Synliggørelse af elforbrug via online trådløs kommunikation med en bygnings elmåler

November 2009

Michael Dam, Energi Horsens Erhverv A/S (nu NRGi Rådgivning)
Martin Dam Wied, NRGi Rådgivning
Allan Hansen, Energi Horsens Erhverv A/S (nu NRGi Rådgivning)

Indholdsfortegnelse

1. Projektbeskrivelse 4
Resumé 4
Forord 6
Formål 6
Projektbeskrivelse 7
Anvendelsesformål 9
Projektgruppe 9
2. Fase 1, idéforløb og forundersøgelser 10
Idéforløb 10
Oprindelige projektidé 10
Projektudviklingsfase 11
Endelige projektidé 12
Forundersøgelser 15
3. Fase 2, udvikling af elmålersystemet 18
Introduktion 18
Virkemåde for udstyr 18
Beskrivelse af digital elmåler 18
Eltavle som bruges til udvikling af systemet (Teknologisk Institut) 19
Elmåler (Teknologisk Institut) 19
Sensor (photodiode) 20
Sensor monteret i eltavle 20
Målerprint 21
Print (Software - Eagle) 21
Diagram (Software – Eagle) 22
Det udviklede el-meter 23
Serverrum på Teknologisk Institut 24
Virkemåde for aflæsning 24
Grafisk fremvisning af energidata på mobiltelefonen 25
Udvikling af brugervejledning 26
Teknologisk Instituts afprøvning af elmålersystemet 28
”Tomgangsjægeren” – kommercialisering af det bærbare elmålersystem 29
Kommercialiseringskonceptet 29

Erfaringer vedrørende udviklingen af elmålersystemet 31
4. Fase 3, Test af det udviklede bærbare elmålersystem i testvirksomheder 32
Beskrivelse af testvirksomheder 32
Kategorier for el-forbrugende udstyr 33
Adfærdspåvirkning 34
Afprøvning af Elmålersystemet 34
Søndermarksskolen, Horsens kommune 34
VIA center Vejlevej 35
JWL Maskin- & Plastfabrik A/S 35
Sparbank Horsens Søndergade 37
VIA- center Strandpromenaden 37
BB Electronics 38
LRØ Horsens 38
NW-gruppen 39
Opsamling på afprøvningen af elmålersystemet i testvirksomhederne 40
5. Formidling af projektet 42
6. Projektets konklusioner 43
Behov for og udvikling af et trådløst elmålersystem 43
Produktmodning af elmålersystemet 43
Afprøvning af elmålersystemet 44
Formidling 45
Fremadrettede anbefalinger 45

1. Projektbeskrivelse

Resumé

PSO-projektet "Synliggørelse af elforbrug via online trådløs kommunikation med en bygnings elmåler" omhandler udvikling og afprøvning af et system til at afmåle den øjeblikkelige el-effektbelastning på plads, et såkaldt elmålersystem. Succeskriterierne for det udviklede system har været, at systemet skal være nemt at installere, betjene og aflæse, således at adfærdsrelateret forbrug i let forståelig form synliggøres i et samarbejde mellem energirådgivere og bygningsansvarlige såvel som almindelige brugere. Et af de vigtige delmål med projektet har været at produktmodne systemet til kommercialiseringsformål.

Projektgruppen har udviklet et system, der kan aflæse el-effektbelastningen direkte fra hoved- eller bi-elmåler. Data bliver transmitteret fra en sensor til et målerprint indbygget i et såkaldt el-meter, der via USB port kommunikerer med en PC. Fra PC'en bliver data overført til en hjemmeside, hvor data registreres og udarbejdes til en grafisk visning, som kan sendes til og aflæses fra en mobiltelefon. Således sikres, at brugeren via mobiltelefonen på ethvert tidspunkt kan få et overblik over den øjeblikkelige el-effektbelastning og påvirkninger heraf. Der er parallelt med udvikling af målerudstyret blevet arbejdet med en eventuel kommercialisering af systemet, herunder en skitse til brugervejledning og kommercialiseringskonceptet "tomgangsjægeren".

Projektgruppens oprindelige antagelser har været, at der kunne tages udgangspunkt i eksisterende teknologi og udstyr i forbindelse med udviklingen af elmåler systemet. Erfaringerne har imidlertid vist, at daværende teknologier og udstyr ikke har kunnet leve op til de tekniske og brugerrelaterede krav, projektet har fordret. Projektgruppen har derfor selv udviklet alt hardware og relateret software til elmålersystemet. Dette har desværre betydet et mindre fokus på brugerrelaterede funktionaliteter, end hvad der oprindeligt har været lagt op til.

Ved afprøvning af systemet har det oprindeligt været planen at afprøve det udviklede elmålersystem i en bred målgruppe, med fokus på bruger-inddragelse og -afprøvning. Grundet de udfordringer der har været vedrørende udviklingen af systemet, har projektgruppen lagt større vægt på at få afprøvet projektet i forhold til teknologiens anvendelsesmuligheder. Systemet er derfor primært blevet afprøvet af projektets tilknyttede energirådgivere.

Resultaterne med afprøvningen har vist, at udstyret har været mest anvendeligt til tomgangsjagt. Erfaringerne er, at udstyret er svært at anvende hvis el-effektbelastningen varierer meget, og det er derfor svært at identificere specifikke adfærdsrelaterede påvirkninger af el-effektbelastningen under eksempelvis arbejdstid. De målgrupper elmåler systemet har været bedst anvendeligt hos har været små og mellemstore virksomheder med enkeltstående storforbrugende udstyr (såsom ventilation og pumpeudstyr) eller produktionsprocesser. I mindre bygninger med store variationer i el-effektbelastningen, har systemet ikke vist nogen anvendelighed.

Den endelige formidling har været meget afhængig af projektets resultater, da den planlagte formidling primært har været rettet mod markedsføring av elmålersystemet. Det vurderes på

baggrund af erfaringerne med dette projekt, at behovet af et lignende system er stort, og de teknologiske muligheder større i forhold at udvikle et brugervenligt system. Det er ydermere et af projektets erfaringer, at inddragelsen af de berørte målgrupper er vigtig i forbindelse med udviklingen af brugerrelateret funktionaliteter.

Forord

Denne rapport opsamler erfaringer og resultater af PSO-projektet "Synliggørelse af elforbrug via online trådløs kommunikation med en bygnings elmåler". Projektrapporten er derfor således opbygget, at denne gør rede for de forskellige projektfaser, der har været i projektet:

Fase 1. Analyse, Videreudvikling og konkretisering af projektidé

Fase 2. Udvikling og for-test

Fase 3. Afprøvning hos testvirksomheder

Fase 4. Formidling af projektet samt evaluering af projektets resultater hos målgrupperne

Projektteamet vil i denne forbindelse takke de testvirksomheder, der har gjort afprøvningen af dette projekt muligt, herunder:

- JWL Maskin- & Plastfabrik A/S
- Sparbank Horsens, Søndergade
- BB Electronics
- NW-gruppen
- Søndermarksskolen, Horsens kommune
- VIA center Vejlevej, Horsens
- VIA- center Strandpromenaden, Horsens
- LRØ Horsens

Formål

Projektet omhandler udvikling og afprøvning af et system, der via trådløs teknologi kan vise den øjeblikkelige effektbelastning af en eksisterende elmåler. En af forudsætningerne for udviklingen af dette system har været udviklingen af et system, der er let anvendeligt for diverse typer af bygninger og brugere, og som hermed er nemt at aflæse og forstå. Det har oprindeligt været tanken, at projektet skulle målrettes til at udvikle et redskab for, at skabe større forståelse hos slutbrugerne for deres egen adfærd i forhold til brug af elforbrugende udstyr. Med udviklingen af dette redskab har målet med projektet hermed været at skabe incitamenter for brugerne til at styre og regulere deres egen adfærd på energiområdet.

Bygningers elforbrug påvirkes af mange forhold, men er hovedsagligt en konsekvens af brugernes adfærd, de installerede energiforbrugende installationer, driftskrav, samt forindstillede driftsparametre. Projektet har haft til formål at understøtte brugernes muligheder for at kunne agere ud fra et aktuelt kendskab til elforbruget.

Som opsummering har projektet haft til formål at:

- Synliggøre det øjeblikkelige elforbrug i en let forståelig form overfor brugere, teknikere og energiansvarlige i større bygninger.

- Give muligheder for øget påvirkning af brugeres adfærd og indflydelse på en bygnings elforbrug.
- Konkret at hjælpe brugere til at kunne agere ud fra et aktuelt kendskab til elforbruget, eksempelvis i "tomgangsjagten" af el-forbrugende udstyr.
- Udvikle et værktøj til brug for energirådgivere, der kan involvere brugerne aktivt.

Systemet er målrettet energikonsulenter og teknisk ansvarlige samt energiansvarlige i større bygninger, som derved får et værktøj til at kunne agere i forhold til en aktuel situation af bygningens energimæssige drift.

Projektbeskrivelse

Dette projekt har taget udgangspunkt i erfaringer fra Elfor projektet " Udvikling og test af informativt og regulerende Energimeter", PSO 335-003. Energimeter-projektet havde til hensigt at udvikle et trådløst målesystem, der kunne aflæse øjebliksforbrugene af alle typer energiforbrug, overføre dette på et display og udvikle software, der kunne kommunikere resultaterne i letforståelig form til brugerne. Da erfaringerne med Energimeter-projektet har, gennem fokusgruppeinterviews, vist et potentielt bredt anvendelsesområde, men samtidig udtrykt behov for videreudvikling af et let anvendeligt system, har tanken været, at der i nuværende projekt skulle fokuseres på anvendelsesmuligheder og muligheder for adfærdspåvirkning gennem lignende udstyr.

I den konkrete rådgivningssammenhæng er basisscenariet ofte, at der er behov for at kunne tjekke elforbruget og påvirkninger heraf på plads, når man bevæger sig rundt i en virksomhed på eksempelvis tomgangsjagt. Dette er ofte vanskeligt, da påvirkningen normalt kun kan aflæses på elmåleren, som er placeret et specifikt sted. Ud fra menuen på elmålerens digitale display kan man vælge at få fremvist den nuværende el-effektbelastning. Man skal derfor typisk være to personer om at aflæse el-effektbelastningen, hvor den ene part står ved elmåleren og den anden slukker eller påvirker udstyr. Dette kræver koordinering, eksempelvis via trådløs kommunikation. Idéen med projektet har således været, at udvikle et system, som i letanvendelig og letforståelig form kan kommunikere den øjeblikkelige el-effektbelastning "på plads".

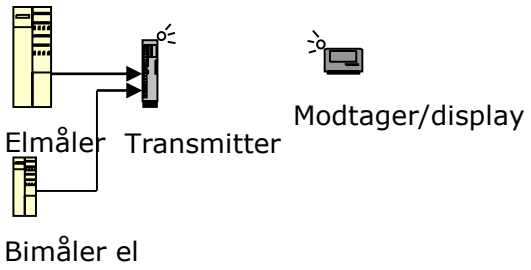
Et af hovedmålene med projektet har været at udvikle systemet til energiansvarlige, bygningsansvarlige og andre tekniske ansvarlige, herunder at kunne udvikle og udbrede systemet kommercielt. En vigtig indsats med projektet på det adfærdsmæssige område har været at forsøge at produktmodne et elmålersystem til identificerede målgrupper. Hermed har projektet haft til hensigt at udbrede konceptet med, at egen adfærdspåvirkning af energiforbruget skal kunne være lettilgængeligt for brugere i forskellige typer bygninger.

Grundidéen har været at udvikle et apparat, der primært kan tilkobles en eksisterende elmåler eller bi-elmåler med eksisterende digital udgang. Fra denne enhed skal der via en intern trådløs teknologi kommunikeres fra sender til en mobil modtager, som hvor som helst i bygningen kan indikere den aktuelle registrerede el-effektbelastning. Hardwaremodtageren skal som udgangspunkt kunne anvendes håndholdt.

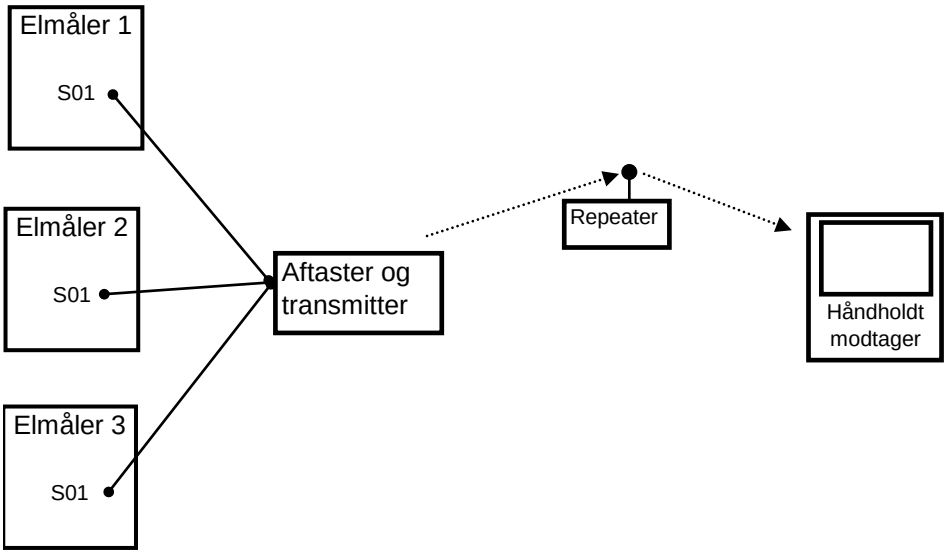
Elmålersystemet tager fortrinsvis udgangspunkt i bygningers eksisterende elmålere til afregning samt bi-målere. Modtagerenhedens visning er udviklet til primært at kunne give brugeren let forståelig information om den aktuelle el-effektbelastning.

