

Energimyndighetens titel på projektet – svenska Växlande Effekttreglering	
Energimyndighetens titel på projektet – engelska Coordinating power control	
Universitet/högskola/företag Sustainable Innovation	Avdelning/institution Projekt
Adress Drottninggatan 33, 11151 Stockholm	
Namn på projektledare Joachim Lindborg	
Namn på ev övriga projektdeltagare Björn Berg, Anders Becker, Stefan Gabrielsson, Håkan Österlund, Fredrik Fernlund, Jonathan Ridenour, Per Axelsson, Rasmus Landhagen, Olle Lindblom, Hans Nyhlén.	
Nyckelord: 5-7 st Efterfrågefleksibilitet, smarta elnät, kapacitetsbrist,	

Förord

Växlande effekttreglering (VäxEI) har genomförts av Sustainable innovation tillsammans med tre entreprenörsföretag som är de bästa inom sina respektive produkt linjer, Ngenic (ngenic.se), styrning av elbaserad vattenburen värme i fastigheter Ferroamp (ferroamp.com), batterier och kraftelektronik för hantering av sol och fasutjämning samt Chargestorm, numera C-TEK E-mobility (chargestorm.se), fjärrstyrning och effekthantering av laddinfrastruktur. Tillsammans med Stuns Energi (stunsenergi.se) och elnätsbolaget Upplands Energi (upplandsenergi.se) Medfinansiering har skett av projektdeltagare med tid och energimyndigheten har bidragit med 35%.

Projektet har haft stor nytta av de eldsjälar som ställt upp med sina fastigheter för våra tester och styrningar Kristian Jakobsson, Lennart Andersson, Fredrik Björklund, Catherine Löfquist, Joakim Wiberg, Mattias Ehlin och Björn Berg.

Tillsammans har vi brutit helt ny mark inom efterfrågefleksibilitet och vi har genom extremt tät dialog med branschen i olika forum diskuterat problemen och de lösningar som vi belyser genom VäxEI både med Energimarknadsinspektionen, nätbolag och flexibilitetsaktörer vi har deltagit i alla större forum för elnätets omställning under projektiden, både officiella och även i bilaterala möten. Vi har haft flera seminarier i Almedalen. Projektet har gjort avtryck i policys och fortsatta diskussioner mot ett förnybart energisystem med mycket variabel produktion och flexibel energianvändning.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	3
Summary	4
Inledning/Bakgrund	5
Genomförande	6
Inledning allmänt om genomförandet	6
Kund installationer gjorda inom projektet	7
styrnings utmaning	7
Optimeringsmodulen	9
Scenario 1, lokalnätsoptimering	9
Scenario 2, dynamisk effektoptimering	13
Scenario 3, kundens egenanvändning	14
Resultat	15
Vem skall få trycka på knappen	15
Installationer i Svenska hem	16
OpenADR en öppen standard för automatisk efterfrågeflex:	17
Sommarstyrningen 2018	18
System ID: 269	19
System ID: 268	19
System ID: 304	20
System ID: 305	20
System ID: 307	21
Vinterstyrningen 2019	21
System ID: 269	22
System ID: 268	22
System ID: 304	23
System ID: 305	23
System ID: 307	23
Optimering lokal transformator / delsystem överordnad styrning	24
Fortsatt forskning om kundengagemang	24
Ekonomi hos batterier i villamiljö	24
Tariffer	24
Flexibilitetstariff	25
Effekttariff med flexibilitetsrabatt	25

Diskussion	25
Nätnytta av jämn belastning	27
Solceller och inverters med styrning	27
Krav på uppkoppling och nätanslutning om man får statliga bidrag	27
Publikationslista	28
Isgan awards	29
Reflex studenter	30
Exjobb	30
Mässor presentationer m.m	30
Building sustainability 2018	30
Svenska Solelmässan	30
Konfresen Samspel presentation Joachim Lindborg	30
stockholmsmässan Framtidsplaning fastighetsenergi	30
Tidnings artiklar	31
almedals seminarier	31
Internationellt besök	32
Referenser, källor	32
Bilagor	33

Sammanfattning

Växlande Effektreglering (VäxEI) började sitt arbete som en fortsättning på projektet “nya samverkansformer på energimarknaden” (KlokEI) i en tid då “Efterfrågefleksibilitet” var ett ganska okänt begrepp tillsammans med “effektbrist” och “kapacitetsbrist”. Projektet har gjort pionjärbete i att visat på de stora fördelar som flexibilitet kan skapa men också den stora komplexitet som detta innebär i vem som får installera, styra och hur system skall samarbeta.

I den tekniska lösning som vi byggt upp kan en aktör, som behöver nyttja en flexibilitetsresurs, använda en gemensam öppen standard för att påverka alla resurser oavsett vilka flexibilitetstillgångar som resurserna består av. I projektet nyttjas både solceller, laddstolpar, batterier och värmepumpar. Den aktör som tar på sig styrrollen behöver då kunna gruppera dessa resurser och kan optimera dessa dels utifrån den enskilda kunden men främst i ett systemperspektiv.

Genom 3 olika perspektiv har vi belyst nyttan som

Scenarie 1, lokalnätsoptimering. Vårt huvudscenarie där vi låter alla resurser delta i att hjälpa ett lokalnät med den sammanlagrade effekttoppen som bildas mot överliggande nät.

Scenarie 2, optimering av lokal effekt. "Lokal" kan vara på flera olika nivåer i elnätets utbredning beroende på var flexibilitetstillgångarna finns men målet är att en lokal effekttopp kan hindras för att minimera infrastrukturpåverkan såsom säkringar och underdimensioneringar i nätet.

Scenarie 3, optimering av kundens egenanvändning och kostnad för köpt energi. Detta är det vanligaste scenariet som alla system oftast siktar på och att respektive kund då skall tjäna mest på kombinationen. Vi har ägnat minst tid på detta scenarie.

Den flexibilitet som bevisats genom projektet har redan under projektets slutfas deltagit i de marknadsbaserade lösningar som det stora eu finansierade projektet Coordinet¹ Där Upplands Energi deltagit med flexibilitet som bjudits in på marknaden.

Projektet VäxEI har presenterats vid alla större sammankomster där energisystems sverige deltagit och har under flera år påverkat beslutsfattare både genom Almedalen och direkta möten med organisationer och intressenter. Vi har haft internationella studiebesök och även fått internationella utmärkelser såsom "ISGAN award of excellence", med motiveringen att vi varit ett av de mest kostnad effektiva forskningsprojekten som skapat så stor mängd och bredd på flexibilitetsresurser samt belyst problematiken med vem som skall få nyttja den vunna flexibiliteten och när.

Fortsättningen på VäxEI händer redan inom testbädden live-in-smartgrid² genom testbädden växer dessa initiativ till forskare och hela Uppsala län och även till andra delar i Sverige.

Summary

The project coordinating power control (VäxEI) began its work as a continuation of the project "new forms of collaboration in the energy market" (KlokEI) at a time when "Demand flexibility" was a fairly unknown concept together with "power shortage" and "capacity shortage". The project has pioneered the demonstration of the great benefits that flexibility can create but also the great complexity that this can generate based on who is allowed to install, control and how many resource providers should cooperate.

In the technical solution that we have built, an actor who needs to utilize a flexibility resource can use a common open standard to influence all resources, regardless of which flexibility assets the resources consist of. The project uses both solar inverters, charging infrastructure, batteries and heat pumps. The actor who takes on the steering role then needs to be able to group these resources at different levels and can then optimize on the basis of the individual customer or in a system perspective.

¹ <http://coordinet-project.eu>

² <https://live-in.se>

Through 3 different perspectives, we have highlighted the benefits

Scenario 1, local network optimization. Our skinhead scenario where we let all resources participate in helping a local network with the combined power peak that is formed against the overlying network.

Scenario 2, optimization of local effect. "Local" can be at several different levels in the distribution grid depending on where the flexibility resources are located, but the goal is that a local power peak can be prevented to minimize infrastructure impact such as fuses and undersizing in the grid.

Scenario 3, optimization of the customer's own use and cost of purchased energy. This is the most common scenario that all systems usually aim for and that each customer will then benefit the most from the combination. We have spent the least time on this scenario.

The flexibility proven through the project has already during the final phase of the project participated in the market-based solutions that the large EU-funded project Coordinet Where Upplands Energi participated with flexibility offered to the market.

The VäxEI project has been presented at all major events concerning the transformation of the Swedish energysystem and has for several years influenced decision-makers both in Almedalen and in direct meetings with organizations and stakeholders. We have had international study visits and also received international awards such as the ISGAN award of excellence, on the grounds that we have been one of the most cost-effective research projects that have created large amount of flexibility and highlighted the problem of who should use the flexibility and when.

The continuation of VäxEI is already happening within the test bed live-in smartgrid <http://live-in.se> Through the test bed, these initiatives are spreading to the researchers and to the whole of Uppsala County and also to other parts of Sweden.

Inledning/Bakgrund

Växlande effekttreglering skapades eftersom den nya tekniken möjliggör stora nyttor i elnätet men det är svårt att lösgöra denna potential på grund av dels regulatoriska hinder men också vissa tekniska hinder.

