

En realistisk framtidsbild?

En utvärdering och analys av aktuella energi- och klimatscenarier för 2050

Executive summary

Mars 2012



Profu

www.profus.se

Vad är en realistisk framtidsbild?

En långsiktigt trovärdig energi- och klimatpolitik är en viktig del i hur vi skapar ett konkurrenskraftigt Sverige som är attraktivt för långsiktiga investeringar. Profu har, på uppdrag av Svenskt Näringsliv och SKGS, utvärderat och analyserat en lång rad energi- och klimatscenarier i syfte att blicka fram mot 2050 – vad är en realistisk framtidsbild? Hur kan vi kombinera höga klimatambitioner med konkurrenskraftiga energipriser och säker tillgång på el? Resultaten är både intressanta, skrämmande och viktiga.

Resultaten ger underlag för att dra följande slutsatser:

- **Utmaningarna i omställningen till ett klimatneutralt energisystem i Sverige, Norden och EU är mycket stora**, så stora att man kan argumentera för att möjligheten att man skall lyckas fullt ut i omställningen är begränsad. Att nå 100 % förnybart till 2050 är osannolikt.
- **Även en mer måttlig omställningstakt och omfattning innebär en stor utmaning.**
- **Industri och transporter är de sektorer som förväntas ställas om mest i Sverige.** Här är också utmaningarna som störst. Det måste prägla förväntningsbilden!
- **Vi gör klokt i att gå i hyggligt samma takt som vår omvärld.** Vår klimat- och energipolitik bestäms inte längre i Sverige. Att då försöka ”gå före” i politisk ambition för globala sektorer som industri och transporter kan leda fel.
- Sverige vill ha en fossiloberoende transportsektor till 2030, medan **EU har en mycket långsammare omställningstakt för transportsektorn.** Vi måste fråga oss vad vi vinner på att försöka gå långt före i en sektor där vi har begränsad rådighet över utvecklingen?
- Vi kan inte ställa om till ett klimatneutralt energisystem med stor andel förnybart, utan att **el- och CO₂-priserna stiger kraftigt.** El kan bli dubbelt så dyrt och CO₂-priserna mångdubblas.
- **Vi måste ägna mer kraft åt eleffekten**, för att säkra kapacitetstillgången i det nordeuropeiska elsystemet. Förnybar kraft har lägre effektvärde och är komplexare att få på plats.
- **Utökad produktion av förnybar kraft** kräver också stora investeringar i nya elnät, i och mellan länder.
- **Elmarknaden kan behöva reformeras, både i EU och i Norden**, för att säkra tillgången på elproduktion i framtiden - för industrin är leveranssäkerheten av el av avgörande vikt!
- **Kärnkraften har en nyckelroll i energisystemet:** lägre elpriser i Sverige och möjlighet till större elexport. Ett system utan svensk kärnkraft är dock möjligt, om annan termisk kraft ersätter.

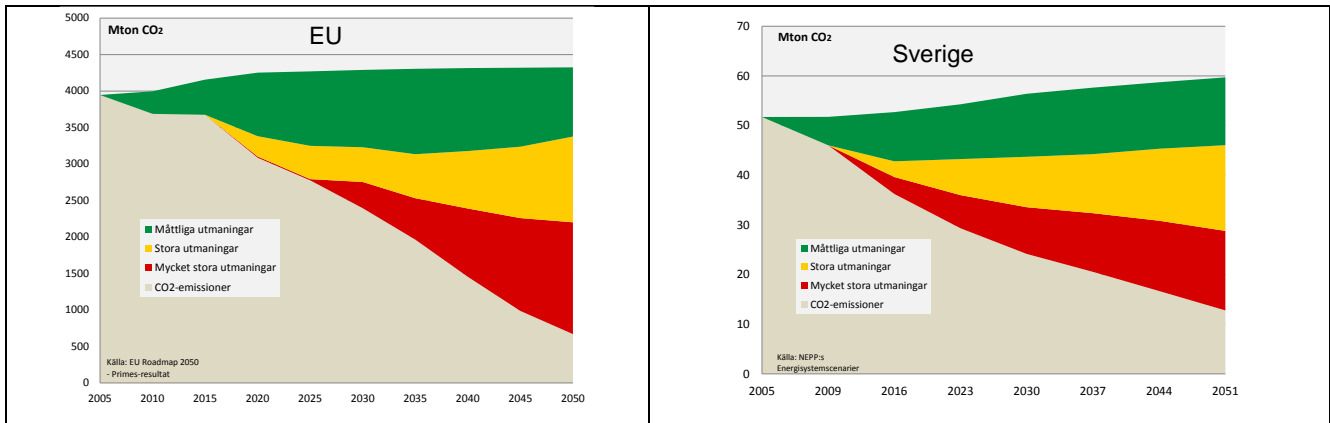
Vår utvärdering av utmaningarna i omställningen ger samtidigt underlag för en diskussion om vad som kan vara en ”realistisk framtidsbild”; dvs. en bedömning av i vilken omfattning och i vilken takt som EU och Sverige förmår att ställa om till klimatneutrala system. Vår utvärdering indikerar då en långsammare och mindre omfattande omställning än den som anges i EU:s Roadmaps och i vår svenska Färdplan 2050. Vår utgångspunkt är dock inte att argumentera för en långsammare omställningstakt, utan att ge underlag för förberedelser om vilka konsekvenser förändringarna kan få för bl.a. systemens utveckling och prisbildningen på marknaderna.

