



Elmarknader – en internationell utblick

En underlagsstudie

IVA-projektet *Vägval el*



Med särskilt stöd av

SKGS


SVENSKT NÄRINGSLIV

KUNGL. INGENJÖRSVETENSKAPSAKADEMIEN (IVA) är en fristående akademi med uppgift att främja tekniska och ekonomiska vetenskaper samt näringslivets utveckling. I samarbete med näringsliv och högskola initierar och föreslår IVA åtgärder som stärker Sveriges industriella kompetens och konkurrenskraft. För mer information om IVA och IVAS projekt, se IVAS webbplats: www.iva.se.

Utgivare: Kungl. Ingenjörsvetenskapsakademien (IVA), 2016
Box 5073, SE-102 42 Stockholm
Tfn: 08-791 29 00

IVAS RAPPORTER: Inom ramen för IVAS verksamhet publiceras rapporter av olika slag. Alla rapporter sakgranskas av sakkunniga och godkänns därefter för publicering av IVAS vd.

UNDERLAGSSTUDIE (IVA-R): Inom verksamheten produceras underlagsrapporter som material för att belysa olika frågeställningar. Uppdrag kan till exempel ges till enskilda projektmedlemmar, forskare vid universitet och högskolor eller konsultföretag. Författarna står själva för innehållet, och IVA står nödvändigtvis inte bakom analys, slutsatser och eventuella rekommendationer. Inför publicering sakgranskas rapporten av IVA för att garantera vetenskaplighet och kvalitet.

IVA-R 486
ISSN: 1102-8254
ISBN: 978-91-7082-915-4

Författare: Harald Klomp, Uppsala Engineering Partner

Projektledare: Jan Nordling, IVA
Redaktör: Camilla Koebe, IVA
Layout: Anna Lindberg & Pelle Isaksson, IVA

Denna studie finns att ladda ned som pdf-fil
via IVAS hemsida www.iva.se

Innehåll

1. Sammanfattning	4
2. Inledning	6
3. Elmarknader.....	7
Handel och priser.....	7
Förnybar energi och elmarknader	7
Den nordamerikanska elmarknaden	8
4. Fallstudier – sex elmarknadsområden.....	13
PJM Interconnection (nordöstra USA).....	14
Georgia	16
Texas	17
Kalifornien	18
Ontario, Kanada.....	19
Storbritannien.....	21
5. Litteraturförteckning.....	25

I. Sammanfattning

Tabell I: Sammanfattning av positiva och negativa aspekter från de studerade elmarknaderna.

	Positivt	Negativt
PJM	Kapacitetsmarknad ger stabilitet för befintliga aktörer och möjlighet till investeringar i ny kapacitet.	Investeringar i förnybart styrs helt av statliga subventioner, inte marknaden. Risk att för mycket kapacitet byggs.
Georgia	Teknikneutral planering ger stabila kostnader samtidigt som leveranssäkerhet garanteras.	Begränsad konkurrens.
Texas	Elhandlare och stora förbrukare har starka incitament att vara flexibla.	Kan finnas risk för kapacitetsbrist.
Kalifornien	Leveranssäkerheten garanteras.	Politisk detaljstyrning ger höga kostnader.
Ontario	Rimliga förutsättningar för alla aktörer, såväl nya (dyrare) som gamla (billigare).	Inmatningstariffer och "gratis" anslutning till elnät har gjort vindkraftinvesteringar onödigt dyra i början. Nu upphandlas vindprojekt istället. Politisk detaljstyrning.
Storbritannien	Rimliga förutsättningar för alla aktörer, nya (dyrare) såväl som gamla (billigare).	Storskaligt införande av helt ny teknik som havsvind, vågkraft och ny kärnkraft, för att få ner kostnaden på, sikt är mycket dyrt.

Rapporten beskriver hur olika elmarknadsmodeller ser ut i ett antal utvalda regioner och länder. De sex elmarknader som studerats är:

- **PJM** (Pennsylvania New Jersey Maryland). PJM är regional systemoperatör för hela eller delar av tretton delstater samt Washington DC, och utgör med 600 TWh världens största integrerade elmarknad. PJM har förutom en energimarknad även en kapacitetsmarknad.
- **Georgia**. Georgia är en reglerad elmarknad som domineras av en aktör, Georgia Power. Georgia Power är ett helägt dotterbolag till Southern Energy som är USAs största energibolag.
- **Texas**. Texas elsystem är frikopplat från resten av USA, och är den delstat som producerar mest el och mest vindkraft. Texas har en avreglerad elmarknad. Texas är den mest renodlade energy only-marknaden i USA.
- **Kalifornien**. Kalifornien har avvecklat en del kärnkraft och satsar på gaskraft, solenergi och vindkraft. Kalifornien importerar 20 procent av sin elenergi.
- **Ontario**. Ontario är en reglerad elmarknad. Ontario har många likheter med Sverige med ungefär samma elförbrukning, hög andel kärnkraft (60 procent) och vattenkraft samt en elitensiv pappers-, stål- och kemiindustri. Ontario har nyligen fasat ut sin kolkraft.
- **Storbritannien**. Storbritannien har genomfört en stor förändring av sin elmarknad där de satsar på teknikutveckling inom havsbaserad vindkraft, ny kärnkraft och vågkraft. Målet är att 2020 kunna upphandla alla kolsnåla tekniker på en teknikneutral marknad. Storbritannien har också infört en kapacitetsmarknad.

PJM och Storbritannien har valt att införa kapacitetsmarknader för att behålla befintlig elproduktion vid fallande marginalpriser på marknaden, något som blir en följd subventioner till förnybar produktion. Därutöver finns den traditionella energy only-marknaden där elpriser sätts baserat på marginalkostnaden för den sista kilowattimmen. För fossil energi är marginalkostnaden ofta bränslekostnaden, för förnybar energi och kärnkraft är marginalkostnaden låg till försumbar. I en energy only-marknad är producenter med låga marginalkostnader antingen beroende av att



det finns tillräckligt med fossil energi för att hålla priserna uppe, alternativt att det finns andra betalningsströmmar.

Kapacitetsupphandlingar gynnar hittills främst byggande av ny gaskraft vilket vi kan se både i PJM och Storbritannien. För PJM kostar kapacitet 116 dollar per MW per dag för leverans 2018/19. För Storbritannien är samma siffra 19,40 £ / kW/ år. Omräknat motsvarar detta 370 miljoner kronor (kurs 8,74 kr/\$) per GW och år för PJM och 254 miljoner kronor (kurs 13,13 kr/£) per GW för Storbritannien. Förutom att det gynnar nybyggnation av gaskraft, så ges u Storbritannien och PJM kapacitetsbetalningar för befintlig produktion både för kolkraft och kärnkraft. Båda upphandlar också en mindre del förbrukningsreduktioner.

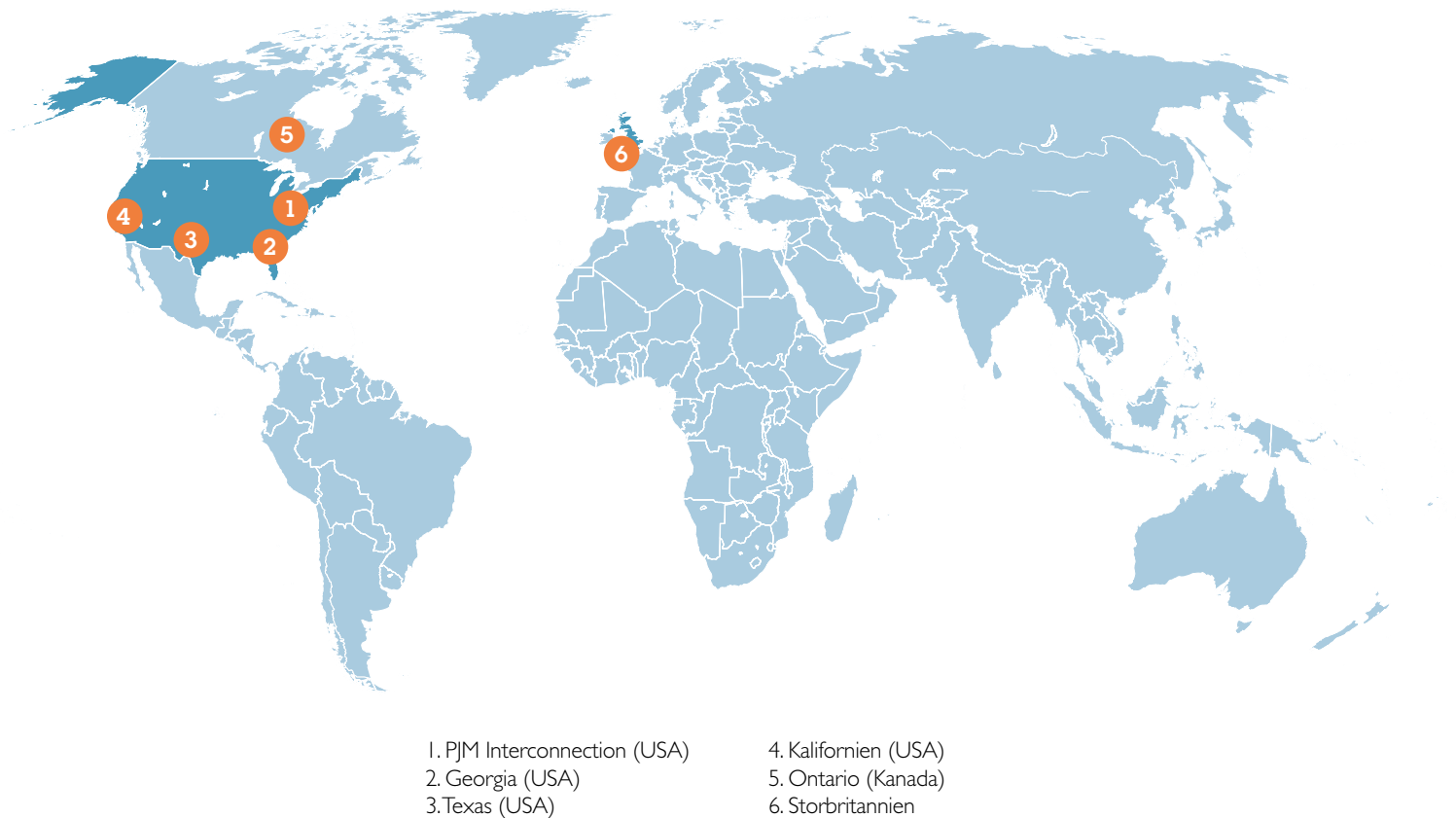
Ontario, Kalifornien, Georgia, delar av Texas och

stora delar av PJM har reglerade elmarknader. I Georgia styrs investeringarna av en långsiktig energiplan som uppdateras var tredje år. Inom denna togs 2012 beslut om att investera i ny kärnkraft baserat på en sådan analys. Processen innehåller också samråd med allmänheten och allmänheten har full insyn i hela processen.

I Ontario krävs mer av den lokala politiken, då det i Kanada närmast helt saknas federal inblandning i provinsernas energipolitik. Investeringar i vind och sol får federala subventioner i USA men inte i Kanada. Det är därför enklare för delstater att ha mål för förnybar energi som till exempel i Texas, då utbyggnaden kan finansieras med federala medel med undantag för utbyggda elnät (som inte bara gynnar förnybar energi).

Viktiga lärdomar från de olika elmarknaderna sammanfattas i Tabell 1.

2. Inledning



Figur 1: De regionala elmarknaderna som analyseras i studien. PJM står för Pennsylvania New Jersey Maryland och betjänar 13 delstater i nordöstra USA samt Washington D.C.

Kungl. Ingenjörsvetenskapsakademien, IVA, har inom ramen för projektet Vägval el tagit fram en specialstudie av elmarknaderna i fem regioner i Nordamerika samt Storbritannien. Syftet med studien är att få veta hur dessa elmarknader fungerar, samt för- och nackdelar med olika marknadslösningar. De sex studerade elmarknaderna representerar olika marknadsdesign. Regionerna visas i bilden ovan, där PJM, Georgia, Texas och Kalifornien ligger i USA.

