

EKONOMIHÖGSKOLAN VID LUNDS UNIVERSITET

# Vindkraftens påverkan på elpriset

---

Hur vindkraftsproduktionen pressat elpriserna på den svenska marknaden

Marc Johan Montelius

25/5 2016

Nationalekonomiska institutionen  
Kandidatuppsats, 15 hp  
Handledare – Jerker Holm

# Innehållsförteckning

1. Introduktion.....	1
2. Bakgrund.....	3
2.1 Den svenska elmarknaden.....	3
2.2 Elproduktion .....	4
2.3 Elproducenter.....	6
Vattenkraft .....	6
Kärnkraft.....	7
Kraftvärmeverk.....	8
Vindkraft.....	9
2.4 Elkonsumtion .....	10
2.5 Handeln med el .....	11
2.6 Elcertifikat.....	11
2.7 Framtida utvecklingen .....	13
3. Tidigare forskning.....	14
4. Teori.....	16
5. Data och metod .....	21
5.1 Begränsningar .....	22
6. Resultat .....	23
6.1 Faktorer som påverkar elpriset.....	23
6.2 Vindkraftens påverkan på elpriset .....	24
6.2.1 Påverkan vid olika perioder .....	29
6.3 Varians hos elpriset och vindkraftsproduktionen .....	33
6.4 Sammanfattning av resultatet.....	34
7. Avslutning.....	36
7.1 Vidare forskning .....	37
8. Referenser .....	38
9. Appendix.....	41



## 1. Introduktion

De senaste åren har Sverige sett en kraftig ökning från utbyggnaden av vindkraft. År 2015 fick Sverige ca 16 TWh (Terawattimmar) el från vindkraftsproduktion, och regeringens mål om 30 TWh el från vindkraft per år från och med år 2020 ser mycket väl ut att kunna uppnås. Tack vare skattelättnader och subventioner till vindkraft, samt elcertifikatsystemets inverkan så har mängder av investeringar gjorts. Vindkraftens ojämna karaktär har dock kommit att spela en stor roll för stabiliteten på den svenska energimarknaden och de senaste åren har även en kraftig minskning av elpriset observerats. Frågan har länge varit hur energimarknaden kommer att reagera på de plötsliga energiöverskott som vindkraften drar med sig. Kan marknaden övriga aktörer reglera sin produktion? Kan Sverige exportera iväg tillräckliga mängder el? Eller leder överskottet till att elpriset pressas ned? Ett prisras på el gynnar konsumenterna, men glädjen kan vara kortvarig. Frågan idag är istället hur producenterna av el kan överleva ett lågt elpris, och vad händer med energimarknaden när många aktörer tvingas stänga ned sin produktion och landet enbart kan förlita sig på den ojämna vindkraften?

Denna uppsats avser beskriva den svenska energimarknaden genom att analysera hur olika faktorer påverkar spotpriset på el. Det som främst kommer analyseras är om vindkraftsproduktion har en prisminskande effekt på elpriset i Sverige, och detta är även uppsatsens frågeställning.

Syftet med uppsatsen är att ge bättre underlag för teorin att en ökad vindkraftsproduktion pressat ned elpriset på den svenska marknaden. Det läsaren bör ha i åtanke är att det kan anses naturligt att en ökad produktion av nästan vad som helst kommer att ge ett större utbud och således i teorin ett lägre pris. Det är dock inte helt säkerställt att prisminskningen på el i Sverige de senaste åren berott på ökad produktion av vindkraft. Fallet skulle kunna varit att priserna pressats ned av helt andra faktorer och att den ökade vindkraftsproduktionens påverkan varit

försumbar. Det är därför intressant att analysera elpriset och vindkraften för att se hur de påverkar varandra.

Uppsatsen kommer analysera data på elspotpriser från den nordiska elbörsen, Nord Pool Spot, samt data på vindkraftsproduktion från Svenska Kraftnät. Genom korrelationsanalyser samt enkel linjär regression mellan variablerna kan man se vilket samband och påverkan som råder mellan elpriset och vindkraftsproduktion.

Resultatet från analyserna ger stöd åt teorin om att vindkraftsproduktionen har en negativ påverkan på elpriset i Sverige. Dessutom så påvisar resultaten att priserna minskar desto mer vindkraft som produceras.

Uppsatsen börjar med att introducera läsaren till den svenska energimarknaden. Sedan beskrivs teorin om hur elpriset sätts och vad som påverkar detta. Uppsatsen presenterar sedan resultaten, analyserar dessa och avslutar med en diskussion.

## 2. Bakgrund

### 2.1 Den svenska elmarknaden

Sverige har idag en avreglerad energimarknad. Avregleringen skedde år 1996 med syftet att öka konkurrensen på marknaden och valfriheten hos konsumenterna. Sverige ingår i en nordisk elmarknad, där alla de nordvästeuropeiska länderna ingår. Ambitionen är dock att Sverige i framtiden ska ingå i en gemensam europeisk marknad (Svensk Energi 3, 2016).

Sverige är indelat i fyra elområden, uppdelade geografiskt, med SE1 längst upp i norr och SE4 i söder. Uppdelningen är ett resultat av Svenska Kraftnäts försök att hantera överföringsbegränsningar på elnätet. Det produceras mer el i norra Sverige än vad som konsumeras och tvärtom i södra Sverige. En viss prisskillnad kan uppstå mellan de olika områdena, men som diagrammet nedan visar, så är skillnaderna väldigt små. Vi kan från diagrammet även se hur snittpriset på el minskat under de senaste åren (Svensk Energi, 2016).

**Genomsnittliga spotpriser per månad och område (2011-2015)**

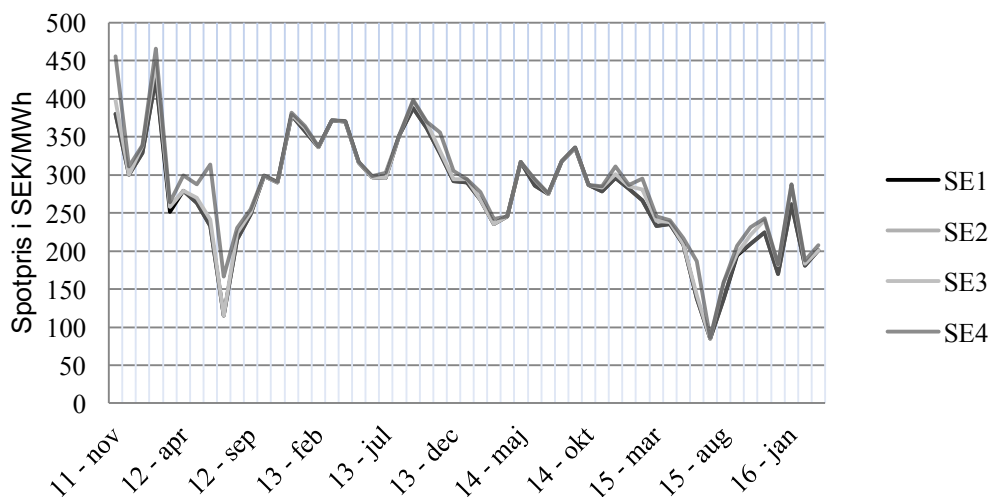


Diagram 1 - Visar de genomsnittliga spotpriserna per månad och elområde (2011-2015). Priser i SEK/MWh. Diagrammet är konstruerat med data från Nord Pool Spot.

Sverige förlitar sig till stor del på två kraftkällor, vattenkraften och kärnkraften. Tillsammans står de normalt för ca 80-90 % av landets totala produktion. På senare år har vindkraften ökat sin produktionsandel rejält och står idag för ca 10 % av produktionen. Regeringens ambitioner, tillsammans med EU:s energimål för år 2020 (Europeiska kommissionen, 2014), är att landets energiproduktion ska vara helt fri från koldioxidutsläpp och därför har stora satsningar gjorts på en ökning av förnybar energiproduktion. Den stora ökningen från förnybart har dock gjort att den svenska energimarknaden står inför en mängd förändringar. Med en ökad andel fluktuerande kraftslag i produktionen är det allt viktigare att andra produktionslag finns tillgängliga som reglage, och när en större mängd produktion i framtiden kommer ifrån fler och mindre kraftverk ställs stora krav på elnätets utveckling. Samtidigt är den svenska energimarknaden väldigt beroende av förändringar hos de övriga nordiska länderna, och samspelet mellan de olika energimarknaderna är av stor vikt.

## **2.2 Elproduktion**

El kan produceras på en mängd olika sätt och gemensamt för all produktion är att det krävs en energikälla. Energin kan utvinnas från olika råvaror, så som kol, gas eller olja, men också från förnybara källor som sol, vind, vatten eller biomassa. Energin är något som kraftverken omvandlar, den tillverkas alltså inte. År 2014 producerades det 150 TWh el i Sverige. Samma år så hade Sverige en nettoexport på 16 TWh el till andra nordiska länder. Den största delen av produktionen kommer ifrån vattenkraft och kärnkraft, ca 40-45 % vardera, resterande produktion kom från värmekraftverk och vindkraft (Ekonomifakta, 2016). Diagrammet nedan visar den genomsnittliga produktionen per timme från de vanligaste kraftslagen i Sverige varje månad mellan åren 2011 och 2015.

### Genomsnittlig tim-produktion per månad från Sveriges vanligaste kraftslag (2011-2015)

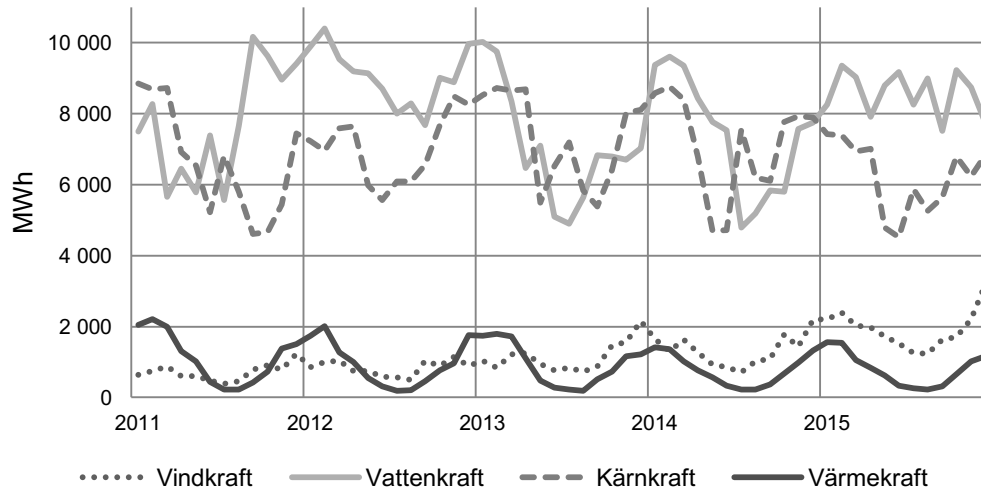


Diagram 2 - Visar den genomsnittliga tim-produktionen per månad från de vanligaste kraftslagen i Sverige (2011-2015). Diagramet är konstruerat med data från Svenska Kraftnät.

Produktion av el skiljer sig något från produktion av andra varor i avseendet att el måste konsumeras i samma mängd som den produceras. Om elanvändningen inte är lika stor som produktionen kan systemet sluta fungera, vilket leder till strömavbrott. Det är en av delarna som gör elmarknaden så pass komplex. Svenska Kraftnät, ett statligt affärsverk, är den aktör som är ansvarig för att det svenska elsystemet är i balans. Vid överbelastning kan de välja att bryta viss produktion eller exportera el till andra länder i Norden. Vid en motsatt situation, då efterfrågan på el ser ut att överstiga produktionen, kan effektreserver sättas in. Dessa reserver finns tillgängliga hos vissa elproducenter och genom avtal med dessa kan ytterligare produktion föras in (Svenska Kraftnät, 2015).



## 2.3 Elproducenter

### Vattenkraft

Vattenkraften är en av Sveriges viktigaste kraftslag vid produktion av el. Genom att koppla en generator till en turbin som drivs runt av vatten kan el produceras. Det finns många positiva aspekter med vattenkraft. Främst så använder den en förnybar källa för att producera sin el, vilket leder till låga koldioxidutsläpp, även om man inkluderar uppbyggnaden och driften av anläggningen (Svensk Energi, 2015).

Varje år så fylls de svenska floderna på med regnvatten och smältvatten från snö. Vattenkraftverken samlar in vattenmassorna i stora magasin så att de enkelt kan välja när de vill producera elen. Under år med torra kan vattenkraften producera omkring 50 TWh och under år med mycket regn och snö uppemot 80 TWh. Vid ett normalår produceras omkring 65,5 TWh (Svensk Energi, 2015). Genom att mäta mängden nederbörd och snödjup kan långsiktiga beräkningar göras av hur stora vattenkraftens magasin kommer att bli. På så sätt vet producenterna exakt hur mycket el de kan få ut. Genom att lagra vatten i stora magasin kan vattenkraften som sagt enkelt reglera mängden produktion. Detta är positivt när det svenska elnätet snabbt måste reglera utbudet (Svensk Energi 6, 2016).

Vattenkraften kan också hålla tillbaka produktionen om elpriserna är allt för låga. Genom att spara vatten i magasinerna och generera el när priset är högre kan vattenkraften öka sina vinster. Risken finns dock att vattenkraften står med för mycket vatten kvar i magasinerna i slutet av vintern. Som diagrammet nedan visar så fylls magasinerna hos vattenkraften på under sommaren och hösten för att sedan förbrukas under vintern och våren.

### Reserv i vattenmagasinen mätt i GWh, i Sverige (vecka och år)

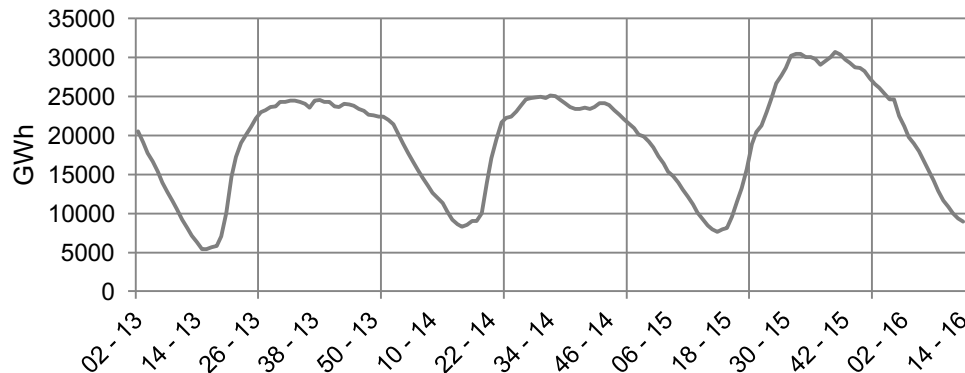


Diagram 3 - Diagrammet visar vattenmagasinens reserver, mätt i GWh i Sverige mellan åren 2012 och 2016. Diagrammet är konstruerat med data från Svenska Kraftnät.

Hur pass väl vattenkraften kan reglera sig i praktiken råder det dock vissa tveksamheter kring. Enligt en rapport från Statens Energimyndighet så är vattenkraftens reglering redan fullt utnyttjad (Statens Energimyndighet, 2008), och Svenska Kraftnät har även de gått ut med samma konstaterande (Svenska Kraftnät, 2008). Vattenkraftens frånvaro som reglerkraft är något som kan ha stora konsekvenser vid utbyggnadet av mer växlande kraftslag.

### Kärnkraft

Kärnkraften står för nästan hälften av elproduktionen i Sverige. Genom att använda den energi som alstras när atomer klyvs, kan vatten värmas upp och driva en turbin som kopplas till en generator och skapar el. Kärnkraften producerar mellan 50-70 TWh per år. Skillnaden beror oftast på mängden planerade underhåll eller plötsliga driftstopp (Svensk Energi, 2015). Kärnkraften har långsiktiga planerade stopp för kontroll varje år, oftast under sommarperioden då efterfrågan på el inte är så hög. Kärnkraften har en positiv egenskap i att den inte bidrar till några som helst koldioxidutsläpp. Vidare så är produktionskostnaderna och bränslekostnaderna väldigt låga, samtidigt som säkerheten är hög (Svensk Energi

5, 2016). Kärnkraften kategoriseras ofta som baskraft, med det menas att den ger ungefär lika mycket energi hela året, oavsett väder, pris och efterfråga. Det är en stabil kraftkälla med enda nackdelen att den inte är särskilt reglerbar.

