

Aggregatorers affärsmöjligheter och risker på den dagliga elmarknaden

Nedan följer en beskrivning av projektets innehåll och genomförande. Projektet handlar om återförsäljare av el, och deras framtida utökade roll och möjligheter på elmarknaden. Traditionellt har återförsäljare av el haft till uppgift att förse sina kunder med den el som efterfrågas, men har inte haft möjligheter att justera eller ändra kundens elkonsumtion för att anpassa denna till prisvariationer på elmarknaden eller för andra syften.

Med termen *aggregator* åsyftar denna ansökan en utökad roll för återförsäljare¹, som genom att aggregera många kunders laster kan agera mer aktivt på elmarknaden och erbjuda systemtjänster². Aggregatörer har möjligheter att i någon mån styra sina kunders konsumtion, vilket kan ske direkt via styr signaler eller indirekt via prissignaler.

Syfte och mål

Framtidens elkraftssystem förutspås ha ett större behov av balansering på olika tidshorisonter på grund av variationer i tillgänglig produktionskapacitet, dvs vind- och solkraft [1]. Aggregatörer förutspås utgöra en viktig pusselbit för att möjliggöra efterfrågefleksibilitet och att ta denna flexibilitet till marknaden. I förlängningen innebär detta en effektivare marknad och system, och ökade möjligheter att integrera förnybara energilag som vind- och solkraft. Aggregatörer utgör en viktig länk mellan slutkunderna och elmarknaden/systemet, och har därför en central betydelse för hur väl flexibilitet i efterfrågan kan spela en roll i elkraftsystemet.

Syftet med detta projekt är att studera hur aggregatörer kan agera på den dagliga marknaden för fysisk³ leverans av el. Utöver den dagliga marknaden finns också långsiktiga leveransavtal, vilket dock inte ingår i detta projekt. Med den dagliga elmarknaden menas här handel på följande marknadsplatser:

- Dagen-före-marknaden: Huvuddelen av energin på den dagliga elmarknaden handlas per timme dagen innan leveranstimmen på den så kallade spotmarknaden. Till denna skickar aktörer köp- och/eller säljbud 12-36 timmar före den aktuella timmen börjar. I Norden finns en gemensam spotmarknad som drivs av Nord Pool [2].
- Intradagmarknaden: Eftersom buden på spotmarknaden skickas 12-36 timmar innan den aktuella timmen börjar, kan det uppstå ett behov att justera sina handlade volymer enligt uppdaterad information rörande exempelvis temperaturer. Detta kan göras för en specifik timme efter det att priser och volymer från spotmarknaden publiceras fram tills en timme innan den aktuella timmen påbörjas. Denna intradagmarknad heter i det nordiska systemet Elbas [2] och drivs av Nord Pool.
- Reglermarknaden: Reglermarknaden är en realtidsmarknad för effekt som systemoperatören Svenska Kraftnät (SvK) har för att köpa reglerkraft på en kontinuerlig basis. Vid behov antar SvK bud från en budstege till vilken bud kan skickas in till strax före den aktuella timmen börjar. Handeln på reglermarknaden kan både reflektera ökning i konsumtion (för nedreglering) och minskning av konsumtion (för uppreglering).

¹ Aggregatörer kan också vara andra aktörer än återförsäljare. I denna ansökan antas dock perspektivet hos en återförsäljare som också agerar som aggregator.

² Drivkrafter för att aggregera laster kan dels vara ekonomiska, men också för att uppfylla krav hos marknadsregler gällande kapacitet osv. för att kunna leverera systemtjänster.

³ Här särskiljs den fysiska handeln med el från den finansiella handeln, som oftast sker på längre tidshorisonter.

Vidare ingår också balansavräkningen där balansansvariga aktörer får kompensera i efterhand för obalanser mellan inköpta timvisa energikvantiteter och faktiska konsumtionsnivåer [3].

