

B I R C H & K R O G B O E

## Styring af elforbrug gennem afbrydelighed

### Elfor PSO 2003 Forskning og Udvikling indenfor ef- fektiv elanvendelse

**Projektnummer: 335-07**

Maj, 2006

#### Projektet er udarbejdet af:

John Dahlbom Nielsen	Dahlbom Innovation
Lennart Person	Elektra Energihandel A/S
Hans Skyum Larsen	IT-Energy
Preben Andersen	Frigoscandia
Tom Høyen Andersen	Gentofte Stadion
Hans Christian Larsen	COOP
Martin Lykke Jensen	Birch & Krogboe A/S

Dahlbom Innovation



Gentofte Stadion



Birch & Krogboe



## Indholdsfortegnelse

<b>RESUME.....</b>	<b>4</b>
<b>1 INDLEDNING.....</b>	<b>7</b>
1.1 BAGGRUND OG FORMÅL MED PROJEKTET .....	7
1.2 PROJEKTINDHOLD .....	8
<b>2 MARKEDET OG AKTØRER I FORBINDELSE MED AFBRYDELIGHED.....</b>	<b>10</b>
2.1 AKTØRER VED AFBRYDELIGHED .....	10
2.1.1 <i>Elkunden</i> .....	10
2.1.2 <i>Elhandelselskabet (balanceansvarlig)</i> .....	11
2.1.3 <i>Nord Pool</i> .....	12
2.1.4 <i>Produktionsselskabet</i> .....	13
2.1.5 <i>Netselskabet</i> .....	13
2.1.6 <i>Systemansvarlige</i> .....	14
2.2 ELMARKEDER OG AFBRYDELIGHED .....	15
2.2.1 <i>Spotmarkedet</i> .....	16
2.2.2 <i>Elbas</i> .....	17
2.2.3 <i>Regulerkraftmarkedet</i> .....	17
2.2.4 <i>Reserver</i> .....	18
2.3 ØKONOMISKE FORHOLD RELATERET TIL DE FORSKELLIGE MARKEDER .....	18
2.4 KONKLUSION OMKRING MARKEDER OG AKTØRER .....	19
<b>3 POTENTIALE FOR ”AFBRYDELIGHED” SAMT AFTALER OM AFBRYDELIGHED.....</b>	<b>21</b>
3.1 POTENTIALE FOR AFBRYDELIGHED I DEMONSTRATIONSVIRKSOMHEDERNE .....	21
3.1.1 <i>Frigoscandia</i> .....	21
3.1.2 <i>Gentofte Skøjtehal</i> .....	24
3.1.3 <i>COOP (3 Kvickly butikker)</i> .....	25
3.2 INDGÅELSE AF AFTALER MED DEMONSTRATIONSVIRKSOMHEDERNE .....	27
3.2.1 <i>Frigoscandia</i> .....	28
3.2.2 <i>Gentofte skøjtehal</i> .....	29
3.2.3 <i>COOP (3 Kvickly butikker)</i> .....	29
3.3 POTENTIALE FOR AFBRYDELIGHED I DANMARK.....	30
<b>4 KOMMUNIKATION, SOFTWARE OG HARDWARE.....</b>	<b>33</b>
4.1 KOMMUNIKATIONSFLOW OG SOFTWARE.....	33
4.1.1 <i>Registrering og opdatering af ydelse fra forbrugeren</i> .....	33
4.1.2 <i>Aggregering af data hos den systemansvarlige</i> .....	36
4.1.3 <i>Aktivering af afbrydelighed hos forbrugeren fra den systemansvarlige</i> .....	37

4.1.4	<i>Aktivering af afbrydelighed hos forbrugeren fra den balanceansvarlige</i> .....	38
4.2	<b>HARDWARE</b> .....	39
4.2.1	<i>Hardware generelt</i> .....	39
4.2.2	<i>Installation hos Frigoscandia</i> .....	40
4.2.3	<i>Installation hos Gentoft Skøjtehal</i> .....	41
4.2.4	<i>Installation hos COOP (3 Kvickly butikker)</i> .....	41
<b>5</b>	<b>DATAOPSAMLING OG DATAANALYSE</b> .....	<b>44</b>
5.1	<b>OMFANGET AF AKTIVERING</b> .....	44
5.1.1	<i>Frigoscandia</i> .....	44
5.1.2	<i>Gentoft Skøjtehal</i> .....	45
5.1.3	<i>COOP (3 Kvickly butikker)</i> .....	45
5.2	<b>ØGNING AF FORBRUG EFTER AKTIVERINGSPERIODEN</b> .....	46
<b>6</b>	<b>PERSPEKTIVERING</b> .....	<b>50</b>
6.1	<b>FLEKSIBELT ELFORBRUG BIDRAGER TIL BALANCE MELLEML UDBUD OG EFTERSPØRGSEL</b> .....	50
6.2	<b>VÆRDI AF SYSTEMBALANCE/NEDBRUD</b> .....	51
6.3	<b>INVESTERING I NY PRODUKTIONSKAPACITET</b> .....	52
6.4	<b>BUNDEN ELPRODUKTION</b> .....	53
6.5	<b>CO<sub>2</sub>-REDUKTIONER OG ENERGIBESPARELSER</b> .....	54
6.6	<b>OPSAMLING</b> .....	54
<b>7</b>	<b>ANBEFALINGER TIL VIDERE ARBEJDE</b> .....	<b>56</b>
7.1	<b>FLEX SYSTEMET</b> .....	56
7.2	<b>ANBEFALINGER TIL FORBEDRINGER AF HARDWARE</b> .....	56
7.2.1	<i>Spændingsforsyning</i> .....	57
7.2.2	<i>Montage</i> .....	57
7.2.3	<i>Test</i> .....	57
7.2.4	<i>Drift</i> .....	58
7.3	<b>RELATION MELLEML BALANCEANSVARLIG, SYSTEMANSVARLIG OG AFBRYDELIG KUNDE</b> .....	58
7.4	<b>TILTRÆKNING AF YDERLIGERE AFBRYDELIG EFFEKT</b> .....	59
<b>8</b>	<b>KONKLUSION</b> .....	<b>61</b>
<b>9</b>	<b>REFERENCER</b> .....	<b>66</b>

## Resume

Denne rapport dokumenterer de erfaringer og resultater, der er opnået gennem projektet "Reduktion af elforbrug gennem afbrydelighed". Projektet er gennemført under Elfor PSO ordningen i 2003, hvor en stor del af projektfinansieringen er opnået. Den resterende andel er sket gennem egenfinansiering fra samtlige af de medvirkende projektparter.

Rapporten henvender sig primært til bevillingsgiverne. Sekundært henvender rapporten sig til virksomheder og personer, der ser en mulighed i at etablere afbrydelighed - typisk virksomheder med termiske lagre. På samme vis henvender rapporten sig til rådgivere, elselskabernes energirådgivere samt balanceansvarlige og elhandlere, som kan have et økonomisk incitament ved etablering af afbrydelighed i virksomheder. Endelig henvender rapporten sig til den systemansvarlige som inspiration for fremtidige muligheder samt anbefalinger.

Projektets formål var, at fokusere på den nytte, som afbrydelighedskunden, netselskabet, de systemansvarlige samt handelsselskabet/balanceansvarlig kan opnå ved afbrydelighed.

Den overordnede konklusion er, at det teknisk set har været uden praktiske problemer at afbryde for de medvirkende demonstrationsvirksomheders elforbrug i en begrænset periode uden gener for virksomhederne. Det har endvidere vist sig, at det er afbrydelighedskunderne samt den systemansvarlige der først og fremmest drager nytte af konceptet, mens netselskabet kun har en begrænset - eller snarere ingen - nytte af afbrydelighed. Den balanceansvarlige bør også kunne drage nytte af konceptet, men har for indeværende hverken resourcer eller mulighed herfor. Hertil kommer, at den balanceansvarlige også pådrager sig en potentiel risiko for yderligere omkostninger ved at have afbrydelige kunder. Det er endeligt konkluderet, at afbrydelighed ikke har skabt nogle nævneværdige reduktioner af elforbruget. Afbrydelighed skal derfor primært anvendes med henblik på stabilisering af elsystemet.

I rapportens kapitel 1 beskrives kort baggrunden for problemstillingen omkring elmarkedet i Norden, herunder også hvorledes der i projektet fokuseres på afbrydelighed som ét element til styrkelse af balanceringsproblematikken kombineret med muligheden for elbesparelser.

I rapportens kapitel 2 beskrives de forskellige aktører og markeder i forbindelse med afbrydelighed. Beskrivelsen er relativt udførlig, men vurderet nødvendig, for at give læseren fuldt indblik i sammenhængen i elsystemet samt muligheder og barrierer for aktørerne.

Rapportens kapitel 3 indeholder en beskrivelse af potentialet for afbrydelighed. I kapitlet er kort gennemgået de muligheder, som er til stede i de tre demonstrationsvirksomheder - Frigoscandia, Gentofte Skøjtehal samt COOP (3 Kvickly butikker). Endvidere er det skitseret, hvilke potentialer der er for afbrydelighed på landsbasis. Det sidste viser, at mulighederne for reduktion af elforbrug stort set modsvarer en stor kraftværksblok.

Rapportens kapitel 4 indeholder en beskrivelse af kommunikationen mellem de forskellige aktører. I projektet er anvendt Flex-systemet udviklet af den daværende systemansvarlige på Sjælland Elkraft System (nu: Energinet.dk). Flex-systemet er et Internetbaseret software, som har vist sig at være særdeles simpelt at anvende for brugeren. Den anvendte hardware er relativ prisbillig og rimelig stabil. Den er først og fremmest fremtidssikret ved kommunikationsformen (GSM), og indeholder større udvidelsesmuligheder. Hardwaren har været rimelig problemløs at installere på demonstrationsvirksomheder, men der er mulighed for forbedringer.

Gennem dette projekt er der videreudviklet på hardwaren, således at hardware og software nu understøtter anvendelse af radiokommunikation. Dette er en fordel på virksomheder, der kan afbryde enheder med en vis fysisk afstand. I projektet er dette anvendt på større luftkonditioneringsanlæg i 3 Kvickly butikker, der hver har 3-5 varmepumper installeret.

Rapportens kapitel 5 indeholder en mindre dataanalyse over de opnåede resultater. Analysen viser, at omfanget og behovet for afbrydelighed i demonstrationsvirksomhederne har været begrænset til 5-10 timer i den 1,5 årige dokumentationsperiode. Endvidere viser resultaterne umiddelbart, at en aktivering (afbrydelse) ikke erstattes af et højere forbrug i perioden umiddelbart efter aktiveringen. Dette indikerer, at der rent faktisk opnås en elbesparelse. Da der er tale om termiske systemer, er det dog umiddelbart mere sandsynligt, at det kompenserende elforbrug for aktiveringen foretages meget langsomt, og at der derfor ikke opnås en elbesparelse. Dette betyder også, at den balanceansvarliges risiko ved at have afbrydelige kunder mindskes betydeligt. Endelig skal det nævnes, at selvom den observerede elbesparelse ved afbrydelighed mod forventning skulle vise sig at være reel, er besparelsen helt ubetydelig i forhold til det samlede elforbrug.

I rapportens kapitel 6 perspektiveres over resultaterne. Hovedkonklusionerne herfra er, at det som ventet er svært - endsige umuligt - at kvantificere gevinsten ved afbrydelighed, men stort set alle aktører på det danske elmarked er enige om, at fleksibelt elforbrug er et væsentligt virkemiddel på et liberaliseret marked. Uden dette virkemiddel vil systembalancen være betydelig mere usikker i perioder med uforudset hændelser, da der simpelthen ikke findes de nødvendige ekstra reserver. Det er indikatorer for, at der i højere grad bør sættes på området, både i form af udviklingsprojekter men også demonstrationsprojekter. De primære fordele ved fleksibelt elforbrug herunder afbrydelighed er på stikordsform:

- Højere forsyningsikkerhed
- Mere stabile elpriser
- Mere effektivt elmarked
- Risikostyring for indkøbere
- Reduktion af miljøpåvirkninger.

I rapportens kapitel 7 er der givet en række anbefalinger til det videre arbejde med afbrydelighed. Anbefalingerne går primært på, hvordan markedet og tilgængelig teknologi for afbrydelighed kan styrkes. Der peges specielt på følgende elementer:

- Flex-systemet udarbejdet af den systemansvarlige, er et brugervenligt system som bør videreføres. Dette vil mest hensigtsmæssigt ske fra en ekstern part, typisk en balanceansvarlig eller en elhandler.
- Den til projektet hørende hardware har stort set virket uden problemer, men kan optimeres på en række punkter. Den primære optimering kunne ske ved, at hardwaren i højere grad allerede var samlet fra producentens side, samt at der var visuel mulighed for at se, om de radiokommunikerede enheder er i kontakt med hinanden i forbindelse med placering af enhederne.
- En udvidelse af antallet af afbrydelige kunder kræver, at der udarbejdes et koncept af "produktet". Med dette skal forstås, at den balanceansvarlige og den systemansvarlige tilbyder et samlet produkt overfor den afbrydelige kunde. Når dette er nødvendigt skyldes det, at der har været større problemer med at fastlægge grænsefladerne og risikoelementerne mellem den balanceansvarlige og den systemansvarlige. Dette er virksomhederne, uønsket, blevet involveret i. Der findes næppe særlig mange virksomheder, som har forståelse, tid eller kompetencer til at sætte sig ind i hele elsystemets virkemåder - og har heller ingen normal grund til dette.
- En nødvendig forudsætning for, at afbrydelighed kan blive en større succes er således, at virksomheden ledes gennem hele processen omkring indgåelse af kontrakter, installation, vedligeholdelse af data i systemerne, fakturering mv. Dette bør i praksis være en rådgiver, som naturligt kunne være en balanceansvarlig/elhandler. Det kunne dog også være rådgivere med kendskab til virksomhedernes mulighed for afbrydelighed, eksempelvis elselskabernes energirådgivere, som ofte har et indgående kendskab til virksomheders energiforbrug, produktionsflow mv.

Rapportens kapitel 8 er konklusionen. Den overordnede konklusion fremgår tidligere, og viser, at det er fuldt ud muligt at afbryde for de medvirkende demonstrationsvirksomheders elforbrug i en begrænset periode uden gener for virksomhederne. Det har endvidere vist sig, at det er slutkunden samt den systemansvarlige der først og fremmest drager nytte af konceptet. Der findes såvel hardware- som software til at understøtte afbrydelighed. Den største barriere for videreførelse af afbrydelighed som koncept er, at der mangler et samlet koncept fra den systemansvarlige og balanceansvarlige overfor slutkunden.

## 1 Indledning

### 1.1 Baggrund og formål med projektet

Effektbalancen, dvs. balancen mellem udbud og efterspørgsel af eleffekt, har gennem de senere år i stadig stigende grad givet problemer rundt omkring i verden. Værst ser situationen nok ud i USA, men den bliver i stigende grad observeret rundt omkring i Europa, herunder også Norden og Danmark.

Når behovet for effekt stiger, er mulighederne i dag at koble yderligere kraftværksenheder ind eller at reducere behovet. Traditionelt set har man i Danmark løst dette problem ved at koble yderligere enheder ind. Disse kraftværksblokke lider imidlertid som regel under at have en dårlig totalvirkningsgrad (virkningsgrad for elproduktion og varmeproduktion, hvis der overhovedet er varmeproduktion). I visse tilfælde er der en række øvrige miljømæssige u hensigtsmæssigheder ved disse værker, såsom ringe røggasrensning, miljøbelastende brændselstyper etc.

Den ringere totalvirkningsgrad for de sidst indkoblede kraftværk betyder, at energiforbruget ved at løse effektproblemet er større, set i forhold til det energiforbrug der kunne opnås ved at køre optimalt med de effektive kraftvarmeværksblokke.

En følge af ovennævnte er, at energibesparelser ikke har lige stor samfundsmæssig værdi i forhold til hvilket tidspunkt den realiseres. En sparet kWh har således langt større samfundsmæssig værdi, når den optræder på tidspunkter hvor efterspørgslen af el er stor - typisk i spidslastperioderne. Da produktion af el i spidslastperioder også betyder, at de mindre effektive kraftværker er indkoblet, vil CO<sub>2</sub> udslippet også være større pr. produceret energienhed (el og varme). En lignende problematik kendes eksempelvis, når vinden blæser om natten hvor elforbruget er lavt. Her overstiger elproduktionen behovet grundet vindmølle-drift, og værdien af elproduktionen er lav - reelt faktisk samfundsmæssig negativ.

Effektproblemet i USA har stået på gennem længere tid og er forsøgt løst gennem anvendelse af flere forskellige virkemidler. Ifølge den amerikanske organisation NARUC, der har til formål at regulere aktiviteter blandt andet indenfor elselskaber, er der bl.a. fremkommet følgende:

*"Responsible estimates of the Demand-side potential concluded that as much as 40-50% of the nation's peak load growth over the next twenty years could be met through **energy efficiency, demand-response, and load management** measure that would be less expensive than their supply-side substitutes"*

Med andre ord kan effektproblemet ikke alene løses gennem anvendelse af ét enkelt virkemiddel – flere må tages i anvendelse. Et af virkemidlerne er "demand-response" eller fleksibelt elforbrug, dvs. at få en forbruger til at respondere på prisen - en metode der ifølge Naruc er langt billigere end udvidelse af kraftværkskapacitet.

Tidligere erfaringer har imidlertid påpeget en række barrierer for at få virksomheder interesseret i fleksibelt elforbrug - ofte pga. formodning om stor arbejdsindsats kontra ringe økonomiske besparelsemuligheder. Indførelse af 3-leds tarif har i Danmark været den primære incitamentsfaktor for at få elforbrugeren til at flytte deres elforbrug. For yderligere flytning af elforbrug kræver det incitament, så som større indtægt og/eller enkelt og effektiv metode for at flytte elforbrug. Set fra forbrugernes side er en automatisk regulering således at foretrække. Dette betyder, at elafbrydelighed er det mest oplagte virkemiddel, da det stort set ikke kræver indgreb fra forbrugerne.

I dette projekt er der således taget udgangspunkt i ønsket om at udvikle muligheden for, at flytte dele af forbrugernes elforbrug fra perioder med meget høj efterspørgsel på el til perioder med lavere efterspørgsel. Denne flytning skal ske ved etablering af automatisk afbrydelighed af en del af forbrugerens elforbrug.

I projektet er der fokuseret på den nytte, som afbrydelighedskunden, netselskaberne, de systemansvarlige samt handelsselskaberne (balanceansvarlige) kan få ved at tage hensyn til prisudviklingen på Nord Pool, og den påvirkning, som anvendelse af afbrydelighed i elforbrug giver på prisstabiliteten.

## 1.2 Projektindhold

Projektets idegrundlag bestod oprindeligt i, at eksisterende kommunikationsudstyr mellem kunde og netselskab skulle anvendes til at generere muligheden for afbrydelighed hos en elkunde. Denne form for afbrydelighed kunne opstå, såfremt netselskabet stod i en situation med problemer på distributionsnettet. Endvidere skulle handelsselskabet - eventuelt via den balanceansvarlige - have mulighed for at afbryde for kundens elforbrug. Filosofien her er, at den handelsansvarliges/balanceansvarliges incitament til at foretage dette er varierende priser på engrosmarkedet for handel af el på Nord Pool. Den systemansvarliges interesse i afbrydelighed var tiltænkt dækket gennem den balanceansvarlige, der som nævnt, har et økonomisk incitament til at reagere på priserne.

Det oprindelige projektkoncept var, at projektet skulle løses ved følgende faseforløb:

1. Kortlægning af potentiale for "afbrydelighed" samt udformning af styrestrategi
2. Indgåelse af aftaler omkring afbrydelighed
3. Udvikling af værktøj til tovejs kommunikation



4. Implementering af automatisk dataoverførsel
5. Installation af hardware i demonstrationsvirksomhederne
6. Driftsfase med data- og erfaringsopsamling
7. Analyse af økonomisk besparelspotentiale
8. Formidling af projektresultater og afrapportering

I projektføreløbet skete der i løbet af en relativ kort tidsperiode en række betydelige tekniske fremskridt for trådløs kommunikation. Som følge heraf blev fase 3 og 4 nedprioriteret, da indholdet af disse faser hovedsageligt blev håndteret af den systemansvarlige.

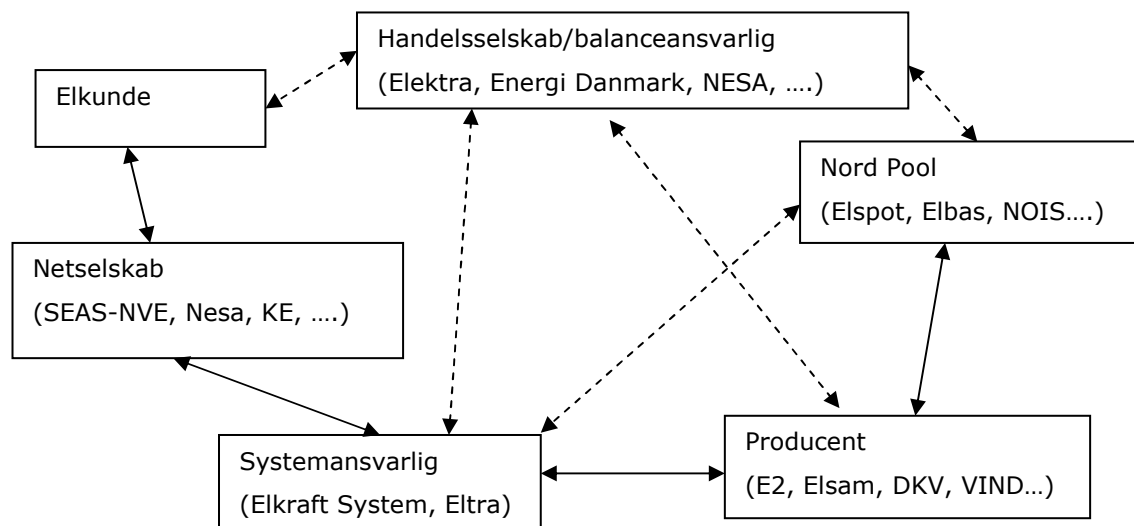
Der henvises til projektansøgningen /1/ og /2/ for en detaljeret beskrivelse af det oprindelige projektkoncept. Med udgangspunkt i denne korte beskrivelse af projektet, omhandler resten af denne rapport resultaterne af projektafviklingen.

Det skal i øvrigt bemærkes, at der i denne rapport stadig opereres med Elkraft System som den systemansvarlige på Sjælland. Årsagen er alene, at udviklingen af Flex-systemet mv. foregik på et tidspunkt, hvor fusionen af Elkraft og Eltra endnu ikke var en realitet.