Rapporten består av två delar. Första delen innehåller en övergripande beskrivning av elmarknader, med

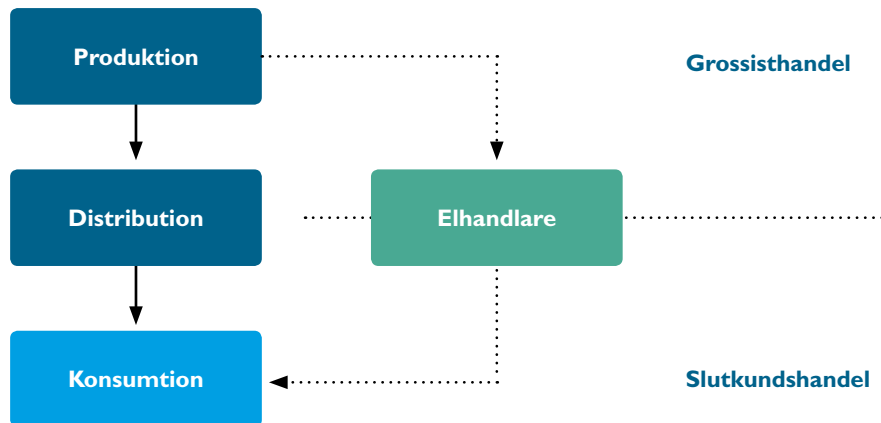
en fördjupning av den nordamerikanska marknaden. Därefter görs en beskrivning av respektive elmarknad. Faktainsamling har skett genom en kombination av litteraturstudier och intervjuer.

Avsikten har inte varit att i detalj analysera elmarknadernas funktion eftersom prioriteringarna kan skilja mellan olika delstater när det gäller till exempel leveranssäkerhet och kostnader.

Studien är ett faktaunderlag för projektet Vägval el och innehåller inte några rekommendationer.

3. Elmarknader

Figur 2: Illustration av elproduktion och elhandel.



Avsnittet nedan ger en allmän genomgång av elmarknaderna, olika prisvarianter och hur förnybar energi påverkar elmarknaderna, följt av en grundligare genomgång av den nordamerikanska elmarknaden.

Handel och priser

En elmarknad består av produktion, distribution och användning av elenergi. Elhandel brukar ske i två led: grossisthandel där producenter säljer sin el till elhandlare samt slutkundshandel där elhandlare säljer elen till slutkunder (se illustration i Figur 2).

Producenter kan antingen få betalt genom bilaterala kontrakt (Power Purchase Agreements, PPA), på en spotmarknad eller en kombination av dessa. Ersättning till producenter innehåller ofta en grundersättning för fasta kostnader samt en ersättning för rörliga kostnader.

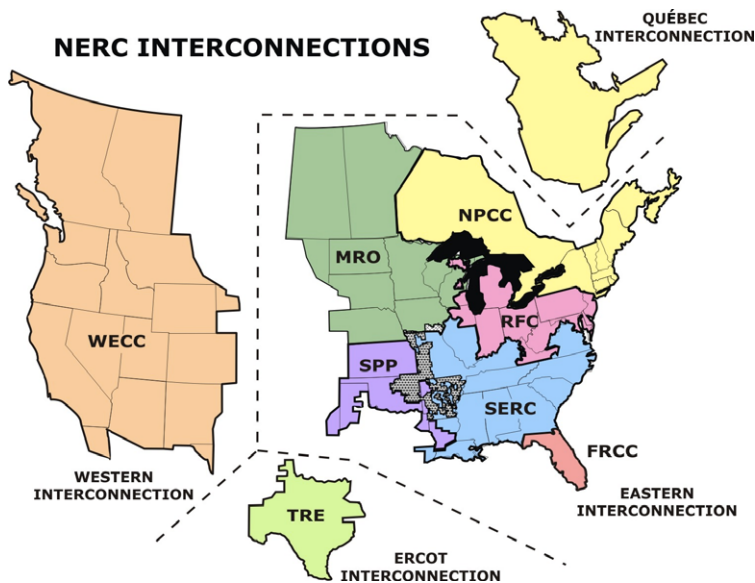
På spotmarknaden sätts priset utifrån på den producent som för en viss leveranstimme har högst rörliga kostnader. Begränsningar i transmissionsnäten gör att elpriset är platsberoende. Priserna jämnas ut genom att investera i mer lokal produktion eller mer transmission, beroende på vilket som anses mest kostnadseffektivt.

Utöver handel med el finns även kapacitetsmarknader. En kapacitetsmarknad innebär att inte enbart upphandla energi dag för dag, utan också att säkerställa att tillräcklig produktionskapacitet finns tillgänglig när den behövs, det sker en upphandling av effekt.

Förnybar energi och elmarknader

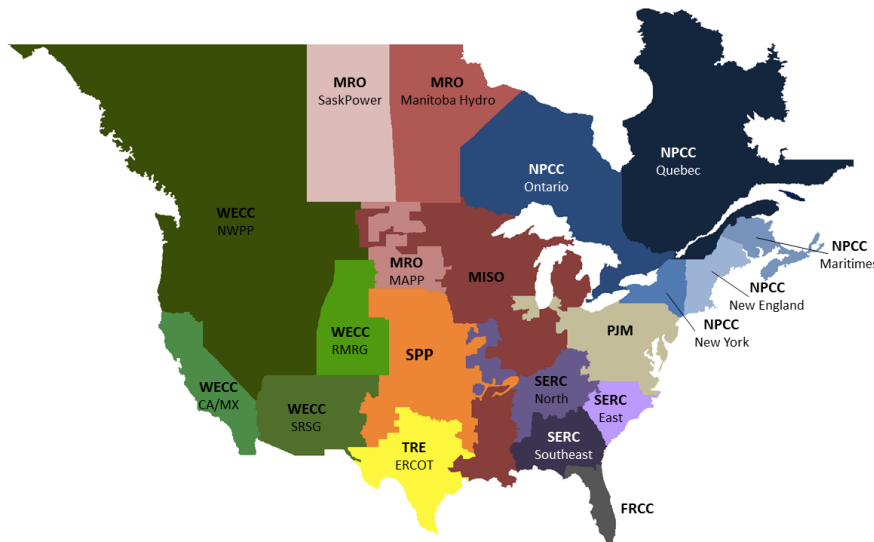
Förnybar energi såsom vind och sol skapar nya utmaningar för traditionella elmarknader på flera sätt. För det första är de intermittenta krafslag och kan inte avropas när som helst. Deras produktion är beroende av väder och inte av kundernas efterfrågan. För det andra är de rörliga kostnaderna för vind och sol praktiskt taget noll. Om det dessutom finns subventioner med i bilden, vilket det ofta gör, kan elpriset bli negativt, vilket innebär att en producent av förnybar el skulle kunna behöva betala elkunder för att ta emot elen. Eftersom tillgången på vind och sol inte alltid är bäst just där elbehovet är som störst, blir transmission en vanlig begränsning. Sammantaget gör det att mycket vind och sol driver ner elpriserna, vilket påverkar samtliga elproducenter på marknaden och ”stör” marknadens normala funktion.

Kolkraftverk med egna gruvor och kärnkraft har



Figur 3 (ovan): Nordamerikanska elmarknaden är uppdelad i fyra delar: öst och väst som delas ungefär vid Klippiga bergen, och dessutom Quebec och Texas. Källa: NERC

Figur 4 (nedan): Nordamerikanska balansområden. Källa: NERC



NERC: North American Electric Reliability Corporation

WECC: Western Electricity Coordinating Council

TRE: Texas Reliability Entity

MRO: Midwest Reliability Organization

NPCC: Northeast Power Coordinating Council

RFC: Reliability First

SERC: SERC Reliability Corporation

FRCC: Florida Reliability Coordinating Council

SPP: Southwest Power Pool

* NWPP (Northwest PowerPool), CA/MX (California-Mexico Power Area), SRSG (Southwest Reserve Sharing Group), RMRG (Rocky Mountain Reserve Group), MAPP (Mid-Continent Area Power Pool), ERCOT (Electric Reliability Council of Texas)

precis som vind och sol låga rörliga kostnader. En elmarknad där elpriset enbart bestäms utifrån rörliga kostnader måste ha begränsad andel sådan elproduktion. Det inte ovanligt att dessa energislag tränger ut varandra på elmarknaden.

Den nordamerikanska elmarknaden

Den nordamerikanska elmarknaden är indelad i fyra så kallade "interconnections": Eastern, Western, ERCOT (större delen av Texas) och Québec (se Figur 3). Områdena Eastern och Western består både av delstater i USA och provinser i Kanada, och delas av ungefär vid Klippiga bergen. Kanadas tre nordliga

territorier är inte anslutna till det nordamerikanska elnätet, då de tillhör ett av världens mest glesbefolkade områden.

Myndigheter, aktörer och styrmedel på federal nivå

Den amerikanska elmarknaden varierar för olika områden och delstater, men viss reglering och styrning är gemensam på federal nivå.

FERC (Federal Energy Regulatory Commission) är en oberoende myndighet som är ansvarig för reglering av den mellanstatliga transmissionen av el, olja och naturgas. FERC ser till att delstater, systemoperatörer och andra aktörer på elmarknaden inte otillbörligt gynnar eller missgynnar någon. Framförallt är det handeln mellan delstater som regleras. Texas är ett

undantag eftersom de inte synkroniserar el med andra delstater. Där regleras grossistledet men inte konsumentledet (Ferc, 2015).

NERC (North American Electric Reliability Corporation) tar fram standarder för att tillförlitligheten i elsystemet ska upprätthållas och kontrollerar efterlevnad. Den europeiska motsvarigheten till NERC är ENTSO-E (European Network of Transmission System Operators for Electricity). Förutom regionerna finns också ett antal balansområden med systemoperatörer, kallade ISO (Independent System Operator) och RTO (Regional Transmission Organization), se Figur 4.

Resursmarginalen ("resource adequacy") är en av de viktigaste standarderna som NERC tar fram. Genom att ha standarder för resursmarginal så kan de olika områdena anslutas till varandra utan att tillförlitligheten för helheten riskeras av ojämlikheter. Resursmarginalen mäts som en kvot mellan tillgänglig produktion och högsta förbrukningen, minus förbrukningsreduktioner. För termiska system används huvudsakligen en marginal på 15 procent som referens och för vattenkraftbaserade system (Kanada) används huvudsakligen 10 procent.

Behov av luftkonditionering gör att hela Nordamerika har sin högsta förbrukning på sommaren, med undantag för vissa provinser i Kanada. Ontario använder både mycket luftkonditionering och uppvärmning som drivs med el. Ontario har oftast högst förbrukning på sommaren, men ibland även på vintern om sommaren är mild och vintern extra kall.

I ett elsystem brukar man tala om baslast, säsongslast och topplast. Topplasten i USA möts huvudsakligen med gaskraft (40 procent), och har ökat med 28 procent jämfört med för fem år sedan. NERC ser den ökande mängden intermittent elproduktion från främst vind och sol som den största utmaningen för att upprätthålla

tillförlitligheten i elsystemet (NERC, 2014). Intermittent elproduktion ställer krav inte bara på energi och effekt (Watt) utan också på möjligheterna att variera effekten snabbt (Watt per timme). Exempelvis för Kalifornien bedömer NERC att det 2020 kan krävas 3 000 MW kapacitet som snabbt kan följa den varierande produktionen under dagen. Dessutom behövs en möjlighet att under tre timmar kontinuerligt fasa in/ut 13 000 MW produktion när främst solenergin ökar och minskar morgon och kväll (NERC/CAISO, 2013).

NERC tar fram standarder för den fysiska planeringen, medan en systemoperatör ser till att det varje sekund är balans mellan produktion och efterfrågan. Balansansvaret kan ske på olika nivåer: på lokal nivå, delstatsnivå eller regional nivå. I Nordamerika finns ett antal regionala balansansvariga ISO (Independent System Operator) och RTO (Regional Transmission Organization). I USA står dessa under federal översyn av FERC, se Figur 5.

Delstaterna i USA och provinserna i Kanada har antingen eget balansansvar eller har delegerat detta helt eller delvis till en regional systemoperatör (RTO/ISO).

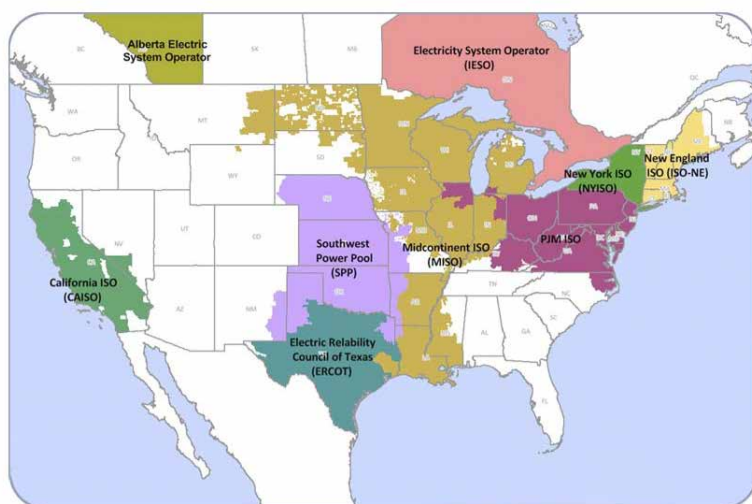
USA har ett flertal federala stöd för energi, dessa beskrivs i Tabell 2.

