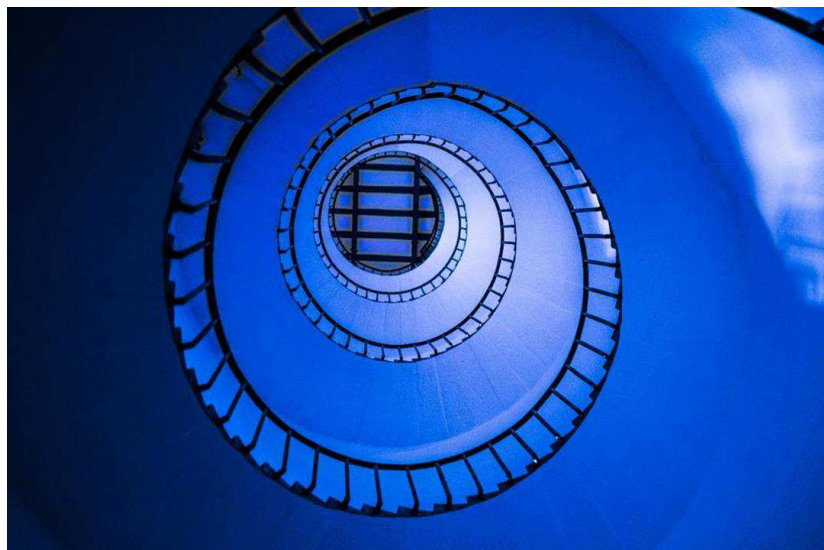


# Energieffektive og intelligente bygninger i et smart energisystem



## BAGGRUNDSRAPPORT 3 – BYGNINGERS MULIGE BI- DRAG TIL ET FLEKSIBELT ENERGISYSTEM

Version: August 2018



Udarbejdet af:

**SWECO Danmark**

Granskoven 8  
2600 Glostrup  
[www.sweco.dk](http://www.sweco.dk)

**Ea Energianalyse**

Frederiksholms Kanal 4, 3. th.  
1220 København K  
[www.eaea.dk](http://www.eaea.dk)

## Forord

Regeringen har igangsat initiativet om 'Energieffektive og intelligente bygninger', som har til formål at fremme energieffektiviseringen og fleksibelt energiforbrug i bygninger. Som led i dette initiativ har SWECO og Ea Energianalyse i perioden november 2017 til april 2018 gennemført en analyse for Energistyrelsen, der beskriver muligheder og udfordringer for udnyttelse af eksisterende bygningers fleksibilitetspotentialer og indpasningen i fremtidens energisystem. Termen "bygninger" omfatter i denne forbindelse kun eksisterende bygninger inden for husholdninger, handel & service samt institutioner – altså hverken industri eller nye bygninger. Analysen skal bidrage til beslutningsgrundlaget for fastsættelsen af de langsigtede rammer for indsatsen til fremme af energieffektivitet og fleksibelt energiforbrug i bygninger.

Resultatet af analysearbejdet er samlet i en hovedrapport samt tre tekniske baggrundsrapporter:

1. Det smarte energisystem og samspilspunkter mellem forsyningssystemer og bygninger,
2. Analyse af potentialer, omkostninger og andre barrierer for samspil mellem bygninger og forsyningssystem,
3. Bygningers mulige bidrag til et fleksibelt energisystem.

Denne baggrundsrapport er den sidste af de tre.

## Indhold

<b>Forord .....</b>	<b>iii</b>
<b>1 Indledning .....</b>	<b>2</b>
<b>2 Flexibilitetstiltag – el .....</b>	<b>3</b>
2.1 Forskydning af elforbrug via smart styring.....	3
2.2 Brændselsskift – elpatron, varmepumpe og hybridanlæg .....	5
2.3 El-lagring .....	7
<b>3 Flexibilitetstiltag – varme .....</b>	<b>8</b>
3.1 Forskydning af forbrug .....	8
3.2 Brændselsskift – elpatron, varmepumpe og hybridanlæg .....	8
3.3 Varmelagring med varmepumpe.....	8
3.4 Balancering af distributionsnettet og fleksible forbrugere .....	8
<b>4 Rentabilitet 2050 .....</b>	<b>10</b>
4.1 Tiltag målrettet spotmarkedet .....	14
4.2 Overblik – Midlertidigt skift i energiart .....	23
4.3 Overblik – Forskydning af forbrug .....	24
4.4 Overblik – Flexibel effektmængde .....	26
4.5 Tiltag rettet mod regulérkraftmarkedet.....	32
<b>5 Opsamling og diskussion.....</b>	<b>39</b>
<b>Bilag 1 – Rentabilitet i 2030 .....</b>	<b>1</b>

# 1 Indledning

Et antal fleksibilitetstiltag i el-, fjernvarme-, og gasforbrug er undersøgt nærmere for at kvantificere deres potentielle bidrag til energisystemets fleksibilitet og de dermed forbunden omkostninger. Der er ikke foretaget en fuldstændig kortlægning og kvantificering af alle muligheder, men i stedet udvalgt 11 særligt illustrative eksempler, som tilsammen repræsenterer de væsentligste muligheder for at udnytte elspot- og regulérkraftmarkedets priser. En oversigt over de analyserede tiltag kan ses Tabel 1 nedenfor.

Type	Tiltag	Applikation	Betragtede priser
1	Elpatron hos naturgaskunder	Lav elspotpris	Naturgas- vs. elspotpris
2	Elpatron hos fjernvarmekunder		Fjernvarme- vs. elspotpris
3	Hybridvarmepumpe hos naturgaskunder		Naturgas- vs. elspotpris
4	Hybridvarmepumpe hos fjernvarmekunder		Fjernvarme- vs. elspotpris
5	Prisafhængigt fjernvarmeforbrug hos fjernvarmekunder	Lav og høj fjernvarmepris	Udsving i fjernvarmepris
6	Prisafhængigt brug af køle-/fryseaggregat i husholdninger, virksomheder og institutioner	Lav og høj elspotpris	Udsving i elspotpris
7	Prisafhængig brug af elvarme		
8	Prisafhængig brug af ventilation		
9	Prisafhængig brug af batterier		
10	Elpatron hos naturgaskunder	Efterspørgsel efter regulérkraft	Naturgas- vs. elspot- vs. regulérkraftpris
11	Elpatron hos fjernvarmekunder		Fjernvarme- vs. elspot- vs. regulérkraftpris

Tabel 1: Analyserede fleksibilitetstiltag.

Det fremgår, at fleksibiliteten kommer fra enten midlertidigt skift i energiart eller forskydning af et elforbrug.

Fleksibilitetstiltagene præsenteres i kapitel 2 og 3 inklusive en vurdering af deres fleksibilitet. Der foretages en sammenligning af tiltagene bl.a. ved hjælp af såkaldte marginal abatement cost (MAC) kurver i kapitel 4. Afslutningsvis diskuteres resultaterne herunder også de konstaterede barrierer.

## 2 Flexibilitetstiltag – el

### 2.1 Forskydning af elforbrug via smart styring

#### Elvarme og varmepumpe

Smart styring af **ren elvarme** (stop i timer med lokalt prismaksimum – f.eks. max. 2 timer i træk; kør dobbelt i timer med lokalt prisminimum afhængig af behov). Tilsvarende for bygninger med **eksisterende varmepumper**.

#### Køl/frys

Udnyttelse af høje og lave priser med en "stop og go-dobbelt" strategi. Denne strategi er, at når elprisen i en given time er højere end både den foregående og den efterfølgende time, så stoppes forbruget, og når elprisen er lavere end både den foregående og den efterfølgende time, så fordobles forbruget. Køle-/fryseenheder erstattes med hvidevarer eller styringer, der understøtter det intelligente elnet.

Styring af temperatur sker efter behov samt aktuell elspotpris i den pågældende time. F.eks. ved at temperatur sænkes yderligere forud for forventet høj elspotpris, og der slukkes, mens elspotprisen er høj eller indtil en fastsat kritisk temperatur nås. Dette kræver, at temperaturstyringer får signaler om priser samt forventede priser de næste timer og kan opføre sig strategisk ud fra disse informationer.

Derudover kan køleskabe med fordel forsynes med et kuldager i form af væskebeholder eller lignende, der kan give yderligere termisk træghed, så køleskabet bliver mindre sårbart overfor brugen.

I virksomheder benyttes køle-/fryserum, og her vurderes det, at alene styringer kan skiftes eller overstyres på eksisterende anlæg. Kølemaskiner o.l. behøver således ikke at udskiftes. Termisk lager kan indbygges.

Prisen for et køleskab med understøttelse af intelligent elnet kan tænkes at være lidt højere end for et almindeligt køleskab, foruden at der også skal etableres netadgang/Wi-Fi ud til enheden. Producenterne benytter i øjeblikket internetadgangen til at lægge andre funktioner ind, f.eks. forsyne køleskabsfronten med touchskærm, overvågning af indhold m.v. Disse modeller ses til over 35.000 kr. men det må forventes, at udstyret tilpasser sig markedets behov således, at der fortsat kan købes "almindelige" køleskabe, alene med elspotpris styring f.eks. styret via app.

## Ventilation

Udnyttelse af høje og lave priser med "stop og go-dobbelt" strategi. Ventilations- og udsugningsanlæg forsynes med styring, der understøtter det intelligente elnet.

Styring af ventilation udføres, så ventilation stopper, når elprisen er høj og evt. ventilerer ekstra i f.eks. kontorer forud for en nedlukning. Analogt til køle-/fryseaggregater.

I forhold til ventilation og styring er der nogle komfort- og indeklimamæssige behov og krav, som nødvendiggør aktivering uanset elpris og som kommer forud for dette.

Privatboliger er for den eksisterende boligmasse sjældent udført med balanceret ventilation. De fleste boliger har en form for tidsstyret eller konstant udsugning af bad / køkken afhængig af opførelsestidspunkt.

Først fra BR95 blev det obligatorisk med udsugning fra boligenheder, hvor det fra BR77 var en mulighed. Først de senere år udføres privatboliger pga. tæthedskrav med balanceret ventilation, men det er stadig ikke noget krav om mekanisk ventilation. Kun 10,5% af alle boliger er opført efter 1999 (Statistikbanken).

Institutioner og erhvervsbygninger er hyppigere udført med balanceret ventilation pga. arbejdstilsynskrav til indeklima. Afhængig af belastningen kan CO<sub>2</sub>-niveau i mødelokaler, storrumskontorer o.l. dog stige ret hurtigt uden ventilation hvilket kan begrænse det tidsrum, som ventilationen kan være slukket til f.eks. ½ time eller mindre. Herefter vil det uanset pris være nødvendigt at starte ventilationen.

Almindeligvis slukkes ventilation med korrekt indstillet styring uden for brugstiden, medmindre der er tale om døgnåbne institutioner, kontorer o.l., så ventilationen er mange steder i forvejen slukket, hvor der kan være økonomisk incitament til at slukke.

Implementeringsmæssigt er al ventilation og udsugning normalt forsynet med ekstern styring. Det vil sige, at alt implementering kan ske uafhængigt af anlæg og udelukkende ved udskiftning af styring.

Mindre anlæg har lokalt placeret styring i nærheden af anlægget, der som regel ikke kan opdateres software-mæssigt men må udskiftes. Større ventilationsanlæg i erhvervs- og institutionsbyggeri styres ofte via CTS-anlæg, som kan tilpasses efter behov med et prissignal og tvinges til at starte hvis temperatur- eller CO<sub>2</sub>-niveau overstiger grænseværdier. CTS-anlæg bliver dog ofte pga. fejl fra opførelsen, dårlig implementering eller manglende kompetencer i den daglige betjening ikke udnyttet fuldt ud eller brugt korrekt og står efter i fejltilstande. Analogt til computere er levetiden af CTS-anlæg ligeledes også begrænset, hvorfor mange anlæg efter 15-25 år ikke længere kan betjenes, men kræver totalrenovering.

## **2.2 Brændselsskift – elpatron, varmepumpe og hybridanlæg**

### **Elpatron versus naturgas**

Der etableres elforsynet gennemstrømningsveksler på varmekredsen i tilknytning til gaskedlen. Styring ud fra elspotpris samt anlægsbehov og forindstillede set-punkter for maks. og min. temperaturer. Det er en forholdsvis enkel installation, der heller ikke fylder meget. I større anlæg kan elpatroner fordeles i anlægget.

En udfordring kan være tilstrækkelig kapacitet i elnettet såfremt et helt boligområde overgår fra naturgasopvarmning til el-opvarmning. Så vil hele forsyningsnettet blive belastet samtidigt.

Det vil være endnu mere udpræget i et lejlighedskompleks, hvor elpatronen skal erstatte varmforsyningen fra en gaskedel på op til flere hundrede kW sammenlagt og afgivelse af hele effekten i én varmeveksler er vanskeligt at forestille sig. Her må være tale om zonevekslere f.eks. pr. opgang, varmekreds o.l. men dette ændrer ikke på den samlede belastning af det eksterne elnet.

Overgangen til el-opvarmning sker dog kun, når strømmen er billigere end opvarmning med naturgas og det vil typisk være på tidspunkter, hvor der ikke er stor efterspørgsel på strøm. Men et intelligent energisystem skal tage højde for de samlede kapaciteter i forsyningsnettene uden for de enkelte ejendomme.

### **Elpatron versus fjernvarme**

Tilsvarende løsningen for gasfyr suppleret med elpatron kan fjernvarme også suppleres med opvarmning fra elpatron, når elspotprisen er under fjernvarmeprisen eller det er mere hensigtsmæssigt for det samlede forsyningsnet at opvarme med el.



Bygninger med fjernvarme ligger i områder med kollektiv forsyning. Her er det enklere og formodentligt mere omkostningseffektivt, at elpatroner placeres centralt eller strategiske steder i fjernvarmenettet samt tæt på, hvor der er adgang til den nødvendige elforsyning. Dette sker allerede nogle steder i dag i store beholdere. Lokale distributionsforhold kan dog betyde, at det giver god økonomisk og teknisk mening at udstyre udvalgte fjernvarmekunder eller udvalgte kundeområder med individuelle elpatroner for at styrke fjernvarmedistributionen.

### **Gas-hybrid varmepumpe**

I områder med naturgasopvarmede boliger og virksomheder installeres varmepumper til at supplere gaskedlen, når det er billigere eller mere hensigtsmæssigt at opvarme med varmepumpe end med naturgas. Dette vil både afhænge af den øjeblikkelige elspotpris og den årstidsafhængige COP-faktor for varmepumpen.

Til parcelhuse, stuehuse og rækkehuse med egen gaskedel installeres en samlet enhed i form af en gashybridvarmepumpe, som findes på markedet. Enheden har integreret styring m.v. og installeres på samme måde som et almindeligt gasfyr samt varmepumpe. Anlægget har selvfølgelig en merpris i forhold til traditionelle gasfyr.

Større anlæg til etageboliger og virksomheder laves som retrofit anlæg. Dvs. eksisterende gaskedler bibeholdes. Varmepumper installeres decentralt fordelt ud over større varmeanlæg for at fordele el-behovet samt størrelse og omfang af fordampere alt efter, hvad der er teknisk muligt. Dertil kommer opsætning af en styreenhed, der afbryder gaskedlerne og starter de individuelle varmepumper ud fra elpris, varmebehov og udetemperatur.

### **Oliefybrid**

En varmepumpe kan naturligvis også installeres sammen med et eksisterende oliefyr som retrofit i en olie-hybrid løsning. Oliekedlerne forventes dog udfaset gennem de næste 10-15 år, hvorfor olie-hybrid-løsninger ikke behandles yderligere her.

### **Fjernvarme-hybrid**

Løsningen er analog til gas hybrid varmepumpe, men fungerer i stedet sammen med en fjernvarmeunit og styres af elpris kontra fjernvarmepris samt, hvad den temperaturafhængige COP-værdi er. Som for elpatroner er det i et kollektivt forsyningsnet forventeligt mere omkostningseffektivt at placere

varmepumpen ved kilden i tilknytning til bufferbeholdere i fjernvarmenettet. Både af hensyn til el-afsætningen og fjernvarmenettets samlede ydeevne.

## **2.3 El-lagring**

### **El-lagring med Li-ion batteri**

Der er findes et begyndende marked for både husstands batterier og større batterilagre baseret på Li-ion, LiFePO<sub>4</sub>, flow batterier o.l. Teknologien inden for batterier er i massiv udvikling drevet af IT- og bilindustrien. Derfor er det også forventeligt, at man frem mod år 2030 vil se nogle helt nye teknologier med større kapacitet såvel som faldende priser.

For tiden er prisen ca. 5.000 kr./kWh, men frem mod 2030 forventes en halvering af prisen for denne teknologi.

Batterilageret er enkelt, da det fungerer ved opladning i perioder med overskud af strøm og lav pris samt afladning ved høj pris. Herved kan batteriet forsyne alle de apparater, der ellers slukkes ved høj elpris, og således give en helt anden tilgang til udnyttelse af elspotmarkedet samt regulérkraftmarkedet. Sidstnævnte er ikke analyseret i denne rapport.

## 3 Flexibilitetstiltag – varme

### 3.1 Forskydning af forbrug

#### Forskydning af fjernvarmeforbrug (stop and go-dobbelt)

Forskydning af fjernvarmeforbrug er muligt og robust, da der foruden buffer-virkningen i den enkelte bygning også er en buffer i form af fjernvarmevand i forsyningsnettet samt akkumulatortanke i fjernvarmeforsyningen.

#### Stop og go-dobbelt på elvarme og varmepumpe-varme

Forskydning af varmepumpedrift er mere følsomt end forskydning af fjernvarme, da der kun er den varmebuffer, der er i selve bygningen i konstruktioner og vand i varmeanlægget. Dette kan være nok i 0,5–4 timer afhængig af udetemperatur, varmtvandsforbrug, isoleringsstand m.v. Herefter er varmepumpen nødt til at starte igen uanset elpris.