Figur 1-2. Idéskitser af princip for trådløst system

1.)



2.)



Det udviklede elmålersystem er blevet afprøvet i en række forskellige bygninger, herunder driftsstabilitet af hardware, test af funktionaliteter samt kommunikation mellem hardware og software. Elmålersystemet er ydermere blevet testet for brugervenlighed, herunder er nogle brugere med tilknytning til driften af testbygninger blevet inddraget i testen.

Erfaringer og resultater heraf har afdækket eventuelle forbedringstiltag, tydeliggjort en mulig påvirkning af elmålersystemet på brugeradfærd, givet et billede af anvendelsesområder for systemet, samt har afdækket et potentielt marked for det udviklede elmålersystem.

Anvendelsesformål

Det er hensigten at den trådløse modtager via et display skal kunne gøre brugeren opmærksom på en elmålers øjeblikkelige belastningsgrad i en bygning. Der er derfor blevet lagt vægt på udviklingen af en visningsform, som gør effektbelastningen letforståelig for såvel teknikere som ikke teknikere. Eksempler på ønskede anvendelsesformål for det udviklede system er:

- Som orienterende visning af den aktuelle el-belastning for bygningens brugere.
- For virksomheder med energiledelse - som et led i den adfærdsmæssige påvirkning af brugerne.
- Som et værktøj til "tomgangsjagt" eller i afklaring af udstyrs elforbrug.
- Kortlægning af konkrete anlægs el-effektoptag i bygninger under periodevis stabilt elforbrug.
- Et værktøj til energikonsulenter i rådgivningssituationen og i dialog med kunden
- Giver bygningens brugere bedre kendskab til el-forbrugende udstyr – hermed en bedre forståelse for brugen af udstyr, samt det dertil relaterede elforbrug

Projektgruppe

Projektgruppen har været bestået af Energi Horsens Erhverv A/S (nu NRGi Rådgivning A/S) som projektleder, og Teknologisk Institut som har stået for at udvikle og levere hardware og software til elmålersystemet, samt testning af systemet før afprøvning i testvirksomheder.

Ingen øvrige oprindelige projektdeltagere er blevet inddraget i projektforløbet.

Som projektdeltagere er der yderliggere en række testvirksomheder, som vil blive beskrevet senere.

2. Fase 1, idéforløb og forundersøgelser

Idéforløb

Idéforløbet giver et overblik over erfaringer igennem projektplanlægningen, der står til grund for den endelige projektudførelse.

Oprindelige projektidé

Under de første projektmøder med projektgruppen er der først og fremmest blevet drøftet, hvilke forskellige teknologiske muligheder der foreligger for at udvikle et trådløst elmålersystem. Den trådløse teknologi udvikler sig konstant og projektgruppen har vendt flere forskellige tekniske løsninger indenfor denne kommunikationsform. Der har været forslag om anvendelse af flere forskellige gængse standarder som eksempelvis z-wave osv.

Endvidere er systemkonfigurationen blevet drøftet:

- En bygnings eksisterende digitale elmåler – hvilke udgange kan benyttes?
- Dataopsamler – eksisterende systemer
- Kommunikationsform, radiokommunikation, protokoller som z-wave, zigbee eller Wavenis (IHC), eller Bluetooth.
- Repeater, idet trådløs radiokommunikation sandsynligvis ikke vil dække større bygninger
- Løsninger vedrørende datamodtager

Endvidere er bygningstyper, målgrupper og adfærd blevet drøftet. Mulighederne for at oprette en fokusgruppe som sparringspartnere til udviklingen af et brugervenligt elmålersystem er blevet undersøgt, og på det gældende tidspunkt ansås der ikke at være nogen platform for at kunne oprette en fokusgruppe. Endvidere blev det fastslået, at projektgruppens erfaringer med energirådgivning burde danne tilstrækkeligt grundlag, for at kunne vurdere brugerbehov og brugervenlighed, og hermed brugerrelaterede valg vedrørende udviklingen af elmålersystemet. Erfaringer med energirådgivning er således blevet drøftet og samlet op på, som grundlag for brugerrelaterede specifikationer til elmålersystemet.

Der er ydermere blevet diskuteret valg af testvirksomheder, der kunne tilfredsstille målgruppe-kravene. De forudsætninger, der blev stillet i forhold til valg af testvirksomheder har oprindeligt været:

- Offentlige og private bygninger, 20-200 MWh, 200-500 MWh hhv. indenfor:
    - Administration
    - Skole
    - Institution
    - Kultur
    - Sundhed
    - Erhverv
- Erhvervsvirksomheder 20-200 MWh og 200-500 MWh
- Butikker 20-200 MWh, 200-500, <500 MWh

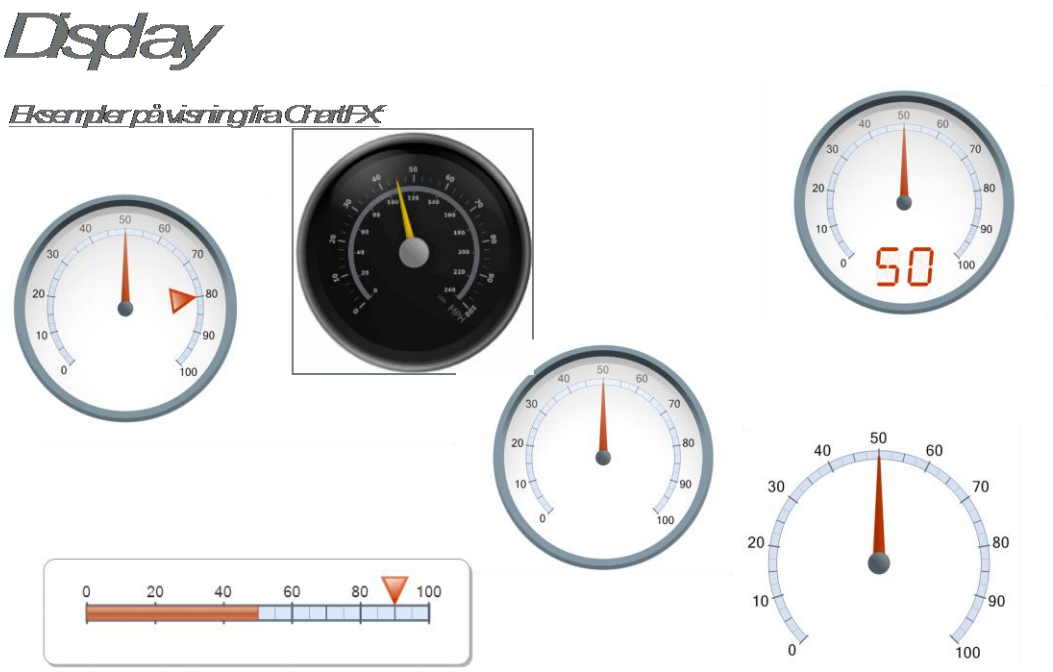
De oprindelige forventninger til antallet af testbygninger har været på ca. 20 testbygninger, alle kunder hos EnergiMidt. Tanken har været, at EnergiMidt skulle udføre testen af det udviklede system hos sine egne kunder.

Projektudviklingsfase

Under udviklingsfasen er der blevet videreudviklet på den oprindelige idé, således at overvejelser omkring teknologier og teknologiske løsninger er blevet yderliggere konkretiseret.

- Der er blevet lagt vægt på så vidt muligt at fokusere på eksisterende hardware, og tilpasse dette til brug i projektet.
- Der er blevet overvejet, hvorvidt den trådløse kommunikation skulle foregå via GPRS eller et lignende alternativ. Overvejelser og opvejninger vedrørende visning (display) har omfattet følgende teknologier: PDA, mobiltelefon, PC og ”Housekeeper”
- Der blev truffet beslutning vedrørende udviklingen af en prototype af projektet på en webside for bedre visualisering
- Der blev endvidere besluttet at undersøge muligheder og begrænsninger for kommunikation med eksisterende elmålere
- Der er blevet diskuteret krav til ”kvaliteten” af data fra elmåleren - opløsningen af pulser samt målerens størrelse i forhold til bygningens effektbelastning. Som option blev det besluttet, at der kunne indstilles på displayets grovhed, og således at sikre en balance mellem usikkerheder og aflæsning, hvis ”kvaliteten” af elmålersystemet ikke kunne forbedres.
- Der blev diskuteret, hvilke krav til fremvisning displayet skal kunne vise. Idéen var at brugerne skulle få bedre forståelse for påvirkning eller ændringer i el-effektbelastningen gennem en simpel grafisk fremvisning, lidt ligesom et ”speedometer” i en bil.

Eksempler på "speedometervisning" af det konkrete el-effektoptag i en bygning



Endelige projektidé

Det endelige udgangspunkt for udførelsen af projektet blev, at man skal kunne aflæse det aktuelle effektforbrug på en elmåler via mobiltelefon. Mobiltelefonen har brugeren altid adgang til, er en teknologi der er let tilgængelig for alle, og som i forvejen teknisk set kan bruges af de fleste. Derfor blev mobiltelefonen vurderet til at være det mest brugervenlige og praktiske visningsudstyr (display teknologi) til aflæsning af el-effektbelastningen.

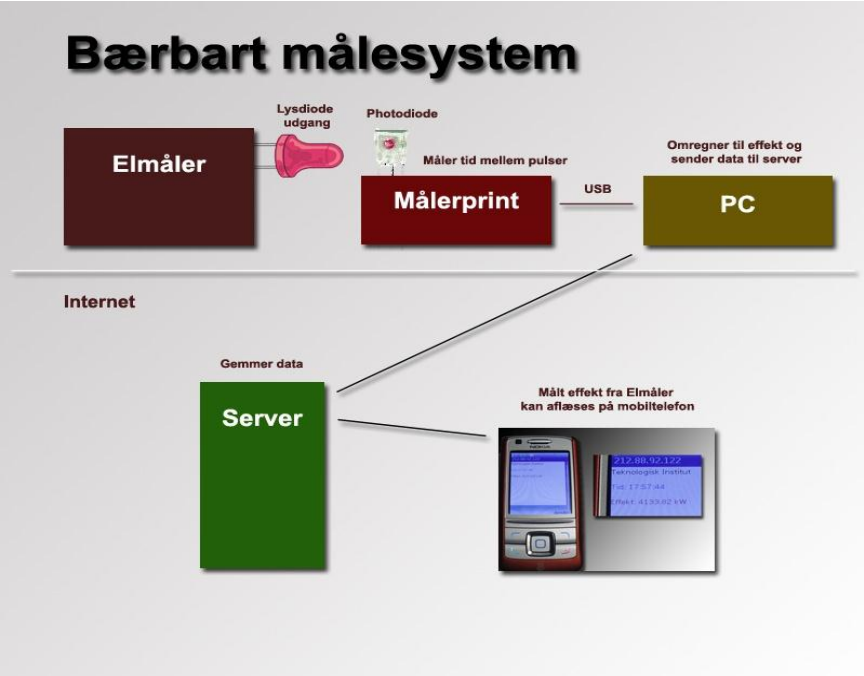
Der blev arbejdet videre med 2 målesystemer, et såkaldt bærbart- og et stationært målesystem. Det bærbare målesystem indebærer at målingen kan foregå uden indgreb i el-tavlen. Det stationære målesystem indebærer at målingen kan foregå uden brug af PC, men at yderliggere udstyr skal fastmonteres i el-tavlen.

