

Smart styrning av elanvändning

Analys av tekniska förutsättningar för utrustning samt
rekommendationer för ökad efterfrågefleksibilitet

ER 2023:13

Energimyndighetens publikationer kan laddas ner eller
beställas via www.energimyndigheten.se

Statens energimyndighet, April 2023

ER 2023:13

ISSN 1403-1892

ISBN (pdf) 978-91-7993-118-6

Förord

Det moderna fossilfria välfärdssamhället är till stor del ett digitaliserat och elektrifierat samhälle, där elektrifiering är en central förutsättning att nå fossilfrihet i många sektorer och branscher. Elektrifieringen är en bärande del i samhällets nödvändiga klimatomställning och en central åtgärd för att Sverige ska klara sitt netto-noll mål. Vi står därmed nu inför kraftigt ökad elanvändning de kommande 30 åren. Elektrifieringen medför stora möjligheter för samhället på många sätt, men också påtagliga utmaningar. Vi behöver utveckla och förbättra effektiviteten och använda en smart styrning av elanvändningen utifrån var, när och hur el används inom energisystemet. En viktig del i en effektiv användning av energi är en flexibel elanvändning i ett flexibelt elsystem. *Ett sådant elsystem kräver att kunder kan och vill erbjuda efterfrågefleksibilitet.*

Det finns en stor potential för smart automatiserad efterfrågefleksibilitet från hushåll och andra kunder inom områden som eluppvärmning, elbilsladdning och batterier men förutsättningarna ser något olika ut. Vissa produktgrupper och användningsområden har en låg grad av uppkoppling eller tillverkar-specifika kommunikationsprotokoll, vilket försvårar en hög grad av smart automatiserad styrning. Inom andra användningsområden finns det å andra sidan branschöverskridande överenskommelser eller standardiserat protokoll på plats, samt redan idag aktörer på marknaden som samlar ihop resurser som kan erbjuda en flexibel användning. Förslag för att öka möjligheterna till ytterligare flexibilitet hos användarna är bland annat att utreda möjligheten till ett investeringsstöd för eftermonterad smart styrning, att arbeta med fortsatt standardisering samt att öka kunskapen hos de som kan tillgängliggöra flexibilitet genom informationsinsatser.

Rapporten är en del av ett regeringsuppdrag som bland annat Energimyndigheten och Styrelsen för ackreditering och teknisk kontroll (Swedac) fick i augusti 2022, om att främja ett mer flexibelt elsystem. Uppdragets fokus har varit att utreda potentiella flexibla resurser inom områden med stor potential, för att göra det möjligt för hushåll och andra kunder att erbjuda flexibilitet på ett effektivt sätt.

Robert Andrén
Generaldirektör Energimyndigheten

Innehåll

Sammanfattning	7	
1	Introduktion	10
1.1	Uppdragsbeskrivning	10
2	Efterfrågefleksibilitet och smart styrning	13
2.1	Vad menas med efterfrågefleksibilitet?	13
2.2	Styrning efter prissignaler	13
2.3	Marknader för flexibilitet i form av frekvensreglering och kapacitetstjänster	14
2.4	Smarta produkter och smarta hem.....	16
2.5	Vad är smart styrning?	17
2.6	Interoperabilitet – förmågan att interagera.....	19
2.7	Några viktiga EU-initiativ	20
3	Mätning av flexibilitetstjänster	23
3.1	Flexibilitetstjänster	23
3.2	Regelverk	24
3.3	Möjligheter och hinder	24
3.4	Undermätning och europeisk utblick	25
3.5	Slutsatser avseende mätning av flexibilitetstjänster.....	26
4	Värme, ventilation och kyla	29
4.1	Värmepumpar	29
4.2	Ventilation och fastigheters kylsystem samt tekniska utmaningar i flerbostadshus och lokaler	33
4.3	Kylapparater/kyllager	35
4.4	Slutsatser avseende flexibilitet från värme, ventilation och kyla	35
5	Flexibilitet gällande elbilar och laddning	37
5.1	Smart laddning	37
5.2	Elfordon i Sverige	38
5.3	Stödtjänster till elnät	39
5.4	Interoperabilitet avseende laddare.....	40
5.5	Tredjeparts laddoperatörer och aggregatorer	41
5.6	Dubbelriktad laddning.....	42

5.7	Slutsatser avseende flexibilitet för elbilar och laddning ..	45
6	Batterier och småskalig elproduktion	47
6.1	Kombinerat batterilager och solcellssystem.....	47
6.2	Flexibilitetstjänster som möjliggörs av batterilagringssystem i bostadshus	49
6.3	Exempel från flerbostadshus	53
6.4	Slutsatser avseende flexibilitet från batterier	53
7	Informations- och cybersäkerhet inom flexibilitet	55
7.1	Bakgrund	55
7.2	Analys	55
7.3	Viktiga aspekter att beakta	56
8	Främjande av innovativa lösningar inom flexibilitet	58
8.1	Test- och demonstrationsarenor	58
8.2	Stärkt Innovation och utveckling genom deltagande i relevanta EU-program	60
9	Slutsatser och rekommendationer för hur smart styrning kan ge ett mer flexibelt elsystem	64
9.1	Det finns en stor möjlig potential för efterfrågefleksibilitet hos hushåll och andra kunder.....	64
9.2	Främja interoperabilitet och standardiseringsarbete	65
9.3	Mätning för efterfrågefleksibilitet	66
9.4	Investeringsbidrag som ökar förutsättningen för smart styrning.....	66
9.5	Öka kunskapen kring flexibel användning.....	67
9.6	Vikten av tidig demonstration.....	68
9.7	Pris- och marknadssignalerna till hushållen är motstridiga.....	68
9.8	Utveckla tjänster för flexibilitet så att de är anpassade för många aggregerade små resurser.....	69
10	Referenser	70

Sammanfattning

En fortsatt elektrifiering av samhället är en förutsättning för att fasa ut användningen av fossila bränslen och begränsa klimatförändringarna. En kraftigt ökad elektrifiering medför dock utmaningar kopplat till leveranssäkerheten och tillförlitligheten i elsystemet. Elnätet har inte dimensionerats för den ökade lokala elanvändningen och elproduktionen, vilket leder till större risk för kapacitetsbrist i nätet.

Efterfrågefleksibilitet är användarens förmåga att tillfälligt minska eller flytta sin användning. Efterfrågefleksibilitet är en av flera möjligheter som kan bidra till att lösa utmaningarna genom att en bättre balans uppnås mellan energiförsörjning och efterfrågan på energi.

I augusti 2022 fick Energimyndigheten, tillsammans med Svenska kraftnät, Energimarknadsinspektionen och Swedac, regeringens uppdrag att föreslå åtgärder för att främja ett mer flexibelt energisystem. Uppdraget är indelat i fem deluppdrag, varav detta är rapportering för deluppdrag 4 där Energimyndigheten tillsammans med Swedac fick uppgiften att främja smart styrning av elanvändning.

I uppdraget har Energimyndigheten, tillsammans med Swedac, bland annat analyserat tekniska förutsättningar för flexibilitet från olika typer av utrustning, bland annat elbilsladdning, batterier, och eluppvärmning och tagit fram förslag på hur lämpliga och kostnadseffektiva krav eller incitament kring styrbarhet kan införas och utformas för att möjliggöra flexibilitet.

Sammanfattningsvis visar arbetet att det finns en stor potential för efterfrågefleksibilitet från hushåll och andra kunder. Förutsättningarna ser något olika ut. Det befintliga beståndet av värmepumpar har en låg grad av uppkoppling och kan därför mest styras endast genom eftermonterad styrning. Batterier har en hög grad av existerande styrning mot fastighetens elsystem men det finns idag inte någon branschöverskridande överenskommelse eller standardiserat protokoll vilket försvårar möjligheten att samla resurser från flera leverantörer. Elbilsladdare är i hög grad uppkopplade, många har kompatibla protokoll och flera aktörer samlar redan idag elbilar och laddare för stödtjänster åt Svenska kraftnät eller som bidrag till lokala flexibilitetsmarknader.

Även större fastigheter som kontor och flerbostadshus har möjlighet att bidra med efterfrågefleksibilitet, bland annat genom värmepumpar, för den mindre andel som värms på det sättet, samt ventilation. Kyllager hos livsmedelsbutiker har också en relativt stor potential att bidra med flexibilitet.

Sammanfattande tabell över olika resursers potential för efterfrågeflexibilitet genom smart styrning

Resurs	Beskrivning av förutsättningarna	Möjlighet	Potential för efterfrågeflexibilitet	
			Kort sikt	Lång sikt
Värmepumpar småhus	Större delen av befintligt bestånd är inte uppkopplade. Det finns ofta ingen elmätare i värmepumpen. Värmepumparna drivs med tillverkarspecifika kommunikationsprotokoll	Eftermonterad styrning	Låg	Medel
Elbilsaddare – småhus och större fastigheter	Elbilsaddare (och elfordon) har branschöverenskomna kommunikationsprotokoll, laddarna har ofta elmätare och många är uppkopplade	Finns idag som flex	Medel	Hög
Batterier i fastigheter	Batterierna har smart styrning, dock tillverkarspecifika. Styr idag i huvudsak på att optimera byggnadens energisystem	Med rätt ekonomiska incitament bör här finnas en potential	Låg	Hög
Kommersiella fastigheter och flerbostadshus	Flera har styrsystem som kan möjliggöra efterfrågeflexibilitet	Med rätt ekonomiska incitament bör här finnas en potential	Medel	Hög
Kyllager	Har med sin inneboende tröghet en bra potential för efterfrågeflexibilitet. Relativt hanterbar grupp aktörer	Med rätt ekonomiska incitament bör här finnas en potential	Låg	Hög

Följande är de rekommendationer som föreslås i utredningen:

Främja interoperabilitet och standardiseringsarbete	
Driv arbetet med standardisering	Energimyndigheten avser att tillsammans med andra aktörer fortsätta arbetet med att driva öppna och gärna standardiserade protokoll för produkter som kan stötta elsystemet med efterfrågeflexibilitet, såsom värmepumpar, elbilsaddare och batterier.
Sluppmässig fördröjning med uppstart	Energimyndigheten eller annan myndighet föreslås få i uppdrag att undersöka möjligheten att få till stånd en sluppmässig uppstartsfördröjning för att minska risk för samtidiga stora användarförändringar.
Mätning för efterfrågeflexibilitet	
Mätning med tillräcklig tillförlitlighet även utan elmätare	Swedac föreslås få i uppdrag att undersöka om det finns tillräckligt tillförlitliga sätt att mäta som möjliggör efterfrågeflexibilitet från produkter även om inte elmätare finns installerad.
Investeringsbidrag som ökar förutsättningen för smart styrning	
Krav på kommunikationsprotokoll vid statligt investeringsstöd till elbilsaddning	Lämplig myndighet föreslås få i uppdrag att ställa krav på protokoll som elbilsaddare skall ha för att vara berättigad till ett statligt investeringsstöd och utreda om det är möjligt även för laddning av tunga fordon.
Stöd för eftermonterad smart styrning – privatpersoner, fastighetsägare eller verksamhetsutövare	Energimyndigheten föreslås få i uppdrag att utreda möjligheten till ett investeringsstöd till privatpersoner, fastighetsägare och verksamhetsutövare för eftermonterad smart styrning

Öka kunskapen kring flexibel användning

Uppdrag om målgruppsanpassad information	Energimyndigheten avser starta arbetet med målgruppsanpassad information kring efterfrågeflexibilitet inom uppdraget att genomföra kapacitets- och kompetenshöjande insatser för energieffektivisering med syfte att minska sårbarheten vid höga energipriser. Vidare föreslås Energimyndigheten, Energimarknadsinspektionen och Konsumentverket få i uppdrag om att ta fram och sprida målgruppsanpassad information om flexibilitet.
--	--

Vikten av tidig demonstration

Verka för fler test- och demoarenor	Energimyndigheten avser att verka för fler test- och demonstrationsprojekt inom efterfrågeflexibilitet, gärna i samverkan med Svenska kraftnät och Energimarknadsinspektionen och gärna genom att utnyttja möjligheten som de regulatoriska sandlådorna kan ge.
-------------------------------------	---

Utöver dessa rekommendationer är det värt att lyfta att arbete fortsätter både inom detta regeringsuppdrag och inom andra uppdrag kring dels de olika prissignaler som hushåll och andra kunder möter i samband med elanvändning, dels att fortsätta utveckla aggregatorns möjligheter att samla efterfrågeflexibilitet både på marknader och för att styra efter andra behov.

1 Introduktion

En fortsatt elektrifiering av samhället är en förutsättning för att fasa ut användningen av fossila bränslen och begränsa klimatförändringarna. En kraftigt ökad elektrifiering medför dock utmaningar kopplat till leveranssäkerheten och tillförlitligheten i elsystemet.

Flexibilitet är ett samlingsnamn för elkraftsystemets förmåga att hantera variationer i såväl efterfrågan, produktion som tillgänglighet i nätet under en tidsperiod. Det kan vara reglerförmågan som flera vattenkraftverk besitter, eller lagring. Efterfrågefleksibilitet är användarens förmåga att tillfälligt minska, öka eller flytta sin användning. En kombination av efterfrågefleksibilitet och andra åtgärder kan vara lösningar för att möta ett ökat elbehov och ökat behov av överföringskapacitet i elnätet och samtidigt skapa bredare möjligheter för en mix av olika typer av elproduktion.

1.1 Uppdragsbeskrivning

I augusti 2022 fick Energimyndigheten, tillsammans med Svenska kraftnät, Energimarknadsinspektionen och Swedac, regeringens uppdrag att föreslå åtgärder för att främja ett mer flexibelt energisystem.¹

Uppdraget är indelat i följande fem deluppdrag.

1. Svenska kraftnät ska främja förutsättningar för flexibilitet, inklusive hos små kunder, på marknader inom Svenska kraftnäts ansvarsområde.
2. Energimarknadsinspektionen ska främja flexibilitet, inklusive implicit flexibilitet, på slutkundsmarknaden.
3. Energimarknadsinspektionen ska främja flexibilitet på lokal nivå där det blir samhällsekonomiskt effektivt på kort eller längre sikt.
4. Energimyndigheten och Swedac ska främja smart styrning av elanvändning.
5. Myndigheterna ska göra en gemensam sammanställning av vad som görs för att främja flexibilitet, en analys av om det krävs ytterligare åtgärder för att potentialen för flexibilitet ska realiseras och lämna förslag till en handlingsplan för implementeringen av eventuella ytterligare åtgärder. Åtgärdsförslagen ska utgå från

¹ Regeringsuppdraget att främja ett flexibelt elsystem
<https://www.regeringen.se/regeringsuppdrag/2022/08/uppdrag-att-framja-ett-mer-flexibelt-elsystem/> (hämtad 2022-12-01)

användarens behov och se till att det blir enkelt och lönsamt för användaren att bidra till flexibilitet. Energimarknadsinspektionen ska samordna redovisningen.

De första fyra deluppdragen redovisas av de ansvariga myndigheterna till Regeringskansliet senast den 6 april 2023. Det femte deluppdraget delredovisas senast den 6 april 2023 och slutredovisas den 15 december 2023 till Regeringskansliet.

Energimyndigheten ska i detta deluppdrag, nummer 4:

- analysera tekniska förutsättningar för flexibilitet från olika typer av utrustning, bland annat elbilsladdning, batterier, och eluppvärmning
- föreslå hur lämpliga och kostnadseffektiva krav eller incitament kring styrbarhet kan införas och utformas för att möjliggöra flexibilitet
- analysera förutsättningarna för att etablera storskaliga testbäddar för att främja innovativa lösningar inom flexibilitet
- beakta informations- och cybersäkerhet inom flexibilitet, samt
- belysa om möjligheter att via deltagande i relevanta EU-program kan främja utvecklingen.

Energimyndigheten ska också tillsammans med Swedac, i dialog med Boverket och Energimarknadsinspektionen, främja smart styrning av potentiella flexibla resurser, inom områden med stor potential, för att möjliggöra för hushåll och andra kunder att erbjuda flexibilitet på ett effektivt sätt.

Energimyndigheten och Swedac ska, i uppdraget, främja smart styrning av potentiella flexibla resurser, inom områden med stor potential, för att göra det möjligt för hushåll och andra kunder att erbjuda smart styrning av elanvändning.

Energimyndigheten och Swedac ska i sin analys ta hänsyn till det arbete som pågår avseende flexibilitet inom EU och i andra nordiska länder.

I de förslag som presenteras ska Energimyndigheten och Swedac beakta hur förslagen förhåller sig till statsstödsregelverket och om det kräver ytterligare åtgärder.

Uppdraget har genomförts i dialog med Energimarknadsinspektionen, Boverket samt Affärsverket svenska kraftnät.

Angående avsnittet om informations- och cybersäkerhet har dialog även skett med Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap (MSB). Förslaget om krav på interoperabilitet för elbilsladdare är även avstämt med Naturvårdsverket.

I uppdraget anges att de aktörer som ska analyseras avseende deras potential för flexibilitet genom smart styrning är hushåll och andra kunder. Under arbetet har andra kunder bestämts vara ägare/användare av lokalbyggnader som inte innehåller utpräglade industriprocesser till exempel kontor eller köpcentrum. Avgränsningen har skett i dialog med övriga myndigheter och stämts av med Regeringskansliet.

Uppdraget har delvis genomförts genom en konsultstudie som tittat på möjlig smart styrning av elanvändning för de produktkategorier som anges i uppdraget. Konsultstudien har genomförts av RISE Research Institutes of Sweden. Swedac har vidare analyserat om tillförlitliga mätvärden för elenergi kan säkerställas givet befintlig EU-lagstiftning och internationella standarder samt om det underlättar eller hindrar flexibilitet.

Dessutom har Energimyndigheten studerat tillgänglig litteratur, studier och pilotprojekt för att få kunskap om möjliga flexibilitetsåtgärder. Samtal och möten har även hållits med företag som erbjuder produkter på marknaden som möjliggör flexibilitet.

2 Efterfrågeflexibilitet och smart styrning

Elsystemet står i förändring. De stora, centraliserade kraftverken med kontrollerbar produktionseffekt blir färre samtidigt som den variabla elproduktionen från förnybara energikällor ökar. Detta i kombination med ökad elektrifiering av industri och transporter. Dessutom har nätkapaciteten inte dimensionerats för den ökade lokala elanvändningen och elproduktionen, vilket leder till större risk för kapacitetsbrist i nätet.

Efterfrågeflexibilitet är en av flera möjligheter som kan bidra till att lösa detta genom att en bättre balans uppnås mellan energiförsörjning och efterfrågan på energi.

Det är viktigt att påpeka att efterfrågeflexibilitet, att flytta användning till en annan tidpunkt, inte ersätter minskad eller effektiv användning av energi.

2.1 Vad menas med efterfrågeflexibilitet?

Ordet flexibilitet definieras som *förmåga till anpassning*. Begreppet efterfrågeflexibilitet innebär att den konsument som efterfrågar el, exempelvis hushåll, industrier och offentlig sektor, är flexibel om när användningen behöver ske. Det innebär att konsumenten kan välja att flytta sin elanvändning från till exempel tider när priset på el är högt till tider när det är lägre. Syftet är ofta att minska sin energikostnad men flytten av elanvändningen kan också minska risken för effektbrist i elnätet. Ett annat sätt att beskriva efterfrågeflexibilitet är en frivillig ändring av efterfrågad elektricitet från elnätet under en kortare eller längre period som sker genom att man styr sin elanvändning.²

2.2 Styrning efter prissignaler

Efterfrågeflexibilitet innebär i sin enklaste form en elanvändare som flyttar sin elanvändning manuellt under dygnet efter prissignaler. I en mer avancerad variant finns en smart styrning i produkterna eller i ett energistyrssystem som automatiserat styr användningen. Hittills har styrningen i huvudsak skett efter de förväntade elpriserna men i framtiden skulle en effektrelaterad nätavgift också kunna vara en styrande signal. Den förväntade kostnadsbesparingen är det ekonomiska incitamentet för konsumenterna.

En förutsättning för att hushåll och andra kunder ska kunna minska sina elkostnader genom efterfrågeflexibilitet är att de har ett elhandelsavtal

² Energiforsk, ” Digitalisering för efterfrågeflexibilitet”, RAPPORT 2021:737, 2021
<https://energiforsk.se/media/29481/digitalisering-for-efterfrageflexibilitet-energiforskrapport-2021-737.pdf>

som debiteras per timme, ett så kallat timavtal eller timprisavtal. Det gör det möjligt att flytta elanvändningen mellan olika timmar på dygnet när elpriset är lägre jämfört med övriga timpriser under dygnet. Ett timavtal kräver att elanvändaren har en elmätare som mäter per timme vilket är kostnadsfritt för kunden, något som alla hushåll ska ha senast 1 januari 2025³. Det finns tyvärr ingen offentlig statistik på andelen elkunder med timprisavtal men de undersökningar som gjorts indikerar att mellan 4-15 procent av hushållen har timprisavtal.⁴

Sedan några år har elnätsbolagen möjlighet att sätta en del av elnätstariffen som en effektrelaterad tariff, vilket blir ett krav från 1 januari 2027. Energimarknadsinspektionen konstaterar att 17 av de cirka 150 elnätsägare som vänder sig till hushåll och andra mindre elanvändare idag (2022) har en effektrelaterad del av elnätsavgiften.⁵ Den stora majoriteten av dessa elnätsägare har en utformning som syftar till att ”plana ut kurvan”, där avgiften baseras på högsta använd effekt under en viss period, ofta per månad. Rätt konstruerad skulle elnätstariffen kunna vara en prissignal som elanvändningen styrs efter, vilket kan ge en sänkt elnätskostnad.

