

1.1 Project details

Project title	Håndtering af demand-response kapacitet fra erhvervsbygninger
Project identification (program abbrev. and file)	64014-05212
Name of the programme which has funded the project	EUDP
Project managing company/institution (name and address)	Insero A/S Vitus Bering Innovation Park Chr. M. Østergaards Vej 4A DK-8700 Horsens Danmark
Project partners	Insero A/S, Green Tech Center, University of Southern Denmark, Insero Business Service and TREFOR EI-net
CVR (central business register)	32654533
Date for submission	

1.2 Short description of project objective and results

Gennem direkte kontrol demonstreres kontorbygningers evne til igennem en aggregator at levere demand-response ydelser til eksisterende fleksibilitetsmarkeder og DSOere. Demonstrationen inkluderer både tekniske tests af kontorbygningers demand-response evne og et brugerstudie af påvirkningen af medarbejderne under demand-response-leverancer (Bilag 2).

Demonstrationen viste, at det var teknisk muligt at flytte det forbrug, som var planlagt med minimal påvirkning af komfort. Brugerstudiet konkluderede en lav grad af påvirkning af komfort, der dog var højere, hvis folk vidste, at vi flyttede forbruget.

Through direct control, the project demonstrates the ability of commercial office buildings to provide demand-response services to existing flexibility markets and DSOs through an Aggregator. This includes both technical tests of the buildings' demand-response capacity and a study of tenants' experience of building comfort during demand-response events (Bilag 2).

The demonstration showed that it was technically possible to move the consumption that was planned with minimal impact on comfort. The user study concluded a low degree of impact on comfort, however, it was higher if people knew that we moved the consumption.

1.3 Executive summary

Med energiaftalen af 22 marts, 2012, blev der vist en historisk bred politisk vilje til en ambitiøs grøn omstilling, der fokuserer på at fremme vedvarende energi i alle dele af samfundet. Aftalen kræver en betydelig udbygning af vedvarende energi.

Omstillingen indebærer imidlertid, at energiproduktionen fra vindmøller og solceller, bliver spredt i hele elnettet, hvilket skaber nye udfordringer for distributions-systemoperatørerne (DSO) med at sikre den nødvendige netkapacitet og overholde spændingsgrænserne på +/- 10%. Omstillingen i elproduktion medfører, at nye aktører skal sikre leverance af systemydelse, ydelse i intraday markedet og balanceringsydelse. Energiaftalen fremhæver smart grid teknologi som løsningen til at imødegå disse udfordringer. Udbredt anvendelse af smart grid teknologi forventes at give DSO mulighed for automatisk at justere elforbruget hos deres slutkunder i forhold til belastningssituation i nettet og dermed sikre, at den nødvendige netkapacitet opretholdes, og at spændingsgrænserne overholdes.

1.4 Project objectives

Projektets formål er at demonstrere, hvordan smart grid teknologi kan gøre det muligt for ejeren af en kommerciel kontorbygning gennem en aggregator at levere fleksibilitetsydelser til eksisterende fleksibilitetsmarkeder og til en DSO som specifikke demand-response tjenesteydelser defineret i iPower-projektet.

De anvendte demand-response tjenesteydelser implementeres ved at anvende OpenADR standarden fra Lawrence Berkeley National Laboratories (LBNL) og demonstreres ved hjælp af en nyligt opført kontorbygning på 4000 m² hos Green Tech Center i Vejle (herefter GTC) og den 15 år gamle Mærsk Mc-Kinney Møller bygning (herefter MMI) på 3000 m² ved Syddansk Universitet.

Demonstrationen omfatter både tekniske undersøgelser af bygningens demand-response kapacitet med hensyn til ventilation og køling samt en partcipatorisk brugerundersøgelse, der skal klarlægge, hvordan beboerne oplever effekten af demand-response events på bygningskomforten. Formålet med brugerundersøgelsen er at få indsigt i, hvordan både brugervenligheden og accepten af de demonstrerede demand-response services kan øges.

Resultaterne fra de tekniske undersøgelser og partcipatoriske brugerundersøgelser indgår sammen med netdata fra den danske DSO TREFOR til at vurdere, hvilken værdi de demonstrerede demand-response tjenesteydelser har for DSO'en.

1.5 Project results and dissemination of results

Projektet har haft fokus på en fleksibel og automatiseret proces i forhold til at kunne levere de tjenesteydelser, som DSO efterspørger, og det har derfor været nødvendigt at udvikle et IT-system, som kunne understøtte dette. Systemet er inddelt i følgende komponenter:

- **Aggregator** stubben er et system til at kunne sende forskellige demand-response tjenesteydelser (Power Cut Planned og Power Cut Urgent Events) til aggregatoren via OpenADR protokollen. Denne stub agerer DSO, og i projektet er både Power Cut Urgent og Power Cut Planned Events sendt. I henhold til

OpenADR protokollen sendes feedback tilbage til stubben omkring, hvordan demand-response (herefter DR) eventet er modtaget af aggregatoren – afvist eller godkendt. Stubben modtager fleksibilitetsrapporter en gang i timen for hver af de to bygninger, som viser hvor meget potentiel fleksibilitet der er at hente. Rapporten hjælper DSOen eller aggregatoren med at kunne vælge tidspunkter, hvor fleksibiliteten er på det niveau, der er krævet.