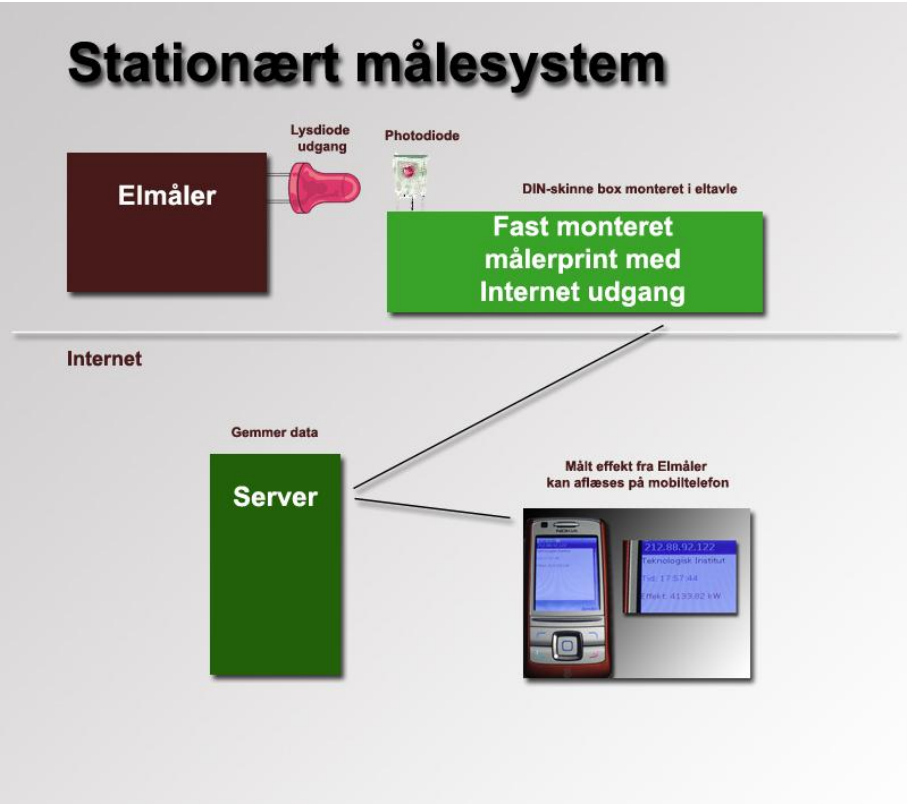
Det bærbare system er nemmere at montere for brugeren, og har yderliggere den fordel at data bliver lagret på en PC, og kan derfor analyseres eksempelvis med henblik på brugerstyret energistyring. Monteringen af det bærbare system skulle kunne udføres af en energirådgiver eller lignende. Det stationære målesystem har den fordel, at det er et mere driftsikkert system, og at dataen bearbejdes hurtigere. Dette system ville dog kræve udviklingen af en prototype hos en el-tavle producent.

Hovedspecifikationerne for udviklingen af et elmålersystem er:

- Simpel betjening
- Aflæsning på mobiltelefonen
- Prisbilligt system
- Anvendelse af standardkomponenter
- Aflæsningen af elmåleren sker via optisk aftastning af elmålerens lysdiode uden direkte indgreb i tavlens el-førende dele

Systemskitser for hhv. et bærbart og et stationært elmålersystem





I den stationære løsning udvides målerprintet med et netkort som giver adgang til Internettet. Målerprintet kan således uden hjælp fra en PC sende data til internetserveren.

Efter yderliggere undersøgelser blev det slået fast at den stationære løsning ville ligge udenfor projektets tidsmæssige, ressourcemæssige og testmæssige rammer at udvikle. Det videre projektforløb med udviklingen af en prototype til el-målersystem har derfor udelukkende taget udgangspunkt i det bærbare elmåler-system, som også er nemmere at montere.

På baggrund af en undersøgelse af daværende eksisterende teknologier på markedet, herunder et system som skal transmittere data fra el-tavle til PC, blev det besluttet at Teknologisk Institut skal udvikle og bygge to eksemplarer af et såkaldt ”el-meter” til brug i projektet. Begrundelsen herfor ligger i, at de ”el-meter” systemer, der var tilgængelige på markedet på dette tidspunkt, ikke indfriede forudsætninger til rækkevidde eller funktionaliteter. ”El-metret” til brug i dette projekt er ydermere blevet søgt udviklet med henblik på fremtidig kommercialisering.

Forundersøgelser

Der er før afprøvningen af det udviklede elmålersystem blevet undersøgt hvilke bygningstyper, indenfor hvilke brancher og hvilket udstyr, systemet teoretisk set vil kunne anvendes til.

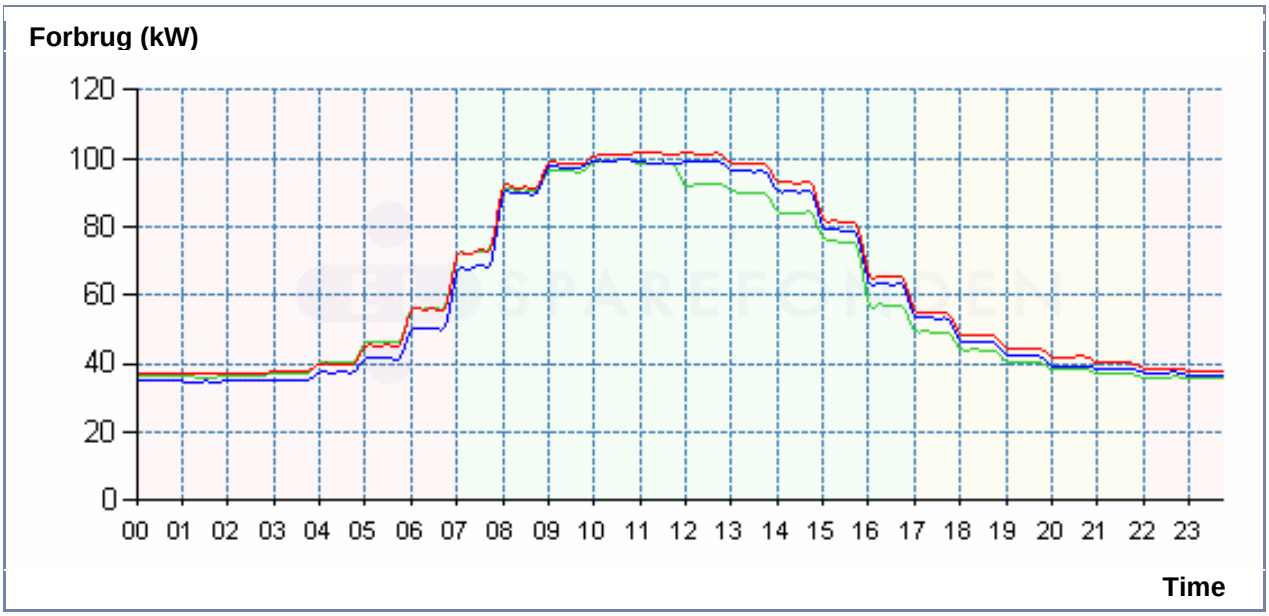
Målgrupperne er således små eller mellemstore virksomheder med et større energiforbrug eller med større energiforbrugende processer. Forudsætningen er, at el-effektbelastningen skal være relativt stabilt under en arbejdsdag, da ændringer i el-effektbelastningen skal kunne registreres og identificeres.

Projektet er således blevet udviklet og afprøvet indenfor målgrupperne:

- offentlige bygninger, herunder kontorbygninger
- handel og service
- erhvervsvirksomheder med mindre komplicerede elforbrugende processer
- erhvervsvirksomheder med større elforbrugende processer med individuelle elmålere

Forundersøgelserne omfattede en undersøgelse af elforbrugende udstyrs drift i, og udenfor bygningens normale brugstid. En almindelig bygning i de udvalgte målgrupper har ofte en driftsform som afspejles i en karakteristisk el-effektbelastning hen over et døgn. I eksempelvis en administrationsbygning er belastningen ofte konstant fra midnat til tidlig morgen og stiger herefter gradvist til en konstant max. belastning i takt med at der foregår aktivitet i bygningen. Når aktiviteten er jævnt belastet, kan der regnes med at det meste udstyr er aktiveret[1].

Typisk kontorbygning



[1] Statistik 2005, Dansk Elforsyning, Dansk Energi

Der vil givetvis være begrænsninger i brugen af det udviklede system i eksempelvis situationer, hvor elmåleren dækker et større forbrug, kombineret med vekslende brug af bygningens elforbrugende udstyr.

Eksempler på udstyr der må forventes at kunne forstyrre muligheden for at få et billede af en stabil effektbelastning er:

- Køle- og frostanlæg (kompressor, blæser på kondensator)
- Køl start/stop
- Termostatstyrede elvarmeflader (vandvarmer, elradiator el-tracing mm.)
- Gasblæsebrænder på olie/naturgasfyr
- Mange mindre enheder, der indkobler forskudt i hinanden - eksempelvis storkøkkenudstyr.

Værktøjet er rettet til at afdække forbrug og belastning indenfor tekniske anvendelsesområder såsom ventilation, kontorudstyr, belysning, køleanlæg, standby-forbrug samt pumpeudstyr.

Eksempler på forundersøgelser vedrørende systemets anvendelighed for forskellige typer af udstyr:

Ad 1. *Undersøgelse af drift af ventilationsanlæg*
I bygninger med større centrale ventilationsanlæg bør værktøjet kunne anvendes til at få et indtryk af et ventilationsanlægs effektbelastning. Anlægget kan som udgangspunkt vurderes inkl. alle dets delkomponenter.

Tidspunktet for en test med aktivering/deaktivering af anlægget findes sandsynligvis bedst udenfor bygningens normale drift – eksempelvis efter fyraften eller tidligt om morgenen. Det skønnes individuelt udfra bygningernes driftsstrategier. I nogle bygninger vil det være muligt at finde stabile perioder midt på dagen.

Ad 2. *Kontorudstyr*
Kontorudstyr udgør et bredt udvalg af udstyrstyper – lige fra mindre kontorapparater til større kopimaskiner, pc-udstyr mm. Udstyret kan optage en meget varierende effektbelastning og i en bygning med meget udstyr vil det være vanskeligt at identificere belastningen. Driftstiden er desuden typisk varierende for kontorudstyr i forhold til aktivitetsniveauet.

Hvis der skal foretages en undersøgelse af kontorudstyrs effektbelastning er det sandsynligvis muligt, hvis udstyret er tilsluttet i afgrænsede afbrydelige grupper – enten udfra udstyrstype eller udstyrets placering og orientering. For at finde udstyrets påvirkning, skal der foretages en opstart af udstyret – eksempelvis udenfor normal arbejdstid.

Viden om personalebelægning i forskellige afsnit, kontorlokaler, afdelinger mm.

Viden om blandt andet kontorudstyrs effektoptag gør det nemmere at overskue om det totale effektoptag er som forventeligt.

Ad 3. *Belysning*

Belysning består af enkeltudstyr med lav effekt. For at kunne måle effektvariationer skal der derfor findes specifikke installationer, hvor større lysgrupper kan afbrydes.

3. Fase 2, udvikling af elmålersystemet

Introduktion

I dette kapitel redegøres for udviklingen af det bærbare elmålersystem, herunder en redegørelse over hardware og software udvikling og opsætning, virkemåder for aflæsning af mobiltelefon, udviklingen af brugervejledninger til opsætning af systemet, samt overvejelser til eventuel kommercialisering af produktet.

Det bærbare elmålersystem fungerer således, at elmåleren eksempelvis blinker med 5000 blink/kWh. Blinket opfanges og registreres af en photodiode på målerprintet. Via et USB kabel til en PC overføres tiden mellem 2 pulser samt antal pulser siden sidste reset. På PC'en kører et program som kommunikerer med målerprintet. Ud fra tiden mellem blinkene udregner PC-programmet en øjeblikseffekt (W) som sendes videre til serveren sammen med antal blink i alt (kWh). Serveren modtager og gemmer værdierne i en database. Nu er data klar til præsentation på Internettet. Hjemmesiden skal holdes meget simpelt, således at det er nemt og hurtigt bearbejdes data i en let-avlæselig form, som skal overføres til display på en mobiltelefon.

Virkemåde for udstyr

Beskrivelse af digital elmåler

Eksisterende elmålere til afregning af elforbrug over 100.000 kWh pr. år er digitale og disse anvendes også mere og mere til mindre forbrug. De digitale elmålere har for en stor dels vedkommende en kommunikations-snitflade, hvor det er muligt at registrere el-optaget serielt eller med pulser.

Undervejs i projektet blev der diskuteret forskellige former for opsamlingsmuligheder og den efterfølgende databehandling og omsætning til effektbelastning. Konklusionen blev, at der skulle arbejdes videre med en løsning som ikke krævede indgreb i selve elmåleren. Dette skulle lette adgangen af systemet, således at der ikke skulle rekvireres el-installatør for montage og opsætning.

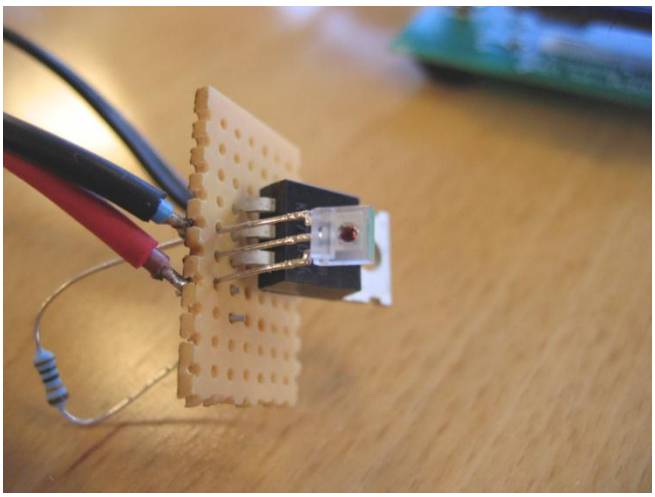
Projektgruppen valgte at se nærmere på en løsning hvor man udnytter en digital elmålers LED-lys i frontpanelet også kaldet impulsdiode. LED-lyset blinker med en takt der er synkront effektbelastningen.