En analys av aktuella energi- och klimatscenarier

Huvudsyftet med studien har varit att analysera och utvärdera en rad olika energi- och klimatscenarier, för att skapa förståelse för de olika framtidsbilder som nu tas fram av internationella och nationella aktörer. De allra flesta av dessa bygger på att alla tillgängliga tekniker och åtgärder används fram till 2050, men vi har även analyserat scenarier som begränsar energiförsörjningen till enbart förnybara energikällor. Gemensamt för alla scenarier är att de innehåller tekniker och åtgärder som kräver omfattande utmaningar att få på plats.

Vår utvärdering av utmaningarna i scenarierna visar på tre viktiga slutsatser:

- Omställningen skapar mycket stora utmaningar; så stora att man kan argumentera för att möjligheten att man skall lyckas fullt ut i omställningen är begränsad.
- Utmaningarna är ungefär lika stora oavsett vilket scenario man väljer, och utmaningarna i Sverige och Norden är av samma storleksordning som i EU som helhet.
- Utmaningarna för den framtida omställningen 2010-2050 är mycket större än den omställning av energisystemet vi genomfört i Sverige 1970-2010.



Utmaningarna i omställningen är stora. Figuren visar de utmaningar som en minskning av CO₂-utsläppen medför i två scenarier med stor andel förnybart, dels ett scenario för EU från Energy Roadmap (vänstra), dels vår analys för utsläppsminskning i Sverige. Utmaningarna har värderats med en scorecardmetod.

EU Roadmaps

Vår utvärdering av EU:s Energy Roadmapsscenarioer visar att två tredjedelar av åtgärderna ger stora (gult) eller mycket stora utmaningar (rött) fram emot 2050. Det illustreras i den vänstra figuren ovan. Vår utvärdering visar också att, trots att det är olika åtgärder som dominerar i omställningen i alla de olika Roadmaps som EU presenterar, så är omfattningen av utmaningen lika stor. Det är en mycket intressant slutsats, och är en indikation på att olika vägval i omställningen har begränsad betydelse; det är istället den snabba omställningstakten och den stora utsläppsminskningen som är själva utmaningen.

En annan slutsats från våra analyser är att våra konventionella styrmedel förmodligen inte räcker. De kan medverka till att vi klarar de utmaningar vi med vår metod klassar som måttliga och stora (åtminstone delar av dem), men det krävs säkerligen en mycket kraftfullare politisk styrning för att klara de riktigt stora utmaningarna. Hur den styrningen kan utformas, utan att hämma konkurrenskraften och försörjnings säkerheten, blir en stor utmaning i sig.

Ny metod för utvärdering av utmaningarna i omställningen av energisystemet

Vi har, i samverkan med forskningsprojektet "North European Power Perspectives (NEPP)", utvecklat en metod för utvärdering av utmaningarna i omställningen av energisystemet. Den bygger på scorecard-principen, och grupperar utmaningarna i omställningen av energisystemet i tre valörer: grönt, gult och rött. I metoden gör man en "samlad" värdering, eller poängbedömning, av utmaningarna och klassar dem därefter i rött, gult eller grönt. I figuren till höger har vi givet några exempel på hur utmaningar kan värderas enligt metoden.

