



FOKUS PÅ

# VINDENERGI

# *Indhold*



|  |    |
|--|----|
| VINDENERGI ER VEDVARENDE ENERGI                | 3  |
| VINDRESSOURCER I DANMARK                       | 6  |
| DRIVHUSEFFEKTEN                                | 7  |
| VINDMØLLERNE I ENERGIPLANERNE                  | 8  |
| PLANLÆGNING AF VINDMØLLER                      | 9  |
| VINDMØLLER I LANDSKABET                        | 12 |
| OM AT EJE VINDMØLLER ELLER ANDELE I VINDMØLLER | 15 |
| VINDMØLLERS ØKONOMI                            | 16 |
| ELEKTRISKE MÅLEENHEDER                         | 18 |
| YDERLIGERE OPLYSNINGER                         | 19 |

Vindkraft har en central placering i dansk miljø- og energipolitik fordi det er en af de billigste metoder til nedbringelse af luftforureningen ved energiproduktion. Vindmøller producerer elektricitet uden at forurene luften med CO<sub>2</sub> som på længere sigt kan ændre jordens klima.

# Vindenergi er vedvarende energi

Vinden slipper ikke op sådan som kul, olie og naturgas før eller senere vil gøre. Vindenergi er vedvarende energi. Vi kan ganske vist ikke forudsige præcis hvornår det blæser, og hvor kraftig vinden bliver. Vi kan ikke skrue op og ned for vinden som det passer os. Men vi ved hvor meget energi der er i vinden set over en periode.

Danmark har gode vindressourcer. De er dokumenterede gennem mange år, og vi ved også hvor meget vindenergi der er til rådighed på bestemte lokaliteter. Det blæser mest langs kysterne, og mest fra vest og sydvest. I de seneste år er der foretaget en egentlig kortlægning af vindenergien i de forskellige dele af landet. Et af resultaterne er et Danmarkskort over vindressourcerne som kan bruges når der skal laves overordnet planlægning for udnyttelsen af vindenergien.

Vindens energi er fra meget gammel tid blevet brugt af mennesker. På havet med sejlskibe og på land med skiftende typer af vindmøller. De første vindmøller vi kender, blev bygget i Asien. Europas første vindmøller blev taget i brug omkring år 1100. De blev brugt til at male korn og pumpe vand. Rester af denne mølletype findes stadig i Middelhavslandene. I det flade Holland byggede man vindmøller til at pumpe vand væk fra lavtliggende områder.

I Danmark er vindmøller udnyttet som kraftkilde siden midt i 1200-tallet. Vindmøller blev gennem århundreder brugt til at male korn og som trækraft for nogle af landbrugets maskiner. Mange typer har præget det danske landskab fra stubmøllerne, over et par tusinde af de store hollandske møller, til mellem 20.000 og 30.000 møller ved danske landbrugsejendomme i første halvdel af 1900-tallet.

## Elproduktion med vindkraft

I 1891 begyndte fysikeren Poul la Cour, der var lærer i naturvidenskab på Askov Højskole, at eksperimentere med vindkraft til produktion af elektrisk strøm. La Cour blev kaldt "trollmanden fra Askov, der lavede lys og kraft af regn og blæst". La Cours forsøgsmølle producerede

jævnstrøm til højskolen og Askov by. Han eksperimenterede desuden med at oplagre vindens energi. Inspireret af la Cour blev der i de kommende år opført små landsby-elværker med vindmøller.

Under 1. verdenskrig var der omkring 250 elproducerende vindmøller i Danmark, men efter 2. verdenskrig blev de sidste efterhånden udkonkurreret af større elværker der fyrede med billig olie og kul.

## Ny generation vindmøller

I begyndelsen af 1970'erne voksede en ny interesse for vindmøller til elproduktion frem i Danmark.

Der var flere grunde til at den danske vindmølleudvikling tog fart i disse år. Først i 1970'erne oplevede verden stigende oliepriser og ustabile forhold i den internationale handel med olie. I 1973 frygtede man at Danmark ville blive ramt af en egentlig forsyningskrise, og der blev blandt andet indført "bilfrie søndage" for at spare benzin. Det var vigtigt at gøre sig uafhængig af "oliesheikerne". Og det stod klart at kul og olie er udtømmelige energiresourcer som på et eller andet tidspunkt vil blive svære at skaffe og til sidst vil slippe op.

Også miljøproblemerne kom for alvor på den politiske dagsorden. Den voksende miljøbevidsthed satte gang i arbejdet med at udvikle



vindmøller og solfangere til lokal energiforsyning. Samtidig mødte regeringens planer om at bygge atomkraftværker modstand. Udnyttelsen af vedvarende energi fik efterhånden bred folkelig opbakning.

De første små elproducerende vindmøller begyndte at levere strøm til forsyningsnettet i 1976. I dag, 25 år senere, er der mere end 6.000 vindmøller i Danmark. De leverer i 2001 cirka 16% af danskernes elforbrug. Den danske vindmølleindustri er førende i verden, og eksporten af vindmøller har betydning for valutaregnskabet.

#### **Vindkraft er ren energi**

Vindmøller laver elektrisk energi uden at bruge brændsel. Vindens energi er gratis og vedvarende. Desuden kan møllerne noget som brændselsfyrede elværker ikke kan: producere el uden luftforurening. Det er de to vigtige grunde til at vindkraft har fået en betydelig plads i energiplanerne ikke bare i Danmark, men i mange lande.



Når en vindmølle leverer en kilowatt-time (kWh) til elnettet, spares produktionen af 1 kWh på et kraftværk der fyrer med kul eller naturgas. Samtidig spares miljøet for den forurening som produktionen af 1 kWh på kraftværker fyret med fossile brændsler medfører. Et kulkraftværk skal bruge cirka 400 g kul til at fremstille 1 kWh elektricitet. I forbrændingsprocessen dannes der forskellige luftarter.

Det er først og fremmest kuldioxid (CO<sub>2</sub>), svovldioxid (SO<sub>2</sub>) og kvælstofiler (NO<sub>x</sub>) som ledes ud i atmosfæren. CO<sub>2</sub> er en vigtig "drivhusgas" der kan ændre jordens klima. SO<sub>2</sub> og NO<sub>x</sub> kan sammen med regnvand og vanddamp i luften give "sur regn" der skader naturens planter, for eksempel skove.

Vindmøllernes elproduktion erstatter cirka 2,3 mio. tons kul om året (2001). Dermed spares miljøet for cirka 4,7 mio. tons CO<sub>2</sub> og mange tusinde tons SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, slagger og flyveaske.

#### **Vindkraft er den reneste produktionsform**

Hvis man vil vurdere de totale miljøvirkninger af et produkt eller en produktion, kan man ikke nøjes med at se på luftforureningen. Man må også finde ud af hvilke andre påvirkninger miljøet bliver udsat for. Og man må undersøge hvad der sker i hele produktets livscyklus – fra vugge til grav.