Eltavle som bruges til udvikling af systemet (Teknologisk Institut)

Elmåler (Teknologisk Institut)

Sensor (photodiode)

Sensoren er en TSLR257 fra ELFA. Den opfanger lyset fra den blinkende lysdiode og omsætter det til et spændingssignal. Intet lys = 0V og lys = 5V. Dette signal (TTL) kan forbindes direkte til en Microcontroller.



Sensor monteret i eltavle

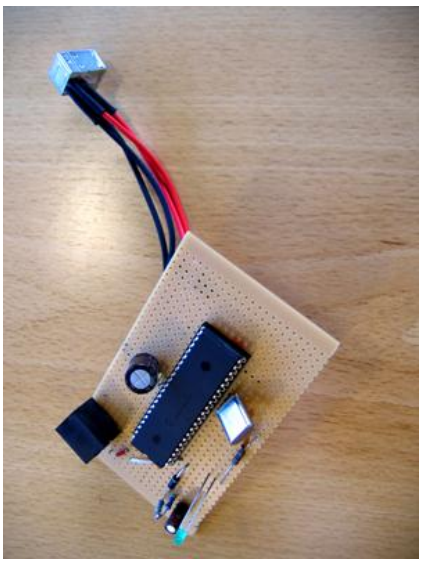
Sensoren er her monteret med tape over lysdioden. Det er vigtigt at begrænse mængden af baggrundslys der kan ramme sensoren. Det vil i værste fald betyde at sensoren ikke kan se den blinkende lysdiode. Målerprintet bliver forsynet med en lysdiode som skal blinke i takt med lysdioden i elmåleren. Når de blinker i takt ved man, at blinkene kan registreres og målingen kan startes.

Målerprint

Printet indeholder en Microcontroller som:

- måler tiden mellem 2 pulser fra sensoren
- tæller, hvor mange pulser sensoren har afgivet siden sidste reset.

Printet har en USB-port til kommunikation med en PC.



Print (Software - Eagle)

Efter en godkendt systemtest kan der fremstilles et rigtigt print til montering i en indbygningsboks.

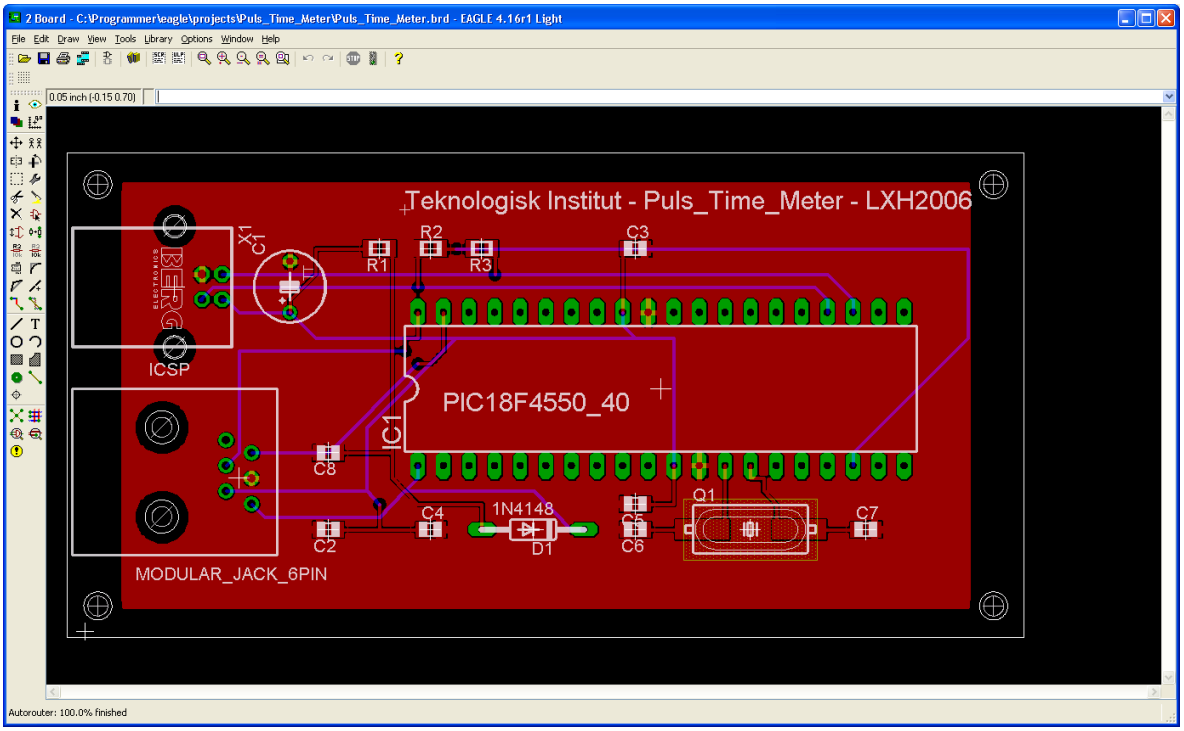
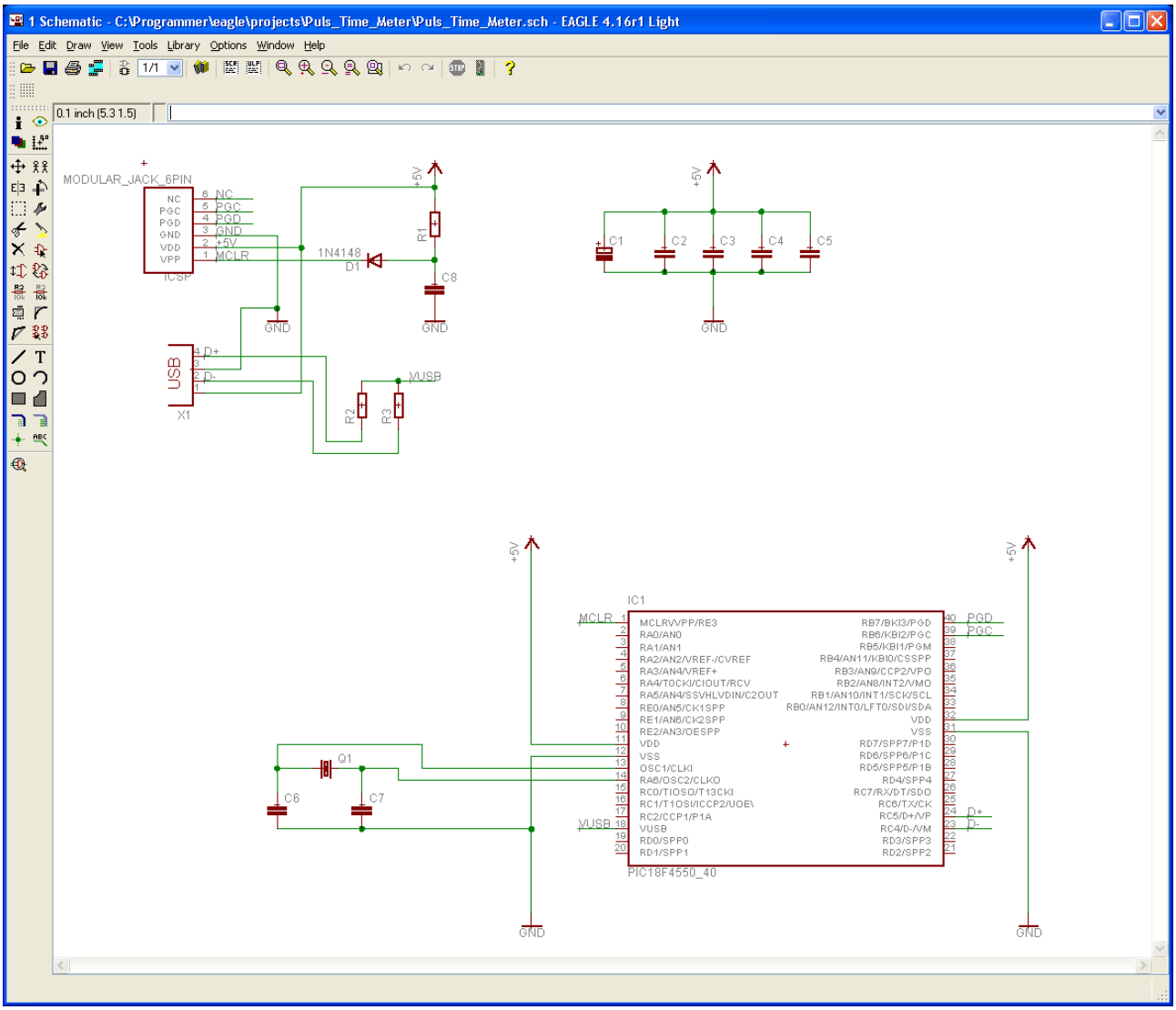
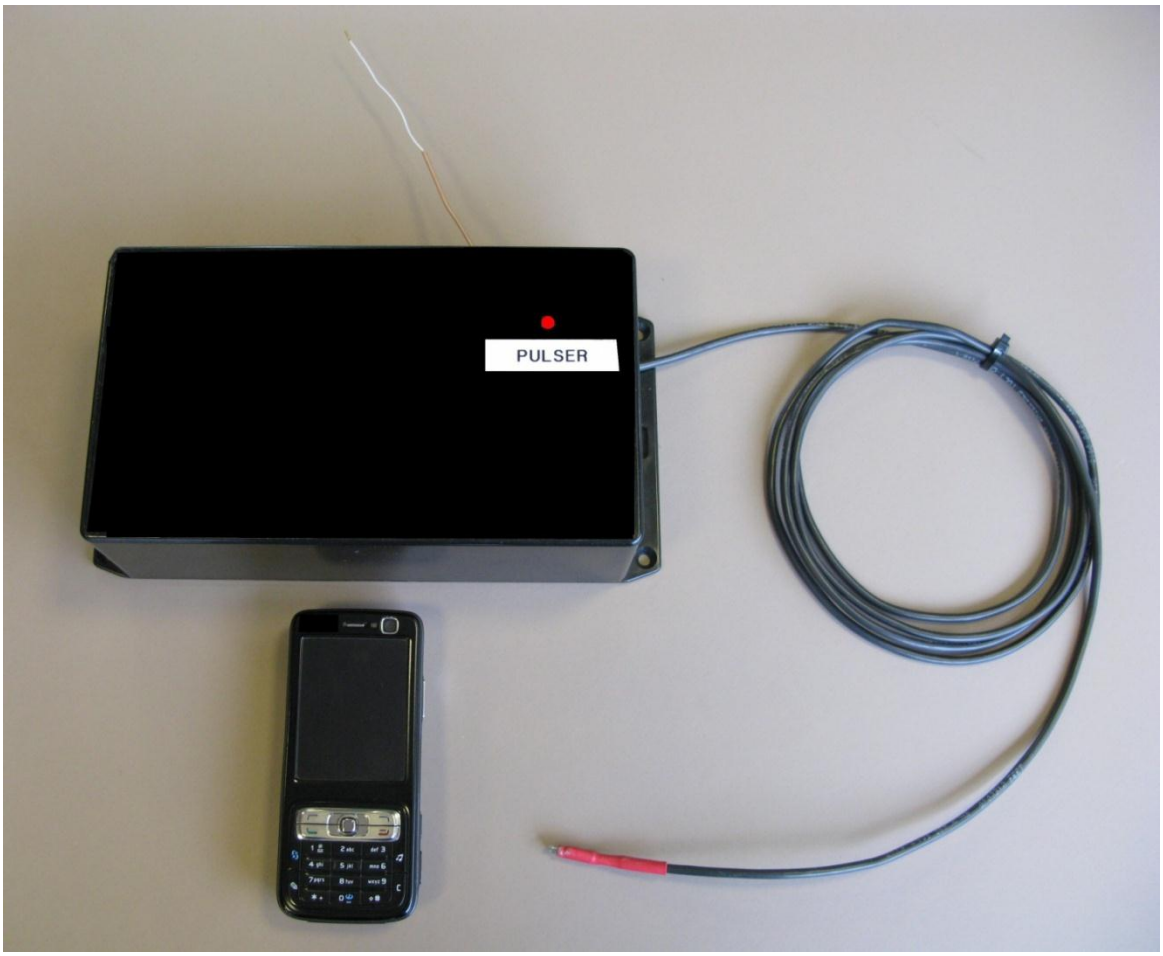


Diagram (Software – Eagle)



Det udviklede el-meter



El-metret er blevet udviklet af Teknologisk Institut til projektet. El-metret fungerer som indbygningsboks, og indeholder målerprintet, og kommunikerer således mellem elmåler og PC.