Som synes ovan följer den dagliga fysiska handeln med el en viss process med handel dagen före, justering av volymer fram till timmens början, en realtidsmarknad för reglering, samt en efterhandsmarknad för obalanser. Detta projekt ska studera hur en aggregator kan agera genom hela processen, med fokus på de tre förstnämnda marknaderna, för att utvärdera olika affärsmöjligheter.

Aggregatorer är aktörer på en marknad och deras existens möjliggörs genom livskraftiga affärsmodeller. Detta innefattar dels erbjudanden till slutkunder som tecknar avtal med dessa aktörer, dels erbjudanden och möjligheter på systemnivå. Detta projekt betraktar handel på marknadsplatserna ovan och har som mål att utveckla metoder som kan användas av aggregatorer för handel på dessa marknader. Specifika mål för projektet är följande:

- Utveckla metoder och modeller för planering av aggregatorers handel på elmarknaden, inklusive Nord Pool spot, intradagmarknaden Elbas, reglermarknaden, samt hantering av obalanser.
- Tillämpa de utvecklade modellerna i ett realistiskt affärsscenario för en aggregator och dess agerande på dagens elmarknad, med syfte att utvärdera möjligheterna under dagens elmarknadssituation.
- Studera möjligheterna för en aggregator på en framtida marknad med alternativa prisbilder än vad som existerar på dagens marknad.
- Rapportera projektet i rapportform och med en presentation av resultat och lärdomar från projektet, med mål att presentera detta på en konferens, workshop eller seminarium för olika intressenter.
- Att göra de generiska metoder och modeller som projektet utvecklar tillgängliga för andra intressenter genom publiceringar och att göra mjukvaran som öppen källkod.

Planeringen för elhandel sker innan leverans, vilket ger att planering sker under osäkerhet. De utvecklade metoderna ska därför beakta osäkerheter som existerar i planeringen och som påverkar det ekonomiska resultatet och ekonomiska risker. Dessa osäkerheter består i priser och i tillgänglig flexibilitet och lastnivåer.

Målgruppen för projektets resultat är återförsäljare och energitjänstleverantörer, och forskarsamhället. De generiska metoder som utvecklas inom projektet tillgängliggörs för alla aktörer som vill ta del av dessa.

Problemet, dess bakgrund och avgränsning

Elkraftsystemets utveckling mot ett hållbart energisystem med stora mängder variabel produktion som vind- och solkraft, ger upphov till utmaningar när det gäller balanseringen av elkraftsystemet [4]. Med större mängder förnybar kraft följer ett ökat behov av att möta variationer i produktion och konsumtion på olika tidshorisonter [1]. Traditionellt har balanseringen på tidsskalan från dygn till kontinuerlig drift varit en funktion som främst hanterats av vattenkraft i det nordiska systemet, och det finns ingen anledning att tro att inte vattenkraften kommer ha en fortsatt central balanseringsroll i framtiden. Dock finns det begränsningar även i vattenkraftens flexibilitet, och det finns ekonomiska faktorer som gör att det kan vara effektivt att använda även andra resurser i balanseringssyfte.

Ur detta perspektiv har frågan om efterfrågefleksibilitet aktualiserats. Frågan om hur efterfrågan kan göras mer flexibel är inte ny; det har diskuterats under en längre tid och i samband med avregleringen av elmarknaden på 90-talet. Bland annat har den diskuterats ur perspektivet att en mer priskänslig efterfrågan ger en effektivare marknad. Det senaste decenniet har frågan om hur efterfrågan kan göras mer känslig mot prisskillnader (till skillnad från känslig mot priset självt)

diskuterats och ett antal forsknings- och demonstrationsprojekt har genomförts runt om i världen med avseende på detta. Exempel på detta är US Demand Response and Energy Storage Integration Study [5], [6], EcoGrid [7] och S3C [8]. I Sverige har projekt som Smart Grid Gotland [9], Norra Djurgårdsstaden [10], E.On:s Hyllie-projekt [11] och flera projekt inom programmet Market Design [12] betraktat frågan om efterfrågefleksibilitet. Gemensamt för dessa projekt är att de fokuserar på tekniska lösningar och hur slutanvändare kan engageras i energifrågor.