### 3.2 Brændselsskift – elpatron, varmepumpe og hybridanlæg

Se afsnit 1.2 under flexibilitetstiltag for el.

### 3.3 Varmelagring med varmepumpe

#### Lokal varmeakkumulator

En varmepumpes drift kan optimeres ved installation af en lokal varmeakkumulator. Effekten heraf er dog begrænset, idet der herved også introduceres ekstra varmetab i systemet og kapaciteten vil for realistiske beholderstørrelser være begrænset. Varmepumpen er mest effektiv ved opvarmning til lave temperaturer. Videre kompliceres den tekniske installation, og overordnet vurderes løsningen ikke at stå mål med fordelene. Der regnes således ikke mere på denne løsning.

### 3.4 Balancering af distributionsnettet og fleksible forbrugere

I et system med en stigende andel af produktion fra vedvarende energikilder (VE), vil der være et stadigt større behov for at balancere nettet, og dette på alle tider af døgnet. Konsekvensen ved et ikke balanceret net kan være udsving i spænding såvel som frekvens, hvorfor der kræves en regulering og balancering af elnettet.

Introduktion af momentane brændselsskift mellem f.eks. gas og/eller fjernvarme til el/varmepumpe for at udnytte lave elpriser vil forstærke kravene til balancering af elnettet og særligt distributionsdelen af det.

Tiltagene kan være at forstærke distributionsnettene ved at skifte kabler og evt. transformere, samt lave en simpel tidsstyring til ind- og udkobling af enheder, eller at der ved hjælp af koordinering og kommunikation i nettet (smart grid), kan ind- og udkobles enkelte enheder enten på baggrund af den faktisk aktuelle produktions- og belastningssituation, eller på baggrund af et fastsat scenarie.

Dansk Energi og Energinet.dk har i rapporten *Smart Energy* fra 2015 behandlet problemet med den fluktuerende VE-produktion, og har lavet et estimat af omkostningerne til nødvendig forstærkning af el-infrastrukturen frem mod 2035. I rapporten ses det, at der for første scenarie på 0,4 kV niveau er behov for en investering på op til 1,6 mia. kr., hvor det for andet scenarie er op til 1,0 mia. kr. På 10/30 kV niveau er der tilsvarende brug for en investering på op til 1,9 mia. kr. for første scenarie, hvor det for andet scenarie er op til 1,7 mia. kr. I alt op til 3,4 mia. kr. investering i 0,4 kV og 10/30 kV nettene.

Aktiveres fleksibilitet i form af brændselsskift vil det påvirke billedet af, hvilke behov der er for forstærkning, samt udbygning af distributionsnettet, og der bør laves en uddybende analyse på baggrund af de forskellige scenarier. Ligeledes bør der undersøges nærmere, hvilken effekt de forskellige scenarier har på det bagvedliggende 10/30 kV net. Det ligger uden for rammerne af denne rapport at gå nærmere ind herpå.

## 4 Rentabilitet 2050

Der er foretaget rentabilitetsberegninger for i alt 11 tiltag i 2016, 2030 og 2050 og for både energi (kWh) og effekt (kW). Nogle tiltag kan udnytte både lave og høje priser, mens andre kun kan udnytte lave priser. Et overblik gives i Tabel 2 og en mere detaljeret beskrivelse kan findes i de efterfølgende afsnit.

Type	Tiltag	Applikation	Betragtede priser	Transportpriser	Begrænsning	
1	Skift	Lav elspotpris	Naturgas- vs. Elspotpris	Med	Ingen	
2			Fjernvarme- vs. elspotpris			
3			Naturgas- vs. Elspotpris			
4			Fjernvarme- vs. elspotpris			
5	Flyt	Lav og høj fjernvarmepris	Udsving i fjernvarmepris	Uden	Max 3 gange per døgn	
6	Flyt	Lav og høj elspotpris	Udsving i elspotpris	Uden	Ingen	
7						Prisafhængig brug af køle-/fryseaggregat i husholdninger, virksomheder og institutioner
8					Prisafhængig brug af elvarme	Max 15% i hver time
9					Prisafhængig brug af ventilation	Batteriets kapacitet og tab
10	Skift + service	Efterspørgsel efter regulerkraft	Naturgas- vs. elspot- vs. regulerkraftpris	Med	Hvorvidt elpatronen allerede kører	
11			Fjernvarme- vs. elspot- vs. regulerkraftpris			

Tabel 2: Applikation af fleksibilitetstiltag.

Elpatroner og hybridvarmepumper kan drage fordel af de elspotpriser, som er lavere end f.eks. naturgas eller fjernvarmepriser. Forskellen mellem elpatron og hybridvarmepumpe er, at hybridvarmepumpen er dyrere end elpatronen, men til gengæld betyder hybridvarmepumpens COP en flerfoldig gevinst.

Et første skridt for fjernvarmekunder er dog at forskyde deres forbrug alt efter, hvilke timer af døgnet fjernvarmeprisen er høj eller lav vha. simpel automatik. Analogt kan køle-/fryseaggregater udnytte de høje og lave elspotpriser. Ventilationssystemer kan agere på samme vis og har større kapaciteter men også flere kompleksiteter.

Batterier kan ligeledes udnytte høje og lave elspotpriser, men har i højere grad mulighed for at lagre energien ved lave priser end bygninger og køle-/fryseaggregater. Det er til og med muligt at sælge den lagrede energi ved høje priser, såfremt man ikke selv aftager den.

Det sidste eksempel inkluderet her er brug af elpatroner til at tilbyde regulérkraft-ydelser. Der er nemlig ikke sammenfald mellem de timer, hvor elspotprisen f.eks. er særligt lav og så timer med høje regulérkraftpriser. Det vil sige, at elpatronen kan bruges til at drage fordel af både elspot- og regulérkraftmarkedet.

Er transportprisen fast, kan det betyde, at udsving i energipriser ikke slår væsentligt igennem i den samlede energiomkostning. Derfor har vi som led i analysen udarbejdet og anvendt en tidsdifferentieret pris for den samfundsøkonomiske marginale omkostning for transmission og distribution – her kaldet transportprisen. For mere information om transportprisantagelser for elektricitet, fjernvarme og naturgas henvises til Baggrundsrapport 1. Alle tiltag er i første omgang analyseret med både faste og med variable transportpriser. Vi har dog valgt udelukkende at præsentere resultaterne baseret på de variable.

Fokus for analysearbejdet har været at give et bud på en metodisk tilgang til vurdering af samspilsmulighederne. Arbejdet er således et groft bud på det samlede potentiale i eksisterende bygninger; det er at betragte som et første skridt, der senere kan udbygges med flere nuancer og tiltag.

### **Generelle antagelser**

Der er gjort følgende overordnede antagelser i rentabilitetsberegningerne:

- Analysen er en samfundsøkonomisk analyse, hvor der indgår prissætning af CO<sub>2</sub>, men hvor der ikke indgår afgifter.
- Ideelle afgifter på forsynings siden dvs. lig CO<sub>2</sub>-værdien. År 2016 er håndteret på samme måde, så daværende afgifter er altså ignoreret.
- Der er anvendt marginale dispatch- og transportpriser
  - Det vil sige, at termen ”varmepriser” i denne analyse ikke refererer til kundetariffer, men derimod de marginale dispatchomkostninger. Det svarer til den samfundsøkonomiske marginale varmepris.
  - Transportpriserne anvendt i vores beregninger repræsenterer den gennemsnitlige marginale pris i transmissionsnettet plus det lokale distributionsnet. Der vil dog helt klart være lokale variationer, der kan have betydning for rentabiliteten af de analyserede fleksibilitetstiltag, ligesom man også skal have for

øje, at en aktivering af fleksibilitetspotentialer også kan belaste lokale net.

- Transportpriserne, vi har anvendt, er priser for mindre forbrugere (dvs. 4.000 kWh el, 18,75 MWh fjernvarme, 2.000 Nm<sup>3</sup> gas), uagtet hvilket af de fire bygningssegmenter, vi betragter. Dette er gjort af hensyn til overskueligheden.
- Investeringer i fleksibilitets tiltag omfatter kun den nødvendige investeringsomkostning til selve løsningen og ikke nogen form for omkostning til promovering af tiltaget.
- Investeringsbeløbene er baseret på 2016 forhold og ændret til årlige omkostninger, under antagelse af 4% samfundsøkonomisk rente og 20 års levetid.

Da der er tale om lange tidshorisonter og en vis usikkerhed, har vi prioriteret at have en nogenlunde ensartet tilgang i beregningerne for de forskellige tiltag og har bevidst undgået mange detaljer. F.eks. er gennemtrængningen af tiltagene sat til 50% i alle segmenter. Et næste skridt kunne være at forfine beregningerne for de mest lovende tiltag.

Det er muligt på basis af Balmorel-modellen at foretage beregninger af fjernvarmepriser for hvert af de 54 fjernvarmeområder repræsenteret i modellen. Vi har dog af hensyn til overskueligheden valgt blot at vise rentabilitetsberegninger for et enkelt fjernvarmeområde. Økonomien for de forskellige fjernvarmeområder varierer en hel del og dermed og grænsen for, hvornår et fleksibilitets tiltag er rentabelt. Flexibilitets tiltag, hvis investeringsomkostning ligger tæt på den potentielle fleksibilitetsbesparelse, kan derfor være rentable i ét fjernvarmeområde og ikke i et andet.

Bemærk, at vi anvender prisforskellen mellem Øst- og Vestdanmark til at illustrere en form for usikkerhedsbetragtning. Så, når vi i rentabilitetsbetragtningerne nævner øst og vest, er det ikke den geografiske fordeling af kunder, men to forskellige prisniveauer vi ønsker at signalere.

### **Forudsætninger for investeringsomkostninger**

Da fleksibilitets tiltagene består af en blanding af eksisterende og ikke eksisterende teknologi, er der anvendt forskellige forudsætninger for estimering af de forventede investeringspriser. Der er generelt prissat for retrofit, dvs. pris for opgradering af eksisterende installationer til at understøtte smart grid, med mindre understøttelse af smart grid kun kan opnås ved komplet udskiftning. F.eks. kan ventilationsanlæg understøtte smart grid ved udskiftning eller

opgradering af eksternt styring, hvormed et køleskab som samlet enhed må udskiftes. Tabel 3 og Tabel 4 giver et overblik.

Tiltag	Investeringsforudsætning
Elpatron	Katalogpris på eksisterende gennemstrømningsvandvarmer (også kaldet HO-beholder) suppleret med katalogpris på sammenlignelig styringsenhed samt erfaringspris på installationsarbejdet inkl. nødvendige følgearbejder såsom nye tavlegrupper. Eksisterende varmeanlæg udvides med elpatron. Størrelse af elpatron er baseret på gennemsnitlig enhedsstørrelse samt varmeforbrug i anvendelseskategorien.
Hybridvarmepumpe	Katalogpris på eksisterende produkt. Sammenbygget enhed til mindre forbrugere. Separat varmepumpe udvidelse af større anlæg.
Køle-/fryseaggregat i husholdninger, virksomheder og institutioner	Katalogpris på eksisterende husholdningsprodukter tillagt forventet merpris på mere avanceret styring. Total udskiftning. Estimeret pris på udskiftning af eksternt styring for kommercielle køle-/fryserum.
Ventilation	Katalogpriser på eksisterende styringsenheder. For større CTS-styrede anlæg er priser baseret på CTS-specialisters erfaringspriser. Antal og størrelse af ventilationsanlæg og udsugninger er baseret på data fra Statistikbanken.
Batterier	Katalogpriser på eksisterende batteripakker og deraf udregnet pris pr. kWh kapacitet. Prisfremskrivning baseret på IRENA et.al. Størrelse af batteripakker er baseret på gennemsnitlig enhedsstørrelse samt elforbrug i anvendelseskategorien.
Bufferbeholdere	Katalogpriser på isolerede varmtvandsbeholdere fra 0,3-5,0 m <sup>3</sup> tillagt erfaringspris for installation. Størrelse på bufferbeholder og dermed investeringspris er baseret på gennemsnitlig bygningsstørrelse inden for de enkelte anvendelseskategorier og udelukkende for bygninger udenfor fjernvarmeområder.
Forskydning generelt	Katalogpriser på sammenlignelige styringsenheder til ventilation, solvarme o.l. tillagt pris på installation samt nødvendige følgearbejder såsom tavlegrupper.

Tabel 3: Forudsætninger for de anvendte investeringsomkostninger.

Investering (DKK <sub>2016</sub> )	PSR	E	H&S	Inst
Elpatron (9, 40, 30 og 30 kW/sted)	10.000	24.000	18.000	18.000
Hybridvarmepumpe v. gasfyr	45.000	90.000	265.000	265.000
Hybridvarmepumpe v. fj.anlæg	45.000	120.000	265.000	265.000
Køle-/fryseaggregat	(4.800)	(3.200)	(20.000)	(12.000)
Elvarme	(5.000)	(12.000)	(15.000)	(10.000)
Ventilation	-	18.710	26.050	31.190
Batterier 2016	75.000	250.000	585.000	450.000
Batterier 2030	52.000	167.700	390.000	300.000
Batterier 2050	46.000	146.800	341.250	262.500

Tabel 4: Anvendte investeringsomkostninger. Investeringsbeløbene er baseret på 2016-forhold og omregnet til årlige omkostninger, under antagelse af 4% renteniveau og 20 års levetid. Parenteserne skal signalere, at det for disse to tiltag antages, at forbrugerne allerede har foretaget investeringen, og at der således ikke er en meromkostning forbundet med tiltaget – ligesom tilfældet for flytning af fjernvarmeforbrug.



For segmentstørrelser er der benyttet data om bygningsstørrelser, alder, antal husholdninger, opvarmningsform etc. fra Statistikbanken. Energiforbrug pr. anvendelseskategori er hentet fra resultatarket til SBI rapport 2017:16 'Varmebesparelser i eksisterende bygninger'.

#### 4.1 Tiltag målrettet spotmarkedet

I dette afsnit præsenteres model-antagelser og resultater for 2050 for hvert af de 9 fleksibilitetstiltag målrettet spotmarkedet. Tilsvarende er beregnet for 2016 og 2030, og resultaterne for 2030 kan ses i Bilag 1. I de tilfælde, hvor der er nævneværdige forskelle sammenlignet med 2050, omtales de kort teksten.

##### Elpatron hos naturgaskunder

**Hensigt:** At udnytte forskellen mellem naturgas- og elspotprisen time for time igennem året.

**Hvor ofte:** Når elspotprisen inklusive transport er lavere end naturgasprisen inklusive transport, så aktiveres elpatronen. Det er tilfældet i 17-23% af årets timer i 2050 og 7-10% i 2030. I 2016 indtræffer situationen ikke. Vi har ikke sat nogen begrænsning på, hvor ofte elpatronen kan anvendes.

**Investering:** Merinvestering ved at etablere elpatron og styring på eksisterende anlæg. Kan implementeres på både nye og eksisterende anlæg med tilstrækkelig elforsyning.

##### Resultat:

Mængden af energi og effekt, der potentielt kan aktiveres i løbet af et år, er størst i segmentet med parcel-, stue- og rækkehuse, men det er ikke rentabelt i hverken 2030 eller 2050. Tiltaget er rentabelt for etageboliger ved Vestpriser men ikke ved Østpriser, men effektbidraget er i begge tilfælde ikke overvældende stort. Tiltaget er rentabelt i 2030 og 2050 i de to øvrige segmenter – handel & service samt institutioner.

2050	Øst priser				Vest priser			
	PSR	E	H&S	Inst	PSR	E	H&S	Inst
<b>Elpatron v. gasfyr</b>								
<b>Antal bygninger med gasfyr</b>	185.577	5.532	7.979	3.950	185.577	5.532	7.979	3.950
Forbrug per sted (kWh/år/sted)	14.136	56.026	80.375	69.979	14.136	56.026	80.375	69.979
Samlet forbrug (GWh/år)	2.623	310	641	276	2.623	310	641	276
Effekt per sted i en given time (kW/sted)	9	40	30	30	9	40	30	30
Samlet effekt (MW)	1.670	221	239	119	1.670	221	239	119
Aktiveret andel af forbrugersegment	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Investering (DKK2016/år/sted)	<b>735</b>	<b>1.765</b>	<b>1.324</b>	<b>1.324</b>	<b>735</b>	<b>1.765</b>	<b>1.324</b>	<b>1.324</b>
<b>Ved to-trins eltransport ...</b>								
Andel timer/år hvor tiltag aktivt	17%	17%	17%	17%	23%	23%	23%	23%
Aktiveret forbrug (GWh/år)	223	26	55	23	302	36	74	32
Aktiveret effekt i en given time (MW)	835	111	120	59	835	111	120	59
Fleksbesparelse (DKK2016/år/sted)	<b>383</b>	<b>1.518</b>	<b>2.178</b>	<b>1.896</b>	<b>493</b>	<b>1.955</b>	<b>2.805</b>	<b>2.442</b>
<b>Nettoomkostning (DKK2016/år/sted)</b>	<b>352</b>	<b>247</b>	<b>-854</b>	<b>-572</b>	<b>242</b>	<b>-190</b>	<b>-1.481</b>	<b>-1.118</b>
<b>Nettoomkostning per effekt (DKK2016/kW)</b>	<b>39</b>	<b>6</b>	<b>-28</b>	<b>-19</b>	<b>27</b>	<b>-5</b>	<b>-49</b>	<b>-37</b>

Tabel 5: Nettoomkostning samt aktiverbart forbrug og effekt – Elpatron hos gaskunder 2050. En negativ nettoomkostning betyder, at tiltaget er rentabelt.

