



Fotograf: Jørgen Schytte



SMÅ PROSUMERE I FREMTIDENS ELNET

Fokusanalyse om muligheder og udfordringer i forbindelse med solceller, batterier, elbiler og varmepumper på fremtidens villaveje

ENERGINET
Elsystemansvar

**DANSK
ENERGI**

INDHOLDSFORTEGNELSE

Små prosumeres samspil med fremtidens elnet?	3
Case-studier af prosumere på fremtidens villaveje skaber ny indsigt	4
Økonomien for prosumeren afhænger af elafgift og nyt elforbrug	5
Forbrugsfleksibilitet med nethensyn sænker ny spidsbelastning	6
Intelligent opladning af elbiler er en forudsætning	7
Prosumere udfordrer nettets spændingskvalitet og transformere	8
Opsummering: Små prosumere kan påvirke elnettene i 2030	9
Perspektivering: Nethensyn og netudbygning i balance	10

SMÅ PROSUMERE I FREMTIDENS ELNET

I denne fokusanalyse stilles der skarpt på de muligheder og udfordringer, som øget elforbrug i varmepumper og elbiler samt øget egenproduktion fra solceller og lagring i batterier kan byde fremtidens distributions- og transmissionsnet.

Analysen er udført i et samarbejde mellem Energinet Elsystemansvar og Dansk Energi med henblik på dyberegående analyser af netperspektiverne hos prosumere. Alle antagelser, beregninger og uddybende resultater findes i baggrundsrapporten:

[Små prosumere i fremtidens elnet - baggrundsrapport](#)

Analysen bygger ovenpå tidligere analyser fra hhv. Energinet Elsystemansvar og Dansk Energi om samspillet mellem elnettene og fremtidens energiforbrugere og den konsekvens, som lokal elproduktion og fleksibelt elforbrug har for resten af elsystemet.

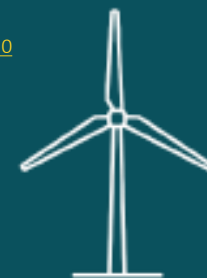
Analysen kan læses separat fra øvrige publikationer.

Tidligere rapporter om prosumere og fremtidens elnet:

Energinet Elsystemansvar:
[Systemperspektiv 2035](#)

[Små prosumeres samspil med fremtidens energisystem i 2030](#)

Dansk Energi: [Elnet Outlook 2018](#)



SMÅ PROSUMERES SAMSPIL MED FREMTIDENS ELNET?

Øget VE-elproduktion og elektrificering er et hovedspor i den samfundsøkonomiske optimale grønne omstilling af energisystemet. Det kræver, at elnettet drives og udvikles, så omstillingen kan finde sted mest effektivt. De nuværende udviklingstendenser peger mod en fremtid, hvor solceller, batterier, elbiler og varmepumper kan blive helt almindelige på de danske villaveje. Det vil stille store og nye krav til den eksisterende elnetstruktur. Er der plads til en kraftig elektrificering og egenproduktion af el? Energinet Elsystemansvar og Dansk Energi stiller i denne analyse sammen skarpt på samspillet mellem villaernes fremtidige elforbrug, ellagring, elproduktion og den eksisterende elnetstruktur, med udgangspunkt i et 2030-casestudie.

Villavejene set fra transmissionsnettet

De danske villaveje er forbundet elektrisk i en række forskellige distributionsnet. Distributionsnettene er overordnet forbundet gennem transmissionsnettet.

I øjeblikket har elforbruget hos de private husstande en ganske lille betydning for transmissionsnettet. En markant udbredelse af elbiler og varmepumper øger de private husstandes forbrug, og det skaber en række spørgsmål, der er af stor betydning for transmissionsnettet.

- Sker der en markant ændring i belastningen fra distributionsnettene til transmissionsnettet?
- Anvendes solcelleproduktionen fra villavejene lokalt, gemmes den i lokale batterier, eller når den op i transmissionsnettet?
- Hvad er konsekvensen for transmissionssystemet, hvis elbiler og varmepumpers fleksibilitet primært skal anvendes til at håndtere begrænsninger i distributionsnettet?

Villavejene set fra et distributionsnet

Distributionsnettene er bindeledet mellem transmissionsnettet og den enkelte villa.

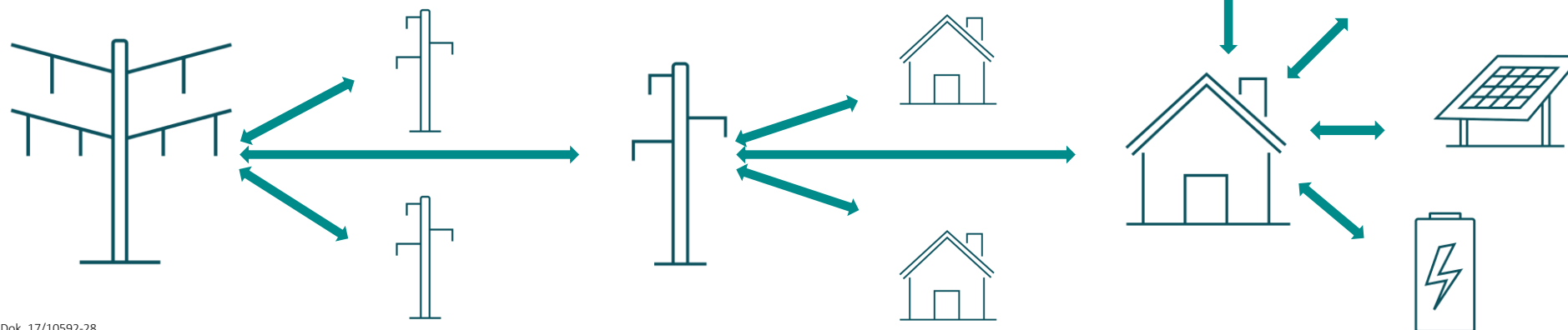
Belastningen i et distributionsnet fra husstande, der både har elbiler, varmepumper, solceller og batterier, vil være markant anderledes, end den der opleves i dag. Bliver de danske villaer prosumere, så ser distributionsnettene ind i en fremtid, hvor der skal forstærkes net og/eller udvikles en helt ny metode til at styre belastningen i nettene.

- I hvor høj grad er de danske distributionsnet klar til at understøtte en markant udbredelse af solceller, batterier, elbiler og varmepumper?
- Hvor meget stiger det samlede effekttræk, kan transformerne klare belastningen, og hvordan påvirkes spændingen?
- Kan kunders fleksibilitet være med til at løse belastningsudfordringen?