For elproduktion på et kulfyret kraftværk betyder det for eksempel, at man må se på miljøbelastningen fra kulminen, transport af kullene til kraftværket, bygning af kraftværket, driften af værket, håndtering af restprodukter, transmission og distribution af elektricitet til forbrugeren og nedrivning af kraftværket til sin tid.

De danske elselskaber har i fællesskab udsendt rapporten "Livscyklusvurdering af dansk el og kraftvarme" (oktober 2000). Her sammenligner man en række miljøvirkninger af forskellige teknologier til elproduktion. Man tog udgangspunkt i tal fra forskellige elproduktionsteknologier i Danmark i 1997 og regnede på udvalgte miljøeffekter på en gennemsnits-kilowatttime leveret til forbrugeren. Undersøgelsen beskriver kulkraftværker som den mest miljøbelastende produktionsform og vindmøller som den reneste.

Ved vindmølleproduktion kommer miljøbelastningerne hovedsageligt fra bygnings- og skrotningsfasen. Rapporten konstaterer at den største miljøbelastning fremkommer ved produktion af møllen mens skrotningen i mange tilfælde bidrager positivt til regnskabet fordi en stor del af materialerne kan genanvendes.

Fra andre typer danske elproduktionsanlæg stammer de væsentligste miljøbelastninger fra driftsfasen. Her er det de anvendte typer af brændsel der har den største indflydelse på miljøet. Drivhuseffekt og forurening er velkendte effekter fra luftforureningen ved traditionel elproduktion. Jo renere brændsel vi bruger, jo mindre er forureningen fra elproduktionen.

### Vindkraft er godt for miljøet

*1 kWh vindmølle-el, som erstatter 1 kWh fra et centralt kulfyret kraftværk, sparer miljøet for:*

|                                  |         |
|----------------------------------|---------|
| Kuldioxid (CO <sub>2</sub> )     | 810,0 g |
| Svovldioxid (SO <sub>2</sub> )   | 1,5 g   |
| Kvælstofilter (NO <sub>x</sub> ) | 1,4 g   |
| Slagger, flyveaske m.v.          | 52,0 g  |



### Vindmøllers energibalance

"Energibalancen" er vigtig når man vurderer forskellige typer elproduktionsanlæg. "Energibalancen" er den samlede vurdering over produktets levetid af forholdet mellem energiforbrug og energiydelse.

Vindmøller har en meget flot og positiv energibalance i forhold til andre elproduktionsmetoder. En moderne vindmølle producerer i sin levetid (20 år) ca. 80 gange mere energi end der er medgået til at fremstille den – afhængig af vindforhold osv. Under normale vindforhold bruger den kun cirka 3 måneder til at skabe den energi der medgår til dens fabrikation, opstilling, vedligeholdelse og senere bortskaffelse.



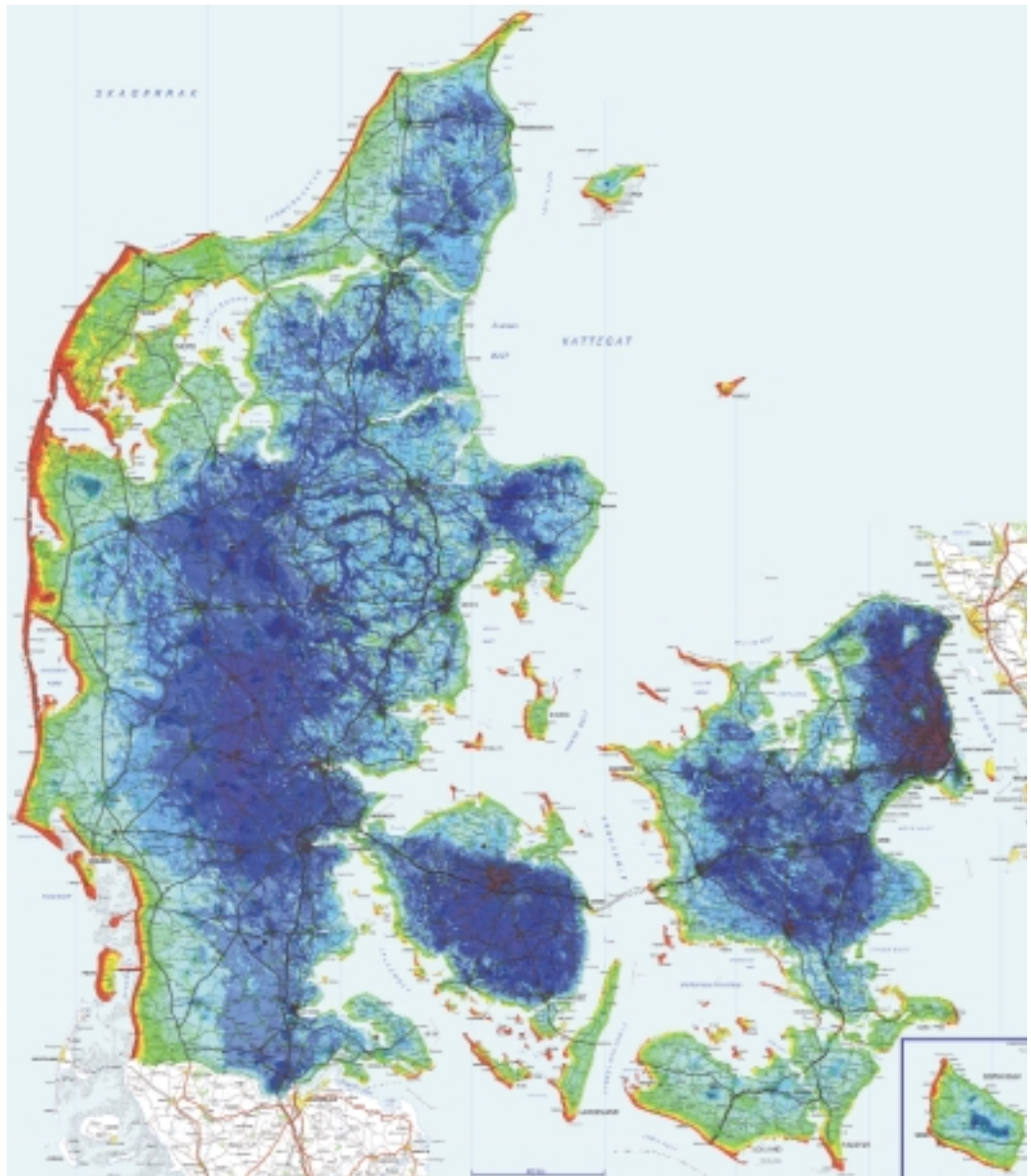
## Vindressourcer i Danmark

Den nyeste vindenergikortlægning for Danmark er udført af Energi- og Miljødata og Risø i 1999. Kortet her på siden viser fordelingen af vindressourcerne i Danmark og kan anvendes til at vurdere det generelle vindenergipotentiale i et område.

De røde farver viser de bedste vindforhold mens de mørkeblå viser de dårligste vindforhold.

Når man skal vurdere en bestemt placering, er det dog nødvendigt at få foretaget en konkret vindvurdering. Lokale forhold spiller en afgørende rolle, og der kan i alle dele af Danmark være gode placeringsmuligheder der ikke kan ses på kortmaterialet.

