

**Titel:**

**Vedvarende energi i Aalborg Kommunes energiforsyning**

**Tema:**

Specialerapport

**Projektperiode:**

1. februar 2008 – 11. juni 2008

**Projektgruppe:**

Gruppe 2

**Deltagere:**

Helle Madsen

**Vejledere:**

Karl Sperling

Brian Vad Mathiesen

**Oplagstal:** 4

**Sideantal:** 60

**Bilagsantal:** 9

**Afsluttet den:** 11. juni 2008

**Synopsis:**

Et redskab til at reducere CO<sub>2</sub>-udledninger og de deraf følgende klimaforandringer er at undersøge energisystemerne. Fra politisk side er interessen steget, og det har blandt andet resulteret i et nyt energiforlig i 2008.

Kommunerne er pålagt at yde deres i kampen for at reducere CO<sub>2</sub>-udledningerne, og i denne rapport modelleres scenarier for at vurdere, hvordan Aalborg Kommunes energisystem ser ud efter implementering af målene i energiforliget. Herefter modelleres et scenario for energisystemet i 2030 baseret 100% på vedvarende energi.

Modelleringen viser, at det er muligt at forsyne Aalborg Kommune udelukkende ved hjælp af vedvarende energi. Dermed kan regeringens nuværende mål karakteriseres som uambitiøse, idet der er potentiale for markante forbedringer.



## Forord

---

Denne rapport 'Vedvarende energi i Aalborg Kommunes energiforsyning' er mit afgangsprøveprojekt på civilingeniøruddannelsen Sustainable Energy Planning and Management i perioden 1. februar 2008 til 11. juni 2008. I denne sammenhæng har jeg valgt at bruge værktøjet EnergyPLAN til at modellere alternativer til den nuværende energiforsyning i Aalborg Kommune.

I forbindelse med udarbejdelse af denne rapport vil jeg gerne rette en tak til mine vejledere **Karl Sperling** og **Brian Vad Mathiesen** for deres tålmodighed, fleksibilitet og hjælp til både det kvalitative samt kvantitative. Uden deres hjælp var denne rapport ikke blevet til noget.

Nummereringen af figurer og tabeller sker fortløbende i hvert kapitel, således at den først figur i kapitel 3 er betegnet med figur 3.1. Dette system er ligeledes anvendt til tabellerne.

Appendiks er betegnet med A og B bagerst i rapporten efterfulgt af outputs fra EnergyPLAN.

Referencerne i denne rapport er opgjort efter Chicago metoden. De er opgjort med forfatterens efternavn og årstal for udgivelsen. To forfattere er også opgjort efter efternavn. Tre eller flere forfattere er opgjort med den første forfatters navn efterfulgt af *et al.* En reference uden en decideret forfatter er anført med udgiverens navn som f.eks. Energistyrelsen 2008. Ved tilfælde af at en forfatter har udgivet flere gange samme år, og mindst to af disse er brugt i denne rapport, efterfølges årstallet med et bogstav, f.eks. Energistyrelsen 2008a. Når en reference er angivet før et punktum gælder den for den pågældende sætning, og hvis referencen er efter punktum, henviser den til hele afsnittet.

Denne rapport er rettet mod alle med en interesse for energisystemer, EnergyPLAN eller teknisk interesse.

---

Helle Madsen

---

## Vedvarende energi i Aalborg Kommunes energiforsyning

---

---

# Vedvarende energi i Aalborg Kommunes energiforsyning

---

<b>1</b>	<b>INDLEDNING</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>STRUKTUR OG METODE</b> .....	<b>5</b>
2.1	Struktur .....	5
2.2	Metode til besvarelse af problemformulering.....	5
2.3	EnergyPLAN til scenarieudvikling.....	6
<b>3</b>	<b>ENERGISYSTEMER MED VEDVARENDE ENERGI</b> .....	<b>9</b>
3.1.	Integration af vedvarende energi i et energisystem .....	10
<b>4</b>	<b>ENERGIFORSYNINGEN OG -FORBRUG I AALBORG KOMMUNE</b> .....	<b>13</b>
4.1	Introduktion til Aalborg Kommune .....	13
4.2	Forbrug af energi .....	13
4.2.1	El .....	13
4.2.2	Varme .....	14
4.2.3	Transport.....	16
4.3	Fremskrivninger .....	17
4.4	Produktion af energi .....	18
4.5	Sammenligning af referencescenarier .....	18
<b>5</b>	<b>VEDVARENDE ENERGI I AALBORG KOMMUNE</b> .....	<b>19</b>
5.1	Screening af teknologier i Aalborg Kommune .....	19
5.1.1	Elektricitet .....	19
5.1.2	Varme .....	21
5.1.3	Transport.....	23
5.1.4	Lagring.....	24
5.2	Potentialer for VE til rådighed .....	25
<b>6</b>	<b>ALTERNATIVER TIL DET NUVÆRENDE ENERGISYSTEM</b> .....	<b>29</b>
6.1	Nye udformninger til energisystemet i Aalborg Kommune .....	29
6.1.1	Modellering af scenarie efter regeringens mål og strategier .....	29
6.1.2	Modellering af scenario med 100% vedvarende energi i 2030.....	32
6.2	Alternativ med 100% VE og uden Aalborg Portland .....	35
<b>7</b>	<b>KONKLUSION</b> .....	<b>37</b>
	<b>REFERENCELISTE</b> .....	<b>39</b>



### 1 Indledning

---

Et af emnerne højest på den internationale dagsorden er global opvarmning og de efterfølgende klimaændringer, og disse problemer trækkes også ned på europæisk og nationalt niveau. Næste år afholdes FNs klimakonference i København og i denne forbindelse skal der diskuteres, hvilke fremtidige indsatser der skal til for at reducere CO<sub>2</sub>-udledningerne samt hvad der kan gøres for at afhjælpe de problemer der er anerkendte som følge af klimaændringer.

For at mindske den fremtidige CO<sub>2</sub>-udledning samarbejder Kommunernes Landsforening (KL) med Miljøministeriet for at udvikle en CO<sub>2</sub>-beregningsmodel, der kan anvendes i kommunerne. Hermed skal det blive muligt for kommunerne at beregne deres totale CO<sub>2</sub>-udledninger med et enkelt værktøj. Endvidere vil det være muligt at identificere nogle indsatsområder i kommunen og værktøjer til at gribe den pågældende situation an med.

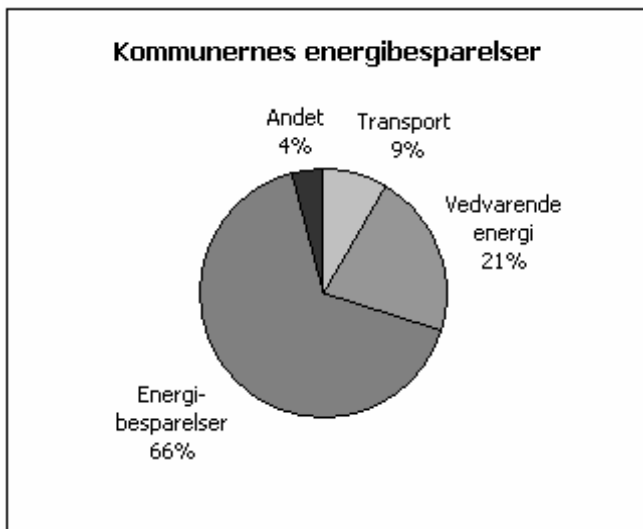
Kommunerne får også opgaver i forbindelse med tilpasning af de problemer der forårsages af klimaændringer. For eksempel har kommunerne fået en række opgaver i forbindelse med øgede mængder af vand, der skaber ekstra arbejde i byggeriet, vejsektoren og den overordnede kommuneplanlægning. (KL 2007)

Afholdelsen af FNs klimakonference i København har også hjulpet til med at sætte klimaet på den danske dagsorden. Tidligere på året blev der vedtaget et energiforlig mellem regeringen og flere af oppositionens partier. Et af hovedelementerne i forliget er at reducere den udledte CO<sub>2</sub>. Dette skal ske gennem reduktioner i energiforbruget, implementering af mere vedvarende energi samt forbedret afregning af vindmøllestrøm. (Regering 2008)

Som følge af det danske energiforlig har KL og Miljøministeriet indgået en aftale om kommunernes vindmølleplanlægning til og med 2011. I aftalen præciseres kommunerne ansvar for at udarbejde planer for den kommunale udbygning af vindenergien. Dette ansvar er direkte afledt af energiforliget. Aftalen mellem KL og Miljøministeriet fastslår at kommunerne hver især skal reservere arealer til 75 MW nye vindmøller i hvert af årene 2010 og 2011. Denne aftale har til formål at sikre en sammenhæng mellem vindmølleplanlægningen og den øvrige planlægning i kommunerne. (KL 2008a)

Allerede i april i år – to måneder efter energiforliget – kunne det konkluderes, at energiforliget virker efter hensigten idet det er blevet rentabelt at investere i vindmøller igen. I marts måned i år blev der opstillet 11 nye vindmøller på i alt 19,45 MW, hvilket er flere MW end der blev stillet op i årene 2006 og 2007 tilsammen. (Windpower 2008)

I forbindelse med den store involvering af kommunerne i løsningen af klima- og energiproblematikker har KL lavet en ny undersøgelse blandt kommunerne for at belyse, hvor mange af kommunerne, der beskæftiger sig med klimaet. Af de 94 deltagende kommuner arbejder 67% for tiden med klimaopgaver. 22% har besluttet sig for at gøre noget for klimaet, mens blot 9% ikke arbejder med klimaet. Den tredjedel af kommunerne, der arbejder med klimaet, har kastet sig ud i i alt 100 CO<sub>2</sub>-reducerende projekter. Til gengæld ønsker KL, at regeringen og Folketinget nu også vil gå videre med deres arbejde for at reducere CO<sub>2</sub>-udledningerne. (KL 2008b)



**Figur 1.1: Fordeling af kommunernes CO<sub>2</sub>-reducerende projekter (KL 2008b)**

Af figur 1.1 ses det at de fleste kommuner arbejder med energibesparelser. Herefter følger implementeringen af vedvarende energi.

Aalborg Kommune udgav i 2004 "Bæredygtig forsyning i Aalborg", som der nu skal følge op på med "Bæredygtighedsstrategi 2007-11", som også indeholder et indsats- og målkatalog med bud på, hvor der skal sættes ind.

For at følge op på Aalborg Kommunes intentioner samt flertallet at de danske kommuners interesser vil det blive undersøgt, hvad Aalborg Kommune kan gøre med energibesparelser og implementering af vedvarende energi. Dette leder op til følgende problemformulering:

### Problemformulering

Hvordan vil Aalborg Kommunes energisystem se ud i 2015 og 2030, hvis målene i energiforliget opfyldes?

Hvordan kan et energisystem for Aalborg Kommune i 2030 baseres på 100% vedvarende energi fra en teknisk vinkel? Hvilken sammensætning skal der være i energisystemet i 2015 for at komme nærmere de 100% vedvarende energi i 2030?

For at kunne besvare disse spørgsmål er det nødvendige med lidt viden om, hvordan et energisystem fungerer og hænger sammen i det store hele. Foruden generel viden om energisystemer er det vigtigt at have viden om energiforsyningen i Aalborg Kommune – herunder hvor meget energi der forbruges og hvordan det produceres. Herudover skal det tages i betragtning, hvilke teknologier der er til rådighed og hvor store potentialer der er for vedvarende energi i kommunen.

Modelleringerne, der laves for at bevare problemformuleringen, udformes udelukkende med et teknisk perspektiv. Hermed tages det ikke i betragtning, hvilke teknologier der er billigere end andre, eller om det er bedre at vente med nogle investeringer grundet en forventet lavere pris.

Begrebet vedvarende energi er betragtet som brændsler der fornyes indenfor 100 år, hvilket bl.a. inkluderer sol, vind, bølger, energiafgrøder samt piletræer.



## 2 Struktur og metode

*Dette kapitel indeholder en beskrivelse samt illustration af rapportens struktur og betragtes dermed som en overordnet læsevejledning. Med henblik på at skabe gennemsigtighed for læserne indeholder kapitlet desuden en beskrivelse af indsamlingen af data og referencer, en kritik af disse samt en redegørelse for metoderne, der er anvendt i rapporten.*

### 2.1 Struktur

Den lineære struktur af denne rapport fremgår af figur 2.1. Som det ses i figuren, er rapporten struktureret i 7 kapitler.

Indledningen beskriver hvordan de danske kommuner deltager i kampen mod global opvarmning og præsenterer problemformuleringen.

Kapitel 2 indeholder en præsentation af rapportens struktur samt hvilke metoder, der er anvendt til at besvare problemformuleringen.

I kapitel 3 belyses energisystemer og hvilke problemer der kan være forbundet med implementering af vedvarende energi.

Aalborg Kommunes nuværende energiforbrug samt -produktion belyses i kapitel 4, og der laves fremskrivninger af dette til at udvikle referencescenarier.

Kapitel 5 belyser hvilke typer vedvarende energier, der er til rådighed i Aalborg Kommune og potentialerne for hver af disse.

I det sjette kapitel modelleres scenarierne til at besvare problemformuleringen.

Sidste kapitel er konklusionen med en besvarelse af rapporten problemformulering.



Figur 2.1: Rapportens opbygning

### 2.2 Metode til besvarelse af problemformulering

Fremtidsbeskrivelser er et vigtigt redskab i arbejdet på at planlægge for en fremtidig udvikling. Formålet med disse fremskrivelser er at danne et grundlag for strategiske beslutninger, som er realistiske i alle plausible fremtider. Ligeegyldigt hvilken fremtid beslutninger skal træffes for, er det mere sandsynligt, at være klar til denne fremtid, hvis de forskellige udfald er gennemtænkt. (Schwartz 1991)

Der kan stilles spørgsmålstejn ved, hvor troværdige fremtidsbeskrivelserne er, når ingen ved, hvilken fremtid vi går i møde. Derfor er det vigtigt at se fremad og identificere de

## Vedvarende energi i Aalborg Kommunes energiforsyning

---

usikkerheder, der kan spille ind i fremtiden for netop disse strategiske beslutninger. (Schwartz 1991)

Scenarier er et redskab til at beskue en verden af usikkerheder. De opstod første gang omkring anden verdenskrig, hvor de blev anvendt til som en metode til militær planlægning. I 1960'erne blev metoden ændret til anvendelse i forbindelse med forretninger, og i 1970'erne blev de overført til planlægningens verden. Formålet med scenarier er at hjælpe planlæggeren til at ændre sin opfattelse af verden til en opfattelse af den virkelige verden, og hvordan den vil blive i fremtiden. (Schwartz 1991)

Der er to forskellige måder at anvende scenarier på:

- "Vi ønsker at dette skal ske. Hvordan får vi det opfyldt?"
- "Hvis dette sker, hvad er konsekvenserne af det?" (Schwartz 1991)

Disse to metoder kan sammenlignes som proaktiv og aktiv handlinger og en planlægger, som ønsker en strategisk fremtidsmodel bør vælge den proaktive. Men begge metoder kan stadig anvendes fremadrettet.

I denne rapport anvendes begge fremgangsmåder til scenarieudvikling. I de første modelleringen for at lave scenarier, der lever op til regeringens mål, vides hvad der løbende skal ske, men slutresultatet kendes ikke. Derfor skal der laves modelleringer for at finde ud af, hvad konsekvenserne er af regeringens krav. Derefter følger modelleringerne for at forsyne Aalborg Kommune med 100% vedvarende energi, og denne gang er der et specifikt ønske der skal opfyldes, men det vides ikke, hvordan det kan opfyldes.

Inden der udarbejdes scenarier til at besvare problemformuleringen, dannes der først et referencescenario for 2006 baseret på den nuværende energiforsyning og -forbrug. Herefter fremskrives dette scenario til 2015 og 2030 ved hjælp af forskellige fremskrivninger, der er udarbejdet på landsbasis. Med de tre referencescenarier er der nu udgangspunkter samt sammenligningsgrundlag til de følgende scenarier.

Scenarierne, der følger regeringens krav til energi- og transportsektorerne, er lavet på baggrund af referencescenarierne, og så er der implementeret krav fra det nye energiforliget. Der er ikke ændret noget udover ændringerne påbudt fra energiforliget. Dette skal kunne resultere i et billede af, hvordan energiforsyningen kan se ud i 2015 og 2030.

At følge regeringens mål for den nationale energiforsyning og skalere dem ned til kommunalt niveau synes ganske urealistisk i denne sammenhæng. Dette skyldes at der naturligvis er nogle kommuner, der er bedre egnede til f.eks. geotermi eller vindkraft end andre kommuner. Ligeledes er der også forskel på, om det er en kommune med en af Danmarks større byer og en veludbygget central energiforsyning, eller om der er mere individuel forsyning. Når regeringens mål nu alligevel skaleres ned til Aalborg kommune er det fordi, at det er en metode til at operationalisere regeringens mål.

De følgende scenarier er lavet efter referencescenarierne igen, men denne gang er der ingen krav til hvad der implementeres bortset fra at al energien, der anvendes i scenariet, skal være vedvarende energi. Herefter arbejder der baglæns, og ud fra hvordan der kan laves et energisystem med 100% vedvarende energi i 2030, dannes der et skøn for, hvordan energisystemet skal se ud i 2015.

### **2.3 EnergyPLAN til scenarieudvikling**

Til udførsel af analyserne af de forskellige scenarier med vedvarende energi er computermodellen EnergyPLAN anvendt.

## Vedvarende energi i Aalborg Kommunes energiforsyning

---

Programmet EnergyPLAN er et planlægnings- og modelleringssoftware. Hovedformålet med programmet er at designe anvendelige strategier for integration af forskellige metoder til produktion af elektricitet og varme i energisystemet og endvidere vurdere konsekvenserne af brugen af disse teknologier. Dette inkluderer også en økonomisk vurdering af systemomkostningerne. (Lund 2008)

EnergyPLAN-modellen er en input/output model, hvor forskellige inputs såsom svingende forbrug, teknologier til energiproduktion, potentialer for disse m.m. resulterer i outputs. Disse outputs er energibalancer, import og eksport af elektricitet, CO<sub>2</sub>-emissioner osv. som tilsammen udgør scenarier. (Lund 2008)

EnergyPLAN kan anvendes til tre forskellige typer analyser: teknisk analyse, økonomisk analyse samt markedsanalyse. I dette projekt er det valgt at lave en teknisk analyse.

Inden udførelsen af tekniske modelleringer skal der besluttes, hvilken reguleringsstrategi der anvendes. De fire reguleringsstrategier er som følger:

1. Balancere varmebehov
2. Balancere både varme- og elbehov
3. Balancere både varme- og elbehov men mængden af kraftvarme reduceres
4. Balancere varmebehov ved brug af trippeltarif (Lund 2008)

I denne rapport er det valgt at anvende reguleringsstrategi nr. 3, da det vurderes som vigtigt at balancere både el og varme, og ved at reducere mængden af kraftvarme kan der måske åbnes op for anvendelsen af mere vedvarende energi.

Ydermere er det valgt ikke at tage del i at opretholde et stabilt net. Det forudsættes, at de store elselskaber sørger for det, og at det ikke er op til de enkelte kommuner.

Ved at holde det kritiske eloverløb nede kan Aalborg Kommune selv bestemme, hvornår de vil importere og eksportere. Det kritiske eloverløb er valgt at holde nede med følgende virkemidler i den givne rækkefølge:

- 2) Reducere kraftvarme i gruppe 2 (erstatte med kedler)
- 3) Reducere kraftvarme i gruppe 3 (erstatte med kedler)
- 7) Reducere elværkers produktion i kombination med vedvarende energi (RES1, RES2, RES3 og RES4)
- 1) Reducere vedvarende energi (RES1 og RES2)
- 6) Reducere vedvarende energi (RES4 og RES5) (Lund 2008)

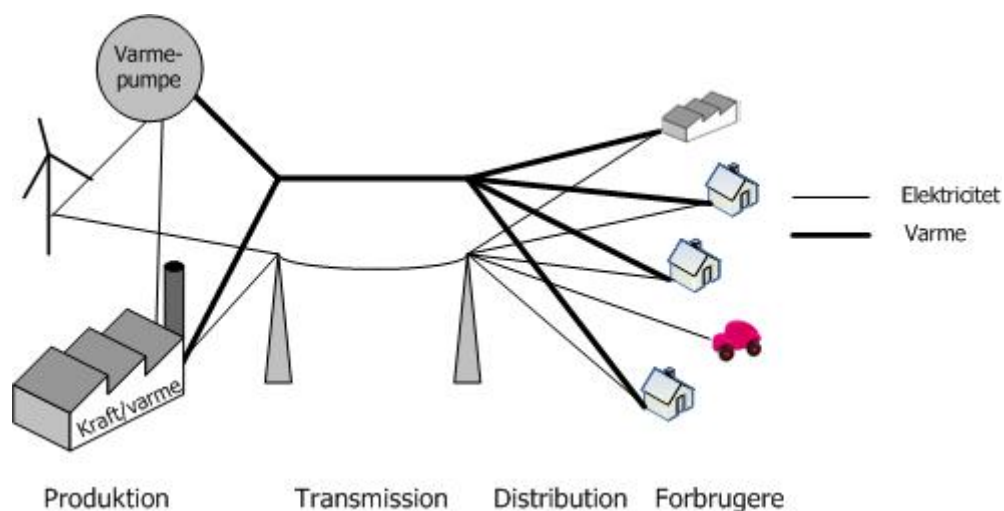


### 3 Energisystemer med vedvarende energi

*Energisystemer er komplekse med adskillige produktionsenheder, forskellige energikilder og teknologier, energibærere samt et transmissions- og distributionsnet. Nogle energisystemer har indbygget buffer i form af fossilt brændstof til transport eller brændsel til et fyr, andre kan have buffer som f.eks. fjernvarmenettet eller naturgasnettet. Sidst er der nogle systemer uden bufferkapacitet. Dette er ofte elektriske systemer, og det antyder, at elektricitet skal produceres, når der er brug for det, og det er derfor, at elsystemer er vigtige at optimere så vidt muligt.*

Et energisystem med vedvarende energi er udfordret med energiproduktioner, der er påvirket af sæsoner og daglige udsving som det ses i bl.a. vindkraft og solceller. Dette påvirker stabiliteten af energisystemet foruden den produceret mængde energi. I dette kapitel vil disse problemer samt løsninger blive belyst.

Et energisystem består i store træk af produktionsenheder, et net til at transportere og distribuere energien samt forbrugere, som det er vist i figur 3.1.



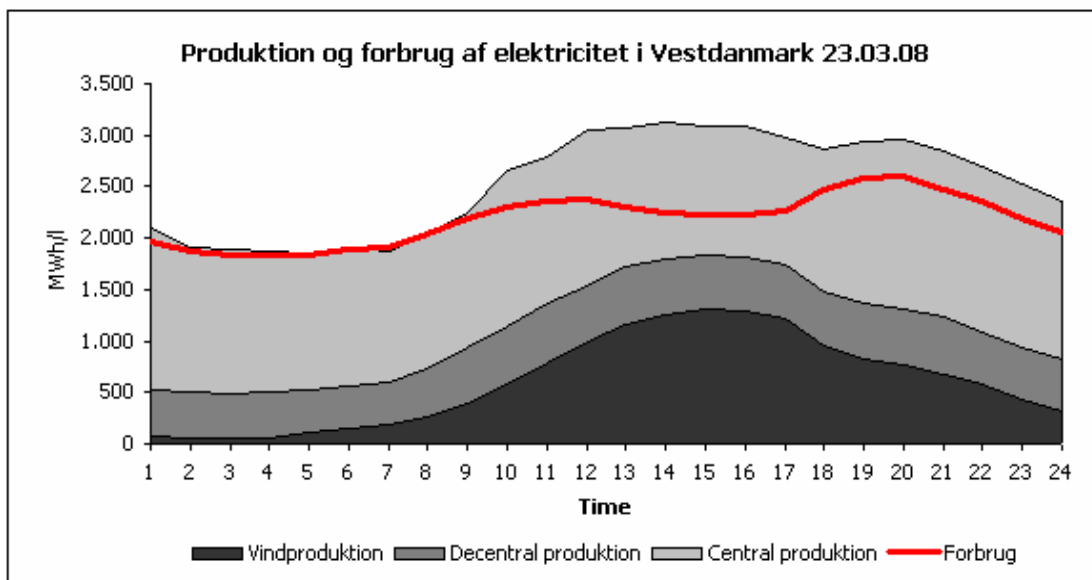
**Figur 3.1: Energisystem med kraftvarmeværk og vedvarende energi (Østergaard 2007)**

Elektriciteten skal produceres, når forbrugerne har brug for den, hvilket er en af hovedfaktorerne i dette energisystem. Til sammenligning har fjernvarme- og naturgassystemer, som er rygraden i det danske varmesystem, bufferkapaciteter. (Østergaard 2007)

Foruden ulemperne med vedvarende energi er der også fordele ved at basere et energisystem på vedvarende energi. Produktionsenhederne som f.eks. kraftvarmeværker eller vindkraft er decentraliserede værker, som giver mulighed for at producere energien tættere på slutbrugerne. I modsætning til store kulfyrede kraftværker reducerer dette behovet for højspændingskabler. Et decentraliseret system er endvidere mindre udsat for store nedbrud, som hvis et stort centralt kraftværk frakobles nettet, hvilket forårsager effekt for mange forbrugere. Derimod vil et nedbrud af et mindre værk resultere i en meget mindre reduktion af produktionen.