Utmaningarna är av flera olika slag, bl.a.:

- **Acceptansen för en snabb förändring:** Ny teknik och nya system måste till, inte minst i transportsektorn och industrin, men även i stor skala i elsystemet. Regelverk, tillståndsprövning, lokal acceptans, teknikutveckling etc. är faktorer som bromsar i omställningen. Utmaningen är stor att övervinna dessa.
- **Leverans- och försörjnings säkerhet:** Många framtidsscenarioer har inte alls tagit höjd för leveranssäkerheten på t.ex. elmarknaden. Om de scenarierna genomförs, är risken mycket stor att vi tidvis får effektbrist på elmarknaden.



I Sverige och Norden

Resultaten för Sverige (högra figuren på föregående sida) och Norden påminner om de vi får för EU:s Roadmaps. En viktig skillnad är dock att omställningen av industri- och transportsektorerna väger tyngre i de svenska och nordiska scenarierna än i de europeiska, men även t.ex. elsektorn har inslag av gult och rött i sina utmaningar, bl.a. som en följd av stora andelar vindkraft (och även en del solkraft) mot slutet av den studerade perioden i de förnybara scenarierna.

Även Färdplan 2050 anger stora utmaningar för Sverige

Även Naturvårdsverkets underlag för en klimafärdplan 2050 (härefter refererat till som ”Färdplan 2050”) anger stora utmaningar för Sverige. Under rubriken ”en stor utmaning” betonas i underlaget till Färdplan 2050 att omställningen är en utmaning för hela samhället, som kommer att kräva stora strukturella förändringar. Ny teknik och ändrade konsumtionsmönster är en betydelsefull del av omställningen. Det ställer också ett brett socioekonomiskt perspektiv med fokus på forskning och utveckling, infrastrukturer och på att underlätta för människor att göra klimatsmarta val, understryker Naturvårdsverket i sin slutrapport.

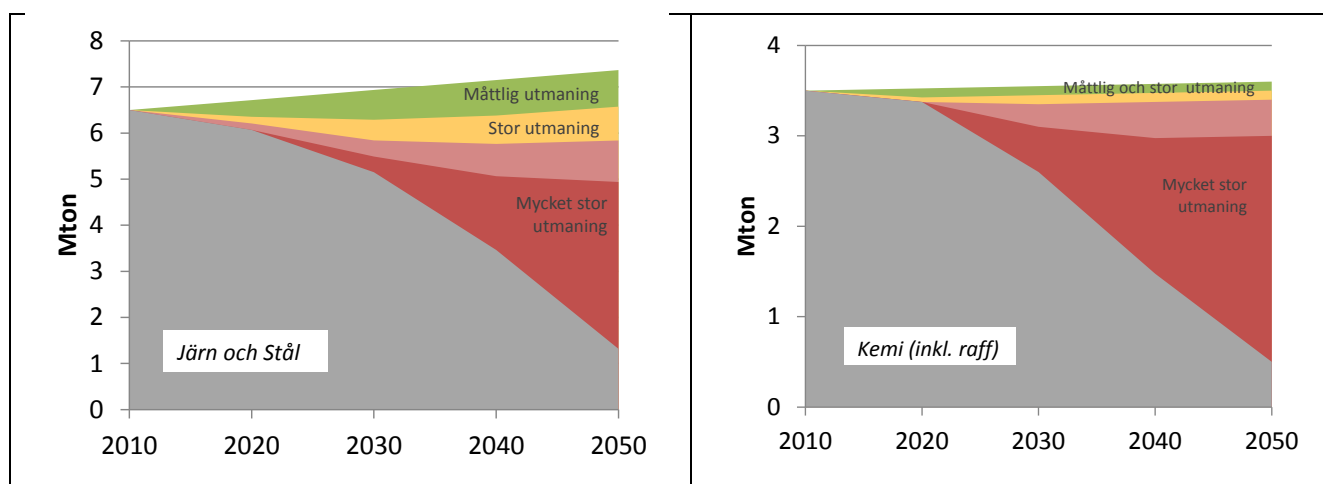
Industri och transporter förväntas ställa om mest i Sverige. Här är också utmaningarna som störst.

Industrins totala energianvändning har varit relativt stabil sedan 1970-talet, med undantag för perioder av lågkonjunkturer. Det totala förädlingsvärdet i industrin har ökat med runt 200 procent under samma period. Bränslemixen inom industrin har ändrats sedan 1970-talet. Andelen biobränsle och el har ökat samtidigt som oljeanvändningens andel av industrins energianvändning har minskat kraftigt.