### Elpatron hos fjernvarmekunder

**Hensigt:** At udnytte forskellen mellem fjernvarme- og elspotprisen time for time igennem året<sup>1</sup>.

**Hvor ofte:** Når elspotprisen er lavere end fjernvarmeprisen, så aktiveres elpatronen. Det er tilfældet i 11-14% af årets timer for det udvalgte fjernvarmeområde i 2050, men kun 7-8% i 2030. Vi har ikke sat nogen begrænsning på, hvor ofte elpatronen kan anvendes. Fjernvarmens transportomkostning er sat til 10% af fjernvarmeproduktionsprisen.

**Investering:** Merinvestering ved at etablere elpatron og styring.

**Resultat:**

Tiltaget er i 2050 rentabelt i alle segmenter nær parcel-, stue-, rækkehuse og etageboliger. Effektmængden, der kan aktiveres, er størst i etageboliger, men også væsentligt i handel & service og institutioner. I 2030 er tiltaget ikke rentabelt.

**Lovgivning:** Vil kræve lovgivningsændring at aktivere tiltaget.

2050, Esbjerg fjernvarmepriser	Øst priser				Vest priser			
Elpatron v. fjernvarmeanlæg	PSR	E	H&S	Inst	PSR	E	H&S	Inst
Antal bygninger med fjernvarme	720.360	87.933	43.355	22.900	720.360	87.933	43.355	22.900
Forbrug per sted (kWh/år/sted)	13.864	88.847	84.739	105.221	13.864	88.847	84.739	105.221
Samlet forbrug (GWh/år)	9.987	7.813	3.674	2.410	9.987	7.813	3.674	2.410
Effekt per sted i en given time (kW/sted)	9	40	30	30	9	40	30	30
Samlet effekt (MW)	6.483	3.517	1.301	687	6.483	3.517	1.301	687
Aktiveret andel af forbrugersegment	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Investering (DKK2016/år/sted)	735	1.765	1.324	1.324	735	1.765	1.324	1.324
<b>Ved to-trins eltransport ...</b>								
Andel timer/år hvor tiltag aktivt	11%	11%	11%	11%	14%	14%	14%	14%
Aktiveret forbrug (GWh/år)	549	430	202	133	699	547	257	169
Aktiveret effekt i en given time (MW)	3.242	1.759	650	344	3.242	1.759	650	344
Flexbesparelse (DKK2016/år/sted)	401	2.571	2.452	3.045	496	3.178	3.031	3.763
Nettoomkostning (DKK2016/år/sted)	334	-806	-1.128	-1.721	239	-1.413	-1.707	-2.439
Nettoomkostning per effekt (DKK2016/kW)	37	-20	-38	-57	27	-35	-57	-81

Tabel 6: Nettoomkostning samt aktiverbart forbrug og effekt – Elpatron hos fjernvarmekunder, fjernvarmeområde Esbjerg 2050. En negativ nettoomkostning betyder, at tiltaget er rentabelt.

### Hybridvarmepumpe hos naturgaskunder

**Hensigt:** At udnytte forskellen mellem naturgas- og elspotprisen time for time igennem året.

**Hvor ofte:** Når elspotprisen inklusive transport er lavere end gasprisen inklusive transport, så aktiveres elvarmepumpen. Det er tilfældet i 99% af timerne i 2030, og også 99% i 2050.

<sup>1</sup> Bemærk, at det formentlig vil være mest samfundsøkonomis hensigtsmæssigt at afsætte strømmen direkte i fjernvarmenettet, som det allerede sker i dag.

**Investering:** Merinvestering ved enten at etablere varmepumpe og styring på et eksisterende gasfyr eller ved indkøb af en gashybrid varmepumpe (et produkt som allerede findes på markedet) frem for et traditionelt gasfyr.

For parcelhuse er der tale om en systemløsning, da det er den mest oplagte i forbindelse med udskiftning af fyret. De 45.000 kr. investeringsomkostning er den omtrentlige merprisen for et gasfyr, der har begge dele. For etageboliger, handel & service, samt institutioner er der antaget retrofit eftermontering, da der ikke findes systemløsninger i den nødvendige størrelse.

**Resultat:**

Situationen med hybridvarmepumpe svarer til situationen med elpatron bortset fra fordelene ved en COP højere end 1 og en anden investeringsomkostning. Tiltaget kun rentabelt i etageboliger i både 2030 og 2050. Det skyldes primært investeringsomkostningen. Varmepumper stiller dog det krav til de varmeanlæg, de forsyner, at de skal kunne fungere med lavere fremløbstemperatur for at give optimal virkning af varmepumpen, og alternativt kan varmepumpen ikke levere nok varme i kolde perioder. Det mulig effektbidrag er ikke væsentligt.

	2050				Øst priser				Vest priser			
	PSR	E	H&S	Inst	PSR	E	H&S	Inst	PSR	E	H&S	Inst
<b>Hybrid varmepumpe (CoP=4) v. gasfyr</b>												
<b>Antal bygninger med gasfyr</b>	185.577	5.532	7.979	3.950	185.577	5.532	7.979	3.950	185.577	5.532	7.979	3.950
Forbrug per sted (kWh/år/sted)	14.136	56.026	80.375	69.979	14.136	56.026	80.375	69.979	14.136	56.026	80.375	69.979
Samlet forbrug (GWh/år)	2.623	310	641	276	2.623	310	641	276	2.623	310	641	276
Effekt (årsforbrug/8760) i en given time (kW/sted)	1,614	6,396	9,175	7,989	1,614	6,396	9,175	7,989	1,614	6,396	9,175	7,989
Samlet effekt (MW)	299	35	73	32	299	35	73	32	299	35	73	32
Aktiveret andel af forbrugerssegment	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Investering (DKK2016/år/sted)	3.309	6.618	19.485	19.485	3.309	6.618	19.485	19.485	3.309	6.618	19.485	19.485
<b>Ved to-trins eltransport ...</b>												
Andel timer/år hvor tiltag aktivt	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%
Aktiveret forbrug (GWh/år)	1.299	153	317	137	1.299	153	317	137	1.299	153	317	137
Aktiveret effekt i en given time (MW)	150	18	37	16	150	18	37	16	150	18	37	16
Fleksbesparelse (DKK2016/år/sted)	2.761	10.943	15.699	13.669	2.937	11.640	16.699	14.539	2.761	10.943	15.699	13.669
<b>Nettoomkostning (DKK2016/år/sted)</b>	548	-4.325	3.786	5.816	372	-5.022	2.786	4.946	548	-4.325	3.786	5.816
<b>Nettoomkostning per effekt (DKK2016/kW)</b>	339	-676	413	728	230	-785	304	619	339	-676	413	728

Tabel 7: Nettoomkostning samt aktiverbart forbrug og effekt – Hybridvarmepumpe hos gaskunder 2050. En negativ nettoomkostning betyder, at tiltaget er rentabelt.

### Hybridvarmepumpe hos fjernvarmekunder

**Hensigt:** At udnytte forskellen mellem fjernvarme- og elspotprisen time for time igennem året.

**Hvor ofte:** Når elspotprisen inklusive transport er lavere end fjernvarmeprisen inklusive transport, så aktiveres elvarmepumpen. Det er tilfældet i 50-51% af timerne i 2030 og 44-45% af timerne i 2050 afhængigt af fjernvarmeområde. Grunden til, at timetallet er meget højere end for elpatroner, er varmepumpens COP. Den er i sat til 4,0 året rundt. Vi har antaget en COP på 4,0 (altså den "gode" ende) for at tage højde for, at fjernvarmenettet i en vis grad kan fungere som lager. Fjernvarmens marginale transportomkostning er sat til 10% af fjernvarmeproduktionsprisen.

**Investering:** Merinvestering ved at etablere varmepumpe og styring på et eksisterende fjernvarmeanlæg frem for et traditionelt fjernvarmeanlæg.

**Resultat:**

Rentabiliteten er positiv for etageboliger i 2050, men ikke for de andre tre segmenter. I 2030 er tiltaget urentabelt. Det mulige effektbidrag fra etageboliger i 2050 er væsentligt.

**Lovgivning:** Det vil kræve en lovændring at aktivere tiltaget.

2050, Esbjerg fjernvarmepriser	Øst priser				Vest priser			
	PSR	E	H&S	Inst	PSR	E	H&S	Inst
<b>Hybrid varmepumpe (CoP=4) v. fjernvarme</b>								
Antal bygninger med fjernvarme	720.360	87.933	43.355	22.900	720.360	87.933	43.355	22.900
Forbrug per sted (kWh/år/sted)	13.864	88.847	84.739	105.221	13.864	88.847	84.739	105.221
Samlet forbrug (GWh/år)	9.987	7.813	3.674	2.410	9.987	7.813	3.674	2.410
Effekt (årsforbrug/8760) i en given time (kW/sted)	1,583	10,142	9,673	12,012	1,583	10,142	9,673	12,012
Samlet effekt (MW)	1.140	892	419	275	1.140	892	419	275
Aktiveret andel af forbrugersegment	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Investering (DKK2016/år/sted)	<b>3.309</b>	<b>8.824</b>	<b>19.485</b>	<b>19.485</b>	<b>3.309</b>	<b>8.824</b>	<b>19.485</b>	<b>19.485</b>
<b>Ved to-trins eltransport ...</b>								
Andel timer/år hvor tiltag aktivt	44%	44%	44%	44%	45%	45%	45%	45%
Aktiveret forbrug (GWh/år)	2.197	1.719	808	530	2.247	1.758	827	542
Aktiveret effekt i en given time (MW)	570	446	210	138	570	446	210	138
Fleksbesparelse (DKK2016/år/sted)	<b>2.059</b>	<b>13.195</b>	<b>12.584</b>	<b>15.626</b>	<b>2.197</b>	<b>14.082</b>	<b>13.431</b>	<b>16.677</b>
Nettoomkostning (DKK2016/år/sted)	<b>1.250</b>	<b>-4.371</b>	<b>6.901</b>	<b>3.859</b>	<b>1.112</b>	<b>-5.258</b>	<b>6.054</b>	<b>2.808</b>
Nettoomkostning per effekt (DKK2016/kW)	<b>790</b>	<b>-431</b>	<b>713</b>	<b>321</b>	<b>703</b>	<b>-518</b>	<b>626</b>	<b>234</b>

Tabel 8: Nettoomkostning samt aktiverbart forbrug og effekt – Hybridvarmepumpe hos fjernvarmekunder, fjernvarmeområde Esbjerg 2050. En negativ nettoomkostning betyder, at tiltaget er rentabelt.

### Prisafhængigt fjernvarmeforbrug

**Hensigt:** At udnytte udsving i fjernvarmeprisen time for time. Når prisen er høj, ønsker vi at slukke for fjernvarmen, og når den er lav at bruge ekstra fjernvarme. Fjernvarmeprisen kan f.eks. afhænge af bidrag fra elopvarmning i forsyningsnettet.

**Hvor ofte:** Når fjernvarmeprisen i en given time er højere end både den foregående og den efterfølgende time, så stoppes forbruget. Når fjernvarmeprisen er lavere end både den foregående og den efterfølgende time, så fordobles forbruget. Der er desuden lavet en mindre justering for at holde det årlige fjernvarmeforbrug uændret. Resultatet er, at fjernvarmetiltaget i 2050 kan aktiveres 3% af årets timer under antagelse af Esbjerg fjernvarmepriser. I 2030 er tallet ligeledes 3%.

**Investering:** Ingen investering, da fjernvarmeanlæg antages at kunne tænde/slukke på basis af prissignaler.

**Resultat:**

Hvor attraktivt, tiltaget er, afhænger naturligt nok af prisen i det pågældende fjernvarmeområde. Vi ser, at tiltaget er rentabelt, omend ikke overvældende rentabelt på trods af at der ikke er nogen merinvestering.

2050	Esbjerg fjernvarmepriser			
	PSR	E	H&S	Inst
<b>Fjernvarmeanlæg sluk eller dobbelt</b>				
Antal bygninger med fjernvarme	720.360	87.933	43.355	22.900
Forbrug per sted (kWh/år/sted)	13.864	88.847	84.739	105.221
Samlet forbrug (GWh/år)	9.987	7.813	3.674	2.410
Effekt (årsforbrug/8760) i en given time (kW/sted)	1,583	10,142	9,673	12,012
Samlet effekt (MW)	1.140	892	419	275
Aktiveret andel af forbrugerssegment	50%	50%	50%	50%
Investering (DKK2016/år/sted)	-	-	-	-
<b>Uanset fjernvarmetransport ...</b>				
Andel timer/år hvor tiltag aktivt	3%	3%	3%	3%
Aktiveret forbrug (GWh/år)	150	117	55	36
Aktiveret effekt i en given time (MW)	570	446	210	138
Fleksbesparelse (DKK2016/år/sted)	49	312	298	370
<b>Nettoomkostning (DKK2016/år/sted)</b>	<b>-49</b>	<b>-312</b>	<b>-298</b>	<b>-370</b>
<b>Nettoomkostning per effekt (DKK2016/kW)</b>	<b>-31</b>	<b>-31</b>	<b>-31</b>	<b>-31</b>

Table 9: Nettoomkostning samt aktiverbart forbrug og effekt – Prisafhængigt fjernvarme-forbrug, fjernvarmeområde Esbjerg 2050. En negativ nettoomkostning betyder, at tiltaget er rentabelt.

### Prisafhængigt forbrug til køle-/fryseaggregat

**Hensigt:** At udnytte udsving i elprisen time for time. Når prisen er høj, ønsker vi at afkoble køle/fryse-aggregatet, og når den er lav at bruge ekstra energi forud for en periode med høj pris.

**Hvor ofte:** Når elspotprisen i en given time er højere end både den foregående og den efterfølgende time, så stoppes forbruget. Når elspotprisen er lavere end både den foregående og den efterfølgende time, så fordobles forbruget. Med andre ord en "stop - go dobbelt strategi". Der er desuden lavet en mindre justering for at holde det årlige elforbrug uændret. Resultatet er, at køle-/fryseaggregatet aktiveres 21-23% af årets timer i 2050, dog ikke med fuldt effekttræk. I 2016 aktiveres tiltaget i 17% og i 2030 i 28% af timerne.

**Investering:** Vi har set på to muligheder, nemlig ingen merpris og forceret nyindkøb. Tabellen neden for viser i næstsidsste række nettoomkostningen for begge situationen ved forceret udskiftning, men rækken over viser resultatet for situationen uden investering, idet antagelsen er, at fremtidige køle-/fryse-aggregater fra producenternes side allerede udstyres med den nødvendige styring, og at det ikke betyder en højere pris for aggregaterne.

**Resultat:** Tiltaget kun er lige præcis rentabelt, hvis udskiftningen ikke forceres. Det mulige bidrag til effektreduktion er ikke stort. Situationen er den samme i 2016 og 2030.

2050	Øst priser				Vest priser			
	PSR	E	H&S	Inst	PSR	E	H&S	Inst
<b>Nyt køl/frys slukket eller dobbelt</b>								
Antal hh og erhverv med køl/frys	1.694.760	1.197.120	126.440	51.620	1.694.760	1.197.120	125.440	51.620
Forbrug per sted (kWh/år/sted)	469	314	6.785	5.089	469	314	6.785	5.089
Samlet forbrug (GWh/år)	795	376	858	263	795	376	851	263
Effekt (årsforbrug/8760) i en given time (kW/sted)	0,054	0,036	0,775	0,581	0,054	0,036	0,775	0,581
Samlet effekt (MW)	91	43	98	30	91	43	97	30
Aktiveret andel af forbrugerssegment	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Investering (DKK2016/år/sted)	353	235	1.471	882	353	235	1.471	882
<b>Uanset eltransport ...</b>								
Andel timer/år hvor tiltag aktivt	23%	23%	23%	23%	21%	21%	21%	21%
Aktiveret forbrug (GWh/år)	91	43	99	30	83	39	89	28
Aktiveret effekt i en given time (MW)	349	233	1.419	843	350	233	1.421	845
Fleksbesparelse (DKK2016/år/sted)	4	2	52	39	3	2	50	37
<b>Nettoomkostning (DKK2016/år/sted)</b>	<b>349</b>	<b>233</b>	<b>1.419</b>	<b>843</b>	<b>350</b>	<b>233</b>	<b>1.421</b>	<b>845</b>
<b>Nettoomkostning per effekt (DKK2016/kW)</b>	<b>6.518</b>	<b>6.508</b>	<b>1.832</b>	<b>1.452</b>	<b>6.536</b>	<b>6.508</b>	<b>1.834</b>	<b>1.455</b>

*Tabel 10: Nettoomkostning samt aktiverbart forbrug og effekt – Prisafhængigt forbrug til køle-/fryseaggregater 2050. En negativ nettoomkostning betyder, at tiltaget er rentabelt.*

### **Prisafhængigt forbrug til direkte elvarme**

Hensigt: At udnytte udsving i elprisen time for time. Når prisen er høj, ønsker vi at afkoble elvarme, og når den er lav at bruge ekstra energi forud for en periode med høj pris.

Hvor ofte: Helt ligesom for køle-/fryseaggregater. Når elspotprisen i en given time er højere end både den foregående og den efterfølgende time, så stoppes forbruget. Når elspotprisen er lavere end både den foregående og den efterfølgende time, så fordobles forbruget. Med andre ord en "stop - go dobbelt strategi". Der er desuden lavet en mindre justering for at holde det årlige elforbrug uændret. Resultatet er, at elvarmen aktiveres i samme andel af timer om året som køle-/fryseaggregater – dvs. i 2050 er det 21-23% af årets timer og 28% i 2030. Transportprisen er ikke inkluderet.