## Vedvarende energi i Aalborg Kommunes energiforsyning

At basere energiproduktion på vedvarende energi resulterer i et mere komplekst system, hvilket primært skyldes at flere typer vedvarende energier er fluktuerende i produktionen såsom f.eks. vindkraft. Denne udfordring kan ses i figur 3.2, som viser produktionen og forbruget af elektricitet i Vestdanmark den 23. marts 2008.



Figur 3.2: Produktion og forbrug af elektricitet i Vestdanmark (Energinet.dk 2008)

I figur 3.2 kan det ses at, når niveauet af vindkraft er lavt, balancerer produktionen og forbruget tilnærmelsesvist. Senere på dagen, når der er mere vindkraft, er der en overproduktion af elektricitet. Denne overproduktion kan balanceres ved at nedregulere produktionen af elektricitet på værker, der ikke er afhængige af vejret, hvilket kan være kraftvarmeværker fyret med biomasse. Dette betyder, at hvis mindre kraftvarmeværker og store kraftværker kan regulere deres produktion op og ned afhængigt af produktionen af vindkraft kunne det afhjælpe problemet med overproduktion af elektricitet. Dette kan også gøre sig gældende for andre vedvarende energiformer, som er afhængige af vejret samt sæson. Denne løsning kan dog være meget dyr, da den kræver stor backup kapacitet, men udgifterne kan mindskes, hvis backup kapaciteten også kan bruges til varmeproduktion.

### 3.1. Integration af vedvarende energi i et energisystem

Når en ny teknologi til produktion af vedvarende energi i form af elektricitet skal integreres i et eksisterende system, er der flere tekniske og markedsrelaterede krav, der skal opfyldes. Energisystemer baseret på vedvarende energi har tre hovedproblemer:

- Balancere forbrug med forsyning
- Sikre et stabilt net mens systemet er baseret på små, decentrale værker frem for store, centrale værker
- Et system baseret på mange små værker kræver et mere intelligent system, så de forskellige produktionsenheder kan slå til og fra afhængigt af forbruget (Østergaard 2007)

Disse tre udfordringer vil blive beskrevet i de følgende afsnit.

### Balancere forbrug med forsyning

Teknologier til produktion af vedvarende energi kan beskrives ud fra deres evne til at balancere forbruget. For at sikre et stabilt net og balancere elektriciteten er det vigtigt at komponenterne er i stand til at løse dette problem. Den anvendte teknologi til dette kan enten være aktiv eller inaktiv. En aktiv teknologi kan kontrolleres, så input og output kan bestemmes og dermed kan forbruget dækkes. De aktive komponenter anvender ofte fossile brændsler. En undtagelse kan være et kraftvarmeværk fyret med biomasse. Et inaktivt komponent producerer ofte en fluktuerende energi, og den producerede mængde svarer som regel ikke til forbruget. Oftest er en inaktiv teknologi baseret på en vedvarende energi som f.eks. solvarme eller vindkraft, hvor det ikke er muligt at regulere input og output. Nedenfor er vist nogle eksempler på aktive og inaktive teknologier til produktion af elektricitet. (Østergaard 2007)

Aktive komponenter	Inaktive komponenter
Kraftværker	Vindkraft
Kraftvarmeværker	Solceller
Kedler	Solvarme
Varmepumper	Geotermi

En udfordring ved de vedvarende energikilder er, at de primært er afhængige af vind og vejr og dermed fluktuerer meget og er umulige at kontrollere. Dette resulterer i endnu flere vanskeligheder for et energisystem baseret på vedvarende energi. På det tekniske niveau er der problemer med at balancere forbruget og produktionen samt behovet for et mere intelligent energisystem. På den markedsbaseret side er det vigtigt at producere energi, der kan konkurrere på det internationale marked. (Østergaard 2007)

### Sikre et stabilt net

Alle forbrugerne af elektricitet afhænger af et stabilt net med en konstant spænding. Et ustabil system vil resultere i strømudfald og forbrugere uden strøm. Stabilitet på nettet er defineret ved det elektriske systems evne til at bevare en balancere under både normale og unormale omstændigheder (UCTE 2006).

Det elektriske systems stabilitet er afhængigt af systemets frekvens, som hovedsageligt sikres af de forskellige generatorer, som sender elektriciteten ind i nettet. Der er to vigtige typer generatorer; synkron og asynkron. Som navnene antyder arbejder de synkron generatorer med hastigheder, der er synkron med nettets frekvens, mens de asynkron generatorer ikke arbejder med samme hastighed som nettet. Så længe elnettets frekvens er stabil vil de synkron generatorer arbejde ved konstant hastighed, men hvis nettets frekvens ændres, ændres generatorerne hastighed ligeledes. (Østergaard 2007)

Synkron generatorer kan både modtage og sende strøm fra og tilbage til nettet, men asynkron kun kan modtage reaktiv strøm. Dette er vigtigt viden, da det kun er de synkron generatorer, som kan styre frekvensen på nettet, fordi disse generatorer kan ændre deres egen rotationshastighed afhængigt af frekvensen i nettet. Der er en fast sammenhæng mellem frekvenserne i generatorer og nettet. Kraft- og kraftvarmeværker har synkron generatorer, mens f.eks. vindmøller oftest har asynkron generatorer installeret. I praksis betyder det, at det elektriske system er afhængigt af at de store værker til at sikre stabiliteten både for at levere reaktiv strøm og for at balancere frekvensen. Hvis elektriciteten kun produceres ved hjælp af vindmøller med asynkron generatorer vil det resultere i større risici for problemer med elnettets stabilitet. (Østergaard 2007)

## Vedvarende energi i Aalborg Kommunes energiforsyning

---

Ligesom frekvensen er den elektriske spændings stabilitet afhængig af generatorerne. Igen er det de synkrone generatorer, som spiller en stor rolle i stabiliseringen af elnettet. Som tidligere nævnt kan de asynkrone generatorer kun modtage reaktiv strøm fra nettet, men de synkrone generatorer kan både modtage og generere strøm fra og til nettet. Grundet denne egenskab, som de synkrone generatorer har, er de velegnet til at tage del i reguleringen af spændingen. Igen øges risikoen for et ustabil elnet med en stor andel af vedvarende energi, fordi de fleste producerende enheder drevet af vedvarende energi har asynkrone generatorer. (Østergaard 2007)

### Behov for et intelligent system

Et andet problem ved at integrere vedvarende energi i det elektriske system er, at det er nødvendigt med mere intelligente systemer. Igen er et af de store problemer med vedvarende energi, at energiproduktionen fluktuerer. Dette program kan opdeles i en teknisk del og en markedsbaseret del. For at finde en løsning på den tekniske del skal der være omfattende integration af systemkontrol, hvor de forskellige produktionsenheder kan kommunikere og dermed regulere deres produktion så den kan balancere med forbruget. I denne situation har de mindre decentraliserede værker en fordel, fordi det er nemmere at regulere de små enheder sammenlignet med de store. (EWEA 2006)

Den markedsbaseret del af problemet ligger i at alt elektricitet i Danmark handles på Nordpool markedet hver dag kl. 12.00. Derfor er alle produktionsenhederne nødt til at forudsæ deres produktion op til 24-36 timer i forvejen, hvilket kan være vanskeligt, når produktionen er afhængig af vejret.

### Opsamling

I dette kapitel er der givet et overordnet indblik i energisystemer, og de problemer der er forbundet med at producere energien ved brug af vedvarende energikilder. Disse problemer relaterer sig især til den fluktuerende produktion af energi som f.eks. ved solceller og vindmøller. De fremhævede problemer for et vedvarende energisystem afdækker behovet for at balancere udbud og efterspørgsel af energien, at sikre et stabilt elnet samt at indføre et intelligent system til at styre produktionen af energi.

Der er også fordele ved at bruge vedvarende energi i et energisystem. Dette skyldes primært at systemet er baseret på en decentral produktion af energi, hvilket reducerer risikoen for store nedbrud af energisystemet. I et decentraliseret system er der også mindre brug for højspændingsledninger sammenlignet med et system med få, store og centraliserede værker.



### 4 Energiforsyningen og -forbrug i Aalborg Kommune

I dette kapitel gives der en introduktion til Aalborg Kommune og dens energiforsyning. Derudover skabes der reference situationer for 2006, 2015 samt 2030, som anvendes som udgangspunkt for modelleringen af nye scenarier i kapitel 6.

#### 4.1 Introduktion til Aalborg Kommune

Aalborg Kommune er Danmarks tredjestørste kommune og er lokaliseret i Region Nordjylland som vist på figur 4.1 (Wikipedia 2008a). Kommunen har 195.145 indbyggere (Wikipedia 2008a), hvoraf ca. 100.000 bor i selve byen Aalborg (Wikipedia 2008b). Hermed kan kommunen betragtes som en stor kommune med én stor by og et stort opland.



Figur 4.1: Placering af Aalborg Kommune (Wikipedia 2008a)

#### 4.2 Forbrug af energi

For at danne scenarierne, der er grundlag for modelleringerne af den fremtidige energiforsyning i Aalborg Kommune, er det nødvendigt at have data for forbruget af el, varme og transport i kommunen samt brændslerne hertil.

##### 4.2.1 EI

Der foreligger ikke tal for det samlede forbrug af elektricitet i Aalborg Kommune efter strukturreformen i januar 2007, og derfor tages der udgangspunkt i elforbruget i 2006 og skaleres op i forhold til indbyggertallet ved brug af sammenligning med Energistyrelsens opgørelse af den samlede danske forbrug og det danske befolkningstal. Dog skaleres Aalborg Portlands forbrug ikke, da det ikke er et realistisk forbrug at skalere op. Aalborg Portlands årlige forbrug af el er 330 GWh.

Indbyggertal				Elforbrug			
Gammel Kommune		Aalborg		Gammel Kommune		Aalborg	
		Ny Kommune				Ny Kommune	
164.375		195.145		928 GWh		1.040 GWh	

Tabel 4.1: Indbyggertal og elforbrug for Aalborg Kommune før og efter strukturreformen

## Vedvarende energi i Aalborg Kommunes energiforsyning

Efter ovenstående beregninger fremgår det, at det årlige elforbrug i Aalborg Kommune er 1.040 GWh, og dette tal vil blive anvendt som udgangspunkt i modelleringerne i kapitel 6. Foruden forbruget ved slutbrugerne skal der også tages højde for elforbruget til elvarme og varmepumper, som beregnes senere.

### 4.2.2 Varme

Forbrugerne i Aalborg Kommune forsynes med varme, der er produceret på enten centrale værker, decentrale værker eller med privat forsyning, da de er udenfor den kollektive forsyning.

#### Kollektiv varmforsyning

Varmen i Aalborg Kommune kommer primært fra det centrale værk Nordjyllandsværket og som overskudsvarme fra Aalborg Portland samt fra affaldsforbrændingen Reno Nord. Herudover produceres der varme på 14 mindre værker i kommunen. En detaljeret oversigt over værkerne og årlige brændselsforbrug findes i tabel A i appendiks A.

Brændselstype	TJ	GWh
Kul	4.976	1.382
Olie	72	20
Naturgas	490	136
Biomasse	128	36
Affald	1618	449
Solvarme	9	3
I alt	7.293	2.026

Tabel 4.2: Brændselstyper til varmeproduktion fra den kollektive forsyning

#### Individuel varmforsyning

Foruden de centrale og decentrale værker findes der små kedler, der står i husstandene uden den kollektive dækning. Dette drejer sig om ca. 20.000 bygninger, der forsynes med varme som i denne fordeling. Data til denne oversigt stammer fra Energistyrelsens kortserver med data for Varmeplanlægning med fjernvarme og naturgas.

Antal bygn. naturgas	Antal bygn. oliefyrt	Antal bygn. elvarme	Antal bygn. anden fors.	Totalt antal	Antal m <sup>2</sup>
1.936	9.050	5.453	3.338	19.777	2.571.010

Tabel 4.3: Energistyrelsens statistik over husstande udenfor den kollektive varmforsyning i Aalborg Kommune

I rapporten, *Perspektiver for den danske varmforsyning frem mod 2025*, som Energistyrelsen lavede i 2005 som baggrundsrapport til Energistrategi 2025 anvendes et gennemsnitligt areal på 130m<sup>2</sup> som et dansk gennemsnit for en dansk bolig. Dette areal anvendes til at vurdere det samlede antal m<sup>2</sup> der skal opvarmes i bygningerne udenfor den kollektive forsyning i Aalborg Kommune.

Det gennemsnitlige varmeforbrug i Danmark ligger på 130 kWh/m<sup>2</sup> pr. år (<http://www.bolius.dk/viden/nyheder/2006/maj/passivhuse-pa-vej-til-danmark/>), og baseret på dette skal der bruges 1.203 TJ energi for at opvarme bygningerne udenfor den kollektive varmforsyning. Betegnelsen "anden varmforsyning" er ikke nærmere beskrevet, og derfor vil denne blive fordelt efter den samlede danske fordeling for husstande. Samlet set giver

## Vedvarende energi i Aalborg Kommunes energiforsyning

det en fordeling som følger af varmeproduktionen for bygninger udenfor den kollektive forsyning:

Brændselstype	TJ	GWh
Naturgas	118	33
Olie	551	153
Elvarme	332	92
Kul	4	1
Solenergi	1	0
Biomasse	180	50
Varmepumpe	18	5
I alt	1.203	334

**Tabel 4.4: Fordeling af brændsler til varmeproduktion udenfor den kollektive forsyning (TJ)**

Som nævnt i slutningen af afsnittet om elforbruget i Aalborg Kommune er der udenfor den kollektive varmeforsyning husstande, der opvarmes med elvarme og varmepumper. Disse elforbrug medtages naturlig også i den senere modellering. I denne forbindelse forudsættes det, at der anvendes varmepumper med en effektivitetsfaktor på 3, hvilket resulterer i et elforbrug på 5 TJ for at producere de 18 TJ varme.

### Brændselsforbrug til varmeproduktion

Årligt anvendes der totalt 8.496 TJ brændsler til varmeproduktion på alle værkerne og i den individuelle forsyning i Aalborg Kommune og denne mængde fordeles som følger over de forskellige typer brændsler og værker:

	TJ	GWh	Brændsel
Gruppe 2	490	136	Naturgas
	128	36	Biomasse
	9	3	Solvarme
	15	4	Farligt affald/olie
Gruppe 3	3.814	1.059	Kul
Industri	1.162	323	Kul
	57	16	Olie
Affald	1.618	449	Affald
Individuel produktion	118	33	Naturgas
	551	153	Olie
	332	92	Elvarme
	4	1	Kul
	1	0	Solvarme
	180	50	Biomasse
	18	5	Varmepumpe
	Varme totalt	8.497	2.360

**Tabel 4.5: Samlet oversigt over varmeproduktionen på værkerne i Aalborg Kommune fordelt over grupperinger til EnergyPLAN**

I tabel 4.5 er brændselsforbruget til varmeproduktionen præsenteret, men for at gøre det nemmere at forholde sig til, omregnes det fra brændselsforbrug til det endelige varmeforbrug, hvor det er muligt. Omregningen vil kun ske for værkerne i den kollektive forsyning, og derfor vil der for den individuelle produktion forsat bare være brændselsforbrug. Endvidere formodes det, at den angivne solvarme er output fra

## Vedvarende energi i Aalborg Kommunes energiforsyning

solfangerne, og dette vil derfor heller ikke blive omregnet men anført med en effektivitet på 100%.

2006	Brændselsforbrug			Varmeproduktion		
	TJ	GWh	Brændsel	Effektivitet på værk	TJ	GWh
Gruppe 2	490	136	Naturgas	0,55	271	75
	128	36	Biomasse	0,8	102	28
	9	3	Solvarme	1	9	3
	15	4	Olie	0,8	12	3
Gruppe 3	3.814	1.059	Kul	0,44	1.678	466
Affald	1.618	449	Affald	0,75	1.214	337
Industri	1.219	339	Blandet		1.659	461
Total	7.293	2.026			4.945	1.374

Individuel produktion	1.203	334	Blandet
-----------------------	-------	-----	---------

Total for alt brændsel	8.496	2.360
------------------------	-------	-------

**Tabel 4.6: Brændselsforbrug omregnet til varmeforbrug samt brændselsforbrug til individuel produktion af varme**

### 4.2.3 Transport

Foruden energi til el- og varmeproduktion skal brændselsforbruget til transport også kortlægges. Da der ikke er opgjort tal for forbruget til landtransport i Aalborg Kommune skønnes disse på baggrund af de nationale tal og fordeles efter befolkningstallet. Dette resulterer i energiforbruget, som ses i nedenstående tabel 4.6.

	Mio. liter	2006
<b>Personbil</b>	Benzin	91
	Diesel	11
<b>Bus</b>	Diesel	8
<b>Persontog</b>	Diesel	2
<b>Lastbiler</b>	Diesel	26
	Benzin	9
<b>Varevogn</b>	Diesel	28
<b>Godstog</b>	Diesel	0,21

**Tabel 4.7: Energiforbrug i transportsektoren i Aalborg Kommune**

Totalt forbruges der 100 mio. liter benzin og 76 mio. liter diesel i Aalborg Kommune.

Foruden landtransport er der desuden flytransport ind og ud af Aalborg Lufthavn. Ifølge Dansk Statistik havde Aalborg Lufthavn i 2006 13.000 nationale og 8.000 internationale flyvninger. Fra Aalborg er der kun nationale flyvninger til København (<http://www.aal.dk/default.asp?kategori1=3c>), og da der er ca. 300 km mellem de to byer, giver det 3,9 mio. tilbagelagte km. Med udgangspunkt i en effektivitet på 3,27 liter brændstof per km. i 2006 resulterer det i 12,75 mio. liter brændstof [http://en.wikipedia.org/wiki/Fuel\\_efficiency](http://en.wikipedia.org/wiki/Fuel_efficiency).

## Vedvarende energi i Aalborg Kommunes energiforsyning

Samlet giver det for Aalborg Kommune et brændselsforbrug for 2006 som det fremgår i tabel 4.7.

		Benzin	Diesel	Flybrændstof
2006	Liter	100 mio.	76 mio.	13 mio.
	Energiindhold	913 GWh	764 GWh	128 GWh

Tabel 4.8: Totalt brændselsforbrug til transport i Aalborg Kommune i 2006.

### 4.3 Fremskrivninger

Fremskrivninger af ovenstående data, der tilsammen danner referencescenariet for 2006, laves til 2025 og 2030 uden at ændre på nogle forudsætninger. Der tages udgangspunkt i forbrug, som er for el og varme er baseret på Energistyrelsens fremskrivninger, og for transporten er det dannet efter samme fremskrivning, som er anvendt til Ingeniørforeningens Energiplan 2030 (Mathiesen 2007).

Energistyrelsens fremskrivning er blandt andet baseret på de to beregningsmodeller EMMA og RAMSES. EMMA er et økonomisk værktøj, som virker på makroniveau og beskriver energiefterspørgslerne i erhvervene og husholdningerne. EMMA-modellen udvikles af Danmarks Statistik og er koblet sammen med andre makroøkonomiske modeller. RAMSES er udviklet af Energistyrelsen og beskriver el- og fjernvarmeproduktionen foruden den nordiske elpris, der dannes på baggrund af viden om de forskellige værker og brændselspriser. Foruden EMMA og RAMSES anvendes andre modeller til at vurdere elforbrug baseret på udbredelsen af elapparater, varmeforbrug baseret på opvarmningsmetoder og isolering samt en elprismodel, der beregner priser på baggrund af markedsprisen og økonomisk støtte til energiproduktion.

	Elforbrug		Varmeproduktion		Brændselsforbrug	
	TJ	GWh	TJ	GWh	TJ	GWh
2006	4.079	1.133	4.945	1.374	1.203	334
2015	4.097	1.138	5.122	1.423	1.246	346
2030	4.489	1.247	4.967	1.380	1.208	336

Tabel 4.9: Fremskrivninger for elproduktion, varmeproduktion på kraftværker og overskudsvarme fra affald og industri samt brændselsforbruget til varmeproduktion af individuel produktion (Detaljerede tal kan ses i tabel B, C og D i appendiks A)

Som det ses i tabel 4.9 stiger elforbruget løbende indtil 2030. Brændselsforbruget til varmeproduktionen stiger også indtil 2015, men derefter falder det til et niveau i 2030 som minder meget om forbruget i 2006. Det må formodes, at det forventede lavere varmeforbrug skyldes efterisolering eller en øget effektivisering af varmeproduktionen.

		Benzin	Diesel	Flybrændstof
2006	Liter	100 mio.	76 mio.	13 mio.
	Energiindhold	913 GWh	764 GWh	128 GWh
2015	Liter	105 mio.	84 mio.	16 mio.
	Energiindhold	965 GWh	838 GWh	165 GWh
2030	Liter	111 mio.	92 mio.	23 mio.
	Energiindhold	1.017 GWh	918 GWh	234 GWh

Tabel 4.10: Fremskrivninger for forbruget af brændsler til transport

I tabel 4.10 ses en oversigt over fremskrivningerne af brændselsforbruget i transportsektoren i Aalborg Kommune for 2015 og 2030. En mere detaljeret fremskrivning af

## Vedvarende energi i Aalborg Kommunes energiforsyning

transporten kan findes i tabel E i appendiks A. Alle tre typer brændstof stiger gennem årene, men det bør især bemærkes at energiforbruget til flytransport næsten fordobles i 2030 i forhold til 2006.

### 4.4 Produktion af energi

Elektriciteten og varmen i Aalborg Kommune produceres på mange værker, som spænder over forskellige virkningsgrader. Disse effektiviteter anvendes som tidligere set i tabel 4.6 og i nedenstående tabel 4.11 til at vurdere hvor meget energi, der kan produceres med en given mængde brændsel.

For at kunne finde en virkningsgrad pr. gruppe er der beregnet en samlet, vægtet virkningsgrad. Denne er beregnet ved at gange effektiviteterne med produktionen, derefter lægge resultaterne sammen, og dividere dem med produktionerne. Dermed findes en virkningsgrad, der er bestemt af de forskellige effektiviteter og hvor meget energi, der produceres på baggrund af dem.

### 4.5 Sammenligning af referencescenarier

Den indsamlede data anvendes til at danne et referencescenarie for år 2006 og skal danne baggrund for de senere scenarier med andre forudsætninger. Inden disse scenarier er der modelleret, hvordan energiforsyningen vil være i 2015 og 2030 med de samme værker og samme mængde vedvarende energi som i 2006. De eneste ændringer er forbrugene til el, varme og transport, som er fremskrevet efter landsfremskrivninger, hvilket er forklaret tidligere i nærværende kapitel.

TWh	2006	2015	2030
<b>Input:</b>			
Elforbrug	1,13	1,14	1,25
Fjernvarmeforbrug	0,58	0,60	0,58
Brændsel til transport	1,81	1,97	2,17
Kondens-el i % af elforbrug	77,88	75,44	77,60
Kedler i % af fjernvarmeforbrug	0,00	0,00	0,00

Tabel 4.11: Reference for 2006 samt fremskrivninger til 2015 og 2030

Forbrugene i tabel 4.11 udvikler sig som tidligere beskrevet under fremskrivningerne. Herudover bemærkes det, at der ikke produceres varme vha. kedler til den kollektive forsyning. Derimod svinger mængden af kondens-el, men denne udvikling kan forklares med produktionerne af el og varme. I 2015 stiger både behovet for el og varme, og de kan dermed dækkes af mere kraftvarmeproduktion, men i 2030 falder behovet for varme mens behovet for elektricitet stiger, og derfor produceres der igen mere end 77% af elektriciteten vha. kondens.

### Opsamling

Energiforsyningen i Aalborg Kommune er i høj grad præget af en central forsyning med Nordjyllandsværket, Reno Nord og Aalborg Portland. En fremskrivning af brændstofforbrugene produceret på samme vilkår som i dag synes ikke at forandre meget i energisystemet, og det kan derfor være interessant at ændre på nogle forudsætninger. Dette vil ske senere i kapitel 6, men først vil der i kapitel 5 blive fremhævet hvilke ressourcer der er til stede i kommunen for at ændre forsyningen.