I dagsläget så går många av landets kärnkraftverk med förlust på grund av det låga elpriset. Den låga ekonomiska lönsamheten är den största bidragande faktorn till att många av Sveriges kärnkraftsreaktorer tvingas stänga ned. På Ringhals kärnkraftverk som ägs av Vattenfall, uppger man att elpriset bör ligga runt 30 öre/kWh för att kostnaderna ska täckas. Som priset ser ut idag går Ringhals ofta med förlust. Båda kärnkraftsreaktorerna, Ringhals 1 och 2 är planerade att stänga ned på grund av ekonomiska skäl (Hallberg, 2016).

## **Kraftvärmeverk**

Kraftvärmeverk har den unika funktionen att de kan generera både el och värme. I Sverige produceras omkring 13-18 TWh el årligen från värmekraft (Svensk Energi, 2015). Då värmekraftverkens primära syfte är att producera värme under vintertid, då det behövs som mest, sker en stor del av produktionen av el under samma period. Genom att elda en viss råvara kan man värma upp vatten som på liknande sett som de andra kraftslaget får en turbin att spinna och driva en generator som på så sätt ger el. Under normala omständigheter går ca 30 % av bränslet åt till el, ungefär 10 % i förluster och resten till värme. I Sverige har en mängd olika bränslen använts. Olja användes fram tills de stora oljekriserna 1973 och 1979, men på grund av det stigande priset uppmuntrades verken att använda andra råvaror. Innan klimatfrågan blev så stor var också eldandet av andra fossila bränslen och kol vanligt. På grund av de stora koldioxidutsläppen har de på senare tid bytts ut mot biobränsle, något som är det vanligast idag. Ett kraftvärmeverk är således väldigt beroende av priset på råvaran som används vid produktion (Svensk Energi 4, 2016).

## Vindkraft

Vindkraften är den kraftkälla som varit på stark uppgång de senaste åren. I Sverige finns det mycket goda förutsättningar för vindkraft tack vare landets långa kustremsor. Mest blåser det på öarna Gotland och Öland, samt på västkusten och i Skåne (Svensk Energi 7, 2016). År 2014 fick Sverige 11,5 TWh el från vindkraften, vilket motsvarade omkring 8 % av den totala produktionen det året. År 2015 var den uppe i över 16 TWh. Den stora ökningen av vindkraft har drivits på tack vare förbättrad teknik, statliga subventioner samt elcertifikatsystemet (som behandlas senare i avsnitt 2.6). Ökningen kan observeras från histogrammen i appendix 3 och 7. Histogrammen visar hur produktionen från vindkraft fördelas under de olika åren, samt att majoriteten av varje producerad timme el från vindkraft nu befinner sig runt 3000 MWh. Det vi kan se som den stora skillnaden mellan åren är att den ökade mängden vindkraft nu gjort att det produceras energi över ett jämnare spann än tidigare.

Det mest positiva med vindkraft är att det drivs av en förnybar och miljövänlig energikälla. Produktionskostnaderna för ett vindkraftverk är väldigt små vilket gör produktion lönsam även vid riktigt låga elpriser. Utöver intäkter från elproduktion får även ägare av vindkraft intäkter genom försäljning av elcertifikat (Svensk Vindenergi, 2015).

Nackdelarna med vindkraft är främst att vindenergin inte kan lagras, energi kan endast produceras när det blåser. Vindkraften benämns därför ofta som en ojämn kraftkälla. Det gör att vindkraften måste samspela med någon annan kraftkälla som kan öka sin produktion om det plötsligt slutar att blåsa. I Sverige har vi turen att ha vattenkraft som enkelt kan reglera sin produktion. Många andra länder har inte sådan tur och istället måste produktion från mindre miljövänliga energikällor användas.

### Genomsnittlig tim-produktion per månad från vindkraft

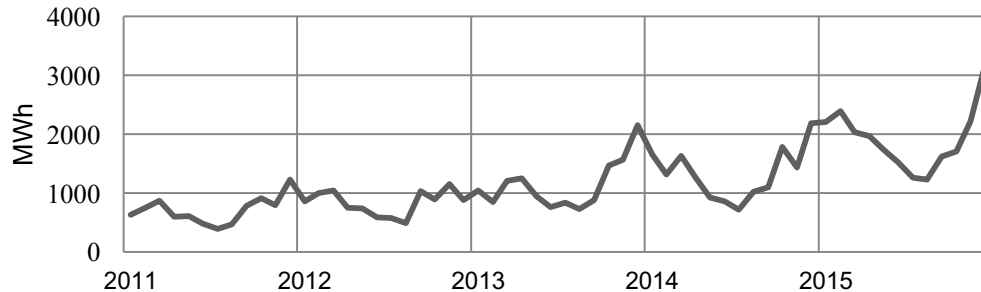


Diagram 4 – Diagrammet visar den genomsnittliga tim-produktionen från vindkraft per månad (2011-2015). Diagrammet har konstruerats med data från Svenska Kraftnät.

## 2.4 Elkonsumtion

Sverige har en relativt hög elkonsumtion per capita. Det kalla klimatet under stora delar av året tillsammans med stora energikrävande industrier bidrar till den höga elkonsumtionen. Konsumtionen styrs till stor del av efterfrågan och till en mindre del av priset. Konsumtionen tenderar att vara som störst under dagtid, då industrier och människor är i arbete. Den är också större under vardagar än helger. Då Sverige har tydliga säsonger kan vi även se en skillnad på konsumtionen under året. Konsumtionen ökar när det bli kallare, det är alltså större efterfråga på energi under vintern än under sommaren. Slutligen så styrs konsumtionen även av tillväxten i samhället. Vid god tillväxt så är efterfrågan på el större (Svensk Energi 1, 2016). Mängden el som konsumeras varje år är enkel att beräkna. Eftersom mängden konsumtion måste vara lika med mängden produktion på elmarknaden kan vi se till hur mycket som produceras varje år och subtrahera för det vi exporterar (addera för det vi importerar).

Sverige är alltså ett energitörstade land som har en god tradition av klimatvänlig och säker elproduktion. I nästa avsnitt förklaras hur själva handeln mellan konsumenter och producenter fungerar.

## 2.5 Handeln med el

Handeln med el består i stora drag av tre aktörer: producenter, leverantörer och konsumenter. Den fysiska handeln med el går åt ett håll, från producenter och via leverantörer till slutkund. Elleverantörerna köper in el på marknaden och säljer den vidare till sina kunder. De flesta konsumenterna är sällan aktiva inom elhandeln. Istället ingår de flesta konsumenterna avtal med leverantörer om ett fast pris på el under en längre tid. De mer aktiva aktörerna är elbolagen och elproducenterna. Dessa aktörer möts dagligen på den nordiska elbörsen, Nord Pool Spot. På börsen matchas köpbud från leverantörer med säljbud från producenter. Därefter sätts elpriset för nästkommande dygns alla timmar. På Nord Pool Spot handlas ungefär 85 % av all den el som förbrukas i Norden (Energimarknadsinspektionen, 2016).

## 2.6 Elcertifikat

År 2003 införde Sverige ett nytt elcertifikatsystem i ett försök att öka produktionen av el från förnybara källor, och sedan år 2012 har Sverige och Norge en gemensam elcertifikatmarknad. Målet med elcertifikatsystemet är att öka produktionen av el från förnybara källor med 28,4 TWh från 2012 till 2020 (Energimyndigheten, 2015).

Elcertifikaten delas ut till producenter av förnybar energi som de sedan kan sälja på en öppen marknad. Viss vattenkraft, vindkraft och biobränslen är några av de energikällor som har rätt att tilldelas certifikat. Sedan år 2003 har 53 % av elcertifikaten tilldelats biokraften, 32 % vindkraften och 13 % vattenkraften (Energikommissionen, 2016). Efterfrågan på elcertifikaten uppkommer genom att elhandelsföretag har en skyldighet att införskaffa certifikat. Mängden certifikat som elhandelsföretagen måste införskaffa kallas för kvotplikt. Kvotplikten på mängden certifikat som måste uppvisas ser olika ut för varje år men är beräknade

fram till och med år 2035. Nyligen infördes dock en lagändring om att öka kvoterna från år 2016 och framåt (Näringsutskottet, 2015). I diagram 6 nedan är de tidigare samt nya kvotnivåerna illustrerade.

Priset på elcertifikat har sjunkit rejält sedan toppnoteringen år 2008 (se diagram 5). Vid systemets start var teorin att priset på elcertifikat skulle vara negativt korrelerat med priset på el. Om elpriset var lågt så skulle producenter av förnybar energi vilja ha ett högre pris på certifikaten för att täcka sina kostnader. I praktiken har det omvända skett och man kan påvisa en svag positiv korrelation (Energikommissionen, 2016). Det låga priset på certifikaten kan förklaras av det sjunkande priset på vindkraft samt ett överskott av certifikat på marknaden. Det minskade priset på certifikaten tillsammans med låga priser för el kan medföra att investerare inom förnybar energi går med förluster när de förväntade intäkterna blir lägre.

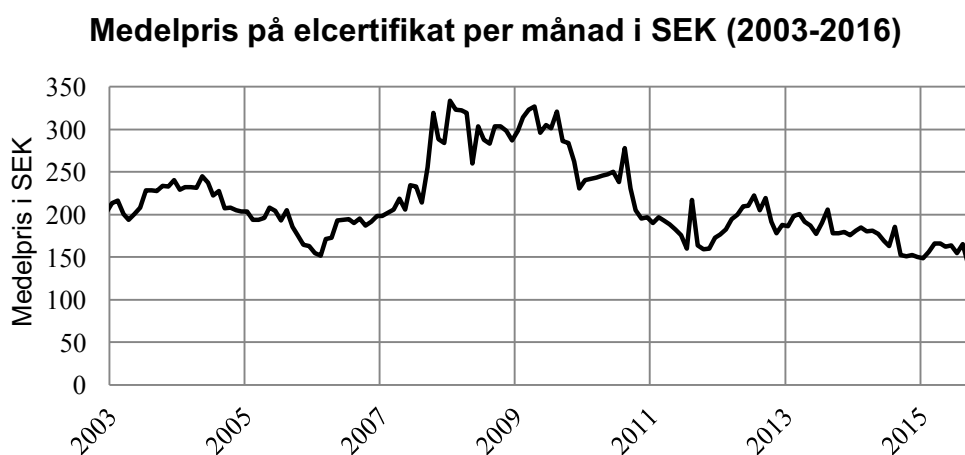


Diagram 5 – Diagrammet visar medelpriser för elcertifikat per månad. Diagrammet är konstruerat med data från Energimyndighetens kontoföringssystem för elcertifikat, CESAR (Energimyndigheten: CESAR, 2016).

### Tidigare och ny kvotplikt i % per år (2003-2035)

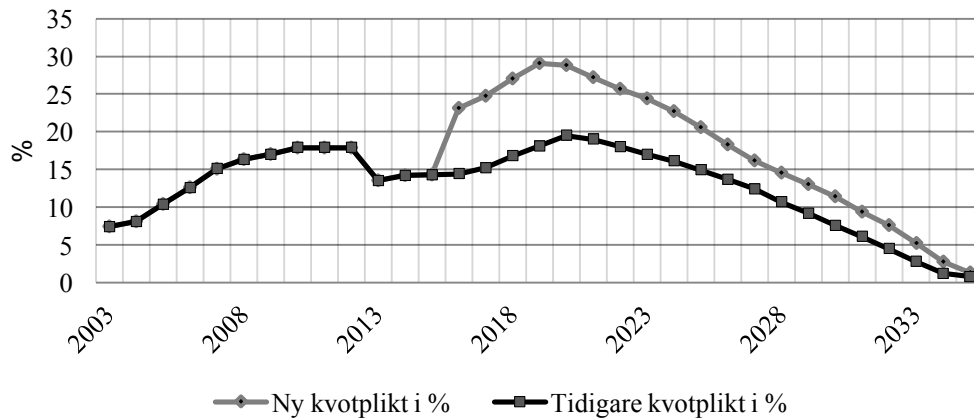


Diagram 6 – Diagrammet visar de tidigare och nya kvotplikterna i %, per år (2003-2035). Diagrammet är konstruerat med data från Energimyndighetens kontoföringsystem för elcertifikat, CESAR.

Elcertifikatsystemet har varit föremål för viss kritik sedan dess införande (Johansson, 2015). Mängden produktion från förnybar energi har dock ökat markant tack vare systemet. Mellan 2002 och 2011 i Sverige, antas systemet ha bidragit till 13 TWh el från förnybar energi. Mellan 2012 och 2014 beräknades 10,3 TWh el frambringats från förnybara energi i Sverige och Norge tillsammans (Svensk Energi 2, 2016).

## 2.7 Framtida utvecklingen

Sveriges energipolitik ser positivt på utvecklingen av vindkraft och förnybar energi. Regeringen strävar efter att uppnå målet om 30 TWh årlig produktion av vindel till år 2020 (Energimyndigheten, 2015).

Samtidigt så ser många vissa risker med denna utveckling. Enligt en rapport från revisionsbolaget PWC så ser de negativt på den framtida lönsamheten för vindkraft och flaggar för en ökning av avvecklade vindkraftverk de kommande åren. De menar att många aktörer har attraherats att investera i vindkraften tack vare förmånliga skattelättnader (Energy, Utilities and Mining, PWC, 2015). Men



slopade skattelättnader (som beräknas träda ikraft från den första juli i år (Regeringskansliet, 2015)) skulle innebära att lönsamheten för många vindkraftsparker försämras, och med ett lågt elpris och elcertifikatpris kan avkastningen försämras ytterligare.

Den svenska marknaden är även inne i en förändringsperiod där mycket talar för en utfasning utav kärnkraften. Som beskrivits tidigare är en bristande ekonomisk lönsamhet den största orsaken, men denna drivs på utav politiska beslut, så som höga skatter. Många av landets kärnkraftverk var planerade att hållas i drift till och med 2045, men måste nu tvingas stänga ned så tidigt som 2020 (SVT Nyheter, 2016).

### **3. Tidigare forskning**

Det har gjorts stora mängder forskning på området om vad som påverkar elpriset. Beroende på vilken region i världen, eller vilka typer av priser man studerar så ser dock resultaten väldigt olika ut. Resultaten beror även till stor del på när forskningen ägt rum samt under vilken tidsperiod som data hämtas från. Stora mängder forskning har även gjorts på området om den förnybara energins påverkan på elpriset eller elmarknaden. Den förnybara energins påverkan på elprisminskningen, då marginalkostnaderna är väldigt låga, benämns på engelska som *merit order effect*. Kring detta område har mycket forskning ägt rum, men som tidigare nämnts så skiljer sig resultaten väldigt mycket åt beroende på period och område (Dillig, Jung, och Karl, 2015).

Vad gäller mer specifik forskning inom vindkraftsproduktionens påverkan på elpriset i Sverige så har en mindre mängd forskning ägt rum. Större myndigheter och företag har dock gett ut rapporter för hur de ser på den svenska energimarknadens utveckling. Gemensamt för rapporterna från senare år är att

man tror att en ökad vindkraftsproduktion har en negativ påverkan på priserna. Det råder dock stor variation i förklaringen till resultaten.

Några exempel kan tas från Energikommisionens promemoria om de ekonomiska förutsättningarna för befintlig svensk elproduktion. De nämner utbyggnaden av förnybar energi och vindkraft som en bidragande orsak till framtida prisminskningar. De nämner att en utbyggnad av förnybar elproduktion med 10 TWh utöver referensscenariot (där referensscenariot utgörs av ett trendscenariot från Sweco som bygger på kända terminspriser och gällande regelverk) kommer sänka elpriset med 4 öre per kWh (Energikommisionen, 2016).

En rapport för Svensk Energi har undersökt de vanligaste bakomliggande faktorerna till det svenska elprisets minskning mellan åren 2011 och 2015. De kom fram till att tillväxten av förnybara energikällor tillsammans med en minskad efterfrågan är de främsta orsakerna till de senaste årens prisras (Hirth och Neon Neue Energieökonomik GmbH, 2016).

## 4. Teori

Denna del i uppsatsen nämner vad teori, tidigare forskning och resultat från olika rapporter säger om vad som påverkar priset på el i Sverige, och då främst vindkraftens effekter. Intervjuer har även gjorts med aktörer på marknaden, så som de olika producenterna av el samt några av Sveriges större industrier.

Många faktorer påverkar prisbildningen samtidigt vilket gör spotmarknaden väldigt komplex. Elpriset påverkas dels av utbudet och dels av efterfrågan och vissa faktorer påverkar priserna positivt och andra negativt.

Efterfrågan påverkas av mängden el som hushåll och industrier vill konsumera. Detta varierar mycket beroende av tid på dygnet, veckodagar, samt av olika tider på året. Efterfrågan från hushållen är som störst under morgon, kväll och vinterdagar. Då många hushåll i Sverige har fasta elpriser i sina avtal påverkas dock konsumtionen nästan inte alls av elspotpriserna. Däremot kan längre perioder av låga priser ha en effekt på vilka nya avtal som tecknas. Övriga hushåll med rörliga kostnader för el påverkas negativt då elpriset skjuter i höjden men positivt om elpriserna sjunker.