Projektets föregångare klokEl startade redan 2014 med installationer av värmepumpsstyrning och kunde visa på en stor potential för en lokalnätsägare av koordinerad efterfrågefleksibilitet hos elbaserad vattenburen värme i villor.

När man vill lösgöra denna potential i kombination med andra flexibilitets resurser och genom flera olika aktörer så får man snabbt en problematisk komplexitet av aktörer, resurser och olika behovsägare det finns olika gångbara affärsmodeller för att lösa denna komplexitet.

Växlande effektregering tar avstamp i affärsmodellerna genom att skapa en gångbar lösning på hur en nätägare kan lösgöra dessa tjänster inom sitt elnät på en öppen teknikplattform med målet att kunna upphandla flexibilitetsfunktioner från en mångfald av leverantörer med hjälp av samma tekniska standard.

Som bakgrund till projektet finns också den otroligt snabba utveckling som finns på tekniker innanför mätaren och de tre deltagande företagen såg alla en brist i reglering/kunskap på hur dessa system skall arbeta för att kunna lösa både lokala utmaningar och mer rikstäckande utmaningar i kombination med att dessa resurser agerar både i monopoliserad nätmiljö med effektutmaningar och konkurrensutsatt energimarknad på en börs.

När man lösgör en teknisk resurs och denna i första hand skall optimera en slutkunds kostnader så driver detta logiskt till att målet för den enskilde blir att inte behöva köpa resursen i fråga. Tittar man då på vad hushållets energiräkning består av så kommer man med dagens prisstrukturer och skatter samt nätagifter få enskilda lösningar som köper och flyttar så lite energi som möjligt. Att vara offgrid och helt enkelt koppla bort sig från nätet är idag en möjlighet. I skenet av detta ville vi med projektet visa att det är av yttersta vikt att dessa resurser stannar kvar på elnätet och premieras så att de bidrar med total elnätsnytta istället.

Ett av de stora problemen ur en reglering och incitamentperspektiv, som projektet adresserar, är att börsdrivet energipris i elområden, även med timprissättning, inte stämmer överens med lokala kapacitetsbrister på elnäten. Under projektet har detta blivit mycket tydligt speciellt i Uppland där elområde 3's energipriser inte kan råda bot på kapacitetsbristen. De lösningar vi använder i VäxEI kan därmed både sätta elhandlare i obalans och slutkunder kan få kostnadsökningar när deras effektresurser utnyttjas för att skapa en optimalt utnyttjad infrastruktur, t.ex genom kraftig laddning med höga effekter nattetid och sedan urladdning på tider när energihandlare eg planerat att kunden skall använda el. Detta balansansvar behöver hanteras och utmanas. Den föreslagna lösningen med oberoende aggregatorer ser dock tyvärr inte ut att implementeras på ett kostnadseffektivt sätt och oberoendet ser dessutom ut att utebli.

Genomförande

Inledning allmänt om genomförandet

Växel har genomförts under perioden 2017-01-01 till 2019-12-31 och förlängdes ett kvartal för att få med våren 2020.

Projektet har genomfört installationer i privata villor samt en större installation hos Upplands Energi. Villorna skulle som förkrav redan ha solceller och med fördel även ha en elbil samt vattenburen värme med värmepump/elpanna. Det var svårt att hitta dessa kunder och vi kunde endast hitta intressenter genom våra egna nätverk. Installationerna blev också komplicerade vilket ledde till något färre installationer än planerat.

Projektets stora arbete och utmaning har sedan varit att bygga det gemensamma

OpenADR-ramverket för överordnad styrning av alla resurser utifrån de olika scenarierna. Vi har främst gjort styrningar vintrarna 2018/19 och 2019/20

Genom realtidsmätning på alla intagspunkter till lokalnätet och undermätningar i 2st 400V stationer samt inhämtningen av solelproduktion från inverterar och det lokala sågverket, har vi kunnat verifiera både lokal påverkan och överordnad påverkan på hela nätet.

Kund installationer gjorda inom projektet

Vi har inom projektet installerat system i totalt 7 olika villor samt på Upplands Energis huvudkontor. Totalt har vi därmed installerat

8 st 6 kW 3fas Ferroamp energihubbar totalt 48 kW effekt

9 st 7,4 kWh lithium-jon batteripack totalt ca 67 kWh energilagring

8 st 3,7 kW laddboxar från Chargestorm totalt 30 kW effekt

1 st 3,7 kW laddare från KEBA som kopplats in via OCPP till samma styrning som Chargestormladdarna.

I en fastighet har vi även konverterat solcellssystemet till ren likströmsinmatning till batterierna genom Ferroamps SSO enheter. I övriga fastigheter har solcellssystemet en egen befintlig inverter som vi inte styr utan den producerar alltid så mycket solel som panelerna kan generera.

Styrnings utmaning

För att kunna reglera laddeffekten i realtid för elbilar krävs att laddboxarna är uppkopplade. Kommunikationsprotokollet OCPP (Open Charge Point Protocol) är en inofficiell standard för kommunikation mellan laddbox och backend/CMS (Charge Management System) som mer eller mindre alla tillverkare av laddboxar följer. I OCPP version 1.6 introduceras Charging Profiles vilket möjliggör att på ett standardiserat sätt styra laddeffekt över tid eller per laddsession. En stor del av utvecklingstiden i projektet var att implementera OCPP 1.6. I ett E-Mobility ekosystem så är det en CPO (Charge Point Operator) som säljer/erbjuder laddtjänst till slutkund och därmed äger backend/CMS. En CPO är typiskt ovetande om tillgänglig effekt i elnätet, men det har elnätsbolaget kontroll på. Vid effektbrist måste därför elnätsbolaget kunna skicka styrsignaler till CPO:ns backend. Det finns flera standardiserade protokoll-alternativ för detta ändamål såsom IEC61850, OpenADR, OSCP. Projektet valde tidigt bort IEC61850 pga att protokollstacken kändes onödigt komplex och därmed mycket tidskrävande att implementera. Initialt skrevs en implementation av OSCP (Open Smart Charging Protocol). Utmaningen med OSCP är att det är designat enbart för styrning av laddeffekt för elbilar och ingen annan typ av last. I projektet var avsikten att kunna styra fler olika laster än elbilers. Fokus skiftades därefter i projektet mot OpenADR.

Open ADR, Open Automatic Demand Response, är en standard för att kunna kommunicera önskemål om efterfrågefleksibilitet mellan olika marknadsaktörer. Standarden är utvecklad i USA där man kommit längre i implementationen av efterfrågefleksibilitet, då de historiskt haft större problem med kapacitets- och effektbrist. En stor anledning till att vi valde att utgå från denna standard i VäxEl, var att det fanns en tydlig beskrivning av laststyrning, på ett sätt som vi inte hittade på andra ställen.

Standarden är omfattande, och innehåller saker som inte var relevant för detta projekt, varför vi valt implementera en förenklad version.

Huvudkoncepten i OpenADR är Virtual Top Node (VTN) och Virtual End Node (VEN). En VTN ansvarar för att koordinera en eller flera VEN, och en VEN kan i sin tur vara ansluten till mer än en VTN. Kommunikationen sker via xml enligt specifikationen, och i standarden ingår HTTP samt XMPP som transportprotokoll. Vi valde i detta projekt att implementera med HTTP i vad OpenADR kallar PULL-mode, dvs. där VEN pollar VTN efter meddelanden, i motsats till PUSH-mode, där VTN direkt kan skicka ut meddelanden till varje VEN.

Den tekniska implementationen i VäxEl bestod i att skapa en VTN samt VEN för varje deltagande last/produktionsenhet. Följande VEN implementerades:

Ngenic VEN: En VEN som aggregerar hushåll med Ngenic Tunes installerade, och som kan styra upp och ner effekt via dessa Tune-system.

Ferroamp VEN: Varje hushåll med Ferroamps utrustning bildar en egen VEN, som kan styra effekt in och ut ur batterier enligt önskemål från VTN.

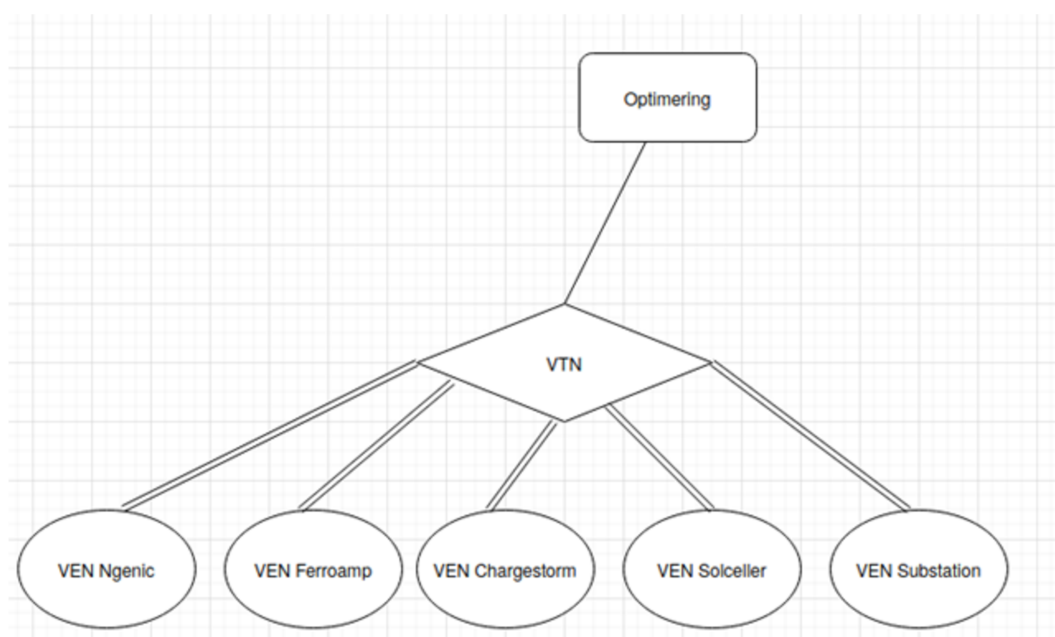
Chargestorm VEN. Varje laddstolpe bildar en egen VEN, som kan strypa effekt till elbilen, efter önskemål från VTN.