- **Mediator** komponenten er en del af aggregatoren. Den har til formål at være kommunikationen mellem de forskellige komponenter i det overordnet system. Et typisk scenarie for Mediator-komponenten er, at den modtager et DR event fra Aggregator stubben, og sender dette over til en DR event planner¹, som derefter udregner, om dette DR event kan lade sig gøre ud fra en række faktorer. DR event planner sender en tidsplan (i forhold til DR eventets varighed) tilbage for, hvornår og hvad der skal sendes til Building Management System (BMS). Tidsplanen overdrages til Scheduler komponenten, som sørger for eksekveringen.
- **Scheduler** komponenten sørger for at eksekvere et givent sætpunkt baseret på resultatet fra DR event planner på det rigtige tidspunkt – og det betyder også, at denne komponent har forbindelse til bygningernes BMS. BMS er forskelligt på GTC og i MMMI bygningen – og derfor har det også været nødvendigt at implementere to forskellige interfaces op imod bygningerne.
- **Datacenter** komponenten henter forskellige former for bygningsdata, som DR event planner kræver for at kunne udregne forskellige eksekveringsstrategier. Beregningerne er baseret på modeller, som forudsiger påvirkninger af komfort med udgangspunkt i de nuværende forhold i bygningen målt af sensorer.

Der er kørt en række demonstrationer i forhold til at opnå en robust kommunikation mellem de forskellige applikationer – her tænkes primært på Mediator og DR event planner. Protokollerne er udarbejdet mellem Insero og SDU for derved at få skabt en fælles forståelse for projektets håndtering af demand-response ydelser. Demonstrationerne har også været med til at fremhæve forskellige ukendte fejlscenarier i systemerne, som derved i et tidligt stadie kunne udbedres - blandt andet genereringen af tidsplan, hvor svartiden fra DR event planner oversteg det forventede.

I projektet er det udelukkende ventilationen på GTC og lyset på fire kontorer i MMMI, der har været fokus på i forhold til styring. Dette skyldes, at der har været nogle begrænsninger i adgangen til BMS/CTS styringen samt mulighed for at få adgang til informationer om tekniske installationer krævet af modellerne. Dette har gjort, at det kun er begrænset fleksibilitet, der er opnået og leveret. Det overordnede komfortniveau (luftkvalitet, indeklima) på GTC har ikke været en større udfordring i testperioderne.

¹ **DR event planner** komponenten kan udregne gode muligheder for at udføre demand-response events i en bygning med minimal påvirkning af komfort. Komponentens bygger på software frameworket **Controleum**.

Testperioderne har været en time per dag, hvor ventilationen har været slukket. Kun enkelte brugere har været påvirket af dette. Der er ikke foretaget demonstrationer, hvor ventilationen er slukket mere end en time ad gangen. Overordnet har testpersonerne haft et mindre fald i tilfredsheden med ventilationen i de perioder, hvor testen kørte, sammenlignet med de perioder, hvor der ikke kørte nogen test. Dog har medarbejderne generelt et højt energiniveau, uafhængigt af om der er leveret fleksibilitet eller ej. De detaljerede resultater fra selve brugerundersøgelsen kan ses i Bilag 2. Baseret på resultaterne fra demonstrationen er der lavet en simulering af mulighederne på en radial i TREFORs distributionsnet. Derudover er der lavet en udregning på den kommercielle værdi af fleksibiliteten. I begge tilfælde har den samlede effekt været i den lave ende af, hvad der pt. muliggør en rentabel forretning.

Dissemination of results

Projektets status og resultater er blevet formidlet gennem en række medier i løbet af projektets levetid

- 3 videoer
- 1 pressemeddelelse
- 12 nyheder på (partneres) hjemmeside
- 4 konferencedeltagelser

(Se bilag 1 for hele listen)

Desuden er projektet blevet rapporteret videnskabeligt i følgende to artikler, som dækker det designede system og resultater fra GTC afprøvningen.

Demand Response with Model Predictive Comfort Compliance in an Office Building
Nellemann, P., Kjærgaard, M. B., Holmegaard, E., Arendt, K., Johansen, A., Sangogboye, F. C. & Jørgensen, B. N. 2017 Proceedings of the 2017 IEEE International Conference on Smart Grid Communications. IEEE

Demand Response in Commercial Buildings with an Assessable Impact on Occupant Comfort
Kjærgaard, M. B., Arendt, K., Clausen, A., Johansen, A., Jradi, M., Jørgensen, B. N., Nellemann, P., Sangogboye, F. C., Veje, C. & Wollsen, M. G. 2016 Proceedings of the 7th IEEE International Conference on Smart Grid Communications. IEEE.

