



Systemydelser fra mindre forbrugere kan stabilisere elsystemet og skabe værdi for forbrugerne

En analyse af forbrugsfleksibilitet for énfamiliehuse og industri samt en vurdering af værdiskabelse for énfamiliehuse i systemydelsesmarkedet.

Baggrundsnotat
December 2025

1. Resume og hovedbudskaber

Elektrificeringen af énfamiliehuse og industrielle processer vil føre til et væsentligt øget elforbrug – særligt i villakvarterer og industriområder. Udrulningen af varmepumper og ladestandere til elbiler forventes at fordoble elforbruget i énfamiliehuse frem mod 2035 og en fuld elektrificering af de danske virksomheder vil fordoble elforbruget i industrien. Samtidig baseres elproduktionen i højere grad på vedvarende energikilder, som indebærer en mere variabel elproduktion.

Dette udfordrer balanceringen af elnettet, og Energinet vurderer, at der vil være et markant større behov systemydelser som skal til for at balancere forbrug og produktion af el i fremtiden.

Og måske ligger løsningen i de mange nye el-anlæg. For hvis vi kan afbryde elstavene og opladeren til elbilen midlertidigt og husstands batteriet kan holde hjemmet kørende i de perioder, hvor forbruget fra elnettet er for højt forhold til at matche elproduktionen, så kan tingene gå op uden at det rammer vores levevis og komfort. Med en økonomisk gevinst til forbrugerne kan det tilmed skubbe gang i elektrificeringen i husholdning og virksomheder.

Behov for stabilisering af elsystemet

Energinet indkøber hver dag en større pulje af reserver af forskellig ekstra forbrugs- og produktionskapacitet, som kan benyttes til at sikre, at der er balance mellem produktion og forbrug i elnettet i alle døgnets timer. Disse reserver kaldes systemydelser (se faktaboks 1).

Hvad er systemydelser?

Når der ikke er præcis lige mængder produktion og forbrug i elsystemet i løbet af døgnet, kan det føre til ubalancer, lavere spændingskvalitet og i sidste ende nedbrud og ufrivillig afkobling af forbrugere fra elnettet. For at opretholde balance mellem forbrug og produktion, fintuner Energinet hele tiden balancen i elsystemet ved at købe adgang til at kunne skrue op og ned for elproduktions- og elforbrugsaktiver som fx kraftværker og turbiner. Den ydelse, som Energinet køber og anvender til fintuning af elsystemet kaldes systemydelser.

Systemydelser er altså et absolut nødvendigt redskab og beredskab for at kunne sikre og opretholde en robust forsyningssikkerhed af den nationale kritiske infrastruktur, i form af elektricitet til små og store elforbrugere, inklusiv det danske offentlige sundhedsvæsen og forsvar.

Faktaboks 1: Kort om systemydelser i elmarkedet

Forskellige strømforbrugende og -producerende anlæg, som kan afbrydes midlertidigt, kan indgå som en del af Energinets systemydelseskapacitet. Når Energinet indgår aftale med en anlægsejer om at indgå i porteføljen over systemydelser, aflønnes anlægsejeren med en kompensation for at stå til rådighed. På den måde, kan anlægsejeren opnå en indtjening. Denne indtjening kan indgå i anlæggets tilbagebetalingsprofil sammen med muligheden for fx spotprisoptimering.

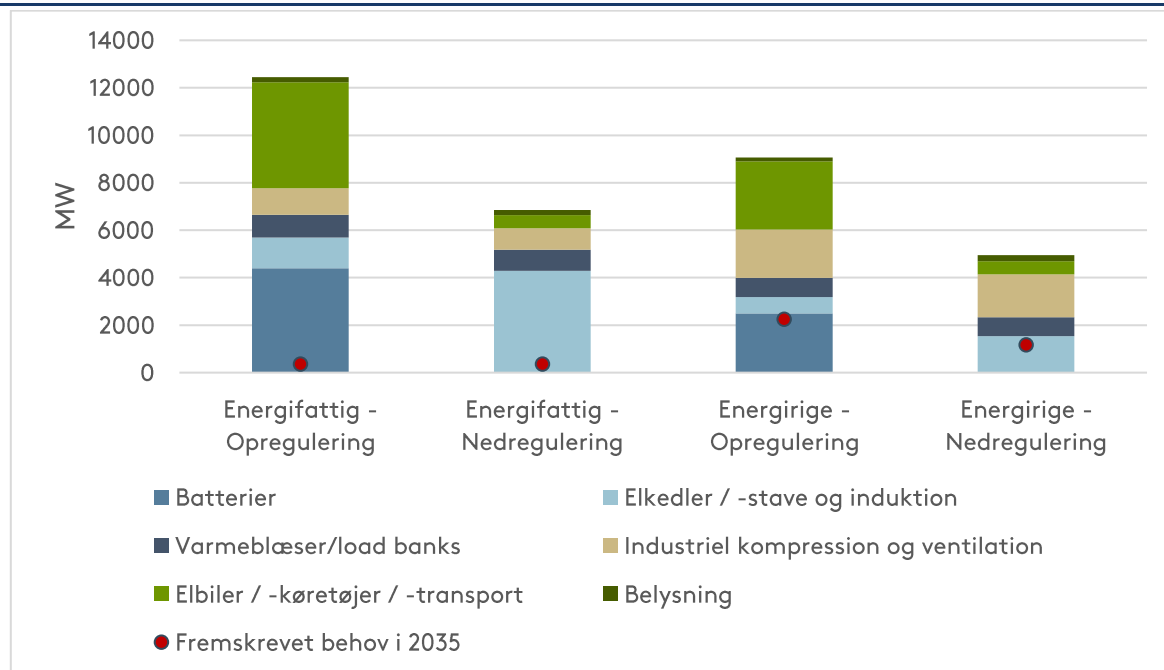
I projektet *et grønnere og mere fleksibelt elforbrug* (Copenhagen Economics, 2025), blev værdien for spotprisoptimering opgjort som en årlig besparelse på op mod 1,4 mia. kr. ved at flytte en del af elforbruget til tidspunkter med lavere elpriser.

I denne redegørelse foretages en vurdering af fleksibilitetspotentialer i forbrugssegmenterne énfamiliehuse og industri i 2035. Samtidig foretages en vurdering af indtjeningsmulighederne for énfamiliehuse ved egenproduktion af el fra solceller, samt den reduktion i elindkøb, der findes ved automatisk optimering på spotprismarkedet med batteri som lagringsmulighed.

Hovedbudskaber:

- De nye el-aktiver, som indgår i elektrificeringen i segmenterne énfamiliehuse og industri som fx elbiler, varmepumper og industrielle anlæg, kan op- og nedreguleres, og dermed bidrage til både hurtigt-reagerende og energifattige systemydelser samt energirige systemydelser.
- Det samlede fleksibilitetspotentialer fra énfamiliehuse og industri overstiger med betydelig margen det forventede behov for både energifattige og energirige systemydelser i 2035 (se Figur 1)

Figur 1: Samlet systemydelsespotentiale fra segmenterne énfamiliehuse og industri. For hver systemydelsestype fremgår Energinets fremskrevne behov for 2035 (rød prik).



- Ved spotprisoptimering (optimering af indkøb og lagring af el i batterier m.v.), kan ejere af énfamiliehuse og virksomheder reducere udgifterne til elektricitet betydeligt. I énfamiliehuse med elbiloplader, solceller, husstands batteri og varmepumpe, estimeres den samlede årlige besparelse ved spotprisoptimering til ca. 11.000 kr.
- Ved deltagelse i balancemarkederne og potentielt fremtidige flaskehalsmarkeder, så sikres en mere robust business case, hvor tilbagebetalingstiden for solceller, husstands batterier og industrielle anlæg reduceres væsentligt. Med en kompensationspris svarende til 100 kr. pr. MW til forbrugeren estimeres indtjening for et énfamiliehus på op mod 13.000 kr. årligt.

Figur 2: Mulig værdiskabelse for et énfamiliehus med solceller, husstands batteri, elbil-ladestander og varmepumpe ved spotprisoptimering og salg af systemydelser under forudsætning af en afregningspris til forbrugeren på 100 kr. pr. MW.

	Spotprisoptimering	11.000 kr.
	Salg af systemydelser	13.000 kr.
	Total	24.000 kr.

- Indtjeningen ved mindre kompensationspriser vil naturligvis falde i takt med et øget udbud, men stadig kunne være relevante for mindre anlægsejere, og systemydelserne fra énfamiliehuse og virksomheder vurderes på den baggrund at være omkostningseffektive, og relevante at aktivere med henblik på at reducere de samfundsmæssige omkostninger til at opretholde et robust, sikkert og stabilt elsystem.

Analyse om systemydelser

Indholdsfortegnelse

Systemydelser fra mindre forbrugere kan stabilisere elsystemet og skabe værdi for

forbrugerne.....	1
1. Resume og hovedbudskaber	2
2. Indledning	5
2.1. Baggrund	5
2.2. Formål	5
2.3. Afgrænsning	5
3. Behov for balancering og stabilisering	6
3.1. Hvad er systemydelser?	6
3.2. Forskellige typer af systemydelser i Danmark	7
3.3. Handel med systemydelser og prisfastsættelse	7
3.4. Anlæg som indgår i systemydelsesmarkedet i dag	7
4. Elektrificering skaber øget behov for systemydelser	8
4.1. Elektrificering af énfamiliehuse	9
4.2. Elektrificering af industrien	10
5. Energinets behov og omkostninger til systemydelser i fremtiden	12
5.2. Fremskrivning af Energinets behov for systemydelser	12
5.1. Forventninger til omkostninger	13
6. Nye el-anlæg fra mindre forbrugere til systemydelser	15
6.1. Flexibilitetspotentiale for énfamiliehuse	15
6.2. Flexibilitetspotentiale for industrien	16
6.3. Aktiver fra mindre forbrugere som systemydelse	17
7. Værdiskabelse for aktiv-ejerne	19
7.1. Scenarier for værdiskabelse i énfamiliehuset med systemydelser	19
7.2. Eksempel på værdiskabelse i industrien	22
7.3. Udvikling i priser i spotprisoptimering og salg af systemydelser	23
8. Konklusioner	24
8.1. Nye forbrugs- og produktionsanlæg i systemydelser	24
8.2. Fordele ved at udnytte anlæg fra mindre forbrugere	24
8.3. Behov for en uafhængig aggregatorer	24
8.4. Perspektiver for deltagelses i flaskehalsydelsesmarkedet	25
8.5. Øvrige barrierer	25
Litteraturliste	26
Appendiks 1. Flexibilitetspotentiale for énfamiliehuse	27
Appendiks 2. Flexibilitetspotentiale for industri	28
Appendiks 3. Gennemsnitlige priser på systemydelser i 2024	29

2. Indledning

2.1. Baggrund

I projektet *et grønnere og mere fleksibelt elforbrug* har CIP Foundation fået analyseret en række samfundsmæssige gevinster ved aktivering af forbrugerfleksibilitet i 2035 for private forbrugere og virksomheder. Analysen er foretaget af Copenhagen Economics (CE), som bl.a. viste, at danske elforbrugere kunne spare op mod 1,4 mia. kr. årligt ved at flytte en del af elforbruget til tidspunkter med lavere elpriser.