*På [www.emd.dk](http://www.emd.dk) kan man se mere detaljerede kort om vindressourcerne.*



# Drivhuseffekten

I jordens indre er der brændende varmt. Nogle få kilometer ude i rummet er der isnende koldt. Kun i en smal hinde rundt om jorden er temperaturen så tilpas at planter, dyr og mennesker kan leve. Det skyldes den naturlige drivhusvirkning. Atmosfæren lader solens lysenergi slippe igennem til jorden, men bremser jordens udstråling af varme til verdensrummet. Ligesom et drivhus holder på den varme som får tomater til at modnes.

Temperaturen ved jordoverfladen varierer fra sted til sted og fra årstid til årstid. I gennemsnit er den cirka 15 grader. Uden atmosfæren ville jorden være ubeboelig med en middeltemperatur på minus 20 grader. Drivhuseffekten er en forudsætning for at der kan trives levende væsener på denne klode.

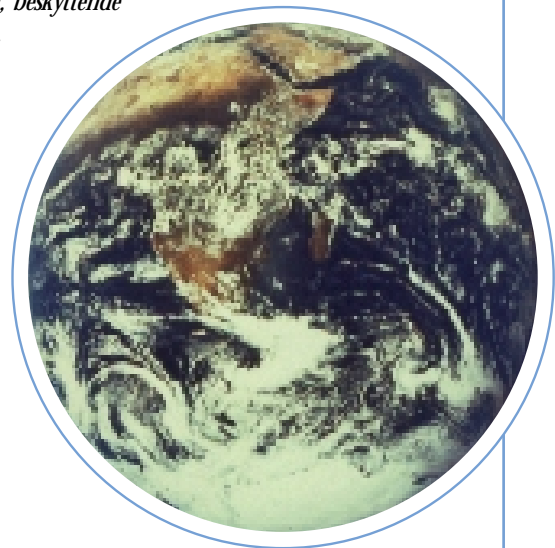
Globalt set varierer jordens klima over tid. Problemet er at vi forstærker den naturlige drivhusvirkning så jorden ganske langsomt bliver varmere. Kul, olie og naturgas er dannet i jordens undergrund for millioner af år siden. Det er rester af planter og smådyr som rummer store mængder af kulstof der slippes ud i atmosfæren som CO<sub>2</sub> når kullet, olien eller gassen brændes af ved for eksempel elproduktion.

CO<sub>2</sub> i atmosfæren udgør kun cirka 0,03%, men er af stor betydning for klimaet. Mange målinger viser at der kommer mere og mere CO<sub>2</sub> i atmosfæren. Siden industrialiseringen tog fart i midten af 1800-tallet, er indholdet af CO<sub>2</sub> steget med over 30%.

Foreløbig har de ekstra 30% CO<sub>2</sub> ført til at den globale middeltemperatur i løbet af de sidste 100 år er steget cirka en halv grad. På grund af det varmere klima er et område på størrelse med Frankrig smeltet bort fra polerne. Vandstanden i havene er steget 10-25 cm.

1990'erne blev det varmeste årti i 1.000 år, og også år 2000 placerer sig blandt de varmeste. Danmarks Meteorologiske Institut placerer år 2000 på en fjerdeplads i 1.000 år - kun overgået af 1998, 1997 og 1995. Klimaekspertene i FN's klimapanel frygter at temperaturen stiger yderligere mellem 1,4 og 5,8 grader i løbet af de næste 100 år.

*Atmosfæren er en tynd, beskyttende hinde omkring jorden.*



Hvis vi ikke griber ind, kan påvirkningerne af klimaet blive uoverskuelige. Usikkerheden går i realiteten kun på hvor stærkt det kommer til at gå.

Klimaændringerne vil vende op og ned på menneskers levevilkår overalt i verden. Vandstanden i oceanerne vil stige, og lavtliggende øer og kystområder vil blive oversvømmet. Det vil i første omgang især få katastrofale følger for lavtliggende fattige lande som ikke har ressourcer til at omstille sig efter de ændrede klimaforhold.

# Vindmøller i energiplanerne

Klimaproblemerne har givet vindkraft en mere og mere central rolle i energiplanlægningen i Danmark fordi miljømålene bl.a. skal nås ved udbygning med vindkraft og andre former for vedvarende energi.

Planen fra 1981, *Energiplan 81*, regnede med at 10% af Danmarks elforbrug skal dækkes fra 60.000 mindre vindmøller og 5.000 biogas-anlæg. I *Energi 2000* fra 1990 er målet at 10% af det danske elforbrug i år 2005 skal dækkes af vindmøller med en samlet kapacitet på 1.500 Megawatt.

Den gældende energiplan fra 1996, *Energi 21*, forudsætter at vindmøllekapaciteten på land vil nå 1.500 Megawatt i år 2005. Desuden regner man med 4.000 Megawatt vindmøller på havet inden år 2030 hvor 50% af Danmarks elforbrug skal dækkes af vindkraft.

Allerede i foråret 1999 blev målsætningen om at 10% af elforbruget skal komme fra vindmøller nået. Samtidig blev der i forbindelse med elforformen fastsat endnu et politisk mål for udbygningen med vedvarende energi: Ved udgangen af 2003 skal 20% af det danske elforbrug komme fra vedvarende energi, først og fremmest vindmøller.

Ved udgangen af år 2000 var der godt 6.200 vindmøller i Danmark fordelt på små og store møller. Samlet har de en installeret effekt på cirka 2.300 MW. Det forventes at vindmøllerne i 2001 producerer cirka 16% af elforbruget i Danmark.

## Vindmøller på havet

Amter og kommuner står for planlægningen af vindmøllerne på land, mens planlægning og beslutninger om vindmøller på havet tages af regeringen og folketinget. I 1997 fremlagde Miljø- og Energiministeriet og de danske el-selskaber en undersøgelse der udpegede fem hovedområder som særligt egnede for opstilling af havmøller i de danske farvande.

I hver af de fem områder opføres i perioden 2002-2008 et demonstrationsprojekt på 150 MW. Derefter skal der opføres 150 MW havmøller hvert år indtil de planlagte 4.000 MW er nået i 2030.

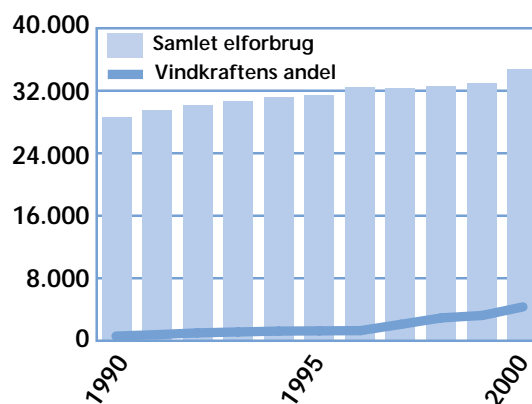
I efteråret 2000 blev der desuden opført en 40 MW havmøllepark ud for København ved Middelgrunden.