## 2 Markedet og aktører i forbindelse med afbrydelighed

### 2.1 Aktører ved afbrydelighed

Etablering af afbrydelighed vil automatisk involvere en række forskellige virksomheder og markeder. En række af disse virksomheder vil have et økonomisk incitament til at etablere afbrydelighed. Nogle af disse virksomheder har dog også en række økonomiske risici forbundet med afbrydelighed. For at kunne forstå de komplicerede forhold ved afbrydelighed, er det nødvendigt at kunne se afbrydelighed i en samlet kontekst. Til dette tages udgangspunkt i figur 2.1, der viser interaktioner mellem forskellige aktører i forbindelse med elmarkedet. I figuren symboliserer fuldtoptrukne linjer, at der foregår såvel en fysisk som en økonomisk transaktion (el, målere, afregning, mv.), men de stiplede linjer symboliserer at der alene foregår en økonomisk transaktion (afregning). I visse tilfælde foregår der yderligere transaktioner mellem de involverede. Dette er dog ikke beskrevet her, da det ikke har relevans i forbindelse med afbrydelighed.



Figur 2.1. Interaktion mellem forskellige aktører i forbindelse med afbrydelighed.

#### 2.1.1 Elkunden

Alle kunder køber deres markedsel gennem en elhandler. I de fleste tilfælde er denne elhandler identisk med et selskab, der har forsyningspligt, men visse virksomheder har specialiseret sig i at sælge el, og sælger oftest til større virksomheder. Det er alene markedsel der kan købes på forskellige vilkår, mens poster som transmissionsbidrag, distributionsbidrag, PSO samt diverse statsafgifter er givet. Selve afregningsformen er relativt kompliceret, men i det følgende er beskrivelsen alene rettet mod markedsel, da det er det primære element omkring elprisen, der er relevant i sammenhæng med afbrydelighed.

Man kan købe sin markedsel på flere forskellige måder, men den mest almindelige måde er at tegne en fastpriskontrakt over en kortere eller længere periode. På denne måde sikrer

virksomheden sig mod eventuelle overraskelser, typisk stigninger i elprisen. Når en virksomhed køber el via en fastpriskontrakt, løber elhandleren en risiko for prisfluktuationer. Dette garderer elhandleren sig for, ved at tilbyde en pris, der ligger over spotprisen på markedet. Alternativt kan kunden selv købe sin el på spotmarkedet (se senere). Der findes derudover mange forskellige varianter og kombinationer af elhandelskontrakter der indgås med en kunde.

Hvis virksomheden køber sin el på spotmarkedet, vil elprisen variere time for time. Hermed opnås et incitament til at planlægge sit elforbrug i henhold til, hvornår prisen på el er billigst. Hvis forbrugeren har et årligt elforbrug, der er større end 100.000 kWh, er der krav om en timeafregningsmåler. Dette giver virksomheden en yderligere mulighed for at planlægge sit forbrug, idet de forskellige transportbidrag så også begynder at variere time for time.

Udover den besparelse en virksomhed kan opnå ved at planlægge sit forbrug, kan en virksomhed opnå betaling for afbrydelighed, såfremt én af de øvrige aktører på markedet er villige til at betale for at afbryde for kundens elforbrug. Kunden må til gengæld acceptere, at der afbrydes for deres forbrug.

### 2.1.2 Elhandelsselskabet (balanceansvarlig)

Elhandelsselskabet er en slags grossist af el. Han formidler elsalg til kunder, og køber den el han skal bruge til at sælge til kunden. Den el som den handelsselskabet køber til sine kunder kan enten købes på Nord Pool, dvs. på det nordiske marked for elhandler eller direkte hos producenten (benævnes også bilateral handel).

Ikke alle elhandlere må imidlertid købe el. For at købe el skal man være godkendt balanceansvarlig. Hvis elhandleren ikke er balanceansvarlig, må han købe sig til balanceringsydelsen hos en godkendt balanceansvarlig. I det følgende antages, at elhandleren også er balanceansvarlig, og benævnes nu balanceansvarlig.

Den balanceansvarlige skal dagligt melde til den systemansvarlige, hvorledes deres køb og salg af el foregår time for time for det følgende døgn - den såkaldte aktørplan. Dagen før forbrugsdøgnet, er der gennem prisfastsættelsen på Nord Pool samt indkøb af el sikret, at der er balance mellem forbrug og produktion.

På selve forbrugsdagen kan der opstå uoverensstemmelser mellem køb og forbrug i de aktuelle timer. Såfremt dette sker, bliver den balanceansvarlige som udgangspunkt straffet med en ubalance. Opgørelse af ubalancer foretages månedsvi bagud af den systemansvarlige. Prisen for ubalance afhænger af, hvad den systemansvarlige har måttet foretage sig, for at købe eller sælge den mængde der er forskel mellem forbrug og produktion. Disse priser fastsættes løbende, og kendes ikke af den balanceansvarlige før forbrugstimen er overstået.

Den balanceansvarlige har således en interesse i at minimere risikoen for ubalance. I elhandlens/balanceansvarliges tilbud til kunderne indgår selvfølgelig elprisen, men også tillæg der skal dække deres avance samt risiko for ubalancer mv. Alternativt kan tilbuddet lyde på, at elkunden selv betaler for eventuel ubalance.

Der er flere metoder til at reducere ubalancer. På Nord Pool findes et marked, Elbas, hvor handel med el kan foretages på selve forbrugsdøgnet indtil én time før forbrugstimen. Det er relativt nyt, at dette marked kan anvendes i Danmark. Den balanceansvarlige kan, såfremt han har et komplet billede af realtidsforbruget, benytte denne mulighed. Det er ikke særlig ofte, at den balanceansvarlige har mulighed for at se realtidsforbruget. En anden mulighed kan dog være, at en kunde henvender sig til den balanceansvarlige og meddeler, at forbruget i en række timer afviger markant fra, hvad der er aftalt. I dette tilfælde kan den balanceansvarlige handle, uden at have et nøjere kendskab til hvad det reelle forbrug i en given time bliver. Det sidste er det mest normale.

Når man er inde i selve forbrugstimen, er det ikke længere muligt at købe eller sælge el på markedet. Her kan den balanceansvarlige i stedet have interesse i, at kunne foretage op- eller nedregulering af forbrugere, for at minimere ubalanceomkostningerne. I praksis kan det være lidt vanskeligt at udnytte denne situation, da den balanceansvarlige som nævnt ikke har et realtidsbillede af det samlede forbrug.

Den balanceansvarlige har også en risiko ved afbrydelighedskunder. Eksempelvis straffes denne, såfremt en virksomhed ikke afbryder for et forbrug på trods af en aftale herom. Ligeledes straffes denne, såfremt et afbrudt forbrug kompenseres ved et højere forbrug umiddelbart efter afbrydelsen.

Økonomisk set, må det overordnet siges, at den balanceansvarlige således kun har en interesse i ovenstående, såfremt deres kunder har en økonomisk interesse. Det sidste skyldes, at hvis kunderne tilbyder op- eller nedregulering, skal det ske gennem den balanceansvarlige. Den balanceansvarlige kan således tage sig betalt for det flow af information og økonomiske transaktioner, men kan også tilbyde ydelsen for at tiltrække kunder.

### 2.1.3 Nord Pool

Nord Pool er den nordiske elbørs. Ca. 50% af el elhandel i Norden foregår på Nord Pool. Resten foregår bilateralt. Nord Pool består af et fysisk marked og et finansielt marked. Det finansielle marked håndterer optioner for elsalg og langtidskontrakter. På det fysiske marked håndteres primært prisfastsættelsen af el time for time det følgende døgn (*Elspot*), ligesom der kan handles med el op til én time før forbrugstimen (*Elbas*). Det fysiske marked kaldes også **spotmarkedet**.

Prisfastsættelsen for el foregår ved, at de balanceansvarlige (for forbrug) indmelder hvor meget el de skal bruge i de enkelte timer det efterfølgende døgn, samt til hvilken pris de ønsker af købe til. De balanceansvarlige (for produktion) indmelder ligeledes, hvor meget el de kan levere til en given pris. Time for time fastsættes så spotprisen som skæringspunktet mellem udbud og efterspørgsel. Indmeldinger fra de balanceansvarlige skal ske senest kl. 12.00 for det følgende døgn. Senest kl. 14.00 udmeldes så elprisen time for time i det kommende døgn fra Nord Pool. Spotprisen på Nord Pool kendes således altid 10-34 timer frem i tiden.

#### 2.1.4 Produktionsselskabet

Produktionsselskabet skal melde til deres balanceansvarlige, hvilken produktion de ønsker at levere og til hvilken pris for den kommende periode – dels udfra, hvilke bilaterale aftaler de har lavet, og dels i forhold til, hvilke ydelser de ønsker at levere til Nord Pool. Produktions-selskabet er, i denne forbindelse, ikke så interessant. I det samlede koncept for forsynings-sikkerhed og fleksibelt elforbrug og produktion, vil mindre produktionsenheder dog være meget interessant, da både produktion og forbrug er størrelser som hele elsystemet gør anvendelse af.

#### 2.1.5 Netselskabet

Netselskabets opgave er dels at sikre, at der sker en fysisk levering af el til kunden (distribution af el), og dels at foretage opkrævning af elregningen, idet opkrævningen af markedsel dog varetages af den elhandelsselskabet (eller forsyningspligtselskabet for kunder, der ikke selv har valgt en elhandler). Typisk sendes én regning, såfremt kunden forsynes af forsyningspligtselskabet, og to regninger såfremt kunden selv har valgt en elhandler. Dette er nøjagtigt som man kender det fra telefonselskaberne. Netselskabet videregiver visse af de opkrævede midler til den systemansvarlige (transmissionsbidrag og PSO) samt til staten (afgifter og moms).

Set i forhold til dette projekt, formidler netselskabet målinger af elforbruget hos forbrugeren til forbrugeren selv, til den balanceansvarlige og til handelsselskabet. Såfremt en afbrydelighedskunde kun kan afbryde for dele af sit forbrug – hvilket er det normale – kan der være et behov for at opsætte flere målere. Det kan her være netselskabets opgave, såfremt der er tale om en afregningsmåler. Behovet vil almindeligvis dog kunne løses gennem opsætning af en almindelig måler.

Netselskabet kan opnå en økonomisk gevinst ved at have afbrydelige kunder i områder, hvor netudbygningen er svag. I praksis er dette dog sjældent i Danmark, og netselskabet må

overordnet set siges, kun at have mulighed for en meget begrænset økonomisk gevinst ved afbrydelige kunder.

#### 2.1.6 Systemansvarlige

Den systemansvarlige er overordnet set ansvarlig for transmissionsforbindelserne. Det betyder i praksis, at de skal sørge for at forbrug og produktion er identisk. Såfremt dette ikke er tilfældet, bryder nettet rent fysisk ned, og der opstår et blackout. Dette sker kun meget sjældent.

Op til selve forbrugsdøgnet er der altid overensstemmelse mellem udbud og efterspørgsel. Dette er sikret ved, at den systemansvarlige kender til alle bilaterale handler via den balanceansvarlige, ligesom den systemansvarlige får besked fra Nord Pool om de handler der er foretaget. I praksis er det mere kompliceret end som beskrevet, men det ændrer ikke ved, at den systemansvarliges rolle er, at sikre at behovet modsvarer af udbuddet.

I selve forbrugsdøgnet sker der imidlertid altid en række ændringer. Dette sker dels fordi, elforbrugerne ikke altid forbruger den mængde der blev anslået dagen før, og dels fordi elproducenterne ikke altid producerer den mængde der blev anslået dagen før.

Den systemansvarlige har så til opgave at skabe balance i den enkelte time (rent faktisk hvert minut og sekund). I praksis foregår denne balancering gennem anvendelse af reserver, enten gennem anvendelse af **regulerkraft** eller gennem anvendelse af **hurtige reserver** eller **frekvensstyrede reserver**. Regulerkraftmarkedet anvendes primært til opretholdelse af frekvensen på 50 Hz, mens de hurtige reserver anvendes til at opretholde en normal drift. Det er, som udgangspunkt, regulerkraftmarkedet der kommer til anvendelse, når der er tale om afbrydelighedskunder. Op- eller nedregulering skal kunne ske indenfor 10 minutter (systemkrav).

Regulerkraftmarkedet består i, at den systemansvarlige køber sig til balance gennem op- eller nedregulering i afhængighed af hvad der måtte være brug for. For at sikre, at regulerkraft anvendes mest optimalt, omsættes regulerkraft på et fælles nordisk marked (NOIS). Princippet for det fælles regulerkraftmarked er, at de balanceansvarlige indsender tilbud på op- og nedregulering til den lokale systemansvarlige med angivelse af tilbudt mængde (MW) og energibetaling (kr./MWh). De systemansvarlige videresender disse regulerkraftbud til en "koordinator", der laver en fælles liste over alle regulerkraftbud i Norden sorteret efter pris.

Er der behov for regulering af frekvensen i det fælles nordiske synkron system, aktiveres de regulerkraftbud på den fælles liste, der er økonomisk mest fordelagtige under hensyn til netbegrænsninger. Er der behov for lokal østdansk regulering - fx for at holde udvekslingen med Sverige inden for de aftalte grænser - vælges det mest fordelagtige regulerkraftbud i Øst-

danmark. I begge tilfælde aktiveres og afregnes alle østdanske regulerkraftbud af Elkraft System, og de balanceansvarlige mærker således intet til, om deres regulerkraftbud aktiveres af den ene eller anden grund.

Ved opregulering køber Elkraft System den aftalte mængde af den balanceansvarlige og vælger derfor de opreguleringsbud, der har den laveste pris. Ved nedregulering sælger Elkraft System den aftalte mængde til den balanceansvarlige og vælger derfor de nedreguleringsbud, der har den højeste pris. I begge tilfælde justeres den balanceansvarliges senest godkendte aktørplan med den aftalte produktions- eller forbrugsændring og den tilsvarende handel med Elkraft System. I praksis sker dette vha. "tillægsplaner". Denne ændring sker for at sikre, at den balanceansvarlige ikke bliver ramt af en ubalance ved, at den balanceansvarliges kunde afviger fra den aftale der er indgået med den balanceansvarlige.

Traditionelt har de systemansvarlige haft en kontrakt med de store produktionsselskaber omkring opretholdelse af kapacitet til regulerkraftmarkedet. Den systemansvarlige ønsker imidlertid ikke at være afhængig af én eller kun få virkemidler til regulering. Det skyldes dels, at flere aktører på markedet sandsynligvis betyder en mindre pris til op- eller nedregulering, og dels at den systemansvarlige ikke ønsker at være sårbar ved kun at kunne opnå regulering fra et enkelt sted.

Ved månedens afslutning indsendes alle målinger fra netselskabet til den systemansvarlige. Disse målinger sammenlignes med den balanceansvarliges aktørplan. Eventuelle afvigelser mellem aktørplanerne og det realiserede forbrug, "straffes" nu med ubalancer ud fra en række komplicerede forhold.

## 2.2 Elmarkeder og afbrydelighed

Priselastisk elforbrug vil i fremtiden udgøre en væsentlig del af markedet for energiydelser. Det skyldes, at priselastisk elforbrug har flere funktioner. Ifølge Nordel /3/, bidrager priselastisk elforbrug, herunder afbrydelighed, til følgende:

- Muliggøre dannelse af "markedsræssige" elpriser i perioder med kapacitetsmangel.
- Agere som ekstra kapacitet og undgå "brown-outs" og "black-outs".
- Modvirke misbrug af markeds kræfter fra udbudssiden.
- Udjævning af elpriser.
- Reducere elregningen for den enkelte kunde.

Afbrydelighed bliver ofte opfattet som en mulighed til at klare "kritiske situationer" eller med andre ord, når der opstår et anstrengt forhold mellem udbud og efterspørgsel af elektricitet. Denne "problemløsning" kan imidlertid opdeles i en række underkategorier set i forhold til den tidsræssige dimension. På det Nordiske elmarkedet Nord Pool opereres med 4 forskelli-

ge muligheder for at afhjælpe forholdet mellem udbud og efterspørgsel i henhold til den tidsmæssige dimension: Spotmarkedet (dagsbasis), Elbas (timebasis), Regulerkraft (minutbasis) og Reserver (Sekunder).

### 2.2.1 Spotmarkedet

På spotmarkedet fastsættes mængder og priser for de næste 10 til 34 timer. Hvis der er timer med mangel på kapacitet er resultatet høje timepriser. Dette ses eksempelvis i perioder, hvor det er meget koldt, kombineret med ringe elproduktion fra vindmøller og anlæg, der af en eller anden grund er ude. Såfremt der omvendt er et højere udbud end efterspørgsel, vil prisen falde. Dette ses eksempelvis, når det forventes, at det blæser meget - specielt om natten.

Prissignalet på dette marked er således tydeligt – ved høje priser tilskyndes producenter til at levere mere produktion og forbrugere til at mindske forbruget. Omvendt ved lave priser.

Afbrydelighed kan i forbindelse med spotmarkedet anvendes progressivt af virksomhederne til at reducere deres forbrug i perioder med høje timepriser. Dette kræver imidlertid, at forbrugerne afregner efter spotprisen – og ikke efter en fastpris – men kræver også, at forbrugers balanceansvarlige gøres opmærksom på effektreduktionen, da denne ellers vil opnå en ubalance, der kan risikere at blive omkostningsfuld. Såfremt den balanceansvarlige har kendskab til effektreduktionen, kan dette sælges på Elbasmarkedet eller regulerkraftmarkedet, der må formodes at efterspørge effekt. På denne måde kan såvel forbrugeren som forbrugers balanceansvarlige opnå en økonomisk gevinst

Såfremt forbrugeren afregner elforbruget efter fastpris, vil den balanceansvarlige stadig have mulighed for at udnytte afbrydelighed hos en kunde. Da kunden ikke direkte vil opnå en økonomisk fordel ved at afbryde for deres elforbrug - andet end fastprisen for el - vil det være nødvendigt at opstille retningslinjer for, hvorledes den opnåede fortjeneste deles mellem den balanceansvarlige og elforbrugeren. I Sverige har den Svenske Energistyrelse oprettet standardkontrakter til sådanne aftaler /4/. Disse aftaler kunne, uden større problemer, anvendes i Danmark.

Generelt anvendes afbrydelighed kun i meget begrænset omfang i forbindelse med spotmarkedet. Årsagen skal sandsynligvis ses i et relativt begrænset økonomisk potentiale set i forhold til det arbejde der skal udføres, specielt fra den balanceansvarlige side. Når det økonomiske potentiale må siges at være begrænset skyldes det, at prisfluktuationerne på det Nordiske marked hidtil har været relativt begrænset.



### 2.2.2 Elbas

Hvis der skal handles med afbrydelig effekt som led i prisdannelsen på spotmarkedet, kan det i praksis ske på dette marked. Elbas er et marked, hvor salg og køb af el kan ske indtil 1 time før forbrugstimen. Den fysiske handel på dette marked er meget begrænset set i forhold til den handel der foregår på spotmarkedet. Årsagen til dette skal sandsynligvis også findes i de omkostninger der er forbundet med handel kontra de muligheder for gevinst der foreligger.

### 2.2.3 Regulerkraftmarkedet

I selve forbrugstimen overgår ansvaret for opretholdelse af balance og frekvens til den systemansvarlige. Ubalancer opstår som følge af forskelle mellem udbud og efterspørgsel, som på kort sigt kan medføre sikkerhedsmæssige problemer. Der opereres med følgende årsager til ubalancer:

- *Prognose fejl.* Opstår når estimeret forbrug og produktion afviger fra hinanden. Dette opstår eksempelvis typisk i Danmark, når en vindfront ankommer tidligere eller senere end forventet.
- *Kraftværksfejl eller transmissionsfejl.* Her skal balancen genoprettes primært for at systemet er i "fejlsikker tilstand", dvs. systemet skal kunne modstå en ny fejl.

Der anvendes to "systemer" til at opretholde balance i forbrugstimen: Regulerkraft og hurtige reserver. Regulerkraft anvendes til opretholdelse af frekvensen på 50 Hz, mens de hurtige reserver anvendes til at opretholde "fejlsikker tilstand". I det følgende behandles alene regulerkraftmarkedet, da de hurtige reserver ikke er aktuelt i forhold til afbrydelighed.

Alle ressourcer der tilbyder regulerkraft bliver opført på det fællesnordiske markedet for regulerkraft (NOIS). Når der er behov for regulering, bliver det billigste tilbud på listen valgt af den systemansvarlige, efterfulgt af det næstbilligste tilbud om nødvendigt, osv.

Det kan være nødvendigt at fravælge de billigste tilbud på listen, hvis disse befinder sig i et område, hvor flaskehalse i systemet betyder, at de ikke kan anvendes til regulerkraft i området med behov. En udbyder af regulerkraft skal tilbyde deres regulerkraftydelse samt prisen herfor time for time via den balanceansvarlige. Der opereres med såvel opregulering som nedregulering, men uanset typen skal en opregulering efter aktivering være foregået indenfor 10 minutter. Såfremt afbrydelse af elforbrug ikke kan ske indenfor 10 minutter, kan det derfor ikke tilbydes som en regulerkraftydelse.

Ved at aktivere opregulering menes, at den systemansvarlige køber el, dvs. producenterne øger deres produktion, hvilket er identisk med, at forbrugere mindsker deres forbrug (eksempelvis afbrydelighed). Omvendt med nedregulering, der betyder at den systemansvarlige

sælger el. Opregulering har samme pris som spotprisen eller højere. Nedregulering har samme pris som spotprisen eller lavere.

Såfremt en aktør har en ubalance, dvs. en forskel mellem realiseret forbrug og indkøbt forbrug – eller det samme for produktion – betales regulerkraftprisen som ubalanceomkostning. Denne betaling følger samme struktur som prissætningen for regulerkraft, dvs. en ubalance der hjælper systemet betales med spotprisen, dvs. ingen ekstra betaling. Forskellen mellem priserne på spotmarkedet og regulerkraftmarkedet er som regel meget begrænsede, hvilket vurderes til at være den mest væsentlige årsag til, hvorfor priselastisk elforbrug ikke har vundet større indpas end det er tilfældet.

#### 2.2.4 Reserver

Da regulerkraft også er en reserve, menes der her driftstyrresreserver. Her er tale om reserver der aktiveres, såfremt frekvensen falder under 49,9 Hz (i intervallet 49,9-50,0 Hz anvendes regulerkraftmarkedet til stabilisering). Reserverne skal kunne aktiveres meget hurtigt, og 50% af effekten skal være tilgængelig indenfor 5 sekunder og resten indenfor 30 sekunder. Set i forhold til afbrydelighed er markedet for reserver næppe interessant, grundet de hurtige responstider. Forbrugere der er i stand til at reducere deres forbrug øjeblikkeligt, vil have mulighed for at deltage i dette marked. En forudsætning er dog oftest, at man er til rådighed konstant, dvs. at man konstant har et forbrug der kan afbrydes øjeblikkeligt. Dette er ikke ofte tilfældet.

