



2025-10-03

Slutsatser från modellering av Västra Götalands framtida energisystem

VGR Analys 2025:41

Datum: 2024-10-03

Dokumentnamn: Slutsatser från modellering av Västra Götalands framtida energisystem

Kontaktperson: Staffan Lund, Koncernkontoret, Avdelning Forskning, omställning och kompetens

E-post: staffan.lund@vgregion.se

Innehållet bygger på forskning vid Chalmers Tekniska Högskola:

Prianto, P., Göransson, L., Johnsson F., Quantifying The Role of Flexibility Measures in a Future Regional Electricity System (2025), Carried out within Swedish Electricity Storage and Balancing Center

Sammanfattning

Utifrån ett energiperspektiv är det viktigaste för industrin att det finns tillgång på el och effekt i tid för att möta planer på nyetableringar eller expansion. Den elen behöver vara tillförlitlig och inte dyrare än i omvärlden.

Chalmers Tekniska Högskola har tagit fram en modell för att beskriva Västra Götalands framtida energisystem med sikte mot år 2050. Syftet med modellen är att undersöka det mest kostnadseffektiva sättet att bygga ut ett fossilfritt energisystem, utifrån den förväntade ökningen av energibehov från fossilfri el som kommer efterfrågas av framtida industriutveckling.

Modellens resultat i korthet

Resultaten visar att det är samhällsekonomiskt mest lönsamt att Västra Götalands ökade elbehov möts med egen regional elproduktion.

Västra Götaland kan med utbyggd regional elproduktion gå från att producera 30 % av dagens behov till att täcka upp mot 80% - 90% av länets elbehov, samtidigt som effektbehovet möts med en kombination av regional effektbalansering och överföring till Västra Götaland.

Det är mest kostnadseffektivt att lösa Västra Götalands framtida energibehov med vind- och solkraft samt tillhörande balanseringsåtgärder som till exempel batterier, gasturbiner och flexibel elanvändning.

Potentialen för utbyggd elproduktion i Västra Götaland ser ut att vara tillräckligt stor även när hänsyn tas till motstående intressen. Ett fossilfritt energisystem med mycket vindkraft är till exempel ekonomiskt rationellt även när Försvarens stoppområden beaktas.

Beräkningarna visar hur produktionen av vind- och solkraft förflyttas geografiskt när hänsyn tas till stoppområden. Det behövs en dialog med Försvarens makten då de har ett flertal riksintresseområden med olika syften i länet som är svåra att bedöma ur ett samhällsplaneringsperspektiv.

Modellen visar vidare att det i ett stort län som Västra Götaland inte alltid finns en korrelation mellan områden som har stor potential för utbyggd elproduktion, och områden med stora behov av mer elenergi.

Det beskrivna energisystemet beräknas ha en kostnad på 50 öre/kWh.

Det föreslagna garantipriset för ny kärnkraft är högre (80 öre/kWh, Mats Dillén¹). Modellen föreslår därför ingen ny kärnkraft i Västra Götaland.

För att en utbyggnad av kärnkraft i Västra Götaland ska bli ekonomiskt rationellt och slå igenom i modelleringar som den från Chalmers måste systemkostnaderna ändras. Det kan till exempel ske genom att utbyggnaden av vind- och solkraft kraftigt begränsas, att importen inte kan möta behovet eller att kostnaden för ny kärnkraft kraftigt minskar.

¹ [Finansiering och riskdelning vid investeringar i ny kärnkraft, Fi 2023:F](#)

Modellens utgångspunkter

Modellen utgår från att vi 2050 har ett elbehov om 60 TWh/år.

Modelleringen är neutral till olika kraftslag. Befintlig kärnkraft med livstidsförlängning och dagens vattenkraft är en del av energimixen.

Modellen bygger på dagens befintliga elnät. Det är ur ett modellperspektiv svårt att ta hänsyn till alla möjliga variationer på utbyggd nätinфраstruktur. Den geografiska spridningen mellan föreslagen produktion och behov indikerar dock var det vore ekonomiskt rationellt att förstärka elnätet.

Beräkningar har gjorts utifrån olika antaganden om framtida importkapacitet, vilket påverkar behovet av egen regional produktion.

- Ett lågscenario med goda importmöjligheter och lägre regional produktion på 28 TWh/år med ett effektbehov om 3200 MW.
- Ett högscenario med begränsad import och ett behov av regional produktion på 49 TWh/år med ett effektbehov om 5600 MW.