Efterfrågan från industriproduktion sägs också ha en effekt på elpriserna. Under perioder av stark ekonomisk tillväxt ökar efterfrågan på el vilket driver upp priserna. Vissa industrier med flexibel produktion kan tjäna på att minska sin produktion då priserna är höga. I hur stor utsträckning det är möjligt för industrier att reglera sin produktion beror på vilken typ av industri det är, samt vilka elavtal som gäller. Många industrier ingår elavtal under längre perioder för att säkra sig mot risken för ökande priser. Andra industrier har även intern elproduktion och kan bestämma själva om de vill köpa in el eller inte. Gemensamt för många industrier är att de följer elmarknaden noga, då energiförbrukning står för en stor kostnad i deras produktion (Stora Enso Hylte Bruk, 2016).

Till vilken grad hushåll och industrier är priskänsliga mot el råder det delade meningar om. Mycket forskning har gjorts för att beräkna priselasticiteten för el

men något entydigt svar har inte hittats. I rikare länder där energiöverföringen är effektiv och inte innebär en så stor kostnad för konsumenter antas efterfrågan dock vara oelastisk (Soft, 2002). I fattigare länder där priset på energi är en stor del av hushållens totala konsumtion kan efterfrågan på energi antas vara mer elastisk. När vi analyserar den svenska marknaden gör vi därför antaganden att konsumenter inte är så känsliga mot prisförändringar på energi, speciellt inte förändringar på spotpriset och förändringar på kort sikt.

Den andra delen som påverkar priset är utbudssidan. De olika kraftslagen spelar alla olika roll för hur priset påverkas. Kärnkraften har nästan ingen påverkan alls på spotpriset eftersom den producerar energi i kontinuerlig takt under alla tider på dygnet. De gångerna som kärnkraften stänger ned är under planerade stopp. Dessa stopp är ofta planerade så långt som tre år framåt och övriga aktörer på marknaden meddelas i god tid. Under dessa tider så minskar utbudet av el i Sverige vilket kan öka priset. Omvänt så har dock inte spotpriset något större effekt på kärnkraftsproduktionen. Även om priset förändras så förändras inte produktionen, det är alldeles för dyrt och invecklat att stänga ned kärnkraftsproduktion temporärt (Hallberg, 2016).

Vattenkraft har förmågan att lättare kunna reglera sin produktion. Under våtår, år med mycket regn och smältvatten, så fylls vattenmagasinen hos vattenkraft. Detta betyder ett större utbud av vattenkraft vilket har en prissänkande effekt på el på lång sikt. Priset påverkar dock vattenkraftsproduktionen i motsatt riktning. När priset är tillräckligt lågt så kan vattenkraften avstå från att producera fullt. De kan istället välja att spara på vattnet för att producera under perioder av högre priser.

Vindkraften antas ha en prissänkande effekt vid en viss produktion. Detta beror på att när det blåser kraftigt över hela landet så bildas ett stort överskott av energi vilket pressar ner priserna. Elpriser antas inte ha någon motvänd effekt på vindkraftsproduktionen. Marginalkostnaderna för att producera el från ett vindkraftverk antas vara så små att ett väldigt lågt elpris eller lågt elcertifikatpris täcker kostnaderna (Kommunikatör Vattenfall, 2016). Eftersom

vindkraftsproducenter får betalt från elcertifikat per producerad kWh är det lönsamt att fortsätta producera el även under perioder då elpriset är noll. I Danmark har det till och med uppvisats att vindkraften producerar även under perioder av ett negativt pris (CEPOS - Center for politiske studier, 2009).

Priset på el kommer även att påverkas av externa faktorer så som priset på olika råvaror. I Sverige så står en väldigt liten del av elproduktionen från fossildrivande kraftkällor, så som kondenskraft. Men eftersom sådan produktion är den som slås på sist från utbudssidan antas den vara prissättande. När efterfrågan är högre än det maximala utbudet från baskraften så måste denna typ av produktion sättas in. Beroende på om till exempel priset på kol eller gas är högt så blir det dyrt att producera de sista enheterna el och priset ökar. Här spelar även priset på koldioxidutsläpp en liknande roll.

I diagram 7 nedan illustreras hur utbudet formas av de olika kraftslagen. Denna utbudskurva är tillämpad för den svenska marknaden men de flesta utbudskurvor från andra marknader är uppbyggda på samma sätt (Soft, 2002).

De kraftslagen med lägst marginalkostnad, vindkraft och vattenkraft, utgör den första delen av utbudskurvan. Sedan tillkommer produktioner med lite högre marginalkostnad, kärnkraften, och sedan fylls utbudet på med de kraftslagen med högre och högre marginalkostnad. Utbudskurvan förskjuts beroende på hur mycket de olika kraftslagen i början av kurvan producerar. Om t.ex. vindkraften, vattenkraften och kärnkraften inte kan producera tillräckligt så förskjuts utbudet till vänster. Detta gör att efterfrågekurvan skär utbudet i en punkt där det är lönsamt att producera från fossil kondenskraft. På motsvarande sätt, när t.ex. vindkraften producerar maximalt, så förskjuts utbudskurvan till höger. Nu möter efterfrågekurvan utbudskurvan i en punkt där det egentligen inte är lönsamt att producera från kärnkraften.

Utbudskurvan kan dock vara missvisande i det avseende att den inte visar i vilken ordning som kraftslagets produktion är i drift. Som uppsatsen tidigare beskriver är kärnkraften det kraftslag som nästan konstant producerar el, oavsett period och

pris. Således borde kärnkraften vara det produktionsslag som befinner sig längst till vänster på utbudskurvan. Kurvan visar även upp en bild då marknaden är i perfekt konkurrens och i verkligheten är inte marginalkostnaderna så lika inom varje kraftslag.

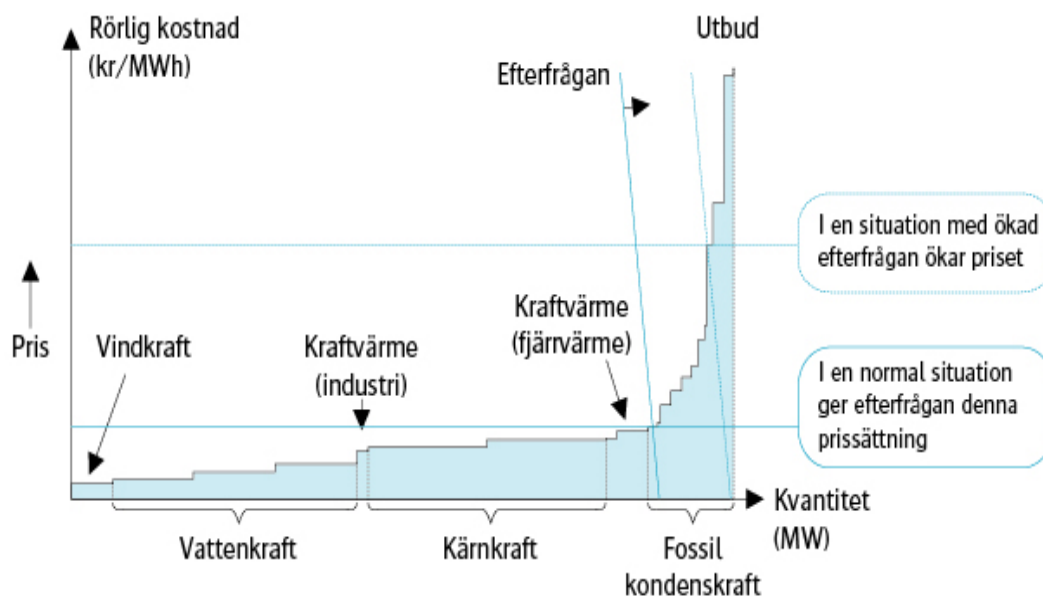


Diagram 7 - Diagrammet visar var utbudet möter efterfrågan på elmarknaden. Diagrammet har hämtats från Energimarknadsinspektionens hemsida (Energimarknadsinspektionen, 2016).

Teorin säger alltså att när vindkraften byggs ut och blir en tillräckligt stor del av den totala produktionen så kommer utbudskurvan att förflytta sig till höger och priset att minska. Detta antas eftersom de övriga kraftslagen, och då främst vattenkraft, fungerar som reglerkraft till vindkraften, men att de vid tillräckligt stora produktionsvolymerna från vindkraft inte klarar av att reglera sin egen produktion tillräckligt. Det är alltså först när produktionen från vindkraft är tillräckligt hög som vi får en större förskjutning på utbudskurvan och kan se minskningar i elpriset. Vid mindre produktionsvolymerna från vindkraft antas till exempel vattenkraften kunna reglera sin produktion och priset borde inte förändras så mycket. Priset kommer även att minska på grund av att efterfrågan,

vid en tillräckligt stor vindkraftsproduktion, skär utbudskurvan i en punkt där marginalkostnaden är låg.

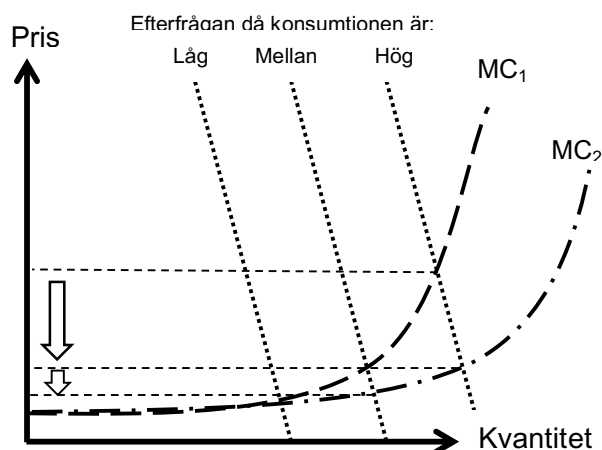


Diagram 8 - Diagrammet visar hur priset förändras beroende på olika mängder konsumtion. Diagrammet är konstruerat utifrån teorin.

Om efterfrågan antas vara konstant för varje period så förklarar den nya utbudskurvan varför elpriset har minskat under de senare åren. I praktiken är dock inte efterfrågan konstant, detta betyder att prisförändringen kommer se olika ut beroende på mängden som efterfrågas. Om efterfrågan är stor, till exempel under dagtid eller under vintern, så kommer en ökning av utbudet att ha en väldigt stor effekt på priset. Tvärtom så antas ett ökat utbud ha en mindre påverkan på priset då efterfrågan är mindre, till exempel under nätter och på sommaren. Denna effekt illustreras i diagrammet ovan.

## 5. Data och metod

Data för spotpriser på el har hämtats ifrån Nord Pool Spots hemsida ([www.nordpoolspot.com](http://www.nordpoolspot.com)). Nord Pool Spot organiserar börshandeln för el i de nordiska länderna. I Norden sker nästan all handel av el via Nord Pool Spot. Data visar elspotpriserna timme för timme i de olika elområdena för Sverige (SE1, SE2, SE3, SE4). Eftersom det råder låg variation mellan priserna för de olika områdena och för att underlätta beräkningarna har endast priser från område SE3 använts.

Data för produktion har inskaffats ifrån Svenska Kraftnäts hemsida ([www.svk.se](http://www.svk.se)). Svenska Kraftnät ansvarar för elnätet på den svenska marknaden. De ser över drift och underhåll samt ansvarar för elbalansen på nätet. Data visar den totala produktionen av el timme för timme, samt produktionen av el från de olika kraftslagen timme för timme.

Data har analyserats med hjälp av Excel samt Eviews. I uppsatsen har envariabelsanalyser gjorts, där formler skattats med hjälp av en enkel linjär regression (OLS-estimator). Regressionen som skattas är i samtliga fall enligt följande formel:

$$Pris_t = \beta_1 + \beta_2 Vind_t + e_t$$

Där den beroende variabeln, *Pris*, är elspotpriset i SEK/MWh från område SE3. Den förklarande variabeln, *Vind*, är produktion från vindkraft mätt i MWh. Skillnaden mellan de olika regressionerna kommer bestå i hur data delats upp, inom olika perioder, produktionsvolym, andelar vindkraft av total produktion, samt vid olika konsumtionsnivåer. Vid regressionsanalysen om olika produktionsvolym så har dummyvariabler använts.



## 5.1 Begränsningar

Uppsatsen kommer endast analysera den svenska energimarknaden och endast data från Sverige har använts. Ett problem med detta är att Sverige ingår i en nordisk energimarknad. Det är rimligt att anta att Sveriges energimarknad kommer påverkas av externa faktorer från de andra nordiska länderna.

Tidigare forskning nämner även andra faktorer som påverkar elpriset. Dessa kan vara påfyllnadsgrad i vattenmagasin, samt priser på Brentolja, kol, gas, elcertifikat, koldioxidutsläpp etc. Med hjälp av data från dessa faktorer skulle en bättre helhetsanalys kunnat göras av vad som förklarar elpriset. Dessa faktorer har dock inte tagits med i analysen eftersom data på elpriset anges per timme och övriga faktorer anges över andra intervall (dags- eller veckopriser).

Tidigare forskning använder mer avancerade modeller eller komplexa beräkningar vid sina analyser av faktorerens påverkan på elpriset. Det är därmed inte säkert att en enkel linjär regression är det bästa sättet att använda för analysen. I brist på djupare ekonometrisk och statistisk kunskap så har inte mer avancerade metoder och modeller använts vid analyserna, men sådana skulle antagligen förbättra resultatet.

## 6. Resultat

### 6.1 Faktorer som påverkar elpriset

Den första analysen har för avsikt att studera hur de olika produktionsslagen, konsumtion av el, samt årets månader påverkade elpriset. Denna del ska ge läsaren en generell uppfattning om vilka faktorer som påverkar elpriset. I analysen upptäcktes dock multikolinjäritet i data vilket gjorde en enkelt linjär regression ogenomförbar.

Multikolinjäritet upptäcktes först genom att studera korrelationen mellan de förklarande variablerna. Enligt tabell 1 nedan så uppvisar till exempel variabeln för konsumtion hög korrelation med nästan samtliga förklarande variabler.

	Pris	Värme	Vatten	Konsum	Kärnkraft	Vind
Pris	1	0,47	0,11	0,45	0,21	-0,33
Värme	0,47	1	0,28	0,80	0,60	0,09
Vatten	0,11	0,28	1	0,66	-0,02	-0,09
Konsum	0,45	0,80	0,66	1	0,50	0,12
Kärnkraft	0,21	0,60	-0,02	0,50	1	0,10
Vind	-0,33	0,09	-0,09	0,12	0,10	1

Tabell 1 - Korrelation mellan olika variabler

Tabellen ovan ger oss dock mycket intressant information. Vi kan här studera hur de olika kraftslagen samt konsumtionen korrelerar med priset.

Värmekraften är det kraftslag som ofta används under perioder då efterfrågan är som störst och priset som högst, detta ger tabellen stöd åt då värmekraft och konsumtion är väldigt starkt korrelerade.

Eftersom konsumtionen återspeglar efterfrågan så är det inte så konstigt att den är positivt korrelerad med elpriset. Att de två inte är helt korrelerade kan, som

nämnts tidigare, bero på att vi studerar spotpriser. På lång sikt är de två troligtvis mer korrelerade, men på kort sikt så borde sambandet vara svagare. När vi jämför den totala konsumtionen av el för varje timme med spotpriserna vid samma tidpunkt kan vi se deras relation med varandra i ett punktdiagram (se appendix 1). Det mest intressanta med dessa diagram är att vi ser hur priserna kan skjuta i höjden utan av mängden konsumtion påverkas. Detta borde således betyda att konsumenter av el inte är så priskänsliga mot spotpriserna, och att de inte minskar sin konsumtion även om spotpriserna skulle öka. En anledning skulle som sagt kunna vara att de flesta konsumenter ingår längre elavtal och påverkas således inte alls av spotpriserna. Vi kan även observera hur konsumtionen inte förändrats från diagrammen i appendix 2. Här plottas produktion av vindkraft med konsumtionen, och som vi kan se har inte konsumtionen ändrats nämnvärt över åren.

Konsumtionen är även starkt korrelerad med vattenkraften. Detta kan bero på att vattenkraften är den kraftkälla som snabbast kan reglera sig för att möta efterfrågan. Konsumtionens positiva korrelation med kärnkraften borde bero på att kärnkraften minskar sin produktion under de längre perioderna då efterfrågan är låg, så som under sommaren.