Analysen redegjorde for, hvorledes forbrugerne kan optimere deres brug af eldistributionsnettet til de tidspunkter, hvor strømmen og nettarifferne samlet set er billigst (spotprisoptimering). Samtidig er der taget hensyn til, at forbruget af eldistributionsnettet i videst mulige omfang ikke giver anledning til, at der opstår overbelastninger, og dermed risiko for nedbrud.

Både private forbrugere og virksomheder vil med elektrificeringen få et markant større elforbrug. Men hvis elforbruget gøres fleksibelt og bliver sat i spil i forhold til elpriser, ubalancer og spidsbelastninger, bliver regningen ikke så stor.

Eksempelvis kan varmepumpen i virksomheden eller i det private hjem udkobles, når elprisen er høj eller indkøb af billig el kan lagres i husstandsbatteriet til senere brug. Der er på den måde penge at spare for forbrugerne. Bespargelserne sker gennem et mere fleksibelt elforbrug, der ikke påvirker forbrugers komfort, og heller ikke kræver valg eller kompromiser i dagligdagen fra forbrugeren, da alting forudsættes at kunne foregå digitalt og automatisk.

For forbrugerne – både private og virksomheder – vil der imidlertid være yderligere gevinster at hente. Ved at lade el-anlæg som fx husstandsbatteri, elbilladestandere, induktionsovne og varmepumper indgå i Energinets portefølje af anlæg i systemydelsesmarkedet, vil kompensationen herfra kunne bidrage til hurtigere tilbagebetalingstider for anlægsejere og samtidig understøtte Energinets behov for systemydelser i fremtiden.

2.2. Formål

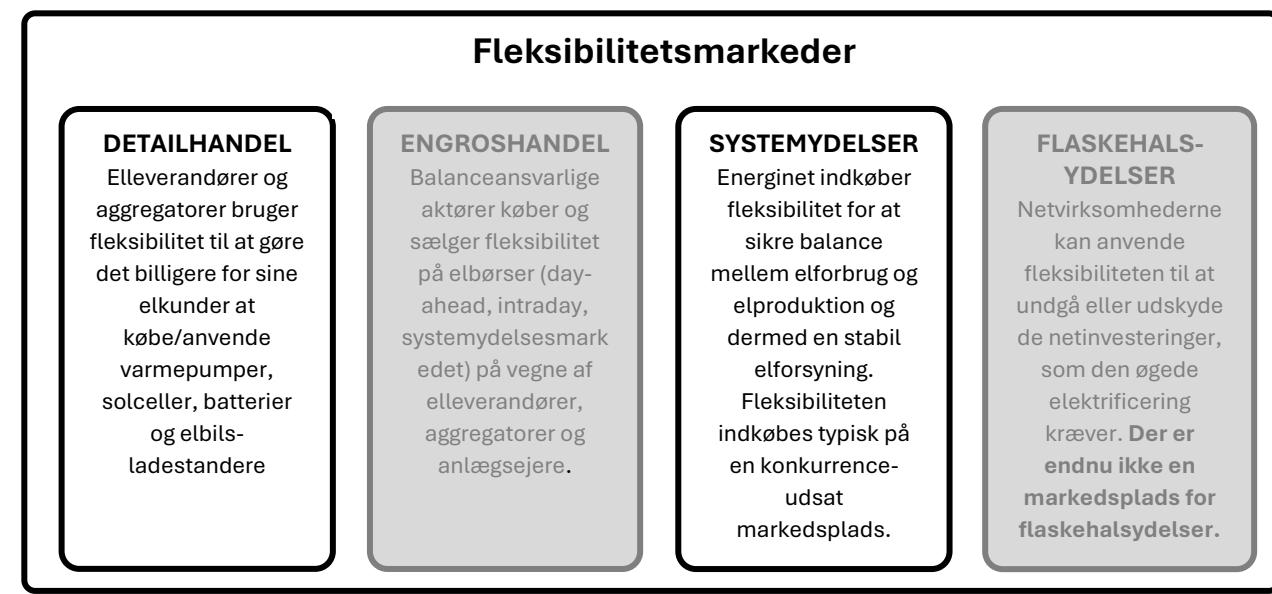
Denne redegørelse er henvendt til aktører i elbranchen, som har forretningsmæssig og regulatorisk interesse i systembalancemarkedet. Med nærværende redegørelse ønskes at afdække forbrugs-fleksibilitetspotentialet i segmenterne énfamiliehuse og industri, samt estimere hvorvidt potentialet kan bidrage til at imødekomme systemydelsesbehovet i fremtiden.

Desuden er det et formål at redegøre for hvilke økonomiske værdier, der kan skabes for anlægsejere i énfamiliehuse og virksomheder ved anvendelse af forbrugsfleksibilitet både i form af spotprisoptimering samt i forhold til at skabe værdi ved at indgå i systemydelsesmarkedet.

2.3. Afgrænsning

I elmarkedet findes forskellige fleksibilitetsmarkeder. Fire af de væsentligste fleksibilitetsmarkeder er skitseret i Figur 3. I denne redegørelse fokuseres på spotprisoptimeringen i detailmarkedet samt systemydelsesmarkedet.

Figur 3: Flexibilitetsmarkeder i elmarkedet. I denne analyse fokuseres på detailhandel med spotprisoptimering og systemydelsesmarkedet.



3. Behov for balancering og stabilisering

3.1. Hvad er systemydelser?

Elsystemet skal altid være i balance. I Danmark, er det Energinet der har det overordnede systemansvar for det danske elsystem, og det er deres ansvar, at der hele tiden er balance mellem elproduktion og -forbrug.

Det danske elsystem kan lidt forsimplet beskrives som ét stort badekar. Elproduktionen fylder hele tiden vand i badekarret, og elforbruget er vandet der hele tiden løber ud af afløbet i badekarret. Når elsystemet er i balance står vandhøjden i badekarret på præcis 50 Hz, hvilket betyder, at der på alle tider af døgnet kommer præcis lige så meget vand i badekarret, som der løber ud. Kommer der for meget produktion ift. forbruget stiger frekvensen fra de 50 Hz, og omvendt hvis der kommer for lidt produktion ift. forbrug falder frekvensen. Falder frekvensen til under 49.9 Hz eller stiger den til over 50.1 Hz fører det til, at Energinet aktiverer systemydelser for at opretholde spændingskvaliteten i elnettet, så der ikke sker skader på materiel så som elmotorer og apparater. Ved frekvenser under 49 Hz eller over 51 Hz kan Energinet vælge at nedlukning af dele af elnettet for at beskytte systemet og undgå blackout.

Systemydelser er et samlebegreb for de elproduktions- og elforbrugsressourcer, som anvendes til at sikre den præcise balance mellem produktion og forbrug, og at frekvensen dermed er på de 50 Hz. For at opretholde balancen i elsystemet findes der to alternativer. Enten kan man skrue op og ned for elproduktionen eller også kan man skrue op og ned for elforbruget. I denne redegørelse sætter vi fokus på forbrugssiden til at balancere elsystemet, hvilket betyder, at vi kan skrue op eller ned for forbruget for at tilpasse det den vedvarende elproduktion. Dette kaldes forbrugsfleksibilitet.

Da det stort set er umuligt at forudsige elproduktion fra de vedvarende energikilder præcis nok har Energinet behov for en reserve af anlæg, der både kan levere strøm og forbruge strøm fra nettet alt afhængigt af, hvad der er behov for, for at balancere.

Systemydelserne leveres i Danmark af elmarkedets aktører og skal – mod kompensation – kunne aktiveres i løbet af den enkelte driftstime. I Danmark foretages en proaktiv driftsplanlægning, hvor der er udviklet pålidelige prognoser for produktion og forbrug, som forudsiger ubalancer. Her kan man udnytte de *energirige systemydelser*, som kræver en relativ lang aktiveringstid, men til gengæld er relativt billige.

Uforudsete forhold gør imidlertid, at det er nødvendigt at balancere produktion og forbrug helt frem til driftsøjeblikket. Her stabiliseres elsystemet ved de hurtigt reagerende og *energifattige systemydelser*.

I denne analyse er de seks danske systemydelsesprodukter opdelt efter deres funktion. De hurtige og *energifattige systemydelser* inkluderer FFR, RCR-D og FCR og har som funktion at stabilisere frekvensen omkring de 50 Hz. De langsommere og *energirige systemydelser* er aFRR, mFRR og FCR-N, og har til formål at genoprette og udligne balancen i elsystemet, jf. Tabel 1.

Tabel 1: Systemydelser opdelt efter funktion, aktiveringstid og aktiveringsomkostning

	Energifattige systemydelser	Energirige systemydelser
Systemydelsesprodukter	FFR, FCR-D OG FCR	aFRR, mFRR og FCR-N
Funktion	Frekvensstabilisering	Frekvensgenopretning og balanceudligning
Aktiveringstid	1 sek. – 2½ min.	30 sek. – 15 min.
Omkostning pr. energienhed	Relativ dyr	Relativ billig

Omkostningerne ved at reservere og aktivere de forskellige reserver er forskellige. I denne analyse foretages en forsimplet kategorisering af systemydelser på tværs af de to elpriszoner DK1 og DK2.

3.2. Forskellige typer af systemydelser i Danmark

I princippet kan elsystemet nøjes med én enkelt hurtigt-reagerende reserve, eksempelvis ved at lade én stor gasturbine balancere produktionssiden kontinuerligt. En effektiv opgaveløsning kræver dog en bredere portefølje af reservetyper, både for at øge fleksibiliteten og for at holde omkostningerne til balancering nede.

Systemydelser virker i to retninger. Hvis der er underskud af strøm i elsystemet er der behov for opregulering. Det kan ske ved, at produktionen øges eller at forbruget sænkes. Hvis der omvendt er overskud af strøm i systemet, er der behov for at produktionen reduceres eller at forbruget øges.

For nogle systemydelsesprodukter er det fastlagt, at man både skal kunne levere opregulering og nedregulering (symmetriske produkter), mens der for de asymmetriske systemydelsesprodukter alene kræves den ene vej (opregulering eller nedregulering).