Samspil mellem transmissions- og distributionsnet

Udviklingen på villavejsniveau er blot ét element i den grønne omstilling, men meget peger på, at det er et af de næste steder, hvor omstillingen tager fart. De nuværende markeds løsninger indeholder ikke et element, der tager højde for lokale begrænsninger i elnettet. Hvis nyt forbrug ikke kan forsynes via det nuværende net, så er løsningen i øjeblikket at etablere mere elnet. Alternativt skal fleksibelt forbrug anvendes intelligently så der tages højde for netbegrænsningerne.

En effektiv omstilling til vedvarende elforsyning kræver et godt samspil mellem distributions- og transmissionsnettet med markeds løsninger, der sikrer den samfundsøkonomiske balance mellem anvendelse af den eksisterende netstruktur og forstærkning af nettene.



CASE-STUDIER AF PROSUMERE PÅ FREMTIDENS VILLAVEJE SKABER NY INDSIGT

Udbredelsen af elbiler, varmepumper, solceller og batterier er blevet belyst i en række tidligere analyser. Denne analyse bygger videre på disse erfaringer og tilføjer primært perspektiveringen til det eksisterende distributionsnet understøttet af modellering og simulering af belastningen i lavspændingsnettet. Nedenfor opsummeres Energinet Elsystemansvar og Dansk Energis tidligere analyser, der skaber grundlaget for denne fortsættelse.

Foråret 2018: Systemperspektiv 2035, Energinet Elsystemansvar

Analysen belyser udviklingstendenser inden for storskala- og distribuerede løsninger i fremtidens elsystem. Analysen konkluderer, at store energiværker, som fleksibelt kan bruge el til at producere brændstoffer og varme eller producere el, giver adgang til meget store energilagere. De små prosumere med batterier giver adgang til meget stor regulerbar effekt til time- og døgnoptimering. Hvis disse løsninger kombineres effektivt, kan der i fremtidens energisystem opnås høj fleksibilitet og forsat høj forsyningsikkerhed for el.

Efteråret 2018: Små prosumeres samspil med fremtidens energisystem i 2030, Energinet Elsystemansvar

Denne opfølgende fokusanalyse omhandler udviklingstendenser inden for solceller og batterier på villaveje. Analysen konkluderer, at udbredelsesgraden af distribueret elproduktion påvirkes af rammevilkårene, men under alle analyserede omstændigheder er det forsat hensigtsmæssigt for prosumerne at være tilsluttet elnettet for at opretholde forsyningsikkerheden, fordi energibehovet om vinteren ikke effektivt kan dækkes af solceller og batterier.

Efteråret 2018: Elnet Outlook 2018, Dansk Energi

Dansk Energis *Elnet Outlook 2018* viser, at en succesfuld omstilling kræver, at både lovgivning, regulering og netselskabernes ydelser tilpasses fremtiden. Fremtidens prosumere kan blive en udfordring for mange distributionsnet, men tilpassede rammebetingelser, intelligent styring og tilpassede tariffer, som tager hensyn til netbelastningen, kan hjælpe med at løse udfordringen.

Små prosumere i fremtidens elnet

Denne analyse bygger videre på de netop nævnte analyser. Villavejsmodellen fra *"Små prosumeres samspil med fremtidens energisystem i 2030"* indeholder 10 forskellige huse og udvides med varmeforsyning, så den inkluderer de illustrerede elementer, se figur 1.

Det er i denne analyse valgt at tage udgangspunkt i de nuværende tendenser, hvor elbilerne kommer til at lade i carporten, og solcellerne bliver etableret på villaernes tage.

Analysen omhandler villaveje, som er nået en komplet overgang til prosumere. Det kan ske hurtigt på nogle veje, og langsommere på andre – der vil derfor være et handlingsrum undervejs for netselskaberne. Om en komplet overgang til prosumere på villavejene bliver en realitet, afhænger af om det er økonomisk rentabelt. Analysen er derfor udvidet til at rumme forskellige elafgifter, boligtyper, forbrugsprofiler og teknologipriser.

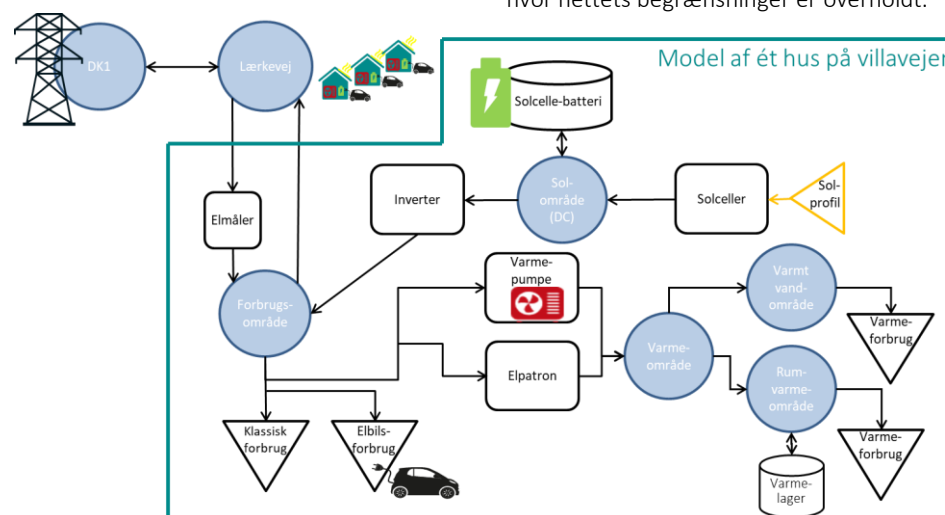
Scenarierne simuleres i Energinet Elsystemansvars værktøj SIFRE. Simuleringen antager, at varmepumper, batterier og elbiler er fleksible og drives økonomisk rationelt inden for

de givne rammer. Øvrigt forbrug regnes som uflexibelt.

Resultater fra de private økonomiske optimeringer af husenes energiforsyning anvendes til simulering af udfordringer i eksisterende lavspændingsnet, hvis kapacitet og data er stillet til rådighed af netselskabet Konstant. Nettene er etableret i hhv. 1970, 2004 og 2015.

Forbrugsfleksibilitet med og uden nethensyn

Udgangspunktet for analysen er den mest almindelige, eksisterende markedsløsning, hvor den aktuelle netbelastning i distributionsnettet ikke er kendt for forbrugeren eller har nogen økonomisk betydning. Det er antaget, at forbrugernes elbiler, varmepumper og batterier drives økonomisk rationelt efter spotprisen, dvs. alt nyt elforbrug er prisfleksibelt. Denne analyse vurderer både elforbrug og elproduktion uden hensyn til eksisterende lavspændingsnet ('Forbrugsfleksibilitet uden nethensyn') samt effekten af at tage højde for begrænsninger i lavspændingsnettet ('Forbrugsfleksibilitet med nethensyn'). Sidstnævnte simuleres med en mekanisme der hæver timeprisen for at anvende el, indtil der opstår en ligevægt, hvor nettets begrænsninger er overholdt.