VEN Solceller: En VEN som rapporterar nuvarande solcellsproduktion.

VEN Substation: En VEN som rapporterar nuvarande effekt i fördelningsstationen.

Inom projektet byggdes även en optimeringsmodul, som via VTN läser av rapporterna från varje VEN, och skapar en styrsignal som går tillbaka till varje VEN.

All kommunikation mellan enheterna sker via HTTP och VEN initierar kommunikationen till VTN. Den rapporterar sitt nuvarande tillstånd, samt frågar efter styrsignaler som den kan ta ställning till. Om styrsignalen godkänns svarar VEN på signalen asynkront (genom ett separat anrop).



Optimeringsmodulen

När en VTN har fått information från VEN:en anslutna som direkta efterföljare i trädstrukturen, initieras beräkningen av en optimal styrsignal. Hur beräkningen går till samt vad som anses vara "optimal" utgörs av en optimeringsmodul. Den modulära uppbyggnaden har fördelen att ingående komponenter kan testas, bytas ut eller förbättras oberoende av varandra. Inom ramen för projektet har ett antal metoder testats och utvärderats.

Optimeringsmodulen innefattar en kedja av flera delmodeller som är sammankopplade. Kedjan består bl. a. av modeller för flexibilitet, prognos, dataassimilering samt optimeringsalgoritmer. Dessa bär med sig en uppsättning av parametrar som förmedlar information om vilket scenario är aktuell vid körningen och kommuniceras av VTN när modulens funktionalitet anropas. Projektet har utvecklat funktionalitet för tre huvudscenarion: lokalnätsoptimering, dynamisk effektoptimering och kundens egenanvändning.

Scenario 1, lokalnätsoptimering

Vid lokalnätsoptimering så koordineras alla resurser oavsett leverantör mot samma mål att minska effektuttag på lokalnätets intagspunkter.

Men enbart resurser hos leverantören som fysiskt befinner sig inom det lokalnät som är målet för optimeringen skall ingå i leverantörens VEN. Detta ställer ett krav på resursleverantörer att de måste kunna vet var i elnätet deras utrustning är

installerad så att de kan garantera att rätt resurser faktiskt är med när en VTN tar beslut om styrning.

När vi gör denna styrning så kommer invertrarna till batterierna att mata tillbaka till elnätet med all kraft så länge det finns energi i batterierna. Alla värmesystem kommer att stängas ner (endast varmvatten produktion görs) och ingen elbil kan laddas, befintliga laddsessioner stängs ner. Man tillåter inte heller någon återladdning av lokal solcell till batterierna utan all produktion skall stödja nätet så mycket det går.

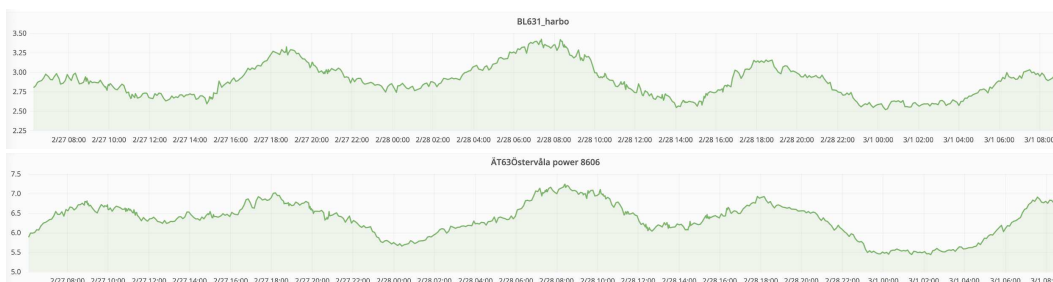
Nedan visas mätdata från mätverifiering sista februari 2018 där hela elnätet två mornar i rad den 28/2 och 1/3 överskred sitt abonnemang på 60 MW. Under projektet har vi kontinuerligt mätt hela nätets effekt

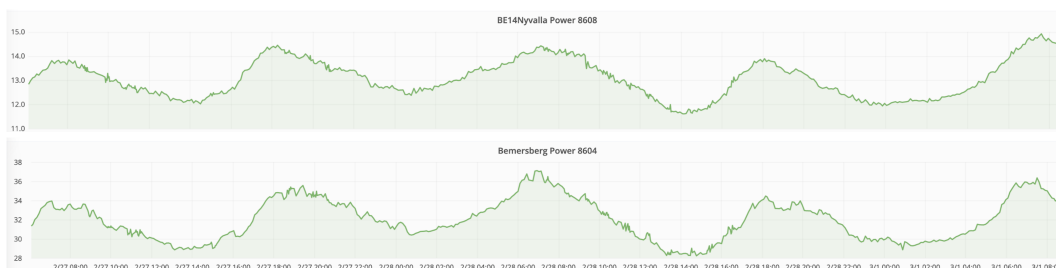


Total lokalnätseffekt vid abonnemangs överträdelse 60 MW



Sol produktion i elnätet och användning vid sågverket samma period





De 4 intagspunkterna till lokalnätet uppdelat.

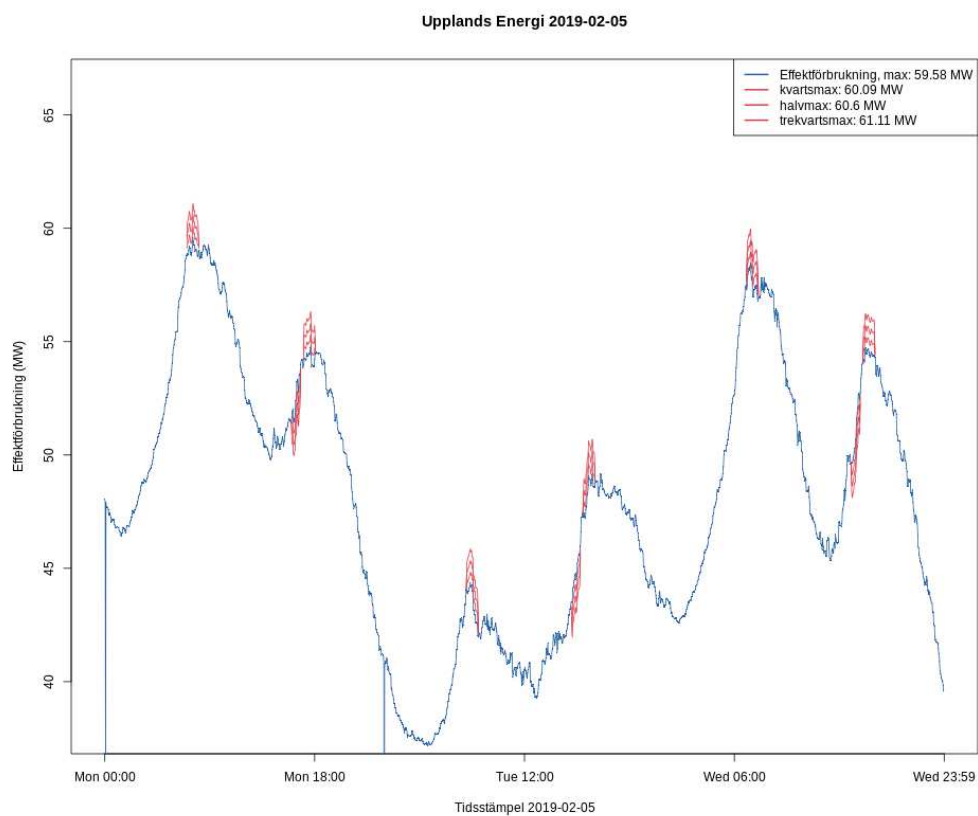
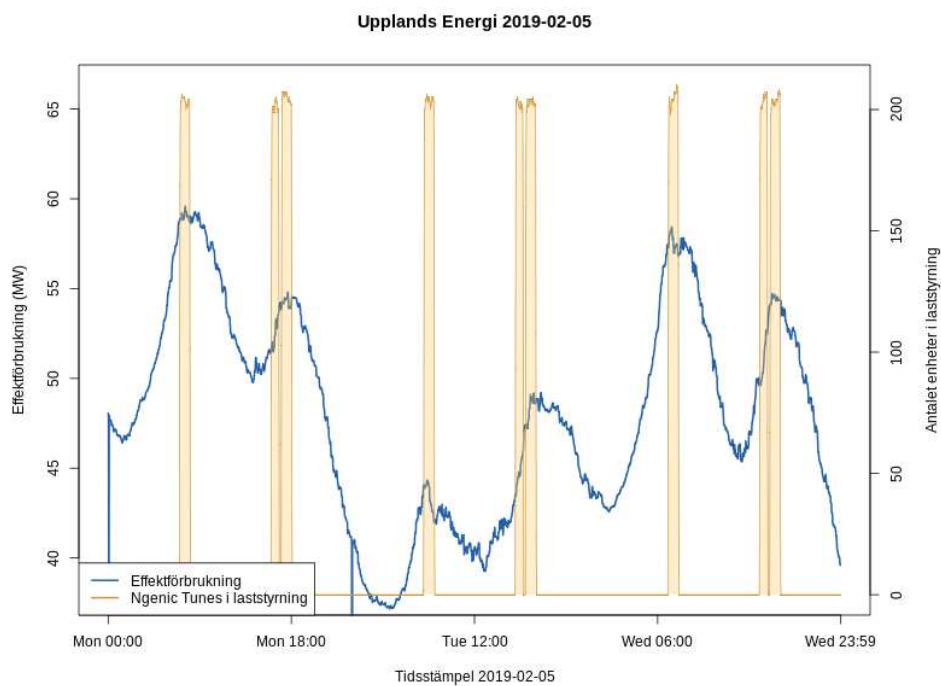
Växel kundernas utökade effektbidrag bortsett från värmepumparna som installerats tidigare (ca 400st och som tidigare verifierats till ca 2MW/400 system) vid en sådan styrning, är således 48kW från batterierna och max 30kW avslagen laddning³. Installationskostnaden för denna effekt är ganska stor ca 12 kr/W medan det för värmepumpsstyrningen ligger på under 1 kr/W motsvarande kostnad för en installation av ett storskaligt batteri i elnätet är vid batterikostnaden 1000 kr/kWh ca 4kr/W. Vattenfall bygger just nu ett batterilager på 5MW och 20MWh i Uppsala