3.3. Handel med systemydelser og prisfastsættelse

Anlæg og virksomheder, der leverer systemydelser, får betaling for at skrue op eller ned for produktion eller forbrug. Kapaciteten bydes ind via den balanceansvarliges indmeldingsplatform, som indgår aftalen med Energinet.

Dagligt handles systemydelserne på en auktion, hvor aktørerne byder deres mængder af aktiver ind på timebasis med en minimumspris. Hvis den endelige markedspris er højere end det indmeldte bud, vinder aktøren og vil skulle stå til rådighed i den givne time med markedsprisen som betaling. Værdiskabelsen for anlægsejeren beskrives nærmere i afsnit 7.

For de forskellige systemydelser er der fastsat budstørrelser, som angiver den energimængde i MW eller kW som der som minimum bydes ind med. Hvis budgrænsen er for højt, vil nogle teknologier og aktiver blive afskåret fra markedet, da deres kapacitet er mindre end budgrænsen. Det kan i sidste ende resultere i, at en stor mængde likviditet bliver taget ud af markedet, og øge omkostninger for Energinet.

3.4. Anlæg som indgår i systemydelsesmarkedet i dag

Aktiverne, som deltager på balancemarkederne, består af mange forskellige anlægstyper. Det har traditionelt været større turbiner, solcelleparker, kraftværker m.v. Energinet betaler ejerne af de forskellige anlæg for at stille deres kapacitet til rådighed. Når der opstår en ubalance og et behov for op- eller nedregulering vil anlægget blive aktiveret.

I Tabel 2 fremgår, hvilke forbrugs- og produktionsanlæg som anvendes i systemydelsesmarkedet i 2024. I tabellen er der foretaget en klassificering af systemydelserne i henhold til systemydelsens overordnede funktionen, som energifattige og energirige systemydelser jf. Tabel 1.

Tabel 2: Forbrugs- og produktionsanlæg som anvendes i systemydelsesmarkedet i 2024. Tabellen er sammensat på baggrund af angivne prækvalificerede anlæg for 2024 i Forventninger til fremtidens systemydelser for 2024-2040 (Energinet, 2024).

	Energifattige systemydelser		Energirige systemydelser	
Systemydelsesprodukter	FFR, FCR-D OG FCR		aFRR, mFRR og FCR-N	
Funktion	Frekvensstabilisering		Frekvensgenopretning og balanceudligning	
Forbrugsanlæg i 2024	• Batterier • Belysning • Elkedler/-stave og induktion • Varmebælses/load banks		• Elkedler/-stave og induktion • Industriel kompression og ventilation	
Produktionsanlæg i 2024	• Solcelleanlæg • Vindmøller		• Solcelleanlæg • Vindmøller • Damp turbine • Gasturbine • Dieselmotorer	
Kapacitet (MW 2024)	Opregulering	223 MW	Opregulering	1.035 MW
	Nedregulering	182 MW	Nedregulering	148 MW
	Symmetrisk (Op/Ned)	217 MW		

Energinet forventer, at der i fremtiden vil være færre af de traditionelle fossile kraftværker, som i mange år har været vigtige for at sikre balancen i elsystemet. Samtidig stiger behovet for balancering fremadrettet i takt med mere vedvarende energi og større strømmængde som skal transporteres, hvilke beskrives nærmere i afsnit 4.

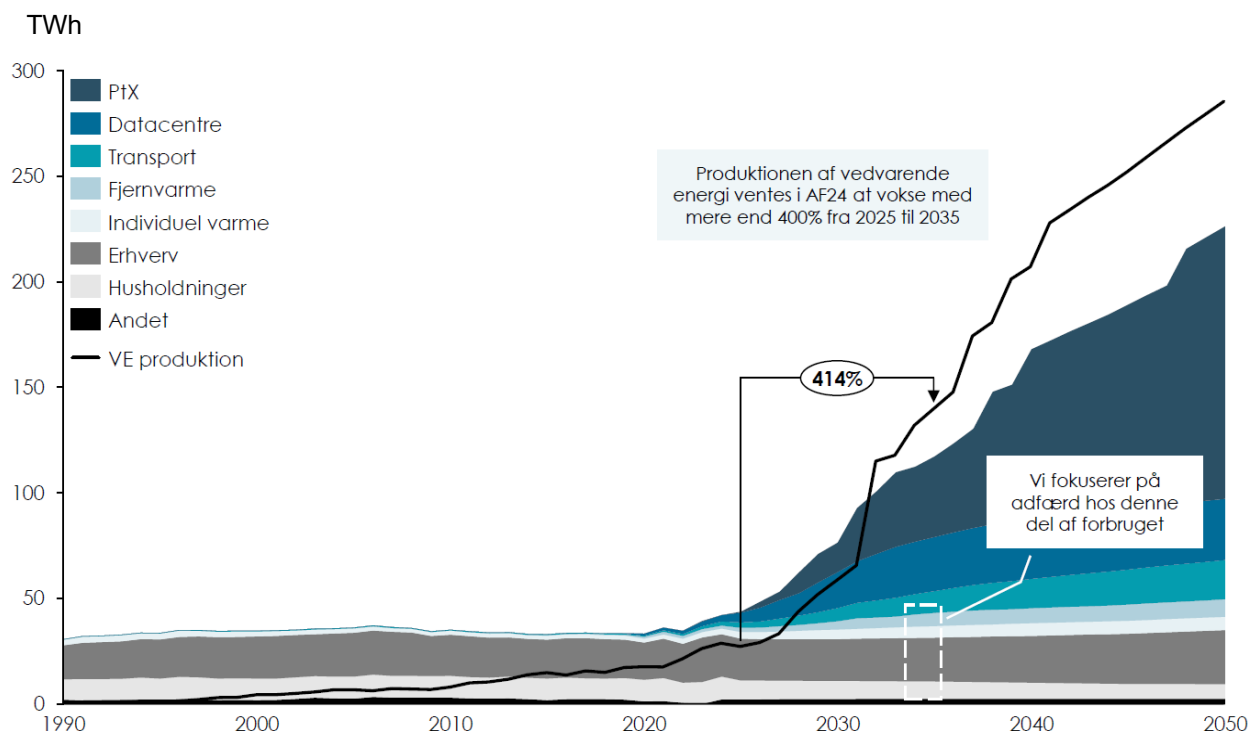
Energinet vurderer derfor, at der er behov for en stor og forskelligartet portefølje af teknologier til at balancere elsystemet i fremtiden (Energinet, 2024), hvilket uddybes nærmere i afsnit 5.

4. Elektrificering skaber øget behov for systemydelser

I løbet af de næste ti år vil elektrificeringen af samfundet tiltage kraftigt og produktionen af vedvarende energi forventes at skulle mangedobles frem mod 2050. Sol- og vindenergi erstatter traditionelle kraftværker, og den samlede produktion bliver mere vejrafhængig og mere variabel.

Den markante stigning i elforbruget skyldes nye forbrugstyper som varmepumper, opladning af elbiler og anden eldreven transport, samt omstilling af produktionsprocesser fra fossile brændsler. Power-to-X (PtX) og datacentre forventes at blive nye, store forbrugere af strøm, mens det traditionelle elforbrug ventes at forblive nogenlunde konstant (Copenhagen Economics, 2025).

Figur 4: Det historiske og det forventede elforbrug. Elforbruget er fordelt på type samt den historiske og forventede produktion af vind- og solenergi (VE) inkl. vindmøller, der ikke er nettilsluttet Danmark. Kategorierne "Erhverv", "Husholdninger" og "Andet" er det, der typisk refereres til som klassisk forbrug i analyseforudsætninger (Copenhagen Economics, 2025).



Nedenfor beskrives elektrificeringen af to af de væsentligste segmenter blandt de mindre forbrugere – énfamiliehuse og virksomheder. Disse to segmenter er kendetegnet ved, at deres forbrug i meget høj grad kan gøres fleksibelt.

4.1. Elektrificering af énfamiliehuse

Den grønne omstilling indebærer, at opvarmning med naturgas i énfamiliehuse løbende erstattes med fjernvarme eller varmepumper og den fossildrevne bil udskiftes med en elbil. Det årlige elforbrug i et typisk énfamiliehus stiger som følge af det, og tilføjes en varmepumpe og en elbil, vil det typisk indebære en stigning på 2 x 4.000 kWh udover 3.500 kWh til det almindelige elforbrug.

Ifølge Danmarks Statistik findes der i 2025 ca. 1.6 mio. énfamiliehuse i Danmark. Med et gennemsnitligt klassiske forbrug på 3.500 kWh giver det et samlet elforbrug på 5.6 GWh. I denne analyse tages der udgangspunkt i en fremtid i 2035, hvor antallet af forskellige el-anlæg, som er integreret i de danske énfamiliehuse, fremgår af Tabel 3. Det estimerede antal af husstands batterier beror bl.a. på, at batterier ses som en driftsmæssig nødvendighed i sammenhæng med solceller, og at husstands batterier for mange andre boligejere kan reducere elregningen betydeligt, som det beskrives i afsnit 7.

Tabel 3: Energiforbrug i énfamiliehuse i 2035. Opgørelse af energiforbrug og energiproduktion for el-aktiver i énfamiliehuse i 2035 efter samme antagelser gjort i Et grønnere og mere fleksibelt elforbrug. En analyse af økonomiske og klimamæssige gevinster ved større forbrugsfleksibilitet (Copenhagen Economics, 2025). Det bemærkes, at solcelleanlæg generelt sælges som 8-15 kW anlæg, hvilket i fremtiden kan være større, hvorfor de 1.800 GWh produktion kan være undervurderet. Det er vurderet, at effekten for et husstands batteri (i kombination med introduktion af V2G-ladestandere) vil være 20 kW.

	# anlæg	Effekt pr anlæg [kW]	Total effekt forbrug 'peak' [MW]	Total effekt produktion 'peak' [MW]	Drifts-timer [Timer/år]	Forbrug [GWh]	Produktion [GWh]
Enfamiliehuse							
Solceller	300.000	6		1.800	1.000		1.800
Batterier	500.000	20		10.000	8.760		NA
Varmepumper	700.000	2.5	1.750		2.000	3.500	
Elstav i buffertank	700.000	6	4.200		8.760	NA	
Elbilsledestandere	1.100.000	11	12.100		365	4.417	
Klassisk forbrug	-	-	-	-	8.760	-	-
Total			24.650			7.917	1.800

Elforbrug for de nye el-anlæg (solceller, batterier, varmepumper, elbilsledestandere) udgør ca. 7,9 TWh i total, altså mere end 100 pct., af det klassiske forbrug. En betydelig del af de nye forbrugsanlæg angivet i Tabel 3 er allerede indfaset i dag.