Figur 1: De modellerede elementer i husene på den fiktive villavej.

ØKONOMIEN FOR PROSUMEREN AFHÆNGER AF ELAFGIFT OG NYT ELFORBRUG

Økonomien i solceller og batterier afhænger særligt af elafgiften og graden af selvforsyning. Solceller med batterier kan potentielt levere en meget høj andel af villavejens årlige elforbrug.

Optimeringsmodel vælger investeringer på villavejen

Optimeringsmodellen vælger kapacitet af elproduktion, lager og varmeanlæg på villavejen for at minimere de samlede privatøkonomiske investerings- og driftsomkostninger til el- og varmeforbrug. Investeringer foretages ud fra et 4 pct. realrentekrav i varmepumpe, solcelle, inverter og batteri (tekniske og økonomiske levetider på hhv. 18, 40, 15 og 15 år).

Investeringer i varmepumper, solceller og batterier

Modellen kan opfylde husenes varmebehov med elpatroner eller varmepumper. I alle tilfælde har det vist sig at være økonomisk rationelt at dække den primære del af husenes varmebehov med varmepumper. Optimeringen vælger løsningen med varmepumper og elpatroner (0-8 kW pr. hus) for alle huse på tværs af alle analyserede scenarier.

I alle scenarier investerer alle husstande i solceller og batterier. Det gælder også, hvis husstandene ikke har elbiler. Alle husstande med elbiler investerer i 12 kW solcellekapacitet, som er det maksimale, modellen tillader.

Der investeres i 6-28 kWh batteri til hvert hus på tværs af scenarierne. Den optimale batteristørrelse afhænger i høj grad af, hvornår husstandens elbil er hjemme til at lade, samt hvor stor hjemmeopladningen er. Pendlerne vælger store batterier til at gemme egenproduktion. Investeringer pr. hus i 2030 er i gennemsnit ca. 80.000 kr. til solcelle og inverter, ca. 15.000 kr. til batterianlæg og ca. 70.000 kr. til varmepumpe inkl. installation.

Sol og batteri kan dække en stor del af elforbruget på årsplan

Et gennemsnitligt hus på villavejen får omtrent tredoblet sit nuværende elforbrug. Her udgør 'klassisk', elbiler og varmepumper hhv. ca. 30 pct., 30 pct. og 40 pct. af elforbruget.

Figur 2 viser at en stor del af villavejens elforbrug på årsplan kan dækkes af solceller og batterier. Med fleksibelt elforbrug fra elbiler og varmepumper og et husstands-batteri kan ca. 60 pct. af solcelleproduktionen udnyttes til egenforsyning af husstandenes elforbrug. Uden batteri ses det, at kun ca. 40 pct. af elforbruget bliver dækket af solceller. Hvorvidt forbrugerne får egen elproduktion og batterilager har altså stor indflydelse på, hvor meget elproduktion det øvrige elsystem skal levere til villavejen, samt hvor meget elproduktion der skal transporteres væk.

Afgiftsniveauet påvirker investeringer og prosumergevinst

Egetforbrug fra solceller sparer elafgift og nettatariffer. Elafgiften er aftagende de kommende år, og det er her antaget at udviklingen forsætter.

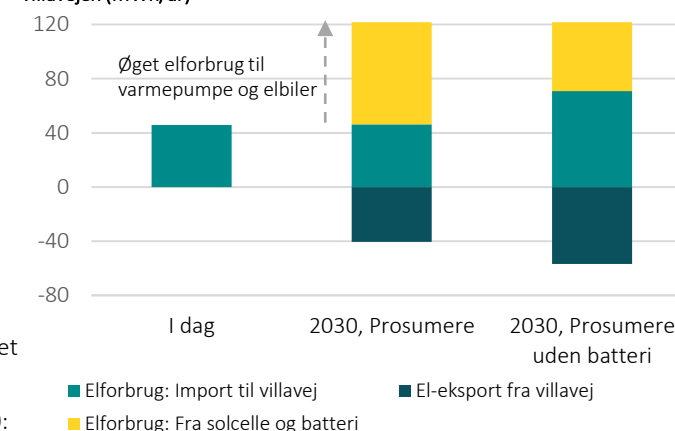
Analysen har tre forskellige niveauer for elafgifterne for 2030: 1) Halvering af 2018-sats til 455 kr./MWh + moms for alt elforbrug (klassisk, elvarme og elbil). 2) Et lavere afgiftsniveau på 155 kr./MWh + moms for alt elforbrug. 3) Blandet niveau med 455 kr./MWh + moms for 'klassisk' elforbrug samt 155 kr./MWh + moms for elbiler og elvarme.

De årlige gevinster fra solceller og batterier ligger i afgiftsscenarierne mellem ca. 80-130.000 kr., hvilket skal ses ift. en solcelle og batteriinvestering på ca. 1 mio. kr. for villavejen. På figur 3 er investeringsgevinsten omregnet til en intern rente på 6-12 pct. ift. et scenarie, hvor alt elforbrug importeres fra elnettet. Ved den højere elafgift fås altså et stort privatøkonomisk incitament til at investere i solceller og batterier, hvorimod den lavere elafgift på varme og elbiler vil sænke incitamentet. Det lavere elafgiftsniveau fører til 12 pct. mindre batterikapacitet i optimeringsmodellen.

Prisen for solcelleanlæg får også stor betydning

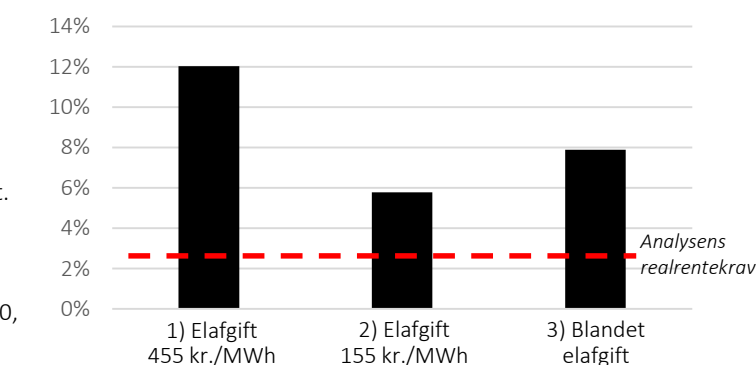
Solcelleanlægget udgør den største del af investeringen i 2030, og derfor er prisen på solcelleanlæggene, samt de tariffer og afgifter, de kan spare ved selv at producere el, særlig vigtig for prosumernes investeringsbeslutning. Nye installationskoncepter, fx hvor solceller er del af et nyt tag, kan potentielt sænke anlægsomkostningen markant og hermed øge incitamentet til at blive prosumer.