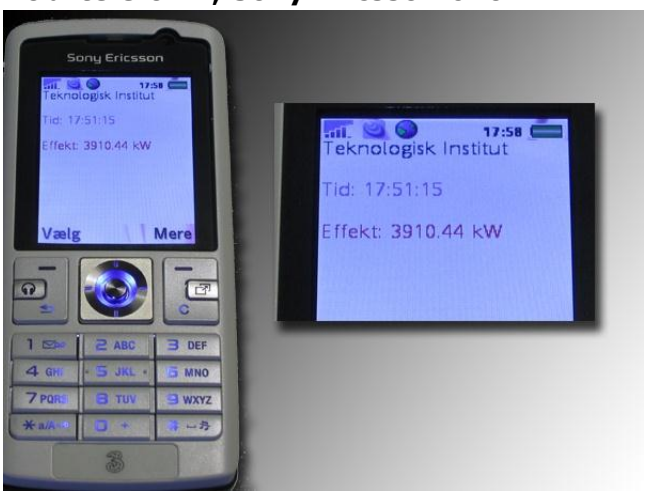
Serverrum på Teknologisk Institut

Der benyttes en standard DELL server med Linux Red Hat 4.0 installeret. Hjemmesiden bliver opbygget i PHP med databasen mySQL.

Virkemåde for aflæsning

Når elmåleren skal aflæses på mobiltelefonen, udnyttes GPRS delen i mobiltelefonen, dvs. evnen til at "browse" Internettet via dens simple web-browser. Udgangspunktet er, at der ikke skal installeres software på mobilen, således at de fleste mobiler vil kunne bruges uden problemer. Herunder ses en test af Teknologisk Institut af 3 forskellige mobiltelefoner, hvor alle kunne aflæse hjemmesiden:

Mobiltelefon 1, Sony Ericsson 610i:



Mobiltelefon 2, Nokia 6280:

Mobiltelefon 3, Nokia 6230i:

Grafisk fremvisning af energidata på mobiltelefonen

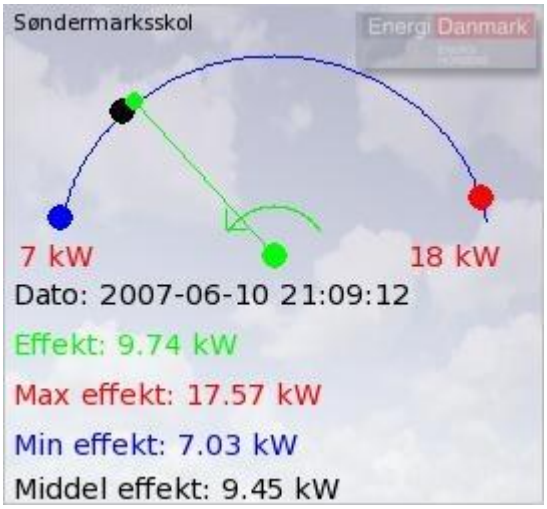
Der er blevet udviklet en grafisk fremvisning af el-effektbelastningen, som fungerer som et "speedometer" og giver således en visuel fremstilling, som kan hjælpe brugeren med at forstå ændringen i el-effektbelastningen.

Grafikken fremviser 5 oplysninger (udover tekstfelterne):

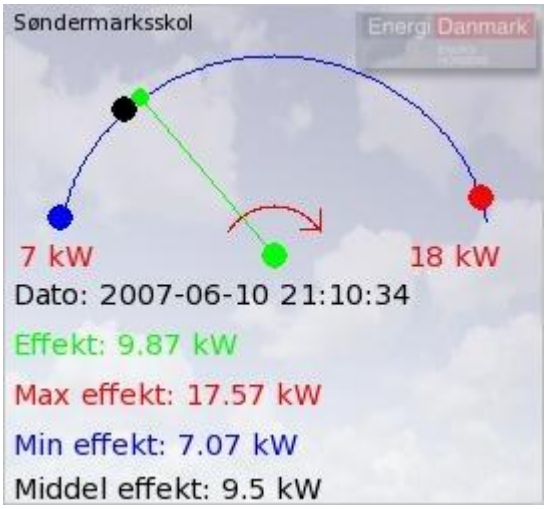
- Blå prik: minimumsværdier for de seneste 50 værdier (ca.10 minutter)
- Sort prik: middelværdi for de seneste 50 værdier
- Rød prik: maksimumsværdi for de seneste 50 værdier
- Grøn prik: seneste øjebliksværdi
- Grøn eller rød pil: viser hvorvidt seneste øjebliksværdi er stigende eller faldende. Hvis værdierne er uændrede vil halvcirklen være grå uden pile.

På fig.1 kan man se at seneste øjebliksværdi er lavere end den foregående øjebliksværdi og det modsatte princip er vist på fig.2.

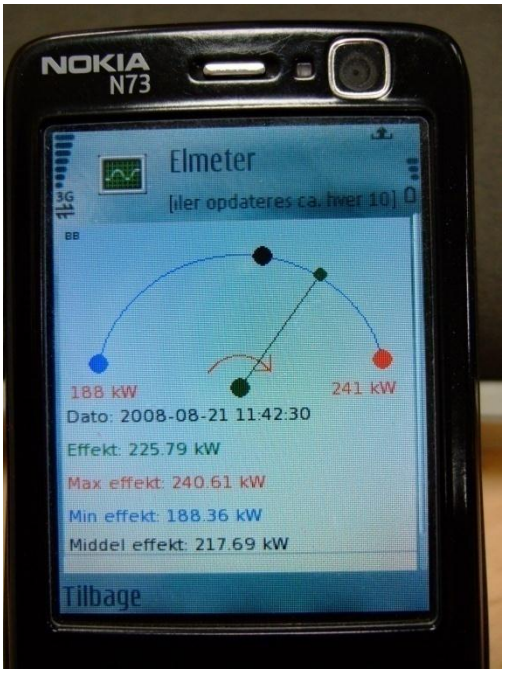
Figur 1



Figur 2



Eksempel på grafisk fremvisning på mobil-telefon



Udvikling af brugervejledning

Brugervejledningen skal holdes simpel og let-anvendelig, og skal indeholde en kort beskrivelse samt funktionsbeskrivelse. Denne brugervejledning er en overordnet skitse over fremgangsmåde for opsætningen af elmålersystemet. Da projektgruppen har hjulpet og i de fleste tilfælde stået for opsætningen af systemet i de forskellige testvirksomheder, er denne brugervejledning meget overordnet, og der er ikke udarbejdet skitsetegninger eller udførlige beskrivelser af de enkelte momenter, som ellers ville være tilfældet ved kommercialisering af produktet.

Brugervejledning til opsætning af bærbart elmålersystem

Opsætning af elmåler

1. Installer opsætningsprogrammet på din pc.

2. I sæt sim-kortet i elmålerboksen, monter kabel fra elmålerboksen til pc'ens USB-port.
I sæt strømforsyning og tænd elmålerboksen.

3. Gå ind på hjemmesiden (www.xxxx.dk) og opret din brugerprofil. Via din oprettelse får du tildelt bruger-id og brugerpassword.

4. Opsætningen af elmålerboksen fortages via pc-programmet og kommunikationen til elmålerboksen sker via USB porten. I pc programmet indtastes det tildelte brugernavn og brugepassword, som efterfølgende sendes til elmålerboksen.

Montering af målerdiode

5. Monter fotodioden så den ligger tæt op af tavleelmålerens lysdiode på en sådan måde, at fotocellen kun kan registrere lysdioden på tavleelmåleren, det vil sige ikke omgivelseslys. Indtil videre er gaffatape det fortrukne opsætningsudstyr. Når fotodioden er monteret og elmålerboksen forbundet til 220 volt forsyningen er dataopsamling af "rå-data" startet.

Konfigurering af pulsværdier på hjemmesiden via mobiltelefon

6. Gå ind på www.energiforbrug.teknologisk.dk/elmaaler/elmaaler.php?loginID=lxh&loginPW=lxh&sim_id=238023610756399

Dette svarer til "log ind med dit tildelte bruger-id og brugerpassword", men her er der forudsat et tildelt bruger-login.

Din elmålerboks vises nu på telefonen. Vælge menuen "ret" og indtast målerens stamdata fysik placering puls pr. kWh etc.

7. Kontroller at din effektmåling svarer til tavleelmålerens visning. Der kan være forskel på den aktuelle visning på grund af opdateringsfrekvenserne på henholdsvis tavleelmåler og kommunikationen mellem hjemmesiden til mobilen.

Teknologisk Instituts afprøvning af elmålersystemet

TEKNOLOGI
INSTITUT

TI's oplevelser/brugstest med/af den trådløse elmåler

Teknologisk Institut besluttede i foråret 2008 at gennemgå nogle af deres bygninger med henblik på at kortlægge og finde muligheder for energieffektiviseringer.

De undersøgte bygninger består at testlaboratorier, kurser og mødelokaler samt kontorlokaler.

I den forbindelse var det oplagt at teste den udviklede prototype af den trådløse elmåler. Elmåleren er testet af Mads Peter Rudolph og Claus Martin Hvenegaard, Center for Energieffektivisering og Ventilation.

Foto 1 - Den udviklede prototype af trådløs elmåler

Testen har vist at prototypen er nem at montere og betjene. Den aktuelle online visning via mobiltelefonen er unik. Ved at udkoble forskellige grupper i eltavlen er det muligt hurtigt at spore forbrugssstedet og aflæse det aktuelle forbrug.

Med hensyn til visningen af værdier på mobiltelefonen bruges den aktuelle "talværdi" mere end den visuelle visning med "speedometeret.".

At kunne hente dataene fra hjemmesiden og eksportere til Excel fungerer fint. Det er dog et stort ønske at man får mulighed for selv at stille samplingstiden, så datamængden reduceres ved længere varende målinger.

”Tomgangsjægeren” – kommercialisering af det bærbare elmålersystem

Parallelt med udviklingen af et ”kommercialiserbart” design, har projektgruppen, primært Teknologisk Institut, arbejdet med et kommercialiserings koncept for elmålersystemet. Ud fra elmålersystemets forventede anvendelsesmuligheder, er dette kommercialiseringskoncept blevet udviklet i retning af at kunne sammensætte en slags hjælp til selvhjælp, en såkaldt ”tomgangsjagtpakke”.

Markedsgrundlaget er blevet vurderet på baggrund af Teknologisk Instituts erfaringer fra forskellige undersøgelser, der viser at en virksomhed i gennemsnit kan reducere deres tomgangsforbrug med op til 15 %. Dette produkt har været forsøgt udviklet til virksomheder, der aktivt ønsker at arbejde med en reduktion af tomgangsforbruget i samarbejde/støtte fra elselskabernes energirådgivere. En af overvejelserne i forbindelse med udbredelsesstrategien af dette produkt har i denne sammenhæng været, at lave en model hvor virksomheden afskriver retten til de realiserede besparelser til elselskabet mod at de får ”tomgangsjagtpakken” gratis.

Grundet diverse problematikker med det udviklede system endte ”tomgangsjagtpakken” med ikke at blive lanceret som kommercielt produkt. Processen omkring udviklingen af mulige kommercialiseringskoncepter parallelt med udviklingen af ”designet” har dog haft betydning for en efterfølgende vurdering af anvendelsesmuligheder især i forbindelse med afprøvningsfasen af det ”færdig-” udviklede system. Desuden har Teknologisk Institut i forbindelse med udarbejdelsen af kommercialiseringskonceptet også vurderet eventuelle videreudviklings/markeds-tilpasnings-muligheder for lignende udstyr. Nedenstående kommer en redegørelse for resultatet med udarbejdelsen af et kommercialiseringskoncept.

Kommercialiseringskonceptet

Pris ved køb af produktet
Det blev forudsat i det følgende koncept, at kostprisen for den samlede pakke inkl. 4 timer introduktion fra en energirådgiver andrager ca. 5000. kr. Hvis man regner med en acceptabel pris på 20 øre/realiseret kWh skal der således kun ”hentes” 25.000 kWh tomgang på virksomheden før måleudstyret et tjent hjem. Dette er ikke nogen uoverkommelig opgave taget i betragtning, at tomgang ofte er forbundet med et årligt driftstimetal på 8.700 timer, hvilket svarer til at der skal afbrydes et specifikt el-forbrugende udstyr på 3 kW.

Tomgangsjagtpakken
Tomgangsjagtpakken vil kunne bestå af følgende:

- Måleudstyr med optisk aftaster
- Instruktion i brug af udstyr og metode for tomgangsjagt (Elselskabets rådgiver)
- Pjece i tomgangsjagt fra Teknologisk Institut

De realiserede besparelser fremkommer ved en før- og efter måling af tomgangsforbruget (referencemåling) baseret på de angivne forudsætninger i samarbejdet mellem virksomheden og energirådgiveren.

