetens²⁶

Vi antog vidare, i linje med tidigare annonserade ambitionsnivåer²⁷, att två ytterligare reaktorer tillkommer vart annat år därefter tills de blir totalt 10 som tillför 100 TWh/år från år 2042. Observera att det enligt ovan troligen, för att upprätthålla kärnkraftens andel av den befintliga energimixen, även kommer att behöva byggas nya kärnkraftverk bara för att befintliga reaktorer behöver bytas ut (motsvarande ca. 50 TWh). Scenario 1b kan alltså innebära att totalt upp till 15 nya kärnkraftverk behöver byggas. Samtidigt blir en initialt ökande produktion av förnybar el nödvändig i väntan på de nya kärnkraftsverken och detta även om byggnationen av dessa skulle hålla sina tidsplaner. Notera att regeringen alltså fokuserar på storskaliga reaktorer när de pratar om ny kärnkraft och inte så kallade Små Modulära Reaktorer (SMR). Vi har inte heller inkluderat SMR i denna studie. Detta eftersom vi i likhet med t.ex. experter från Amerikanska kärnkraftssäkerhetsmyndigheten bedömer att SMR inte ska kunna vara färdigutvecklat förrän tidigast om 10 år, att det är oklart om serieproduktion därefter ska kunna uppnås till låga kostnader, samt att detta gör det tveksamt om

24 Se t.ex. <https://www.aftonbladet.se/nyheter/a/WRVJn2/finns-ingen-som-kan-bygga-karnkraft-i-sverige>

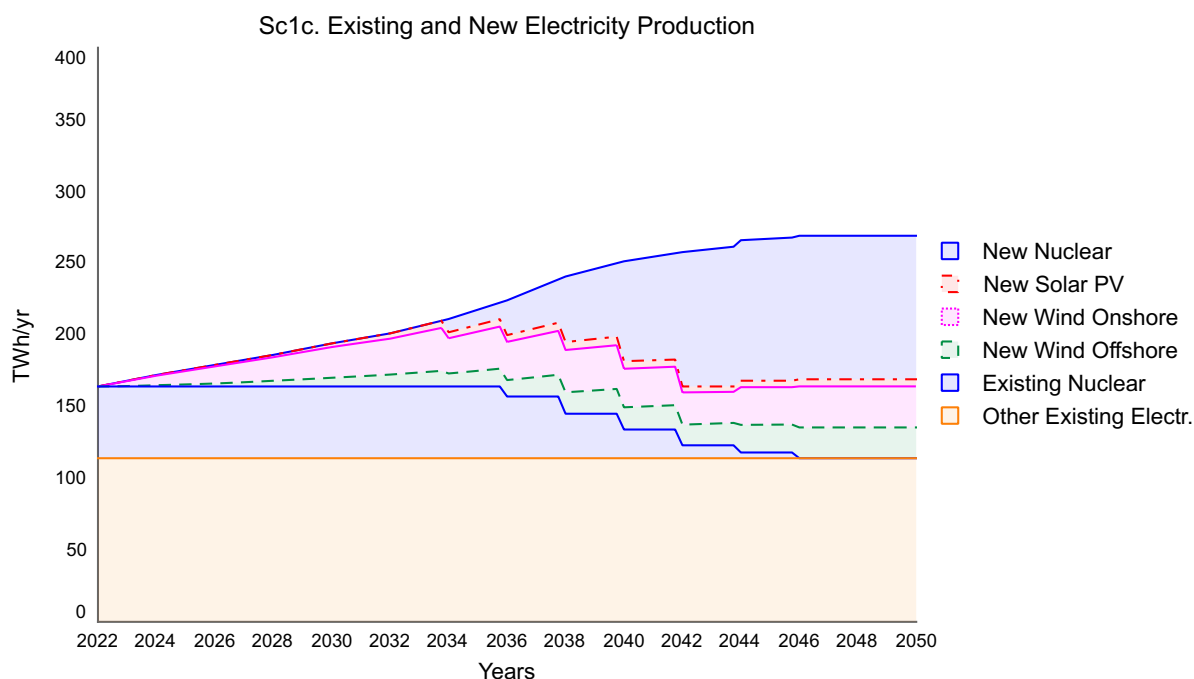
25 Se t.ex. byggena i finska OLkiluoto och franska Flamanville som båda har tagit över 15 år.

26 Se t.ex. <https://www.dn.se/ekonomi/sverige-ska-slass-i-en-global-huggsexa-om-karnkraften/>

27 Se t.ex. Moderaternas utspel om ny kärnkraft från år 2022: <https://moderaterna.se/nyhet/byggnykarnkraft/>

SMR ska kunna hinna nämnvärt hjälpa till att hantera klimatutmaningen²⁸. Dessutom finns det studier som hävdar att SMR skulle kunna förvärra kärnkraftens avfallsproblem²⁹ vilket också gör det tveksamt att i detta läge räkna med denna nya teknik.

Om regeringens satsning på ny kärnkraft görs enligt scenario 1b så kan tidigt installerad förnybar kapacitet bli överflödigt när kärnkraften väl kommer in. Detta skulle vi kunna undvika genom att anta att det inte byggs ny förnybar kapacitet i Sverige utan att vi istället köper den från utlandet (ungefär som Finland gjorde när de köpte förnybar el från Sverige medan de byggde sin reaktor i Olkiluoto). Dock skissade vi istället på ett mer sannolikt scenario där vi initialt bygger upp ny förnybar produktionskapacitet i Sverige och sedan låter den ersätta den befintliga kärnkraften när den fasas ut av åldersskäl och att det därefter tillkommer 10 nya kärnkraftverk med totalt 100 TWh årlig kapacitet för att möta den ökande elanvändningen (detta kallade vi scenario 1c – se figur 7). Observera att vi räknade ut den relativa andelen av de olika sorterna av ny förnybar el i scenario 1b och 1c genom att anta att de över tid förhåller sig till varandra som i scenario 1a (se appendix 1 för mer detaljer).



Figur 7. Framtida svensk elproduktion enligt Sc1c (Planerbart med ny kärnkraft och förnybart) (anpassat från SvK 2021)

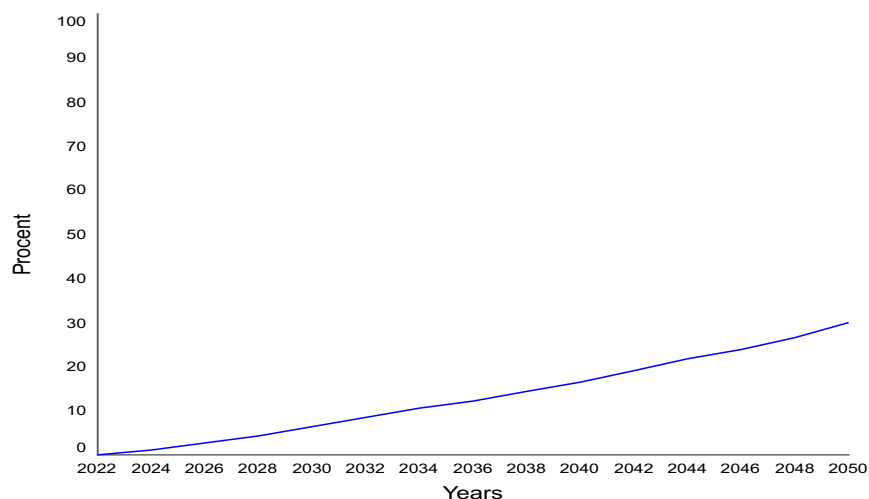
Variant på Svenska kraftnäts förnybartscenario med ökad energieffektivisering

I linje med denna rapportens syfte så ville vi också studera hur en ökad energieffektivisering eventuellt skulle kunna påverka en framtida satsning på ny förnybar el. Studier över hela världen har under

28 Se t.ex. denna analys av Alison MacFarlane, tidigare ordförande i USAs kärnkraftssäkerhetsmyndighet (U.S. Nuclear Regulatory Commission): <https://reneweconomy.com.au/the-end-of-oppenheimers-nuclear-energy-dream-modular-reactors-supported-by-ideology-alone/>

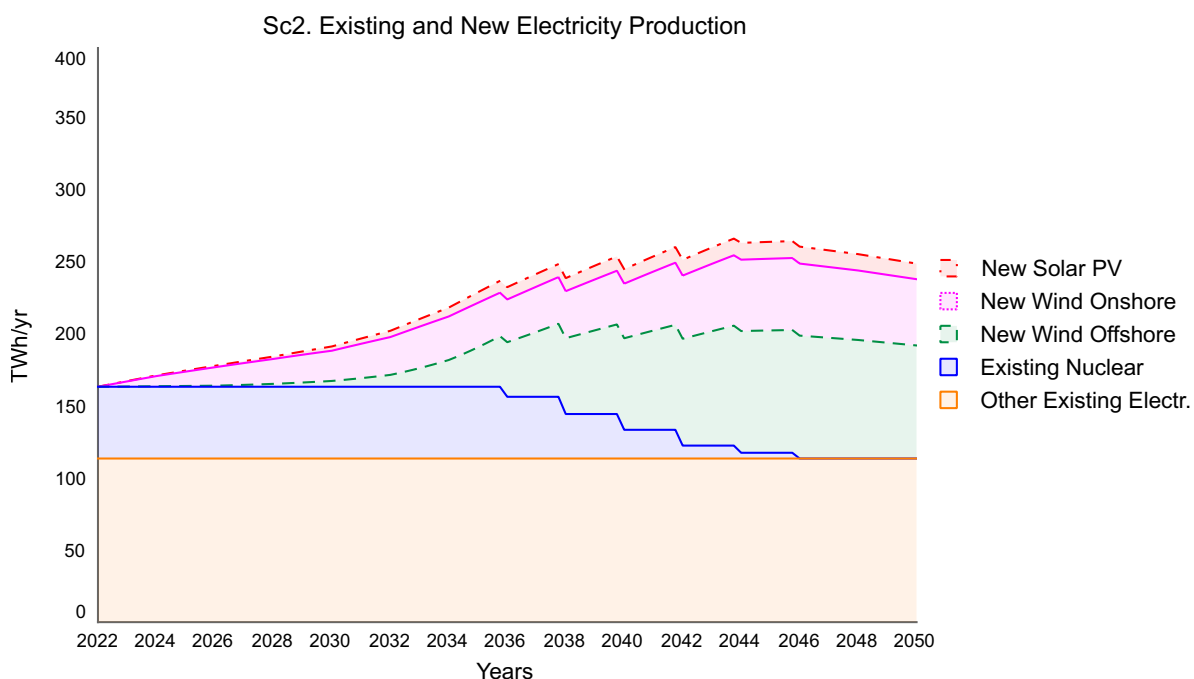
29 <https://news.stanford.edu/2022/05/30/small-modular-reactors-produce-high-levels-nuclear-waste/>

lång tid pekat på att våra moderna samhällen har mycket stora energieffektiviseringspotentialer³⁰. Dock, eftersom vi har valt att ge kärnkraftsscenarierna fördelar under hela beräkningen, så gjorde vi ett försiktigt antagande om att endast den tillkommande elanvändningen effektiviseras och att detta endast sker gradvis från noll till 30 procent (se figur 8).



Figur 8. Antagen effektivitetsförbättring (i procent) i ökande elanvändning från 2022 till 2050

Detta resulterade i en ny variant av Svenska kraftnäts förnybartscenari som vi kallade scenario 2b (se figur 9). I detta scenario beräknades den relativa andelen av de olika sorternas ny förnybar el genom att anta att de över tid förhåller sig till varandra som i scenario 2a (se appendix 1).



Figur 9. Framtida svensk elproduktion enligt scenario 2b (Förnybart med effektivisering) (anpassat från SvK 2021)

30 Amory Lovins har t.ex. länge visat på energieffektiviseringens samhällsnytta. Här sammanfattas hans arbete överskådligt av the Guardian: <https://www.theguardian.com/environment/2022/mar/26/amory-lovins-energy-efficiency-interview-cheapest-safest-cleanest-crisis>

Antaganden kring olika energislags framtida livscykelkostnader

Här ges historik och nuläge, prognoser samt valda antaganden och framtidsscenarier för de olika energislags livscykelkostnader (vilket inkluderar gruvbrytning, transporter, drift, avfallshantering och avveckling) när subventioner har räknats bort³¹.

