

Dit branchemagasin fra TechMedia

MAGASIN FOR KLIMA- & ENERGITEKNIK, MILJØ, BYGNINGSINSTALLATIONER & - NETVÆRK

HVAC

11

November 2016
Årgang 52

Magasinet

Ajour

Klar til årets store
erhvervskonference

Danvak

Succes for ny
konference i Aarhus

Varme • Køling • Klimaskærm

***Udvide, opgradere,
energioptimere
-og samtidig spare miljøet?***

Ja tak, vi tager det hele!

Læs mere side 53

Din totaltekniske entreprenør og servicepartner

GK DANMARK A/S | Tlf: +45 6614 2412 | www.gk.dk



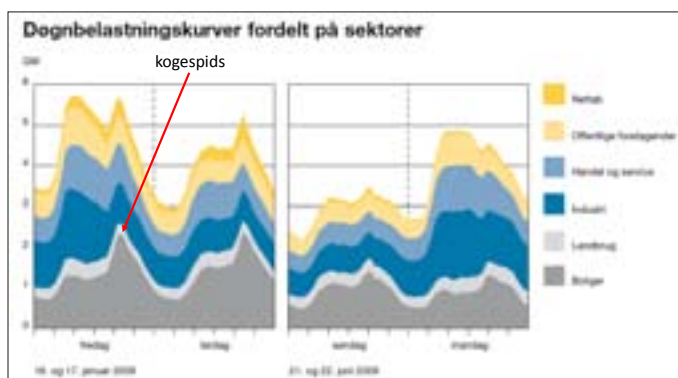
iPower – mere vedvarende energi via intelligent styring

Hvad er fleksibilitet hos slutbrugeren? Det kan f.eks. være, at el-forbruget i en bolig kan udskydes i perioder med for lidt vindmøllestrøm eller i perioder med et for højt forbrug i nettet. Problemet er dog, at der i dag ikke rigtigt eksisterer et marked, hvor aggregatorerne kan sælge energifleksibiliteten. En prototype af et sådant marked er blevet udviklet i iPower

Af Søren Østergaard Jensen, leder af WP1, iPower og Christian Holm Christiansen, Teknologisk Institut, Henrik W. Bindner, leder af iPower, DTU CEE og Henrik Madsen, DTU Compute, Dorthe Gårdbo-Pedersen, Develco Products og Mads Lindborg, Greenwave Systems

For at nå de danske energipolitiske mål om et energisystem uden fossile brændsler i 2050, er det som bekendt nødvendigt med en massiv udbygning med ikke blot vindkraft, men også solenergi og andre vedvarende energikilder. Denne omstilling er da også godt i gang, men problemet er, at el-produktionen fra vindmøller og solcelleanlæg er meget fluktuerende. Det er en stor udfordring for driften af el-systemet, da det er nødvendigt, at produktion og forbrug hele tiden er i balance for at sikre, at el-forsyningen er stabil. Det er de store termiske kraft-

værker, der hidtil har reguleret deres produktion for både at kunne opsuge variationer i forbruget og for at kunne træde til, hvis der opstår store fejl i systemet, som ellers vil føre til udkobling af dele af nettet. De termiske kraftværker er imidlertid ved at blive udfaset, fordi den energi de hidtil har leveret, nu bliver leveret af vindmøller. Det betyder, at det danske el-net kan blive meget ustabil, da den reguleringsevne, som kraftværkerne har leveret, forsvinder. Hvor el i dag produceres efter behov, vil det i fremtiden blive nødvendigt, at forbruge el i forhold til hvor meget el, der produceres. Dette er en meget radikal ændring af det danske el-system, som kræver stor fleksibilitet i alle forbrugsled for at kunne lykkes. Denne fleksibilitet kan opnås via samarbejde med vore nabolande, "brændstoffabrikker" (der anvender el til at producere brint og/eller berige biogas), eller store varmepumper i fjernvarme-



Figur 1. El-forbrugsprofiler. Kilde: Dansk Energi.

nettene, men da der forudses mange individuelle varmepumper og solcelleanlæg samt el-biler, kan det også blive nødvendigt med fleksibilitet i lavspændings-distributionsnettene ude ved de enkelte forbrugere.