Import til/eksport fra villavejen (MWh/år)



Figur 2: Elforbrug på villavejen vil stige betydeligt pga. elbiler og varmepumper. Elforbruget er opdelt på import fra elnettet og egenforsyning fra solceller og batterier. De viste scenarier er uden nethensyn.

Intern rente for solcelle og batteri investering



Figur 3: Intern rente for batteri og solcelleinvestering i 2030. Privatøkonomi med 20 års økonomisk levetid. De viste scenarier er uden nethensyn.

FORBRUGSFLEKSIBILITET MED NETHENSYN SÆNKER NY SPIDSBELASTNING

Forbrugsfleksibilitet med nethensyn handler om at få mest mulig billig el ud til forbrugerne og at udnytte den eksisterende infrastruktur optimalt. Fordelingen af forbruget er altafgørende for den samlede belastning af både distributions- og transmissionsnettet.

Fleksibelt elforbrug kan øge samtidigheden i elforbruget

Øget digitalisering og automatisering må forventes at føre til, at der frem mod 2030 vil være udbredt intelligent styring af større komponenter som elbilsopladere, varmepumper og batterier, hvis det kan betale sig. Denne økonomiske analyse tager derfor udgangspunkt i, at de nævnte elforbrug optimeres ud fra prisen for el.

Styres elbilsopladning, batteridrift og varmeforsyning efter spotprisen på el, så giver det en fleksibilitet til elforbruget, som understøtter den grønne omstilling. Optimeres forbruget, så fås en belastningskurve for de modellerede 10 huse, som vist med den mørkegrønne markering på figur 4. Det viser en markant øget samtidighed for nyt elforbrug i perioden med lave elpriser, hvilket skaber ny spidsbelastning svarende til omtrent en tidobling af nuværende niveau i lavspændingsnettet. Bliver en så høj samtidighed i elforbruget på villavejene en realitet, vil det få konsekvenser helt op i transmissionsnettet.

Forbrugsfleksibilitet uden nethensyn kræver forstærkning

Ingen af de analyserede eksisterende distributionsnet kan holde til det kraftige samtidige effekttræk og -eksport fra solceller, varmepumper og elbiler, som forbrugsfleksibilitet uden nethensyn giver anledning til. Dette vil kræve en markant ændring af arkitekturen og den fysiske opbygning af både det lokale og det øvrige distributionsnet for at håndtere den øgede belastning. Forstærkes distributionsnettet til at håndtere øget belastning, kan det skabe behov for tilsvarende forstærkning i transmissionsnettet, så den efterspurgte el kan komme fra det overordnede elsystem og ned på villavejene.

Dok. 17/10592-28

Nethensyn sænker spidsbelastningen, men er ikke uden omkostninger

På figur 4 ses det, at forbrugsfleksibilitet med nethensyn fører til et markant lavere maksimalt effekttræk, end hvis der ikke tages hensyn til nettet. Der er et tradeoff mellem at overholde eksisterende netbegrænsninger set i forhold til at producere og forbruge el optimalt ift. elspotpriser samt sikre systemniveauets adgang til lokal fleksibilitet.

Forbrugernes omkostning pga. nethensyn øges med ca. 5 pct. (i snit ca. 1.000 kr. per hus per år), hvilket skyldes, at kunderne ikke kan bruge strømmen når den er billigst, samt mindre eksport af solcelleproduktion. Alternativet er at forstærke nettet. Omkostningen hertil vil afhænge af det faktiske elnet.

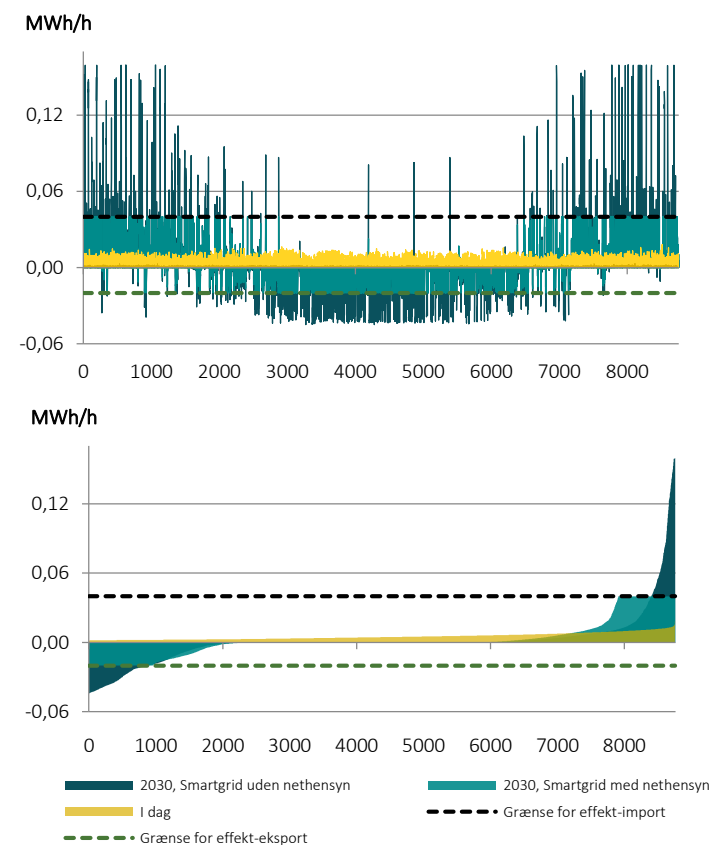
Batterier er ikke afgørende i nyere elnet med nethensyn

Batterierne er med til at øge anvendelsen af den egenproducerede el på villavejen og optimere indkøbet fra elnettet. Batteridriften kan dog også optimeres til at overholde eksisterende begrænsninger i elnettet.

Analysen viser, at det nyeste af de analyserede net (fra 2015) generelt godt kan holde til belastningen fra nyt elforbrug fra elbiler og varmepumper med nethensyn. Batterier er derfor ikke strengt nødvendige for at få plads til forbruget til varmepumper og elbiler oven i det klassiske elforbrug. I ældre net, hvor en stor andel af husene er store og ikke energirenoverede, kan batterier være afgørende elementer, der kan sikre, at elnettets begrænsninger bedre kan overholdes.

Prosumere ændrer markant på udveksling med elnettet

I dag er der ingen timer, hvor der ikke importeres el til villavejen. I 2030, hvor villavejens husstande er prosumere, ses der mange timer (40-50 pct. af tiden) uden import eller eksport – både hvis der tages hensyn til nettets begrænsninger, og hvis der ikke gør. Timerne uden import/eksport af el er relativt jævnt fordelt ud over året.



