

Nr. 153 | marts 2001

## Huse med eget elværk

Mikroturbiner giver naturgaskunder mulighed for selv at producere og sælge strøm

Omvæltning af elsektoren på vej	>	Små, billige gasturbiner kan gøre det til en god forretning at få sit eget elværk i bryggerset. De nye turbiner har kun én bevægelig del. De støjer ikke, de forurener kun lidt og udslippet af CO <sub>2</sub> formindskes.
Små gasturbiner er en billig, velfungerende teknik	>	Det er især i de områder, hvor naturgasnettet når ud i husene, en teknik der er lige på trapperne. Men hvis decentral elproduktion slår igennem, ofg flere hundrede-tusinder husstande skal producere strøm, kan der opstå problemer med overproduktion, som kun kan afsættes til en meget lav pris.
Nødvendigt med koordinering, hvis der kommer mange tusinde elproducenter	>	Problemerne kan løses ved at producere brint til brændselsceller, der både kan bruges i biler og bygninger. Computerne kan klare det praktiske, men politikerne må prioritere, fjerne barrierer og så vidt muligt sikre at markedspriserne svarer til de reelle omkostninger
Overskudsproduktion kan lagres som brint	>	
Politisk opgave at prioritere strømproduktionen	>	

Husejere i områder med naturgas kan om få år spare penge på at installere deres eget elværk i bryggerset. Det siger i hvert fald de firmaer, der markedsfører mini-gasturbiner.

Prisen på de små gasturbiner er på vej ned. Effektiviteten er på vej op. Udgifterne til vedligeholdelse er små. Forureningen er lille.

Brændselsceller er også på vej ned i pris, især fordi bilfabrikerne satser på at markedsføre modeller med brændselsceller fra år 2004.

Tilsammen kan de små teknologier vende op og ned på den traditionelle energiforsyning. Rigtigt anvendt, og kombineret med vedvarende energikilder, kan de bidrage kraftigt til at begrænse udslippet af drivhusgasser, også fra trafikken. I udviklingslan-

dene kan man spare store investeringer til distributionsnet ved at satse på lokale netværk.

### Mikro-revolution?

I dag produceres energien mest på centrale værker. Med de små gasturbiner, brændselsceller og vedvarende energikilder vil det meste af strømmen og varmen blive fremstillet lokalt – i små enheder, der via modem-forbindelser og computerprogrammer kan kobles sammen i effektive netværk.

Den »mikro-elektriske revolution« sammenlignes med IT-samfundets gennembrud i 1980'erne: De store, centrale computere blev hurtigt udkonkurreret af små pc'er, som snart blev forbundet i netværk, både lokalt og globalt.

Der er dog mange ubesvarede spørgsmål: Holder teknikken, hvad firmaerne lover? Kommer prisen

### Udgiver

Teknologirådet  
Antonigade 4  
DK - 1106 København K  
Tel. 33 32 05 03  
rtt@tekno.dk

### Redaktion

Morten Jastrup (ansv.)  
Mette Bom  
Ida Leisner

### Abonnement

Gratis pr. email  
Tilmelding på:  
rtt@tekno.dk  
Tidligere nyhedsbreve findes på:  
[www.tekno.dk/rtt.htm](http://www.tekno.dk/rtt.htm)

langt nok ned? Kan samspillet mellem så mange producenter fungere effektivt? Kan man enes om normer og standarder? Opstår der konflikter mellem de små producenter og ejerne af distributionsnettet og de store, centrale værker?

Og for Danmarks vedkommende: Hvornår begynder den nuværende høje gaspris at falde – og den lave elpris at stige?

## Enkel og effektiv

En mini-gasturbine har kun én roterende del. Det er en aksel, hvor vingerne til turbinen og turboladeren og ankeret i generatoren sidder fast.

Princippet kan nemmest forklares ved at starte bagfra: For at få generatoren til at lave strøm, skal man have akselen til at dreje rundt med en magnet, så den kan inducere strøm i vikledede ledninger.