El och biobränsle står för de största andelarna av industrins energianvändning (cirka 35 % vardera). Biobränsleanvändningen domineras av skogsindustrin (massa- och pappersindustrin samt trävaruindustrin). Användningen av kolbaserade bränslen sker främst i industriprocesserna inom järn- och stålindustrin, men även i viss mån inom gruvindustrin och cement- och kalkindustrin. Kemiindustrin är petroleumbaserad. Utvecklingen av fossila bränslen inom industrin är därför idag starkt kopplad till den framtida produktionsutvecklingen inom respektive bransch.

Möjligheterna till CO₂-reduktion i industrin – exempel för några branscher

Järn- och stålindustrin är kolbaserad och substitutionsmöjligheterna bedöms vara begränsade, anger bl.a. Energimyndigheten i sin Långsiktsprognoz. En stor reduktion av koldioxidutsläppen är därför en mycket stor utmaning för järn- och stålindustrin. Genom omfattande processoptimeringar, effektiviseringar, bränslebyten och byten av reduktionsmedel, kan man minska utsläppen med upp till en fjärdedel. Redan denna utsläppsminskning är en stor utmaning (t.o.m. delar av det ljusröda fältet i vänstra figuren nedan). Övrig utsläppsreduktion måste klassas som en mycket stor utmaning (rött i figuren). Då måste ny och oprövad teknik bli tillgänglig, t.ex. CCS, elektrolys/vätgas, direktreduktion och storskaligt råvaruskifte.



Utmaningarna för reduktionen av koldioxidutsläpp i två svenska industribranscher: järn och stål (vänster) och kemi (höger). Utmaningarna har värderats med projektets scorecardmetod.

Utmaningarna för kemiindustrin är ännu större än för järn- och stålindustrin (se högra figuren nedan). Effektiviseringar och processoptimering bedöms endast kunna ge några procents koldioxidreduktion. För att nå längre måste man byta råvara, från oljeprodukter till förnybar råvara, t.ex. biomassa från skog och jordbruk eller avfall från industri och hushåll. Utmaningen i ett så omfattande råvaruskifte måste bedömas som mycket stor.

Massa- och pappersindustrin, som använder mest energi bland industribranscherna, står för cirka 40 respektive 80 procent av industrins el- och biobränsleanvändning. Användningen av fossila bränslen (främst olja används) är liten, varför också utsläppen av koldioxid är proportionellt sett låg. Genom bränslebyten från olja till biobränslen kan utsläppen reduceras, och utmaningen att göra det är inte lika stor som den är för kemiindustrin respektive järn- och stålindustrin.

Energieffektivisering – en av många nyckelåtgärder i omställningen

Vi har en lång tradition av energieffektivisering i Sverige, men ännu återstår åtgärder att genomföra. Inom den energiintensiva industrin är potentialen måttlig (se t.ex. figurerna ovan för järn & stål respektive kemiindustrin, i vilka energieffektiviseringar ingår i de ”gröna fälten”), medan potentialen i exempelvis bostads- och servicesektorerna är större. Allra störst betydelse för omställningen har dock effektiviseringar i transportsektorn, men dessa påverkas i hög grad av normer som sätts internationellt.

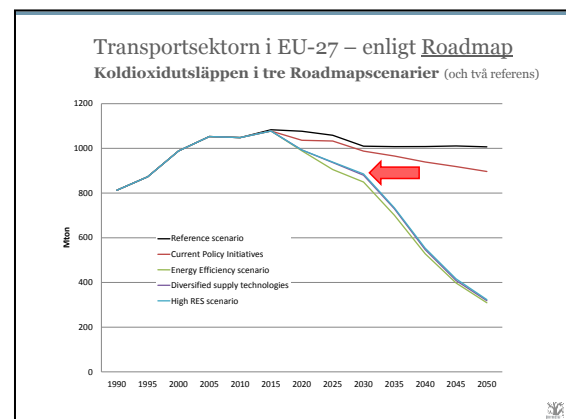
Att gå i takt med vår omvärld

Vår klimat- och energipolitik bestäms inte längre i Sverige. Att Sverige då har strävan att ”gå före” i politisk ambition för globala sektorer som industri och transporter kan leda fel.

Riksdagens mål om en fossilbränsleoberoende fordonsflotta år 2030 är mycket ambitiöst. Målet kan inte uppnås utan kraftfulla åtgärder och omställningen måste påbörjas nu.