Rapporten utgår från modellens högscenario som det ligger i linje med tidigare regionala bedömningar att importen kommer vara begränsad.

De 49 TWh/år regional produktion inkluderar 14 TWh/år för produktion av vätgas som används som insatsråvara i industrin. Eventuell överkapacitet används till flex- och balansåtgärder som komplement till batterier.

Områden för utbyggnaden av vindkraft på land och i kustnära områden bygger på potentialkartor från en automatiserad GIS modell (Global GIS2) som beräknar potential och kapacitet per timme för olika kraftslag. Modellen tar hänsyn till bland annat markanvändning, befolkningstäthet och olika områdesskydd. Som input har även områden framtagna i projektet Kommunernas elektrifieringsresa använts. Havsbaserad vindkraft längre ut i havet bygger på planerade nationella projekt listade i Vindbrukskollen.

Modellens inkluderar en utbyggnad av gasturbiner och kraftvärme i Stenungsund och Göteborg men även en del i Lidköping.

Bedömning av framtida elpriser i modellen är ett resultat av beräkningar som i sin tur använder sig av kostnader för ny elproduktion från danska energimyndighetens prognoser.

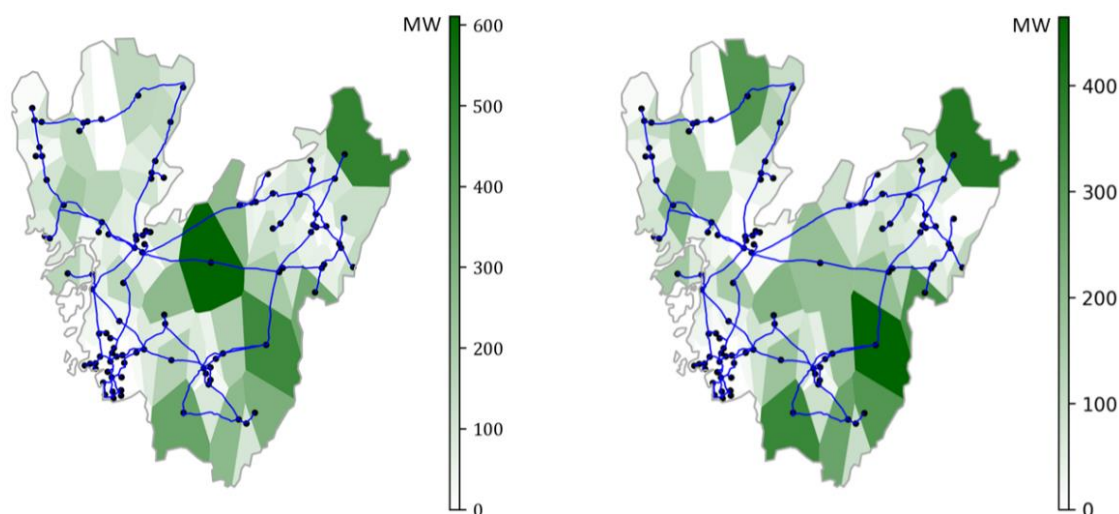
² [An autopilot for energy models – Automatic generation of renewable supply curves, hourly capacity factors and hourly synthetic electricity demand for arbitrary world regions. Chalmers 2021](#)

Potential för fossilfria energislag och balansåtgärder

Som nämns i föregående avsnitt är modelleringen neutral till olika kraftslag och beräkningar utgår från dagens befintliga elnät. De kraftslag som beskrivs i detta avsnitt är de som modellen bedömt är samhällsekonomiskt lönsamma att bygga ut i Västra Götaland för att möta behoven till 2050.

Vindkraft på land

De goda vindresurserna i Västra Götaland gör landbaserad vindkraft till det mest kostnadseffektiva energislaget. När modellen tar hänsyn till Försvarsmaktens stoppområden flyttas potentialen för vindkraftutbyggnad till andra områden i regionen och den totala utbyggnaden av vindkraft minskar med 3 TWh/år. Samtidigt ökar importen av el med 1,4 TWh/år vid hänsyn till Försvarsmaktens begränsningar.



