

Verifiering av vindenergiberäkningar med Alarm-systemet för Västra Götalands län



Älvsborgs Luftvårdsförbund

**Verifiering av vindenergiberäkningar
med Alarm-systemet
för Västra Götalands län**

Älvsborgs Luftvårdsförbund

Februari 2001

Älvsborgs Luftvårdsförbund

Älvsborgs luftvårdsförbund är en sammanslutning av kommuner och industrier med utgångspunkt i före detta Älvsborgs län. Verksamhetsområdet omfattar nu Västra Götaland. Förbundet leds av en styrelse sammansatt av kommunala förtroendemän och företrädare för industrin. Styrelsen har till sitt förfogande en arbetsgrupp.

Luftvårdsförbundet bistår medlemmarna med bl.a. spridningsberäkningar av luftutsläpp från fasta källor och trafik, stöd till räddningstjänsten i form av spridningsprognoser vid brand eller gasutsläpp och med utredningar om vindenergin.

Basen för luftvårdsförbundets arbete är en terränganpassad spridningsmodell (Alarm-systemet, se nedan) som utvecklats av docent Leif Enger vid Meteorologiska institutionen, Uppsala universitet, med stöd av Naturvårdsverket. För det meteorologiska underlaget vid beräkningarna äger luftvårdsförbundet för närvarande 3 sodar och 7 mastanläggningar, se nedan.

ALARM-systemet i Västra Götalands län.

Dynamiken i atmosfärens gränsskikt beror på komplex växelverkan av olika inflytanden: lokal topografi, vegetation, moln, storskaliga synoptiska krafter (t.ex låg och högtryck), olika uppvärmning av jordytan, och andra processer. Turbulenta flödet i atmosfären är extremt komplext och övergriper så många storlekar av virvlar att det i praktiken är helt omöjligt att i detalj simulera all virvlar. Studiet av turbulenta flödet fokuseras därför på att beskriva dess statistiska egenskaper. Modellen som används i Älvsborgs län i Sverige är av en s.k. andra ordningens typ. Modellen löser ekvationerna för medelflödena, dvs för vinden, temperaturen och fuktigheten, men också ekvationerna för turbulensen i atmosfären. Modellen har utvecklats vid Meteorologiska Institutionen, Uppsala Universitet, Uppsala (MIUU-modellen) under de senaste 25 åren. Den datamaskinstid som fordras för den här typen av modell är ofta av samma storleksordning som simulerade tiden, och är alltså alltför datamaskinskrävande för att utnyttjas vid säsong eller årsberäkningar. Istället för att förenkla modellstrukturen, som skulle kunna introducera felaktiga resultat i komplex terräng, initierade Enger ett annorlunda tillvägagångssätt. Ett stort bibliotek med simulerade vind-, temperatur-, fuktighets-, och turbulent energi-fält skapades genom att göra simuleringar med den dynamiska modellen för ett stort antal (flera tusen) väder-situationer – en så kallad meteorologisk databas.

Ett atmosfäriskt modellsystem (ALARM-systemet = Advanced Local And Regional Modelling system) har implementerats i hela Västra Götalands län. Det har redan använts operationellt i ca 10 år för delar av området – före detta Älvsborgs län – såväl för beräkning av föroreningsituationen vid enskilda tillfällen som för beräkning av medelvärden av koncentrationerna. Alla beräkningar utförs med hjälp av den meteorologiska databasen samt genom att använda lokala meteorologiska mätningar. Applikationer inkluderar bl.a.

- Operationell luftföroreningsberäkning
- Medelvärdesberäkning av föroreningar för regleringsändamål, bestämning av källparametrar och som hjälp vid stadsplanering.
- Vindenergiplanering (vindkartor)



Figur 1. Sodarinstrument för beräkning av vind och vindriktning

När man använder denna meteorologiska databas för spridnings- eller vindenergi-beräkningar måste man veta vilket av dessa flera tusen vind och turbulensfält som skall användas för en viss tidpunkt. Genom att använda mätningar av vind från ett så kallat sodarinstrument (Figur 1) på någon plats i området samt mätningar av en temperaturprofil och vind från en mast (Figur 2) i området, kan modellen jämföra mätta vind- och temperaturvärden med de simulerade värdena och leta fram den situation i databasen som ger bäst överensstämmelse mellan mätning och simulering på de aktuella mätplatserna. Den situation som ger den bästa överensstämmelsen mellan mätning och simulering används sedan för spridnings- och/eller vindenergi-beräkningarna. I sydvästra Sverige är terrängskillnaderna av storleksordningen 100 m, men samma dynamiska modell och densamma proceduren har använts i sydvästra USA (Colorado River Valley) och Grekland (Aten-området) där höjdskillnaderna är mycket större (1000 m). Både den dynamiska meteorologiska modellen och spridningsmodellen har verifierats mot mätningar och modellresultaten har presenterats i ett flertal vetenskapliga tidskrifter.¹⁾ se sidan 5

En sodar (ljudradar), figur 1, beräknar vind upp till några hundra meters höjd genom att beräkna dopplereffekten på utsända ljudimpulser. Data från mätningarna samlas automatiskt in av datamaskinen en gång per timme. Dessa data sparas i en databas för att användas vid medelvärdesberäkningar. För att beräkna koncentrationerna eller vind-energin under en viss tidsperiod, t.ex en vecka, en månad eller ett år, utför man statistik



Figure 2. Mast med vind, vindriktning och temperaturmätningar

på hur många gånger var och en av de tusentals vind- och turbulensfälten har uppträtt. Denna statistik tillsammans med databasen av vind- och turbulensfält används sedan för beräkning av medelkoncentration och percentiler, samt vid vindenergiartering.

Modellsystemet har utformats så att en person utan någon meteorologisk bakgrund skall kunna arbeta med systemet. I Västra Götalands län har databasen och programmet installerats i en dator placerad i Vänersborg. Alla kommuner och industrier i området, som är medlemmar

i Älvsborgs Läns Luftvårdsförbund, kan ringa upp datorn över ett telefonmodem eller över internet.

MIUU-modellen Uppsala Universitet

Ett annat tillvägagångssätt för att beräkna vindklimatet har utförts vid Meteorologiska Institutionen, Uppsala Universitet. I denna metod används precis som i ALARM-systemet den meteorologiska vindmodellen (MIUU-modellen) som nämnts ovan. Som i ALARM-systemet bildas en databas med ett stort antal simuleringar, men i detta fallet för endast 8 vindriktningar i stället för 36 vindriktningar som simulerats i ALARM-systemet, eftersom man i ALARM-systemet även är intresserad av luftförorenings-spridningar i området och därför behöver en noggrannare vindriktningsbestämning. Vid vindenergiberäkningarna vid meteorologiska institutionen har simuleringar gjorts för 4 olika årstider för att ta hänsyn till olika stabiliteter.

Alla dessa simuleringar måste sedan viktas samman genom att använda klimatologiska data om den geostrofiska vindens hastighet och riktning (dvs den vind man har på någon eller några tusen meters höjd) och dess variationer under året. Årsmedelvindhastigheten eller potentiella vindenergin kan på detta sätt beräknas för olika höjder inom det studerade området. I meteorologiska institutionens version av vindberäkningar används alltså inga lokala vindmätningar som indata. På nästa sida visas en tabell av mätt och simulerad vind på ett flertal platser i Sverige och på ett flertal olika höjder. I tabellen finns också inkluderat en jämförelse av beräkningar av vindhastigheten med ALARM-systemet i Tolvmanstegen i Strömstads kommun, Västra Götalands län.