En utmaning som identifierats är hur efterfrågefleksibilitet kan tas till råkraftmarknaden, eftersom det finns en tydlig avgränsning mellan denna och slutkunderna. En roll på marknaden som kan bidra till att överbrygga detta är aggregatorer, vilka genom att agera för ett större antal kunder tillsammans exempelvis kan erbjuda reglerkraft och agera på den timvisa handeln på Nord Pools spotmarknad. En aggregator kan därmed ses som en utökad roll för dagens återförsäljare, men kan också vara fristående från dessa. Det centrala med en aggregator i detta perspektiv är att den kan, antingen direkt via styrsystem eller indirekt via prissignaler, styra kundernas elförbrukning i någon utsträckning. I vilken utsträckning detta är möjligt beror på tekniska begränsningar hos kunderna i termer av styrsystem osv, samt i fallet med att kunder agerar på prissignaler, hur känsliga dessa är för variationer i pris.

Givet en viss kundbas och med den kunskap som aggregatorn besitter om sina kunder, återstår problemet för aggregatorn hur den ska agera på marknaden, och hur den bör styra sina kunders förbrukning för att kunna skapa livskraftiga affärsmodeller. Vidare utsätts aggregators för en mängd osäkerheter i priser och i möjligheterna att realisera flexibiliteten i kundernas förbrukning. Detta behöver beaktas för att hantera ekonomiska risker relaterade till exempelvis obalanser. Aggregators roll på elmarknaden har studerats och modellerats i projekt genomförda i andra delar av världen, exempel återfinns i [13], [14] och [15]. Studierna utgår från andra marknadsförhållanden än de som är representativa för Sverige och Norden; dock utgör de modeller som presenteras en god grund för metod- och modellutvecklingen i detta projekt.

Således, problemet som detta projekt avser analysera och lösa är frågan hur aggregatorer ska agera på marknaden för att uppnå sunda ekonomiska förutsättningar för sin verksamhet, inklusive riskhantering. Detta kräver dock verktyg för att kvantifiera nyttor och risker.

Förslag till lösning

En del av lösningen för att skapa stabila affärsmodeller för aggregatorer och att kvantifiera nyttor och risker är att använda metoder och modeller vars syfte är att planera för handel på elmarknaden. Detta projekt avser utveckla sådana modeller för aggregatorer som kan användas för handel på den dagliga elmarknaden, inklusive ekonomisk riskhantering. Metoderna ska generera kvantiteter för köpbud för den dagliga elmarknaden, föreslå agerande på intradagmarknaden, samt föreslå konsumtionsbud till reglermarknaden. Vidare ska kostnader för obalanser inkluderas i modellen. För att verifiera modellen ska den tillämpas i en realistisk fallstudie som reflekterar möjligheterna i dagens svenska och nordiska elmarknadssituation, men analyser ska också utföras för att utvärdera affärsmöjligheter under olika utvecklingsscenarier för den framtida elmarknaden.

Projektet fokuserar just på handeln, de tekniska lösningar som möjliggör efterfrågefleksibilitet utgör viktig information för projektet men kommer inte utvecklas i detta projekt. I detta perspektiv blir det naturligt att applicera ett top-down-perspektiv där lasten och de tekniska begränsningarna betraktas på en aggregerad nivå.

Projektet är avgränsat till att betrakta följande:

- Fysisk handel av el på dagenföre-, intradag- och reglermarknaden.
- Kostnader relaterade till obalanser.

- Laster på aggregerade nivåer. Lokal produktion är inte en del i detta projekt.
- Osäkerheter i priser och aggregerade laster.