Villa batteri som stödjer elnätet under effekttoppar

Den affärsmodell vi ser i detta fallet är främst att kunden aktiverar en styrtariff där nätbolaget fördelar ut delar av nätvinster på de deltagande kunderna men det främsta incitamentet för kunderna är att få bättre komfort och kontroll på sina olika system.

³ Vi bortser helt från det tillskott av effekt som blockerad batteriladdning av solproduktion tillför.



Värmepumparna koordineras också med batterierna och stödjer lokalnätets totala effektuttag.

Scenario 2, dynamisk effektoptimering

I dynamisk effektoptimering kan man i en del av nätet t.ex under en transformator eller längs en viss linje från fördelningsstation jobba med maximalt nätutnyttjande. Man vill då att alla lokala effektoppar skall jämnas ut i området och i detta fallet så kommer alltså alla resurser att samarbeta för att lösa det lokala behovet med i princip konstant effekt. (se Nils Norlander exjobb om jämn effekt). Även här ställs kravet på resursleverantörer att dessa precist kan tala om var i elnätet deras system är installerade. Detta löses enklast genom att man vet vilket elnäts anläggningsnummer resursen finns installerad under.

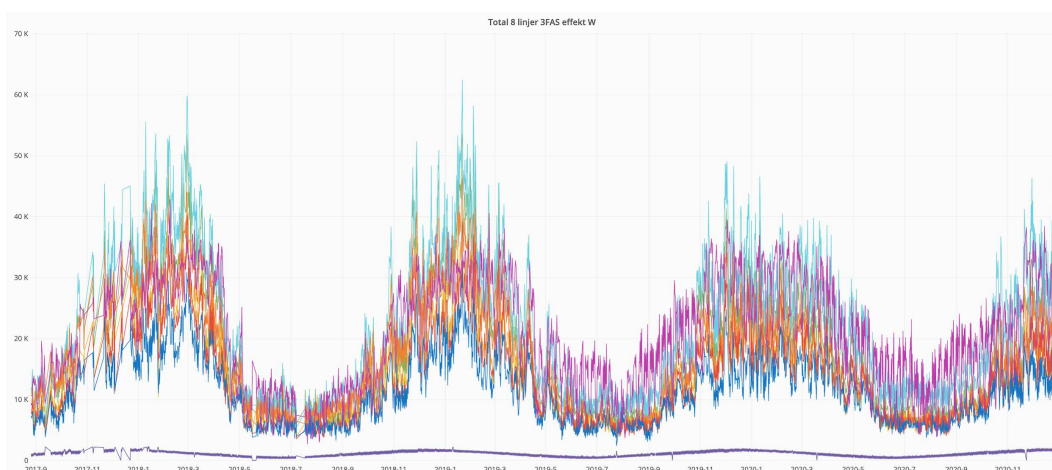
I detta scenario kommer t.ex grannarnas värmepumpar att slås av när du kommer hem och laddar din hybridbil. alternativt stödjer batterier och värmepumpar när elnätet är ansträngt och vi behöver extra effekt i området för att laga mat är det riktigt ansträngt kanske värmeproduktion premieras före elbilsladdning i området.

Den tillhörande affärsmodellen för detta är svårare då dagens elnätstariffer och regleringar inte riktigt är anpassade till detta scenario att en villa producerar effekt på nätet så att en annan villa kan konsumera denna så att totalen är platt premieras inte. Värdet för nätägare är dock uppenbar och man skulle kunna premiera de som går med i en styrningstariff utifrån den lokala nätnytta som detta leder till i bättre nyttjande av infrastruktur.

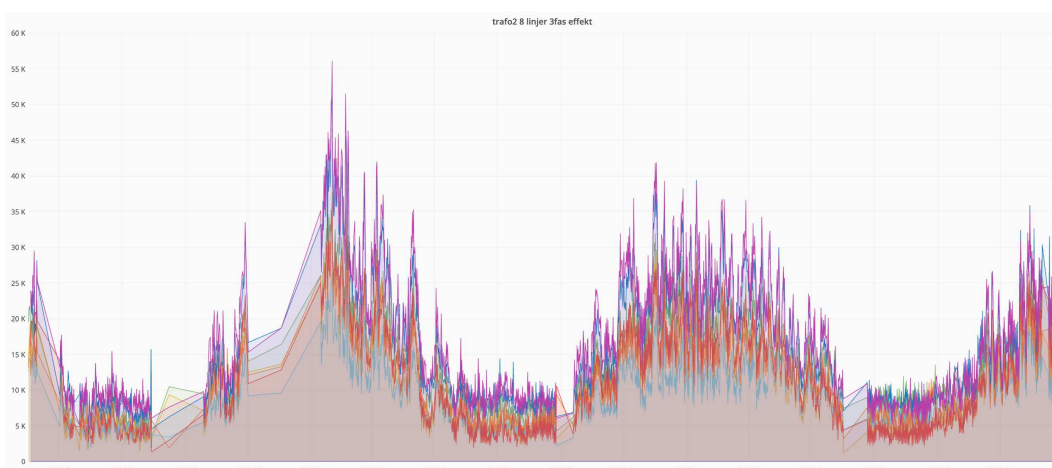
Vi har i projektet visat att en sådan kombination av system ger en stor effektminskning och kan mycket väl kompensera för en snabb elektrifiering av fordonsflottan på befintlig infrastruktur⁴. En kombination av Vax_El optimeringen med en energigemenskap skulle ge ett troligen kraftfullt incitament både för nätägare och kunder i att få fram stödtjänster för flexibilitet.

För att kunna verifiera styrningar under lokal trafo mäter vi högupplöst vid 2 st 400V stationer där vi har en större ansamling av tunesystem och aggregerar in batterier och laddstolparnas påverkan. I denna styrning tas även solcellernas produktion med i optimeringen.

⁴ se "Optimal Control in a Smart Grid Aggregator: Connecting PV, EV, Energy Storage, and Heating Systems to Solve the Power Problem"



Högupplöst mätdata på effekt från 400V station 1 2017-05--2020-12 här syns tydligt de kalla vintrarna 2017 och 2018 medan 2019 är lite mer utsträckt men inte lika kall



högupplöst mätdata effekt 400V station 2 2018-05--2020-12 station 2 har vi inte kunnat ha i drift lika länge och vi har även haft problem med uppkopplingen.

Scenario 3, kundens egenanvändning

Det sista scenariot vi kan styra på är den vanliga. Där man skall maximera kundens egenanvändning och i princip köpa så lite energi som möjligt. Vi har inte alls lagt någon tid på detta. Det är det mest komplicerade fallet för vår plattform eftersom varje resurs från varje systemleverantör unikt måste kopplas till en viss anläggning och VTN måste då optimera de enskilda resurserna mot kundens lokala nytta och kostnadsminskning. VTN optimeraren måste i detta fallet även ta med energikostnad från alla elhandlare som slutkunderna kan vara kopplade till och ta med energipriset i beräkningarna för att optimera det enskilda hushållet.

