

Vi skulle kunna ha betydligt mer vindkraft i Sverige. Med hjälp av vattenkraften kan de oberäkneliga vindarna jämnas ut. Men miljöhänsyn begränsar utbyggnaden.

RÄKNA MED VINDKRAFTEN

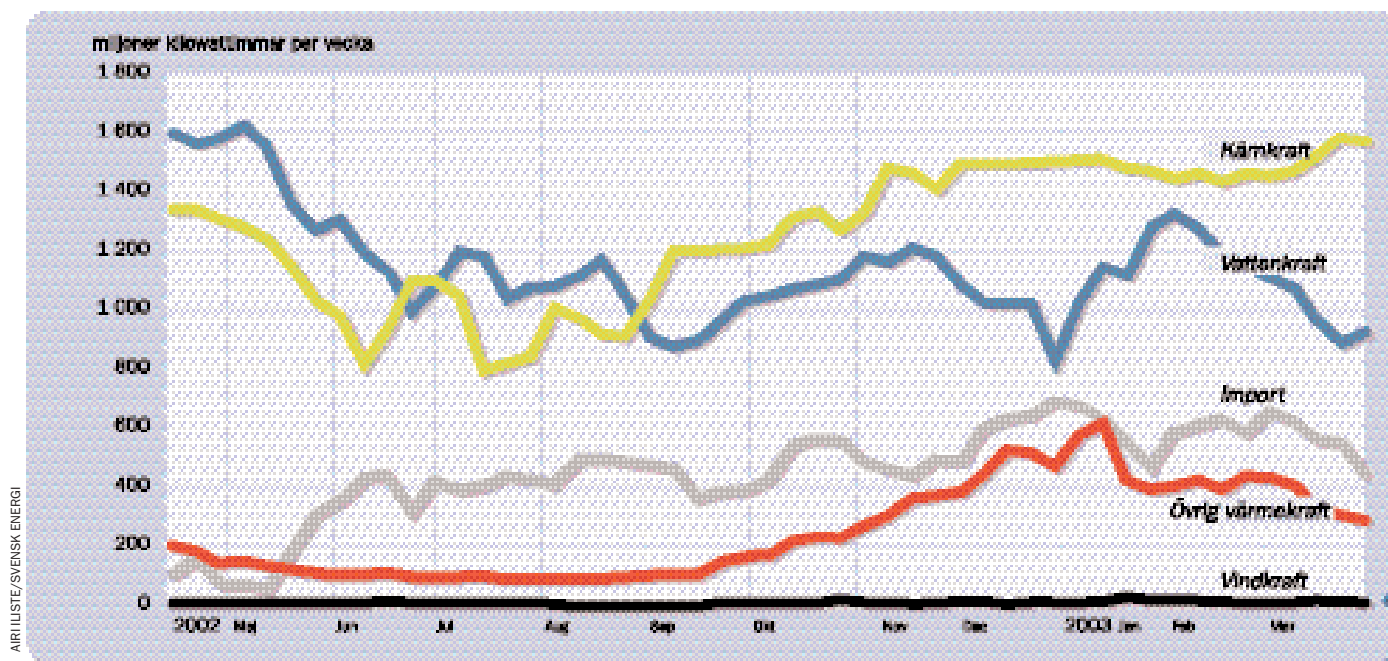
AV LENNART SÖDER

Den 5 februari 2001 slog Sverige rekord i elförbrukning: 27 000 megawatt. Samma dag blåste det dåligt på Gotland. Vindkraftverken där gav bara hälften så mycket effekt som normalt. I Kalmarsund blåste det bättre, och där producerade vindkraften enligt årsgenomsnittet. Falkenberg Energis vindkraftverk gick allra bäst och gav drygt 2,5 gånger det normala.