Nye funktioner på måler og server
Teknisk set kunne der som standardprogrammering indarbejdes følgende udvalgte funktioner:

- SMS
- E-mail
- Andre sensorer/signaler eks. temperatur, on/off, 0(4)-20mA.
- Enhver form for dataopsamling som kan rapporteres via SMS/E-mail.
- Tænd/slut (relæ) funktion indbygges i boksen. Signal styres fra serveren.
- 0(4)-20mA udgang som kan styres fra mobiltelefonen.
- 0-10V udgang som kan styres fra mobiltelefonen.
- 0(4)-20mA indgang.
- 0-10V indgang.
- GPS. Hvis boksen monteres på mobile enheder, eks. lastbiler og skibe.

Anvendelsesmuligheder
Anvendelsesmulighederne i nedenstående tabel er blot ideer til anvendelsesmuligheder. Hvis systemet skulle kommercialiseres er anbefalingen at iværksætte en mindre analyse, der omhandler en nærmere afdækning af de forskellige anvendelsesmuligheder fra 1- 9. Systemet har den fordel, at udstyret er særdeles mobilt i forhold til gængse fastfortrådede kommunikationssystemer. Det er også let at flytte mellem forskellige services, blot man er opmærksom på installation af følere og opsætning på serveren.

Hvis systemet skulle anvendes til overvågning af kritisk udstyr bør sikkerheden undersøges nærmere. Under alle omstændigheder ville man kunne bruge systemet til at udpege alarm/styringsmuligheder på forskelligt udstyr og foretage diverse forsøg på overvågningsløsninger.

Nr.	Funktion	Ide til anvendelsesmulighed (eksempler)	Bemærkninger
1	SMS	Den driftsansvarlige ønsker i en varm periode at følge afgangstemperaturen fra et køleanlæg. Overvågning af UPS-anlæg Vibrationsovervågning Udfald af kedel i varmesæsonen	Ved en forindtastet kritisk værdi afsendes en SMS til den driftsansvarlige.
2	E-mail	Systemet udsender en statusrapport til den driftsansvarlige.	Kan baseres på dags- uge og månedsværdier.
3	Andre sensorer/signaler eks. temperatur, on/off, 0(4)-20mA		
4	Enhver form for dataopsamling som	Temperatur eller tryk	

	kan rapporteres via SMS/E-mail.	logkurver	
5	Tænd/slut (relæ) funktion indbygges i boksen. Signal styres fra serveren	Mobiltelefonen kan man ændre tænd- og sluktider på udvalgte anlæg. Belysning ventilationsanlæg m.m. start af elvarme i sommerhus	Kan være effektivt i forbindelse med aktiv energistyring
6	0(4)-20mA og 0-10V udgang som kan styres fra mobiltelefonen	Styring af ventilationsanlæg.	
8	0(4)-20mA og 0-10V indgang	Måling på standard sensorer.	
9	GPS. Hvis boksen monteres på mobile enheder, eks. lastbiler og skibe	Følg lasten på din mobiltelefon	

Erfaringer vedrørende udviklingen af elmålersystemet

Antagelsen i starten af projektet var, at man kunne tage udgangspunkt i eksisterende målerudstyr til udvikling af systemet. Da eksisterende målerudstyr har vist sig værende utilstrækkeligt til projektets formål, har det været nødvendigt selv at udvikle hardwaren, især til et funktionelt målerprint og el-meter. Et af succes-parametrerne i projektet har også været, at det udviklede hardware skulle udvikles med henblik på kommercialisering. Det har efterfølgende vist sig, at udviklingen af hardware har krævet uforholdsmæssigt megen tid og ressourcer i forhold til ressourcerne til rådighed i projektet.

Det har grundet egen udvikling af hardware og et sammenhængende kommunikationssystem, været nødvendigt selv at udvikle de softwaremæssige programmer til systemerne. Fordi det har taget tid og andre ressourcer at udvikle den hardwaremæssige del, har der ikke været de nødvendige ressourcer til at foregribe manglende viden og indhente den nødvendige viden til udviklingen af et stabilt softwaresystem. Især udviklingen af softwaresystemet til display på mobiltelefonerne har vist sig at være en udfordring, i særdeleshed opløsning, detaljeringsgrad og præcision af displayet. Der er efterfølgende generelt sket en stor udvikling i forhold til de softwaremæssige muligheder til mobiltelefoner.

Udover udviklingen af hardware og software, er det blevet undersøgt, hvor dyrt systemet ville være i brug i forhold til kommercialisering. Ud over hardwaren vurderes det, at systemet er relativt billigt i brug. Det er meget små mængder data, der bliver sendt med datamodemet, hvilket bevirker, at det vurderes at det ikke ville koste mere end 300 kr. om året at få denne data tilsendt mobiltelefonen. Udover de små omkostninger, der er ved brug af systemet, er der i øvrigt store potentialer i det design systemet har, da det er muligt at videreudvikle systemet således at data kan gå den anden vej: fra mobil til server, fra server til elforbrugende enhed. Der er hermed potentialer for at skabe et smart, brugerdrevent forbrugsstyringsværktøj, så brugeren selv kan slukke for unødvendigt elforbrug via mobiltelefonen.

Herudover har elmålersystemet den force, at data bliver gemt og analyseret på en hjemmeside. Undervejs under udviklingen af elmålersystemet blev det diskuteret, hvorvidt der kunne være muligheder for at oprette et bi-system til hjemmesiden, hvor data blev gemt og analyseret på en sådan måde, at der blev tale om en form for brugerdreven energistyring på hjemmesiden. Denne option blev desværre droppet grundet de tids- og ressourcemæssige udfordringer, projektet var havnet i.

4. Fase 3, Test af det udviklede bærbare elmålersystem i testvirksomheder

I dette kapitel redegøres for de erfaringer, der har været ved afprøvning af elmålersystemet hos de forskellige testvirksomheder. Testbygningerne bliver beskrevet i forhold til deres funktion, deres elforbrugskategori, det undersøgte areal samt det relevante elforbrugende udstyr. Erfaringerne er så vidt muligt beskrevne ifht fremgangsmåde for afprøvningen, erfaringer med funktionen af det udviklede udstyr, muligheder for spareindsatser som brugen af det udviklede system kan påvise, hvilke energiforbrugende installationer der synliggøres, hvorledes systemet kan bruges i denne type bygning samt brugererfaringer. Disse erfaringer har oprindeligt skulle bruges til en analyse af forskellige målgruppers anvendelsesmuligheder for systemet til kommercialiseringsformål.

Grundet projektets tidsmæssige og ressourcemæssige udfordringer har projektgruppen haft svært ved at bruge den oprindelige plan for afprøvning af systemet. Den oprindelige plan har været at inddrage Energi Midt i afprøvningen af systemerne, som kunne afprøve det udviklede system hos forskellige kunder. Efter udviklingen af elmålersystemet har det tidsmæssigt ikke vist sig muligt at inddrage Energi Midt i afprøvningsprocessen, hvorefter projektgruppen selv har stået for at identificere og indgå aftaler med testbygninger og efterfølgende selv afprøve systemet. Projektgruppen har i første omgang haft fokus på at holde planerne med antal samt typespecifikationer for valg af testbygninger. Der blev derfor blandt andet forsøgt lavet aftaler med en række skoler og andre større kommunale institutioner. Desværre for projektet har mange institutioner haft svært ved at se relevansen i, at skulle "slukke for noget" eller ændre adfærd. Det har desuden vist sig svært at lave aftaler med testvirksomheder, da testen ofte skulle foregå i bygningsansvarliges fritid. Derfor har projektgruppen i sidste ende været nødsaget til at afprøve systemet hos nogle af projektgruppens egne kunder, der kunne være interesserede i at få afprøvet systemet. Projektgruppen har fastholdt projektets krav til, at få afprøvet systemet hos så bred en målgruppe som muligt.

Beskrivelse af testvirksomheder

I alt 8 virksomheder blev endeligt udvalgt til test af det udviklede elmålersystem.

Offentlige og private bygninger

- *Søndermarksskolen i Horsens kommune*: Skole, 160 MWh/år, 12.300 m².
  Hos Søndermarksskolen var projektgruppens forventninger, at effektforbruget var spredt på mange små enheder og få store, så som ventilationsanlæg og større pumper. Anvendelsen af udstyret forventedes derfor at være rettet omkring tomgangsjagt, hvor der ville kunne blive foretaget mange tiltag, der kunne sænke det generelle effektforbrug til et lavere niveau.

- *VIA center Vejlevej*: Erhvervsskole, 500 MWh/år, 18.500 m²:
  Via centret Vejlevej er en stor skole med erhvervsfaglige uddannelser/efteruddannelser. Skolen består af en række forskellige værksteder, men også klasseværelser. Til forskel

fra almindelige skoler, kan der i værkstederne forventes at være flere store forbrugere, så som udsugningsanlæg, ventilation, maskiner m.m.

- *VIA- center Strandpromenaden*: Erhvervsskole, 485 MWh/år, 12.000 m².
  VIA- centret Strandpromenaden er en stor skole med erhvervsfaglige uddannelser/efteruddannelser, og har en lignende profil som VIA- center Vejlevej. Skolen har til forskel fra VIA- center Vejlevej også en afdeling med HTX studerende, hvor der er stor overvægt af normale klasseværelser.

- *LRØ Horsens*: Administrationsbygning, 650 MWh/år, areal ukendt.
  LRØ Horsens er en rådgivningsvirksomhed bestående af kontorer og et køkken. Virksomheden hoster for flere andre virksomheder i deres serverrum. Dermed forventede projektgruppen et højt og stabilt "tomgangsforbrug". I lighed med tomgangsjagt på skoler, forventede projektgruppen at der på kontormateriel kunne foretages en generel sænkning af forbruget.

Erhverv

- *JWL Maskin- & Plastfabrik A/S*: Produktionsvirksomhed, ca. 640 MWh el/år, 4.500 m².
  JWL Maskin- & Plastfabrik er en produktionsvirksomhed. Her var projektgruppens forventninger, at effektforbruget ville være fordelt på en række mere eller mindre afgrænsede områder. Der ville derfor være mulighed for at anvende måleren til i hovedtræk at detektere hvor stor belastning de enkelte afsnit repræsenterer. Dermed ville værktøjet kunne anvendes til en screening af de store el-forbrugende enheder, hvor det ville kunne anskueliggøres hvilken betydning unødig drift på anlæggene vil have.

- *Sparbank Horsens Søndergade*: Kontorbygning, 80 MWh/år, 900 m².
  Sparbank Horsens Søndergade er en kontorbygning med en betydelig mængde kontorudstyr. Anvendelsen af elmålersystemet forventedes derfor primært at omhandle tomgangsjagt.

- *BB Electronics*: Produktionsvirksomhed, 1.850 MWh/år, areal ukendt.
  BB Electronics er en produktionsvirksomhed. Her var projektgruppens forventninger, at BB Electronics ville have nogenlunde samme profil som JWL Maskin- og Plastfabrik, med forventede samme resultater til anvendelsesmuligheder af systemet.

- *NW-gruppen*: Administrationsbygning, 60 MWh/år, 900 m².
  NW-gruppen i Horsens er en mindre virksomhed bestående af kontorer og et mindre værksted/lager. Hermed har projektgruppens forventninger været, at anvendelsen af elmålersystemet primært ville omhandle tomgangsjagt på kontormateriel.

Kategorier for el-forbrugende udstyr

Systemet er blevet afprøvet indenfor følgende udstyrs-kategorier:

Belysning:

- Sparepærer 5-15 og 15-20
- Glødepærer 40-60
- Lysstofrør 18, 36, 58
- Reguleringssystem, eks. bevægelse/dagslys/skumring
- Andet

Kontorudstyr:
- Kopimaskine stor/lille
- EDB, laserprinter, PC skærm, andet

Køl/frost:
- Køl/frost (Kombi) stor/lille
- Ny/gammel A- mrk

Teknik:
- Pumper, 60-120, 120-500, 500-1000
- Ventilation

Dette udstyr er blevet testet på baggrund af ca. kW og drifts tid.

Adfærdspåvirkning

De tidsmæssige og ressourcemæssige udfordringer med udviklingen af elmålersystemet har bevirket, at brugerne af de afprøvede bygninger ikke er blevet inddraget i lige så høj grad som oprindeligt ønsket. Desuden har disse udfordringer påvirket mulighederne for løbende at afprøve og udvikle brugervenligheden under udviklingen af systemet. Selvom selve designet til elmålersystemet har været udtænkt ud fra krav til brugervenlighed, har projektgruppen ikke haft de nødvendige ressourcer til at udvikle brugervenlige funktionaliteter til elmålersystemet. Der har derfor i det konkrete afprøvningsmoment ikke været så meget fokus på brugerne, men mere på afprøvning af selve teknologiens anvendelsesmuligheder i de forskellige bygninger, udført af projektgruppens tilknyttede energirådgivere med få undtagelser.

Afprøvning af Elmålersystemet

Søndermarksskolen, Horsens kommune

El-meteret har været monteret på Søndermarkskolens hovedmåler og skolens servicemedarbejder har haft adgang til måleren via sin egen mobiltelefon. Han har dog gennem testen haft vanskeligt ved at identificere målerens visninger og har således ikke haft mulighed for at tilbagemelde til projektgruppen.