Vindkraften uppvisar en svag korrelation med nästan alla andra faktorer. Detta beror på att vindkraften endast påverkas av hur mycket det blåser. Den svaga negativa korrelationen med vattenkraften kan antas vara den reglageffekt som vattenkraften har med vindkraften. Intressant här är även att vindkraften och elpriset är starkt negativt korrelerade.

## **6.2 Vindkraftens påverkan på elpriset**

Denna del kommer att visa resultaten från analyser av elpriset och vindkraftsproduktionen mellan åren 2011 och 2015. Att endast försöka förklara elprisets förändringar med vindkraften antogs vara mycket svårt och låga värden på  $R^2$  var förväntade. Det första som gjordes var att analysera all data för att se

vilken metod som skulle passa bäst. Ett vanligt problem som uppstår när man jobbar med tidseriedata är att feltermerna är autokorrelerade med varandra, och så var även fallet här.

När feltermerna är autokorrelerade med varandra så kommer data att uppvisa en kronologisk ordning över tiden. När detta inträffar så har OLS-estimatoren inte längre lägst varians bland alla linjära och väntevärdesriktiga estimatorer. Detta leder bland annat till att resultaten uppvisar felaktiga t-värden för regressionerna (Westerlund, 2005, s.185).

Durbin-Watson test är ett test för att finna autokorrelation inom residualer i en regression. Vid en regressionsanalys i Eviews visas statistik från ett sådant test. Hypotesen som testas är att ingen autokorrelation existerar mot att vi har en positiv autokorrelation av första ordningen. Om Durbin-Watson statistiken befinner sig nära 2 har ingen autokorrelation upptäckts. Ett värde nära 0 indikerar att positiv autokorrelation existerar, och ett värde nära 4 indikerar att negativ autokorrelation existerar (Westerlund, 2005, s.196). En tumregel är att när man har fler än 50 observationer och få förklarande variabler så är ett värde under 1,5 en stark indikation för positiv autokorrelation.

I regressionsanalyser mellan elpriset och vindkraftsproduktion när data jämfördes över tiden påvisade Durbin-Watson statistiken värden nära noll. Det finns därmed tydliga tecken på positiv autokorrelation i regressionen.

Ett sätt att korrigera för autokorrelation är att använda den korrekta estimatören av OLS-estimatorns varians-kovarians-matris. En sådan estimator är Newey-Wests estimator och kan utföras på regressionen i Eviews. Samtliga regressioner i uppsatsen som uppvisar Durbin-Watson statistik under 1,5 är därför korrigerade med hjälp av Newey-West estimatören (Westerlund, 2005, s.191).

Det första som analyseras är hur de två variablerna korrelerar med varandra. En svag negativ korrelation uppvisas mellan vindkraftsproduktion och elpriset under två av åren, 2012 och 2015. Under åren 2011, 2013 och 2014 är korrelationen starkare. Någon trend kan dock inte påvisas.

År	2011	2012	2013	2014	2015
Korrelation	-0,22	-0,06	-0,27	-0,31	-0,08

Tabell 2 – Visar korrelation mellan vindkraftsproduktion och elpriset per år (2011-2015).

Då en negativ korrelation uppmäts är nästa steg att se hur elpriset påverkas av vindkraften. Detta gjordes genom en regressionsanalys. I denna regression har data delats upp på de olika åren för att kunna se om det har skett någon förändring av vindkraftens påverkan på elpriset. Fullständiga resultat återges i appendix 8 och en sammanfattning visas nedan.

Resultat av regressionsanalys. Beroende variabel: Spotpris el				
Vindproduktion	Koefficient	Antal observ.	p-värde	Justerat R <sup>2</sup>
Totalt	-0,050	43821	0,0000****	0,11
2011	-0,063	8760	0,0000****	0,05
2012	-0,015	8760	0,0153**	0,01
2013	-0,027	8760	0,0000****	0,07
2014	-0,022	8760	0,0000****	0,09
2015	-0,007	8760	0,0057***	0,01

\*\*\*\* (0,1 % nivån), \*\*\* (1 % nivån), \*\* (5 % nivån), \* (10 % nivån)

Koefficienterna utläses som hur mycket elpriset minskar i SEK per ökad MWh vindkraftsproduktion. Varje år så visar sig vindkraftsproduktionen ha en signifikant negativ påverkan på elpriset. Vindkraftsproduktionen kan dock endast förklara en väldigt liten del av förändringen i elpriset. Som mest förklarar vindkraftsproduktionen 11,25% av elpriset. Vi kan inte heller här ge stöd för att någon trend har skett mellan åren.

Nu när vi vet hur vindkraften påverkar elpriset generellt sett under alla åren så kan vi gå vidare och analysera hur elpriset förändras när vindkraften faktiskt producerar som mest. Detta kan göras på två sätt. Först så har all data från 2015

delats in i olika segment, där vindkraften står för en viss andel av den totala produktionen. Vi kan då se hur priset förändras när andelen vindkraft ökar.

Resultatet visas i diagram 9 nedan. Vi kan se att när vindkraften står för mellan noll till tjugo procent så ändras inte priset så mycket. Men vid större produktionsandelar vindkraft så börjar priset att minska. Från 25 % vindkraftsproduktion så ligger snittpriset under 15 öre/kWh.

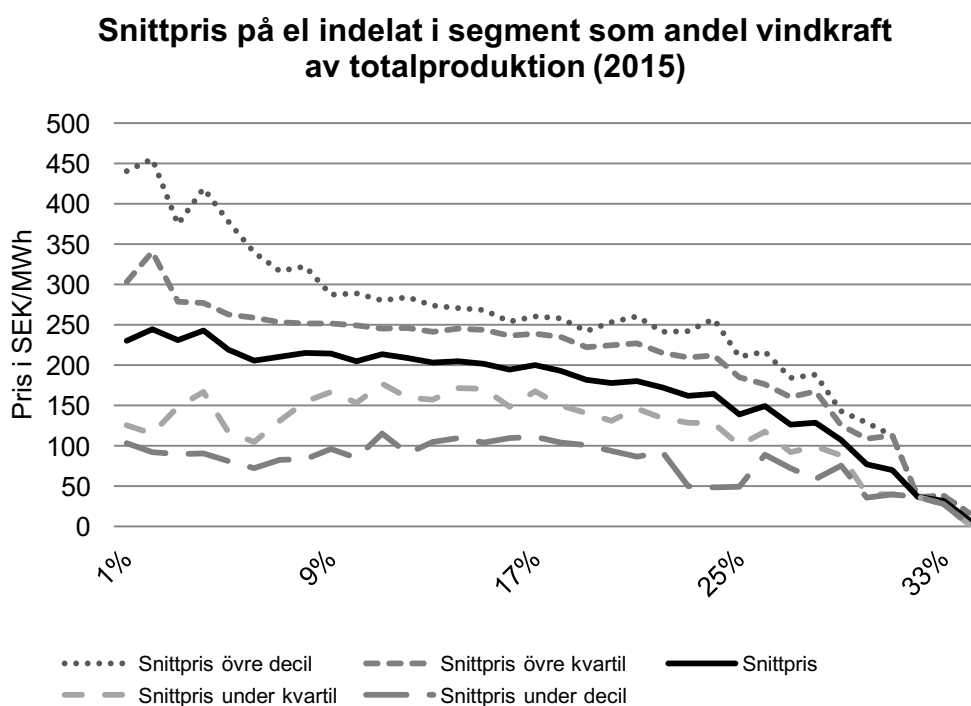


Diagram 9 – Visar snittpriset på el när vindkraften är indelat i olika segment om andelar av total produktion.

Förklaringen till denna prisminskning är antingen att utbudskurvan förskjuts utåt när det produceras mer vindkraft, eller att en större andel producerad el kommer ifrån den kraftkällan med lägst marginalkostnad.

Vi har nu sett både att vindkraften har en prisminskande effekt på elpriset samt att elpriset blir lägre ju större andelar vindkraft som produceras. För att illustrerar detta tydligare har data på vindkraft delats upp inom olika produktionsvolymmer. Vi kan då studera hur elpriset förändras vid olika mängder vindkraft. Hypotesen är

att vindkraften kommer påverka priset mer vid större produktionsvolymmer eftersom vi då förskjuter utbudskurvan mer åt höger, vilket ger ett lägre jämviktspris. Vid större volymer antas dessutom vattenkraftens regleringsförmåga att minska.

Prisminskningen vid en hög produktion från vindkraft kan observeras från diagrammen i appendix 4. Det mest intressanta är att priserna vid tillräckligt stora volymer inte ser ut att överstiga en viss gräns. När det produceras över 3000 MWh från vindkraften så pressas priserna ned och överstiger sällan 300 SEK/MWh. Denna observation är som mest tydlig under åren 2014 och 2015.

Från tabellen nedan kan vi utläsa hur snittpriset på el minskar för varje segment där produktionsvolymen ökar. Korrelationsanalysen ger stöd för hypotesen, vid de lägre produktionssegmenten finns det knappt ett samband alls mellan vindkraftsproduktion och elpris men vid produktionsnivåer över 4000 MWh så finns en tydlig negativ korrelation.

Resultat av korrelationsanalys. Indelat i olika produktionsvolymer (2015)					
Volym	0-1000	1000-2000	2000-3000	3000-4000	4000-5000
Snittpris SEK/MWh	214	207	205	203	165
Medelproduktion MWh	620	1484	2468	3398	4371
Korrelation	-0,06	-0,04	0,06	-0,02	-0,32

Tabell 3 – Korrelation mellan vindkraftsproduktion och elpriset inom olika segment av produktionsvolymer.

För att se hur elpriset förändras av de olika segmenten så gjordes en regressionsanalys med de olika segmenten som dummyvariabler. Resultatet (fullständiga resultat återges i appendix 9) visar att standardpriset vid låg produktion vindkraft är runt 340 SEK/MWh och att det minskar för varje segment ökad vindkraftsproduktion. När vindkraften producerar som mest, mellan 4000 och 5000 MWh, så antas priset minska med ca 170 SEK.

Detta resultat ger stöd åt teorin om att elpriset blir lägre ju mer vindkraft som produceras. Det vi ser effekten av är alltså hur utbudskurvan förskjuts åt höger eller att vindkraften ersätter annan produktion där marginalkostnaden är högre. Elpriset kan dock endast förklaras med ca 10 % vilket betyder att det är en mängd andra faktorer som spelar in.

### 6.2.1 Påverkan vid olika perioder

I denna del av uppsatsen så analyseras hur elpriset och vindkraften påverkar varandra vid olika perioder. Det som undersöks är de olika årstiderna, perioderna på dygnet, samt under perioder då konsumtionen är som lägst och störst. Det vi börjar med att göra är att se hur våra två variabler påverkas av de olika perioderna. De olika perioderna är satta som dummyvariabler.

Korrelationsanalys		Pris	Vind
Vindproduktion	<i>MWh</i>	-0,34	1,00
Morgon	<i>06:00-10:00</i>	0,11	-0,04
Dag	<i>11:00-17:00</i>	0,09	-0,01
Kväll	<i>18:00-22:00</i>	0,04	0,03
Natt	<i>23:00-05:00</i>	-0,22	0,03
Vår	<i>mar – maj</i>	0,07	-0,01
Sommar	<i>jun - aug</i>	-0,20	-0,26
Höst	<i>sep - nov</i>	-0,06	0,07
Vinter	<i>dec - feb</i>	0,18	0,20
Låg konsumtion	<i>&lt;≈13,5 GWh</i>	-0,33	-0,17
Normal konsumtion	<i>≈13,5-16,5 GWh</i>	0,01	0,07
Hög konsumtion	<i>&gt;≈16,5 GWh</i>	0,33	0,10

Tabell 4 – Korrelationsanalys mellan olika variabler och perioder

Från tabell 4 kan vi se att vindkraften uppvisar ett positivt samband med perioden vinter och negativ korrelation med perioden sommar. I övrigt så finns det inga starka samband mellan vindkraft och de olika perioderna.



Elpriset är starkt negativt korrelerat under perioder då konsumtionen antas vara lägre, dessa perioder är under sommaren och natten. Tvärtom så påvisas en positiv korrelation då efterfrågan antas vara som högst, vilket är under morgonen och vintern.

### Tid på året

Under vinterperioden produceras det mer energi generellt sett och efterfrågan är mycket större. Under sommaren då efterfrågan är lägre så produceras det också mindre energi. Framst då kärnkraften passar på att göra sina planerade driftstopp. Totalt sett så får vi två stycken marknader som ser rätt så annorlunda ut. Den ena med hög efterfråga och utbud och den andra med det motsatta.

I denna del analyseras om vindkraftsproduktionen påverkade elpriset olika beroende på årstid. Data har delats upp i de olika perioderna och analyserats var för sig. För att klargöra så är det är alltså inte dummyvariabler som undersöks. De två årstiderna som jämfördes var sommar och vinter. Perioden sommar omfattar data från månaderna juni, juli och augusti mellan åren 2011 och 2015, och vinter omfattar data från månaderna december, januari och februari.

Hypotesen är att vindkraften borde ha en större påverkan på elpriset under vinterperioden. Detta antas eftersom efterfrågan är större under denna period, således kommer förändringar på vindkraftsproduktion ha en stor påverkan på förändringar i elpriset. Dessutom så visar den tidigare analysen att det produceras mer vindkraft under vintern.

Fullständiga resultat från regressionsanalysen återges i appendix 10 och en sammanfattning visas nedan.

Resultat av regressionsanalys. Beroende variabel: Spotpris el – Sommar				
Vindproduktion	Koefficient	Antal observ.	p-värde	Justerat R <sup>2</sup>
Sommar	-0,071	11040	0,0000****	0,12

\*\*\*\* (0,1 % nivån), \*\*\* (1 % nivån), \*\* (5 % nivån), \* (10 % nivån)

Resultat av regressionsanalys. Beroende variabel: Spotpris el - Vinter				
Vindproduktion	Koefficient	Antal observ.	p-värde	Justerat R <sup>2</sup>
Vinter	-0,076	10821	0,0000****	0,28

\*\*\*\* (0,1 % nivån), \*\*\* (1 % nivån), \*\* (5 % nivån), \* (10 % nivån)

Båda koefficienterna uppvisar ett signifikant negativt samband med elpriset. Under perioden vinter så har vindkraftsproduktionen en större påverkan på elpriset även om skillnaden är liten. Däremot så förklarar vindkraften en betydligt större del av elpriset under vintern.

### Tid på dygnet

Denna analys har likt den förra delat upp data ifrån de fem åren, men denna gång mellan olika tider på dygnet. Två perioder har jämförts, dag och natt. Perioden dag är data ifrån alla timmar mellan klockan 11:00 och 17:00. Perioden natt är data ifrån alla timmar mellan klockan 23:00 och 05:00. Liket den tidigare analysen är hypotesen att vindkraften kommer att ha som störst påverkan under de perioder när efterfrågan är som störst, vilket är under perioden dag.

Fullständigt resultatet från regressionsanalysen återges i appendix 11 och en sammanställning av resultatet kan ses nedan.

Resultat av regressionsanalys. Beroende variabel: Spotpris el - Dag				
Vindproduktion	Koefficient	Antal observ.	p-värde	Justerat R <sup>2</sup>
Dag	-0,051	12782	0,0000****	0,12

\*\*\*\* (0,1 % nivån), \*\*\* (1 % nivån), \*\* (5 % nivån), \* (10 % nivån)

Resultat av regressionsanalys. Beroende variabel: Spotpris el - Natt				
Vindproduktion	Koefficient	Antal observ.	p-värde	Justerat R <sup>2</sup>
Natt	-0,043	12781	0,0000****	0,11

\*\*\*\* (0,1 % nivån), \*\*\* (1 % nivån), \*\* (5 % nivån), \* (10 % nivån)

Resultaten från regressionen ger stöd åt hypotesen men skillnaden mellan de två analyserna är liten. Anledningen skulle kunna vara att det inte är så stor skillnad på vindkraftsproduktion mellan de två perioderna. Dock uppvisade vindkraften till exempel en svag positiv korrelation med perioden natt och en svag negativ korrelation med perioden dag. Det produceras alltså mer på natten men då är konsumtionen också lägre, därav så blir inte resultaten så tydliga.

### Vid olika konsumtionsnivåer

Likt de två tidigare analyserna så undersöks här om vindkraftsproduktionen har en större påverkan på priset när efterfrågan är stor. Enligt teorin så kommer vindkraftsproduktionen att påverka elpriset olika beroende hur efterfrågan ser ut vid en given tidpunkt. I denna analys så har data delats upp efter mängden konsumtion, som vi antar speglar efterfrågan vid varje tidpunkt. Hypotesen är att vindkraftsproduktionen har som störst påverkan på elpriset i de segment där konsumtionen är som störst.