Masterna i Emmaboda, Byxelkrok och Östhammar ligger i skogsområden. Uppsala-masten låg vid stadsgränsen. I tabellen har värdena för simuleringarna på dessa platser ej korrigerats för den så kallade nollplansförskjutningen (ca 10 m för en 17 m hög skog). Detta skulle reducera modellens vindhastigheter med 0.2 – 0.4 m/s för de angivna höjderna och platserna.

1)

Här följer några referenser till artiklar som publicerats i vetenskapliga tidskrifter med verifiering av MIUU-modellen och spridningsmodellen:

Enger L. (1986) A higher order closure model applied to dispersion in a convective PBL. *Atmospheric Environment* **20**, 879-894.

Tjernström M., Enger L. and André A. (1988) A three-dimensional numerical model for studies of atmospheric flows on the meso- γ -scale. *Journal of Theoretical and Applied Mechanics*, 1988 special issue supp no 2 to vol. 7.

Enger L. (1990a) Simulation of dispersion in moderately complex terrain - Part A. The fluid dynamic model. *Atmospheric Environment* **24A**, 2431--2446.

Enger L. (1990b) Simulation of dispersion in moderately complex terrain - Part B. The higher-order closure dispersion model. *Atmospheric Environment* **24A**, 2447--2455.

Enger L. (1990c) Simulation of dispersion in moderately complex terrain - Part C. A dispersion model for operational use. *Atmospheric Environment* **24A**, 2457--2471.

Melas D. and Enger L. (1993) A numerical study of flow in Athens area using the MIUU model. *Environment Software* **8**, 55-63.

Enger L., Koracin D., Yang X. (1993) A numerical study of the boundary layer dynamics in a mountain valley --- Part 1. Model validation and sensitivity experiments. *Boundary-Layer Met.* **66**, 357-394.

Koracin D. and Enger L. (1994): A numerical study of the boundary layer dynamics in a mountain valley - Part 2. Observed and simulated characteristics of the atmospheric stability and the local flows. *Boundary-Layer Met.* **69**, 249-283.

Enger L. and Koracin D. (1995) Simulations of dispersion in complex terrain using a higher-order closure model. *Atmospheric Environment* **29**, 2449-2465.

Tabell 1. Jämförelser mellan observerade vindar och beräkningar med MIUU-modellen:

<i>Plats</i>	<i>Höjd (m)</i>	<i>Observation (m/s)</i>	<i>Modell (m/s)</i>	<i>Diff. (%)</i>
<i>Ölands södra grund</i>	32	8.2	8.1	-1
<i>Almagrundet</i>	32	8.2	8.0	-2
<i>Näsudden</i>	32	6.4	6.4	0
	49	7.2	7.1	-1
	71	7.8	7.9	1
	103	8.5	8.6	1
<i>Maglarp</i>	32	6.8	6.8	0
	49	7.4	7.3	-1
	71	8.0	7.9	-1
	103	8.6	8.5	-1
<i>Emmaboda</i>	100	6.6	7.0	6
<i>Byxelkrok</i>	50	6.0	6.3	5
<i>Östhammar</i>	50	5.0	5.2	4
<i>Uppsala</i>	50	5.1	5.2	2
<i>Medel:</i>		7.13	7.16	
<i>Tolvmanstegen*, Strömstad</i>	40	5.97	5.92	-1

* MIUU-modellen/ALARM-systemet, körningar över Västra Götalands län. Medelvärde för år 1999 under samtliga perioder då såväl mätmasten i Tolvmanstegen och sodar-mastmätningar i Alarm-systemet levererat värden. Maj månad bortföll.

Verifiering av beräkning av vindenergi för Västra Götalands län.

Beräkningar av vindenergin har utförts för ett stort antal vinkraftverk i Västra Götalands län. Nedan redovisas resultaten av beräkningar både i tabell och grafisk form. Beräkningar av årsproduktion har utförts för åren 1996 t.o.m. 2000 eller från verksstart för yngre kraftverk.

Nya beräkningar har utförts även för de verk som tidigare verifierats. I den nya beräkningen har ny statistik från sodar och mastmätningarna utförts för alla beräkningsår. Dessutom har hänsyn tagits till om kraftverken är placerade i öppen terräng eller i skog. I de fallen ett kraftverk är placerat i skog har nollplanet antagits till 12 m över marken – vilket betyder ca 18 m hög skog. Där skogen bedömts vara lägre eller vid fall då man har öppen mark åt ett håll och skog åt ett annat har nollplanet antagits vara 6 m över marken.

Kraftverkens koordinater har tillhandahållits av Länsstyrelsen. Länsstyrelsen framhåller att det f n saknas kvalitetssäkring av de koordinater som verksamhetsutövaren uppger. Därför har Länsstyrelsen i detta fall gjort en egen bedömning och gallrat bort de osäkra verken. Ev kvarvarande avvikelser bör inte påverka verifieringens resultat.

I tabell 2 på följande sidor anges i första spalten verkets namn och kommun. Andra spalten anger verkets nummer enligt Energimyndighetens benämning. Den tredje spalten anger beräknad produktion enligt statsbidragsansökan. Övriga spalter anger beräknad och uppmätt årsproduktion för varje enskilt verk för respektive år. För tre kraftverk gäller beräkningarna för år 2000 perioden 1 dec 1999 – 30 nov 2000, eftersom december-produktionen för dessa kraftverk ej har rapporterats. Dessa värden är märkta med en * (kraftverk nr 398, 200 och 146). Om kraftverket har uppgivit ett produktionsbortfall som är mer än 2% har värdena korrigerats upp procentuellt. Detta är angivet med ett **k** eller **korr** framför värdet.

Tabell 2 följs av Figur 3 som visar beräknad (svart stapel) och angiven produktion (ljus stapel) för varje enskilt år samt för varje enskilt verk, dvs Figur 3 motsvarar Tabell 2 men uttryckt med hjälp av stapeldiagram.

VINDKRAFT- VERK	NR	BER. PROD MWH	1996 MWH		1997 MWH		1998 MWH		1999 MWH		2000 MWH	
			ALARM	Drift	ALARM	Drift	ALARM	Drift	ALARM	Drift	ALARM	Drift
Vestas 99												
Erikstorp, Götene	4	165	105	87	117	106	120	107	130	107	130	92 k 95
Winco n 99												
Snösbäck, Falköping	19	180	105	114	130	147	132	144	148	148	150	140
Wind World 150												
Hede Gård, Mellerud	38	385	260	262	275	274	280	308	290	203	249	_
Vindlekan 1, Mellerud	95	300	200	224	218	195	221	220	235	235	200	194
Kyrkebo, Lundsbrunn, Götene	40	357	240	225	265	262	270	271	290	264	280	228
Vestas 225												
Kälvene, Falköping	215	330	260	n/a	295	302	300	311	327	320	330	298
Hjärtholmen Set, Göteborg	66a	550	415	434	485	478	540	566	570	522	505	509
Nordkärr, Mellerud	46	263	220		245	206	235	213	255	220	220	203