Metod

För att kunna utvärdera olika affärsmöjligheter behövs en metod som kan användas för att kvantifiera den affärsmässiga nyttan och de ekonomiska risker som föreligger. I projektet kommer en modell att utvecklas som kan utföra sådana analyser. Modellen kommer att generera planer för hur aggregatorn ska agera på elmarknaden, givet tekniska förutsättningar och begränsningar; kostnader och priser; samt osäkerheter i dessa. Ett matematiskt verktyg som lämpar sig väl för sådana modeller är stokastisk optimering [16], dvs att agerandet på marknaden optimeras under osäkra förutsättningar. En preliminär bedömning är därför att de utvecklade modellerna kommer att baseras på denna matematik.

Alla modeller utgör approximationer av verkligheten, och det är därför centralt ur ett modellutvecklingsperspektiv att modellerna verifieras. Olika modeller har olika förutsättningar för detta. En modell som simulerar ett fysiskt system kan verifieras genom betraktelser av det verkliga systemet och jämförelser med modellresultat. En beslutsmodell har inte samma möjligheter att verifieras eftersom resultaten utgör beslut, inte ett resultat av en fysisk eller teknisk realitet. Det är därför viktigt att ha diskussioner med aktörer som är avnämare till beslutsverktyget om de resultat som kommer ur modellen för att säkerställa rimligheten och användbarheten hos verktyget. Dessa diskussioner görs utifrån modellresultat som använt data som reflekterar dagens situationer på elmarknaden. När väl en modell som genererar realistiska och logiska planer har tagits fram, kan denna användas för att studera möjliga framtida situationer på elmarknaden med andra prisbilder.

Fallstudierna som projektet avser genomföra bör förankras med intressenter och mottagare av resultaten från projektet för att säkerställa att dessa är relevanta. Detta gäller både hur handeln av energi och reglerkraft ska betraktas, men också egenskaperna hos de kunder och laster som ingår i analyserna med avseende på sammansättning och potentialer. Olika sammansättningar av den betraktade portföljen ger olika egenskaper när det gäller flexibilitet, och det är därför viktigt utifrån möjligheterna att dra adekvata slutsatser att relevanta sammansättningar ingår i analyserna.

Med bakgrund i ovanstående kommer projektet huvudsakliga steg beskrivas enligt tabellen nedan.

Steg nr	Beskrivning
1	Utveckla generisk modell som genererar planer för hur aggregatorn ska agera på elmarknaden (spot- och reglermarknaden samt Elbas).
2	Föreslå portföljsammansättningar med tillhörande egenskaper som sedan diskuteras med representanter från Göteborg Energi och justeras i enlighet med diskussionerna. Dessa sammansättningar kan delvis hämtas från publicerade studier, men också definieras utifrån behov hos Göteborg Energi.
3	Genomföra beräkningar med den utvecklade modellen från 1 och last/kundportföljer från 2.
4	Validera modellen genom att studera resultat bestående i planer etc och diskutera dessa med elhandlare och/eller andra personer med kunskaper i frågan. Som indata till modellen används aktuella och/eller historiska elmarknadsdata. Justera modellen i enlighet med dessa diskussioner.
5	Iterera punkterna 1-4 om så är nödvändigt.
6	Applicera modellen i analyser om aggregatorns affärsmöjligheter på en framtida elmarknad med andra priser än på dagens. Som indata till modellen används här simulerade och/eller manipulerade priser som ska representera möjliga framtida elmarknadspriser

Som indikerats ovan innefattar arbetet iterationer med representant(er) från Göteborg Energi. För att förankra möjligheterna kring detta har projektet diskuterats och förankrats med Carl Petersson, portföljförvaltare, på Göteborg Energi.

Tidsplan och genomförande

Projektet är indelat i arbetspaket enligt nedan.