Turbinen består af skråtstillede møllevinger. Når naturgassen (eller en anden brændbar luftart) antændes i brændkammeret, udvider den sig kraftigt. Denne luftstrøm ledes med fuld fart mod turbinens vinger og får dem til at dreje rundt.

For at hæve effektiviteten og få en bedre forbrænding, har man tilføjet en turbolader på samme aksel. Det er også en krans af møllevinger, men de er formet sådan, at de suger naturgassen ind og slynger den ud mod siden af kammeret. Når turboladeren roterer tilstrækkelig hurtigt, bliver gassen presset sammen, så trykket stiger.

For yderligere at hæve effektiviteten opvarmer man gassen inden den brændes. Dertil bruges den varme udstødning. Resten af varmen kan man anvende ved endnu en varmeveksler.

## Modeller på markedet

Jo mindre gasturbinen er, jo hurtigere skal den rotere. Hastigheden ved spidsen af turboladerens vinger skal nemlig op på ca. 400 meter i sekundet.

Det høje omdrejningstal giver problemer med lejerne. Det løser man ved at lave magnetiske lejer eller luftlejer, der ikke skal smøres.

Strømmen fra generatoren passer ikke til elnettet. Men det problem løser man med elektronisk omformning. Så undgår man et mekanisk gear.

På forsøgsplan er der lavet en minigasturbine med en elektrisk effekt på kun 50 watt. Rotoren er 5 millimeter i diameter og omdrejningstallet 2 millioner pr. minut!

Men de modeller, der markedsføres nu, har typisk en el-effekt på 20 – 100 kW. De egner sig i størrelse til f. eks. en svømmehal, en boligblok eller en virk-

somhed med stort varmebehov, f.eks. et mejeri eller et farveri.

De fleste mærker er amerikanske, f.eks. Honeywell, Capstone og General Electric. Men der er også en enkelt europæisk leverandør, nemlig Turbec i Malmø – et datterselskab af Volvo og ABB. Volvo udviklede gasturbinen til lastbiler og busser, men opgav ideen i 1995. Erfaringerne føres videre med de lidt større modeller fra Turbec. Et par af dem er afprøvet sidste år i Lyngby og i Malmø. 18 turbiner skal afprøves i et EU-støttet demonstrationsprojekt i Danmark, Sverige, Norge og Finland.

Prisen ligger i dag på omkring 10.000 kr. pr. kilowatt plus installationsomkostninger. Den skal ned på omkring 4.000 kr. før teknikken for alvor bliver konkurrencedygtig. Det forventer man at opnå ved en serieproduktion.

## Lav el-virkningsgrad

Den amerikanske dominans hænger sammen med interessen for 'distributed power production' i USA samt lave gaspriser. Desuden er det i USA en sidegevinst, at varmen kan udnyttes. Kun 8 procent af USA's elproduktion foregår som samproduktion af el og varme.

Et problem ved teknologien er den lave elvirkningsgrad. Kun ca. 30 procent af energien bliver til strøm. På de mest moderne naturgasfyrede kraftværker kan man nå op på den dobbelte elvirkningsgrad. Men hvis man samtidig bruger varmen er der ikke så stor forskel. Desuden skal virkningsgraden vejes op mod det tab, der sker ved distributionen af el og varme i ledninger og rør.

Det samlede udslip af CO<sub>2</sub> kan nedsættes meget hvis minigasturbiner bliver udbredte i naturgasområderne – og ersatter strøm, der ellers blev produceret på kulfyrede værker.

Reglerne siger i dag, at ejeren af et decentralt kraftvarmeværk kan sælge sin overskydende strøm til nettet for en pris, der svarer til de traditionelle elværkers marginale omkostninger, typisk omkring 30 øre pr. kilowatt.

## Samspilsproblemer

Men hvis miljøgevinsten skal slå igennem, må samspilsproblemerne løses. Allerede nu er en stor del af elproduktionen bundet til varme og til vindmøller. I juledagene sidste år var man tæt på en situation hvor det havde været nødvendigt at bede Elsam om at lukke et kraftværk og lave varme på oliebasis i stedet. Varmebehovet var stort, elforbruget var lille og elmarkedet var lukket på grund af helligdage, så man ikke kunne sælge den overskydende strøm til udlandet. Heldigvis var det ikke blæsevej, så vindmøllerne lavede ikke ret meget strøm.