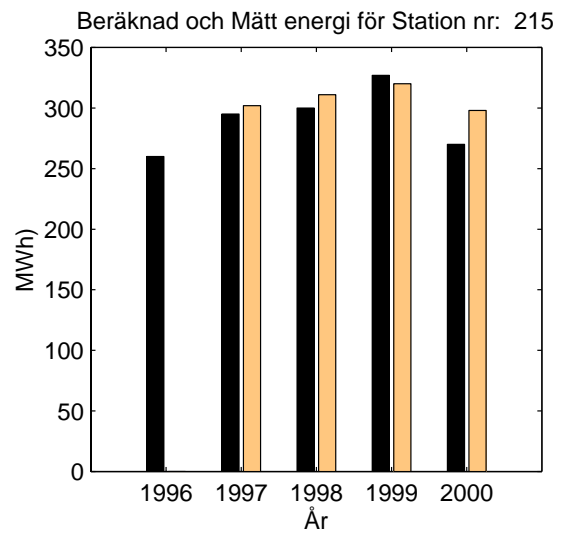
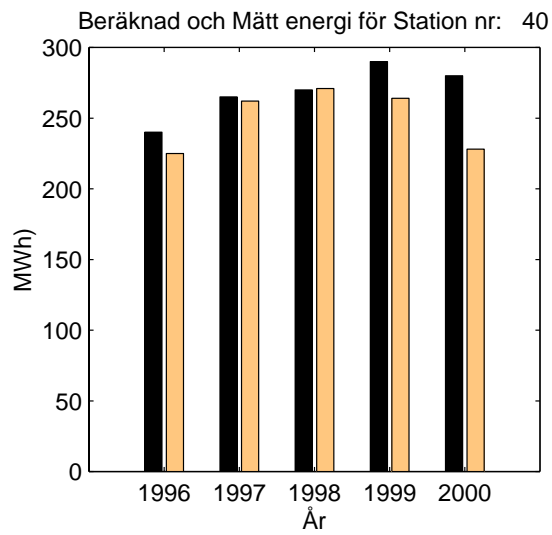
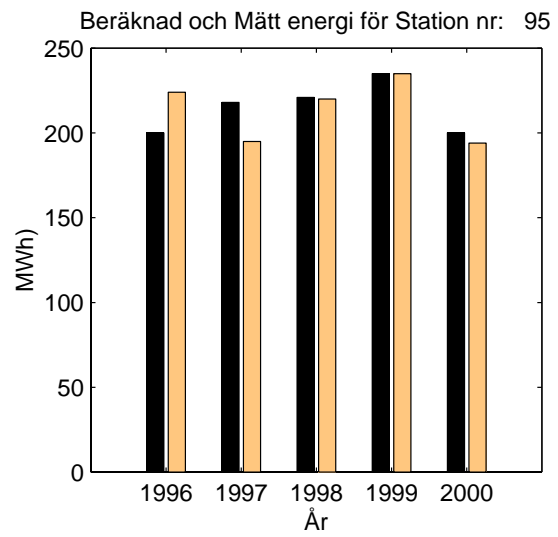
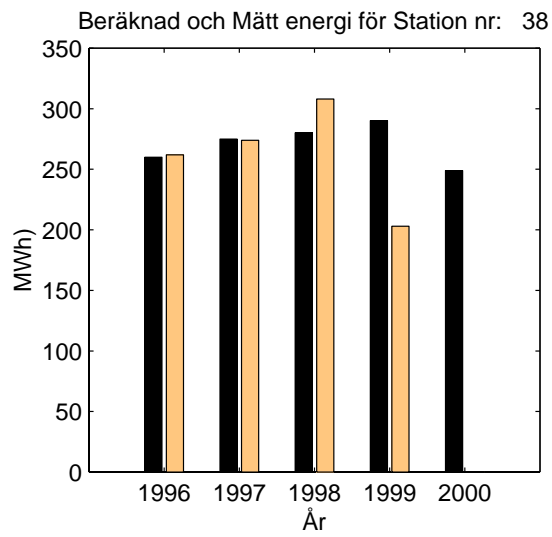
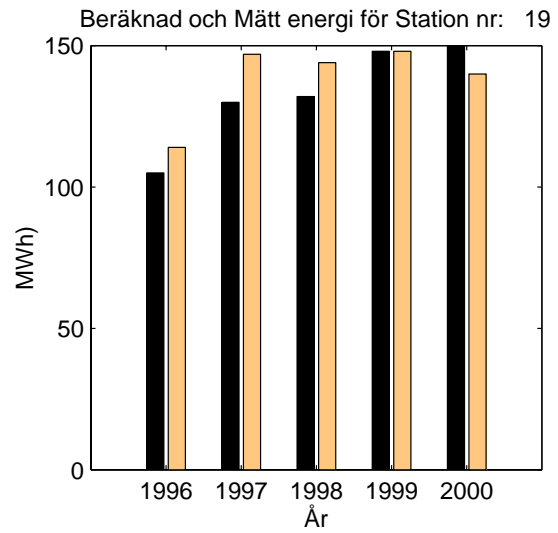
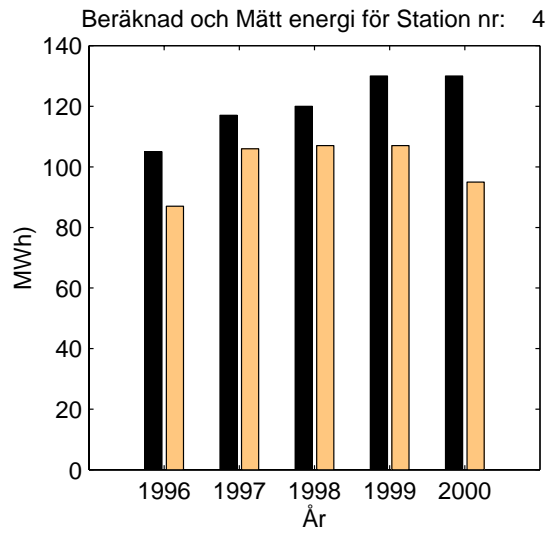
Kedumsvik, Lidköping	32	362	240	240	275	284	265	278	285	283	270	274
Sjöbergs säteri, Lugnås, Mariestad	30	400	235	274	280	289	265	304	300	309	325	266