Udvikle løsninger

Det sidste var baggrunden for bevillingen af det nationale SPIR-projekt iPower med start i foråret 2011 finansieret af Det

Strategiske Forskningsråd (DSF) og Rådet for Teknologi og Innovation (RTI) (i dag samlet i InnovationsFonden). iPower har løbet i fem år og er nu nået afslutningen. Formålet med projektet var, at danske videninstitutioner og dansk industri sammen skulle udvikle løsninger til at aktivere den energifleksibilitet, der er hos slutbrugerne ude i de distribuerede net. Da iPower blev startet, så vi nemlig ind i en bræn-



Miljørigtig korrosionsbeskyttelse

EnwaMatic®

Energisparende vandbehandling i lukkede kredsløb til varme- og kølesystemer

- ✓ Fuld korrosionsbeskyttelse
 - ✓ Fjerner slam, jern og kobber
 - ✓ Fjerner bakterier og hindrer bakterievækst
 - ✓ Fjerner luft (mikrobobler)
 - ✓ Regulere pH, alkalitet og hårdhed
- ... uden brug af miljøbelastende kemi.

Kontakt os - vi kan sikre dig rent vand, og det betaler sig!

Effektiv legionellabekæmpelse

BIN-X System®

Ultrafiltrering af koldt og varmt brugsvand

- ✓ Fjerner alle bakterier og partikler ned til 0,03 µm (legionella, campylobacter, e-coli, uopløst kalk m.m.)
- ✓ Forhindrer dannelse af biofilm
- ✓ Mekanisk filtrering uden kemi
- ✓ Automatisk rensfunktion
- ✓ VA-godkendt

BIN-X - DGT ApS
Møllevej 9, K.1
2990 Nivå

Tele: 4576 7628
Mail: email@bin-x.com
Web: www.bin-x.com

BIN-X
WATER TREATMENT



► iPower – mere...

Fortsat

dende platform: massiv installation af individuelle solcelleanlæg og varmepumper samt stor udskiftning af benzin- og diseldrevne personbiler til el-biler. For at de distribuerede net skulle kunne klare denne kæmpe belastning, var der enten brug for en massiv forstærkning af el-nettet, eller en intelligent styring af el-nettet, så overbelastning ville blive undgået og kun mindre forstærkning ville være nødvendig. Den intelligente styring af el-nettet kaldes i daglig tale Smart Grid. En udredning fra 2010 (Smart Grid Danmark, 2010) havde fastslået, at Smart Grid ville være en bedre og mere økonomisk løsning end "business as usual" med meget mere kobber i el-nettet.

Rettidig omhu

Den brændende platform blev som bekendt meget hurtigt til små gløder. Der er ikke blevet installeret så mange solcelleanlæg og varmepumper som forventet, og salget af el-biler er mildest talt ikke stort. Så fra at være et panik-projekt blev iPower i stedet rettidig omhu. For skal vi nå de energipolitiske mål for 2050, er der behov for en omlægning af det danske energisystem til øget forbrug af el til bl.a. opvarmning og transport. Der er pt. ikke behov for at udnytte energifleksibilitet i danske bygninger, men på sigt forventes det, at det bliver nødvendigt at udnytte en del af den energifleksibilitet, der findes hos slutbrugeren. I andre lande er der en stigende efterspørgsel efter fleksibilitet i de distribuerede net. I Europa drejer det sig bl.a. om Norge, Tyskland og Schweiz, men også Sydafrika og Asien efterspørger løsninger,

Fleksibelt forbrug

Hvad er fleksibilitet hos slutbrugeren? Det kan f.eks. være, at el-forbruget i en bolig kan