Samtidigt kan vi konstatera att vår svenska ambition om en snabb omställning av transportsystemet inte alls överensstämmer med EU:s. EU Roadmap anger en mycket blygsam omställning till 2030, cirka 20% koldioxidreduktion (se figur), och anger istället perioden 2030-2050 som den huvudsakliga omställningsperioden för transportsektorn i EU.

Att gå i olika takt blir svårt av olika skäl. Ett är att de fordon som vi får tillgång till i Sverige utvecklas för en europeisk eller global marknad. Sverige ensamt är en alltför liten marknad.



Sverige vill ha en fossilbränsleoberoende transportsektor till 2030, medan EU har en mycket långsammare omställningstakt för transportsektorn.

En realistisk framtidsbild?

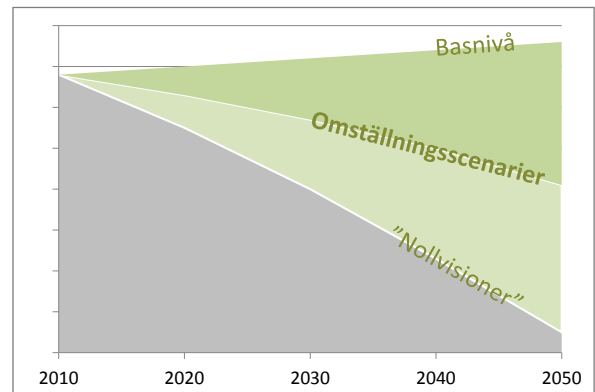
Vår utvärdering ovan av utmaningarna i omställningen har också givit oss ett underlag för en diskussion om vad som kan vara en ”realistisk framtidsbild”; dvs. en bedömning av i vilken omfattning och in vilken takt som EU och Sverige förmår att ställa om till klimatneutralitet.

Även om vi samfällt önskar en snabb lösning på klimatproblemet, visar vår analys på så stora utmaningar att det är svårt att tro att vi förmår möta dem redan till 2050. Det kan därför vara mer realistiskt att vänta sig att vi får en något långsammare omställningstakt, med en mindre omfattande omställning till 2050 än den som anges i EU:s Roadmaps och i våra svenska framtidsscenarier.

Samtidigt är det viktigt att förstå att redan en måttligare omställning ger stora utmaningar med ökade kostnader och prisstegringar. Det är därför viktigt för industrin och marknadernas övriga aktörer att vara förberedda på vilka konsekvenser även en måttligare omställning får för bl.a. energisystemens utveckling och prisutvecklingen på marknaderna.

Vi har därför gjort en genomlysning av scenarierna, utifrån följande gruppering:

1. **Basnivå:** En spegling av en möjlig business as usual-utveckling, eller "baseline".
2. **Omställningsscenarier:** Till denna grupp har vi fört de scenarier som omfattar en stor omställning av systemen, men som ändå inte siktar på en mycket stor utsläppsminskning till 2050. Hit hör bl.a. EU Roadmaps samtliga referensscenarier.
3. **"Nollvisioner":** Huvudscenarierna i Sveriges Färdplan 2050 visar vägen mot ett Sverige utan nettoutsläpp av växthusgaser. Det gör även scenarierna från WWF/IVL och Greenpeace. EU:s Roadmaps och IEA:s scenarier siktar mot ett "tvågradersmål", och anger därmed också en utveckling nära en "nollvision", för EU, Norden och Sverige.



Schematisk bild av de modellscenarier vi gjort noggranna analyser av.