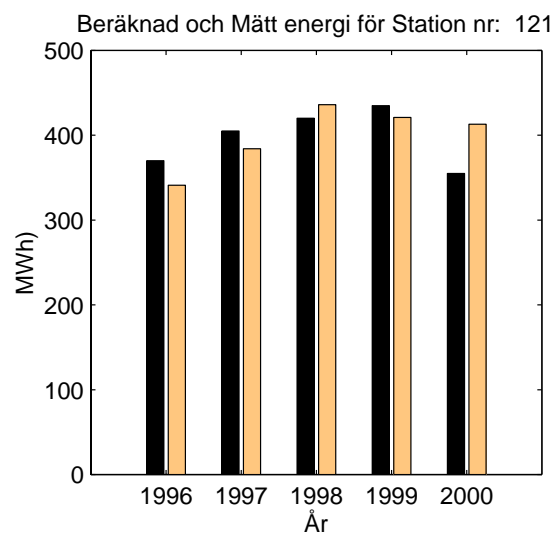
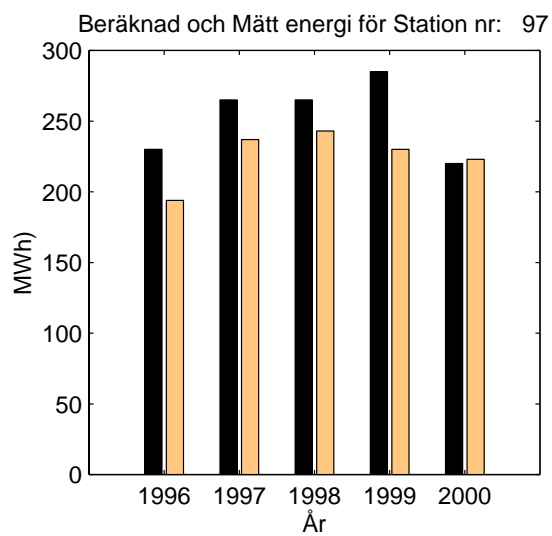
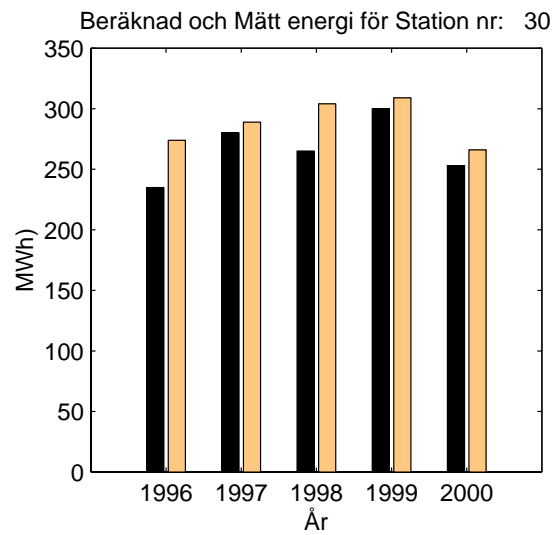
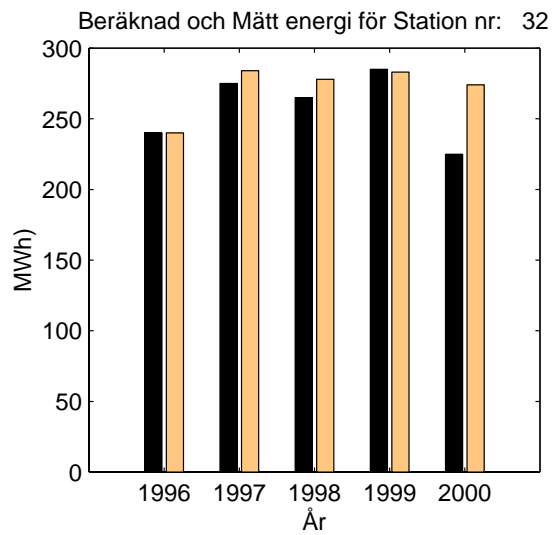
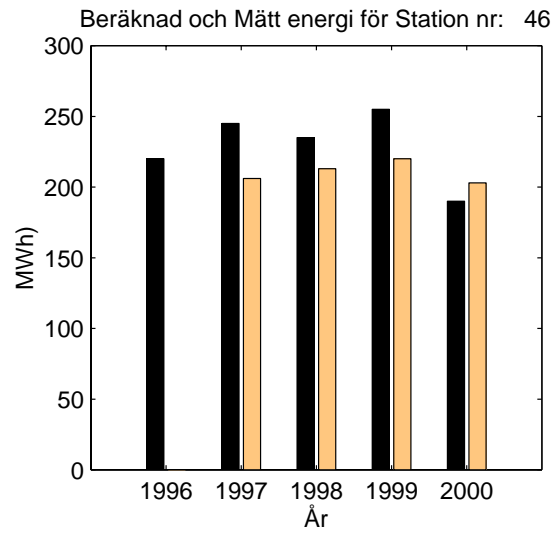
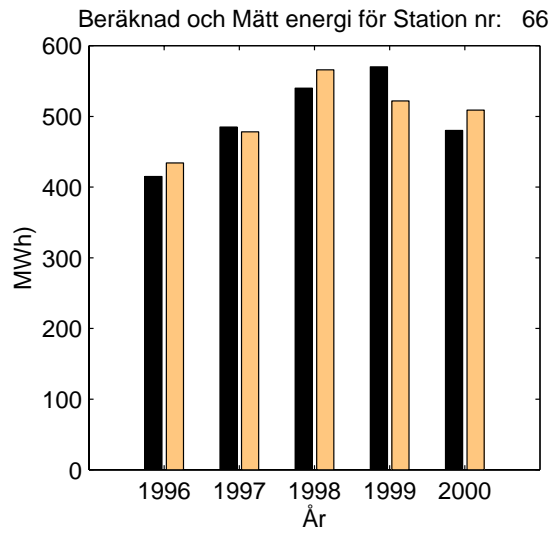
VINDKRAFT- VERK	NR	BER. PROD MWH	1996 MWH		1997 MWH		1998 MWH		1999 MWH		2000 MWH	
			ALARM	Drift	ALARM	Drift	ALARM	Drift	ALARM	Drift	ALARM	Drift
Bonus 450												
Basteviksholmen 1, Lysekil	50a	1000	880	849	960	857	1000	1061	1050	1027	920	1039
Risholmen Marta, Göteborg	77	1100	800	737	920	848	1020	1148	1090	928	960	1028
Vestas 500												
Molly Tången, Orust	80	1350	960	980	1060	1087	1120	1278	1215	1183	1090	1222
Ås, Grästorp	103		550	557	623	619	630	686	670	681	625	631
Vestas 660												
Uvered, Lidköping	436	1100									1155	1040
Vestas 660 – 200												
Ranåker, Skara	398	1000									1240	1108 *