2.3 Marknader för flexibilitet i form av frekvensreglering och kapacitetstjänster

Efterfrågefleksibilitet kan också ge elanvändarna en intäkt genom att flexibilitetsresursen säljs på olika marknader. Svenska kraftnäts frekvensstabiliseringsmarknad är den vanligaste men det finns också lokala flexibilitetsmarknader.

2.3.1 Aggregering av laster

Om efterfrågefleksibiliteten från mindre elanvändare ska säljas på en marknad måste de aggregeras till en större mängd som sedan läggs in som ett samlat bud på någon av marknaderna. Aggregatorn kan vara ett elhandelsbolag, en leverantör av de resurser som ska samlas ihop såsom en laddboxleverantör, en leverantör av styrutrustning eller en elanvändare med spridda resurser såsom en fastighetsägare eller livsmedelskedja. Förutsättningar och avgränsningar för aggregatortrollen har utvecklats sedan detta regeringsuppdrag initierades, nu senast med en proposition.⁶

2.3.2 Frekvensstabilitet, Svenska kraftnät

Produktion och användning av el i ett elsystem måste vara i balans. Vid bortfall av elproduktion kan exempelvis elbilar hjälpa till att återställa balansen genom att laddningen stoppas, eller i framtiden, att el från batterier överförs till elnätet. På samma sätt kan laddning av elbilar sättas

³ Ellagen 6 kap. 5§ 2st.

⁴ Energimarknadsinspektionens rapport för deluppdrag 2 i samma regeringsuppdrag

⁵ Energimarknadsinspektionens rapport för deluppdrag 2 i samma regeringsuppdrag

⁶ Proposition 2022/23:59 Genomförande av elmarknadsdirektivet när det gäller leverans av el och aggregeringstjänster

i gång, eller effekten på värmepumpar potentiellt ökas, om det finns ett överskott av el på elnätet. Denna upp- eller nedreglering hanteras av Svenska kraftnät genom att nyttja olika resurser som deltar på marknaden. Det finns flera krav som ska vara uppfyllda, speciellt viktiga för aggregerade resurser är dels storleken på resursen, kraven varierar från 0,1 MW till 10 MW, dels inom vilket tidsintervall upp- eller nedreglering av effekt måste ske. De olika stödtjänsterna används till olika ändamål och utformningen av ersättningsmodeller och tekniska krav samt deltagande varierar därför mellan de olika marknaderna. **Tabell 1** ger en sammanställning över krav för olika stödtjänster.

Tabell 1. Tekniska krav för olika stödtjänster

	FFR Fast Frequency Respons	FCR-N Frequency Containment Reserve - Normal	FCR-D Frequency Containment Reserve – Disturbance	aFRR Automatic Frequency Restoration Reserve	mFRR Manual Frequency Restoration Reserve
Krav på aktiveringstid vid deltagande	Full aktivering inom 0,7- 1,3 s	Automatisk linjär aktivering eller full aktivering inom 180 s	Automatisk linjär aktivering eller full aktivering inom 30 s	Automatisk linjär aktivering eller full aktivering inom 300 s	Full aktivering inom 15 minuter
Krav på uthållighet vid deltagande	30 s alternativt 5 s	1 h	20 min	1 h	1 h
Minsta budstorlek	0,1 MW	0,1 MW	0,1 MW	1 MW	10 MW, 5 MW i SE4

FFR och FCR-D kan ses som de ”snabba” tjänsterna och ställer högre krav på snabb aktivering och snabb upprampning till full effekt. FCR-N, aFRR och mFRR omfattar större mängd aktiverad energi och mer kontinuerlig energianvändning när frekvensen avviker från 50 Hz.

2.3.3 Lokala flexibilitetsmarknader

På senare år har ytterligare marknadsplatser för efterfrågefleksibilitet startats. På dessa marknader har syftet framför allt varit att hantera brist på nätkapacitet. Dessa marknader finns på flera platser i landet och bedrivs som försöksverksamhet. Effekthandel Väst och sthlmflex är två exempel på lokala flexibilitetsmarknader som ger ersättning för stödtjänster som erbjuds utifrån enheter inom lokalnäten. Även på de lokala flexibilitetsmarknaderna kan aggregerade resurser delta med efterfrågefleksibilitet.

2.4 Smarta produkter och smarta hem

Ett smart hem kan ses som ett hem där ett antal smarta produkter ingår. Det råder ingen koncensus kring vad som faktiskt gör en produkt smart, men generellt kan sägas att produkten är smart om den har en digital signal, är uppkopplingsbar och kan kommunicera direkt med andra uppkopplade produkter, alternativt via ett system. Om produkterna dessutom har förmågan att lära sig av data, så kallad maskininlärning, kan produkten anses som intelligent. Intelligensen behöver dock inte nödvändigtvis ligga i den individuella apparaten, utan kan ligga i en hierarki.

Samtidigt handlar ett smart hem inte bara om att koppla upp apparater till ett nätverk och använda kommunikationsprotokoll för att prata sinsemellan. Inom detta uppdrag bör det ”smarta” även inkludera produktens förmåga att svara mot efterfrågefleksibilitet och i förlängningen hur produkten eller hemmet underlättar för elsystemet att bedrivas optimalt. Flera av dessa aspekter regleras i Ekodesigndirektivet som fastställer ramarna för de regler som ska gälla avseende krav för att förbättra produkters miljöpåverkan. Kraven fastställs i genomförandeåtgärder (förordningar) eller alternativt i frivilliga avtal. De flesta genomförandeåtgärderna är produktspecifika, men det finns också åtgärder som gäller funktioner (standby, network-standby).

Att smarta produkter blir allt vanligare avspeglas i den av marknaden framtagna statistiken. Mer än 30 procent av de svenska hushållen nyttjade 2022 någon slags smart produkt i sitt hem och andelen förväntas till 2026 ha ökat till över 60 procent⁷. Tilläggas bör att enheter vars primära funktion inte är automatisering eller fjärrstyrning av hushållsutrustning, till exempel smarta telefoner eller surfplattor, inte ingår i dessa siffror. Det gör inte heller enheter som endast i begränsad utsträckning har med fjärrstyrning att göra, till exempel smarta tv-apparater.

Kommunikationsplattform kan användas så att produkterna inom det smarta hemmet kan erbjuda olika typer av funktionalitet:

- Energibesparing
- Efterfrågefleksibilitet

Den nätverkstopologi och de protokoll som historiskt används är Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee och Z-Wave. Dessa har varit mer eller mindre lämpade beroende på storlek av datatrafik och avstånd mellan kommunikationsenheterna. Men det som framför allt har varit en stötesten

⁷ Smart Home - Sweden | Statista Market Forecast <https://www.statista.com/outlook/dmo/smart-home/sweden> (hämtat 2022-12-14)

är bristen på driftskompatibilitet eller interoperabilitet mellan produkterna. Tillverkare har alla haft en egen applikation och eget API (application programming interface) vilket förhindrar kommunikationen mellan olika produkter

Under hösten 2022 har en ny standard introducerats, som förväntas få bukt med dessa problem. Alla de stora teknikbolagen står bakom denna standard - ”Matter”– ett gemensamt protokoll för att ansluta enheter och system med varandra⁸.

Matter är ingen egen plattform och har ingen egen app, det är bara det språk som enheterna talar med varandra. Användaren väljer en plattform för att hantera det språket och kan på så sätt till exempel be sin smarta termostat att sänka temperaturen eller släcka lamporna när användaren låser dörren. Med Matter kommer dessa typer av automatiseringar att kunna köras över enheter från olika företag som tidigare inte var kompatibla.

De produkter som idag hunnit blivit Matter-certifierade är de som traditionellt varit uppkopplade mot ett smart-hemsystem, till exempel Google Home, Apple Home, Amazon Alexa, Samsung SmartThings, Home Assistant. Exempel på smarta produkter kan vara smarta vitvaror, smarta lampor, smart media, smarta termostater, smarta säkerhetskameror och sensorer som detekterar någon form av avvikelser.

Även så kallade energihanteringssystem för hemmet (”Home energy management system”) förväntas ansluta sig till detta protokoll och därmed kan ytterligare produkter kopplas. Till dags dato (jan. 2023) har enstaka elbilsladdare och värmepumpar kopplat sig mot energihanteringssystem med Matter-funktionalitet, däremot finns ännu inga batterier/solceller.

2.5 Vad är smart styrning?

Smart styrteknik omvandlar apparater och i förlängningen byggnader och anläggningar till digitala system som automatiskt kan justera driften för att optimera energiåtgången samtidigt som systemets prestanda bibehålls.

För att uppnå ett större nyttjande av smarta apparater krävs det att konsumenterna godkänner och/eller möjliggör funktionerna för att ändra elanvändningen. Detta kräver att incitament - vanligtvis ekonomiska incitament - erbjuds konsumenterna.

⁸ [Matter Arrives Bringing A More Interoperable, Simple And Secure Internet Of Things to Life - CSA-IOT](https://csa-iot.org/newsroom/matter-arrives/) <https://csa-iot.org/newsroom/matter-arrives/> (hämtad 2023-01-14)

Möjligheten att agera flexibelt även för privatpersoner börjar underlättas med den utveckling vi sett avseende:

- Införandet av smarta mätare
- Utbyggnad av internetanslutningar till slutanvändarna
- Allt fler nätverksanslutna apparater som kan styras genom smarta telefoner, surfplattor och datorer och som kan gå i nätverksstandby och väckas via en signal som utlöses av nätverket.

Dessa nätverksanslutna apparater är de vi, i den bredaste bemärkelsen, skulle kalla smarta. I detta arbete tittar vi på apparater som stödjer efterfrågefleksibilitet, det vill säga

- automatiskt kan reagera på externa stimuli, t.ex. prisinformation, direkta styrsignaler och/eller lokala mätningar (främst spänning och frekvens)
- svaret är en förändring av apparatens elförbrukningsmönster. Dessa förändringar av förbrukningsmönstret är vad vi kallar den smarta apparatens "fleksibilitet".

Apparater har skilda möjligheter att agera flexibelt. De har olika potential i fråga om effekt- och energibidrag och dessutom skiljer de sig avseende påverkan på användarens komfort.

Utifrån den potentiella fleksibilitet som olika apparater kan erbjuda kan en distinktion göras enligt följande områden avseende potentiella resurser för efterfrågefleksibilitet:



Figur 1: Uppdelade områden inom fleksibilitet.

Inom dessa områden har värmepumpar, elbilsladdning och energilagringssystem (solceller + batterier) ansetts ha störst potential, varför detta arbete i huvudsak har inriktat sig på dessa.

2.6 Interoperabilitet – förmågan att interagera

För efterfrågeflexibilitet är interoperabilitet central eftersom det smarta hem-systemet och elförsörjningssystemet behöver interagera och därmed vara driftsmässigt kompatibla.

Att definiera interoperabilitet är på intet sätt trivialt och i litteraturen finns flertalet sätt beskrivna. En sammanställning av ett antal definitioner finns i rapporten Interoperability⁹. I samma rapport görs en definition enligt följande:

En produkts eller ett systems förmåga att interagera med andra produkter eller system inom det smarta hemmet genom utbyte av nödvändig information och gemensam förståelse, för att maximera energibesparingar och göra det möjligt för elsystemet att reagera på upp- eller nedåtgående förändringar i balansen mellan utbud och efterfrågan på ett kostnadseffektivt sätt.

Om vi fokuserar på de tekniska delarna av interoperabilitet kan dessa sammanfattas och beskrivas enligt följande:

- Grundläggande konnektivitet: Apparater är medvetna om varandra och redo att kommunicera.
- Nätverksinteroperabilitet: överenskommelse hur apparater ska kommunicera sinsemellan.
- Affärsmässig interoperabilitet: överenskommelse om procedur och utvecklande av tjänster för slutanvändare.
- Semantisk interoperabilitet: överenskommelse om språk.
- Syntaktisk interoperabilitet: överenskommelse om meddelandeformat.

Anledningen till dessa interoperabilitetsproblem är framför allt en snabb utveckling med proprietära, tillverkarspecifika, lösningar som inneburit att standardiseringar blivit eftersatta.

⁹ [Publications - 4E Energy Efficient End-use Equipment \(iea-4e.org\)](#). Rapporten Interoperability

Vad gäller den grundläggande konnektiviteten, där olika kommunikationsprotokoll inneburit att hubbar eller ”bryggor” används för sammankoppling av produkter, ses svaret vara ett gemensamt protokoll med en IP-baserad lösning, det av Connectivity Standards Alliance framtagna protokollet - Matter.

Detta kommunikationsprotokoll är kompatibelt med existerande teknologier såsom Wi-Fi, Thread, Bluetooth och Ethernet och kan därmed möjliggöra kommunikation utan behov av ett moln. Men, även om apparater lyckas kommunicera med varandra är det inte säkert att de förstår varandra - med olika semantik kan kommandon innebära olika saker för olika produkter. Många standardiseringsorgan¹⁰ poängterar behovet av semantisk interoperabilitet men fortsatt återstår mycket arbete för att enas.

Avseende den affärsmässiga interoperabiliteten handlar denna om en brist på interoperabilitet mellan olika IoT-plattformar vilket även det är ett resultat av bristande standardisering. Här ses standardiserade API:n som en möjlig lösning.

För att lösa problemet med bristande interoperabilitet behövs sammantaget ett stöd mot öppna plattformar och standarder. Det är avgörande för det smarta elnätet, ett nät som är öppna för alla leverantörer, så att nätbolagets driftoperatörer kan koncentrera sig på de viktigaste funktionerna, oberoende av proprietära lösningar. Interoperabilitet är därför både ett tekniskt krav och en förutsättning för en öppen marknad för innovation.

2.7 Några viktiga EU-initiativ

För att kunna digitalisera energisystemet, och möjliggöra flexibilitet, behöver energirelaterade data delas på ett smidigt och säkert sätt varför EU jobbar med följande:

- “European energy data space”- datainfrastruktur och ramar för styrning för att underlätta samkörning och delning av data.
- “Data Act”- för att fastställa nya regler för vem som får använda och få tillgång till uppgifter som genereras i EU inom alla ekonomiska sektorer och klargöra användarnas rätt att fritt få tillgång till och använda de uppgifter som genereras av deras produkter, inklusive rätten att dela dessa uppgifter med tredje part.

¹⁰ Till exempel ETSI SAREF, ETSI NGSI-LD, OPC UA, W3C SSN, schema.org, oneM2M

- “Data Governance Act” – för att främja tillgången till data genom att stärka mekanismerna för datadelning och öka förtroendet för dataförmedlare.

För att genomföra ovanstående lagstiftning och få till stånd ett effektivt och ändamålsenligt uppgiftsutbyte krävs ett samordnat tillvägagångssätt. Ramen för uppgiftsutbyte handlar inte bara om standardisering, utan kräver en komplex uppsättning rättsliga och tekniska krav. Det krävs en stark samordning för att säkerställa sammanhängande och smidiga processer på EU-nivå som kompletterar, samordnar och ger mervärde till de nationella initiativen. Syftet med detta åtgärdsområde är därför att skapa ett gemensamt europeiskt energidatarum och att säkerställa en solid styrning av detta, i form av en samordnad europeisk ram för delning och användning av energidata. En förberedande fas kommer att slutföras senast 2024 och införandet kommer att inledas omedelbart därefter.¹¹

Ekodesignlagstiftningen¹² fastställer ramarna för de regler som ska gälla avseende krav för att förbättra produkters miljöpåverkan. Kraven fastställs i genomförandeåtgärder (förordningar) eller alternativt i frivilliga avtal. De flesta genomförandeåtgärderna är produktspecifika, men det finns också åtgärder som gäller funktioner (standby, network-standby).

I EU:s direktiv om byggnaders energiprestanda¹³ infördes vid revideringen 2018¹⁴ en indikator för byggnaders smarta beredskap, även kallad smarthetsindikator eller SRI (Smart Readiness Indicator). Indikatoren är frivillig och regleras närmare i två delegerade akter från 2020¹⁵ ¹⁶. Smarthetsindikatoren ska värdera information till användaren, användarens möjlighet att styra det tekniska installationssystemet efter önskemål och flexibiliteten mot elsystemet. I den nu (mars 2023) pågående omarbetningen av EU:s direktiv om byggnaders energiprestanda kan lydelserna kring smarthetsindikatoren ändras. Här kan finnas delar som kan ha betydelse för efterfrågeflexibilitet.

¹¹ COM (2022) 552 Final – Digitalising the energy system – EU action plan [online] [EU action plan on digitalising the energy system \(europa.eu\)](#) (hämtad 2023-01-23)

¹² Kommissionens förordning (EU) 2019/2021 av den 1 oktober 2019 om fastställande av ekodesignkrav för elektroniska bildskärmar i enlighet med Europaparlamentets och rådets direktiv 2009/125/EG, om ändring av kommissionens förordning (EG) nr 1275/2008 och om upphävande av kommissionens förordning (EG) nr 642/2009 Text av betydelse för EES.

¹³ Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings

¹⁴ Directive (EU) 2018/844 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency

¹⁵ KOMMISSIONENS DELEGERADE FÖRORDNING (EU) 2020/2155 av den 14 oktober 2020 om komplettering av Europaparlamentets och rådets direktiv 2010/31/EU genom inrättande av ett frivilligt gemensamt system inom Europeiska unionen för betygsättning av byggnaders smarta beredskap

¹⁶ KOMMISSIONENS GENOMFÖRANDEFÖRORDNING (EU) 2020/2156 av den 14 oktober 2020 om närmare uppgifter om det tekniska tillvägagångssättet för en ändamålsenlig tillämpning av ett frivilligt gemensamt unionssystem för betygsättning av byggnaders smarta beredskap

Även de ökade kraven i EU:s direktiv om byggnaders energiprestanda på styr- och reglersystem i byggnader kan ha kopplingar till möjligheter för efterfrågefleksibilitet. Retroaktiva krav på styr- och reglersystem i lokalbyggnader med uppvärmningssystem med nominell effekt på minst 290 kilowatt finns i 3 kap. 15 § plan- och byggförordningen¹⁷ med ikraftträdande 2025. Dessa krav kan komma att skärpas under den pågående omarbetningen av EU:s direktiv om byggnaders energiprestanda.

¹⁷ Plan- och byggförordning (2011:338) Svensk författningssamling 2011:2011:338 t.o.m. SFS 2023:50

3 Mätning av flexibilitetstjänster

För att elmarknadens aktörer ska agera på en marknad på lika villkor behöver elenergin kunna mätas. De mätvärden som används behöver vara tillförlitliga eftersom de ligger till grund för ekonomisk ersättning. Ett sätt att uppnå sådan tillförlitlighet är att mätningen omfattas av föreskrivna krav.

3.1 Flexibilitetstjänster

Som nämnts i kap 2.2 och 2.3 kan efterfrågefleksibilitet delas in i två kategorier: *styrning efter prissignaler* och *marknader för flexibilitet i form av frekvensreglering och kapacitetstjänster*.

I den enklaste formen av styrning efter prissignaler är det tillräckligt med en elmätare som kan hantera timvärden i anslutning till det koncessionspliktiga nätet (huvudelmätare). Med tillgång till en smart mätare försedd med ett öppet gränssnitt ska en elkund ha tillgång till realtidsdata minst var tionde sekund med information om sin totala elkonsumtion eller konsumtion per fas vilket kan användas för styrning. Elnätsföretaget ansvarar för att de smarta mätarna är installerade senast 1 januari 2025 och att mätdata finns att tillgå i det öppna gränssnittet.