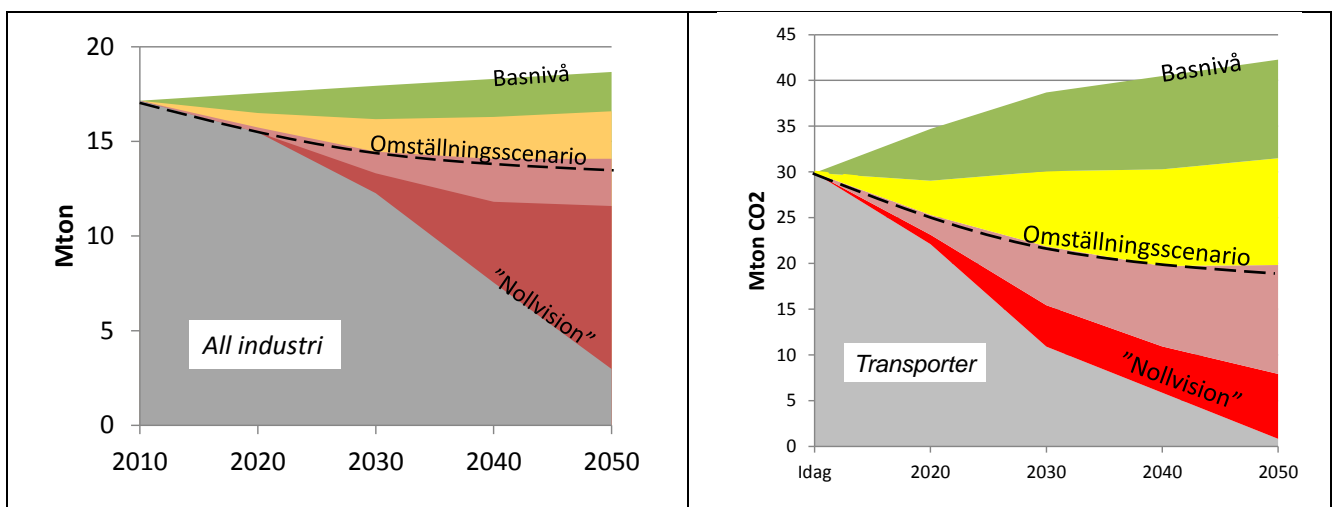
Konsekvensanalys av ett omställningsscenario och två "nollvisioner"

Med våra egna energisystemmodeller, och i samverkan med NEPP-projektet, har vi genomfört noggranna analyser av tre modellscenarier, ett "omställningsscenario" och två "nollvisionsscenarier". Med dessa scenarier kan vi analysera konsekvenserna för energisystemens utveckling och priser.

I omställningsscenariot antas reduktionen av koldioxid i Sverige (och EU) bli cirka 40% från idag till 2050. Åtgärder för att åstadkomma denna reduktion utgörs företrädesvis av de åtgärder vi ovan bedömt innebära en "måttlig respektive stor utmaning" (gröna och gul åtgärder i diagrammen). I begränsad omfattning har också några "ljusröda åtgärder" tagits i anspråk. Emissionsreduktionen i detta omställningsscenario motsvarar ett CO₂-pris i intervallet 35-50 Euro/ton, fram emot 2050.

I våra "nollvisionsscenarier" är reduktionen av koldioxid i Sverige och EU cirka 70-80% från idag till 2050. För att nå denna mycket stora utsläppsminskning måste även en majoritet av de åtgärder som bedöms utgöra en mycket stor utmaning (ljusröda och röda åtgärder) tas i anspråk.

I figurerna nedan illustrerar vi schematiskt vilken utsläppsreduktionsambition våra tre modellscenarier omfattar, i industri- och transportsektorn. I övriga sektorer har vi motsvarande utsläppsreduktioner. För elsektorn, som vi analyserat särskilt noggrant, är skillnaden i utsläppsreduktion mellan omställningsscenariot och nollvisionerna relativt liten. Orsaken är att vår elproduktion redan idag är nästan helt fri från koldioxidutsläpp till följd av den stora andelen vatten- och kärnkraft. Redan ett CO₂-pris på 35-50 Euro/ton, som vi antagit i omställningsscenariot, räcker för att nå låga utsläppsnivåer för el.



Utsläppsminskningen av koldioxid i industrin och transportsektorn i våra modellscenarier. (För transportsektorn omfattas inrikes transporter, inklusive arbetsmaskiner samt uppströms utsläpp.)

I våra studier av el- och energisystemets utveckling i modellscenarierna har vi särskilt gjort analyser av prisutvecklingen på energi-, CO₂- och certifikatmarknaderna, samt hur utvecklingen av de stationära energisystemen för el och värme utvecklas till 2050 i de olika scenarierna.

För utvecklingen enligt ”nollvisionen”, har vi analyserat två olika scenarier, vilket innebär att vi har resultat för tre modellscenarier för energisystemets utveckling:

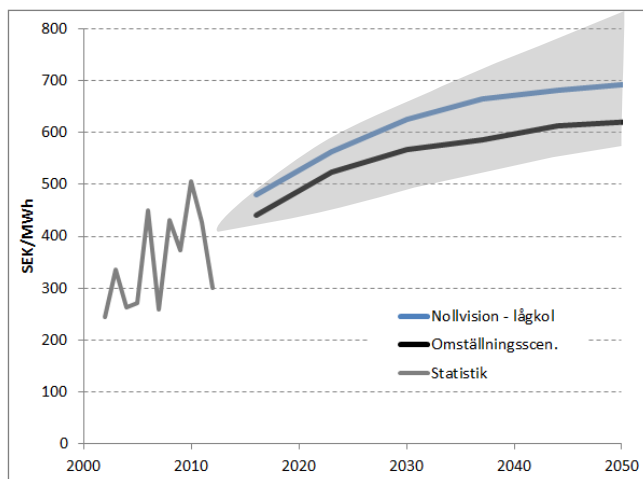
- Nollvision – lågkolsscenario; i vilket alla lågkolalternativ är tillgängliga och drivkraften för omställningen är *främst* ett allt högre CO₂-pris
- Nollvision – förnybarsscenario; med en ensidig satsning på förnybara alternativ och energieffektivisering, och omställningen drivs *främst* av omfattande stödsystem för dessa.
- Omställningsscenario; med en måttlig omställning som drivs av måttliga CO₂-ökningar och en måttlig utveckling av dagens stödsystem för förnybart och effektivisering.

Vi har också studerat varianter av dessa tre scenarier med våra energisystemmodeller, bl.a. hur utveckling påverkas av om det sker reinvesteringar i kärnkraften eller om den avvecklas.

Analyserna av energisystemets utveckling i dessa tre modellscenarier visar på följande resultat.

Vi kan inte ställa om vårt energisystem till 2050 utan att priserna stiger kraftigt

Samtliga tre modellscenarier visar på en kraftig elprisstegring i Sverige och Norden. Även i omställningsscenario stiger alltså elpriset. Det gråskuggade området i figuren nedan illustrerar inom vilket intervall elprisstegringen hamnar i alla våra modellscenarier och scenariovarianter. För att exemplifiera har vi också, inom prisintervallet, angivet elprisutvecklingen för omställningsscenario och nollvisionens lågkolsscenario (varianterna med reinvestering i svensk kärnkraft).



Elprisutvecklingen i våra modellscenarier, angivet som ett summapris (dvs. systempriset plus certifikatpriset).

I nollvisionens lågkolsscenario, som alltså inte har omfattande stödsystem för förnybar elproduktion, stiger elpriset på NordPool som en följd av stigande CO₂-priser, till en prisnivå upp emot 700 kr/MWh år 2050 (jämfört med 400-500 kr/MWh idag).

I det nollvisionsscenario som inkluderar omfattande stödsystem för förnybar elproduktion (t.ex. elcertifikat) får vi visserligen endast en mindre ökning systempriset, men å andra sidan ökar certifikatpriset rejält. Våra analyser visar på prisnivåer upp emot 800 kr/MWh år 2050, för summapriset av systempris och certifikatpris. Certifikatpriset utgör då ungefär hälften av summapriset år 2050.

Men hushållen kan få högre priser och industrin kan få lägre

Priset till hushåll och service kan dock komma att stiga mer om vi, som idag, fortsätter att bara låta en andel av konsumenterna vara certifikatpliktiga. Då kommer summapriset för dessa konsumenter nå över 1000 kr/MWh år 2050 i nollvisionsscenario med en stor andel förnybart. Övriga konsumenter däremot, som då antas bara betala systempriset - bl.a. energiintensiv industri - får förhållandevis låga elpriser (i nivå med dagens), om denna situation består i framtiden.

CO₂-priset mer än tiodubblas

I de scenarier som inte innehåller utökade stödsystem för förnybart, är det alltså CO₂-priset som är det huvudsakliga styrmedlet. I nollvisionens lågkolsscenario antar vi CO₂-priser på runt 100-150 Euro/ton år 2050, vilket är i nivå med bl.a. IEA:s globala ”tvågradersscenarier”. I de analyser EU gjort i sitt Roadmapsarbete däremot, hamnar CO₂-priset på upp emot 280 Euro/ton år 2050.

Kärnkraften har en nyckelroll i energisystemet – för priserna, kapaciteten och elexporten