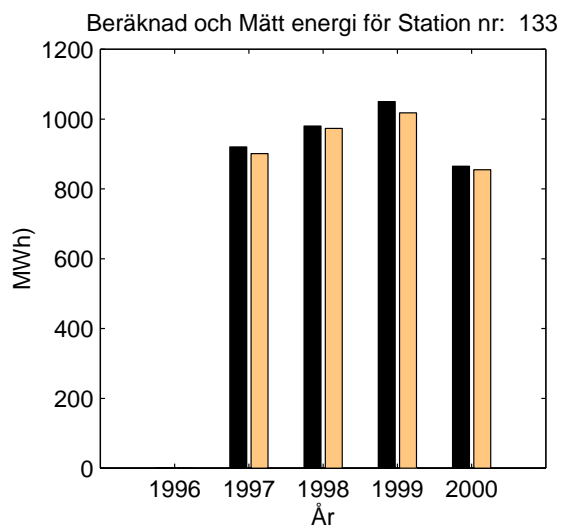
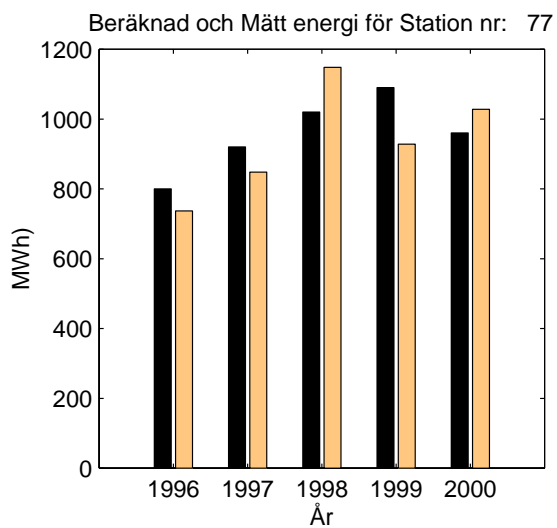
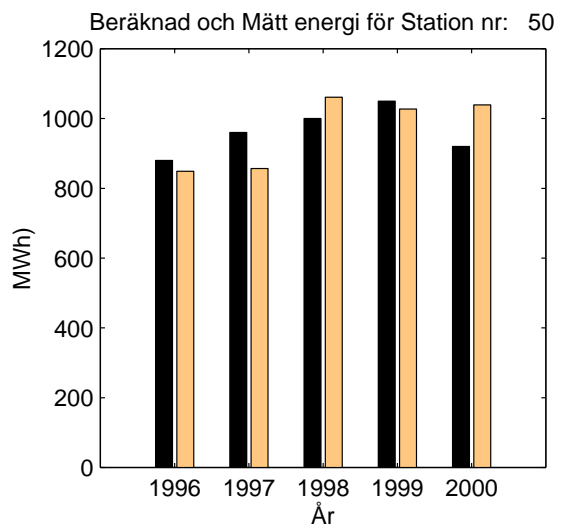
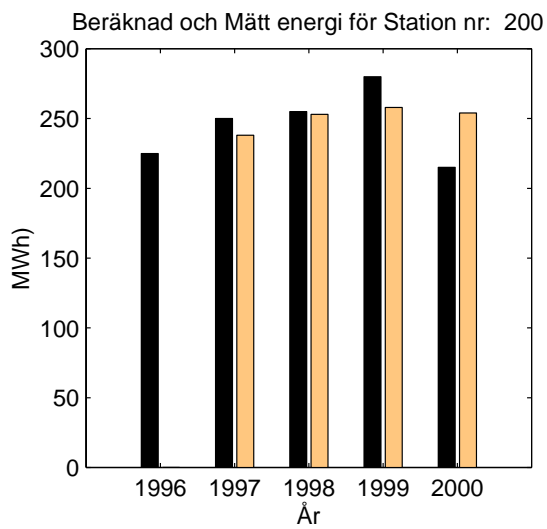
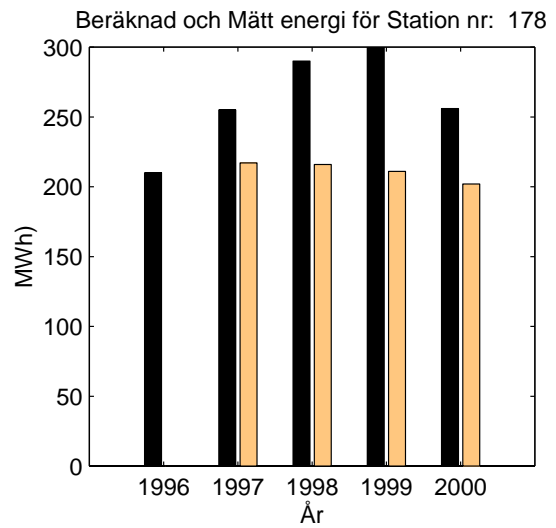
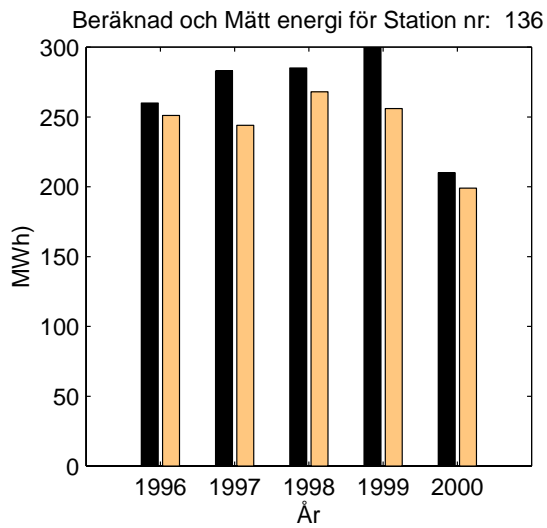
Wind World 750												
Otterbäckens Vind 1, Gullspång	404	1700									1355	1342 korr: 1412

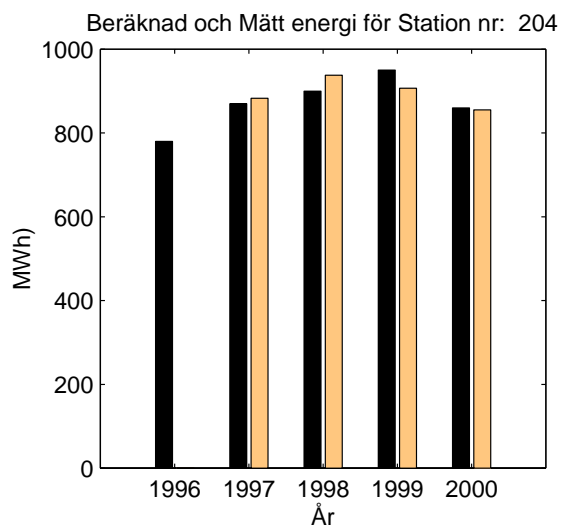
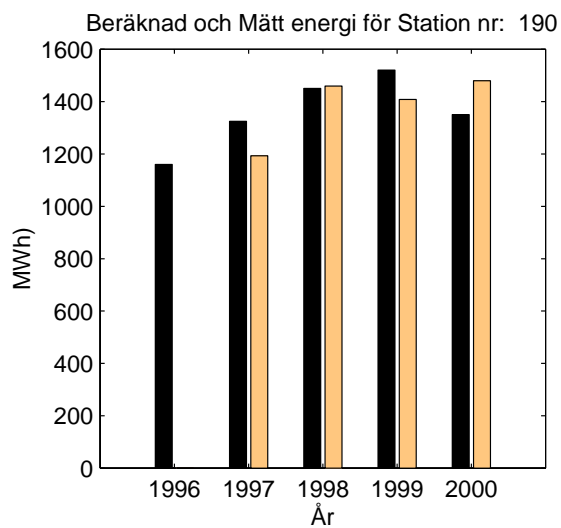
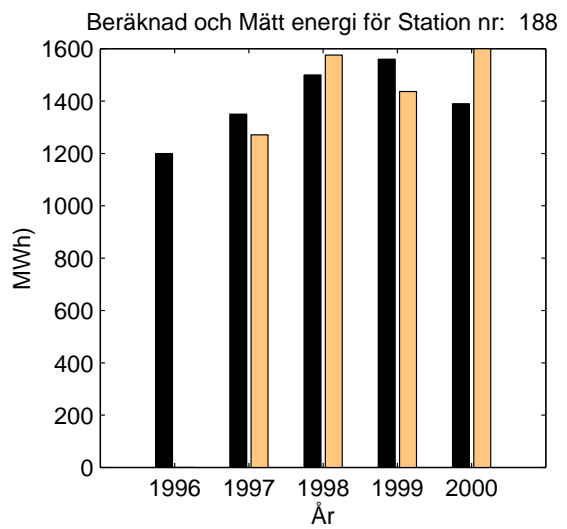
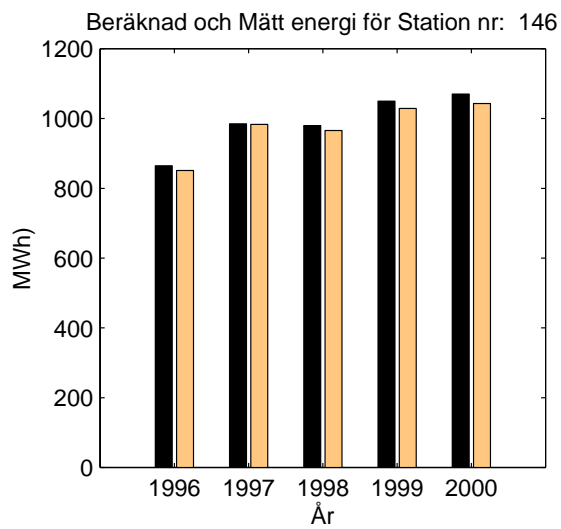
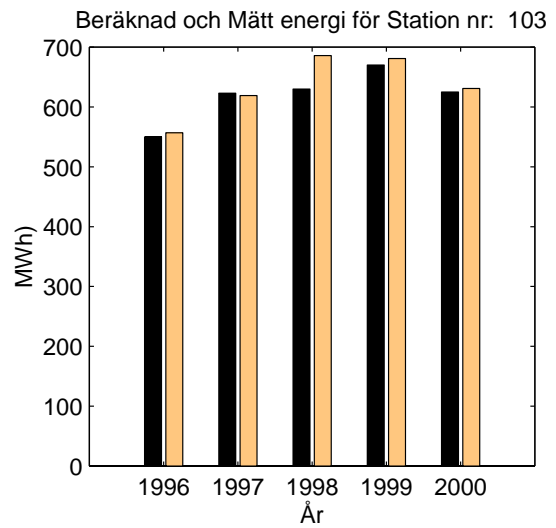
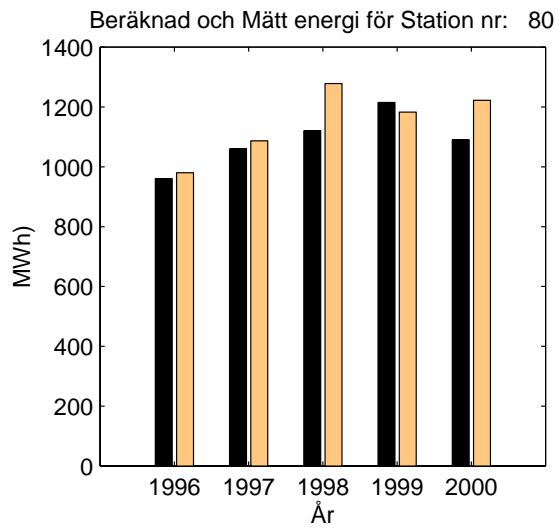
VINDKRAFT- VERK	NR	BER. PROD MWH	1996 MWH		1997 MWH		1998 MWH		1999 MWH		2000 MWH	
			ALARM	Drift	ALARM	Drift	ALARM	Drift	ALARM	Drift	ALARM	Drift
Vestas 225												
Almetorp, Lavad, Lidköping	97	320	230	194	265	237	265	243	285	230	270	223
Hornbore, Hamburgssund	121	500	370	341	405	384	420	436	435	421	395	413
Nuntorp, Brålanda	136	325	260	251	283	244	285	268	300	256	250	199
Älmestad, Ulricehamn	178	332	210	n/a	255	217	290	216	300	211	310	202
Lunden, Gårdhem	200	330	225	n/a	250	238	255	253	280	258	255	254*
Vestas 600												
Bromöllan, Brommö (Vänern)	146	1100	865	851	985	983	980	966	1050	1029	1070	1043*
Hjärtholmen, Göteborg	188 189	1450	1200	n/a	1350	1271	1500	1576	1560	1437	1390	1600
Risholmen, Göteborg, 4 verk	190 - 193	1450	1160	n/a	1325	1193	1450	1459	1520	1408	1350	1480
Håberg, Flo (vid Hunneberg)	204	938	780	n/a	870	875 k 883	900	929 k 938	950	826 k 907	860	838 k 855