4.2. Elektrificering af industrien

Elektrificeringen af industrien har et stort potentiale. I *Kortlægning af energiforbrug og opgørelse af energisparepotentialer i produktionserhvervene*, Viegand & Maagøe (2022) for Energistyrelsen skønnes det, at 92% af industrien i Danmark kan elektrificeres. Med afsæt i denne opgørelse vil der samlet set være et slutforbrug på ca. 19 TWh ved fuld elektrificering, hvoraf de 8,7 TWh allerede er elektrificeret i 2022, jf. Tabel 4.

Tabel 4: Elforbrug i industrien. Slutforbrug omregnet til GWh i forhold til elektrificeringspotentialt og efter indregning af reduktion af energiforbrug ved elektrificering for de kortlagte processer i "Kortlægning af energiforbrug og opgørelse af energisparepotentialer i produktionserhvervene" (Viegand & Maagøe, 2022).

		Slutforbrug [TJ]	Elbaseret slutforbrug 2035 [GWh]
Elektrificeringspotentialt	Konverterings- og nettab	6.498	0
	Opvarmning og kogning	13.078	2.216
	Tørring	15.659	2.368
	Inddampning	2.624	146
	Destillation	1.966	137
	Brænding og sintering	5.726	76
	Smeltning	4.482	697
	Anden procesvarme	13.619	1.665
	Arbejdskørsel, Intern transport	19.049	1.376
	Rumvarme*	11.697	1.657
	Delsum	94.398	10.338
Allerede elektrificeret	Rumkøling	298	83
	Belysning	3.425	951
	Pumpning	3.441	956
	Køl og Frys	2.914	809
	Rumventilator	3.178	883
	Blæsere	3.070	853
	Trykluft	2.812	781
	Hydraulik	770	214
	Øvrige elmotorer	8.006	2.224
	IT og anden elektronik	1.116	310
	Anden el-anvendelse	2.301	639
	Delsum	31.331	8.703
Total		125.729	19.041

Det fremgår af ovenstående, at elektrificeringen af énfamiliehuse og industrielle processer vil føre til et væsentligt øget elforbrug. Integrering af anlæg som varmepumper og ladestander for elbiler vil fordoble forbruget i énfamiliehuse i 2035 og en fuld elektrificering af de danske virksomheder vil fordoble elforbruget i industrien. Samtidig baseres elproduktionen i højere grad på vedvarende energikilder, hvis produktion er mindre forudsigelig end traditionelle kraftværker. Energinet vurderer på den baggrund, at der vil være et markant større behov systemydelser i 2035 og frem.

5. Energinets behov og omkostninger til systemydelser i fremtiden

Med den stigende mængde strøm, som skal balanceres, transporteres og distribueres til forskellige slutbrugere, bliver der et øget behov for stabilisering og udligning i elnettet. Energinet har i deres fremskrivning af behov for systemydelser frem mod 2040 opgjort en betydelig stigning på cirka 150 pct. (Energinet, 2024).

5.2. Fremskrivning af Energinets behov for systemydelser

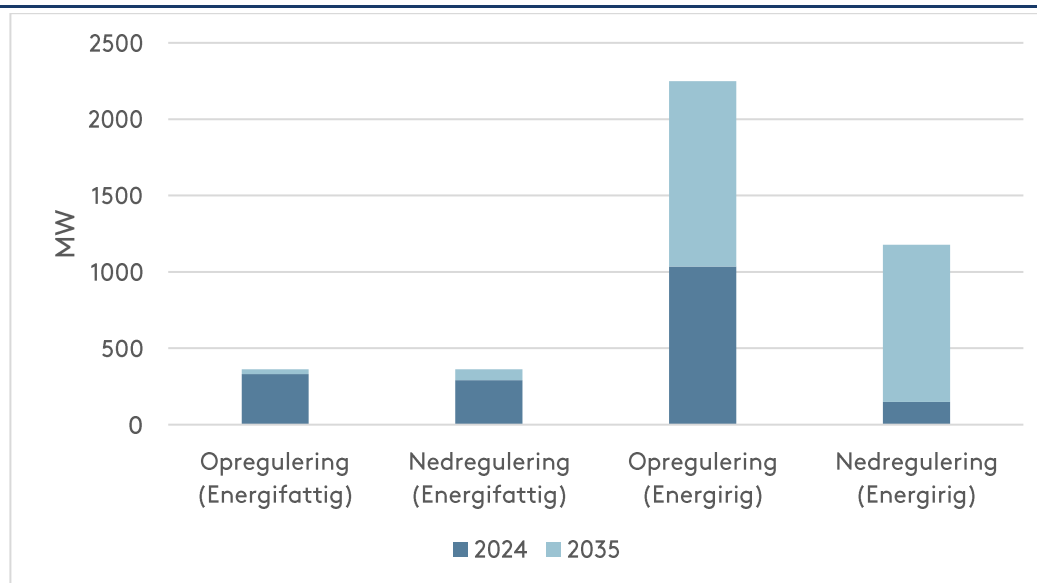
Stigende tilslutning af vedvarende energi i elsystemet og en ny nordisk dimensioneringsmodel fastsætter nye behov for både op- og nedreguleringskapacitet. Dermed vil Danmark opfylde kravene i den europæiske regulering for systemdrift. Det betyder indkøb af blandt andet væsentlig flere energirige systemydelser i Østdanmark (Energinet, 2024).

Den overordnede fremskrivning af Energinets behov for systemydelser i fremtiden dækker over væsentlige forskelle mellem de forskellige systemydelsesprodukter. På baggrund af opdelingen af systemydelser i energifattige og energirige systemydelser (se afsnit 3.2), er Energinets fremskrivning for de enkelte systemydelser fra 2024 (Energinet, 2024) summeret i klasserne energifattige og energirige systemydelser.

Tabel 5: Behov for systemydelser i fremtiden. Energinets fremskrivning for de enkelte systemydelser fra 2024 (Energinet, 2024) summeret i klasserne energifattige og energirige systemydelser.

Energifattige systemydelser			Energirige systemydelser	
Kapacitet 2024	Opreguling	223 MW	Opreguling	1.035 MW
	Nedreguling	182 MW	Nedreguling	148 MW
	Symmetrisk (Op/Ned)	217 MW		
	Opreguling	215 MW	Opreguling	2.250 MW
	Nedreguling	215 MW	Nedreguling	1.177 MW
	Symmetrisk (Op/Ned)	296 MW		
Kapacitet 2035				

Figur 5: Systemydelsesbehov i fremtiden. Kapacitetsbehov for 2024 og fremskrevet for 2035 inddelt i energifattige og energirige systemydelser. Gruppering er foretaget af CIP Foundation på baggrund af forventninger til fremtidens systemydelser for 2024–2040 (Energinet, 2024) angivet i Tabel 5. De symmetriske systemydelser (Op- og nedreguling i Tabel 5) er fordelt ligeligt på henholdsvis Opreguling og Nedreguling.



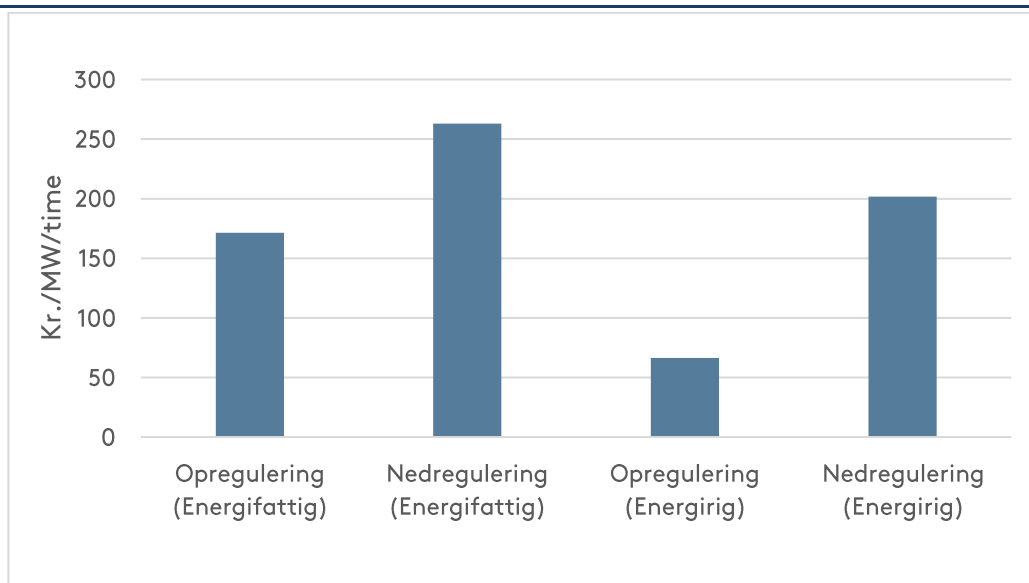
Som det fremgår af Figur 5 og Tabel 5, vurderes der især at være et markant større behov for de energirige systemydelser i fremtiden frem mod 2035. Det skyldes særligt behovet for at imødekomme en øget strømleverance fra vindmøller og solceller, samt det generelt øgede elforbrug i fremtiden.

5.1. Forventninger til omkostninger

I takt med et stigende forbrug af systemydelser stiger Energinets udgifter til at balancere elsystemet. Ud over det stigende mængdebehov styres de samlede udgifter af kompensationsprisen til de anlægsejere, der stiller anlæg til rådighed.

En opgørelse af de gennemsnitlige priser for 2024 for hver enkelt systemydelse er gengivet i Appendiks 3 og aggregeret i Figur 6. Det skal bemærkes, at priserne varierer betydeligt over tid.

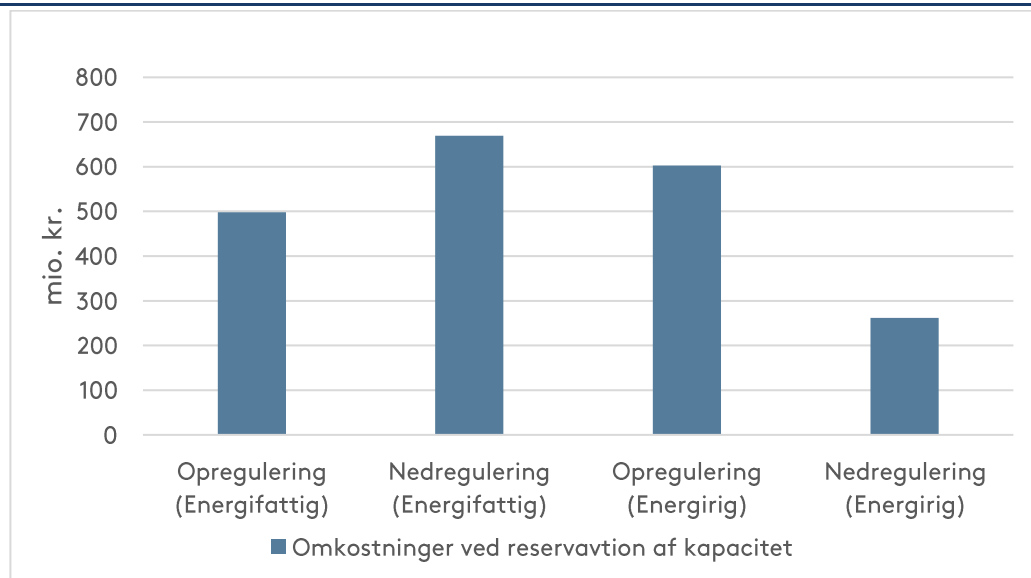
Figur 6: Systemydelsespriser i 2024. De gennemsnitlige priser for systemydelser i 2024 aggregeret på systemydelsesfunktion vægtet efter indkøbt mængde. Priserne for hver enkelt systemydelse fremgår af Appendiks 3.