Konsumtionen av energi i Sverige sträcker sig från 8200 MWh till 26000 MWh per timme. Data har delats in i tre segment med ungefär lika många observationer i varje. Segmenten är indelade då konsumtionen är låg, normal och hög.

I denna analys upptäcktes ingen autokorrelation och därför är inte regressionerna korrigerade med Newey-West. Fullständiga resultat återges i appendix 12 och en sammanställning av resultaten presenteras nedan.

Resultat av regressionsanalys. Beroende variabel: Spotpris el				
Vindproduktion	Koefficient	Antal observ.	p-värde	Justerat R <sup>2</sup>
Låg	-0,05	14606	0,0000****	0,11
Normal	-0,06	14607	0,0000****	0,23
Hög	-0,07	14608	0,0000****	0,21

\*\*\*\* (0,1 % nivån), \*\*\* (1 % nivån), \*\* (5 % nivån), \* (10 % nivån)

Resultatet från denna analys är mycket intressant. Det som vi kan utröna är att vindkraften har en större påverkan på priset under de perioder när konsumtionen är som störst. Detta ger stöd åt hypotesen och teorin. Dessutom så förklarar vindkraften elpriset med över 20 % vid de högre konsumtionsnivåerna.

### 6.3 Varians hos elpriset och vindkraftsproduktionen

Att observera variansen hos priser är ytterst intressant, speciellt vid finansiella kalkyler. Stor varians gör det svårt att veta vilka priser man kan förvänta sig i framtiden. Låg varians gör att priserna troligen inte kommer fluktuera så mycket. Med lägre varians i priserna så kan mindre riskfyllda kalkyler göras om förväntad framtida avkastningar. Från diagrammen nedan kan vi utläsa hur både elpriset och vindkraftens varianser har förändrats över året.

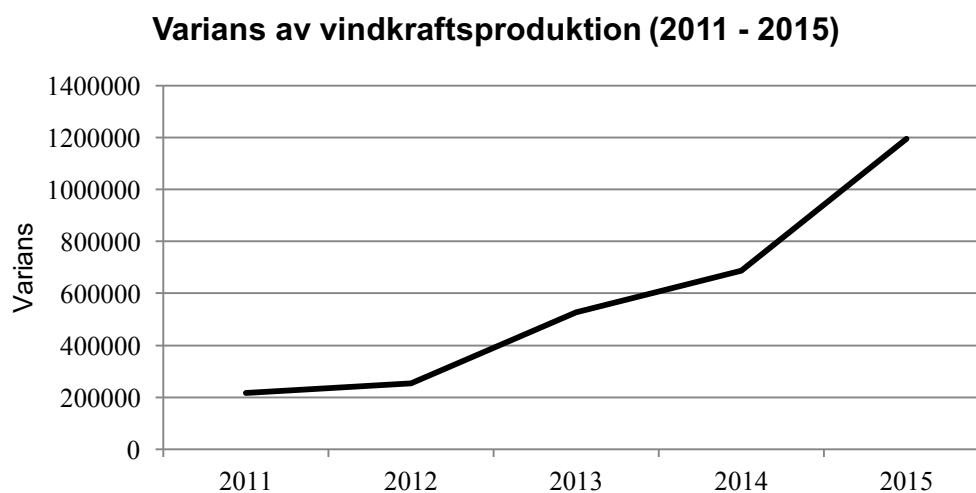


Diagram 9 – Diagrammet visar variansen av vindkraftsproduktionen (2011-2015).

Vindkraftsproduktionens varians har ökat med tiden. Detta är förväntat eftersom en större mängd potentiell produktion borde leda till större ökningar när det väl blåser. Att elprisets varians har minskat är väldigt intressant. Enligt teorin så

borde en större mängd produktion från intermittenta kraftslag göra att priserna fluktuerar mer. Eftersom vindkraften plötsligt kan öka eller minska sin produktion borde variansen hos spotpriset ha ökat. Vi kan dock se en ökning under 2015 men uppdaterade observationer borde göras för att se hur variansen förändras när ännu mer vindkraft byggs ut.

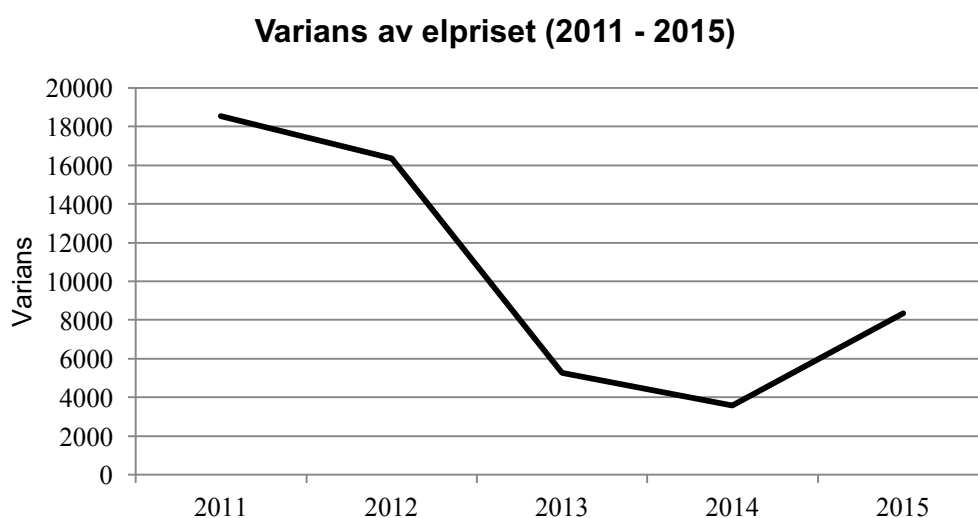


Diagram 10 – Diagrammet visar variansen av elpriset (2011-2015).

#### **6.4 Sammanfattning av resultatet**

Resultaten från de olika analyserna har gett stöd åt teorin om att elproduktion från vindkraften har en negativ påverkan på elpriset i Sverige. Resultaten ger även stöd för hypotesen om att elproduktionen har som störst påverkan under perioder då konsumtionen, det vill säga, efterfrågan är som störst. Dessa perioder är dagtid samt vintertid. Resultaten ger även stöd åt hypotesen att elpriset minskar som mest då produktionen från vindkraft är som störst. Dessutom är elpriset nere på de lägsta nivåerna under de fallen när vindkraftsproduktionens andelar av den totala produktion är som störst. Slutligen så kan vi utröna att variansen hos vindkraft har ökat under perioden medan variansen hos elpriset har minskat.

Resultaten ger i stora drag stöd åt teorin som presenterades i avsnitt 4. Vi kan se att priset förändras mer ju större efterfrågan är. När efterfrågekurvan skär utbudet i en punkt långt upp på kurvan blir förändringen större när utbudskurvan skiftar.

Vad som faktiskt händer med utbudskurvan när vindkraften ökar är inte helt säkert. Det vi vet är att utbudskurvan kommer flytta till höger och ge ett lägre jämviktspris, allt annat lika. Vi vet dock också att vattenkraften kan reglera sin nivå för att undvika överproduktion, men till vilken grad vattenkraften klarar av detta är inte helt säkert. Vi vet alltså inte med säkerhet hur mycket utbudskurvan skiftar utåt när vindkraften ökar sin produktion.

## 7. Avslutning

Uppsatsens syfte var att ge stöd åt teorin om att en ökad mängd elproduktion från vindkraft har en prisminskande effekt på elpriset. Metoden som använts är att analysera data på elspotspriser och vindkraftsproduktion från Sverige mellan åren 2011 och 2015.

Uppsatsen har påvisat att vindkraften är en bidragande orsak till det minskade elpriset i Sverige. Detta är ytterst intressant med tanke på vilken utveckling den svenska energimarknaden står inför. Om vi redan nu kan se att elpriset pressas ned vid stora mängder produktion från vindkraft, hur ser då framtiden ut när vindkraften förväntas producera ännu mer? Regeringens planer på att fortsätta bygga ut vindkraften kan få konsekvenserna att elpriset fortsätter att minska. Detta skulle inte bara innebära försämrad avkastning för vindkraftsproducenter, utan försämrad avkastning för samtliga elproducenter. Vi kan observera hur intäkterna förändrats under åren i appendix 5 och hur intäkterna fördelas från histogrammen i appendix 6.

Vindkraften har under en längre tid bedömts som en säker och önskvärd investering. Investerare har länge lockats till vindkraftsmarknaden tack vare skattelättnader, subventioner samt bistående inkomster från elcertifikatsystemet. Idag så står dock dessa investerare inför en större förändring. Med ett lägre pris på el, slopade skattelättnader samt låga priser från elcertifikat så kan det bli allt svårare att få de finansiella resultaten att gå ihop.

Redan nu så går även många av landets kärnkraftsreaktorer med förlust, och bristande ekonomisk lönsamhet är en av anledningarna till att många tvingas att stänga ned. Det är ytterst intressant att studera hur den svenska energimarknaden kommer klara sig utan kärnkraften. Utan en stabil baskraft så kommer produktionen på energimarknaden antagligen att bli ännu mer varierande. Tidigare har Sverige för det mesta varit en exportör av energi, och trenden lär fortsätta så

länge som kärnkraften kan producera. När den i sin tur tvingas att stänga ned kan det omvända ske, och Sverige kan bli beroende av importerad energi.

En dystopi kan vara att Sverige i framtiden antingen tvingas importera ”smutsig” energi eller behöva producera energi från fossildriven kondenskraft under perioder när vindkraften inte kan producera tillräckliga mängder.

## **7.1 Vidare forskning**

En uppdaterad analys borde göras med nästkommande års siffror för att säkerställa att resultatet består. Ytterligare data och speciellt mer data på vindkraftsproduktion vid stora volymer borde ge tydligare resultat. Eftersom ännu mer vindkraft planeras att byggas ut kan resultaten förstärkas ytterligare.

Det vore även intressant att analysera hur olika vindkraftsproducenters kalkyler står sig mot det minskade elpriset. De rörliga kostnaderna för ett vindkraftverk är väldigt små, men de fasta kostnaderna; uppbyggnad samt reparation och underhåll är rätt så stora. Det vore intressant att se vilka de förväntade priserna var på de kalkyler som gjordes för fem till tio år sedan, och hur investeringarna klarar sig nu när priset är så pass lågt.



## 8. Referenser

CEPOS - Center for politiske studier (2009) *Wind Energy: The case of Denmark*

Dillig, M., Jung, M. och Karl, J. (2015) 'The impact of renewables on electricity prices in Germany – an estimation based on historic spot prices in the years 2011–2013', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 57, pp. 8–9. doi: 10.1016/j.rser.2015.12.003.

Ekonomifakta (2016) *Elproduktion*. Tillgänglig via <http://www.ekonomifakta.se/Fakta/Energi/Energibalans-i-Sverige/Elproduktion/> (Besökt: 6e maj 2016).

Energikommissionen (2016) *Promemoria om de ekonomiska förutsättningarna för befintlig svensk elproduktion*. S.16

Energimarknadsinspektionen (2016) *Handel med el*. Tillgänglig via <http://ei.se/sv/el/elmarknader-och-elhandel/handel-med-el/> (Besökt: 6e maj 2016).

Energimarknadsinspektionen (2016) *Så sätts elpriset*. Tillgänglig via <http://ei.se/sv/el/elmarknader-och-elhandel/handel-med-el/Sa-satts-elpriset/> (Besökt: 6e maj 2016). Användes till diagram 6.

Energimyndigheten (2015) *Elcertifikatsystemet*. Tillgänglig via <http://www.energimyndigheten.se/fornybart/elcertifikatsystemet/> (Besökt: 6e maj 2016).

Energimyndigheten (2015) *Energipolitiska mål för vindkraft*. Tillgänglig via <http://www.energimyndigheten.se/fornybart/vindkraft/planering-och-tillstand/energipolitiska-mal-for-vindkraft/> (Besökt: 6e maj 2016).

Energimyndigheten: CESAR (2016) *CESAR*

Energy, Utilities and Mining, PWC (2015) *Vindkraftsmarknaden 2015: Motvind i turbulent marknad*

Europeiska kommissionen (2014) *Klimatåtgärder*. Tillgänglig via [http://europa.eu/pol/pdf/flipbook/sv/climate\\_action\\_sv.pdf](http://europa.eu/pol/pdf/flipbook/sv/climate_action_sv.pdf) (Besökt: 6e maj 2016).

Hirth, L. och Neon Neue Energieökonomik GmbH (2016) *Reasons for the drop of Swedish electricity prices*

Johansson, S. (2015) 'Hårt motstånd mot regeringens förnybarhetsplaner', *SvD Näringsliv*, 12 maj 2015

Näringsutskottet (2015) *Ambitionshöjning för förnybar el och kontrollstation för elcertifikatsystemet 2015*. S.17

Regeringskansliet (2015) *Förändrat undantag från skatteplikt för el från förnybara källor*

Soft, S. (2002) *Power System Economics: Designing Markets for Electricity*. S.46, 73. Första upplagan. A JOHN WILEY & SONS, INC., PUBLICATION: Wiley-IEEE Press.

Statens Energimyndighet (2008) *Vattenkraften och energisystemet*. S.31

Svensk Energi (2015) *Enkel lathund om Sveriges elproduktion*. Tillgänglig via [http://www.svenskenergi.se/Global/Dokument/information/Sveriges%20elproduktion\\_ver\\_s150623\\_print.pdf](http://www.svenskenergi.se/Global/Dokument/information/Sveriges%20elproduktion_ver_s150623_print.pdf) (Besökt: 6e maj 2016).

Svensk Energi 1 (2016) *Elanvändning*. Tillgänglig via <http://www.svenskenergi.se/Elfakta/Elanvandning/> (Besökt: 6e maj 2016).

Svensk Energi 2 (2016) *Elcertifikat*. Tillgänglig via <http://www.svenskenergi.se/Elfakta/Elpriser-och-skatter/Elcertifikat/> (Besökt: 6e maj 2016).

Svensk Energi 3 (2016) *Elmarknaden*. Tillgänglig via <http://www.svenskenergi.se/Elfakta/Elmarknaden/> (Besökt: 23e maj 2016).

Svensk Energi 4 (2016) *Kraftvärme - samtidig produktion av el och värme*. Tillgänglig via <http://www.svenskenergi.se/Elfakta/Elproduktion/Kraftvarme/> (Besökt: 6e maj 2016).

Svensk Energi 5 (2016) *Om kärnkraft*. Tillgänglig via <http://www.svenskenergi.se/Elfakta/Elproduktion/Karnkraft/> (Besökt: 6e maj 2016).

Svensk Energi 6 (2016) *Vattenkraft*. Tillgänglig via <http://www.svenskenergi.se/Elfakta/Elproduktion/Vattenkraft1/> (Besökt: 6e maj 2016).

Svensk Energi 7 (2016) *Vindkraft*. Tillgänglig via <http://www.svenskenergi.se/Elfakta/Elproduktion/Vindkraft/> (Besökt: 6e maj 2016).

Svensk Vindenergi (2015) *Lathund - Olika Begrepp När Vi Talar Om Vindkraft*. Tillgänglig via <http://www.vindkraftsbranschen.se/start/vindkraft/lathund-2/> (Besökt: 6e maj 2016).

Svenska Kraftnät (2008) *Storskalig utbyggnad av vindkraft*. Tillgänglig via [http://www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/080601\\_bilaga\\_vindkraftrapport\\_2008.pdf](http://www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/080601_bilaga_vindkraftrapport_2008.pdf) (Besökt: 6e maj 2016).

Svenska Kraftnät (2015) *Effektreserv*. Tillgänglig via <http://www.svk.se/drift-av-stamnatet/drift-och-marknad/effektreserv/> (Besökt: 6e maj 2016).

SVT Nyheter (2016) *Ingen kärnkraft efter 2020 utan avskaffad skatt*. Tillgänglig via: <http://www.svt.se/nyheter/inrikes/ingen-karnkraft-utan-avskaffad-skatt> (Besökt: 18 maj 2016).

Westerlund, J. (2005) *Introduktion till ekonometri*. Första upplagan. Studentlitteratur AB.

## Intervjuer:

Hallberg, S. Kommunikatör Rindhals AB 'Frågor om kärnkraften'. Intervju den 21 april 2016.