Figur 4: Øverst ses import og eksport fra villavej til elnettet i løbet af et år. Der importeres primært om vinteren og eksporteres primært om sommeren. Løbende over året opstår der timer, hvor der ikke interageres med elnettet. På den nederste figur er samme data sorteret efter størrelse. I det scenario, hvor der ikke tages hensyn til netbelastningen, vil der opstå relativt få timer med et effektflow, der går markant ud over nettets grænse. Det ses også, at det nuværende forbrug ikke udnytter hele kapaciteten i elnettet. Den samlede fysiske netkapacitet for de 10 huse er estimeret til 0,04 MWh/h import og 0,02 MWh/h eksport.

INTELLIGENT OPLADNING AF ELBILER ER EN FORUDSÆTNING

Den øgede belastning i distributionsnettet fra solceller, varmepumper, elpatroner og batterier er lille sammenlignet med den belastning, elbilerne udgør. Hvor elbilerne ender med at lade er dermed afgørende for distributionsnettets fremtidige anvendelse.

Elbiler udfordrer distributionsnettene

Den nuværende udvikling går mod, at ladestandere til elbiler installeres ude på villavejene. Ladeeffekten er også tiltagende. Denne analyse tager udgangspunkt i, at 9/10 villaer har én elbil, og ladestandernes effektræk er begrænset til en gennemsnitlig husstands maksimale effektræk på 17,32 kWh/h. Det ses allerede, at der installeres private elbilsladere, der lader med op til 22 kWh/h, hvorfor dette er valgt som udgangspunkt.

På figur 5 vises elbilernes elforbrug mod en varighedskurve for den samlede belastning på villavejen. Det ses tydeligt, at elbilerne er den primære årsag til, at der dannes belastningsspidser. Det skyldes, at elbilerne i høj grad lader samtidigt – når strømmen fra elnettet er billig. Derudover ses det, at elbilerne så vidt muligt lader med den egenproducerede strøm. I de øvrige timer balanceres elbilernes opladning med batterierne og er således ikke direkte sammenhængende med den samlede import/eksport til villavejen.

Elbilerne er en større udfordring end varmepumper

Uden at skulle forsyne en elbil så investerer husstandene på villavejen stadig i lige så store elvarmepumper og elpatroner, som hvis de har elbiler. Kun solcelleanlæggene og batteriernes størrelse bliver påvirket. Hvis der ikke tages hensyn til distributionsnettets begrænsninger, så vælges solcelleanlæg, der er 0-7 pct. mindre og batterier, der er 6-10 pct. mindre end i referencescenariet. Inkluderes nethensyn i optimeringen, så investeres der i 15-23 pct. mindre solcelleanlæg og 13-20 pct. mindre batterier.

Udføres netanalysen uden elbilerne, så overbelastes det nyeste nets kabler ikke, selvom forbrugsfleksibiliteten ikke begrænses af nethensyn. På tværs af alle tre net falder

antallet af højt og overbelastede kabler med 75 pct., når elbilerne tages ud af beregningen. Behovet for fornyelse af distributionsnettene tegner således til at være markant mindre, hvis der ikke skal oplades elbiler ude på villavejene.

Ladeprofiler er afgørende for batteriinvestering

Hvornår på dagen, elbilen er hjemme til at lade, har stor betydning for, hvor stort et husstandsbatteri, det er økonomisk rationelt at investere i. Som illustreret på figur 6 investerer pendlerne i markant større batterier end de husstande, der har 'Profil 2', som giver dem mulighed for at lade elbilen i løbet af dagen.

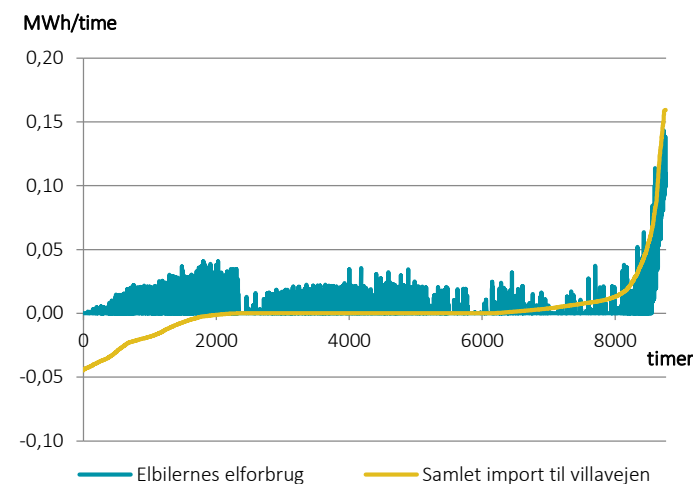
Pendlere har en meromkostning til at lade deres elbiler, der er 26 pct. højere end dem med 'Profil 2', ved samme årlige elforbrug til elbil. Det skyldes, at pendlernes biler ikke i samme grad kan lade i dagtimerne. Konklusionen gælder i de tilfælde, hvor der tages hensyn til nettets eksisterende begrænsninger.

Hvor skal elbilerne lade?

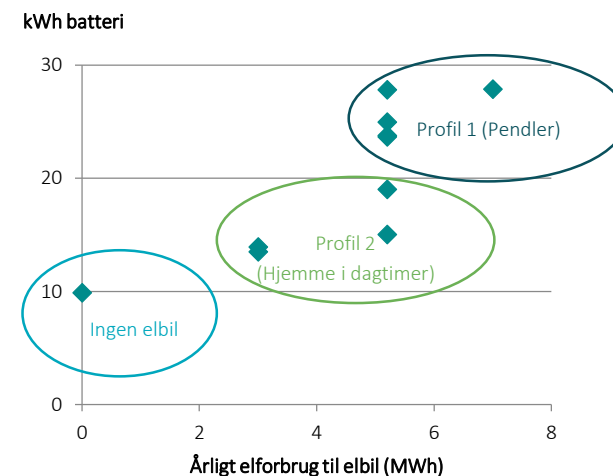
Det ses tydeligt, at elbilerne er en afgørende komponent, der i mange tilfælde vil definere, om der er behov for netforstærkninger og/eller forbrugsfleksibilitet med nethensyn. Denne analyse tager udgangspunkt i den nuværende udvikling, hvor elbilerne lader ved villaerne, men der ses sideløbende en udvikling, hvor der etableres hurtigladdere langs større veje og ladestandere ved parkeringspladser såvel som ved arbejdspladserne. På længere sigt er der spået løsninger, hvor elbilerne selv kører ud og finder en fri lader.

Hvilken løsning, eller kombination af løsninger, der ender med at være dominerende, er afgørende for kravene til både distributions- og transmissionsnettet. Er nettene først blevet forstærket, er der ikke noget sparet ved ikke at anvende kapaciteten.

Da varmepumperne og elpatronerne i sig selv ikke er den primære udfordring, så vil problemet opstå i alle villaområder med en stor andel elbiler, uafhængigt af tilgængelige varmeløsninger.