Elhandel och elmarknadsstruktur

Det kan vara svårt att jämföra elpriserna mellan olika elmarknader, men för USA har Energy Information Agency (EIA) tagit fram elpriser per delstat. Dessa redovisas i Figur 6.

Som framgår har Texas de lägsta elpriserna i USA, men priserna i Georgia är jämförbara med Texas, trots att dessa två delstater har helt olika elmarknadsmodeller. Texas har USAs mest avreglerade elmarknad och Georgia har en traditionell, reglerad elmarknad.

Av USAs 50 delstater är 28 inte avreglerade, sju har

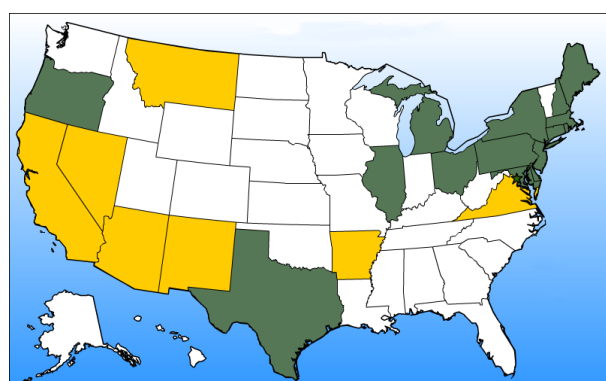
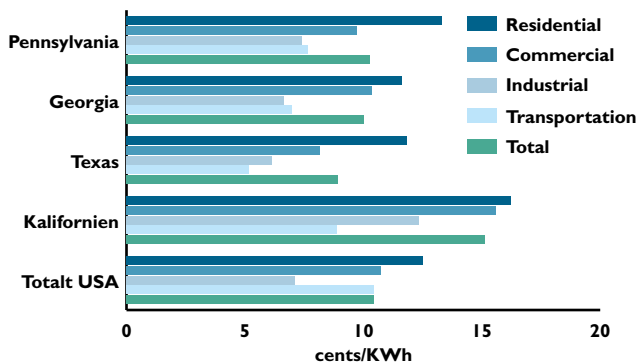


Figur 5: Regionala balansområden (RTO/ISO) i Nordamerika.
Källa: FERC

Tabell 2: Federala subventioner för elproduktion i USA

Teknik	Stöd
Solenergi	30 procent investeringsstöd (Energy, 2015)
Vindkraft	23 \$ / MWh (Energy, 2015)
Kärnkraft (ny)	21 \$ / MWh (högst 6 GW) (WNA, 2015)
Gaskraft	Investeringar i gasproduktion har förmånliga skatteupplägg.

Figur 6: Elpriserna för 2014 utvalda delstater i USA. Källa: EIA



Figur 7: Status för avreglering. Grönmarkerade delstater har avreglerade elmarknader där kunder helt eller delvis kan välja elhandelsbolag. Källa: EIA

Tabell 3: USAs tio största energibolag. Källa: EIA

Bolag	Delstat	Typ av ägare	Antal kunder (miljoner)	Försäljning (TWh)
Florida Power & Light Co	FL	Investor owned	4,7	104
Georgia Power Co	GA	Investor owned	2,4	84
Southern California Edison Co	CA	Investor owned	5	76
Virginia Electric & Power Co	VA	Investor owned	2,4	76
Pacific Gas & Electric Co	CA	Investor owned	5,2	75
Alabama Power Co	AL	Investor owned	1,5	57
Duke Energy Carolinas, LLC	NC	Investor owned	1,9	57
DET Electric Company	MI	Investor owned	2,1	42
Reliant Energy Retail Services	TX	Provider	1,3	39
TXU Energy Retail Co LP	TX	Provider	1,7	38

avbrutit planer på avreglering och 16 är avreglerade (EIA, 2010). En viktig orsak till att avregleringen avbröts på många håll är de misstag som gjordes i Kalifornien i början på 00-talet och som medförde elavbrott och skenande priser. "Avreglering" är också delvis sanning med modifikation, då elkunder inom de 16 delstater som avreglerat elmarknaden inte alltid omfattas av möjligheten att välja elproducent. I Texas kan elkunderna i huvudstaden Austin inte välja elhandelsbolag, medan elkunder i Houston kan det.

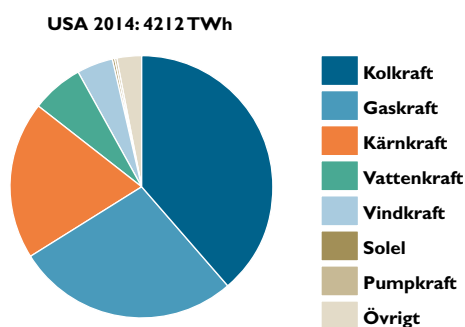
I USA finns det omkring 2000 energibolag som 2014

levererade 3 700 TWh el till 133 miljoner elkunder. I genomsnitt har alltså varje energibolag enbart 65 000 elkunder och levererade ungefär 1,5 TWh 2014.

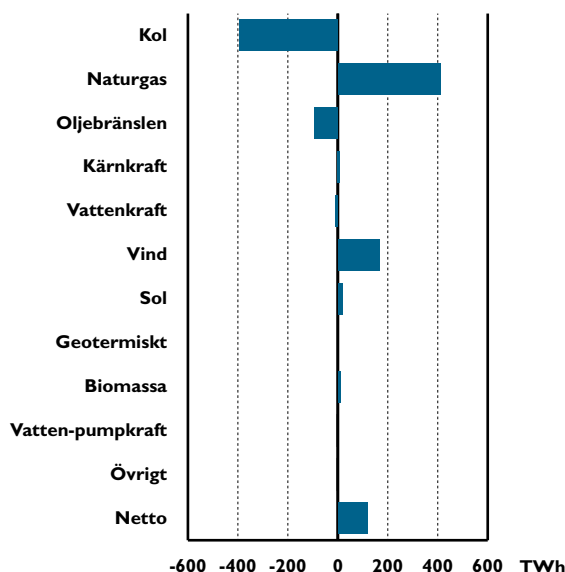
De tio största energibolagen framgår av Tabell 3. Detta kan jämföras med exempelvis Vattenfall som enbart i Norden producerar närmare 100 TWh.

De amerikanska energibolagen har en genomsnittlig försäljning på omkring 10 TWh. Den stora mängden små aktörer är ett skäl till varför energibolag i USA tvekar att investera i stora och riskfyllda projekt, exempelvis ny kärnkraft.

Figur 8: USAs elproduktion 2014. Källa EIA.



Figur 9: Förändring i USAs elproduktion på tio år. Störst förändring är mer gas och mindre kol. Största "nya" energikälla är vindkraft. Källa EIA



Elproduktion

Elproduktionen i USA uppgick 2014 till 4 212 TWh och utgjordes huvudsakligen av konventionell elproduktion, kolkraft, gaskraft, kärnkraft och vattenkraft, se Figur 8 (ARB, 2012).

Den enskilt största förändringen de senaste tio åren är en minskning av kolkraft och ökning av gaskraft, se Figur 9. I USA produceras 18 TWh solenergi och 182 TWh vindkraft. Totalt utgjorde vind och sol ungefär sex procent av den totala elproduktionen.

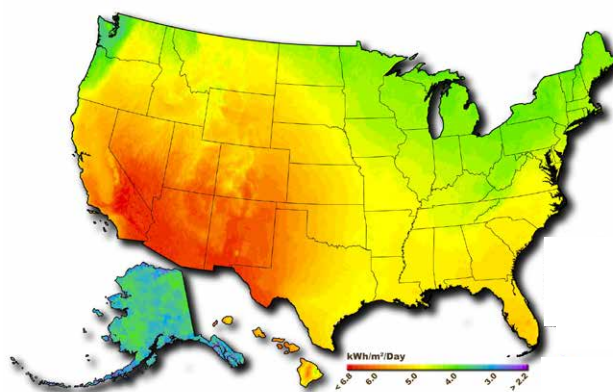
Nedan följer en beskrivning av förutsättningarna för att investera i de tre energislagen solenergi, vindkraft och gaskraft. Förutsättningarna för dessa tre energislag varierar från region till region.

Solenergi

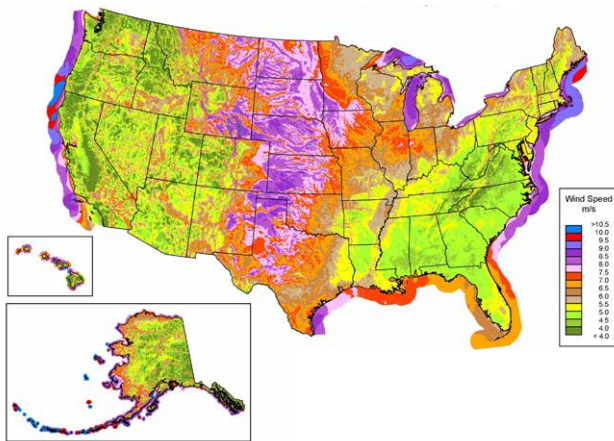
Det fanns under 2014 i USA genomsnitt 15 gigawatt installerad effekt solkraft (SEIA, 2014). Totalt producerades ungefär 18 TWh el. I genomsnitt motsvarade detta en produktion på maxkapacitet (så kallade fullasttimmar) under cirka 1200 av årets 8760 timmar (14 procent). Genomsnitt i Sverige brukar vara ungefär 900 fullasttimmar. Förutsättningarna för solenergi är således klart fördelaktiga jämfört med Sverige, men ojämnt fördelade över landet. Flest soltimmar har ökenområdena i sydvästra USA, se Figur 10.

Intressant att notera är att förutsättningar för solenergi i Florida i sydöst är likvärdiga med Montana i nordväst. Subtropiskt klimat med mycket moln drar förmodligen ner siffrorna för Florida.

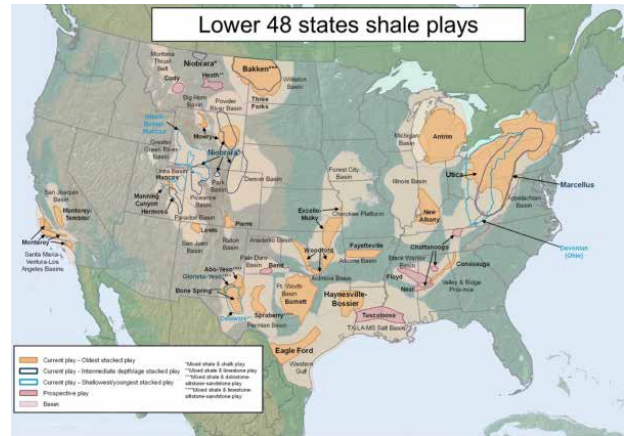
De flesta delstater i USA har någon form av netto-debitering för att stödja produktion "bakom mätaren" vilket i de flesta fall är sol. Nettodebitering gör att såld el kvittas mot förbrukad el. Solenergi mitt på dagen kan alltså kvittas mot gaskraft på kvällen. Det är dock dyrare att producera gaskraft på kvällen än solenergi på dagen, vilket alltså indirekt innebär en subvention. Nettodebitering minskar också intäkterna för elnätbolagen, trots att kostnaden för att ha kunden ansluten till elnätet inte minskar. Ibland kräver solenergi tvärtom ökade investeringar i elnäten. Minskade intäkter för elnätbolagen har gjort att kostnaden för att använda elnätet har ökat för kollektivet, vilket motsvarar en slags indirekt



Figur 10: Potential för solenergi i USA. Källa: US DOE



Figur 11: Förutsättningar för vindkraft. Bäst resurser finns till havs och i centrala USA. Källa US DOE



Figur 12: Skifferfyndigheter i USA. Källa EIA

subvention. I ett scenario för 2020 som Kaliforniens systemoperatörer CAISO och NERC har gjort över förbrukning och produktion av solenergi visar att efterfrågan minskar mitt på dagen, samtidigt som solenergin är som högst. Ett system utan nettodebitering skulle göra det mer lönsamt att förbruka elen mitt på dagen och minska sin elförbrukning på kvällen, alternativt lagra elen på dagen och sälja den dyrare på kvällen (NERC/CAISO, 2013).

Vindkraft

Vindkraft är det förnybara energilag som byggs ut mest de senaste tio åren, och utgör idag 5 procent av elproduktionen i USA. I USA producerades 2014 ungefär tio gånger mer el med vindkraft jämfört med solenergi.