### Udgiver

Teknologirådet  
Antonigade 4  
DK - 1106 København K  
Tel. 33 32 05 03  
rtt@tekno.dk

### Redaktion

Morten Jastrup (ansv.)  
Mette Bom  
Ida Leisner

### Abonnement

Gratis pr. email  
Tilmelding på:  
rtt@tekno.dk  
Tidligere nyhedsbreve findes på:  
www.tekno.dk/rtt.htm

I de kommende år begynder de store havvindmøller at producere strøm, og nye vindmøller på land er langt mere effektive end de gamle. Hvis der også kommer meget mere decentral kraftvarme – og strøm fra solceller – vil man tit blive nødt til at sælge overskydende, miljøvenlig strøm til udlandet – ofte på tidspunkter hvor markedsprisen er lav. Det er en dårlig ide, både økonomisk og miljømæssigt.

Energistyrelsen har for nylig nedsat et udvalg, der skal se på problemet. En teknisk løsning er at bruge varmepumper når der er overskud af strøm og underskud af varme. En endnu bedre løsning – miljømæssigt – er at producere brint.

## Brændselsceller

Her kommer brændselscellerne ind i billedet. Til biler arbejder man især på at udvikle PEM-cellerne, der virker ved en lav temperatur. Men også SOFC-cellerne, der virker ved en temperatur på 700 – 1000 grader, er i hastig udvikling, blandt andet på Risø, der samarbejder med Haldor Topsøe og det schweiziske firma Sulzer Hexis.

En brændselscelle virker som et batteri ved at forene brint og ilt til vand – men først efter at de tilhørende elektroner har været en omvej igennem en ledning. PEM-cellerne kræver ren brint. Den kan fremstilles af naturgas eller ved elektrolyse (dvs. ved at sende strøm gennem saltholdigt vand). I SOFC-cellerne kan man også bruge naturgas eller biogas. De kan med fordel kombineres med en minigasturbine.

Den helt store fordel, både for økonomien, miljøet og energisystemet, opnår man hvis gode og billige brændselsceller slår an i bilerne og den øvrige transportsektor.

## Biler uden udslip

En elektrisk bil, der kører på brint og brændselsceller har langt større effektivitet end selv den bedste bil med eksplosionsmotor. I gennemsnit udnytter den danske bilpark i dag kun 19 procent af energien i den benzin eller diesel, de bruger. De bedste modeller er oppe på 28 procent. En PEM-brændselscelle kan i dag lave 35 procent af energien til strøm – og effektiviteten er stigende. Teoretisk er der ingen øvre grænse. Sådanne biler vil desuden være meget støjsvage og helt fri for forurening og CO<sub>2</sub>-udslip. Et problem er lagringen og distributionen af brint. Trykbeholdere af kunststof er en gennemprøvet mulighed, men metalhydrid og kunststoffer med huller i nano-størrelse kan lagre brint uden tryk og eksplosionsrisiko.

Hvis brændselscellernes pris i forhold til ydelsen kommer ned på et niveau, hvor de er konkurrencedygtige på et marked for miljøvenlige biler, kan det også betale sig at bruge dem i husene.

## Rullende kraftværker

Så kan man for alvor høste fordele ved at bruge de nye energikilder sammen. På de tidspunkter, hvor elforbruget er lavt og varmebehovet er stort, eller det blæser særlig meget, eller solen skinner meget på solcellerne, bruger man den ekstra strøm fra vindmøllerne og solcellerne og de mange kraftvarmeenheder der står og varmer husene op, enten det er minigasturbiner eller brændselsceller eller de ældre modeller i kraftvarmeverkerne til at lave brint. (Brændselsceller kan i princippet 'køre baglæns' eller man kan lave brint elektrolyse.)