Wind World 490												
Lys-Vind, Lysekil	133	950	-	-	920	865 k 901	980	973	1050	927 k101 8	920	804 k 855
Bonus 600												
Skärbo, Tanum Grupp med 6 verk	251 - 256	1170	-	-	1035	n/a	1160	950 korr: 1023	1170	904 korr: 1053	1040	902 korr: 965









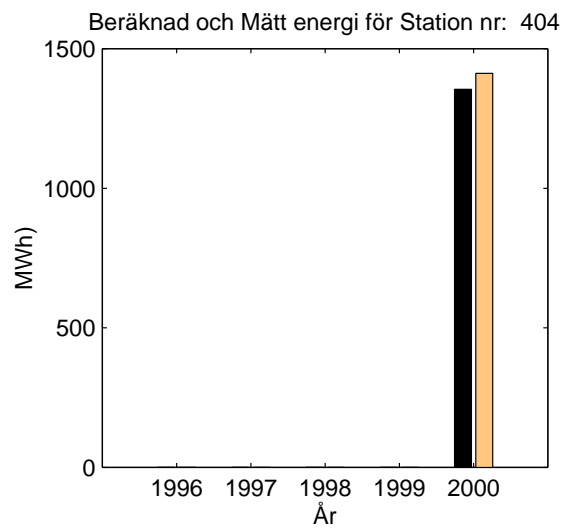
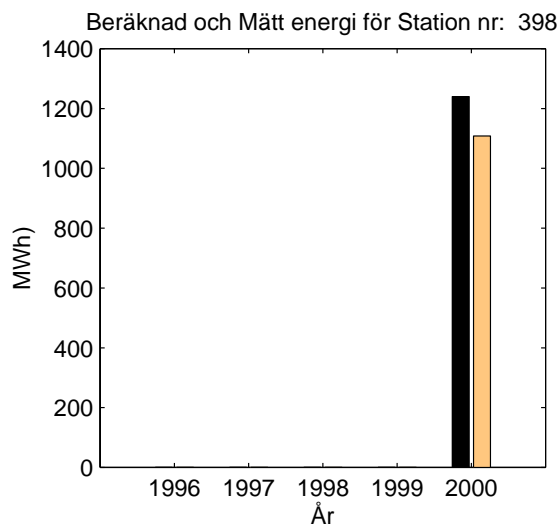
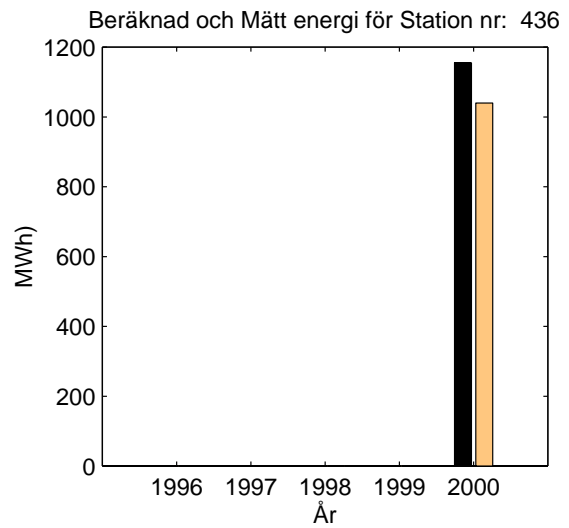
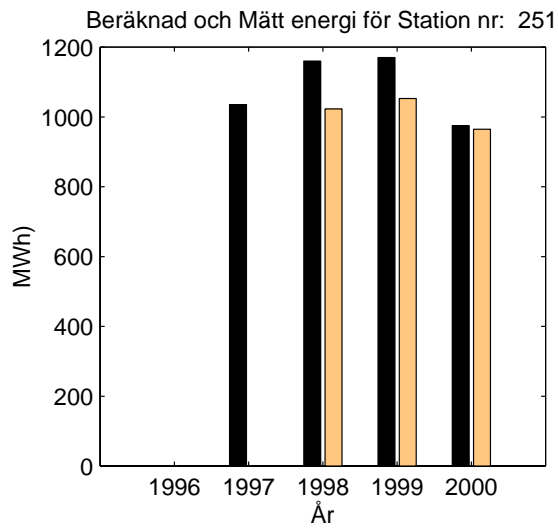


Fig. 3. Beräknad (svart stapel) och angiven produktion (ljus stapel) för varje enskilt år samt för varje enskilt verk (märkt med kraftverkets nummer enligt Energimyndigheten).