### 2.3 Økonomiske forhold relateret til de forskellige markeder

Anvendelse af afbrydelighed på de forskellige markeder må ses på baggrund af, hvor stor muligheden og fleksibiliteten for afbrydelighed er. På spotmarkedet er omsætningen af el meget stor, mens den er relativ lille på markedet for regulerkraft samt på Elbas. Såfremt afbrydelighed tilbydes på spotmarkedet, kan forbrugeren være rimelig sikker på at blive aktiveret, såfremt prisen er attraktiv. På regulerkraftmarkedet vil antallet af aktiveringer være langt lavere, tilgængæld vil prisen være højere.

Udover betalingen for de aktuelle aktiveringer kan forbrugere og producenter, der tilbyder priselastisk elforbrug, herunder afbrydelighed, yderligere betales med en fast reservationsbetaling, for at agere på markederne, dog ikke Elspot- eller Elbasmarkedet. Tabel 2.1 giver et overblik over, hvorledes betalingen i praksis foregår til producenter og forbrugere, der tilbyder et priselastisk elforbrug:

Marked	Variabel pris	Reservationsbetaling
Elspot	JA	NEJ
Elbas	JA	NEJ
Regulerkraftmarkedet	JA	JA
Reservekraft	NEJ	JA

Tabel 2.1. Forskellige betalingsystemer for ageren på Nord Pool markeder.

Forbrugere, der tilbyder afbrydelighed, vil typisk finde regulerkraftmarkedet attraktivt, da de dels tilbydes et fast beløb, og dels ikke behøver at følge meget med i markedsudviklingen af priser.

## 2.4 Konklusion omkring markeder og aktører

En sammenfatning af markederne samt mulighederne i det Nordiske elmarkedet er vist i tabel 2.2.

Parame-ter	Reserver	Regulerkraftmarkedet	Elbas	Elspot
Problem	Hurtigt fald i frekvens	Opretholdelse af frekvensen og driftsikre systemer	Justering af planlagt produktion	Allokering af forbrug og produktion
Årsag	Fejl i anlæg eller i transmissionen	Prognose fejl Fejl i anlæg eller i transmissionen	Prognosefejl Overskydende kapacitet	Produktionsrationale Begrænset kapacitet Ubalancer
Prissætning	Kontrakter	Kontrakter Variabel betaling (regulerkraftpriser)	Elbas (prissætning) Realtidshandel Dynamiske priser	Elspot Tidstariffer
Aktion	Automatisk aktivering af reserver	Forbrugere aktive på regulerkraftmarkedet Kontrakter mellem forbrugere og systemansvarlig	Forbrugere aktive omkring balancering	Forbrugere aktive på spotmarkedet DSM

Tabel 2.2. Anvendelse af afbrydelighed set i relation til de forskellige elmarkeder i de Nordiske lande.

Indtil videre har prissætningen på Elspot betydet, at det ikke har været særligt attraktivt at agere aktivt på dette marked. Med agere menes, at en virksomhed aktivt forholder sig til prisen i en enkelt time og flytter eller afbryder deres forbrug væk i perioder med høje priser.

Da prisen på regulerkraftmarkedet afspejler spotprisen, er dette marked kun interessant grundet muligheden for reservationsbetaling. De praktiske erfaringer i Norden – inklusive dette projekt – er således også, at virksomheder alene agerer, såfremt de tilbydes en reservationsbetaling.

Omkring aktørerne må det overordnet set siges, at netselskabet kun i teorien har en økonomisk interesse i at have afbrydelige kunder. Netselskabet var, i projektet, da også kun til tænkt som en rolle, da de havde adgang til forbrugsoplysninger hos kunden. Udviklingen i trådløs kommunikation gennem projektet betød da også, at det blev valgt, at netselskabet ikke var det mest optimale medie til datakommunikation.

Den balanceansvarlige spiller en central rolle i forbindelse med afbrydelighed. Det skyldes dels, at den balanceansvarlige håndterer transmission af data forbundet med afbrydelighed, ligesom de økonomiske transaktioner håndteres via den balanceansvarlige. Ligeledes har den balanceansvarlige økonomiske incitamentter til at minimere eventuelle ubalancer mellem reelt forbrug og indkøbt el. Denne mulighed er imidlertid noget vanskelig at udnytte, så længe der ikke haves et realtidskendskab til forbruget hos kunderne. Den balanceansvarlige kan dog udnytte afbrydelighed til at sælge el til en høj pris i perioder med kapacitetsmangel.

Den systemansvarlige har det overordnede ansvar for transmissionsforbindelserne. I selve forbrugstimen anvendes bud på regulerkraftmarkedet til at opretholde frekvensen, hvilket eksempelvis kan ske gennem afbrydelighed. Den systemansvarlige kan tilbyde en reservationsbetaling for, at en virksomhed stiller afbrydelighed til rådighed for systemet via regulerkraftmarkedet. Den systemansvarlige spiller således også en væsentlig rolle for etablering af afbrydelighed hos en kunde. Kort beskrevet vil afbrydelighed hos en kunde indeholde følgende elementer:

1. Elkunden laver en aftale med de systemansvarlige om at stille et afbrydeligt elforbrug til rådighed for regulerkraftmarkedet. Dette foregår ved, at den systemansvarlige udbyder denne ydelse, hvilket i praksis sker mindst én gang årligt.
2. Elkunden laver en aftale med deres elhandler/balanceansvarlige og netselskab omkring varetagelse af dataflow og økonomiske transaktioner.
3. Elkunden og den balanceansvarlige opstiller retningslinjer for, hvorledes de økonomiske forhold omkring ubalancer afregnes.
4. Elkunden og den balanceansvarlige opstiller retningslinjer for, hvorledes de økonomiske forhold omkring eventuelt salg af el (afbrydelighed) på Elspot og Elbas afregnes.

I praksis viser det sig, at ingen elkunder/virksomheder kan gennemskue dette komplekse forløb, og kan ikke skelne de enkelte aktører fra hinanden. Virksomheder som kan tilbyde afbrydelighed, skal derfor i højere grad kunne foretage dette gennem en "mellemand" - eller i det mindste uden at skulle involveres i mange forskellige problemstillinger.

### 3 Potentiale for "afbrydelighed" samt aftaler om afbrydelighed

#### 3.1 Potentiale for afbrydelighed i demonstrationsvirksomhederne

Når en virksomhed skal indgå en aftale om afbrydelighed, er det ikke tilstrækkeligt at kende tidligere eller aktuelt effektoptag. Det er nødvendigt at kende et estimat for, hvor stort et elforbrug det kan forventes der kan afbrydes for i en given kommende periode. Da dette ikke kan siges med sikkerhed, må der anvendes modeller til dette. Disse modeller tager som oftest udgangspunkt i hidtidig information omkring elforbruget. I de følgende underafsnit præsenteres demonstrationsvirksomheder samt de metoder der er foretaget med henblik på at estimere det afbrydelige elforbrug time for time.

##### 3.1.1 *Frigoscandia*

Frigoscandia's frysehus i Avedøre er et distributionsfrysehus for fødevarer. Frysehuset har både lagring af varer, plukning af kartoner samt indfrysning af store mængder kartonvarer. Frysehuset er på 95.000 m<sup>3</sup> og er opdelt i 10 separate frostlagre. I hvert frostlager sidder et antal fordampere, som nedkøler rummene til ca.  $\pm 25^{\circ}\text{C}$ . Kulden leveres fra kølemaskiner placeret i maskinrummet. Indfrosne varer modtages på paller og har en temperatur ved modtagelsen på ca.  $\pm 20^{\circ}\text{C}$ . Disse distribueres umiddelbart videre til frostlagrene. Varer, der skal indfryses, modtages i kartoner stablet på paller. Disse indfryses umiddelbart efter ankomst i specielt indrettede fryser. Indfrysningsperioden er ca. 36 timer. Efter endt indfrysning køres varerne på frostlager. Frigoscandia har således en relativ enkel produktionsgang, hvad angår behandling af indkomne varer, med en stor produktionskapacitet og en stor termisk lagerkapacitet, som kan udnyttes i forbindelse med afbrydelighed. Forbruget af fødevarer er stort set uafhængigt af sæsonen, hvilket betyder, at produktionskapaciteten hos Frigoscandia kan udnyttes som afbrydelighed fuldt ud hele året. Afbrydelighed i frysehus er meget relevant, da der altid er opbygget kuldager i lagrene/varerne, således at elforbruget kan flyttes over mange timer.

Frigoscandia's årlige elforbrug har siden 2001 ligget omkring ca. 6.000 MWh, hvoraf ca. 2.000 MWh anvendes til indfrysning. Fordelingen af forbruget var tidligere ca. 60%, 25% og 15% i hhv. lavlast, højlast og spidslast. To gennemførte projekter i løbet af 2003 /5/ og 2004 /6/ har imidlertid betydet, at denne fordeling nu er ca. 65%, 28% og 7% i hhv. lavlast, højlast og spidslast. Forbruget er nogenlunde jævnt fordelt over året, dog lidt højere om sommeren grundet højere udetemperaturer og dermed større transmission af varme til frosthusene.

Frigoscandia har alene hovedmålere placeret, og det er ikke umiddelbart muligt at differentiere mellem elforbrug til kølekompressorer, fordampere, kondensatorer, pumper, belysning,

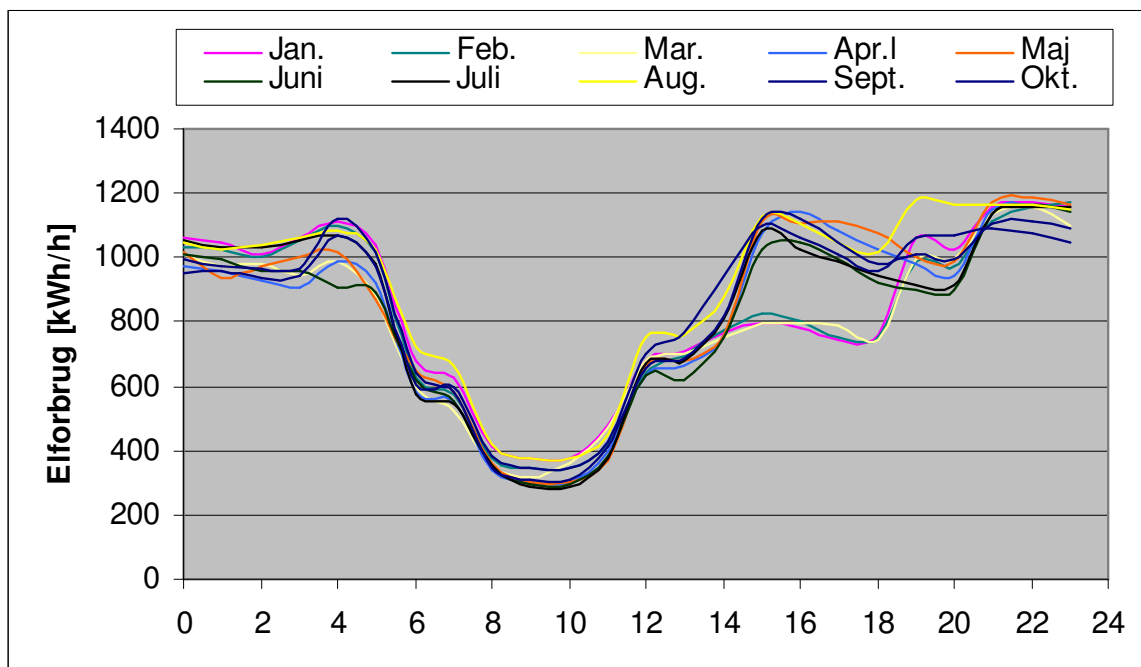
opladning af trucks, elvarme for at undgå permafrostskader samt diverse mindre forbrug, eksempelvis kontorer, automatiske døre mv.

Det er alene elforbruget til kølekompressorer, fordampere, kondensatorer og pumper der afbrydes for. Ingen personer bliver derved påvirket af, at der afbrydes for elforbruget.

Grundet de ovenfor omtalte projekter /5/ og /6/, er der indhentet og analyseret på et meget betydeligt datamateriale gennem 4 år. Dette datamateriale har vist, at elforbruget med god nøjagtighed kan opstilles i 3 forskellige døgnprofiler:

- Type 1: Mandag og fredag.
- Type 2: Tirsdag, onsdag og torsdag.
- Type 3: Lørdag og søndag.

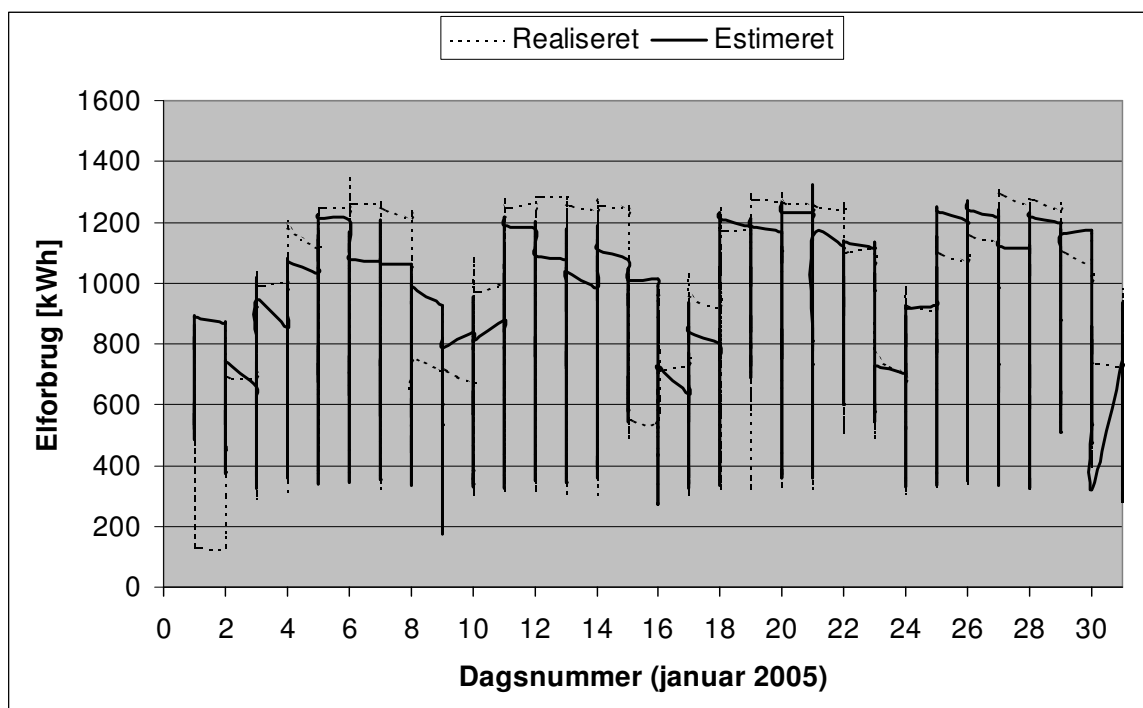
Forskellen mellem type 1 og type 2 er primært, at anvendelse af indfrysingskapaciteten ikke udnyttes fuldt ud mandag og fredag. Type 3 dage er kendetegnet ved, at behovet for køling ikke er så stort, da der ikke arbejdes i weekends- dog indfryses der indtil søndag indtil ca. middag. Dertil kommer, at der ikke "spekuleres" i tarifstyring i weekends, da der alene er tale om lavtarif. Figur 3.1 viser de enkelte døgnprofiler for type 2 dage fordelt på måneder. Af figuren ses tydeligt, at profilerne i meget høj grad er identiske. Den absolutte værdi af elforbruget forskydes naturligvis som funktion af udetemperaturen, og elforbruget er derfor lavest om vinteren og højest om sommeren.



Figur 3.1. Døgnprofiler som funktion af måned for de første 10 måneder af 2004. Bemærk, at forbruget i perioden 08-12 er temmelig identisk, da køleanlægget slukkes i denne periode. Bemærk også effekten af den sene spidslastperiode, der kun finder sted i vintermånederne.

Det særlige ved figuren er, at elforbruget i perioden mellem 8-12 er temmelig konstant – stort set uafhængigt af årstiden. Årsagen til dette skyldes, at her er køleanlægget – inkl. kondensatorer, pumper og fordampere – lukket ned. Det resterende forbrug, 300 kWh/h, skyldes derfor alt det øvrige forbrug, dvs. belysning, opladning af trucks, elvarme for at undgå permafrostskader samt diverse øvrigt forbrug. Dette forbrug falder til omkring 150 kWh/h om natten, hvor der ikke er belysning i frostrummene, hvor de anvendte trucks er begyndt at blive opladt og hvor der ikke er mennesker på kontorer.

Det er således relativt simpelt at estimere elforbruget time for time i løbet af året, hvilket således foretages ved at sammenholde den aktuelle dagstype og time med profilen opstillet i den aktuelle måned. Dette tabelopslag fratrækkes den konstante andel, som der er redegjort for ovenfor. På grund af det omfattende datamateriale har det derfor været muligt, at opstille rimeligt præcise estimater af estimeret forbrug og realiseret forbrug. Dette fremgår af figur 3.2.



Figur 3.2. Forskel mellem estimeret og realiseret elforbrug.

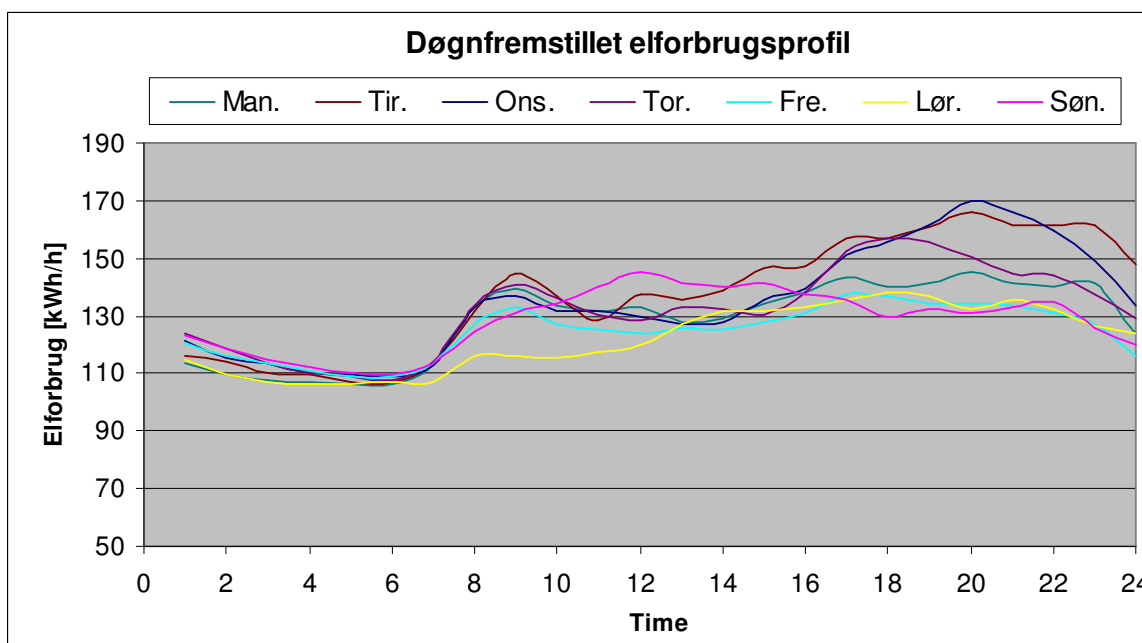
Den gennemsnitlige afvigelse mellem estimeret og realiseret elforbrug er på knap 9%. Den absolutte afvigelse er imidlertid noget større, hvilket primært skyldes, at der er enkelte timer, hvor afvigelserne er meget store. Disse afvigelser sker primært, når det estimeres, at forbruget er meget stort, og der stort set ikke er noget forbrug. Dette sker oftest på helligdage og perioder, hvor der i længere tid ikke har været indfrysning, som eksempelvis 1/1-2005 og 2/1-2005. I disse tilfælde må modellens resultater rettes til manuelt af Frigoscandia.

### 3.1.2 Gentofte Skøjtehal

Gentofte Skøjtehal anvendes til ishockey, kunstsøjteløb og skøjteløb for almindeligt publikum. Skøjtehallens åbningsperiode er omkring september–marts, begge måneder inkl. Det er køleanlægget i skøjtehallen som kan afbrydes. Køleanlægget anvendes til frysning af vand, der hældes på skøjtebanen for at opnå en "god" is. Dertil skal køleanlægget vedligeholde temperaturen af isen, således at den ikke smelter, når varmebelastningen øges i hallen – eksempelvis i forbindelse med en ishockeykamp, hvor der er mange tilskuere. Tilskuerkapaciteten i hallen er ca. 1.000, og der er derfor tale om en relativ lille hal.

Skøjtehallen er typisk åben i tidsrummet 09-23 hver dag i ugen i åbningsperioden, vekslende mellem offentlig åbningstid, træningstid for klubber samt forskellige kampe og stævner. Da isen ligger konstant i åbningsperioden, er anlægget tilgængeligt for afbrydelighed konstant i denne periode.

Når der afbrydes for køleanlægget, stoppes kølekompressorerne, pumperne samt kølecondensatoren. Skøjtehallen er imidlertid ikke udstyret med egen måler, men forsynes fra en hovedtavle, der dækker elforbruget til hele Gentofte stadion, dvs. inkl. kontorer, belysningsanlæg til fodboldbaner, brugsvandpumper mv. Figur 3.3 viser døgnprofiler for elforbruget, idet elforbruget fra december (2004) og januar (2005) er anvendt til fremstilling af disse kurver. Af figuren fremgår det, at forbruget er relativt konstant om natten, mens forbruget stiger i løbet af dagen. Stigningen i elforbruget i løbet af dagen skyldes imidlertid ikke forbrug i skøjtehallen, men forbrug forbundet med anvendelse af kontorer, anvendelse af belysning til omklædningsrum, anvendelse af belysningsanlæg på fodboldbaner samt øvrigt forbrug, der ikke er relateret til anvendelse i skøjtehallen.



Figur 3.3. Døgnprofiler for elforbrug på Gentofte Stadion.



Elforbruget til skøjtehallen er derfor estimeret til gennemsnittet af forbruget i lavlasttimerne om natten fratrukket 5 kW til nødbelysning, cirkulationspumper, etc. Da ovenstående elforbrug er beregnet ud fra data fra december og januar, er der korrigeret for vejrets indflydelse. Dette gøres ved at tillægge 2% til elforbruget i november og februar, 5% i marts og oktober samt 10% i april og september. Det er dette beregnede elforbrug der er grundlaget for afbrydelse.