- **WP1 Projektledning**
Gångse projektledaruppgifter, såsom planering och ekonomisk redovisning.
- **WP2 Metod- och modellutveckling**
Metoderna beskrivna ovan utvecklas inom detta arbetspaket som omfattar majoriteten av arbetet i projektet. Omfattar stegen 1 och 3 ovan.
- **WP3 Fallstudier**
Fallstudierna som ingår i projektet genomförs i detta arbetspaket. Fallstudierna kommer omfatta minst två marknadssituationer som tidigare beskrivits. En om dagens situation, en som ska visa på framtida möjligheter. Omfattar stegen 2, 4 och 6 ovan.
- **WP4 Resultatspridning**
Resultatredovisning och spridning främst genom rapport och presentationer, men också genom att tillgängliggöra utvecklad mjukvara.

Projektet löper över 10 månader. En tidsplan för projektet och de ingående arbetspaketen återfinns i nedanstående Gantt-schema.

	Projektmånad										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
WP1 Projektledning	■								■		
WP2 Metodutveckling	■										
WP3 Fallstudier			■					■			
WP4 Resultatspridning							■				

Projektet genomförs av SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut och följande nyckelpersoner är involverade i projektet:

Magnus Brolin (Tekn.Dr.) är sedan 2010 forskare och projektledare i energisystem på SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut. Hans nuvarande forskning fokuserar på elmarknader, smarta nät, samt integrerade energisystem. Magnus har en forskarbakgrund från KTH där han arbetade med stokastisk modellering av elpriser och hur vattenkraftägare kan bjuda in el till spot- och reglermarknaden under osäkerheter.

Claes Sandels (Tekn.Dr.) är sedan 2016 forskare på SP inom modellering och analys av framtida energisystem. Claes har doktorerat på KTH inom elförbrukningsmodeller anpassade för analys av smarta elnät.

Johan Söderbom (Civ. ing.) är sektionschef på SP och har över 20 års erfarenhet från forskning och utveckling inom elkraftbranschen. Johan kommer agera som granskare och bistå projektet med sin erfarenhet och kunskap från elmarknadsområdet.

Värdering av projektets nytta

Utvecklingen av elmarknaden pekar på ett ökat behov av flexibilitet. För att möta denna utveckling och behålla konkurrenskraftiga priser och tjänster, behöver elmarknadens aktörer utveckla sitt utbud

av produkter och tjänster. Aggregatörer existerar i mycket ringa utsträckning på dagens marknad; mycket på grund av att dagens situation på den nordiska elmarknaden inte för med sig tillräckliga incitament och ekonomiska möjligheter för dessa aktörer. Detta kan dock komma att ändras i framtiden. Värdet av detta projekt ligger därför i det strategiska värdet av att utveckla affärsmöjligheter på längre sikt, och att skapa ett kunskapsunderlag som kan omsättas i praktik när de ekonomiska förutsättningarna är de rätta.

Värdet för elmarknadens aktörer av detta projekt kan således i det längre perspektivet beskrivas som ökade möjligheter till kostnadsminskningar genom en ökad aktivitet på spotmarknaden och intradagmarknaden, och möjligheter till nya eller ökade intäktströmmar från reglermarknaden. Genom att analysera dessa intäkter/kostnadsminskningar kan också analyser genomföras under vilka omständigheter som olika investeringar som möjliggör efterfrågeflexibilitet är effektiva.

Rapportering och information

Projektet avrapporteras i form av en rapport som överlämnas till finansiären vid projektets slut. Rapporten ska beskriva projektet och presentera frågeställningarna och andra resultat som projektet kommit fram till. Tänka målgrupper för projektresultaten inkluderar följande:

- Möjliga aggregatörer såsom energibolag, återförsäljare och energitjänsteföretag.
- Forskare inom elmarknader, energisystem, energitjänster, etc.
- Myndigheter och verk som tex Energimyndigheten, Energimarknadsinspektionen och Svenska Kraftnät som behöver kunskap om olika aktörers möjligheter att verka på elmarknaden och att erbjuda systemtjänster.