Figur 5: Samlet import til villavejen sorteret over et år sammenholdt med elbilernes samlede forbrug i de tilsvarende timer. I de timer, hvor elbilernes forbrug ikke dækkes af import fra nettet, forsynes de af egenproduktion eller fra et husstandsbatteri.



Figur 6: Det årlige forbrug til opladning af husstandenes elbiler sat i forhold til størrelsen af husstandsbatterier, som husstandene investerer i. Der ses en sammenhæng mellem elbilens forbrugsprofil og optimal batteristørrelse. Resultaterne er fra scenariet med elafgift på 155 kr./MWh, hvor der tages hensyn til nettet.

PROSUMERE UDFORDRER NETTETS SPÆNDINGSKVALITET OG TRANSFORMERE

At overholde grænserne for effekttræk fra og effekt tilført distributionsnettets kabler er dog kun én komponent i de krav, som en tilfredsstillende forsyning skal levere. Kvalitet af spænding og transformerbeklastning udfordres også af prosumere.

Ekisterende lavspændingsnet er dimensioneret forskelligt

Elnet er bygget og dimensioneret forskelligt gennem årene, og der tages derfor udgangspunkt i tre typiske lavspændingsnet fra forskellige tidsperioder – 1970, 2000 og 2015. De to ældre net er dimensioneret til at forsyne parcelhuse uden elvarme, mens det nyeste net omfatter en vis andel parcelhuse med elvarme, varmepumper og solceller.

Spændingskvalitet er ofte den begrænsende faktor

Elnettet skal, ud over at overføre den nødvendige effekt, også sikre, at spændingskvaliteten er tilstrækkelig. Hvis kvaliteten ikke er tilstrækkelig, kan det resultere i, at elektrisk udstyr og apparater ikke fungerer eller tager skade.

Kvaliteten af spændingen spiller en afgørende rolle i den måde elnet bygges, dimensioneres og drives på. Spændingskvalitet er i dag en af de største tekniske udfordringer i distributions- og transmissionsnettet.

Der findes en lang række spændingskriterier, der skal tages hensyn til for at sikre spændingskvaliteten. I denne analyse er kun én af disse spændingskriterier medregnet – leveringspænding. Effekt og leveringspænding er meget tæt forbundne, da leveringspændingen varierer med den overførte effekt. Leveringspændingen skal holdes inden for stramme grænser, og variationer i leveringspændingen begrænser derfor ofte den effekt, som et net kan overføre.

At opretholde spændingen er en stor udfordring

Elnettet dimensioneres, så det sikres, at spændingen holder sig inden for stramme intervaller. Analyserne viser, at det at holde spændingen hos slutkunden inden for det tilladelige

interval er en betydeligt større udfordring for distributionsnettet end blot at overføre den nødvendige effekt.

På figur 8 vises spændingen i det nyeste af de undersøgte distributionsnet i forskellige scenarier. Det nyeste net vil med hensyn til elnettets begrænsninger kunne holde spændingen inden for det tilladelige interval, mens spændingen i de to ældre net, selv i det scenarie, når betragteligt uden for grænserne.

Der findes i dag teknologier til styring af spændingen, som kan udvide det tilladelige interval for spændingen ved dimensionering af distributionsnettet. Disse teknologier er i forskellige stadier af markedsmodenhed, men vil på sigt kunne reducere behovet for netforstærkning ud fra spændingskriterier. Teknologierne vil øge andelen af distributionsnet, hvor nethensyn kan benyttes til at undgå eller reducere behovet for netforstærkning.

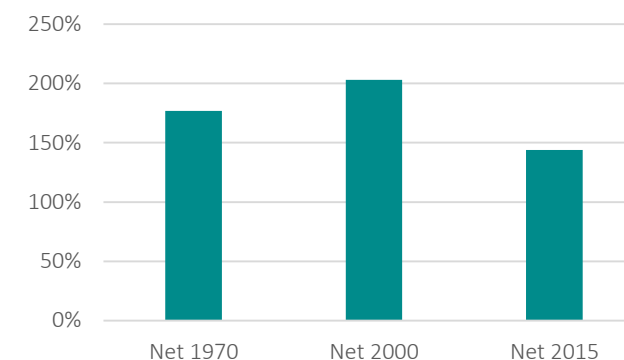
Transformere skal forstærkes

I de undersøgte lavspændingsnet er transformerne de mest udsatte netkomponenter. Kablernes belastning stiger tilsvarende, men kablerne er ikke udfordret i samme grad, da de i dag ikke er lige så hårdt belastet som transformerne. Den lavere belastning af kablerne skyldes, at de er dimensioneret ud fra spændingskriterier.

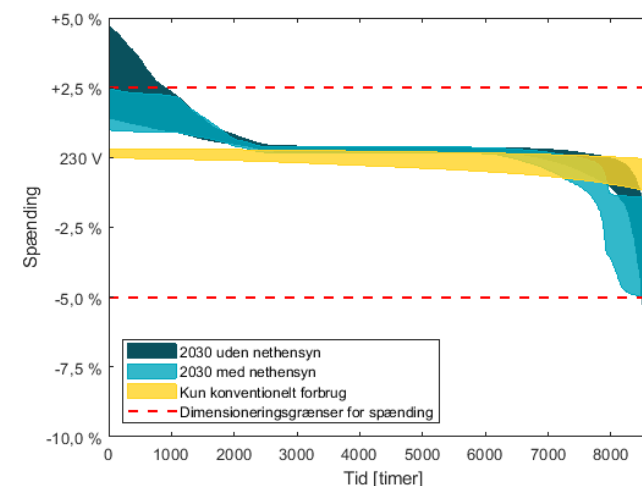
Ved de fastsatte effektgrænser for nethensyn overbelastes kablerne i det nyeste net ikke, men transformeren vil skulle skiftes. Alternativt kan effektgrænserne for nethensyn justeres i nogen grad, så spidslasten begrænses yderligere, og der ser ud til at være forbrugsfleksibilitet nok til, at forbrugerne stadig vil kunne få opfyldt deres behov.

I de to ældre net er transformere og kabler så markant udfordret selv med forbrugsfleksibilitet anvendt til nethensyn, at de vil skulle fornyes for at kunne holde til belastningen. Nethensyn vil derfor primært kunne udskyde behovet for reinvesterings og ikke erstatte den i ældre net.

Spidsbelastning af transformere (% af kapacitet)



Figur 7: Spidsbelastning af transformere i scenarie med nethensyn.



Figur 8: Varighedskurve over spændingen i det nyeste net for scenarier med og uden nethensyn der tager hensyn til nettes fysiske kapacitet. Stor udbygning med solceller, varmepumper og elbiler får spændingen til at variere betydeligt mere end i dag, men med nethensyn kan spændingen holdes inden for grænserne.