### 3.1.3 COOP (3 Kvickly butikker)

I Kvickly butikkerne kan der afbrydes for et større antal elforbrugende enheder. I de fleste tilfælde betyder det dog, at der er forbrugere der generes. Butikkernes kombinerede varme- og kølesystem (luftkonditioneringsanlæg), kan imidlertid stoppes i kortere perioder hver dag. De forskellige Kvickly butikker har mellem 2-5 anlæg - dels i afhængighed af størrelsen af butikken, og dels i afhængighed af om der er en bager i butikken eller ej. De Kvickly butikker, hvor der afbrydes for luftkonditioneringsanlægget er:

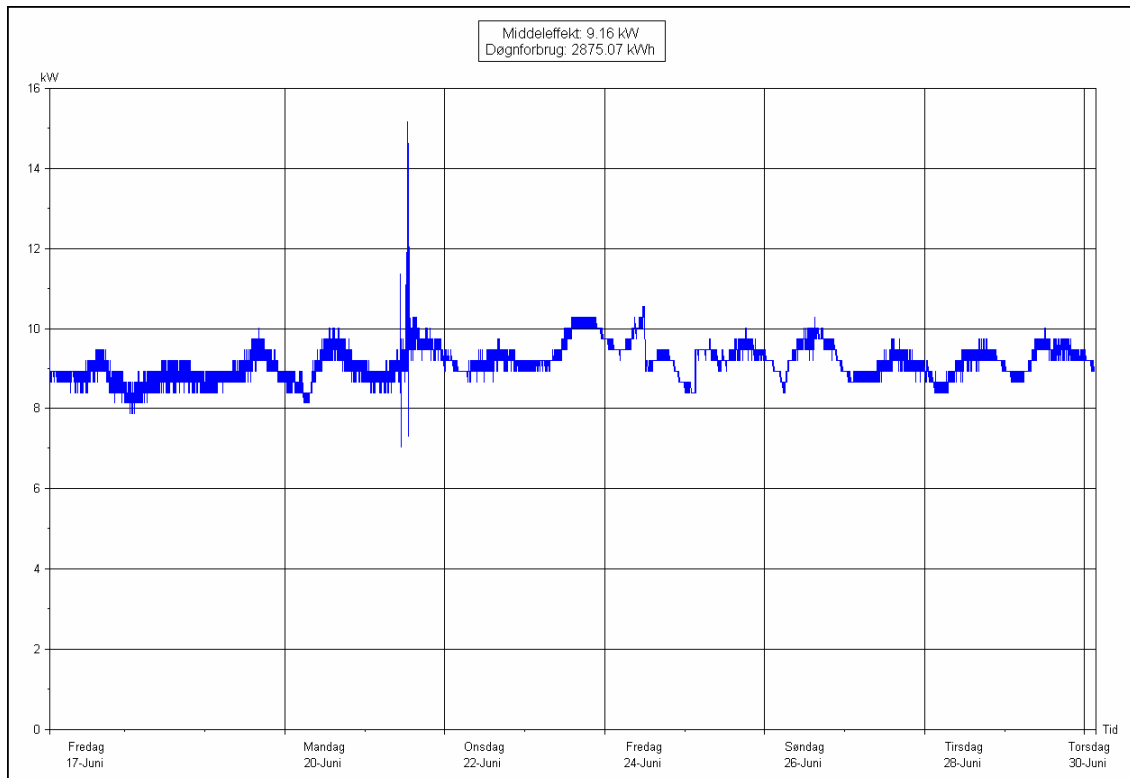
- Kvickly Falkoner Allé (Frederiksberg)
- Kvickly, Englandsvej (Amager)
- Kvickly Prøvestenscentret (Helsingør)

Der er tale om 3 relativt store Kvickly butikker. Den effekt der kan afbrydes for, varierer dels som følge af ændringer i udetemperaturen (dvs. er der et varmebehov eller et kølebehov), og dels som funktion af åbningstiden i butikken. Uden for åbningstid er kører visse af anlæggene kun delvist, og kan derfor kun anvendes som afbrydelig effekt i begrænset omfang.

Med henblik på at estimere, i hvilket omfang anlæggene kører, blev der opsat måleudstyr på et luftkonditioneringsanlæg samt på hovedventilationsanlægget i Helsingør. Figur 3.4 viser resultaterne af målingerne foretaget på luftkonditioneringsanlægget. Af figuren ses, at anlægget (et butiks anlæg) kører nogenlunde kontant. Såfremt anlæggene er placeret ved en slagter eller en bager, kan man dog forvente, at anlæggene vil være slukkede om natten, da behovet for (primært) køling ikke er tilstede.

De centrale ventilationsanlæg bliver enten slukket om natten, eller kører ved nedsat hastighed. Der blev foretaget spotmålinger på det centrale ventilationsanlæg, der kører en del af butikken, hvor luftkonditioneringsanlægget, der blev målt på, også var placeret. Målingerne viste, at det gennemsnitlige effektoptag var:

- 0 kW udenfor butiksåbningstiden (22-06 Mandag-Lørdag samt Søndag)
- 22 kW i butiksåbningstiden (06-22 Mandag-Lørdag)



Figur 3.4. Målinger på et luftkonditioneringsanlæg hos Kvickly i Helsingør.

Målingerne vist af figur 3.4 er anvendt som et gennemsnitligt mål for, hvor stor en effekt der kan afbrydes for hhv. i butiksåbningstiden samt udenfor butiksåbningstiden (dvs. forholdet mellem målt effekt og nominel effekt). Der er endvidere indlagt en korrektion for variationer i årstiden, således at den målte midlede effekt anvendes i sommer- og vintermåneder, hvor der er stort set konstant køle- og varmebehov. Forår og efterår regnes med, at denne effekt kun er 75% af den målte.

Alt i alt må det konkluderes at bestemmelsen af den afbrydelige effekt i Kvickly butikkerne, på trods af målingerne, er den mindst sikre set i forhold til Frigoscandia og Gentofte Skøjtehal. Dette kunne forbedres betydeligt, ved at lave et noget mere kompliceret studie af driftstiden og afhængigheden af belastningen. Dette skal imidlertid gøres for hver enkelt butik, da disse varierer noget, både i belastning og i åbningstid.

Det anbefales derfor, at afbrydelig effekt for denne type butikker estimeres som forholdet mellem maksimal (nominel) effekt og en målt effekt på et givent tidspunkt. Denne metode er meget usikker, men da usikkerheden for, hvorvidt anlæggene kører indenfor en kortere periode er endnu større, vurderes det at nøjagtigheden er tilstrækkelig til formålet.

### 3.2 Indgåelse af aftaler med demonstrationsvirksomhederne

Der var ved projektstart lagt op til, at betaling for afbrydelighed skulle ske ved, at virksomheden ville undgå at betale for deres elforbrug i perioder, hvor elprisen på Nord Pool er høj. Da de fleste virksomheder ikke indkøber deres el efter spotprisen på Nord Pool, men på en fastpriskontrakt, vil den balanceansvarlige have et økonomisk incitament til at indgå en aftale med virksomheden, således at den balanceansvarlige og virksomheden kunne dele den gevinst der ville opstå ved, at den balanceansvarlige ikke skulle indkøbe el i disse perioder - eller alternativt kunne sælge el til en høj pris.

Som beskrevet i kapitel 2, er det sig imidlertid ikke så simpelt, dels pga. en række tekniske vanskeligheder ved at have en on-line indikation af elforbruget hos den balanceansvarlige, og dels da der også er større økonomiske risici for den balanceansvarlige. I praksis har den balanceansvarlige kun en økonomisk interesse, såfremt kunden har en større økonomisk interesse, da denne kan tage sig betaling for balanceringsydelsen mv.

For virksomhederne ville det økonomiske incitament således alene være, at de opnår en besparelse på deres elomkostninger i de timer, hvor elprisen er høj. Denne indtjening viser sig imidlertid at være meget begrænset, hvilket illustreres ved følgende eksempler:

#### **Eksempel på virksomhed der har tegnet fastpriskontrakt:**

Virksomheder, der har tegnet fastpriskontrakt på deres markedsandel, har typisk en elomkostning på 50-70 øre/kWh, i afhængighed af forbrug, branche, fysiske beliggenhed, mv. Hvis man har et anlæg på 1MW, der kan afbrydes i 20 timer om året, vil der opnås en besparelse på 10-14.000 kr./år. Til sammenligning er elomkostningerne mere end 1 mio. kr., såfremt anlægget blot har 2.000 driftstimer årligt. Den opnåede besparelse ved afbrydelighed er derfor meget lille i forhold til forbruget. Dertil kommer, at der altid vil være risici forbundet med at være afbrydelighedskunde, uanset hvilke sikkerhedssystemer man etablerer.

#### **Eksempel på virksomhed der afregner deres forbrug efter spotprisen:**

Kunder, der afregner markedsandelen af deres elforbrug efter spotprisen på Nord Pool vil opleve, at prisen stiger dramatisk i visse timer. Imidlertid er der tale om relativt få timer. Således var der kun ca. 25 timer i 2004, hvor den østdanske spotpris var højere end 40 øre/kWh. Selvom den samlede elpris, i disse timer, måske ligger i intervallet 70-120 øre/kWh, vil den samlede gevinst ved afbrydelighed alligevel kun ligge omkring 20.000 kr./år. Faktum er, at det økonomiske incitament langt fra er tilstrækkeligt til, at virksomheder generelt vil lade sig afbryde.

Uafhængigt af dette projekt, udbød den daværende systemansvarlige i Østdanmark – Elkraft System – muligheden for at byde ind med afbrydelig effekt. Oplægget fra den systemansvarlige var, at virksomhederne kunne byde ind i udbuddet, der blev vurderet ud fra følgende kriterier:

- Tilgængelighed af anlæg, dvs. hvor stor en del af året anlægget kan afbrydes.
- Prisen for at stå til rådighed – også benævnt reservationsbetaling.
- Prisen for at lade sig afbryde i den enkelte time.

I udbuddet blev der budt ind med alle virksomhederne benævnt i dette projekt, og alle virksomhederne blev indkaldt til forhandlinger med henblik på indgåelse af kontrakt om afbrydelighed. Resultatet af kontraktforhandlingerne blev, at alle virksomhederne nu er del af Flexprojektet hos Elkraft System, og står til rådighed for den systemansvarlige for afbrydelighed.

Det skal bemærkes, at langt den største eleffekt der stilles til rådighed for Elkraft System består af effekt, der leveres ind på nettet i form af nødstrømsanlæg. Set fra den systemansvarlige, modsvarer dette imidlertid afbrydelighed. Ud af antallet af virksomheder der bød ind med afbrydelighed, udgør de tre virksomheder i dette projekt hovedandelen.

Resultatet af forhandlingerne er gengivet i det følgende. Dog er reservationsbetalingen angivet som et indeks, der alene kan sammenlignes for disse 3 cases. Det kan dog siges, at der typisk er opereret med reservationsbetalinger på ca. 200.000 kr./MW/år.

### 3.2.1 Frigoscandia

Resultatet af forhandlingerne er på kort form gengivet i tabel 3.1:

Parameter	Resultat
Anlæggets maksimale kapacitet	1.350 kW
Tilgængelighed (anlæggets årlige driftstid)	8.760 h
Responstid (nedlukningstid)	< 3 minutter
Maksimal aktiveringstid pr. kalenderår	100 timer
Maksimal aktiveringstid pr. døgn	3 timer
Aktiveringsform (IP/Voice)	IP
Pris ved afbrydelighed	92 øre/kWh
Reservationsbetaling (indeks)	77

Tabel 3.1. Nøgleoplysninger omkring tilgængelighed og prissætning af afbrydelighed hos Frigoscandia.

Af tabellen fremgår det, at antallet af timer som køleanlægget kan afbrydes er relativt beskedent - 1% af årets driftstimer, mens antallet af timer anlægget kan slukkes i døgnnet er relativt højt. Det ses endvidere, at aktiveringstiden er rimelig kort, hvilket betyder at anlægget står stille rimeligt kort tid efter der er sendt et aktiveringssignal.

### 3.2.2 Gentofte skøjtehal

Resultatet af forhandlingerne er på kort form gengivet i tabel 3.2:

Parameter	Resultat
Anlæggets maksimale kapacitet	125 kW
Tilgængelighed (anlæggets årlige driftstid)	4.250 h
Responstid (nedlukningstid)	< 1 minut
Maksimal aktiveringstid pr. kalenderår	Ingen begrænsning
Maksimal aktiveringstid pr. døgn	1 time, der skal efterfølges af 1 times "hvile"
Aktiveringsform (IP/Voice)	IP
Pris ved afbrydelighed	100 øre/kWh
Reservationsbetaling (indeks)	220

Tabel 3.2. Nøgleoplysninger omkring tilgængelighed og prissætning af afbrydelighed hos Gentofte Skøjtehal.

Af tabellen fremgår det, at antallet af timer som køleanlægget kan afbrydes i princippet er halvdelen af driftstimerne, da anlægget skal køre i timen efter en times afbrydelse. Det ses endvidere, at aktiveringstiden er meget kort, hvilket skyldes, at afbrydelsessignalet sendes direkte til køleanlægget – udenom CTS styringen. Anlægget stopper derfor principielt set momentant, naturligvis dog med den indbyggede rampetid i kompressorstyringen.

### 3.2.3 COOP (3 Kvickly butikker)

Resultatet af forhandlingerne er på kort form gengivet i tabel 3.3, idet de viste nøgleoplysninger gælder hhv. for Kvickly Sundby, Kvickly Frederiksberg og Kvickly Helsingør (Prøvestenscentret):

Parameter	Resultat
Anlæggets maksimale kapacitet	41/38/86 kW
Tilgængelighed (anlæggets årlige driftstid)	8.760 h
Responstid (nedlukningstid)	< 2 minutter
Maksimal aktiveringstid pr. kalenderår	100 timer
Maksimal aktiveringstid pr. døgn	2 gange af maksimal varighed på 1 time
Aktiveringsform (IP/Voice)	IP samt radiokommunikation
Pris ved afbrydelighed	90 øre/kWh
Reservationsbetaling (indeks)	197

Tabel 3.3. Nøgleoplysninger omkring tilgængelighed og prissætning af afbrydelighed hos COOP, Kvickly butikker.

Af tabellen fremgår det, at antallet af timer som køleanlægget kan afbrydes er relativt beskedent - 1% af årets driftstimer, mens antallet af timer anlægget kan slukkes i døgnet er relativt højt - 2 timer. Det ses endvidere, at aktiveringstiden er rimelig kort, hvilket betyder at anlægget står stille rimeligt kort tid efter der er sendt et aktiveringsantal. Det specielle i denne situation er, at IP aktiveringssignalet sendes videre via radiokommunikation til de enkelte anlæg, der efterfølgende lukkes ned i sikker tilstand.

### 3.3 Potentiale for afbrydelighed i Danmark

Potentialet for afbrydelighed i Danmark er relativt svært at opgøre. Det skyldes dels, at hvis man blot spørger virksomheder og personer om deres forbrug kan afbrydes vil svaret oftest være, at det ikke kan lade sig gøre.

Når der bruges relativt store ressourcer på at forklare virksomhederne, at der er tale om få afbrydelser årligt, som der betales en god reservationsbetaling, vil der være flere virksomheder som finder det interessant at stoppe.

Hvis man opgør det tekniske potentiale, dvs. det potentiale der teknisk set er muligt - uden at der opnås negative implikationer for forbrugeren - stiger potentialet dramatisk.

Eltra og Elkraft System /7/ har opstillet et teknisk potentiale for fleksibelt elforbrug hvilket fremgår af tabel 3.4. I tabellen fremgår endvidere vurderede potentialer for fleksibelt elforbrug fra de øvrige lande i Norden til sammenligning. Af tabellen ses først og fremmest, at det danske bidrag til fleksibelt elforbrug er relativt beskedent i sammenligning med de øvrige lande. Alligevel viser deres vurdering, at der er et pessimistisk økonomisk og teknisk potentiale i Danmark på 500 MW, svarende til en større dansk kraftværksblok. Omfanget af afbrydelighed i dette er ikke anslået.

Effekt [MW]	Danmark	Finland	Norge	Sverige	Total
Kontraheret af systemansvarlig	25	365	1.300	385	2.075
Observeret øvrig respons	20	140	800	700	1.660
Øvrig økonomisk og teknisk potentiale på kort og mellemlangt sigt	800	2.400	4.600	3.000	10.800
Pessimistisk estimat af det totale potentiale for fleksibelt elforbrug	500	2.500	5.000	4.000	12.000

Tabel 3.4. Opstilling af estimat for fleksibelt elforbrug på kort- og mellemlang sigt.

Endelig kan der opstilles et simpelt estimat for det tekniske potentiale på baggrund af en simpel gennemgang af elforbruget i forskellige sektorer. Dette er vist af tabel 3.5. I tabellen er der ikke taget højde for omkostningerne ved at etablere afbrydelighed.

Potentialet er opgjort på elforbrug efter Johansson /8/ og /9/, Dansk Energi /13/, Energinet.dk /20/ samt egen vurdering på basis af elforbrug efter Johansson /9/. Det er langt fra hele potentialet der kan realiseres hele året. I langt de fleste tilfælde kræver en udkobling endvidere kompensation af energi på et andet tidspunkt. Da estimatet af de afbrydelige effekter er sket på baggrund af elforbrug, vil man i praksis opleve, at der i visse timer reelt kan afbrydes for en højere specifik effekter, og i andre timer en lavere specifik effekt (typisk om natten).

Sektor	Primære teknologier	Vurderet afbrydelig effekt [MW]
Husholdning (ekskl. elvarme)		
Boliger	Køling	150
Landbrug og gartnerier (ekskl. elvarme)		
Landbrug	Pumpning, køling, tørring	38
Gartneri	Belysning	70
Handel- og service (ekskl. elvarme)		
Supermarked, lager, kontor	Køling, ventilation	55
Frosthuse	Køling	61
Offentlig (ekskl. elvarme)		
Gade- og vejbelysning	Belysning	10
Kloak, renovation, rensning	Pumpning	5
Kontorer	Ventilation	50
Industri (ekskl. elvarme)		
Nærings- og nydelsesmiddelindustri	Køling	57
Tekstilindustri	-	0
Træindustri	Procesudsugning	11
Papir og grafisk industri	Pumper	2
Kemisk industri mv.	Køling, ventilation, procesudstyr	18
Sten-, ler og glasindustri	Elovne, procesudstyr	34
Jern- og metalværker og støberier	Støbning, elovne	53
Jern og metalindustri	Ventilation, belysning	10
Øvrig industri	-	0
Alle (kun elvarme)		
Industri, handel & service, offentlige	Elvarme	270
Boliger	Elvarme	160
Total	-	1.054

Tabel 3.5. Simpelt estimat for potentiale for afbrydelighed i forskellige sektorer og på forskellige teknologier.

Det bør bemærkes, at beregningerne i tabellen er ekstremt usikre, og alene er et udtryk for et teknisk potentiale med henblik på at fastslå, hvor de største muligheder foreligger. Kun forbrugere med et relativt stort brancheforbrug, kombineret med et relativt stort forbrug til en given teknologi - kombineret med en vurdering af, om det i praksis er muligt at afbryde - er medtaget i tabellen. Af tabellen ses, at det vurderes, at der eksisterer gennemsnitlig af-

brydelig effekt i Danmark på ca. 1.000 MW. I forbindelse med ovenstående estimat, er der en række forhold der spiller væsentligt ind:

- Tilgængeligheden af teknologien til afbrydelighed, dvs. hvorvidt virksomheder og personer rent faktisk villig til at stille deres kapacitet til rådighed, som det er estimeret i tabellen.
- Indtrængning af afbrydelighed. Eksempelvis estimeres det, at private forbrugere udgør det største potentiale for afbrydelighed. Imidlertid er udskiftningen eller implementeringen af hardware (elvarme, vaskemaskiner, opvaskemaskiner, etc.) meget langsommelig. Dette betyder, at en integrering af afbrydelighed i apparaturet skal ses over en ca. 15 årig periode.
- Omkostningerne ved afbrydelighed, hvilket skal ses i lyset af, at transaktionsomkostningerne ved at etablere afbrydelighed på mindre anlæg er betydeligt højere end på større elforbrugende anlæg. Dette står i modsætning til risikoen forbundet med afbrydelighed. Produktionstab i produktionsvirksomheder vil ofte være langt større end i de øvrige brancher og sektorer.
- Tallene i sidste kolonne i tabellen er et årligt gennemsnit. Der er store variationer i, hvornår effekten stilles til rådighed. Eksempelvis anvendes elvarme primært om vinteren, komfurer og opvaskemaskiner er oftest i brug i perioden 17-21 og kontorventilation oftest tilstede i perioden 07-17. Den tilgængelige effekt for afbrydelighed i den aktuelle time vil derfor variere betydeligt – i visse timer er tilgængeligheden af effekt langt større end vist i tabellen, mens den er betydeligt mindre i andre timer – typisk nattetimer.

En mere nøjagtig og detaljeret analyse af potentialet for afbrydelighed, indeholdende fordelingen af tilgængelig effekt i døgnets timer samt omkostningerne ved at etablere afbrydelighed ligger udenfor rammerne af dette projekt. Det kan dog konkluderes, at potentialet for afbrydelighed er ganske betydeligt, og relativt let realiserbart i mange brancher.



## 4 Kommunikation, software og hardware

### 4.1 Kommunikationsflow og software

I det følgende er beskrevet det kommunikationsflow, der er foregået i projektet. Der er alene taget udgangspunkt i de aftaler der er foretaget mellem den elforbrugende kunde og den systemansvarlige hhv. den balanceansvarlig. I kapitlet behandles således ikke informationsflowet mellem systemansvarlig og balanceansvarlig, da dette ikke har særskilt betydning i projektet. Kommunikationsflowet kan, af hensyn til overblikket, opdeles i 4 forskellige handlingsgange:

- Registrering og opdatering af ydelse fra forbrugeren.
- Aggregering af data hos den systemansvarlige.
- Aktivering af afbrydelighed hos forbrugeren fra den systemansvarlige.
- Aktivering af afbrydelighed hos forbrugeren fra den balanceansvarlige.

I praksis sker de fysiske handlinger tidsmæssigt uafhængigt af hinanden, dog således at validiteten og opdateringen af data, i et vist omfang, er afhængigt af hinanden. Beskrivelsen er foretaget generelt af hensyn til andre interesserede virksomheder, men er eksemplificeret fra de 3 demonstrationsvirksomheder.