Investering: Tiltaget aktiveres hos forbrugere, der allerede har elvarme, og derfor er der ingen investering. Hvis tiltaget skulle først etableres, ville investeringen bestå af investering i elvarmeanlæg, som kan tænde/slukke på basis af prissignaler. Tabellen neden for viser i næstsidste række nettoomkostningen i tilfælde af investering, mens rækken over viser resultatet for situationen uden investering.

Resultat: Kan man undgå investeringen, er tiltaget rentabelt og mere rentabelt end køle-/fryseaggregater. Hvis man omvendt først skulle til at etablere elvarme ville tiltaget tilsyneladende være rentabelt i etagebolig- og institutions-segmenterne i 2030 og 2050. Vi har dog en formodning om, at forbrugstallet for etageboliger og institutioner muligvis er til den høje side. Det er derfor muligt, at tiltaget ikke er helt så rentabelt i disse to segmenter.

2050	Øst priser				Vest priser			
	PSR	E	H&S	Inst	PSR	E	H&S	Inst
<b>Elvarme slukket eller dobbelt</b>								
<b>Antal bygninger og erhverv med elvarme</b>	109.773	305	5.729	697	109.773	305	5.729	697
Forbrug per sted (kWh/år/sted)	16.713	304.487	48.641	166.556	16.713	304.487	48.641	166.556
Samlet forbrug (GWh/år)	1.835	93	279	116	1.835	93	279	116
Effekt (årsforbrug/8760) i en given time (kW/sted)	1,908	34,759	5,553	19,013	1,908	34,759	5,553	19,013
Samlet effekt (MW)	209	11	32	13	209	11	32	13
Aktiveret andel af forbrugersegment	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Investering (DKK2016/år/sted)	<b>368</b>	<b>882</b>	<b>1.103</b>	<b>735</b>	<b>368</b>	<b>882</b>	<b>1.103</b>	<b>735</b>
<b>Uanset eltransport ...</b>								
Andel timer/år hvor tiltag aktivt	23%	23%	23%	23%	21%	21%	21%	21%
Aktiveret forbrug (GWh/år)	211	11	32	13	193	10	29	12
Aktiveret effekt i en given time (MW)	105	5	16	7	105	5	16	7
Fleksbesparelse (DKK2016/år/sted)	<b>128</b>	<b>2.330</b>	<b>372</b>	<b>1.274</b>	<b>122</b>	<b>2.231</b>	<b>356</b>	<b>1.220</b>
<b>Nettoomkostning (DKK2016/år/sted)</b>	<b>240</b>	<b>-1.448</b>	<b>731</b>	<b>-539</b>	<b>246</b>	<b>-1.349</b>	<b>747</b>	<b>-485</b>
<b>Nettoomkostning per effekt (DKK2016/kW)</b>	<b>126</b>	<b>-42</b>	<b>132</b>	<b>-28</b>	<b>129</b>	<b>-39</b>	<b>135</b>	<b>-25</b>

Tabel 11: Nettoomkostning samt aktiverbart forbrug og effekt – Prisafhængigt forbrug til elvarme 2050. Bemærk, at forbrugstallet for etageboliger og institutioner muligvis er sat for højt. En negativ nettoomkostning betyder, at tiltaget er rentabelt.

### Prisafhængigt forbrug af ventilation

**Hensigt:** At udnytte udsving i elprisen time for time (ligesom for køle-/fryseaggregater og elvarme). Når prisen er høj, ønsker vi at slukke ventilationsanlægget, og når den er lav at øge ventilationen.

**Hvor ofte:** Når elspotprisen i en given time er højere end både den foregående og den efterfølgende time, så stoppes forbruget. Når elspotprisen er lavere end både den foregående og den efterfølgende time, så fordobles forbruget. Vi har begrænset det til maksimalt 15% af det mulige i hver time, idet man pga. komfortsyn og indeklimakrav ikke altid kan undvære ventilationsanlægget. Ydermere er de fleste ventilationsanlæg i handel & service-bygninger og institutionsbygninger ved korrekt styring slukket uden for brugstiden undtaget døgninstitutioner, sygehuse m.v. Der er desuden lavet en mindre justering for at holde det årlige elforbrug uændret.

**Investering:** Retrofit, idet eksisterende ventilationsanlæg opgraderes med ny lokal styring eller tilpasning af CTS-anlæg.

#### Resultater:

Det ses, at tiltaget ikke er rentabelt. Dette var forventeligt, eftersom aktivering af køle-/fryseaggregater ikke er rentabelt, og vi har her i eksemplet med ventilation nemlig en højere investering og har reduceret indtjeningsmuligheden til 15% af det for f.eks. køle-/fryseaggregatet. Da tiltaget ikke rentabelt, når vi tillader aktivering i alle døgnets 24 timer, giver det ikke mening at se nærmere på, hvad det betyder, hvis vi kun aktiverer ventilationsanlæggets fleksibilitet i dele af døgnet for at imødekomme mindre belastning af indeklimaet. Det potentielle effektbidrag er desuden negligibelt.

2050	Øst priser				Vest priser			
Ventilationsanlæg 15% sluk eller dobbelt	PSR	E	H&S	Inst	PSR	E	H&S	Inst
Antal bygninger med egnet ventilationsanlæg	-	31.320	126.440	51.620	-	31.320	126.440	51.620
15% af forbrug per sted (kWh/år/sted)	-	938	984	738	-	938	984	738
Samlet forbrug (GWh/år)	-	29	124	38	-	29	124	38
Effekt (årsforbrug/8760) i en given time (kW/sted)	-	0,107	0,112	0,084	-	0,107	0,112	0,084
Samlet effekt (MW)	-	3	14	4	-	3	14	4
Aktiveret andel af forbrugersegment	-	50%	50%	50%	-	50%	50%	50%
Investering (DKK2016/år/sted)	-	1.376	1.915	2.293	-	1.376	1.915	2.293
<b>Uanset eltransport ...</b>								
Andel timer/år hvor tiltag aktivt	-	23%	23%	23%	-	21%	21%	21%
Aktiveret forbrug (GWh/år)	-	3,4	14,3	4,4	-	3,1	13,1	4,0
Aktiveret effekt i en given time (MW)	-	1,7	7,1	2,2	-	1,7	7,1	2,2
Fleksbesparelse (DKK2016/år/sted)	-	7	8	6	-	7	7	5
<b>Nettoomkostning (DKK2016/år/sted)</b>	-	<b>1.369</b>	<b>1.907</b>	<b>2.287</b>	-	<b>1.369</b>	<b>1.908</b>	<b>2.288</b>
<b>Nettoomkostning per effekt (DKK2016/kW)</b>	-	<b>12.780</b>	<b>16.980</b>	<b>27.159</b>	-	<b>12.780</b>	<b>16.989</b>	<b>27.171</b>

Tabel 12: Nettoomkostning samt aktiverbart forbrug og effekt – Ventilation 2050. En negativ nettoomkostning betyder, at tiltaget er rentabelt.

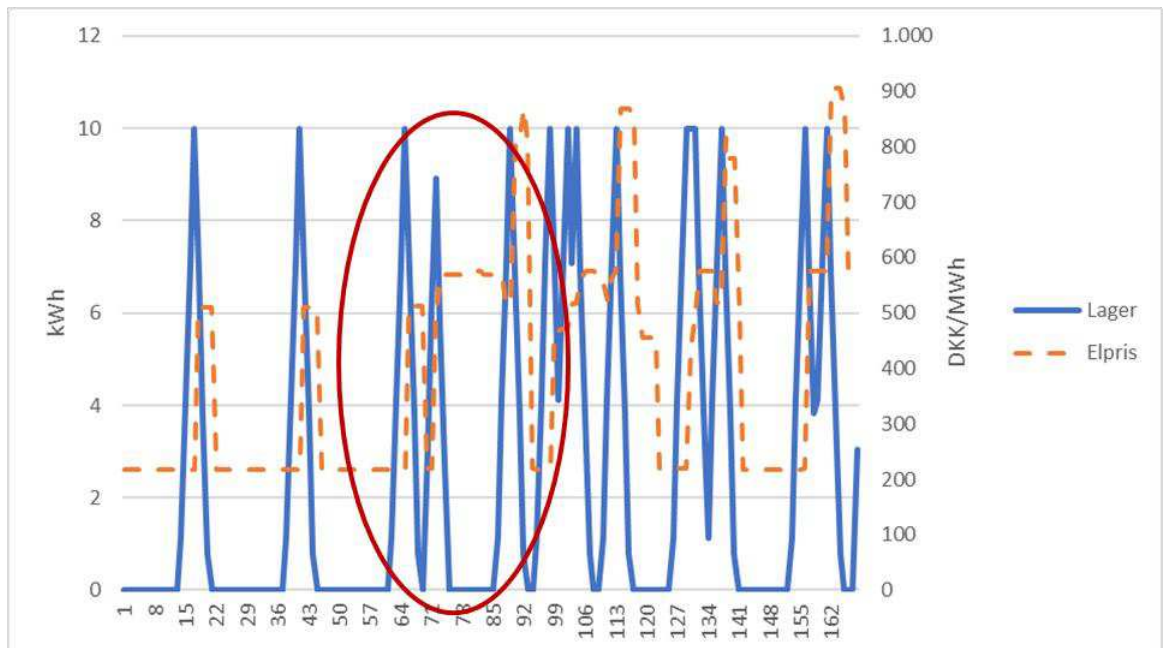
### Batteripakke

**Hensigt:** At udnytte udsving i elprisen time for time. Når prisen er høj, ønsker vi at tappe batteriet, og når den er lav at oplade batteriet.

**Hvor ofte:** Når elspotprisen i en given time er højere end både den foregående og den efterfølgende time, så stoppes forbruget. Når elspotprisen er lavere end både den foregående og den efterfølgende time, så fordobles forbruget. Batteriet kan dog ikke lade op i en uendelighed. Lagerkapaciteten for 3 kW batteriet i parcel-, stue- og rækkehuse er sat til 10 kWh, og der er antaget et tab på 1%. Vi har derfor begrænset aktiveringen til maksimalt tre gange ved maksimum og tre gange ved minimum per døgn. Der er desuden lavet en mindre justering for at holde det årlige elforbrug uændret. Resultatet er, at batteriet aktiveres 24% af årets timer i 2030 og 18-19% af årets timer i 2050. Forholdet mellem effekt og lagerkapacitet er antaget det samme for alle fire segmenter.

Den nedenstående Figur 1 viser, at batteriløsningen kan aktiveres ved både små og store prisforskelle. Det ses af figuren, at når der optræder længere perioder med høje priser, vil batteriet ikke kunne udnytte dem alle, fordi det efterhånden bliver fuldt afladet. Batteriet aktiveres altså modsat køle-/fryseaggregats-, elvarme- og ventilationstiltagene ikke hver gang, der er en potentiel gevinst.





Figur 1: Brug af batteri i uge 1-4, 2050, prisområde Vest og tidsvarieret transportpris.

**Investering:** Nyinstallering. Bemærk, at investeringen for batteri-tiltaget modsat de andre analyserede tiltag varierer afhængigt af år, da den rivende udvikling i prisen på batterier, som vi har oplevet, forventes at fortsætte.

**Resultat:**

Tiltaget er helt klart urentabelt i alle tre år og er det mindst rentable af de analyserede tiltag. Investering i batteri alene med henblik på at udnytte prisforskelle i elspotmarkedet er ikke rentabelt. Den store forskel i nettoomkostning mellem parcel-, række- og stuehuse (PSR) og de øvrige tre segmenter skyldes, at investeringen per effekt er relativt højere for parcel-, stue- og rækkehussegmentet.

2050	Øst priser				Vest priser			
Batteri optimeret	PSR	E	H&S	Inst	PSR	E	H&S	Inst
<b>Antal bygninger med batteri</b>	1.694.088	105.808	127.268	4.898	1.694.088	105.808	127.268	4.898
Forbrug per sted (kWh/år/sted)	5.531	25.759	72.604	55.069	5.531	25.759	72.604	55.069
Samlet forbrug (GWh/år)	9.369	2.726	9.240	270	9.370	2.726	9.240	270
Effekt per sted i en given time (kW/sted)	3	15	39	30	3	15	39	30
Samlet effekt (MW)	5.082	1.587	4.963	147	5.082	1.587	4.963	147
Aktiveret andel af forbrugersegment	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Investering (DKK2016/år/sted)	<b>3.382</b>	<b>10.790</b>	<b>25.092</b>	<b>19.301</b>	<b>3.382</b>	<b>10.790</b>	<b>25.092</b>	<b>19.301</b>
<b>Ved to-trins eltransport ...</b>								
Andel timer/år hvor tiltag aktivt	19%	19%	19%	19%	18%	18%	18%	18%
Aktiveret forbrug (GWh/år)	879	256	867	25	867	252	855	25
Aktiveret effekt i en given time (MW)	2.541	794	2.482	73	2.541	794	2.482	73
Flexbesparelse (DKK2016/år/sted)	<b>1.437</b>	<b>1.437</b>	<b>1.437</b>	<b>1.437</b>	<b>1.523</b>	<b>1.523</b>	<b>1.523</b>	<b>1.523</b>
<b>Nettoomkostning (DKK2016/år/sted)</b>	<b>1.945</b>	<b>9.353</b>	<b>23.655</b>	<b>17.864</b>	<b>1.859</b>	<b>9.267</b>	<b>23.569</b>	<b>17.778</b>
<b>Nettoomkostning per effekt (DKK2016/kW)</b>	<b>648</b>	<b>624</b>	<b>607</b>	<b>595</b>	<b>620</b>	<b>618</b>	<b>604</b>	<b>593</b>

Tabel 13: Nettoomkostning samt aktiverbart forbrug og effekt – Batteri 2050. En negativ nettoomkostning betyder, at tiltaget er rentabelt.

## 4.2 Overblik – Midlertidigt skift i energiart

Midlertidige skift i energiart – også kaldet "fuel shift" – vha. f.eks. elpatron og hybridvarmepumper kan teknisk set bidrage med fleksibilitet allerede i dag.

*Elpatroner* i samspil med gasfyr er ikke rentabelt i 2030. Gasprisen stiger dog væsentligt fra 2030 til 2050, og elpatron i samspil med gasfyr bliver i 2050 rentabelt i handel & service samt institutioner<sup>2</sup>. I samspil med fjernvarmeanlæg er elpatronen heller ikke et rentabelt tiltag i 2030, men i 2050 bliver tiltaget klart rentabelt i alle segmenter undtaget hos parcel-, stue- og rækkehuse. Andelen af timer per år, hvor tiltaget kan være relevant at aktivere, stiger for begge tiltag fra 2030 til 2050.

Situationen for *hybridvarmepumper* er noget anderledes. Varmepumpetiltaget er klart urentabelt for parcel-, stue- og rækkehuse, handel & service samt institutioner i både 2030 og 2050 hvad enten, der er tale om, samspil med gasfyr eller fjernvarmeanlæg.

For etageboliger med gasfyr er varmepumpetiltaget nogenlunde rentabelt i 2030 men klart rentabelt i 2050 pga. den betydeligt højere CO<sub>2</sub>-pris i 2050. Grunden til den meget positive økonomi hos etageboliger sammenlignet med handel & service og institutioner skyldes, at investeringen per bygningsforbrug er ca. en halv gang lavere end for de øvrige bygninger, og dermed står besparelsen bedre mål med den nødvendige investering.

<sup>2</sup> Resultatet bliver lidt mere positivt i 2050, når der anvendes elpriser for Vestdanmark, og elpatron i samspil med gasfyr bliver rentabelt.

Det skal bemærkes, at elforbruget til hybridvarmepumpen i 2030 og 2050 er billigere end gasforbruget i næsten alle årets timer (99%)<sup>3</sup>. Fordelen ved hybridvarmepumpen er, at den i og med, at varmepumpen kan aktiveres så meget af tiden, har stor mulighed for at udnytte billig vind samtidig med at der er værdi i, at man har naturgaskedlen som backup, så man kan afkoble fra el, når elpriserne er meget høje.

Prisforskellen mellem el og gas er dog ikke tilstrækkelig stor til, at det mange antal timer gør tiltaget rentabelt i segmenterne parcel-, stue- og rækkehuse, handel & service samt institutioner.

Tiltag 2030	Andel timer per år, hvor tiltag attraktivt	Nettoomkostning (DKK <sub>2016</sub> /år/sted)			
		Parcel-, stue-, og rækkehuse	Etageboliger	Handel & Service	Institutioner
Elpatron v. gasfyr	7%	640	1.410	810	870
Elpatron v. fjernvarme, Esbjerg	7%	590	1.210	520	630
Hybrid varmepumpe v. gasfyr	99%	1.530	-440	9.360	10.670
Hybrid varmepumpe v. fjv, Esbjerg	51%	1.660	2.440	10.320	11.500

Tiltag 2050	Andel timer per år, hvor tiltag attraktivt	Nettoomkostning (DKK <sub>2016</sub> /år/sted)			
		Parcel-, stue-, og rækkehuse	Etageboliger	Handel & Service	Institutioner
Elpatron v. gasfyr	17%	350	250	-850	-570
Elpatron v. fjernvarme, Esbjerg	11%	330	-810	-1.130	-1.720
Hybrid varmepumpe v. gasfyr	99%	550	-4.330	3.790	5.820
Hybrid varmepumpe v. fjv, Esbjerg	44%	1.250	-4.370	6.900	3.860

Tabel 14: Nettoomkostning i 2030 og 2050 af fuel shift tiltag målrettet spotmarkedet og andel timer/år, hvor tiltaget er aktivt. En negativ nettoomkostning betyder, at det pågældende tiltag er rentabelt. Prisniveauet anvendt til beregning af de viste nettoomkostninger er priser for Østdanmark. Tendensen er dog meget nær det samme, når der anvendes priser for Vestdanmark. Investeringsbeløbene er baseret på 2016-forhold og omregnet til årlige omkostninger, under antagelse af 4% renteniveau og 20 års levetid.