### 5 Vedvarende energi i Aalborg Kommune

*En screening af de tilgængelige teknologier til produktion af vedvarende energi i Aalborg Kommune udføres for at vurdere, hvilke af dem der kan anvendes i det endelige scenario. Screeningerne vil fokusere på virkningsgrad, brændsel samt årlig produktion. Efterfølgende vil potentialet for hver teknologi i Aalborg Kommune blive vurderet for at kunne blive brugt i de senere scenarier.*

#### 5.1 Screening af teknologier i Aalborg Kommune

Teknologierne, som er vurderet tilgængelige, er valgt ud fra to kriterier som er, at de skal være at finde i Aalborg Kommune, og de skal kunne anvende vedvarende energikilder. Fordi energikilderne skal være vedvarende er det vigtigt at opbygge energisystemet med forskellige teknologier, så det tager hensyn til miljøet samtidig med, at det er effektivt og har en stabil forsyning på dage, hvor vinden ikke blæser, eller solen ikke skinner.

De forskellige teknologier er opdelt i tre grupper efter anvendelse: elektricitet, varme, og transport. Der vil blive gennemgået både eksisterende ressourcer og teknologier samt de der er under udvikling.

Elektricitet	Varme	Transport
Kraftværker	Kraftvarmeværker	Elektricitet
Kraftvarmeværker	Kedler	Biodiesel
Vind	Solvarme	Biogas
Solceller	Geotermi	Ethanol/metanol
Brændselscelle	Varmepumpe	

Tabel 5.1: Teknologier til anvendelse i energisystemer

Disse teknologier vil blive gennemgået med en kort teknisk beskrivelse, levetid og hvilket brændsel de bruger.

##### 5.1.1 Elektricitet

Elektriciteten i Aalborg Kommune produceres på flere forskellige måder med både aktive og inaktive komponenter. Derudover er noget af elektricitetsproduktionen fluktuerende, da den er baseret på sol og vind. Disse forskellige elementer gør det vigtigt at huske, at et stabilt elnet skal bevares, imens der produceres elektricitet med metoder, der skåner miljøet.

##### Kraftværker og kraftvarmeværker

Kraftværker og kraftvarmeværker fyres ofte med fossile brændsler, men de kan også indgå i en miljømæssig ansvarlig produktion af elektricitet og også varme for kraftvarmeværkerens vedkommende ved at anvende biomasse som brændsel. Som det blev fremhævet i kapitel 3 er kraftværker og kraftvarmeværker aktive komponenter, hvilket betyder, at det er muligt at regulere både input og output til/frem og dermed hjælpe med at balancere produktion og forbrug.

Et kraftvarmeværk producerer elektricitet på samme måde som et kraftværk, som udnytter 35-45% af energien i brændslet. Resten af energien ledes ud gennem skorstenen eller i

## Vedvarende energi i Aalborg Kommunes energiforsyning

kølevandet som varme af kraftværket. I et kraftvarmeværk udledes dampen ikke til omgivelserne, men i stedet anvendes den til at opvarme returvand fra et fjernvarmenet, så varmen anvendes til fjernvarme og dermed ikke går til spilde. Dette er en stor fordel, og får effektiviteten op på 85-90%. Desuden behøver kraftvarmeværket ikke blive bygget ved kysten for at få adgang til havvand som kølevand, og dermed kan det placeres midt i landet ved større byer og forsyne dem med el og varme. For at kunne adskille produktionerne af el og varme har de fleste kraftvarmeværker en tank, hvor overskudsvarmen kan lagres, når der ikke er et behov for fjernvarme, og dermed kan der stadig produceres elektricitet til at dække behovet for dette. <http://www.ens.dk/sw58860.asp>

I Aalborg Kommune er det største kraftvarmeværk Nordjyllandsværket, som ligger på Nørresundby-siden af Limfjorden. Nordjyllandsværket er verdens mest effektive kraftvarmeværk og kan få effektiviteten op på 91%, når der samproduceres el og varme. [http://www.vattenfall.dk/www/vf\\_dk/vf\\_dk/Gemeinsame\\_Inhalte/DOCUMENT/258660vatt/9137181xvo/914119vore/914322xvor/P0270024.pdf](http://www.vattenfall.dk/www/vf_dk/vf_dk/Gemeinsame_Inhalte/DOCUMENT/258660vatt/9137181xvo/914119vore/914322xvor/P0270024.pdf)

Årlige fuldlasttimer	Effektivitet	Levetid	Brændsel
8.760 <sup>1)</sup>	85-90%	25 år <sup>2)</sup>	Biomasse

<sup>1)</sup> Forudsat at værket ikke har pauser eller vedligeholdelse i løbet af et år, <sup>2)</sup> <http://ida.dk/NR/rdonlyres/ABC3C123-FC1E-404D-9F57-AA9E6283FD17/0/Baggrundsrapportsamlet.pdf> side 45

### Vindkraft

Generatorerne i vindmøller anvender energien i vinden til at producere elektricitet. Vindmøllens rotationshastighed kan kontrolleres ved at bremse møllevingerne eller dreje dem rundt om deres egen akse. Vindmøllerne arbejder normalt ved vindhastigheder mellem 3-30 m/s, mens den største effektivitet opnås ved hastigheder mellem 8-25 m/s. (Eltra 2004)

Effektiviteten i vindmøller kan maksimalt nå op til 59% ifølge Betz's lov. <http://www.windpower.org/da/tour/wres/betz.htm> Dette kan virke som en lav effektivitet, men på den anden side er "brændstoffet" til energiproduktionen gratis. En af de store fordele ved vindkraft er netop, at der ikke udledes emissioner ved energiproduktionen. En vindmølle forurener kun ved produktion og bortskaffelse. Omkostningerne ved vindkraft er nemme at forudsige, da de er stabile med lave vedligeholdelsesomkostninger og ingen udgifter til brændstof. Endvidere er kapaciteten nem at udbygge, og en vindmøllepark kan udbygges trinvist i det ønskede tempo. Men for at kunne udnytte energien i vinden kræves store investeringer i de dyre møller. Udover denne ulempe er produktionen af elektricitet svingende og afhænger af vinden, og dermed er det ikke muligt for en ejer at producere energi, som det er ønsket, hvis vinden ikke blæser. Foruden den svingende produktion kan der opstå problemer med placeringen af vindmøllerne, da de er uønsket af mange borgere, som mener, at de er skæmmende pga. støjgener og udseendet. (Eltra 2004)

På nuværende tidspunkt er der i Aalborg Kommune vindmøller med en installeret effekt på 124 MW, og de producerer 190 GWh.

Årlige fuldlasttimer	Effektivitet	Levetid	Brændsel
2.300 <sup>1)</sup>	59%	20 år <sup>2)</sup>	Vind

<sup>1)</sup> <http://www.windpower.org/da/stat/unitsene.htm>, <sup>2)</sup> <http://www.dkvind.dk/fakta/pdf/O4.pdf>



## Vedvarende energi i Aalborg Kommunes energiforsyning

### Solceller

En solcelle producerer elektricitet ved hjælp af solens stråler. De fleste solceller i verden, 80%, er produceret med mono- eller polykrystalin silicium. En anden type er lavet som film, som kan påklæbes flader. (Eltra 2004) Effektiviteten af silicium solcellerne ligger omkring 15%, mens solcellerne i filmen ligger omkring 10% (<http://www.ens.dk/sw16339.asp>).

Ligesom med vindkraft udleder solceller ingen miljøpåvirkninger, mens de producerer elektricitet men derimod under produktionen og bortskaffelsen af solcellerne. Solceller har ingen bevægende dele og er derfor robuste, og dette afspejles også i den lange levetid på 30 år og de lave vedligeholdelsesomkostninger. Et solcelleanlæg består af mange moduler med solceller og er derfor nemme at udvide. Det betyder også, at solceller kan bruges centralt såvel som decentralt og kan indpasses i byer eller kan opstilles på landet langt væk fra anden bebyggelse. Sidstnævnte er dog ikke nødvendigt i Danmark. Solceller producerer jævnstrøm (DC), og hvis den producerede strøm skal ledes ud i elnettet, er det nødvendigt at konvertere den til vekselstrøm (AC). Da solceller er afhængige af lysstyrken, producerer de kun elektricitet om dagen, men det er til gengæld også her det største forbrug af elektricitet finder sted. (Eltra 2004) Endvidere er prisen på solcelleanlæg stadig ganske høj. Uden tilskud eller specielle afregningsaftaler er solceller ikke konkurrencedygtige. Løsninger på dette kan dog være udviklingen af mere effektive solceller samt en større efterspørgsel, der resulterer i en øget masseproduktion af solcellerne. (Teknologirådet 2004, Energikatalog)

Årlige fuldlasttimer	Effektivitet	Levetid	Brændsel
1800 <sup>1)</sup>	10-15%	30 år	Sol

<sup>1)</sup> Energikatalog fra Teknologirådet

### Brændselscelle

En brændselscelle er ikke en energiproducerende enhed som dem gennemgået ovenover. I stedet konverterer brændselsceller hydrogen samt ilt til elektricitet med varme og vand som biprodukter. Dette kan blive aktuelt i en situation med overskydende elektricitet, som laves til hydrogen ved hjælp af elektrolyse. Den lagret hydrogen kan så konverteres tilbage til elektricitet, når der er behov for det. Foruden at anvende hydrogen til at lave strøm findes der også brændselsceller, som kan bruge naturgas. <http://da.wikipedia.org/wiki/Br%C3%A6ndselscelle>

Brændselsceller har den fordel, at de hurtigt kan skifte hvor meget belastning, de skal køre med og samtidig bevare effektiviteten. Dette er en gode egenskaber i et energisystem, hvor strømproduktionen fluktuerer, som det kan være tilfældet i et system med vedvarende energier. Når en brændselscelle producerer elektricitet, sker der en biproduktion af varme, og hvis den kan anvendes i f.eks. fjernvarmenettet eller også til yderligere produktion af elektricitet, vil effektivitet øges yderligere. (Eltra 2004)

Årlige fuldlasttimer	Effektivitet	Levetid	Brændsel
2000-4000 <sup>1)</sup>	40-60% <sup>2)</sup>	>40.000 timer <sup>3)</sup>	Hydrogen eller naturgas

<sup>1)</sup> Eltra 2004, <sup>2)</sup> [http://www.risoe.dk/rispubl/afm/afmpdf/afm\\_3\\_2005.pdf](http://www.risoe.dk/rispubl/afm/afmpdf/afm_3_2005.pdf), <sup>3)</sup> [http://www.risoe.dk/rispubl/energy\\_report3/KlausMoth.pdf](http://www.risoe.dk/rispubl/energy_report3/KlausMoth.pdf)

### 5.1.2 Varme

Ligesom elektriciteten produceres varmen med flere forskellige metoder i Aalborg Kommune. Produktionsenhederne til varmeproduktionen vil ligesom med elektricitetsproduktion også finde sted med vedvarende energikilder og brændsler.

## Vedvarende energi i Aalborg Kommunes energiforsyning

### Kraftvarmeværker

Kraftvarmeværkerne producerer varme som beskrevet under el. Som nævnt tidligere har et kraftvarmeværk en samlet effektivitet på 85-90%, og dette er en stor forbedring sammenlignet med fjernvarmeværker, hvor effektiviteten ligger på 49% (Eltra 2004).

### Solvarme

Foruden produktion af elektricitet kan solens stråler også bruges til at lave varme ved hjælp af solfangere. Effektiviteten af solfangere ligger i intervallet 25-50%. Der findes flere forskellige typer solfangere og den anvendte type afhænger af hvilken temperatur, der ønskes opvarmet til. De forskellige temperaturer er:

- 20-30°C
- 50-80°C
- 50-100°C

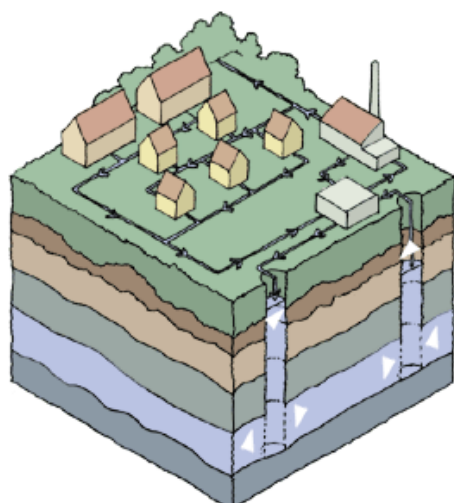
Det skal bemærkes at heraf er det kun temperaturerne mellem 50-100°C, der er anvendelige til rumopvarmning og fjernvarme. Varmen fra solfangerne ledes gennem væskefyldte rør til f.eks. en varmtvandsbeholder, hvor varmen så overføres til. <http://www.ens.dk/sw16788.asp>

Årlige fuldlasttimer	Effektivitet	Levetid	Brændsel
1800 <sup>1)</sup>	25-50%	25-30 år <sup>2)</sup>	Sol

<sup>1)</sup> Energikatalog fra Teknologirådet, <sup>2)</sup> <http://www.folkecenter.net/dk/rd/solenergi/solfanger/>,

### Geotermi

Et geotermisk anlæg anvender varmen i jordens indre til at lave fjernvarme, men hvorvidt det er muligt at udvinde varmen afhænger af geologien i det pågældende område. I de egnede områder kan varmen i jorden indvindes ved at oppumpe varmt vand fra 0,5 – 3 km.



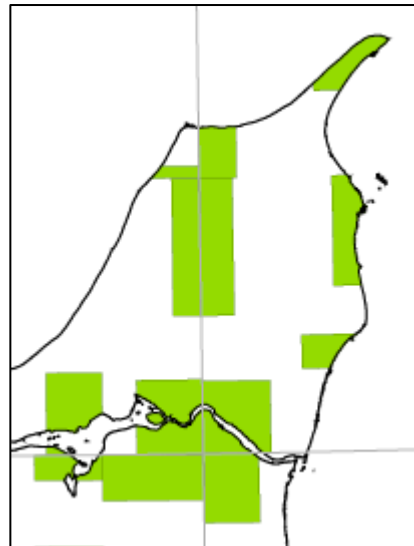
Figur 5.1: Illustration af hvordan vand pumpes i undergrunden, og varmt vand pumpes op og fordeles til husholdningerne (<http://www.dongenergy.dk/Skole/e+laering/bibliotek/Hvor+skal+fremtidens+energi+komme+fra/Geotermiske+anl%C3%A6g.htm>)

dybde og sende det oppumpede, varme vand rundt i fjernvarmenettet. <http://www.ens.dk/sw11371.asp> Princippet er også vist i figur 5.2.

## Vedvarende energi i Aalborg Kommunes energiforsyning

Som huskeregel siger man at temperaturen stiger med 25-30°C for hver km. der bores i undergrunden. (<http://www.dongenergy.dk/Skole/e+laering/bibliotek/Hvor+skal+fremtidens+energi+komme+fra/Geotermitke+anl%C3%A6g.htm>)

Netop omkring Aalborg er der mulighed for et potentiale for geotermi baseret på geologien i området som det ses i figur 5.3. Men der mangler stadig undersøgelser til at vurdere mulighederne for geotermi i Aalborg Kommune, og derfor vælges der at se bort fra denne energikilde i det videre forløb af dette projekt. (<http://www.geus.dk/publications/aarsberetning96/aab96s98-109.htm>)



Tabel 5.3: Områder med potentiel geotermi (GEUS)

### Varmepumpe

En varmepumpe anvendes til at producere varme ved brug af elektricitet. Det er især vigtigt i et energisystem med fluktuerende produktion af elektricitet, så når produktionen af elektricitet overstiger forbruget, kan overskuds elektriciteten anvendes til at producere varme. Dermed kan f.eks. vindmøller og varmepumper tage delvist over for kraftvarmeværker. Varmepumper anvender varme fra omgivelserne og gør det 2,25 – 5 gange varmere inden varmen anvendes til rumopvarmning. (<http://www.teknologisk.dk/varmepumpeinfo/8403>)

Årlige fuldlasttimer	Effektivitet	Levetid	Brændsel
-	225-500%	15 år <sup>2)</sup>	Elektricitet

<sup>2)</sup> [http://www.varmepumpeinfo.dk/root/media/20228\\_Varmepumper-forbrugeroplysning-version2.pdf](http://www.varmepumpeinfo.dk/root/media/20228_Varmepumper-forbrugeroplysning-version2.pdf)

### 5.1.3 Transport

Transportsektoren i Danmark er fortrinsvist forsynet med olieprodukter som brændstoffer, men i en tid med stigende oliepriser og en stor mængde af olien kommende fra nogle til tider ustabile lande vil det være hensigtsmæssigt at finde alternativer til olieprodukterne til transport.

#### Elektricitet

Ved at anvende elektricitet til transport er det muligt at bruge et forureningsfrit drivmiddel, hvis elektriciteten er fremstillet vha. vedvarende energi. Herudover kan det også være med at anvende overskuds-el fra den fluktuerende produktion, som ofte finder sted ved brug af vedvarende energi. (<http://www.folkecenter.net/dk/rd/transport/elbiler/>)

Brugen af elektricitet kræver dog mere udvikling, da batterierne er tunge og kræver lang tid for at lade op. De fleste elbiler kan køre 100-200 km på et batteri, og det varer op til 10 timer at genoplade batteriet. (<http://www.folkecenter.net/dk/rd/transport/elbiler/>)

## Vedvarende energi i Aalborg Kommunes energiforsyning

---

### Biodiesel

Som brændstof i dieselmotorer kan der anvendes planteolie som et alternativ til konventionel diesel. Biodiesel kan bruges rent i brændstoftanken eller som et blandingsprodukt sammen med diesel. For at opnå et energisystem fuldstændigt forsynet med vedvarende energi er det dog nødvendigt at bruge det rent. (<http://en.wikipedia.org/wiki/Biodiesel>)

### Ethanol

Ethanol betragtes som et alternativ til benzin, og kan ligesom biodiesel anvendes alene i en brandstoftank eller som et blandingsprodukt med benzin. Ethanol kan produceres af flere forskellige afgrøder, og der findes 1. generation samt 2. generation bioethanol. 1. generation dækker over brugen af hele afgrøder, så også mad/foder anvendes til brændstof i stedet for føde. Ved brug af 2. generations bioethanol med f.eks. korn anvendes selve kornet til foder eller madproduktion, mens stråene kan anvendes til produktion af ethanol. ([http://en.wikipedia.org/wiki/Ethanol\\_fuel](http://en.wikipedia.org/wiki/Ethanol_fuel))

### Brint

Brint kan også anvendes som brændstof til biler, og som ved anvendelsen af elektricitet kan det anvendes til at bruge overskydende elektricitet. Men der vil være et tab i forhold til brug af elektricitet, da der forekommer energitab ved omdannelsen fra en energiform til en anden.

### Brændselscelle

Som ved elproduktion er det også muligt at anvende brændselsceller til transport. Brændselscellerne kan være forsynet med brint eller naturgas, men da forbrænding af naturgas udleder CO<sub>2</sub>, vil det være en fordel at anvende brint i et miljøvenligt energisystem.

#### 5.1.4 Lagring

En vigtig del af et energisystem er lagring af energi indtil den skal bruges. Det bliver også vigtigere efterhånden som mere vedvarende og fluktuerende energi implementeres i energisystemerne. Dette gælder især for elektricitet. Hvis det ikke er muligt at lagre denne energi, kan den kun benyttes når solen skinner eller vinden blæser. Til lagring af elektricitet kan der anvendes flere muligheder, heriblandt hydrogen eller batterier. Hydrogenet fremstilles med hydrolyse, og kan anvendes til produktion af elektricitet, når det bliver nødvendigt. Der er dog en vis risiko forbundet med hydrogen, når det blandes med ilt. Effektiviteten på elektrolyse ligger omkring 60-70% (<http://www.folkecenter.net/default.asp?id=17695>). Batterier er mere risikofrie end brint, og effektiviteten ligger på 60% og opfejer. Tabet består af varme, som opstår i forbindelse med op- og afladning. (<http://www.dansksolenergi.dk/information/batteri-inf01.shtml>)

En anden måde at lagre elektricitet på, at anvende overskudsstrøm til at pumpe vand op i et højereliggende reservoir, og når der opstår et behov for mere strøm, kan vandet udløses til et andet reservoir på et lavere niveau. Her strømmer vandet gennem generatorer og producere dermed elektricitet. Disse reservoir kan anlægges i kuperet terræn, fra jordoverfladen til undergrunden eller til havet. Der er et stort potentiale for denne form for lagring, og flere steder i Asien og USA er der anlæg med kapaciteter på over 1GW. Ved at lagre 1 kubikmeter vand 100 meter over det nederste reservoir opstår der 0,272 kWh

## Vedvarende energi i Aalborg Kommunes energiforsyning

potentiel energi. Denne mængde kan øges ved at ændre mængden af vand eller et større fald. ([http://en.wikipedia.org/wiki/Pumped-storage\\_hydroelectricity](http://en.wikipedia.org/wiki/Pumped-storage_hydroelectricity))

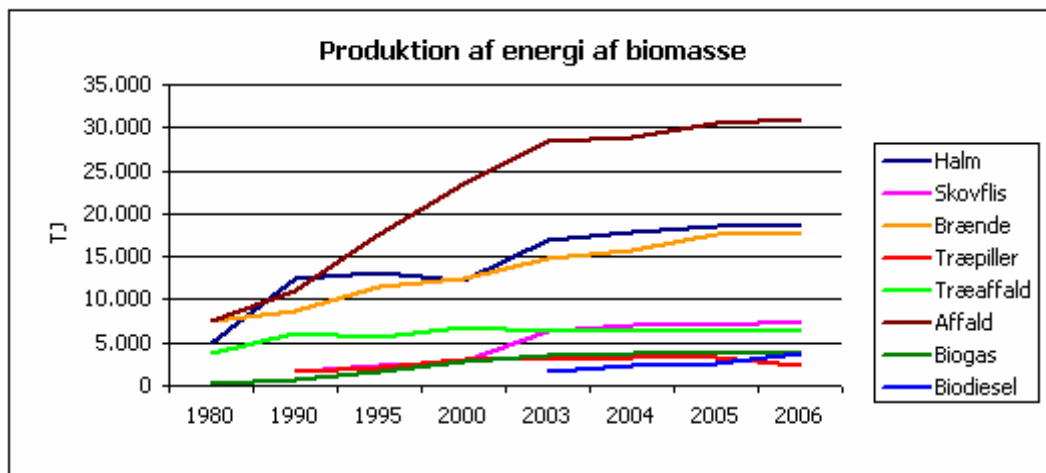
Lagring af varme består som regel af et lager af vand med en høj temperatur, som skal bevares til senere brug. Der kan anvendes store isolerede tanke til at lagre varmt vand i forbindelse med et kraftværk eller en anden type producerende enhed.

### 5.2 Potentialer for VE til rådighed

For at kunne modellere et energisystem er det nødvendigt at kende det samlede potentiale for de forskellige brændsler såsom biomasse, vindkraft og solenergi.

#### Biomasse:

Som det fremgår af figur 5.4 anvendes der mest affald som biomasse i energiproduktionen. Efter affald er det halm og brænde, der anvendes. Som det ses, er der sket en stor udvikling i anvendelsen af biomasse i energiproduktionen i løbet af de seneste 20-30 år.