#### 4.1.1 Registrering og opdatering af ydelse fra forbrugeren

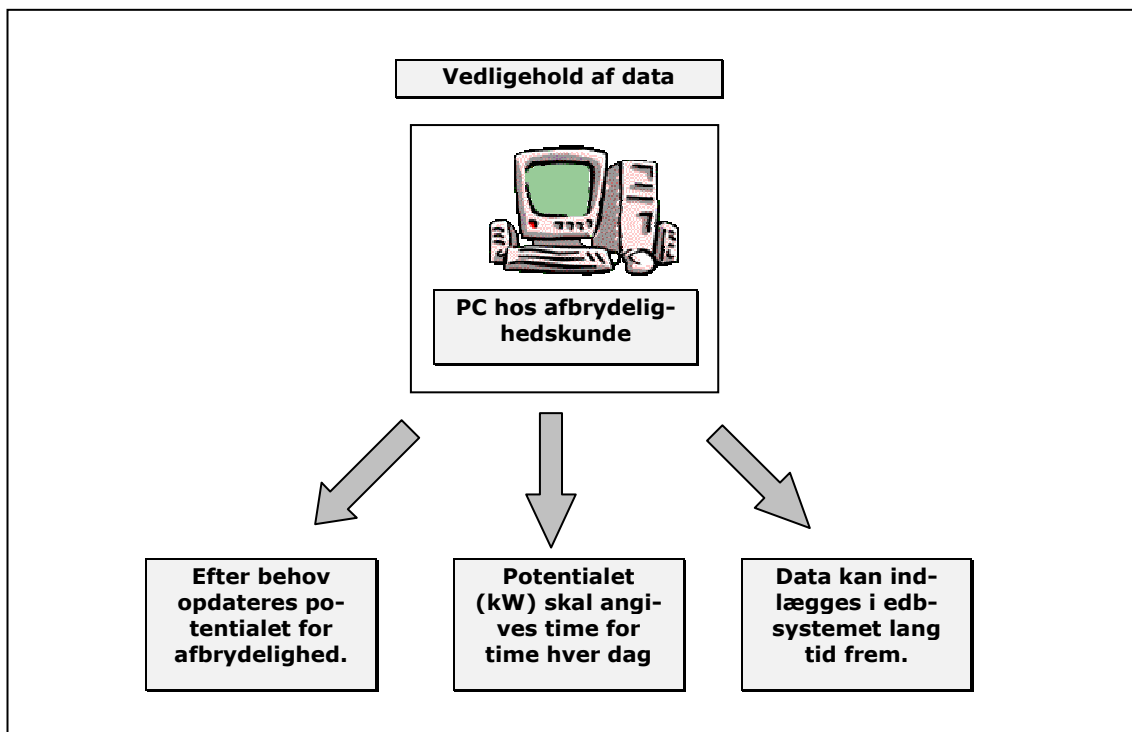
Når forbrugeren stiller afbrydelig effekt til rådighed for systemet, hvadenten det er den balanceansvarlige, den systemansvarlige eller kunden selv der gør brug af det, kræver det, at mængden af afbrydelig effekt og prisen for afbrydelighed time for time er kommunikeret ud til de enkelte aktører. Dette kan foregå på forskellig vis, og er tidligere gjort gennem anvendelse af regneark, daglige fax, via mails, via telefonopkald, mv.

Med henblik på rationalisering og for at skabe sikkerhed for datavaliditeten, udarbejdede den systemansvarlige i Østdanmark, Elkraft System, i 2004 to Internetbaserede edb-programmer til håndtering af datakommunikationen - FLEX og POWER (se næste afsnit). FLEX systemet håndterer dataflow mellem kunder, der leverer systemydelser mindre end 10 MW, og er det interessante set for en forbrugers synspunkt.

Programmet blev lavet som led i et udviklingsprojekt hos Elkraft System om udbud af systemydelser fra mindre forbrugere og producenter. Programmet blev lavet noget senere end igangsætningen af dette afbrydelighedsprojekt. I løbet af dette projektføreløb viste det sig dog:

- At programmet var særdeles velegnet til den nødvendige datakommunikation mellem kunde, balanceansvarlige og systemansvarlige
- At den systemansvarliges udbud af systemydelser var drivkraften bag virksomhedernes ønske om at deltage i afbrydelighedsprojektet grundet reservationsbetalingen. Havde dette udbud ikke fundet sted, var det meget sandsynligt, at det ikke havde været muligt at gennemføre dette projekt.

FLEX programmet er, som nævnt i tidligere kapitler, et Internetbaseret program og indeholder en række forskellige faciliteter, som brugere har adgang til på forskelligt niveau. For en afbrydelighedskunde indeholder FLEX en længere række forskellige muligheder, men i praksis er det primært vedligeholdelse af aktiveringsbud, som brugeren stifter bekendtskab med. Vedligeholdelse af systemdata foregår som skitseret af figur 4.1:

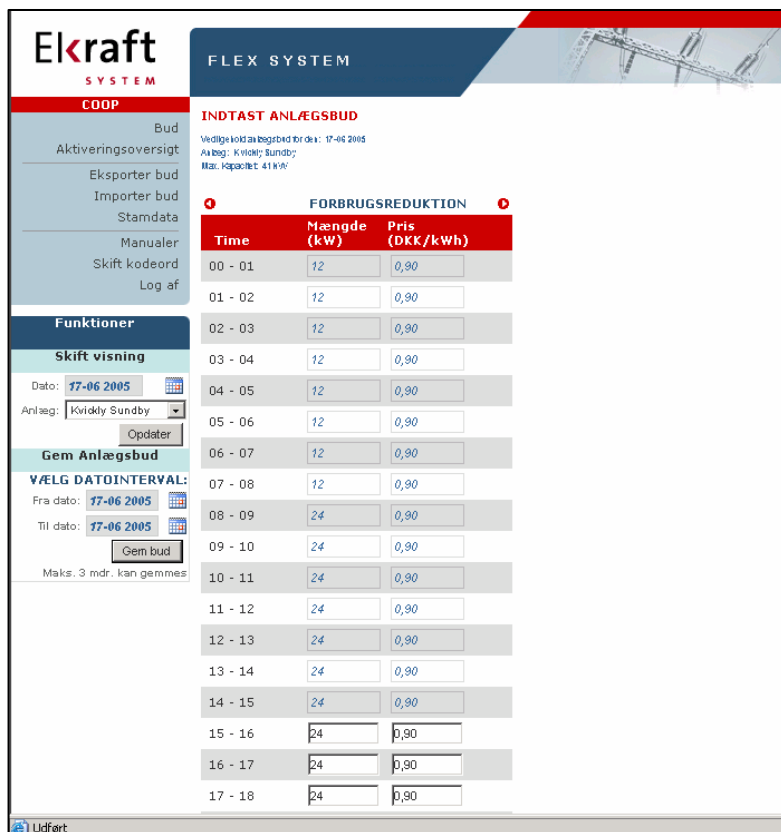


Figur 4.1. Vedligeholdelse af data for afbrydelighed.

I praksis foregår indlæggelse af bud lettest ved, at afbrydelighedskunden enten kender eller får analyseret sig frem til, hvor stor en effekt der kan afbrydes for time for time. Disse data kan indlægges i systemet, via anvendelse af et prædefineret regnearksformat, som systemet selv genererer. Når så systemet indeholder data langt fremme i tiden, vil det alene være nødvendigt at ændre disse data, såfremt de af forskellige grunde skal ændres.

Som eksempel skal der ændres i indlagte data, når produktionsgangen normalt er 08-16, men af én eller anden grund ændres til 09-17 en enkelt dag. Ændringer på dagsbasis ændres lettest direkte i systemet, mens permanente ændringer over længere tid lettest foretages ved at importere ændringerne fra regnearksfilen nævnt ovenfor.

En anden grund til at ændre i data kan være, at man ønsker en varierende grad af afbrydelighed, dvs. desto lavere pris afbrydelighed tilbydes for, desto hyppigere vil aktivering ske og desto højere vil indtjeningen være. Figur 4.2 viser et skærmdump fra systemet, hvor fokus er på budoversigten.



Figur 4.2. Skærmdump med budoversigt for en afbrydelighedskunde.

Af figuren ses, at den tilbudte mængde varierer time for time. I det aktuelle tilfælde med COOP, skyldes det, at belastningen og behovet for ventilation, køling eller varme er højere i butiksåbningstiden end udenfor butiksåbningstiden.

Af figuren ses endvidere, at data ikke kan ændres tilbage i tiden, mens data 2 timer frem kan ændres hele tiden. Af figuren ses også, at prisen for afbrydelighed er prædefineret til den aftale der er lavet med den systemansvarlige.

De data, som den afbrydelige kunde indtaster, kan ses og rettes af den systemansvarlige og af den balanceansvarlige. Som det tydeligvist fremgår, er programmet uhyre simpelt at anvende, og er derfor næppe en hindring i etablering af afbrydelighed - tværtimod.

Udover muligheden for, på simpel vis, at angive data, kan den afbrydelige kunde endvidere anvende systemet til afregning, da systemet indeholder informationer om samtlige aktive-

ringer og betaling herfor. I systemet kan det endvidere opsættes, hvem der skal have besked om, at anlægget er blevet aktiveret (afbrudt). Dette kan ske via SMS og/eller E-mail.

#### 4.1.2 Aggregering af data hos den systemansvarlige

Som beskrevet i forrige afsnit, blev der udviklet to edb-systemer, FLEX og POWER. Hvor FLEX håndterer dataflow mellem systemansvarlig, balanceansvarlig og afbrydelighedskunden, håndterer POWER datakommunikation mellem den systemansvarlige og det fællesnordiske markedet for regulerkraft, NOIS. På dette marked er der en række krav til angivelse af bud, som buddene i FLEX ikke kan overholde – nemlig at hvert bud skal være på mindst 10 MW.

FLEX systemet anvendes således til at aggregere bud fra alle de forbrugere, der ligger i systemet og kommunikerer dette bud videre til POWER. I POWER systemet behandles dette bud på lige fod med de øvrige bud, der indlægges af producenter der overholder kravet om 10 MW. Det drejer sig primært om Energi E2, men også store decentrale værker, der ønskes at agere på regulerkraftmarkedet.

POWER har en længere række øvrige funktioner, eksempelvis datakommunikation med PAN-DA. Dette sker med det formål at sikre, at effektplanerne ændres i de balanceansvarliges systemer, således at disse ikke bliver ramt af ubalancer når produktionsmønstret ændres.

Det vil føre for vidt at gennemgå hele det bagvedliggende setup for POWER, men det skal blot pointeres, at det er via POWER, at FLEX får signal om, hvorvidt et indlagt bud er blevet accepteret på NOIS – eller sagt med andre ord – om der skal ske en aktivering (afbrydelse) af forbruget hos de forbrugere, der har indlagt bud i FLEX. Hvor POWER således er et driftssystem, er FLEX et udviklingssystem, der tester muligheden for at håndtere mindre kunders ydelser til systemet.

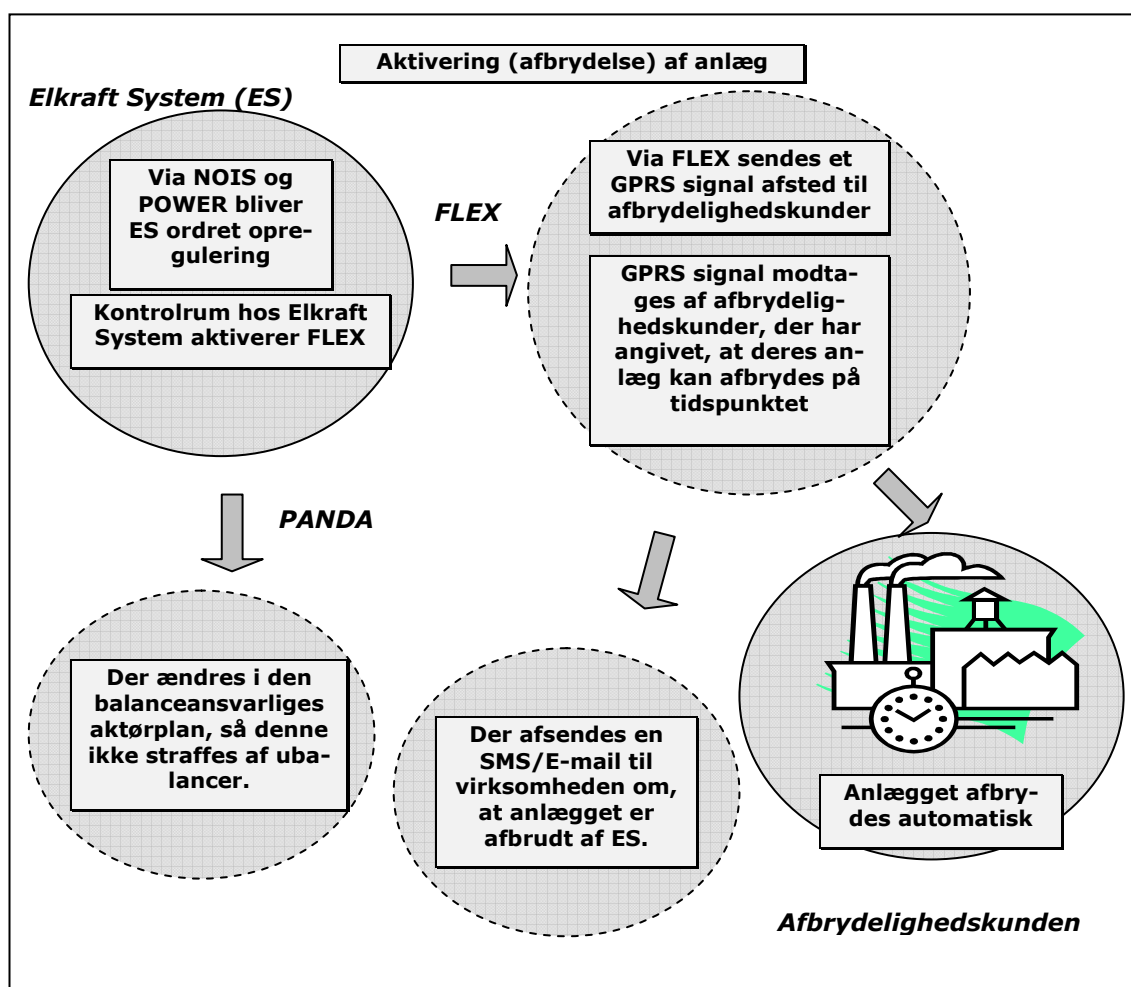
Det skal i øvrigt bemærkes, at FLEX anvendes til OPREGULERING, hvilket betyder, at den systemansvarlige køber el. Dette betyder med andre ord, at forbrugere reducerer deres forbrug (afbrydelighed). Set fra den systemansvarliges synspunkt, er dette helt det samme som, at visse forbrugere producerer ind på nettet. I praksis håndterer FLEX også bud fra producenter af nødstrømsanlæg, som kan opstartes og producere el ind på nettet. Af den samlede portefølje af effekt i FLEX udgør nødstrømsanlæg rent faktisk mere end 90% af den tilgængelige effekt. Da dette fuldstændigt kan sidestilles med afbrydelighed, er reglerne, mulighederne, betaling mv. er helt identisk med afbrydelighed. Mere information om FLEX og POWER kan findes på:

FLEX: <https://flex.energinet.dk/Flex/>

POWER: <https://power.energinet.dk/Power/>

#### 4.1.3 Aktivering af afbrydelighed hos forbrugeren fra den systemansvarlige

Såfremt det aggregerede bud fra FLEX – via POWER – bliver "godtaget" i NOIS, sendes en besked til FLEX via POWER og videre til forbrugeren. Figur 4.3 illustrerer hvilke kommunikationsgange der foregår.



Figur 4.3. Kommunikationsgang, såfremt et bud i FLEX skal aktiveres.

Af figuren ses, at når FLEX er blevet aktiveret fra kontrolrummet hos Elkraft System, foregår der en række forskellige kommunikationsflow. Det primære er, at der afsendes et GPRS signal til en kontrolboks placeret hos afbrydelighedskunden. GPRS beskeden indeholder data, der beskriver, hvorvidt anlægget skal afbryde eller får tilladelse til at starte op igen. Baseret på denne information sættes en række relæindgange og udgange. Via disse relæer kan strømforsyningen til de elforbrugende anlæg styres, og anlægget kan således fjernstartes og stoppes. Ind- og udgangene kan endvidere anvendes i undercentraler på CTS-anlæg, således at flere anlæg kan aktiveres via signalet. Teknikken bag kontrolboksen er beskrevet meget mere indgående i afsnit 4.2.

Af figuren fremgår det endvidere, at data i den balanceansvarliges aktørplan ændres. Hvis der eksempelvis afbrydes for 1MW i perioden 12-13 en given dag, reduceres forbrugsplanen med 1MWh, på det pågældende tidspunkt den pågældende dag. På denne måde straffes den balanceansvarlige ikke ved, at forbrugeren ændrer på forudsætningerne for opstilling af forbrugsplanen. På nuværende tidspunkt kompenseres den balanceansvarlige imidlertid ikke, såfremt afbrydelighed i én time giver anledning til et forøget forbrug i en anden time – set i forhold til aktørplanen. Dette er blevet angrebet af flere balanceansvarlige.

Endvidere afsendes en mail og/eller sms til personer, der i FLEX står anført til at modtage beskeder om aktivering. Opsætning til dette foretages af afbrydelighedskunden selv.

Når behovet for regulering ophører, foregår der i princippet det samme, blot i omvendt rækkefølge, dvs. anlægget gives frit for opstart igen og modtagerne får igen besked om, at der er foretaget en aktivering af anlægget (dvs. at anlægget frit kan/er opstartet igen).

#### 4.1.4 Aktivering af afbrydelighed hos forbrugeren fra den balanceansvarlige

Som beskrevet tidligere, har virksomhedens balanceansvarlige også adgang til data omkring virksomhedernes mulighed for afbrydelighed. De balanceansvarlige har derfor også mulighed for, at sælge dette forbrug, såfremt priserne er tilstrækkeligt gode. Dette kræver, at den balanceansvarlige har lavet en aftale med virksomheden om, at dette kan lade sig gøre. En sådanne aftale vil typisk skulle indeholde følgende elementer:

- Priser for afbrydelighed, der ikke nødvendigvis er identiske med de priser der er gældende for budet til den systemansvarlige i FLEX.
- Hvornår budet skal være afgivet til den balanceansvarlige. Såfremt der aftales en fast pris, vil dette punkt ikke være nødvendigt, da den balanceansvarlige har adgang til tidspunkt og volumen fra FLEX.
- Hvilken varsel den balanceansvarlige skal give i forbindelse med afbrydelighed.
- Hvorledes måling af den afbrudte effekt finder sted, dvs. om der er forskel mellem den reelle afbrudte effekt og den i FLEX anførte effekt.
- Hvor stor en del af gevinsten der tilfalder kunden samt hvor stor en andel der tilfalder den balanceansvarlige.

**Aktivering af afbrydelige kunder fra den balanceansvarlige finder ikke sted i dette projekt, da de balanceansvarlige ikke har vist interesse herfor, men kunne i praksis sagtens finde sted.**

For at stimulere denne form for afbrydelighed, har Svenske Kraftnet (systemansvarlig i Sverige) og den Svenske Energistyrelse udarbejdet tillægsaftaler omkring afbrydelighed /4/. I

disse dokumenter er der forsøgt skitseret et aftalegrundlag, inkl. hvorledes afregningen finder sted. Det ville være oplagt, at tage udgangspunkt i disse tillægsaftaler, såfremt en balanceansvarlig og en afbrydelig virksomhed ønsker at indgå en sådan kontrakt.

## 4.2 Hardware

### 4.2.1 Hardware generelt

I forbindelse med udbuddet fra Elkraft System, valgte den systemansvarlige at lade et specialudviklet kommunikationsudstyr indgå som leverance. Årsagen til dette skal naturligt findes i, at udstyret skulle kunne indpasses i deres FLEX system. Kommunikationsudstyret er udstyret med et stort antal faciliteter, og det vurderes, at det kan indgå i langt de fleste tilfælde af udstyr der skal afbrydes. Dette fremgår også af beskrivelserne for de enkelte virksomheder, som indgår med hver deres metodik. Leverancen fra Elkraft System indbefatter en Logic IO telemetrienhed (RTCU-A9i MAX) med tilhørende antennekabler. Visse leverancer omfatter endvidere en transmitter og tilhørende radiokontrollerede relæer. Udvidelsen med radiokommunikation er sket som led i dette projekt, og betalt gennem dette projekt. De radiokontrollerede relæer var ikke med i det oprindelige udbud fra Elkraft System. RTCU-A9i MAX har følgende indbyggede genskaber:

	RTCU-A9i MAX
Digitale indgange	4 (24V DC)
Digitale udgange	4 (230V AC / 5A)
Analoge indgange	4 (0-5V eller 0-20mA med indgangsmodstand)
Analoge udgange	4 (0-5V)
Strømforsyning	230V AC (indbygget) eller 24V DC (ekstern) med indbygget batteribackup
Monteringsform	Opskrues på flade
Beskyttelsesklasse	IP67
Antenne	Ekstern antennenetilslutning
Kommunikationsform	GSM, GPRS, SMS, Voice/DTMF
Porte	RS232 og RS485

Tabel 4.1. Data for RTCU-A9i MAX.

I selve enheden er der indbygget software, der sørger for, at kommunikation med FLEX systemet foregår som ønsket af Elkraft System, dvs. det indeholder information om, hvorvidt et anlæg skal afbrydes eller om det må genstartes. Ligeledes indeholder kommunikationen informationer om, hvorvidt anlægget er klar til at blive afbrudt samt om anlægget er afbrudt når det skal. Dette vedrører ikke driften af selve systemet set fra brugerens synspunkt.

Hver boks har isat et individuelt GSM kort, der sørger for transmission af data. Kortet er dedikeret til den specifikke anvendelse, og kan således ikke ringes op fra en fremmed telefon. Dette sikrer mod fremmed misbrug eller tilfældige forekomster af opringning, SMS el. lign.

Yderligere information om RTCU-A9i MAX anvendt hos Elkraft System, kan opnås på hjemmesiden for FLEX.

#### 4.2.2 Installation hos Frigoscandia

Start- og stopsignaler fra RTCU-A9i MAX er hos Frigoscandia tilsluttet en undercentral, der er koblet op til deres CTS-anlæg. Frigoscandia kan således via deres PC overvåge, hvorvidt anlægget er aktiveret af Elkraft System. Frigoscandia kan endvidere, via deres CTS-anlæg, afbryde muligheden for aktivering af Elkraft System. Dette kan være formålstjeneligt, såfremt anlægget, mod forventning, pludselig lukkes ned. Endvidere vil softwareopdatering i RTCU-A9i MAX som regel medføre, at anlægget ikke må kunne nedlukkes.