Potential för landbaserad vind. Bild till höger med hänsyn till försvarets stoppområden. Försvarsmakten begränsar vindkraftens kapacitet i mitten (Vara) och östra delen av regionen (Hjo/Tidaholm).

Notera skillnader i gradering av index för effekt mellan bilderna.

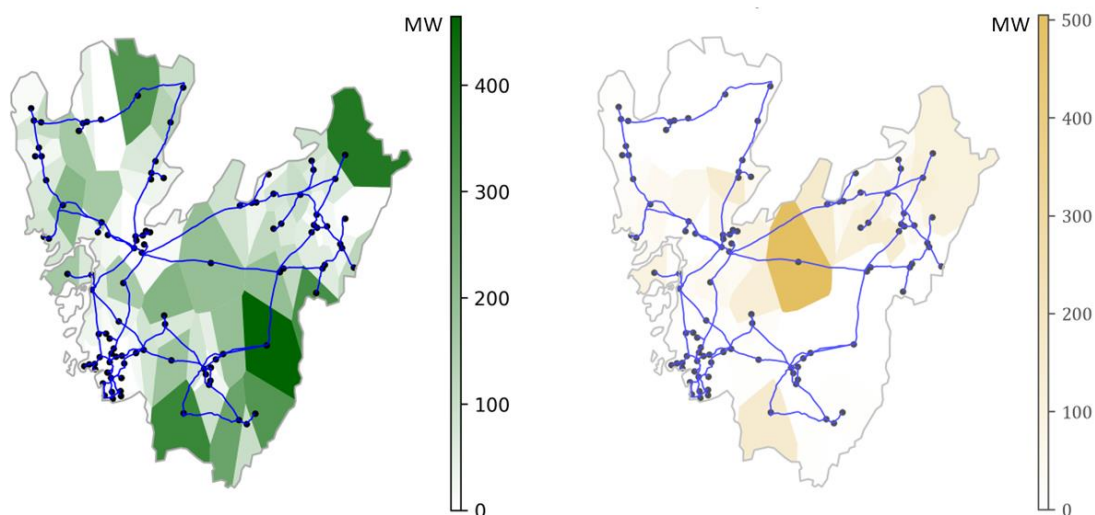
Kartans fält är ett resultat av elnätets dragning och transformatorstationers placering

Solkraft

Markinstallation av solkraft kompletterar landbaserad vindkraft genom att placeras i områden med lägre potential för vindkraft.

Solkraft byggs ut i områden där Försvarsmaktens intresse prioriteras och därmed omöjliggör vindkraft. Andelen solkraft ökar marginellt utifrån ett sådant hänsynstagande med +0,8 TWh/år.

Förutom att solkraft kommer bli ekonomiskt rationellt att bygga i områden där vindkraften får sämre förutsättningar kompletterare kraftslagen också varandra i den mening att solkraft oftast levererar mer el vid tillfällen när vindkraften producerar mindre. Enligt modellresultaten bör solkraft primärt byggas när vindkraften inte har rätt förutsättningar, men på en del platser kommer vi se båda kraftslagen parallellt.



Landbaserad vindkraft (t.v.) kompletteras av markinstallerad solkraft (t.h.). Solkraften placeras i områden med lägre potential för vindkraft. Enligt modellresultat bör till exempel Försvarsmaktens begränsningar resultera i en ökad mängd solel runt Vara.

Kartans fält är ett resultat av elnätets draging och transformatorstationers placering

Havsbaserad vindkraft

Havsbaserad vindkraft kan leverera mycket el och reducerar därmed regionens försörjningsberoende. Hög efterfrågan finns framför allt hos industrierna i Lysekil, Stenungsund och Göteborg.

Utbyggnaden av havsbaserad vindkraft ökar med 0,8 TWh/år när modellen tar hänsyn till Försvarsmaktens intressen och som minskar den landbaserad vindkraften.

Om vindkraft i kustnära havsmiljö uteblir kommer den behöva ersättas med en ökad produktion på andra håll, till exempel mer havsbaserad vindkraft längre ut från kusten. Chalmers har tidigare beräknat att om vindkraftsparken Västvind utanför Göteborg inte blir av skulle den parkens installerade effekt på 1 GW behöva ersättas med framför allt gasturbiner och mer kraftvärme samt solceller på tak, under antagandet att efterfrågan på el i Göteborg ökar.