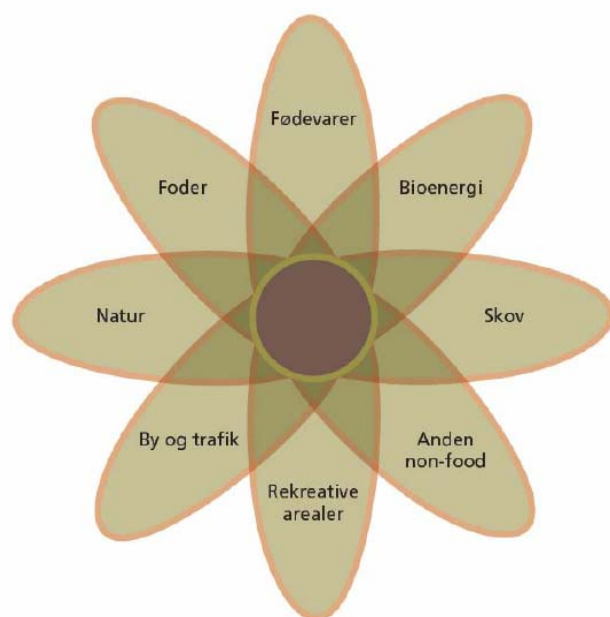


Figur 5.2: Anvendelse af biomasse til energiproduktion i Danmark 1980-2006 (Energistatistik 2006)

I rapporten "Jorden – en knap ressource" er det forudsagt, at den nuværende udnyttelse af biomasse fra landbruget kan øges til ca. 121 PJ, og denne stigning kan ske uden, at der skal gås på kompromis med fødevarerproduktionen. Men denne stigning forudsætter dog, at der inddrages 15% af det nuværende kornareal, som skal anvendes til energiafgrøder, og dette synes noget kontroversielt i en tid med mangel på fødevarer og de medfølgende stigninger i kornpriserne. (Jorden – en knap ressource)

Biomassen i Danmark kan øges på forskellige måder. Den umiddelbare måde er at anvende biprodukterne, der allerede eksisterer i det danske land- og skovbrug. Derudover kan der også dyrkes biomasse med det ene formål at indgå i energiproduktionen. (Jorden – en knap ressource)

Jorden har dog adskillige anvendelser, og der er problematikker med anvendelse af madvarer til energiproduktion. Disse potentielle konflikter er illustreret i figur 5.5. Hvor de otte ellipser overlapper hinanden, er der risici for konflikter. Samtidigt med at der kan være konflikter, er der også muligheder for synergi mellem de forskellige produktioner. For eksempel kan halm fra kornproduktion anvendes i kraftværker mens kornet anvendes til fødevarerproduktion. (Jorden – en knap ressource)



**Figur 5.5: Jordens anvendelsesmuligheder**

I den ovennævnte rapport skønnes det, at der er et potentiale for at 4-5 doble landbrugets produktion af biomasse til bioenergi ved at anvende halm i kraftvarmeværker, gylle til biogas, animalsk fedt til biodiesel samt flerårige energiafgrøder og græs. Det indebærer endvidere at der skal anvendes noget af den landbrugsjord, der tidligere er blevet braklagt. (Jorden – en knap ressource)

Ifølge Energistyrelsen var potentialet for biomasse i energiproduktionen på 165 PJ i 2006 (<http://www.ens.dk/sw17120.asp>), og fra KVL er der præsenteret et tal så højt som 417 PJ. Den store mængde biomasse afhænger af afgrødeomlægninger, mens Energistyrelsens opgørelse er baseret på restprodukter. (IDA plan)

For at vurdere potentialet for biomasse i Aalborg Kommune tages der udgangspunkt i de tre forskellige nationale potentialer. De fordeles over forskellige biobrændsler med samme andele som i Energistyrelsens opgørelse. Herudover findes Aalborg Kommunes potentiale baseret på de tre potentialer ud fra befolkningstallet i kommunen i forhold til hele den danske befolkning.

PJ	Fødevareministeriet	Energistyrelsen	KVL
- halm	40	55	138,985
- træ	29	40	101,08
- biomasse til biogas	29	40	101,08
- bionedbrydeligt affald	22	30	75,81
<b>I alt</b>	<b>121</b>	<b>165</b>	<b>417</b>
<b>Potentiale i AK</b>	<b>4,31</b>	<b>5,88</b>	<b>14,86</b>

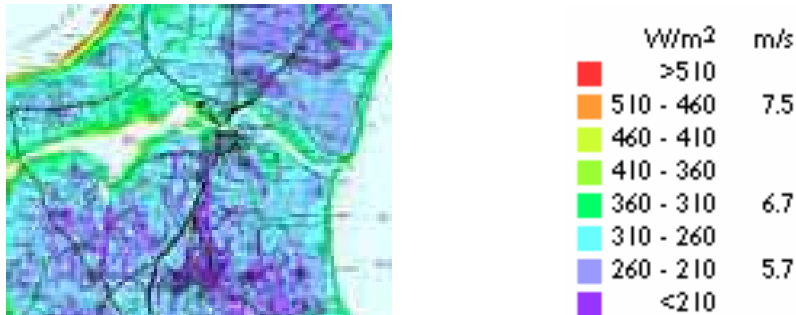
**Tabel 5.2: Fordeling af biomasse på baggrund af tre potentialer og potentialet i Aalborg Kommune**

Som det fremgår af tabel 5.2 er der meget store forskelle på de tre potentialer, og dermed bliver der også store forskelle på potentialerne for Aalborg Kommune. Umiddelbart kan det konkluderes at der kan opnås 4,31-5,88 PJ biomasse til energiproduktionen uden at lægge afgrøderne væsentligt om i kommunen. Satses der derimod på større omlægninger kan der opnås op mod 15 PJ biomasse i kommunen.

## Vedvarende energi i Aalborg Kommunes energiforsyning

### Vindkraft

Potentialet for vindkraft i Aalborg Kommune er meget lig potentialet i det resterende af landet med undtagelse af især den jyske vestkyst. Dermed er der et potentiale for meget vindkraft i kommunen til at dække de nuværende og fremtidige behov for elektricitet.

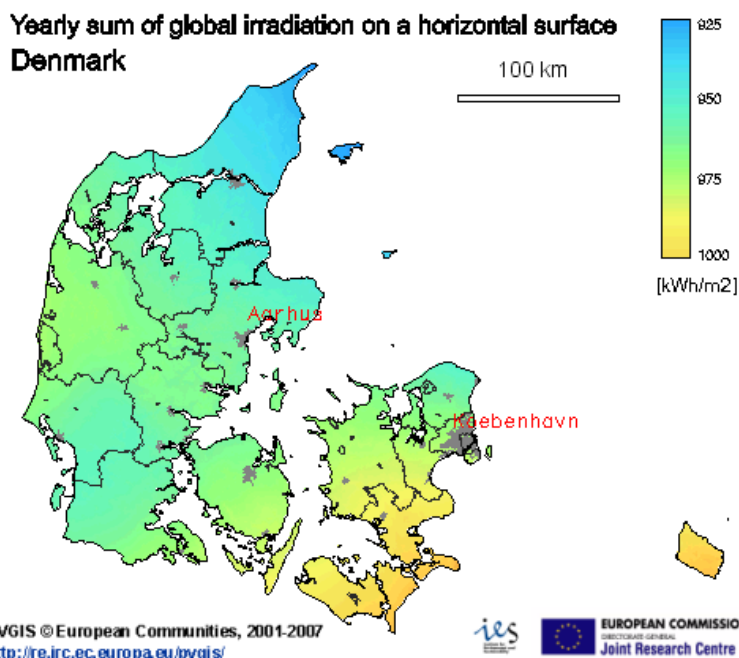


<http://www.windpower.org/da/tour/wres/dkmap.htm>

Da Aalborg Kommune er en kommune af betydelig størrelse vurderes det at være muligt at dække hele kommunen behov for elektricitet med vindkraft, hvis det er ønsket. Dette forudsætter at møllerne placeres på de mest hensigtsmæssige steder for den optimale produktion af elektricitet, men dette forventes gjort i alle tilfælde.

### Sol

Effekten af solen i Aalborg Kommune ligger i den lavere ende af det danske niveau. Det forventes dog, at der kan opnås 930-940 kWh/m<sup>2</sup> solceller eller –fangere i Aalborg Kommune.



Tabel 5.3: Den årlige solenergi over Danmark  
([http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/countries/europe/g13y\\_dk.png](http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/countries/europe/g13y_dk.png))

## Vedvarende energi i Aalborg Kommunes energiforsyning

---

Potentialet for solvarme og –celler kan bl.a. skønnes ved hjælp af arealet af tagene på de offentligt ejede bygninger foruden de private boliger. Det forudsættes, at halvdelen af tagene på de offentlige bygninger vil have hældninger mod syd, sydvest eller vest og dermed være egnede til solceller eller –fangere. Ud af disse 50% skal mindst 1/5 anvendes til produktion af energi, og dermed forventes det at 10% af tagarealerne af de offentlige bygninger i Aalborg Kommune kan anvendes til solenergi. Ifølge Energistyrelsen kan anlæg med et areal mellem 30 og 200 m<sup>2</sup> almindeligvis dække 15-35% af varmtvandsforbruget, hvilket kan være en løsning for mange offentlige bygninger. For de private boliger er det mere sandsynligt med et anlæg af 2-10 m<sup>2</sup>, som kan dække 50-70% af varmtvandsforbruget. Dermed kan et evt. olie- eller gasfyr undlades at blive brugt i sommermånerne. (<http://www.ens.dk/sw16788.asp>)

### Opsamling

Der er adskillige muligheder for at producere energi på en miljømæssig ansvarlig måde i Aalborg Kommune. For el- og varmemeforbruget findes de måder at samproducere energien eller det kan gøres separat. For brændstoffer til transporten ligger det største fokus på at finde alternativer til fossile brændsler for at kunne opnå et energisystem baseret udelukkende på vedvarende energi.

Potentialet for den vedvarende energi i kommunen har en del usikkerheder i opgørelserne, da der er flere variable, der kan ændres, som det lyster. Især for potentialet for biomasse kan ændres væsentligt alt efter hvor mange afgrøder, der omlægges. Vindpotentialet skønnes at kunne dækkes hele elbehovet i kommunen, hvis dette skulle blive nødvendigt, og potentialet for både solfangere og –varme afhænger åbenlyst af størrelsen af anlægget.



## 6 Alternativer til det nuværende energisystem

---

*For at vurdere alternativer til den fremtidige energiforsyning end referencesituationerne, der blev lavet i kapitel 4, udarbejdes der forskellige scenarier. Der arbejdes med to forskellige retninger, hvoraf det ene er at følge regeringens mål og retningslinier, mens det andet scenarie har til formål at opnå et energisystem baseret 100% på vedvarende energi. Herefter laves der følsomhedsanalyser ved at ændre nogle af de givne forudsætninger for at se, hvilke konsekvenser, det vil resultere i.*

### 6.1 Nye udformninger til energisystemet i Aalborg Kommune

Til at belyse den fremtidige energiforsyning i Aalborg Kommune laves der to forskellige scenarier. Det første tager udgangspunkt i referencen for 2006 og følger den danske regerings mål for energipolitik indtil 2030. Dermed kan der gives et billede af Aalborg Kommunes energiforsyning i 2015 og 2030, når regeringens mål efterleves. Det andet scenarie tager udgangspunkt i at opnå 100% vedvarende energi i energiforsyningen, og derefter vurderes hvilke ændringer der er nødvendige i energiforsyningen for at opnå dette resultat.

#### 6.1.1 Modellering af scenarie efter regeringens mål og strategier

I februar i år kom regeringen og flere andre partier ud med en aftale om den danske energipolitik i årene 2008-2011. Et af formålene med dette forlig er at mindske afhængigheden af fossile brændsler ved at reducere energiforbruget og erstatte nogle af de fossile brændsler med vedvarende energi. Blandt andet bliver landbruget rolle i energiforsyningen styrket i form af mere lukrativ afregning af biogas og biomasse. Men også afregningen af vindmøllestrøm bliver forbedret og kan dermed gøre investeringen i vindmøller mere interessant. (Energiforliget 2008)

Ud fra regeringens energiforlig tages der fat i tre punkter, der også får indflydelse på energiforsyningen i Aalborg Kommune. Disse tre punkter omhandler transport, lavere energiforbrug samt mere vedvarende energi i energiforsyningen. Disse tre emner er udvalgt baseret på, at det ikke anses som kommunens ansvar at reducere energiforbruget i nybyggerier eller at involvere sig i energiselskabernes produktion af energi. Hvordan de tre udvalgte emner kan behandles i en fremtidig energiforsyning gennemgås i de følgende afsnit.

#### Transport

I forbindelse med energiforliget blev der udarbejdet et krav om, at der i transportsektoren skal anvendes 5,75% biobrændstoffer i 2010 samt 10% i 2020 af brændstofforbruget til landtransport. I dette scenario ændres det kun for landtransporten, og der vil blive anvendt bioethanol til at erstatte benzin, mens biodiesel skal erstatte diesel. Ifølge landsfremskrivningen for transportsektoren, der skaleres ned til Aalborg Kommunes størrelse, svarer det til 6 mio liter benzin og 5 mio liter diesel i 2010 samt 11 mio liter benzin og 9 mio liter diesel i 2020.

Da denne rapport beskæftiger sig med årene 2015 og 2030 er der tilsvarende fundet mængder af biobrændstof for disse år. På baggrund af mængden af biobrændstoffer i 2010 og 2020 vurderes det at følgende mængder biobrændstof i 2015 og 2030 skal indgå i Aalborg Kommunes energisystem.

## Vedvarende energi i Aalborg Kommunes energiforsyning

Mio. liter	2015	2030
Bioethanol	8	15
Biodiesel	6,5	12

**Tabel 6.1: Mængder af biobrændstoffer i 2015 og 2030 i Aalborg Kommune**

Som det fremgår af tabel 6.1 skal der samlet set anvendes 14,5 mio liter biobrændstof i Aalborg Kommune i 2015 og 27 mio liter i 2030.

Det skal imidlertid huskes, at da der skal anvendes biomasse til transportsektoren, vil det give mindre af disse til produktion af el og varme. Derfor skal der i forbindelse med modelleringen i EnergyPLAN sikres at forbruget af biomasse ikke overskrider det nuværende niveau i kommunen.

### Lavere energiforbrug

Som følge af energiforliget skal det samlede bruttoenergiforbrug i 2011 være 2% lavere end der var i 2006, og i 2020 skal det være 4% lavere end i 2006. På baggrund af disse mål skønnes det at en 3% reduktion i 2015 og 6% reduktion i 2030 i forhold til bruttoenergiforbruget i 2006 er muligt i Aalborg Kommune.

Vurderet ud fra energiforliget lader det ikke til, at regeringen sætter energibesparelser i transportsektoren højt på dagsordenen, og derfor vil disse energibesparelser kun foretages for el- og varmeproduktion. Desuden baseres denne reduktion på lige stor reduktion for både el og varme – altså 3% i 2015 og 6% i 2030 for begge energiformer. Dette er måske ikke fuldstændigt sandsynligt, da elforbruget er vurderet til at stige i fremtiden, mens varmeforbruget vil falde ifølge Energistyrelsens basisfremskrivning, men der er alligevel valgt en lige stor reduktion for el og varme for enkelthedens skyld.

Aalborg Kommunes samlede bruttoenergiforbrug til produktion af el og varme i 2006 findes på outputtet af modelleringen af reference 2006, som findes bagerst i rapporten. I dette er bruttoenergiforbruget foruden energien til transport 3,25 TWh, og efter det er reduceret med 3% og 6% skal energiforbruget i 2015 ligge på 3,15 TWh og 3 TWh i 2030.

Det er især elforbruget, der presses med de nye reduceringer. Ifølge fremskrivningen uden reduceringer er elforbruget i 2030 steget i forhold til 2006, og nu skal det derimod reduceres. Til gengæld er det en mindre ændring for energiforbrug til varmeproduktionen, da dette forbrug efter fremskrivningen til 2030 ligger på et niveauet, der er tæt på det fra 2006.

### Vedvarende energi

Det sidste emne, der bringes op fra energiforliget, er at 20% af Danmarks bruttoforbrug af energi skal dækkes med vedvarende energi i 2011. I 2006 blev der i Aalborg Kommune produceret 190 GWh vha. vindkraft (udtræk af energistyrelsens stamdataregister for vindmøller) og 60 GWh med biomasse i produktionen af el og varme. Af et samlet energiforbrug til el, varme og transport på 5.060 GWh i 2006 svarer det til 5%, og regeringens mål er, at der skal være 20% vedvarende energi i det samlede energiforbrug i 2011.

Groft set er det en tilføjelse på 15% over fem år i Aalborg Kommune, og det forventes ikke at denne udvikling kan fortsætte i samme hast efter 2011. Skues der frem mod 2030 anses det for værende muligt med en forøgelse på 15% over 10 år, og med denne udvikling kan der nås 27% vedvarende energi i 2015 og 50% vedvarende energi i bruttoforbruget i 2030 efter tidligere nævnte energireduktioner. I denne sammenhæng skal det huskes, at foruden produktionerne af el og varme skal energien til transportsektoren også medregnes.

## Vedvarende energi i Aalborg Kommunes energiforsyning

For at finde mængden af vedvarende energi i 2015 og 2030 tages der udgangspunkt i bruttoenergiforbrugene i outputtene fra EnergiPLAN for referencerne for de to år, og her medregnes ovennævnte energibesparelser for energiforbrugene til el og varme men ikke transporten.

Dermed bliver beregningsgrundlaget bruttoenergiforbruget til el og varme uden de 3% og 5% energibesparelser + den totale mængde energi til transport. Disse grundlag og mængden af vedvarende energi i energisystemerne i 2015 og 2030 er som følger:

GWh	Samlet energiforbrug	Vedvarende energi
2015	5.035,20	1.007,04
2030	5.356,60	2.678,30

Tabel 6.2: Samlet energiforbrug og mængden af vedvarende energi i energisystemerne

Det bør bemærkes at mængden af vedvarende energi fra de 250 GWh i 2006 skal firdobles inden 2015 for at nå målet om 1.000 GWh, og derefter skal den i de følgende 15 år mere end fordobles. Men herefter skal det også huskes på, at biobrændstofferne, der også er et af målene, også tæller med i dette regnskab. Med energiindhold på 21,1 MJ/liter for bioethanol og 34,5 MJ/liter for biodiesel ([http://bioenergy.ornl.gov/papers/misc/energy\\_conv.html](http://bioenergy.ornl.gov/papers/misc/energy_conv.html)) giver det følgende energiindhold, der allerede skal indgå i scenarierne:

(GWh)	Bioethanol	Biodiesel
2015	47	62
2030	88	115

Tabel 6.3: Energiindhold i biobrændstofferne der skal indgå i scenarierne

Som det ses i tabel 6.3 udgør biobrændstofferne en meget lille del af energiindholdet af den vedvarende energi, der skal implementeres i scenarierne. Derfor vil den største ændring komme i produktionen af el og varme. I energiforliget fra regeringen lægges der op til mere vindkraft samt mere biomasse i centrale kraftvarme for at mindske brugen af fossile brændsler, og det er derfor på disse områder, der vil blive indført vedvarende energi.

### Modellering af regeringens scenario

Som grundlag til scenariet med regeringens mål og strategier anvendes referencescenarierne for 2015 og 2030. Derudover ændres nogle input som følge af energiforliget, og disse ændringer ses i tabel 6.4.

	2015	2030
Biobrændstof (mio. liter)	14,5	27
Energibesparelse til el og varme i forhold til 2006-niveau (GWh)	97,5	195
Vedvarende energi (GWh)	1.007	2.678

Tabel 6.4: Nye input til modelleringer

Udover de nye input ændres produktionsformerne ikke. Dermed anvendes de samme værker bortset fra at der opstilles mere vindkraft. Energiforbruget til varmeproduktionen skæres ned lige meget på alle produktionsformer således at alle værker og kedler reduceres med samme procentsats. Hvordan energiforbruget fordeles til varmeproduktionen kan ses i tabel A og B i appendiks B. Herefter skal der implementeres vedvarende energi, og som skrevet i energiforliget sker det så vidt muligt i den centrale energiforsyning. Foruden den centrale produktion ændres der også i mængden af vindkraft, hvor der opstilles 30% mere vindkraft i 2015 i forhold til 2006, og i 2030 opstilles der 70% mere end i 2006.

## Vedvarende energi i Aalborg Kommunes energiforsyning

De samlede output for regeringens mål for 2015 og 2030 kan ses i tabel C og D i appendiks B, og i nedenstående tabel 5.6 er udvalgt nogle nøgletal, som sammenlignes med referencerne fra samme år. Benævnelsen ref efter et årstal betegner, at det er et referencescenario, og reg betegner scenarierne, som er lavet efter regeringens mål.

	2015-ref	2015-reg	2030-ref	2030-reg
<b>Input: (TWh)</b>				
Elforbrug	1,14	1,10	1,25	1,06
Fjernvarmeforbrug	0,60	0,56	0,58	0,54
Brændsel til transport	1,97	2,30	2,17	2,71
Kondens-el i % af elforbrug	75,44	71,82	77,60	65,09
Kedler i % af fjernvarmeforbrug	0,00	0,00	0,00	0,00
Overskudsvarme (TWh)	0,34	0,32	0,33	0,31
Vedvarende energi i % af bruttoenergi	22,81	35,62	21,94	60,64

Tabel 6.5: Output for referencer samt scenarier med regeringens mål i 2015 og 2030

I alle scenarierne fremkommer der en overproduktion af varme på mere end 50% af fjernvarmeforbruget, og af de samlede output, som findes i tabel C og D i appendiks B, fremkommer det, at overskudsvarmen produceres i den centrale fjernvarme som et resultat af den store varmeproduktion hos Aalborg Portland og RenoNord. En løsning på dette kan være at reducere denne varmeproduktion, men da det ikke er et af målene i dette alternativ, vil det ikke blive undersøgt nærmere.

Resultaterne af reduktioner i bruttoenergiforbruget og implementering af biobrændsler samt vedvarende energi er vist i tabel 6.5. Heraf fremgår det, at målet om 27% og 50% vedvarende energi i systemet i hhv. 2015 og 2030 kan opnås med mere biomasse og vindkraft. For begge år er der endda en større andel en målsætningen var, så det vil være muligt at anvende mindre biomasse eller vindkraft og stadig nå målene.

### 6.1.2 Modellering af scenario med 100% vedvarende energi i 2030

Et andet alternativ til den nuværende energiforsyning og regeringens mål for den nationale strategi kan være et mål om en energi forsyning 100% med vedvarende energi. Det kan måske synes som en drastisk løsning, men i en tid med stigende oliepriser og en faldende produktion af olie er det en god idé at søge efter andre løsninger.

For at nå målet om 100% vedvarende energi i energiforsyningen skal der indføres energibesparelser samt nogle brændsler skal omlægges til andre. For at gøre det overskueligt bliver de forskellige brug af energi samt teknologi og vedvarende energi behandlet særskilt i de næste fem emner. I disse emner gennemgås det hvordan, der skal laves ændringer, som kan ende med at opfylde målet for dette alternativ til Aalborg Kommunes energiforsyning.

#### El

Målet for elforbruget i 2013 er at reducere det med 40% i forhold til reference2006. Dette svarer til en reduktion på 0,452 TWh, så forbruget kommer ned på 0,678 TWh. Denne reduktion skal ske både i husholdningerne, industrien samt i servicevirksomheder. Det synes muligt med en sådan besparelse vha. mere effektive e-apparater i husholdningerne, der endda kan skære energiforbruget ned med 50% i husholdningerne (IDA plan).

Kondens-el er den største "producent" af el i det kollektive system, og denne strøm skal hellere produceres ved kraftvarmeproduktion, da det er mere effektivt. Men på grund af den store produktion af overskudsvarme fra Aalborg Portland og RenoNord er det meget begrænset, hvor meget kraftvarme der produceres. For at reducere mængden af kondens-el

## Vedvarende energi i Aalborg Kommunes energiforsyning

---

er det muligt at reducere mængden af overskudsvarme, så der fremkommer et større behov for kraftvarmeproduktion eller elektriciteten kan produceres med bl.a. vindkraft. Da det kan være vanskeligt at reducere overskudsvarmen, planlægges der at have fordoblet produktionen af vindkraft i 2030 i forhold til 2006, hvormed produktionen vil stige fra 190 GWh til 380 GWh. Det forudsættes at vindmøllerne placeres således, at de vil have en størst mulig produktion.

### Varme

Baseret på referencerne fra 2006 og 2030 var der ikke en stor stigning i varmeforbruget i denne periode. Der skønnes med en reduktion på 40% af rumvarme, hvilket svarer til en endelig besparelse på 24% med en fordeling af varmen på 60% rumvarme, 20% brugsvand og 20% nettab (IDA plan). Dermed falder produktionen med 403 GWh til 1278 GWh.

Foruden reduktionen i rumvarme omlægges 10% af den individuelle opvarmning til kollektiv fjernvarme baseret på et nationalt skøn for fjernvarmenettet (IDA plan). Denne omlægning vil fordeles med 60% på oliefyr og 40% på elvarme, da disse to typer er de mest anvendte til opvarmning i den individuelle opvarmning. Dermed bliver der omlagt 33,4 GWh fordelt med 20,04 GWh oliefyr og 13,36 GWh elvarme.

For at mindske afbrændingen i RenoNord og dermed kunne mindske produktionen af overskuds varme frasorteres den organiske del af affaldet, hvilket svarer til 20%. Dette betyder dog, at det er nødvendigt med en todelt indsamling af dagrenovation hos forbrugerne. Til gengæld åbner det op for en mulighed for at lagre resten af affaldet, da der ikke længere er sundhedsfare forbundet med at lade det ligge, efter den organiske andel er frasorteret. Ved at lagre resten af affaldet kan der afbrændes mindre om sommeren, hvor varmebehovet er mindre end om vinteren. Den frasorterede organiske affald skal anvendes til produktion af biogas, hvilket også er en mere effektiv anvendelse (<http://www2.mst.dk/common/Udgivramme/Frame.asp?http://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2000/87-7909-795-2/html/kap02.htm>). Brændselsforbruget til RenoNord var i 2006 257,64 GWh efter den ovennævnte reduktion på 24% Heraf skal de 20% anvendes til biogas, hvilket svarer til 51,53 GWh.