Via CTS-anlægget stoppes alle kompressorer, alle kølekondensatorer, alle ammoniakpumper og alle fordamperblæsere via en række indlagte rampetider. Endvidere sørger CTS-anlægget for sikker nedlukning og opstart af anlægget. Figur 4.4 og 4.5 viser eksempler på elforbrugende anlæg der afbrydes.



Figur 4.4. Kølekompressorer hos Frigoscandia, der er omfattet af afbrydelighed.



Figur 4.5. Lager hos Frigoscandia. Bagerst er en indfrysningstunnel. Begge steder blæsere omfattet af afbrydelighed.



Betaling for elarbejdet samt arbejdet med CTS er foretaget af Frigoscandia selv. Installationen af det samlede system har kostet mindre end 20.000 kr.

CTS-anlægget kan udbygges til at indeholde flere anlæg i Frigoscandia gruppen, således at flere anlæg vil kunne indgå i FLEX systemet via samme signal. Dette vil dog kræve, at Frigoscandias CTS-system udbygges, ligesom det vil kræve, at FLEX systemet også kommer til anvendelse i Jylland, da de resterende frysehuse fra Frigoscandia er placeret vest for Storebælt.

#### *4.2.3 Installation hos Gentofte Skøjtehal*

Start- og stopsignaler fra RTCU-A9i MAX er hos Gentofte Skøjtehal tilsluttet direkte til styreboksen for køleanlægget uafhængigt af CTS-anlægget. I CTS-anlægget er der dog givet mulighed for, at afbryde muligheden for aktivering af Elkraft System. Dette er praktisk, da softwareopdatering i RTCU-A9i MAX skal kunne foregå uden at anlægget automatisk lukkes ned.

Via kompressorstyringen, stoppes alle kompressorer, kølekondensatoren samt ammoniakpumperne. I styringen fra York er rampetiderne indbygget, hvorfor der ikke tages hensyn hertil ved aktivering fra Elkraft System. Betaling for elarbejdet samt arbejdet med CTS er foretaget af Gentofte Skøjtehal selv. Installationen af det samlede system har kostet ca. 10.000 kr.

Denne installationsform er den mest simple af installationerne foretaget i dette projekt, men vurderes at være den mest almindelige installation, der generelt skulle foretages i andre virksomheder.

#### *4.2.4 Installation hos COOP (3 Kvickly butikker)*

Installationen i Kvickly butikkerne er bygget lidt anderledes op end de 2 første – og i øvrigt alle andre installationer i FLEX systemet. Det skyldes, at Kvickly butikkerne gør anvendelse af radiokommunikation.

Radiokommunikation var oprindeligt ikke med i Elkraft Systems hardwareleverance. I forbindelse med dette projekt opstod der imidlertid et behov for, at kunne udkoble forskelligt elforbrugende udstyr fra samme virksomhed, men som fysisk er placeret i en længere afstand fra hinanden.

Gennem dette projekt, blev der søgt forskellige systemløsninger, der kunne kobles op på leverancen fra Elkraft System, uden det var nødvendigt at lave ændringer i software til systemet. Foruden muligheden for kommunikation med RTCU-A9i MAX, var det en væsentlig forudsætning, at radiokommunikationen kunne foretages over en længere afstande samt

gennem betondæk med armeret jern. Det sidste anvendes ofte i storcentre, større butikker samt kontorlandskaber, hvorfor denne forudsætning skulle være opfyldt.

Det lykkedes ikke at finde en metode med radiokommunikation, som umiddelbart kunne anvendes på det eksisterende system. Enten var kommunikation ikke umiddelbart muligt uden at skulle lave ændringer i den eksisterende software, eller også var kommunikationsmuligheden begrænset i radius – specielt gennembrydning af betonelementer gav problemer – eller også var kommunikationsudstyret så kostbart, at fremtidsperspektiverne ved at anvende dette udstyr var meget ringe.

I stedet blev det aftalt med de systemansvarlige, at deres eksisterende hardware og software blev modificeret til at gøre anvendelse af radiokommunikationsudstyr, der som standard kan tilkøbes RTCU-A9i MAX enheden. Dette krævede dog, at software blev opdateret samt at delene til radiokommunikation blev indkøbt og testet.

Gennem dette projekt blev der betalt for softwareopdateringen, indkøb af de enkelte dele til radiokommunikation samt test heraf. Til gengæld var Elkraft System villige til tage den risiko der ligger for softwarefejl, for fremtidige opdateringer af software samt ændringer i FLEX systemet.

Denne ændring i systemet gav mulighed for etablering af systemet i 3 Kvickly butikker. COOP var meget interesseret i at deltage i projektet, og anvender disse 3 butikker som en test for, hvorvidt systemet kan udbygges i et langt større antal af deres butikker.

Hos COOP afbrydes for deres ventilationsanlæg, der har indbygget varmepumper hhv. som varme- og kølebærere. Hver af de større butikker hos COOP, specielt Kvickly og Kvickly Xtra, men også mange Brugsen og SuperBrugsen har disse anlæg siddende. Antallet af anlæg i hver butik varierer, men der er generelt 2-3 anlæg.

De butikker hvor der er installeret udstyr i dette projekt er Kvickly Sundby med 3 anlæg, Kvickly Falkoner (Frederiksberg) med 4 anlæg og Kvickly Prøvestenen (Helsingør) med 5 anlæg.

Installationen i hver Kvickly butik består af en RTCU-A9i MAX, en transmitter og 3 modtagere. Systemet kan udvides med flere modtagere, men oftest er 3 tilstrækkeligt, da elgrupperne ofte er placeret samme sted eller lokaliseret få steder. Der kan dog være behov for en udvidelse af systemet, såfremt det bliver attraktivt at afbryde yderligere udstyr, eksempelvis bagerovne, frostrum, kølerum, etc.

Systemet virker ved, at når der afsendes et signal fra Elkraft System om, at anlægget skal afbrydes, sættes et relæ, der får transmitteren til at sende et aktiveringssignal til modtager-

ne via radiokommunikation. Disse modtagere har indbygget et relæ, der normalt kan tilsluttes direkte på den elforbrugende enhed. I tilfældet med ventilationsanlæggene, har det dog vist sig nødvendigt, at opsætte et specielt relæ, der får varmepumpen og ventilationsanlægget til at lukke ned og op i rigtig rækkefølge for at undgå fejl på varmepumperne. Figur 4.6 og 4.7 viser eksempler fra installationen. Figur 4.6 viser en samlet installation bestående af RTCU-A9i MAX (boksen til venstre), transmitteren og en modtager (boksene i midten) samt styrerelæet for ventilationsanlæggene specifikt for anlæggene hos COOP (boksen til højre).

Udstyret er placeret inde i et aflukket lokale med en murkonstruktion mod det fri, en metal-dør samt betondæk over- og under. GSM-signalet på en almindelig GSM mobiltelefon var meget svagt, men installation har ingen problemer med signalet – selv under disse vanskelige forhold. Udover den viste modtager, er der placeret 2 modtagere på 2 øvrige etager. Figur 4.7 viser eksempel på anlæg der er omfattet af afbrydelighed. Kabinettet består af et ventilationsanlæg med indbygget varmepumpe, der kan køle såvel som opvarme ventilationsluften.

Betaling for elarbejdet samt arbejdet med styringen af varmepumperne er foretaget af Kvickly butikkerne selv, men installationen af det samlede system har, i hver butik, kostet mindre end 15.000 kr.



Figur 4.6. RTCU-A9i MAX, transmitter og én modtager samt styrerelæ for ventilationsanlæg.



Figur 4.7. Ventilationsanlæg med indbygget varmepumpe, der kan afbrydes af Elkraft System.

## 5 Dataopsamling og dataanalyse

### 5.1 Omfanget af aktivering

#### 5.1.1 Frigoscandia

Omfanget af aktiveringer på Frigoscandia er, ligesom på de øvrige virksomheder, relativt begrænset. Tabel 5.1 viser det antal aktiveringer der er foretaget på Frigoscandia siden opkoblingen på systemet. I tabellen er dels vist tidspunktet for aktivering, varigheden af aktiveringen samt den aktiverede energimængde.

Tidspunkt	Aktiveret tid [minutter]	Aktiveret mængde [kWh]
11-10 2004 14:19	23	383
11-10 2004 14:51	10	167
14-10 2004 13:01	12	63
09-11 2004 07:17	10	26
21-03 2005 13:04	17	37
02-05 2005 17:22	104	1.153
23-05 2005 14:49	20	140
16-08 2005 14:19	39	320
29-09 2005 12:40	87	422
29-11 2005 10:27	90	68
29-11 2005 16:45	106	1.303
Total	8:38	4.082

Tabel 5.1. Omfanget af aktiveringer i dataopsamlingsperioden hos Frigoscandia.

Af tabellen fremgår det, at omfanget af aktiveringer, inkl. prøveaktiveringer, begrænser sig samlet set til ca. 8,5 timer i løbet af en periode på ca. 1,5 år. Det kan i øvrigt bemærkes, at Frigoscandia ikke har været aktiveret i løbet af 2006 på trods af generelt meget høje priser på Nord Pool. Der kan være flere årsager til dette - heriblandt, hvorvidt anvendelsen af FLEX-systemet påtænkes brugt fremover.

Af tabellen ses også, at den aktiverede mængde (forbrugsreduktionen) er marginal set i forhold til forbruget på Frigoscandia (<1%). Det giver således ikke nogen speciel værdi at snakke om elbesparelser hos Frigoscandia - dels fordi omfanget er så begrænset og dels fordi det må forventes, at forbrugsreduktionen kompenseres af et yderligere energiforbrug i en periode umiddelbart efter aktiveringen.

### 5.1.2 Gentofte Skøjtehal

Omfanget af aktiveringer på Gentofte Skøjtehal er endnu mindre end tilfældet er for Frigoscandia. Årsagen skyldes naturligvis dels, at Gentofte Skøjtehal blev koblet op på systemet senere end Frigoscandia, og dels at skøjtehallen kun er åben i vinterperiode. Tabel 5.2 viser det antal aktiveringer der er foretaget siden skøjtehallen blev koblet op på systemet. I tabellen er dels vist tidspunktet for aktivering, varigheden af aktiveringen samt den aktiverede energimængde.

Tidspunkt	Aktiveret tid [minutter]	Aktiveret mængde [kWh]
21-12 2004 13:57	43	72
23-12 2004 08:12	2	3
23-12 2004 08:16	4	7
21-03 2005 13:02	19	35
29-11 2005 10:27	60	109
29-11 2005 16:45	60	109
19-01 2006 15:01	60	107
24-01 2006 17:33	60	107
Total	5:08	549

Tabel 5.2. Omfanget af aktiveringer i dataopsamlingsperioden hos Gentofte Skøjtehal.

Af tabellen fremgår det, at omfanget af aktiveringer, inkl. prøveaktiveringer, begrænser sig samlet set til ca. 5 timer i løbet af en periode på ca. 1,5 år. I modsætning til Frigoscandia ses, at skøjtehallen har været aktiveret i løbet af 2006 - dog primært i starten af året.

Igen ses det, at den aktiverede mængde (forbrugsreduktionen) er marginal set i forhold til forbruget på Gentofte Skøjtehal. Det giver således igen ikke nogen speciel værdi at snakke om elbesparelser - dels fordi omfanget er så begrænset og dels fordi det må forventes, at forbrugsreduktionen kompenseres af et yderligere energiforbrug i en periode umiddelbart efter aktiveringen.

### 5.1.3 COOP (3 Kvickly butikker)

Omfanget af aktiveringer i de 3 Kvickly butikker er den mindste af de observerede. Årsagen skyldes primært, at butikkerne blev koblet senest op på systemet af de 3 demonstrationsvirksomheder. Tabel 5.3 viser det antal aktiveringer der er foretaget siden skøjtehallen blev koblet op på systemet. I tabellen er dels vist tidspunktet for aktivering, varigheden af aktiveringen samt den aktiverede energimængde.

Tidspunkt	Aktiveret i de enkelte butikker			Total aktiveret tid [minutter]	Total aktiveret mængde [kWh]
	Sundby	Frederiksberg	Helsingør		
09-06 2005 15:28	N	N	J	21	1
16-08 2005 14:19	N	J	J	39	17+39=56
28-09 2005 10:09	J	J	J	60	20+19+43=82
29-09 2005 12:40	J	J	J	60	20+19+43=82
29-11 2005 10:27	J	J	J	60	24+23+51=98
29-11 2005 16:45	J	N	J	60	24+51=75
Total	-	-	-	5:00	394

Tabel 5.3. Omfanget af aktiveringer i projektforløbet i 3 Kvickly butikker.

Af tabellen fremgår det, at omfanget af aktiveringer, inkl. prøveaktiveringer, begrænser sig samlet set til ca. 5 timer i løbet af en periode på ca. 1,5 år. Ikke alle aktiveringer er foregået i samtlige butikker. Årsagen til, at visse aktiveringer kun er foregået i visse butikker kan enten skyldes fejl i datatransmission i de radiokontrollerede enheder, eller perioder hvor butikken har meldt, at de ikke kunne aktiveres.

Igen ses, at den aktiverede mængde (forbrugsreduktionen) er marginal set i forhold til forbruget i butikkerne. Igen giver det således ikke nogen speciel værdi at snakke om elbesparelser - dels fordi omfanget er så begrænset og dels fordi det må forventes, at forbrugsreduktionen kompenseres af et yderligere energiforbrug i en periode umiddelbart efter aktiveringen.

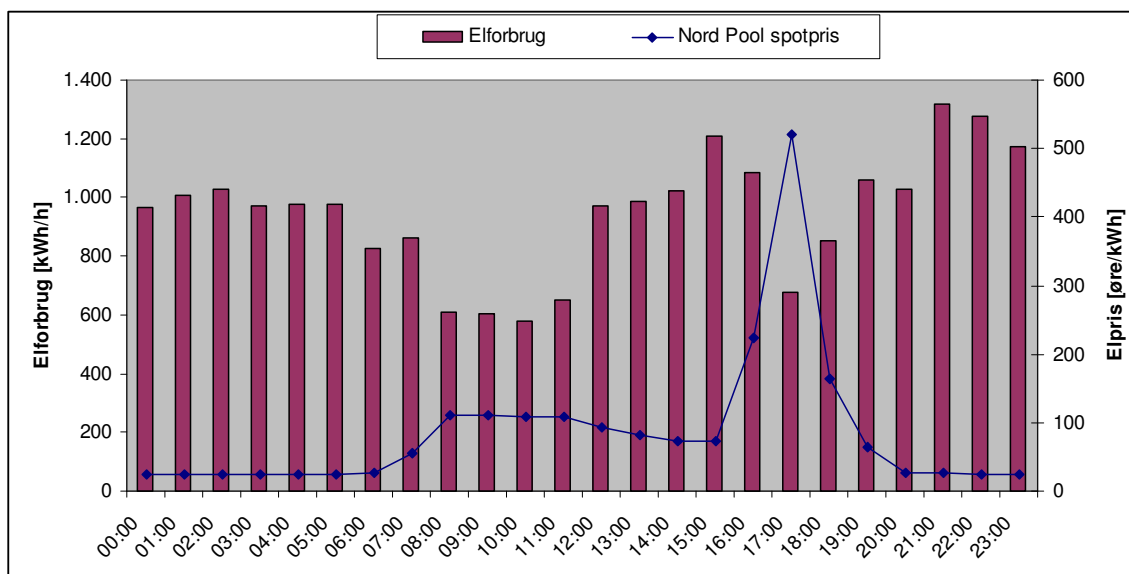
## 5.2 Øgning af forbrug efter aktiveringsperioden

Der er flere grunde til, hvorfor det er interessant at se på forbruget i umiddelbar nærhed efter en aktivering:

- Såfremt afbrydelighed giver anledning til en elbesparelse hos kunden, kan dette være interessant i besparelsesøjemed. Det er blandt andet interessant for Elfor, som har finansieret dette projekt med henblik på dokumentation af omfanget af elbesparelser.
- Såfremt afbrydelighed giver anledning til en markant øgning i elforbruget umiddelbart efter afbrydelsen, vil den balanceansvarlige risikere at få en stor omkostning grundet forøget ubalance i perioden efter afbrydelsen.

Med henblik på at undersøge disse forhold, viser nedenstående illustration forløbet af elforbruget d. 29. november 2005 på Fricosandia. Denne aktivering har afbrudt for den største forbrugsmængde hos Frigosandia i hele forsøgsperioden. Af figuren ses følgende forløb:

- Kl. 16.45 aktiveres forbrugsreduktion. Af denne årsag falder forbruget fra timen 16-17 i forhold til timen 15-16. Faldet i forbruget er på ca. 10% i forhold til den tidligere time. I den tidligere time er forbruget højt, da indfrysningen af varer er påbegyndt.
- I den følgende time (17-18) er hele køleanlægget slukket. Forbrugsreduktionen i forhold til den tidligere time er nu 37% og ca. 50% i forhold til timen 15-16, som er den time der retmæssigt bør sammenlignes med.
- Kl. 18.30 stoppes aktiveringen. Af denne grund stiger forbruget i forhold til timen tidligere, men når langt fra op på timen 15-16.



Figur 5.1. Forløbet af elforbruget ved en aktivering af længere varighed.

Af figuren ses således tydeligt, at elforbruget falder markant i de timer som aktiveringen varer. Det ses endvidere, at elprisen i perioden for aktiveringen er op til 20 gange højere end prisen i de tilstødende timer.

Af figuren ses, at forbruget i perioden 21-24 stiger yderligere, hvilket kunne forklares ved forbrugsreduktionen tidligere. Imidlertid er dette også perioden, hvor lavlast begynder. Her kører Frigoscandia ekstra med deres køleanlæg for at udnytte de lave elpriser i denne periode. Man kan således ikke umiddelbart anvende ovenstående figur til at afgøre, hvorvidt elforbruget i de efterfølgende timer er højere end normalt. I stedet viser tabel 5.4 døgnelforbruget for samtlige tirsdag i november måned i 2005. I tabellen er endvidere vist det gennemsnitlige forbrug i timeperioderne 17-21 og 21-24 de pågældende dage.

Af tabellen ses, at forbruget på hele dagen for aktivering rent faktisk er det mindste af samtlige tirsdage i november. Dette skyldes sandsynligvis afbrydelsen af forbruget i de ca. 1,5 timer, men kan i teorien også skyldes lidt koldere vejr. Det ses endvidere, at det gennemsnitlige forbrug i perioden 17-21 er det laveste i perioden. Dette er der dog ikke noget una-

turligt i. Endelig ses det, at forbruget i de følgende timer 21-24 er det lavest observerede. Dette kunne i hvert tilfælde indikere følgende:

- Der er ingen indikation af, at elforbruget i perioden umiddelbart efter afbrydelsen stiger. Det er derfor ikke sandsynligt, at den balanceansvarlige straffes af, at der bliver afbrudt i en længerevarende periode, i de følgende timer.
- Umiddelbart kunne resultaterne indikere, at den opnåede elbesparelse vedbliver. Dette er muligvis også sandt i det aktuelle tilfælde, men konklusionen er næppe dækkende for samtlige tilfælde.

Tidspunkt	Døgnforbrug [kWh/døgn]	Gennemsnitligt forbrug i timerne 17-21 [kWh/h]	Gennemsnitligt forbrug i timerne 21-24 [kWh/h]
Tirsdag d. 01/11-2005	24.630	1.138	1.364
Tirsdag d. 08/11-2005	25.687	1.189	1.324
Tirsdag d. 15/11-2005	24.029	1.097	1.265
Tirsdag d. 22/11-2005	24.451	1.104	1.331
Tirsdag d. 29/11-2005	22.702	905	1.254

Tabel 5.4. Forskellige fordelinger af elforbrug på tirsdage i november 2005. Den skraverede viser elforbruget på dagen for aktivering.

Alt i alt kan det konkluderes på Frigoscandia, at den balanceansvarlige ikke umiddelbart straffes af en afbrydelse. Umiddelbart ser det også ud til, at den opnåede elbesparelse vedbliver. Dette er dog sandsynligvis blot et udtryk for, at der er så stort et termisk lager i frysehuset, at afbrydelsen ikke får en synlig effekt i form af et umiddelbart stigende elforbrug. Som en sidegevinst i det aktuelle tilfælde kan det siges, at der reelt opnås en elbesparelse i form af, at kølingen flyttes fra dag til nat, hvor det er billigere at producere kulde - både i form af lavere elpriser, men også i form af højere effektivitet af anlægget.

Nedenstående tabel 5.5 viser samme resultater som vist af tabel 5.4, idet afbrydelsen dog er sket torsdag d. 29. september 2005 med en varighed på 1h27min (12:40-14:07). I dette tilfælde har afbrydelsen alene resulteret i en energimængde på 422 kWh, dvs. ca. 1/3 af tilfældet d. 29. november.

Tidspunkt	Døgnforbrug [kWh/døgn]	Gennemsnitligt forbrug i timerne 12-14 [kWh/h]	Gennemsnitligt forbrug i timerne 14-17 [kWh/h]
Torsdag d. 08/09-2005	21.310	820	1.080
Torsdag d. 15/09-2005	23.273	888	1.170
Torsdag d. 22/09-2005	22.480	797	1.106
Torsdag d. 29/09-2005	22.209	512	1.052
Torsdag d. 06/10-2005	25.001	816	1.091

Tabel 5.5. Forskellige fordelinger af elforbrug på torsdage i september 2005. Den skraverede viser elforbruget på dagen for aktivering.



Her ses igen samme mønster, dvs. at døgnforbruget er nogenlunde stabilt, dog med undtagelse af den sidste torsdag. Forbruget i timerne 12-14 er også nogenlunde stabilt med undtagelse af forbruget på dagen hvor anlægget blev aktiveret. Dette afspejler sig ikke i forbruget de kommende timer, der er meget jævnt.

Det ser således ud til, at den opnåede elbesparelse bibeholdes. Generelt må det dog konkluderes, at der næppe opnås nogle større elbesparelser gennem afbrydelighed. På steder med store termiske lagre, eksempelvis frysehuse, men også kontorhuse mv., vil det erstattede elforbrug realiseres langsomt over en længere periode, således at den balanceansvarlige ikke umiddelbart løber en risiko for at blive straffet.

Baseret på den 1,5 årige måleperiode viser det sig endvidere, at omfanget af afbrydelighed er yderst begrænset - og begrænset i et sådan omfang, at virksomhederne alene opdager, at anlæggene afbrydes fordi de bliver varslet herom.

De opnåede konklusioner er alene opnået på basis af analyser af måledata på Frigoscandia. Det skyldes, at det er det eneste sted, hvor datamateriale er tilgængeligt i tilstrækkeligt detaljeret grad til, at dette kan foretages. Dette må også forventes at være gældende på langt de fleste øvrige anlæg placeret på forskellige virksomheder.