### 4.3 Overblik – Forskydning af forbrug

Forskydning af forbrug til køle-/fryseaggregater og ventilation på basis af udsving i elspotprisen er ikke rentabelt uanset år. Størrelsen af det mulige effektbidrag (MW) fra køle-/fryseaggregater og ventilation er desuden relativt lille. Antager vi, at merinvesteringen i fleksible køle-fryseaggregater er nul, idet fleksibiliteten forventes i fremtiden at kunne være en integreret del af de

<sup>3</sup> Hvis varmepumpens effektivitet i stedet for 4 var 3, ville andelen af aktivérbare timer stadig være relativt høj, nemlig 89% i 2030 og 93% i 2050.

producerede aggregater, så bliver aktivering af køle-/fryseaggregater dog rentabelt. Antager vi, at merinvesteringen for justering af styringen af ventilationsanlæg er begrænset, så ligger ventilationstiltaget dog stadig kun "lige på vippen" til at være rentabelt at udnytte. Størrelsen af det mulige effektbidrag (MW) fra køle-/fryseaggregater og ventilation er desuden relativt lille.

*Batterier* indkøbt specifikt til at udnytte elspotmarkedet er heller ikke et rentabelt tiltag. Er batteriet derimod indkøbt med andet formål, så kan det give god mening. Størrelsen af det potentielle bidrag til fleksibilitet vil afhænge af de begrænsninger, som den øvrige brug af batteriet vil sætte.

Forskydning af forbruget til *elvarme* er i 2030 og 2050 rentabelt for etageboliger og institutioner, men urentabelt for parcel-, stue- og rækkehuse samt handel & service. Årsagen er, at det gennemsnitlige varmeforbrug per bygning er relativt højt i etageboliger og institutioner.

Forskydning af *fjernvarme*forbruget kan betale sig i alle segmenter, da vi har antaget, at aktivering af disse anlæg ikke kræver nogen nævneværdig investering. Teknologien er så at sige allerede i stilling, og der mangler blot et prissignal, som giver forbrugerne incitament til at agere. Men besparelsen er ikke overvældende.

Tiltag 2030	Andel timer per år, hvor tiltag attraktivt	Nettoomkostning (DKK <sub>2016</sub> /år/sted)			
		Parcel-, stue-, og rækkehuse	Etageboliger	Handel & Service	Institutioner
Køle-/fryseaggregat	28%	350	230	1.380	810
Elvarme	28%	130	-3.410	420	-1.610
Ventilationsanlæg	28%	Ej aktuelt	1.360	1.900	2.280
Fjernvarme	5%	-30	-120	-170	-150
Batteri	24%	2.330	10.840	27.180	20.570

Tiltag 2050	Andel timer per år, hvor tiltag attraktivt	Nettoomkostning (DKK <sub>2016</sub> /år/sted)			
		Parcel-, stue-, og rækkehuse	Etageboliger	Handel & Service	Institutioner
Køle-/fryseaggregat	28%	350	230	1.420	840
Elvarme	28%	240	-1.450	730	-540
Ventilationsanlæg	28%	Ej aktuelt	1.370	1.910	2.290
Fjernvarme	5%	-50	-310	-300	-370
Batteri	19%	1.950	9.350	23.660	17.870

Tabel 15: Nettoomkostning i 2030 og 2050 af forskydningstiltag målrettet spotmarkedet og andel timer/år, hvor tiltaget er aktivt. Priseniveauet anvendt til beregning af de viste nettoomkostninger er priser for Østdanmark. Tendensen er dog meget nær det samme, når der anvendes priser for Vestdanmark. Investeringsbeløbene er baseret på 2016-forhold og omregnet til årlige omkostninger, under antagelse af 4% renteniveau og 20 års levetid. Bemærk, at køle-/fryseaggregaterne ikke findes på markedet i dag.

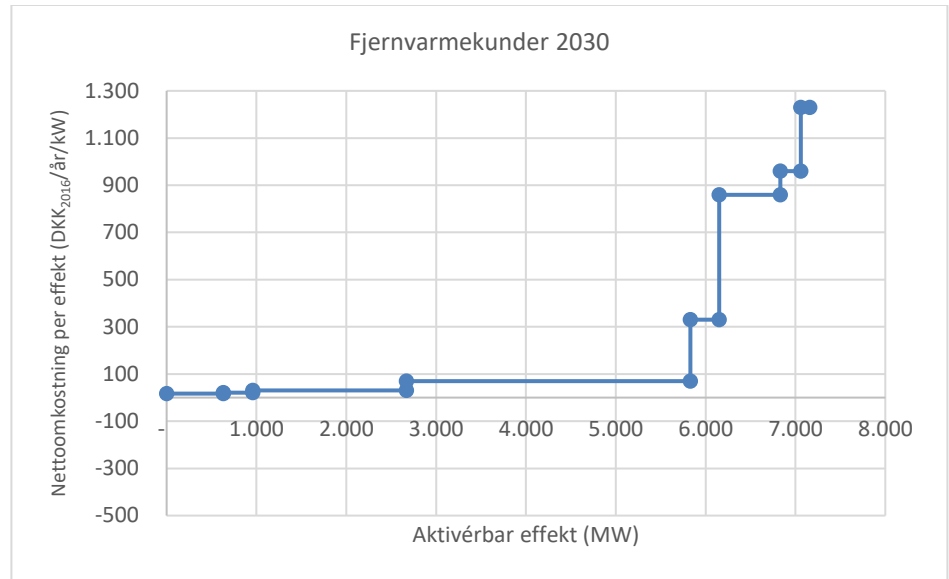
#### 4.4 Overblik – Flexibel effektmængde

Formålet med at aktivere eksisterende bygninger er at medvirke til bedre prisdannelse på energimarkedene (økonomisk) og bedre systembalance (teknisk). Det er derfor relevant at se på, hvor stort et effektbidrag (MW) der aktiveres i en given time.

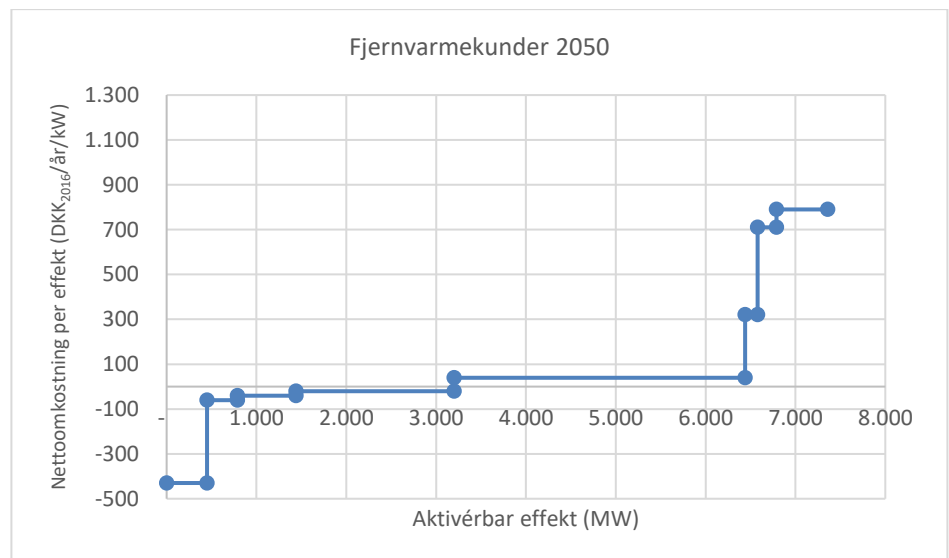
For at give et visuelt indtryk af volumen af den fleksibilitet som eksisterende bygninger kan bidrage med til energisystemet, har vi opstillet såkaldte ”marginale abatement cost” (MAC) kurver.

De to gange to nedenstående figurer viser MAC-kurver for hhv. 2030 og 2050 for de to tiltag, som består af et skift i energiart – elpatron og hybridvarmepumpe – for de fire forskellige bygningssegmenter. Fælles for disse tiltag er, at de i princippet kan aktiveres i et ubegrænset omfang tidsmæssigt set. Tabel 16 og Tabel 17 indeholder datasættene, der ligger til grund for de to gange to MAC-kurver. Det bør bemærkes, at vi har antaget tidsdifferentieret marginal transportpris på både el og fjernvarme.

Skift fra fjernvarme



Figur 2: Fjernvarmekunder – MAC-kurver for 2030 for de to tiltag, som består af et skift i energit.



Figur 3: Fjernvarmekunder – MAC-kurver for 2050 for de to tiltag, som består af et skift i energit.

2030				
Tiltag og segment blandt fjernvarmekunder	Nr.	Netto-omkostning (DKK <sub>2016</sub> /år/sted)	Netto-omkostning (DKK <sub>2016</sub> /år/kW)	Aktivérbar effekt (MW)
Varmepumpe v. fj. Esbjerg – E	5	2.440	330	320
Elpatron v. fj. Esbjerg – Inst	2	630	20	330
Elpatron v. fj. Esbjerg – H&S	1	520	20	630
Elpatron v. fj. Esbjerg – E	3	1.210	30	1.710
Elpatron v. fj. Esbjerg – PSR	4	590	70	3.160
Varmepumpe v. fj. Esbjerg – Inst	8	11.500	1.230	100
Varmepumpe v. fj. Esbjerg – H&S	7	10.320	960	230
Varmepumpe v. fj. Esbjerg – PSR	6	1.660	860	680

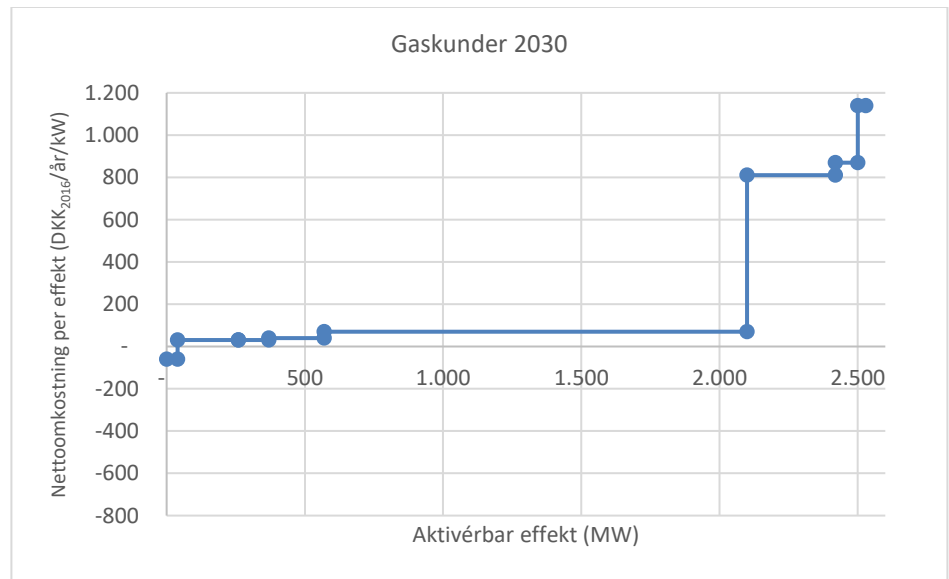
2050				
Tiltag og segment blandt fjernvarmekunder	Nr.	Netto-omkostning (DKK <sub>2016</sub> /år/sted)	Netto-omkostning (DKK <sub>2016</sub> /år/kW)	Aktivérbar effekt (MW)
Varmepumpe v. fj. Esbjerg – E	1	-4.370	-430	450
Elpatron v. fj. Esbjerg – Inst	2	-1.720	-60	340
Elpatron v. fj. Esbjerg – H&S	3	-1.130	-40	650
Elpatron v. fj. Esbjerg – E	4	-810	-20	1.760
Elpatron v. fj. Esbjerg – PSR	5	330	40	3.240
Varmepumpe v. fj. Esbjerg – Inst	6	3.860	320	140
Varmepumpe v. fj. Esbjerg – H&S	7	6.900	710	210
Varmepumpe v. fj. Esbjerg – PSR	8	1.250	790	570

Tabel 16: Fjernvarmekunder – MAC-kurver 2030 og 2050 for de to tiltag, som består af et skift i energiart. Numrene i anden og femte søjle angiver rækkefølgen af tiltagene i hvert af de to år startende med det mest rentable tiltag. Elprisniveauet anvendt til beregning af de viste nettoomkostninger er priser for Østdanmark. Investeringsbeløbene er baseret på 2016-forhold og omregnet til årlige omkostninger, under antagelse af 4% renteniveau og 20 års levetid. Er nettoomkostningen negativ, er tiltaget rentabelt. PSR = Parcel-, stue- og rækkehuse; E = Etegeboliger; H&S = Handel & service; Inst = Institutioner.

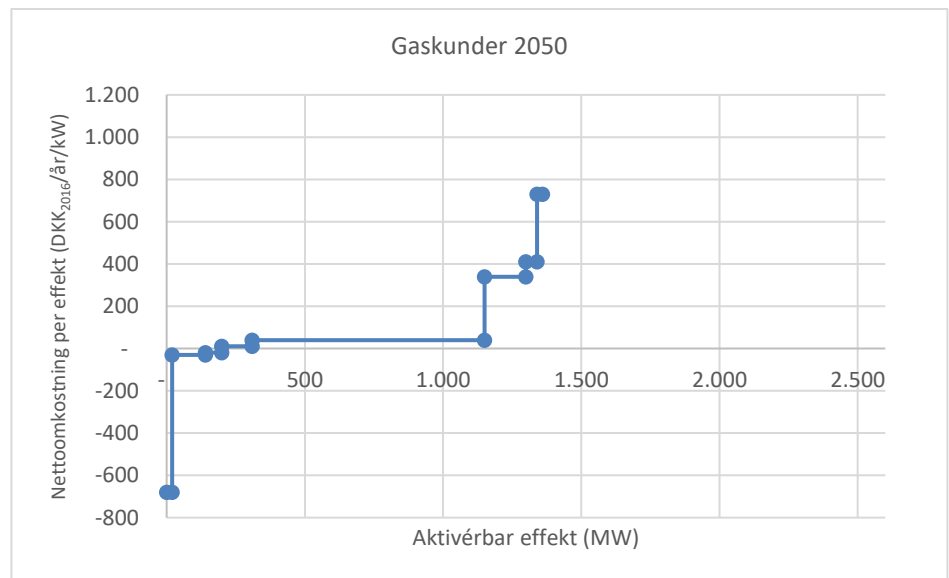
Det ses af ovenstående, at i 2030 er ingen af de otte tiltag hos fjernvarmekunder rentable. Det mest rentable er varmpumpe i samspil med fjernvarme i etageboliger. I 2050 bliver hybridvarmepumper i etageboliger rentable samt elpatroner i etageboliger, handel & service og institutioner – Og deres samlede bidrag er 3.200 MW.

### Skift fra gas

Hos forbrugere med gasfyr er kun hybridvarmepumpe hos etageboliger rentabelt fleksibilitetsiltag i 2030 og dets rentabilitet forbedres væsentligt i 2050 (se Figur 5 og Tabel 17 nedenfor). I 2050 bliver også elpatroner hos handel & service samt institutioner rentable. Det potentielle, rentable effektbidrag fra gaskunder er dog en del mindre end for fjernvarmekunder – nemlig blot 200 MW. At mængden ikke bliver større, skyldes en betydelig reduktion i antallet af gasfyrede bygninger frem mod 2050.



Figur 4: Gaskunder – MAC-kurver (DKK<sub>2016</sub>/år/kW) for 2030 for de to tiltag, som består af et skift i energiart.



Figur 5: Gaskunder – MAC-kurver (DKK<sub>2016</sub>/år/kW) for 2050 for de to tiltag, som består af et skift i energiart.



2030 Tiltag og segment blandt gaskunder	Nr.	Netto-omkostning (DKK <sub>2016</sub> /år/sted)	Netto-omkostning (DKK <sub>2016</sub> /år/kW)	Aktivérbar effekt (MW)
Varmepumpe v. gasfyr - E	4	-440	-60	40
Elpatron v. gasfyr - H&S	2	810	30	220
Elpatron v. gasfyr - Inst	3	870	30	110
Elpatron v. gasfyr - E	5	1.410	40	200
Elpatron v. gasfyr - PSR	1	640	70	1.530
Varmepumpe v. gasfyr - PSR	6	1.530	810	320
Varmepumpe v. gasfyr - H&S	7	9.360	870	80
Varmepumpe v. gasfyr - Inst	8	10.670	1.140	30

2050 Tiltag og segment blandt gaskunder	Nr.	Netto-omkostning (DKK <sub>2016</sub> /år/sted)	Netto-omkostning (DKK <sub>2016</sub> /år/kW)	Aktivérbar effekt (MW)
Varmepumpe v. gasfyr - E	1	-4.330	-680	20
Elpatron v. gasfyr - H&S	2	-850	-30	120
Elpatron v. gasfyr - Inst	3	-570	-20	60
Elpatron v. gasfyr - E	4	250	10	110
Elpatron v. gasfyr - PSR	5	352	40	840
Varmepumpe v. gasfyr - PSR	6	550	340	150
Varmepumpe v. gasfyr - H&S	7	3.790	410	40
Varmepumpe v. gasfyr - Inst	8	5.820	730	20

Tabel 17: Gaskunder – MAC-kurver 2030 og 2050 for de to tiltag, som består af et skift i energitart. Numrene i anden og femte søjle angiver rækkefølgen af tiltagene i hvert af de to år startende med det mest rentable tiltag. Elpriseniveauet anvendt til beregning af de viste nettoomkostninger er priser for Østdanmark. Investeringsbeløbene er baseret på 2016-forhold og omregnet til årlige omkostninger, under antagelse af 4% renteniveau og 20 års levetid. Er nettoomkostningen negativ, er tiltaget rentabelt. PSR = Parcel-, stue- og rækkehus; E = Etageboliger; H&S = Handel & service; Inst = Institutioner.