Som framgår av Figur 11 så finns de bästa landbaseade vindresurserna i centrala USA. Texas toppar med störst vindkraftsproduktion, med en produktion på 39 TWh av totalt 182 TWh i landet 2014. De delstater där vindkraft utgör störst andel av produktionen är Kansas, South Dakota och Iowa, där vindkraft uppgår till över en femtedel av den totala produktionen.

Gaskraft

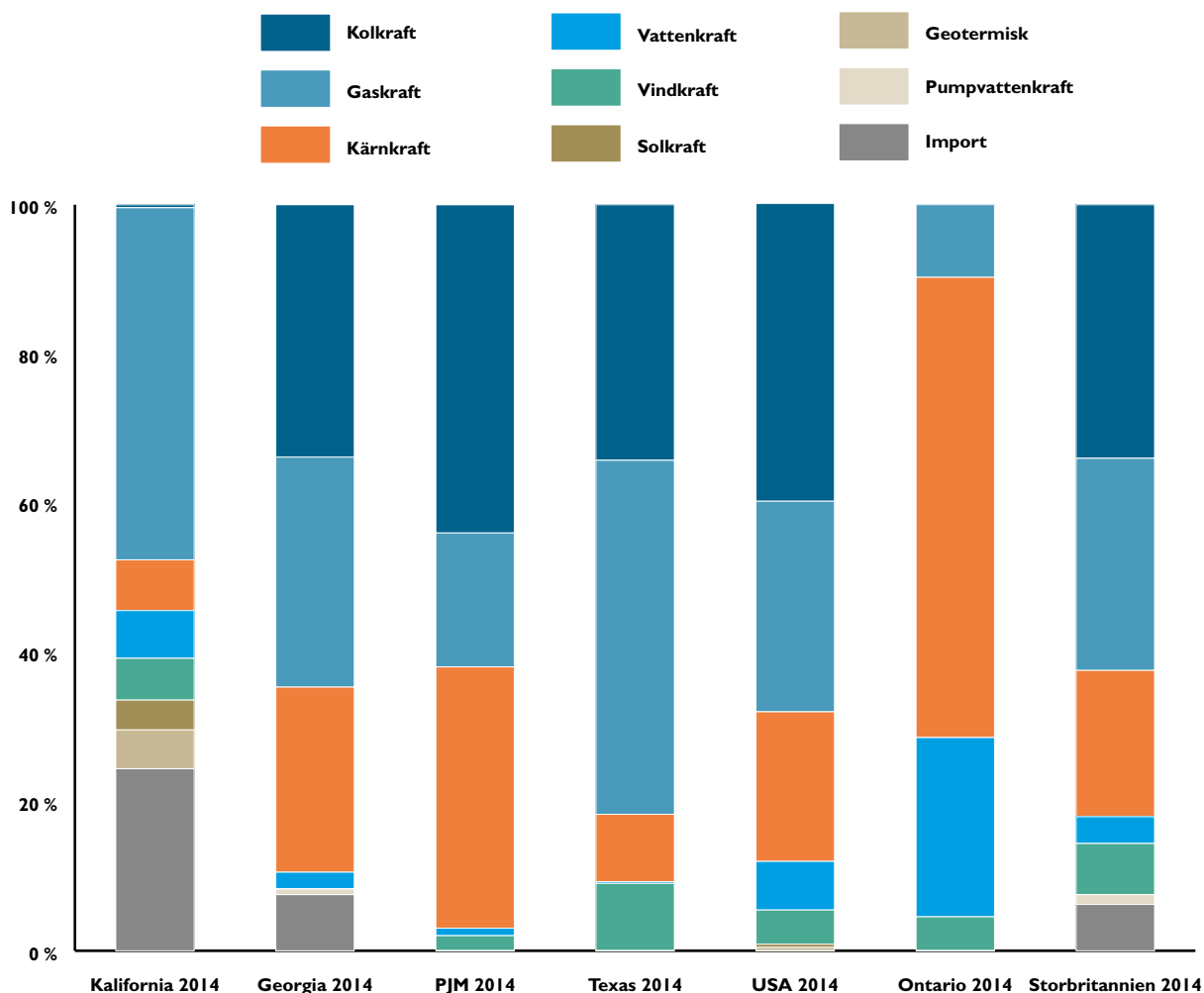
Gaskraft är en viktig komponent på den amerikanska elmarknaden. Genom att på senare år lyckats kombinera tre tekniker har gasbolag i USA på ett billigt sätt kunnat utvinna gas ur skiffer. Teknikerna som kombinerats är förbättrade tredimensionella kartor, horisontell borrning och spräckning av skifferformationer (så kallad fracking). 2005 års energilagstiftning gav också ett antal lättnader i regleringen av gasproduktion med undantag från vattenlagarna. Teknikutvecklingen och förmånliga skatteupplägg för olja- och gasindustrin har gjort att gaspriserna sjunkit till under 2 dollar per miljoner BTU (British thermal unit) från att ha legat på omkring 8 dollar för några år sedan. Gaspriserna i USA är nu omkring hälften av gaspriserna i Europa och Japan.

Av Figur 12 framgår att skifferformationer finns på många platser i USA. De tre största fälten är Bakken i North Dakota, Marcellus i norra Appalacherna (Virginia, West Virginia, Pennsylvania, New York) samt Eagle Ford i Texas.

4. Fallstudier

– sex elmarknadsområden

Figur 13: Elproduktionen på de sex studerade elmarknaderna och hela USA, TWh och procent. Källa: ENTSO-E, EIA, IESO, PJM



Nedan följer genomgångar av de sex områdena PJM Interconnection, Georgia, Texas och Kalifornien i USA, Ontario i Kanada samt Storbritannien. För respektive marknad presenteras en översikt av elproduktionen med fördjupning i eventuella produktionsslag som utmärker området, samt en genomgång av elmarknadsstrukturen med olika regleringar, marknader och stödsystem.

Som framgår av Figur 13 utgör fossil elproduktion från kol och gas huvuddelen av elproduktionen för de

flesta elmarknaderna. Ontario är ett undantag med en hög andel kärnkraft. Kalifornien utmärker sig med att ha en hög andel import samt högst produktion från solenergi. Storbritannien har högst andel vindkraft och PJM har högst andel kolkraft.

Alla elmarknader har samma syfte: att säkerställa leveranssäker el till konkurrenskraftiga priser. Minimering av miljöpåverkan ingår oftast inte i marknadsdesignen, utan är något som adderas efteråt med blandade resultat.

PJM INTERCONNECTION (NORDÖSTRA USA)

PJM Interconnection är en regional systemoperatör (RTO) som hanterar försäljning av el i hela eller delar av de tretton delstaterna Delaware, Illinois, Indiana, Kentucky, Maryland, Michigan, New Jersey, North Carolina, Ohio, Pennsylvania, Tennessee, Virginia, West Virginia och Washington DC. Området utgör med 600 TWh världens största integrerade elmarknad. PJM har förutom en energimarknad även en kapacitetsmarknad.

Elproduktionen

Elsystemen i PJM-området domineras av de tre produktionslagen kolkraft, kärnkraft och gaskraft (se Figur 14).

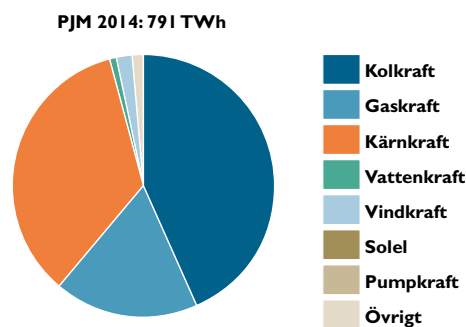
Elmarknadsutformning

PJM har ett antal olika typer av elmarknader, som presenteras nedan.

- Kapacitetsmarknad som upphandlar kapacitet med tre års framförhållning.
- Dagen-före-handel. Elhandel med fysisk el uppdelat i halvtimmar. Jämför Nord Pool Spot ELSPOT.
- Realtidsmarknad. Elhandel med fysisk el som uppdateras var femte minut i realtid. Jämför Nord Pool Spot ELBAS.
- Transmissionsrätter.

Här redovisas inga detaljer om hur den fysiska elproduktionen sköts, men däremot några aspekter som skiljer PJM från andra elmarknader.

PJM har centraliserad styrning ("dispatch") av pro-



Figur 14: Elproduktionen hos PJM under 2014. Källa: PJM

duktionen, istället för den modell med balansansvariga som används i Norden.

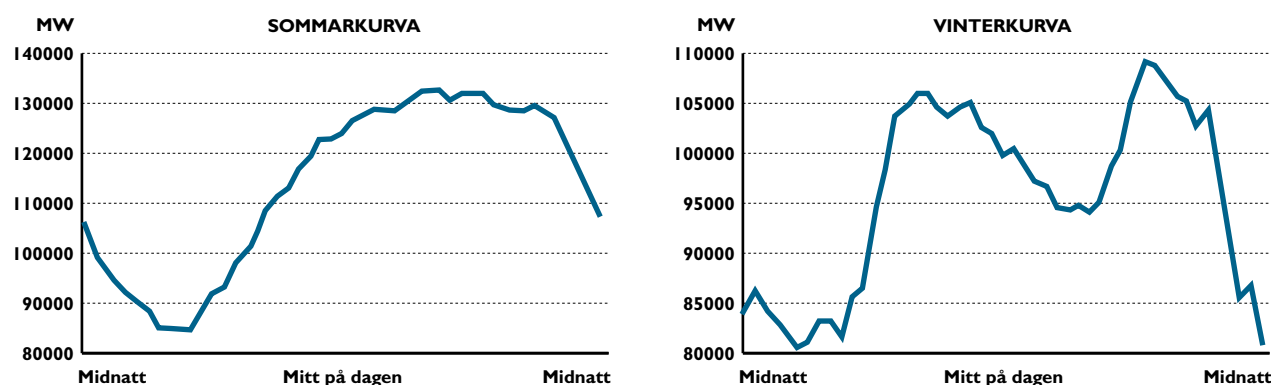
PJM Kapacitetsmarknad

PJM upphandlar kapacitet tre år i förväg för att säkerställa långsiktig stabilitet för elkunderna. Kapacitetsmarknaden ska ge PJM:

- Leveranssäker tillgång till bränsle
- Förbättrad tillgänglighet under tider med hög efterfrågan
- Hög tillgänglighet av produktionsresurser
- Flexibel resursanvändning
- Operativ mångfald

PJM upphandlar kapacitet i de tre kategorierna förbrukningsminskning (demand response, DR), energi-effektivisering och produktionskapacitet. Kapacitet upphandlas i 19 zoner. Kapacitetspriserna varierar något per zon och ska signalera till marknaden var ny kapacitet behövs. PJM gör en behovsinventering av hur mycket effekt som behövs för att möta det högsta el-

Figur 15: För att aktörerna ska veta hur en typisk dag ser ut på sommar och på vinter ger PJM exempel på hur efterfrågan varierar en typisk sommar- respektive vinterdag. Källa: PJM



Tabell 4: Sammanställning av kapacitetsmarknaden i PJM-området

Kategori	Tillgänglighet	Startbegränsningar	Sanktionsavgifter	Sanktionsperiod
Reservkraft	Alla årets timmar	Inga	Kostnad för ny produktionskapacitet om ej brist föreligger: \$2700/MWh vid timmar där brist föreligger.	Året runt vid tillfällen då PJM deklarerar olika bristsituationer.
Baskraft	Alla årets timmar	Inga	Kostnad för ny produktionskapacitet om ej brist föreligger: \$2700/MWh vid timmar där brist föreligger.	Vid högsta förbrukning sommartid.
Utökad efterfrågeflexibilitet, sommar	Maj-oktober	10 h/dag	Enligt prislista.	När DR behövs.
Begränsad efterfrågeflexibilitet	Juni-september	10 gånger à 6 timmar per år.	Enligt prislista.	När DR behövs.

behovet, inklusive en viss reservmarginal. NERC-standarden är en resursmarginal på 15 procent. Högsta efterfrågan sommartid i PJM är ungefär 160 GW, vilket beräknas öka till 173 GW inom tio år. Givet en efterfrågeflexibilitet på ungefär 14 GW som PJM har idag är resursmarginalen nästan 30 procent, en marginal som minskar något till 20 procent om tio år. PJM förväntar att kol minskar med 2 GW samtidigt som gaskraft ökar med ungefär 9 GW på tio år (NERC, 2014).

Vid upphandling anges ett antal parametrar för varje energikälla, exempelvis lägsta och högsta pris, starttid för anläggningen, minsta/maximala körtid samt minsta uppehåll mellan körningar.

Kapacitetsbehovet beror på hur efterfrågan på el varierar under dygnet. Efterfrågan en typisk sommardag och vinterdag skiljer sig åt, vilket framgår av Figur 15.