I dagens tariffstrukturer är detta det mest prisvärda för kunden och det är det som dagens bidrag premierar. Både solcellsstöd, laddstolpsbidrag och energilager bidrag driver alla till att så mycket som möjligt av elen skall användas lokalt och inte komma nätet till nytta.

Resultat

Vem skall få trycka på knappen



Energimyndighetens generaldirektör Robert Andrén startar vintertesterna 2018 med Kristina Starborg Uppsala kommun, (Joachim L till vänster projektledare)

Den största utmaningen med efterfrågefleksibilitet är vem som skall få "trycka på knappen". VäxEls huvudalternativ är att detta görs av lokalnätsägaren för att hindra överskridande av abonnemang mot överliggande regionnät. Detta kan tyckas som en stark begränsning men det är på denna nivå det är enklast att dels verifiera resultat och även att se motiv för att "inte höja abonnemanget". När en elnätsägare får dessa incitament på plats kan man skapa ett mycket bättre resursutnyttjande av det befintliga elnätet utan att behöva göra kraftiga uppgraderingar. Vi ser också att det blir enkelt för en nätägare att se värdet på dessa "nya" verktyg jämfört med att skapa lokala marknader.

Målkonflikten blir då också tydlig. Växlande effektereglering har lett till flera diskussioner om konflikten med att de resurser vi använder kan skapa obalanser hos elhandlarna och i sin tur deras balansansvariga. Man kan konstatera att balansansvaret är en administrativ delegering från Svenska Kraftnät som har

huvudansvaret för balanser i elsystemet. Balansansvaret har inga fysiska gränser mer än uppdelat på de 4 prisområdena i Sverige. Det innebär att elnätet antas ha obegränsad överföringskapacitet inom elprisområdena. Däremot är elnätet ett fysiskt system som i varje nod har sin överföringsbegränsning. Elnätsägarna som har koncessionsplikt har skyldighet att tillse att all producerad el skall distribueras till konsument. Det medför i praktiken att elnätsägarna tvingas investera i överföringskapacitet utan motprestation från marknaden. Detta driver i praktiken elnätskostnaderna. Den avreglerade marknaden från 1996 fungerar därmed inte som modell för att effektivisera elsystemet.

Rekommendation och lärdom:

Det är idag för stort avstånd mellan slutanvändarna och den effekthalans som måste finnas på elnätet i varje sekund. Att trycka ner denna på en lokal nivå ger mycket större motivation hos slutanvändarna. När vi frågar kunderna om de vill delta är det en självklarhet när vi pratar i en lokal kontext men det blir svårare ju längre från kunden systemproblemen kommer. Inom Upplands energi är det en självklarhet att man jobbar för att gemensamt med kunderna som är sina ägare för att lösa de nya effekttutmaningarna.

Vi rekommenderar att EI utökar möjligheterna för lokalnäten att utnyttja flexibilitetstjänster som ett tydligt verktyg för att utnyttja infrastrukturen maximalt. Vi rekommenderar även att balansansvaret återtas av Svenska kraftnät, samt att man inför ett krav på elnätsägarna om att öka kapacitetsutnyttjandet i sitt distributionsnät. Kravet bör ha högre incitament än kostnadstäckning av nyinvesteringar i infrastruktur

Installationer i Svenska hem

En stor erfarenhet av Växel är att installationer i Svenska hem, och då främst de villor vi installerat i, innebär stora utmaningar för installatörer och bransch. Varje installation blir unik och det har varit omöjligt att försöka standardisera installationerna. Vi hade i projektet förutsättningen att vi bara installerar hos de som har solceller. Detta innebär att det redan har skett en del installation och att komplettera befintliga installationer har visat sig mycket krångligt då man tagit design beslut som inte går att ändra på när man vill komplettera. I ett fall har vi gått hela vägen och installerat en intern likströmsbuss och här var vi tvungna att byta ut delar av elcentral samt dra nytt kablage för att kunna mäta vid inkommande ledning då denna fanns i garaget.

Förutom rent elektriska installationsutmaningar som gamla elcentraler olika byggnader etc. tillkommer också ett problem med uppkoppling till internet. Wifi täckning, dragning av ethernet kablage och bredbandsuppkoppling är inte självklart.

Rekommendation och lärdom:

De nya installationerna med kombinationer av solinverterar batterier och laddstolpar har olika krav och olika leverantörer här behöver elbranschen snabbt skapa "best practises" Speciellt bör man se till att ödrift blir en del av en logisk installation med batterier för att få högre resiliens i samhället när anläggningar kompletteras

med batterier.

OpenADR en öppen standard för automatisk efterfrågeflex:

När vi jämförde standarder för att åstadkomma en gemensam plattform för olika flexibilitetsaktörer där man gemensamt kan koordinera laster så fanns egentligen bara openADR⁵ som enda genomförbara öppna alternativet och den ligger precis där Växel vill operera nämligen nära slutanvändaren med faktisk aggregering av många små resurser.

Vi analyserade tidigt flera olika lösningar och funderade även på möjligheterna att göra en helt egen öppen standard. De starkaste alternativen var Powermatcher⁶ som används i faktiska projekt på Bornholm samt den stora suiten av standarder 61850⁷. Dock föll 61850 bort först då denna standard kräver en otroligt stor insats och det är helt omöjligt för små aktörer att börja använda denna standard tröskeln är alldeles för hög och det fanns ingen öppen källkod utan massiva licenser att tillgå.

Powermatcher var från början vårt huvudalternativ men föll bort även det på att projektet och standarden inte alls var livskraftig samt att den verkade enbart ha använts under ett finansierat projekt och den öppna källkoden visade sig mycket svår att få i drift.

OpenADR är en livskraftig amerikansk sammanslutning som tagit fram sin egen öppna specifikation på (Automatic Demand Respons) resurser och hur dessa skall användas av en aktör i elnätet. Detta överensstämde mycket väl med vad vi ville åstadkomma med vårt projekt. Vi baserade därför all vår utveckling på denna öppna standard.

⁵ <https://openadr.org>

⁶ <http://flexiblepower.github.io/>

⁷ https://en.wikipedia.org/wiki/IEC_61850

DER Control Strategies

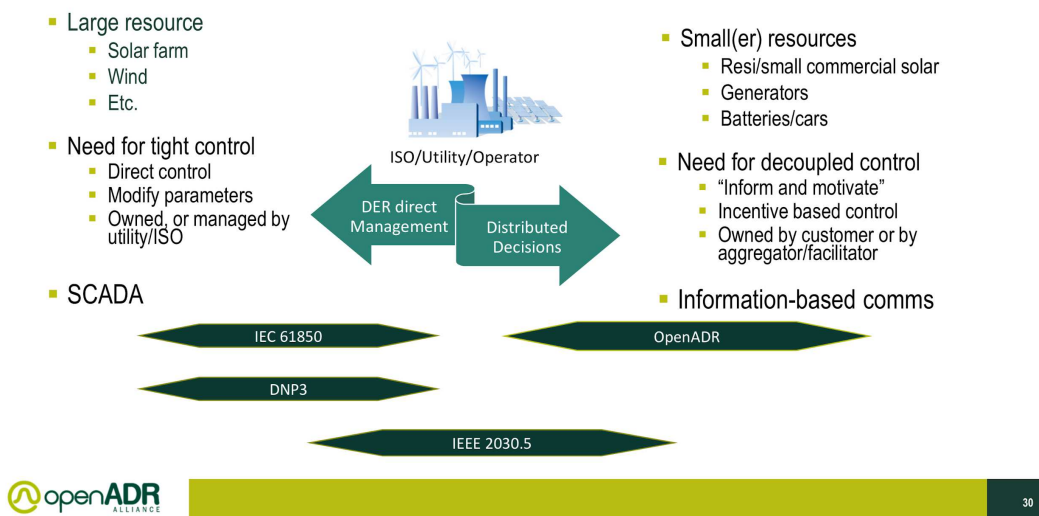


bild var openADR befinner sig i värdekedjan av Distributed Energy Resource⁸

Det visade sig under projektet att de systemleverantörer som har openADR i drift alla arbetar med att främst i god tid planera in resurser enligt olika scheman och därefter rapportera hur resursen utfört uppgiften. I Växel har vi hela tiden jobbat med faktisk realtid och att dynamiskt matcha resurser med motsvarande behov i realtid. Vi behövde därför utöka standarden med några fler meddelandetyper. Med dessa små utökningar så ser vi att openADR är en av de bäst heltäckande standarderna med potential att bli en faktisk öppen standard för dynamisk kontrollerad efterfrågefleksibilitet även med realtid som vi implementerat.

Vi rekommenderar därför att Sverige driver på en förändring av openADR där vi lyfter fram primitiver för att möjliggöra de mer realtids relaterade aspekterna som vi behövt inom växel.

Vi rekommenderar även att Energimyndigheten med SIS, energiforsk och Energimarknadsinspektionen gör ett arbete för att se om vi kan rekommendera Svenska branschen att anamma openADR bredare med svenska tillägg.

Sommarstyrningen 2018

I begreppet sommarstyrning så lägger vi in möjligheten för ett batterisystem att stödja en fastighets ökade egenanvändning genom att spara solenergi från dagen för att nå maximal egenanvändning.