Foruden ovennævnte ændringer skal der også indføres solvarme i energisystemet. I det centrale kraftvarmeområde, skal der implementeres 2% solvarme af varmeforbruget, da denne mængde ifølge modelleringerne kan implementeres uden at opføre varmelagre. I de decentrale områder opføres der 10% solvarme. I 2006 var varmeforbruget i det centrale kraftvarmeområde 466 GWh og efter 24% reduktion er det på 354 GWh, hvoraf 7 GWh nu skal produceres med solvarme. I de decentrale områder var varmeforbruget i 2006 på 83 GWh efter 24% besparelse og ud af det forbrug skal 8,28 GWh produceres vha. solvarme.

Bygningerne udenfor den kollektive forsyning får installeret solvarme på 90% af bygningerne, og disse solfangere får en størrelse, så de kan dække 30% af bruttoenergiforbruget i disse 90% af bygningerne. Energiforbruget til individuel opvarmning var i 2006 på 254 GWh efter energibesparelse, 90% af dette er 228 GWh, og heraf dækkes 30% af energiforbruget med solvarme, hvilket svarer til 69 GWh. Foruden solvarme omlægges 10% af brændselsforbruget til brintfyrede brændselsceller. Her er det naturligvis kun produktionsanlæg, som anvender fossile brændsler, der omlægges. Det drejer sig om 25 GWh.

Det brændsel der er tilbage efter reduktioner og omlægninger erstattes med biomasse i energisystemet.

## Vedvarende energi i Aalborg Kommunes energiforsyning

### Transport

Som udgangspunkt for transportsektoren forudsættes det, at persontransportarbejdet og godstransportarbejdet vil være stabile i perioden 2006-2030.

En del af bilismen skal overføres til de kollektive transportmidler. Det drejer sig om 5% af persontransportarbejdet flyttes til cykler mens 5% flyttes til tog. Herudover flyttes også 5% af godstransportarbejdet fra vej til tog. De resterende 85% af vejtransporten dækkes med biobrændstoffer og elbiler med biodiesel som erstatning for diesel samt el og ethanol som erstatning for benzin med en fordeling på hhv. 70% og 30%. Ethanolen kan produceres på et IBUS-anlæg med et forhold på 1000 TJ biomasse pr. 753 TJ ethanol + et tilført elforbrug på 29 GWh (IDA plan).

Lufttransportens udenrigsflyvninger synes ikke at være oplagte at ændre i en energiplan for Aalborg Kommune, men for indenrigsflyvningerne skal der ske ændringer. Under forudsætningen af at der på landsplan sker forbedringer af jernbanenettet, vil det være muligt at nå fra Aalborg til København på tre timer eller derunder. Hermed bliver togtrafikken en stærk konkurrent til flyet, og det skønnes at 80% af brugerne af indenrigsflyvningerne til København vil foretrække toget frem for fly. Hermed bliver energiforbruget til fly 47 GWh sammenlignet med 234 GWh i referencen for 2030.

For togdriften gælder at godstransportarbejdet er stabilt i perioden 2006-2030, men hertil skal føjes de 5% af persontransportarbejdet fra biler foruden 5% af godstransportarbejdet ligeledes fra vejtransporten. Det forudsættes, at jernbanenettet vil være forbedret i 2030, samt at det er omlagt til el.

Alle disse omlægninger og reduktioner resulterer i følgende energiforbrug i transportsektoren i 2030:

	Ethanol	Biodiesel	Elektricitet	Jet fuel
GWh	38,61	356,33	45,83	25,5

Tabel 6.6: Energiforbruget til transport i 2030

Som det ses i tabel 6.6 lykkes det at omlægge al transporten til vedvarende energi undtagen flytransporten. Dermed er det forudsagt, at energi systemet ikke bliver 100% baseret på vedvarende energi.

	2030-VE	2030-reg
Input: (TWh)		
Elforbrug	0,68	1,06
Fjernvarmeforbrug	0,47	0,54
Brændsel til transport	2,24	2,71
Kondens-el i % af elforbrug	107,35	65,09
Kedler i % af fjernvarmeforbrug	0,00	0,00
Overskudsvarme (TWh)	0,20	0,31
Vedvarende energi i % af bruttoenergi	99,61	60,64

Tabel 6.7: Output fra scenario med 100% VE i 2030 og scenario med regeringens mål for 2030

Som det ses i tabel 6.7 er det meget tæt på at målet om 100% vedvarende energi nås. Som beskrevet tidligere er den eneste årsag til, at det ikke er lykket, at der stadig er brændstof til fly i energisystemet. For at nå målet om de 100% vedvarende energi i 2030 er det en mulighed at bruge regeringens mål for 2030 som et delmål i 2015. Dermed er der 60% vedvarende energi, energireduktioner samt biobrændsler implementeret i systemet.

### 6.2 Alternativ med 100% VE og uden Aalborg Portland

To gennemgående ting ved de forskellige scenarier er, at det meste af varmeproduktionen sker vha. overskudsvarme fra Aalborg Portland og RenoNord, samt at det meste af elproduktionen således sker ved kondens-el, da der ikke er behov for at bruge kraftvarmeværkerne til varmeproduktion.

Ved at tage Aalborg Portland ud af energisystemet reduceres elforbruget med 330 GWh ud af totalt 1,13 TWh, hvilket svarer til 26,55% (reference2006). Foruden det store elforbrug spiller Aalborg Portland også en rolle i varmeproduktionen, da det bruger 13,29% (215 TJ ud af 1.618 TJ) af brændslerne til varmeproduktionen i reference2006.

	2030-VE uden Portland
Input: (TWh)	
Elforbrug	0,50
Fjernvarmeforbrug	0,47
Brændsel til transport	2,24
Kondens-el i % af elforbrug	0,78
Kedler i % af fjernvarmeforbrug	0,02
Overskudsvarme (TWh)	0,01
Vedvarende energi i % af bruttoenergi	99,55

Tabel 6.8: Output fra scenario med 100% vedvarende energi og uden Aalborg Portland

Sammenlignet med scenariet med 100% vedvarende energi med Portland har dette nye scenario en fin balance i produktionen af varmen. Som det ses af det fuldstændige output bagerst i rapporten er der ikke længere tilstrækkeligt overskudsvarme til at dække behovet for varme. Nu er kedlerne en anelse i brug om vinteren, mens der også er mere brug for kraftvarmeværkerne. Fordi kraftvarmeværkerne bruges, produceres der også elektricitet på værker, så andelen af kondens-el er reduceret i dette scenario.

### Opsamling

Ved modellering efter regeringen mål opnås der 60% vedvarende energi i energisystemet i 2030. Dette kan medvirke til en reduktion af CO<sub>2</sub>-udledningerne, og dermed opfylde et af de overordnede mål, regeringen havde med energiforliget. Den er en forholdsvis stor produktionen af overskudsvarme, og den varme kan anvendes til udbygning af det kollektive fjernvarmenet.

Det viste sig ved modelleringen af scenariet med 100% vedvarende energi, at det er teknisk muligt at opnå for Aalborg Kommune i 2030. Energiforbruget med biomasse overskrider potentialet for biomasse, men det er muligt, at det alligevel kan lade sig gøre med mere effektive produktionsanlæg i 2030. Endeligt endte det endvidere med, at regeringens mål for 2030 kan anvendes som delmål for scenariet med 100% vedvarende energi i 2030.







### 7 Konklusion

---

Fremtidsplanlægning er en usikker affære, da det er umuligt at forudsige fremtiden. Kombineres det endvidere med energisystemer, gør det ikke sagen meget nemmere. Og skal der ligefrem implementeres vedvarende energi i energisystemerne, er der flere ting, der skal tages højde for.

Især den fluktuerende produktion af elektricitet er problematisk, da den ikke altid produceres, når der er behov for den. Derfor er det nødvendigt med et intelligent energisystem og at sikre sig at nettet er stabilt. Herudover er det selvfølgelig vigtigt over for kunderne at balancere udbuddet med efterspørgslen.

Udover problemerne er der også fordele ved brug af vedvarende energi i energisystemet. En af disse fordele er, at vedvarende energi ofte produceres decentralt, og det mindsker risikoen for nedbrud, der rammer store grupper af forbrugere. I et decentralt system med flere, mindre værker er der endvidere et mindre behov for højspændingsledninger sammenlignet med et centraliseret system med få, store værker.

Energiforsyningen i Aalborg Kommune er i stor grad præget af en central forsyning med Nordjyllandsværket, RenoNord og Aalborg Portland. Fra RenoNord og Aalborg Portland leveres der en stor mængde overskudsvarme, og det vil være uhensigtsmæssigt ikke at benytte sig af den. Da denne overskudsvarme fylder meget i varmforsyningen, ville det være interessant at ændre på deres produktion af overskudsvarme – evt. ved at reducere mængden af affald til RenoNord.

At få miljøvenlige brændsler ind i et energisystem synes overskueligt angående produktionen af el og varme. Til gengæld synes det mere problematisk at erstatte de fossile brændsler, der anvendes til transport, som det også fremgik af scenariet med 100% vedvarende energi.

Kommunens potentialer for vedvarende energi synes lidt usikre. Det gælder sig især for biomasse, da det i høj grad kommer an på, hvor meget der omlægges, og hvor meget der skal anvendes til et andet formål. Vindpotentialet er i Aalborg Kommune som i størstedelen af Danmark, og derfor vurderes det, at det er muligt at implementere mere vindkraft.

Modellering efter regeringen mål resulterer i 60% vedvarende energi i energisystemet i 2030. Dette kan medvirke til en reduktion af CO<sub>2</sub>-udledningerne, og dermed opfylde et af de overordnede mål, regeringen havde med energiforliget.

Det fremkommer ved modelleringen af scenariet med 100% vedvarende energi, at det er teknisk muligt at opnå et energisystem baseret 100% på vedvarende energi for Aalborg Kommune i 2030. Endeligt endte det endvidere med, at regeringens mål for 2030 kan anvendes som delmål for scenariet med 100% vedvarende energi i 2030. Dette kan tyde på, at regeringen arbejder i den rigtige retning men måske lidt for langsomt og uambitiøst.



### Referenceliste

---

**IPCC 2007:** "Climate Changes 2007: The Physical Science Basis", 2007, Intergovernmental Panel on Climate Changes

**EWEA 2006:** "Large scale integration of wind energy in the European power supply, 2005, EWEA,  
[http://www.ewea.org/fileadmin/ewea\\_documents/documents/publications/grid/051215\\_grid\\_report\\_summary.pdf](http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/publications/grid/051215_grid_report_summary.pdf)

**KL 2007:** "Klima på den danske dagsorden", 2007, Kommunernes Landsforening,  
<http://www.kl.dk/ncms.aspx?id=a4f1046d-59d6-4a1c-bde4-f9e7f1b6bcab&ax=center:ff774c41-27e0-487b-a07e-e3b00224611a,0&menuid=363941&menuobj=742f6c12-cdf0-4fd5-995c-3dbdc457b403&cpid=e4b11017-70c8-4e56-b7b5-aef183a5a55e&aid=ff774c41-27e0-487b-a07e-e3b00224611a>

**KL 2008a:** "Aftale mellem KL og miljøministeren om kommunernes vindmølleplanlægning", 2008, Kommunernes Landsforening, <http://www.kl.dk/ncms.aspx?id=47993632-0244-4c79-acf3-36b4d7486986&ax=center:48d84973-7b9f-4c2b-9c4d-015a006d8f18,0&cpid=a7ad67ee-f397-4676-9625-81db724ebe53&aid=48d84973-7b9f-4c2b-9c4d-015a006d8f18>

**KL 2008b:** "Kommunerne arbejder med klima", 2008, Kommunernes Landsforening,  
<http://www.kl.dk/ncms.aspx?id=a4f1046d-59d6-4a1c-bde4-f9e7f1b6bcab&ax=center:bf9854a2-c1bd-4b24-b9da-23c4a20ded91,0&menuid=363941&menuobj=742f6c12-cdf0-4fd5-995c-3dbdc457b403&cpid=e4b11017-70c8-4e56-b7b5-aef183a5a55e&aid=bf9854a2-c1bd-4b24-b9da-23c4a20ded91>

**Lund 2008:** "EnergyPLAN", 2008, Henrik Lund, Aalborg University

**Regering 2008:** "Aftale mellem regeringen (Venstre og Det Konservative Folkeparti), Socialdemokraterne, Dansk Folkeparti, Socialistisk Folkeparti, Det Radikale Venstre og Ny Alliance om den danske energi-politik i årene 2008-2011"  
[http://www.ens.dk/graphics/ENS\\_Energipolitik/Energiaftalen/energiaftale-21022008\\_final.pdf](http://www.ens.dk/graphics/ENS_Energipolitik/Energiaftalen/energiaftale-21022008_final.pdf)

**Schwartz 1991:** "The Art of the Long View", 1991, Peter Schwartz, Currency Doubleday

**UCTE 2006:** "Operation handbook – Current status", 2006, UCTE  
[http://www.ucte.org/ohb/cur\\_status.asp](http://www.ucte.org/ohb/cur_status.asp)

**Wikipedia 2008a:** "Aalborg Municipality", 2008, Wikipedia  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Aalborg\\_Municipality](http://en.wikipedia.org/wiki/Aalborg_Municipality)

**Wikipedia 2008b:** "Aalborg", 2008, Wikipedia, <http://da.wikipedia.org/wiki/Aalborg>

**Windpower 2008:** "Hurra, energiforliget virker", Vindmølleindustrien,  
<http://www.windpower.org/composite-1943.htm>

**Østergaard 2007:** "Electricity systems for energy planners", 2007, Poul Alberg Østergaard, Aalborg University

## Appendiks A

### Kollektiv varmforsyning

Navn	Type	Brændselsforbrug (TJ)	Brændsel
Nordjyllandsværket	Centralt kraftvarmeværk	3.659	Kul
Aalborg Portland <sup>3</sup>	Industrielt overskudsvarme	459 703 57 215	Kul Koks Fuelolie Affald
Reno Nord	Industrielt overskudsvarme	1.403 <sup>(1)</sup>	Affald
Tylstrup	Decentralt kraftvarmeværk	46 <sup>(2)</sup>	Naturgas
Langholt	Decentralt kraftvarmeværk	31 <sup>(2)</sup>	Naturgas
Grindsted/Uggerhale	Decentralt kraftvarmeværk	34 <sup>(2)</sup>	Naturgas
Hou	Decentralt kraftvarmeværk	21 <sup>(4)</sup>	Naturgas
Farstrup-Kølby	Decentralt kraftvarmeværk	21 <sup>(4)</sup>	Naturgas
Kongerslev	Decentralt kraftvarmeværk	46 <sup>(4)</sup>	Naturgas
Mou	Decentralt kraftvarmeværk	38 <sup>(4)</sup>	Naturgas
Nibe	Decentralt kraftvarmeværk	165 <sup>(4)</sup>	Naturgas
Ulsted	Decentralt varmeværk	31 <sup>(4)</sup> 9 <sup>(4)</sup>	Træpiller Solvarme
Gandrup-V.Hassing	Centralt kraftvarmeværk	155 <sup>(4)</sup>	Kul
Hals	Decentralt varmeværk	66 <sup>(4)</sup> 19 <sup>(4)</sup> 6 <sup>(4)</sup>	Flis Halm Farligt affald (olie)

## Vedvarende energi i Aalborg Kommunes energiforsyning

		9 <sup>(4)</sup>	Fyringsolie
Sønderholm	Decentralt kraftvarmeværk	24 <sup>(4)</sup>	Naturgas
Vaarst/Fjellerad	Decentralt kraftvarmeværk	3 <sup>(4)</sup> 29 <sup>(4)</sup>	Biogas Naturgas
Ferslev/Ellidshøj	Decentralt kraftvarmeværk	35 <sup>(4)</sup> 9 <sup>(4)</sup>	Naturgas Biogas
<b>Total</b>		7.294	

Tabel A: Oversigt over central og decentral produktion af el og varme i Aalborg Kommune

<sup>(1)</sup> [http://www.renonord.dk/Media/aarsrapport\\_2007\\_den\\_4.04.2007.pdf](http://www.renonord.dk/Media/aarsrapport_2007_den_4.04.2007.pdf)

<sup>(2)</sup> Grønne regnskaber 2006, Forsyningsvirksomhederne, Aalborg Kommune

<sup>(3)</sup> (Fordeling af Portlands brændsler: [http://www.aalborg-portland.dk/media/pdf\\_filer/miljoeredegoerelse\\_2007.pdf](http://www.aalborg-portland.dk/media/pdf_filer/miljoeredegoerelse_2007.pdf), side 22 af 34) 1435 TJ i alt Fordelingen af brændslerne brugt på Aalborg Portland er som følger: 32% kul, 49% koks, 4% fuelolie og 15% alternative brændsler. De 15% alternative brændsler er ikke nærmere beskrevet og vil blive betragtet som affald.

<sup>(4)</sup> "Varmeværker uden for forsyningsområdet", Strategiplan – marts 2008, Forsyningsvirksomhederne – Fjernvarmeforsyningen, Aalborg Kommune

Data om kraftværkerne grupperes til de respektive grupper i EnergyPLAN hvor det anvendes til modellering af referencescenarie for 2006.

### Brændselsforbrug til varmeproduktion

Da flere af de fundne data for varmeforbruget dækker over brændselsforbruget til varmeproduktionen, bliver disse brændselsforbrug omregnet til reel produktion vha. virkningsgrader for de forskellige typer værker. Det gælder dog ikke for brændselsforbruget til den individuelle produktion, da der i denne gruppering dækkes over mange forskellige typer kedler og lign. med ukendte virkningsgrader.

2006	Brændselsforbrug		Brændsel	Effektivitet på værk	Varmeproduktion	
	TJ	GWh			TJ	GWh
Gruppe 2	490	136	Naturgas	<sup>(1)</sup> 0,55	271	75

## Vedvarende energi i Aalborg Kommunes energiforsyning

	128	36	Biomasse	<sup>(1)</sup> 0,80	102	28
	9	3	Solvarme	1,00	9	3
	15	4	Olie	<sup>(2)</sup> 0,80	12	3
Gruppe 3	3.814	1.059	Kul	<sup>(3)</sup> 0,44	1.678	466
Affald	1.618	449	Affald	<sup>(3)</sup> 0,75	1.214	337
Industri	1.219	339	Blandet		1.659	461
Total	7.293	2.026			4.945	1.374

Individuel produktion	1.203	334	Blandet
-----------------------	-------	-----	---------

Total for alt brændsel	8.496	2.360
------------------------	-------	-------

**Tabel B: Samlet oversigt over varmeproduktionen på værkerne i Aalborg Kommune fordelt over grupperinger til EnergyPLAN, 2006**

<sup>(1)</sup> Energikatalog, Eltra 2004

<sup>(2)</sup> <http://www.ens.dk/sw25747.asp>

<sup>(3)</sup> På baggrund af tabel E

For at finde den samlede varmeproduktion for 2015 og 2030 er brændselsforbrugene fremskrevet efter Energistyrelsen basisfremskrivning på nationalt niveau og herfter ganget med de tidligere fundne virkningsgrader.

2015	Brændselsforbrug		Brændsel	Effektivitet på værk	Varmeproduktion	
	TJ	GWh			TJ	GWh
Gruppe 2	508	141	Naturgas	0,55	281	78
	133	37	Biomasse	0,80	106	29
	9	3	Solvarme	1,00	9	3
	16	4	Olie	0,80	12	3
Gruppe 3	3.951	1.097	Kul	0,44	1.738	483

## Vedvarende energi i Aalborg Kommunes energiforsyning

Affald	1.676	466	Affald	0,75	1.257	349
Industri	1.263	351	Blandet		1.718	477
Total	7.554	2.098			5.122	1.423

Individuel produktion	1.246	346	Blandet
-----------------------	-------	-----	---------

Total for alt brændsel	8.800	2.444
------------------------	-------	-------

Tabel C: Samlet oversigt over varmeproduktionen på værkerne i Aalborg Kommune fordelt over grupperinger til EnergyPLAN, 2015

2030	Brændselsforbrug		Brændsel	Effektivitet på værk	Varmeproduktion	
	TJ	GWh			TJ	GWh
Gruppe 2	492	137	Naturgas	0,55	272	76
	129	36	Biomasse	0,80	103	29
	9	3	Solvarme	1,00	9	3
	15	4	Olie	0,80	12	3
Gruppe 3	3.831	1.064	Kul	0,44	1.686	468
Affald	1.625	451	Affald	0,75	1.219	339
Industri	1.225	340	Blandet		1.666	463
Total	7.326	2.035			4.967	1.380

Individuel produktion	1.208	336	Blandet
-----------------------	-------	-----	---------

Total for alt brændsel	8.534	2.371
------------------------	-------	-------

Tabel D: Samlet oversigt over varmeproduktionen på værkerne i Aalborg Kommune fordelt over grupperinger til EnergyPLAN, 2030

## Vedvarende energi i Aalborg Kommunes energiforsyning

### Transport

Brændselsforbruget til landtransport i Aalborg Kommune er opgjort på baggrund af landdækkende tal, der er skaleret ned til Aalborg Kommune på baggrund af befolkningstallet i Kommunen. Brændstoffet til indenrigsfly er baseret på det reelle tal fra Statistikbanken.

	Mio. liter	2006	2015	2030
<b>Personbil</b>	Benzin	91	95	100
	Diesel	11	11	12
<b>Bus</b>	Diesel	8	8	8
<b>Persontog</b>	Diesel	2	2	2
<b>Lastbiler</b>	Diesel	26	30	32
<b>Varevogn</b>	Benzin	9	10	11
	Diesel	28	32	37
<b>Godstog</b>	Diesel	0,21	0,21	0,21

Tabel E: Detaljeret fremskrivning af brændstof til transport

I tabel E ses en detaljeret oversigt over fremskrivninger af brændselsforbruget i Aalborg Kommune.