## Indpasning af vindkraft i elsystemet

En af udfordringerne ved vindkraft er at få den indpasset i hele elforsyningssystemet. Vindmøllernes produktion følger jo vinden og derfor ikke nødvendigvis forbruget af el. Når der ikke er sammenhæng mellem produktion og forbrug, kan problemet løses på to principielt forskellige måder:

- Den overskydende produktion kan sælges til udlandet i de perioder hvor elproduktionen er større end forbruget
- Der kan på forskellig måde ske en tilpasning og regulering af elproduktion og elforbrug så hele produktionen kan anvendes i Danmark. Der arbejdes aktuelt med en række tekniske løsninger der betyder at vi i de kommende år kan få endnu større fordel af en stigende mængde vindkraft i Danmark.

Danmarks samlede elforbrug, GWh



*Vindkraften dækkede 13% af elforbruget i 2000. Det forventes at stige til 16% i 2001.*



# Planlægning af vindmøller

Vindmøller kan ikke opstilles hvor som helst. Den rigtige placering af en vindmølle er af afgørende betydning både for møllens evne til at producere elektricitet og for borgernes accept af vindmøller i landskabet. Det er derfor vigtigt at der sker en nøje planlægning af hvor der kan placeres vindmøller.

I Danmark foregår planlægningen for placering af vindmøller i et samspil mellem amterne og kommunerne, men det er amterne der har det overordnede ansvar fordi de har ansvaret for regionplanlægningen.

I 1999 blev der indført nye regler om vindmølleplanlægning. Reglerne står i Miljø- og Energiministeriets *Cirkulære om planlægning for og landzonetilladelse til opstilling af vindmøller*. Cirkulæret blev i 2001 fulgt op med Vejledning om planlægning for og landzonetilladelse til opstilling af vindmøller som uddyber de enkelte cirkulærestemmelser. Cirkulæret fastslår at "der kun må kommuneplanlægges for vindmøller inden for områder, der er udpeget specifikt hertil i en regionplan." Alle kommende vindmølleplaceringer skal altså gennem amtets planlægning og optages i regionplanen.

En af de væsentligste årsager til at amterne nu spiller en central rolle i planlægningen er at de nye vindmøller er højere end de gamle var. Derfor rækker deres påvirkning af landskabet også mange steder ud over kommunegrænserne.

## Retningslinjer for vindmølleplanlægning

Vindmøllecirkulæret fastlægger blandt andet følgende:

- Gennem planlægningen skal der tages omfattende hensyn til nabobeboelse, natur, landskab, kulturhistoriske værdier og jordbrugsmæssige interesser - foruden området "vindenergimæssige egnethed til opstilling af vindmøller"
- Vindmøller skal fortrinsvis opstilles i grupper, og grupperne skal opstilles i et let opfatteligt geometrisk mønster



- Nye vindmøllegrupper og enkeltstående møller skal placeres med en afstand til andre vindmøller der sikrer at de opleves som klart afgrænsede tekniske anlæg
- Når der er planer om at opføre en eller flere vindmøller tættere end 2,5 km på en allerede eksisterende mølle eller et andet vindmølleområde, skal redegørelsen for planforslaget særligt belyse den landskabelige påvirkning af anlæggene under ét og herunder oplyse, hvorfor påvirkningen anses for ubetænkelig. 2,5 km er ingen minimumsafstand
- Vindmøller må ikke opstilles nærmere nabobeboelse end 4 gange møllens totalhøjde. Det er højden målt til vingespids når spidsen er højest over terræn. Denne nye bestemmelse i cirkulæret betyder, at det gennem lovgivning er sikret at minimumsafstanden til naboer både forholder sig til møllens højde og støj
- Planforslaget skal særligt belyse omfanget af gener for naboer når der planlægges møller som ligger tættere end 500 meter fra nabobeboelser. Det er især eventuelle skyggegener der skal undersøges. Mulige skyggekanter kan



beregnes nøjagtigt så der kan tages højde for problemer af den art allerede i planlægningsfasen.

#### **Husstandsmøller**

En husstandsmølle er en lille vindmølle der opføres i umiddelbar tilknytning til fritliggende ejendomme og som primært skal levere elektricitet til ejendommens eget forbrug. En husstandsmølle defineres som en mølle med en maksimal højde på 25 meter fra fundament til vingetip og en maksimal effekt på 25 kilowatt.

De er altså ikke særligt høje. Derfor gælder enkelte af planlægningscirkulærets bestemmelser ikke for husstandsmøller; nemlig bestemmelserne om at der skal være en minimumsafstand til naboer i forhold til møllens højde og om at der skal udarbejdes en særlig redegørelse for gener inden for en afstand på 500 meter.

#### **Lokalplaner og landzonetilladelser**

En lokalplan er en konkret plan for et mindre område i en kommune. Det er kommunen der tager stilling til om der skal laves en lokalplan for en ny vindmølle eller en gruppe af møller. Det er også kommunen der udarbejder lokalplanen.

Planlægningscirkulæret fastslår at en lokalplan for et vindmølleområde skal indeholde bestemmelser om møllernes præcise placering, antal, mindste og største totalhøjde samt udseende.

Redegørelsen for lokalplanforslaget skal angive hvordan vindmøllerne "blandt andet visuelt vil påvirke nabobeboelse, natur, landskab, kulturhistoriske værdier og de jordbrugsmæssige interesser". Det er altså de samme emner som skal belyses når amtet laver regionplan for vindmøller.

Der kan kun gives landzonetilladelse på baggrund af en specifik udpegning i en regionplan eller en kommuneplan eller på grundlag af en lokalplan. Husstandsmøller kan dog få en landzonetilladelse uden forudgående planlægning. Der kræves ikke landzonetilladelse til vindmøller som er udtrykkeligt tilladt i en lokalplan (bonuslokalplan).

#### **VVM-regler for vindmøller**

Amtet skal lave en VVM-redegørelse for alle nye vindmøller med en totalhøjde på over 80 meter og for møllegrupper med mere end tre møller. VVM-pligtige anlæg må ikke påbegyndes, før amtet har tilvejebragt regionplanretningslinier for anlægget og meddelt VVM-tilladelse. VVM står for Vurdering af Virkninger på Miljøet, og reglerne er beskrevet i en særlig bekendtgørelse. De gælder ikke kun for vindmøller, men for alle større byggerier.

Formålet med VVM-reglerne er at miljøforholdene bliver grundigt belyst før myndighederne giver tilladelse til et større byggeri. For vindmøller er det forholdsvis få vurderinger (først og fremmest visualiseringer, støj og lysgener) der er relevante. Men selve VVM-proceduren er den samme.

#### **Byggelov og naturbeskyttelseslov**

Når man planlægger en ny vindmølle, skal man foruden planloven og planlægningscirkulæret også tage højde for byggeloven. Den indeholder blandt andet bestemmelser om bygningshøjder og afstand til skel. Byggelovens højde-/afstandsbestemmelser gælder ikke hvis der er fastsat andre bestemmelser om det pågældende forhold i en lokalplan. Også naturbeskyttelsesloven har stor betydning for planlægningen af vindmøllers placering.