Historik och nuläge för energislags livscykelkostnader

De olika energislags livscykelkostnader varierar över tid men det finns ett par tydliga principiella skillnader mellan förnybart å den ena sidan respektive kärnkraft och fossil energi å den andra.

Livscykelkostnaderna för förnybart kommer främst från investeringen i anläggningar eftersom "bränslet" (=solen, vinden, etc) är gratis. Detta innebär att alternativet "förnybart" inte har några kostnader alls för själva primärenergien uppströms, eller hantering av bränslets restavfall och andra konsekvenser av linjär bränslehantering nedströms. Vilket i sin tur, per automatik, leder till skalfördelar när den s.k. lärlkurvan³² minskar produktionskostnaderna av kraftkällor som bygger på de kostnadsfria energiflödena, efterhand som dessa kraftkällor ökar i energimixen.

Livscykelkostnaderna för kärnkraft och annan fossil energi, däremot, måste över tid gå åt motsatta hållet. Dessa kostnader växer i bägge ändarna av den linjära bränslehanteringen:

- Dels har kärnkraften växande kostnader från driftfasen uppströms, eftersom bränslet är beroende av kostsam gruvbrytning av metaller och mineraler med begränsad tillgänglighet. Kostnaderna för kärnkraft (liksom övrig fossil energi) *måste* alltså pressas uppåt vid uppskalning i energimixen eftersom metaller och mineraler i ännu snabbare grad blir resursmässigt allt svårtillgängligare än vid uppskalning av förnybar energi³³. Denna försvaring skapar samtidigt växande sårbarhet p.g.a. växande beroenden av bränsleleverantörer.
- Dels får kärnkraften även växande kostnader nedströms eftersom restflödena från bränslet måste ta vägen någonstans. Kärnkraftens säkerhetskrav har p.g.a. detta ökat över tid för att förebygga allt fler risker som har uppdragats efter större olyckor, oklarheter gällande långtidslagring, kopplingen till kärnvapen och terrorism, samt sårbarhet och forskning för att komma tillrätta med sådana problem. Allt förenat med växande kostnader. Även om FoU på kortare sikt skulle kunna mildra delar av denna kostnadsökning, vilken med nödvändighet följer av linjär bränslehantering, måste varje satsad krona på sådan FoU för ny kärnkraft ställas mot kostnaderna för FoU av förnybartalternativet som kan påskynda detta alternativs positiva kostnadsutveckling ytterligare.

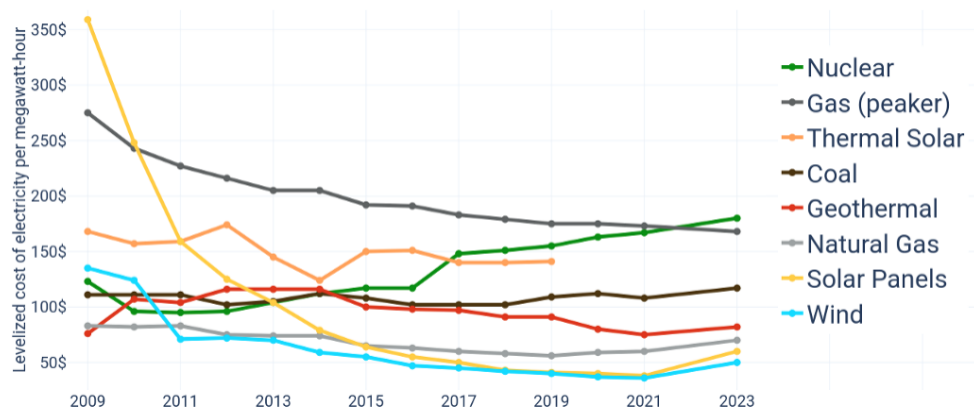
De verkliga trenderna för energislags livscykelkostnader *har* också under de senaste årtiondena utvecklats helt i linje med de ovan nämnda principiella skillnaderna. Internationella jämförande

31 På engelska kallas detta 'Levelised Cost of Energy (LCOE)' men vi kommer att konsekvent säga 'livscykelkostnader' i denna rapport.

32 Lärlkurvan säger att ju mer av en industriell produkt som produceras desto effektivare och billigare brukar det bli per styck.

33 För mer om detta resonemang se t.ex. Rifkin. 2015. The Zero Marginal Cost Society: The Internet of Things, the Collaborative Commons, and the Eclipse of Capitalism. New York: Palgrave Macmillan

studier av Lazard³⁴ och Bloomberg³⁵ har t.ex. funnit att det idag finns ett globalt spann där ny kärnkraft, när subventioner har kompenseras för, kostar 3-10 gånger mer än ny förnybar energi. En närmare titt på Lazards rapportering av globala livscykelkostnadsmedelvärden över tid pekar på att förnybart har gått från att vara dyrast till att bli billigast samtidigt som kärnkraft har gått från att vara medeldyr till att bli dyrast (se figur 10).



Figur 10. Globala medelvärden för olika energislags livscykelkostnader när subventioner har räknats bort (LCOE) från 2009 till 2023 (OBS! 1 USD/MWh motsv. 1 öre/kWh) (källa: Lazard 2023).

De senaste verkliga jämförbara kärnkraftsbyggena i Sveriges närområde i Europa ser ut att följa de globala trenderna. De s.k. Europeiska Tryckvattenreaktorer (EPR) som byggs i finska Olikuoto och franska Flamanville uppskattades år 2020 av franska riksrevisionen att så småningom kunna producera el motsvarande en livscykelkostnad på 125-135 öre/kWh³⁶ men de har försenats och fördyrats ytterligare sedan dess.

Prognoser och antaganden från forskning och praktik för framtida livscykelkostnader för el

Bland annat Greenpeace³⁷, den amerikanska tankesmedjan RethinkX³⁸ och Stanford University³⁹ förutspår fortsatta kostnadsökningar för kärnkraft och fortsatta kostnadsminskningar för förnybart. Det finns dock också ett antal prognoser som ser en framtida minskad livscykelkostnad för både kärnkraft och förnybart. Energiforsk kom t.ex. år 2022 med en studie som genom att bland annat

34 Den internationella finansiella rådgivningsfirman Lazards senaste årliga rapport för globala genomsnittliga subventionskorrigerade livscykelkostnader (s.k. Levelised Cost Of Energy (LCOE)) finns här:

<https://energycentral.com/c/cp/lazard-lcoe-2023>.

35 Bloomberg New Energy.Finance (BNEF) ger också regelbundet ut lägesrapporter och prognoser om energimarknaden som baseras på direktkontakt med en stor mängd verkliga projekt över hela världen. De drar likande slutsatser som Lazard här: T. Brandily & A. Vasdev, "2H2021 LCOE Update ↗," Bloomberg New Energy Finance, 21 Dec 2021 (subscriber content).

36 Cours des Comptes: Entities and Public Policies. The EPR Sector. Thematic public report Summary. July 2020. sid 12.

37 Greenpeace. 2011. the advanced energy [r]evolution A SUSTAINABLE ENERGY OUTLOOK FOR SWEDEN.

<https://www.greenpeace.org/static/planet4-sweden-stateless/2019/01/d989ca58-d989ca58-er-svensk-sammanfattning.pdf>

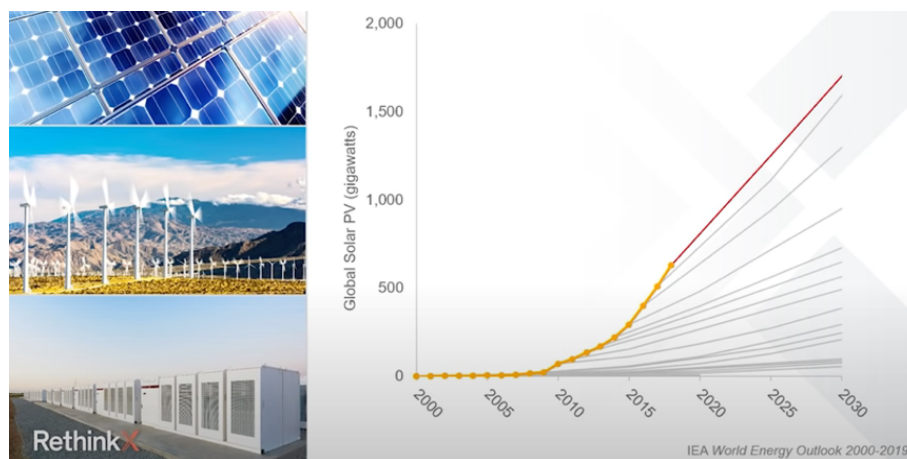
38 Se t.ex. RethinkX grundares bok om omställning av energi och transporter: Seba. 2014. Clean Disruption of energy and transportation. How Silicon Valley Will Make Oil, Nuclear, Natural Gas, Coal, Electric Utilities and Conventional Cars Obsolete by 2030.

39 Se Mark Jacobsons globala energiomställningsstudie där även Sveriges möjligheter beskrivs specifikt:

<https://web.stanford.edu/group/efmh/jacobson/Articles/I/145Country/21-WWS-Sweden.pdf>

anta minst halverade byggtider och kapitalkostnader jämfört med de senaste verkliga reaktorbyggena i Europa (finska Olkiluoto och franska Flamanville) förutsåg en livscykelkostnad för ny kärnkraft på 49-64 öre/kWh⁴⁰. Chalmersforskare gjorde också nyligen en scenariostudie över hur det svenska elsystemet samspelar med omvärlden och de antog minskande livscykelkostnader för ny kärnkraft men de kom ändå fram till att det totalt mest kostnadseffektiva vore ett framtida system utan ny kärnkraft, även om kärnkraftsscenarioet inte kom långt efter⁴¹. En optimeringsstudie från Svenskt Näringsliv kom å andra sidan fram till att ny kärnkraft skulle bli billigare än att satsa på förnybart⁴². Optimeringsstudien har dock kritiserats för att ha orimliga antaganden om kärnkraftens och vattenkraftens tillgänglighet samt om kärnkraftens investeringskostnader, driftskostnader och byggtid⁴³. En annan kostnadsuppskattning för ny kärnkraft på ca. 90-112 öre/kWh kom enligt medierna från Vattenfall i deras nya utredning⁴⁴.

På den internationella scenen gör The International Energy Agency (IEA) också regelbundna energisystemprognoser. De försöker generellt vara försiktiga i sina antaganden och har t.ex. i tidigare prognoser konsekvent underskattat förnybarts utbyggnadstakt (se figur 11). IEAs senaste prognosrapport⁴⁵ har gjort regionala förutsägelser för år 2030 och 2050, dels om subventionsjusterade livscykelkostnader för energi (s.k. 'Levelised Cost of Energy' (LCOE)) och dels (för första gången) om samhällsmässiga omkostnader för att kunna hantera energisystemens behov av flexibilitet (det senare kallar de Value Adjusted Cost of Energy, VALCOE) (se bilaga 2).



Figur 11. Hur IEAs prognoser (grå linjer) har underskattat verklig utbyggnadstakt (gul linje) för solet globalt (källa: RethinkX och IEA World Energy Outlook 2000-2019).