OPSUMMERING: SMÅ PROSUMERE KAN PÅVIRKE ELNETTENE I 2030

Analysen bygger på case-studier af prosumere på fremtidens villaveje og berører en del af de udfordringer og muligheder i elnettet, som ventes at blive en realitet i de kommende år. Den faktiske udvikling er endnu ukendt, men hvis forbrugerne på de danske villaveje i markant større grad bliver prosumere frem mod år 2030, vil det udfordre de eksisterende distributionsnet. Nedenfor er de analytiske hovedkonklusioner fra økonomiske og nettekniske beregninger af case-studierne opsummeret.

1) Prosumere kan vinde frem på villavejene

Denne og tidligere analyser viser, at det er et sandsynligt scenarie, at små prosumere vinder frem på villavejene. Hvornår de kommer, det afhænger af teknologiudviklingen og rammebetingelserne. Specielt elafgiften har en markant indvirkning på privatøkonomien i at investere i solceller og batterier. Beregningerne med elafgift på 455 kr./MWh giver en intern rente på over 10 pct. på investeringen, hvorimod elafgift på 155 kr./MWh på hele eller dele af elforbruget sænker gevinsten.

...selvforsyningsgraden på villavejene vil hermed stige

Overgangen fra forbrugere til prosumere med solceller og batterier kan indebære, at der på årsbasis bliver en betydelig selvforsyning på villavejene i størrelsen 60 pct. af elforbruget. Effektforsyningen om vinteren vil dog fortsat være højt på trods af høj selvforsyning med solceller og batterier på årsbasis.

....og udvekslingen med elnettet bliver markant ændret

Selvforsyning og lagring med solceller og batterier medfører, at villavejene samlet set ikke udveksler el med elnettet i 40-50 pct. af timerne på et år. Desuden vil der være perioder med eksport fra solceller og batterier på villavejen til distributionsnettet. Det ændrer driftsmønstret markant fra i dag, hvor der altid er import af elforbrug på villavejene, til at der både er import og eksport.

2) Elforbruget på villavejene kan blive tredoblet

Elektrificeringen med elbiler og varmepumper kan føre til et elforbrug, der på case-studiets villavej er tre gange højere i 2030, end det er i dag.

...og høj samtidighed af nyt elforbrug kan udfordre elnettet

Elbiler, varmepumper, elpatroner og batterier forventes at være prisleksible i væsentlig grad og kan derfor risikere at trække fra elsystemet med høj samtidighed. Hvis det nye

elforbrug, særligt elbilernes opladning, følger elprisen uden hensyn til nettet, kan spidsbelastningen potentielt tidobles i forhold til i dag. Træffes der et valg om at udbygge distributionsnettene til at kunne håndtere en markant højere spidsbelastning fremfor at sikre omfordeling af forbruget, vil det også kræve forstærkninger i transmissionsnettet.

3) Nethensyn kan sænke spidslastbehovet

Overholdelse af eksisterende distributionsnet-begrænsninger vil føre til, at spidsbelastningen kun øges til lidt over det dobbelte. Dette kan også lade sig gøre uden batterier, så længe det nye forbrug og produktion er fleksibelt ift. nettets begrænsninger.

...og med nethensyn kan forstærkning undgås eller udskydes

Nethensyn reducerer markant behovet for netforstærkning i distributionsnettet. I det nyeste af de analyserede net kan forstærkning undgås, mens det i de ældre net kan udskyde behovet for forstærkninger, så nettets resterende levetid udnyttes bedst muligt. Uden nethensyn skal der udføres omfattende forstærkning af både det lokale og samlede distributionsnet.

....men nethensyn medfører også omkostninger

Der er et tradeoff mellem at overholde eksisterende netbegrænsninger set i forhold til at producere og forbruge el optimalt ift. elspotpriser samt sikre systemniveauets adgang til lokal fleksibilitet. Forbrugernes omkostning pga. nethensyn øges med ca. 5 pct. (i snit ca. 1.000 kr. per hus), hvilket skyldes, at nethensyn flytter dele af forbruget til timer med højere elspotpriser samt begrænser eksport af solcelleproduktion. Alternativet er at forstærke nettet. Omkostningen hertil vil afhænge af det faktiske elnet.

4) Spænding og transformere er særligt udfordrede

Kapaciteten i distributionsnettene bliver udfordret af prosumerne. Både kabler og transformerne ser ind i en markant højere belastning, men det er primært

transformerne, som kræver opgradering for at følge med stigningen i spidsbelastningen. Kombinationen af højere forbrug og mere lokal produktion øger også variationer i spændingen markant, hvilket er en stor udfordring for nettene.

...men nyere net er bedre rustet til prosumere end ældre net

Nyere distributionsnet tager i større grad hensyn til variationer i spændingen end ældre net. Det betyder, at de generelt har større kapacitet og mindre variation i spændingen end ældre net, hvilket gør dem bedre rustet til at rumme fremtidens prosumere.

5) Distributionsnettene kan blive en begrænsning for elbiler og varmepumpers anvendelse til systembalancering

Fleksibilitet fra elbiler og varmepumper kan kun anvendes til at sikre den overordnede systembalance, hvis der er plads i distributionsnettet til de ændringer i forbruget, der efterspørges fra transmissionsnettet.

Distributionsnettets mulige begrænsninger vil dog mindske transmissionsnettets potentielle udfordringer med høj samtidighed af nyt elforbrug.

Den samlede påvirkning fra udfordringerne i distributionsnettet og til transmissionsnettet kommer i høj grad an på, hvor stor en del af det underliggende distributionsnet, der er udfordret.

...hvilket kræver nyt samspil mellem distributions- og transmissionsnettet

Usikkerhed i udviklingen af forbrug og produktion og øget kompleksitet og afhængigheder på tværs af transmissions- og distributionsnet kan give nye udfordringer. Disse udfordringer arbejdes der aktivt for at løse, både hos Energinet Elsystemansvar og Dansk Energi, så fleksibilitet i distributionsnettet kan skabe størst mulig gavn for det samlede system.

PERSPEKTIVERING: NETHENSYN OG NETUDBYGNING I BALANCE

Prosumere kan udfordre de eksisterende distributionsnet, og etableringen af en løsning, der tager hensyn til nettets begrænsninger, kan have stor betydning for behovet for netforstærkning i distributionsnettet. Forstærkes distributionsnettet markant, kan det skabe behov for tilsvarende forstærkninger i transmissionsnettet. Beslutningen om nethensyn eller netudbygning kan derfor med stor fordel tages, inden det forventes, at elektrificering og distribueret produktion og lagring for alvor når ud til de danske villaer.