### Støj fra vindmøller

Alle vindmøller skal overholde Miljø- og Energiministeriets *Bekendtgørelse om støj fra vindmøller*. Den siger at støj fra vindmøller ikke må overstige 45 dB(A) på udendørs opholdsarealer ved naboens hus i det åbne land og 40 dB(A) ved boligområder og "anden støjfølsom arealanvendelse". Det er områder der anvendes til institutions-, sommerhus- eller kolonihaveformål eller som rekreative områder.

Moderne vindmøller støjer meget lidt. Planlægningsreglernes bestemmelse om minimumsafstande udregnet i forhold til møllernes højde sikrer derfor normalt større afstande til naboer end der kræves via miljølovgivningen.

### Skygger fra møllevinger

En vindmølle kan give skygger når solen skinner, og hvis det samtidigt blæser, rammes et areal i omgivelserne af roterende skygger fra vingerne. Hvis man er nabo til en vindmølle der ikke står ret langt væk, kan man derfor opleve hurtige skift mellem direkte lys og korte "glimt" med skygge. Disse skyggeglimt kan være generende. Problemets omfang afhænger af

- Hvilket verdenshjørne møllen står i set fra naboen
- Afstanden mellem møllen og naboen
- Størrelsen af vindmøllens rotor og til en vis grad også vindmøllens navhøjde

Før man vælger en vindmølleplacering, kan man beregne nøjagtigt hvor mange timer om året der er risiko for rotorskygge. Det er derfor muligt via planlægningen at placere møllen så der ikke opstår skyggegener.



*Planlagte havvindmølleparker i Danmark*

### Vindmøller og fugle

Der er meget lille risiko for at fugle flyver ind i vindmøller og bliver dræbt. Risikoen er væsentligt større ved for eksempel radiomaster og højspændingsledninger. Nogle af de fuglearter der opholder sig i et område med vindmøller, vænner sig til møllerne og lader sig ikke påvirke af dem. Andre arter er mere følsomme og undgår helst at raste og søge føde tæt ved vindmøller.

Før man godkender placeringer til nye vindmøller både på landjorden og på havet vurderes det om placeringen kan have betydning for fugle. Ved de meget store havmølleanlæg følges fuglenes reaktioner over flere år. På den måde samler man også erfaringer sammen som kan bruges ved fremtidige beslutninger om placering af møller.

## Vindmøller i landskabet

Vindmøller er høje og skal stå hvor det blæser. Det vil sige hvor der er frit og åbent. Dermed er der også frit udsyn til vindmøllerne. Den vigtigste begrænsning for vindmølleudbygningen i dag er derfor også de æstetiske hensyn til landskabet.

Der er kommet flere vindmøller i de senere år, og i enkelte kommuner med særligt gode vindforhold er der kommet mange flere. Desuden er de nye vindmøller så høje at de på nogle placeringer kan ses over lang afstand. Derfor opstår der også en debat om hvor vindmøllerne skal stå.

Hvilke landskabstyper kan bære vindmøller, og hvilke skal friholdes for møller? På det æstetiske område findes der ikke facitlister. Men der gælder den samme grundregel for placering af en eller flere vindmøller som gælder for placering af bygninger og tekniske anlæg: Man skal tænke sig godt om når man vælger placering!

Vi har meget lidt "uberørt natur" i Danmark. Det danske landskab er et kulturlandskab som er forandret af menneskers aktiviteter gennem århundreder. Det er i høj grad kulturbestemt hvordan vi betragter naturen.

Debatten om vindmøller i landskabet er i den forstand ikke speciel. Der er mange bygningsværker som vi gennem årene har vænnet os til at betragte som hørende til i landskabet. Mange af de ældste er endda bygningsfredede. Det gælder også de ældste vindmøller.

Det er besluttet politisk at vi skal bruge vindenergien i Danmark og at de nødvendige vindmøller skal placeres der hvor der er vind, men samtidig hvor de landskabsmæssigt generer mindst muligt.

### Landskabelige værdier skal afvejes

Vindmøller kan symbolisere og signalere miljø og energi. De kan opleves som skulpturer i landskabet, men de kan også opleves som irriterende tekniske anlæg.

De fleste danskere går ind for vindenergi som en del af Danmarks miljø- og energipolitik. Det viser en række meningsundersøgelser. Der er kun få problemer omkring de 6.200 møller der allerede er opført i Danmark. Debatten om vindmøller og "modstand mod vindmøller" i avisoverskrifter handler oftest om forskellig indstilling til planlægning for nye, store møller og hvor disse møller eventuelt skal placeres.



**“** Alle bestræbelser på at "skjule" eller "sløre" en vindmøllepark synes på forhånd dømt til at mislykkes. Vindmøller overgår skalamæssigt stort set alle øvrige landskabselementer. Ud fra ønsket om at opnå gode vindforhold og dermed optimal produktion bør møllerne placeres frit og markant i landskabet. Form og funktion er her to uadskillelige størrelser. Den eneste farbare vej frem til at opnå et visuelt og produktionsmæssigt positivt resultat synes derfor at vedkende sig at større vindmølleplanlægning er domnante enheder i landskabet – synlige over store afstande – hvilket ikke er ensbetydende med, at landskabet derved visuelt undertrykkes. Tværtimod vil møllerne ved optimal placering kunne bidrage til at fremhæve landskabelige konturer og kontraster. **”**

Landskabsarkitekt Frode Birk Nielsen m.a.a.  
i bogen "Vindmøller og landskab. Arkitektur og æstetik".

“ Det er almindeligt kendt, at det skønhedsideal, som nutidens danskere har i forhold til det danske landskab, i høj grad stadig er påvirket af det landskabsbillede, der blev skabt af 1800-tallets malere og digtere. Ogi et såkaldt “guldalderlandskab” virker en stor; moderne vindmølle måske på mange mennesker som et fremmedlegeme. Selv om det karakteristiske ved det danske kulturlandskab netop er, at det hele tiden forandrer sig i takt med en teknisk og kulturel udvikling; så er holdningen til landskabet – især hos byboerne – uhyre konservativ. ...For mange har møllen udseendet imod sig. Den er “moderne” i forhold til det gammeldags landskab, omtrent på samme måde, som hvis man stillede en splinterny sportsvogn op på Hjerl Hede. ”

Arkitekturskribenten Olaf Lind i bogen “Tegn på energi. Energiens bygninger, anlæg og virkninger i Danmark”.



Om man er modstander af vindmøller eller glæder sig ved synet af dem, afhænger i stor udstrækning af hvordan man vurderer nødvendigheden af at nedbringe luftforureningen ved at bruge vindmøller til elproduktion og af erfaringer med vindkraft. Holdningsundersøgelserne viser at accepten af vindmøller er større hos dem der bor i områder hvor der er mange møller, end hos dem der bor i egne med få vindmøller.