40 Energiforsk. 2021. EL FRÅN NYA ANLÄGGNINGAR. Elnorsk. RAPPORT 2021:714. Länk finns här: <https://energiforsk.se/media/30970/el-fra-n-nya-anla-ggningar-energiforskrapport-2021-714.pdf>

41 Göransson och Johnson. 2023. Ett framtida elsystem med och utan kärnkraft – vad är skillnaden? Chalmers. Se länk här: https://research.chalmers.se/publication/536840/file/536840_Fulltext.pdf

42 Qvist. 2022. KRAFTSAMLING ELFÖRSÖRJNING? Scenarioanalys 2050. Svenskt Näringsliv.

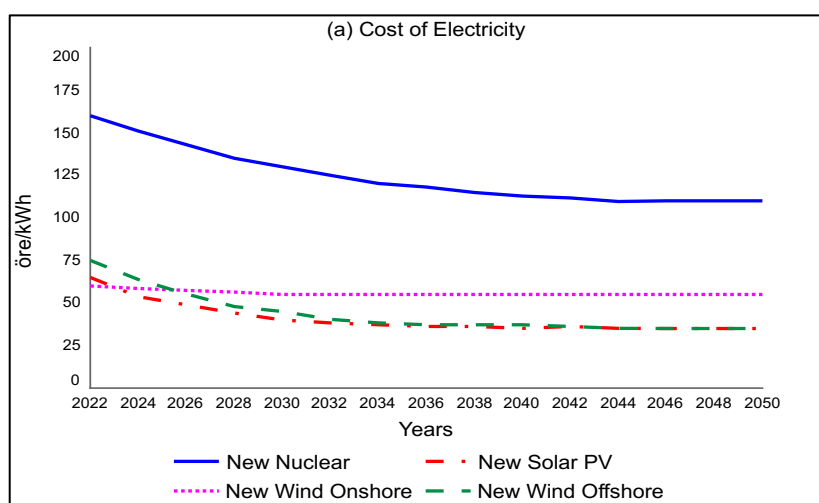
43 Söder. 2022. Kommentarer till rapporten: KRAFTSAMLING ELFÖRSÖRJNING? Scenarioanalys 2050
Intressant experimentstudie för Svenskt Näringsliv – men knappast relevanta slutsatser. KTH

44 Se <https://www.svt.se/nyheter/inrikes/karnkraften-kan-bli-nara-dubbelt-sa-dyr-som-regeringen-trott>

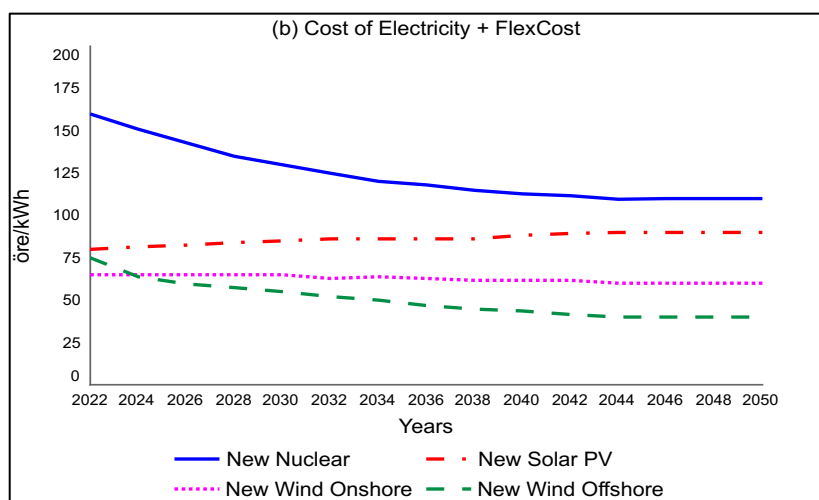
45 IEA. 2023. World Energy Outlook 2023. Se: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>

Valda antaganden för livscykelkostnader för energi i denna rapport

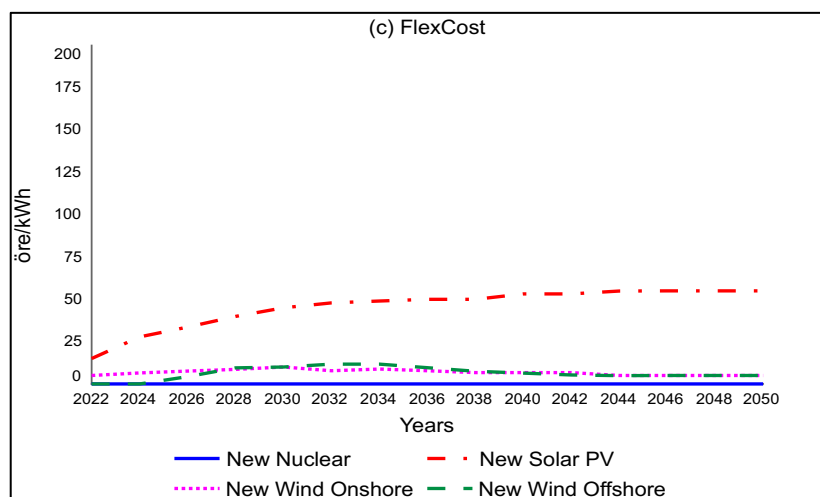
Vi har för att säkra trovärdigheten, men samtidigt inte överskatta förnybartas möjligheter i förhållande till kärnkraften, och oaktat det principiella resonemanget om linjär bränslehantering ovan, valt att använda oss av IEAs senaste rapport med livscykelkostnader för el för år 2022 samt prognoser för år 2030 och 2050 (se bilaga 2). Därmed inräknas via IEA:s siffror för VALCOE delvis den eventuella merkostnaden för samhället för att bygga speciella flexibilitets- och balanstjänster för att stötta väderberoende förnybar energi. Genom att koppla ihop IEAs värden för 2022, 2030 och 2050 skapade vi kontinuerliga kurvor för (a) elkostnad, (b) värdejusterad samhällsomkostnad samt (c) 'flexibilitetskostnaden' som är skillnaden mellan (a) och (b) (se figur 12.)



Figur 12a. Uppskattade framtida livscykelkostnader för ny elenergi (källa: IEA 2023).



Figur 12b. Uppskattade framtida livscykelkostnader för Ny elenergi+Flexibilitet (källa: IEA 2023).



Figur 12. Uppskattade framtida livscykelkostnader för endast Flexibilitet (erhålles genom att räkna ut (12.b) – (12.a)) (källa: IEA 2023).

Våra beräkningar av energiscenariernas framtida kostnader

Fokus i denna första översiktliga studie låg på att identifiera skillnader i livscykelkostnader mellan de studerade scenarierna för framtida elproduktion från år 2022 till 2050. Vi valde att fokusera på den nya elproduktionen medan livscykelkostnaderna för den befintliga kärnkraften och den övriga befintliga elproduktionen inte beräknades eftersom de antogs vara oförändrade och identiska i alla scenarier. Dessutom skulle det ha blivit missvisande att jämföra våra livscykelkostnader med de momentana driftskostnader som normalt sett brukar anges för att mäta den befintliga kärnkraftens kostnader.

Vi beräknade livscykelkostnader för Sverige genom att multiplicera våra scenariers energiproduktionsdata med kostnadsdata från International Energy Agency⁴⁶. I kostnadsdatan ingick både energislagens direkta livscykelkostnader och de flexibilitetsrelaterade livscykelomkostnader de förväntas ha för samhället (se bilaga 2 för mer detaljer).

I stort ställde vi upp beräkningarna på följande sätt:

$$\begin{aligned} \text{Kostnader för att möta en fördubbling av Sveriges elanvändning} &= \\ &= \text{Framtida elproduktion (kWh/år)} * \\ & * \text{Framtida ellivscykelkostnader för olika energislag och deras} \\ & \text{livscykelomkostnader för flexibilitet (öre/kWh)} * \text{Tiden (år)} \end{aligned}$$

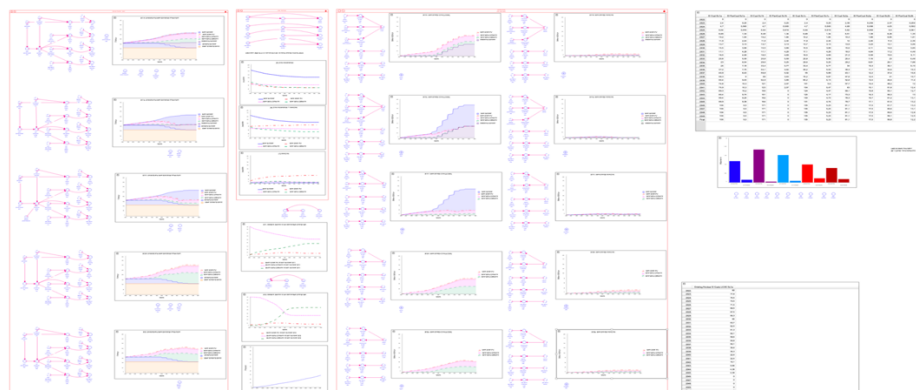
Då fick vi också detta förenklade uttryck⁴⁷:

$$\begin{aligned} \text{Elproduktionskostnad (Mdr SEK)} &= \text{Årlig elproduktion (TWh/år)} * \\ & * (\text{Årlig ellivscykelkostnad} + \text{Årlig flexibilitetsomkostnad}) \text{ (SEK/kWh)} * \\ & * \text{Tid (år)} \end{aligned}$$

46 IEA. 2023. World Energy Outlook 2023. Se: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>

47 Beräkningen bakom det förenklade uttrycket: Elproduktionskostnad (Mdr SEK) = Livscykelkostnader (öre/kWh) / 100 (öre/SEK) / 1 000 000 000 (SEK/Mdr SEK) * 1 000 000 000 (kWh/TWh) * Årlig elanvändning (TWh/år) * Tid (år)

Vi ställde sedan upp och genomförde beräkningarna för de olika scenarierna i en ny modul i modellerings- och beräkningsverktyget Roadmapper Tool (se figur 13)⁴⁸.



Figur 13. Översikt över beräkningsmodellen i Roadmapper Tool

Därefter beräknade vi den maximala skillnaden mellan regeringens kärnkraftsscenarioer (Sc1b och Sc1c) och förnybartscenarierna (Sc2a och Sc2b) från år 2022 till 2050 på följande sätt:

$$\text{Maximal skillnad (Mdr SEK)} = \text{Total Livscykelkostnad för det dyraste kärnkraftsscenarioet} - \text{Total Livscykelkostnad för det billigaste förnybartscenarioet (Mdr SEK)}$$

Vi beräknade sedan också den minimala skillnaden mellan regeringens kärnkraftsscenarioer och förnybartscenarierna för samma period:

$$\text{Minimal skillnad (Mdr SEK)} = \text{Total Livscykelkostnad för det billigaste kärnkraftsscenarioet} - \text{Total Livscykelkostnad för det dyraste förnybartscenarioet (Mdr SEK)}$$

Vi ville också gå vidare och göra en förenklad överslagsberäkning för de tillkommande samhällskostnaderna för regeringens kärnkraftssatsning under resten av dess livslängd. Vi antog att de nya kärnkraftverken kommer att finnas kvar till år 2100⁴⁹. I beräkningen lät vi IEA:s uppskattade livscykelkostnader för år 2050 förbli konstanta under hela resterande livslängden. I förhållande till tidigare resonemang kring kärnkraftens linjära bränslehantering ledde detta troligen till att skillnaden mellan scenarierna underskattades. Men i linje med denna studies syfte, att snarare låta beräkningarna för jämförelserna gynna kärnkraften än tvärtom, gjorde vi ändå så. Vidare har vi i denna sista överslagsberäkning inte försökt gissa på en diskonteringsränta så långt in i en osäker framtid under våra försök att ställa om till hållbarhet (mer om detta i diskussionen). Därmed erhöles de tillkommande livscykelkostnaderna för år 2050 till 2100 så här:

$$\text{Livscykelkostnaden (Mdr SEK)} = \text{Livscykelkostnader för år 2050 (Mdr SEK/år)} * (50 \text{ år})$$

Slutligen räknade vi ut den maximala och minimala skillnaden mellan kärnkrafts- och förnybartscenarierna för 2050 till 2100 genom att använda samma metodik som för 2022 till 2050 enligt ovan.