## Flytbare forbrug

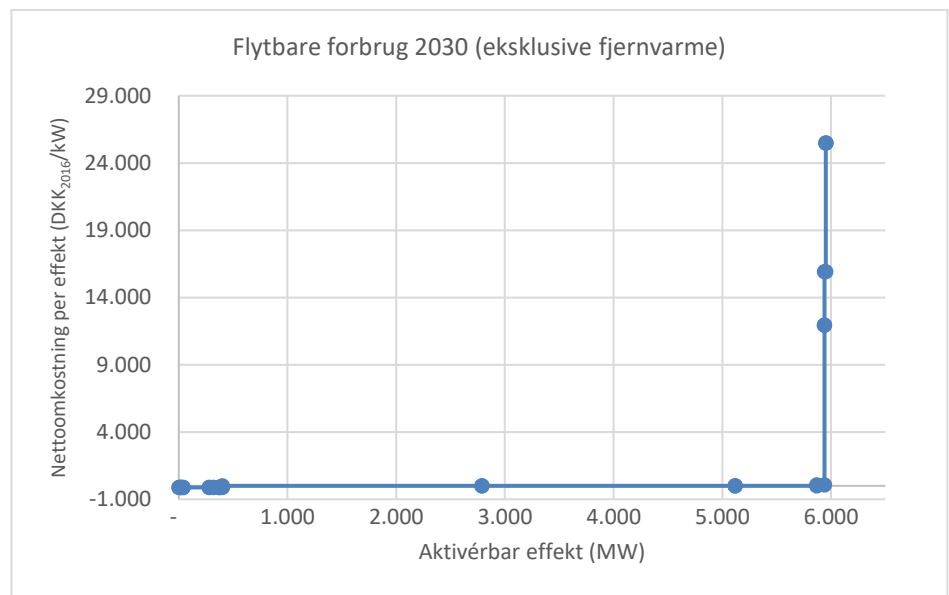
Samme øvelse er foretaget for at vise hvor stort et effektbidrag (MW), der aktiveres i en given time for de fem flytbare forbrug – altså de tiltag, der kun kan aktiveres i begrænset tid. Det drejer sig om elvarme, fjernvarme, køle-/fryseaggregat, ventilation og batteri. Dette er vist i Figur 6 og Figur 7 for hhv. 2030 og 2050. Tabel 18 viser tallene bag de to MAC-kurver.

Det ses, at fleksibel ventilation er dyrt at etablere, og det potentielle bidrag er nær nul i begge år. Det klart største effektbidrag kunne potentielt opnås vha. batterier, men det er langt fra rentabelt.

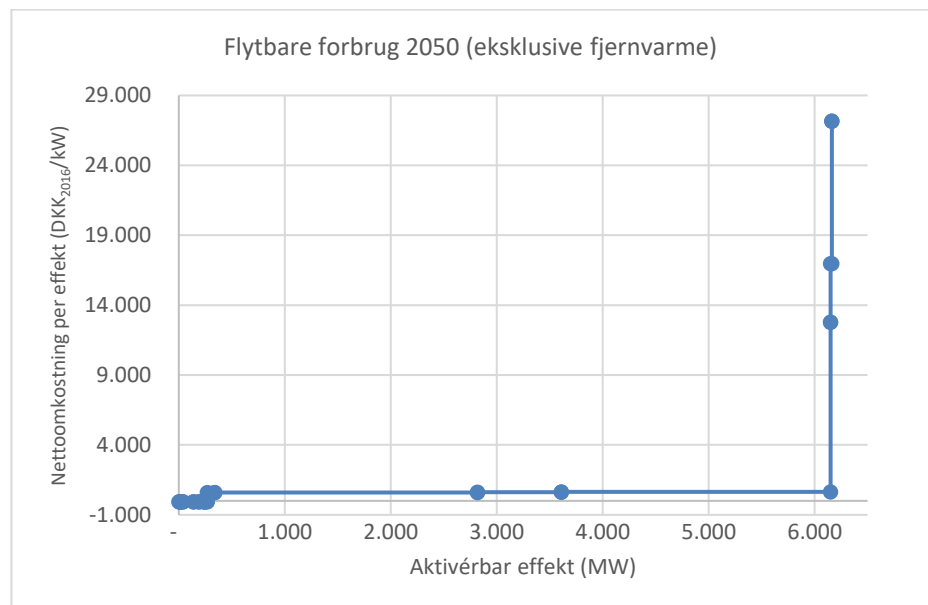
Køle-/fryseaggregater er nogenlunde rentable at aktivere forudsat at en merinvestering i styring kan undgås; og det potentielle bidrag ligger omkring 120-130 MW. Forskydning af fjernvarmeforbruget kan bidrage med 1.330-1.370 MW i en given time og en indtjening på 20-30 DKK<sub>2016</sub>/år/kW. Forskyd-

ning af elvarmeforbruget kan bidrage med 280 MW i 2030, som er rentabelt, men det potentielle bidrag falder til ca. det halve i 2050 (140 MW), og rentabiliteten reduceres fra 120 til 70 DKK<sub>2016</sub>/år/kW. Det er især parcel-, stue- og rækkehussegmentet, der kan yde fleksibilitet vha. flytning af elvarmeforbrug.

Til sammen kan de rentable tiltag kan til sammen bidrage med 1,4-1,6 GW i både 2030 og 2050. De mest rentable – elvarme i etageboliger og institutioner – udgør kun 20 MW.



Figur 6: MAC-kurve (DKK<sub>2016</sub>/år/kW) for de fem flytbare forbrug (eksklusive fjernvarme) i 2030.



Figur 7: MAC-kurve (DKK<sub>2016</sub>/år/kW) for de fem flytbare forbrug (eksklusive fjernvarme) i 2050.

Tiltag og segment	2030				2050			
	Nr.	Netto-omkostning (DKK <sub>2016</sub> /år/sted)	Netto-omkostning (DKK <sub>2016</sub> /år/kW)	Aktivérbar effekt (MW)	Nr.	Netto-omkostning (DKK <sub>2016</sub> /år/sted)	Netto-omkostning (DKK <sub>2016</sub> /år/kW)	Aktivérbar effekt (MW)
Elvarme flyt – E (*)	1	-4.290 (-3.410)	-120 (-90)	10	1	-2.330 (-1.450)	-70 (-40)	10
Elvarme flyt – Inst (*)	2	-2.350 (-1.610)	-120 (-80)	10	2	-1.270 (-540)	-70 (-30)	10
Elvarme flyt – H&S	3	-690 (420)	-120 (70)	20	3	-370 (730)	-70 (130)	20
Elvarme flyt – PSR	4	-240 (130)	-120 (60)	240	4	-130 (240)	-70 (126)	100
Køl/frys flyt – PSR	5	-6 (350)	-110 (6.480)	40	5	-4 (350)	-70 (6.520)	50
Køl/frys flyt – H&S	6	-90 (1.380)	-110 (1.780)	50	6	-50 (1.420)	-70 (1.830)	50
Køl/frys flyt – Inst	7	-70 (810)	-110 (1.400)	10	7	-40 (840)	-70 (1.450)	10
Køl/frys flyt – E	8	-4 (230)	-110 (6.450)	20	8	-2 (230)	-60 (6.510)	20
Fj.varme flyt Esbjerg – Inst	9	-150	-20	100	9	-370	-30	140
Fj.varme flyt Esbjerg – E	10	-120	-20	320	10	-310	-30	450
Fj.varme flyt Esbjerg – H&S	11	-170	-20	230	11	-300	-30	210
Fj.varme flyt Esbjerg – PSR	12	-30	-20	680	12	-50	-30	570
Batteri – Inst	16	20.570	80	70	13	17.860	600	70
Batteri – H&S	14	27.180	3	2.330	14	23.660	610	2.480
Batteri – E	15	10.840	4	750	15	9.350	620	790
Batteri – PSR	13	2.330	0	2.390	16	1.950	650	2.540
Ventilation flyt – E	17	1.360	11.950	2	17	1.370	12.780	2
Ventilation flyt – H&S	18	1.900	15.910	10	18	1.900	16.980	10
Ventilation flyt – Inst	19	2.280	25.480	2	19	2.290	27.160	2

Tabel 18: MAC-kurver 2030 og 2050 for de fem flytbare forbrug. Numrene i anden og sjette søjle angiver rækkefølgen af tiltagene i hvert af de to år startende med det mest rentable tiltag. Værdier angivet i parentes er resultater for situationen med investering – se afsnit 4.1 for mere information. Elpriseniveauet anvendt til beregning af de viste nettoomkostninger er priser for Østdanmark. Investeringsbeløbene er baseret på 2016-forhold og omregnet til årlige omkostninger, under antagelse af 4% renteniveau og 20 års levetid. Er nettoomkostningen negativ, er tiltaget rentabelt. (\*) Bemærk, at forbrugstallet for etageboliger og institutioner muligvis er til den høje side.

## 4.5 Tiltag rettet mod regulérkraftmarkedet

### Regulérkraft – Elpatron hos naturgaskunder

**Hensigt:** At udnytte efterspørgsel på regulérkraft. Som eksempel har vi anvendt et gasfyr udstyret med en 9, 30 eller 40 kW elpatron afhængigt af hvilket kundesegment, der er tale om. Er elpatronen ikke i brug, kan den aktiveres, når der er brug for nedregulering af kapaciteten i systemet i en given time. Er elpatronen allerede aktiv, så kan den slukkes, når der er behov for opregulering. Dette er søgt illustreret med de orange pile i Figur 8 nedenfor.

Naturgas- marked	Elspotmarked	El-regulérkraftmarked	
		Opregulering (= reducere elforbrug)	Nedregulering (= øge elforbrug)
Gaskedel	Elpatron slukket	→	Fortsat slukket <b>Tændt</b>
	Elpatron tændt	→ →	<b>Slukket</b> Fortsat tændt

Figur 8: Illustration af hvilken ydelse elpatronen kan levere i regulérkraftmarkedet afhængigt af aktiveringen i elspotmarkedet.

Hvor ofte: Der er ikke sat nogen grænser for, hvor ofte elpatronen kan bydes ind på regulérkraftmarkedet. Det eneste, der bestemmer om det sker, er, hvorvidt det er teknisk muligt (er elpatronen allerede tændt, så man kan tilbyde at slukke den og omvendt), og om der er en attraktiv prisforskel.

Er elpatronen f.eks. tændt, forbruger man el til elspotpris. Efterspørger systemregulatoren opregulering, svarer det til, at man kan tilbyde at slukke for elpatronen. Slukker man for elpatronen, vil varmen atter blive produceret på naturgas. Det vil sige, at det, man får betalt for at slukke for elpatronen, skal være større end prisen for naturgas i den pågældende time, for at det kan betale sig.

Er elpatronen i udgangspunktet slukket, forbruger man naturgas. Efterspørger systemregulatoren nedregulering, svarer det til, at man kan tilbyde at tænde for elpatronen. Tænder man for elpatronen, vil varmen blive produceret på el til elspotpris. Det vil sige, at det, man får betalt for at tænde for elpatronen, skal være større end prisen for naturgas i den pågældende time, for at det kan betale sig.

Altså er det både ved opregulering og nedregulering, forskellen mellem reguleringsprisen og naturgasprisen (inkl. transportpriser), der bestemmer, om det er rentabelt at tilbyde regulérkraft-ydelse.

Det er selvfølgelig muligt at installere en elpatron udelukkende med henblik på at udnytte regulérkraftmarkedets prisudsving, men da der oftest efterspørges opregulering, vil man ikke kunne få nok ud af investeringen – for at byde ind på opregulering, skal elpatronen nemlig allerede være tændt.

Tabel 19 viser, at det kan betale sig at bruge elpatronen på regulérkraftmarkedet, men at antallet af timer, hvor det kunne være aktuelt er begrænset. Beregningerne (inkl. transportpris) viser, at potentialet for at vinde ved at

byde ind i regulérkraftmarkedet er størst i 2030. Opregulering og nedregulering er dog relevant i alle tre nedslagsår. Grunden til, at opregulering i 2030 er mere interessant end i 2050 er bl.a., at naturgasprisen stiger kraftigt fra 192 DKK<sub>2016</sub>/MWh i 2030 til 350 DKK<sub>2016</sub>/MWh i 2050.

Rigtigt høje regulérkraftpriser indtræder typisk samtidig med høje elspotpriser. Er elprisen inklusive transport høj sammenlignet med naturgasprisen i en given time, så er elpatronen ikke tændt – og dermed er det ikke muligt at afbryde elpatronen (=reducere elforbruget), hvis der kommer høje priser for opregulering.

Andel af årets timer, Vestpriser	2016	2030	2050
Elpatron aktiv i elspotmarked	0,5%	8,8%	23,3%
Opregulering (= slukke elpatron)	0,4%	8,8%	0,6%
Nedregulering (= tænde elpatron)	1,0%	0,4%	0,7%

*Tablet 19: Andel af årets timer, hvor det kan betale sig at tilbyde op- eller nedregulering med elpatron i en bygning med gasfyr og med Vest-elpriser.*

**Investering:** Hvis ikke der allerede eksisterer elpatron, vil der være en lille merpris sammenlignet med et gasfyr alene, ligesom der kræves særskilt elinstallation. Er der allerede etableret gasfyr med elpatron, er der ingen investeringsomkostning.

#### Resultater:

Hvis der skal investeres i elpatron, er tiltaget først rentabelt i 2050 og da kun for tre af segmenterne – størst samlet effekt kan hentes hos parcel-, stue- og rækkehuse, men her er tiltaget ikke rentabelt. Da prisforskellen mellem elpatroner på 9, 30 og 40 kW ikke er stor, vil det godt kunne betale sig at anvende en større elpatron, forudsat at man kan aftage så meget effekt. Den største udfordring er selve elinstallationen og de krævede sikringsgrupper, når effekten stiger ud over 0,4 kV/16A.

2030	Vest priser			
Op-/nedregulering med elpatron v. gasfyr	PSR	E	H&S	Inst
<b>Antal bygninger med gasfyr</b>	339.658	10.125	14.604	7.230
Forbrug per sted (kWh/år/sted)	16.523	65.485	93.945	81.794
Samlet forbrug (GWh/år)	5.612	663	1.372	591
Effekt per sted (kW/sted)	9	40	30	30
Samlet effekt (MW)	3.057	405	438	217
Aktiveret andel af forbrugerssegment	50%	50%	50%	50%
Investerings (DKK2016/år/sted)	<b>735</b>	<b>1.765</b>	<b>1.324</b>	<b>1.324</b>
<b>Ved to-trins eltransport ...</b>				
Andel timer/år hvor tiltag aktivt	17%	17%	17%	17%
Aktiveret forbrug (GWh/år)	469	55	115	49
Aktiveret effekt (MW/år)	256	34	37	18
Bidrag til fleksbesparelse fra elspot (DKK2016/år)	110	430	615	535
Øvrig fleksbesparelse (DKK2016/år)	55	200	290	255
Fleksbesparelse i alt (DKK2016/år)	<b>165</b>	<b>630</b>	<b>905</b>	<b>790</b>
Nettoomkostning (DKK2016/år) (neg = kan betale sig)	<b>570</b>	<b>1.135</b>	<b>419</b>	<b>534</b>
2050	Vest priser			
Op-/nedregulering med elpatron v. gasfyr	PSR	E	H&S	Inst
<b>Antal bygninger med gasfyr</b>	185.577	5.532	7.979	3.950
Forbrug per sted (kWh/år/sted)	14.136	56.026	80.375	69.979
Samlet forbrug (GWh/år)	2.623	310	641	276
Effekt per sted (kW/sted)	9	40	30	30
Samlet effekt (MW)	1.670	221	239	119
Aktiveret andel af forbrugerssegment	50%	50%	50%	50%
Investerings (DKK2016/år/sted)	<b>735</b>	<b>1.765</b>	<b>1.324</b>	<b>1.324</b>
<b>Ved to-trins eltransport ...</b>				
Andel timer/år hvor tiltag aktivt	24%	24%	24%	24%
Aktiveret forbrug (GWh/år)	321	38	79	34
Aktiveret effekt (MW/år)	204	27	29	15
Bidrag til fleksbesparelse fra elspot (DKK2016/år/sted)	495	1.955	2.805	2.405
Øvrig fleksbesparelse (DKK2016/år/sted)	5	35	45	40
Fleksbesparelse i alt (DKK2016/år/sted)	<b>500</b>	<b>1.990</b>	<b>2.850</b>	<b>2.445</b>
Nettoomkostning (DKK2016/år/sted) (neg = kan betale sig)	<b>235</b>	<b>-225</b>	<b>-1.526</b>	<b>-1.121</b>

Tabel 20: Nettoomkostning ved at anvende elpatron hos gaskunder som fleksibilitetsydelse på regulérkraftmarkedet i 2030 og 2050.

Nedenstående tabel sammenholder den mulige fortjeneste med udgiften til varme leveret udelukkende af hhv. gasfyr eller elpatron.

Det er i denne sammenhæng værd at huske på, at den efterspurgte mængde af regulérkraft per år er ret begrænset sammenholdt med den mængde af el, der handles på spotmarkedet. Så selv om der kan være høje gevinster i den enkelte time på regulérkraft markedet, så er antallet af timer, hvor det er aktuelt, relativt få.