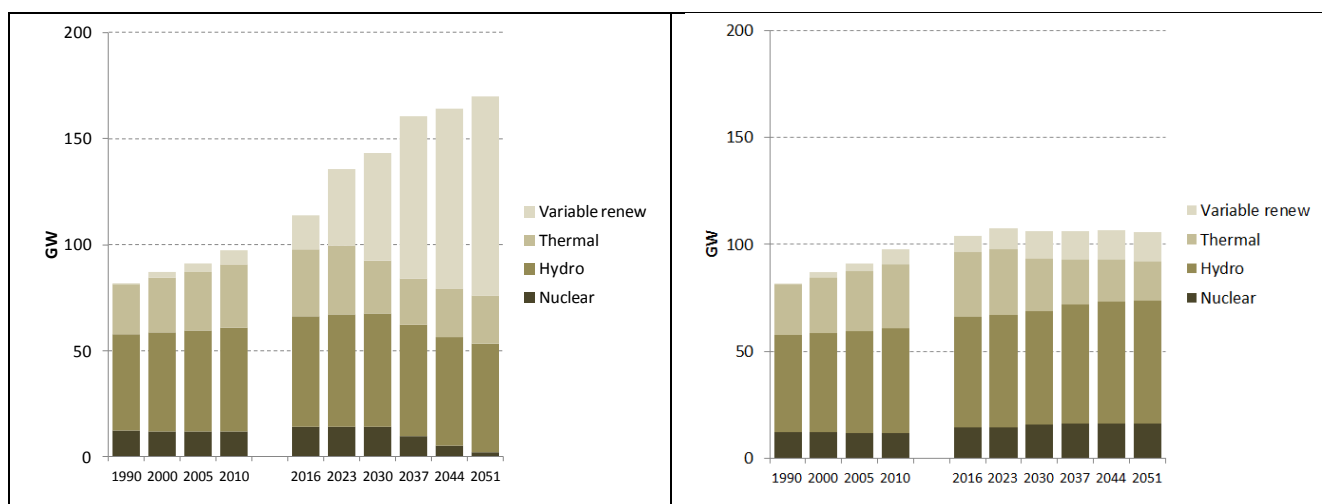
Våra modellscenarier visar samtidigt att kärnkraften har stor betydelse för elpriset och elsystemets utveckling. Vårt summpris på el (systempriset plus certifikatpriset) blir cirka 10% högre i våra modellberäkningar om inte kärnkraften bibehålls, samtidigt som kapacitetstillgången i elsystemet blir osäkrare när kärnkraften måste ersättas med mer variabel kraftproduktion.

Vad gäller elexporten så blir den *svenska* elexporten större i ett givet scenario om kärnkraften bibehålls jämfört med om den avvecklas. Skillnaden är dock mindre i ett nordiskt perspektiv.

Viktigt att ägna mer kraft åt eleffekten, för att säkra upp kapacitetstillgången i elsystemet.

- den förnybara kraft som nu byggs har lägre effektvärde och är komplexare att få på plats.

I det förnybara nollvisionsscenario, där utbyggnaden av förnybar elproduktion är mycket stor, minskar andelen ”prima” kapacitet (eleffekt) i elsystemet mycket mer än i övriga scenarier. Vindkraft och solkraft är båda variabla och delvis intermittenta till sin natur. Skillnaden framgår mycket tydligt av figurerna nedan. Även om den installerade elproduktionskapaciteten ökar rejält så krymper samtidigt den tillgängliga termiska effekten med högt effektvärde. Då blir vattenkraften särskilt viktig för att kunna balansera den variabla produktionen, särskilt i ett fall där den svenska kärnkraften avvecklas.



Elproduktionskapaciteten i Norden i ett nollvisionsscenario med mycket variabel förnybar elproduktion i vindkraft och solkraft (till vänster) och omställningsscenario (höger). Effektbehovet är cirka 100 GW i båda fallen.

Elproduktionsstrukturen är alltså problematisk ur effektperspektiv i dessa scenarier, särskilt som samma utveckling då förväntas ske i resten av Europa. Det finns experter som menar att en ”energy only marknad” (t.ex. Nordpool) inte kommer att klara av att ge tillräckliga prissignaler för att upprätthålla tillräcklig reservkapacitet. Det kan leda till reducerad leveranssäkerhet och stor prissvängningar.

Elmarknaden kan behöva reformeras, för att säkra tillgången på elproduktion i framtiden

För industrin är leveranssäkerheten av el avgörande viktig. Stora mängder ny förnybar elproduktionen påverkar förutsättningarna för elmarknaden. Ett villkor är att det finns tillräckligt med termisk kapacitet och/eller vattenkraft i systemet, samt att det finns ett väl utbyggt transmissionsnät, för att kunna garantera leveranssäkerheten.

Idag etablerar flera länder i Europa ”kapacitetsmarknader” för att garantera att kapacitet finns tillgänglig. Ett annat alternativ att säkra kapacitetstillgången i elsystemet vid mycket stora andelar variabel förnybar kraftproduktion, är att återgå till en mer långtgående politisk planering och styrning.