Gott om vind fanns det också i Danmark. På Själland och Jylland var den totala vindkraftsproduktio-

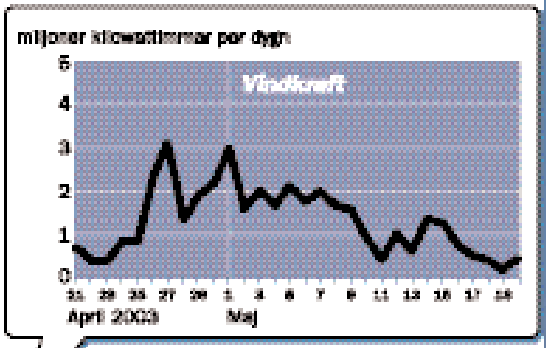
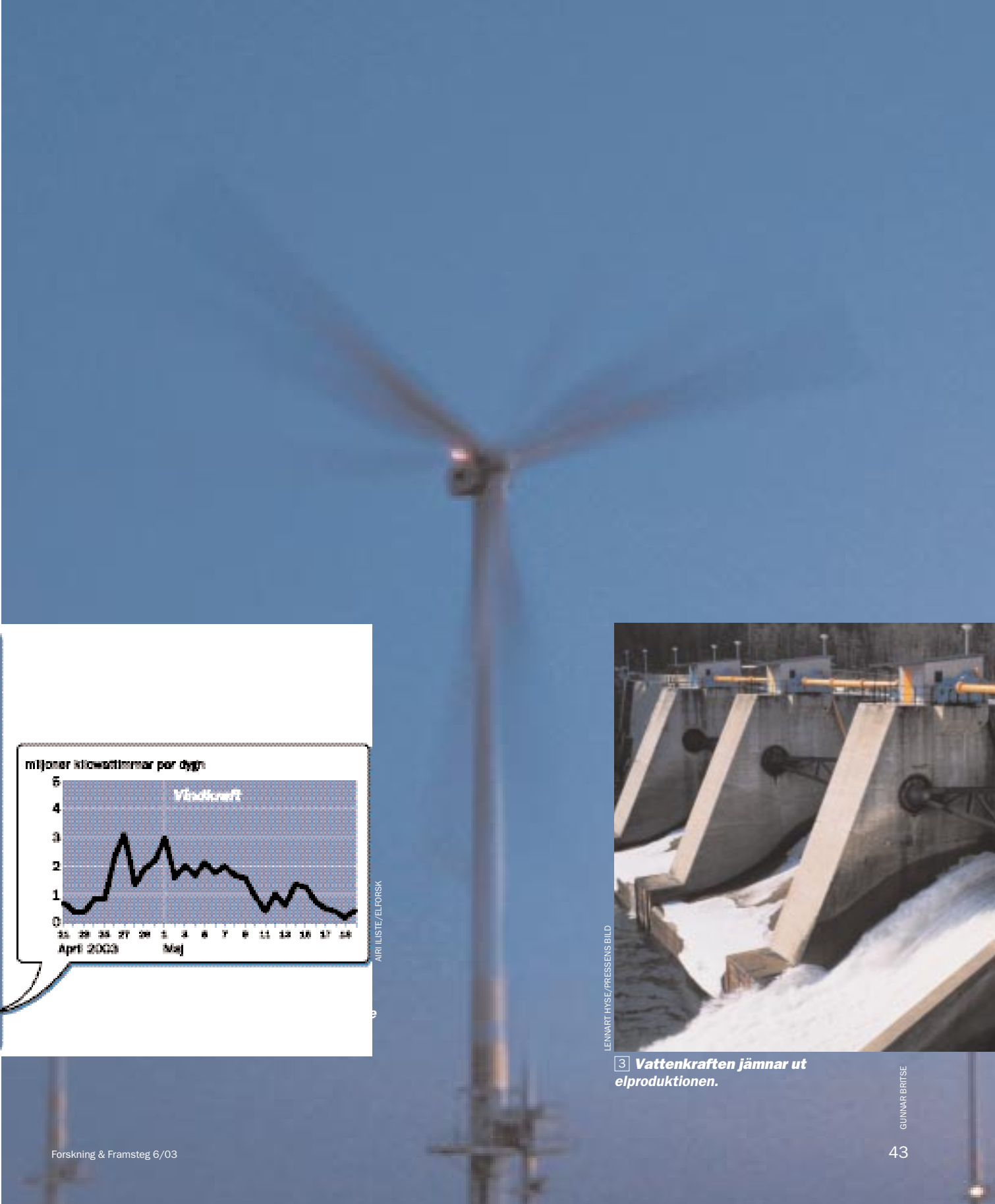
nen denna rekorddag mer än 250 procent av medelproduktionen. Jylland exporterade 600 megawatt till Sverige och 900 megawatt till Norge. Om inte den svenska och danska vindkraften funnits tillgänglig denna dag hade vi i Sverige haft snävare marginaler och högre risk för brist på el.