Batteriet skall ta över så fort solcellerna slutar producera och fastigheten behöver använda energi. I de flesta fall stämmer detta ganska väl överens med effekttoppen på eftermiddagar vid hemkomst från arbete men om det är aktiviteter i fastigheten under dagtid kan det vara så att batteriet redan är slut när solen går ner.

⁸ <https://www.openadr.org/assets/Asia%20Webinar%20OpenADR%20Intro.pdf>

Det tas alltså ingen hänsyn till när batteriet gör mest nytta varken på energimarknaden eller effektmässigt för elnätet. Kunderna har månadsmedelpris på energi så det finns inget timpris-incitament att ta hänsyn till. Dessutom har alla säkringstariiff utan effektkomponent, och det är så här som många energilagarsystem installeras idag.

System ID: 269



Här ser vi två dygns laddning av batterier under morgontimmarna tills batteriet är fullt. Solen fortsätter exportera energi under dagen från fastigheten för att sedan använda batteriet och vid 22 tiden 1a juli syns normal användning sedan upprepas proceduren. Den 2a juli syns en dip i solproduktionen varpå batteriet går in och täcker användningen även under dagtid med resultatet att det är slut tidigare på kvällen.

System ID: 268



Här syns ett villa system där man har en hel del användning även på dagtid under solproduktions timmarna och batterierna täcker denna användning.

System ID: 304

Här ser vi en kraftig nyttjande av energin i fastigheten under dagtid där batteriet går in och stödjer trots kraftig solproduktion. Dagen efter är det sämre produktion och batteriet stödjer även här under dagtid vilket ger stor egen användning men små möjligheter att stödja nätet med effekt.

System ID: 305

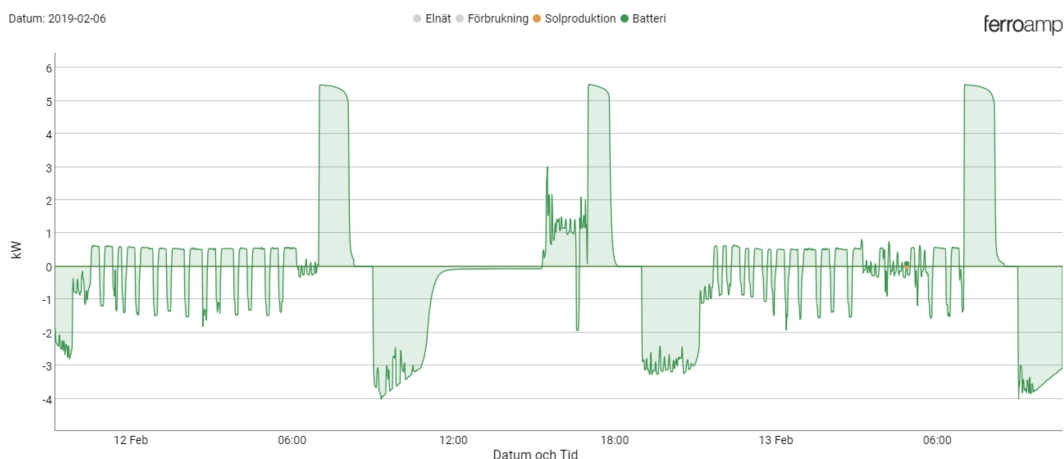
Här ser vi tydligast av alla hur batteriet laddar förmiddagen och sedan laddar ur så fort solcellerna slutar producera och täcker nästan hela nattbehovet av energi innan det återladdas under förmiddagen.

System ID: 307

Här kan vi se ett system som under perioden hade problem med nerställd uteffekt så systemet kunde inte svara upp med så höga effekter.

Vinterstyrningen 2019

Under vinterstyrningen fokuserade vi på batteriernas nätnytta och styrde istället så att batterierna tillförde maximal nytta för elnätet. Detta innebar för kunder att de nattetid köpte in el som vi sedan nyttjade för morgon toppen och på eftermiddagen utnyttjade vi eventuell lagrad solenergi för att hjälpa till med eftermiddagstoppen.



Har sett att ni börjat utnyttja mitt batteri för att dämpa effektopparna morgon och kväll vilket är bra för elverket. För mej innebär det, (eftersom jag har så låg egenförbrukning), att jag köper el inkl elskatt och moms som jag sedan säljer utan skatt och moms. Ebberöd för mej men bra affär för elverket. Tar upp det mest av pricipiella skäl men det är naturligtvis inte gångbart i framtiden

Med vänlig hälsning xxxx

Detta fungerar så klart inte utan ändrade incitament och nya tariffer.

Schemalagd vinterdrift kördes from 21 januari till 5 mars 2019.

Driftläget innebar

- Nätstödjande funktion vid högeffektstopp kl 7-8, batteriet laddar ur återställs till normaldriftläge kl 9.
- Nätstödjande funktion vid högeffektstopp kl 17-18 batteriet laddar ur återställs till normaldriftläge kl 19.
- Normaldriftläge innebär att batteriet ställts in för att laddas upp för att vara redo till efterföljande urladdningstillfälle men samtidigt kunna stödja husets behov av effekt.

Totalt nätstöd under högeffektstimmar: 32.7 kW

System ID: 269

Nätstödjande funktion (genomsnitt februari): 11 kW



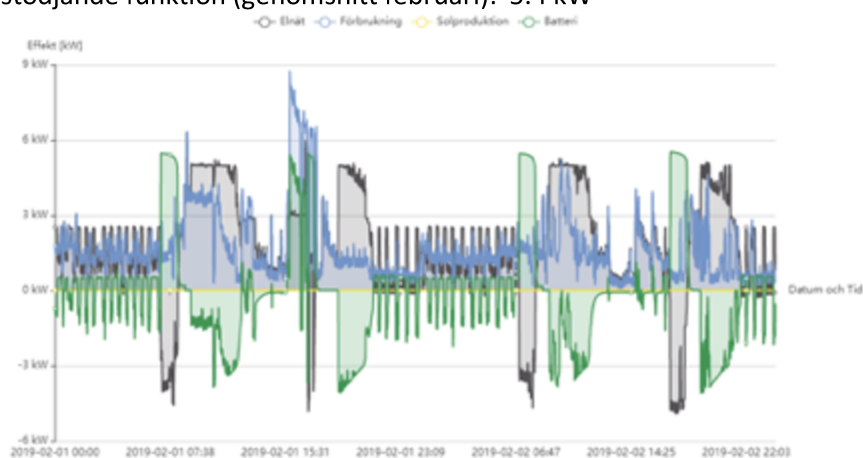
System ID: 268

Nätstödjande funktion (genomsnitt februari): 5.4 kW



System ID: 304

Nätstödjande funktion (genomsnitt februari): 5.4 kW

**System ID: 305**

Nätstödjande funktion (genomsnitt februari): 5.4 kW

**System ID: 307**

Nätstödjande funktion (genomsnitt februari): 5.5 kW



Optimering lokal transformator / delsystem överordnad styrning

Den optimerade styrning vi konstruerat i växel som arbetar mot de olika resurserna över OpenADR. Jobbar enligt "model predictive control" och tar in prognoser och realtidsanvändning och kombinerar detta för att ta nästa beslut i styrningen. Vi har kört modellerna både med övergripande styrning av alla resurser med målet att lösa effekttoppen på hela lokalnätet men kanske mer intressant har vi applicerat detta på en lägre lokalnivå för att optimera ett kundkollektiv med avseende på deras gemensamma effektpåverkan. Detta är publicerat i rapporten. *Ridenour, J.E. and Joachim Lindborg "Optimal Control in a Smart Grid Aggregator: Connecting PV, EV, Energy Storage, and Heating Systems to Solve the Power Problem"*

Fortsatt forskning om kundengagemang

Trots att Växlande effekttreglering är ett teknikfokuserat projekt så har vi hela tiden haft kunderna i fokus och de som installerat växelsystemen har blivit intervjuade av flera olika aktörer och under 2020 har ett djuplodande fortsatt forskningssamarbete startat med Uppsala universitet.

Ekonomi hos batterier i villamiljö

Att visa att ett kollektiv av villor kan få samma ekonomi i ett delat batteri som ett flerbostadshus med gemensam el var en prematur målsättning. Förutsättningar för detta kommer först om/när lokala energigemenskaper implementeras i Sverige. Tariffmodellerna tillåter inte särbehandling av enskilda kunder i ett geografiskt område och en tariffmodell som skulle lösa detta blir för komplex enligt vår åsikt.

Tariffer

Under projektet har flera möjliga tariffmodeller diskuterats. Dessutom har ett flertal andra projekt försökt att adressera dessa frågor, genom lokala marknader (Coordinet och SthlmFlex) Utmaningen har visat sig att göra en tillräckligt enkel

modell som "vanliga människor" begriper. Utöver detta ska investeringströskeln (både monetär, emotionell och i engagemang) vara låg för en kund att vilja delta med sina resurser. För att sänka dessa trösklar måste några faktorer finnas som svarar på följande frågor:

- Varför ska jag delta?
- Hur påverkar deltagandet mig?
- Vad tjänar jag på att delta?
- Vad händer om jag inte deltar?
- Hur deltar jag?