När det gäller marknader för flexibilitet i form av frekvensreglering och kapacitetstjänster kan det komma att bli aktuellt att verifiera levererad flexibilitetsresurs från enskilda apparater såsom en värmepump i det fall en oberoende aggregator erbjuder flexibilitetstjänsten. Huvudelmätaren kommer inte kunna differentiera förbrukning av elenergi i en specifik apparat utan bara mäta den totala förbrukningen¹⁸. För att till exempel kunna verifiera en värmepumps leverans kan en mätare installeras bakom huvudelmätaren. Leveransen skulle också kunna verifieras genom att använda en inbyggd (eng. embedded) mätfunktion i apparaten¹⁹. Mätning bakom huvudelmätaren brukar benämnas undermätning. Ett exempel på ett alternativ till undermätning av elenergi är så kallad virtuell mätning²⁰. Vid virtuell mätning kan verifieringen av leverans relateras till andra mätdata än elenergi som till exempel effektkurvor från fläkthastigheter eller varvtal. Ett annat alternativ är att behandla tillgängliga realtidsdata från huvudelmätarens öppna gränssnitt för att få information om enskilda apparaters energianvändning²¹. Sådana alternativa metoder skulle kunna användas i avsaknad av undermätning för att få en uppfattning om

¹⁸ s.51 Energiforsk rapport 2021:737 Digitalisering för efterfrågefleksibilitet

¹⁹ Avsnitt 5.1, RME EKSTERN RAPPORT Nr. 7/2022 Split responsibility and submetering requirements

²⁰ Avsnitt 4.5, Ecosystem for Demand-side Flexibility Revisited: The Danish Solution, *The Electricity Journal* Volume 35, Issue 9, November 2022, 107206

²¹ *Electric Power Systems Research*, Volume 213, December 2022, 108673

leverans. Alternativen behöver dock utvärderas vidare för att veta om de utgör är ett tillräckligt underlag för tillförlitliga data.

3.2 Regelverk

Elmätare omfattas av mätinstrumentdirektivet (MID)²². Direktivet är ett harmoniserat produktdirektiv med syfte att underlätta den fria rörligheten av bland annat elmätare på den inre marknaden. Direktivet är genomfört i svensk rätt genom föreskrifter²³ och tillämpas på mätare avsedda för användning i hushåll, kommersiell verksamhet och lätt industri. I korthet avser kraven mätnoggrannhet, visning av mätresultat, skydd mot förvanskning av mätvärdet samt krav på certifiering. Till direktivet finns harmoniserade produktstandarder knutna²⁴. I MID finns en valfrihetsprincip²⁵. Den innebär att medlemsstaterna kan ställa krav på att endast en elmätare som uppfyller direktivets krav får användas i en viss typ av mätpunkt. Om medlemsstaten väljer att inte tillämpa direktivet i en sådan mätpunkt får inga andra krav ställas. I svensk lagstiftning ska för närvarande en mätare som uppfyller kraven i MID, en så kallad MID-mätare, användas för den mätning som sker i in- och utmatning i koncessionspliktigt nät, för underlag för elcertifikat och för individuell mätning och debitering inom en byggnad. Gemensamt för de tre områdena är att mätvärdena ligger till grund för någon slags ekonomisk ersättning.

För mätare i koncessionspliktigt nät finns utöver de mättekniska kraven också funktionskrav som är meddelade i förordning²⁶ och i föreskrifter²⁷. Det finns inga uttryckliga tekniska krav eller krav på certifiering för dessa funktionskrav. Branschorganisationen Energiföretagen Sverige AB har tagit fram rekommendationer för hur gränssnittet bör vara utformat²⁸.

När det gäller undermätning finns idag inga föreskrivna mättekniska krav på sådan mätning förutom om de används som underlag för elcertifikat och fördelning av kostnader mellan lägenheter i en byggnad. Det finns heller inga krav som motsvarar funktionskraven som finns för huvudelmätaren.

3.3 Möjligheter och hinder

När det gäller huvudelmätaren finns i stort sett de tekniska förutsättningarna för att som kund kunna erbjuda flexibilitetstjänster finns. Senast den 1 januari 2025 ska alla elkunder ha fått en smart mätare

²² Europaparlamentets och rådets direktiv 2014/32/EU om harmonisering av medlemsstaternas lagstiftning om tillhandahållande på marknaden av mätinstrument

²³ Swedacs föreskrifter (STAFS 2022:8) om elmätare för aktiv elenergi

²⁴ SS-EN 50470:2006 Electricity metering equipment

²⁵ Artikel 3, 2014/32/EU

²⁶ Förordning (1999:716) om mätning, beräkning och rapportering av överförd el

²⁷ Energimarknadsinspektionens föreskrifter (EIFS2019:5) om funktionskrav för mätsystem och mätutrustning

²⁸ Branschrekommendation för lokalt kundgränssnitt för elmätare (Energiföretagen, 2019-12-03).

installerad. En elkund kan idag av sitt elnätsföretag kostnadsfritt få en mätare installerad som kan hantera timvärden vilket möjliggör flexibilitet.

Om verifiering av levererad flexibilitetstjänst baseras på mätdata avseende elenergi kan det finnas skäl att ställa mättekniska krav på den mätutrustningen om mätningen ligger till grund för en ekonomisk ersättning. Detta kan till exempel vara fallet när oberoende aggregatorer lägger bud på en flexibilitetsmarknad. De krav som bör ställas får anses vara de som finns i MID. MID är ett utpräglat produktdirektiv som är utformat för mätare för traditionell användning såsom huvudelmätaren eller en separat fristående mätare vid undermätning. Det finns fristående mätare för undermätning på marknaden som uppfyller kraven i MID och som i mer eller mindre utsträckning har funktioner för kommunikation och lagring av mätvärden. Kostnaden för dessa mätare uppskattas till 1500-2500 kr.²⁹ I den mån en apparat har en inbyggd mätfunktion vore det kostnadseffektivt att använda den som ett alternativ till en separat mätare. Ett problem är som uppstår då är att direktivets krav är formulerade på ett sådant sätt att de inte är anpassade för en sådan inbyggd mätfunktion. Det saknas också standarder för inbyggda mätfunktioner i apparater. Ett annat problem är att direktivet saknar tydlighet om mätning av elenergi i likströmstillämpningar (DC) som skulle kunna vara aktuella i vissa apparater. Idag finns det en IEC-standard³⁰ samt en EN-standard under utveckling³¹ som båda avser fristående DC-mätare. Andra tillämpningsområden där liknande problem har uppstått är publika laddningsstationer för elfordon där det saknas en tydlighet i vilka krav som ska ställas. Det pågår därför arbete med att ta fram omfattande vägledning på europeisk och global nivå för att underlätta för tillverkare av laddningsstationer och laddningsstationsoperatörer.

3.4 Undermätning och europeisk utblick

I Sverige och i övriga EU-länder pågår arbetet med att genomföra elmarknadsdirektivet där en del är att ta fram regelverk vad gäller oberoende aggregatorer. Av den anledningen är det svårt att få en tydlig bild av om och i hur stor utsträckning inom EU som det kommer att finnas behov av att ställa mättekniska krav på undermätning. På området reglerad mätteknik finns det ännu inte någon uttalad samsyn bland medlemsstaterna om MID är tillämpligt här. Idag förekommer variationer som sannolikt beror på hur olika medlemsstater har valt att genomföra MID i och med den valfrihetsprincip som finns inbyggt i direktivet. I exempelvis Danmark omfattas inte undermätning av MID. I Danmark har man i stället undersökt andra möjligheter till att bestämma leverans av flexibilitet till exempel genom virtuell mätning som nämndes i 3.1. I

²⁹ s.21, RME EKSTERN RAPPORT Nr. 7/2022 Split responsibility and submetering requirements
³⁰ IEC 62053-41 Electricity metering equipment - Particular requirements - Part 41: Static meters for DC energy (classes 0,5 and 1)

³¹ prEN 50470-4 Electricity metering equipment - Part 4: Particular requirements - Static meters for DC active energy

Nederländerna och Norge är regelverket formulerat så att om en ekonomisk överenskommelse sker över ett mätvärde omfattas mätaren av direktivets krav.

Medlemsländerna har uppmärksammat EU-kommissionen på att direktivet inte längre är anpassat till att fylla befintliga och framtida behov som finns i till exempel grön omställning och digitalisering. Kommissionen har därför initierat en översyn av de mättekniska direktiven.³²

3.5 Slutsatser avseende mätning av flexibilitetstjänster

Nya marknadsaktörer kommer att basera sina affärsmodeller på handel med energiflöden som kan flyttas och aggregeras och som sannolikt behöver kunna kvantifieras på något sätt. I dagsläget är det oklart om mätning av elenergi kommer att vara en förutsättning för att verifiera levererad flexibilitet från enskilda apparater. På sidan 58 i regeringens proposition *Genomförande av elmarknadsdirektivet när det gäller leverans av el och aggregeringstjänster (2022/23:59)* framgår att det saknas förutsättningar för att utan ytterligare utredning införa en modell som förutsätter annan mätning än den som elnätföretaget utför. En sådan utredning behöver undersöka om det finns behov av att sådan mätning kommer till stånd och hur det ska regleras.

Huvudelmätaren utgör en förutsättning för efterfrågefleksibilitet på kort och lång sikt och den omfattas idag av harmoniserade mättekniska krav. I den mån det finns behov av tillförlitliga mätvärden för undermätning bör målsättningen på lång sikt vara att ställa mättekniska krav som är harmoniserade och med mätnoggrannhetskrav motsvarande huvudelmätaren. Det är viktigt att kraven är harmoniserade ur den inre marknadens perspektiv både vad gäller mätare och apparater då de omfattas av flera av EUs produktdirektiv såsom MID och Ekodesigndirektivet.

Det är idag svårt att uppskatta vilka behov som finns och att analysera konsekvenserna av att införa nya krav avseende mätning av elenergi eftersom det finns oklarheter i både behov av tillförlitlig undermätning i det svenska genomförandet av elmarknadsdirektivet och hur MID ska tolkas. Att på kort sikt införa mättekniska krav på undermätning kommer få konsekvenser för främst installerade flexibilitetsresurser och för apparater som för närvarande tillhandahålls på marknaden. Få apparater har mätfunktioner som uppfyller MID-krav. Då återstår att köpa in och installera en separat MID-godkänd mätare i anslutning till apparaten vilket kommer medföra en kostnad som måste bäras av någon. Kostnaden ska ställas mot den ersättning som kunden erbjuds för flexibilitetstjänsten.

³² Europaparlamentets och rådets direktiv 2014/32/EU om harmonisering av medlemsstaternas lagstiftning om tillhandahållande på marknaden av mätinstrument och Europaparlamentets och rådets direktiv 2014/32/EU om harmonisering av medlemsstaternas lagstiftning om tillhandahållande på marknaden av icke-automatiska vågar

Sannolikt kommer det i en introduktionsfas vara ett hinder för flexibilitet i alla fall för de apparater som redan är installerade. I det fall en ny apparat installeras kan den förses med en separat mätare i samband med apparatens installation som skulle innebära en något minskad kostnad. Det ska noteras att endast kostnader för mätutrustningen har beaktats här. Vi har inte beaktat installation, kommunikation, hantering och lagring av mätdata.

Det finns flera skäl att på kort sikt avvakta med att initiera en reglering av undermätning. Motsvarande problem finns vad gäller mättekniska krav på publika laddningsstationer där Sverige har avvaktat att införa mättekniska krav av samma skäl. För att på kort sikt ändå få en uppfattning om levererad flexibilitet kan det finnas skäl att undersöka om andra metoder än undermätning av elenergi är tillräckligt tillförlitliga för att användas, speciellt under en övergångsperiod.

4 Värme, ventilation och kyla

Effektbehovet från värme, ventilation och kyla i bostäder och servicefastigheter motsvarar mellan 20–25 procent av Sveriges totala toppeffektbehov vintertid³³. I det här kapitlet så kvantifierar vi potentialen för efterfrågefleksibilitet i småhus, flerbostadshus och lokaler från värme, ventilation och kyla. Vi beskriver också på vilket sätt den föreliggande potentialen skulle kunna bli åtkomlig via smart styrning.

4.1 Värmepumpar

När det gäller värme så fokuserar denna utredning på potentialen för efterfrågefleksibilitet med avseende på värmepumpar i småhus. För flerbostadshus utgör fjärrvärme 90 procent av energianvändningen³⁴, så antalet värmepumpar i flerbostadshus är litet i jämförelse med antalet värmepumpar i småhus.

För småhus som värms upp med direktverkande el bör fokus i första hand ligga på att hitta en uppvärmningslösning som inte kräver så pass mycket el. Alternativ skulle till exempel kunna vara en värmepump eller fjärrvärme (om sådan finns tillgänglig). I Boverkets byggregler³⁵ finns krav på en maximalt installerad eleffekt för uppvärmning och tappvarmvatten i nya byggnader. Kravet är utformat så att den maximalt installerade eleffekten motsvarar ungefär hälften av uppvärmningseffekten vid dimensionerande vinterutetemperatur. Kravet innebär att om uppvärmningen ska vara elbaserad så krävs värmepumpar, direktverkande el och elpannor kan alltså inte installeras för uppvärmningsbehov i nya byggnader utan det är begränsat till redan gjorda installationer i befintlig bebyggelse

De fyra typerna av värmepumpar på marknaden idag är vätska/vattenvärmepumpar, luft/vattenvärmepumpar, luft/luftvärmepumpar och frånluftsvärmepumpar. Dessa nyttjar olika källor av fri energi såsom bergvärme, jordvärme, sjövärme eller värme i luften. Värmen levereras i byggnaden genom ett vattenburet system eller med cirkulerande inomhusluft. Värmepumpen bedöms vara den teknik som kan bidra med störst efterfrågefleksibilitet inom värme, ventilation och kyla. Anledningen är att värme kan lagras i byggnaden. Tiden som värmen kan lagras beror på värmetrögheten i massan. Denna tröghet påverkar hur snabbt inomhustemperaturen sjunker om ingen värme

³³ Power Circle, *Flexibilitet för ett mer stabilt och driftsäkert elsystem - en kartläggning av flexibilitetsresurser*, 2022, https://www.powercircle.org/kartlaggning_flexibilitet.pdf (hämtad 2023-02-01)

³⁴ Energimyndigheten, *Energistatistik för småhus, flerbostadshus och lokaler*, 2022, <https://www.energimyndigheten.se/statistik/den-officiella-statistiken/statistikprodukter/energistatistik-for-smahus-flerbostadshus-och-lokaler/?currentTab=0#mainheading> (hämtad 2023-02-01)

³⁵ Boverkets byggregler (2011:6) – föreskrifter och allmänna råd

tillförs. Den elektriska lasten kan förflyttas i tiden och som mest motsvara den installerade effekten för värmepumpen.

En möjlighet att skapa ytterligare termisk tröghet i småhus med vattenburna värmesystem är att installera en ackumulatortank för lagring av värme. Den möjligheten saknas för luft/luftvärmepumpar, vilket leder till sämre förmåga att lagra energi och därmed en lägre flexibilitetspotential. Styrningen av kompressorn i värmepumpen är ytterligare en aspekt som har betydelse för hur värmepumpen kan bidra till efterfrågefleksibilitet. Traditionell kompressorteknik bygger på start och stopp, det vill säga att värmepumpen antingen jobbar för fullt – eller inte alls. Varvtalsstyrning möjliggör en mjukare reglering som varierar mellan minsta och högsta effekt. År 2021 installerades cirka hälften av alla bergvärmeinstallationer med varvtalsstyrd värmepump³⁶.

4.1.1 Installerade värmepumpar i småhus

Försäljningen av värmepumpar började öka kraftigt kring millennieskiftet. Av totalt antal värmepumpar år 2021 så var cirka 95 procent installerade i småhus³⁷. Antal använda värmepumpar illustreras i Tabell 2. Omsättningen av värmepumpar idag sker idag i första hand i form av ersättning av äldre värmepumpar men också i syfte att byta ut direktverkande el.

Tabell 1: Antal använda värmepumpar år 2021, per småhus och totalt³⁸.

	Vätska/vatten	Luft/vatten	Frånluft	Luft/luft	Summa
TOTALT	528 312	212 922	157 472	579 954	1 478 660
Småhus	493 356	201 009	145 558	569 994	1 409 917

Vätska/vatten-värmepump har längst teknisk medellivslängd på cirka 16 år och luft/luft-värmepump har kortast medellivslängd på cirka 9 år. De begränsade livslängderna bidrar till en relativt snabb modernisering av värmepumpsbeståndet³⁹.

Värmepumpar installeras med olika stor effekt kopplat till kompressorns arbete. Genomsnittlig installerad effekt per värmepump är störst i elområde SE1 med i genomsnitt 12 kW installerad effekt och minst i SE4 med 5 kW installerad effekt⁴⁰.

³⁶ SKVP, 2021, u.å., <https://skvp.se/statistik/pulsen/2021> (hämtad 2023-02-05)

³⁷ Energimyndigheten, *Energistatistik för småhus, flerbostadshus och lokaler*, 2022, <https://www.energimyndigheten.se/statistik/den-officiella-statistiken/statistikprodukter/energistatistik-for-smahus-flerbostadshus-och-lokaler/?currentTab=0#mainheading> (hämtad 2023-02-01)

³⁸ Ibid

³⁹ Axelsson Erik, Blomqvist Peter, och Unger Thomas, *Värmepumpars påverkan på effektbalansen -Idag och i framtiden -Bilaga*, 2018, <https://varmtochkallt.se/wp-content/uploads/Projekt/EffsysExpand/P25-Bilagor-VP-effekt-slutgiltig.pdf> (hämtad 2023-02-01)

⁴⁰ DNV GL, *Samhällsekonomiska kostnader och nyttor av smarta elnät*, 2021

4.1.2 Styrning av värmepumpar

Flertalet värmepumpar, cirka 60–75 procent, är utrustade med en givare som ger värmepumpen information om den aktuella utomhustemperaturen, vilket används för att uppskatta husets värmebehov. Ett alternativ till värmekurvan är att styra på en termostat inne i byggnaden, även kallad inomhusgivare eller rumsgivare.

Styrning i flerfamiljshus eller lokaler med värmepump som primär källa för uppvärmning skiljer sig inte från styrning beskriven för småhus bortsett från de fall då den styrs via ett fastighetsautomationssystem (BMS). Den stora skillnaden är att fastighetsautomationssystem kan integrera fler komponenter i systemet och av olika slag inom värme, ventilation och kyla.

Styrning utifrån en extern signal, exempelvis elpriset

Energimyndigheten gjorde en undersökning inom ramen för detta uppdrag. Värmepumpstillverkare intervjuades bland annat om hur många av deras kunder som de uppskattar styr sina värmepumpar med värmekurva, inomhusgivare eller annan extern styrning. Cirka 60 procent av de tillfrågade svarade och gav en samstämmig bild. De tillfrågade värmepumpstillverkarna angav att mindre än fem procent av de befintliga värmepumpsanvändarna i småhus använder någon form av extern styrning, det vill säga en styrning utöver styrning via utomhus- eller inomhusgivare. Notera att detta gäller befintliga värmepumpar ute i hushållen. För nya värmepumpar har majoriteten av de stora värmepumpstillverkarna möjligheten till extern styrning, till exempel genom att värmepumpen hämtar in timpriser på el och planerar driften över dygnet så värmepumpen arbetar när elen är som billigast. Värmepumpen har alltså en färdig inbyggd efterfrågefleksibilitetsstyrning.

Styrning med eftermonterad produkt/tjänst

För det befintliga beståndet av värmepumpar som saknar möjligheten att styra efter information om timpriser finns det aktörer som erbjuder produkter som eftermonteras. Som exempel har en aktör en produkt som kopplas in mellan värmepumpen och utomhusgivaren och som manipulerar den uppmätta utomhustemperaturen. Driften kan därmed styras och förläggas till tidpunkter då elpriset är lägre.

4.1.3 Potential för efterfrågefleksibilitet från värmepumpar i småhus

Energimarknadsinspektionen har uppskattat den sammanlagda teoretiska maximala flexibilitetspotentialen för uppvärmning av hushåll till 5 500 MW vintertid och 1 500 MW sommartid, med ett medeltal på 2 000

MW⁴¹. En annan källa har uppskattat den till i snitt 6 500 MW vintertid och 1 800 MW sommartid⁴².

Energimyndighetens långtidsscenarier visar att värmepumpar kommer vara fortsatt viktigt för uppvärmning av småhus. En stor efterfrågeflexibilitetspotential kopplat till värmepumpar kommer på så sätt att finnas tillgänglig även fortsättningsvis.⁴³

Det finns ett antal tekniska utmaningar med att tillgängliggöra efterfrågeflexibilitet bland värmepumpar. Den största utmaningen är att det saknas kommunikationsmöjlighet med flertalet av existerande värmepumpar. En extern styrning behöver komma på plats för att möjliggöra antingen en styrning efter en extern signal, till exempel elpris eller en effektstyrd nätavgift, eller en aggregering av flera resurser vars volymer kan ligga till grund för ett bud på en flexmarknad.

För de nya värmepumpar som har möjlighet att arbeta via en extern signal är det tekniskt möjligt för värmepumpar att erbjuda vissa stödtjänster för balanshantering åt Svenska kraftnät, utifrån de krav som gäller för aktiveringstid. Värmepumpar har också aggregerats till resurser på lokala flexmarknader.

Ett annat övergripande problem är också att det inte finns ett standardiserat kommunikationsprotokoll för värmepumpar. Det innebär att det är svårt för en aktör att samla ihop värmepumpar från olika tillverkare. Frågan om mätning, se kapitel 3, måste vara löst då värmepumpar i stort saknar elmätare.