udskydes i perioder med for lidt vindmøllestrøm eller i perioder med et for højt forbrug i nettet. Der er mange forskellige el-forbrug i en bolig, som dels relaterer sig til boligens/husets drift og dels til husholdningen. Bygningsrelateret el-forbrug er primært til HVAC, mens husholdningens el-forbrug er meget forskelligt: køkkenudstyr, vask, belysning, underholdning m.m. Nogle af disse forbrug kan flyttes i tid. Det er f.eks. ofte underordnet, hvornår opvaskemaskinen kører, mens andre forbrug helt sikker ikke kan flyttes. De færreste er nok interesseret i, at fjernsynet slukker midt i en god film eller fodboldkamp, og vi vil gerne have mad, når vi er sultne. I iPower er fleksibilitet fra andre slutbrugere også blevet undersøgt. Det drejer sig om kommercielle slutbrugere, hvor energifleksibiliteten for supermarkeders køle- og frysemontre samt airconditionanlæg i kontorer er blevet undersøgt. Dette vil dog ikke blive behandlet i denne artikel, som primært omhandler arbejdet udført i iPowers arbejdsgruppe 1 (WP1), som drejede sig om energifleksibilitet (eller demand response) i forbindelse med beboelse. Se resultaterne fra iPower WP2 for de kommercielle produkter på www.ipower-net.dk.

Energifleksibilitet

Energifleksibilitet i et hus med en varmepumpe kan opnås ved, at der lagres varme i f.eks. bygningens konstruktioner (f.eks. i murstens- og betonvægge). Varmepumpen kan, når der er mangel på el, slukkes. Temperaturen i huset vil herefter falde langsomt, indtil en nedre komforttemperatur (1-2°C under husets normale rumtemperatur) er nået. Hvor lang tid, der kan slukkes for varmepumpen, afhænger af husets varmetab og termiske masse samt vejrforhold. Hvis rumtemperaturen i huset før slukningen af varmepumpen bliver hævet til en øvre komforttemperatur (1-2°C over

husets normale rumtemperatur), kan varmepumpen slukkes i endnu længere tid. Dette kræver dog, at det ikke kun er varmepumpen, der kan tændes/slukkes. Det er også nødvendigt at kunne hæve sætpunktet for termostaterne i varmesystemet, da varmepumpen ellers ikke kan komme af med varmen.

Kogespid

Når vi snakker om energiforbrug i bygninger, taler vi typisk om kWh, mens det er effekten (kW), der påvirker el-nettet mest. Et lavenergihus med varmepumpe har et lille årligt el-forbrug, men har typisk samme effektkrav som ældre huse, idet det oftest er komfuret, der har de højeste effektspidser. Derfor taler vi da også om, at vi har en kogespid i den daglige el-profil for Danmark – se figur 1, side 34. Den største effektbelastning er mellem klokken 16 og 18, hvor familierne kommer hjem og går i gang med madlavningen, samt tænder lys og underholdning, og måske sætter en vask over. Der er nok ikke det store at gøre ved, at danske familier laver mad på dette tidspunkt, men andet el-forbrug kan måske udsættes i denne periode. Her tænkes primært på de to andre store el-/effektforbrug: varmepumpen og el-bilen. I iPower er der primært fokuseret på, hvordan individuelle varmepumper kan styres for at opnå energifleksibilitet uden at gå på kompromis med den termiske komfort i bygningen. I den forbindelse undersøgte en arbejdsgruppe (WP6) i iPower, hvordan mennesker vil reagere på at få fjernstyret sit opvarmningsforbrug. For vil forbrugerne ikke gå med til, at noget af deres el-forbrug kan styres i forhold til behovet i det omgivende net, så vil det ikke være muligt at høste energifleksibilitet fra private husestande.

Test af metoder

Forskellige metoder til styring

af varmepumper blev testet i iPower: via boligens el-måler, et såkaldt Smart Meter (Jensen et al, 2016), et home automation system (Dufour, 2013) samt avanceret prisbaseret styring, der inkluderer forudsigelse af forbrug, vejr og el-priser (Halygaard et al, 2012, Parvizi et al, 2016 og Parvizi, 2016). Desuden blev styring af forskellige husholdningsapparater, batterier, solcelleanlæg og el-biler undersøgt i (Constanzo, 2015). Der er opnået meget nyttig viden fra disse undersøgelser. Her vil blot nogle blive givet i stikordsform. For en dybere beskrivelse henvises til de fem referencer listet i teksten ovenfor.