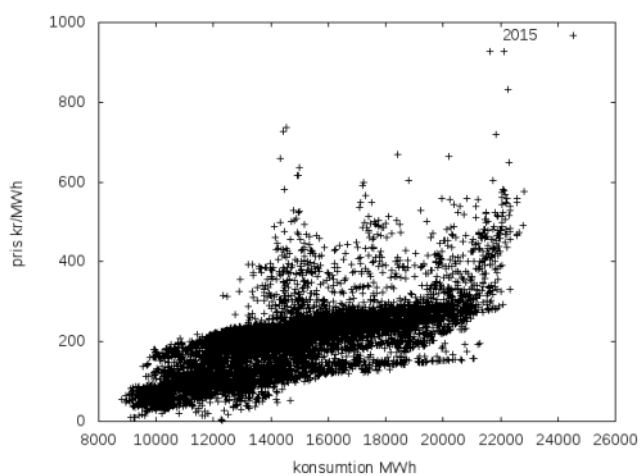
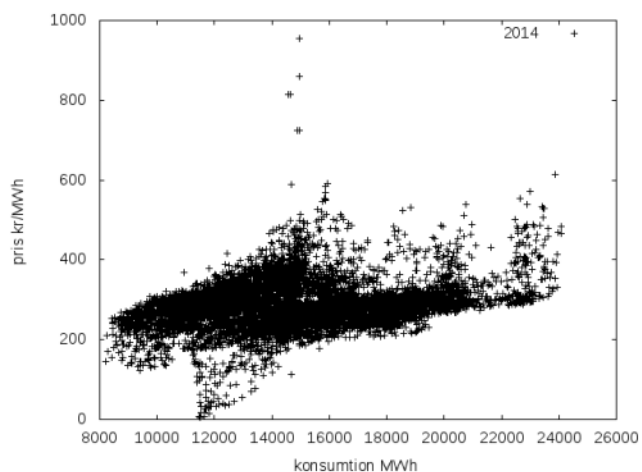
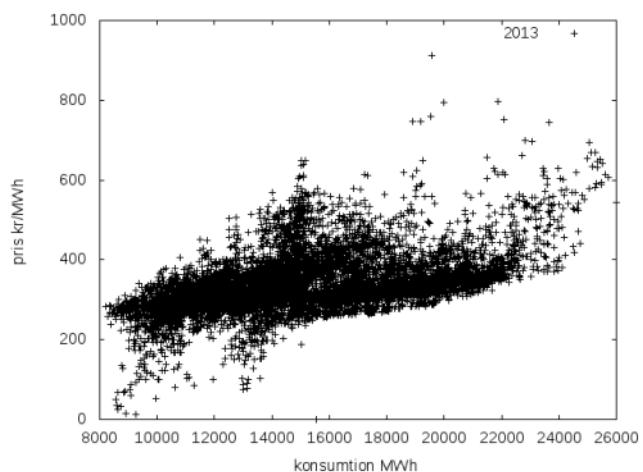
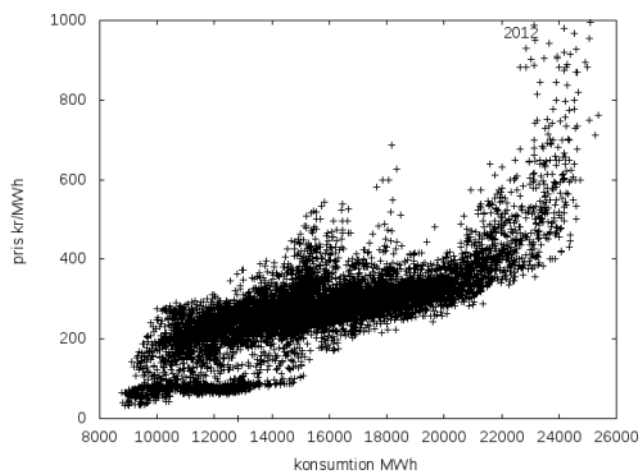
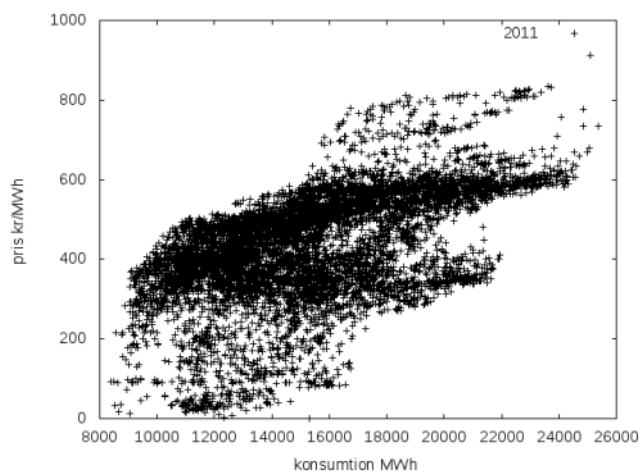
Kommunikatör Vattenfall 'Frågor om vindkraften'. Intervju den 21 april 2016.

Stora Enso Hylte Bruk 'Frågor om energikonsumtion'. Intervju den 21 april 2016.

# 9. Appendix

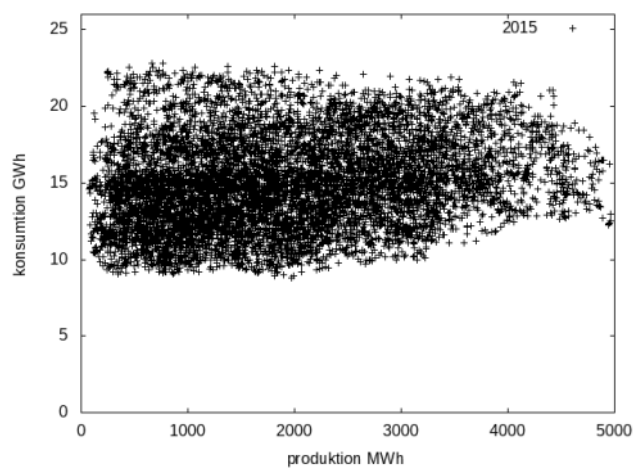
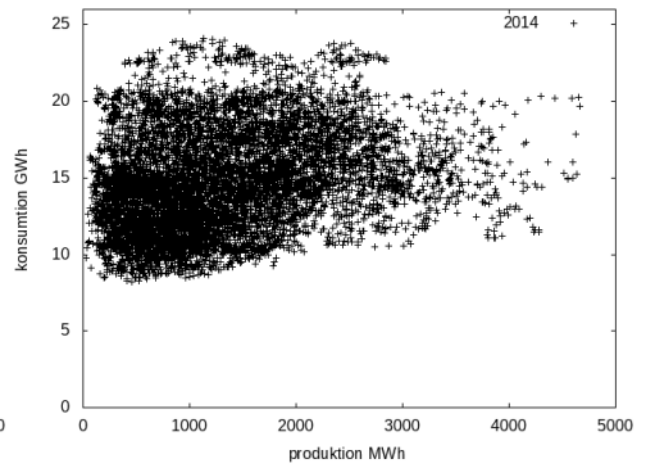
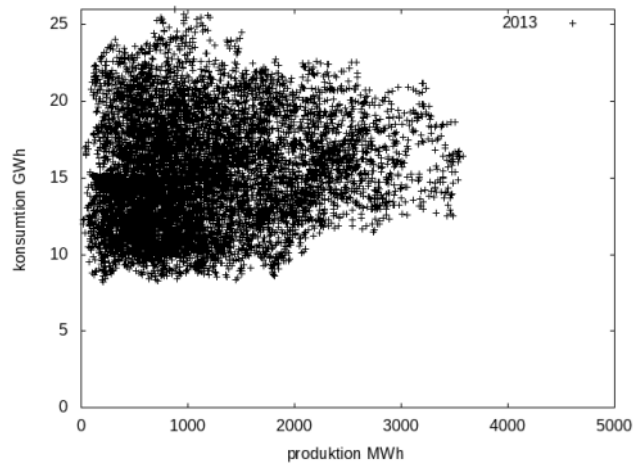
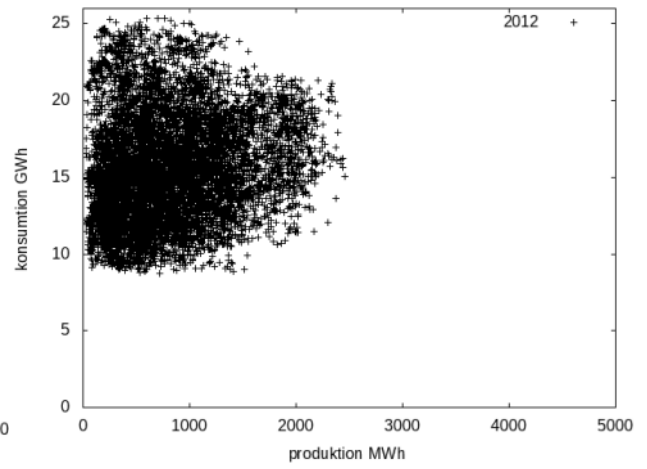
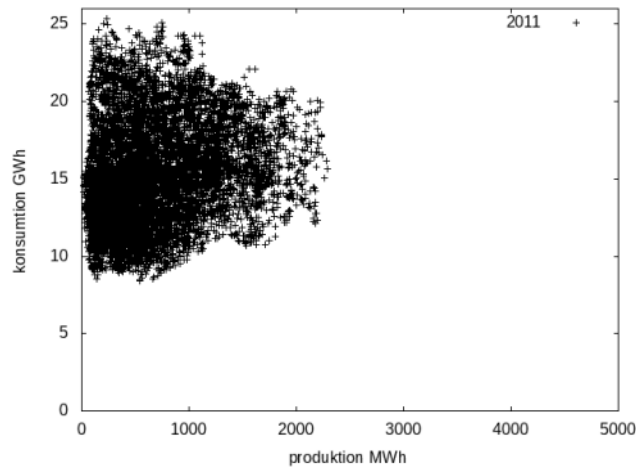
## Appendix 1

Punktdiagram över konsumtion och elpris



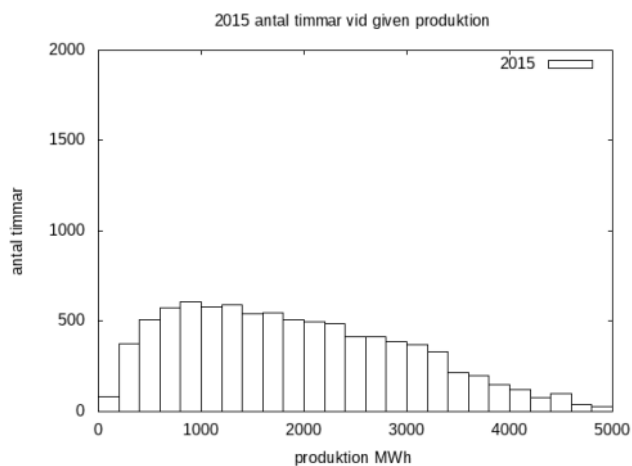
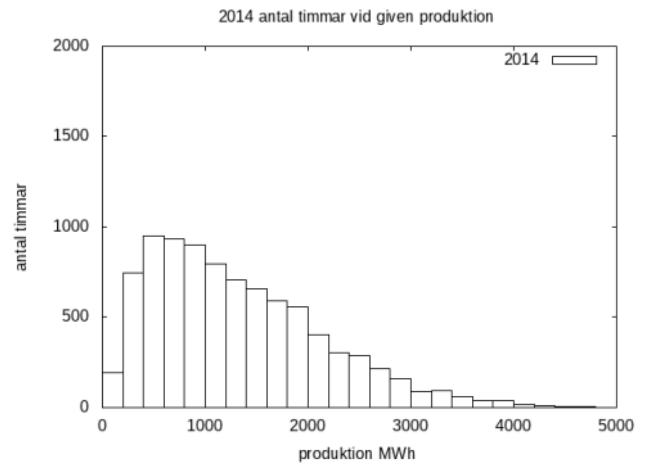
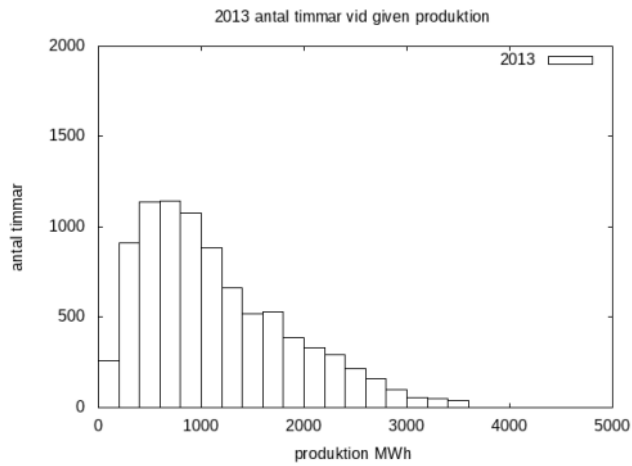
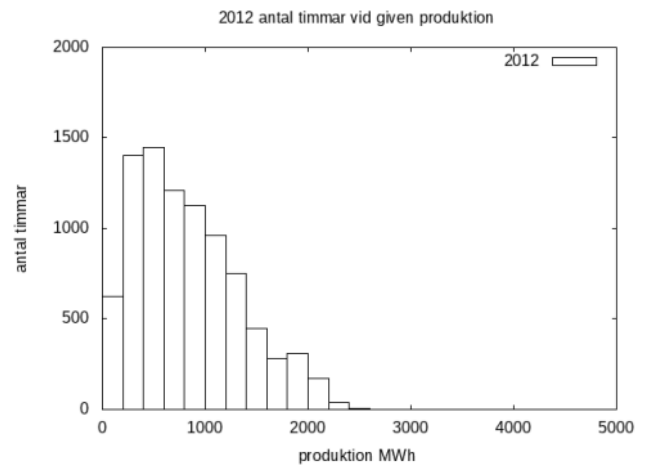
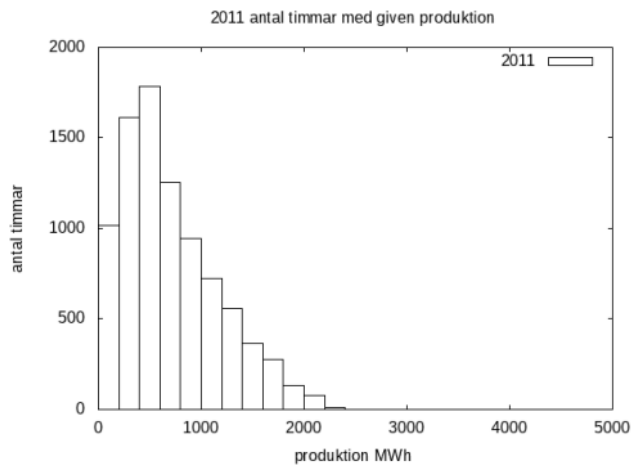
## Appendix 2