### Produktion of energi

Navn	Type	Elkapacitet (MW)	Varmekapacitet (MW)	Virkningsgrad , el (%)	Virkningsgrad , varme (%)	Virkningsgrad , total (%)
Nordjyllandsværket	Centralt kraftvarmeværk	477 <sup>1)</sup>	477 <sup>1)</sup>	47 <sup>3)</sup>	44 <sup>3)</sup>	91 <sup>3)</sup>
Aalborg Portland	Industriel overskudsvarme		77 <sup>5)</sup>			
Reno Nord	Industriel overskudsvarme	25 <sup>2)</sup>	1272 <sup>2)</sup>	75 <sup>6)</sup>	22 <sup>6)</sup>	97 <sup>4)</sup>
Tylstrup	Decentralt kraftvarmeværk	2,3 <sup>1)</sup>	6 <sup>1)</sup>			
Langholt	Decentralt kraftvarmeværk	1,6 <sup>1)</sup>	4,7 <sup>1)</sup>			
Grindsted/Uggerhalse	Decentralt kraftvarmeværk	1,6 <sup>1)</sup>	4,7 <sup>1)</sup>			
Hou	Centralt kraftvarmeværk	0,9 <sup>1)</sup>	2,7 <sup>1)</sup>	37,1	59,3	96,4



## Vedvarende energi i Aalborg Kommunes energiforsyning

Farstrup-Kølby	Decentralt kraftvarmeværk	1,3 <sup>1)</sup>	3,1 <sup>1)</sup>	38,1	53,6	91,7
Kongerslev	Decentralt kraftvarmeværk	1,9 <sup>1)</sup>	5,5 <sup>1)</sup>			
Mou	Decentralt kraftvarmeværk	2,0 <sup>1)</sup>	6,6 <sup>1)</sup>			
Nibe	Decentralt kraftvarmeværk					
Ulsted	Decentralt varmeværk					
Gandrup-V.Hassing	Centralt kraftvarmeværk					
Hals	Decentralt varmeværk					
Sønderholm	Decentralt kraftvarmeværk			36,7	53,1	89,9
Vaarst/Fjellerad	Decentralt kraftvarmeværk					
Ferslev/Ellidshøj	Decentralt kraftvarmeværk	0,16	0,275			
<b>Total</b>						

### Centrale og decentrale værker i Aalborg Kommune

<sup>1)</sup> [http://www.ens.dk/graphics/Energi\\_i\\_tal\\_og\\_kort/energidata\\_kort/Adresse\\_oversigter/CentraleVaerker\\_0607\\_2007.xls](http://www.ens.dk/graphics/Energi_i_tal_og_kort/energidata_kort/Adresse_oversigter/CentraleVaerker_0607_2007.xls)

<sup>2)</sup> [http://www.ens.dk/graphics/Energi\\_i\\_tal\\_og\\_kort/energidata\\_kort/Adresse\\_oversigter/Affaldsv%26rker\\_1511\\_2007.xls](http://www.ens.dk/graphics/Energi_i_tal_og_kort/energidata_kort/Adresse_oversigter/Affaldsv%26rker_1511_2007.xls)

<sup>3)</sup> [http://www.vattenfall.dk/www/vf\\_dk/vf\\_dk/916035vores/916053vatte/916711vores/916783nordj/index.jsp](http://www.vattenfall.dk/www/vf_dk/vf_dk/916035vores/916053vatte/916711vores/916783nordj/index.jsp)

<sup>4)</sup> <http://www.renonord.dk/go.aspx?to=media/profilmagasin.pdf&navn=profilmagasin.pdf>

<sup>5)</sup> <http://www.skm.dk/publikationer/udgivelser/4924/3.6virksomheder/>

<sup>6)</sup> Beregnet ud fra den totale virkningsgrad og energikataloget

## Vedvarende energi i Aalborg Kommunes energiforsyning

### Appendiks B

2015	Brændselsforbrug		Brændsel	Effektivitet på værk	Varmeproduktion	
	TJ	GWh			TJ	GWh
Gruppe 2	475	132	Naturgas	0,55	263	73
	124	34	Biomasse	0,80	99	28
	9	2	Solvarme	1,00	9	2
	15	4	Olie	0,80	12	3
Gruppe 3	3.700	1.028	Kul	0,44	1.628	452
Affald	1.569	436	Affald	0,75	1.177	327
Industri	1.182	328	Blandet		1.609	447
Total	7.074	1.965			4.797	1.332

Individuel produktion	1.167	324	Blandet
-----------------------	-------	-----	---------

Total for alt brændsel	8.241	2.289
------------------------	-------	-------

Tabel F: Fordeling af energiforbrug til varmereproduktion i scenario med 3% mindre energiforbrug

## Vedvarende energi i Aalborg Kommunes energiforsyning

2030	Brændselsforbrug		Brændsel	Effektivitet på værk	Varmeproduktion	
	TJ	GWh			TJ	GWh
Gruppe 2	461	128	Naturgas	0,55	255	71
	120	33	Biomasse	0,80	96	27
	8	2	Solvarme	1,00	8	2
	14	4	Olie	0,80	11	3
Gruppe 3	3.585	996	Kul	0,44	1.577	438
Affald	1.521	422	Affald	0,75	1.141	317
Industri	1.146	318	Blandet		0	0
Total	6.855	1.904			3.089	858

Individuel produktion	1.131	314	Blandet
-----------------------	-------	-----	---------

Total for alt brændsel	7.986	2.218
------------------------	-------	-------

Tabel G: Fordeling af energiforbrug til varmeproduktion i scenario med 6% mindre energiforbrug

# Input Reference2006

# The EnergyPLAN model 7.00



Electricity demand (TWh/year):	Flexible demand	0,00					Capacities	Efficiencies	Regulation Strategy: Technical regulation no. 3				Fuel Price level:				
Fixed demand	1,13	Fixed imp/exp.	0,00					Group 2:	MW-e	MJ/s	elec.	Ther	COP	KEOL regulation 23716			
Electric heating	0,09	Transportation	0,00					CHP	1000	1671	0,37	0,62	Minimum Stabilisation share 0,00				
Electric cooling	0,00	Total	1,22					Heat Pump	0	0	Stabilisation share of CHP 0,00						
							Boiler	5000		0,90		Minimum CHP gr 3 load 0 MW					
District heating (TWh/year)	Gr.1	Gr.2	Gr.3	Sum					Group 3:					Heat Pump maximum share 0,50			
District heating demand	0,00	0,11	0,47	0,58					CHP	477	447	0,47	0,44	Maximum import/export 0 MW			
Solar Thermal	0,00	0,00	0,00	0,00					Heat Pump	0	0	Distr. Name : Hour_nordpool.txt					
Industrial CHP (CSHP)	0,00	0,00	0,46	0,46					Boiler	116		0,90		Dependency factor 0,00 DKK/MWh pr. MW			
Demand after solar and CSHP	0,00	0,11	0,01	0,11					Condensing	477	0,47		Multiplication factor 2,00				
							Heatstorage: gr.2: 10 GWh gr.3: 10 GWh				Average Market Price 227 DKK/MWh						
							Fixed Boiler: gr.2: 0,0 Per cent gr.3: 0,0 Per cent										
							Electricity prod. from CSHP Waste (TWh/year)										
							Gr.1: 0,00 0,00										
							Gr.2: 0,00 0,00										
							Gr.3: 0,00 0,10										
Wind	90 MW	0,19	TWh/year	0,00	Grid												
Wind	0 MW	0	TWh/year	0,00	stabil-												
Wave Power	0 MW	0	TWh/year	0,00	sation												
River Hydro	0 MW	0	TWh/year	0,00	share												
Hydro Power	0 MW	0	TWh/year														
Geothermal	0 MW	0	TWh/year														
								(TWh/year)				Coal	Oil	Ngas	Biomass		
												Transport	0,00	1,81	0,00	0,00	
												Household	0,00	0,15	0,03	0,05	
												Industry	0,32	0,02	0,00	0,00	
												Various	0,00	0,00	0,00	0,00	

# Output

District Heating											Electricity														Exchange			
Demand	Production									Consumption					Production						Balance				Payment			
Distr. heating MW	Solar MW	Waste+ CSHP MW	DHP MW	CHP MW	HP MW	ELT MW	Boiler MW	EH MW	Ba-lance MW	Elec. demand MW	Flexi-ble MW	Elec-trolyser MW	EH MW	Hydro Pump MW	Tur-bine MW	RES MW	Hy-dro MW	Geo-thermal MW	Waste+ CSHP MW	CHP MW	PP MW	Stab-Load %	Imp MW	Exp MW	CEEP MW	EPP MW	Imp Million DKK	Exp Million DKK
January	111	0	91	0	23	0	0	0	-3	146	0	0	0	18	0	28	0	0	11	14	110	100	0	0	0	0	0	0
February	105	0	91	0	20	0	0	0	-6	144	0	0	0	17	0	27	0	0	11	12	111	100	0	0	0	0	0	0
March	90	0	91	0	17	0	0	0	-18	139	0	0	0	14	0	21	0	0	11	10	111	100	0	0	0	0	0	0
April	67	1	91	0	12	0	0	0	-36	122	0	0	0	11	0	20	0	0	11	7	95	100	0	0	0	0	0	0
May	44	1	91	0	8	0	0	0	-55	119	0	0	0	7	0	20	0	0	11	5	91	100	0	0	0	0	0	0
June	32	1	91	0	5	0	0	0	-65	116	0	0	0	5	0	17	0	0	11	3	90	100	0	0	0	0	0	0
July	26	1	91	0	4	0	0	0	-70	106	0	0	0	4	0	13	0	0	11	3	83	100	0	0	0	0	0	0
August	27	1	91	0	5	0	0	0	-69	122	0	0	0	4	0	15	0	0	11	3	97	100	0	0	0	0	0	0
September	38	0	91	0	7	0	0	0	-60	125	0	0	0	6	0	19	0	0	11	4	97	100	0	0	0	0	0	0
October	60	0	91	0	11	0	0	0	-43	130	0	0	0	10	0	19	0	0	11	7	102	100	0	0	0	0	0	0
November	84	0	91	0	16	0	0	0	-23	140	0	0	0	13	0	27	0	0	11	10	106	100	0	0	0	0	0	0
December	102	0	91	0	19	0	0	0	-9	140	0	0	0	16	0	29	0	0	11	12	105	100	0	0	0	0	0	0
Average	65	0	91	0	12	0	0	0	-38	129	0	0	0	10	0	21	0	0	11	7	100	100	0	0	0	0	Average price (DKK/MWh)	
Maximum	116	4	91	0	26	0	0	0	1	199	0	0	0	19	0	89	0	0	11	17	192	100	0	0	0	0	228 -	
Minimum	24	0	91	0	0	0	0	0	-72	65	0	0	0	4	0	0	0	0	11	0	0	100	0	0	0	0		
Total for the whole year																									Million DKK			
TWh/year	0,58	0,00	0,80	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	-0,33	1,13	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,19	0,00	0,00	0,10	0,06	0,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0

FUEL BALANCE (TWh/year):																							Imp/Exp Corrected			CO2 emission (Mt):	
DHP	CHP2	CHP3	Boiler2	Boiler3	PP	Geo-th.	Hydro	Elc.ly.s	Waste	CAES	Wind	Wind	Wave	Hydro	Solar.Th	Transp.	househ.	Industry	Various	Total	Imp/Exp	Netto	Total	Netto			
Coal	-	0,00	0,00	0,00	0,00	1,85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,32	-	2,17	0,00	2,17	0,00	0,00		
Oil	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,81	0,15	0,02	-	1,98	0,00	1,98	0,00	0,00		
N.Gas	-	0,13	0,00	0,00	0,00	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03	-	-	0,18	0,00	0,18	0,00	0,00		
Biomass	-	0,04	-	0,00	0,00	-	-	-	0,45	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05	-	-	0,53	0,00	0,53	0,00	0,00		
Renewable	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,19	-	-	-	0,00	-	-	-	-	-	0,19	0,00	0,19	0,00	0,00		
H2 etc.	-	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Geothermal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Total	-	0,17	0,00	0,00	0,00	1,86	-	-	-	0,45	-	0,19	-	-	-	0,00	1,81	0,24	0,34	-	5,06	0,00	5,06	0,00	0,00		



District Heating Production																														
Gr.1					Gr.2										Gr.3										RES specification					
District heating	Solar	CSHP	DHP		District heating	Solar	CSHP	CHP	HP	ELT	Boiler	EH	Storage	Ba-lance	District heating	Solar	CSHP	CHP	HP	ELT	Boiler	EH	Storage	Ba-lance	RES1 Wind	RES2 Wind	RES3 Wave	RES4 River	Total	
MW	MW	MW	MW		MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW
January	0	0	0	0	21	0	0	21	0	0	0	0	29	0	90	0	91	2	0	0	0	0	0	-3	28	0	0	0	28	
February	0	0	0	0	20	0	0	20	0	0	0	0	29	0	85	0	91	0	0	0	0	0	0	-6	27	0	0	0	27	
March	0	0	0	0	17	0	0	17	0	0	0	0	29	0	73	0	91	0	0	0	0	0	0	-18	21	0	0	0	21	
April	0	0	0	0	13	1	0	12	0	0	0	0	29	0	55	0	91	0	0	0	0	0	0	-36	20	0	0	0	20	
May	0	0	0	0	8	1	0	8	0	0	0	0	23	0	36	0	91	0	0	0	0	0	0	-55	20	0	0	0	20	
June	0	0	0	0	6	1	0	5	0	0	0	0	29	0	26	0	91	0	0	0	0	0	0	-65	17	0	0	0	17	
July	0	0	0	0	5	1	0	4	0	0	0	0	29	0	21	0	91	0	0	0	0	0	0	-70	13	0	0	0	13	
August	0	0	0	0	5	1	0	5	0	0	0	0	29	0	22	0	91	0	0	0	0	0	0	-69	15	0	0	0	15	
September	0	0	0	0	7	0	0	7	0	0	0	0	29	0	31	0	91	0	0	0	0	0	0	-60	19	0	0	0	19	
October	0	0	0	0	11	0	0	11	0	0	0	0	29	0	48	0	91	0	0	0	0	0	0	-43	19	0	0	0	19	
November	0	0	0	0	16	0	0	16	0	0	0	0	29	0	68	0	91	0	0	0	0	0	0	-23	27	0	0	0	27	
December	0	0	0	0	19	0	0	19	0	0	0	0	29	0	82	0	91	0	0	0	0	0	0	-9	29	0	0	0	29	
Average	0	0	0	0	12	0	0	12	0	0	0	0	28	0	53	0	91	0	0	0	0	0	0	-38	21	0	0	0	21	
Maximum	0	0	0	0	22	4	0	22	0	0	0	0	34	6	94	0	91	4	0	0	0	0	0	0	89	0	0	0	89	
Minimum	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	91	0	0	0	0	0	0	-72	0	0	0	0	0	
Total for the whole year																														
TWh/year	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,47	0,00	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,33	0,19	0,00	0,00	0,00	0,19	

## ANNUAL COSTS (Million DKK)

Total Fuel =	0
Coal =	0
FuelOil =	0
Gasoil/Diesel=	0
Petrol/JP =	0
Ngas =	0
Biomass =	0
Waste =	0
Maginal operation costs =	0
Total Electricity exchange =	0
Import =	0
Export =	0
Bottleneck =	0
Fixed imp/ex=	0
Total CO2 emission costs =	0
Total variable costs =	0
Fixed operation costs =	0
Annual Investment costs =	0
TOTAL ANNUAL COSTS =	0

# Input Reference2015

# The EnergyPLAN model 7.00



Electricity demand (TWh/year):	Flexible demand	0,00					Capacities	Efficiencies	Regulation Strategy: Technical regulation no. 3				Fuel Price level:				
Fixed demand	1,14	Fixed imp/exp.	0,00					Group 2:	MW-e	MJ/s	elec.	Ther	COP	KEOL regulation 23716			
Electric heating	0,07	Transportation	0,00					CHP	1000	1669	0,37	0,62	Minimum Stabilisation share 0,00				
Electric cooling	0,00	Total	1,21					Heat Pump	0	0	Stabilisation share of CHP 0,00						
									Group 3:			Minimum CHP gr 3 load 0 MW					
District heating (TWh/year)	Gr.1	Gr.2	Gr.3	Sum					CHP			Heat Pump maximum share 0,50					
District heating demand	0,00	0,11	0,48	0,60					Heat Pump			Maximum import/export 0 MW					
Solar Thermal	0,00	0,00	0,00	0,00					Boiler			Distr. Name : Hour_nordpool.txt					
Industrial CHP (CSHP)	0,00	0,00	0,48	0,48					Condensing			Addition factor 0,00 DKK/MWh					
Demand after solar and CSHP	0,00	0,11	0,01	0,12					Heatsstorage: gr.2: 10 GWh			Multiplication factor 2,00					
									Fixed Boiler: gr.2: 0,0 Per cent			Dependency factor 0,00 DKK/MWh pr. MW					
									Electricity prod. from CSHP			Average Market Price 227 DKK/MWh					
									Gr.1: 0,00 0,00			(TWh/year) Coal Oil Ngas Biomass					
									Gr.2: 0,00 0,00			Transport 0,00 1,97 0,00 0,00					
									Gr.3: 0,00 0,10			Household 0,00 0,12 0,03 0,02					
												Industry 0,32 0,02 0,00 0,00					
												Various 0,00 0,00 0,00 0,00					
Wind	90 MW	0,19	TWh/year	0,00	Grid												
Photo Voltaic	0 MW	0	TWh/year	0,00	stabil-												
Wave Power	0 MW	0	TWh/year	0,00	sation												
River Hydro	0 MW	0	TWh/year	0,00	share												
Hydro Power	0 MW	0	TWh/year														
Geothermal	0 MW	0	TWh/year														

# Output

District Heating											Electricity														Exchange			
Demand	Production									Consumption					Production						Balance					Payment		
Distr. heating MW	Solar MW	CSHP MW	DHP MW	CHP MW	HP MW	ELT MW	Boiler MW	EH MW	Ba-lance MW	Elec. demand MW	Flexi-ble MW	Elec-trolyser MW	EH MW	Hydro Pump MW	Tur-bine MW	RES MW	Hy-dro MW	Geo-thermal MW	Waste+ CSHP MW	CHP MW	PP MW	Stab-Load %	Imp MW	Exp MW	CEEP MW	EPP MW	Imp Million DKK	Exp Million DKK
January	115	0	94	0	23	0	0	0	-3	146	0	0	0	14	0	28	0	0	12	15	106	100	0	0	0	0	0	0
February	109	0	94	0	20	0	0	0	-6	145	0	0	0	13	0	27	0	0	12	12	107	100	0	0	0	0	0	0
March	94	0	94	0	18	0	0	0	-18	139	0	0	0	11	0	21	0	0	12	11	107	100	0	0	0	0	0	0
April	70	1	94	0	13	0	0	0	-37	123	0	0	0	9	0	20	0	0	12	8	92	100	0	0	0	0	0	0
May	46	1	94	0	8	0	0	0	-57	120	0	0	0	6	0	20	0	0	12	5	89	100	0	0	0	0	0	0
June	34	1	94	0	6	0	0	0	-67	117	0	0	0	4	0	17	0	0	12	3	89	100	0	0	0	0	0	0
July	27	1	94	0	5	0	0	0	-72	106	0	0	0	3	0	13	0	0	12	3	82	100	0	0	0	0	0	0
August	28	1	94	0	5	0	0	0	-71	122	0	0	0	3	0	15	0	0	12	3	96	100	0	0	0	0	0	0
September	40	0	94	0	7	0	0	0	-62	125	0	0	0	5	0	19	0	0	12	4	95	100	0	0	0	0	0	0
October	62	0	94	0	12	0	0	0	-44	130	0	0	0	8	0	19	0	0	12	7	100	100	0	0	0	0	0	0
November	87	0	94	0	16	0	0	0	-23	141	0	0	0	11	0	27	0	0	12	10	103	100	0	0	0	0	0	0
December	105	0	94	0	20	0	0	0	-9	141	0	0	0	13	0	29	0	0	12	12	101	100	0	0	0	0	0	0
Average	68	0	94	0	13	0	0	0	-39	130	0	0	0	8	0	21	0	0	12	8	97	100	0	0	0	0	Average price (DKK/MWh)	
Maximum	121	4	94	0	27	0	0	0	8	200	0	0	0	15	0	89	0	0	12	18	189	100	0	0	0	0	250	
Minimum	24	0	94	0	0	0	0	0	-74	65	0	0	0	3	0	0	0	0	12	0	0	100	0	0	0	0	-	
Total for the whole year																									Million DKK			
TWh/year	0,60	0,00	0,83	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,34	1,14	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,19	0,00	0,00	0,10	0,07	0,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0

FUEL BALANCE (TWh/year):																				Imp/Exp Corrected			CO2 emission (Mt):		
DHP	CHP2	CHP3	Boiler2	Boiler3	PP	Geo-th.	Hydro	Elc.ly.s	Waste	CAES	Wind	PV	Wave	Hydro	Solar.Th	Transp.	househ.	Industry	Various	Total	Imp/Exp	Netto	Total	Netto	
Coal	-	0,00	0,00	0,00	0,00	1,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,32	-	2,13	0,00	2,13	0,00	0,00
Oil	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,97	0,12	0,02	-	2,11	0,00	2,11	0,00	0,00
N.Gas	-	0,14	0,00	0,00	0,00	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03	-	-	0,18	0,00	0,18	0,00	0,00
Biomass	-	0,04	-	0,00	0,00	-	-	-	0,47	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	-	-	0,53	0,00	0,53	0,00	0,00
Renewable	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,19	-	-	-	0,00	-	-	-	-	-	0,19	0,00	0,19	0,00	0,00
H2 etc.	-	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Geothermal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	-	0,18	0,00	0,00	0,00	1,82	-	-	-	0,47	-	0,19	-	-	-	0,00	1,97	0,17	0,34	-	5,13	0,00	5,13	0,00	0,00



District Heating Production																													
Gr.1					Gr.2										Gr.3										RES specification				
District heating	Solar	CSHP	DHP		District heating	Solar	CSHP	CHP	HP	ELT	Boiler	EH	Storage	Bal-ance	District heating	Solar	CSHP	CHP	HP	ELT	Boiler	EH	Storage	Bal-ance	RES1	RES2	RES3	RES4	Total
MW	MW	MW	MW		MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	Wind	Photo	'Wave	I River	F o
																									MW	MW	MW	MW	MW
January	0	0	0	0	22	0	0	22	0	0	0	0	35	0	93	0	94	2	0	0	0	0	1	-3	28	0	0	0	28
February	0	0	0	0	21	0	0	20	0	0	0	0	35	0	88	0	94	0	0	0	0	0	1	-6	27	0	0	0	27
March	0	0	0	0	18	0	0	18	0	0	0	0	35	0	76	0	94	0	0	0	0	0	1	-18	21	0	0	0	21
April	0	0	0	0	13	1	0	13	0	0	0	0	35	0	57	0	94	0	0	0	0	0	1	-37	20	0	0	0	20
May	0	0	0	0	9	1	0	8	0	0	0	0	28	0	37	0	94	0	0	0	0	0	1	-57	20	0	0	0	20
June	0	0	0	0	6	1	0	6	0	0	0	0	35	0	27	0	94	0	0	0	0	0	1	-67	17	0	0	0	17
July	0	0	0	0	5	1	0	5	0	0	0	0	35	0	22	0	94	0	0	0	0	0	1	-72	13	0	0	0	13
August	0	0	0	0	5	1	0	5	0	0	0	0	35	0	23	0	94	0	0	0	0	0	1	-71	15	0	0	0	15
September	0	0	0	0	8	0	0	7	0	0	0	0	35	0	32	0	94	0	0	0	0	0	1	-62	19	0	0	0	19
October	0	0	0	0	12	0	0	12	0	0	0	0	35	0	50	0	94	0	0	0	0	0	1	-44	19	0	0	0	19
November	0	0	0	0	17	0	0	16	0	0	0	0	35	0	71	0	94	0	0	0	0	0	1	-23	27	0	0	0	27
December	0	0	0	0	20	0	0	20	0	0	0	0	37	0	85	0	94	0	0	0	0	0	1	-9	29	0	0	0	29
Average	0	0	0	0	13	0	0	13	0	0	0	0	35	0	55	0	94	0	0	0	0	0	1	-39	21	0	0	0	21
Maximum	0	0	0	0	23	4	0	23	0	0	0	0	53	13	98	0	94	4	0	0	0	0	2	1	89	0	0	0	89
Minimum	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	94	0	0	0	0	0	0	-74	0	0	0	0	0
Total for the whole year																													
TWh/year	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,48	0,00	0,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,34	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19

## ANNUAL COSTS (Million DKK)

Total Fuel =	0
Coal =	0
FuelOil =	0
Gasoil/Diesel=	0
Petrol/JP =	0
Ngas =	0
Biomass =	0
Waste =	0
Maginal operation costs =	0
Total Electricity exchange =	0
Import =	0
Export =	0
Bottleneck =	0
Fixed imp/ex=	0
Total CO2 emission costs =	0
Total variable costs =	0
Fixed operation costs =	0
Annual Investment costs =	0
TOTAL ANNUAL COSTS =	0

# Input Reference2030

# The EnergyPLAN model 7.00



Electricity demand (TWh/year):	Flexible demand	0,00					Capacities	Efficiencies	Regulation Strategy: Technical regulation no. 3				Fuel Price level:							
Fixed demand	1,25	Fixed imp/exp.	0,00					Group 2:	MW-e	MJ/s	elec.	Ther	COP		KEOL regulation 23716					
Electric heating	0,07	Transportation	0,00					CHP	1000	1673	0,37	0,62			Minimum Stabilisation share 0,00					
Electric cooling	0,00	Total	1,32					Heat Pump	0	0			3,00		Stabilisation share of CHP 0,00					
District heating (TWh/year)			Gr.1	Gr.2	Gr.3	Sum	Group 3:				Minimum CHP gr 3 load 0 MW				Capacities Storage Efficiencies					
District heating demand			0,00	0,11	0,47	0,58	CHP				477	447	0,47	0,44			MW-e GWh elec. Ther.			
Solar Thermal			0,00	0,00	0,00	0,00	Heat Pump				0	0			3,00		Hydro Pump: 0 0 0,80			
Industrial CHP (CSHP)			0,00	0,00	0,46	0,46	Boiler				904		0,90		Hydro Turbine: 0 0 0,90					
Demand after solar and CSHP			0,00	0,11	0,01	0,11	Condensing				477	0,47				Electrol. Gr.2: 0 0 0,80 0,10				
							Heatsstorage: gr.2: 10 GWh gr.3: 10 GWh				Distr. Name : Hour_nordpool.txt				Electrol. trans.: 0 0 0,80					
							Fixed Boiler: gr.2: 0,0 Per cent gr.3: 0,0 Per cent				Addition factor 0,00 DKK/MWh				Ely. MicroCHP: 0 0 0,80					
							Electricity prod. from CSHP Waste (TWh/year)				Multiplication factor 2,00				CAES fuel ratio: 0,000					
							Gr.1: 0,00 0,00				Dependency factor 0,00 DKK/MWh pr. MW				(TWh/year) Coal Oil Ngas Biomass					
							Gr.2: 0,00 0,00				Average Market Price 227 DKK/MWh				Transport 0,00 2,17 0,00 0,00					
							Gr.3: 0,00 0,10								Household 0,00 0,12 0,03 0,02					
															Industry 0,32 0,02 0,00 0,00					
															Various 0,00 0,00 0,00 0,00					