4.1.4 Varje kilowattimme räknas – småhusägarnas respons

Energisparkkampanjen [Varje kilowattimme räknas](#) som Energimyndigheten drivit har gett resultat⁴⁴. I en undersökning beställd av Energimyndigheten hade 65 procent av de tillfrågade småhusägarna noterat kampanjen och den stora majoriteten valt att göra åtgärder⁴⁵. Korrigerat för temperatur

⁴¹ Energimarknadsinspektionen, *Åtgärder för ökad efterfrågeflexibilitet i det svenska elsystemet*, 2016, <https://www.ei.se/download/18.d4c49f01764cbd606218b36/1608307256769/%C3%85tg%C3%A4rder-f%C3%B6r-%C3%B6kad-efterfr%C3%A5geflexibilitet-i-det-svenska-elsystemet-Ei-R2016-15.pdf> (hämtad 2023-02-05)

⁴² DNV GL, *Samhällsekonomiska kostnader och nyttor av smarta elnät*, 2021

⁴³ Långsiktiga scenarier (energimyndigheten.se) <https://www.energimyndigheten.se/statistik/prognoser-och-scenarier/langsiktiga-scenarier/> (hämtad 2023-03-28)

⁴⁴ Energisparkkampanj <https://www.energimyndigheten.se/varje-kilowattimme-raknas/> (hämtad 2023-01-30)

⁴⁵ Småhusägare om energianvändning, https://www.energimyndigheten.se/4b0122/globalassets/nyheter/2022/novusundersokning-smahusagare-november-2022-1.pdf?_t_id=-DJKvRoqcqi3IhEWT2fSRg%3D%3D&_t_uuid=Nfeci6EXQAWw_rk4qkF25g&_t_q=belysning&_t_tags=language%3Asv%2Candquerymatch&_t_hit.id=Energimyndigheten_Content_Media_CustomFile/_67d7a79a-2b75-458b-a1ed-7a40ce60bdb2&_t_hit.pos=119 (hämtad 2023-03-02)

och kalendereffekter har elanvändningen minskat med 7-10 procent i januari 2023 jämfört med motsvarande period tidigare år. Det har dock varit en period med varierande och höga elpriser, så det är svårt att säga vad kampanjen ensamt skulle gett för resultat. Det visar dock på att hushåll och andra kunder är beredda att göra åtgärder. Om det skulle finnas en motsvarande kampanj som informerade om efterfrågefleksibilitetsåtgärder skulle hushållen eventuellt vara beredda att även då göra åtgärder. Ett exempel på en sådan kampanj är den kaliforniska kampanjen Flex Alert. Där får hushåll och andra elanvändare information om när det blir trångt i nätet och vad som bör göras innan och under en sådan situation.⁴⁶

4.1.5 Potential för efterfrågefleksibilitet från värmepumpar i flerbostadshus

Större byggnader förväntas ta en mer aktiv roll i framtidens elsystem genom en ökad lokal elproduktion, el-, värme- och kylagring samt flexibel elanvändning⁴⁷. Det finns inga exakta siffror på hur stor del av efterfrågefleksibiliteten bland bostäders elanvändning till uppvärmning som flerbostadshus står för. Av de 5 500 MW⁴⁸ upp till 6 500 MW⁴⁹ som antagits står flerbostadshus för en mindre andel. Baserat på skillnad i elbehovet till värmepumpar mellan småhus och flerbostadshus från Energimyndighetens statistik år 2021 så uppskattas efterfrågefleksibiliteten hos flerbostadshus motsvara cirka 25 procent av den uppskattade teoretiska samlagrade effekten, motsvarande 1 400–1 600 MW⁵⁰.

4.2 Ventilation och fastigheters kylsystem samt tekniska utmaningar i flerbostadshus och lokaler

Energimarknadsinspektionen antar en efterfrågefleksibilitetspotential för ventilation i servicesektorn på cirka 200 MW⁵¹. Energimyndigheten uppskattar att potentialen för att styra elanvändningen för kyla i bostads- och servicesektorn uppgår till cirka 180 MW med en timmes uthållighet år 2030⁵².

En utmaning när det gäller flerbostadshus och lokaler är variationen på teoretisk efterfrågefleksibilitet, på grund av flertalet olika källor som kan bidra inom fastighetens system för värme, ventilation och kyla i olika mängd last och under olika tidsintervall. Att identifiera vilken mängd, under hur lång tid och med vilken responstid kommer skilja sig från byggnad till byggnad. En kartläggning utifrån god fastighetskänedom

⁴⁶ Kaliforniens kampanj om flexibel elanvändning, <https://www.flexalert.org> (hämtad 2023-03-09)

⁴⁷ Energimyndigheten, *Framtidens elektrifierade samhälle Analys för en hållbar elektrifiering*, 2021

⁴⁸ Energimarknadsinspektionen, *Åtgärder för ökad efterfrågefleksibilitet i det svenska elsystemet*, 2016

⁴⁹ DNV GL, *Samhällsekonomiska kostnader och nyttor av smarta elnät*, 2021

⁵⁰ DNV GL, *Samhällsekonomiska kostnader och nyttor av smarta elnät*, 2021

⁵¹ Energimyndigheten, *Framtidens elektrifierade samhälle Analys för en hållbar elektrifiering*, 2021

⁵² Energimyndigheten, *Framtidens elektrifierade samhälle Analys för en hållbar elektrifiering*, 2021

kommer krävas av fastighetsägare för att ansluta sig till flexibilitetsmarknader och att erbjuda stödtjänster.

Fler fastigheter kopplas upp via digitala tvillingar och ontologier för realtidsstyrning och övervakning av fastigheter i större förvaltningsbolag. RealEstateCore är ett digitalt språk utvecklat för att möjliggöra kommunikation med och mellan fastigheter. Det hanterar data från olika källor och knyter samman domänerna BIM, Internet of Things samt styr- och reglerteknik. RealEstateCore har tusentals fastigheter uppkopplade med möjlighet till övervakning och styrning av fastighetens automationssystem. Ungefär hälften av fastigheterna med RealEstateCore använder tjänsten ProptechOS och utvecklingen går framåt med möjlighet att styra värme- och kylsystem samt ventilation. Fastighetsansvarig kan sätta profil för sitt hus baserat på erfarenhet. Fördelen är att det går att nyttja alla de enheter som går att överstyra i fastigheten och med den mängd energi som förvaltaren som kan avstå från i form av komfort⁵³.

Utöver de utmaningar som identifierats i småhus begränsas styrning av flerbostadshus och lokaler av kommunikation mellan överordnat system (ProptechOS) och slutanvändare (värme- och kylsystem, samt ventilation). Anledningen är en översättning mellan information från överordnat system och aktiveringskommandon till enskild enhet. I lösningen sker kommunikation med hjälp av flera protokoll och språk vilket leder till en fördröjning. Steg för aktivering kan också begränsas av den svarstid det tar för enheten att skicka kvittens på att en aktivering bekräftats eller att en åtgärd utförts⁵⁴. Detta leder till att varje underordnat automationssystem med sina enheter har olika kommunikations- och responstid, och på så sätt en oförutsägbar möjlighet till typ av efterfrågefleksibilitet baserat på aktiveringskrav. Kännedom om byggnadens reaktion på styrning krävs för att kunna identifiera byggnadens totala potential.

Utmaningen med att få fler aktiva inom efterfrågefleksibilitet verkar vara att nå fastighetsförvaltarna och motivera dem att bli aktiva på flexibilitetsmarknader, snarare än att utveckla tekniken. Piloter har visat att det är möjligt för flerbostadshus och lokaler inom service att bidra med efterfrågefleksibilitet på lokala flexibilitetsmarknaden⁵⁵. På marknaden sthlmflex handlar flera aktörer, varav minst tre med värme- och kylsystem samt ventilation som flexibilitetskälla.

⁵³ Wallin Erik, *Intervju med ProptechOS och RealEstateCore*, 19 januari 2023.

⁵⁴ Edge Connector Overview, GitHub. <https://github.com/idun-corp/docs> (hämtad 2023-01-20)

⁵⁵ Svenska kraftnät, *Sthlmflex säsong 2, 2022*, [stlmflex säsong 2 \(svk.se\)](https://stlmflex.sasong2.svk.se) (hämtad 2023-02-06)

4.3 Kylapparater/kyllager

Kyl- och fryslager kan tack vare deras termiska tröghet och möjlighet att vara flexibla i drift, samt med deras relativt stora elanvändning bidra med efterfrågefleksibilitet under korta tidsperioder.

Livsmedelsbutiker står för cirka 3 procent av Sveriges elförbrukning och kyllagren står för hälften av förbrukningen. Elförbrukningen från kyllager är relativt konstant och forskning från Chalmers visar att potentialen för att flytta elanvändningen i tid är mycket god⁵⁶. Intresset har varit så pass stort att ett företag för att aggregera efterfrågefleksibilitet kommer starta upp under mars 2023 via Chalmers entreprenörsskola⁵⁷.

DNV har uppskattat att kylapparater (inte att förväxla med kylsystem för fastigheter där luften kyls för att behålla en god inomhuskomfort) skulle kunna bidra med en teoretisk samlagrad efterfrågefleksibilitet på 245 MW under höglasstimmor (klockan 07:00 – 19:00) och 182 MW under låglasstimmor (klockan 20:00 – 06:00)⁵⁸.

Svenska kraftnät har under 2022 med fortsättning under 2023 drivit en pilot om hur flexibla resurser kan bidra till stabilare elnät där en livsmedelsaktör deltagit med sina kyl- och fryslager.⁵⁹

4.4 Slutsatser avseende flexibilitet från värme, ventilation och kyla

Potential: I Tabell 3 visas en sammanställning av möjliga källor till och potential för efterfrågefleksibilitet.

Tabell 2: Sammanställning av olika möjligheter för efterfrågefleksibilitetspotential.

Möjlighet för efterfrågefleksibilitet	Teoretisk efterfrågefleksibilitetspotential (MW)
Uppvärmning småhus (vintertid)	4100–4900
Uppvärmning flerbostadshus (vintertid)	1400–1600
Ventilation lokaler	200
Kyla flerbostadshus och lokaler (år 2030)	170
Kylapparater/kyllager	245

Slutsatser om styrning, kommunikation och mätning: Den största tekniska utmaningen är att det saknas kommunikationsmöjlighet med

⁵⁶ Livsmedelsbutiker blir batterier i smart elnät | Chalmers
<https://www.chalmers.se/aktuellt/nyheter/ace-livsmedelsbutiker-blir-batterier-i-smart-elnat/>
(hämtad 2023-01-10)

⁵⁷ Tommie Månsson, Doktor Chalmers Tekniska Högskola, intervju 2023-02-28

⁵⁸ DNV GL, *Samhällsekonomiska kostnader och nyttor av smarta elnät*, 2021

⁵⁹ Svenska kraftnät pilotstudie, <https://www.svk.se/utveckling-av-kraftsystemet/systemansvar--elmarknad/pilotstudie-leverans-av-stodtjanster-fran-resurser-med-variabel-produktion-eller-forbrukning/> (hämtad 2023-02-02)

flertalet av existerande värmepumpar. Nya värmepumpar har ofta kommunikationsmöjlighet men utan standardiserade kommunikationsprotokoll. Det finns ingen standard på mätning i värmepumpar i nuläget. Att mäta energianvändningen i dagens värmepumpar är svårt då de vanligen saknar elmätare och att installera det i efterhand är dyrt och kräver utbildade tekniker.

Utmaning med elprisavtal: Fler användare behöver få incitament för att välja att ansluta sin värmepump för att nå efterfrågepotentialen som tekniken kan bidra med. Timprisavtal är ett möjligt incitament, då tekniken möjliggör att flytta elanvändningen till timmar då elpriset är lägre.

Möjlighet med eftermonterad styrning: För att nyttja efterfrågefleksibilitet hos den stora mängden befintliga värmepumpar måste en kommunikations- och styrmöjlighet installeras, till exempel med en eftermonterad styrning.

Utmaning/hinder med incitament för flerbostadshus och kommersiella fastigheter: För flerbostadshus och kommersiella fastigheter verkar utmaningen snarare vara att nå fastighetsförvaltarna och motivera dem att bli aktiva, till exempel med ekonomiska incitament, än att tekniken måste utvecklas för att efterfrågefleksibilitet skall bli aktuellt.

Möjlighet gällande mer information: Att informera om möjligheten till efterfrågefleksibilitet kan ge effekt. Energispar kampanjen har, tillsammans med många andra faktorer, gett resultat. Exempel på kampanjer för ökad efterfrågefleksibilitet finns i andra länder och skulle eventuellt ge resultat.

5 Flexibilitet gällande elbilar och laddning

Det ökande antalet elbilar i Sverige förväntas kunna bidra till flexibilitet i elsystemet. ”Smart laddning” under tider då efterfrågan på el är låg innebär att konsumenten kan dra nytta av billigare el. Samtidigt minskar risken för behov av förstärkningar av elnätet. Likaså kan laddning av elbilar flyttas till perioder där det finns tillgång till billig el. På längre sikt förväntas även dubbelriktad laddning bidra till flexibilitet i elsystemet. Exempel på det är vehicle-to-grid (V2G), där energin som lagras i elbilens batterier används för att bidra till stabilitet i elnätet, eller vehicle-to-home (V2H), där energin används i hemmet. I denna rapport används termen ”flexibel laddning” både för smart laddning och för dubbelriktad laddning.

5.1 Smart laddning

Det saknas i nuläget en definition på vad smart laddning för elbilar är. Dock finns det i EU-kommissionens förslag till förordning om utbyggnad av infrastruktur för alternativa bränslen⁶⁰ (AFIR) flera förslag på definitioner av smartheit. Termen används lite godtyckligt bland exempelvis försäljare av fordonsladdare. Nyckeln till smart laddning beror på möjligheterna till kommunikation och styrning vad gäller laddningen. Genom informationsutbyte görs det möjligt att avgöra om laddning sker eller inte. I detta avseende är det laddarens eller fordonets styrsystem för laddning som tillhandahåller intelligens och styrfunktionalitet.

Funktionalitet för de laddare som finns på den svenska marknaden skiljer sig åt. Nedan beskrivs olika nivåer av smart laddning:

- 1 **Laddning utifrån användarens inställningar.** Laddningen kan anpassas efter planerad avresetid eller utifrån elpriser, genom användning av smarta inställningar i bilen, i laddaren eller med hjälp av en app.
- 2 **Smart laddning inom en fastighet eller verksamhet.** Laddningen av en enskild elbil koordineras som en del av en fastighets energisystem. Laddeffekten varierar över tid beroende på hur mycket el som används av fastigheten och/eller om anslutna solpaneler genererar el. Laddningen är smart på det sättet att dynamisk lastbalansering är en del av laddarens funktionalitet. Detta är dels en lösning för att möjliggöra snabbast möjliga laddning vid varje given tidpunkt, dels för att förhindra överbelastning och att fastighetens huvudsäkring

⁶⁰ EU-kommissionen förslag till förordning, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/HTML/?uri=CELEX:52021PC0559&from=en>, hämtad 2023-02-07

löser ut. Lastbalansering uppnås genom att information om husets totala elanvändning i realtid skickas till laddarens styrsystem, som i sin tur justerar laddeffekten.

- 3 Smart laddning för elsystemet.** Detta liknar nivå 2 men hänsyn tas även till rådande förhållanden i elsystemet. En extern aktör kan aktivt styra laddeffekten för att undvika överbelastning av nätet samtidigt som hänsyn tas till förarens behov av laddning. Bortsett från att bara flytta last, skulle den externa aktörens roll kunna vara att låta elbilen vara en del av ett erbjudande om stödtjänster till elnätet. Sådana stödtjänster kan innebära en ersättning till elbilsägaren.
- 4 Dubbelriktad laddning.** Genom dubbelriktad laddning kan energin från elbilens batteri användas för att balansera elnätet (V2G) eller förse fastigheten med el (V2H). Kontrollen över laddning och urladdning av elbilar för V2G hanteras aktivt av den externa aktören, där laddnings- och urladdningsmönstren, inklusive effektnivå, är optimerade enligt de tillgängliga eltarifferna och de tillhandahållna stödtjänsterna.

För att möjliggöra smart laddning bör en laddare/laddbox med vissa funktioner användas och laddning från vanligt vägguttag, så kallad Schukoladdning, undvikas. Även Elsäkerhetsverket uppmanar att endast använda Schukoladdning som en tillfällig lösning.⁶¹ Möjligheten till smart laddning försämras alltså när vanliga vägguttag används även om det går att ha viss styrning utifrån bilens tillhörande app.

I exemplen ovan avses styrning av en enda laddningspunkt och en elbil, vilket är typiskt för småhus med en elbil. När det finns flera laddningspunkter inom samma fastighet är det rimligt att ha ett styrsystem som övervakar laddningen av alla de fordon som är anslutna till laddare, för att sprida energianvändningen över tid.

5.2 Elfordon i Sverige

Andelen laddbara fordon har ökat i snabb takt under de senaste åren. Antalet registrerade laddhybrider är i nuläget större än antalet rena elbilar, men det säljs fler rena elbilar än laddhybrider.

Elanvändningen inom transportsektorn år 2030 bedöms vara 14 TWh i Energimyndighetens scenario för högre elektrifiering⁶². Detta omfattar inte bara vägtransporter utan även bland annat järnvägstransporter. Detta

⁶¹ Installation av elbilsaddare | Elsäkerhetsverket (elsakerhetsverket.se)
<https://www.elsakerhetsverket.se/privatpersoner/din-elanlaggning/bygga-och-renovera/installation-av-elbilsaddare/> (hämtad 2022-12-12)

⁶² Långsiktiga scenarier (energimyndigheten.se)
<https://www.energimyndigheten.se/statistik/prognoser-och-scenarier/langsiktiga-scenarier/> (hämtad 2023-03-28)

kan sättas i perspektivet att den totala efterfrågan på el år 2020 uppgick till 135 TWh⁶³.

Den totala batterikapaciteten bland samtliga existerande elfordon i Sverige 2022 uppskattas av Power Circle till 9 700 MWh⁶⁴. Enligt en studie genomförd av DNV-GL kan det finnas mellan 2 GW (dagtid) och 3 GW (natt) flexibilitetspotential från elbilar i Sverige år 2045 från enbart smart laddning (exklusive dubbelriktad laddning)⁶⁵.

År 2021 fanns det 2,1 miljoner småhus samt 2,6 miljoner lägenheter i Sverige⁶⁶. I småhus är det ofta relativt enkelt att installera en laddare för elbilar. Majoriteten av befolkningen bor dock i flerbostadshus, där tillgången till laddning beror på möjligheten till parkering inom fastigheten samt om hyresvärden eller bostadsrättsföreningen erbjuder laddning, alternativt om publik laddning erbjuds i närområdet.

5.3 Stödtjänster till elnät

Med rätt förutsättningar kan elbilsladdning ha en betydelsefull roll för att bidra med stabilitet till elnätet. Vid bortfall av elproduktion kan elbilar hjälpa till att återställa balansen genom att laddningen stoppas, eller i fallet med V2G, att el från elbilsbatteriet återförs till elnätet. På samma sätt kan laddning av elbilar sättas i gång om det finns ett överskott av el på elnätet, vilket medför ett bättre nyttjande av framför allt el från vindkraft eller solceller, när det finns ett potentiellt överskott av sådan elproduktion.

Sammanfattningsvis kan elbilar idag aggregeras och erbjuda följande:

- Tjänster avseende frekvensstabilitet
- Att flytta last under ett flertal timmar
- Att flytta last under de mest extrema timmarna under året
- Att flytta last från dagtid till nattetid, eller tvärtom i områden där det produceras mycket sol

En viktig aspekt när många styr på samma signal, till exempel elpriset, är att många användare kan komma att starta upp användningen exakt samtidigt vilket skapar problem för elnätet. I Storbritannien har en lagstiftning införts som säkerställer att elbilsladdarna har en slumpmässig

⁶³ Energimyndigheten, *Energiläget 2022*

⁶⁴ Elbilsstatistik, <https://www.elbilsstatistik.se> (hämtad 2023-01-24)

⁶⁵ DNV GL, *Samhällsekonomiska kostnader och nyttor av smarta elnät*, 2021

⁶⁶ Statistik SCB Antal lägenheter efter region, hustyp och år.

https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START_BO_BO0104_BO0104D/BO0104_T01/, (hämtad 2023-03-07)

fördröjning på upp till 10 minuter vid uppstart för att minska risken med samtidig start av många laddare⁶⁷.

5.4 Interoperabilitet avseende laddare

Interoperabilitet är viktigt för möjligheterna till elektrifiering och flexibel laddning. En grundläggande funktion med avseende på interoperabilitet är att olika modeller av elbilar ska kunna använda samma laddningspunkter. Denna möjlighet har omfattats av standarden ISO 15118 (Vägfordon - Gränssnitt för kommunikation mellan laddningsbart fordon och laddstation) i ett antal år.