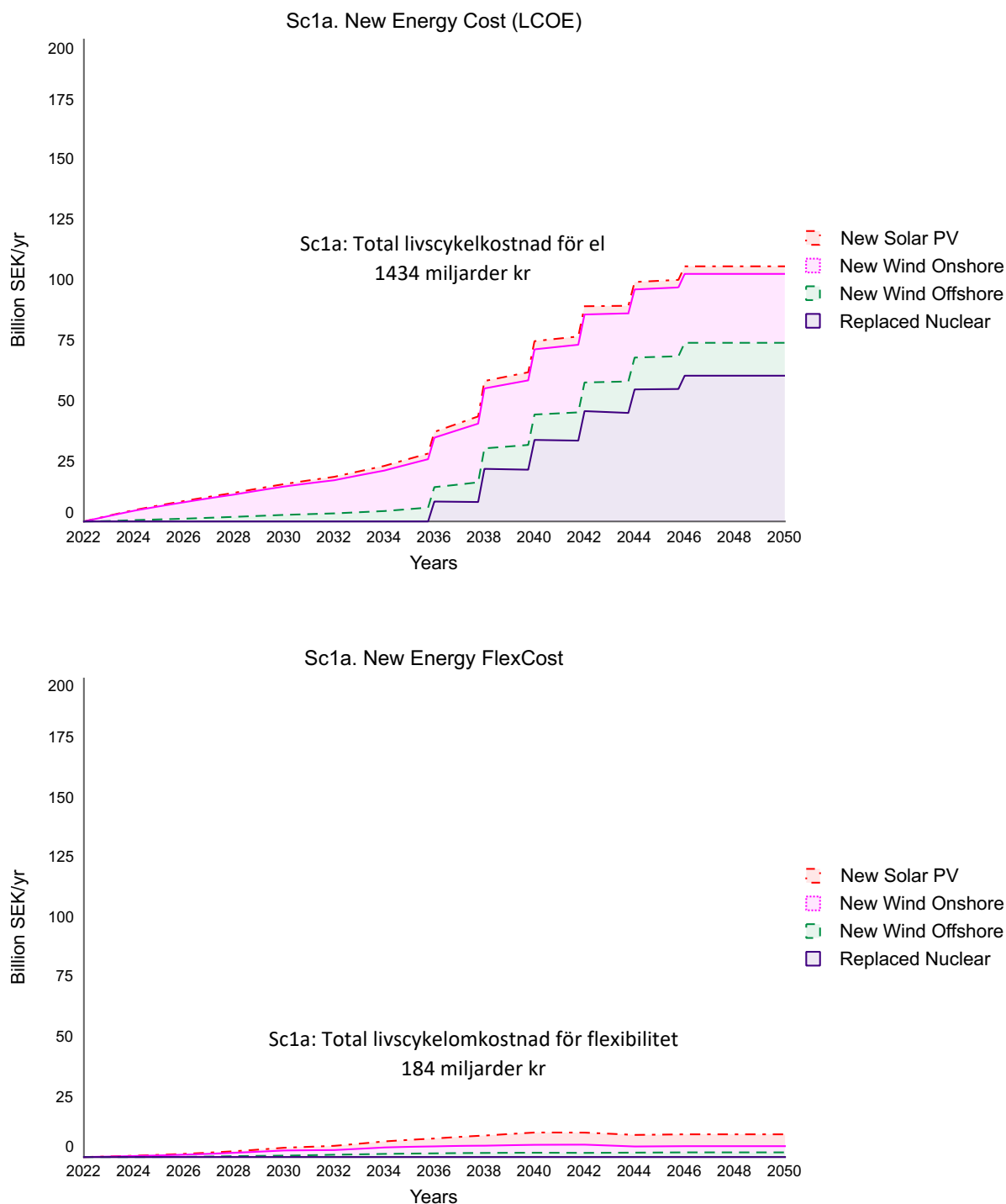
48 Roadmapper Tool är en 'app' som är byggd i systemanalysprogramvaran Stella. Se www.bth.se/sustaintrans för mer detaljer om Roadmapper Tool.

49 Uppgifterna om ny kärnkrafts förväntade livslängd varierar kring spannet 40-80 år. Vi har antagit ca. 60 år medan Energimyndigheten nyligen uppskattade den till ca. 50 år:

<https://www.energimyndigheten.se/49428c/globalassets/statistik/prognoser-och-scenarier/langsiktiga-scenarier/langsiktiga-scenarier-over-sveriges-energisystem-2023.pdf>

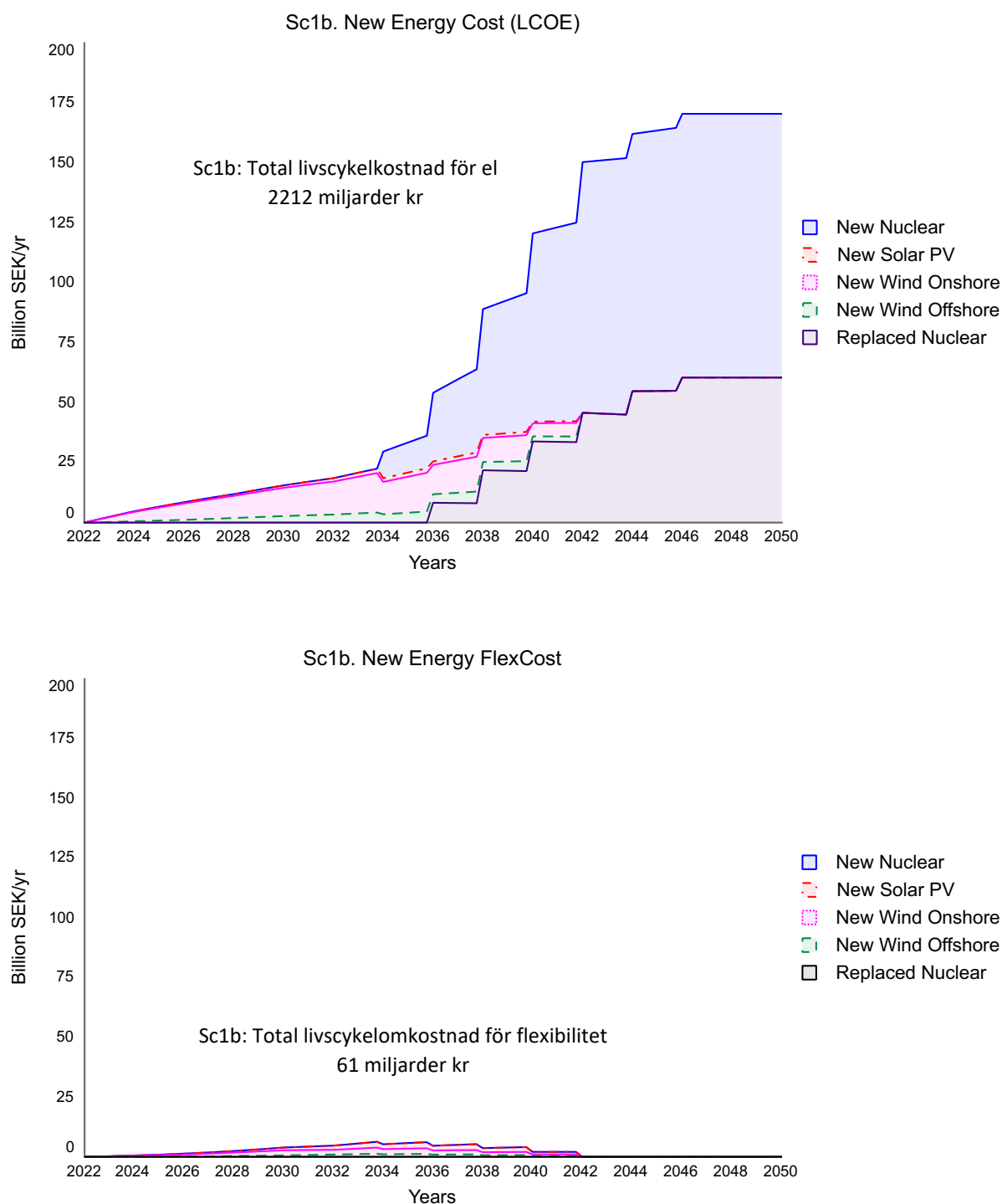
Resultat

I figur 14 återges för scenario 1a (Planerbart) livscykelkostnad för tillkommande nyproducerad el respektive för samhällets livscykelomkostnader för att lösa flexibilitet i elsystemet.

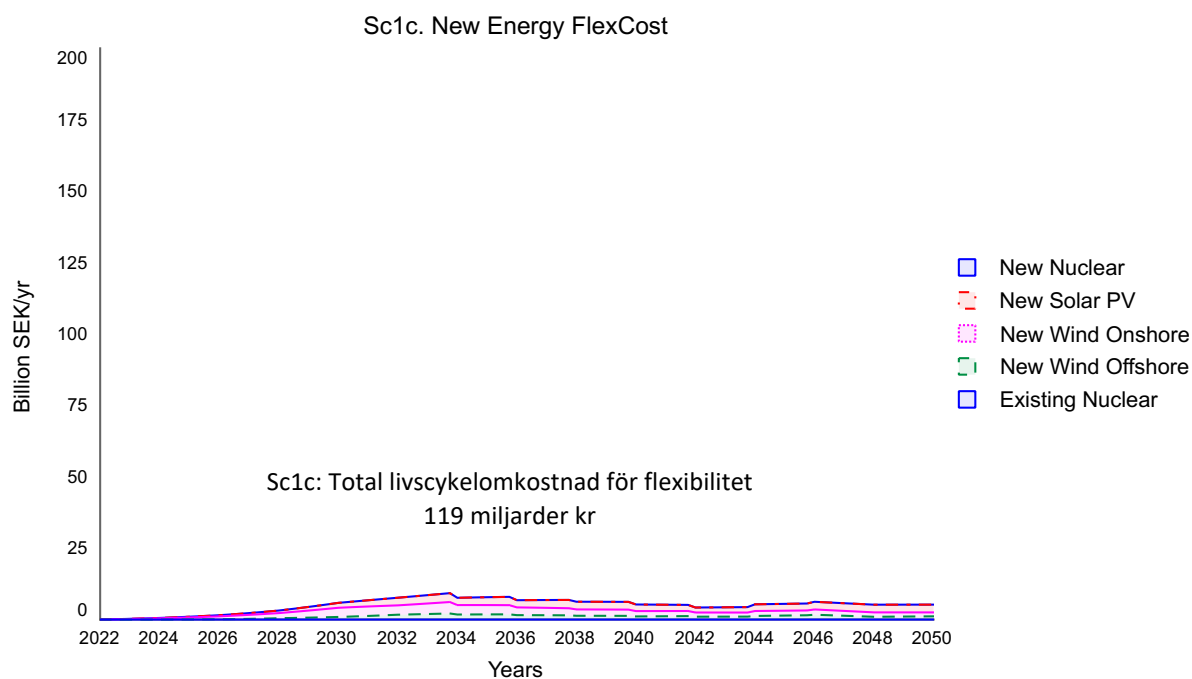
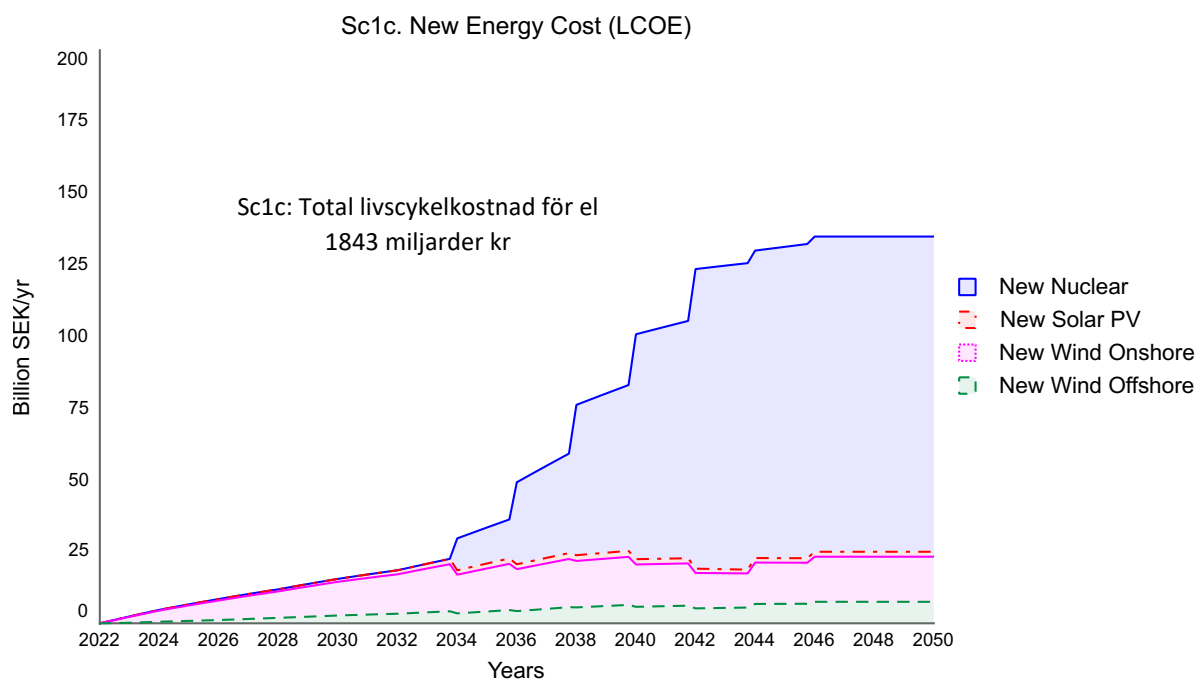