Utöver rapporten sammanfattas projektets resultat i en presentation som presenteras för finansiärer och andra intressenter. Ett mål är att presentera projektet på en relevant konferens, workshop eller seminarium som riktar sig till olika intressenter.

Projektet avser i den mån det är möjligt att tillgängliggöra de utvecklade modellerna som öppen källkod för att öka spridningen av projektresultaten och användningen av dessa.

Referenser

- [1] L. Söder, S. Larsson, N. Dahlbäck, J. Linnarsson. Reglering av ett framtida svenskt kraftsystem. NEPP report. November 2014. <http://www.nepp.se>
- [2] Nord Pool spot hemsida: <http://www.nordpoolspot.com/>
- [3] Avtal om Balansansvar för el mellan Affärsverket svenska kraftnät ("Svenska Kraftnät") och ... AVTAL/1960. Svenska kraftnät. Tillgängligt på <http://www.svk.se/> .
- [4] Planera för effekt – Slutbetänkande från Samordningsrådet för smarta elnät, Samordningsrådet för smarta elnät. SOU 2014:84. December 2014.
- [5] D. J. Olsen, S. Kiliccote, N. Matson, M. Sohn, C. Rose, J. Dudley, S. Goli, M. Hummon, D. Palchak, P. Denholm, J. Jorgenson, O. Ma. Grid Integration of Aggregated Demand Response, Part 1: Load Availability Profiles and Constraints for the Western Interconnection. Lawrence Berkeley National Laboratory, 2013.
- [6] M. Hummon, D. Palchak, P. Denholm, J. Jorgenson, D. Olsen, S. Kiliccote, N. Matson, M. Sohn, C. Rose, J. Dudley, S. Goli, O. Ma. Grid Integration of Aggregated Demand Response, Part 2:

- Modeling Demand Response in a Production Cost Model. National Renewable Energy Laboratory, 2013.
- [7] EcoGrid EU: Overall evaluation and conclusion. August 2015. Tillgänglig på <http://www.eu-ecogrid.net>.
- [8] Smart Consumer, Smart Customer, Smart Citize (S3C) hemsida <http://www.s3c-project.eu>.
- [9] Smart Grid Gotland - Pre-study, GEAB, Vattenfall, ABB, KTH. Augusti 2011.
- [10] C. Bergerland, K. Faber, O. Hansson, Norra Djurgårdsstaden: Nya marknadsmodeller för engagerade kunder. Elforsk rapport 11:66. Oktober 2011.
- [11] Energimyndighetens hemsida: <http://www.energimyndigheten.se/forskning-och-innovation/forskning/fornybar-el/elnat-och-elmarknad/projekt/smarta-nat-for-ett-hallbart-energisystem-i-hyllie-2011-2015/>
- [12] L. Magnell, T. Wall, En elmarknad i förändring – Syntesrapport av Market Designprogrammets fjärde etapp. Elforsk 2014.
- [13] R. Ruelens, S. Weckx, W. Leterme, S. Vandael, B. J. Claessens, R. Belmans. "Stochastic portfolio management of an electric vehicles aggregator under price uncertainty", 4th IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Europe (ISGT Europe), Köpenhamn, Danmark, 2013.
- [14] M. Bina, D. Ahmadi, "Aggregate domestic demand modelling for the next day direct load control applications", IET Gener. Transm. Distrib. 8 (7).
- [15] Y. Xu, L. Xie, C. Singh, "Optimal scheduling and operation of load aggregators with electric energy storage facing price and demand uncertainties", Proc. North American Power Symposium (NAPS), 2011, Boston, MA, USA, 2011.
- [16] J. R. Birge, F. Louveaux, Introduction to stochastic programming, Springer Verlag New York Inc., 1997.