Projektgruppen har foretaget test på Søndermarksskolen og fundet de mest stabile perioder for effektbelastning. I normal arbejdstid (skolens åbningstid) bevirker aktiviteterne at elforbruget svinger meget og registreringerne er ikke konstante nok til at foretage test – hverken direkte på elmåleren eller på mobiltelefonen.

I en enkelt periode om eftermiddagen i skolens sommerferie, lykkedes det at lave en registrering af start/stop på et ventilationsanlæg i Søndermarksskolens nyere fløj. Anlægget er påstemplet 5,1 kW og ved start/stop kunne der registreres en ændring på El-meteret på ca. 2 kW. For at få en retvisende difference var det nødvendigt at gennemføre øvelsen et par gange.

På Søndermarksskolen er der generelt ikke effektbelastende enkeltstående udstyr. Det meste elforbrugende udstyr er spredt ud på mange anlæg og apparater. Det testede ventilationsanlæg er et af de største effektbelastninger, som det var muligt at foretage forsøg med.

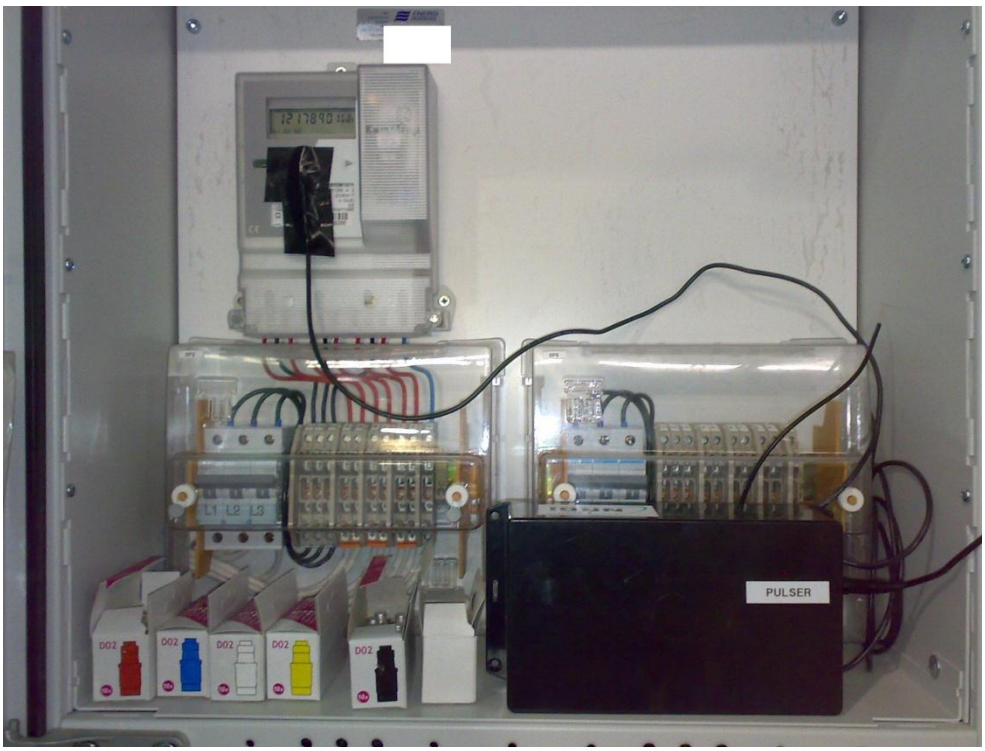
Skolens serviceleder havde intentioner om at afprøve El-meteret gennem en periode – blandt andet med henblik på at identificere tomgangstab. I praksis skulle dette ske ved, på et gunstigt tidspunkt, at afbryde for al unødigt elforbrugende udstyr og undervejs registrere El-meterets visning. På grund af manglende ressourcer og startvanskeligheder med El-meteret, nåede servicelederen ikke at gennemføre testen.

VIA center Vejlevej

El-meteret i grundudgaven blev monteret på VIA-skolen i juni 2007. Der var gennem længere tid problemer med forbindelsen til modemet og forsøget blev afbrudt da den energiansvarlige på et tidspunkt skiftede job. Der var store variationer i effektoptaget udenfor skolens normale åbningstid og det fremgik ikke tydeligt af registreringerne, hvor der blev tændt/afbrudt for ustyr. Der blev foretaget enkelte forsøg med skolens pumpeudstyr i varmecentralen.

JWL Maskin- & Plastfabrik A/S

På JWL blev der foretaget test af udstyret i november 2008. JWL forbruger ca. 640 MWh el/år. JWL fremstiller blandt andet trykluftblæsepistoler og produktionsudstyret hertil består af en del stangautomater CNC-bearbejdende udstyr. Dertil kommer en del sekundært hjælpeudstyr i form af ventilation, køling og trykluft.



Montagebillede af "El-meter" i hovedtavlen hos JWL

Testen bestod i at se på muligheder for at afbryde udstyr udenfor normal produktionstid. En del af bearbejdningsmaskinerne samt det sekundære udstyr har man ikke tradition for at afbryde udenfor produktionstider.
Skemaet herunder viser resultatet af forsøg med "El-meter"s visninger ved afbrydelse af forskelligt udstyr. Den totale effektbelastning falder fra 92 kW til i alt 8 kW. De resterende 8 kW hidrører fra administration, køleanlæg og diverse belysning i administration og på udenomsarealer.

JWL-testforsøg

Testafstadygning fra 92 kW til 8 kW

Afbrydelse	for (kW)	efter (kW)	ændring (kW)
Vælger produktion	92	84	8
Luftkompressor	84	71	13
Bearbejdning (1-10)	71	51	20
Belysning (1-10)	51	32	19
Bearbejdning (11-15)	32	26	6
Belysning (11-15)	26	16	10
Lager, rotationsbelysning	16	8	8

Sparbank Horsens Søndergade

”El-meteret” blev opsat i september 2008 og testet i tidsrum før bankens åbningstider. På grund af bankens drift og begrænsede muligheder for at afbryde udstyr, var det ikke hensigtsmæssigt at fortsætte testen. Det blev det aftalt at afbryde et videre forløb.

VIA- center Strandpromenaden

”El-meter” blev opsat oktober 2008 og software installeret på skolens serviceleders egen telefon. Dermed har han selv haft mulighed for at følge udviklingen og teste afbrydelse af elforbrugende udstyr. Skolens årlige elforbrug er ca. 485 MWh/år og en stor del bruges desværre udenfor åbningstid. Projektgruppen gennemgik skolens tomgangstab en aften sammen med servicelederen. Effektbelastningen var registreret til 42 kW og ved forskellige tiltag med afbrydelse af ventilation i kantine (5 kW) og i økonomiafdeling (4 kW) kunne effektoptaget nedbringes til 33 kW. Den resterende effektbelastning kunne ikke henføres til noget konkret forbrug, bortset fra køle- og fryseskabe samt køle- og frostrum med en vis andel. Det manglende forbrug er skolens serviceleder fortsat opmærksom på og interesseret i at få afdækket – blandt andet ved brug af ”El-meteret”

Montagebillede af ”El-meter” i hovedtavlen hos på VIA – Center Strandpromenaden

BB Electronics

Virksomheden er beskæftiget indenfor elektronikbranchen og har interesse i at finde standby-forbrug udenfor normal produktionstid. El-meteret har været monteret i november 2008 og projektgruppen har gennemgået forbruget ved kl. 6.00 tiden om morgenen. Virksomhedens elforbrug belastes i stor grad af en del lodde-ovne (med flydende tin), som ikke kan afbrydes, uden at der vil være ekstraarbejde ved opstart (renseprocedure). Samtidig foregår der en del ubemandede test af elektronik print. Konklusionen blev, at virksomheden ikke havde den rette profil til at El-meteret var anvendeligt. I givet fald skulle testen gennemføres i en eventuel ferieperiode, hvor alt produktionsudstyret er afbrudt.

LRØ Horsens

LRØ Horsens er Landbrugsrådgivning Østjyllands nye hoveddomicil. Bygningen er helt ny og ligger i kategorien ”administrationsbygninger”.

Måleøvelsen startede d. 16-7-2008 omkring kl. 10 og på dette tidspunkt var der store variationer i forbruget. Der var ændringer på op til 10 kW ved et forbrug på ca. 110 kW. Det var derfor svært at skille, selv store anlæg som ventilation, ud fra visningen. Man kunne bedre tale om at niveauet havde ændret sig.

Da der blev slukket for ventilationen i køkkenet, blev det hurtigt klart at niveauet på effektforbruget havde sænket sig. Denne ændring i effektforbruget blev hurtig regnet om til hvor mange kr. det kostede på årsbasis at køre for meget med bare det ventilationsanlæg.

Det var svært at gennemføre øvelsen i et ret stort omfang. Dette skyldes at der stadig var omkring 1/3 af styrken på arbejde. Vi aftalte derfor, at vi kunne tage en lørdag efter ferien, hvor vi ville se hvor meget vi kunne begrænse deres ”standby forbrug” (hvilket svarer til omkring 50 % af deres årsforbrug, dog inklusiv deres server rum). Øvelsen efter ferien blev dog ikke gennemført grundet tidspres.

Påmonteret sensor, hovedmåler LRØ Horsens

NW-gruppen

NW-gruppen er et udviklingshus indenfor styringer/IT. Huset er i kategorien administrationsbygninger, men har en større belastning fra EDB-udstyr og deraf afledt behov for ventilation. El-meteret blev monteret i januar 2008, med henblik på kortlægning af tomgangsforbrug.
El-meteret havde dog ikke sin berettigelse, idet størstedelen af tomgang kunne henføres direkte til EDB og belysning. Forbruget var dermed allerede identificeret.

Opsamling på afprøvningen af elmålersystemet i testvirksomhederne

Teknologien
Under afprøvningen af systemet er teknologiske udfordringer og forbedringsmuligheder blevet afdækket.

En udfordring for brugervenligheden af det udviklede system har været, at signalet mellem elmeter, hjemmeside og mobiltelefon kan være op til 20 sekunder forsinket. Effektbelastningen skal derfor være rimeligt konstant, for at ændringer skal kunne registreres og ses som udtryk for en bestemt påvirkning. Desuden skal forandringen i effektbelastningen være stor nok til at kunne ses (eks. det kan ikke ses at der bliver slukket for kaffemaskinen). Denne forsinkelse kan til dels forklares ud fra systemets opsætning, det vil sige af kommunikationen mellem elmeter, pc, server samt bearbejdning af data på hjemmeside, og kommunikation mellem hjemmeside og mobiltelefonen. En yderliggere forklaring kan findes i, at der ideelt set burde have været inddraget en samarbejdspartner i projektet, der havde kunnet supplere projektgruppen med viden vedrørende softwareudvikling til hjemmesiden og grafisk fremstilling til display på mobiltelefon. Grundet manglende ressourcer og tid har softwareudviklingen ikke kunnet opfylde de forudsætninger, kommunikationen mellem hardware-enheder samt brugervenlighed, har stillet.

Det kan ydermere siges, at softwareprogrammet til mobiltelefoner er blevet udviklet til relativt ældre typer af mobiltelefoner, derfor har ældre versioner af mobiltelefoner i sig selv været en teknologisk begrænsning. Nyere mobiltelefoner er mere højteknologiske i forhold til brugerflade, programmeringsmuligheder og displaymuligheder. Dette forstærker dog yderliggere mobiltelefonen som relevant displayteknologi i et lignende elmålersystem.

Der har under afprøvningsfasen været problemer af hardwaremæssig karakter. Der har især været problemer med forbindelsen til elmetret, på grund af at forbindelseskablet ikke har siddet ordentligt fast til selve elmetret. I disse tilfælde har stikket til kablet skulle trækkes ud og ind igen. Elmetret har desværre heller ikke fungeret stabilt i alle tilfælde. Det kan til gengæld nævnes, at hvor elmetret har fungeret stabilt, har resten af systemet fungeret næsten optimalt, især i områder hvor der har været god mobil dækning.

Bygninger
Under afprøvningsfasen har det vist sig relativt besværligt at aflæse systemet. En del af testvirksomhederne har været for små i forhold til elforbrugende udstyr til at systemet har kunnet anvendes, såsom skoler og lignende. Hvor systemet virkede bedst var i en mindre eller mellemstor virksomhed med større elforbrugende udstyr, som kunne påvises ved tomgangsjagt. Det antages, at en større kontorbygning såsom et rådhus kunne være interessante, samt virksomheder med specielle energiforbrugende processer. Det antages stadig, at systemet ville kunne bruges til de fleste bygningstyper, men på tidspunktet systemet blev udviklet var teknologien ikke moden endnu.