Och vid de tio tillfällen mellan 1980 och 1987 då elförbrukningen var som högst i Sverige var den genomsnittliga elproduktionen från vindkraften densamma som under resten av året.



1 Vattenkraft och kärnkraft dominerar. Vindkraften syns knappt i diagrammet över var elen kommit ifrån det senaste året. Vattenkraftens stora variationer styrs delvis av efterfrågan, men också

av tillgången i vattenmagasinen. I begreppet övrig värmekraft ryms all den elproduktion, vid sidan av kärnkraft, som kommer från förbränning av bränsle, bl a olja, kol, biomassa och sopor.



AIRI IUSTE/ELFORSK



LENNART HYSE/PRESSENS BILD

3 **Vattenkraften jämnar ut elproduktionen.**

Vindkraft ersätter kolkraft

Betyder dessa exempel att vi kan lita på vindkraften? Det händer trots allt rätt ofta att det inte blåser. Hur många vindkraftverk är det egentligen värt att bygga?

Vattenkraften jämnar ut

För att avgöra hur nyttig vindkraften är, måste vi studera vad som händer i hela det nordiska elsystemet när vindkraften tillförs.

Antag t ex att det finns många vindkraftverk i södra Sverige och att det blåser ganska litet, men att vinden ökar så att deras elproduktion stiger. Det som händer då är att vattenkraftverken i norra Sverige minskar sin produktion. Detta sker automatiskt, och det behövs alltså ingen speciell teknik för just vindkraften. När vattenkraftverken minskar sin produktion, innebär det att vatten sparas i magasinen och kan användas vid något senare tillfälle.

Vilken energi är det då som vindkraften ersätter? Detta är samma sak som att fråga sig vad som händer om det skulle regna och snöa mer så att vattenmagasinen fylls på. Svaret på båda dessa frågor är att man någonstans i våra grannländer minskar på den dyraste produktionen för att spara så mycket pengar som möjligt.

De kraftverk som har högst driftkostnad är oftast kolkraftverk som enbart producerar el, s k kolkondenskraftverk. De finns i Finland, Danmark, Tyskland och Polen. För varje kilowattimme som ett vindkraftverk producerar, behövs alltså ungefär 1 kilowattimme mindre elproduktion i dessa kraftverk.

Även kärnkraft har stiltje

Vindkraftverk kan alltså ge värdefulla tillskott som energiproducent. En annan fråga är om nya vindkraftverk gör att mängden andra kraftverk som minskar. Detta brukar kallas vindkraftens effektvärde.

För att ta reda på om vindkraften kan ersätta andra kraftverk måste man först uppskatta hur stor elförbrukningen totalt skulle kunna bli i landet. Man bestämmer en viss

högsta nivå för elförbrukningen och hur hög risken är att den överskrids.

Nästa steg är att bestämma hur många kraftverk som behövs för att klara den bestämda nivån. Även här måste man räkna med sannolikheter och studera driftsäkerheten hos kraftverken. Det finns inga kraftverk som alltid fungerar. Under den

tid som t ex ett kärnkraftverk behövs för elproduktion är det taget ur drift i genomsnitt cirka 5 procent av tiden.

Antag att man har så många kraftverk att man räknar med att få elbrist en gång på tio år. Om man då bygger ännu ett kraftverk, kommer det bara att behövas en gång på tio år. Antag att man lägger ner några



4 Från norr till söder. Det första svenska stamnätet för högspänning började byggas på 1930-talet. Under 1950-talet byggdes nätet ut med högre kapacitet. Tio år senare tillkom de första förbindelserna med de nordiska grannländerna, och under 1990-talet skedde integreringen i det europeiska elsystemet genom högspända likströmskablar under vattnet till Tyskland och Polen.