Med dessa frågor i åtanke samt att människors beslut till väldigt liten utsträckning är rationella, så måste argumenten främst vara emotionella. Däremot måste man kunna ratificera dessa emotionella beslut på rationella argument. Dessa argument behöver dock inte bara vara monetära. Att ge bort utrustning till kunderna för styrning är ett sätt som fungerar, men tyvärr saknar den utrustningen värde för kunden då. En bättre modell är att samtidigt som kunden får utrustningen subventionerad även får något tillbaka:

- Energibesparing, antingen genom sparade kWh eller förmåga att köpa elen när den är billigare, som elprisstyrning.
- Trygghet, kunden kan abonnera på ett serviceavtal på anläggningen. Det får dock inte ske direkt av elnätsföretaget utan måste vara en del i ett tjänsteerbjudande från en marknadsaktör, som t.ex. en aggregator eller elhandlare. Denna faktor har visat sig framgångsrik på fjärrvärmesidan.
- Komfort och enkelhet, köper en tjänst som gör mig till en bättre samhällsmedborgare utan större ansträngning, till och med ett bättre inomhusklimat. Ungefär som att ha autogiro med månadsgåva till Rädda Barnen. Endast ett initialt beslut, sen sköter någon annan det åt mig.

Det två tariffmodellerna, förutom mertjänsterna ovan som är enklast att införa är:

Flexibilitetstariff

Flexibilitetstariff innebär att den kund som tillåter elnätsföretaget att styra under givna förutsättningar också får en lägre tariff på elnätsavgiften. Ungefär som den tidstariff som finns på elnätet idag, eller rundstyrningstariffer som fanns på 70- och 80-talet.

Effekttariff med flexibilitetsrabatt

När effekttariffen införs så behövs nya incitament för att inte straffa flexibla kunder som flyttar last för elnätets skull, men som drar upp effekttariffen för den enskilde konsumenten då flyttad last kan öka effektkostnaden för den enskilde, trots att nätet har kapacitet att hantera det. Enkel modell är att kundens effekttaxa reduceras med x kW de dagar kunden styrt, baserat på den resurs som styrs.

Diskussion

Dagens energimarknadsmodell skapades vid avregleringen 1996. Då såg

energilandskapet helt annorlunda ut. Ingen kunde förutse den snabba förändring som nu sker med energiomställningen och som kommer att fortsätta de närmaste 20 åren. Att vi behöver en avreglerad energimarknad är nödvändigt ur konkurrenssynpunkt. Men att hålla fast vid dagens "energy-only" modell verkar oerhört trångsynt och dessutom rent skadligt ur samhällsekonomisk synvinkel. Redan 2017 var kostnaden för att överföra elenergi högre än att producera energin. i ett 100% förnybart elsystem går dessutom marginalkostnaden för en producerad kilowattimme mot 0. I ett framtida resurseffektivt energisamhälle kommer därför vikten av närproducerad energi att öka. Den nya informationstekniken ger dessutom större möjlighet att samverka mellan olika aktörer till en betydligt lägre transaktionskostnad än tidigare. Största problemet är att dagens marknadsmodell aktivt hindrar detta genom att t.ex. hindra lokala aktörer att interagera lokalt. Ett exempel är Eon Simris där man genomför off-gridförsök och kan visa att balans och frekvensstabilitet sköts bättre lokalt än på nationell nivå. Att ställa om balansansvaret till ett geografiskt ansvar skulle vara betydligt mer kostnadseffektivt ur samhällssynpunkt och dessutom kan olika krav på nätbolagen om att upphandla tjänster för detta borga för en fri marknad.

Dagens marknadsmodell driver dessutom kostnaden för distribution av elenergi genom att elhandelsmarknaden kräver obegränsad överföringskapacitet inom varje prisområde. Det gör vi nätbolagen tvingas bygga denna kapacitet, vilket driver kostnaden för överföring av elenergi. Tyvärr tas detta ett argument för att nätbolagen som monopolister okynnes-höjer nätavgifterna, medan elenergin som är avreglerad blir billigare. Här måste vi inse att marknadsutformningen driver elnätskostnaderna idag. Tyvärr kommer det att driva konsumenter att aktivt koppla bort sig från elnätet så fort det går, till och med innan det är ekonomiskt lönsamt, bara för att de kan. Bidragsutformningen idag driver även på denna utveckling som isolerar människor från energisystemet. Denna utveckling ser vi redan idag i flera andra länder. I Kalifornien till exempel har så många kopplat bort sig från elnätet så att nätägaren tvingas höja avgiften för de som är kvar, vilket leder till att det blir lönsamt för fler att koppla bort sig. Där har denna onda spiral redan börjat och man varnar för att det är endast industrin och de fattigaste som ska dela på infrastrukturkostnaden. vilket gör att industrin behöver ta merparten och flyttar istället till en annan delstat med produktionen. Kvar blir de fattiga som inte har möjlighet i att investera i tekniken. Energisystemet är en samhällsfunktion där vi alla måste samverka och bidra med det vi kan. Då kan vi inte tillåta att konsumenter kopplar bort sig från elnätet. Vi måste istället ge incitament till att behålla alla som goda energisamhällsmedborgare. Precis som vi gör med sjukvård, skola, vägar etc.

VäxEl har visat att lokal samverkan kan öka utnyttjandet av befintlig infrastruktur, behålla ett avreglerat energisystem och därmed borga för ett konkurrenskraftigt energisystem, bara vi tillåter det att ske från politiskt- och lagstiftningshåll. Tyvärr hotar en sådan förändring dagens maktbalans hos energiföretagen, vilket gör att de flesta bolagen motarbetar en förändring av dagens energimarknad.

Den största utmaningen med efterfrågefleksibilitet är vem som skall få "trycka på knappen" och med vilken ekonomisk vinning detta görs. Den förhärskande tanken

är att timpriser på energi och i viss mån effekttariffer kWh/h skall driva bort förbrukning från höglåsttimmar och i detta fall är det främst elhandlare som skall hantera detta eftersom de representerar "marknaden". Vi måste tillåta att aktörer som aggregatorer kan agera utifrån de lokala förutsättningarna som finns, elhandlarna kan vara en sådan part, men även nya aktörer som arbetar fristående måste tillåtas att samverka i energisystemet. Om vi inte gör det finns risken att vi får aggregatorer som agerar endast på kundens villkor, vilket kan skapa kaos med dagens marknadsmodell (se, Elforsk 13:95). Och det scenariot vill ingen aktör se.

Nätnytta av jämn belastning

När vi arbetat med dessa system så har vi också sett en stor nytta i att ferroamps energihub automatiskt tillför funktionen att fasbalansera de fastigheter som den ansluts hos. Vi har inte inom detta projekt mäktat med att titta på den nytta som detta tillför men när vi mäter i ovanliggande transformatorstationer ser vi alltid snedbelastningar som om inte annat skapar förluster som vi med denna enhet kan minimera

Solceller och inverters med styrning

Solcellerna i växel projektet deltar bara som produktionsenheter som vi kan prediktera något men inte kontrollera. Vi har inte i detta projekt sett behovet av sådan kontroll men ser man på nästa generations smarta elnät så är det helt klart så att man vill ha med dessa inverters i realtidstyrning och kunna tillföra både bortkoppling av solpanelerna och snabbare feedback på dess produktion. Standadriseringen av detta sker inom <https://sunspec.org/>

Krav på uppkoppling och nätanslutning om man får statliga bidrag

När vi genomfört våra installationer så har vi insett hur snett den befintliga bidragsstrukturen styr. Alla bidragen styr mot att öka egenanvändning och har i flera fall även givits till anläggningar som lämnat elnätet vilket vi anser vara helt fel väg framåt. Att elektrifiera anläggningar som inte är anslutna till elnätet idag skall så klart fortsättningsvis även vara möjligt att få bidrag till om detta hjälper till att minska användningen av fossila bränslen.

Men det skall inte vara möjligt att få statsbidrag för att koppla bort sig från elnätet, vid bortkoppling skall bidragen återbetalas.

Alla anläggningar skall för att få maximala bidrag kunna tillföra systemnytta genom olika styrmöjligheter. Det skall dock inte spela någon roll om nyttan ges till elhandel eller nät för att få bidraget.

Bidragen skall dessutom vara baserade på målen i energiomställningen och inte teknikbaserade som idag. Teknik som tillgängliggör flexibilitet är både ur samhällsekonomiskt och privatekonomiskt perspektiv oerhört mycket mer kostnadseffektivt än t.ex. batterilager och nätförstärkningar.

Vår förhoppning är att nedanstående uppkopplingskrav skulle ske mot

molntjänster som stödjer Väx_EI-OpenADR vilket skulle leda till en helt öppen nivå av interoperabla resurser som tillsammans skulle leda till en mycket stor systemnytta med minimalt investeringsbehov.

Laddinfrastruktur:

Dagens krav på laddinfrastruktur för att få upp till 50% av kostnaden kräver enbart att en laddstolpe är förberedd för mätning av energiförbrukning. Det ställs inga krav på att kunna ansluta stolpen till extern kommunikation eller uppkoppling till någon styrning

Rekommendation:

Inför ett krav på att en laddstolpe för att få maximalt bidrag skall vara uppkopplad till en molntjänst för styrning över OCPP protokollet så att laddningen kan delta i laststyrning.