Den landskabsæstetiske synsvinkel – oplevelsen af de synlige vindmøller i landskabet – skal afvejes mod luftforureningen ved traditionel elproduktion. Forureningen er ikke umiddelbart synlig mens den bliver produceret, men den viser sig som ødelagt natur ved “sur regn”, drivhusvirkning m.v. Luftforureningen har en langtidsvirkning på naturen. Vindmøller, derimod, kan fjernes uden konsekvenser for naturen når de ikke længere skal producere.

#### **Vindmøllernes udseende og højde**

De nye, store danske vindmøller har et enkelt og stramt design. Nogle finder at helt hvide møller er smukkeste i landskabet mens andre



“ Med nutidens mølleparker tilfører vi landskabet og os selv energi både i direkte og i overført (æstetisk) betydning. Ved at “brughærgøre” landskabet med vindmøller former vi det. I den proces svarer landskabet så igen ved at forme os, så vi på længere sigt accepterer møllerne og til sidst betragter dem, dels som en hjælp til billigere energi, dels som landskabselement på linje med vandmøller, sluser, broer og kraner. De får en funktionel og æstetisk værdi, som hjælper os til at opleve dem som smukke, som landskabelig “musik”. ”

Arkitekt m.a.a. Steen Estvad Petersen, leder af Byggeriets Studiearkiv på Kunstakademiet i København.

foretrækker en let lysegrå farve. For planlægningen i Danmark er tendensen at grå nuancer forlanges.

Til store møller vælges næsten altid slanke rørtårne. De gennemsigtige gittermaster, der var almindelige på de mindre møller, anvendes ikke til de høje nye møller. Med undtagelse af en tovinget husstandsmølle har alle danske møller i dag tre rotorblade. Vingerne skal være glatte for at yde optimalt, og de skal være smudsafvisende, men overfladens glanstal kan variere.

En mølles højde hænger sammen med optimal udnyttelse af vindenergien. Hvis møllen skal virke harmonisk, skal rotordiameteren være cirka det samme som navhøjden. Nogle møllestørrelser passer bedre i nogle landskabstyper end i andre.

Store moderne vindmøller producerer så meget energi at vi kan nøjes med langt færre møller end tidligere. Til gengæld kan de store møller ses over større afstande.

#### **Vindmøllernes placering**

I Danmark er vi vant til at energiproduktionen er usynlig for os med mindre vi er nabo til et af de store kraftværker. Nogen går ind for vindenergi, men mener at vindmøllerne skal stå et andet sted i landet end der hvor de selv bor.

Bør møllerne fordeles over hele landet – i forhold til energiforbruget, anvendelige placeringmuligheder og med hensyntagen til bebyggelse? Eller skal vi placere flest mulige møller på åbne arealer og langs kysterne med de bedste vindforhold og den laveste befolkningstæthed så man i andre dele af landet sjældent skal se vindmøller i landskabet?



# Alle kan eje vindmøller

Indtil maj 2000 var der i lovgivningen begrænsninger for hvem der kunne eje vindmøller. Private, der enten ønskede at dække deres elforbrug med vindkraft gennem køb af nogle andele i en mølle eller investere i en hel mølle, måtte opfylde en række betingelser i forhold til lokal tilknytning og antal andele.

Alle disse begrænsninger er nu ophævet. Man kan eje en eller flere møller, og man kan eje så mange andele i vindmøller som man ønsker.

## Etablering af et vindmøllelaug

Den gamle betegnelse for et praktisk interessefællesskab - et laug - er i moderne dansk genopstået i "vindmøllelaug". Det betegner en gruppe mennesker der i fællesskab ejer og passer en eller flere vindmøller. Et vindmøllelaug kan bestå af få personer eller flere hundrede der i fællesskab ejer en eller flere vindmøller. Vindmøllelauget organiseres oftest som et interessedeskab med solidarisk hæftelse og skal have et sæt vedtægter, der egner sig til et vindmøllelaug. Standardvedtægter kan rekvireres hos Danmarks Vindmølleforening.

I dag er det oftest ejeren af en lokalitet der er udlagt til placering af vindmøller, som tager initiativet til at oprette et vindmøllelaug. Det kan også være lokale borgere der ønsker at oprette et vindmøllelaug hvor en placering er til rådighed. Når det er tilfældet, dannes en mindre arbejdsgruppe til at gøre det forberedende arbejde. Når andelene i møllen er solgt, skal der vælges en bestyrelse blandt laugets medlemmer der kan styre arbejdet og tegne laugets udadtil.

Følgende forhold skal undersøges før møllen købes:

- Placeringen skal godkendes af amt og kommune
- Vindmøller yder mest hvor det blæser mest. 10% mere vind giver cirka 30% mere elektricitet. Placeringen skal derfor have gode vindforhold
- Det skal undersøges hvad det koster at få møllen tilsluttet elnettet
- Der skal aftales lodsejererstatning da man ofte er nødt til at opstille møllen eller møllerne på et areal der ejes af en lodsejer, som ikke selv er medlem af møllelauget. Aftalen nedfældes i en deklaration som tinglyses forud for al pantegæld på ejendommen så kommende ejere af jorden også må respektere aftalen. Placeringen kan også udmatrikuleres som en selvstændig parcel som dermed ejes af møllelauget. Tekst til deklaration og vejledning om udmatrikulering kan fås hos Danmarks Vindmølleforening
- Man skal vurdere møllens kvalitet og driftssikkerhed, produktionsresultat, garantivilkår og forsikringsbetingelser, pris og vilkår for serviceordninger og andres erfaringer med møllen. Danmarks Vindmølleforenings medlemsblad, Naturlig Energi, bringer oplysninger om de eksisterende møllers driftserfaringer.

*På vindmølleforeningens hjemmeside (se side 19) henvises til en ajourført oversigt med nøgledata for de typegodkendte møller der er på markedet.*



# Vindmøllers økonomi

Hvis man skal få et korrekt billede af økonomien i forbindelse med elproduktion med vindkraft, skal man se på vindmølleøkonomien fra tre synsvinkler: elforbrugers, samfundsøkonomiens og vindmølle ejerens.

Der sker ofte en sammenblanding af de forskellige synsvinkler når man skal vurdere fordele og ulemper ved at producere elektricitet med vindkraft. Der er også mange forskellige tal at holde styr på:

- Vindmøllens produktionsomkostninger
- Omkostningerne ved handel med el og distribution til forbrugeren via elforsyningen
- Tallene på elforbrugers aktuelle elregning
- De forskellige elproduktionsformers betydning for samfundsøkonomien.

## Vindkraften og elregningen

I 2001 forventes vindmøllernes produktion at dække cirka 16% af elforbruget i Danmark. For elforbrugeren betyder det at den gennemsnitlige betaling for 1 kilowatt-time forventes at være godt 7 øre højere end den ville være uden vindmøllestrømmen. Om denne omkostning stiger eller falder i de kommende år, afhænger bl.a. af tempoet i udbygningen med vindkraft, prissætningen på det nye grønne marked for VE-beviser og af møllernes fremtidige produktionsomkostninger.