äldre kraftverk så att risken för elbrist ökar till en gång på nio år. Om man nu bygger tillräckligt med ny vindkraft kan man få ner risken för elbrist till en gång på tio år. Den nya vindkraften har då samma effektvärde som de nedlagda äldre kraftverken (mer om effektvärde, bl a ett illustrativt räkneexempel, hittar du på fof.se).

Det måste blåsa

Till vindkraftens fördelar hör att den kan producera el utan avfall eller utsläpp. Vindkraften är också ett förnybart energislag, den tär inte på någon begränsad resurs. Det finns dock flera faktorer som begränsar mängden vindkraft, t ex utrymmesbrist, vindbrist, miljöpåverkan, ledningsnätets uppbyggnad och kostnaden.

Vindkraftverk utnyttjar vindens rörelseenergi på så sätt att vinden bromsas ner och rörelseenergin omvandlas till elektrisk energi. Vinden har alltså lägre hastighet på baksidan av vindkraftverket, och det måste därför vara ett visst avstånd – 5 till 10 diametrar – till nästa kraftverk. Om ett vindkraftverk har blad som är 40 meter långa, så är diametern 80 meter och avståndet till nästa verk bör vara 400–800 meter.

Det lönar sig också att leta efter platser med god vind. Energin i vinden är proportionell mot vindhastigheten i kubik. Om man flyttar ett vindkraftverk till ett ställe där det blåser dubbelt så mycket, är energin i vinden på det nya stället därför hela 8 gånger högre.

Från platserna där det blåser ska det sedan dras ledningar till de ställen där elkonsumenterna finns. Detta är inte utmärkande för vindkraften. I Sverige har vi lång tradition av en annan förnybar energikälla, vattenkraft, där avståndet mellan produktion och användare är långt. Sedan länge har el transporterats från norra Norrland till Sydsverige (bild 4). Färska beräkningar visar dessutom att kraftledningarna har gott om outnyttjad kapacitet för t ex en utbyggnad av vindkraften i Norr-

VINDENERGI

Bara luft

Ett vindkraftverk utnyttjar ungefär 45 procent av energin i vinden. När det blåser 13 meter per sekund passerar 63 ton luft per sekund vindkraftverkets vingar. Inte ens i teorin kan vindkraftverket utnyttja mer än 59 procent av vindenergin. Försöker man fånga mer tar luften helt enkelt en annan väg.

Vindkraftverken ger el från ungefär 2 meter per sekund, men då är det ett blygsamt tillskott. Först vid 9 meter per sekund brukar de ge halv effekt. Från 12 och upp till 25 meter per sekund ger vindkraften full effekt. ■

5 Vinden kommer från väst.

Det blåser mest kring kusterna och på kalfjället vilket spelar stor roll när vindkraftverken ska placeras ut. Energin är nämligen proportionell mot vindhastigheten i kubik.

Vindenergiförhållanden

Skyddad terräng		Öppen slätt	
m/s	W/m ²	m/s	W/m ²
5,0-6,0	150-250	6,5-7,5	300-500
4,5-5,0	100-150	5,5-6,5	200-300
3,5-4,5	60-100	4,5-5,5	100-200

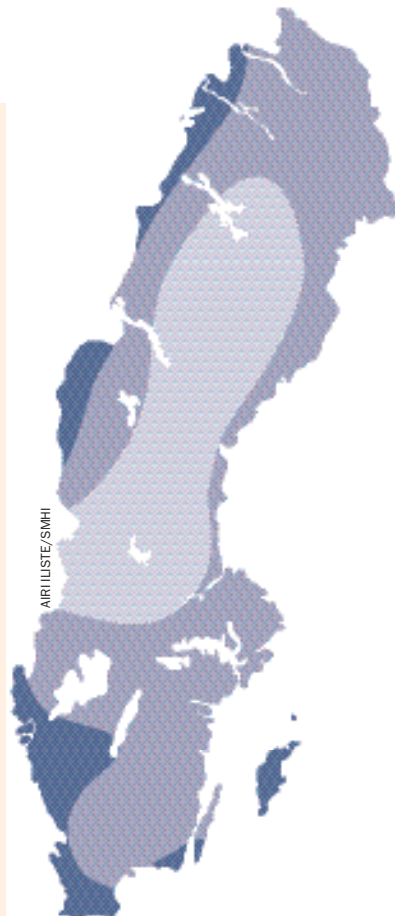
land. Upp till 3 000 megawatt vindkraft ryms innan det är ekonomiskt motiverat att bygga ut kraftnätet mellan norra och mellersta Sverige. Det är tio gånger så mycket vindkraft som finns i hela Sverige i dag.