Figur 14. Livscykelkostnad (LCOE) respektive flexibilitetsomkostnader (FlexCost) för ny elproduktion i Scenario 1a (Planerbart)

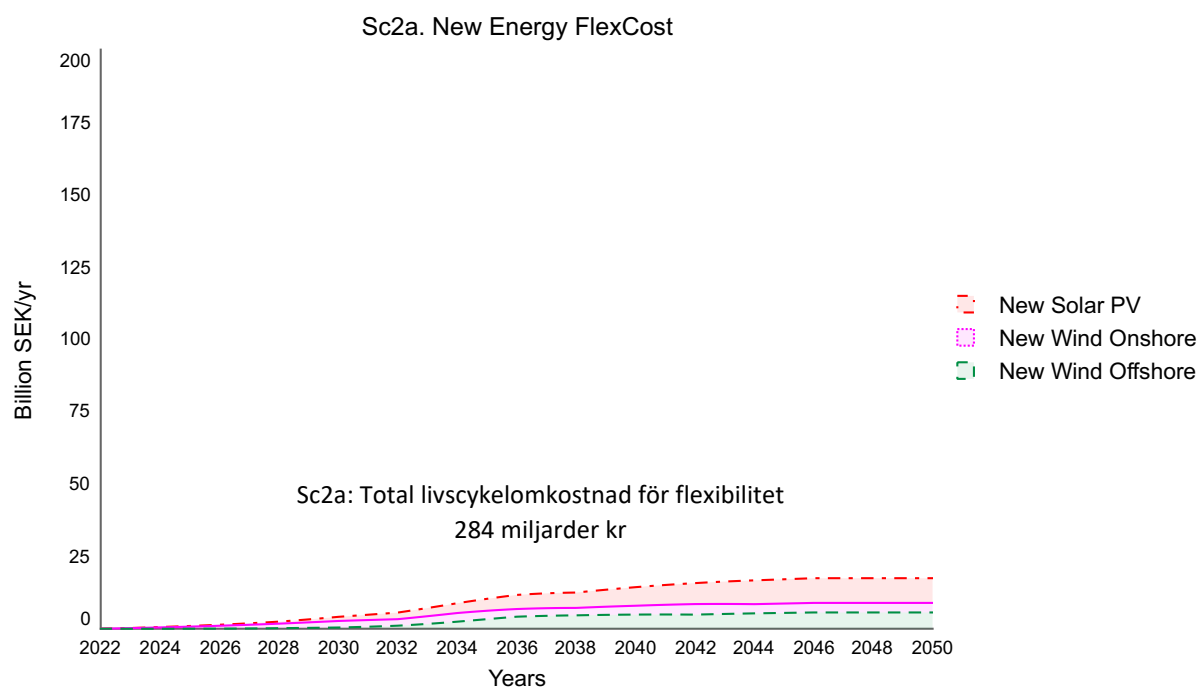
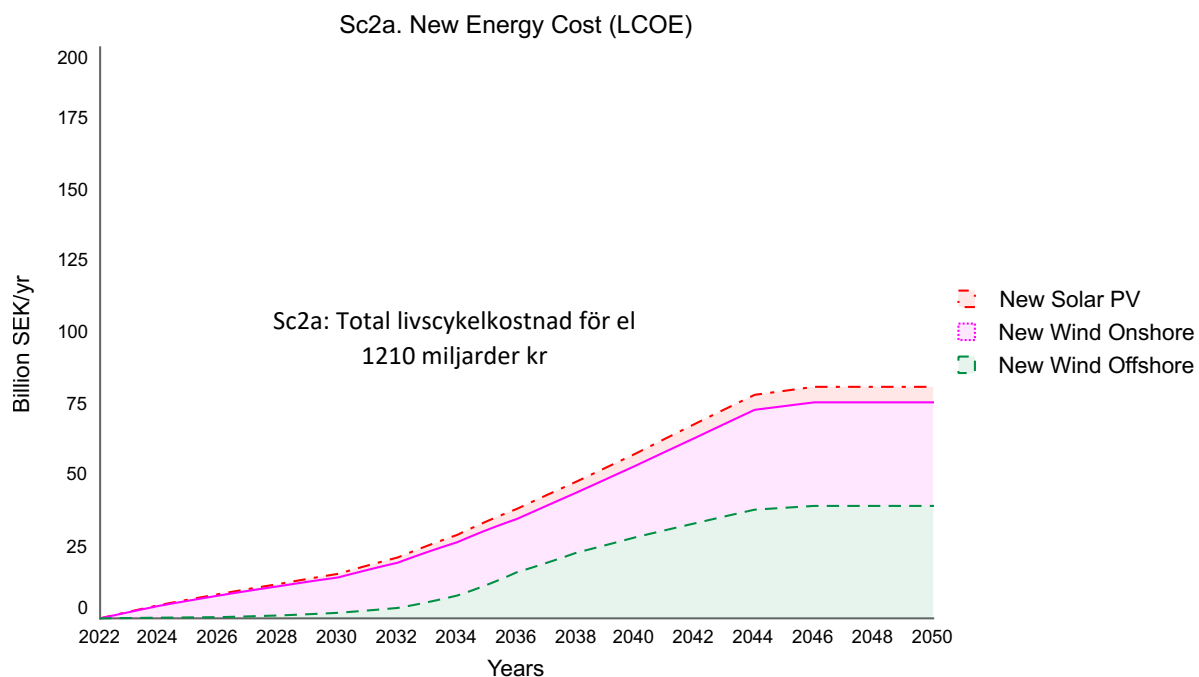
Motsvarande livscykelkostnader anges i figur 15 för scenario 1b (Planerbart med ny kärnkraft), i figur 16 för scenario 1c (Planerbart med ny kärnkraft och förnybart), i figur 17 för scenario 2a (Förnybart) samt i figur 18 för scenario 2b (Förnybart med effektivisering).



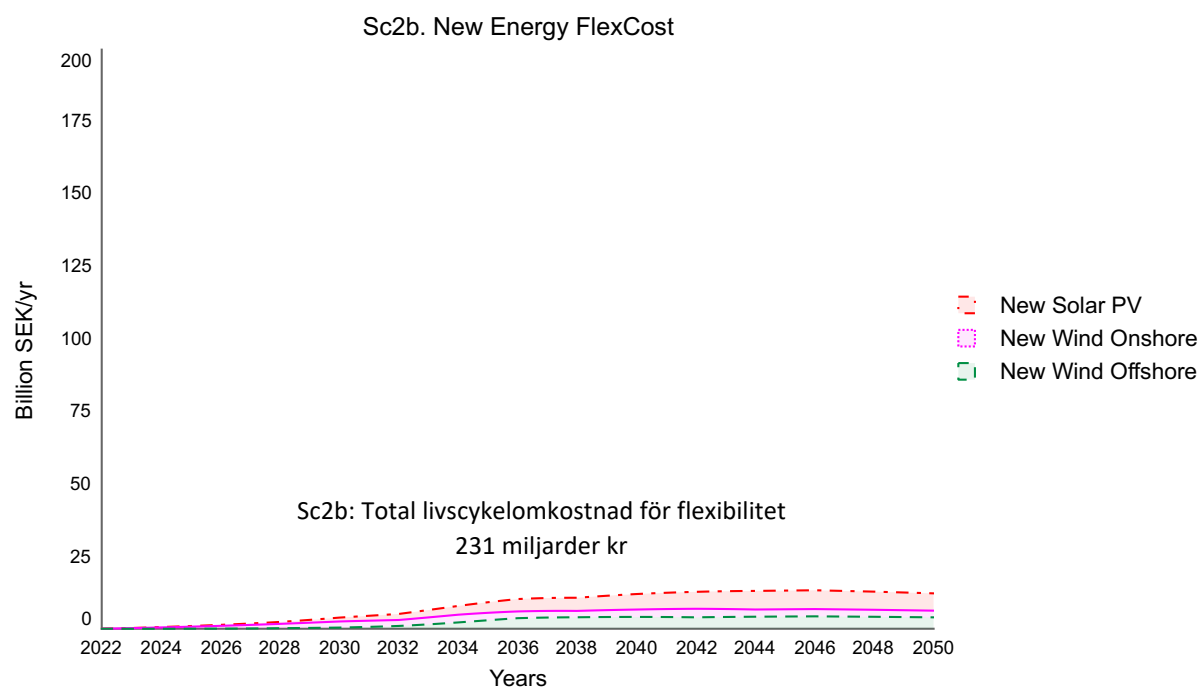
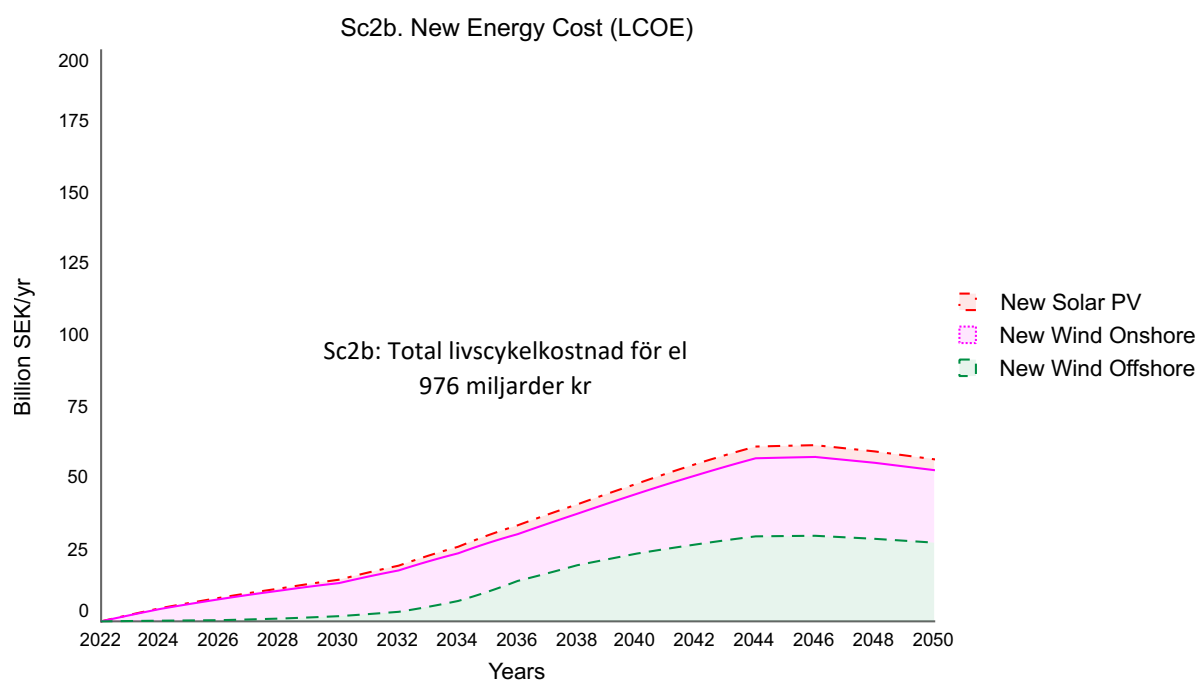
Figur 15. Livscykelkostnad (LCOE) respektive flexibilitetsomkostnader (FlexCost) för ny elproduktion i Scenario 1b (Planerbart med ny kärnkraft)