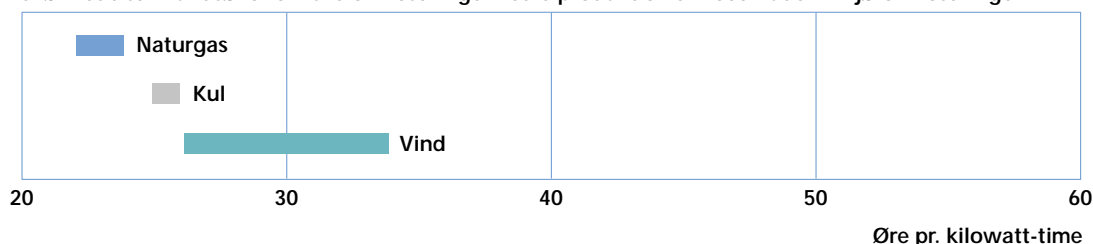
Når man skal vurdere hvad man får for penge, skal man også se på vindmølleproduktionens samfundsøkonomiske og miljømæssige værdi.

## Vindkraften og samfundsøkonomien

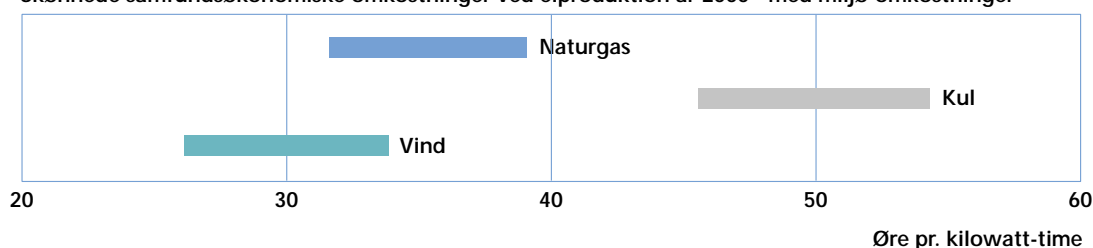
Vindkraftens miljøfordele er så betydelige at den ud fra en samfundsmæssig vurdering er billigere end el produceret med for eksempel kulkraft eller naturgas. Det er især vindmølleproduktionens bidrag til at reducere udslippet af CO<sub>2</sub> der gør at vindmølleproduceret el bliver billigst. El produceret på et kulkraftværk eller med naturgas er kun tilsyneladende billigere fordi elforbrugeren bagefter skal betale de afledte miljømæssige omkostninger over skatten, eller de bliver sendt videre til de kommende generationer.

I 1995 gennemførte Amternes og Kommunernes Forskningsinstitut en stor undersøgelse af de miljømæssige og samfundsøkonomiske omkostninger ved elproduktion. Den konkluderer at udbygning med 1.000 Megawatt vindmøller har en miljøværdi på 18 – 26 øre pr. kilowatt-time i forhold til et kulfyret kraftværk og 9 – 14 øre pr. kilowatt-time sammenlignet med et naturgasfyret kraftværk. Et gasfyret værk udleder kun omkring halvt så meget CO<sub>2</sub> pr. produceret kilowatt-time som et kulfyret værk.

Skønnede samfundsøkonomiske omkostninger ved elproduktion år 2000 - uden miljø-omkostninger



Skønnede samfundsøkonomiske omkostninger ved elproduktion år 2000 - med miljø-omkostninger



## Investering i vindkraft

Når man investerer i vindkraft, er der en række forhold der påvirker det privatøkonomiske resultat af vindmølleinvesteringen:

- Vindforholdene på møllens placering
- Afregningsprisen for den producerede el
- Vindmøllens pris og øvrige etableringsudgifter
- Finansierings- og skattevilkår
- Udgifterne til drift og vedligeholdelse
- Vindmøllens levetid

Når man indhenter tilbud fra et vindmøllefirma, får man også en vurdering af vindforholdene og et skøn over møllens elproduktion på den valgte placering. På dette grundlag opstiller firmaet en beregning af møllens økonomi i hele dens forventede levetid. Normalt er udgangspunktet en levetid på 20 år.

Det vil altid være fornuftigt at lade en uvildig konsulent foretage en uafhængig vurdering af vindforholdene og den budgetterede økonomi.

## Beregningseksempel

Nedenfor følger et beregningseksempel der viser det samlede resultat hvis man etablerer en 1 MW vindmølle på en middelgod indlandsplacering. Eksemplet viser det økonomiske resultat for vindmøllen hvis den er henholdsvis fællesejet gennem et vindmøllelaug eller enkelt-ejet.

### **Forudsætninger**

- Investering 6 mio. kr. Til dette beløb skal lægges eventuelle omkostninger til projektudvikling
- Tillæg ved laugsmølle: 500.000 kr. til lodsejererstatning og til omkostninger ved salg af andele. Investeringen lånefinansieres
- Produktion 2.000.000 kilowatt-timer (dvs. 3.000 kr./MWh/år (enkeltejet) og 3.250 kr./andel á 1.000 kWh/ år (laugsmølle)
- Elsalgspris: 51 øre/kWh de første 10 år, herefter 35 øre/kWh
- Levetid 20 år



Elsalgspriserne er valgte vurderinger til regneeksemplet. Salgsprisen på 51 øre består af elreformens overgangsordnings basispris for nye møller på 33 øre + en vurderet pris for VE-beviser på 18 øre. VE-beviserne vil have en værdi mellem 10 og 27 øre. Salgsprisen på 35 øre består af den vurderede pris på VE-beviser på 18 øre + en vurderet markedspris for el på 17 øre.

### **Fællesejet vindmølle**

En person køber 10 andele á 1.000 kilowatt-timer. Hver andel koster 3.250 kr., og personen investerer altså 32.500 kr. Når driftsudgifter, afskrivninger og skat er trukket fra, er resultatet på 20 år 14.000 kr., eller 700 kr. pr. år. Beløbet er omregnet til nuværdi. Det svarer til et årligt afkast af investeringen på 2,2% efter skat.

### **Enkeltejet vindmølle**

Investeringen er 6 mio. kr. Når driftsudgifter, afskrivninger og skat er trukket fra, er resultatet på 20 år 1.450.000 kr., eller 72.500 kr. pr. år. Beløbet er omregnet til nuværdi. Det svarer til et årligt afkast af investeringen på 1,2% efter skat.

Det er fælles for begge typer investering at tilbagebetalingstiden ligger på 10-11 år. Det er det år hvor nettoindtjeningen efter skat modsvare gælden på lånet. Eksemplerne beskriver således grænsen for hvad mange vil anse for at være en fornuftig investering.

Der er to forhold som for alvor kan forbedre økonomien i investeringen:

- En bedre vindmæssig placering og dermed højere energiproduktion. Det giver en lavere pris pr. 1000 kWh end der er beskrevet i



- eksemplet, henholdsvis 3.250 kr. for en laugs-  
mølle og 3.000 kr. for en enkeltejet
- En højere samlet afregningspris for elsalget

#### Afregningsregler for vindmøllestrøm

Elektricitet der leveres fra en vindmølle til elnettet, er i vindkraftens nyere historie blevet afregnet efter flere forskellige metoder.