## 6 Perspektivering

Opnåelsen af elbesparelser er, set fra et samfundsmæssigt perspektiv, ikke det primære formål med anvendelsen af afbrydelighed. Det primære mål er, at flytte elforbruget væk fra tidspunkter, hvor efterspørgslen er større end udbuddet for at sikre en bedre systembalance. I visse tilfælde kan tilpasning af elforbruget føre til et lidt højere elforbrug, da mange kunder under afbrydelsen tærer på en termisk reserve, som efter afkobling skal genopbygges hurtigt. Typisk vil dette merforbrug dog ikke resultere i en højere elregning, da merforbruget foretages på tidspunkter med lavere elpriser.

Der er dog en række andre samfundsmæssige gevinster ved brugen af afbrydelighed, hvor den primære er opnåelsen af et mere fleksibelt elsystem og dermed en øget systembalance. I det følgende bliver nogle af de positive afledte effekter ved anvendelse af afbrydelighed gennemgået. De positive effekter vil også gælde for andre typer af fleksibelt elforbrug f.eks. anvendelse af nødstrømsanlæg til egentlig elproduktion.

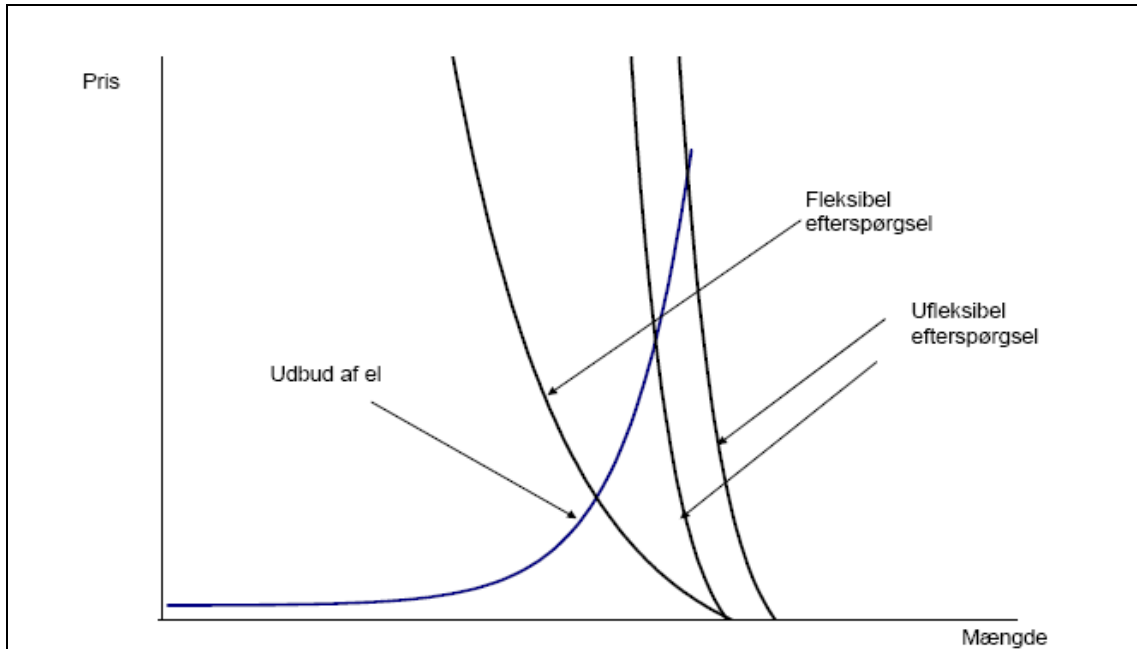
### 6.1 Flexibelt elforbrug bidrager til balance mellem udbud og efterspørgsel

Forbruget af el i Danmark er stort set uafhængig af prisen, hvilket bevirker øgede elpriser samt øget risiko for system ubalance ifølge Kristoffersen /10/. Forbrugernes manglende reaktion på udsvingene i udbuddet af el og pris, kaldes for en ufleksibel efterspørgsel, hvilket er søgt illustreret på figur 6.1. Når efterspørgslen på el stiger, vil efterspørgselskurven skære udbudskurvens på den stejle del. Dette giver udslag i voksende elpriser, da efterspørgslen nærmer sig punktet for kraftværkerne maksimale produktionskapacitet. I værste fald kan der opstå en situation, hvor udbuds- og efterspørgselskurverne ikke skærer hinanden. Det er i det punkt de systemansvarlige ofte vil være nød til at bryde ind, for at undgå at der sker kapacitetsmangel og deraf systemnedbrud. Da der er tale om dyre indgreb, stiger elprisen yderligere i disse situationer ifølge Skytte /11/.

I "normale" år vil det ufleksible elforbrug ikke give anledning til særlige situationer, hvor forsyningssikkerheden er truet. Der skal dog ikke mange afvigelser til f.eks. et tørår eller en meget kold vinter, før det vil føre til en anspændt kapacitetssituation. Der er således på nuværende tidspunkt kun få timer årligt, hvor der opstår egentlige kritiske mangelsituationer. Som figuren viser, vil øget anvendelse af fleksibilitet i efterspørgslen markant reducere antallet af prisspidser og sandsynligheden for forsyningssvigt og nedbrud ifølge Energistyrelsen /12/. Afbrydelighed er et af virkemidlerne for at opnå denne mere fleksible efterspørgsel, som vil betyde mere stabile elpriser for forbrugerne samt en øget systembalance.

I nærværende rapport er det groft vurderet, at der eksisterer en maksimal afbrydelig effekt i Danmark på ca. 1.000 MW. Den største belastning af elnettet er på godt 6.000 MW på et normalt døgn i Danmark ifølge Dansk Energi /13/. Dvs. at den fleksible kapacitet på 1.000

MW kan rykke ca. 15 % af effekten - dvs. en væsentlig forskydning af efterspørgselskurven. Dette kræver dog, at alt afbrydelig effekt er effektueret, hvilket kan være vanskeligt for samtlige små forbrugere.



Figur 6.1 Priselastisk elforbrug ifølge Energistyrelsen /12/.

## 6.2 Værdi af systembalance/nedbrud

Energistyrelsen /12/ har værdisat, hvad en manglende forsyning vil koste for samfundet. De samlede omkostningerne er estimeret til at være gennemsnitlig 50.000 kr. pr. manglende MWh. Dette betyder at et totalt nedbrud i elforsyningen i en halv time, påfører samfundet et tab på omkring 112 mio. kr.. En halv time modsvarer det gennemsnitlige nedbrud der opleves hvert år<sup>1</sup>.

Der vil gå flere år inden en investering i øget produktionskapacitet vil være fordelagtigt. Det er derfor ud fra en samfundsøkonomisk betragtning billigere på kort sigt at finde alternative og supplerende løsninger til at dække behovet i de relativt få perioder med meget høj efterspørgsel. En sådan løsning kunne være anvendelse af afbrydelighed ifølge Kristoffersen /10/.

I dag betaler Energinet.dk ca. 200.000 kr./MW/år, som deres kunder stiller til rådighed. Hvis industriens andel af potentialet på 1.000 MW (i alt 300 MW) udnyttes, vil udbetaling af rådighedsbeløbet koste ca. 60 mio. kr.. De 112 mio. kr. samfundet kunne spare ved undgåelse af systemnedbrud, kan dermed dække omkostninger til afbrydelighedskunderne for at stå til rådighed. Der er andre omkostninger forbundet med anvendelsen af afbrydelighed specielt

for den systemansvarlige, både styringsmæssigt omkring afbrydelserne og hele afregningen af kunderne.

Ud over det samfundsmæssige tab, der opstår ved direkte systemnedbrud, er der en række andre omkostninger, som der løbende resulterer i samfundsmæssige tab ved at håndtere den uflexible efterspørgsel. Heraf kan nævnes de øgede omkostninger til el for forbrugerne, som kan føre til forringet konkurrenceevne for dansk industri.

### **6.3 Investering i ny produktionskapacitet**

Liberaliseringen af elmarkedet har betydet, at ny produktionskapacitet opføres efter private økonomiske kriterier. Herved falder reservekapaciteten, samtidig med, at elprisen stiger ifølge Energistyrelsen /14/. Ifølge Morthorst /15/ vil det, med den nuværende prisudvikling på Nordpool, først være rentabelt at investere i nye elproduktionsanlæg<sup>2</sup> omkring 2015. Dvs. i fremtiden vil den danske udbygning af elproduktionen blive afgjort af investorerne ud fra rent markedsmæssige forhold.

Opførelse af ny elkapacitet er tids- og omkostningskrævende. Desuden er det svært at opgøre værdien af en forbedret forsyningssikkerhed, hvor kritiske situationer undgås i forhold til de samlede samfundsmæssige omkostninger. Der er således stor risiko for investorerne ved at gå ind projekterne grundet store usikkerheder. Usikkerheden om de fremtidige vilkår betyder, at det risikeres, at investorerne udskyder realiseringen af investeringer, dvs. de venter og ser, hvad der sker ifølge Morthorst /15/. Dette forventes at føre til tilbageholdenhed i investeringerne, hvor investorerne vil kræve en meget høj risikopræmie<sup>3</sup>. Det kan i sidste ende føre til øget system ubalance med flere perioder med kapacitetsunderskud.

Brugen af afbrydelighed kan medvirke til at sikre en øget markedsgennemsigtighed og reducere den finansielle risiko for aktørerne på markedet. Reduktion i svingningerne på elpriserne vil ligeledes bidrage til at begrænse den markedsmæssige risiko, der er for investorerne ifølge Kristoffersen /16/. Afbrydelighed kan dermed medvirke til en reduktion af omkostningerne til risikoafdækning, da der er et mere robust marked. Dette er essentielt i forhold til at investere i øget produktionskapacitet og i elnettet ifølge Skytte /11/.

---

<sup>1</sup> Ifølge Dansk Energi /13/ er der gennemsnitlige afbrydelser på ca. 30 til 40 minutter årligt som en middelværdi for hele landet. På grund af strømafbrydelsen i Østdanmark d. 23. september 2003 var denne på hele 130 minutter i 2003.

<sup>2</sup> Dog vil investering i havvindmøller i Danmark blive kommercielt interessant allerede omkring 2011

<sup>3</sup> Er medregnet i beregningen for at nye investeringer i øget produktionskapacitet først kan forventes i 2015.

#### 6.4 Bunden elproduktion

Cirka halvdelen af det danske elforbrug er baseret på en elproduktion, som alene er forbundet med blæst<sup>4</sup> og behov for varmeproduktion. Det forventes, at specielt mængden af vindkraft vil stige i fremtiden.

Når elproduktionen overstiger det aktuelle forbrug, er der tale om eloverløb. For at sikre systemet ved overproduktion, eksporteres den overskydende el enten (eksporterbart eloverløb), eller også begrænses kapaciteten f.eks. ved at stoppe vindmøller (kritisk eloverløb). Eksporterbart eloverløb resulterer oftest i en lavere elpris med risiko for at tab i forhold til produktionsomkostningerne. Kritisk eloverløb er meget omkostningstungt, da produktionskapacitet skal nedlukkes, eller der skal betales for regulering af produktionen i andre lande ifølge IDA /17/. Derudover øges behovet tilsvarende for import af el i perioder med lidt bunden produktion, hvilket kan betyde højere elpriser.

Den øgede bundne elproduktion, spiller ind på elprisen, da det er nødvendigt at købe og sælge under- og overproduktion med kort varsel. Dette betyder, at elpriserne er meget fluktuerende og kan inden for samme dag svinge med en faktor 100<sup>5</sup>. Dette sammenholdt med en reduceret reserve i de fleste vestlige lande pga. liberalisering af elmarkederne kan betyde, at der i fremtiden vil være flere perioder med højere elpriser ifølge IDA /17/.

Den store mængde bundne elproduktion stiller krav til en stor fleksibilitet i energisystemet, hvis der skal sikres en effektiv udnyttelse af systemet. I perioder med overløb kan virkemidler<sup>6</sup>, hvor forbruget er flyttet til disse perioder, med fordel anvendes, dvs. opbygning af reserver/lagre til perioder med mangel på regulerkraft eller reduktion af forbrug. Afbrydelighed medvirker således til, at forbruget skubbes til mere fordelagtige tidspunkter set ud fra eloverløbsproblematikken.

Brugen af vindkraft stiller desuden større krav til reguleringssevnen på andre anlæg, da der vil være en meget fluktuerende og svær forudsigelig produktion (ændring fra time til time). Afbrydelighed kan iværksættes via signaler meget hurtigt, og egner sig således godt til en sådan regulering ifølge Elkraft System /18/.

Ved at fremskrive eloverløb er det hos Elkraft System /18/ estimeret, at der vil være et samlet eloverløb på ca. 1.500 GWh eller ca. 10 pct. af det samlede elforbrug i 2020. Dette kan medvirke til, at den videre udbygning med VE og kraftvarme vil koste mange penge, hvis eloverløbsproblematikken ikke håndteres bl.a. ved anvendelse af afbrydelighed.

---

<sup>4</sup> I dag udgør vindenergi ca. 18% i 2004 af den danske elproduktion og målsætningen er 30% i 2010, og andelen forventes at stige yderligere ifølge Dansk Energi /13/

<sup>5</sup> Over et år kan udsvingene være meget større. På [www.nordpool.dk](http://www.nordpool.dk) fremgår det at peakprisen i 2005 svingede fra d. 2 januar på 20 øre til d.28/11 på 430 øre

<sup>6</sup> Som alternativ kan den varmebundne elproduktion nedsættes ved anvendelse af bl.a. solvarme, varmepumper, varmebesparelser og geotermiske anlæg.

Set ud fra et miljømæssigt synspunkt medvirker brugen af fleksible mekanismer såsom afbrydelighed således til, at det er muligt i højere grad at implementere mere elproduktion fra vedvarende energikilder og kraftvarmebunden elproduktion. Derudover vil det ligeledes have en positiv effekt på de fluktuerende elpriser, som opstår som et produkt af den store andel af bunden elproduktion.

### 6.5 CO<sub>2</sub>-reduktioner og energibesparelser

Før det bliver rentabelt at investere i øget produktionskapacitet vil reserven være så lille, at alle produktionsenheder skal være til rådighed i drift. Dette betyder i perioder en elproduktion på gamle ineffektive spidslastanlæg (kondensdrift) ifølge Energistyrelsen /14/. Spidslastanlæg har typisk en høj marginalpris pr. MWh og dårlige miljøegenskaber. Det fremgår af Eltra /19/ at CO<sub>2</sub>-emissionen pr. produceret energienhed er øget ved høje elpriser, da en større andel af produktionen foregår på kulfyrede anlæg. Det vil samfundsøkonomisk og miljømæssigt være en fordel, hvis elforbrug bliver afbrudt, når det ikke har en nytteværdi over den marginale omkostning for spidslastanlæggene. Derved begrænses spidslastbehov og prisspidser i markedet. Flexibelt elforbrug kan desuden give en energibesparelse, da mindre produktion sker på anlæg med en lav virkningsgrad ifølge Elkraft System /20/.

### 6.6 Opsamling

Det er vanskeligt at kvantificere gevinsten ved fleksibelt elforbrug, herunder afbrydelighed. Stort set alle aktører på det danske elmarked er dog enige om, at fleksibelt elforbrug er et væsentligt virkemiddel på et liberaliseret marked. Uden virkemidlerne vil systembalancen være meget usikker i perioder med uforudsete hændelser, da der simpelthen ikke findes de nødvendige ekstra reserver. Balancen mellem gevinsten ved anvendelse af afbrydelighed og øvrige fleksible mekanismer og omkostningerne er svære at godtgøre for. Der er dog, som her antydnet, en række indikatorer som taler for, at der i højere grad bør sættes på området. Denne videre udvikling bør ske i samarbejde med den resterende del af Norden, sådan der opnås et samlet system, hvor de forskellige styrker ved landenes elsystemer udnyttes. De primære fordele, som er beskrevet i dette afsnit, er:

- **Øget forsyningssikkerhed.** Ved at nedsætte elforbruget øges forsyningssikkerheden i kritiske situationer med mangel på produktionskapacitet.
- **Stabil elpris.** Afbrydelighed betyder en mere stabil elpris for kunderne, grundet reduktion i omkostninger til elproduktion ved kapacitetsproblemer, problemer med tilpasning af bunden elproduktion, transmission, distribution, tab mv.
- **Mere effektivt marked.** Kunderne reagerer på priser som på et almindelig prisstyret marked, og markeds kræfterne træder i kraft.

- **Risikostyring.** Stabile priser nedsætter indkøbernes risiko, hvorved priserne yderligere kan reduceres. Desuden vil investorer have et bedre grundlag for at investere i øget produktionskapacitet, grundet færre risikoelementer ved investeringen.
- **Miljø.** Flexibelt elforbrug kan hjælpe til at reducere miljøpåvirkninger, da nedsat behov opstart af de mest ineffektive spidslastanlæg. Derudover er der øget mulighed for brug af vindkraft og andre vedvarende energikilder.

## 7 anbefalinger til videre arbejde

### 7.1 Flex systemet

Flex systemet har vist sig at være meget brugervenligt og let at overskue for virksomhederne. Det er derfor meget sandsynligt, at de fleste virksomheder vil være i stand til at selv at foretage ændringer i systemet. Gennem dette projektforsøg har det vist sig, at ændringer i systemet alligevel er lavet af Birch & Krogboe. Det er dog sandsynligt at dette alene skyldes, at de deltagende virksomheder har været bevidst om, at dette er lettere end selv at foretage justeringer.

Selve driften samt overvågningen af de virksomheder der er indlagt i Flex er hidtil varetaget af Elkraft System selv. Dette arbejde har vist sig at være større end først antaget, og enkelte personer hos Elkraft System har ved flere lejligheder givet udtryk for, at de har ønsket at outsource denne ydelse. På baggrund af ovenstående anbefales det, at driften af Flex-systemet outsources til et andet firma af følgende årsager:

- Outsourcing vil give den systemansvarlige mulighed for at anvende tiden mere rationelt end til drift af systemet.
- Firmaet som Flex outsources til, kan have et økonomisk rationale i at optimere driften af Flex systemet.
- Firmaet som Flex outsources til, kan gives et økonomisk rationale til at sørge for, at der "tilkøbes" yderligere virksomheder.
- Firmaet som Flex outsources til, kan gives mulighed til at varetage indmelder fra virksomheder mere rationelt, end enkelte personer hos den systemansvarlige.

Det vil være oplagt, at værktøjet outsources til en balanceansvarlig eller et handelsselskab, der har alle forudsætninger for at kunne drive Flex-systemet rationelt. Dels fordi de har indgående kendskab til alle markedsmekanismerne og dels fordi de har kendskab til mange af de større kunder. De kan således lettere animere større kunder til at indtræde som afbrydelighedskunde. Man kunne endog forestille sig, at alle balanceansvarlige samt elhandlere fik stillet Flex-systemet til rådighed, og kunne anvende det forretningsmæssigt mod deres el-kunder.

### 7.2 anbefalinger til forbedringer af hardware

Hardwaren består af en telemetrienhed RTCU-A9i MAX, eventuelt kombineret med radiokontrollerede enheder. De radiokontrollerede enheder består af en sender, samt en eller flere modtagere med indbygget relæ. Fordelene ved den sidste kombination er, at en telemetrienhed kan styre flere relæer uden at der skal foretages kabeltræk. Udviklingen af kombination



nen af software og hardware er et arbejde, som der er udarbejdet gennem dette projekt. Dette var således ikke med i den oprindelige systemkonfiguration fra Elkraft System.

I forbindelse med denne udvikling, samt efterfølgende tests i 3 COOP Kvickly butikker, er der fremkommet følgende forslag og idéer, som kunne være en fordel at realisere ved fremtidige projekter og installationer af de radiokontrollerede enheder:

#### 7.2.1 Spændingsforsyning

Spændingsforsyningen til de radiokontrollerede relæer består alene af en 230V forsyning. Der bør være mulighed for enten 24V eller 230V, ligesom tilfældet er med selve telemetrienheden. Ved at anvende 24V kan omkostningerne til installation ofte reduceres, da man ofte undgår at skulle etablere yderligere forsyning. Der kunne endvidere være installeret en 24V transformer, således at denne kunne forsyne eksterne hjælperelæer. Dette har været et problem i Kvickly butikkerne, hvor der skulle installeres eksterne relæer for at sikre en sikker nedlukning af varmepumperne. Denne problematik vil være gældende ved et betydeligt antal installationer.

#### 7.2.2 Montage

Sender antennen bør være en intern antenne, men med mulighed for tilslutning af eksternt. I dag er antennen loddet på printkortet, hvilket giver stor mulighed for fejl eller destruktion af signalet.

Sender og modtagere er i dag programmeret således de hører specifikt sammen. Dette gør det besværligt ved udskiftning af f.eks. en modtager, da det kræver en ny programmering. Der burde være mulighed for at koble sender og modtager sammen på en simpel måde på stedet, for at undgå fejl.

Det er i dag muligt at udføre større dele af installationen (interne forbindelser) før montage på stedet. Dette kunne være udført af fabrik for at undgå, at installatøren skal montere sender og modtager i butikken. Dette svarer i princippet til, at sættet skal være udført som en mere færdig montage pakke ("plug and play"). Der har været et større antal problemer med fejlagtig montage fra de enkelte montører. Dette gælder ikke alene dette projekt, men er et problem som Elkraft System har observeret et stort antal gange.

#### 7.2.3 Test

Før montage var der tvivl om rækkevidden mellem sender og modtager. Flere forskellige forhold komplicerer normalt sagen, typisk afstand mellem sender og modtager (xx meter), signal gennem vægge, armeret beton og metal (eltavler), mv. Det bør være muligt, at have

- enten indbygget i modtageren - eller som ekstern enhed - en modtager (batteriforsynet) til test af signalforhold før endelig montage af modtagerrelæet. Det har været til stor gene i projektet, at vi har måttet prøve os frem alle steder, før modtagerrelæet endeligt kunne placeres, hvilket er meget tidskrævende. Det skal her erindres, at modtageren ikke helt enkelt kan flyttes, da den kræver en 230 V forsyning.

Efter montage bør test af signal kontakt fra sender til modtager være mere enkel. Der skal indikeres (eksempelvis via diode) om der er forbindelse til afsender, uden at der skal udføres en afbrydelsestest.

#### 7.2.4 Drift

Når et anlæg skal afbrydes, sendes et signal fra senderen til modtagerne. Hvis der imidlertid ikke kommer en tilbagemelding fra en modtager, venter senderen ikke på dette signal men fortsætter med at aktivere de øvrige modtagere. Fordelen ved dette er, at fejl på én modtager ikke medfører, at de øvrige modtagere ikke bliver aktiveret. Ulempen er, at aktiverings-signalet ikke kommer igennem f.eks. hvis noget midlertidigt blokerer signalvejen. Dette gør sig især gældende ved deaktivering af signalet. Her kan der opstå en situation, hvor modtagerrelæet vil være i tilstand "afbryde" for anlægget og ikke modtage signalet om deaktivering, dvs. starte anlægget om igen. Hvordan dette problem kan afhjælpes, har vi ikke fundet en god løsning på - blot observeret, at der er et uløst potentielt problem.