Figur 16. Livscykelkostnad (LCOE) respektive flexibilitetsomkostnader (FlexCost) för ny elproduktion i Scenario 1c (Planerbart med ny kärnkraft och förnybart)

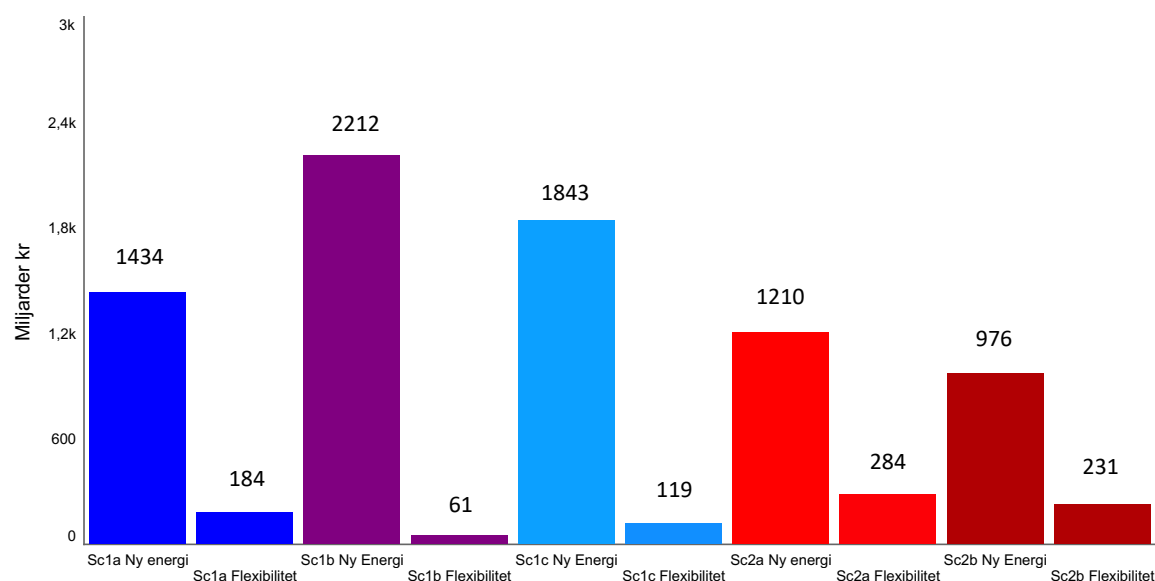


Figur 17. Livscykelkostnad (LCOE) respektive flexibilitetsomkostnader (FlexCost) för ny elproduktion i scenario 2a (Förnybart)



Figur 18. Livscykelkostnad (LCOE) respektive flexibilitetsomkostnader (FlexCost) för ny elproduktion i scenario 2b (Förnybart med effektivisering)

En sammanräkning av de totala livscykelkostnaderna 2022-2050 för ny energi respektive flexibilitet för de fem scenarierna framgår av figur 19.



Figur 19. Jämförelse av de fem scenariernas totala livscykelkostnader för nyproducerad el respektive livscykelomkostnader för flexibilitet.

Det intressanta för denna studies syfte är dock hur scenariernas livscykelkostnader skiljer sig åt och vad alternativkostnaden skulle bli om vi väljer ett av dem framför ett annat. Jämförelser mellan scenarierna ger då att regeringens billigaste kärnkraftsfärdplansscenario (Sc1c) blir 467 miljarder kr dyrare än det dyraste förnybartscenario (Sc2a)⁵⁰ medan det dyraste kärnkraftsfärdplansscenario (Sc1b) blir 1067 miljarder kr dyrare än det billigaste förnybartscenario med effektivisering (Sc2b)⁵¹. Detta ger en genomsnittlig årlig merkostnad för kärnkraftsscenarioerna på 17 till 38 miljarder kr per år fram till år 2050.

Vi ville också gå vidare och göra en förenklad överslagsberäkning för de tillkommande samhällskostnaderna för regeringens kärnkraftssatsning under resten av dess livslängd (se tabell 1).

Tabell 1. Livscykelkostnader för de fem scenarierna för år 2050, för 2022-2050, för 2050-2100 samt för 2022-2100

Period	Sc1a			Sc1b			Sc1c			Sc2a			Sc2b		
	El Cost	El FlexCost	El TotCost	El Cost	El FlexCost	El TotCost	El Cost	El FlexCost	El TotCost	El Cost	El FlexCost	El TotCost	El Cost	El FlexCost	El TotCost
2050	106	10	115	171	0	171	135	5	140	81	17	99	57	12	69
Tot 2022-2050	1434	184	1618	2212	61	2274	1843	119	1962	1210	284	1494	976	231	1207
Tot 2050-2100	5295	475	5770	8525	0	8525	6749	261	7010	4055	873	4928	2838	611	3449
Tot 2022-2100	6729	659	7388	10737	61	10799	8591	380	8971	5265	1157	6422	3814	842	4656

Resultatet blev att det tillkommer en merkostnad för Regeringens kärnkraftsfärdplansscenarier på ca. 2000⁵² till 5000⁵³ miljarder kr från år 2050 till 2100. Under denna period blir då den årliga merkostnaden för kärnkraftsscenarioerna ca. 40 till 100 miljarder kr per år.

50 D.v.s. (1843+119)-(1210+284) = 467 miljarder kr
 51 D.v.s. (2212+61)-(976+231) = 1067 miljarder kr
 52 D.v.s. (6749+261)-(4055+873) = 2082 miljarder kr
 53 D.v.s. (8525+0)-(2838+611) = 5076 miljarder kr

Diskussion och slutsatser

Syftet med denna studie var att undersöka om den senaste tidens rapporter om olika energislags livscykelkostnader, inklusive omkostnader för flexibilitet, skulle kunna leda till att det blir billigare att möta ett ökat elbehov med ny kärnkraft, i linje med regeringens nya kärnkraftsfärdplan, än med en kombination av effektivisering och ny förnybar energi.

Resultatet av vår studie pekar på betydligt högre samhällskostnader för samtliga scenarier som innehåller ny kärnkraft. Detta trots att vi behöll faktorer som gynnade kärnkraftsscenarierna på flera sätt:

- Vi antog en snabb kärnkraftsutbyggnad, i linje med regeringens nya kärnkraftsfärdplan, en byggtid för nya kärnkraftverk på ca. 10 år (vilket är ungefär hälften av vad som behövdes i finska Olkiluoto) och att hela utbyggnaden av 10 nya verk ska vara klar till år 2042.
- Trots att den linjära bränslehanteringen, flera prognoser och verkliga trender pekar på fortsatt ökande livscykelkostnader för kärnkraften så använde vi IEAs mer kärnkraftsoptimistiska scenario där kärnkraftskostnaderna minskar över tid. Vi håller även fast vid IEAs försiktiga prognoser för de förnybara energislags framtida kostnadsminskningar – trots att det finns mycket som pekar på att denna process kan gå betydligt snabbare⁵⁴.
- Vi har bortsett ifrån att kärnkraftens planerbarhet möjligen är överdriven. Vi har inte tagit höjd för att kärnkraften framöver kan behöva olika nya stödtjänster när den redan idag ofta faller ifrån i stor skala och hotar hela elnätets balans⁵⁵.
- Vi antog en begränsad framtida ökning av solkraften trots att den i dag har låga och sjunkande produktionskostnader⁵⁶ vilket snarare gör en framtida kraftfull kapacitetsökning trolig.
- Trots en stor potential för energieffektivisering så räknade vi med detta endast i det ena förnybartscenariot och då i väldigt begränsad omfattning.

Vi har samtidigt tagit höjd för vissa nackdelar för förnybartscenarierna. Vi hanterade t.ex. den förnybara elens väderberoende genom att:

- utgå från Svenska kraftnäts förnybartscenario som antar det produceras extra mycket vätgas för att balansera ett mer variabelt elsystem,
- anta att de nya elkonsumerande slutanvändarna kommer att bygga sina egna lager (t.ex. vätgaslager kring fossilfritt stål och batterier till elfordon) och
- räkna in IEAs samhällsomkostnader för flexibilitet.

Här bör också tilläggas att den växande energianvändningen i Sverige, som hänger samman med den gröna omställningen och som det råder stor enighet om, på ett naturligt sätt hänger samman med vår industristrukturs utveckling. Hit hör t.ex. planerna på en expansion av fossilfritt stål, batterier och elfordon. Om regeringens kärnkraftssatsning blir så mycket dyrare som vår studie antyder så skulle dessa verksamheter riskera hamna i andra länder. Och de nya kärnkraftverken skulle därmed kanske inte ens kunna sälja sin el med vinst när de blir färdiga. Sveriges rika tillgång på bra vindlägen

54 Se t.ex. detta inlägg från maj 2023 om att perovskitsolceller redan nu verkar få sitt genombrott och kunna sänka solcellers låga livscykelkostnader ytterligare: <https://eepower.com/market-insights/4-breakthroughs-in-perovskite-solar-cell-research/#>

55 Svenska kärnkraftverk har historiskt haft en tillgänglighet om 61-84% enligt <https://kth.diva-portal.org/smash/get/diva2:1686668/FULLTEXT01.pdf>

56 Se t.ex. Lazards senaste rapport: <https://energycentral.com/c/cp/lazard-lcoe-2023>.

gör det å andra sidan speciellt gynnsamt att som i förnybartscenariot producera stora mängder billig vindel och se till att det fossilfria stålet och de andra nya elintensiva industrierna med stor exportpotential hamnar här.

Vidare valde vi att inte ta några speciella hänsyn till den tänkbara framtida risken för materialbrister och kostnadsökningar i värdekedjan när hela världen samtidigt storsatsar på förnybar el. Detta gjorde vi eftersom det redan idag växer fram en industri med lösningar som är skalbara just för att där inte finns inbyggda linjära flöden⁵⁷. Det vill säga materialet som gruvbryts flyttas upp i tekno sfären och där genom affärs- och teknikutveckling kan användas i mycket långa livscyklar och med mycket hög övre gräns för hur långt man kan driva återvinningsgraden⁵⁸. Detta står i bjärt kontrast mot de inbyggda linjära bränsleflöden som hör kärnkraften till. Dessa inbyggda skillnader ser redan idag investerare och detta avspeglas i att förnybart nu drar till sig dramatiskt mycket mer investeringar än kärnkraft globalt sett⁵⁹. Detta pekar också på att *inga* varianter av ny kärnkraft kan bli samhällsekonomiskt konkurrenskraftiga framöver eftersom de alla är ekonomiskt kopplade till den icke skalbara och allt dyrare linjära bränslehanteringen.

Detta förhållande är, återigen och för tydlighetens skull, det rakt motsatta för de förnybara scenarierna. De bygger på eviga gratisflöden, solen lyser, vindarna blåser, vattnet strömmar och geoterm vattenånga bubblar oavsett om vi sätter en anläggning i vägen och skördar dessa flöden eller inte. Här är det istället främst anläggningsinvesteringen som kostar pengar och den minskar med nödvändighet pga skalfördelar efterhand som dessa energikällor växer. Detta innebär i sin tur att varje investerad krona i ett icke-skalbart linjärt system som ny kärnkraft är en förlorad krona som kunde ha gått till de mer kostnadseffektiva och skalbara förnybara alternativen. Det är konsekvenserna av denna underliggande obönhörliga relation som ligger bakom den växande kostnadsdifferensen mellan kärnkraft och de förnybara alternativen som vi redan har sett.