- for at opnå den fulde energifleksibilitet er det ikke nok kun at kunne styre varmepumpen. Man skal også have fat i varmesystemets termostater, så huset kan varmes yderligere op før en periode, hvor der er behov for at slukke varmepumpen.
- der er brug for lokal intelligens i huset, som kan sikre, at varmesystemet kører fornuftigt i situationer, hvor kontakten til internettet mistes. Develco Products har på denne baggrund udviklet en ny intelligent gateway med bl.a. multiple wireless communication. Lokal intelligens er desuden nødvendig for at kunne styre varmesystemets termostater.
- detaljeret forudsigelse af opvarmningsbehovet er mest nyttigt i ældre huse med stort opvarmningsbehov. I lavenergi-huse er det nok at kende det samlede daglige behov, fordi store tidskonstanter betyder, at det ikke betyder så meget, hvornår opvarmningsystemet kører i løbet af dagen.
- lavenergibygninger er mere energifleksible end ældre huse, men til gengæld er deres absolutte energi-/effektbehov lille.
- for varmepumper bør det overvejes, om de skal dimensioneres med overkapacitet i de kolde vintermåneder, da der ellers kun vil være ringe eller ingen energifleksibilitet om vinteren.

► iPower – mere...

Fortsat

• der er blevet udviklet en metode til at beregne varmeproduktionen fra en varmepumpe ud fra målt el-forbrug til varmepumpen samt temperaturen af brinen på den kolde side og fremløbstemperaturen til varmesystemet.

Koordinering

Det er nødvendigt, at fleksibiliteten hos slutbrugerne bliver koordineret på en sådan måde, at den samlede fleksibilitet bliver til gavn for el-systemet. Denne koordinering sker allerede i dag via handel på forskellige el-markeder. På disse markeder bliver el handlet, så systemet er i balance, og der er reserver (regulerkraft), så systemet kan håndtere, hvis kraftværker eller forbindelser udkobles pga. fejl. For at kunne deltage i de eksisterende markeder skal man dog kunne tilbyde store mængder af regulerkraft/fleksibilitet – i dag 10 MW (Energinet.dk, 2014). Selv i ældre huse med stort varmebehov er det en beskedent energifleksibilitet, husene kan tilbyde set i forhold til det samlede forventede behov for energifleksibilitet i el-systemet. Den enkelte husejer kan derfor ikke alene deltage i et marked for energifleksibilitet. Der er brug for en ny aktør på el-markedet: en aggregator. En aggregator vil have kontrakter med mange husejere (og/eller andre forbrugere med energifleksibilitet) for på den måde at kunne tilbyde markedet store klumper af energifleksibilitet. I iPower er det med held afprøvet at lade en aggregator styre 54 private varmepumper (Biegel et al, 2014).

Salg af energifleksibilitet

Problemet er dog, at der i dag ikke rigtig eksisterer et marked for energifleksibilitet, der kan hindre driftsproblemer i distributionsnettene – et marked, hvor aggregatorerne kan sælge

energifleksibiliteten. En prototype af et sådant marked er blevet udviklet i iPower: FLECH - Flexibility Clearing House (Harbo, 2013). FLECH gør det muligt for distributionselskaberne, der har ansvaret for driften af distributionsnettene at annoncere ønsker om fleksibilitet og få det leveret af en aggregator. I iPower blev det demonstreret, hvordan to aggregatorer kunne konkurrere via FLECH om at levere fleksibilitet, og hvordan forbruget efterfølgende blev reduceret med den aftalte mængde i den aftalte periode.

Men hvad får husejeren ud af at stille sin energifleksibilitet til rådighed - ud over en god samvittighed ved at hjælpe til med at sikre et stabilt el-net baseret på vedvarende energi? Undersøgelserne i iPower WP6 viste, at det at være "grøn" kan være en motivation for mange, mens andre mere vil se på, om der er penge i det (Cowi, 2013). En undersøgelse af business casen i at styre 300.000 individuelle varmepumper viste et positivt, men lille afkast for den enkelte husejer (Stryg, 2014). Nok for lille til, at mange vil føle sig fristet til at lade en aggregator styre varmepumpen. Business casen kan dog forbedres betydeligt, hvis den nødvendige intelligens i husene ikke blot anvendes til sikring af energifleksibilitet, men også benyttes til at opnå energibesparelser ved at optimere driften af husets energisystemer. Styringen af fleksibiliteten i huse med varmepumper vil dog ikke blive lettere i fremtiden, hvor flere og flere huse nok ikke kun vil forbruge el, men også producere el ved hjælp af individuelle solcelleanlæg. Huse, der både producer og forbruger el, kaldes Prosumere. Et eksempel på en prosumer er vist i figur 2. Med de nuværende afregningsregler for el til nettet vil der dog være et økonomisk incitament i at øge eget forbrug af solcellestrøm frem for at sælge fleksibilitet til nettet. Arbejdet i iPower var meget