Case-studier i en kompleks virkelighed

Villavejsanalysen er et case-studie, hvor der er modelleret 10 forskellige husstande og nogle helt specifikke distributionsnet. I virkeligheden har hver enkelt husstand sin egen karakteristik, tilgængelige varmekilder, forbrugsprofiler, betalingsvillighed og en række andre forhold, der komplicerer virkelighedens billede. Oveni er distributionsnettene forskelligt dimensionerede og af en udformning, der er tilpasset det sted, hvor de er etableret.

Analysen giver således blot et indblik i de udfordringer, der ligger ude i horisonten, og den er ikke et endegyldigt svar på, hvad der er økonomisk fornuftigt at investere i for privatpersoner eller de økonomiske konsekvenser ved at skulle overholde distributionsnettenes begrænsninger. Virkelighedens kompleksitet gør også beslutningen om etableringen af en løsning, der sikrer nethensyn, kompleks, og besværliggør estimeringen af egentlige samfundsøkonomiske omkostninger og gevinster.

I den økonomiske optimering er der ikke indregnet den række af services, som elbiler, varmepumper og andet fleksibelt elforbrug forventes at kunne levere til elsystemet i fremtiden. Der er alene taget højde for spotprisen på el og overholdelse af belastnings- og spændingsgrænserne i nettene. Den sande værdi, af at prosumers elbiler, varmepumper og batterier potentielt vil kunne levere en række systemydelse, er yderst svær at estimere, men det er

ikke utænkeligt, at den kan blive betydelig – hvis der er plads i distributionsnettet til, at de kan agere i de nationale og internationale markeder eksempelvis via aggregatorløsninger. Dansk Energi og Energinet Elsystemansvar er med i flere projekter, hvor man blandt andet er i gang med at afdække, i hvor høj grad elbiler, varmepumper og batterier kan være aktive deltagere i markederne for systemydelse.

Samspil mellem lokale net- og systemhensyn er afgørende

Anvendelse af forbrugsfleksibilitet til nethensyn kan sænke behovet for geninvestering i distributionsnettene. Mangel på klarhed over forbrugsfleksibilitetens muligheder og anvendelse kan derfor føre til forkerte investeringer i distributionsnettet for netselskaberne. Mangel på klarhed, for hvor meget plads der er i det aktuelle distributionsnet, fører til en risiko for fejldimensionering af husstandenes solcelleanlæg, batterier og varmeløsninger samt fejlestimering af omkostningen ved at lade elbilerne.

Om det samfundsøkonomisk bedre kan betale sig at forstærke distributions- og muligvis transmissionsnettet, kommer meget an på den samlede pris for forstærkningen. Omkostningen til forstærkningen af nettet afhænger meget af, hvor tilgængeligt nettet ligger, og om der er komponenter, der kan genbruges, eller nettet under alle omstændigheder skulle have været renoveret inden for kort tid. Den optimale løsning findes et sted, hvor de samlede omkostninger til netforstærkninger i både distributions- og transmissionsnettet er balanceret i forhold til omkostninger og gevinster ved etablering af en løsning, der kan sørge for optimal udnyttelse af den eksisterende infrastruktur.

Økonomiske incitamenter forventes med fordel at kunne afspejle begrænsninger i distributionsnettet

De økonomiske incitamenter til elforbrugere består af nettilslutningsvilkår og elspotpris, nettariffer, elafgift og evt. fleksibilitetsydelse, som villakunderne kan levere til distributions- eller transmissionsnetoperatøren.

Den modellerede forbrugsfleksibilitet med nethensyn kan være et afgørende element i at kunne håndtere øget elforbrug og elproduktion ude på villavejene. Realiseringen af et sådant nethensyn kræver, at villaerne (eller deres aggregator), ud over muligheden for styring af husets fleksible enheder, får et økonomisk incitament til at styre efter begrænsningerne i elnettet.

Der er behov for økonomiske incitamenter, der ikke øger kompleksiteten mere end højst nødvendigt, men fortsat kan indfri de væsentligste omkostningseffektive potentialer for at sænke behovet for forstærkninger i distributionsnettet.

Der skal være en god balance mellem omkostningerne og gevinsterne for forbrugere og netselskaber ift. at etablere og drive en løsning, der sikrer nethensyn. Dette peger på, at de økonomiske incitamenter skal følge mulighederne i den teknologiske udvikling inden for bl.a. digitalisering og effektbehovet, som øget lokal elproduktion, lagring og elforbrug kræver.

På kort sigt arbejdes der aktivt i et samarbejde på tværs af branchen med at skabe fremtidssikre nettariffer set i lyset af den udvikling, der forventes i elsystemet.

På langt sigt kan en af løsningerne være at bruge økonomiske incitamenter, som er dynamiske og udveksles i realtid, for at optimere elforbruget og elproduktionen ud fra elnettets aktuelle formåen. Dette kræver en række tilpasninger og udvidelser af eksisterende markeder og databehov. Bl.a. skal markedet kunne danne et signal ud fra prisen på el og en komponent, der dynamisk afspejler det relevante distributionsnets belastning, som kan kommunikeres til elkunder og/eller aggregatorer. Flere nationale såvel som internationale demonstrationsprojekter har vist, at det er teknisk muligt at realisere en dynamisk løsning med nethensyn, men de endelige samfundsøkonomiske omkostninger og gevinster varierer for hver case helt ned på villavejsniveau. Der findes også en række andre tiltag, som studeres nærmere i både nationale og internationale projekter.

Energinet Elsystemansvars kerneopgaver er at indpasse vedvarende energi, sikre lige adgang til nettene, udvikle elmarkedsdesign, overvåge og balancere eltransmissionsnettet og at varetage elforsynings sikkerheden i Danmark. Ansvar for disse opgaver gælder både i nuet og i fremtiden, hvor meget mere vedvarende energi skal ind i ikke alene elsektoren, men i et samlet energisystem, der står over for store forandringer, og hvor der er behov for en høj grad af sammentænkning.

Energinet Elsystemansvar beskæftiger i dag ca. 200 medarbejdere, der har engageret sig i den grønne omstilling af det danske energisystem. Energinet Elsystemansvars vision om at finde veje til sikker og bæredygtig energi, der også er en god forretning for det danske samfund, og som samtidigt kan inspirere omverdenen, er den daglige motivationsfaktor for medarbejderne i Energinet Elsystemansvar.

Dansk Energi er en erhvervs- og interesseorganisation for energiselskaber i Danmark. Sammen leverer vores medlemmer stadigt grønnere strøm til danskerne, samtidig med, at de sikrer strøm i stikkontakten 99,99 pct. af tiden til konkurrencedygtige priser.

Dansk Energi understøtter medlemmernes udvikling og placering i de markeder, hvor energi spiller en væsentlig rolle. Det gør vi ved at arbejde med de politiske rammevilkår, løse fællesopgaver og være samlingspunkt for branchen. Dansk Energi ledes og finansieres af medlemsvirksomhederne.