Medelvärden av beräknad och angiven produktion

Figur 4 visar Medelenergiproduktionen för perioden 1996-2000. På horisontella axeln är angivet den simulerade (beräknade) produktionen och på den vertikala axeln visas den angivna driftproduktionen. De kraftverk som endast har ett års produktion har märkts med en cirkel kring värdet. Ett verk har produktion endast tre år och har markerats med en kvadrat kring värdet. Den heldragna linjen visar fullständig överensstämmelse och de streckade linjerna 10% avvikelser från driftproduktionen. Som vi ser från figuren ligger de flesta vindkraftverksberäkningarna inom dessa 10%.

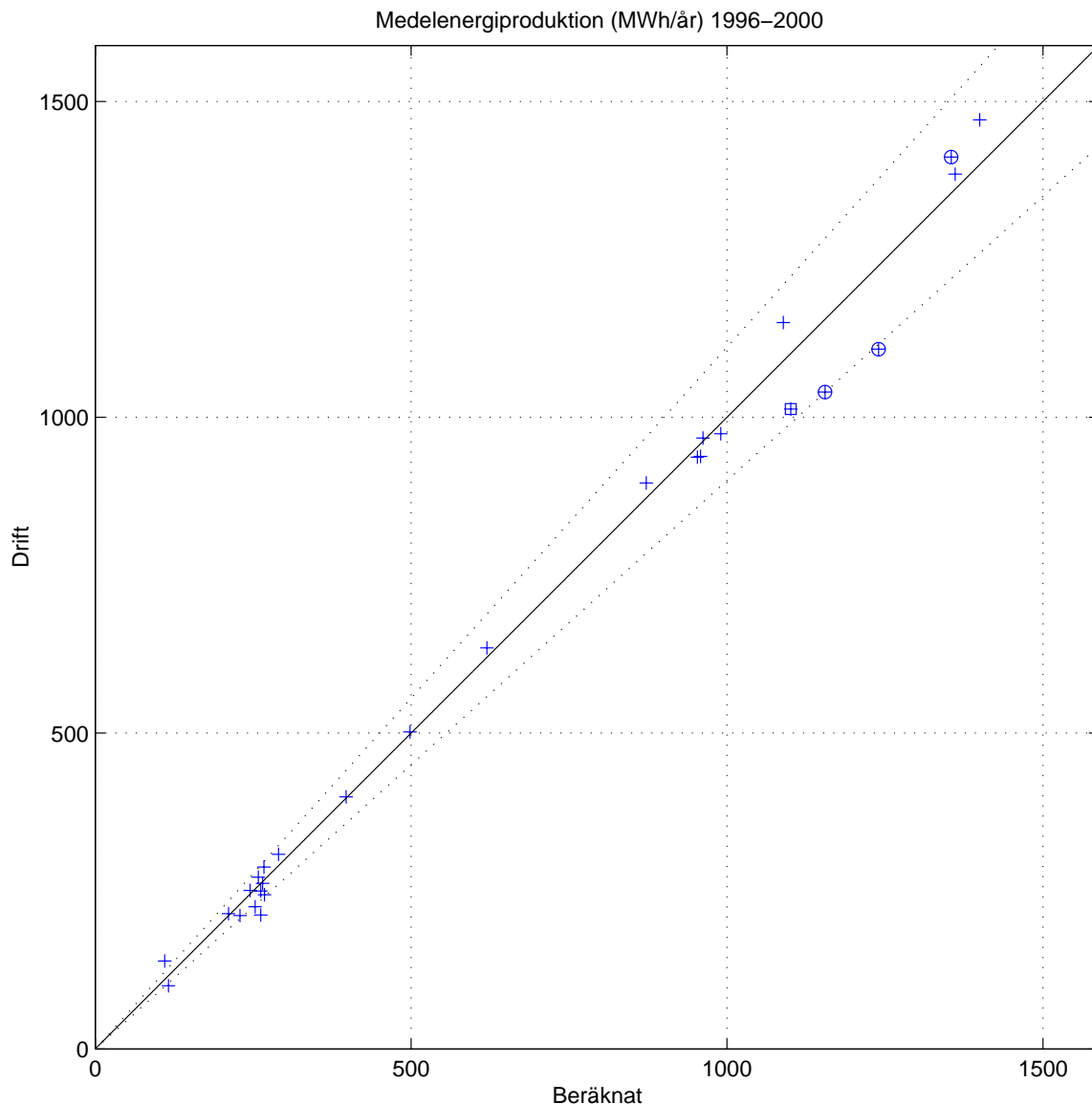


Fig. 4. Medelenergiproduktionen för perioden 1996-2000. På horisontella axeln är angivet den simulerade (beräknade) produktionen och på den vertikala axeln visas den angivna driftproduktionen. De kraftverk som endast har ett års produktion har märkts med en cirkel

kring värdet. Ett verk har produktion endast tre år och har markerats med en kvadrat kring värdet. Den heldragna linjen visar fullständig överensstämmelse och de streckade linjerna 10% avvikelse från drift produktionen.

Sammanfattande bedömning av verifieringen

Det primära målet för verifieringen var att se vilken överensstämmelse som finns mellan beräknad och rapporterad vindenergiproduktion. Skillnaden visar sig i de allra flesta fallen ligga under 10 %.

Ett annat mål var att se om modellen innehåller någon systematisk avvikelse mellan olika geografiska områden. Vindkraftutbyggnaden har hunnit längst i Bohuslän. Där är bedömningsunderlaget säkrast. I Skaraborg har även ganska nya verk tagits med för att få bästa möjliga bedömningsunderlag. I och med att jämförelsetiden är kort är bedömningen mindre säker. Någon systematisk skillnad i modellens prognosförmåga kan för närvarande inte urskiljas.

Avvikelserna tenderar att vara större, procentuellt sett, för de minsta vindkraftverken. Detta är naturligt, bland annat därför att de minsta verken är känsligast för lokala störningar som byggnader och vegetation.

Vid nu föreliggande verifiering har tidigare års verifiering räknats om. Beräknade produktionsvärden har blivit marginellt annorlunda. I några fall beror det på att beräkningen nu skett med större hänsyn till skogsterräng vilken tidigare verifiering helt bortsåg från. Andra skillnader beror på att ny statistikberäkning från sodar och mastmätningarna utförts för alla beräkningsår. Sammantaget belyser dessa skillnader något av den osäkerhet som alltid finns i vindenergiberäkningar.

Kommentar avseende vindenergikartorna

Verifieringen avser det atmosfäriska modellsystemet som sådant. De kartor som publicerades av Länsstyrelsen i oktober 1999 har inte använts.

Om modellsystemet idag skulle ta fram nya kartor så skulle de ha marginella skillnader jämfört med tidigare kartor. Orsaken är att mätserien har förlängts med två år. Eftersom det finns stora skillnader mellan olika år kan medelvärdet för summan av åren förändras något. Om klimatet förändras kommer skillnader att uppträda för överskådlig framtid.