En annan samhällsekonomiskt viktig konsekvens av de här resonemangen är kopplad till själva definitionen av hållbarhet. Icke hållbar design av samhället leder gradvis och oundvikligen till dess undergång⁶⁰. Här kan man göra en intressant koppling när det gäller diskonteringsbegreppet. Det kan ses som missvisande att 'diskontera' framtiden när vi talar om hållbarhet. Diskontering, som vi har använt i denna studie via IEA:s kostnadsdata för år 2022 till 2050, innebär ju att en krona idag skulle vara mindre värd än en krona år 2050. Att på detta sätt missgynna framtida generationer är ju egentligen emot andan i begreppet hållbarhet som ju innebär att samhället ska kunna överleva med bra livsförhållanden både idag och i framtiden. Den Brittiske nationalekonomen Nicholas Stern har

57 Se återigen t.ex. detta inlägg från maj 2023 om att perovskitsolceller redan nu verkar få sitt genombrott och kunna sänka solcellers låga livscykelkostnader ytterligare: <https://eepower.com/market-insights/4-breakthroughs-in-perovskite-solar-cell-research/#>

58 Se t.ex. denna artikel om Nortyhvolts framsteg inom batteriåtervinning: <https://www.nyteknik.se/fordon/nu-kan-northvolt-atervinna-hela-bilbatteriet/1048750>

59 Amory Lovins och Bloomberg New Energy Finance (BNEF) pekar på att sol och vindenergi projekt drar till sig 10-20 gånger mer investeringar globalt sett än ny kärnkraft: <https://www.utilitydive.com/news/nuclear-energy-should-not-be-part-of-the-global-solution-to-climate-change/620392/>

60 Detta är kärnan i hållbarhetsdefinitionen i ett strategiskt ramverk för hållbarhet som har utvecklats och testats i nära samarbete mellan akademi, näringsliv och offentlig sektor i över 30 år. För mer info om detta ramverk, se: Broman G.I. and Robèrt K.-H. 2017. A framework for strategic sustainable development. Journal of Cleaner Production, 140: 17-31.

varit inne på liknande tankegångar⁶¹. Vi övervägde därför att i denna studie lägga till beräkningsscenarier för år 2022 till 2050 utan diskontering men lät ändå bli eftersom det troligen inte skulle ha ändrat våra slutsatser och därtill ha försvårat jämförelser mot andra studier. Kärnkraftens kostnader hade ju redan med diskontering blivit dyrare och utan diskontering skulle den troligen ha missgynnats ytterligare eftersom ökande framtida kostnader kopplade till bränslet, bränsleavfallet och de andra aspekterna av den linjära bränslehanteringen skulle ha fått högre vikt. Vi kan dock tänka oss att göra nya beräkningar med andra antaganden i kommande studier.

Diskontering övervägdes också i den avslutande överslagsberäkningen, där vi uppskattade scenariernas livscykelkostnader under kärnkraftens kvarvarande livslängd från år 2050 till 2100. Där gjorde vi dock det förenklade antagandet att de livscykelkostnader som IEA har uppskattat för år 2050 ska förbli konstanta till år 2100. Vi gjorde alltså ingen ytterligare diskontering. Rationaliteten bakom detta var att osäkerheterna ändå är stora så långt fram i tiden, att en diskonteringsränta troligen skulle ha påverkat båda scenarierna ungefär lika, och att diskontering av kostnader för framtida hållbarhetsomställning enligt ovan är tveksamt i sig självt.

Sammanfattningsvis har denna studie ytterligare stärkt de samhällsekonomiska argumenten för att satsa på effektivisering och förnybart snarare än att låta någon del av energimixen bestå av ny kärnkraft för att möta framtidens ökande elenergianvändning. Som har identifierats i vår tidigare strategiska hållbarhetsanalys⁶² har förnybartscenarierna även fördelen att de skulle ge mycket mer hanterbara hållbarhetsrisker jämfört med kärnkraftsscenarierna och de skulle, till skillnad från kärnkraftsscenarierna, kunna genomföras tillräckligt snabbt för att bli relevanta för klimatutmaningen. Om vi skulle satsa på effektivisering och ny förnybar energi skulle hela landet också kunna byggas ihop till ett decentraliserat och integrerat energisystem. Ett 'självspelande piano' som när det väl är uppbyggt kan förse samhället med billig förnybar energi från eviga flöden som är oberoende av bränsleleveranser. Ett sådant energisystem skulle, till skillnad från dagens centralt styrda system, vara motståndskraftigt mot översvämningar och andra klimatfaktorer samt bli nästan omöjligt för en angripare att slå ut. Det skulle alltså även bli en säkerhetspolitisk fördel i framtiden.

Nästa steg

Detta är en första övergripande studie och beräkningarna behöver förfinas och tillämpas på fler scenarier för att bättre kunna stötta strategiska beslut kring energisystemet som Sverige behöver ta framöver. Studien bygger vidare på det arbete med beslutsstöd för hållbarhetsomställning i transportsektorn som vi gör inom Roadmapperprojektet via verktyget Roadmapper Tool. Härnäst tänker vi inom ramen för den pågående satsningen Roadmapper 2.0 ta ett mer övergripande helhetsgrepp på ekologiska, sociala och ekonomiska effektberäkningar för hållbarhetsomställning utifrån svenska förutsättningar. Där lägger vi även till moduler i Roadmapper Tool för byggnader och infrastruktur, industri samt jord- och skogsbruk. Vi vill också göra det möjligt att bryta ner den centrala bilden till regional och kommunal nivå för att kunna identifiera lämpliga strategiska åtgärder. En av dessa, som är redan på gång inom SuperEffektprojektets fortsättning, är en

61 Detta framgick av denna rapport: Stern, N. 2006. The Economics of Climate Change. The Stern Review. Cambridge University Press.

62 Se detta debattinlägg i tidningen Miljö och utveckling i september 2022: <https://miljo-utveckling.se/debatt-lyft-blicken-vi-kan-fa-ett-hallbart-energisystem/>

designmetod för 'energinav' där lokal förnybar elproduktion optimeras mot användarna och energilagringen. Målet med allt detta arbete är ytterst att stötta lokal och regional utveckling och vi använder Blekinge som en första fallstudie. En översikt över det aktuella kunskapsläget inom energinavsområdet kommer när vi inom kort släpper en uppdaterad version av slutrapporten för SuperEffektprojektet.

Referenser

- Alison MacFarlane. 2023, <https://reneweconomy.com.au/the-end-of-oppenheimers-nuclear-energy-dream-modular-reactors-supported-by-ideology-alone/>
- Brandily och Vasdev. 2021. "2H2021 LCOE Update," Bloomberg New Energy Finance, 21 Dec 2021 (subscriber content)).
- Broman G.I. and Robèrt K.-H. 2017. A framework for strategic sustainable development. Journal of Cleaner Production, 140: 17-31.
- Burenus. 2022: <https://www.nyteknik.se/debatt/mot-klimatkris-och-hogt-elprismed-effektivisering-och-fornybart/899972>
- Edgren. 2022. <https://www.nyteknik.se/fordon/nu-kan-northvolt-atervinna-hela-bilbatteriet/1048750>
- Energiforsk. 2021. EL FRÅN NYA ANLÄGGNINGAR. Elforsk. RAPPORT 2021:714. Länk finns här: <https://energiforsk.se/media/30970/el-fra-n-nya-anla-ggningar-energiforskrapport-2021-714.pdf>
- Energimyndigheten. 2020. Så kan 100 procent förnybar elproduktion se ut. <https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2019/sa-kan-100-procent-fornybar-elproduktion-se-ut/>
- Energimyndigheten. 2023. Energiläget 2023. <https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2023/energilaget-i-siffror-2023/>
- Energimyndigheten. 2023. <https://www.energimyndigheten.se/49428c/globalassets/statistik/prognoser-och-scenarier/langsiktiga-scenarier/langsiktiga-scenarier-over-sveriges-energisystem-2023.pdf>
- Forsberg. 2023. <https://www.aftonbladet.se/nyheter/a/WRVJn2/finns-ingen-som-kan-bygga-karnkraft-i-sverige>
- Franska riksrevisionen 2020. Cours des Comptes: Entities and Public Policies. The EPR Sector. Thematic public report Summary.
- Greenpeace. 2011. the advanced energy [r]evolution A SUSTAINABLE ENERGY OUTLOOK FOR SWEDEN. <https://www.greenpeace.org/static/planet4-sweden-stateless/2019/01/d989ca58-d989ca58-er-svensk-sammanfattning.pdf>
- Göransson och Johnson. 2023. Ett framtida elsystem med och utan kärnkraft – vad är skillnaden? Chalmers. Se länk här: https://research.chalmers.se/publication/536840/file/536840_Fulltext.pdf
- Holmberg och Tangerås. 2024. <https://www.svd.se/a/2B6664/holmberg-och-tangeras-vanta-med-statligt-stod-till-ny-karnkraft>
- IEA. 2023. World Energy Outlook 2023. Se: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>
- Intressant experimentstudie för Svenskt Näringsliv – men knappast relevanta slutsatser. KTH
- Jacobsons. 2021. <https://web.stanford.edu/group/efmh/jacobson/Articles/I/145Country/21-WWS-Sweden.pdf>
- Lazard. 2023. LCOE+ Report 2023 <https://energycentral.com/c/cp/lazard-lcoe-2023>
- Lindberg och Strandberg. 2024. <https://www.dn.se/ekonomi/sverige-ska-slass-i-en-global-huggsexa-om-karnkraften/>

Lovins. 2022. <https://www.utilitydive.com/news/nuclear-energy-should-not-be-part-of-the-global-solution-to-climate-change/620392/>

Moderaterna. 2022: <https://moderaterna.se/nyhet/byggnykarnkraft/>

Naturskyddsföreningen. 2019. Fossilfritt, förnybart och flexibelt -Framtidens hållbara nergisystem. <https://www.naturskyddsforeningen.se/artiklar/fossilfritt-fornybart-flexibelt-framtidens-hallbara-energisystem/>

Newton. 2023. <https://eepower.com/market-insights/4-breakthroughs-in-perovskite-solar-cell-research/#>

Ny, Prieto Beaulieu och Robèrt. 2022: <https://miljo-utveckling.se/debatt-lyft-blicken-vi-kan-fa-ett-hallbart-energisystem/>

Qvist. 2022. KRAFTSAMLING ELFÖRSÖRJNING? Scenarioanalys 2050. Svenskt Näringsliv.

Regeringskansliet. 2023 <https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2023/11/regeringen-lanserar-en-fardplan-for-ny-karnkraft-i-sverige/>

Rifkin. 2015. The Zero Marginal Cost Society: The Internet of Things, the Collaborative Commons, and the Eclipse of Capitalism. New York: Palgrave Macmillan

Seba. 2014. Clean Disruption of energy and transportation. How Silicon Valley Will Make Oil, Nuclear, Natural Gas, Coal, Electric Utilities and Conventional Cars Obsolete by 2030.

Shwartz. 2022. <https://news.stanford.edu/2022/05/30/small-modular-reactors-produce-high-levels-nuclear-waste/>

Stern, N. 2006. The Economics of Climate Change. The Stern Review. Cambridge University Press.