I den senaste upphandlingen för leverans år 2017/18 upphandlades totalt 167 GW produktions- och efterfrågeminskningar, varav gaskraft utgör den största

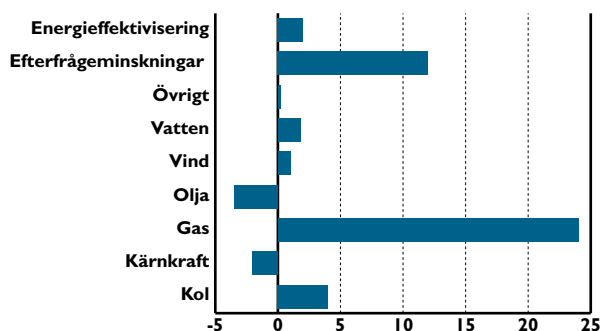
posten. Gas stod även för den största ökningen från föregående period (se Figur 16). Det som minskar är främst olja och kärnkraft.

Priset landade i snitt på 116 dollar per MW per dag, vilket för 1 GW motsvarar 41 miljoner dollar per år (PJM, 2015). Priserna ökar något och ligger för leverans 2018/19 på i snitt 166 dollar per MW per dag.

När en aktör inte klarar av att erbjuda kapacitet när den behövs, så måste en sanktionsavgift betalas. Insamlade sanktionsavgifter betalas ut till de övriga aktörerna som klarar sina åtaganden.

I januari 2014 fick PJM en ny högsta vinterförbrukning på 142 GW (PJM, 2014) med konsekvensen att det uppstod brist på gas med väldigt höga gaspriser som följd. Kolkraften hade också problem med frusna kolhögar. Både kolkraften och gaskraften hade därför problem att leverera. Till följd av denna händelse genomförde PJM ett antal förändringar av sin kapacitetsmarknad med större krav på kolkraft och gaskraft. Kolkraft tvingas nu ha åtgärder för att undvika att kolhögar och annat fryser fast. Gaskraftverk tvingas ha säkrad gastillförsel eller dubbla bränslen, i princip bestående av en stor tank med flygfotogen.

Figur 16: Förändringar av mängden kapacitet för leverans 2017/18 jämfört med leveranser 2007/08. Störst ökning på efterfrågeminskningar och gas. Minskning av olja och kärnkraft.



PJM dagen före-marknad

PJM har en mycket finmaskig elprissättning där priser sätts i totalt 11 000 noder. Varje nod är ett ställverk där el antingen kan matas in eller matas ut. Elpriset i varje nod sätts utifrån marginalkostnaden att importera eller producera el i den noden. Den största importen till en nod är begränsad av elöverföringen. Elpriset bestäms för varje halvtimme.

PJM har att hantera över tusen produktionsenheter som har två kostnader, uppstartskostnad samt kostnad per timme för tio effektnivåer (0, 10, 20, ..., 100 procent). Till detta kommer tiotusen efterfrågebud inklusive virtuella bud. Ett virtuellt bud är ett köpbud där köparen bestämmer sig först när de får reda på elpriset om de köper elen eller inte. Dessutom behövs

marginaler så att inte ett enskilt fel kan få systemet att haverera.

Den finmaskiga elmarknaden ger tydliga signaler till marknaden var elproduktion behövs och var den inte behövs. Exempelvis vindkraft kan tvinga ner elpriset i vissa noder under noll då subventioner ger negativa marginalkostnader.

Den höga upplösningen på prissättningen gör att det krävs mycket kraftfulla datorer för att räkna fram den optimala elproduktionsmixen utan att överbelasta elnäten eller riskera tillförlitligheten. Framsteg inom beräkningar har gjort att PJM varje år kunnat spara 250 miljoner dollar.

PJM realtidsmarknad

I realtid uppdateras priserna var femte minut för att justera för förändringar i efterfrågan och produktion som sker i realtid. Genom att ha roterande och icke-roterande reserver kan produktionen ökas och minskas med kort varsel. En roterande reserv är en produktionsenhet som producerar på en lägre nivå än vad den har förmåga att göra som kan regleras upp med kort varsel, ofta med automatik, beroende på ändringar i frekvensen. Icke-roterande reserv är en produktionsenhet som står beredd att snabbt fasas in på elnätet och börjar producera el.

GEORGIA

Georgia är en delstat i sydöstra USA med omkring 10 miljoner invånare, där största stad är Atlanta. Delstaten har en reglerad elmarknad som domineras av en aktör, Georgia Power. Georgia Power är ett helägt dotterbolag till Southern Energy som är USAs största energibolag.

Elproduktion

Som syns i Figur 17 kommer två tredjedelar av elproduktionen från kol och gas, och en fjärdedel från kärnkraft. Industrin svarar för ungefär en tredjedel av elanvändningen. Befolkningen i delstaten är 10 miljoner och den totala elanvändningen ungefär 140 TWh.

Produktionen från vind och sol är liten, men som framgår av Figur 10 och Figur 11 är Georgias förutsättningar för vind och solenergi inte så bra som på andra håll i USA. Elproduktionen från kärnkraft kommer däremot att öka i och med beslut om nyinvesteringar.

Elmarknadsutformning

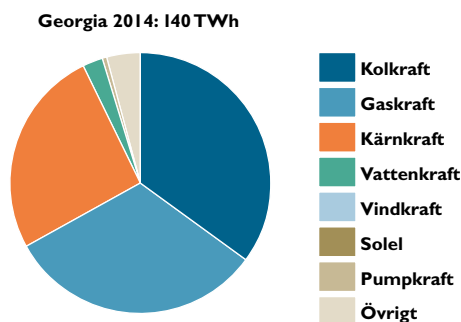
Georgia har en helt reglerad elmarknad. Den domineras av en aktör nämligen Georgia Power. Georgia Power ägs av Southern Company. Southern äger förutom

PJM handel med transmissionsrätter

För att ge elhandlare möjlighet att hantera risken med prisskillnader mellan producenter och konsumenter säljer PJM så kallade Financial Transmission Rights (FTR). En FTR är en option att skicka el från punkt A till punkt B för ett visst pris. Den kan köpas från ett år upp till tre år i förväg och kan också köpas och säljas vidare. Det exakta priset för att föra över elen bestäms i dagen före-handeln. Skillnaden mellan det verkliga priset och optionen betalas av innehavaren av FTR om skillnaden är negativ, alternativt av PJM om skillnaden är positiv. Vid kraftiga flaskhalsar kan det hända att ett kolkraftverk tjänar mer på att sälja sin transmissionsrätt och köpa elen som de lovat sin kund av ett vindkraftverk och leverera den istället.

Detaljhandel

Reglerade elpriser förekommer i omkring hälften av de tretton delstater och Washington DC som PJM omfattar (se appendix). Enligt Energy Information Agency, EIA, är det få privatpersoner som väljer elhandelsbolag även om de kan. Däremot gör kommersiella och industriella elkunder det (EIA, 2012).



Figur 17: Elproduktionen 2014 i Georgia. Källa: EIA

i Georgia också energibolag i Alabama, Florida och Mississippi. Georgia Powers verksamhet regleras av en prisregleringsnämnd, Georgia Public Service Commission, vilken består av fem ledamöter som utses av delstatsparlamentet i Georgia efter rekommendation av guvernören. Det politiska stödet för nuvarande reglerade elmarknad är stabilt. Som framgår av Figur 6 har Georgia lägre elpriser än genomsnittet i USA.

Georgia genomför var tredje år en uppdatering av sin energiplan, så kallad Integrated Resource Plan, IRP. I en IRP belyses efterfrågan och produktionen för de närmaste 20 åren. På produktionsidan avgörs det om några produktionsenheter ska avvecklas och om

nya ska byggas. Avveckling av en produktionsenhet som har kontrakt görs, om en avvecklingsplan visar att det är mer kostnadseffektivt att avveckla och bygga nytt, än fortsatt drift. Exempelvis medför ny miljölagstiftning för främst kolkraft behov av kompletterande miljöinvesteringar, varför det kan bli billigare att stänga en äldre anläggning och istället bygga nytt. Utgångspunkten är att en investering i ny produktion ska ske på ett för elkunderna så kostnadseffektivt sätt som möjligt.

I energiplanen, IRP, för 2007 gjordes bedömningen att det fanns ett långsiktigt behov av ny baskraft på omkring 2 GW eller omkring 16 TWh per år. Bedömningen 2010 var att ny kärnkraft var det mest kostnadseffektiva alternativet (GPUC, 2010). Det näst billigaste alternativet bedömdes vara gaskraft. Prisregleringsnämnden gav därför Georgia Power tillstånd att bygga två nya reaktorer vid Vogtle kärnkraftverk. 2012 uppdaterades dessa bedömningar med resultatet att ny kärnkraft bedömdes vara billigare än gaskraft även med befintliga

regler för koldioxid och låga gaspriser (GPUC, 2010).

Sedan projektet startade 2013 har det fått vissa kostnadsökningar, däremot är byggräntorna lägre än beräknat och man har också lyckats få en större del av de statliga lånegarantierna än beräknat. Dessutom har USAs naturvårdsverk, EPA, lagt fram förslag om minskningar av koldioxid vilket Georgia med projektet Vogtle kommer kunna uppfylla med råge. Projekt Vogtle är en investering på omkring 14 miljarder dollar, varav Georgia Power äger ungefär 40 procent. Det faktum att Georgia Power tillhör ett av de största energibolagen i USA är en viktig anledning till att de klarar av att driva ett så stort projekt som att bygga två nya kärnkraftreaktorer. Gaspriserna har blivit lägre än vad som prognostiserades 2012 och framtidsbilden bedöms vara osäker. Ordföranden för prisregleringsnämnden bedömer dock att beslutet att investera i ny kärnkraft är mycket bra för elkunderna i Georgia. Nämnden betonar också betydelsen för elkunderna att ha en diversifierad elproduktionsmix.

TEXAS

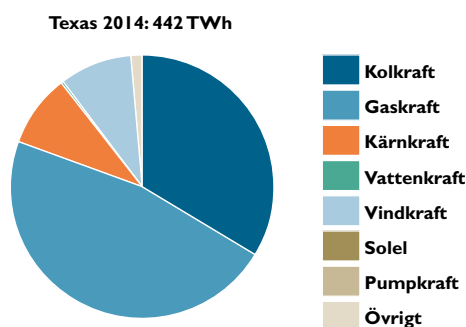
Texas är efter Kalifornien USAs folkrikaste delstat med 27 miljoner invånare, och efter Alaska också den till ytan största. Delstaten är unik i ett antal avseenden vad gäller elmarknaden genom att vara den mest avreglerade marknaden i landet, med mest flexibla kunder (60 procent av elkunderna kan välja elhandelsbolag), ha högst andel vindkraft och högst elproduktion totalt, erbjuda bland de lägsta priserna samt sakna växelströmsförbindelser med andra delstater i USA.

Elproduktion

Texas har en elproduktion på 442 TWh varav ungefär 60 TWh exporteras till andra delstater och till Mexiko genom likströmsledning. Elanvändningen delas ungefär lika mellan industri, kommersiella fastigheter och privatpersoner. Industrin fokuserar starkt på olja och gas, en marknad som ökar genom nya metoder att utvinna olja och gas ur skifferfyndigheter.

Vindkraft i Texas

Texas har god potential för vindkraft, vilket framgår av figur 18. Texas har landbaserade vindlägen med kapacitetsfaktor på 40–50 procent. Det finns också gott om plats. Hittills har det byggts drygt 10 GW vindkraft. Utbyggnaden har gynnats genom federala subventioner på 23 \$/MWh i tio år (utöver 30–40 dollar från elförsäljning) och har haft ett starkt stöd från lokalbefolkningen, som får ta del av en kommunal fastighetsskatt från vindkraft som finansierar skolor



Figur 18: Texas elproduktion 2014 domineras av kol och gas. Texas har den högsta produktionen från vindkraft i USA. Källa: EIA.

och andra samhällsfunktioner. Fastighetskatten utgör ungefär 2,5 procent av kostnaderna för ett vindkraftverk. Varje kraftverk betalar ungefär 10 000 dollar per år till markägare, vilket också bidrar till att ge acceptans för vindkraftsutbyggnaden.

Texas har satt ett bindande mål att bygga 10 GW vindkraft med en avgift på 50 \$/MWh för de energibolag som inte uppfyller sin andel av målet (DSIRE, 2000). Delstaten har också investerat 7 miljarder dollar i elnät från platser med goda vindlägen i nordväst till befolkningen i sydöst. För att få en fortsatt utbyggnad krävs att elnätet förstärks ytterligare.