Solcellsbidrag:

I skrivande stund så har man avslutat det befintliga solcellsbidraget och skall ersättas av ett grönt solrot. Det tidigare bidraget hade ett ganska otydligt krav på mätning på anläggningen och en återrapportering av 3 års total produktion. Vilket i princip alla anläggningar löst genom avläsning av inverters interna produktionssiffror.

Rekommendation:

För att få maximalt bidrag skall anläggningen vara uppkopplad till molntjänst med separat energimätning och möjlighet att leverera realtidsproduktion till externa optimeringsrutiner.

Option: Det skulle vara lämpligt om man kunde få ett tilläggsbidrag om anläggningen även gick att styra då skulle

Energilagringsbidrag:

Energilagringsbidraget har idag inga som helst krav på uppkoppling eller mätning av tillförd systemnytta man behöver inte ens rapportera att man installerat batteriet.

Rekommendation:

Tillför precis som för solceller att man måste ha systemet uppkopplat till en molntjänst där externa aktörer. Dessutom skall energilagerbidraget göras teknikneutralt så att all teknik som ökar flexibiliteten (inte egenanvändningen) premieras.

Publikationslista

Wyon, D.P. and Ridenour, J.E. "A covert field-intervention experiment to determine how heating controls that conserve energy affect thermal comfort." Indoor Air. 2018;28:763–767. <https://doi.org/10.1111/ina.12488>.

Ridenour, J.E. and Joachim Lindborg "Optimal Control in a Smart Grid

Aggregator: Connecting PV, EV, Energy Storage, and Heating Systems to Solve the Power Problem”

<https://mobilityintegrationsymposium.org/stockholm2018/downloads/>

Isgan awards

Projektet deltog i konkurrens med flera stora internationella aktörer i ISGAN awards och vann med motiveringen att på ett mycket kostnadseffektivt sätt leverera stora mängder flexibilitet med enkla effektiva verktyg

ISGAN honored the “Coordinating Power Control” by Sustainable Innovation (Sweden) as the “Winner” of its 2018 ISGAN Award of Excellence. Exemplifying the 2018 competition theme of “Excellence in Smart Grids for Flexibility”,

<https://www.iea-isgan.org/award2021/isgan-awards-2018/>



ISGAN awards cermoni i malmö 2018

<https://omvarldsbevakning.byggjtjanst.se/artiklar/2018/juni/svenskt-elnsatsprojekt-prisas-som-varldsledande/>

Inspelning och powerpoint från internationellt webinarium om Växlande effektreglering

<https://www.iea-isgan.org/isgan-award-2018-webinar-coordinating-power-control/>

Reflex studenter

Växel projektet har stött 2 årgångar av internationella studenter som jobbat med flera aspekter av effektförbrukning ur internationella perspektiv.

Exjobb

“En fallstudie i jämn effektförbrukning i Ramsjö Backe” Uppsala universitet
Nils Norlander 2017

<http://uu.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1108589&dswid=-6913>

“Nya förutsättningar för elnätsföretagen”, Uppsala universitet

Ida Eriksson

Lisa Pettersson

<http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A935281&dswid=-5150>

“A Model-Predictive-Control Based Smart-Grid Aggregator”, KTH, School of Engineering Sciences (SCI), Mathematics (Dept.), Optimization and Systems Theory.

Amanda Paulus 2018

<http://kth.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1221288&dswid=2092>

Mässor presentationer m.m

Building sustainability 2018

<http://buildingsustainability18.se/presentationer/>

<http://buildingsustainability18.se/wp-content/uploads/2018/11/Joachim-Lindborg-Session-3-V%C3%A4rldens-el.pdf>

Svenska Solelmässan

Projektet har haft flera seminarier i samarbete med Stuns energi och solelmässan åren 2018-2020 ex. solelmässans tidning 2019 “Kan samarbete vara lösningen på effektförbrukningen?”

<http://www.e-magasin.se/paper/hv04n84s/paper/24#/paper/hv04n84s/56>

Konfensen Samspel presentation Joachim Lindborg

<https://www.youtube.com/watch?v=YqXGJ8LLPH8>

stockholmsmässan Framtidsspaning fastighetsenergi

https://www.fastighetsenergi.se/aktuellt/joachim-lindborg-smarta-elsystem?sc_lang=sv-se

Tidnings artiklar

NyTeknik "De bygger smartaste elnätet"

<https://www.nyteknik.se/premium/de-bygger-smartaste-elnetet-dar-elbilar-ska-hindra-effektbristen-6895449>

Tidningen Energi (ERA) om den osynliga effekten "Här hjälper hushållen till kapa effekten"

https://www.upplandsenergi.se/core/files/artikel_era_upplands_energi_170201.pdf
<https://www.energi.se/artiklar/osynlig-effekt/>

SVT Smarta elnät i Uppsala inslag om Väx_El

<https://www.svt.se/nyheter/lokalt/uppsala/smart-elnet-testas-i-bjorklinge>

energivärlden "smartaelnät i uppland får pris"

<https://www.energivarlden.se/artikel/smartaelnat-i-uppland-far-internationellt-pris/>

Svensk byggtjänst

<https://omvarldsbevakning.byggtjanst.se/artiklar/2018/juni/svenskt-elnetsprojekt-prisas-som-varldsledande/>

almedals seminarier

Effekt lunch 2019 i samarbete med power circle och forum smarta elnät

https://program.almedalsveckan.info/event/user-view/55526?redir=%23eid_x_19

Beskrivning av samhällsfrågan:

Brist på kapacitet i våra elnät hämmar tillväxt i städerna. Samtidigt drivs projekt som har potential att frigöra stora mängder effekt, om fler vågar testa nya idéer i praktiken och om regelverket hänger med i utvecklingen.

nya roller i ett flexibelt elsystem 2019

Beskrivning av samhällsfrågan:

Mer flexibilitet i elsystemet är avgörande för att möjliggöra en större andel förnybara energikällor, ökande elektrifiering och möta en växande efterfrågan på effekt. Men oklarheter rörande vem som får göra vad hämmar nödvändiga investeringar som kan frigöra den flexibiliteten.

3GW effekt för en spotstyver? Effekteffektivisering i praktiken 2017

https://program.almedalsveckan.info/event/user-view/47476?redir=%23eid_x_12

Beskrivning av samhällsfrågan:

Hantering av effekt i elnäten håller helt på att ta över från frågan om energi. Efterfrågefleksibilitet, leveranssäkerhet och resurstillräcklighet är komplicerade begrepp som skär över reglerade monopol och avreglerad elhandel. Kommer

marknaden att hålla och vilka nya regleringar måste till?

Internationellt besök

Internationellt besök från Indiens regerings utsedda grupp ISGF (India SMart Grid Forum)



https://www.upplandsenergi.se/omoss/46523.prestigefyllt_besok.html

Referenser, källor

Bornholm smartgrid

<https://boss-project.com/>

<http://www.eu-ecogrid.net/>

Sustainable innovation projekt Klok_El

https://sustainableinnovation.se/projekt/nya-samverkansmodeller-pa-energimarknaden-klok_el/

Efterfrågefleks på en energy only marknad, Elforsk 13:95

<https://energiforskmedia.blob.core.windows.net/media/18774/efterfrageflexibilitet-pa-en-energy-only-marknad-elforskrapport-2013-95.pdf>

NEPP EFFSYS rapport om flexibilitet med värmepumpar

https://www.nepp.se/pdf/Varmepumpars_paverkan.pdf

Elinorr öppna elnät handlingsplan

<http://elinorr.se/doc/public/Download.aspx?key=d5877949d32f483e945399f78e0b0b92>

“Open automatic demand respons” standard för att styra distribuerade system.

<http://www.openadr.org/>

Distribuerad agentbaserad effektfördelning

<http://www.powermatchingcity.nl>

<http://flexiblepower.github.io/>

<https://fan-ci.sensorlab.tno.nl/builds/fpai-documentation/development/html/>

Samarbets organisaion för alla laddoperatörer och tillverkare av laddstolpar

<http://www.openchargealliance.org/>

<https://www.openchargealliance.org/protocols/>

Samarbets organisation för solcells inverters och närliggande tekniker

<http://sunspec.org/about-sunspec-specifications/>

IEC 61850 elnätssystems standard

https://en.wikipedia.org/wiki/IEC_61850

realestate core, initiativ från vasakronan om ett standard api mot fastigheter

<https://www.realestatecore.io/>

Bilagor

- Administrativ bilaga
- Wyon, D.P. and Ridenour, J.E. “A covert field-intervention experiment to determine how heating controls that conserve energy affect thermal comfort.” Indoor Air. 2018;28:763–767. <https://doi.org/10.1111/ina.12488>.
- Ridenour, J.E. and Joachim Lindborg “Optimal Control in a Smart Grid Aggregator: Connecting PV, EV, Energy Storage, and Heating Systems to Solve the Power Problem”
<https://mobilityintegrationsymposium.org/stockholm2018/downloads/>
- reflex project of the year student report.
- Swagger specifikation av Väx_El-OpenADR