Figur 2. Eksempel på en prosumer: EnergyFlexHouse på Teknologisk Institut, www.energyflexhouse.dk. Takket være et stort solcelleanlæg på henholdsvis 40 og 60 m² producerer husene på årsplan lige så meget elektricitet, som de bruger inkl. el til husholdningen og en el-bil. Foto: Søren Østergaard Jensen.

koncentreret om at demonstrere, hvordan det er muligt at styre varmepumper for at opnå energifleksibilitet mere end at fastlægge, hvor meget fleksibilitet der rent faktisk er tilstede i danske bygninger. Bl.a. på den baggrund blev der igangsat et internationalt forskningsprojekt med det formål at undersøge, hvor meget energifleksibilitet, der kan opnås i bygninger: IEA EBC Annex 67 Energy Flexible Buildings, www.annex67.org. Forskningsprojektet har dansk ledelse (Teknologisk Institut), og fire danske universiteter samt et privat dansk firma deltager i projektet. Projektet løber fra juni 2015 til juni 2019.

Referencer:

Rapporter, artikler og conferencepapers publiceret af iPower vil snart kunne findes via www.ipower-net.dk. Biegel, B., Andersen, P., Stoustrup, J., Madsen, M.B., Hansen, L.H. and Rasmussen, L.H., 2014. Aggregation and Control of Flexible Consumers – A Real Life Demonstration. 19th IFAC World Congress, IFAC Proceedings Volume 47, Issue 3, 2014, Pages 9950-9955. www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474667016431915. Costanzo, G.T., 2015. Demand Side Management in the Smart Grid - A Direct Load Control approach. iPower rapport og PhD Thesis. DTU CEE. Cowi, 2013. Consumer Preferences for Temperature Variations. iPower rapport. Cowi. Dufour, O.C.M., 2013. Define Interface between VPP and Powerplant

(case study). iPower rapport. Greenwave Systems. Energinet.dk, 2013. Introduktion til systemydelser. https://www.energinet.dk/SiteCollectionDocuments/Danske%20dokumenter/El/43532-13_v1_Introduktion%20til%20systemydelser.PDF Halvgaard, R., Poulsen, N.K., Madsen, H. and Jørgensen, J.B., 2012: Economic Model Predictive Control for Building Climate Control in a Smart Grid, in Proceedings of 2012 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies (ISGT). <http://www.rasmus.halggaard.dk/papers/DTUMPC-2012-ISGT-Halggaard.pdf> Harbo, S. Lars Henrik Hansen and Kai Heussen, 2013. FLECH - Market Specification Analysis. iPower rapport. Dansk Energi, DONG Energy og DTU CEE. <http://www.danske-energi.dk/AndreSider/Forskning/iPower.aspx>. Jensen, S.Ø., et al. Smart Meter Case Study. iPower rapport. Teknologisk Institut. Parvizi, J., 2016. Modeling and Control for Price Responsive Electricity Loads. iPower rapport og PhD Thesis. DTU Compute. Parvizi, J., Sørensen, E.B., Clausen, M., Børsting, H., Jørgensen, J.B., and Madsen, H., 2016: Price responsive predictive control for residential heat pumps. Indsendt til Energy & Buildings. Smart Grid Danmark, 2010. Energinet.dk og Dansk Energi. <https://www.energinet.dk/SiteCollectionDocuments/Danske%20dokumenter/El/Det%20intelligente%20elsystem%20-%20SmartGrid%20i%20Danmark%20rapport.pdf>. Stryg, M., 2014. Business Case for Flexible Residential Heat Pumps. iPower rapport. Dansk Energi. <http://www.danskeenergi.dk/AndreSider/Forskning/iPower.aspx>.