Solenergi i Texas

Texas har ännu inte byggt särskilt mycket solenergi, trots att man har mycket goda möjligheter. Det finns ett federalt investeringsstöd på 30 procent av investe-

ringskostnaden. Solenergi är dock än så länge ungefär dubbelt så dyrt som vindkraft, men eftersom kostnaderna minskat har några solparker börjat byggas. Vindkraften har främst byggts i öknen i nordväst där också potentialen för solenergi är störst. Eftersom det blåser mest nattetid i öknen gör det att det finns ledig kapacitet för solenergi under dagtid.

När det gäller bostäder innebär solpaneler ofta lägre intäkter för elnätägare utan att kostnaderna minskar. I en del städer i Texas tas det därför ut en extraavgift från de som installerar solpaneler så inte andra elnät kunder tvingas betala en högre avgift än tidigare.

Elmarknadsutformning

Texas elmarknad består av en energy only-marknad för elhandelsbolagen och en avreglerad marknad för elkunderna.

Grossisthandeln i Texas sker på en energy only-marknad. Texas har en prisregleringsnämnd, Public Utility Commission of Texas.

Texas har USAs lägsta resursmarginaler enligt den federala definitionen och det ansågs för några år sedan att det fanns risk för effektbrist. Det diskuterades

då i prisregleringsnämnden om Texas skulle införa en kapacitetsmarknad. Diskussionen för och emot kapacitetsmarknader pågick i flera år. Det visade sig att det fanns mer resurser än man tidigare trott. Det fanns också en större flexibilitet än vad som tidigare antagits, varför kapacitetsmarknad inte infördes. Texas har istället ett mycket högt pristak på 13000 \$/MWh. Därutöver kan systemoperatören lägga på ytterligare 9000 dollar på priset.

I dagen-före-handeln gör systemoperatören en bedömning för varje timme av risken att behöva koppla bort elkunder för att inte riskera obalans mellan efterfrågan och produktion. Prispåslaget är risken multiplicerat med \$9000/MWh. Om risken bedöms vara 10 procent blir alltså prispåslaget \$900/MWh. Detta kallas för Operating Reserve Demand Curve, ORDC. Syftet med ORDC är att ge extra incitament för kunder att dra ner sin förbrukning vissa timmar alternativt installera mer produktionskapacitet (PUC, 2013).

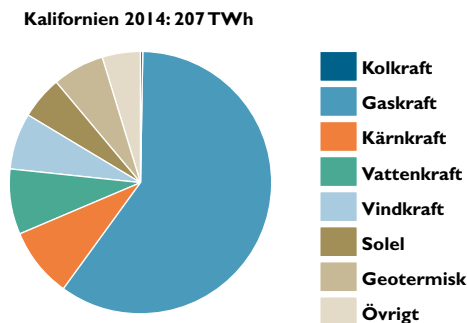
Ungefär hälften av elkunderna i Texas har rätt att välja elhandelsbolag. En del elhandlare erbjuder sina elkunder en möjlighet att låta dem styra viss elförbrukning. Det gör att dessa elhandlare kan köpa el när den är billigare och därmed ge ett lägre pris till sina kunder.

KALIFORNIEN

Kalifornien är USAs folkrikaste stat. De har en stark tradition av att gå före i miljöarbetet och har avvecklat en del kärnkraft till förmån för gaskraft, solenergi och vindkraft. De har sedan tre år tillbaka handel med utsläppsrätter tillsammans med de kanadensiska provinserna Quebec och Ontario (ARB, 2012). Kalifornien importerar 20 procent av sin elenergi. Delstaten har tidigare försökt att avreglera elmarknaden, vilket inte föll väl ut.

Elproduktion

Som framgår av Figur 19 är gaskraft det klart dominerande kraftslaget i Kalifornien. Till skillnad från de övriga fallstudieregionerna i USA utgör kolkraft endast en marginell del av elproduktionen. Kärnkraft utgör det största enskilda fossilfria energislaget, trots att man 2014 stängde två reaktorer i förtid sedan ägaren inte kunde få lönsamhet i nödvändiga uppgraderingar. Energimyndigheten i Kalifornien gör bedömningen att förtida stängning av kärnkraftverket San Onofre backade Kaliforniens klimatarbete med minst fyra år. År 2010 kom 36 TWh från kärnkraft som nu minskat till 17 TWh år 2014. Utöver de 207 TWh man producerar själv importerar 61 TWh från



Figur 19: Elproduktion i Kalifornien. Källa: EIA

andra delstater, motsvarande knappt en fjärdedel av elbehovet.

Kalifornien har förbud mot att bygga ny kärnkraft och har satt en gräns för hur mycket koldioxid ett kraftverk får släppa ut. Detta gör att det inte längre är möjligt att bygga kolkraft i delstaten.

Elmarknadsutformning

Det gjordes ett försök att avreglera elmarknaden i Kalifornien för ungefär femton år sedan. Delstaten satte ett tak på slutkundpriserna samtidigt som elförbrukningen ökade väldigt snabbt på grund av in-

flyttning under IT-boomen. Detta skapade problem och elbrist uppstod. Då ökade elpriset i grossistledet utan att elhandlarna kunde få ut högre intäkter, vilket gjorde att många bolag gick i konkurs och ingen investerade. Kalifornien hade inte infört tillräckligt finmaskig prissättning och saknade ett sys-

tem med finansiella transmissionsrättigheter (FTR, se PJM), vilket gjorde att vissa kraftbolag (till exempel Enron) kunde tjäna enorma pengar på att skapa verkliga och fiktiva flaskhalsar. Sammantaget gav detta elavbrott och att Kalifornien fick återreglera elmarknaden.

ONTARIO, KANADA

Ontario är en provins i Kanada med en yta dubbelt så stor som Sverige. Två tredjedelar av provinsen saknar vägar och nästan alla människor bor i den sydöstra delen, där Toronto med kringliggande städer har en befolkning på sex av totalt tio miljoner i hela provinsen. Ontario har många likheter med Sverige med ungefär samma elförbrukning, hög andel kärnkraft (60 procent) och vattenkraft samt en elintensiv pappers-, stål- och kemiindustri. Till skillnad från Sverige har Ontario däremot en reglerad elmarknad.

Elproduktion

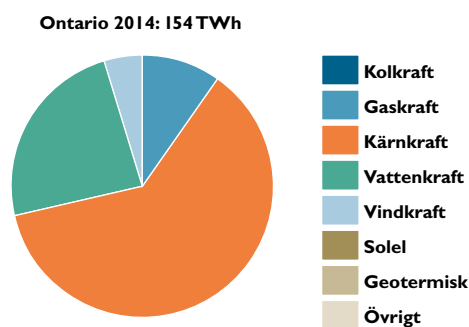
I Ontario producerades 2014, 154 TWh el, varav ungefär 14 TWh exporterades. Som framgår av Figur 20 dominerar elproduktionen av kärnkraft med över 60 procent, följt av vattenkraft med 24 procent. Ett av de mest kända vattenkraftverken i Ontario är det vid Niagarafallen som delas med den amerikanska delstaten New York. Grannarna till Ontario, Quebec och Manitoba får närmare 100 procent av sin el från vattenkraft. Ontario har nyligen fasat ut sin kolkraft.

Kärnkraft i Ontario

Ontario har tre kärnkraftverk; Darlington, Pickering och Bruce. Pickering och Bruce har vardera åtta reaktorer, varav två av Pickerings reaktorer är pensionerade. Darlington har fyra. Bruce kärnkraftverk producerade 2014 hälften av Ontarios kärnkraftsel eller motsvarande 30 procent av elanvändningen.

Ontarios kärnkraftverk är tungvattenreaktorer. Fördelen med tungvattenreaktorer att uranet inte behöver anrikas och att bränslet kan bytas under drift.

Kärnkraft är ett politiskt känsligt ämne i Ontario. Det finns dock idag en relativt bred politisk samsyn kring den nya energiplanen som antogs 2013. Den innehåller beslut på uppgradering av tio reaktorer utöver de två som redan är uppgraderade samt att inte uppgradera, och därmed avveckla, sex reaktorer. Dessutom innehåller energiplanen en satsning på vindkraft och energibesparingar. Ny kärnkraft fanns som en möjlighet, men valdes bort.



Figur 20: Ontarios elproduktion 2014. Stor dominans av kärnkraft. Källa: IESO

Vindkraft i Ontario

Vindkraft har blivit ett politiskt hett ämne, där kostnaderna blivit mycket höga då man initialt valt inmatningstariffer för vindkraft. Vindkraften har inte heller behövt betala anslutningsavgifter, vilket gjort att vindparker byggts på platser där det saknas elnät, med enorma anslutningskostnader som följd.

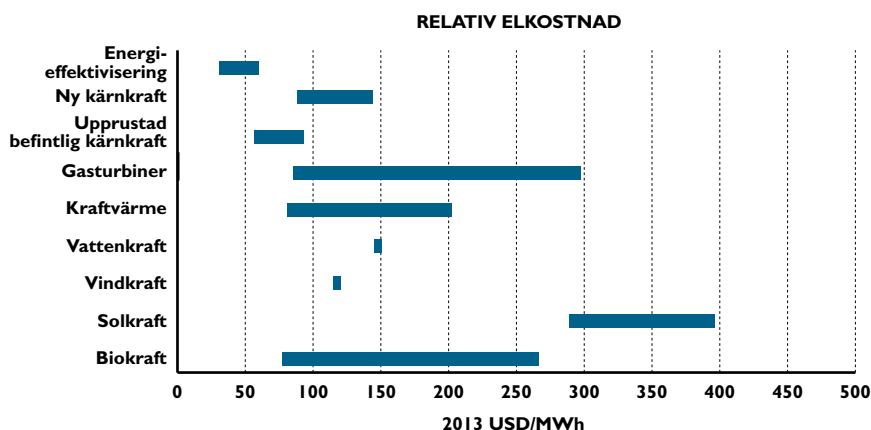
Elmarknadsutformning

Ontario är en helt reglerad elmarknad, vilket påverkar hur priser sätts på marknaden. Energiplanering är ett viktigt inslag för provinsen och de har även satsat på att styra elsystemet genom efterfrågefleksibilitet.

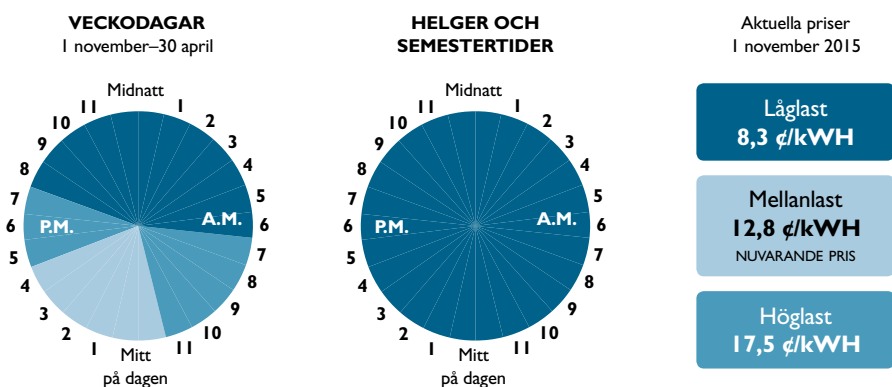
Priser på elmarknaden

Ersättningen till elproducenterna sker genom förhandlade eller upphandlade kontrakt eller genom inmatningstariffer. Ontario har dock en spotmarknad med både en dagen före-marknad och en realtidsmarknad. Här sätts priserna efter marginalkostnadsprincipen på gängse sätt. Elmarknaden används främst för att prissätta elen för att kunna handla med omvärlden. Alla elkunder betalar en rörlig del och en fast del på sin elräkning. Den rörliga delen bestäms av spotmarknaden och den fasta delen är skillnaden mellan kostnader för att producera elen och spotpriset utjämnat över alla elkunderna.

De officiella elpriserna för industrin är något högre



Figur 21: Kostnaden för olika alternativ i Ontario för ny elproduktion eller energieffektivisering. Källa: Ontario energidepartement



Figur 22: Elpriser för privat-konsumenterna i Ontario. Källa: Ontario Energy Board

i Ontario än i Manitoba och Quebec, som får sin el från billig vattenkraft. Konkurrens från USA är från stater med mycket kolkraft som idag inte betalar för sina koldioxidutsläpp, men kan komma att göra det i framtiden.

Energiplanering

På samma sätt som Georgia gör Ontario en långtidsplan och beslutar om sin elproduktionsmix utifrån den. Ontario uppdaterar sin plan var tionde år och gör bedömningar 20 år in i framtiden. Nuvarande plan är från 2013 och gäller till 2032 (MoE, 2013). Målet med planen från 2003 var att fasa ut kolkraft till 2015, vilket uppnåddes redan 2014.