I 1980'erne blev vindmøllestrømmen bl.a. afregnet med en delvis refusion af energifgifterne på grund af den ekstra miljømæssige værdi som vindkraftproduceret el har for samfundsøkonomien. Begrundelsen var at mølleejeren ikke skulle betale afgift af den strøm som han selv brugte. Det skyldes at vindmøllerne producerer el uden at bidrage til den luftforurening som var en del af begrundelsen for miljøafgifterne.

I 1990'erne blev vindmøllestrømmen afregnet med udgangspunkt i produktionsomkostningerne. Det nye afregningsniveau blev fastlagt via lovgivningen på grundlag af økonomiundersøgelser gennemført af Energistyrelsen.

I maj 1999 vedtog Folketinget et helt nyt afregningsprincip i forbindelse med elreformen som liberaliserer elsektoren. Det betyder at vindmøllestrøm i fremtiden afregnes efter den aktuelle markedspris på to forskellige markeder: Det almindelige el-marked og et nyt marked for VE-beviser.

På det almindelige el-marked skal den leverede strøm sælges på det frie marked for handel med el. Elforsyningsloven fastslår at netvirksomheder og systemansvarlige virksomheder er forpligtet til at aftage elektriciteten. Afregningsprisen bestemmes af konkurrencen på markedet.

Den nødvendige merpris for vindmøllestrøm der skal dække produktionsomkostninger og finansiering, skal opnås ved salg af VE-beviser på et nyt marked for VE-beviser. Vindmølleejeren vil få udstedt beviser for den leverede mængde forureningsfri elektricitet, og elforsyningsloven giver alle elforbrugere pligt til at købe VE-beviser. I 2003 skal der således købes VE-beviser der svarer til 20% af elforbruget.

Der er særlige regler for afregning af husstands-  
møller og ved udskiftning af vindmøller. Reglerne findes i bekendtgørelsen om afregning for vindmølleproduceret elektricitet.

#### Forkortelser af elektriske måleenheder

*Energi = effekten x den anvendte tid (i timer)*

1 kWh = 1 kilowatt-time = 1.000 watt i en time

1 MWh = 1 megawatt-time = 1.000 kWh

1 GWh = 1 gigawatt-time = 1.000.000 kWh

1 TWh = 1 terawatt-time = 1.000.000 MWh

*Effekt = Ydeevne pr. tidsenhed (sekund)*

1 W = 1 watt

1 kW = 1 kilowatt = 1.000 watt

1 MW = 1 megawatt = 1.000 kW

1 GW = 1 gigawatt = 1.000.000 kW

1 TW = 1 terawatt = 1.000.000 MW

# Yderligere oplysninger

Spørgsmål om vindenergi kan rettes til Energi-Oplysningen som er Energistyrelsens informationscenter, eller til Danmarks Vindmølleforening som kan oplyse adresse og telefonnummer på foreningens konsulenter. De giver vejledning og rådgivning om alle spørgsmål vedrørende vindmøller og vindkraft i Danmark.

Man kan også få oplysninger om nettilslutning af vindmøller hos de lokale elskaber.

EnergiOplysningen  
Teknikerbyen 45  
2830 Virum  
Tlf.: 70 21 80 10  
Fax: 70 21 80 11  
E-post: energioplysningen@ens.dk

Danmarks Vindmølleforening  
Egensevej 24  
4840 Nr. Alslev  
Tlf.: 54 43 13 22  
Fax: 54 43 12 02  
E-post: info@dkvind.dk

## Internet

Man kan også læse om vindenergi på internettet.

På Danmarks Vindmølleforenings hjemmeside [www.dkvind.dk](http://www.dkvind.dk) kan du bl.a. se Fakta om Vindenergi. Fakta om Vindenergi giver i en kort form faktaoplysninger om 27 udvalgte emner vedrørende vindenergi og vindmøller i Danmark. Vindmølleindustriens hjemmeside [www.windpower.dk](http://www.windpower.dk) har en stor mængde informationer om vindkraft.

[www.energioplysningen.dk](http://www.energioplysningen.dk)  
[www.energistyrelsen.dk](http://www.energistyrelsen.dk)  
[www.dkvind.dk](http://www.dkvind.dk)  
[www.windpower.dk](http://www.windpower.dk)

## Fokus på Vindenergi

Udgivet i oktober 2001 af: Energistyrelsen • Amaliegade 44 • 1256 København K  
Tlf.: 33 92 67 00 • Fax: 33 11 47 43 • E-post: [ens@ens.dk](mailto:ens@ens.dk) • Internet: [www.energistyrelsen.dk](http://www.energistyrelsen.dk)



Design og produktion: EnergiOplysningen  
Tryk: Scanprint as • Oplag: 10.000 stk. • Papirkvalitet: Cyklus print (omslag), cyklus offset (indhold)

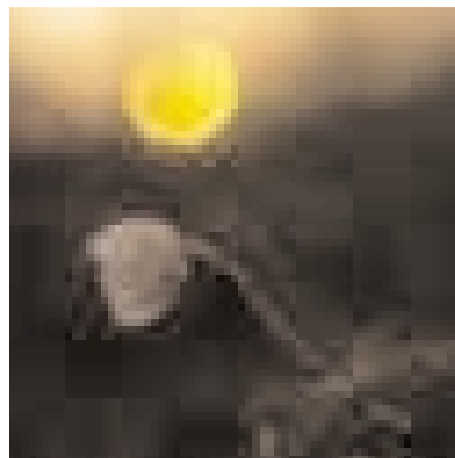
Foto: BAM, Biofoto og NEG Micon

ISBN: 87-7844-231-1

Publikationen kan rekvireres ved henvendelse til EnergiOplysningen • Tlf.: 70 21 80 10  
E-post: [energioplysningen@ens.dk](mailto:energioplysningen@ens.dk) • Internet: [www.energioplysningen.dk](http://www.energioplysningen.dk)

Energistyrelsen er en institution under Miljø- og Energiministeriet, som på statens vegne sikrer, at Danmarks produktion, forsyning og forbrug af energi udvikler sig samfundsøkonomisk, sikkerhedsmæssigt og miljømæssigt forsvarligt.

Publikationen kan citeres med kildeangivelse.





Vindenergi er solenergi omsat til bevægelsesenergi der kan udnyttes af blandt andet vindmøller. Vindenergi er vedvarende energi, og ved at bruge vindkraft sparer vi på ressourcerne af kul, olie og gas. Vindenergi belaster samtidigt miljøet langt mindre end de konventionelle energikilder.

Danmark har været foregangsland i udnyttelsen af vindkraft, og i midten af år 2001 producerede godt 6.000 vindmøller ca. 16% af Danmarks elforbrug. Interessen for vindkraft er nu stærkt stigende i mange lande, og vindmøller er blevet en af Danmarks største eksportartikler.

Der gives ikke tilskud til etablering af vindmøller, men på grund af vindkraftens samfundsøkonomiske og miljømæssige værdi afregnes elproduktionen med en pris der er højere end den almindelige markedspris for el. Alligevel er strøm produceret med vindkraft billigst for samfundet når alt regnes med.