# Output

District Heating											Electricity											Exchange								
Demand	Production									Ba-	Consumption					Production						Balance				Payment				
Distr. heating MW	Solar MW	CSHP MW	DHP MW	CHP MW	HP MW	ELT MW	Boiler MW	EH MW	EH MW	lance MW	Elec. demand MW	Flexi-ble MW	Elec-trolyser MW	EH MW	Hydro Pump MW	Tur-bine MW	RES MW	Hy-dro MW	Geo-thermal MW	Waste+ CSHP MW	CHP MW	PP MW	Stab-Load %	Imp MW	Exp MW	CEEP MW	EPP MW	Imp Million DKK	Exp Million DKK	
January	112	0	91	0	23	0	0	0	0	-3	160	0	0	0	14	0	0	28	0	0	11	14	121	100	0	0	0	0	0	0
February	106	0	91	0	20	0	0	0	0	-6	159	0	0	0	13	0	0	27	0	0	11	12	122	100	0	0	0	0	0	0
March	91	0	91	0	17	0	0	0	0	-18	153	0	0	0	11	0	0	21	0	0	11	10	121	100	0	0	0	0	0	0
April	68	1	91	0	13	0	0	0	0	-36	135	0	0	0	9	0	0	20	0	0	11	7	105	100	0	0	0	0	0	0
May	45	1	91	0	8	0	0	0	0	-55	131	0	0	0	6	0	0	20	0	0	11	5	101	100	0	0	0	0	0	0
June	33	1	91	0	5	0	0	0	0	-65	128	0	0	0	4	0	0	17	0	0	11	3	100	100	0	0	0	0	0	0
July	26	1	91	0	4	0	0	0	0	-70	116	0	0	0	3	0	0	13	0	0	11	3	93	100	0	0	0	0	0	0
August	27	1	91	0	5	0	0	0	0	-69	134	0	0	0	3	0	0	15	0	0	11	3	108	100	0	0	0	0	0	0
September	39	0	91	0	7	0	0	0	0	-60	137	0	0	0	5	0	0	19	0	0	11	4	108	100	0	0	0	0	0	0
October	60	0	91	0	11	0	0	0	0	-43	143	0	0	0	8	0	0	19	0	0	11	7	113	100	0	0	0	0	0	0
November	85	0	91	0	16	0	0	0	0	-23	154	0	0	0	11	0	0	27	0	0	11	10	117	100	0	0	0	0	0	0
December	102	0	91	0	20	0	0	0	0	-9	154	0	0	0	13	0	0	29	0	0	11	12	115	100	0	0	0	0	0	0
Average	66	0	91	0	12	0	0	0	0	-38	142	0	0	0	8	0	0	21	0	0	11	7	110	100	0	0	0	0	0	Average price (DKK/MWh)
Maximum	117	4	91	0	26	0	0	0	0	0	219	0	0	0	15	0	0	89	0	0	11	17	208	100	0	0	0	0	0	237
Minimum	24	0	91	0	1	0	0	0	0	-72	71	0	0	0	3	0	0	0	0	0	11	0	0	100	0	0	0	0	0	-
Total for the whole year																						Million DKK								
TWh/year	0,58	0,00	0,80	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,33	1,25	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,19	0,00	0,00	0,10	0,07	0,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	

FUEL BALANCE (TWh/year):																				Imp/Exp Corrected			CO2 emission (Mt):		
DHP	CHP2	CHP3	Boiler2	Boiler3	PP	Geo-th.	Hydro	Elc.ly.s	Waste	CAES	Wind	PV	Wave	Hydro	Solar.Th	Transp.	househ.	Industry	Various	Total	Imp/Exp	Netto	Total	Netto	
Coal	-	-	0,00	0,00	-	2,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,32	-	2,37	0,00	2,37	0,00	0,00	
Oil	-	-	0,00	0,00	-	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,17	0,12	0,02	-	2,31	0,00	2,31	0,00	0,00	
N.Gas	-	0,14	0,00	0,00	-	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03	-	-	0,17	0,00	0,17	0,00	0,00	
Biomass	-	0,04	-	0,00	-	-	-	-	0,45	-	-	-	-	-	-	-	0,02	-	-	0,51	0,00	0,51	0,00	0,00	
Renewable	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,19	-	-	-	0,00	-	-	-	-	0,19	0,00	0,19	0,00	0,00	
H2 etc.	-	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Geothermal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Total	-	0,17	0,00	0,00	-	2,06	-	-	-	0,45	-	0,19	-	-	-	0,00	2,17	0,17	0,34	-	5,56	0,00	5,56	0,00	0,00





District Heating Production																													
Gr.1					Gr.2										Gr.3										RES specification				
District heating	Solar	CSHP	DHP		District heating	Solar	CSHP	CHP	HP	ELT	Boiler	EH	Storage	Bal-ance	District heating	Solar	CSHP	CHP	HP	ELT	Boiler	EH	Storage	Bal-ance	RES1	RES2	RES3	RES4	Total
MW	MW	MW	MW		MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	Wind	Photo	Wave	River	F
																									MW	MW	MW	MW	MW
January	0	0	0	0	21	0	0	21	0	0	0	0	4	0	90	0	91	2	0	0	0	0	0	-3	28	0	0	0	28
February	0	0	0	0	20	0	0	20	0	0	0	0	4	0	85	0	91	0	0	0	0	0	0	-6	27	0	0	0	27
March	0	0	0	0	17	0	0	17	0	0	0	0	4	0	73	0	91	0	0	0	0	0	0	-18	21	0	0	0	21
April	0	0	0	0	13	1	0	13	0	0	0	0	4	0	55	0	91	0	0	0	0	0	0	-36	20	0	0	0	20
May	0	0	0	0	9	1	0	8	0	0	0	0	3	0	36	0	91	0	0	0	0	0	0	-55	20	0	0	0	20
June	0	0	0	0	6	1	0	5	0	0	0	0	4	0	26	0	91	0	0	0	0	0	0	-65	17	0	0	0	17
July	0	0	0	0	5	1	0	4	0	0	0	0	4	0	21	0	91	0	0	0	0	0	0	-70	13	0	0	0	13
August	0	0	0	0	5	1	0	5	0	0	0	0	4	0	22	0	91	0	0	0	0	0	0	-69	15	0	0	0	15
September	0	0	0	0	7	0	0	7	0	0	0	0	4	0	31	0	91	0	0	0	0	0	0	-60	19	0	0	0	19
October	0	0	0	0	11	0	0	11	0	0	0	0	4	0	48	0	91	0	0	0	0	0	0	-43	19	0	0	0	19
November	0	0	0	0	16	0	0	16	0	0	0	0	4	0	68	0	91	0	0	0	0	0	0	-23	27	0	0	0	27
December	0	0	0	0	20	0	0	20	0	0	0	0	4	0	83	0	91	0	0	0	0	0	0	-9	29	0	0	0	29
Average	0	0	0	0	13	0	0	12	0	0	0	0	4	0	53	0	91	0	0	0	0	0	0	-38	21	0	0	0	21
Maximum	0	0	0	0	22	4	0	22	0	0	0	0	4	4	95	0	91	4	0	0	0	0	0	0	89	0	0	0	89
Minimum	0	0	0	0	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	19	0	91	0	0	0	0	0	0	-72	0	0	0	0	0
Total for the whole year																													
TWh/year	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,47	0,00	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,33	0,19	0,00	0,00	0,00	0,19

## ANNUAL COSTS (Million DKK)

Total Fuel =	0
Coal =	0
FuelOil =	0
Gasoil/Diesel=	0
Petrol/JP =	0
Ngas =	0
Biomass =	0
Waste =	0
Maginal operation costs =	0
Total Electricity exchange =	0
Import =	0
Export =	0
Bottleneck =	0
Fixed imp/ex=	0
Total CO2 emission costs =	0
Total variable costs =	0
Fixed operation costs =	0
Annual Investment costs =	0
TOTAL ANNUAL COSTS =	0

# Input Regering2015

# The EnergyPLAN model 7.00



Electricity demand (TWh/year):	Flexible demand	0,00					Capacities	Efficiencies	Regulation Strategy: Technical regulation no. 3				Fuel Price level:						
Fixed demand	1,10	Fixed imp/exp.	0,00					Group 2:	MW-e	MJ/s	elec.	Ther	COP	KEOL regulation 23716					
Electric heating	0,09	Transportation	0,00					CHP	1000	1669	0,37	0,62	Minimum Stabilisation share 0,00						
Electric cooling	0,00	Total	1,19					Heat Pump	0	0					Capacities Storage Efficiencies				
							Boiler	5000				0,90				MW-e GWh elec. Ther.			
District heating (TWh/year)	Gr.1	Gr.2	Gr.3	Sum					Group 3:					Minimum CHP gr 3 load 0 MW					
District heating demand	0,00	0,11	0,45	0,56					CHP	477	447	0,47	0,44	Heat Pump maximum share 0,50					
Solar Thermal	0,00	0,00	0,00	0,00					Heat Pump	0	0					Maximum import/export 0 MW			
Industrial CHP (CSHP)	0,00	0,00	0,45	0,45					Boiler	933				0,90					
Demand after solar and CSHP	0,00	0,10	0,01	0,11					Condensing	477	0,47				Distr. Name : Hour_nordpool.txt				
Wind	117 MW	0,24	TWh/year	0,00	Grid					Heatstorage: gr.2: 10 GWh gr.3: 10 GWh				Dependency factor 0,00 DKK/MWh pr. MW					
Photo Voltaic	0 MW	0	TWh/year	0,00	stabil-					Fixed Boiler: gr.2: 0,0 Per cent gr.3: 0,0 Per cent				Average Market Price 227 DKK/MWh					
Wave Power	0 MW	0	TWh/year	0,00	sation					Electricity prod. from CSHP Waste (TWh/year)				(TWh/year) Coal Oil Ngas Biomass					
River Hydro	0 MW	0	TWh/year	0,00	share					Gr.1: 0,00 0,00				Transport 0,00 1,83 0,00 0,47					
Hydro Power	0 MW	0	TWh/year							Gr.2: 0,00 0,00				Household 0,00 0,15 0,03 0,05					
Geothermal	0 MW	0	TWh/year							Gr.3: 0,00 0,10				Industry 0,32 0,02 0,00 0,00					
																Various 0,00 0,00 0,00 0,00			

# Output

District Heating											Electricity														Exchange				
Demand	Production									Consumption							Production							Balance				Payment	
Distr. heating MW	Solar MW	CSHP MW	DHP MW	CHP MW	HP MW	ELT MW	Boiler MW	EH MW	Ba-lance MW	Elec. demand MW	Flexi-ble MW	Elec-trolyser MW	EH MW	Hydro Pump MW	Tur-bine MW	RES MW	Hy-dro MW	Geo-thermal MW	Waste+ CSHP MW	CHP MW	PP MW	Stab-Load %	Imp MW	Exp MW	CEEP MW	EPP MW	Imp Million DKK	Exp Million DKK	
January	108	0	88	0	22	0	0	0	-3	141	0	0	0	17	0	0	37	0	0	11	14	97	100	0	0	0	0	0	0
February	102	0	88	0	19	0	0	0	-6	140	0	0	0	16	0	0	35	0	0	11	11	99	100	0	0	0	0	0	0
March	88	0	88	0	16	0	0	0	-17	134	0	0	0	14	0	0	28	0	0	11	10	100	100	0	0	0	0	0	0
April	65	1	88	0	12	0	0	0	-35	118	0	0	0	10	0	0	26	0	0	11	7	85	100	0	0	0	0	0	0
May	43	1	88	0	8	0	0	0	-53	115	0	0	0	7	0	0	25	0	0	11	5	82	100	0	0	0	0	0	0
June	31	1	88	0	5	0	0	0	-63	112	0	0	0	5	0	0	22	0	0	11	3	81	100	0	0	0	0	0	0
July	25	1	88	0	4	0	0	0	-67	102	0	0	0	4	0	0	17	0	0	11	3	76	100	0	0	0	0	0	0
August	26	1	88	0	4	0	0	0	-67	118	0	0	0	4	0	0	19	0	0	11	3	89	100	0	0	0	0	0	0
September	37	0	88	0	7	0	0	0	-58	121	0	0	0	6	0	0	25	0	0	11	4	87	100	0	0	0	0	0	0
October	58	0	88	0	11	0	0	0	-41	125	0	0	0	9	0	0	25	0	0	11	6	93	100	0	0	0	0	0	0
November	82	0	88	0	15	0	0	0	-22	135	0	0	0	13	0	0	35	0	0	11	9	93	100	0	0	0	0	0	0
December	99	0	88	0	19	0	0	0	-8	135	0	0	0	16	0	0	37	0	0	11	11	92	100	0	0	0	0	0	0
Average	64	0	88	0	12	0	0	0	-37	125	0	0	0	10	0	0	28	0	0	11	7	89	100	0	0	0	0	0	Average price (DKK/MWh)
Maximum	113	4	88	0	27	0	0	0	25	192	0	0	0	18	0	0	114	0	0	11	18	186	100	0	0	0	0	0	255
Minimum	23	0	88	0	0	0	0	0	-70	63	0	0	0	4	0	0	0	0	0	11	0	0	100	0	0	0	0	0	179
Total for the whole year																									Million DKK				
TWh/year	0,56	0,00	0,77	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,32	1,10	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,24	0,00	0,00	0,10	0,06	0,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0

FUEL BALANCE (TWh/year):																				Imp/Exp Corrected			CO2 emission (Mt):		
DHP	CHP2	CHP3	Boiler2	Boiler3	PP	Geo-th.	Hydro	Elc.ly.s	Waste	CAES	Wind	PV	Wave	Hydro	Solar.Th	Transp.	househ.	Industry	Various	Total	Imp/Exp	Netto	Total	Netto	
Coal	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,98	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,32	-	1,31	0,00	1,31	0,00	0,00
Oil	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,83	0,15	0,02	-	2,00	0,00	2,00	0,00	0,00
N.Gas	-	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03	-	-	0,16	0,00	0,16	0,00	0,00
Biomass	-	0,03	0,00	0,00	0,00	0,69	-	-	0,44	-	-	-	-	-	-	0,47	0,05	-	-	-	1,67	0,00	1,67	0,00	0,00
Renewable	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,24	-	-	-	0,00	-	-	-	-	-	0,25	0,00	0,25	0,00	0,00
H2 etc.	-	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Geothermal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	-	0,17	0,00	0,00	0,00	1,67	-	-	0,44	-	0,24	-	-	-	0,00	2,30	0,23	0,34	-	-	5,39	0,00	5,39	0,00	0,00



District Heating Production																															
Gr.1					Gr.2										Gr.3										RES specification						
District heating	Solar	CSHP	DHP		District heating	Solar	CSHP	CHP	HP	ELT	Boiler	EH	Storage	Bal-ance	District heating	Solar	CSHP	CHP	HP	ELT	Boiler	EH	Storage	Bal-ance	RES1	RES2	RES3	RES4	Total		
MW	MW	MW	MW		MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	Wind	Photo	Wave	River	F	
January	0	0	0	0	20	0	0	20	0	0	0	0	108	0	87	0	88	2	0	0	0	0	16	-3	37	0	0	0	0	37	
February	0	0	0	0	19	0	0	19	0	0	0	0	135	0	82	0	88	0	0	0	0	0	20	-6	35	0	0	0	0	35	
March	0	0	0	0	17	0	0	16	0	0	0	0	135	0	71	0	88	0	0	0	0	0	20	-17	28	0	0	0	0	28	
April	0	0	0	0	12	1	0	12	0	0	0	0	139	0	53	0	88	0	0	0	0	0	20	-35	26	0	0	0	0	26	
May	0	0	0	0	8	1	0	8	0	0	0	0	109	0	35	0	88	0	0	0	0	0	20	-53	25	0	0	0	0	25	
June	0	0	0	0	6	1	0	5	0	0	0	0	134	0	25	0	88	0	0	0	0	0	20	-63	22	0	0	0	0	22	
July	0	0	0	0	5	1	0	4	0	0	0	0	135	0	21	0	88	0	0	0	0	0	20	-67	17	0	0	0	0	17	
August	0	0	0	0	5	1	0	4	0	0	0	0	134	0	21	0	88	0	0	0	0	0	20	-67	19	0	0	0	0	19	
September	0	0	0	0	7	0	0	7	0	0	0	0	127	0	30	0	88	0	0	0	0	0	20	-58	25	0	0	0	0	25	
October	0	0	0	0	11	0	0	11	0	0	0	0	138	0	47	0	88	0	0	0	0	0	20	-41	25	0	0	0	0	25	
November	0	0	0	0	15	0	0	15	0	0	0	0	136	0	66	0	88	0	0	0	0	0	20	-22	35	0	0	0	0	35	
December	0	0	0	0	19	0	0	19	0	0	0	0	148	0	80	0	88	0	0	0	0	0	20	-8	37	0	0	0	0	37	
Average	0	0	0	0	12	0	0	12	0	0	0	0	131	0	51	0	88	0	0	0	0	0	20	-37	28	0	0	0	0	28	
Maximum	0	0	0	0	21	4	0	23	0	0	0	0	243	21	92	0	88	4	0	0	0	0	23	3	114	0	0	0	0	114	
Minimum	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	-2	19	0	88	0	0	0	0	0	0	-70	0	0	0	0	0	0	
Total for the whole year																															
TWh/year	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,45	0,00	0,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,32	0,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	

## ANNUAL COSTS (Million DKK)

Total Fuel =	0
Coal =	0
FuelOil =	0
Gasoil/Diesel=	0
Petrol/JP =	0
Ngas =	0
Biomass =	0
Waste =	0
Maginal operation costs =	0
Total Electricity exchange =	0
Import =	0
Export =	0
Bottleneck =	0
Fixed imp/ex=	0
Total CO2 emission costs =	0
Total variable costs =	0
Fixed operation costs =	0
Annual Investment costs =	0
TOTAL ANNUAL COSTS =	0

# Input Regering2030

# The EnergyPLAN model 7.00



Electricity demand (TWh/year):	Flexible demand	0,00
Fixed demand	1,06	Fixed imp/exp. 0,00
Electric heating	0,09	Transportation 0,00
Electric cooling	0,00	Total 1,15

Group 2:	Capacities		Efficiencies	
	MW-e	MJ/s	elec.	Ther
CHP	1000	1669	0,37	0,62
Heat Pump	0	0		3,00
Boiler		5000		0,90
Group 3:				
	CHP	477	447	0,47 0,44
Heat Pump	0	0		3,00
Boiler		933		0,90
Condensing	477		0,47	

Regulation Strategy: Technical regulation no. 3	
KEOL regulation	23716
Minimum Stabilisation share	0,00
Stabilisation share of CHP	0,00
Minimum CHP gr 3 load	0 MW
Heat Pump maximum share	0,50
Maximum import/export	0 MW
Distr. Name :	Hour_nordpool.txt
Addition factor	0,00 DKK/MWh
Multiplication factor	2,00
Dependency factor	0,00 DKK/MWh pr. MW
Average Market Price	227 DKK/MWh

Fuel Price level:				
		Capacities	Storage	Efficiencies
		MW-e	GWh	elec. Ther.
Hydro Pump:	0	0		0,80
Hydro Turbine:	0			0,90
Electrol. Gr.2:	0	0		0,80 0,10
Electrol. Gr.3:	0	0		0,80 0,10
Electrol. trans.:	0	0		0,80
Ely. MicroCHP:	0	0		0,80
CAES fuel ratio:	0,000			

District heating (TWh/year)	Gr.1	Gr.2	Gr.3	Sum
District heating demand	0,00	0,10	0,44	0,54
Solar Thermal	0,00	0,00	0,00	0,00
Industrial CHP (CSHP)	0,00	0,00	0,43	0,43
Demand after solar and CSHP	0,00	0,10	0,01	0,10

Wind	153 MW	0,31	TWh/year	0,00	Grid
Photo Voltaic	0 MW	0	TWh/year	0,00	stabil-
Wave Power	0 MW	0	TWh/year	0,00	sation
River Hydro	0 MW	0	TWh/year	0,00	share
Hydro Power	0 MW	0	TWh/year		
Geothermal	0 MW	0	TWh/year		

Heatstorage: gr.2:	10 GWh	gr.3:	10 GWh
Fixed Boiler: gr.2:	0,0 Per cent	gr.3:	0,0 Per cent
Electricity prod. from CSHP Waste (TWh/year)			
Gr.1:	0,00	0,00	
Gr.2:	0,00	0,00	
Gr.3:	0,00	0,09	

Distr. Name :		Hour_nordpool.txt
Addition factor	0,00	DKK/MWh
Multiplication factor	2,00	
Dependency factor	0,00	DKK/MWh pr. MW
Average Market Price	227	DKK/MWh

(TWh/year)	Coal	Oil	Ngas	Biomass
Transport	0,00	1,84	0,00	0,87
Household	0,00	0,00	0,01	0,17
Industry	0,32	0,02	0,00	0,00
Various	0,00	0,00	0,00	0,00

# Output

District Heating											Electricity														Exchange					
Demand	Production									Ba-lance	Consumption					Production					Balance				Payment					
	Distr. heating MW	Solar MW	CSHP MW	DHP MW	CHP MW	HP MW	ELT MW	Boiler MW	EH MW		Elec. demand MW	Flexi-ble MW	Elec-trolyser MW	EH MW	Hydro Pump MW	Tur-bine MW	RES MW	Hy-dro MW	Geo-thermal MW	Waste+ CSHP MW	CHP MW	PP MW	Stab-Load %	Imp MW	Exp MW	CEEP MW	EPP MW	Imp Million DKK	Exp Million DKK	
January	104	0	85	0	21	0	0	0	0	-2	137	0	0	0	17	0	0	47	0	0	11	14	83	100	0	0	0	0	0	0
February	99	0	85	0	19	0	0	0	0	-5	135	0	0	0	16	0	0	46	0	0	11	11	84	100	0	0	0	0	0	0
March	85	0	85	0	16	0	0	0	0	-17	130	0	0	0	14	0	0	36	0	0	11	10	88	100	0	0	0	0	0	0
April	63	1	85	0	12	0	0	0	0	-34	115	0	0	0	10	0	0	33	0	0	11	7	74	100	0	0	0	0	0	0
May	42	1	85	0	7	0	0	0	0	-52	112	0	0	0	7	0	0	31	0	0	11	4	73	100	0	0	0	0	0	0
June	30	1	85	0	5	0	0	0	0	-61	109	0	0	0	5	0	0	29	0	0	11	3	71	100	0	0	0	0	0	0
July	25	1	85	0	4	0	0	0	0	-65	99	0	0	0	4	0	0	22	0	0	11	2	68	100	0	0	0	0	0	0
August	26	1	85	0	4	0	0	0	0	-65	114	0	0	0	4	0	0	25	0	0	11	3	80	100	0	0	0	0	0	0
September	36	0	85	0	6	0	0	0	0	-56	117	0	0	0	6	0	0	32	0	0	11	4	77	100	0	0	0	0	0	0
October	56	0	85	0	11	0	0	0	0	-40	121	0	0	0	9	0	0	32	0	0	11	6	82	100	0	0	0	0	0	0
November	79	0	85	0	15	0	0	0	0	-21	131	0	0	0	13	0	0	45	0	0	11	9	80	100	0	0	0	0	0	0
December	96	0	85	0	18	0	0	0	0	-8	131	0	0	0	15	0	0	47	0	0	11	11	78	100	0	0	0	0	0	0
Average	62	0	85	0	12	0	0	0	0	-36	121	0	0	0	10	0	0	35	0	0	11	7	78	100	0	0	0	0	0	Average price (DKK/MWh)
Maximum	110	4	85	0	38	0	0	0	0	24	186	0	0	0	18	0	0	149	0	0	11	25	180	100	0	0	0	0	0	234
Minimum	22	0	85	0	0	0	0	0	0	-67	61	0	0	0	4	0	0	0	0	0	11	0	0	100	0	0	0	0	0	213
Total for the whole year																									Million DKK					
TWh/year	0,54	0,00	0,75	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,31	1,06	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,31	0,00	0,00	0,09	0,06	0,69		0,00	0,00	0,00	0,00	0	0