En stor uppgift för planen för 2013 var att renovera de 18 kärnkraftreaktorerna. De sex minsta på 500 MW vardera kommer inte uppgraderas och fahas därmed ut till 2020. Två är redan uppgraderade, de återstående tio ska uppgraderas under femton års tid.

Skälet till att man gör denna uppgradering är att provinsen bedömde att det var den mest kostnadseffektiva lösningen, se Figur 21. Alternativet hade varit att bygga helt nya reaktorer eller mer gaskraft. Onta-

rio väljer också att spara energi för att kompensera för minskad kärnkraft samt bygga mer vindkraft.

Efterfrågefleksibilitet

Ontario har ett program för industrin där de får rabatt på elräkningen om de stänger ner viss produktion på sommaren då efterfrågan på el är som störst. Pappersindustrin i Ontario utnyttjar detta program fullt ut och andra industrier i varierande omfattning.

Ontario har också infört tidsdifferentierad prissättning med tre prisnivåer. Innan detta infördes var det många som var oroliga för rörliga priser, men det har införts utan större problem. Det är dock än så länge få elkunder som reagerar på dessa priser.

Som syns i Figur 22 dubblas priset när efterfrågan är som störst jämfört med när den är som lägst. Figuren visar vad som gäller vintertid. På sommaren flyttas "on-peak" till mitt på dagen och förmiddagen, och eftermiddagen blir "mid-peak".

Syftet med detta är att ge kunderna möjlighet att på ett enkelt sätt svara på elmarknaden. Denna metod tar inte med vindkraft i beräkningen, vilket innebär att elpriset egentligen också borde styras av tillgången på vind.

STORBRITANNIEN

Storbritannien har 60 miljoner invånare. Landet har genomfört en stor förändring av sin elmarknad där de satsar på teknikutveckling inom havsbaserad vindkraft, ny kärnkraft och vågkraft. Målet är att 2020 kunna upphandla alla kolsnåla tekniker på en teknikneutral marknad. Storbritannien har också infört en kapacitetsmarknad.

Elproduktion

I Storbritannien producerades 2014 cirka 295 TWh el. Av detta kom det mesta från kol, gas och kärnkraft, se Figur 23. Enbart en mindre del kom från vind och sol.

Storbritannien vill minska sitt beroende av kolkraft. Storbritannien har sexton kärnkraftreaktorer och är i förhandlingar med det franska energibolaget EDF om att bygga en ny anläggning vid Hinkley Point i Somerset (UK Government, 2015).

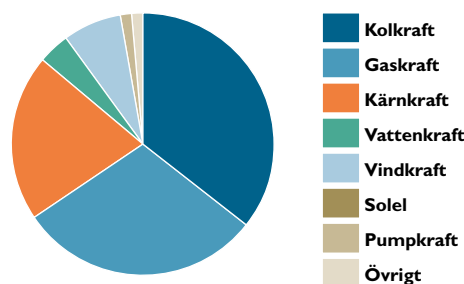
Elmarknadsutformning

Storbritannien var först med att avreglera sin elmarknad under 1980-talet och skapa en energy only-marknad. Dock har man konstaterat att landet står inför en stor utmaning, då mycket befintlig produktionskapacitet ska avvecklas samtidigt. Samtidigt saknas nödvändiga investeringar i ny produktion, och man står inför hot om effektbrist. Därför har Storbritannien under senare år genomfört en genomgripande och omfattande elmarknadsreform. Målet är att få fram ny elproduktion och att på sikt kunna upphandla energi på en teknikneutral marknad. Emissionsstandarder som sätter gränser för hur mycket koldioxid nya produktionsenheter får släppa ut och pilotprojekt med ny teknik stöds.

Storbritannien räknar med att behöva investera närmare 100 miljarder pund de närmaste tio åren. Storbritannien har tre system för att få fram investeringar i ny elproduktion: inmatningstariffer, elcertifikat och differenskontrakt. Inmatningstariffer för storskalig elproduktion reduceras successivt, vilket kan tolkas som att önskemålet är att detta system främst ska användas för småskalig produktion. Systemet med elcertifikat avvecklas nu till förmån för fasta elpriser, så kallade differenskontrakt (CfD). För en elproducent jämnar CfD ut skillnaden mellan föutbestämt pris (ett så kallat strike price) och priset på spotmarknaden, vilket i praktiken innebär ett fast pris för producerad energi.

Utöver stödsystem för ny produktionskapacitet har Storbritannien infört en kapacitetsmarknad för att säkerställa att tillräcklig effekt finns i systemet. Dessutom finns den vanliga energy only-marknaden med

Storbritannien 2014: 295 TWh



Figur 23: Storbritannien producerade 2014 totalt 295 TWh och importerade ytterligare 19 TWh. Kolkraft var den viktigaste energikällan, flöjt av gaskraft och kärnkraft. Källa: ENTSO-E

handel dagen före produktion och justeringar i realtid. Här sätts priserna utifrån marginalkostnader för den sista kilowattimmen.

Inmatningstariffer

Storbritannien har inmatningstariffer (feed-in tariffs, FiTs) främst inriktad mot småskalig produktion. För solenergi finns inmatningstariffer 133,9 £/MWh som högst för de minsta anläggningarna till 57,3 £/MWh för större anläggningar (Ofgem, 2015). Ersättningen för storskalig vindkraft inom systemet är nu 27,7 £/MW, vilket kommer sänkas. Detta är lägre än nivåerna för Contracts for Difference. Vindkraftverk på 1,5 kW eller mindre kan dock få 144,5 £/MWh, vilket är mer än för havsbaserad vindkraft.

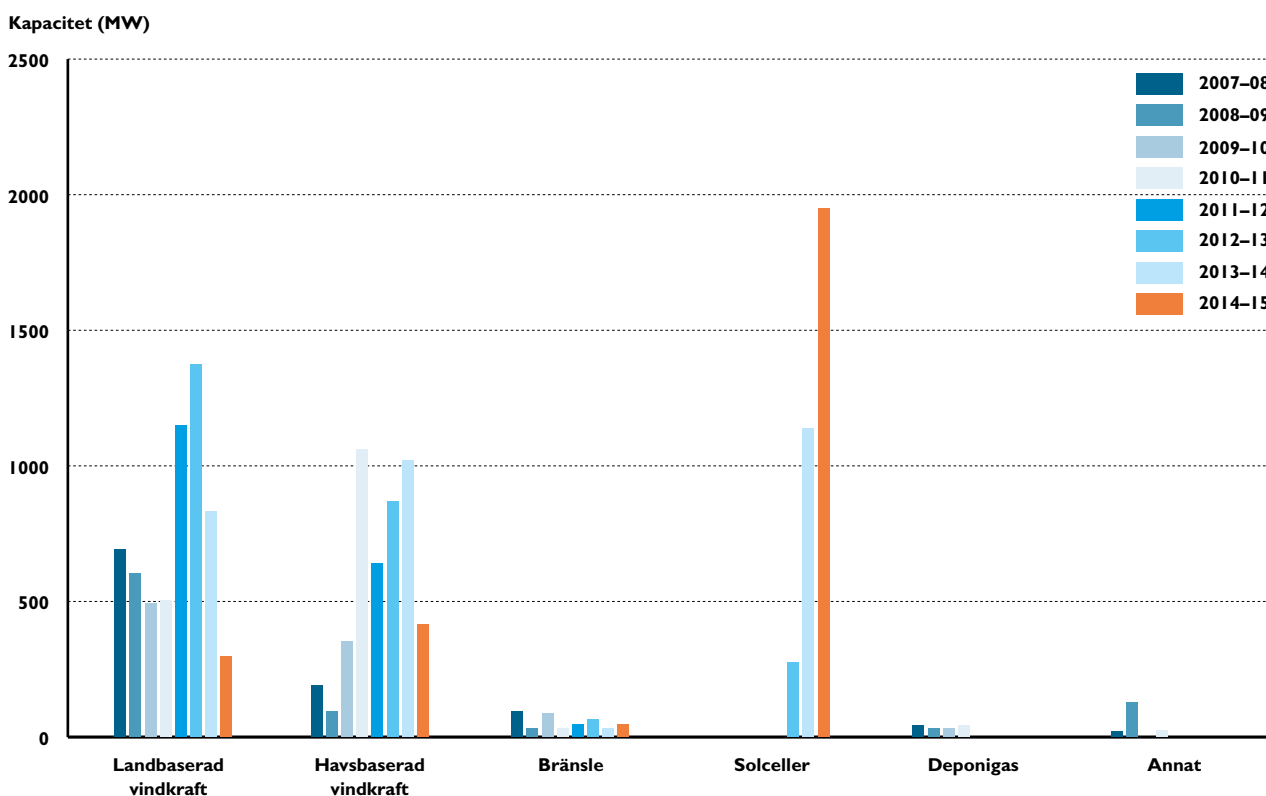
Elcertifikat

Storbritannien har sedan 2002 ett system med elcertifikat så kallade Renewable Obligation Certificates (ROC). Systemet ska avvecklas 2016 för storskalig solenergi (5 MW och större) och används inte längre för vindkraft (UKSI, 2014) till förmån för Contracts for Difference. ROC-systemet liknar det svenska, där elkunder är ålagda att köpa certifikat givet en viss andel (kvot) av sin elförbrukning. En stor skillnad jämfört med det svenska elcertifikatsystemet är dock att olika tekniker får olika många certifikat (UKSI, 2009). Det finns också lägstanivåer för ersättningen per certifikat.

Certifikat delas ut till:

- El som använder gas från soptippar
 - ett certifikat för varje 4 MWh.
- El som använder biogas
 - ett certifikat för varje 2 MWh
- Landbaserad vindkraft, kraftvärme med mera
 - ett certifikat för varje 1 MWh
- Havsbaserad vindkraft
 - ett certifikat per 2/3 MWh
- Vågkraft, solenergi med mera
 - ett certifikat per 1/2 MWh

Figur 24: Vindkraft minskar till förmån för solenergi. Övriga energislag närmast försumbara. Källa: Ofgem



För perioden 2014/15 var varje certifikat värt 44,3 pund. För tilldelningsåret 2014/15 har det skett en tydlig förändring. Mängden vindkraft som byggts med systemet har minskat kraftigt, samtidigt som solenergi har ökat (Ofgem, 2015). Som framgår av Figur 24 har vindkraft mer än halverats, från 1868 MW för perioden 2013/14 till 718 MW för perioden 2014/15. Istället nära dubblades solenergi, från 1150 MW till 1973 MW mellan 2013/14 och 2014/15.

Även om lagstiftningen tillåter en mängd produktionsslag är dessa närmast försumbara jämfört med vind och sol. Kontraktperioden är 20 år för innehavare av ROC, att jämföra med 15 år för de svenska elcertifikaten.

Contracts for Difference, CfD

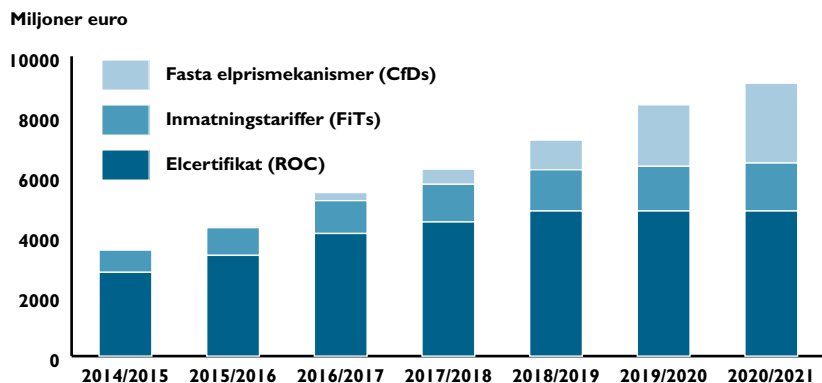
Syftet med Contracts for Difference (CfD) är att få investeringar i ny elproduktion med låga utsläpp, exempelvis kärnkraft och förnybar energi. Både kärnkraft och förnybar energi har mycket låga marginalkostnader kombinerat med höga initiala investeringskostnader, och bedöms inte kunna få igenom sina investeringar på en energy only-marknad.