1.6 Utilization of project results

SDU arbejder videre med modeller og brug af data til planlægning af fleksibilitet i nye forskningsprojekter. Dette sker i tæt samarbejde med mulighederne for en energieffektiv drift af bygningen. Herunder komfort for brugerne, brug af sensordata og tilgang til styring i bygninger.

1.7 Project conclusion and perspective

Overordnet har projektet kørt tilfredsstillende, og alt, som var planlagt, er blevet gennemført. Inero har lidt under en del udskiftning i personalet, og dette har påvirket arbejdsgruppen, specielt i forhold til projektledelsen. I forhold til brugerne af bygningerne har der været meget positive tilbagemeldinger og en stor interesse fra de daglige brugere af test-bygningerne, som blev anvendt i projektet. Projektet har

opnået fine resultater i forhold til de tekniske tests, som blev gennemført, og hvad de kunne give. I forhold til CTS anlæg har projektet brugt meget tid på integration og adgang til styring af de forskellige CTS anlæg. Det har klart været en læring for alle, at det CTS anlæg, som er i bygningen, ikke er så tilgængeligt, som man antager. Nogle af de fremtidige perspektiver, som projektet ser vil bringe projektets løsning mere værdi, er at arbejde med, at bygninger samles i "cluster/grupper" for at have momentum nok til at skabe noget kapacitet. Det er muligvis CTS/BMS leverandører, der bedst kan skabe en forretning på intelligent styring af bygninger. Her blev det bemærket, at dette kræver en standard for udveksling af data, f.eks. OpenADR.

Bilag:

Bilag 1:

Dato	Kommunikationstype	Medie/materiale
23-03-2015	Logo og skabeloner til projektet	Print, grafisk, skabelon
23-03-2015	Kernefortælling til web og distribution - DK og EN	Web, print
23-03-2015	Oprette 'hjemmesider' til projektet på partnerwebs	Web
08-05-2015	Nyhed på hjemmeside - Deltagelse i lejerforeningsmøde	Web
02-06-2015	PR til web og medier - Nyt dansk projekt skal afhjælpe overbelastning af elnettet i fremtiden	Web, online og print
02-09-2015	Statusnyhed i projektet	Web
18-09-2015	Omtale i Dansk Energis Nyhedsbrev	Online
23-09-2015	Nyhed på hjemmeside - Brugerinddragelse lever indsigter	Web
04-11-2015	Deltagelse på iPower konference - præsentation af projektet	Live event
13-11-2015	Nyhed på hjemmeside - video om TREFOR og udfordringer i elnettet	Web, sociale medier, YouTube
16-12-2015	Nyhed på hjemmeside - Smart Energi Workshop	Web og sociale medier
24-02-2015	Indvielse af OU44 bygning på SDU - præsentation af projektet	Live event
14-03-2016	Præsentation af projektet på IEA EBC Annex 67-møde i Trondhjem	Live event
07-04-2016	Workshop om Smart Energi i Dansk Energis DEHA søjle - præsentation af projektet	Live event
11-04-2016	Nyhed på hjemmeside - dokumentation af Smart Energi workshop	Web, sociale medier
25-04-2016	Nyhed på hjemmeside - Demand Response projektet passerer første milepæl	Web og sociale medier
29-10-2016	Nyhed på hjemmeside - Strategisk samarbejde mellem USA og DK sætter fokus på fremtidens intelligente energisystemer	Web og sociale medier
02-10-2016	Nyhed på hjemmeside - Demand-response eksperter på besøg i Green Tech Center	Web og sociale medier
14-10-2016	Video på YouTube - The future of Demand Response - Mary Ann Piette	Web og sociale medier
14-10-2016	Video på YouTube - Demand Response in Denmark and the US - Rolf Bienert	Web og sociale medier
27-03-2017	Nyhed på hjemmeside - Demand-Response projekt påbegynder styring og test	Web og sociale medier
07-08-2017	Nyhed på hjemmeside - Brugertest viser tilfredshed med fleksibelt energiforbrug	Web og sociale medier
11-08-2017	Nyhed på hjemmeside - Brugertest viser tilfredshed med	Web og sociale medier

	<i>fleksibelt energiforbrug</i>	
14-08-2017	<i>Nyhed på hjemmeside - Brugertest viser tilfredshed med fleksibelt energiforbrug</i>	Web og sociale medier
15-08-2017	<i>Nyhed på Facebook - - Brugertest viser tilfredshed med fleksibelt energiforbrug</i>	Sociale medier
13-10-2017	<i>Nyhed på hjemmeside - VI HAR TESTET DEMAND-RESPONSE I ERHVERVSBYGNINGER</i>	Web

Bilag 2:

DMR resultatnotat brugeroplevelser.pdf (separat dokument)