På samma sätt som användare gör ett val av elhandlare för användning av el i hemmet, skulle det vara ett värdefullt att kunna välja en aggregator som ett stöd för att optimera kostnaden och dra nytta av möjligheterna med flexibel laddning. För att detta ska kunna ske måste det finnas en viss grad av interoperabilitet och standardisering av datautbytet med laddaren. Nyckeln till smart laddning ligger mindre i den fysiska hårdvaran och mer i de stödjande kommunikationsprotokollen, av vilka det finns många. Utan interoperabilitet och standarder finns det med andra ord en risk att vissa laddare inte kan ladda på ett smart sätt.

5.4.1 Open Charge Point Protocol

Open Charge Alliance (OCA) är ett globalt konsortium av aktörer inom laddinfrastruktur som har gått samman för att främja öppna standarder genom antagandet av Open Charge Point Protocol (OCPP) och Open Smart Charging Protocol (OSCP). Om till exempel en fastighetsägare har flera OCPP-kompatibla laddare inom fastigheten som laddar flera fordon, gör protokollet att laddningspunkterna och det centrala styrsystemet kan kommunicera med varandra, oavsett leverantör eller tillverkare. På detta sätt möjliggör OCPP enkel konfiguration och samtidig kontroll av en uppsättning laddare. Eftersom protokollet är öppet så har det blivit det globala riktmärket för interoperabilitet i hela fordonsladdningsindustrin. Parallellt med OCPP utvecklas IEC 63110-serien (Protocol for management of electric vehicles charging and discharging infrastructures) som ska ha samma funktion. OCA deltar i IEC-arbetet. Målet är att OCPP och IEC 63110-serien så småningom ska konvergera.

OCPP är inte något som kan läggas till i en laddare i efterhand. För att kunna använda smart laddning är det viktigt för användaren att kontrollera om laddaren som köps innehåller funktionaliteten att kunna styras på distans av en extern aktör med hjälp av OCPP, eller motsvarande öppet protokoll. Det kan därför finnas en poäng i att krävställa kompatibilitet med OCPP för laddare där kunden kan ta del av

⁶⁷ The Electric Vehicles (Smart Charge Points) Regulations 2021
<https://www.legislation.gov.uk/ukxi/2021/1467/contents/made> (hämtad 2023-02-27)

stöd för inköp eller skattereduktion. Laddaren behöver även kunna uppdateras med nyare versioner av protokollet.

Vikten av att använda OCPP ökar med antalet laddningspunkter som hanteras. Det är därför av större betydelse för större konsumenter, såsom företag, fastighetsbolag och bostadsrättsföreningar att använda OCPP.

5.4.2 Andra protokoll för smart laddning

Det finns andra relevanta protokoll kopplat till laddning på marknaden som listas nedan:

- OSCP är ett protokoll som kan användas av elnätsägaren eller aggregatorn för kommunikation med en laddoperatör eller ett styrsystem för flera laddningspunkter. En prognos för tillgänglig kapacitet i lokalnätet under det närmaste dygnet kommuniceras. Tiden för laddning för olika fordon kan optimeras utifrån det.
- OpenADR-protokollet används främst för att skicka information och signaler för att stänga av olika typer av enheter som använder mycket effekt, under perioder med hög efterfrågan på el. OpenADR är bredare än OCPP i den meningen att det inte enbart relaterar till laddning av elfordon, det relaterar till efterfrågerespons från smarta produkter mer allmänt. OpenADR och OCPP kan kombineras och samverka.

Idealiskt är om kunderna fritt kan välja mellan aggregatorer och i förlängningen mellan kommunikationsprotokoll. Det är alltså viktigt att kunden kan veta att dess laddbox kommer att kunna bidra med flexibilitet och att kunden fritt kan välja vem som hanterar denna flexibilitet.

Det kan därför vara viktigare att formalisera och standardisera "smart funktionalitet" för en laddbox snarare än att ange vilket protokoll som ska användas. Till exempel, om den önskade "smarta funktionaliteten" är att laddboxen ska kunna styras på distans, måste detta skrivas i tillverkningsstandarderna så att laddboxar görs med denna funktionalitet. För denna funktionalitet kommer OCPP-protokollet sannolikt att framstå som huvudlösningen eftersom det är det marknadsledande protokollet.

5.5 Tredjeparts laddoperatörer och aggregatorer

En laddoperatör som kontrollerar många laddningspunkter skulle kunna fungera som en aggregator. Även elhandelsföretag kan agera som aggregatorer om de tillsammans med användaren kan flytta last, det vill säga att konsumtionen av el förskjuts till vissa perioder.

Flera aggregatorer som positionerar sig mot smart elbilsaddning har börjat dyka upp på marknaden. Exempel på aktörer som aggregerar fordonsladdare för hemmaladdning är främst elhandelsföretag men även

laddoperatörer är under uppstart. De möjliggör för användaren att genom en app förskjuta tiden för laddning, och därmed dra nytta av lägre timpriser under delar av dygnet. Elbilsägaren kan också välja att tillåta aggregatorn att pausa laddningen under utvalda korta perioder för att hjälpa till att stabilisera elnätet, och får i gengäld ekonomisk ersättning för tjänsten, till exempel reducerat pris på elen som används för att ladda fordonet. Dessa aggregatorers appar och tjänster är kompatibla med ett visst antal elbilmodeller och ett begränsat antal modeller av laddare. Aggregatorerna kan på detta sätt sälja flexibilitet till Svenska kraftnät. Några av aggregatorerna säljer också tjänster till lokala flexibilitetsmarknader så som Effekthandel Väst.

5.6 Dubbelriktad laddning

Dubbelriktad laddning kan som tidigare nämnts ge en möjlighet att använda elbilens batteri till att exempelvis balansera elnätet (V2G) eller att förse byggnaden som den är ansluten till med el (V2H).

De potentiella fördelarna med tekniken kan vara följande:

- Intäkter för elbilsägaren
- Möjlighet att minska behovet av kostsamma nätförstärkningar som i sin tur skulle höja konsumenternas elnätsfakturer
- Marknadsmöjligheter för aggregatorer att skapa intäkter

Även om V2G ännu inte har kommersialiserats, visar forsknings- och demonstrationsprojekt att tekniken har goda utsikter för att bidra till ett flexibelt elsystem. Exempel på projekt är ett i Utrecht, Nederländerna där bland andra Hyundai har medverkat⁶⁸ samt ”The Parker project”⁶⁹ i Danmark. Ett projekt har just startat upp i Göteborg tillsammans med Volvo Cars⁷⁰.

Några som undersöker potentialen för tekniken är fordonstillverkarna. I detta avseende verkar de japanska biltillverkarna Nissan och Mitsubishi ligga främst, efter att ha tagit ledningen i utvecklingen av den japanska laddningsstandarden Chademo, vars funktionalitet har gjort V2G tillgänglig sedan 2014. Kia och Hyundai införde år 2021 en ny elbilsplattform, som bland annat möjliggör att kunna ta energi ur batteriet. Volkswagen och Polestar är andra exempel på bilmärken som menar att

⁶⁸ Pressmeddelande Hyundai <https://www.hyundai.news/eu/articles/press-releases/hyundai-and-we-drive-solar-launch-energy-system-of-the-future-in-utrecht.html> (hämtad 2022-12-03)

⁶⁹ Projektet Parker, <https://parker-project.com> (hämtad 2023-01-08)

⁷⁰ Nytt projekt undersöker elbilar som ett möjligt energilager för att balansera elnäten | Lindholmen Science Park <https://www.lindholmen.se/sv/nyheter/nytt-projekt-undersoker-elbilar-som-ett-mojligt-energilager-att-balansera-elnaten>. (hämtad 2023-03-15)

de inom kort kommer att erbjuda samma möjlighet som Kia och Hyundai erbjuder.

5.6.1 Teknik och standarder

Ytterligare hårdvaru- och mjukvaruprotokoll krävs för att implementera dubbelriktad laddning för elbilar. Inom elnätet och i byggnader används växelström (AC). I och med att den el som kommer från batteriet kommer att vara i form av likström (DC), måste en växelriktare installeras antingen i fordonet eller i själva laddaren. Ur ett mjukvaruperspektiv blir informationsutbytet komplext under dubbelriktad laddning. Vid V2G behöver elbilen och laddaren utbyta information om behörigheter, elavtal, tids- och platsstämplar, information om tariffer och fakturering samt energibehov, nätkoder, schemaläggning, batteristatus och andra tekniska variabler. Det är av denna anledning som ISO 15118-20-standarden publicerades i april 2022. Den specificerar kommunikationsprotokollen mellan elbil och laddare och hanterar laddningsstyrning och betalning, vilket är en förutsättning för att V2G ska fungera i stor skala med laddstandarderna CCS och Type 2. Detta är ett viktigt steg för branschen men det krävs att tillverkare av laddare, fordonstillverkare, elnätsföretag med flera antar utmaningen att implementera standarden. ISO 15118-20 hanterar inte säkerhets- och funktionskrav från elnät, elanläggning eller laddare.

Delen av ISO 15118 som krävs för V2G beräknas vara helt färdigställd senast år 2025⁷¹. ISO 15118 är dock inte den enda standard som är nödvändig. V2G berör ett antal certifieringar så som sammankoppling med elnätet, elsäkerhet och fordonsfunktionalitet⁷². Det finns idag inte en standard som omfattar alla dessa områden, dessutom kan det krävas olika standards beroende på om DC-AC omvandlingen sker i laddaren eller i bilen. Certifieringsprocessen är dock betydligt mer mogen för omvandling i laddaren, en bidragande orsak är den närmast identiska sammankopplingen till elnätet som dagens växelriktare för lagring (till exempel batterilager)⁷³.

Laddare och fordon behöver innehålla funktioner för att garantera elsäkerhet och funktionalitet vid elöverföring från fordon till laddare. Uppgradering pågår för IEC61851-1 Elfordon - konduktiv laddning för AC och förväntas publiceras i mars 2025, och IEC 61851-23, konduktiv överföring för DC med förväntad publicering tidigast oktober 2023.

En majoritet av de V2G-demonstrationer som har genomförts baseras på DC-laddare. En viktig anledning är att den enda hittills färdigställda

⁷¹ Faktablad v2g (powercircle.org), <https://powercircle.org/v2g.pdf> (hämtad 2022-12-18)

⁷² IREC USA Standard V2G, https://irecusa.org/wp-content/uploads/2022/01/Paving_the_Way_V2G-Standards_Jan.2022_FINAL.pdf (hämtad 2023-03-02)

⁷³ Ibid

standarden för V2G är baserad på Chademo-protokollet för DC-laddning. En fördel med V2G baserat på AC-laddare är att den är billigare än motsvarande DC-laddare, vilket främst beror på att kraftelektroniken placeras i bilen. Det är viktigt att tydliggöra att V2G ännu inte fungerar med vanliga AC-laddare. En nackdel med V2G baserat på AC-laddare är begränsat utrymme för kraftelektronik i bilen.

5.6.2 Regleringar och marknad

Enligt Power Circle finns det inga regulatoriska hinder som förbjuder tillämpning av V2G i Sverige⁷⁴. När elektricitet matas tillbaka till nätet måste utrustningen uppfylla den allmänna nätkoden, vilket redan beaktas av ISO 15118-standarderna. Incitamentet för V2G är alltså kopplat till timpriserna på el. Avseende V2H så blir tekniken extra intressant när fastigheten är utrustad med solpaneler, och potentialen att maximera självförsörjningen av el. Om den lokala elanläggningen är fränkopplad från elnätet krävs en lokal lösning som garanterar frekvens- och spänningshållning för att upprätthålla elsäkerhet och funktion.

5.6.3 Batteridegradering

Kostnaden för dubbelriktad laddning för elbilsägaren kommer att vara kopplad till batteridegradering. Batterierna degraderas av olika anledningar och det finns inga tydliga svar på vilka effekter dubbelriktad laddning har på batterierna. I en del studier betonas osäkerheten kring degradering, andra studier menar att degraderingen är försumbar och i ytterligare studier menas att V2G till och med skulle kunna förlänga livslängden på batterierna⁷⁵. Det är dock osannolikt att elbilsägare kommer att ta till sig teknik om de inte känner sig kompenserade på lämpligt sätt för den eventuella degradering som kan orsakas av att batteriet genomgår fler laddcykler. Det är i många fall oklart hur biltillverkare ser på att elbilsägare laddar ur bilens batterier och hur garantitider i så fall påverkas.

5.6.4 Vad behövs för att implementera V2G i stor skala?

Lösningar för implementering av V2G kommer främst att komma genom standardiseringsarbete och branschinitiativ så därför rekommenderas fortsatt svenskt deltagande vid arbetet med framtagande och uppdatering av de nämnda standarderna som berör V2G och V2H. Piloter och demonstrationsprojekt har också en viktig roll och bör främjas, exempelvis genom statlig medfinansiering.

⁷⁴Faktablad v2g (powercircle.org), <https://powercircle.org/v2g.pdf> (hämtad 2022-12-18)

⁷⁵Gschwendtner, C., Sinsel, S., Stephan, A. (2021) Vehicle-to-X(V2X) implementation: An overview of predominate trial configurations and technical, social and regulatory challenges Renewable and Sustainable Energy Reviews Volume 145, July 2021, 110977

Följande är exempel på behov för implementation av V2G och V2H:

- För att V2G ska växa på såväl småhusnivå som för flerbostadshus så krävs smarta affärsmodeller och omfattande standardisering.
- V2G-kompatibilitet kräver, förutom att både laddaren och fordonet har ISO 15118 standard, även en ny enhetlig fysisk standard som ännu inte finns på marknaden. Det är inte säkert att de laddboxar som finns på marknaden kommer att klara V2G, när väl standarderna är klara. Även om omvandling från DC till AC skulle ske i fordonet krävs att fordonet inte får skicka ström till elanläggningen om fordonet inte fått OK att göra detta. Laddare och elanläggning måste klara av att ta emot ström på ett säkert sätt samtidigt som nätkoden upprätthålls. Vilka krav laddare och fordon ska uppfylla är inte standardiserat än (pågår).
- Ska batteriet i laddfordonet användas för V2G behövs en tvåvägs elmätare. För elmätaren behöver gränssnitten (kommunikation) standardiseras.
- Om batteriet ska samverka med till exempel solceller, batterier i huset eller annan elanvändning i huset behövs ett system för samverkan mellan dessa enheter. Det behöver finnas standarder för detta.
- Det saknas styr signaler för det lokala elnätets belastning.
- Det måste finnas ”regler” eller garantier från fordonstillverkaren hur batteriet får användas för V2G/V2H

5.7 Slutsatser avseende flexibilitet för elbilar och laddning

Nedan presenteras de slutsatser som har dragits avseende potential och lärdomar när det gäller den flexibilitet som elbilar kan bidra med.

Potential: Flexibel laddning och det ökande antalet elbilar innebär en stor potential att bidra med stabilitet och balans i elnät. Enligt en studie genomförd av DNV-GL kan det finnas mellan 2 GW (dagtid) och 3 GW (natt) flexibilitetspotential från elbilar i Sverige år 2045 från enbart smart laddning (exklusive dubbelriktad laddning).

Slutsatser om styrning, kommunikation och mätning: Många laddare är utrustade med elmätare och har ett öppet och branschgemensamt protokoll vilket gör kommunikation och styrning av laddning möjligt idag. Flera aggregatorer samlar elbilsladdning med bud på både Svenska kraftnäts marknad och lokala flexmarknader.

Möjlighet till fler laddare med branschgemensamt kommunikationsprotokoll genom att ställa krav vid statligt investeringsstöd:

För att främja utvecklingen av en marknad för aggregatorer där det tillhandahålls tjänster för smart laddning, kan en metod vara att kravställa laddare vad gäller interoperabilitet och ”smart funktionalitet” i de fall nationellt investeringsstöd ges.

Möjligheter med V2G och V2H: För V2G och V2H återstår en hel del arbete som främst sker genom branschinitiativ och standardiseringsarbete, bland annat att ta fram smarta affärsmodeller, fysisk standard för laddboxar, styr signaler för lokalnätets belastning samt regler eller garantier för användning av elbilsbatterier för V2G eller V2H. Piloter och demonstrationsprojekt bör främjas, exempelvis genom statlig medfinansiering

Hinder/Utmaning med effektnätтарiff: Den ökande förekomsten av elnätsabonnemang med effekttariffer kan vara relevant att utvärdera med avseende på hur de påverkar förutsättningarna för flexibel laddning.

Möjligheter med ökas kommunikation: Flexibel laddning bedöms ha en potential att ge ekonomisk vinning bland elbilsägare men även samhällsekonomisk nytta. Myndigheter samt energi- och klimatrådgivare behöver bli bättre på att informera allmänheten om nyttan och möjligheterna med flexibel laddning.

6 Batterier och småskalig elproduktion

I det här avsnittet presenteras nuläget och den flexibilitet som tillhandahålls genom batterilagringssystem, framför allt batterisystem som är kopplade till solcellssystem. Detta arbete behandlar endast batterilagringssystem i bostadshus i Sverige vilka innefattar småhus och flerbostadshus. De flesta batterilager som finns i Sverige idag är placerade innanför elmätaren i byggnader hos privatpersoner eller hos större fastighetsägare, där flerparten finns hos privatpersonerna⁷⁶.

Batterimarknaden för enfamiljshus kännetecknas av små batterier i storleksordningen 5–15 kWh, som vanligtvis köps i samband med investeringar i ett solcellssystem och/eller en laddningspunkt för laddning av elbilar. Studier har visat att ett batteri placerat bakom konsumentens mätare bidrar mest till elsystemet⁵¹. Marknaden är skattemässigt gynnad och en småhusägare har för närvarande rätt till 50 procent avdrag för batterierna.

6.1 Kombinerat batterilager och solcellssystem

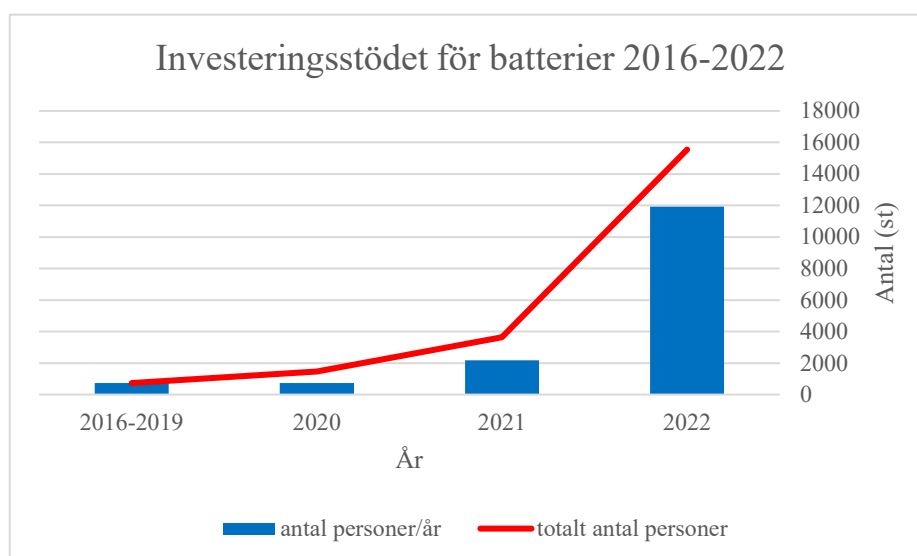
Det finns ingen statistik över hur många batterilagringseenheter som är installerade i bostäder och byggnader i Sverige. Endast 30 procent av elnätsföretagen vet om, och i så fall var, det finns nätanslutna batterilager i deras nät enligt en undersökning gjord 2022⁷⁷.

2016 infördes ett statligt batteristöd som 2021 flyttades över till skatteavdraget för grön teknik. Med tanke på att få privatpersoner bedöms ha installerat batterier utan att ansöka om stöd kan de siffror som därifrån hämtas anses som representativa för nätanslutna batterier. Till detta tillkommer de batterier som satts upp hos kommersiella fastighetsägare eller bostadsrättsföreningar som inte har tillgång till batteristödet.

Baserat på tillgängliga data kopplat till investeringsstödet presenteras det totala antalet installerade batterilager hos privatpersoner i bostadshus enligt Figur 3.

⁷⁶ Power Circle “Flexibilitet för ett mer stabilt och driftsäkert elsystem” Stockholm, 2022 https://www.powercircle.org/kartlaggning_flexibilitet.pdf

⁷⁷ Power Circle “Digitalisering av elnäten”, Stockholm, 2022 [221129 Digitaliserade elnät - FINAL \(powercircle.org\)](https://www.powercircle.org/221129-Digitaliserade-elnat-FINAL.pdf)



Figur 2: Antalet privatpersoner som fick batteristödet – per år och totalt.⁷⁸

Om en storlek på batteriet i statistiken ovan antas vara 5–15 kWh per installation, uppskattas det finnas 80–240 MWh installerade batterier hos privatpersoner i småhus. Statistik från solcellsinstallationsföretag visar att det fanns cirka 16 MWh installerad batterikapacitet hos större fastighetsägare 2021. Detta avser då enbart batterier i anslutning till en solcellsanläggning. Sammanfattningsvis kan detta jämföras med några stora stationära batterier i Sverige, som Vattenfalls 5 MW/20 MWh-system i Uppsala⁷⁹ och Ellevios kommande anläggningar på 10 MW/11,9 MWh i Grums⁸⁰ och på 15 MW/15,7 MWh vardera i Kungsbacka och Lindome⁸¹.