Energinet har estimeret, at de enkelte systemydelser vil stige, fordi der i en overgangsperiode vil blive færre af de nuværende leverandører som traditionelle kraftværker, mens nye leverandører og løsninger endnu ikke står klar til at byde ind i markedet.

I 2024 er der opgjort en samlet udgift på indkøb af kapacitet til systemydelser på ca. 2 mia. kr. (uden aktiveringsomkostninger), fordelt på de forskellige systemydelserne jf. Figur 7.

Figur 7: Omkostninger ved reservation og aktivering af kapacitet for 2024. De samlede omkostninger er opgjort efter priserne gengivet i Appendiks 3 og kapacitetsbehovet.



Ovenfor er der redegjort for, at der frem mod 2035 vil være et markant øget behov for systemydelser. Det fremgår, at Energinet med de nuværende priser anvender ca. 2 mia. kr. i 2024 på indkøb af kapacitet til systemydelser. Udgifterne til systemydelser forventes at stige de følgende år i takt med at behovet stiger. Det bliver imidlertid afgørende for de samlede udgifter, om der vil findes tilstrækkelige anlæg i fremtiden, som kan indgå i systemydelsesmarkedet. Et stort udbud af forskellige anlæg vil alt andet lige betyde, at indkøbsprisen vil falde til gavn for samfundet.

Som eksempel kan man regne på et scenarium, hvor enhedspriserne for 2024 bliver gældende for fremtiden. Lægges 2024-priserne til grund vil omkostningerne til systemydelser i 2035 og fremadrettet blive over 5 mia. kr. årligt. Men øges likviditeten, og kan nye anlægstyper med en anden prisprofil indgå i systemydelsesmarkedet er der potentiale for at reducere Energinets fremtidige systemydelsesomkostninger væsentligt.

I det følgende afsnit redegøres for hvorvidt behovet for systemydelser kan imødekommes fra el-anlæg som indgår i énfamiliehuse og industrien i fremtiden, og som kan gøres fleksible i forbrug.

6. Nye el-anlæg fra mindre forbrugere til systemydelser

Elforbruget fra en række el-anlæg er allerede eller kan gøres fleksibelt. Eksempelvis foregår opladning af elbiler i de private hjem om vinteren i høj grad om natten, da prisen her som hovedregel er lavere end andre tidspunkter på døgnet. Varmepumper kan lagre varmen i bygningen, og flytte elforbruget i nogle timer. Og batterier vil skabe større afstand mellem tidspunkt for køb af el fra nettet til brugstidspunktet.

I virksomhederne vil elektrificering af industrielle processer muliggøre store fleksibilitetspotentialer med induktionsbaserede ovne, elkedler, varmpumper og køle- og varmeprocesser. I næsten alle tilfælde er der mulighed for at udnytte det indlejrede energilagings- og fleksibilitetspotentiale, der eksisterer i disse processer.

Spørgsmålet er om de fleksible anlæg fra de mindre forbrugere samlet set er relevante i forhold til Energinets behov for systemydelser i fremtiden.

6.1. Fleksibilitetspotentiale for énfamiliehuse

I énfamiliehuse er det især husstands batterier, varmpumper og elstave i buffertanke samt elbilladestandere, som har et betydeligt fleksibilitetspotentiale. I Tabel 3 blev der redegjort for, hvorledes disse aktiver giver anledning til en fordobling af elforbruget i segmentet for énfamiliehuse.

For hver af aktiverne er der i denne redegørelse foretaget en vurdering af de konkrete aktivers fleksibilitetspotentiale. I første omgang vurderes i hvilket omfang det er muligt at slukke anlægget, og hvor lang tid dette er muligt. På den baggrund opgøres "tilgængeligheden" af det pågældende aktiv. Samtidig vurderes "reguleringspotentialet", for det pågældende aktiv. Aktivet klassificeres i forhold til om den fleksibilitet, som aktivet kan yde, bedst egner sig som en energifattig eller energirig ydelse.

I Appendiks 1 er disse antagelser gengivet for aktiverne i énfamiliehuse. Som eksempel gennemgås metodikken for en varmpumpe. Det antages, at varmpumpen har en effekt på 2,5 kW pr anlæg og kan udkobles i op til 3 timer ud af 8 timers drift. Det giver en samlet tilgængelighed på 38 pct. Reguleringspotentialet, som udtrykker i hvor stor grad det kan slukkes helt, er vurderet til 80 pct. Det samlede fleksibilitetspotentiale bliver således: 38 pct. x 80 pct. x 2,5 kW = 0,76 kW.

Det samlede fleksibilitetspotentiale er opgjort i Tabel 6 nedenfor.

Tabel 6: Fleksibilitetspotentiale for el-aktiver i énfamiliehuse.					
Energirige			Energifattige		
	# anlæg	Opregulering (forbrug ned) [MW]	Nedregulering (forbrug op) [MW]	Opregulering (forbrug ned) [MW]	Nedregulering (forbrug op) [MW]
Enfamiliehuse					
Solceller	300.000		900		900
Batterier	500.000	4.400		2.500	
Varmepumper	700.000	0		532	
Elstav i buffertank	700.000		3.402		945
Elbilladestandere	1.100.000	3.908		2.571	
Klassisk forbrug	1.600.000	NA	NA	NA	NA
Total					

6.2. Flexibilitetspotentiale for industrien

I virksomheder, som står overfor elektrificering, vil der typisk være et stort fleksibilitetspotentiale med både energifattige og energirige systemydelser. I en række processer er der mulighed for at justere i forbruget inden for en de produktionsmæssige rammer.

For hver af processerne er der i denne redegørelse foretaget en vurdering af de konkrete aktivers fleksibilitetspotentiale. Som for aktiverne i énfamiliehuse, vurderes i første omgang i hvilket omfang det er muligt at afbryde processen, og hvor lang tid dette er muligt. På den baggrund opgøres tilgængeligheden af det pågældende procesaktiv. Samtidig vurderes "reguleringspotentialet", for den pågældende proces. Processen klassificeres i forhold til om fleksibiliteten bedst egner sig som en energifattig eller energirig ydelse.

I Appendiks 2 er disse antagelser gengivet for processerne i industrien. Som eksempel gennemgås metodikken for processen "køl og frys". Slutforbrug for "køl og frys" har et opgjort elbaseret forbrug på 809 GWh. Det er vurderet, at køle- og fryseanlæg kan udkobles i op til 3 timer ud af 8 timers drift. Det giver en samlet tilgængelighed på 38 pct. Reguleringspotentialet, som udtrykker i hvor stor grad det kan slukkes helt, er vurderet til 90 pct.

Det samlede fleksibilitetspotentiale bliver således: $38 \text{ pct} \times 90 \text{ pct} \times 809 \text{ GWh}/2008 \text{ driftstimer}/\text{år} = 277 \text{ MW}$.

På baggrund af det opgjort fleksibilitetspotentiale for hver enkel industriel proces ovenfor er det samlede fleksibilitetspotentiale opgjort i Tabel 7.

Tabel 7: Fleksibilitetspotentialer for el-aktiver i énfamiliehuse.

		Energifattige		Energirige	
	Elbaseret slutforbrug [GWH]	Opregulering (forbrug ned) [MW]	Nedregulering (forbrug op) [MW]	Opregulering (forbrug ned) [MW]	Nedregulering (forbrug op) [MW]
Industriprocesser					
Konverterings- og nettab	0				
Opvarmning og kogning	2.216	894	894	497	497
Tørring	2.368	955	796	531	531
Inddampning	146	59	14	18	14
Destillation	137	55	13	17	13
Brænding og sintring	76	31	31	17	26
Smeltning	697	281	62	156	62
Anden procesvarme	1.665	207	158	158	158
Arbejdskørsel, Intern transport	1.376	555	555	308	555
Rumvarme*	1.657	668	668	557	668
Rumkøling	83		213	28	33
Belysning	951	213	48	162	256
Pumpning	956	214		190	48
Køl og Frys	809			138	327
Rumventilator	883			281	281
Blæsere	853			272	272
Trykluft	781			133	263
Hydraulik	214				
Øvrige elmotorer	2.224				
IT og anden elektronik	310				
Anden elanvendelse	639		261		
Total	19.041	4.133	3.713	3.463	4.002

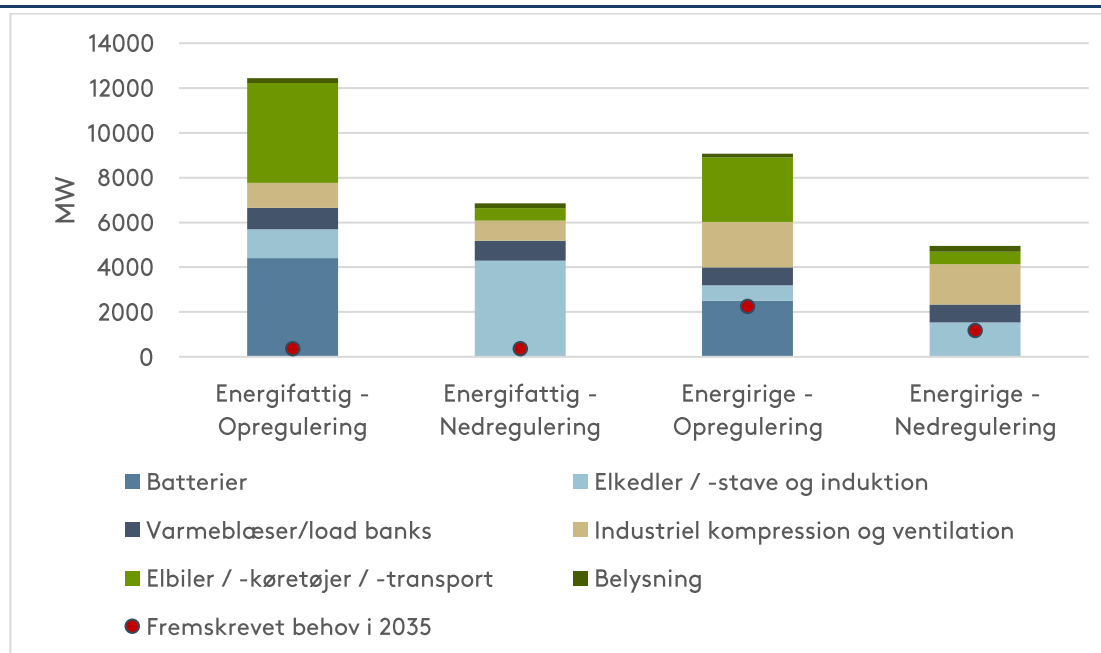
6.3. Aktiver fra mindre forbrugere som systemydelse

De opgjorte fleksibilitetspotentialer fra énfamiliehuse og industrivirksomheder kan kategoriseres i forskellige aktivtyper, svarende til de aktivtyper som Energinet har anvendt i *Forventninger til fremtidens systemydelser for 2024-2040* (Energinet, 2024), og som er gengivet i Tabel 8.