ALARM-systemet kommer att byggas ut för att även ta hänsyn till sjöbrisens inverkan. Därmed bör prognosvärdet i kustzonerna öka. Det finns också teknisk möjlighet att ta större hänsyn till skogens inflytande genom att kartor som visar skogens utbredning läggs in i underlaget för modellen. Det är ett ganska omfattande arbete men är fullt möjligt att genomföra om erforderliga resurser kan tillskapas.

Slutligen bör framhållas att vindenergikartorna är framtagna för kommunernas översiktliga planering. Innan de används som underlag för investeringsbeslut avseende vindkraftverk behöver man göra noggranna bedömningar och beräkningar på platsen.

Verifiering av MIUU-modellen för beräkning av vindenergiproduktion

Vindhastigheten i ett område kan beräknas med hjälp av numeriska modeller. Vid Uppsala universitet, institutionen för geovetenskaper – meteorologi, har en mycket avancerad numerisk modell (MIUU-modellen) utvecklats under de senaste 25 åren. Älvsborgs luftvårdsförbund har tillsammans med doc. Leif Enger vidareutvecklat denna modell för Västra Götalands län till ett spridnings- och vindenergiberäkningssystem, det s.k. Alarm-systemet (Advanced local and regional modeling system). Älvsborgs luftvårdsförbund är en sammanslutning av kommuner och industrier med utgångspunkt i före detta Älvsborgs län. Verksamhetsområdet omfattar nu hela Västra Götalands län. För det meteorologiska underlaget vid beräkningarna äger luftvårdsförbundet för närvarande 3 sodar och 7 mastanläggningar.

Den meteorologiska modellen (MIUU-modellen) som används löser numeriskt ekvationer för vind, temperatur och fuktighet, men också ekvationer för turbulensen i atmosfären. Den datamaskintid som fordras för den här typen av modell är ofta av samma storleksordning som simulerade tiden, och är alltså alltför datamaskinskrävande för att utnyttjas vid säsong- eller årsberäkningar. Istället för att förenkla modellstrukturen, som skulle kunna introducera felaktiga resultat i komplex terräng, initierade Enger ett annorlunda tillvägagångssätt: Ett stort bibliotek med simulerade vind-, temperatur- och turbulent energifält skapades genom att göra simuleringar med den dynamiska modellen för ett stort antal väder-situationer för att skapa en så kallad meteorologisk databas.

När man använder denna meteorologiska databas för vindenergiberäkningar utför man statistiska beräkningar av de simulerade fälten. Den statistiska beräkningen kan utföras på olika sätt. Vid MIUU (Hans Bergström) används statistik av hur vindarna på hög höjd - som ej påverkas av de lokala terräng-förhållandena - har varierat under en 30-årsperiod vid beräkning av medelvind eller vindenergi i ett område. I detta fall får man alltså medelvärden för en lång period. I Alarm-systemet är tillvägagångssättet något annorlunda. Genom att använda mätningar av vind och temperaturgradienter i området vid varje enskild timme, kan modellen jämföra mätta vind- och temperaturvärden med de simulerade värdena och leta fram den situation i databasen som ger bäst överensstämmelse mellan mätning och simulering på de aktuella mätplatserna. Den situation som ger den bästa överensstämmelsen mellan mätning och simulering används sedan för vindenergiberäkningarna.

På uppdrag av länsstyrelsen i Västra Götalands län, har beräkningar av vindenergin utförts för ett stort antal vinkraftverk i Västra Götalands län (mer information: www.o.lst.se). Nedan redovisas resultatet av beräkningarna i grafisk form. Beräkningar av årsproduktion har utförts för åren 1996 t.o.m. 2000 eller från verksstart för yngre kraftverk. Hänsyn har tagits till om kraftverken är placerade i öppen terräng eller i skog. I de fallen ett kraftverk är placerat i skog har nollplanet antagits till 12 m över marken – vilket betyder ca 18 m hög skog. Där skogen bedömts vara lägre eller vid fall då man har öppen mark åt ett håll och skog åt ett annat har nollplanet antagits vara 6 m över marken. Figur 1 visar medelenergiproduktionen för perioden 1996-2000. På horisontella axeln är angivet den simulerade (beräknade) produktionen och på den vertikala axeln visas den angivna driftproduktionen. De kraftverk som endast har ett års produktion har märkts med en cirkel kring värdet. Ett verk har produktion endast tre år och har markerats med en kvadrat kring värdet. Den heldragna linjen visar fullständig överensstämmelse och de streckade linjerna 10% avvikelse från drift produktionen. Som vi ser från figuren ligger de flesta vind kraftverks-beräkningarna inom dessa 10%.

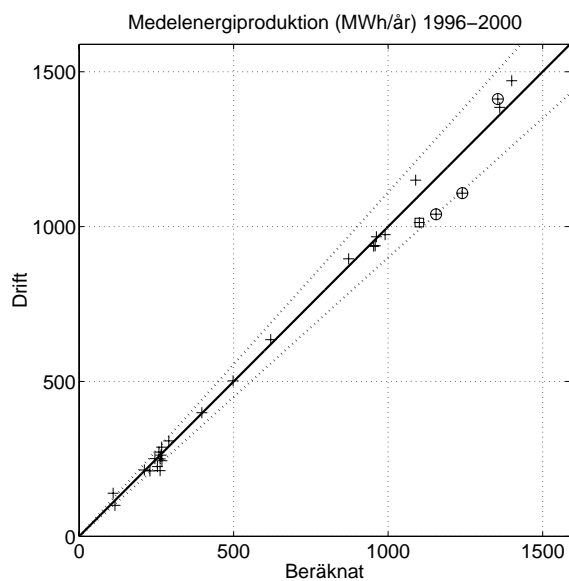


Fig. 1. Medelenergiproduktionen för perioden 1996-2000.

I tabell 1 visas mätt och simulerad vind på ett flertal platser i Sverige och på ett flertal olika höjder med hjälp av MIUU-modellen. I tabellen finns dessutom inkluderat en jämförelse av beräkningar av vind-hastigheten med Alarm-systemet i Tolvmanstegen i Strömstads kommun, Västra Götalands län.

Tabell 1. Jämförelser mellan observerade vindar och beräkningar med MIUU-modellen.

<i>Plats</i>	<i>Höjd (m)</i>	<i>Observation (m/s)</i>	<i>Modell (m/s)</i>	<i>Diff. (%)</i>
<i>Ölands södra grund</i>	32	8.2	8.1	-1
<i>Almagrundet</i>	32	8.2	8.0	-2
<i>Näsudden</i>	32	6.4	6.4	0
	49	7.2	7.1	-1
	71	7.8	7.9	1
<i>Maglarp</i>	103	8.5	8.6	1
	32	6.8	6.8	0
	49	7.4	7.3	-1
	71	8.0	7.9	-1
<i>Emmaboda</i>	103	8.6	8.5	-1
	100	6.6	6.7	2
<i>Byxelkrok</i>	50	6.0	6.0	0
<i>Östhammar</i>	50	5.0	4.9	-2
<i>Uppsala</i>	50	5.1	5.0	-2
Medel:		7.13	7.09	
<i>Tolvmanstegen*, Strömstad</i>	40	5.97	5.92	-1

* MIUU-modellen/ALARM-systemet, körningar över Västra Götalands län. Medelvärde för år 1999 under samtliga perioder då såväl mätmasten i Tolvmanstegen och sodar-mastmätningar i Alarm-systemet levererat värden.

Leif Enger och Hans Bergström