Om man däremot använder bränsle för elproduktion (biobränsle, kol, olja, naturgas eller uran) är det oftast mer lönsamt att transportera bränslet till ett kraftverk nära konsumenterna i stället för att flytta elkraften till konsumenterna.

Vattenkraften hjälper

Vindkraftens produktion varierar med vindarna. Därför behövs det andra kraftverk som tar över när det inte blåser. Funnes det någon billig metod att lagra stora mängder elenergi vore det ett alternativ. Men inom överskådlig framtid verkar det som om elen måste produceras just när den ska användas.

I Sverige fungerar denna utjämn-



ning huvudsakligen så att när det blåser mycket använder man mindre vattenkraft och kan därmed spara vatten i vattenkraftsdammarna. Detta vatten kan sedan användas för att öka elproduktionen då det blåser mindre.

Om vi skulle ha lika mycket vindkraft i Sverige som på Jylland måste man dock tänka på att all vattenkraft inte alltid kan sparas. Under exempelvis vårfloden kan det vara så mycket vatten i älvarna att vatten måste släppas förbi vattenkraftverken när dessa stängs av, eftersom magasinen redan är fulla.

Med ett överflöd av vindkraft händer det också att en del av kraften måste spillas bort. Detta innebär i praktiken att elen blir dyrare.

Exemplet Jylland

Vindkraften svarar inte ens för en halv procent av den totala svenska elförsörjningen. Lokalt är dock an-

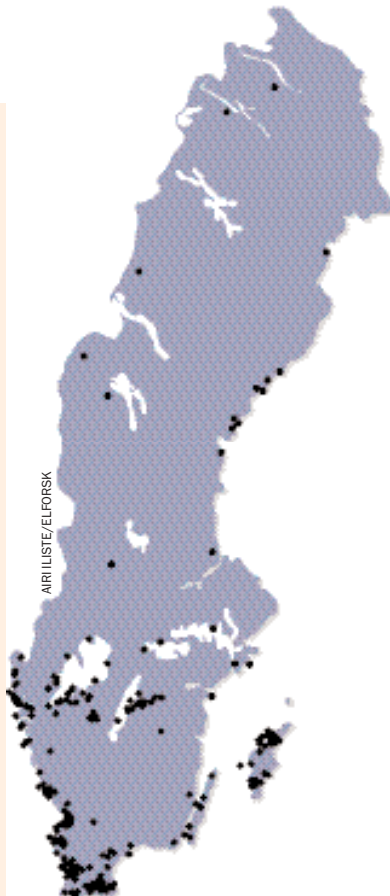
Snabbast växande energislaget

Ett vindkraftverk räcker till hundra eluppvärmda villor.

I bra vindlägen producerar ett vindkraftverk el upp till 6 000 av årets 8 760 timmar. Effekten varierar dock. Ett verk med effekten 1 000 kilowatt producerar drygt 2 miljoner kilowattimmar el på ett år. En normalstor villa med eluppvärmning förbrukar runt 20 000 kilowattimmar på ett år.

De vanligaste storlekarna på de vindkraftverk som har byggts i Sverige på senare år är 660 till 850 kilowatt. I början av år 2002 fanns omkring 600 aggregat i landet, främst i södra Sverige, längs kusterna och på Gotland, med en sammanlagd installerad effekt på drygt 300 000 kilowatt. Nya politiska utfästelser, bl a införandet av elcertifikat, bör ge ett rejält uppsving för vindkraften. Enligt vissa prognoser kan produktionen vara så hög som 7 terawattimmar (miljarder kilowattimmar) år 2010.