I Sverige har subventioner för solceller och lagring i hemmet påverkat den fortsatta tillväxten inom sektorn. Enligt ”European Market Outlook for Residential Battery Storage 2022–2026” bedöms Sverige vara den fjärde största europeiska marknaden inom batterilagringssystem för bostäder år 2026⁸². Den totala installerade kapaciteten bedöms nå 458 MWh, vilket motsvarar 6 procent av den europeiska marknaden.

⁷⁸ Skatteverkets statistikportal https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.skatteverket.se%2Fdo wnload%2F18.1997e70d1848dabbac9630e%2F1673285563078%2FStatistikportalen_St%25C3%2 5B6d_Gr%25C3%25B6n_teknik.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK, (hämtad 2023-01-22)

⁷⁹ ”Unikt Batterilager i Uppsala” <https://www.vattenfall.se/foretag/services-tjanster/vattenfall-services/vara-tjanster/konsulter/projekt/batterilager-i-uppsala/> (hämtad 2023-02-24)

⁸⁰ ”Sveriges största batteri – så ska det stötta elnätet” <https://www.nyteknik.se/batterier-ellevio-premium/sveriges-storsta-batteri-sa-ska-det-stotta-elnatet/460424> (hämtad 2023-02-24)

⁸¹ ”Ny jättesatsning på elnätsbatterier” <https://www.ellevio.se/om-ellevio/nyhetsrum/pressmeddelanden/ny-jattesatsning-pa-elnatsbatterier/> (hämtad 2023-02-24)

⁸² SolarPower Europe, ”European Market Outlook For Residential Battery Storage 2022-2026”, Belgium, 2020 <https://www.solarpowereurope.org/insights/thematic-reports/european-market-outlook-for-residential-battery-storage-1>.

6.1.1 Extra batteri i fastigheten eller elbil med batteri?

Chalmers Tekniska Högskola genomförde under 2019 en undersökning där de tittade på den tekniska potentialen i att använda en elbil som ett energilager för hushåll i kombination med lokal elproduktion, och i vissa fall även ett stationärt batteri, och hur detta kan påverka hushållens behov av el från elnätet.

Resultaten visade att en elbil kan ersätta ett stationärt batteri som lagring och uppnå samma grad av självförsörjning om det finns möjlighet att ladda ur elbilens batteri tillbaka till hushållet (V2H). Exempelvis uppnår hushållen i allmänhet samma grad av självförsörjning med en elbil med ett batteri på 50 kWh i kombination med i genomsnitt 11 kW solpaneler, som med ett stationärt batteri på 5,5 kWh.

Även en elbil utan möjlighet till urladdning ökar generellt sett hushållens självförsörjningsgrad jämfört med om de inte har någon elbil alls. Ett stationärt batteri har i jämförelse den uppenbara fördelen att alltid finns på plats. En analys av kördata för ca 400 elbilar visar dock att minst 30 procent av bilarna alltid står parkerade hemma, oavsett tid på dygnet⁸³

6.1.2 Solceller i bostadshus

Solcellsinstallationer blir allt vanligare i Sverige och de finns nu på ca 2–3 procent av alla byggnader⁸⁴. Baserat på uppgifter från IEA fanns i slutet av 2021 en total solcellskapacitet på ca 1 600 MW⁸⁵. Från statistiken framkommer att det under 2021 sågs en ökning med så mycket som 25 procent jämfört med föregående år.

Den största marknadsandelen för nätanslutna solcellstillämpningar utgörs av bostadssystem, vilket inkluderar både små- och flerbostadshus, som står för 52 procent (825 MW) av den totala installerade nätanslutna solcellseffekten. Kommersiella byggnader står för 33 procent, offentliga byggnader för 4 procent och industribyggnader och industrianläggningar för 3 procent.

6.2 Flexibilitetstjänster som möjliggörs av batterilagringssystem i bostadshus

Ett batterilagringssystem kan ha olika funktioner beroende på var det placeras och hur det optimeras och har därför stor potential att ge flexibilitet till kraftsystem för att kunna hantera kortare förändringar, lokala flaskhalsar

⁸³ D. Gudmunds, "Effect on household prosumers self-consumption and self-sufficiency when introducing an electric vehicle Modelling of residential households with solar PV and," Chalmers University of Technology, 2018.

⁸⁴ "CheckWatt och Solkompaniet i samarbete sänker elnätskostnader åt Mölndals stad <https://www.solenerginyheter.se/2021/05/11/2116/checkwatt-och-solkompaniet-i-samarbete-sanker-elnatskostnader-molndals-stad> (hämtad 2023-01-24)

⁸⁵ J. Lindahl and A. O. Westerberg, "National Survey Report of PV Power Applications in Sweden 2021," 2021. <https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2022/10/National-Survey-Report-of-PV-Power-Applications-in-Sweden-2021.pdf>.

och tillhandahålla varierande stödtjänster. En fördel med batterier är att de levereras i moduler och lagringskapaciteten är således skalbar. Ett batterilager påverkas inte av hur stort systemet är, utan effektiviteten är ungefär densamma oavsett storlek.

Batterier har förmågan att reagera snabbt - mycket snabbare än dagens vattenkraft. Svarstider på 0,1 sekunder har uppnåtts, och de kan öka produktionen mycket snabbare när de väl startat jämfört med synkrona enheter. Toppeffekten kan uppnås på 0,2 sekunder och kan bibehållas från minuter till timmar, beroende på batteriets storlek. Fyra timmar anses vara den normala uthålligheten (tiden dom kan bistå nät eller hushåll) för batterilagring, men vissa tekniker ska kunna förlänga den till åtta timmar eller ännu längre⁸⁶.

För att ett batterilager ska kunna fungera i en byggnad och tillhandahålla flexibilitetstjänster måste laddning och urladdning kontrolleras genom att ett styrsystem talar om för batteriet när och hur mycket det ska laddas och laddas ur. Den smarta styrningen måste automatiseras för att kunna hantera den information som måste överföras, vilket ställer krav på digitalisering. Beroende på hur den smarta styrningen är konstruerad skapas olika förutsättningar för flexibilitetstjänster. I den enklaste formen styrs batterianvändningen så att husets elanvändning optimeras. Då kan batteriet stötta elnätet genom att en högre grad av självförsörjning skapas och hushållet belastar nätet mindre, men ingen annan form av flexibilitetstjänst är möjlig. I en något mer utökad styrning tas yttre signaler med i styrningen, till exempel elpris eller elnätstariffer. Då har batteriet stöttat en efterfrågefleksibilitet. I en ännu mer avancerad styrning bidrar batterisystemet också med flexibilitetstjänster, genom att en aktör, aggregator, har möjlighet att styra batteriet efter behov på en flexmarknad. Tabell 5 beskriver skillnaderna i dessa olika nivåer.

⁸⁶ N. Gallardo (2020), Long-duration energy storage: a technoeconomic comparative analysis with case studies in Mexico

Tabell 3: Flexibilitetstjänster som möjliggörs av batterilagringssystemet i bostadsbyggnader och nivåer av smart styrning.

	Basnivå	Utökad nivå	Avancerad nivå
Funktion	<i>Laddning och urladdning av batteriet samt lastformning</i>	<i>Optimera laddning/urladdning och flexibilitetshandel med elnätet eller grossistmarknaden</i>	<i>Optimera laddning/urladdning och flexibilitetshandel med elnätet eller grossistmarknaden samt automatiserad styrning och samordning mellan apparater och automatiserad aktivering av handel med flexibilitet.</i>
Syfte	<i>Tillåta manuell/automatisk styrning, t.ex. slå på/av batteriladdning/urladdning, för att öka självförbrukningen, självförsörjningen och lastformningen (för att undvika toppar eller för att flytta lasten).</i>	<i>Möjlighet att öka självkonsumtion, självförsörjning och lastformning (peak-shaving eller lastförskjutning). Möjliggöra automatiserad styrning för handel med elnätet eller deltagande på grossistmarknaden för att ta tillvara på marknadsarbitrage.</i>	<i>Möjlighet att öka självkonsumtion, självförsörjning och lastformning (peak-shaving eller lastförskjutning). Möjliggöra automatiserad styrning för handel med elnätet eller deltagande på grossistmarknaden för att ta tillvara på marknadsarbitrage. Tillåta automatiserad styrning att delta i balansmarknaden eller den lokala flexibilitetsmarknaden för att uppnå vinster (FCR, aFRR/mFRR och FFR till TSO, och spänningskontroll och hantering av överbelastning till DSO).</i>
Ingångsdata	<i>Tekniska begränsningar (SOC, DOD osv.), meteorologiska data, historiska uppgifter om användarprofiler osv.</i>	<i>Tekniska begränsningar (SOC, DOD osv.), meteorologiska data, historiska uppgifter om användarprofiler, marknadssignaler från elnätet eller grossistmarknaden (t.ex. direkta styrsignaler, prissignaler osv.), prognostisering av elpriser och belastning genom maskininläring osv.</i>	<i>Tekniska begränsningar för alla apparater, meteorologiska data, historiska uppgifter om användarprofiler, marknadssignaler från elnätet, grossistmarknaden, balansmarknaden eller den lokala flexibilitetsmarknaden (t.ex. direkta styrsignaler, prissignaler osv.), prognostiserade uppgifter om elpriser och belastning genom maskininläring osv.</i>
Kommunikation	<i>Kommunikation mellan användare och batterilagring</i>	<i>Kommunikation mellan användare och batterilagring, elnätet och grossistmarknaden</i>	<i>Kommunikation mellan användare och batterilagring, elnätet, grossistmarknaden, balansmarknaden och flexibilitetsmarknaden</i>

I praktiken har alla batterilagringssystem i bostadshus i Sverige någon form av smart styrsystem. Alla företag som undersöktes i arbetet med denna rapport (totalt 13st) optimerar och styr batterisystemet utifrån husets elanvändning. Ungefär hälften av aktörerna erbjuder en något högre form av smarthet, med styrning också mot en extern signal medan endast ett fåtal har nått den, i Tabell 5 beskrivna, avancerade nivån av styrning. Observera att ovanstående endast tar hänsyn till batterier i kombination med solcellssystem samt stationära batterier i bostadsbyggnader, och utesluter därmed batterisystem i elnät samt elfordonsbatterier.

Om exemplen ovan undersöks kan ett batterilagringssystem med en viss grad av smart styrning innehålla följande tekniska funktioner för att hantera övervakning, styrning och konvertering:

- Egen webbplats eller mobilapplikation med visning av aktuella data samt vissa inställningsmöjligheter
- Modulär utformning som möjliggör snabb och säker installation med tillhörande skalbarhetspotential.
- Möjlighet till direkt anslutning till solcellssystem
- Växelriktare för att omvandla batteriströmmen från likström till växelström till elnätet.
- Internetanslutning via WLAN eller LAN
- Styrning av växelriktaren via smarta mätare, Modbus (Modbus TCP/IP och Modbus RTU) och Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)
- Energhanteringsystem (EMS) kommunicerar med batterihanteringssystemet (BMS) och kraftomvandlingssystemet (växelriktaren) för att ladda eller ladda ur baserat på olika signaler.

Trots att kostnaderna för batterilagring har minskat snabbare än väntat, uppfattas investeringar i batterilagringssystem ofta som alltför höga och den möjliga avkastningen alltför låg och osäker. Ett sätt att öka avkastningen på investeringen är att använda ett batterilagringssystem för att tillhandahålla flera flexibilitetstjänster samtidigt. Flera studier har visat att så kallad tjänstestapling, d.v.s. intäkter från flera källor, är avgörande för att skapa lönsamhet för batterilager.

6.2.1 *Kommunikationsprotokoll för batterihanteringssystemet*

Ett batterilagringssystem kräver kommunikationsförmåga för att kunna ansluta till batterier (och perifera komponenter), kommunicera med elnätet, fjärrövervaka system m.m. Systemet kan bestå av ett faktiskt energilagringssystem, elektronisk övervakningsutrustning, batterihanteringssystem (BMS) samt hård- och mjukvara för nätkommunikation. Ofta används fortfarande proprietära, tillverkarspecifika mjukvarulösningar för att styra energilagringssystem

och nätkomponenter i allmänhet⁸⁷⁸⁸. Standardisering och interoperabilitet är viktiga byggstenar för att förenkla ett automatiserat användande av batterier som resurs.

6.3 Exempel från flerbostadshus

Med fastighetsautomation kan alla delar i fastighetens energisystem optimeras. Med det som tidigare beskrivits i kapitel 4 avseende styrning av värme, kyla och ventilation läggs ytterligare ett lager till i form av batterier.

I Örebro har det kommunala fastighetsbolaget Örebrobostäder under flera år arbetat med att implementera olika tekniker för energieffektivisering. Sedan 2004 har alla nya investeringar i produktion och teknik gjorts med intelligent automation. Hjärnan bakom detta är styrtekniken programmerbar logikstyrning (PLC). Med hjälp av kontroller kan effekttoppar kontrolleras genom att systemet stänger av lämpliga strömförbrukande enheter som till exempel ventilation eller elbilsaddning. Örebrobostäder har också motsvarande 200 kW batterilagring. Från sommaren 2020 är Örebrobostäder också leverantör på det svenska nätets reglermarknad (FFR) med sina batterier⁸⁹.

Som ett resultat av det arbete Örebrobostäder bedrivit har de sedan 2005 minskat sin elanvändning med 50 procent.

6.4 Slutsatser avseende flexibilitet från batterier

Potential: Statistiken över tillgänglig batterilagerkapacitet i bostäder och byggnader är högst bristfällig. Det uppskattas att det idag finns 80–240 MWh batterilager hos privatpersoner och 2026 förväntas det i hela bostadssektorn finnas 458 MWh tillgängligt batterilager.

Slutsats avseende styrning och kommunikation: Alla batterisystem är i någon mån smarta och uppkopplade, dock i första hand mot byggnadens system så att toppar minskas och belastning skiftas i byggnadens energianvändning. I de flesta fallen är det tillverkarspecifika lösningar för styrning och kommunikation.

Möjlighet med flexibilitet från batterier: Det finns idag endast ett fåtal leverantörer av flexibilitetstjänster kopplade till batterier, men batterier börjar ses som en möjlig resurs.

⁸⁷ K. Hänsch, A. Naumann, C. Wenge, and M. Wolf, "Communication for battery energy storage systems compliant with IEC 61850," *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 103, no. August 2017, pp. 577–586, 2018, doi: 10.1016/j.ijepes.2018.06.030.

⁸⁸ IEA PVPS, "Communication and control for high PV penetration under smart grid environment," 2020. https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/12/Task14-12_Communication-and-Control_report.pdf.

⁸⁹ P. Ståhl, "Batterilagring i byggnader - en vägledning," 2021. <https://energikontorsydost.se/a/vagledning-for-batterilagring-i-byggnader#:~:text=Lagring av el i batterier,tänka på inför en installation.>

Utmaning/hinder med proprietära kommunikationssystem: Det flesta batterier har av tillverkaspecifika, proprietära, lösningar för styrning och kommunikation varför ett fortsatt arbete med interoperabilitet och standardiseringar är nödvändigt.

Möjlighet med mer avancerad styrning: Med en viss grad av aggregering och mer avancerade kontrollstrategier i EMS (energistyrssystem) kan batterisystem uppnå högre nivå av smarthet genom att prioritera vissa flexibilitetstjänster. I takt med att batterimarknaden för bostäder växer förväntas nivån av smart styrning öka och därmed kan flexibilitetstjänster både inom byggnaden ("peak-shaving" och "load-shifting") och marknadsflexibilitetstjänster tillhandahållas.

7 Informations- och cybersäkerhet inom flexibilitet

7.1 Bakgrund

Nya krav ställs på drift och förvaltning av elnätet i och med en mer dynamisk lastprofil och att andelen väderberoende, förnybar elproduktion har ökat. Systemet får fler insignaler, vilket i sin tur skapar en större osäkerhet för elsystemets systemgränser och krav på leveranssäkerhet. Om efterfrågefleksibilitet skall användas för balansering behöver enheterna (laster såväl som produktion) som deltar i lastutjämningen kommunicera och få information om vad de behöver göra. Idag sker denna kommunikation vanligen via internet

När en enhet i det flexibla energisystemet direkt eller indirekt är åtkomlig via publika eller allmänt nåbara datorkommunikationsmedel blir den sårbar för både cyberattacker och oavsiktliga avbrott i kommunikationen. Kommunikationen kan angripas både nära enheten, exempelvis från bostaden, centralt genom att kompromettera centrala servrar, eller distribuerat genom att modifiera den information som aggregatorerna baserar sina instruktioner på.

En angripare kan angripa enheter under lång tid och sedan samordnat använda en tillräcklig mängd enheter för att störa elsystemet. Varje enhet bidrar med några kilowatt, men genom att använda många enheter kan effekterna som angriparen styr bli mycket stora. I aggregerade system räcker det att attackera aggregatorn för att komma åt alla samlade enheterna. Ett fåtal säkerhetshål kan möjliggöra att styra hundratusentals elbilar, solcellspaneler, värmepumpar och batterilager hos hushållen. Betänk att ingen kedja är starkare än sin svagaste länk.

7.2 Analys

Flexibiliteten kan alltså användas emot elsystemet och flexibla resurser användas för skadliga ändamål. Därför är det viktigt att analysera vilka vägar in i systemet en attack kan ta, samt vilken effekt olika attacker får på elsystemet. Det kan också påverka vem antagonisten är och deras syfte. Attackerna kan vara statsunderstödda, finansiellt motiverade, konkurrens- och ideologiskt motiverade, eller genomförda för nöjes skull.

Tidsskalan är viktig.

När det är låg trafik på internet och inga störningar förekommer kommer batterier och laddboxar att kunna nås på under en sekund och övriga resurser på minutbasis. Men, finns det störningar på internet eller vid hög belastning kan dessa inte nås så pass fort. Ett flexibelt elsystem som kommunicerar via internet kan få problem med tillförlitligheten med avseende på svarstid.

Vilka vägar in i de olika energienheterna finns det och var kan enheten startas och stoppas? Ju fler vägar in, desto känsligare blir enheten för attacker. Ofta kan produkterna nås via molntjänster men också via hushålls/fastighetens egna nätverk. Vissa av dessa apparater kan även tillhandahålla lokal styrning via oskyddade protokoll. Laddboxen kan förutom ovanstående även nås via elbilen. Flera av produkterna liksom det aggregerade systemet kan också nås via styrsignalen in i systemet, till exempel elprisinformationen.

Samtliga enheter kan nås via **utrustning eller skadlig programvara** som kan ha planterats in under tillverkningen.

Hur uppdaterade är (data)protokollen och mjukvaran som används i enheterna? Äldre versioner av protokollen och mjukvaran kan ha säkerhetsrisker som åtgärdats vid uppdateringar, att kontinuerliga uppdateringar genomförs hos produkterna är därför viktigt.

Den **påverkan som fås på elsystemet** vid ett cyberangrepp beror på vilken effekt (i Watt) som en antagonist kan rekrytera, d.v.s. **summan av effekten** från de hackade enheterna. Systemrisker är ett mycket viktigt perspektiv även för aggregerade resurser. Ett angrepp på ett lokalt område kan också ge kaskadeffekter på större område och på hela energisystemet eftersom allt sitter ihop i olika grad. Ett cyberangrepp kan alltså ge systemeffekter långt utanför Sveriges gränser.

7.3 Viktiga aspekter att beakta

Kontinuerligt arbete

Säkerhetsarbete är inte en enskild snabb insats utan ett kontinuerligt uthålligt arbete, och Myndigheten för samhällsberedskap har publicerat mycket vägledning för arbetet⁹⁰. För att stärka det redan existerande arbetet med info- och cybersäkerhet inom elförsörjningen är det viktigt att se över hur efterfrågefleksibilitet påverkar.

Standardisering och öppna protokoll, uppdaterade system

Öppna standardiserade protokoll ger en lägre risk än stängda, icke-standardiserade proprietära protokoll. Att fortsätta det pågående arbetet med öppna standardiserade protokoll för alla produkter är därmed nödvändig för informations- och cybersäkerhet.

⁹⁰ [Metodstöd för LIS \(informationssakerhet.se\)](#), [Grundläggande säkerhet i cyberfysiska system : vägledning \(msb.se\)](#), [Vägledning till ökad säkerhet i industriella informations- och styrsystem \(msb.se\)](#), [Fastighetsautomation : cybersäkerhet inom fastighetsautomation \(msb.se\)](#)

Att ständigt uppdatera system blir därför också en viktig åtgärd. Kan det vara möjligt att fasa ut enheter som inte uppdaterats i ett aggregerat system?

Systemisk risk och möjligheter med ö-drift

Analysera hur hushåll och andra kunders flexibilitetsresurser kan påverka systemet. Utred också om dessa resurser kan vara en resurs för eventuell ö-drift vid störning.