Punktdiagram över konsumtion och vindkraftsproduktion



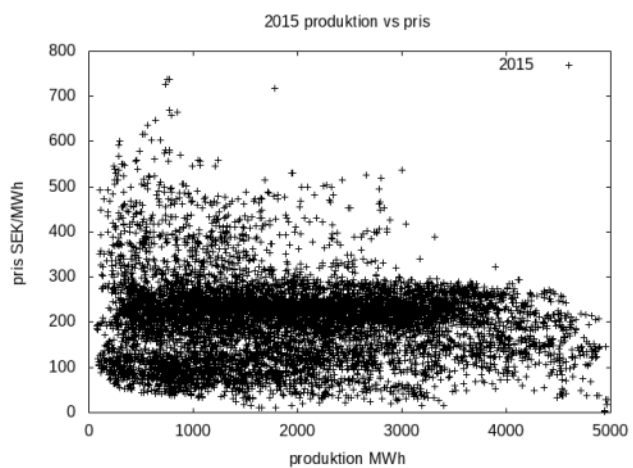
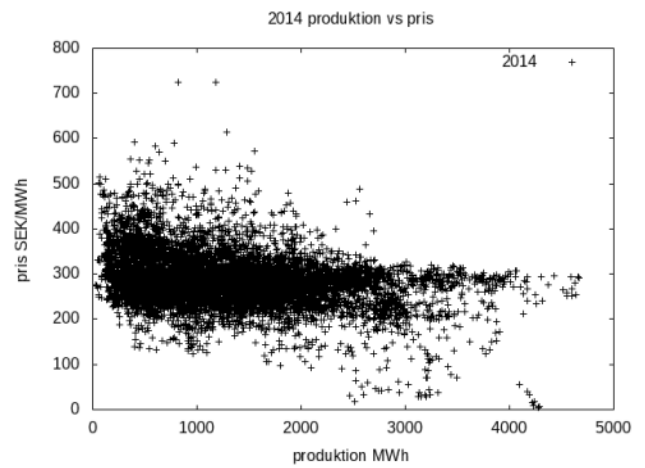
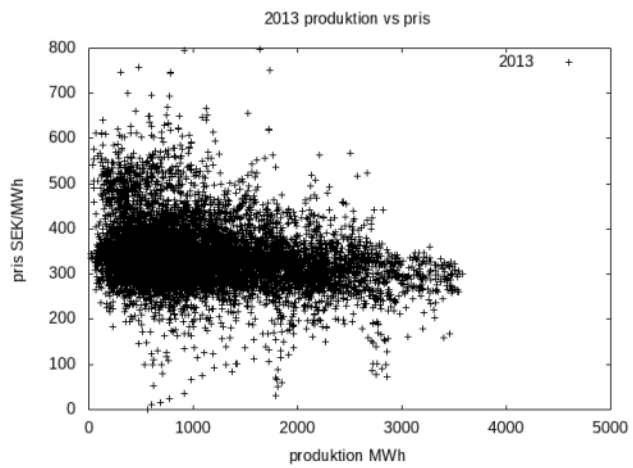
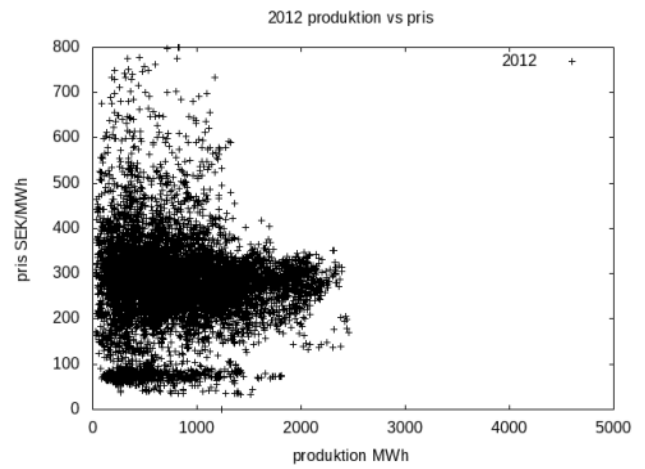
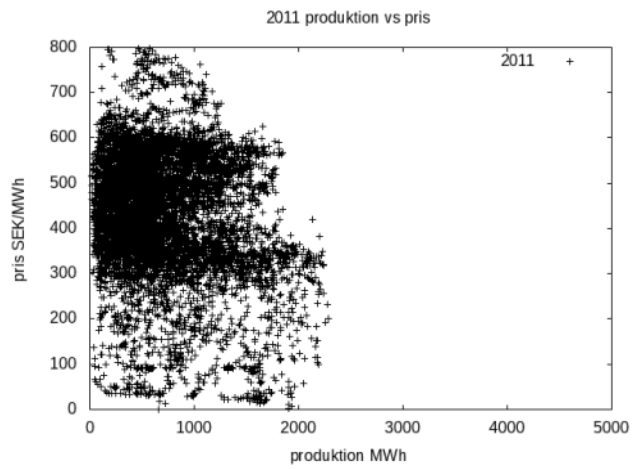
### Appendix 3

Histogram: Antal timmar vid given produktion



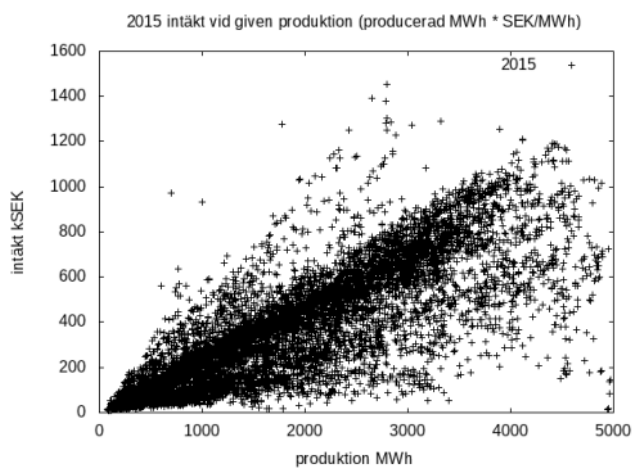
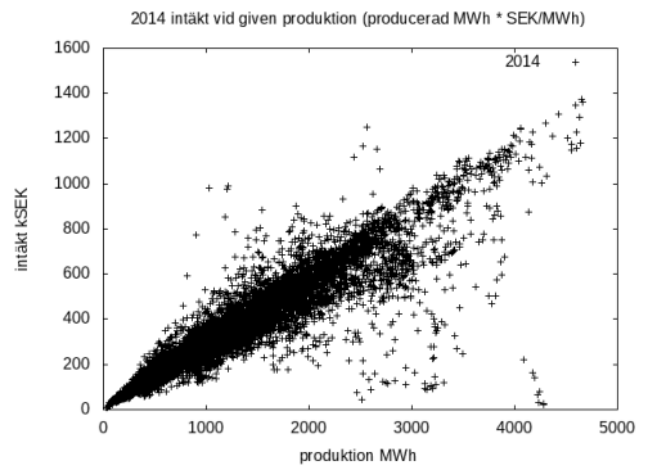
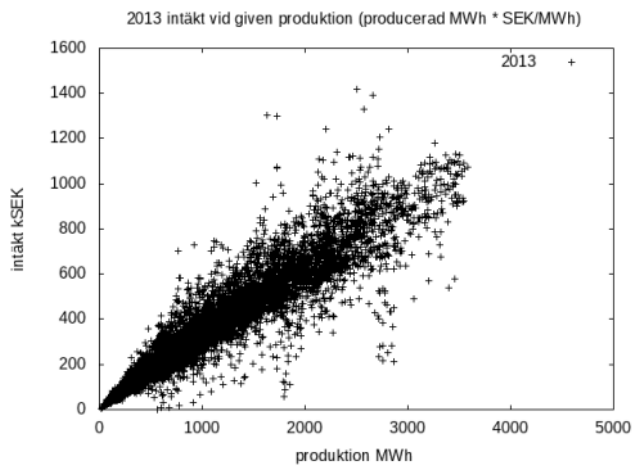
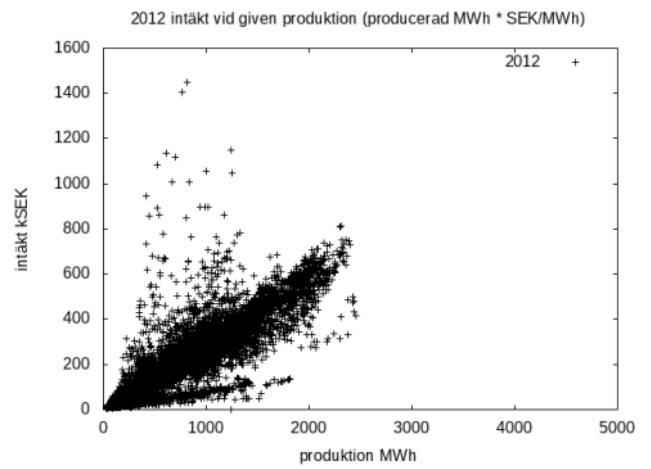
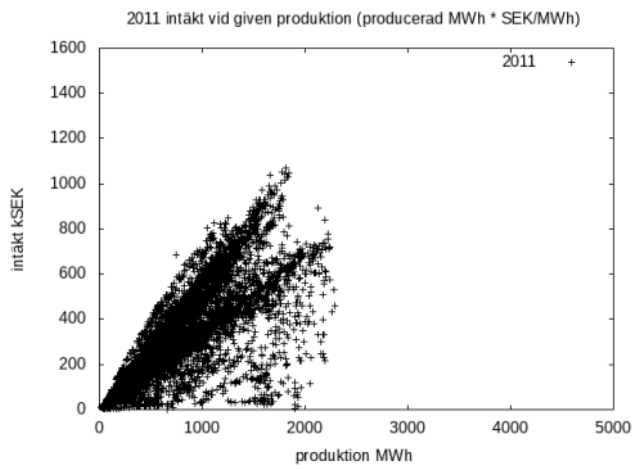
## Appendix 4

Punktdiagram över vindkraftsproduktion och elpris



## Appendix 5

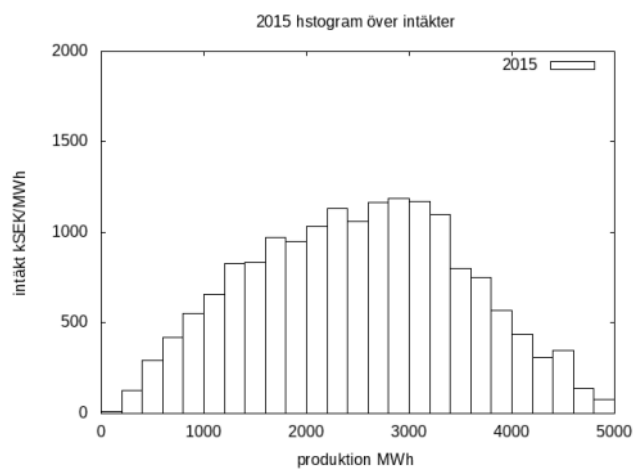
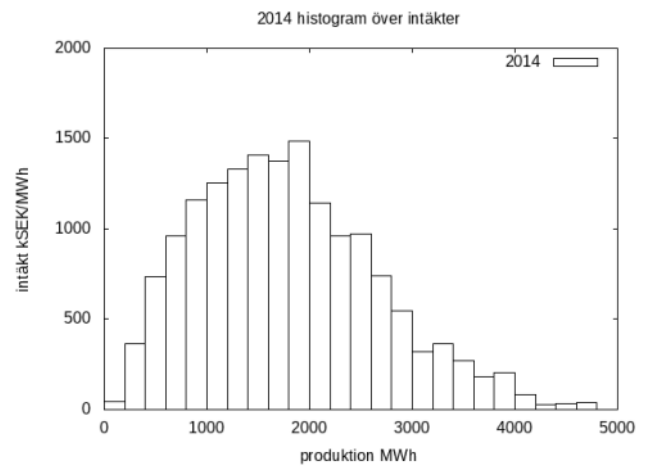
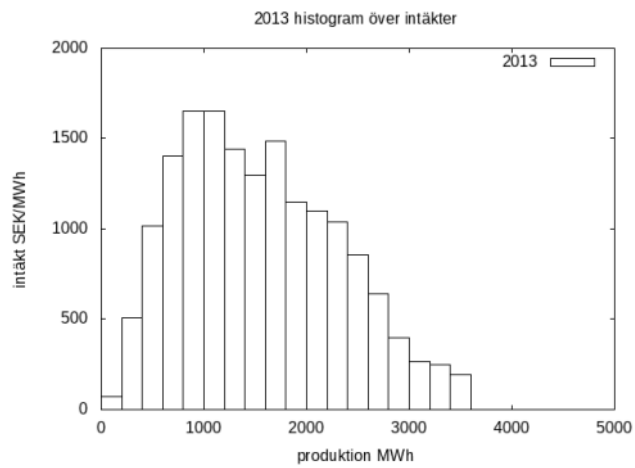
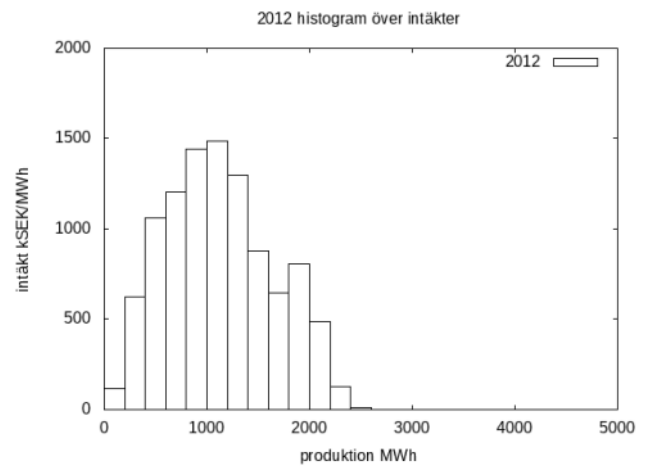
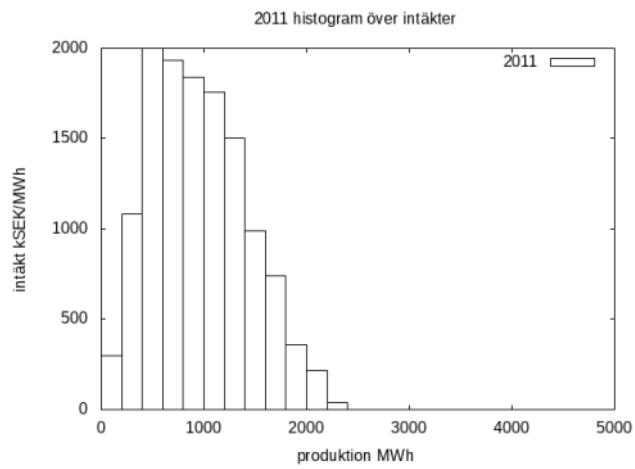
### Punktdiagram över intäkter vid given produktion





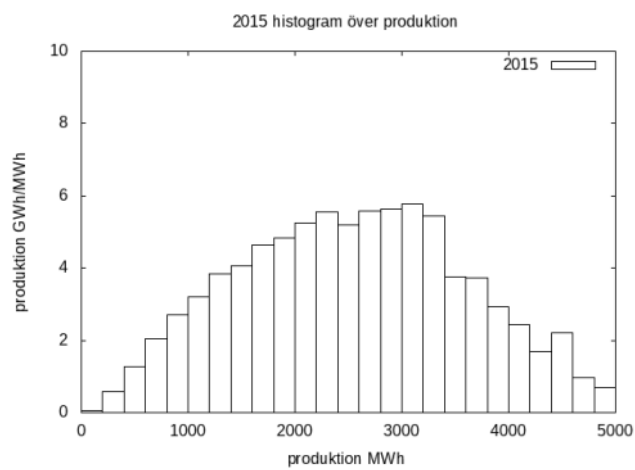
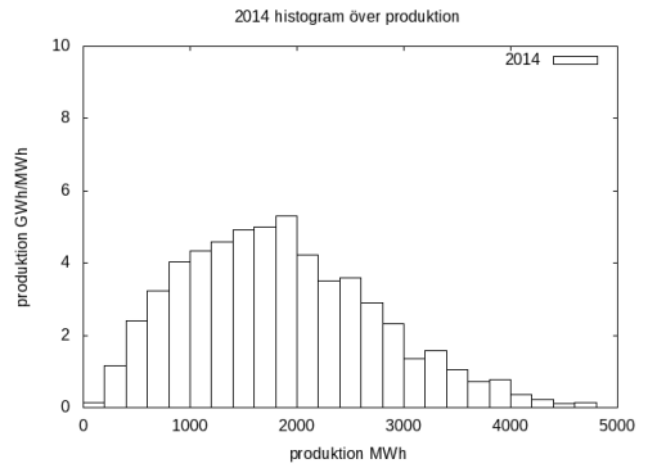
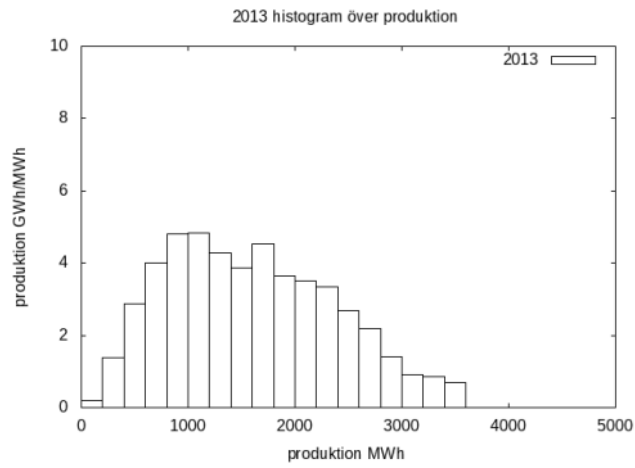
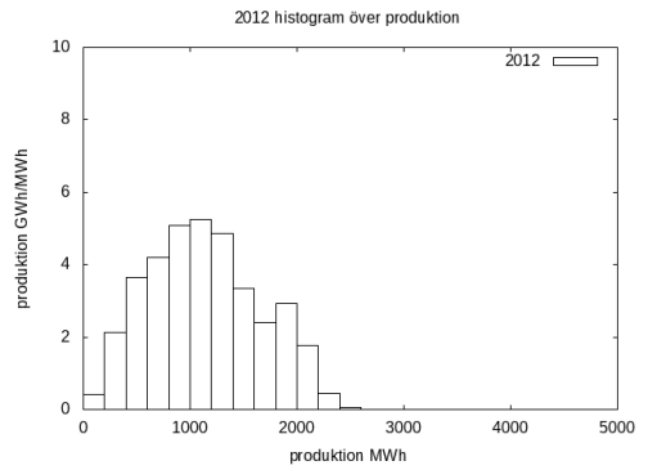
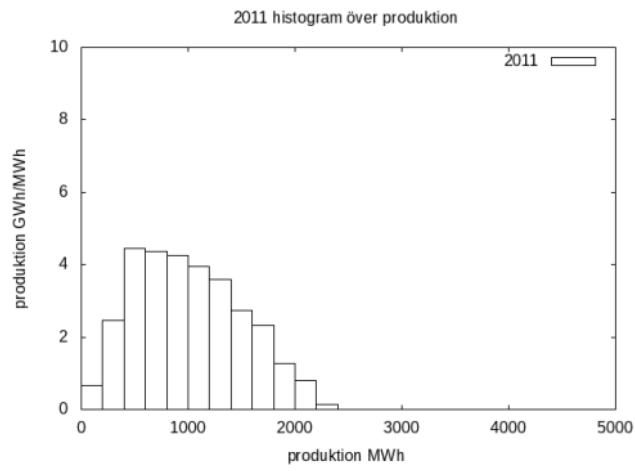
## Appendix 6