Og bedre endnu: Hvis blot hver femte bil i Danmark har en brændselscelle, så svarer disse små rullende kraftværker til syv atomkraftværker. Og biler står som bekendt stille det meste af tiden! Mens de står stille kan de lave strøm til elnettet. I stedet for at betale hele prisen for en miljøvenlig bil kan man lease den af et energiselskab som trækker den producerede strøm fra i regningen.

## Barrierer for udviklingen

Måske kommer den 'mikro-elektriske revolution' først i gang i USA, fordi det amerikanske udgangspunkt er lav energieffektivitet, lave gaspriser og problemer med stabil elforsyning. Når prisen på råolie stiger lidt mere, vil det sætte skub i udviklingen. I Danmark er gasprisen unaturligt høj, fordi den politisk er koblet til olieprisen. Og kostprisen på el er unaturligt lav, fordi der er overkapacitet af elværker. Desuden har vi i forvejen en stor kraftvarmeproduktion og en forholdsvis høj energieffektivitet. Hvis man politisk vil fremme udviklingen af de nye energiteknologier må man derfor se nærmere på prisstrukturen. Den enkleste form for regulering af et decentralt energisystem ville være at priserne afspejlede de reelle omkostninger – og miljøfordelene. Man er også nødt til at sikre sig, at forskellige normer og standarder og aftaler både nationalt og internationalt ikke lægger hindringer i vejen.

Men først og fremmest må man sikre at hver enkelt del af hele det decentraliserede energi-netværk virker sammen på den mest hensigtsmæssige måde – så man til enhver tid har forsyningssikkerhed på den mest økonomiske og miljømæssigt bedste måde.

## Elektronik, politik og marked

At få mange decentrale enheder til at virke rigtigt sammen er både en opgave for ingeniører, planlæggere og politikere.

Teknisk set er det ikke uoverkommeligt at forbinde hver del af systemet (og målere og følere) i et netværk, så produktionen af el og varme styres automatisk og varmepumperne og brintproduktionen går i gang på de rigtige tidspunkter. Det kræver bare lidt computerteknik og en opkobling på telenettet.

### Udgiver

Teknologirådet  
Antonigade 4  
DK - 1106 København K  
Tel. 33 32 05 03  
rtt@tekno.dk

### Redaktion

Morten Jastrup (ansv.)  
Mette Bom  
Ida Leisner

### Abonnement

Gratis pr. email  
Tilmelding på:  
rtt@tekno.dk  
Tidligere nyhedsbreve findes på:  
www.tekno.dk/rtt.htm

Men normer og standarder skal virke sammen – og især skal prioriteringerne være i orden før valget overlades til computerne.

Der opstår spild af ressourcer hvis ikke besparelser og energieffektivitet er prioriteret først. Og der opstår spild af energi og penge – og unødige udslip – hvis ikke den varmebundne og den vedvarende energi er prioriteret før den fleksible. Elproduktionen på de enheder, der ikke kan udnytte restvarmen, skal begrænses mest muligt – og den overskydende strøm, der nødvendigvis forekommer når den prioriterede produktion er høj og forbruget er lille, skal anvendes rationelt.

Hvis man styrer produktionen i forhold til spotprisen på fremtidens el- og gasmarked, kræver det, at priserne afspejler de reelle omkostninger, også de miljømæssige.

*Fra Rådet til Tinget udgives af Teknologirådets sekretariat.*

*Dette nyhedsbrev er skrevet af Journalist Ebbe Sønderriis.*

*De seneste fem numre af Fra rådet til tinget er:*

*152: Behov for stamcellepolitik*

*151: Vækst, Gener og Open Source*

*150: Overvågning på glidebane*

*149: Færre bøvser – bedre klima*

*148: Det usikre kulstofkredsløb*

#### **Udgiver**

Teknologirådet  
Antonigade 4  
DK - 1106 København K  
Tel. 33 32 05 03  
rtt@tekno.dk

#### **Redaktion**

Morten Jastrup (ansv.)  
Mette Bom  
Ida Leisner

#### **Abonnement**

Gratis pr. email  
Tilmelding på:  
rtt@tekno.dk  
Tidligere nyhedsbreve findes på:  
[www.tekno.dk/rtt.htm](http://www.tekno.dk/rtt.htm)