Varningssystem och möjlighet att styra manuellt

Skapa metoder och verktyg för att kunna detektera och varna för attacker hos de flexibla resurserna och se över möjligheten att säkra flexibilitetslösningarna med olika former av lokal styrning

Slumpmässig fördröjning

Lägga in en slumpmässig fördröjning i koden till enheternas start och stopp-algoritmer med upp till 10 minuters fördröjning. Detta minskar risken med att en attack mot t.ex. prissignalen skapar en plötslig och stor förändring på användningen.

Energilager och cybersäkerhet

Påskynda arbetet kring reglering av cybersäkerhet för energilager då detta varit eftersatt.

8 Främjande av innovativa lösningar inom flexibilitet

8.1 Test- och demonstrationsarenor

Att etablera test- och demonstrationsarenor kan vara en viktig del i att förbättra och utveckla kunskap och förståelse för hur efterfrågefleksibilitet kan stötta elnätet och energisystemet. Det är också en viktig väg för att pröva tänkbara lösningar hos viktiga aktörer i verkliga situationer, något som sedan kan påskynda förändringar med exempelvis ny lagstiftning. Energimyndigheten har sedan tidigare utlysningar inom området⁹¹

Viktiga faktorer som Energimyndigheten identifierat för lyckade testbäddar är bland annat följande:

- Representation och deltagande av problemägare, t.ex. nätägare, aggregatorer, tillverkare, användare och marknadsaktörer.
- Inkludera aktörer från hela kedjan och/eller systemet. Det kan vara användare, tillverkare, aktörer uppströms/nedströms, myndigheter, beslutsfattare och tillsynsansvariga.
- Upprätta testbädden så att problemägare har stort tilltråde och att alla aktörer har en lämplig nivå på deltagande och engagemang i relation till deras roll i systemet.
- Bygg testbädden kring en praktiskt tillämpbar problemformulering.
- Utforma testbädden kring ett befintligt eller framtida behov.
- Säkerställ hög kunskap och kompetens samt trovärdighet hos ingående aktörer. Designa med rätt utrustning och personer med adekvat kompetens.
- Arbeta med kommunikation och fokusera på att kommunicera resultat kopplat till problemen och aktörerna i ett brett perspektiv.

Några befintliga demonstrationsarenor och testbäddar som är relevanta för området beskrivs nedan.

⁹¹ Pilot- och demonstrationsprojekt (energimyndigheten.se), <https://www.energimyndigheten.se/forskning-och-innovation/stod-till-affarsideer-test-och-lansering/pilot-och-demonstrationsprojekt/> (hämtad 2023-03-08)

De lokala flexmarknader som drivits i projektform till exempel Sthlmflex eller på försök som Effekthandel Väst ger såklart väsentlig erfarenhet och information.

Testlab är Energimyndighetens eget laboratorium, där produkter som använder energi, eller kan påverka energianvändningen testas. Fokus i resultaten är energianvändning och funktion, testerna ska efterlikna verkligheten och utförs enligt internationella provningsmetoder.

Ett av laboratorierummen på Testlab håller på att byggas upp till ett ”smart hem”. Tanken bakom detta är att kunna testa produkter i ett system; att mäta hur (och hur ofta) produkterna kommunicerar med varandra och vad detta innebär energimässigt. Som tidigare beskrivits förväntas antalet smarta produkter hos hushållen att öka. Att kunna ge oberoende information till konsumenter och visa inverkan av beteende är en del av Testlab:s uppdrag varför just dessa smarta produkter i ett system redan nu, men än mer i framtiden, är intressanta. Initialt kommer mätningarna fokusera på hur själva kommunikationen påverkar energianvändningen, men efterhand är det troligt att även själva styrutrustningen – både funktion och styrning – ingår.

Information om hushållens apparatbestånd och den faktiska elförbrukningen på apparatnivå är idag bristfällig. Energimyndigheten planerar att under 2023 starta en stor studie där just detta ska analyseras. Tanken är att göra långtidsmätningar hos hushåll med skilda boendeformer, personsammansättningar samt geografisk spridning. Dessa mätningar kommer att göras på apparatnivå och kompletteras med bland annat beteendestudier, vilket möjliggör en förståelse för varför lasterna ser ut som de gör, därtill undersöks möjligheten för hushållen att kunna agera flexibelt.

Ett möjligt framgångsrecept kan också vara att satsa på test och demonstration av efterfrågeflexibilitet genom att inkludera frågan i befintliga demonstrationsarenor eller storskaliga testbäddar. Detta gäller speciellt sådana projekt som rör produkter som förväntas kunna bidra med efterfrågeflexibilitet. Exempel på sådana inom till exempel området elektromobilitet är [SEEL, Swedish Electric Transport Laboratory](#), som är ett testcentrum för forskning och utveckling inom elektromobilitet, och [Swedish Electromobility Centre](#), ett kunskapscentrum inom elektromobilitet. Ett alternativ är också att komplettera stora utvecklings- och demonstrationsprojekt med testbäddsinslag. Två stora sådana projekt som just startat och som har fokus på laddning för tunga fordon är [REEL](#), nationellt demonstrationsprojekt av elektrifierade lastbilar med hela kedjan av aktörer i projektet, samt [E-Charge](#), också detta ett nationellt projekt med fokus på demonstration av lastbilar och högeffektsladdare. Även detta projekt har redan en god uppsättning av aktörer för frågan.

Eftersom efterfrågeflexibilitet kräver sensorer, digitalisering och har en tydlig informations- och cybersäkerhetsaspekt är det klokt att använda befintliga test- och demonstrationsarenor inom de frågorna med tilläggssatsningar kopplat till efterfrågeflexibilitet.

Icke koncessionspliktiga nät kan också ge förutsättningar för att skapa möjliga testbäddar och demonstrationer. På Chalmers finns ett icke koncessionspliktigt nät som möjliggjorde demonstrationen FED- fossilfria energi distrikt som testade hur fastighetsbolag och elhandelsbolag kunde samverka för en optimerad energianvändning.⁹²

Viktiga förutsättningar för att det etableras nya, eller utökade test- och demonstrationsarenor inom området är:

Intresse hos aktörer i hela systemet. Genom frågans aktualisering de senaste åren är frågan helt rätt i tiden och bör borge för ett intresse från aktörer över hela kedjan.

God kompetens hos högskolor, universitet och institut. Genom att historiskt haft god fokus på energifrågan hos både akademi och institut finns en mycket god grundkunskap i frågan.

Möjlighet att testa utanför nuvarande lagstiftning. Ger möjlighet att testa för att få kunskap som kan leda till att regler och lagstiftning ändras. Goda förutsättningar inom detta område i och med möjligheten till så kallade regulatoriska sandlådor.⁹³

Tillräckliga resurser hos viktiga aktörer t.ex. nätägare och myndigheter. Speciellt när det gäller deltagande från elnätsbolag inklusive Svenska kraftnät och regelsättande/kontrollerande myndighet.

Utpekad finansiering genom tydliga utlysningar, gärna inom flera av sakområdena. Finansieringen bör vara långsiktig.

8.2 Stärkt Innovation och utveckling genom deltagande i relevanta EU-program

I arbetet med att främja smart styrning av potentiella flexibla resurser hos hushåll och andra elkunder kan Sverige och svenska aktörer dra nytta av att arbeta med frågorna ur ett mer internationellt perspektiv och i internationella samarbeten och då framför allt på europeisk nivå. Detta gäller inte minst i arbetet med olika större test- och demonstrationsarenor,

⁹² Fossilfria Energidistrikt, Johanneberg Science Park <https://www.johannebergsciencepark.com/en/projects/fed-fossil-free-energy-districts> (hämtad 2022-12-20)

⁹³ Regulatoriska sandlådor - Energimarknadsinspektionen (ei.se), https://ei.se/om-oss/projekt/pagaende/regulatoriska-sandlador#query/* (hämtad 2023-01-16)

men även i arbetet med enskilda mindre forsknings- och innovationsinsatser (FoI) samarbeten. Genom deltagande i internationella samarbetsprojekt så blir de svenska aktörerna en del av det europeiska ekosystemet av aktörer där de både deltar i att påverka policyutveckling liksom forsknings-, utveckling och tillämpning av ny teknik och nya affärsmodeller. Tre faktorer som främjas och som bör lyftas fram när svenska aktörer aktivt deltar i gemensamma europeiska satsningar är:

Ökad kunskapsöverföring mellan svenska aktörer och andra aktörer i Europa. För svensk del kan lärdomar därigenom dras som inom vissa områden (både i förhållande till policy och teknik) där aktörer i andra länder har tidigare erfarenhet av vissa av de utmaningar vi nu ser mer tydligt i det svenska elsystemet. Det gäller bland annat frågan om kapacitetsbegränsningar i elnätet liksom frågor kring balanseringen av en ökad andel väderberoende elproduktion från vind- och sol i elsystem där andelen reglerbar kraftproduktion är begränsad.

Utveckling mot ökad interoperabilitet: Interoperabilitet, beskrivs i kapitel 2, främjas av en harmoniserad utveckling där aktörer från ett större geografiskt område deltar. Medan förutsättningar och behov för användarflexibilitet varierar från land till land och region till region så är mycket av den teknik som kopplas upp för smart styrning (elfordon, värmepumpar, vitvaror m.m) del av internationella standarder. På samma sätt är också de marknadsregler och de krav och regler som ställs på apparater av internationell gemensam standard.

Affärsmodeller och marknad: I takt med att det europeiska elsystemet blir mer och mer integrerat både rent tekniskt såväl som marknadsmässigt så ökar både möjligheter och behov av att affärsmodeller kan utvecklas ur ett bredare perspektiv än bara nationellt. Nya aktörer på energiområdet såsom t.ex. aggregatorer verkar och utvecklas på den gemensamma europeiska elmarknaden. För att svenska aktörer både ska ha en påverkan i utvecklingsarbetet, liksom att kunna dra nytta av affärsmöjligheter som uppstår behövs att de aktivt deltar och samverkar i internationella projekt och program.

För att främja en utveckling där svenska aktörer deltar i FoI-arbete tillsammans med andra aktörer i Europa så finns flera olika vägar till samarbeten. Deltagande kan bland annat ske genom att svenska aktörer från företag, offentliga organisationer och forskningsorganisationer deltar direkt i större EU-projekt som söker medel i EUs ramprogram Horisont Europa.

Horisont Europa är det europeiska ramprogrammet för forskning och innovation som ska genomföras under perioden 2021–2027. Programmet har en budget på 95,5 miljarder euro (exklusive en viss förstärkning via NextGenerationEU). Programmet är indelat i tre delar, där en av de tre

delarna har fokus på globala utmaningar och industriell konkurrenskraft inklusive inriktning mot industri, digitalisering, klimat, energi och mobilitet samt bioekonomi. Projektet Coordinet⁹⁴ är ett exempel på ett projekt som har fått stöd inom EUs föregående ramprogram, horisont 2020. Coordinet har bland annat bidragit till utvecklingen till lokala flexibilitetsmarknader såsom Stockholm flex (lägg in referens tidigare omnämmande texten).

Ett annat viktigt samarbetsforum är inom ramen av s.k. tidigare ERA-NET projekt och som nu kommer att ges stöd inom EUs nya partnerskapsprogram. Det finns flera pågående och avslutade projekt med fokus på användarflexibilitet som genomförs inom ramen för denna typ av samarbeten. Detta gäller t.ex. projektet CLUE⁹⁵ där fyra olika demonstrationstester har genomförts i Malmö - smart laddning av elbilar, användning av storskaligt batteri samt undersökning av flexibilitet i en kommersiell byggnad och på en byggarbetsplats. I det internationella samarbetsprojektet har demonstrationerna i Malmö samverkat och analyserats tillsammans med flera andra demonstratorer i Österrike, Spanien och på Skottland.

Under de kommande åren kommer deltagande i denna typ av projekt att främjas bl.a. genom arbetet i de två nya partnerskapsprogrammen Clean Energy Transition partnership⁹⁶ samt Driving Urban transition Partnership⁹⁷. I båda dessa partnerskap samverkar myndigheter från mer än 30 länder och svenska aktörer får möjlighet att samarbeta med partners från alla de deltagande länderna i gemensamma projekt. Svenska myndigheter såsom Energimyndigheten, Vinnova och Formas deltar aktivt i arbetet med partnerskapsprogrammen och Energimyndigheten är bl.a. med och leder CET Partnership.

⁹⁴ CoordiNet Swedish pilot (coordinet-project.eu), <https://coordinet-project.eu/pilots/sweden>, (hämtad 2023-02-14)

⁹⁵ Projektet Clue, https://eranet-smartenergysystems.eu/global/images/cms/Content/Fact%20Sheets/ERANetSES_ProjectFactSheet_RegSys2018_CLUE.pdf, (hämtad 2023-03-08)

⁹⁶ Nu lanseras ett europeiskt partnerskap för snabbare energiomställning - Clean Energy Transition Partnership - CETPartnership (energimyndigheten.se), <https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2022/nu-lanseras-ett-europeiskt-partnerskap-for-snabbare-energiomstallning---clean-energy-transition-partnership---cetpartnership/>, (hämtad 2023-03-05)

⁹⁷ Europeisk satsning på forskning och innovation för hållbar urban omställning, Driving Urban Transition Partnership (energimyndigheten.se), <https://www.energimyndigheten.se/utlysningar/europeisk-satsning-pa-forskning-och-innovation-for-hallbar-urban-omstallning-driving-urban-transition-partnership>, (hämtad 2023-04-03)

9 Slutsatser och rekommendationer för hur smart styrning kan ge ett mer flexibelt elsystem

9.1 Det finns en stor möjlig potential för efterfrågeflexibilitet hos hushåll och andra kunder

Sammanfattningsvis visar arbetet att det finns en stor potential för efterfrågeflexibilitet från hushåll och andra kunder. Förutsättningarna ser något olika ut. Det befintliga beståndet av värmepumpar har en låg grad av uppkoppling och kan därför mest styras endast genom eftermonterad styrning. Batterier har en hög grad av existerande styrning mot fastighetens elsystem men det finns idag inte någon branschöverskridande överenskommelse eller standardiserat protokoll vilket försvårar möjligheten att samla resurser från flera leverantörer. Elbilsladdare är i hög grad uppkopplade, många har kompatibla protokoll samt inbyggda elmätare och flera aktörer samlar redan idag elbilar och laddare för stödtjänster åt Svenska kraftnät eller som bidrag till lokala flexibilitetsmarknader.

Även större fastigheter som kontor och flerbostadshus har möjlighet att bidra med efterfrågeflexibilitet, bland annat genom värmepumpar, för den mindre andel som värms på det sättet, samt ventilation. Kyllager hos livsmedelsbutiker har också en relativt stor potential att bidra med flexibilitet.

Tabell 6: Sammanfattande tabell över olika resursers potential för efterfrågeflexibilitet genom smart styrning

Resurs	Beskrivning av förutsättningarna	Möjlighet	Potential för efterfrågeflexibilitet	
			Kort sikt	Lång sikt
Värmepumpar småhus	Större delen av befintligt bestånd är inte uppkopplade. Det finns ofta ingen elmätare i värmepumpen. Värmepumparna drivs med tillverkarspecifika kommunikationsprotokoll	Eftermonterad styrning	Låg	Medel
Elbilsladdare – småhus och större fastigheter	Elbilsladdare (och elfordon) har branschöverenskomna kommunikationsprotokoll, laddarna har ofta elmätare och många är uppkopplade	Finns idag som flex	Medel	Hög
Batterier i fastigheter	Batterierna har smart styrning, dock tillverkarspecifika. Styr idag i huvudsak på att optimera byggnadens energisystem	Med rätt ekonomiska incitament bör här finnas en potential	Låg	Hög
Kommersiella fastigheter och flerbostadshus	Flera har styrsystem som kan möjliggöra efterfrågeflexibilitet	Med rätt ekonomiska	Medel	Hög

		incitament bör här finnas en potential		
Kyllager	Har med sin inneboende tröghet en bra potential för efterfrågeflexibilitet. Relativt hanterbar grupp aktörer	Med rätt ekonomiska incitament bör här finnas en potential	Låg	Hög

9.2 Främja interoperabilitet och standardiseringsarbete

En fungerande kommunikation mellan elnätet å ena sidan och elanvändarna å andra sidan är avgörande för någon form av efterfrågeflexibilitet. Ju smartare styrning desto högre krav på att kommunikationen fungerar. Viktiga komponenter i en fungerande kommunikation är att språket, protokollet, är öppet, standardiserat och dessutom teknikneutralt.

Standarderna bör dessutom utformas så att de fungerar för alla möjliga användningsfall och styrsignaler - variabla elnätтарiffer, stödtjänster för nätkapacitetsbrist, balanseringsstödtjänster.

Dessa öppna och standardiserade protokoll är också viktiga för att minska risken för informations- och cyberattacker.

En given slutsats blir därför att rekommendera fortsatt arbete för öppna och standardiserade protokoll. Speciellt gäller detta värmepumpar och batterier. Elbilsaddare har kommit något längre. För elbilsaddare blir rekommendationen att enbart ge investeringsstöd till laddare som har kompatibilitet med öppna protokoll som stödjer styrning på distans av extern aktör, se även avsnitt 9.4.

För att minska sårbarheten i systemet då många styr mot samma signal och det finns en risk för stora samtida förändringar bör möjligheten att kräva en slumpmässig fördröjning vid uppstart också undersökas. Detta kan eventuellt vävas in i standarder eller branschöverenskommelser alternativt med lämplig lagstiftning. I Storbritannien finns en lagstadgad slumpmässig fördröjning för laddning redan på plats, se beskrivning i kapitel 5.

Rekommendation:

Driv arbetet med standardisering	Energimyndigheten avser att tillsammans med andra aktörer fortsätta arbetet med att driva öppna och gärna standardiserade protokoll för produkter som kan stötta elsystemet med efterfrågeflexibilitet, såsom värmepumpar, elbilsaddare och batterier.
Slumpmässig fördröjning med uppstart	Energimyndigheten eller annan myndighet föreslås få i uppdrag att undersöka möjligheten att få till stånd en slumpmässig uppstartsforödröjning för att minska risk för samtida stora användarforändringar.

9.3 Mätning för efterfrågeflexibilitet

I de fall när efterfrågeflexibiliteten är en tjänst som skall ersättas med en ekonomisk transaktion bör det finnas en mätning som säkrar att en avstängning eller sänkning av elanvändningen skett. Om målsättningen är att få till så mycket efterfrågeflexibilitet som möjligt på så kort tid som möjligt, bör alla möjligheter tas för att göra mätningen så kostnadseffektiv som möjligt, men ändå tillförlitlig nog för att ligga till grund för den ekonomiska transaktionen.

Rekommendation:

Mätning med tillräcklig tillförlitlighet även utan elenergimätning	Swedac föreslås få i uppdrag att undersöka om det finns tillräckligt tillförlitliga sätt att mäta som möjliggör efterfrågeflexibilitet från produkter även om inte elmätare finns installerad.
--	--

9.4 Investeringsbidrag som ökar förutsättningen för smart styrning

Idag finns investeringsbidrag eller skattereduktion för elbilsladdare för lätta och tunga fordon, batterier kopplat till solceller, samt solceller. Om bidraget skall betalas ut till privatperson handläggs bidraget av Skatteverket medan bidrag till andra aktörer finns hos Naturvårdsverket eller Energimyndigheten.

Idag ställs krav på interoperabilitet för elbilsladdare i Klimatklivet. Kravet är formulerat som följer:

”Laddstationen ska ha en hårdvara som är digitalt uppkopplad och kan kommunicera och styras via OCPP-protokollet eller motsvarande protokoll”

Eftersom det börjar bli vedertaget att använda OCPP-protokollet i många laddare för lätta fordon, blir en slutsats att det bör vara rimligt att kravställa kompatibilitet med OCPP i laddare om den sökande ska vara berättigad till ett statligt investeringsstöd eller skattereduktion. Genom ett sådant krav driver stödet eller skattereduktionen mot ett system som möjliggör att elbilsladdare kan stötta med användarflexibilitet. Kravet bör gälla både privatpersoner och gemensamhetsanläggningar hos bostadsrättsföreningar, samfälligheter samt arbetsplatser och kommuner. Det bör också utvärderas om det är rimligt att ställa samma, eller motsvarande, krav på eventuella framtida bidrag till laddinfrastruktur för icke-publik eller semipublik långsamladdning av tunga fordon.

För att möjliggöra flexibilitet hos äldre produkter, främst värmepumpar och fastigheters energisystem, som idag inte har så utvecklad smart styrning skulle möjligheten till bidrag för eftermonterad smart styrning öka flexibilitetsresurserna i nätet. En rekommendation är därför att utreda

om ett statligt bidrag kan införas för eftermonterad smart styrning till privatpersoner, fastighetsägare och verksamhetsutövare.