### Histogram över intäkter



## Appendix 7

### Histogram över vindkraftsproduktion



## Appendix 8

Hur vindkraftsproduktionen påverkar elpriset per år (2011-2015) och totalt

Dependent Variable: PRICE2011

Method: Least Squares

Date: 05/05/16 Time: 12:24

Sample: 1 8760

Included observations: 8760

HAC standard errors & covariance (Bartlett kernel, Newey-West fixed bandwidth = 11.0000)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	476.1109	7.551128	63.05163	0.0000
WIND2011	-0.063190	0.009525	-6.634096	0.0000
R-squared	0.046444	Mean dependent var		431.4374
Adjusted R-squared	0.046336	S.D. dependent var		136.1846
S.E. of regression	132.9921	Akaike info criterion		12.61868
Sum squared resid	1.55E+08	Schwarz criterion		12.62030
Log likelihood	-55267.84	Hannan-Quinn criter.		12.61923
F-statistic	426.5719	Durbin-Watson stat		0.040653
Prob(F-statistic)	0.000000	Wald F-statistic		44.01123
Prob(Wald F-statistic)	0.000000			

Dependent Variable: PRICE2012

Method: Least Squares

Date: 05/05/16 Time: 12:24

Sample: 1 8760

Included observations: 8760

HAC standard errors & covariance (Bartlett kernel, Newey-West fixed bandwidth = 11.0000)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	296.2918	8.230152	36.00077	0.0000
WIND2012	-0.015359	0.006331	-2.425845	0.0153
R-squared	0.003656	Mean dependent var		283.5613
Adjusted R-squared	0.003542	S.D. dependent var		127.8671
S.E. of regression	127.6405	Akaike info criterion		12.53654
Sum squared resid	1.43E+08	Schwarz criterion		12.53816
Log likelihood	-54908.05	Hannan-Quinn criter.		12.53709
F-statistic	32.13419	Durbin-Watson stat		0.163714
Prob(F-statistic)	0.000000	Wald F-statistic		5.884726
Prob(Wald F-statistic)	0.015293			

Dependent Variable: PRICE2013

Method: Least Squares

Date: 05/05/16 Time: 12:24

Sample: 1 8760

Included observations: 8760

HAC standard errors & covariance (Bartlett kernel, Newey-West fixed bandwidth = 11.0000)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	371.2091	3.936435	94.30083	0.0000
WIND2013	-0.026754	0.002484	-10.76960	0.0000
R-squared	0.071598	Mean dependent var		340.6686
Adjusted R-squared	0.071492	S.D. dependent var		72.53902
S.E. of regression	69.89797	Akaike info criterion		11.33218
Sum squared resid	42789185	Schwarz criterion		11.33379
Log likelihood	-49632.94	Hannan-Quinn criter.		11.33273
F-statistic	675.4136	Durbin-Watson stat		0.136821
Prob(F-statistic)	0.000000	Wald F-statistic		115.9842
Prob(Wald F-statistic)	0.000000			

Dependent Variable: PRICE2014

Method: Least Squares

Date: 05/05/16 Time: 12:24

Sample: 1 8760

Included observations: 8760

HAC standard errors & covariance (Bartlett kernel, Newey-West fixed bandwidth = 11.0000)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	316.7781	3.284175	96.45590	0.0000
WIND2014	-0.022088	0.002090	-10.57007	0.0000
R-squared	0.093686	Mean dependent var		287.5497
Adjusted R-squared	0.093583	S.D. dependent var		59.86460
S.E. of regression	56.99466	Akaike info criterion		10.92402
Sum squared resid	28449411	Schwarz criterion		10.92564
Log likelihood	-47845.21	Hannan-Quinn criter.		10.92457
F-statistic	905.3190	Durbin-Watson stat		0.122693
Prob(F-statistic)	0.000000	Wald F-statistic		111.7264
Prob(Wald F-statistic)	0.000000			

Dependent Variable: PRICE2015

Method: Least Squares

Date: 05/05/16 Time: 12:25

Sample: 1 8760

Included observations: 8760

HAC standard errors & covariance (Bartlett kernel, Newey-West fixed bandwidth = 11.0000)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	219.2868	6.565893	33.39786	0.0000
WIND2015	-0.006982	0.002523	-2.767665	0.0057
R-squared	0.006988	Mean dependent var		205.8934
Adjusted R-squared	0.006875	S.D. dependent var		91.39172
S.E. of regression	91.07703	Akaike info criterion		11.86152
Sum squared resid	72647836	Schwarz criterion		11.86313
Log likelihood	-51951.44	Hannan-Quinn criter.		11.86207
F-statistic	61.63332	Durbin-Watson stat		0.116073
Prob(F-statistic)	0.000000	Wald F-statistic		7.659968
Prob(Wald F-statistic)	0.005658			

Dependent Variable: PRICETOTAL

Method: Least Squares

Date: 05/03/16 Time: 16:53

Sample: 1 43821

Included observations: 43821

HAC standard errors & covariance (Bartlett kernel, Newey-West fixed bandwidth = 16.0000)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	367.4001	3.673372	100.0171	0.0000
WINDTOTAL	-0.048640	0.001877	-25.91394	0.0000
R-squared	0.112497	Mean dependent var		309.8062
Adjusted R-squared	0.112477	S.D. dependent var		126.3201
S.E. of regression	119.0043	Akaike info criterion		12.39624
Sum squared resid	6.21E+08	Schwarz criterion		12.39664
Log likelihood	-271605.8	Hannan-Quinn criter.		12.39637
F-statistic	5554.357	Durbin-Watson stat		0.076625
Prob(F-statistic)	0.000000	Wald F-statistic		671.5322
Prob(Wald F-statistic)	0.000000			

## Appendix 9

Regressionsanalys med elpriset som beroende variabel och vindkraftsproduktion som dummy-variabler vid olika volymer.

Dependent Variable: PRIS  
Method: Least Squares  
Date: 05/17/16 Time: 09:54  
Sample: 1 43821  
Included observations: 43821  
HAC standard errors & covariance (Bartlett kernel, Newey-West fixed bandwidth = 16.0000)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	342.2918	3.173207	107.8694	0.0000
_1000_2000	-48.59877	3.965235	-12.25621	0.0000
_2000_3000	-93.81368	4.439536	-21.13142	0.0000
_3000_4000	-124.1543	5.507700	-22.54196	0.0000
_4000_5000	-171.8423	10.24579	-16.77199	0.0000
R-squared	0.098366	Mean dependent var		309.8062
Adjusted R-squared	0.098283	S.D. dependent var		126.3201
S.E. of regression	119.9521	Akaike info criterion		12.41218
Sum squared resid	6.30E+08	Schwarz criterion		12.41317
Log likelihood	-271952.0	Hannan-Quinn criter.		12.41249
F-statistic	1195.048	Durbin-Watson stat		0.082272
Prob(F-statistic)	0.000000	Wald F-statistic		183.1788
Prob(Wald F-statistic)	0.000000			

## Appendix 10

Hur vindkraftsproduktionen påverkar elpriset, uppdelat mellan sommar och vinter

Dependent Variable: PRIS\_SOMMAR

Method: Least Squares

Date: 05/03/16 Time: 11:38

Sample: 1 11040

Included observations: 11040

HAC standard errors & covariance (Bartlett kernel, Newey-West fixed bandwidth = 12.0000)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	323.1492	5.618495	57.51526	0.0000
VIND_SOMMAR	-0.070837	0.004821	-14.69342	0.0000
R-squared	0.123530	Mean dependent var		267.1193
Adjusted R-squared	0.123450	S.D. dependent var		122.4009
S.E. of regression	114.5969	Akaike info criterion		12.32090
Sum squared resid	1.45E+08	Schwarz criterion		12.32222
Log likelihood	-68009.37	Hannan-Quinn criter.		12.32135
F-statistic	1555.694	Durbin-Watson stat		0.037386
Prob(F-statistic)	0.000000	Wald F-statistic		215.8966
Prob(Wald F-statistic)	0.000000			

Dependent Variable: PRIS\_VINTER

Method: Least Squares

Date: 05/03/16 Time: 11:39

Sample (adjusted): 1 10821

Included observations: 10821 after adjustments

HAC standard errors & covariance (Bartlett kernel, Newey-West fixed bandwidth = 12.0000)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	462.2284	7.631965	60.56480	0.0000
VIND_VINTER	-0.075566	0.003187	-23.70946	0.0000
R-squared	0.282799	Mean dependent var		349.2557
Adjusted R-squared	0.282733	S.D. dependent var		147.0352
S.E. of regression	124.5265	Akaike info criterion		12.48710
Sum squared resid	1.68E+08	Schwarz criterion		12.48845
Log likelihood	-67559.45	Hannan-Quinn criter.		12.48755
F-statistic	4266.032	Durbin-Watson stat		0.153431
Prob(F-statistic)	0.000000	Wald F-statistic		562.1385
Prob(Wald F-statistic)	0.000000			

## Appendix 11

Hur vindkraftsproduktionen påverkar elpriset, uppdelat mellan dag och natt

Dependent Variable: PRIS\_DAG

Method: Least Squares

Date: 05/17/16 Time: 11:31

Sample: 1 12782

Included observations: 12782

HAC standard errors & covariance (Bartlett kernel, Newey-West fixed bandwidth = 12.0000)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	386.2265	5.809822	66.47820	0.0000
VIND_DAG	-0.050478	0.002881	-17.51818	0.0000
R-squared	0.121413	Mean dependent var		327.4591
Adjusted R-squared	0.121344	S.D. dependent var		125.6955
S.E. of regression	117.8228	Akaike info criterion		12.37640
Sum squared resid	1.77E+08	Schwarz criterion		12.37756
Log likelihood	-79095.55	Hannan-Quinn criter.		12.37679
F-statistic	1766.078	Durbin-Watson stat		0.136095
Prob(F-statistic)	0.000000	Wald F-statistic		306.8867
Prob(Wald F-statistic)	0.000000			

Dependent Variable: PRIS\_NATT

Method: Least Squares

Date: 05/17/16 Time: 11:31

Sample (adjusted): 1 12781

Included observations: 12781 after adjustments

HAC standard errors & covariance (Bartlett kernel, Newey-West fixed bandwidth = 12.0000)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	319.8954	5.643364	56.68523	0.0000
VIND_NATT	-0.043626	0.002846	-15.32975	0.0000
R-squared	0.111677	Mean dependent var		266.5068
Adjusted R-squared	0.111607	S.D. dependent var		112.6251
S.E. of regression	106.1543	Akaike info criterion		12.16782
Sum squared resid	1.44E+08	Schwarz criterion		12.16899
Log likelihood	-77756.46	Hannan-Quinn criter.		12.16821
F-statistic	1606.530	Durbin-Watson stat		0.060844
Prob(F-statistic)	0.000000	Wald F-statistic		235.0013
Prob(Wald F-statistic)	0.000000			



## Appendix 12

Hur vindkraftsproduktionen påverkar elpriset, uppdelat mellan olika konsumtionsnivåer

Dependent Variable: PRIS\_LAG

Method: Least Squares

Date: 05/05/16 Time: 13:35

Sample (adjusted): 1 14606

Included observations: 14606 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	299.0940	1.406272	212.6856	0.0000
VIND_LAG	-0.050014	0.001149	-43.52745	0.0000
R-squared	0.114836	Mean dependent var		250.1932
Adjusted R-squared	0.114775	S.D. dependent var		108.6511
S.E. of regression	102.2259	Akaike info criterion		12.09238
Sum squared resid	1.53E+08	Schwarz criterion		12.09342
Log likelihood	-88308.68	Hannan-Quinn criter.		12.09273
F-statistic	1894.639	Durbin-Watson stat		1.641374
Prob(F-statistic)	0.000000			

Dependent Variable: PRIS\_NORMAL

Method: Least Squares

Date: 05/05/16 Time: 13:35

Sample (adjusted): 1 14607

Included observations: 14607 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	380.4529	1.286190	295.7983	0.0000
VIND_NORMAL	-0.054723	0.000817	-66.95327	0.0000
R-squared	0.234849	Mean dependent var		311.0405
Adjusted R-squared	0.234797	S.D. dependent var		105.1747
S.E. of regression	92.00252	Akaike info criterion		11.88165
Sum squared resid	1.24E+08	Schwarz criterion		11.88269
Log likelihood	-86775.60	Hannan-Quinn criter.		11.88199
F-statistic	4482.741	Durbin-Watson stat		1.738772
Prob(F-statistic)	0.000000			

Dependent Variable: PRIS\_HOG  
 Method: Least Squares  
 Date: 05/05/16 Time: 13:36  
 Sample: 1 14608  
 Included observations: 14608

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	458.8007	1.742075	263.3645	0.0000
VIND_HOG	-0.069386	0.001100	-63.07825	0.0000
R-squared	0.214092	Mean dependent var		368.1769
Adjusted R-squared	0.214038	S.D. dependent var		134.3223
S.E. of regression	119.0828	Akaike info criterion		12.39765
Sum squared resid	2.07E+08	Schwarz criterion		12.39869
Log likelihood	-90550.45	Hannan-Quinn criter.		12.39800
F-statistic	3978.866	Durbin-Watson stat		1.558497
Prob(F-statistic)	0.000000			

## Appendix 13

Tabell med statistik på elpriset och vindkraftsproduktion mellan åren 2011-2015

	<b>Pris 2011</b>	<b>Pris 2012</b>	<b>Pris 2013</b>	<b>Pris 2014</b>	<b>Pris 2015</b>
<b>Mean</b>	431,4374	283,5613	340,6686	287,5497	205,8934
<b>Median</b>	436,3750	280,0000	330,7200	284,9950	216,0000
<b>Maximum</b>	913,1700	2258,000	912,3300	954,7300	1393,000
<b>Minimum</b>	0,000000	0,000000	0,000000	5,420000	3,000000
<b>Std, Dev,</b>	136,1846	127,8671	72,53902	59,8646	91,39172
<b>Variance</b>	18546,2453	16349,995	5261,9094	3583,7703	8352,446485
<b>Skewness</b>	-0,43719	3,937939	0,886119	0,811200	1,574359
<b>Kurtosis</b>	3,642127	40,99342	6,539955	10,08482	15,42144
<b>Jarque-Bera</b>	429,5572	549518,1	5720,320	19281,79	59935,37
<b>Probability</b>	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
<b>Sum</b>	3779392,	2483997,	2984257,	2518936,	1803626,
<b>Sum Sq, Dev,</b>	1,62E+08	1,43E+08	46089071	31390242	73159086
<b>Observations</b>	8760	8760	8760	8760	8760
	<b>Vind 2011</b>	<b>Vind 2012</b>	<b>Vind 2013</b>	<b>Vind 2014</b>	<b>Vind 2015</b>
<b>Mean</b>	706,9672	828,8877	1141,516	1323,243	1918,153
<b>Median</b>	595,0000	743,5000	967,6834	1162,470	1787,000
<b>Maximum</b>	2287,000	2454,000	3578,065	4663,052	4967,000
<b>Minimum</b>	15,00000	27,00000	14,98594	32,45259	74,00000
<b>Std, Dev,</b>	464,46	503,38	725,48	829,55	1094,16
<b>Variance</b>	215718,63	253389,11	526327,47	688154,03	1197192,67
<b>Skewness</b>	0,852225	0,685288	0,879064	0,865509	0,449609
<b>Kurtosis</b>	3,139958	2,835275	3,189891	3,426911	2,392237
<b>Jarque-Bera</b>	1067,530	695,5488	1141,381	1160,218	429,9581
<b>Probability</b>	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
<b>Sum</b>	6193033,	7261056,	9999680,	11591611	16803020
<b>Sum Sq, Dev,</b>	1,89E+09	2,22E+09	4,61E+09	6,03E+09	1,05E+10
<b>Observations</b>	8760	8760	8760	8760	8760