Lagring

Det finns goda förutsättningar att med hjälp av batterier möta behovet av lagring. Batterier hjälper till att integrera vindkraft och solceller när nätkapaciteten är begränsad.

Behovet av stationära batterier kommer påverkas av utvecklingen och affärsmodeller kring uppkopplingen av elfordon mot elnätet (Vehicle-to-grid, V2G). Västra Götaland har en relativt hög befolkningstäthet och därmed stor potential för V2G jämfört med många andra delar av Sverige. Modellen inkluderar idag endast V2G från personbilar.

Vätgas är idag en viktig insatsvara för tillverkningsprocesser i flera industrier i Västsverige. Behovet av vätgas förväntas att öka samt kravet på ett fossilfritt ursprung och hög leveranssäkerhet. Med lagringsmöjligheter av vätgas tillgängliggörs en stor potential för flexibilitet och möjligheter till att balansera energisystemet då flexibel styrning av elektrolysörer ger möjlighet att hantera variationer med längre uthållighet än batterier. Modellresultaten visar att investeringar i vätgaslagring blir lönsamt där efterfrågan av vätgas är stor till exempel i Stenungsund och Lysekil.

Vätgas bidrar med flexibilitet på de platser där vätgasen konsumeras, medan batterier placeras i områden med hög elproduktion för att reducera belastning på regionnätet.

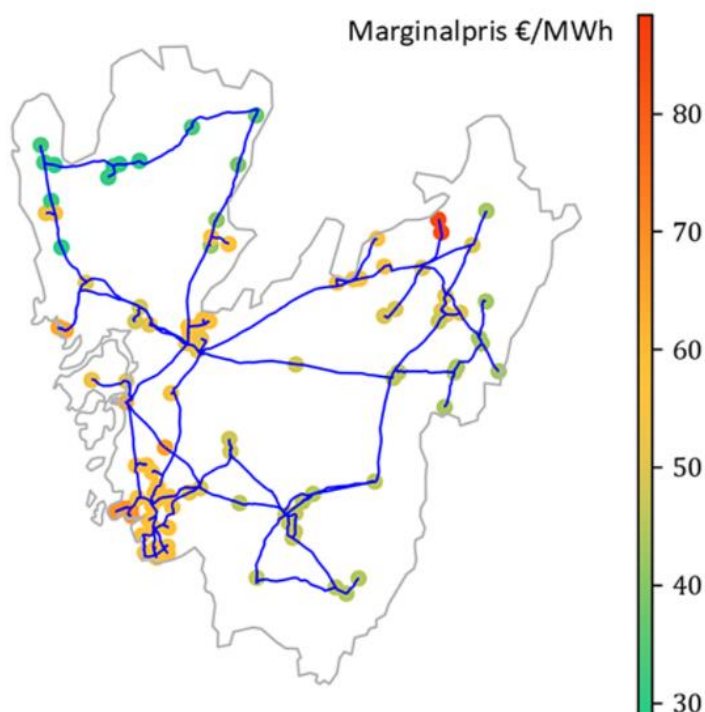
Produktion och behov sammanfaller inte i en stor geografi

Den befintliga industri som ska ställa om från fossila till fossilfria energikällor och idag kända framtida industrietableringar finns inte alltid geografiskt nära områden med hög potential för ny energiproduktion.

Även om vi har samma elpris i regionen varierar värdet av el. På en del platser är behoven stora, men möjligheterna till import eller överföring begränsade. På andra platser kan mycket produktion byggas ut, men det finns ingen stor lokal efterfrågan. Värdet av elen kan illustreras med marginalkostnaden vid olika punkter på transmissions- och regionnät. Det vill säga hur mycket kostnaden skulle öka vid en liten ökning av behovet.

I områden med noder som går åt orange och rött finns ett stort behov som inte korresponderar mot produktion vid samma plats. Det gäller till exempel Mariestad, Vargön och runt Göteborg. Vargön är ett bra exempel eftersom det i modelleringens resultat är tydligt att det saknas potential för landbaserad vindkraft.

Även om Chalmers modellering inte gör beräkningar på nytt elnät blir ett resultat att elnätet skulle kunna byggas ut mot Dalsland för att minska det höga marginalpriset på el runt Vargön. I Dalsland finns det en högre potential för vindkraft än behov/betalningsvilja.



Elpriset påverkas inte av lokalisering av vare sig produktion eller konsumtion. Modellens resultat indikerar flaskhalsar i regionens elsystem.