FUEL BALANCE (TWh/year):																				Imp/Exp Corrected			CO2 emission (Mt):		
	DHP	CHP2	CHP3	Boiler2	Boiler3	PP	Geo-th.	Hydro	Elc.ly.s	Waste	CAES	Wind	PV	Wave	Hydro	Solar.Th	Transp.	househ.	Industry	Various	Total	Imp/Exp	Netto	Total	Netto
Coal	-	-	-	0,00	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,32	-	0,32	0,00	0,32	0,00	0,00
Oil	-	-	-	0,00	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,84	0,00	0,02	-	1,86	0,00	1,86	0,00	0,00
N.Gas	-	-	-	0,00	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	-	-	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
Biomass	-	0,16	0,00	0,00	0,00	1,46	-	-	-	0,42	-	-	-	-	-	-	-	0,87	0,17	-	3,08	0,00	3,08	0,00	0,00
Renewable	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,31	-	-	-	0,00	-	-	-	-	0,31	0,00	0,31	0,00	0,00
H2 etc.	-	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Geothermal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	-	0,16	0,00	0,00	0,00	1,46	-	-	-	0,42	-	0,31	-	-	-	0,00	2,71	0,18	0,34	-	5,59	0,00	5,59	0,00	0,00



District Heating Production																													
Gr.1					Gr.2										Gr.3										RES specification				
District heating	Solar	CSHP	DHP		District heating	Solar	CSHP	CHP	HP	ELT	Boiler	EH	Storage	Bal-ance	District heating	Solar	CSHP	CHP	HP	ELT	Boiler	EH	Storage	Bal-ance	RES1	RES2	RES3	RES4	Total
MW	MW	MW	MW		MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	Wind	Photo	Wave	River	F
																									MW	MW	MW	MW	MW
January	0	0	0	0	20	0	0	20	0	0	0	0	633	0	84	0	85	2	0	0	0	0	102	-2	47	0	0	0	47
February	0	0	0	0	19	0	0	19	0	0	0	0	812	0	80	0	85	0	0	0	0	0	123	-6	46	0	0	0	46
March	0	0	0	0	16	0	0	16	0	0	0	0	773	0	69	0	85	0	0	0	0	0	123	-17	36	0	0	0	36
April	0	0	0	0	12	1	0	12	0	0	0	0	773	0	51	0	85	0	0	0	0	0	123	-34	33	0	0	0	33
May	0	0	0	0	8	1	0	7	0	0	0	0	706	0	34	0	85	0	0	0	0	0	123	-52	31	0	0	0	31
June	0	0	0	0	6	1	0	5	0	0	0	0	773	0	25	0	85	0	0	0	0	0	123	-61	29	0	0	0	29
July	0	0	0	0	5	1	0	4	0	0	0	0	762	0	20	0	85	0	0	0	0	0	123	-65	22	0	0	0	22
August	0	0	0	0	5	1	0	4	0	0	0	0	758	0	21	0	85	0	0	0	0	0	123	-65	25	0	0	0	25
September	0	0	0	0	7	0	0	6	0	0	0	0	751	0	29	0	85	0	0	0	0	0	123	-56	32	0	0	0	32
October	0	0	0	0	11	0	0	11	0	0	0	0	803	0	45	0	85	0	0	0	0	0	123	-40	32	0	0	0	32
November	0	0	0	0	15	0	0	15	0	0	0	0	730	0	64	0	85	0	0	0	0	0	123	-21	45	0	0	0	45
December	0	0	0	0	18	0	0	18	0	0	0	0	829	0	77	0	85	0	0	0	0	0	123	-8	47	0	0	0	47
Average	0	0	0	0	12	0	0	11	0	0	0	0	759	0	50	0	85	0	0	0	0	0	121	-36	35	0	0	0	35
Maximum	0	0	0	0	21	4	0	33	0	0	0	0	1057	21	89	0	85	5	0	0	0	0	138	3	149	0	0	0	149
Minimum	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	-12	18	0	85	0	0	0	0	0	0	-67	0	0	0	0	0
Total for the whole year																													
TWh/year	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,44	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,31	0,31	0,00	0,00	0,00	0,31

## ANNUAL COSTS (Million DKK)

Total Fuel =	0
Coal =	0
FuelOil =	0
Gasoil/Diesel=	0
Petrol/JP =	0
Ngas =	0
Biomass =	0
Waste =	0
Maginal operation costs =	0
Total Electricity exchange =	0
Import =	0
Export =	0
Bottleneck =	0
Fixed imp/ex=	0
Total CO2 emission costs =	0
Total variable costs =	0
Fixed operation costs =	0
Annual Investment costs =	0
TOTAL ANNUAL COSTS =	0

# Input 100VE2030Portland

# The EnergyPLAN model 7.00



Electricity demand (TWh/year):	Flexible demand	0,00					Capacities	Efficiencies	Regulation Strategy: Technical regulation no. 3				Fuel Price level:						
Fixed demand	0,50	Fixed imp/exp.	0,00					Group 2:	MW-e	MJ/s	elec.	Ther	COP	KEOL regulation 23716					
Electric heating	0,05	Transportation	0,46					CHP	1000	1671	0,37	0,62	Minimum Stabilisation share 0,00						
Electric cooling	0,00	Total	1,01					Heat Pump	0	0	Stabilisation share of CHP 0,00								
									Boiler		5000		0,90		Minimum CHP gr 3 load 0 MW				
District heating (TWh/year)			Gr.1	Gr.2	Gr.3	Sum	Group 3:			CHP		477 447		0,47 0,44		Heat Pump maximum share 0,50			
District heating demand			0,00	0,08	0,39	0,47	Heat Pump			0 0				3,00		Maximum import/export 0 MW			
Solar Thermal			0,00	0,01	0,01	0,02	Boiler			0 116		0,90		Distr. Name : Hour_nordpool.txt					
Industrial CHP (CSHP)			0,00	0,00	0,00	0,00	Condensing			477		0,47		Addition factor 0,00 DKK/MWh					
Demand after solar and CSHP			0,00	0,07	0,38	0,45	Heatstorage: gr.2: 10 GWh			gr.3: 10 GWh			Dependency factor 0,00 DKK/MWh pr. MW						
Wind			180 MW	0,32	TWh/year	0,00	Fixed Boiler: gr.2: 0,0 Per cent			gr.3: 0,0 Per cent			Average Market Price 227 DKK/MWh						
Wind			0 MW	0	TWh/year	0,00	Electricity prod. from			CSHP		Waste (TWh/year)		(TWh/year) Coal Oil Ngas Biomass					
Wave Power			0 MW	0	TWh/year	0,00	Gr.1:			0,00		0,00		Transport 0,00 0,03 0,00 2,22					
River Hydro			0 MW	0	TWh/year	0,00	Gr.2:			0,00		0,00		Household 0,00 0,00 0,00 0,23					
Hydro Power			0 MW	0	TWh/year		Gr.3:			0,00		0,05		Industry 0,00 0,00 0,00 0,00					
Geothermal			0 MW	0	TWh/year									Various 0,00 0,00 0,00 0,00					

# Output

District Heating											Electricity														Exchange						
Demand		Production									Consumption						Production						Balance				Payment				
Distr. heating	MW	Solar	Waste+	CSHP	DHP	CHP	HP	ELT	Boiler	EH	Ba-lance	Elec. demand	Flexi-ble	Elec-trolyser	EH	Hydro Pump	Tur-bine	RES	Hy-dro	Geo-thermal	Waste+ CSHP	CHP	PP	Stab-Load %	Imp	Exp	CEEP	EPP	Imp	Exp	
MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	
January	90	0	20	0	62	0	0	10	0	-2	64	52	0	4	10	0	0	47	0	0	6	61	16	100	0	0	0	0	0	0	
February	85	1	20	0	62	0	0	0	0	3	63	52	0	2	9	0	0	49	0	0	6	60	13	100	0	0	0	0	0	0	
March	73	1	20	0	53	0	0	0	0	-1	61	52	0	1	8	0	0	37	0	0	6	51	29	100	0	0	0	0	0	0	
April	55	3	20	0	30	0	0	0	0	1	54	52	0	1	6	0	0	35	0	0	6	29	43	100	0	0	0	0	0	0	
May	36	3	20	0	13	0	0	0	0	0	52	52	0	0	4	0	0	32	0	0	6	12	60	100	0	0	0	0	0	0	
June	26	5	20	0	3	0	0	0	0	-1	51	52	0	0	3	0	0	30	0	0	6	2	68	100	0	0	0	0	0	0	
July	21	4	20	0	2	0	0	0	0	-4	46	52	0	0	2	0	0	21	0	0	6	1	73	100	0	0	0	0	0	0	
August	22	4	20	0	3	0	0	0	0	-4	53	52	0	0	2	0	0	25	0	0	6	2	76	100	0	0	0	0	0	0	
September	31	2	20	0	9	0	0	0	0	0	55	52	0	0	3	0	0	31	0	0	6	7	67	100	0	0	0	0	0	0	
October	48	1	20	0	29	0	0	0	0	-2	57	52	0	1	5	0	0	32	0	0	6	27	50	100	0	0	0	0	0	0	
November	68	0	20	0	45	0	0	0	0	2	62	52	0	1	8	0	0	47	0	0	6	44	26	100	0	0	0	0	0	0	
December	83	0	20	0	56	0	0	6	0	0	62	52	0	1	9	0	0	49	0	0	6	55	15	100	0	0	0	0	0	0	
Average	53	2	20	0	30	0	0	1	0	-1	57	52	0	1	6	0	0	36	0	0	6	29	45	100	0	0	0	0	0	Average price (DKK/MWh)	
Maximum	95	23	20	0	193	0	0	43	0	70	87	104	0	13	11	0	0	175	0	0	6	202	162	100	0	0	0	0	0	212	240
Minimum	19	0	20	0	0	0	0	0	0	-119	28	0	0	0	2	0	0	0	0	0	6	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0
Total for the whole year																									Million DKK						
TWh/year	0,47	0,02	0,18	0,00	0,27	0,00	0,00	0,01	0,00	-0,01	0,50	0,46	0,00	0,01	0,05	0,00	0,00	0,32	0,00	0,00	0,05	0,26	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0	

FUEL BALANCE (TWh/year):																							Imp/Exp Corrected			CO2 emission (Mt):	
DHP	CHP2	CHP3	Boiler2	Boiler3	PP	Geo-th.	Hydro	Elc.ly.s	Waste	CAES	Wind	Wind	Wave	Hydro	Solar.Th	Transp.	househ.	Industry	Various	Total	Imp/Exp	Netto	Total	Netto			
Coal	-	-	-	0,00	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00			
Oil	-	-	-	0,00	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03	-	-	-	0,03	0,00	0,03	0,00	0,00		
N.Gas	-	-	-	0,00	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Biomass	-	0,11	0,45	0,00	0,00	0,84	-	-	0,24	-	-	-	-	-	-	2,22	0,24	-	-	-	4,09	0,00	4,09	0,00	0,00		
Renewable	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,32	-	-	-	0,04	-	-	-	-	-	0,36	0,00	0,36	0,00	0,00		
H2 etc.	-	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Geothermal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Total	-	0,11	0,45	0,01	0,01	0,84	-	-	-0,01	0,24	-	0,32	-	-	-	0,04	2,24	0,24	-	-	4,47	0,00	4,47	0,00	0,00		



District Heating Production																														
Gr.1					Gr.2										Gr.3										RES specification					
District heating	Solar	CSHP	DHP		District heating	Solar	CSHP	CHP	HP	ELT	Boiler	EH	Storage	Ba-lance	District heating	Solar	CSHP	CHP	HP	ELT	Boiler	EH	Storage	Ba-lance	RES1 Wind	RES2 Wind	RES3 Wave	RES4 River	Total	
MW	MW	MW	MW		MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW
January	0	0	0	0	16	0	0	12	0	0	4	0	949	0	74	0	20	49	0	0	6	0	2937	-1	47	0	0	0	47	
February	0	0	0	0	15	0	0	14	0	0	0	0	1120	1	70	0	20	48	0	0	0	0	4244	2	49	0	0	0	49	
March	0	0	0	0	13	1	0	13	0	0	0	0	880	0	60	1	20	41	0	0	0	0	3522	-1	37	0	0	0	37	
April	0	0	0	0	10	2	0	8	0	0	0	0	812	0	45	1	20	23	0	0	0	0	3319	1	35	0	0	0	35	
May	0	0	0	0	6	2	0	4	0	0	0	0	771	0	30	2	20	8	0	0	0	0	3255	0	32	0	0	0	32	
June	0	0	0	0	5	3	0	2	0	0	0	0	808	0	22	2	20	1	0	0	0	0	3247	-1	30	0	0	0	30	
July	0	0	0	0	4	2	0	2	0	0	0	0	796	0	18	2	20	0	0	0	0	0	3244	-4	21	0	0	0	21	
August	0	0	0	0	4	2	0	2	0	0	0	0	800	0	18	2	20	0	0	0	0	0	3245	-4	25	0	0	0	25	
September	0	0	0	0	6	1	0	4	0	0	0	0	793	0	26	1	20	4	0	0	0	0	3236	0	31	0	0	0	31	
October	0	0	0	0	9	1	0	8	0	0	0	0	957	-1	40	1	20	21	0	0	0	0	3680	-1	32	0	0	0	32	
November	0	0	0	0	12	0	0	11	0	0	0	0	625	1	56	0	20	34	0	0	0	0	2724	2	47	0	0	0	47	
December	0	0	0	0	15	0	0	11	0	0	3	0	854	0	68	0	20	45	0	0	3	0	3707	0	49	0	0	0	49	
Average	0	0	0	0	9	1	0	8	0	0	1	0	847	0	44	1	20	23	0	0	1	0	3361	-1	36	0	0	0	36	
Maximum	0	0	0	0	17	13	0	37	0	0	16	0	1549	16	78	11	20	177	0	0	27	0	5596	54	175	0	0	0	175	
Minimum	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	-23	16	0	20	0	0	0	0	0	-119	0	0	0	0	0	0	
Total for the whole year																														
TWh/year	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,01	0,00	0,07	0,00	0,00	0,01	0,00		0,00	0,39	0,01	0,18	0,20	0,00	0,00	0,01	0,00	-0,01		0,32	0,00	0,00	0,00	0,32	

ANNUAL COSTS (Million DKK)

Total Fuel =	0
Coal =	0
FuelOil =	0
Gasoil/Diesel=	0
Petrol/JP =	0
Ngas =	0
Biomass =	0
Waste =	0
Maginal operation costs =	0
Total Electricity exchange =	0
Import =	0
Export =	0
Bottleneck =	0
Fixed imp/ex=	0
Total CO2 emission costs =	0
Total variable costs =	0
Fixed operation costs =	0
Annual Investment costs =	0
TOTAL ANNUAL COSTS =	0

# Input 100VE2030

# The EnergyPLAN model 7.00



Electricity demand (TWh/year):	Flexible demand	0,00
Fixed demand	0,68	Fixed imp/exp. 0,00
Electric heating	0,05	Transportation 0,46
Electric cooling	0,00	Total 1,19

Group 2:	Capacities		Efficiencies	
	MW-e	MJ/s	elec.	Ther
CHP	1000	1671	0,37	0,62
Heat Pump	0	0		3,00
Boiler		5000		0,90
Group 3:				
	CHP	477	447	0,47
Heat Pump	0	0		3,00
Boiler		116		0,90
Condensing	477		0,47	

Regulation Strategy: Technical regulation no. 3	
KEOL regulation	23716
Minimum Stabilisation share	0,00
Stabilisation share of CHP	0,00
Minimum CHP gr 3 load	0 MW
Heat Pump maximum share	0,50
Maximum import/export	0 MW
Distr. Name :	Hour_nordpool.txt
Addition factor	0,00 DKK/MWh
Multiplication factor	2,00
Dependency factor	0,00 DKK/MWh pr. MW
Average Market Price	227 DKK/MWh

Fuel Price level:				
		Capacities	Storage	Efficiencies
		MW-e	GWh	elec. Ther.
Hydro Pump:	0	0		0,80
Hydro Turbine:	0			0,90
Electrol. Gr.2:	0	0		0,80
Electrol. Gr.3:	0	0		0,80
Electrol. trans.:	0	0		0,80
Ely. MicroCHP:	13	0		0,80
CAES fuel ratio:		0,000		

District heating (TWh/year)	Gr.1	Gr.2	Gr.3	Sum
District heating demand	0,00	0,08	0,39	0,47
Solar Thermal	0,00	0,01	0,01	0,02
Industrial CHP (CSHP)	0,00	0,00	0,35	0,35
Demand after solar and CSHP	0,00	0,07	0,03	0,10

Wind	180 MW	0,34	TWh/year	0,00	Grid
Wind	0 MW	0	TWh/year	0,00	stabil-
Wave Power	0 MW	0	TWh/year	0,00	sation
River Hydro	0 MW	0	TWh/year	0,00	share
Hydro Power	0 MW	0	TWh/year		
Geothermal	0 MW	0	TWh/year		

Heatstorage: gr.2:	10 GWh	gr.3:	10 GWh
Fixed Boiler: gr.2:	0,0 Per cent	gr.3:	0,0 Per cent
Electricity prod. from CSHP Waste (TWh/year)			
Gr.1:	0,00	0,00	
Gr.2:	0,00	0,00	
Gr.3:	0,00	0,06	

(TWh/year)	Coal	Oil	Ngas	Biomass
Transport	0,00	0,03	0,00	2,22
Household	0,00	0,00	0,00	0,23
Industry	0,00	0,00	0,00	0,26
Various	0,00	0,00	0,00	0,00

## Output

	District Heating										Electricity													Exchange						
	Demand	Production									Ba-lance	Consumption					Production					Balance				Payment				
		Distr. heating	Solar	CSHP	DHP	CHP	HP	ELT	Boiler	EH		Elec. demand	Flexi-ble	Elec-trolyser	EH	Hydro Pump	Tur-bine	RES	Hy-dro	Geo-thermal	Waste+ CSHP	CHP	PP	Stab-Load %	Imp	Exp	CEEP	EPP	Imp	Exp
MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	Million DKK	
January	90	0	63	0	27	0	0	0	0	0	87	52	0	3	10	0	0	52	0	0	7	22	72	100	0	0	0	0	0	0
February	85	1	63	0	21	0	0	0	0	0	86	52	0	3	9	0	0	52	0	0	7	16	76	100	0	0	0	0	0	0
March	73	1	63	0	13	0	0	0	0	-4	83	52	0	1	8	0	0	40	0	0	7	8	89	100	0	0	0	0	0	0
April	55	3	63	0	8	0	0	0	0	-19	73	52	0	1	6	0	0	37	0	0	7	5	84	100	0	0	0	0	0	0
May	36	3	63	0	4	0	0	0	0	-35	71	52	0	0	4	0	0	34	0	0	7	3	84	100	0	0	0	0	0	0
June	26	5	63	0	2	0	0	0	0	-44	69	52	0	0	3	0	0	32	0	0	7	1	84	100	0	0	0	0	0	0
July	21	4	63	0	2	0	0	0	0	-47	63	52	0	0	2	0	0	23	0	0	7	1	87	100	0	0	0	0	0	0
August	22	4	63	0	2	0	0	0	0	-47	73	52	0	0	2	0	0	27	0	0	7	1	93	100	0	0	0	0	0	0
September	31	2	63	0	4	0	0	0	0	-38	75	52	0	0	3	0	0	34	0	0	7	3	88	100	0	0	0	0	0	0
October	48	1	63	0	8	0	0	0	0	-24	78	52	0	1	5	0	0	35	0	0	7	5	89	100	0	0	0	0	0	0
November	68	0	63	0	12	0	0	0	0	-7	84	52	0	1	8	0	0	50	0	0	7	7	80	100	0	0	0	0	0	0
December	83	0	63	0	21	0	0	0	0	-1	84	52	0	1	9	0	0	53	0	0	7	16	71	100	0	0	0	0	0	0
Average	53	2	63	0	10	0	0	0	0	-22	77	52	0	1	6	0	0	39	0	0	7	7	83	100	0	0	0	0	0	Average price (DKK/MWh)
Maximum	95	23	63	0	69	0	0	0	0	32	119	104	0	13	11	0	0	175	0	0	7	56	198	100	0	0	0	0	0	217
Minimum	19	0	63	0	0	0	0	0	0	-57	39	0	0	0	2	0	0	0	0	0	7	0	0	100	0	0	0	0	0	237

Total for the whole year																								Million DKK					
TWh/year	0,47	0,02	0,55	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,20	0,68	0,46	0,00	0,01	0,05	0,00	0,00	0,34	0,00	0,00	0,06	0,06	0,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0

FUEL BALANCE (TWh/year):																				Imp/Exp Corrected			CO2 emission (Mt):		
	DHP	CHP2	CHP3	Boiler2	Boiler3	PP	Geo-th.	Hydro	Elc.ly.s	Waste	CAES	Wind	Wind	Wave	Hydro	Solar.Th	Transp.	househ.	Industry	Various	Total	Imp/Exp	Netto	Total	Netto
Coal	-	-	-	0,00	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	
Oil	-	-	-	0,00	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03	-	-	-	0,03	0,00	0,03	0,00	0,00
N.Gas	-	-	-	0,00	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Biomass	-	0,12	0,04	0,00	0,00	1,55	-	-	-	0,27	-	-	-	-	-	-	2,22	0,24	0,26	-	4,69	0,00	4,69	0,00	0,00
Renewable	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,34	-	-	-	0,04	-	-	-	-	0,38	0,00	0,38	0,00	0,00
H2 etc.	-	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Geothermal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	-	0,12	0,04	0,00	0,00	1,55	-	-	-0,01	0,27	-	0,34	-	-	-	0,04	2,24	0,24	0,26	-	5,09	0,00	5,09	0,00	0,00





District Heating Production																														
Gr.1					Gr.2										Gr.3										RES specification					
District heating	Solar	CSHP	DHP		District heating	Solar	CSHP	CHP	HP	ELT	Boiler	EH	Storage	Bal-ance	District heating	Solar	CSHP	CHP	HP	ELT	Boiler	EH	Storage	Bal-ance	RES1 Wind	RES2 Wind	RES3 Wave	RES4 River	Total	
MW	MW	MW	MW		MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW
January	0	0	0	0	16	0	0	16	0	0	0	0	798	0	74	0	63	11	0	0	0	0	696	0	52	0	0	0	52	
February	0	0	0	0	15	0	0	15	0	0	0	0	1057	0	70	0	63	7	0	0	0	0	888	0	52	0	0	0	52	
March	0	0	0	0	13	1	0	12	0	0	0	0	982	0	60	1	63	1	0	0	0	0	824	-4	40	0	0	0	40	
April	0	0	0	0	10	2	0	8	0	0	0	0	903	0	45	1	63	0	0	0	0	0	824	-19	37	0	0	0	37	
May	0	0	0	0	6	2	0	4	0	0	0	0	898	0	30	2	63	0	0	0	0	0	824	-35	34	0	0	0	34	
June	0	0	0	0	5	3	0	2	0	0	0	0	928	0	22	2	63	0	0	0	0	0	824	-44	32	0	0	0	32	
July	0	0	0	0	4	2	0	2	0	0	0	0	919	0	18	2	63	0	0	0	0	0	824	-47	23	0	0	0	23	
August	0	0	0	0	4	2	0	2	0	0	0	0	923	0	18	2	63	0	0	0	0	0	824	-47	27	0	0	0	27	
September	0	0	0	0	6	1	0	4	0	0	0	0	912	0	26	1	63	0	0	0	0	0	824	-38	34	0	0	0	34	
October	0	0	0	0	9	1	0	8	0	0	0	0	1023	0	40	1	63	0	0	0	0	0	824	-24	35	0	0	0	35	
November	0	0	0	0	12	0	0	12	0	0	0	0	858	0	56	0	63	0	0	0	0	0	824	-7	50	0	0	0	50	
December	0	0	0	0	15	0	0	15	0	0	0	0	993	0	68	0	63	6	0	0	0	0	862	-1	53	0	0	0	53	
Average	0	0	0	0	9	1	0	8	0	0	0	0	932	0	44	1	63	2	0	0	0	0	821	-22	39	0	0	0	39	
Maximum	0	0	0	0	17	13	0	37	0	0	0	0	1310	17	78	11	63	32	0	0	0	0	1034	15	175	0	0	0	175	
Minimum	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	-20	16	0	63	0	0	0	0	0	0	-57	0	0	0	0	0	
Total for the whole year																														
TWh/year	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,01	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,39	0,01	0,55	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,20	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	

## ANNUAL COSTS (Million DKK)

Total Fuel =	0
Coal =	0
FuelOil =	0
Gasoil/Diesel=	0
Petrol/JP =	0
Ngas =	0
Biomass =	0
Waste =	0
Maginal operation costs =	0
Total Electricity exchange =	0
Import =	0
Export =	0
Bottleneck =	0
Fixed imp/ex=	0
Total CO2 emission costs =	0
Total variable costs =	0
Fixed operation costs =	0
Annual Investment costs =	0
TOTAL ANNUAL COSTS =	0

# **Vedvarende energi i Aalborg Kommunes energiforsyning**

**Specialrapport  
Helle Madsen  
Sustainable Energy Planning and Management  
Aalborg Universitet  
Juni 2008**