Vindkraften i världen har ökat med i genomsnitt nära 30 procent per år från 1994 till 2002. Under år 2002 var den totala produktionen av vindkraft i världen 64 terawattimmar. Det kan jämföras med att i Sverige producerade vattenkraften 66 terawattimmar samma år. ■



6 Sveriges alla vindmöllor. Det finns nu drygt 600 vindkraftverk i drift. Trots lovande vindstatistik för havsbaserade kraftverk är det vindkraftverken i land som dominerar.

delen betydligt högre. Vindkraften på Gotland täcker nära 20 procent av förbrukningen där. Andelen vindkraft i ett område kan dessutom stiga avsevärt om man utnyttjar exportmöjligheterna maximalt.

Gotland är som ett Danmark i miniatyr. Den västdanska vindkraften täcker 16 procent av den årliga elförbrukningen där. Jylland har dessutom bra förbindelser med utlandet, vilket betyder att den maximala andelen vindkraft vid kraftig vind samtidigt med låg förbrukning är hela 46 procent av den jylländska elförbrukningen inklusive maximal export. Detta inträffar dock bara vid

Minst 20 terawattimmar vindkraft i Sverige

extremt väder, som om det blåser kuling under en sommarnatt.

Om Sveriges förbrukning under ett år skulle bestå av en lika stor andel vindkraft som på Jylland, dvs 46 procent vid kraftig vind och låg elförbrukning, skulle detta ge 18 terawattimmar vindkraft. Detta är 30 gånger mer än i dag. Det finns inget som i dagsläget säger att gränsen för vad kraftsystemet tål är nådd på Jylland.

Bättre än Danmark

De svenska kärnkraftverken – som står för ungefär halva elproduktionen – bör köras konstant och är allt-

så mindre lämpade för att jämna ut vindkraftens variationer. De motsvaras i Danmark av en stor mängd småskaliga kraftverk. Dessa körs också konstant, oberoende av elpriset. I Danmark saknar man möjligheten att använda vattenkraft för att jämna ut vindens ojämnheter.

Om vi skulle ha mycket vindkraft i Sverige är det inte självklart att våra grannländer kan hjälpa till att jämna ut denna. Samma problematik finns på Jylland, där man ibland inte kan få hjälp från Tyskland med att jämna ut dansk vindkraft. Skälet är att Tyskland har mycket egen vindkraft i de nordvästra delarna. Sverige har i stället bra förbindelser med Norge, och där finns gott om vattenkraft vilket ytterligare förbättrar möjligheterna att jämna ut.

Vindkraften på Jylland finns på ett relativt litet område, helt enkelt för att Jylland är mycket mindre än Sverige. Om vi skulle ha samma andel vindkraft i Sverige som på Jylland skulle den vara mycket mer geografiskt utspridd än på Jylland. Detta har två fördelar. Den ena är att den totala variationen blir mindre i Sverige eftersom vindförhållandena jämnas ut mer, ju större området är. Den andra fördelen är att stora oförutsedda vindändringar som drabbar hela Sverige är mycket sällsyntare än oförutsedda vindändringar som drabbar hela Jylland.

Slutsatsen är att det, ur kraftsystemets synvinkel, är fullt möjligt att ha minst 20 terawattimmar vindkraft i Sverige. Det skulle innebära ungefär samma andel av elförsörjningen som vindkraften i dag har på Jylland.

Vad kostar stiltje?

Ytterligare en möjlig begränsning skulle kunna vara kostnaden. El från nya vindkraftverk är f n dyrare per kilowattimme än el från kärnkraft, oljekraft och vattenkraft. Till viss del beror det på att vissa energislag är indirekt subventionerade. Kärnkraften är inte fullt betalningsansvarig om en katastrof skulle inträffa, och kraftverk som bränner kol eller olja

betalar inte i proportion till hur mycket de förorenar miljön.