Rekommendation:

Krav på kommunikationsprotokoll vid statligt investeringsstöd till elbilsladdning	Lämplig myndighet föreslås få i uppdrag att ställa krav på protokoll som elbilsladdare skall ha för att vara berättigad till ett statligt investeringsstöd och utreda om det är möjligt även för laddning av tunga fordon.
Stöd för eftermonterad smart styrning – privatpersoner, fastighetsägare eller verksamhetsutövare	Energimyndigheten föreslås få i uppdrag att utreda möjligheten till ett investeringsstöd till privatpersoner, fastighetsägare och verksamhetsutövare för eftermonterad smart styrning

9.5 Öka kunskapen kring flexibel användning

En förutsättning för att elanvändare överhuvudtaget ska fundera på att ändra sitt elavtal till ett timavtal, att styra sin användning eller att välja att investera i smart styrning är att det finns en kunskap kring behov av flexibilitet och att veta vilken flexibilitetspotential man som producent eller användare har, hur man kan bidra och vad vinsten för den enskilda elanvändaren är. För att öka kunskapsnivån behövs någon form av informationsinsats.

Elanvändare behöver tillgång till information för kunna fatta välinformerade beslut om att använda sin efterfrågefleksibilitet. Till exempel information om elanvändning, prissignaler från elhandel och nättariffer. Information om andra typer av incitament än enbart ekonomiska kan även vara aktuella, till exempel vilken teknik som kan möjliggöra flexiblare användning.

Energimarknadsinspektionen och Energimyndigheten har tidigare föreslagit att ett uppdrag om att ta fram målgruppsanpassad information om flexibilitet samt ett uppdrag att skapa och driva en digital plattform med flexibilitetsinformation skulle vara positivt för en ökad flexibilitet, vilket har föreslagits tidigare⁹⁸. Det bör även övervägas om Konsumentverket ska inkluderas i ett eventuellt uppdrag. Framöver kommer det bli en större utmaning att inte bara ha en balans mellan produktion och användning av el i tid utan också utifrån det rumsliga perspektivet, det lokala elnätet. Kapacitetsfrågan i de lokala näten kommer bli allt viktigare och en satsning på bred information skulle även kunna innehålla en lokal lägesbeskrivning. Kampanjen “varje

⁹⁸ Slutrapportering av programområdet Hållbar elektrifiering (sverigesmiljomal.se) <https://sverigesmiljomal.se/contentassets/b570f5c9f3f840b9a77a32d8de5ec11f/slutrapportering-av-programomrade-hallbar-elektrifiering.pdf> (hämtat 2023-03-28)

kilowattimme räknas” tillsammans med annan information från myndigheter, media, elnätbolag med flera tillsammans med höstens ansträngda läge gällande elpriser och elsystemet visar med önskvärd tydlighet att elanvändare är beredda att göra åtgärder om de får kunskap om att det behövs. En informations- och kunskapshöjande insats skulle därför kunna innehålla information från den lokala nivån. Ett gott exempel på sådan insats är till exempel Kaliforniens Flex Alert, där tydlig information finns om hur man bör agera när det är trångt i elnätet såsom att minska användningen av luftkonditionering eller att avstå elbilsladdning.

För att underlätta för aggregatorer och andra aktörer som är verksamma inom smart styrning att kunna styra efter andra faktorer än elpriset är det också viktigt att fakta om till exempel elnätsavgifter med en effektrelaterad del eller prognoser kring när det finns behov av flexibilitet på lokala flexmarknader är lättåtkomligt. Gärna samlat på samma ställe och framför allt att informationen presenteras på samma sätt så det går att automatisera inläsningen.

Rekommendation:

Uppdrag om målgruppsanpassad information	Energimyndigheten avser starta arbetet med målgruppsanpassad information kring efterfrågefleksibilitet inom uppdraget att genomföra kapacitets- och kompetenshöjande insatser för energieffektivisering med syfte att minska sårbarheten vid höga energipriser. Vidare föreslås Energimyndigheten, Energimarknadsinspektionen och Konsumentverket få i uppdrag om att ta fram och sprida målgruppsanpassad information om flexibilitet.
--	---

9.6 Vikten av tidig demonstration

Att vara föregångare och testa och visa att lösningar för teknik och marknadsmässiga förutsättningar finns på plats eller kan utvecklas är väldigt viktigt.

Rekommendation:

Verka för fler test- och demoarenor	Energimyndigheten avser att verka för fler test- och demonstrationsprojekt inom efterfrågefleksibilitet, gärna i samverkan med Svenska kraftnät och Energimarknadsinspektionen och gärna genom att utnyttja möjligheten som de regulatoriska sandlådorna kan ge.
-------------------------------------	--

9.7 Pris- och marknadssignalerna till hushållen är motstridiga

Elanvändare får prissignaler från både sin elhandlare och sin elnätsägare. Energimarknadsinspektionen konstaterar i sitt deluppdrag att cirka 10 % av de cirka 150 elnätsägare som vänder sig till hushåll och andra mindre

elanvändare idag (2022) har en effektrelaterad del av elnätsavgiften. Den stora majoriteten av dessa elnätsägare har en utformning som syftar till att ”plana ut kurvan”, där avgiften baseras på högsta använd effekt under en viss period, ofta per månad.

Om elanvändare maximerar sin elanvändning till tider när elnätet är lågt belastat kan du alltså få en högre elnätsavgift än om du bara planar ut din användning.

Att underlätta för hushåll och andra kunder att göra rätt val både utifrån sin egen situation och elnätets förutsättningar är något som kommer vidareutvecklas i det gemensamma arbetet i deluppdrag 5 i detta regeringsuppdrag.

9.8 Utveckla tjänster för flexibilitet så att de är anpassade för många aggregerade små resurser

Som beskrivet i kapitel 2 så kan efterfrågefleksibilitet antingen ske genom smart styrning efter till exempel elpris eller så kan flexibilitetsresurserna samlas och ett bud med resursen kan läggas på en marknad, till exempel Svenska kraftnäts balanseringstjänster eller en lokal flexmarknad.

För det senare alternativet är det avgörande att kraven på marknaden är utformade så att det är möjligt för aggregerade volymer att verka på marknaden.

Framför allt gäller detta praktiska detaljer. Det kan handla om att elmätaren hos hushåll och mindre elanvändare i många fall enbart kan lämna ifrån sig data med datalängder på 5–20 sekunder, vilket innebär att kravet på datalängd måste anpassas till detta om flexresurser hos hushållen skall kunna användas. Andra aspekter kan handla om att administrationen måste kunna vara automatiserad. Om en manuell hantering är nödvändig ärs en eventuell förtjänst lätt upp av kostnaden för denna hantering och administration.

Att underlätta för aggregatorer är något som kommer vidareutvecklas i det gemensamma arbetet i deluppdrag 5 i detta regeringsuppdrag.

10 Referenser

Axelsson Erik, Blomqvist Peter, och Unger Thomas, *Värmepumpars påverkan på effektbalansen -Idag och i framtiden -Bilaga*, 2018, <https://varmtochkallt.se/wp-content/uploads/Projekt/EffsysExpand/P25-Bilagor-VP-effekt-slutgiltig.pdf> (hämtad 2023-02-01)

Boverkets byggregler (2011:6) – föreskrifter och allmänna råd

”CheckWatt och Solkompaniet i samarbete sänker elnätskostnader åt Mölndals stad

<https://www.solenerginyheter.se/20210511/2116/checkwatt-och-solkompaniet-i-samarbete-sanker-elnatskostnader-molndals-stad> (hämtad 2023-01-24)

COM (2022) 552 Final – Digitalising the energy system – EU action plan [online] [EU action plan on digitalising the energy system \(europa.eu\)](https://ec.europa.eu/euro-observatory/en/energy-system-digitalisation) (hämtad 2023-01-23)

CoordiNet Swedish pilot (coordinet-project.eu), <https://coordinet-project.eu/pilots/sweden>, (hämtad 2023-02-14)

Dash, S., Sahoo N.C. (2022), School of Electrical Sciences, Indian Institute of Technology,

Electric energy disaggregation via non-intrusive load monitoring: A state-of-the-art systematic review, *Electric Power Systems Research*, Volume 213, December 2022, 108673

Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings

Directive 2018/844 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency

DNV GL, *Samhällsekonomiska kostnader och nyttor av smarta elnät*, 2021

Edge Connector Overview, GitHub. <https://github.com/idun-corp/docs> (hämtad 2023-01-20)

Elbilsstatistik, <https://www.elbilsstatistik.se> (hämtad 2023-01-24)

Energiforsk, ”Digitalisering för efterfrågefleksibilitet”, RAPPORT 2021:737, 2021 <https://energiforsk.se/media/29481/digitalisering-for-efterfragefleksibilitet-energiforskrapport-2021-737.pdf>

Energiföretagen (2019-12-03) *Branschrekommendation för lokalt kundgränssnitt för elmätare*

Energimarknadsinspektionens föreskrifter (EIFS2019:5) om funktionskrav för mätsystem och mätutrustning

Energimarknadsinspektionens rapport för deluppdrag 2 i samma regeringsuppdrag

Energimarknadsinspektionen, *Åtgärder för ökad efterfrågefleksibilitet i det svenska elsystemet*, 2016

Energimyndigheten, *Energiläget 2022*

Energimyndigheten, *Energistatistik för småhus, flerbostadshus och lokaler*, 2022, <https://www.energimyndigheten.se/statistik/den-officiella-statistiken/statistikprodukter/energistatistik-for-smahus-flerbostadshus-och-lokaler/?currentTab=0#mainheading> (hämtad 2023-02-01)

Energimyndigheten, *Framtidens elektrifierade samhälle Analys för en hållbar elektrifiering*, 2021

Energisparkkampanj <https://www.energimyndigheten.se/varje-kilowattimme-raknas/> (hämtad 2023-01-30)

Ellagen 6 kap. 5§ 2st.

EU-kommissionen, förslag till förordning, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/HTML/?uri=CELEX:52021PC0559&from=en>, (hämtad 2023-02-07)

Europaparlamentets och rådets direktiv (2014/32/EU) om harmonisering av medlemsstaternas lagstiftning om tillhandahållande på marknaden av mätinstrument, OJ L 96, 29.3.2014, p. 149–250

Europeisk satsning på forskning och innovation för hållbar urban omställning, Driving Urban Transition Partnership (energimyndigheten.se), <https://www.energimyndigheten.se/utlysningar/europeisk-satsning-pa-forskning-och-innovation-for-hallbar-urban-omstallning-driving-urban-transition-partnership>, (hämtad 2023-04-03)

Faktablad v2g (powercircle.org), <https://powercircle.org/v2g.pdf> (hämtad 2022-12-18)

Fossilfria Energidistrikt, Johanneberg Science Park <https://www.johannebergsciencepark.com/en/projects/fed-fossil-free-energy-districts> (hämtad 2022-12-20)

Förordning (1999:716) om mätning, beräkning och rapportering av överförd el

Gade, P.A.V., Skjøtskift, T., Henrik H., Bindner, H. W. & Kazempour, J. (2022) *Ecosystem for Demand-side Flexibility Revisited: The Danish*

Solution, *The Electricity Journal* Volume 35, Issue 9, November 2022, 107206

Gallardo, N. (2020), Long-duration energy storage: a technoeconomic comparative analysis with case studies in Mexico

Gudmunds, D., “Effect on household prosumers self-consumption and self-sufficiency when introducing an electric vehicle Modelling of residential households with solar PV and,” Chalmers University of Technology, 2018.

Gschwendtner, C., Sinsel, S., Stephan, A. (2021) Vehicle-to-X (V2X) implementation: An overview of predominate trial configurations and technical, social and regulatory challenges *Renewable and Sustainable Energy Reviews* Volume 145, July 2021, 110977

Hänsch, K., Naumann, A., Wenge, C. and Wolf, M. “Communication for battery energy storage systems compliant with IEC 61850,” *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 103, no. August 2017, pp. 577–586, 2018, doi: 10.1016/j.ijepes.2018.06.030.

IEA PVPS, “Communication and control for high PV penetration under smart grid environment,” 2020. https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/12/Task14-12_Communication-and-Control_report.pdf.

IEC 62053-41 *Electricity metering equipment - Particular requirements - Part 41: Static meters for DC energy (classes 0,5 and 1)*

Installation av elbilsaddare | Elsäkerhetsverket (elsakerhetsverket.se) <https://www.elsakerhetsverket.se/privatpersoner/din-elanlaggning/bygga-och-renovera/installation-av-elbilsaddare/> (hämtad 2022-12-12)

IREC USA Standard V2G, https://irecusa.org/wp-content/uploads/2022/01/Paving_the_Way_V2G-Standards_Jan.2022_FINAL.pdf (hämtad 2023-03-02)

Kaliforniens kampanj om flexibel elanvändning, <https://www.flexalert.org> (hämtad 2023-03-09)

KOMMISSIONENS DELEGERADE FÖRORDNING (EU) 2020/2155 av den 14 oktober 2020 om komplettering av Europaparlamentets och rådets direktiv 2010/31/EU genom inrättande av ett frivilligt gemensamt system inom Europeiska unionen för betygsättning av byggnaders smarta beredskap

KOMMISSIONENS GENOMFÖRANDEFÖRORDNING (EU) 2020/2156 av den 14 oktober 2020 om närmare uppgifter om det tekniska tillvägagångssättet för en ändamålsenlig tillämpning av ett frivilligt gemensamt unionssystem för betygsättning av byggnaders smarta beredskap

Kommissionens förordning (EU) 2019/2021 av den 1 oktober 2019 om fastställande av ekodesignkrav för elektroniska bildskärmar i enlighet med Europaparlamentets och rådets direktiv 2009/125/EG, om ändring av kommissionens förordning (EG) nr 1275/2008 och om upphävande av kommissionens förordning (EG) nr 642/2009 Text av betydelse för EES.

Lindahl, J., and Westerberg, A.O. "National Survey Report of PV Power Applications in Sweden 2021," 2021. <https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2022/10/National-Survey-Report-of-PV-Power-Applications-in-Sweden-2021.pdf>

Livsmedelsbutiker blir batterier i smart elnät | Chalmers <https://www.chalmers.se/aktuellt/nyheter/ace-livsmedelsbutiker-blir-batterier-i-smart-elnat/> (hämtad 2023-01-10)

Långsiktiga scenarier (energimyndigheten.se) <https://www.energimyndigheten.se/statistik/prognoser-och-scenarier/langsiktiga-scenarier/> (hämtad 2023-03-28)

Matter Arrives Bringing A More Interoperable, Simple And Secure Internet Of Things to Life - CSA-IOT <https://csa-iot.org/newsroom/matter-arrives/> (hämtad 2023-01-14)

Nu lanseras ett europeiskt partnerskap för snabbare energiomställning - Clean Energy Transition Partnership - CETPartnership (energimyndigheten.se), <https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2022/nu-lanseras-ett-europeiskt-partnerskap-for-snabbare-energiomstallning---clean-energy-transition-partnership---cetpartnership/>, (hämtad 2023-03-05)

"Ny jättesatsning på elnätsbatterier" <https://www.ellevio.se/om-ellevio/nyhetsrum/pressmeddelanden/ny-jattesatsning-pa-elnatsbatterier/> (hämtad 2023-02-24)

Nytt projekt undersöker elbilar som ett möjligt energilager för att balansera elnäten | Lindholmen Science Park <https://www.lindholmen.se/sv/nyheter/nytt-projekt-undersoker-elbilar-som-ett-mojligt-energilager-att-balansera-elnaten>, (hämtad 2023-03-15)

Pilot- och demonstrationsprojekt (energimyndigheten.se), <https://www.energimyndigheten.se/forskning-och-innovation/stod-till-affarsideer-test-och-lansering/pilot-och-demonstrationsprojekt/> (hämtad 2023-03-08)

Plan- och byggförordning (2011:338) Svensk författningssamling 2011:2011:338 t.o.m. SFS 2023:50

Power Circle "Digitalisering av elnäten", Stockholm, 2022 https://powercircle.org/digitaliserade_elnat.pdf

Power Circle, *Flexibilitet för ett mer stabilt och driftsäkert elsystem - en kartläggning av flexibilitetsresurser*, 2022,
https://www.powercircle.org/kartlaggning_flexibilitet.pdf (hämtad 2023-02-01)

prEN 50470-4 *Electricity metering equipment - Part 4: Particular requirements - Static meters for DC active energy*

Pressmeddelande Hyundai <https://www.hyundai.news/eu/articles/press-releases/hyundai-and-we-drive-solar-launch-energy-system-of-the-future-in-utrecht.html> (hämtad 2022-12-03)

Projektet Clue, https://erant-smartenergysystems.eu/global/images/cms/Content/Fact%20Sheets/ERA_NetSES_ProjectFactSheet_RegSys2018_CLUE.pdf, (hämtad 2023-03-08)

Projektet Parker, <https://parker-project.com> (hämtad 2023-01-08)

Proposition 2022/23:59 Genomförande av elmarknadsdirektivet när det gäller leverans av el och aggregeringstjänster

Publications - 4E Energy Efficient End-use Equipment (iea-4e.org)
Rapporten Interoperability <https://www.iea-4e.org/edna/publications/>

Regeringsuppdraget att främja ett flexibelt elsystem
<https://www.regeringen.se/regeringsuppdrag/2022/08/uppdrag-att-framja-ett-mer-flexibelt-elsystem/> (hämtad 2022-12-01)

Regulatoriska sandlådor - Energimarknadsinspektionen (ei.se),
https://ei.se/om-oss/projekt/pagaende/regulatoriska-sandlador#query/*
(hämtad 2023-01-16)

Reguleringsmyndigheten för energy (2022) RME Ekstern rapport Nr. 7/2022
Split responsibility and submetering requirements

Skatteverkets statistikportal
https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.skatteverket.se%2Fdownload%2F18.1997e70d1848dabbac9630e%2F1673285563078%2FStatistikportalen_St%25C3%25B6d_Gr%25C3%25B6n_teknik.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK, (hämtad 2023-01-22)

SKVP, 2021, u.å., <https://skvp.se/statistik/pulsen/2021> (hämtad 2023-02-05)

Slutrapportering av programområdet Hållbar elektrifiering
(sverigesmiljomal.se)
<https://sverigesmiljomal.se/contentassets/b570f5c9f3f840b9a77a32d8de5ec11f/slutrapportering-av-programomrade-hallbar-elektrifiering.pdf>
(hämtad 2023-03-28)

Smart Home - Sweden | Statista Market Forecast

<https://www.statista.com/outlook/dmo/smart-home/sweden> (hämtat 2022-12-14)

Småhusägare om energianvändning,

https://www.energimyndigheten.se/4b0122/globalassets/nyheter/2022/novusundersokning-smahusagare-november-2022-1.pdf?_t_id=-DJKvRoqcqi3IhEWT2fSRg%3D%3D&_t_uuid=Nfeci6EXQAWw_rk4qkF25g&_t_q=belysning&_t_tags=language%3Asv%2Candquerymatch&_t_hit.id=Energimyndigheten_Content_Media_CustomFile/_67d7a79a-2b75-458b-a1ed-7a40ce60bdb2&_t_hit.pos=119 (hämtad 2023-03-02)

SolarPower Europe, "European Market Outlook For Residential Battery Storage 2022-2026", Belgium, 2020

<https://www.solarpowereurope.org/insights/thematic-reports/european-market-outlook-for-residential-battery-storage-1>.

Statistik SCB Antal lägenheter efter region, hustyp och år.

https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START__BO__BO0104__BO0104D/BO0104T01/, (hämtad 2023-03-07)

Ståhl, P. "Batterilagring i byggnader - en vägledning," 2021.

<https://energikontorsydost.se/a/vagledning-for-batterilagring-i-byggnader#:~:text=Lagring av el i batterier,tänka på inför en installation.>

Svensk standard SS-EN 50470:2006 *Electricity metering equipment*

Svenska kraftnät, *Sthlmflex säsong 2, 2022*, [sthlmflex säsong 2 \(svk.se\)](https://www.svk.se) (hämtad 2023-02-06)

Svenska kraftnät pilotstudie, <https://www.svk.se/utveckling-av-kraftsystemet/systemansvar--elmarknad/pilotstudie-leverans-av-stodtjanster-fran-resurser-med-variabel-produktion-eller-forbrukning/> (hämtad 2023-02-02)

"Sveriges största batteri – så ska det stötta

elnätet" <https://www.nyteknik.se/batterier-ellevio-premium/sveriges-storsta-batteri-sa-ska-det-stotta-elnatet/460424> (hämtad 2023-02-24)

Swedacs föreskrifter (STAFS 2022:8) om elmätare för aktiv elenergi

The Electric Vehicles (Smart Charge Points) Regulations 2021

<https://www.legislation.gov.uk/uksi/2021/1467/contents/made> (hämtad 2023-02-27)

Tommie Månsson, Doktor Chalmers, intervju 2023-02-28

"Unikt Batterilager i Uppsala"

<https://www.vattenfall.se/foretag/services-tjanster/vattenfall-services/vara-tjanster/konsulter/projekt/batterilager-i-uppsala/> (hämtat 2023-02-24)

Wallin Erik, *Intervju med ProptechOS och RealEstateCore*, 19 januari 2023.