Tabel 8: Aktivtype i industrien og énfamiliehuse, som kan anvendes i systemydelsesmarkedet. Analysen inddrager ikke nødstrømsbatterier på virksomheder.

Aktivtype	Aktiver i industrien	Aktiver i énfamiliehus
Batteri		Husstands batteri
Elkedler/-stave og induktion	Opvarmning og kogning, inddampning, destillation og smeltning	Elstav i buffertank
Varmeblæser/load banks	Tørring og blæsere	
Industriel compression og ventilation	Brænding og sintring, rumvarme, rumkøling, pumpning, køl og frys, rumventilation, trykluft, hydraulik, øvrige elmotorer og anden procesvarme	Varmpumpe
Elbiler/-køretøj/-transport	Arbejdskørsel, Intern transport	Elbilsladestandere
Belysning	Belysning	

Figur 8: Samlet systemydelsespotentiale fra segmenterne énfamiliehus og industri. For hver systemydelsestype fremgår Energinets fremskrevne behov for 2035, jf. afsnit 5.



Det ses, at det samlede systemydelsespotentiale fra segmenterne énfamiliehus og industri er betydeligt højere end det fremskrevne behov for systemydelser vurderet af Energinet, jf. afsnit 5.

På den baggrund konkluderes, at de nye el-aktiver, som indgår i elektrificeringen i segmenterne énfamiliehus og industri som fx elbiler, varmepumper og industrielle anlæg, kan udgøre den væsentligste del af både energifattige og energirige systemydelser i fremtiden.

En aktivering af disse anlæg i fremtiden vil dermed kunne øge udbuddet af systemydelser væsentligt, hvilket alt andet lige må forventes at sænke omkostningerne for Energinet. Den fremtidige udbuds- og efterspørgselssituation er imidlertid ekstrem uforudsigelig, hvorfor det ikke er muligt at komme med en konkret vurdering.

7. Værdiskabelse for aktiv-ejerne

I analysen *Et grønnere og mere fleksibelt elforbrug - en analyse af økonomiske og klimamæssige gevinster ved større forbrugsfleksibilitet* (Copenhagen Economics, 2025) blev det undersøgt, hvorledes forbrugsfleksibilitet kan udnyttes så forbruget tilpasses tidspunkter, hvor elprisen og tarifferne er billige.

Det konkluderes, at husholdninger og erhverv opnår besparelser på op mod DKK 1,4 mia. om året, ved at flytter forbrug til timer i døgnet, hvor elprisen er lav (Copenhagen Economics, 2025).

I tillæg til denne besparelse har både énfamiliehuse og virksomheder mulighed for at opnå yderligere indtægtsstrømme ved at deltage aktivt i systemydelsesmarkedet.

Figur 9: Værdiskabelsesmuligheder for énfamiliehuse og virksomheder gennem spotprisestimering og salg af systemydelser.

	Spotprisoptimering	Ved spotprisoptimering udnyttes det forhold, at der over døgnet kan være væsentlige forskelle i elprisen. Forskydning mellem forbrug og indkøb (vha. batterier) til billige timer reducerer elregning.
	Salg af systemydelser	Ved salg af systemydelser modtager anlægsejeren kompensation for at give Energinet mulighed for, at el-anlæg kan afbrydes midlertidig. På den måde kan Energinet regulere el-forbruget ned (eller op) i kortere perioder til balancering af elsystemet.

Nedenfor anskueliggøres de potentielle besparelsesmuligheder som énfamiliehuse og virksomheder har ved at spotprisoptimering og dermed flytte indkøb af el fra nettet til billigere tidsrum, og ved deltagelse i systemydelsesmarkedet.

7.1. Scenarier for værdiskabelse i énfamiliehuset med systemydelser

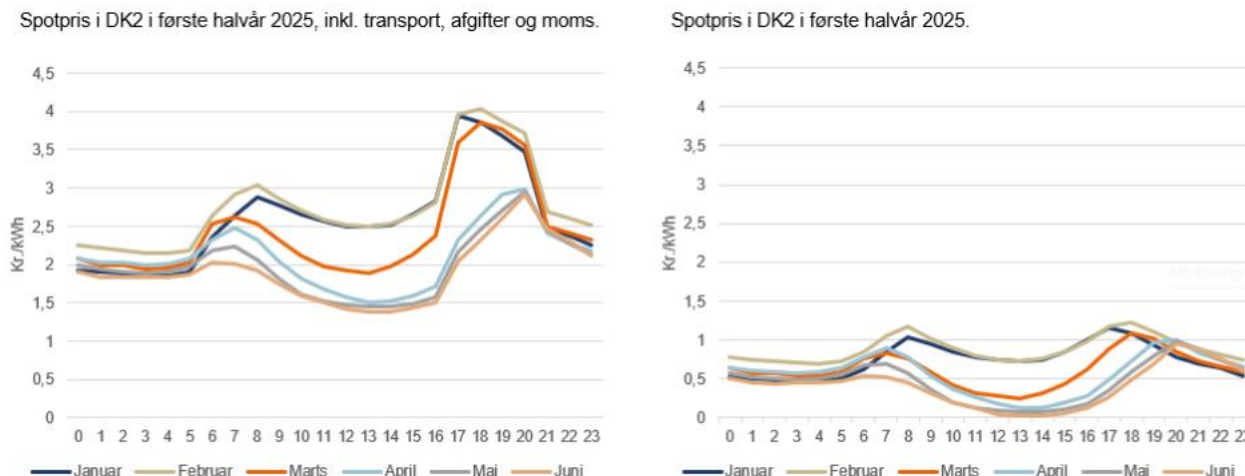
I énfamiliehuse bliver elbil-ladestander og varmepumper i stigende grad udbredte aktiver. Det betyder, at elforbruget stiger og elregningen stiger. Men med den rette styring giver aktiverne også mulighed for at reducere elregningen uden at gå på kompromis med komforten - særligt fordi der skabes mulighed for at lagre energi i batteri eller i form af varme fra varmepumpen.

Ud over iværksættelse af egenproduktion med solceller kan der være væsentlige penge at spare ved både *spotprisoptimering* og *salg af systemydelser*.

Ved spotprisoptimering udnyttes det forhold, at der over døgnet kan være væsentlige forskelle i elprisen, og at strømmen kan lagres direkte i batterier eller som varmelagring. Dette muliggør, at man kan indkøbe strømmen, når prisen er billig, og forbruge senere.

Prisen på el varierer over døgnet, jf. Figur 10, men variationerne bliver i høj grad skærmet af tariffer, afgifter og moms. Som det fremgår af nedenstående figur, så kan den rene elpriser svinge flere tusinde procent i løbet af en dag, men pga. tariffer, afgifter og moms oplever husholdningerne typisk blot en variation på omtrent hundrede procent.

Figur 10: Eksempel på prisvariation i DK2 med og uden tariffer, afgifter og moms.



Den lave andel af den samlede pris, der er påvirket af spotprisen, reducerer husholdningernes økonomiske incitament til at tilpasse elforbruget efter prisudsving. Det hæmmer potentialet for forbrugsfleksibilitet, som ellers kunne bidrage til en mere effektiv udnyttelse af elnettet og en bedre integration af vedvarende energikilder.

Hvis det antages, at man kan flytte i alt tre timers forbrug om vinteren, og at man kan dække tre timers forbrug om sommeren fra egenproduceret solenergi, vil man opnå en besparelse ca. 11.000 kr. årligt i et énfamiliehus. Som yderligere indtægtskilde, kan aktiverne stille deres kapacitet til rådighed i systemydelsesmarkedet, hvor især husstands batterier, elbilopladere med afladningsmulighed (V2G), og elstave i buffertank vil kunne bidrage med en indtjening på ca. 13.000 kr. årligt (forudsat 100 kr. pr. MW).

Figur 10: Mulig værdiskabelse for et énfamiliehus med solceller, husstands batteri, el billadestander og varmepumpe ved spotprisoptimering og salg af systemydelser under forudsætning af en afregningspris til forbrugeren på 100 kr. pr. MW.



Spotprisoptimering

11.000 kr.



Salg af systemydelser

13.000 kr.



Total

24.000 kr.

Forudsætningerne for værdiskabelsen og den årlige fleksibilitetsværdi fremgår nærmere i Tabel 7. Her fremgår, at reservationsandelen er anslået til 90 pct og en afregningspris til forbrugeren på 100 kr. pr. MW, hvilket er under den gennemsnitlige værdi for 2024 på 128 kr. pr. MW.