Segment	PSR	E	H&S	Inst
<b>2030 Vest</b>				
<b>Alm. gasforbrug (DKK<sub>2016</sub>/år)</b>	3.200	12.600	18.100	15.700
<b>Sparet ved elpatron på elspotmarkedet (DKK<sub>2016</sub>/år)</b>	110	430	620	540
<b>Sparet ved sluk (opreg.) (DKK<sub>2016</sub>/år)</b>	50	170	250	220
<b>Sparet ved tænd (nedreg.) (DKK<sub>2016</sub>/år)</b>	10	30	45	40
<b>2050 Vest</b>				
<b>Alm. gasforbrug (DKK<sub>2016</sub>/år)</b>	5.000	19.600	28.200	24.200
<b>Sparet ved elpatron på elspotmarkedet (DKK<sub>2016</sub>/år)</b>	500	1.960	2.810	2.410
<b>Sparet ved sluk (opreg.) (DKK<sub>2016</sub>/år)</b>	-	10	10	10
<b>Sparet ved tænd (nedreg.) (DKK<sub>2016</sub>/år)</b>	10	30	40	30

Tabel 21: Sammenligning af almindeligt gasforbrug sammenholdt med mulig besparelse (DKK<sub>2016</sub>) ved brug af elpatron (elspotmarked) og merbesparelse ved yderligere at deltage på regulérkraftmarkedet. Der er afrundet til nærmeste 10 kroner. PSR = Parcel-, stue- og rækkehus; E = Etageboliger; H&S = Handel & service; Inst = Institutioner.

### Regulérkraft – Elpatron hos fjernvarmekunder

En lignende beregning er foretaget for elpatroner tilknyttet fjernvarmeanlæg. Eftersom udnyttelse af elspotmarkedet vha. elpatron til fjernvarmeanlæg er mere rentabelt med elpatron til naturgasfyr, er den umiddelbare forventning, at det også er mere rentabelt, når man også tilbyder regulérkraft. Det ses, at tendensen er den samme som for elpatron ved gasfyr. I tabellen nedenfor er vist tal for Esbjerg fjernvarmeområde med elpriser for Vestdanmark.

Andel af årets timer, Esbjerg, Vestpriser	2030	2050
Elpatron aktiv i elspotmarked	7,5%	13,7%
Opregulering (= slukke elpatron)	2,7%	0,1%
Nedregulering (= tænde elpatron)	0,2%	0,2%

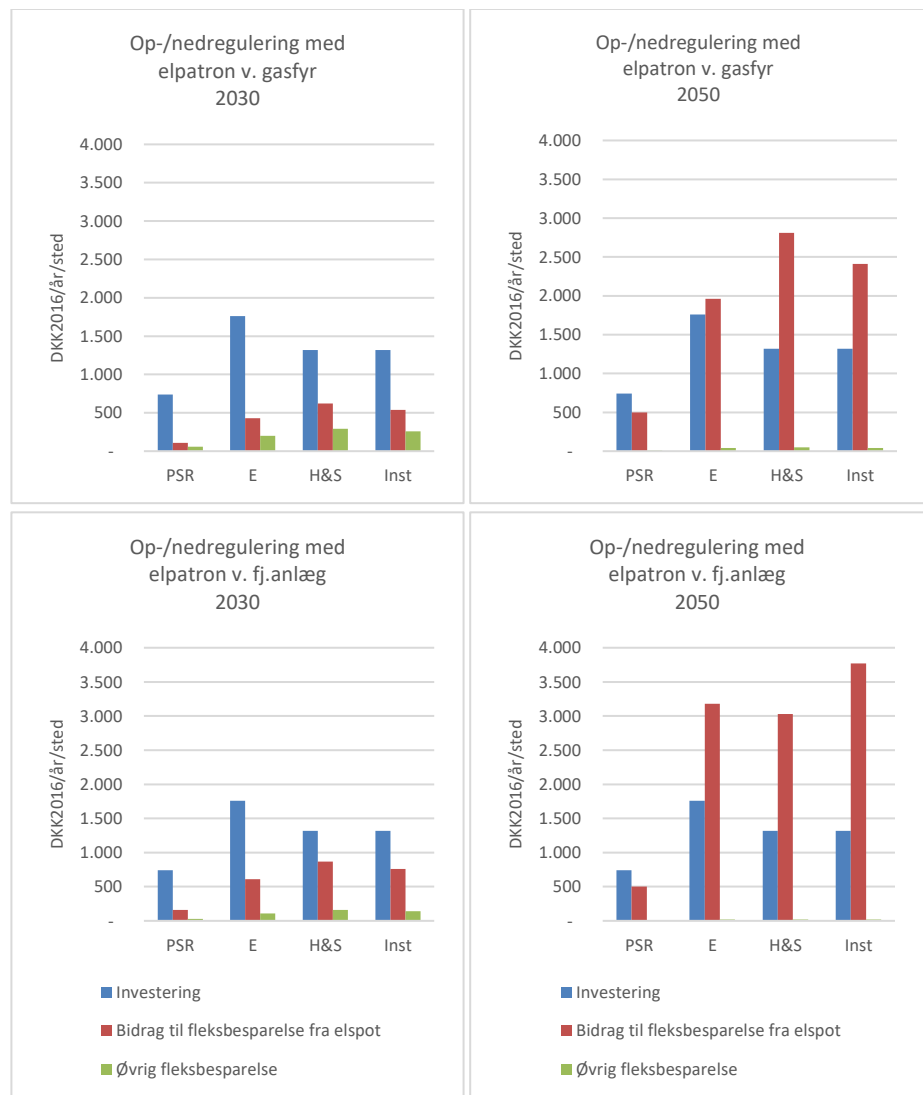
Tabel 22: Andel af årets timer, hvor det kan betale sig at tilbyde op- eller nedregulering med elpatron i en bygning med fjernvarmeanlæg (Esbjerg) og med Vest-elpriser.

Sammenligner vi rentabiliteten af at tilbyde regulérkraft med en elpatron i samspil med hhv. gasfyr og fjernvarmeanlæg (Tabel 23 og Figur 9) ses, at de to situationer følges ad og er nogenlunde ens: Tiltaget er urentabelt for både gas- og fjernvarmekunder i 2030, men billedet ændres i 2050 – Her er tiltaget rentabelt både for fjernvarmeanlæg og gasfyr hos etageboliger, handel & service og institutioner, men ikke hos parcel-, stue- og rækkehuse.

2030	Vest priser			
Op-/nedregulering med elpatron v. fjernvarmefyr	PSR	E	H&S	Inst
<b>Antal bygninger med fjernvarme</b>	701.550	85.640	42.220	22.300
Forbrug per sted (kWh/år/sted)	16.880	65.500	93.940	81.900
Samlet forbrug (GWh/år)	11.840	5.610	3.970	1.830
Effekt per sted (kW/sted)	10	40	30	30
Samlet effekt (MW)	6.310	3.430	1.270	670
Aktiveret andel af forbrugersegment	50%	50%	50%	50%
Investering (DKK2016/år/sted)	<b>740</b>	<b>1.760</b>	<b>1.320</b>	<b>1.320</b>
<b>Ved to-trins eltransport ...</b>				
Andel timer/år hvor tiltag aktivt	10%	10%	10%	10%
Aktiveret forbrug (GWh/år)	620	290	210	100
Aktiveret effekt (MW/år)	330	180	70	30
<b>Bidrag til fleksbesparelse fra elspot (DKK2016/år/sted)</b>	<b>160</b>	<b>610</b>	<b>870</b>	<b>760</b>
Øvrig fleksbesparelse (DKK2016/år/sted)	30	110	160	140
Fleksbesparelse i alt (DKK2016/år/sted)	<b>180</b>	<b>720</b>	<b>1.020</b>	<b>890</b>
<b>Nettoomkostning (DKK2016/år/sted) (neg = kan betale sig)</b>	<b>560</b>	<b>1.050</b>	<b>300</b>	<b>430</b>
2050	Vest priser			
Op-/nedregulering med elpatron v. fjernvarmefyr	PSR	E	H&S	Inst
<b>Antal bygninger med fjernvarme</b>	720.360	87.930	43.360	22.900
Forbrug per sted (kWh/år/sted)	13.860	88.850	84.740	105.220
Samlet forbrug (GWh/år)	9.990	7.810	3.670	2.410
Effekt per sted (kW/sted)	10	40	30	30
Samlet effekt (MW)	6.480	3.520	1.300	690
Aktiveret andel af forbrugersegment	50%	50%	50%	50%
Investering (DKK2016/år/sted)	<b>740</b>	<b>1.760</b>	<b>1.320</b>	<b>1.320</b>
<b>Ved to-trins eltransport ...</b>				
Andel timer/år hvor tiltag aktivt	14%	14%	14%	14%
Aktiveret forbrug (GWh/år)	700	550	260	170
Aktiveret effekt (MW/år)	450	250	90	50
<b>Bidrag til fleksbesparelse fra elspot (DKK2016/år/sted)</b>	<b>500</b>	<b>3.180</b>	<b>3.030</b>	<b>3.770</b>
Øvrig fleksbesparelse (DKK2016/år/sted)	-	20	20	20
Fleksbesparelse i alt (DKK2016/år/sted)	<b>500</b>	<b>3.190</b>	<b>3.050</b>	<b>3.790</b>
<b>Nettoomkostning (DKK2016/år/sted) (neg = kan betale sig)</b>	<b>240</b>	<b>-1.430</b>	<b>-1.720</b>	<b>-2.460</b>

Tabel 23: Nettoomkostning (DKK<sub>2016</sub>/år) ved at anvende elpatron hos fjernvarmekunder som fleksibilitetsydelse på regulérkraftmarkedet. Er nettoomkostningen negativ, er tiltaget rentabelt. PSR = Parcel-, stue- og rækkehuse; E = Etageboliger; H&S = Handel & service; Inst = Institutioner.





Figur 9: Investering (DKK<sub>2016</sub>/år) sammenholdt med fleksbesparelse fra regulérkraftmarkedet og øvrig fleksibilitet (DKK<sub>2016</sub>/år) i 2030 og 2050 for elpatron hos hhv. gas- og fjernvarmekunder. PSR = Parcel-, stue- og rækkehuse; E = Etageboliger; H&S = Handel & service; Inst = Institutioner.

## 5 Opsamling og diskussion

Fluktuerende elproduktion udfordrer i stigende grad den måde, vi tænker elforsyning og elforbrug. Denne rapport behandler kombineret teknologi og prisincitament som styringsredskab for at holde igen på eller aftage ekstra el fra nettet. Bygningers el- og varmemeforbrug kan vha. automatik og hybridsystemer aktivt understøtte balancering af produktion og forbrug ved at udnytte prissignaler fra elspotmarkedet og regulérkraftmarkedet.

Vi har denne baggrundsrapport analyseret det samfundsøkonomiske bidrag, som 11 forskellige fleksibilitetstiltag i eksisterende bygninger potentielt vil kunne yde i 2030 og 2050. Tiltagene omfatter midlertidige skift i energiart og forskydning af forbrug.

### Trends i markedet

Parallelt med "smart grid"-udviklingen af de varmemeforbrugende bygningsinstallationer ses en udvikling i husholdningsapparater og elektriske komponenter, som gøres "smart grid"-parate og med tiden automatisk kan reagere på prissignaler m.v. Dette styres af apparatproducenternes tilpasninger til markedet. F.eks. inden for husholdningsapparater og lignende er der fortsat tale om nicheprodukter, selvom disse har eksisteret på markedet i allerede 5-10 år. Men på sigt kan det tænkes, at fx et standardkøleskab fra fabrikens side kommer fuldt udstyret med den nødvendige styring uden meromkostning for forbrugerne.

### Systemværdi af fleksibilitet

Elpatroner er urentable i 2030 hvad enten det er i kombination med gasfyr eller fjernvarmeanlæg. Elpatroner bliver rentable i 2050 og kan bidrage med 60-290 MW inden for gaskunder og 2.752 MW inden for fjernvarmekunder<sup>4</sup>. Hybridvarmepumper i kombination med fjernvarmeanlæg er ikke rentable i 2030, men kan i 2050 bidrage med 450 MW i en given time inden for etageboliger. Hybridvarmepumper er klart rentable i samspil med gasfyr inden for etageboliger i 2050 og lige præcis i også i 2030. Effektpotentialet er størst i 2030 – nemlig 40 MW – mens det i 2050 kun er det halve.

Aktivering af de belyste potentialer kan kræve ekstra investeringer i balance-ring af elnettet på forskellige spændingsniveauer, såfremt fleksibiliteten øn-

---

<sup>4</sup> Vi gør opmærksom på, at antagelsen for alle undersøgte tiltag er, at 50% af forbrugersegmentet kan aktiveres. De 50% er udelukkende valgt for at signalere en begrænsning i hvor stor en andel kan aktiveres og ikke som udtryk for hvor stort et potentiale, man må forvente at kunne aktivere. Aktiveringspotentialet bør undersøges nærmere og i samtidig med overvejelser omkring, hvordan aktivering kan afstedkommes.

skes udnyttet. Det ligger dog uden for denne rapport at gå nærmere ind herpå.

Analysen viser, at hverken investering i køle-/fryseaggregater, ventilation eller batterier er rentable fleksibilitetsløsninger, mens forskydning af elvarmebehovet kan være meget rentabelt, om end kun blandt etageboliger og institutioner, og med et meget lille effektbidrag (til sammen 13 MW i både 2030 og 2050). Bidraget til energisystemet er klart størst ved forskydning af fjernvarmeforbruget, hvilket især skyldes, at antallet af bygninger med fjernvarme er langt større end antallet med elvarme. Så selvom økonomien er meget bedre for elvarme i etageboliger og institutioner, så er det potentielle rentable effektbidrag fra de fire forbrugssegmenter tilsammen ved flytning af fjernvarme væsentligt større – det udgør 1.330 MW<sup>5</sup> i 2030 og 1.370 MW<sup>6</sup> i 2050. Inden for fjernvarme ligger der i øvrigt også en inert i selve forsyningsnettet suppleret med bufferbeholdere, som kan udbygges til understøttelse af forskydning.

Eksisterende elpatroner kan udnyttes til også at tilbyde regulérkraft-ydelser. Er elpatronen ikke i brug, kan den aktiveres, når Energinet.dk efterspørger nedregulering i systemet i en given time. Er elpatronen allerede aktiv, så kan den slukkes, når der efterspørges opregulering. Med undtagelse af parcel-, stue- og rækkehuse vil det være relevant for både gas- og fjernvarmeforsynede bygninger i 2050, mens det er urentabelt i 2030. Det skyldes især, at CO<sub>2</sub>-prisen forventes at stige kraftigt frem mod 2050. Der tages forbehold for, at der kan være betydelige lokale forskelle i økonomien mellem de forskellige fjernvarmeområder.

Analysen peger således på, at det er ændringer i varmeforbrug, der kan give det mest rentable bidrag og et væsentligt bidrag til systemfleksibilitet.

## Regulering

I dag kan bygninger ikke i større skala kan skifte energiart (el og varme) uden ændringer i forsyningslovgivningen. Bygninger er i henhold til lovgivningen om opvarmningsform oftest bundet til én energiart. Eksempelvis er der aftagepligt på fjernvarme, og der kan ikke opnås reduktion i elafgifterne, såfremt en bolig ikke er registreret med elvarme som primær varmekilde.

Såfremt aktivering af bygningers fleksibilitetspotentiale ønskes udnyttet fuldt ud, kan der på længere sigt være behov for, at lovgivning på hele forsynings-

---

<sup>5</sup> Se tabel 18: Inst. = 100 MW; E = 320 MW; H&S = 230 MW; PSR = 680 MW.

<sup>6</sup> Se tabel 18: Inst. = 140 MW; E = 450 MW; H&S = 210 MW; PSR = 570 MW.

området (el-, varme- og gasforsyning) samt bygningsreglementet ændres for at understøtte fleksibelt energiforbrug og skift i energiart.

Forbrug i bygninger kan ikke bidrage til regulérkraftmarkedet uden ændring af markedsreglerne, så de tillades adgang, ligesom det er muligt i dag for forbrugere at agere på elspotmarkedet.