Vid sidan av kostnaden för att bygga och driva ett vindkraftverk tillkommer för vindkraften en utjämningskostnad. De vattenkraftverk som jämnar ut vindkraften måste ibland köras med sämre verkningsgrad, vilket gör att elen blir något dyrare än annars. När vindkraftverken producerar el måste dessa alternativ ständigt ligga startklara för den händelse att det plötsligt skulle mojna, vilket också kostar pengar.

De utredningar som gjorts tyder

på att dessa utjämningskostnader är högst ett par öre per kilowattimme. Eftersom vindkraftverken, inklusive anslutningsledningar, kostar mer än 30 öre per kilowattimme är det knappast utjämnningen av variationerna som avgör om vindkraftverk kommer att vara ekonomiskt acceptabla eller inte.

Min övergripande slutsats för vindkraftens framtid i Sverige är att det inte är kraftsystemet som sätter gränsen för hur mycket vindkraft som får plats. Inte heller utjämningskostnaden är något vägande

argument. Det som begränsar är två helt andra faktorer: om vi kan acceptera dessa kraftverk i naturen och om vi är beredda att betala för elen vad den egentligen kostar. ■

LENNART SÖDER

ÄR PROFESSOR I ELEKTRISKA ENERGISYSTEM VID KUNGL TEKNISKA HÖGSKOLAN. HANS FORSKNING STÖDS BL A AV VETENSKAPSRÅDET, ENERGIMYNDIGHETEN OCH KRAFTINDUSTRIN.



ANNELOVS GÅRD

Två nya vindkraftverk i Landskrona

Trots omfattande pappersarbete, svaga ledningsnät och militära veton byggs det allt fler vindkraftverk.

Det var i november 1999 som Ingvar Svantesson åkte förbi Annelövs gård utanför Landskrona.

– Jag såg en vindpåverkad pilallé, öppen terräng och tyckte att det var en lämplig plats, berättar han.

Ingvar Svantesson jobbar bl a som marketare för vindkraftverk och är desutom vd i vindkraftföretaget Ekovind AB som äger ett av verken vid Annelöv.

Ingvar Svantesson tog kontakt med markägaren, som var positiv till idén. Ett omfattande arbete tog sin början.

– De största hindren i dag är nog det lokala elnätets bristande kapacitet, säger Sven-Arne Persson, som arbetar på företaget Eolus Vind AB, som projekterat och byggt de två vindkraftverken.

När elnätet en gång anlades var det ingen som tänkte att det en dag skulle byggas vindkraftverk här. Det dimensionerades för de få förbrukare som finns ute på landsbygden och inte för stora vindkraftverk som kan leverera el till hundratals villor. Att dra nya kablar är en lösning, men det gör att kostnaderna stiger kraftigt.

Det andra stora hindret är militären. Det finns områden som de av bl a signalspaningsskäl inte vill släppa. Militären behöver dessutom inte motivera varför de säger nej, vilket kan vara ett problem.

Att få bygglov och genomföra samråd med de kringboende tar mycket tid, men brukar enligt Ingvar Svantesson och Sven-Arne Persson inte vara något



SVENSK VINDKRAFTFÖRENING/SVIF

7 **Modern mölla.** Ett av två nybyggda vindkraftverk i Skåne.

avgörande hinder.

– Många tycker att det prövas för hårt, med tanke på vilken nytta verken gör för miljön, säger Ingvar Svantesson.

Han jämför med utbyggnaden av det nya mobiltelefonnätet. De tusentals 3G-master som ska sättas upp runt om i landet påverkar landskapet lika mycket som vindkraftverken, tycker han och säger:

– Vindkraften tillför el, mobiltelefonnätet bara förbrukar.

Vindmöllorna utanför Landskrona kostade 15 miljoner kronor styck, de in-

vigdes i juni 2003 och levererar nu el så fort det blåser.

– Vindkraft är bland det billigaste man kan bygga i dag, om man tar hänsyn till pris per producerad kilowattimme, säger Sven-Arne Persson.

Driftskostnaden lär bli låg, normalt bara några ören per kilowattimme. Avskrivningstiden är 15 år, men man räknar med att verken håller 25–30 år, och att driftssäkerheten kommer att ligga på omkring 99 procent. **PH**