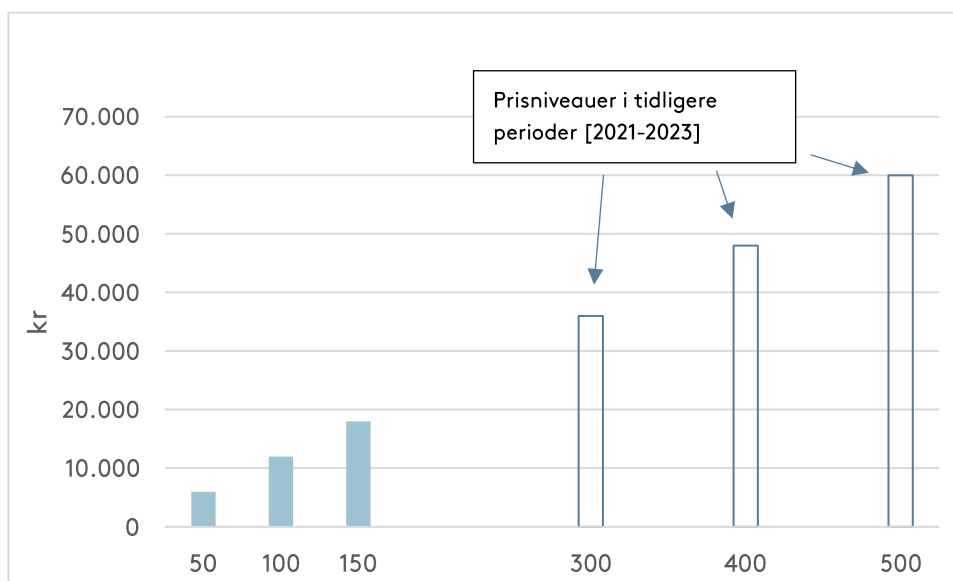
Tabel 9: Årlig fleksibilitetsværdi i énfamiliehuse. Aktiverne som indgår i eksemplet er solceller, husstands batteri, varmepumpe, elstav i buffertank, elbilladestander (ikke V2G). Der er forudsat en reservationsandel på 90 pct og en afregningspris på 100 kr. pr. MW. Beregningsforudsætninger følger Appendix 1.

	Energifattige			Energirige				
	Reservation	Reservationspris [dkk/MWh]	Total årlige værdi [dkk]	Reservation	Aktivering	Reservationspris [dkk/MWh]	Aktiveringspris [dkk/MWh]	Total årlige værdi [dkk]
Solceller	90%	100	270	90%	15%	15	100	81
Batterier	90%	100	6.938	90%	15%	15	100	1.183
Varmepumper	90%	100	0	90%	15%	15	100	0
Elstav i buffertank	90%	100	3.832	90%	15%	15	100	319
Elbils-ladestander	90%	100	117	90%	15%	15	100	0
Klassisk forbrug	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Total			11.156					1.583

Indtjeningsmulighederne afhænger overordnet af aktivtypen og afregningsprisen fra Energinet. Med en reservationspris på 100 kr. pr. MW vil indtjeningsmulighederne på systemydelser ligge på ca. 13.000 kr. Hvis prisen varierer imellem 50 og 150 kr. pr. MW ligger indtjeningsmulighederne på mellem 6.000-18.000 kr. årligt illustreret med de tre farvede søjler i Figur 12. Det lave og konservative skøn er således 50 kr. pr. MW, hvor det høje skøn er 150 kr. pr. MW. Nærværende analyse tager udgangspunkt i 100 kr. pr. MW.

Da prisen på systemydelser kan variere betydeligt over døgnet, vil optimeringssystemet, som eksempelvis opererer med husstands batteriet eller V2G-opladeren til elbilen, vælge systemydelserne til når afregningen herfra overstiger den alternative indtjening – spotprisoptimering (arbitrage).

Figur 12: De årlige indtjeningsmuligheder for énfamiliehuse med solceller, husstands batteri, varmepumpe, elstav i buffertank, elbilladestander ved priser på 50, 100 og 150 kr. pr. MW (farvede søjler). Indtjeningsmulighederne ved prisniveauer fra tidligere perioder er angivet som "tomme" søjler.



I Figur 12 ses desuden indtjeningsniveauer i forhold til de prisniveauer som var gældende i tidligere perioder som eksempelvis i 2021-2023. Det er ikke umuligt, at priserne stiger igen, men et større udbud af systemydelser vil tale for en stabilisering af priserne på et lavere niveau.

Hvis man lægger til grund, at prisen varierer imellem 50 og 150 kr. pr. MW ligger de samlede indtjeningsmuligheder for énfamiliehuse med solceller, husstands batteri, varmepumpe, elstav i buffertank, elbilladestander mellem 14-30.000 kr., idet der også er taget hensyn til en besparelse ved optimering af elforbrug og egenproduktion på mellem 8-12.000 kr. årligt.

Under antagelse af en investering i anlægsudgifter for husstands batteri og solceller på 150.000 kr. vil den samlede tilbagebetalingstid være mellem 5 og 11 år uden at tage højde for diskontering.

Selv med forholdsvis lave priser i indtjening fra systemydelser vil det være muligt at realisere en rimelig tilbagebetaling på et solcelleanlæg samt husstands batteri.

7.2. Eksempel på værdiskabelse i industrien

I dag er flere virksomheder elektrificeret og deltager aktivt i systemydelsesmarkedet. Virksomheden BIRN er en af disse og godt et eksempel på hvorledes systemydelsers gavner værdiskabelse i industrien.

Virksomheden har registreret tre mellemfrekvensovne med en samlet kapacitet på 18 MW. Gennem deres fleksible elforbrug har BIRN opnået positive resultater, som har bidraget til at styrke investeringsplanerne for virksomhedens elektrificering.

Virksomheden skal erstatte fossile brændsler med løsninger, der muliggør brug af elektricitet fra vedvarende energikilder. Deltagelsen i systemydelsesmarkedet har åbnet nye muligheder for at gentænke og fremskynde investeringer.

Et konkret eksempel er BIRNs tidligere analyse af at erstatte deres nuværende varmecentral, som årligt forbruger over 750.000 Nm³ naturgas, med en eldrevne løsning.

Tidligere forretningsanalyser har dog vist, at en sådan elektrificering medfører betydelige investeringer og dermed en relativt lang tilbagebetalingstid. Dette har gjort projektet vanskeligt at realisere ud fra et virksomhedsøkonomisk perspektiv. For at gøre investeringen mere rentabel har BIRN derfor gentænkt forretningsmodellen ved at undersøge, hvordan den nye eldrevne varmecentral kan indgå som en aktiv

komponent i elmarkedets systemydelser. Ved at gøre varmecentralen fleksibel – eksempelvis i form af en elkedel, der kan aktiveres i systemydelsesmarkedet.

BIRN er et eksempel på, at deltagelse i systemydelsesmarkederne kan være med til at gøre elektrificering af industrien mere rentabel for en industriel virksomhed.

I en investeringssituation, hvor virksomheden stod for at erstatte en naturgasdreven kedel med en elkedel på 5 MW. Den samlede investering var estimeret til 22 mio. kr. med en vurderet tilbagebetalingstid på ca. 12 år. Ved at lade elkedlen indgå i systemydelsesmarkedet kan der imidlertid skabes yderligere indtægter svarende til ca. 5 mio. kr. årligt, hvilket muliggør en tilbagebetalingstid på 3-4 år. Ved at deltage aktivt i systemydelsesmarkedet med en elkedel forbedres økonomien markant, og investeringen bliver betydeligt mere attraktiv på grund af kortere tilbagebetalingstid.

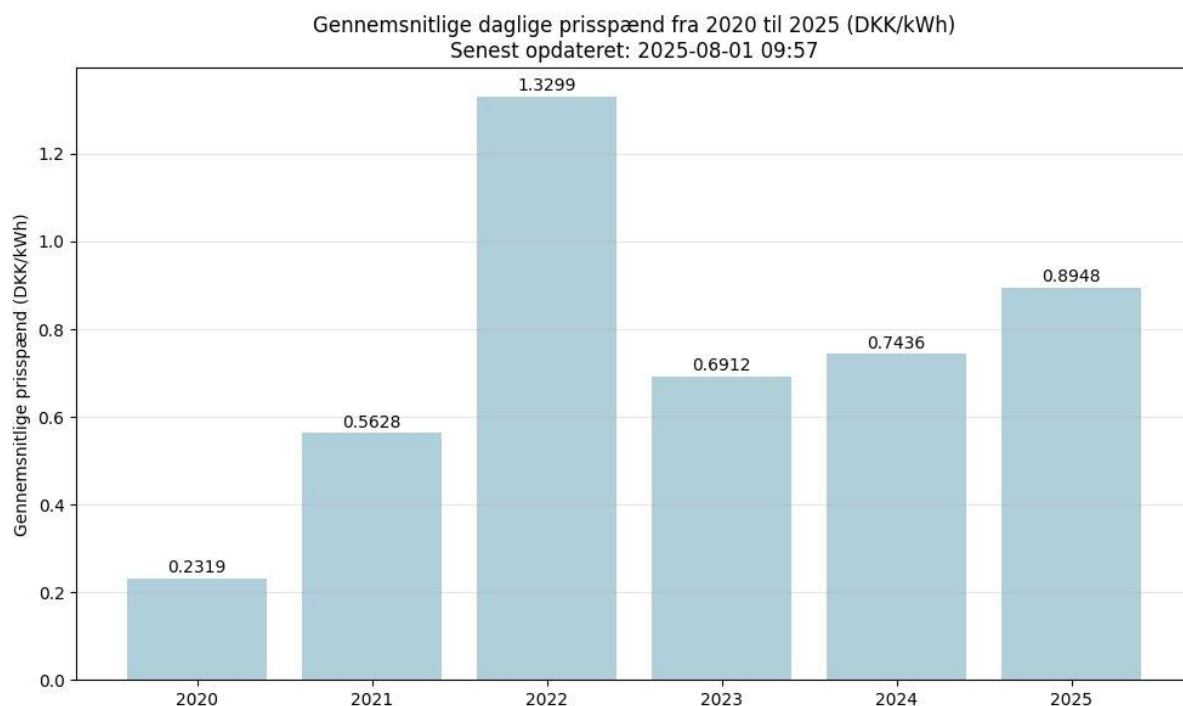
7.3. Udvikling i priser i spotprisoptimering og salg af systemydelser

Som beskrevet ovenfor er der to muligheder for at skabe indtjening for anlægsejerne – spotprisoptimering og salg af systemydelser. En markant øget mængde tilgængelige systemydelser for Energinet vil – alt andet lige – drive priserne nedad. For anlægsejerne vil der imidlertid være en stigende gevinst ved spotprisoptimering, som følger af en højere andel af sol- og vindbaseret elproduktion, som medfører at elpriserne vil variere mere.

Når der er rigelig produktion fra vedvarende energikilder – typisk midt på dagen eller i blæsende nætter – falder elprisen ofte markant. Omvendt kan prisen stige kraftigt i perioder med lav produktion og høj efterspørgsel. Denne øgede prisvolatilitet skaber et stærkt økonomisk incitament for husholdninger og virksomheder til at flytte deres elforbrug til de billigste timer.

Som det fremgår af Figur 13, er der en tydelig opadgående tendens i det gennemsnitlige daglige prisspænd. Det betyder, at forskellen mellem de billigste og dyreste timer på elmarkedet bliver større, og dermed øges også den potentielle gevinst ved at have fleksible el-aktiver. Denne udvikling gør investeringer i fleksibilitet mere rentable og styrker incitamentet til at deltage aktivt i både spotmarkedet og systemydelsesmarkedet. Der opstår dermed betydelige synergieffekter, da el-aktiverne, såsom elbiler og varmepumper, både kan drage gavn af udviklingerne på spotmarkedet og balancemarkederne, og potentielt fremtidige flaskehalsmarkeder.