Relaterade investeringar i energisystemet

Följande resonemang ligger utanför Chalmers modellering men är relevanta utifrån Västra Götaland och följer av resultaten i Chalmers resultat.

Kärnkraft

Modellen räknar med nuvarande nivåer av kärnkraftsel i energisystemet, och kärnkraft är en del av Västra Götalands elmix idag genom import.

Insatser för nya reaktorer samt livstidsförlängningen av befintliga reaktorer vid Ringhals innebär att kärnkraft kommer vara en del av Västsveriges elmix även under kommande decennier.

Det råder dock osäkerheter om tidsperspektiven för ny och livstidsförlängd kärnkraft. Sol- och vindkraft med sina kortare etableringsprocesser ger industrin det nödvändiga energibehovet i det kortare tidsperspektivet.

Ytterligare en osäkerhetsfaktor gäller prisbilden där det föreslagna garantipriset för ny kärnkraft är 80 öre/TWh medan Chalmers beräkningar för regional förnybar energiproduktion landar på cirka 50 öre/TWh.

Vattenfall har vid en pressträff aviserat att man går vidare med två leverantörer av kärnreaktorer utanför Ringhals. Den planerade nybyggnationen av nya reaktorer vid Ringhals ska omfatta 1500 MW, vilket nästan motsvarar de två reaktorer som stängdes 2019 och 2020.

I ett andra steg finns planer på ytterligare reaktorer motsvarande 1000 MW samt en livstidsförlängning till 2060 av befintliga reaktorer. Om Vattenfall skulle realiserar nybyggnationens båda steg samt den planerade livstidsförlängningen av befintliga reaktorer kan det vid en tidpunkt efter 2040 finnas en installerad effekt vid Ringhals på 4700 MW. Det är 800 MW mer än när Ringhals hade alla fyra reaktorer i drift innan 2019.

Ovanstående gäller under förutsättning att livstidsförlängning kan ske utan elförsörjningskritiska stopp under ombyggnad eller under förlängd drift. Planerna betyder att efter 2060 när de livstidsförlängda anläggningarna stängs ned är total effekt vid Ringhals tillbaka på dagens nivåer.

Kärnkraften kommer ge en fortsatt elförsörjning till Västra Götaland under kommande decennier men utifrån den omställningstakt som västsvensk industri behöver för att fortsätta vara globalt konkurrenskraftig ersätter

inte kärnkraften behovet av regionalt utbyggt energiproduktion. Varken i installerad effekt eller tidsperspektiv.

Havsbaserad vindkraft

I Chalmers modellering kommer det vara samhällsekonomiskt lönsamt att bygga havsbaserad vindkraft både nära land (med bottenfasta fundament) och längre ut till havs (med flytande fundament).

Både Västra Götalandsregionen och Länsstyrelsen bedömer att det i dagsläget är Försvarsmaktens intressen som prioriteras och därmed är det i det flesta fall inte möjligt att bygga havsbaserad vindkraft nära kusten.

Det innebär att de områden för kustnära havsbaserad vind som identifierats i Västra Götalandsregionens projekt Kommunernas elektrifieringsresa inte kommer kunna bidra till den regionala elförsörjningen.

Om det inte blir möjligt att bygga ut havsbaserad vindkraft nära land så kommer modellen räkna med att den ersätts med andra kraftslag. Det kan som i fallet med Västvind som beskrivs tidigare ersättas med bland annat gasturbiner och kraftvärme, men det kan också läggas större vikt på mer havsbaserad vind längre ut till havs.

Elnät

Modellen bygger på dagens befintliga elnät

Modellen visar att det i ett stort län som Västra Götaland inte alltid finns en korrelation mellan områden som har stor potential för utbyggd elproduktion, och områden med stora behov av mer elenergi.

Resultaten visar att elnätsutbyggnaden också är viktig och behöver ske parallellt med behovet av ökad elöverföring.

Chalmers resultat bygger på att produktion kan byggas ut enligt modelleringen. Om produktion inte tillåts på platser som modelleringen visar behöver det bortfallet bland annat hanteras med ökad elöverföring via utbyggt elnät.

De långa tidsperspektiven i elnätsutbyggnaden gör att vi behöver bygga elnäten mer utifrån en prognosstyrd planering.