Svenska Kraftnät. 2021. Långsiktig marknadsanalys 2021. Scenarier för elsystemets utveckling till 2050. <https://www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2021/langsiktig-marknadsanalys-2021.pdf>

SVT. 2024. <https://www.svt.se/nyheter/inrikes/karnkraften-kan-bli-nara-dubbelt-sa-dyr-som-regeringen-trott>

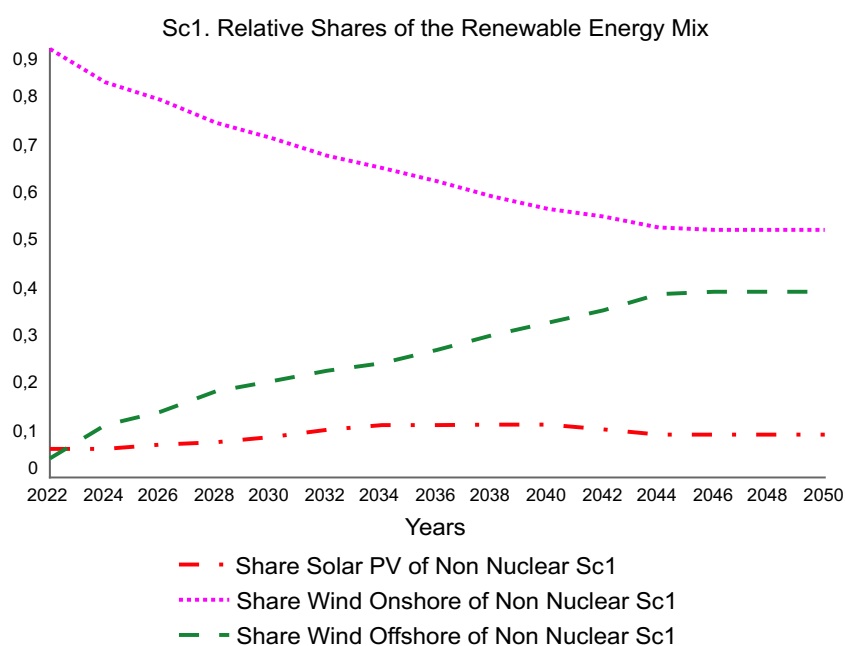
Söder. 2022. Kommentarer till rapporten: KRAFTSAMLING ELFÖRSÖRJNING? Scenarioanalys 2050

Vidal. 2022. <https://www.theguardian.com/environment/2022/mar/26/amory-lovins-energy-efficiency-interview-cheapest-safest-cleanest-crisis>

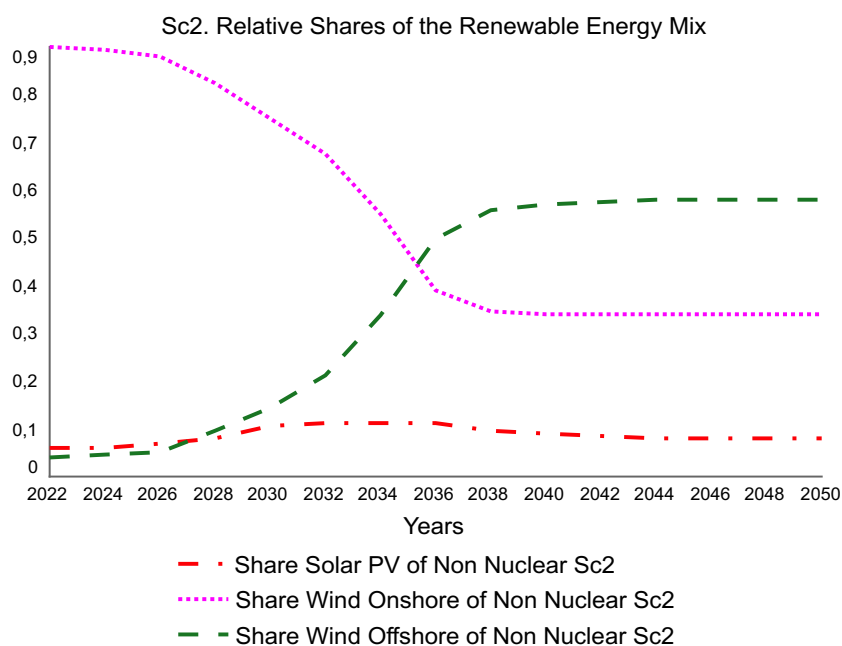
World Energy Outlook. 2023: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>

Bilaga 1. Relativa andelen av ny förnybar el i scenarierna

Vi utgick från Svenska kraftnäts två elektrifieringsscenarier (som vi kallar Sc1a respektive Sc2a) för att räkna ut den relativa andelen av de olika förnybara energislagen i våra nya scenarier. Scenarierna 1b och 1c utgick ifrån scenario 1a där den förnybara delen av elmixen gick från 90% vindkraft på land, 4% vindkraft till havs och 6% solkraft år 2022 till ca. 50% vindkraft på land, 41% vindkraft till havs och 9% solkraft år 2050. (se figur B1, nedan). Scenario 2b utgick från scenario 2a (se figur B2) där den förnybara delen av elmixen gick från 90% vindkraft på land, 4% vindkraft till havs och 6% solkraft år 2022 till ca. 34% vindkraft på land, 58% vindkraft till havs och 8% solkraft år 2050.



Figur B1. Hur produktionen av de förnybara energislagen förhåller sig till varandra i scenario 1 (baserat på SvK 2021)



Figur B2. Hur produktionen av de förnybara energislagen förhåller sig till varandra i Scenario 2 (baserat på SvK 2021)

Bilaga 2. Indata för energikostnader i våra beräkningar

Här återges tabell B.4a från World Energy Outlook 2023 från IEA med livscykelkostnader (LCOE) för olika energislag i USD/MWh för år 2022, 2030 och 2050 (obs. att 1 USD/MWh motsv. 1 öre/kWh). IEA anger också en s.k. Value Adjusted LCOE (VALCOE) som tar viss höjd för nyttor och omkostnader de olika energislagen ger till energisystemet. Detta berör t.ex. de förnybara energislagens behov av flexibilitetslösningar. Värderna för ett europeiskt genomsnitt har använts (se inringat i tabellen).

B.4 Electricity generation technology costs

Table B.4a Technology costs in selected regions in the Shared Policies Scenario

	Capital costs (USD/MWh)		Capacity factor (%)		Fuel, CO ₂ , O&M (USD/MWh)		LCOE (USD/MWh)		VALCOE (USD/MWh)	
	2022	2030	2022	2030	2022	2030	2022	2030	2022	2030
United States										
Nuclear	5 000	4 800	4 500	90	90	30	30	30	105	105
Coal	2 100	2 100	2 100	35	15	n.a.	30	25	100	210
Gas CCGT	1 000	1 000	1 000	55	40	15	45	40	65	70
Solar PV	1 120	690	480	21	22	23	10	10	50	30
Wind onshore	1 220	1 160	1 110	42	43	44	10	10	30	30
Wind offshore	4 060	2 520	1 900	42	46	49	35	20	15	120
European Union										
Nuclear	6 600	5 100	4 500	70	75	80	35	35	160	130
Coal	2 000	2 000	2 000	30	n.a.	n.a.	125	150	160	205
Gas CCGT	1 000	1 000	1 000	20	10	n.a.	170	125	130	230
Solar PV	990	620	450	14	14	14	10	10	65	40
Wind onshore	1 750	1 670	1 610	29	30	30	20	15	60	55
Wind offshore	3 420	2 280	1 740	50	56	59	15	10	75	45
China										
Nuclear	2 800	2 800	2 500	80	75	70	25	25	25	70
Coal	800	800	800	50	30	20	50	60	70	65
Gas CCGT	560	560	560	30	20	15	95	95	100	120
Solar PV	720	430	300	13	13	14	10	10	50	30
Wind onshore	1 100	1 040	1 000	26	27	28	10	10	45	40
Wind offshore	2 820	1 880	1 420	32	39	43	25	15	10	100
India										
Nuclear	2 800	2 800	2 800	80	85	90	30	30	30	70
Coal	1 200	1 200	1 200	65	70	70	40	35	30	60
Gas CCGT	700	700	700	25	40	45	95	70	60	125
Solar PV	640	390	270	20	21	22	5	5	40	25
Wind onshore	1 120	1 060	1 010	26	28	30	15	10	10	55
Wind offshore	3 060	2 060	1 500	33	37	39	25	20	15	135

Notes: O&M = operation and maintenance; LCOE = levelised cost of electricity; VALCOE = value-adjusted LCOE; KW = kilowatt; MWh = megawatt-hour; CCGT = combined-cycle gas turbine; n.a. = not applicable. Cost components, LCOE and VALCOE figures are rounded. Lower values for VALCOE indicate improved competitiveness.
 Sources: IEA analysis; IRENA (2023)

B

- All costs are expressed in year-2022 dollars.
- Major contributors to the levelised cost of electricity (LCOE) include: overnight capital costs; capacity factor that describes the average output over the year relative to the maximum rated capacity (typical values provided); cost of fuel inputs; plus operation and maintenance. Economic lifetime assumptions are 25 years for solar PV, and onshore and offshore wind.
- Weighted average cost of capital (WACC) assumptions reflect market data and survey information provided through the *Cost of Capital Observatory* (IEA, 2023), updated analysis for utility-scale solar PV in the *World Energy Outlook-2020* (IEA, 2020), with a range of 4-7%, and for offshore wind analysis from the *Offshore Wind Outlook 2019* (IEA, 2019), with a range of 5-8%. Onshore wind was assumed to have the same WACC as utility-scale solar PV. A standard WACC was assumed for nuclear power, coal-fired and gas-fired power plants (8-9% based on the stage of economic development).
- The value-adjusted levelised cost of electricity (VALCOE) incorporates information on both costs and the value provided to the system. Based on the LCOE, estimates of energy, capacity and flexibility value are incorporated to provide a more complete metric of competitiveness for power generation technologies.
- Fuel, CO₂ and operation and maintenance costs reflect the average over the ten years following the indicated date in the projections (and therefore vary by scenario in 2022).
- Solar PV and wind costs do not include the cost of energy storage technologies, such as utility-scale batteries.
- The capital costs for nuclear power represent the "nth-of-a-kind" costs for new reactor designs, with substantial cost reductions from the first-of-a-kind projects.

Sammanfattning

Sverige och världen är mitt i en omställning till ett ekologiskt, socialt och ekonomiskt hållbart samhälle. I detta förväntas en storskalig elektrifiering spela en stor roll under de närmaste decennierna.

Syftet med denna studie var att undersöka om den senaste tidens rapporter om olika energislags samhällskostnader skulle kunna peka på att det blir billigare att möta en ökad elanvändning med ny kärnkraft, i linje med regeringens nya kärnkraftsfärdplan, än med en kombination av energibesparande åtgärder och ny förnybar energi.

Metoden var att ställa upp fem scenarier baserade på Svenska Kraftnäts tidigare analyser och beräkna deras respektive livscykelkostnader, inklusive en påbörjad uppskattning av omkostnader för flexibilitet, utifrån nya data från International Energy Agency:

- Scenario 1a. Planerbart (Svenska kraftnäts planerbartscenario)
- Scenario 1b. Planerbart med ny kärnkraft (Svenska kraftnäts planerbartscenario med variant av Regeringens kärnkraftsfärdplan)
- Scenario 1c. Planerbart med ny kärnkraft och förnybart (Svenska kraftnäts planerbartscenario med variant av Regeringens kärnkraftsfärdplan)
- Scenario 2a. Förnybart (Svenska kraftnäts förnybartscenario)
- Scenario 2b. Förnybart med effektivisering (Svenska kraftnäts förnybartscenario med energibesparingar)

Resultatet blev att regeringens billigaste kärnkraftsfärdplansscenario (Sc1c) blir 470 miljarder kr dyrare än det dyraste förnybartscenariot (Sc2a) medan det dyraste kärnkraftsfärdplansscenariot (Sc1b) blir 1070 miljarder kr dyrare än det billigaste förnybartscenariot med energibesparingar (Sc2b). Dessutom tillkommer troligen en merkostnad för Regeringens kärnkraftsfärdplansscenarier på flera tusen miljarder kr under den nya kärnkraftens kvarvarande livslängd fram till ca. år 2100.

Slutsatsen blir alltså att vi har stärkt de samhällsekonomiska argumenten för att satsa på energibesparingar och förnybart snarare än ny kärnkraft för att möta framtidens ökade elenergianvändning. Förnybartscenarierna har även fördelen att de skulle ge mycket mer hanterbara hållbarhetsrisker jämfört med kärnkraftsscenarierna och de skulle, till skillnad från kärnkraftsscenarierna, kunna genomföras tillräckligt snabbt för att bli relevanta för klimatutmaningen. Om vi skulle satsa på effektivisering och ny förnybar energi skulle hela landet också kunna byggas ihop till ett decentraliserat och integrerat energisystem. Ett 'självspelande piano' som när det väl är uppbyggt kan förse samhället med billig förnybar energi från eviga flöden. Ett sådant energisystem skulle, till skillnad från dagens centralt styrda system, vara motståndskraftigt mot översvämningar och andra klimatfaktorer samt bli nästan omöjligt för en angripare att slå ut. Det skulle alltså även bli en säkerhetspolitisk fördel i framtiden.

Nästa steg

Denna studie bygger vidare på det arbete med beslutsstöd för hållbarhetsomställning i transportsektorn som vi gör inom Roadmapperprojektet via verktyget Roadmapper Tool. Härnäst tänker vi inom ramen för den pågående satsningen Roadmapper 2.0 ta ett mer övergripande helhetsgrepp på ekologiska, sociala och ekonomiska effektberäkningar för hållbarhetsomställning inom transport, energi, byggnader och infrastruktur, industri samt jord- och skogsbruk, utifrån svenska förutsättningar.