Det har også vist sig, at systemet bedst kunne bruges til tomgangsjagt, da systemet ikke i detaljeret nok grad kan registrere ændringer i effektbelastning under eksempelvis arbejdstiden, således at kilden til ændringer i effektbelastningen kan identificeres. Især el-effektbelastningen af enkeltstående større elforbrugende udstyr som ventilation, pumpeudstyr,

samt diverse enkeltstående produktionsudstyr med stor effektbelastning som kan slukkes efter arbejdstid, kan påvises af elmålersystemet.

Brugere
Nogle af brugerne er blevet inddraget under afprøvningen, men fordi teknologien har været svær at aflæse og brugsfunktionaliteten relativt kompliceret, har elmålersystemet vist sig ikke at være tilstrækkeligt brugervenligt under afprøvningen. Da brugerne i de første testvirksomheder har haft svært ved at bruge systemet, er brugerne efterfølgende blevet mindre inddraget, og fokus har ligget på at få afprøvet selve systemet i forhold til diverse bygningstyper. Dog kan det siges, at i nogle af de testvirksomheder hvor elmetret har fungeret, har den bygningsansvarlige vist interesse og har fået øjnene op for især tomgangsforbruget i virksomheden.

Der har generelt været en stor interesse fra brugerne om at identificere og agere i forhold til tomgangsjagt og standby-forbrug. Potentialet i udbredelsen af et brugerdrevent system til identificering af tomgangsforbrug og standby-forbrug vurderes derfor at være til stede i et vidst omfang, der hvor brugeren bliver gjort opmærksom på dette. Dette vil dog kræve et yderliggere fokus på udviklingen af et fin-følende og stabilt system, samt ville kræve større fokus på brugervenlighed, såsom brugervenlige funktionaliteter, og bedre display muligheder.

Opsamling
Generelt er erfaringen, ligegyldigt hvilken virksomhed man beskæftiger sig med, at det er meget svært at anvende måleren hvis el-effektbelastningen varierer meget. Det er dermed ikke muligt at sige, om en variation i forbruget skyldes de tiltag man gør, eller om det er andre forhold der spiller ind, eksempelvis en trykluftkompressor der kører ”belast/aflast” drift. Ved tomgangsjagt, primært udenfor normal åbningstid, er udstyret rigtig godt at anvende, da effekten af de tiltag man gør, hurtigt bliver synlige. Her kan potentialet ved adfærdsregulerende tiltag derfor anskueliggøres.

Der skal dog meget små variationer i effektforbruget til, før end en stor del af de mindre forbrugende udstyr, ”forsvinder” i andre variationer i forbruget. Der hvor der foretages tiltag på en række mindre udstyr, skal der i stedet fokuseres på en generel ændring i forbruget til et nyt niveau.

Ved anvendelse af måleren til screeningsmæssige formål, vil det sikkert være bedst anvendelig ved opstart/nedlukning af maskiner ved start og slut på virksomhedens åbningstid/produktionstid.

5. Formidling af projektet

Formidlingen har været afhængigt af hvilke projektets resultater. Oprindeligt har det været tanken, at projektet skulle formidles i en markedsføringskontekst.

Herunder kan det nævnes, at Teknologisk Institut og Energi Horsens Erhverv A/S har haft ønsker og således arbejdet med at undersøge mulighederne for, samt designe, et kursusforløb, "Tomgangsjægeren" til energirådgivere. Dette kursus skulle tage udgangspunkt i erfaringsudveksling vedrørende tomgangsjagt og det udviklede bærbare elmålersystem, således at man kunne udbrede anvendelsen af udstyret i en rådgivningssammenhæng. Det bør også nævnes, at projektgruppen under hele projektforløbet har forberedt marketingstiltag i det tilfælde, systemet kunne produktmodnes til kommercialisering. Eksempelvis har projektgruppen haft aftaler med TV2 og en række aviser samt fagblade til formidling af produktet til målgrupperne.

Der har derfor været forskellige ønsker til formidling af projektet under projektforløbet, som desværre senere ikke har været relevante set i lyset af projektudviklingen. De formidlings- og forankringstiltag, der er relevante på basis af projektets endelige resultater er, at målrette nye, eksisterende produkter til privatrådgivning rettet projektets målgrupper, for hermed at skabe et marked for eksempelvis små og mellemstore virksomheder for lignende produkter. Dette kan skabe en god grobund for fokus på adfærdsforandringer på energiområdet for små og mellemstore virksomheder.

6. Projektets konklusioner

Behov for og udvikling af et trådløst elmålersystem

Med udgangspunkt i tidligere erfaringer, er behovet for udviklingen af et målersystem til direkte aflæsning af en bygnings el-effektbelastning blevet identificeret. I særdeleshed til brug i rådgivningssituationen ville et simpelt elmålersystem kunne skabe bedre forståelse for elforbruget hos bygningsbrugere og hermed skabe incitamenter for mere effektiv rådgivning og ændret adfærd på energiområdet i bygninger.

Hovedmålet i dette projekt har været udviklingen af et brugervenligt elmålersystem, som kunne anvendes i rådgivningssituationen mellem energirådgiver og energiansvarlig/bygningsbrugere, eller til selvhjælp. I den forbindelse har et vigtigt delmål været at produktmodne elmålersystemet kommercielt, for således at sikre udviklingen af produktets brugervenlighed, samt skabe et marked mellem elselskaber og brugerdrevne adfærdsforandrende tiltag på elforbrugsområdet.

Det udviklede elmålersystem fungerer som et bærbart målersystem. En sensor afmåler el-effektbelastningen på el-tavlens impulsdiode. Disse pulser sendes gennem et målerprint indbygget i et såkaldt elmeter videre til et program på en PC, som bearbejder data til en øjeblikseffekt. Fra PC'en bliver data sendt til en central server hvor data gemmes i en database. Disse data bliver bearbejdet og præsenteret på en hjemmeside på internettet i en sådan form, at brugeren modtager et display på mobiltelefonen med oplysninger vedrørende el-effektbelastning i en letforståelig form.

Selve opsætningen af elmålersystemet har mange fordele, i og med at opsætningen ikke kræver direkte indgreb i en el-tavle, samt skulle sikre at systemet kan sættes op af en energirådgiver, eller en teknisk orienteret bruger. Desuden gør displayet via mobiltelefonen, at brugeren har nem og hurtig adgang til viden vedr. elforbruget i den pågældende bygning. Desuden ligger der mange muligheder i, at data bliver samlet op på en hjemmeside, i og med at der derigennem kan udvikles simple energistyringsværktøjer og forbrugsstyringsmekanismer til gavn for brugerne.

Produktmodning af elmålersystemet

Resultatet af udviklingen af elmålersystemet har desværre vist, at systemet i sin nuværende form ikke er produktmodent til kommercialisering.

Oprindeligt var det projektgruppens hensigt, at benytte sig af eksisterende teknologier til udviklingen af systemet, især på det hardwaremæssige plan. I praksis har det vist sig, at der har manglet eksisterende teknologi på området der kunne tilfredsstille projektets krav til brugervenlighed, rækkevidde, og funktionaliteter. Derfor har projektgruppen selv måtte udvikle hardwaren samt tilhørende software under selve projektforløbet.

Den tvungne udvikling af elmålersystemet både hardware- og softwaremæssigt har vist sig at skabe tidsmæssige og ressourcemæssige udfordringer for resten af projektforløbet, især når

det gælder udvikling af brugervenlige funktionaliteter og involveringen af brugerne under afprøvningen af systemet i testvirksomhederne.

Afprøvning af elmålersystemet

Elmålersystemet har været afprøvet i en 8 forskellige testvirksomheder. De oprindelige tiltænkte testvirksomheder har af forskellige grunde ikke kunnet inddrages ved perioden for systemets afprøvning, og testvirksomheder er derfor blevet valgt blandt eksisterende kunder hos Energi Horsens A/S. Det endelige valg af testvirksomheder har afspejlet et ønske om, at afprøve systemet i virksomheder af forskellig størrelsesorden samt anvendelsestyper. Herunder er alt fra mindre el-forbrugende kontorudstyr til større enkeltstående el-forbrugende udstyr såsom ventilation blevet testet.

Resultater i forhold til adfærd

Projektgruppen havde oprindeligt forestillet sig at det udviklede elmålersystem ville være mere modent til afprøvning, og derfor har den oprindelige plan været at afprøve elmålersystemet bredt, i samarbejde med relevante bygningsbrugere/ansvarlige. Grundet førnævnte udfordringer har projektgruppen under afprøvningsfasen lagt mindre vægt på at inddrage brugerne i testbygningerne, men lagt mere vægt på at få afprøvet systemets anvendelsesmuligheder i forskellige typer bygninger og testvirksomheder. Afprøvningen er derfor for det meste blevet udført af Energi Horsens A/S tilknyttede energirådgivere, men er ikke blevet afprøvet i den brede målgruppe. Ydermere har det udviklede elmålersystem under afprøvningen lidt under startvanskeligheder, som skyldes manglende tid til at forfine teknologien, herunder kommunikationen mellem udviklet hardware og software. Dette har bevirket, at systemet har været relativt svært at bruge under afprøvningen i testvirksomhederne, især for de brugere der har afprøvet systemet. Det skal dog nævnes, at under optimale forhold har systemet virket fint.

Det bør nævnes, at en af projektets vigtigste erfaringer er, at inddragelse af bygningsbrugere under udviklingsfasen af et lignende system ville være at foretrække, da der således ville være mulighed for at afstemme brugervenligheden af lignende systemer tidligt i processen. Herunder ville en inddragelsen af en fokusgruppe, eller en undersøgelse på adfærdsområdet før udviklingen af brugerrelaterede funktionaliteter til elmålersystemer, fremme et letanvendeligt og letforståeligt system til bygningsbrugere. Herunder bør der undersøges, hvad forskellige typer af brugere skal bruge af viden for at skabe forståelse for deres egen energiforbrugende adfærd. Herefter kan der analyseres hvilke typer systemer og funktionaliteter der bør udvikles for at imødekomme brugernes vidensbehov, herunder følsomheden og detaljeringsgraden af et sådant system, samt hvordan et sådant system kan formå at formidle de nødvendige informationer mest hensigtsmæssigt til brugerne (displayformer m.m.).

Anvendelsesmuligheder

Det udviklede elmålersystem har vist sig mest anvendeligt til tomgangsjagt, i særdeleshed i små og mellemstore virksomheder med enkeltstående storforbrugende udstyr eller produktionsprocesser. Det antages, at elmålersystemet ville kunne bruges til andre større bygninger, som rådhuse og andre større kontorer. I mindre skoler, i mindre handels- og

servicevirksomheder samt i virksomheder uden perioder med konstante el-effektbelastninger har elmålersystemet ikke haft sin berettigelse. Eksempler på el-effektbelastning af enkeltstående udstyr som elmåleren har kunnet påvise har været ventilationsanlæg og pumpeudstyr.

Formidling

Oprindeligt var formidlingen planlagt til markedsførings formål, dels som et kursus i tomgangsforbrug rettet mod energirådgivere og energiansvarlige, dels i form af aftaler med forskellige medier til at formidle produktet ud til målgrupperne. Da det færdigudviklede elmålersystem har vist sig ikke at være tilstrækkeligt produktmodent, har de oprindelige formidlingsplaner ikke været relevante. Ud fra projektets endelige resultater er det mere relevant at målrette nye, eksisterende produkter til privatrådgivning for hermed at skabe et marked for lignende produkter henvendt til små og mellemstore virksomheder. Dette kan skabe god grobund for fokus på adfærdsforandringer på energiområdet for små og mellemstore virksomheder.

Fremadrettede anbefalinger

Det vurderes på baggrund af projektets erfaringer, at der er et potentiale for et marked for lignende elmålersystemer, hvor brugerne selv kan agere ud fra en kendt el-effektbelastning, som hermed skaber incitamenter for adfærdsændringer på energiområdet i bygninger. Det er derfor vigtigt at udvikle et system, der er relativt nemt at sætte op, nemt at aflæse og forstå, samt har mange gode anvendelsesmuligheder for forskellige typer brugere. Denne type produkter henvender sig mest til elselskabernes energirådgivere og kunder. På tidspunktet for udviklingen af dette specifikke elmålersystem i 2004, har der dog været en række teknologiske udfordringer, hvoraf mange af disse udfordringer ikke gør sig gældende i dag. Der findes i dag trådløse, langtrækkende eller funktionelle målere eller ”elmeter-systemer” på markedet, og der findes langt flere muligheder softwaremæssigt, herunder displaymæssigt ved nye typer af mobiltelefoner. Derfor kunne udviklingen af et lignende system i dag bedre fokusere på brugervenlighed og adfærdspåvirkning, gennem eksempelvis brugerinddragelse og adfærdsundersøgelser tidligere i udviklingsfasen.

Det bør nævnes, at forudsætningerne for at skabe et marked for lignende systemer har ændret sig siden 2004. Potentialet er det samme, men grundet finanskrisen går elselskaberne efter større energibesparelser end dem, der kan indhentes i små- og mellemstore virksomheder/bygninger. Der er derfor i dag ikke et lige så vigtigt incitament fra elselskabernes side i at udbyde et lignende produkt til denne type målgrupper.