En producent som har ett CfD-kontrakt säljer sin el på den fysiska dagen före- och realtidsmarknaden, men får sedan intäkterna justerade baserat på skill-

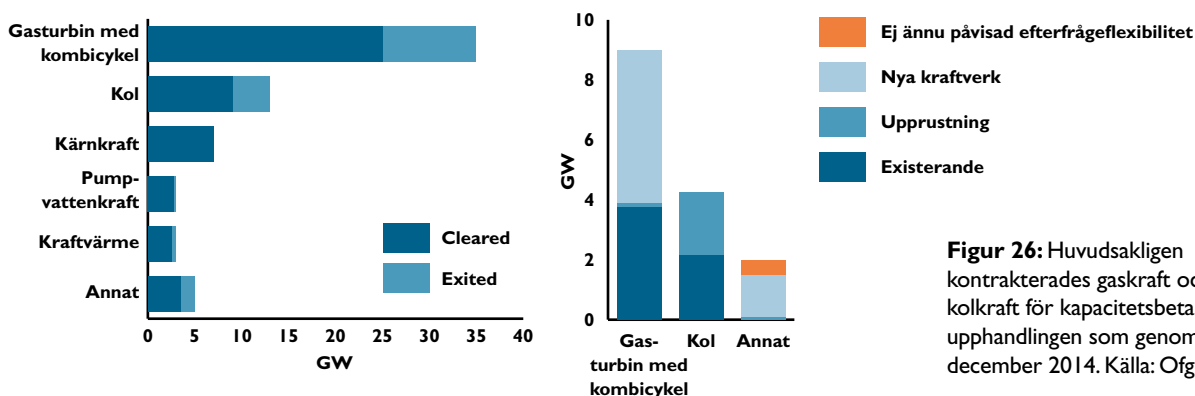
naden mellan strike price och priset på elbörsen. Det går alltså varken få mindre eller mer betalt än strike price.

Storbritannien vill så småningom kunna upphandla all elproduktion på ett teknikneutralt sätt, antingen via CfD eller genom kapacitetsmarknaden. Det finns dock tre tekniker vars utveckling man vill stödja initialt och är beredd att betala extra för. Dessa tekniker är havsbaserad vindkraft, vågkraft och ny kärnkraft. Förhoppningen att dessa tekniker framåt 2020 ska ha kommit ner i pris för att kunna konkurrera med billigare teknik, såsom landbaserad vindkraft.

Initialt valde man fasta CfD-tariffer, kallade strike price för olika förnybara tekniker. Nu har man gått över till att istället upphandla CfD-kontrakt och sätta strike price i konkurrens. Tanken är att varje år genomföra upphandlingar av nya CfD-kontrakt där olika projekt får lämna anbud och projekten med lägst anbud kontrakteras. Den första upphandlingen av CfD genomfördes 2015. Totalt kontrakterades 2139 MW ny produktion varav 54 procent havsbaserad vindkraft och 35 procent landbaserad. Den havsbaserade vindkraften kontrakterades för i snitt 118 £/MWh och den landbaserade för 82 £/MWh (DECC, 2015). År 2013 tecknades ett kontrakt på 3,2 GW ny kärnkraft med ett strike price på 92,5 pund.



Figur 25: Kostnader för de olika stödsystemen för ny elproduktion i Storbritannien (2011/2012 års prisnivå). Källa: gov.uk



Figur 26: Huvudsakligen kontrakterades gaskraft och kolkraft för kapacitetsbetalningar i upphandlingen som genomfördes december 2014. Källa: Ofgem

Målet är att från 2020 ha teknikneutral upphandling av CfD. Löptid för ett CfD är vanligtvis 15 år, men i fallet kärnkraft 30 år.

Kostnader för olika stödsystem

En sammanfattning av de olika systemens kostnader framgår av Figur 25 (gov.uk, 2015). Den totala stödnivån ökar stadigt framöver, främst genom infasning av fasta elprismekanismer (Contracts for Difference).

Kapacitetsmarknaden

December 2014 genomförde Storbritannien den första kapacitetsupphandlingen någonsin. Syftet med kapacitetsmarknaden är att uppnå en rimlig lönsamhet för den elproduktion som behövs för att säkerställa leveranssäkerheten. Kapacitetsmarknaden behövs också

för att kunna få investeringar i produktion för att hantera variabel energiproduktion från främst vindkraft.

Vid auktionen december 2014 (T-4) upphandlades totalt 49 259 MW för leverans 2018/19. Priset hamnade på 19,40 £/kW/år. Detta var betydligt lägre än det beräknade priset på 49 kW £/år. Resultatet var att ytterligare 659 MW kontrakterades (Ofgem, 2015).

Auktionerna är teknikneutrala, och både produktionskapacitet och förbrukningsreduktioner kan få kapacitetsbetalningar.

I Figur 26 framgår det att det kommer byggas mycket ny gaskraft som ett resultat av kapacitetsupphandlingen. Samma utveckling kan vi se i upphandlingen som PJM genomförde.



5. Litteraturförteckning

ARB, 2012. *California Environmental Protection Agency, Air Resource Board*. [Online] Tillgänglig på: <http://www.arb.ca.gov/cc/capandtrade/capandtrade.htm>

DECC, 2015. *Contracts for Difference (CFD) Allocation Round One Outcome*, DECC.

DSIRE, 2000. *Renewable Generation Requirement*. [Online] Tillgänglig på: <http://programs.dsireusa.org/system/program/detail/182>

EIA, 2010. *Status of Electricity Restructuring by State*. [Online] Tillgänglig på: Status of Electricity Restructuring by State [Använd 2015].

EIA, 2012. *State electric retail choice programs are popular with commercial and industrial customers*. [Online] Tillgänglig på: http://www.eia.gov/todayinenergy/detail.cfm?id=6250#tabs_RenewablesMaps-2 [Använd 2015].

Energy, 2015. *Business Energy Investment Tax Credit (ITC)*. [Online] Tillgänglig på: <http://energy.gov/savings/business-energy-investment-tax-credit-itc>

Energy, 2015. *Renewable Electricity Production Tax Credit (PTC)*. [Online] Tillgänglig på: <http://energy.gov/savings/renewable-electricity-production-tax-credit-ptc>

Ferc, 2015. *What FERC Does*. [Online] Tillgänglig på: <http://ferc.gov/about/ferc-does.asp>

gov.uk, 2015. *Controlling the cost of renewable energy*. [Online] Tillgänglig på <https://www.gov.uk/government/news/controlling-the-cost-of-renewable-energy> [Använd 2015].

GPUC, 2010. *Georgia Power Company's 2010 Integrated Resource Plan*, Georgia Public Utilities Commission.

MoE, 2013. *Achieving Balance Ontario's Long-Term Energy Plan*, Government of Ontario – Ministry of Energy.

NERC/CAISO, 2013. *2013 Special Reliability Assessment: Maintaining Bulk Power System Reliability While Integrating Variable Energy Resources – CAISO Approach*.

NERC, 2014. *2014 Long-Term Reliability Assessment*.

Ofgem, 2015. *Annual Report on the Operation of the Capacity Market*, Ofgem.

Ofgem, 2015. *Feed-in Tariff Scheme: Tariff Table 1 January 2016 PV Only*. [Online] Tillgänglig på: <https://www.ofgem.gov.uk/publications-and-updates/feed-tariff-scheme-tariff-table-1-january-2016-pv-only> [Använd 2015].

Ofgem, 2015. *Renewables Obligation: Data and statistics*. [Online] Tillgänglig på: <https://www.ofgem.gov.uk/environmental-programmes/renewables-obligation-ro/renewables-obligation-data-and-statistics> [Använd 2015].

PJM, 2014. *Analysis of Operational Events and Market Impacts During the January 2014 Cold Weather Events*, PJM Interconnector.

PJM, 2015. *Date Resource Clearing Prices Auctions Summary 2007/08 – 2018/19*, PJM Interconnection.

PUCT, 2013. *Real-Time Reserve Price Adder Based on Operating Reserve Demand Curve*, Public Utility Commission of Texas.

SEIA, 2014. *Solar Market Insight Report 2014 Q4*. [Online] Tillgänglig på: <http://www.seia.org/research-resources/solar-market-insight-report-2014-q4> [Använd 2015].

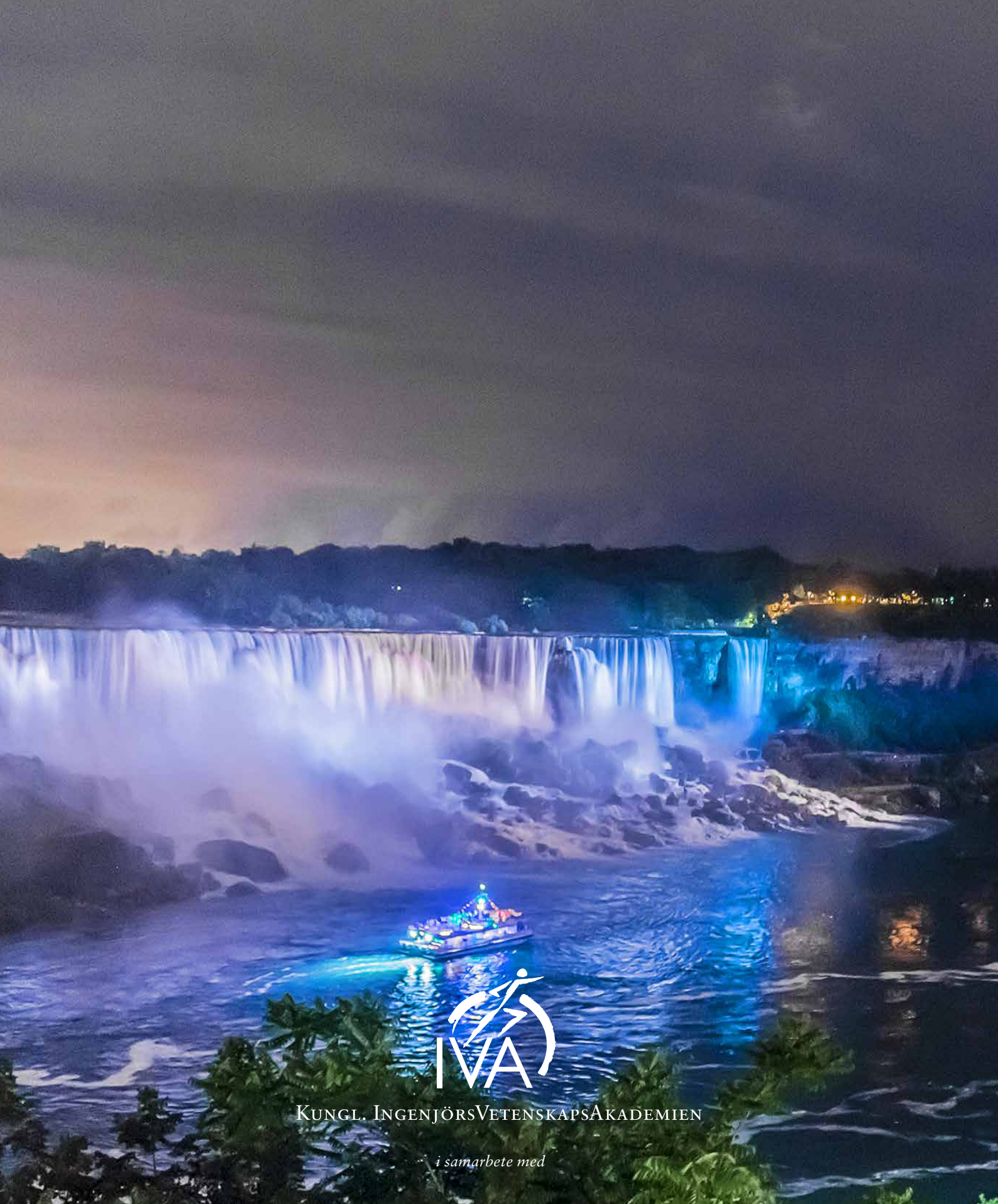
SVK, 2015. *Kraftbalansen på den svenska elmarknaden vintrarna 2014/2015 och 2015/2016*, u.o.: Svenska Kraftnät.

UK Government, 2015. *Hinkley Point C to power six million UK homes*. [Online] Tillgänglig på: <https://www.gov.uk/government/news/hinkley-point-c-to-power-six-million-uk-homes> [Använd 19 02 2016].

UKSI, 2009. *Statutory Instruments 2009 No. 785 Electricity, England and Wales*, United Kingdom.

UKSI, 2014. *The Renewables Obligation Closure Order 2014*.

WNA, 2015. *US Nuclear Power Policy*. [Online] Tillgänglig på <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-T-Z/USA--Nuclear-Power-Policy/>



KUNGL. INGENJÖRSVETENSKAPSAKADEMIEN

i samarbete med

ABB

e-on

 **Energimyndigheten**

 **Fortum**

 **IFMETALL**

 **INDUSTRIRÅDET**



SIEMENS

SKGS

**SVENSKO
energi**

 **Svensk Fjärrvärme**

 **SVENSKA
KRAFTNÄT**

 **SVENSKT NÄRINGSLIV**

 **Sveriges Ingenjörer**

**swede
gas**

 **Teknikföretagen**

VATTENFALL 

 **TORSK**