Figur 12: Gennemsnitlige daglige prisspænd. Prisudviklingen i DK1 har de seneste år været opadgående, hvilket indikerer en stigende gevinst ved at flytte elforbruget til timer med lave elpriser.



8. Konklusioner

8.1. Nye forbrugs- og produktionsanlæg i systemydelser

I denne analyse har der været redegjort for i hvilken grad fleksibel anvendelse af el-anlæg som fx elbiler, varmepumper og industrielle anlæg fra énfamiliehuse og virksomheder kan imødekomme fremtidens behov for balancering af elsystemet.

I redegørelsen foretages desuden en vurdering indtjeningsmulighederne for énfamiliehuse ved egenproduktion af el fra solceller samt den indtjening som kan realiseres ved optimering af elindkøb med batteri som lagringsmulighed, samt hvorledes værdiskabelse fra aktiver i industrielle processer kan reducere tilbagebetalingstiden markant for investeringer i industrien.

I denne redegørelse gøres følgende konklusioner:

- De nye el-anlæg, som indgår i elektrificeringen i énfamiliehuse og industri som fx elbiler, husstands batterier, varmepumper og industrielle anlæg, vil i varierende grad kunne op- og nedreguleres betydeligt, og dermed bidrage til både energifattige og energirige systemydelser i fremtiden.
- Det samlede fleksibilitetspotentiale fra segmenterne énfamiliehuse og industri overstiger med betydelig margen, det forventede behov for både energifattige og energirige systemydelser i 2035.
- Selvom ikke hele fleksibilitetspotentialet fra aktiverne kan realiseres, er der tale om et betragteligt volumen, der sammen med aktiver fra andre segmenter (industri batterier, store varmepumper m.v.), vil kunne sikre høj likviditet i systemydelsesmarkedet.
- Ved anvendelse af kunstig intelligens og automatiserede processer kan ejere af énfamiliehuse og virksomheder reducere elregningen betydeligt.
- Énfamiliehuse og virksomheder kan derudover skabe yderligere værdi ved at stille deres aktive til rådighed i systemydelsesmarkedet og reducere tilbagebetalingstiden markant for anlægsejere – også ved systemydelsespriser lavere end niveauet i 2024.
- Idet systemydelser fra énfamiliehuse og virksomheder udgør en supplerende indtægtskilde i tillæg til spotprisoptimering, vurderes systemydelser fra mindre forbrugere at være omkostningseffektive, og dermed interessante at aktivere med henblik på at reducere de samfundsmæssige omkostninger ved stabilisering af elnettet.

8.2. Fordele ved at udnytte anlæg fra mindre forbrugere

Analysen viser, at der er behov for yderligere store mængder systemydelser i nær fremtid og frem mod 2035. I stedet for at anlægge nye anlæg som har balancering som formål, kan balanceringen af elnettet udnytte den meget store mængde fleksibilitet der findes ved at aktivere de anlæg som énfamiliehuse og virksomheder alligevel investerer i som led i elektrificeringen. På den måde udnytter man aktiverne effektivt.

Ved aktivering af disse el-aktiver kan man reducere tilbagebetalingstiden for anlæggene. Dette vil øge incitamentet til anskaffelse af el-anlæggene og dermed accelerer elektrificeringen og den grønne omstilling. En stor del af de penge Energinet bruger til at balancere elsystemet kanaliseres tilbage til forbrugerne, som en betaling for, at forbrugerne stiller deres fleksibilitet i deres elforbrug til rådighed. Den yderligere aktivering af nye elaktiver vil tillige kunne fortrænge med de klassiske og fossile drevne anlæg, og dermed reducere CO₂ udledningerne i elsystemet.

8.3. Behov for en uafhængig aggregator

Da der i systemydelsesmarkedet generelt handles med større kapaciteter ad gangen, end f.eks. en enkelt husstand kan byde ind med, er der behov for at pulje kapaciteten fra de fleksible enheder. Det kan ske via en såkaldt aggregator.

En uafhængig aggregator er en person, virksomhed eller teknologi, som samler en mængde af el-anlæggene – i dette tilfælde op- eller nedreguleringskapacitet på elmarkedet. Den uafhængige aggregators kapacitet

kunne således være el-anlæggene fra 200 husstande, som sælger timingen af forbruget ind i elmarkedet. Denne rolle er Energinet i færd med at definere og indføre i reglerne for elmarkedet.

Hvis man vil høste gevinsterne ved et mere transparent og konkurrencepræget markedet for fleksibilitetsydelser skal rammevilkårene for den uafhængige aggregator forbedres. Dette vil medføre mere innovation og konkurrencekraft for danske virksomheder, samt lavere energiomkostninger til de danske forbrugere.

8.4. Perspektiver for deltagelses i flaskehalsydelsesmarkedet

I takt med elektrificeringen og transport af mere strøm skabes et behov for at udbygge distributionsnettet. I *Et grønnere og mere fleksibelt elforbrug. En analyse af økonomiske og klimamæssige gevinster ved større forbrugsfleksibilitet* (Copenhagen Economics, 2025), er det opgjort, at forbrugsfleksibilitet kan reducere investeringsbehovet i distributionsnettet med 7-12 pct i elnettet frem mod 2035, svarende til op mod 1,7 mia. kr. om året i udskudte investeringer.

Dette kræver, at man kan begrænse elforbruget i peak-situationer, når der planlægges vedligehold og sker nedbrud under en hovedstation. Til forskel for systemydelsesmarkedet, eksisterer der ikke en markedsplads for forbrugsfleksibilitet til distributionsnettet, de såkaldte flaskehalsydelser.

Der er i foråret 2024 udviklet en model i et Energinets Open Door Lab i samarbejde med flere netvirksomheder. Hvis den bliver implementeret, vil man i fremtiden kunne bringe flaskehalsydelser i markedet, parallelt med de klassiske systemydelser beskrevet i denne redegørelse.

Flaskehalsydelser er i deres natur sammenlignelige med systemydelsesprodukter, såsom mFRR opregulering, hvor pendanten forbrugsmæssigt er at reducere forbrug. Modsat de klassiske systemydelser er flaskehalsydelser geografisk begrænset til konkrete net- og hovedstationer i nød. Der kræves derfor en god håndtering af såkaldte geotags, så det er helt tydeligt, hvor den tilbudte fleksibilitet er placeret i nettet.

Energinet arbejder i dag med en forholdsvist grovmasket udgave af geotags, men hvis der i fremtiden ske en detaljeret geografisk beskrivelse (geotag) i DataHub på målepunktsniveau, vil aktiverne fra mindre forbrugere kunne afhjælpe netvirksomhederne, der hvor der måtte være behov for aflastning.

8.5. Øvrige barrierer

Ud over behovet for aggregatorer er der behov for, at omkostningerne til at udnytte teknologiernes fleksible kapacitet skal reduceres mhp. at øge forbrugernes incitament. Adgangen til apparatfabrikanternes cloudløsninger er på nuværende tidspunkt præget af proprietære løsninger og ofte for langsomme til at give mulighed for at bidrage til f.eks. frekvensstabilisering, som skal reagere hurtigt. I dag er der i for høj grad brug for at montere lokale gateways og specialbyggede løsninger for at sikre adgang til de nødvendige elaktiver ved forbrugerne.

I tillæg er der øvrige barrierer for levering af fleksibilitet fra mindre elforbrugende enheder, såsom forholdsvis store minimumsbudgrænser og krav til symmetri på engrossiden af fleksibilitetsmarkedet. Uafhængige aggregatorer kan til dels imødekomme disse barrierer. Endelig kan de nye meget detaljerede og specifikke krav til prækvalificering virke hæmmende for aggregatorer.

Litteraturliste

Copenhagen Economics. (2025). *Et grønnere og mere fleksibelt elforbrug. En analyse af økonomiske og klimamæssige gevinster af større forbrugsfleksibilitet.*

Energinet. (2024). Forventninger til fremtidens systemydelser 2024-2040.

Energinet. (2024). *Fremskrivning af Energinets eltariffer 2025-2027.* Hentet fra <https://energinet.dk/media/alpn1j0h/fremskrivning-af-energinets-eltariffer-2025-2027-1.pdf>

Viegand, & Maagøe. (2022). *Kortlægning af energiforbrug og opgørelse af energisparepotentialer i produktionserhvervene.* Energistyrelsen.

Appendiks 1. Fleksibilitetspotentiale for énfamiliehuse

Tabel 1: Værdier for "tilgængelighed" og "reguleringspotentiale" anvendt for aktiver i énfamiliehuse.

Energirige			Energifattige	
	Reguleringspotentiale	Tilgængelighed	Reguleringspotentiale	Tilgængelighed
Enfamiliehuse				
Solceller	55%	90%	55%	90%
Batterier	50%	88%	50%	50%
Varmepumper	0%	0%	80%	38%
Elstav i buffertank	90%	90%	90%	25%
Elbilsladestandere	85%	38%	85%	25%
Klassisk forbrug	NA	NA	NA	NA
Total				

Appendiks 2. Fleksibilitetspotentiale for industri

Tabel 2: Værdier for "tilgængelighed" og "reguleringspotentiale" anvendt for aktiver i énfamiliehuse				
Energifattige			Energirige	
	Reguleringspotentiale	Tilgængelighed	Reguleringspotentiale	Tilgængelighed
Opvarmning og kogning	90%	90%	90%	50%
Tørring	90%	90%	90%	50%
Inddampning	90%	90%	50%	50%
Destillation	90%	90%	50%	50%
Brænding og sintering	90%	90%	50%	90%
Smeltning	90%	90%	90%	50%
Anden procesvarme	50%	50%	50%	38%
Arbejdskørsel, Intern transport	90%	90%	90%	50%
Rumvarme*	90%	90%	90%	75%
Rumkøling	0%	0%	90%	75%
Belysning	90%	50%	90%	38%
Pumpning	90%	50%	80%	50%
Køl og Frys	0%	0%	90%	38%
Rumventilator	0%	0%	80%	80%
Blæsere	0%	0%	80%	80%
Trykluft	0%	80%	90%	38%
Hydraulik	80%	80%	0%	0%
Øvrige elmotorer	80%	38%	80%	38%
IT og anden elektronik	80%	38%	80%	38%
Anden elanvendelse	80%	38%	80%	38%

Appendiks 3. Gennemsnitlige priser på systemydelse i 2024

Figur 1: Gennemsnitspriser (kr. pr. MW) på årsniveau opgjort ud fra Energinets hjemmeside.