### 7.3 Relation mellem balanceansvarlig, systemansvarlig og afbrydelig kunde

I løbet af projektet har den største hindring vist sig ikke at være teknisk, men snarere organisatorisk. Årsagen er, at der ikke eksisterer et fornuftigt samspil eller ligefrem nedskrevne aftaler mellem de involverede parter. Problemstillingerne er forskellige for de forskellige parter.

For den **systemansvarlige** er problematikken, at de ikke er gearret til at håndtere mindre kunder (afbrydelige kunder), som har problemer eller spørgsmål, eksempelvis til Flex-systemet. Dertil kommer, at vedtagne procedurer pt. har fastlagt, at den systemansvarlige kun har et økonomisk forhold til den balanceansvarlige. Den systemansvarlige har således et stort incitament til at have afbrydelige kunder, men har ikke et organisatorisk "system" til at håndtere afbrydelige elkunder.

For den **balanceansvarlige** er problematikken, at de løber en risiko ved at have afbrydelige kunder. Risikoen består primært i, at der ikke findes et produkt på Nord Pool der kan håndtere, at en virksomheds forbrug som oftest automatisk øges i en periode efter at virksomheden er blevet afbrudt. Dette betyder, at selv om den systemansvarlige måske tjener på balancen i timen hvor der afbrydes, sættes indtjeningen måske overstyr i de kommende timer.

Hertil kommer, at de balanceansvarliges systemer ikke automatisk kan håndtere afbrydelige kunder. Såfremt en kunde skal afbryde for deres forbrug, vil den balanceansvarlige skulle foretage nogle manuelle ændringer i deres forbrugsplaner. Det er kostbart, når der skal foretages manuelle ændringer, og kan let "spise" hele besparelsen.

For den **afbrydelige kunde** er langt den overvejende problematik, at de dels ikke forstår sammenhængen i elsystemet (og i øvrigt ikke har nogen interesse i at forstå dette) og dels at de ikke har tid/kapacitet/kompetence til at agere på ændringer af den effekt de stiller til rådighed. Løsningen for den afbrydelige kunde er, at der er nogen der skal håndtere det for dem.

Det anbefales, med baggrund i ovenstående, at den systemansvarlige og de balanceansvarlige samme laver et simpelt produkt, der betyder, at den systemansvarlige ikke skal håndtere alle de afbrydelige kunder, og at den balanceansvarliges risiko skal håndteres, således at de ikke løber en risiko, når der afbrydes for forbruget. Den afbrydelige kunde, skal alene kommunikere med én instant. Her vil det naturlige valg være den virksomhed som Flex-systemet outsources til (hvad enten det er den balanceansvarlige eller ej), men kan i princippet være en hvilken som helst konsulent.

Systemet som det er opbygget i dag, er alt for komplekst for virksomhederne at forstå, og for at konceptet omkring "fleksibelt elforbrug" skal blive til en succes, er det ubetinget nødvendigt at forenkle "arbejdsgangen" for den afbrydelige kunde.

#### **7.4 Tiltrækning af yderligere afbrydelig effekt**

Trods ihærdig markedsføring i starten af dette projekt fra den medvirkende balanceansvarlige, var det ikke muligt at finde en virksomhed, som mente at det enten var muligt eller at det økonomiske potentiale var stort nok til at de havde interesse i at deltage i projektet. Dette gjaldt før, at Elkraft Systems udbud var i spil, dvs. før virksomhederne var i stand til at modtage en reservationsbetaling - en betaling som ofte udgør mere end 90% af den samlede indtægt til virksomheden.

Efter offentliggørelse af Elkraft Systems udbud, voksede potentialet for "fleksibelt elforbrug" markant, idet der meldte sig ca. 25MW. Af disse var mere end 23MW dog nødstrømsanlæg, dvs. anlæg der producerede ind på nettet. For den systemansvarlige gør dette ingen forskel, men det beskriver noget om, i hvor høj grad virksomhederne vurderer, at de er i stand til at afbryde for dele af deres elforbrug.

En undersøgelse foretaget i midten af 2005 af Johansson /8/ hos større danske erhvervsvirksomheder viste - ligesom undersøgelser foretaget tidligere af Elkraft System - at potentialet

for afbrydelig effekt er ganske betydelig - ca. 300MW. Undersøgelsen viste dog endvidere, at relativt få virksomheder mente, at de selv var i stand til at afbryde for deres elforbrug. Dette var på trods af, at virksomhederne blev personligt interviewet, og dermed var bekendt med alle facetter af problematikkerne - eksempelvis at man kun meget sjældent aktiveres. Lægges potentialet i boliger, på kontorer og i landbrug stiger det vurderede potentiale for afbrydelighed til ca. 1.000 MW.

Hvis realiseringen af afbrydelig effekt skal øges kræver det, at der igangsættes yderligere demonstrationsprojekter. Til dato findes der kun 4-5 virksomheder der har deltaget i Elkraft Systems udbud omkring afbrydelighed - 3 af disse er beskrevet i dette projekt. En oplagt mulighed for at tiltrække yderligere afbrydelig effekt kunne være:

- At den systemansvarlige/balanceansvarlige/handelsselskabet udarbejder et fælles produkt, som gør det attraktivt for den balanceansvarlige at tilbyde produktet til slutkunderne. Den balanceansvarlige (eller i dette tilfælde rettere elhandleren) har direkte kontakt til kunderne, og er i stand til umiddelbart at tilbyde kunderne et "afbrydelighedsprodukt", der økonomisk favoriserer kunden samt sig selv.
- At der etableres en yderligere række demonstrationsprojekter og tilhørende markedsføring, med det formål at øge virksomhedernes opmærksomhed på muligheden
- At den systemansvarlige og balanceansvarlige/handelsselskabet udbyder ydelsen med at sørge for, at virksomhederne kobles på systemet. Ydelsen kunne eksempelvis bestå i:
  - at lokalisere de firmaer, hvor det er relevant at have et afbrydeligt forbrug
  - at tegne kontrakt med virksomhederne "på vegne af" den systemansvarlige og balanceansvarlige/handelsselskabet
  - at sørge for, at der fysisk etableres en løsning, således at virksomheden kobles op på Flex
  - at sørge for, at virksomheden selv er i stand til at vedligeholde data i Flex (eller at virksomheden entrerer med et firma der foretager dette på vegne af virksomheden).

## 8 Konklusion

Projektets formål var at udvikle muligheden for, at flytte dele af forbrugernes elforbrug fra perioder med meget høj efterspørgsel på el til perioder med lav efterspørgsel. Denne flytning skulle gennem etablering af automatisk afbrydelighed af en del af forbrugernes elforbrug. Det var oprindeligt tiltænkt, at anvende eksisterende kommunikationsudstyr mellem kunde og netselskab til at afbryde for udstyr samt til at sende data mellem forbruger og elselskab. Dette blev dog ændret gennem projektførelsen.

Endvidere var projektets mål, at fokusere på den nytte, som afbrydelighedskunden, netselskaberne, de systemansvarlige samt handelselskaberne (balanceansvarlige) kunne opnå ved at tage hensyn til prisudviklingen på Nord Pool, og den påvirkning, som anvendelse af afbrydelighed i elforbrug giver på prisstabiliteten.

Den overordnede konklusion er, at det har været fuldt ud muligt at afbryde for de medvirkende demonstrationsvirksomheders elforbrug i en begrænset periode uden gener for virksomhederne. Det har endvidere vist sig, at det er slutkunden samt den systemansvarlige der først og fremmest drager nytte af konceptet, mens netselskabet kun har en begrænset - eller ligefrem ingen - nytte af afbrydelighed. Den balanceansvarlige bør også kunne drage nytte af konceptet, men har for indeværende hverken ressourcer eller mulighed herfor. Hertil kommer, at den balanceansvarlige også pådrager sig en potentiel risiko for yderligere omkostninger ved at have afbrydelige kunder.

I kapitel 2 gennemgås de forskellige aktører og markeder i systemet samt deres interesse i afbrydelighed. Afsnittet er relativt udførligt beskrevet, men vurderet nødvendigt, af hensyn til parter som enten ønsker at blive en aktør på markedet eller ønsker at se problemstillinger og muligheder fra forskellige synsvinkler. Konklusionen heraf er, at prissætningen på Elspot indtil videre har betydet, at det ikke har været særligt attraktivt at agere aktivt på dette marked. Med agere menes, at en virksomhed aktivt forholder sig til prisen i en enkelt time og flytter eller afbryder deres forbrug i en dyr time. Da prisen på regulerkraftmarkedet afspejler spotprisen, er dette marked kun interessant grundet muligheden for reservationsbetaling. De praktiske erfaringer i Norden – inklusive dette projekt – er således også, at virksomheder alene agerer, såfremt de tilbydes en reservationsbetaling.

Omkring aktørerne må det overordnet set siges, at netselskabet kun i teorien har en økonomisk interesse i at have afbrydelige kunder. Den balanceansvarlige spiller en central rolle i forbindelse med afbrydelighed. Det skyldes dels, at den balanceansvarlige håndterer transmission af data forbundet med afbrydelighed, ligesom de økonomiske transaktioner håndteres via den balanceansvarlige. Ligeledes har den balanceansvarlige økonomiske incitament til at minimere eventuelle ubalancer mellem reelt forbrug og indkøbt el. Denne mulighed er imidlertid noget vanskelig at udnytte, så længe der ikke haves et realtidskendskab til forbru-

get hos kunderne. Den balanceansvarlige kan dog udnytte afbrydelighed til at sælge el til en høj pris i perioder med kapacitetsmangel.

Den systemansvarlige har det overordnede ansvar for transmissionsforbindelserne. På selve forbrugsdøgnet anvendes bud på regulerkraftmarkedet til at opretholde frekvensen. Den systemansvarlige kan tilbyde en reservationsbetaling for, at en virksomhed stiller afbrydelighed til rådighed for systemet via regulerkraftmarkedet. Den systemansvarlige spiller således også en væsentlig rolle for etablering af afbrydelighed hos en kunde.

I kapitel 3 ses på potentialet for afbrydelse af elforbrug, dels hos de medvirkende 3 demonstrationsvirksomheder og dels på mulighederne i hele Danmark. Resultatet af undersøgelsen viser først og fremmest, at afbrydelse af demonstrationsvirksomhedernes elforbrug kan ske flere gange dagligt - dog med begrænset varighed på 1-3 timer. Den mængde af elforbrug der kan afbrydes for, varierer typisk i løbet af dagen, og det anbefales, at mængden af afbrydeligt elforbrug fastsættes rimeligt præcist, evt. med fastsiddende elmålere om muligt. Potentialet for afbrydelighed varierer fra 20 kW op til ca. 1 MW i de forskellige virksomheder og på forskellige tidspunkter. Der er således tale om både større og mindre afbrydelige forbrug.

En undersøgelse foretaget af de systemansvarlige i udvalgte brancher viser, at der er en vurderet afbrydelig effekt i Danmark, der gennemsnitligt er ca. 500 MW. I denne rapport peges på et endnu højere potentiale såfremt boliger og kontorers mulighed for afbrydelighed medtages. Da der i mange af disse timer er store variationer, vil der i enkelte timer kunne afbrydes hhv. betydeligt mere og betydeligt mindre. Konklusionen er dog, at potentialet for afbrydelig effekt er på størrelse med flere store kraftværksblokke - dog er effekten langt billigere og hurtigere at effektuere.

I rapportens kapitel 4 er kommunikationsformerne behandlet. Det var oprindeligt meningen, at kommunikationen skulle foregå fortrådet, primært gennem anvendelse af eksisterende teknologier fra netselskabet til kunden. I praksis viste det sig dog hurtigt, at udbredelsen og prisen på trådløs kommunikation var langt at foretrække. Da der samtidig blev udarbejdet software og hardware fra den systemansvarliges side, i forbindelse med igangsættelsen af et demonstrationsprojekt fra deres side, blev det besluttet at anvende deres systemer, da dette ville blive langt billigere for projektet og mere økonomisk fordelagtigt og sikkert for demonstrationsvirksomheder.

Konklusionen omkring den udarbejdede software er, at den er uhyre brugervenlig og simpel at anvende for de enkelte kunder. Den anvendte hardware er også relativt let at installere, men kan dog forbedres på en række punkter. Omkostningerne til installation på de pågældende virksomheder har vist sig at ligge omkring 10-15.000 kr. pr. installation. Disse omkostninger kan nedbringes betydeligt, såfremt hardwaren fra producentens side i højere grad

er færdiggjort - dette gælder særligt omkring anvendelsen af hardware med radiokommunikation.

Den anvendte hardware med radiokommunikation blev udviklet gennem dette projekt, og kan i høj grad billiggøre en installation, hvor der er flere installationer med en vis fysisk afstand der skal afbrydes. De anvendte radiokommunikationsenheder har vist sig at være temmelig robuste overfor selv betonarmerede dæk, som ellers normalt udgør et væsentligt problem. Afstanden fra senderen i fri afstand er ca. 300 meter, hvilket er temmelig godt.

I rapportens kapitel 5 er der foretaget en kort dataanalyse omkring omfanget af aktivering samt hvorvidt der reelt opnås en elbesparelse af afbrydeligheden. Konklusionen omkring aktivering er, at det hidtil er foregået i et omfang, hvor virksomhederne ikke mærker det. Der er tale om aktivering på mellem 5-10 timer i projektperioden på ca. 1,5 år. De fleste virksomheder har indlagt begrænsninger på den årlige aktiveringstid på mellem 30-100 timer, og den realiserede aktivering ligger således langt derfra. Kravet om 30-100 timer årligt er i øvrigt ensbetydende med, at man i praksis ville blive aktiveret meget sjældent selv hvis rammen blev udfyldt.

Resultaterne omkring elforbruget viser umiddelbart, at der ikke ses et forøget elforbrug i perioden efter aktivering. Dette betyder først og fremmest, at den balanceansvarliges risiko omkring ubalancer kort tid efter en aktivering er minimal. Resultaterne kunne således også indikere, at der rent faktisk opnås en elbesparelse. Dette resultat skal dog tages med nogen forbehold, da det givetvist afhænger i betydelig grad af tidspunktet for aktivering samt hvad det er der aktiveres.

Generelt må det konkluderes, at såfremt afbrydelighed foregår på et sted med termisk lager, vil elforbruget udjævnes alt andet lige - dette vil blot tage lang tid. Afbrydelighed skal derfor primært ses som et middel til at flytte forbrug i perioder med meget høj belastning på elsystemet til perioder med lavere belastning på elsystemet. Det skal endvidere bemærkes, at de meget korte aktiveringstider betyder, at elforbruget som der afbrydes for er marginalt set i forhold til elforbruget under normal drift.

I kapitel 6 er der foretaget en perspektivering af resultaterne. Dette er foretaget, da afbrydelighed primært skal ses som en samfundsmæssig mulighed til at stabilisere elsystemet. Hovedkonklusionerne herfra er, at det som ventet er svært - endsige umuligt - at kvantificere gevinsten, men stort set alle aktører på det danske elmarked er enige om, at fleksibelt elforbrug er et væsentligt virkemiddel på et liberaliseret marked. Uden virkemidlerne vil systembalancen være meget usikker i perioder med uforudsete hændelser, da der simpelthen ikke findes de nødvendige ekstra reserver - indikatorer som taler for, at der i højere grad bør sættes på området. Denne videre udvikling bør ske i samarbejde med den resterende del af Norden, sådan at der opnås et samlet system, hvor de forskellige styrker ved landenes el-

systemer udnyttes. De primære fordele ved fleksibelt elforbrug herunder afbrydelighed kan kort gengives som:

- **Øget forsyningssikkerhed.** Ved at nedsætte elforbruget øges forsyningssikkerheden i kritiske situationer med mangel på produktionskapacitet.
- **Stabil elpris. Flexibelt elforbrug** betyder en mere stabil elpris for kunderne, grundet reduktion i omkostninger til elproduktion ved kapacitetsproblemer, problemer med tilpasning af bunden elproduktion, transmission, distribution, tab mv.
- **Mere effektivt marked.** Kunderne reagerer på priser som på et almindelig prisstyret marked, og markedskræfterne træder i kraft.
- **Risikostyring.** Stabile priser nedsætter indkøbernes risiko, hvorved priserne yderligere kan reduceres. Desuden vil investorer have et bedre grundlag for at investere i øget produktionskapacitet, grundet færre risikoelementer ved investeringen.
- **Miljø.** Flexibelt elforbrug kan hjælpe til at reducere miljøpåvirkninger, da nedsat behov opstart af de mest ineffektive spidslastanlæg. Derudover er der øget mulighed for brug af vindkraft og andre vedvarende energikilder, som netop er med til at skabe systemubalance og svære at regulere.

I rapportens kapitel 7 er der givet en række anbefalinger til det videre arbejde med afbrydelighed. Anbefalingerne går primært på, hvordan markedet og tilgængelig teknologi for afbrydelighed kan styrkes. Konklusionerne herfra kan kort resumeres til:

- Flex-systemet udarbejdet af den tidligere systemansvarlige på Sjælland Elkraft System (nu: Energinet.dk), er et meget brugervenligt system, som bør videreføres. Dette bør dog foretages af en ekstern part, som har incitament og kompetencer til at videreføre systemet. Det ville være oplagt, at dette blev foretaget af én eller flere balanceansvarlige eller måske snarere elhandelsselskaber, således at disse også blev givet et direkte incitament til at få flere virksomheder til at tilbyde afbrydelighed.
- Den til projektet hørende hardware har stort set virket uden problemer. Imidlertid kan hardwaren optimeres på en række punkter. Den primære optimering kunne ske ved, at hardwaren i højere grad allerede var samlet fra producentens side. Hermed kunne undgås nogle af de tilfælde, hvor systemopsætningen er fejlet (hvilket er sket et vist antal gange).
- Specielt er der en række mangler ved systemet med de radiokommunikerende enheder. Dette skyldes, at man ved opsætning ikke har mulighed for konstant at checke, hvorvidt modtager og sender har kontakt med hinanden. Det ville være formålstjenligt, såfremt modtageren blev udstyret med et batteri samt indikation for, om der er kontakt mellem sender og modtager.
- Såfremt markedet skal udvides med yderligere afbrydelige virksomheder/kunder er det nødvendigt, at der foretages konceptudvikling af "produktet", således at den balanceansvarlige/handelsselskabet og den systemansvarlige kan tilbyde ét samlet produkt overfor



den afbrydelige kunde. Der findes næppe særlig mange virksomheder, som har forståelse eller overskud til at sætte sig ind i hele elsystemets virkemåder - og har heller ingen grund til dette. En nødvendig forudsætning for, at afbrydelighed kan blive en større succes er således, at virksomheden ledes gennem hele processen omkring indgåelse af kontrakter, installation, vedligeholdelse af data i systemerne, fakturering mv. Dette bør i praksis være en rådgiver, som naturligt kunne være en balanceansvarlig/elhandler. Det kunne dog også være rådgivere med kendskab til virksomhedernes mulighed for afbrydelighed. Dette kunne særligt være elselskabernes energirådgivere, som ofte har et indgående kendskab til virksomheders energiforbrug, produktionsflow mv.

## 9 Referencer

- /1/: Jensen, M.L. m.fl.: "335-07. Styling af elforbrug gennem afbrydelighed", Elfor PSO-F&U Ansøgning år 2003, Birch & Krogboe, Maj 2003.
- /2/: Jensen, M.L. m.fl.: "Styling af elforbrug gennem afbrydelighed – uddybende projekt-ansøgning", Elfor PSO-F&U Ansøgning år 2003, Birch & Krogboe, Marts 2003.
- /3/: Nordel: "Demand Response in the Nordic Countries". A background Survey", Nordel Report, Januar 2005.
- /4/: EME Analys: "Tillæggsavtal. Solutions for adjustments of standard supply contracts that allows for Consumer Response", Svenska Kraftnät & Energimyndigheten, 2002.  
[www.svk.se/upload/3407/Industribud\\_02.pdf](http://www.svk.se/upload/3407/Industribud_02.pdf).
- /5/: Christensen, H.U. & Jensen, M.L.: "Fleksibelt elforbrug. Demoprojekt Frigoscandia og DONG", Birch & Krogboe, Februar 2004.
- /6/: Jensen, M.L.: "Fleksibelt elforbrug hos Frigoscandia i 2004", Birch & Krogboe, Januar 2005.
- /7/: Eltra & Elkraft System: "Priselastisk elforbrug 2005", dok.nr. 204156 v6, 31. januar 2005.
- /8/: Johansson, M.: "Kortlægning af erhvervslivets mulighed for priselastisk elforbrug". Dansk Energi Analyse, Juni 2005.
- /9/: Johansson, M.: "Kortlægning af erhvervslivets elforbrug". Dansk Energi Analyse, September 2000.
- /10/: Kristoffersen, H.E. & Togsverd, T.: "Fleksibelt elforbrug giver samfundsgevinst", Dansk Industri, 2005.
- /11/: Skytte, K.: "The value of Demand Response in Power Markets", Working Paper, Risø, November 2005.
- /12/: Energistyrelsen: "Forsyningssikkerhed i elsystemet", Afrapportering fra Eltras, Elkrafts- og Energistyrelsens arbejdsgruppe om forsyningssikkerhed, Juni 2005.
- /13/: Dansk Energi: "Dansk Elforsyning, Statistik 2004", Dansk Energi 2005, ISSN: 0907-5259.
- /14/: Energistyrelsen: "Sammenfattende baggrundsrapport for Energistrategi 2005", Energi- styrelsen, Juni 2005.
- /15/: Investering og prisdannelse på et liberaliseret elmarked, Poul Erik Morthorst, Stine G. Jensen, Peter Meibom, Forskningscenter Risø, ISSN: 0106-2840, maj 2005
- /16/: Kristoffersen, H.E. & Stouge, A.S.: "Behov for fleksibelt elforbrug I et liberaliseret el- marked", Erhvervspolitisk Indsigt, Nyhedsbrev fra DI nr. 13/ d. 4.9 - 2002.
- /17/: IDA: "Teknologisk Fremsyn - Fremtidens Energi", Hovedrapport, Ingeniørforeningen i Danmark, februar 2003, ISBN: 87-87254-99-9.
- /18/: Elkraft System: "Systemplan 2001", ISSN: 1600-3152, juni 2001
- /19/: Resultater fra referenceberegninger 2004, Dok. nr. 185152 v2, Eltra, 22 juni 2004
- /20/: Eltra og Elkraft System: "Priselastisk elforbrug", dokument nr. 204156 v4, 13. oktober 2004.