## Bilag 1 – Rentabilitet i 2030

### Elpatron hos naturgaskunder

2030	Øst priser				Vest priser			
	PSR	E	H&S	Inst	PSR	E	H&S	Inst
<b>Elpatron v. gasfyr</b>								
<b>Antal bygninger med gasfyr</b>	339.658	10.125	14.604	7.230	339.658	10.125	14.604	7.230
Forbrug per sted (kWh/år/sted)	16.523	65.485	93.945	81.794	16.523	65.485	93.945	81.794
Samlet forbrug (GWh/år)	5.612	663	1.372	591	5.612	663	1.372	591
Effekt per sted i en given time (kW/sted)	9	40	30	30	9	40	30	30
Samlet effekt (MW)	3.057	405	438	217	3.057	405	438	217
Aktiveret andel af forbrugersegment	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Investering (DKK2016/år/sted)	<b>735</b>	<b>1.765</b>	<b>1.324</b>	<b>1.324</b>	<b>735</b>	<b>1.765</b>	<b>1.324</b>	<b>1.324</b>
<b>Ved to-trins eltransport ...</b>								
Andel timer/år hvor tiltag aktivt	7%	7%	7%	7%	10%	10%	10%	10%
Aktiveret forbrug (GWh/år)	196	23	48	21	281	33	69	30
Aktiveret effekt i en given time (MW)	1.528	203	219	108	1.528	203	219	108
Fleksbesparelse (DKK2016/år/sted)	<b>91</b>	<b>360</b>	<b>517</b>	<b>450</b>	<b>108</b>	<b>428</b>	<b>615</b>	<b>535</b>
<b>Nettoomkostning (DKK2016/år/sted)</b>	<b>644</b>	<b>1.405</b>	<b>807</b>	<b>874</b>	<b>627</b>	<b>1.337</b>	<b>709</b>	<b>789</b>
<b>Nettoomkostning per effekt (DKK2016/kW)</b>	<b>72</b>	<b>35</b>	<b>27</b>	<b>29</b>	<b>70</b>	<b>33</b>	<b>24</b>	<b>26</b>

### Elpatron hos fjernvarmekunder

2030	Øst priser				Vest priser			
	PSR	E	H&S	Inst	PSR	E	H&S	Inst
<b>Elpatron v. fjernvarmeanlæg</b>								
<b>Antal bygninger med fjernvarme</b>	701.548	85.636	42.223	22.302	701.548	85.636	42.223	22.302
Forbrug per sted (kWh/år/sted)	16.875	65.498	93.942	81.900	16.875	65.498	93.942	81.900
Samlet forbrug (GWh/år)	11.839	5.609	3.967	1.827	11.839	5.609	3.967	1.827
Effekt per sted i en given time (kW/sted)	9	40	30	30	9	40	30	30
Samlet effekt (MW)	6.314	3.425	1.267	669	6.314	3.425	1.267	669
Aktiveret andel af forbrugersegment	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Investering (DKK2016/år/sted)	<b>735</b>	<b>1.765</b>	<b>1.324</b>	<b>1.324</b>	<b>735</b>	<b>1.765</b>	<b>1.324</b>	<b>1.324</b>
<b>Ved to-trins eltransport ...</b>								
Andel timer/år hvor tiltag aktivt	7%	7%	7%	7%	8%	8%	8%	8%
Aktiveret forbrug (GWh/år)	414	196	139	64	474	224	159	73
Aktiveret effekt i en given time (MW)	3.157	1.713	633	335	3.157	1.713	633	335
Fleksbesparelse (DKK2016/år/sted)	<b>144</b>	<b>559</b>	<b>802</b>	<b>699</b>	<b>155</b>	<b>603</b>	<b>865</b>	<b>754</b>
<b>Nettoomkostning (DKK2016/år/sted)</b>	<b>591</b>	<b>1.206</b>	<b>522</b>	<b>625</b>	<b>580</b>	<b>1.162</b>	<b>459</b>	<b>570</b>
<b>Nettoomkostning per effekt (DKK2016/kW)</b>	<b>66</b>	<b>30</b>	<b>17</b>	<b>21</b>	<b>64</b>	<b>29</b>	<b>15</b>	<b>19</b>

### Hybridvarmepumpe hos naturgaskunder

2030	Øst priser				Vest priser			
	PSR	E	H&S	Inst	PSR	E	H&S	Inst
<b>Hybrid varmepumpe (CoP=4) v. gasfyr</b>								
<b>Antal bygninger med gasfyr</b>	339.658	10.125	14.604	7.230	339.658	10.125	14.604	7.230
Forbrug per sted (kWh/år/sted)	16.523	65.485	93.945	81.794	16.523	65.485	93.945	81.794
Samlet forbrug (GWh/år)	5.612	663	1.372	591	5.612	663	1.372	591
Effekt (årsforbrug/8760) i en given time (kW/sted)	1,886	7,475	10,724	9,337	1,886	7,475	10,724	9,337
Samlet effekt (MW)	641	76	157	68	641	76	157	68
Aktiveret andel af forbrugersegment	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Investering (DKK2016/år/sted)	<b>3.309</b>	<b>6.618</b>	<b>19.485</b>	<b>19.485</b>	<b>3.309</b>	<b>6.618</b>	<b>19.485</b>	<b>19.485</b>
<b>Ved to-trins eltransport ...</b>								
Andel time/år hvor tiltag aktivt	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%
Aktiveret forbrug (GWh/år)	2.778	328	679	293	2.778	328	679	293
Aktiveret effekt i en given time (MW)	320	38	78	34	320	38	78	34
Fleksbesparelse (DKK2016/år/sted)	<b>1.781</b>	<b>7.058</b>	<b>10.126</b>	<b>8.816</b>	<b>1.696</b>	<b>6.720</b>	<b>9.641</b>	<b>8.394</b>
<b>Nettoomkostning (DKK2016/år/sted)</b>	<b>1.528</b>	<b>-440</b>	<b>9.359</b>	<b>10.669</b>	<b>1.613</b>	<b>-102</b>	<b>9.844</b>	<b>11.091</b>
<b>Nettoomkostning per effekt (DKK2016/kW)</b>	<b>810</b>	<b>-59</b>	<b>873</b>	<b>1.143</b>	<b>855</b>	<b>-14</b>	<b>918</b>	<b>1.188</b>

Det skal bemærkes, at elforbruget til hybridvarmepumpen i 2030 er billigere end gasforbruget i næsten alle årets timer (99%). Når et tiltag kan aktiveres så ofte, er der egentlig ikke længere tale om et fleksibilitetsiltag, men ganske enkelt en billigere form for opvarmningsform.

### Hybridvarmepumpe hos fjernvarmekunder

	2030				Øst priser				Vest priser			
	PSR	E	H&S	Inst	PSR	E	H&S	Inst	PSR	E	H&S	Inst
<b>Hybrid varmepumpe (CoP=4) v. fjernvarme</b>												
<b>Antal bygninger med fjernvarme</b>	701.548	85.636	42.223	22.302	701.548	85.636	42.223	22.302	701.548	85.636	42.223	22.302
Forbrug per sted (kWh/år/sted)	16.875	65.498	93.942	81.900	16.875	65.498	93.942	81.900	16.875	65.498	93.942	81.900
Samlet forbrug (GWh/år)	11.839	5.609	3.967	1.827	11.839	5.609	3.967	1.827	11.839	5.609	3.967	1.827
Effekt (årsforbrug/8760) i en given time (kW/sted)	1,926	7,477	10,724	9,349	1,926	7,477	10,724	9,349	1,926	7,477	10,724	9,349
Samlet effekt (MW)	1.351	640	453	209	1.351	640	453	209	1.351	640	453	209
Aktiveret andel af forbrugersegment	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Investering (DKK2016/år/sted)	<b>3.309</b>	<b>8.824</b>	<b>19.485</b>	<b>19.485</b>	<b>3.309</b>	<b>8.824</b>	<b>19.485</b>	<b>19.485</b>	<b>3.309</b>	<b>8.824</b>	<b>19.485</b>	<b>19.485</b>
<b>Ved to-trins eltransport ...</b>												
Andel timer/år hvor tiltag aktivt	51%	51%	51%	51%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Aktiveret forbrug (GWh/år)	3.019	1.430	1.011	466	2.960	1.402	992	457	2.960	1.402	992	457
Aktiveret effekt i en given time (MW)	676	320	226	104	676	320	226	104	676	320	226	104
Fleksbesparelse (DKK2016/år/sted)	1.646	6.389	9.163	7.989	1.586	6.154	8.827	7.696	1.586	6.154	8.827	7.696
<b>Nettoomkostning (DKK2016/år/sted)</b>	<b>1.663</b>	<b>2.435</b>	<b>10.322</b>	<b>11.496</b>	<b>1.723</b>	<b>2.670</b>	<b>10.658</b>	<b>11.789</b>	<b>1.723</b>	<b>2.670</b>	<b>10.658</b>	<b>11.789</b>
<b>Nettoomkostning per effekt (DKK2016/kW)</b>	<b>863</b>	<b>326</b>	<b>963</b>	<b>1.230</b>	<b>894</b>	<b>357</b>	<b>994</b>	<b>1.261</b>	<b>894</b>	<b>357</b>	<b>994</b>	<b>1.261</b>

### Prisafhængigt fjernvarmeforbrug

	2030				Esbjerg Fjernvarmepriser			
	PSR	E	H&S	Inst	PSR	E	H&S	Inst
<b>Fjernvarmeanlæg sluk eller dobbelt</b>								
<b>Antal bygninger med fjernvarme</b>	701.548	85.636	42.223	22.302	701.548	85.636	42.223	22.302
Forbrug per sted (kWh/år/sted)	16.875	65.498	93.942	81.900	16.875	65.498	93.942	81.900
Samlet forbrug (GWh/år)	11.839	5.609	3.967	1.827	11.839	5.609	3.967	1.827
Effekt (årsforbrug/8760) i en given time (kW/sted)	1,926	7,477	10,724	9,349	1,926	7,477	10,724	9,349
Samlet effekt (MW)	1.351	640	453	209	1.351	640	453	209
Aktiveret andel af forbrugersegment	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Investering (DKK2016/år/sted)	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Uanset fjernvarmetransport ...</b>								
Andel timer/år hvor tiltag aktivt	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%
Aktiveret forbrug (GWh/år)	178	84	59	27	178	84	59	27
Aktiveret effekt i en given time (MW)	675,7	320,1	226,4	104,3	675,7	320,1	226,4	104,3
Fleksbesparelse (DKK2016/år/sted)	<b>31</b>	<b>120</b>	<b>171</b>	<b>149</b>	<b>31</b>	<b>120</b>	<b>171</b>	<b>149</b>
<b>Nettoomkostning (DKK2016/år/sted)</b>	<b>-31</b>	<b>-120</b>	<b>-171</b>	<b>-149</b>	<b>-31</b>	<b>-120</b>	<b>-171</b>	<b>-149</b>
<b>Nettoomkostning per effekt (DKK2016/kW)</b>	<b>-16</b>	<b>-16</b>	<b>-16</b>	<b>-16</b>	<b>-16</b>	<b>-16</b>	<b>-16</b>	<b>-16</b>

### Prisafhængigt forbrug til køle-/fryseaggregat

	2030				Øst priser				Vest priser			
	PSR	E	H&S	Inst	PSR	E	H&S	Inst	PSR	E	H&S	Inst
<b>Nyt køl/frys slukket eller dobbelt</b>												
<b>Antal hh og erhverv med køl/frys</b>	1.592.490	1.124.880	118.810	48.505	1.592.490	1.124.880	118.810	48.505	1.592.490	1.124.880	118.810	48.505
Forbrug per sted (kWh/år/sted)	469	314	6.785	5.089	469	314	6.785	5.089	469	314	6.785	5.089
Samlet forbrug (GWh/år)	747	353	806	247	747	353	806	247	747	353	806	247
Effekt (årsforbrug/8760) i en given time (kW/sted)	0,054	0,036	0,775	0,581	0,054	0,036	0,775	0,581	0,054	0,036	0,775	0,581
Samlet effekt (MW)	85	40	92	28	85	40	92	28	85	40	92	28
Aktiveret andel af forbrugersegment	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Investering (DKK2016/år/sted)	<b>353</b>	<b>235</b>	<b>1.471</b>	<b>882</b>	<b>353</b>	<b>235</b>	<b>1.471</b>	<b>882</b>	<b>353</b>	<b>235</b>	<b>1.471</b>	<b>882</b>
<b>Uanset eltransport ...</b>												
Andel timer/år hvor tiltag aktivt	28%	28%	28%	28%	28%	28%	28%	28%	28%	28%	28%	28%
Aktiveret forbrug (GWh/år)	105	49	113	35	105	49	113	35	105	49	113	35
Aktiveret effekt i en given time (MW)	42,6	20,2	46,0	14,1	42,6	20,2	46,0	14,1	42,6	20,2	46,0	14,1
Fleksbesparelse (DKK2016/år/sted)	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>89</b>	<b>67</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>104</b>	<b>78</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>104</b>	<b>78</b>
<b>Nettoomkostning (DKK2016/år/sted)</b>	<b>347</b>	<b>231</b>	<b>1.382</b>	<b>815</b>	<b>346</b>	<b>230</b>	<b>1.367</b>	<b>804</b>	<b>346</b>	<b>230</b>	<b>1.367</b>	<b>804</b>
<b>Nettoomkostning per effekt (DKK2016/kW)</b>	<b>6.480</b>	<b>6.453</b>	<b>1.784</b>	<b>1.404</b>	<b>6.468</b>	<b>6.425</b>	<b>1.764</b>	<b>1.385</b>	<b>6.468</b>	<b>6.425</b>	<b>1.764</b>	<b>1.385</b>

## Prisafhængigt elvarmeforbrug

Bemærk, at forbrugstallet for etageboliger og institutioner muligvis er til den høje side.

2030	Øst priser				Vest priser			
	PSR	E	H&S	Inst	PSR	E	H&S	Inst
<b>Elvarme slukket eller dobbelt</b>								
<b>Antal bygninger og erhverv med elvarme</b>	103.149	287	5.384	655	103.149	287	5.384	655
Forbrug per sted (kWh/år/sted)	17.922	326.508	52.159	178.601	17.922	326.508	52.159	178.601
Samlet forbrug (GWh/år)	1.849	94	281	117	1.849	94	281	117
Effekt (årsforbrug/8760) i en given time (kW/sted)	2,046	37,273	5,954	20,388	2,046	37,273	5,954	20,388
Samlet effekt (MW)	211	11	32	13	211	11	32	13
Aktiveret andel af forbrugersegment	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Investering (DKK2016/år/sted)	<b>368</b>	<b>882</b>	<b>1.103</b>	<b>735</b>	<b>368</b>	<b>882</b>	<b>1.103</b>	<b>735</b>
<b>Uanset eltransport ...</b>								
Andel timer/år hvor tiltag aktivt	28%	28%	28%	28%	28%	28%	28%	28%
Aktiveret forbrug (GWh/år)	259	13	39	16	259	13	39	16
Aktiveret effekt i en given time (MW)	106	5	16	7	106	5	16	7
Fleksbesparelse (DKK2016/år/sted)	<b>236</b>	<b>4.293</b>	<b>686</b>	<b>2.348</b>	<b>275</b>	<b>5.017</b>	<b>801</b>	<b>2.744</b>
<b>Nettoomkostning (DKK2016/år/sted)</b>	<b>132</b>	<b>-3.411</b>	<b>417</b>	<b>-1.613</b>	<b>93</b>	<b>-4.135</b>	<b>302</b>	<b>-2.009</b>
<b>Nettoomkostning per effekt (DKK2016/kW)</b>	<b>64</b>	<b>-92</b>	<b>70</b>	<b>-79</b>	<b>45</b>	<b>-111</b>	<b>51</b>	<b>-99</b>

## Prisafhængig brug af ventilation

2030	Øst priser				Vest priser			
	PSR	E	H&S	Inst	PSR	E	H&S	Inst
<b>Ventilationsanlæg 15% sluk eller dobbelt</b>								
<b>Antal bygninger med egnet ventilationsanlæg</b>	-	29.430	118.810	48.505	-	29.430	118.810	48.505
15% af forbrug per sted (kWh/år/sted)	-	999	1.047	785	-	999	1.047	785
Samlet forbrug (GWh/år)	-	29	124	38	-	29	124	38
Effekt (årsforbrug/8760) i en given time (kW/sted)	-	0,114	0,120	0,090	-	0,114	0,120	0,090
Samlet effekt (MW)	-	3	14	4	-	3	14	4
Aktiveret andel af forbrugersegment	-	50%	50%	50%	-	50%	50%	50%
Investering (DKK2016/år/sted)	-	<b>1.376</b>	<b>1.915</b>	<b>2.293</b>	-	<b>1.376</b>	<b>1.915</b>	<b>2.293</b>
<b>Uanset eltransport ...</b>								
Andel timer/år hvor tiltag aktivt	-	28%	28%	28%	-	28%	28%	28%
Aktiveret forbrug (GWh/år)	-	4,1	17,4	5,3	-	4,1	17,4	5,3
Aktiveret effekt i en given time (MW)	-	1,7	7,1	2,2	-	1,7	7,1	2,2
Fleksbesparelse (DKK2016/år/sted)	-	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>10</b>	-	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>12</b>
<b>Nettoomkostning (DKK2016/år/sted)</b>	-	<b>1.363</b>	<b>1.901</b>	<b>2.283</b>	-	<b>1.361</b>	<b>1.899</b>	<b>2.281</b>
<b>Nettoomkostning per effekt (DKK2016/kW)</b>	-	<b>11.951</b>	<b>15.908</b>	<b>25.478</b>	-	<b>11.934</b>	<b>15.892</b>	<b>25.456</b>

## Prisafhængig brug af batteripakke

2030	Øst priser				Vest priser			
	PSR	E	H&S	Inst	PSR	E	H&S	Inst
<b>Batteri optimeret</b>								
<b>Antal bygninger med batteri</b>	1.591.859	99.423	119.588	4.602	1.591.859	99.423	119.588	4.602
Forbrug per sted (kWh/år/sted)	5.531	25.759	72.604	55.069	5.531	25.759	72.604	55.069
Samlet forbrug (GWh/år)	8.804	2.561	8.683	253	8.805	2.561	8.683	253
Effekt per sted i en given time (kW/sted)	3	15	39	30	3	15	39	30
Samlet effekt (MW)	4.776	1.491	4.664	138	4.776	1.491	4.664	138
Aktiveret andel af forbrugersegment	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Investering (DKK2016/år/sted)	<b>3.824</b>	<b>12.332</b>	<b>28.676</b>	<b>22.059</b>	<b>3.824</b>	<b>12.332</b>	<b>28.676</b>	<b>22.059</b>
<b>Ved to-trins eltransport ...</b>								
Andel timer/år hvor tiltag aktivt	24%	24%	24%	24%	24%	24%	24%	24%
Aktiveret forbrug (GWh/år)	1.078	314	1.063	31	1.054	307	1.040	30
Aktiveret effekt i en given time (MW)	2.388	746	2.332	69	2.388	746	2.332	69
Fleksbesparelse (DKK2016/år/sted)	<b>1.494</b>	<b>1.494</b>	<b>1.494</b>	<b>1.494</b>	<b>1.620</b>	<b>1.620</b>	<b>1.620</b>	<b>1.620</b>
<b>Nettoomkostning (DKK2016/år/sted)</b>	<b>2.330</b>	<b>10.838</b>	<b>27.182</b>	<b>20.565</b>	<b>2.204</b>	<b>10.712</b>	<b>27.056</b>	<b>20.439</b>
<b>Nettoomkostning per effekt (DKK2016/kW)</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>81</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>81</b>