

Universitatea "Dunărea de Jos" din Galați, Școala doctorală de Științe Socio-Umane

REZUMAT TEZĂ DE DOCTORAT

Contribuții în domeniul modelării posibilităților de tranzacționare a energiei electrice pe piață

**Coordonator științific:
Prof. univ. dr. Daniela Ancuța Șarpe**

Doctorand: Dana Elena Marcean

Galați, 2017

Cuprins

Notății și abrevieri	7
Introducere	9
Introduction	11
I. Stadiul actual al cercetării și dezvoltării instituționale în domeniul tranzacționării energiei electrice	13
1.1 Studiu privind sistemele energetice naționale.....	13
1.2 Autoritățile de reglementare în domeniul energiei electrice din România	23
1.3 Studiu comparativ pentru posibilitățile de tranzacționare a energiei electrice din România și din Bulgaria	28
1.4 Concluzii privind stadiul actual al cercetării și dezvoltării instituționale în domeniul tranzacționării energiei electrice	35
II. Energia electrică în România - producție și comercializare.....	37
2.1. Piața energiei electrice	37
2.2. Stadiul actual de dezvoltare în producerea energiei electrice din surse nucleare în România	44
2.3. Mecanismul actual de formare al prețului	47
2.4. Oportunitatea dezvoltării Unităților 3 și 4 ale amplasamentului Cernavodă	49
2.4.1. Importanța socială a dezvoltării energiei nucleare. ISO 26000	49
2.4.2. Responsabilitatea socială în cadrul Societății Naționale Nuclearelectrica S.A.	52
2.4.3. Elemente esențiale funcționării și costurile acestora	57
2.4.4. Investițiile proiectului	61
2.4.5. Veniturile previzionate corelate cu principalele categorii de cheltuieli	66
2.4.6. Finanțarea structurii	73
2.5. Generarea și consumul de energie electrică.....	74
2.6. Concluzii privind producția și comercializarea energiei electrice în România	77
III. Contribuții în modelarea variantelor plauzibile de tranzacționare pe piața de energie electrice din România a energiei produse de Nuclearelectrica și predicția prețului	79
3.1. Contractele de vânzare-cumpărare de energie pe piața concurențială PCCB administrată de Opcom S.A.	81
3.2. Contracte de vânzare-cumpărare de energie pe piața concurențială Piața pentru ziua următoare – PZU administrată de OPCOM S.A.	82
3.3. Piața de echilibrare	86
3.4. Predicția prețului pe baza modelării variabilelor de pe piața de energie	88
3.5. Metoda Taguchi.....	106
3.5.1. Descriere și principii.....	106
3.5.2. Funcția de pierdere a calității. Planuri de experiment	112

3.5.3. Aplicarea metodei Taguchi în vederea optimizării tranzacționării producției de energie electrică din cadrul SNN pe piața energiei electrice	116
3.6. Rezultate și interpretare	127
IV. Concluzii și direcții de dezvoltare	129
Bibliografie	133
Anexe	
Lista figurilor	140
Lista tabelor	141
Anexe capitolul 2	142
Anexe capitolul 3	149
Lista lucrărilor publicate	167

Cuvinte cheie: tranzacționare, energie electrică, metode econometrice, metoda ARMA, metoda VAR, metoda Taguchi, energie regenerabilă, energie nucleară, predicție preț, preț DAM

Rezumat

Dezvoltarea economică și socială la nivel global este caracterizată printr-o creștere a consumului de energie. Datorită posibilităților de a fi transportată cu ușurință la distanțe mari, dar și a multitudinilor de forme pe care le poate lua energia electrică, aceasta a avut și are un rol foarte important în progresul omenirii. Alături de cotextul național și internațional referitor la utilizarea resurselor energetice, o importanță deosebită o au previziunile prețurilor. Activitatea de predicție este în fapt cea mai importantă activitate a unui trader. Cu cât predicțiile sunt mai aproape de realitate, cu atât se știe momentul oportun de vânzare sau de cumpărare, dimensionându-se astfel într-un mod util nivelul de profitabilitate. Nu există un program sau o metodologie clară de estimare, există în schimb o serie întreagă de platforme care generează predicțiile meteo pe termen scurt și pe care sunt publicate în timp real nivelurile capacităților de producție pe surse la nivel național și european. Alături de aceste informații, în estimările de preț se utilizează seriile de timp, valorile trecute ale prețurilor, acestea având în componența lor o oarecare ciclicitate.

Prin intermediul lucrării de față am realizat o analiză simultană a valorilor prețului PZU, precum și a corelațiilor dintre variabilele energetice care contribuie semnificativ la formarea prețului. Astfel, capitolul I abordează cadrul existent de desfășurare a acțiunilor din domeniul energiei, bazat pe relația producție – consum – preț. De asemenea, am făcut un studiu comparativ cu Bulgaria, stat cu care avem relații strânse de colaborare în domeniul tranzacționării de energie electrică. Capitolul II se concentrează asupra oportunității dezvoltării energiei nucleare în România, scopul acestui capitol fiind clarificarea necesității și a impactului pe care oricare dintre decizii – dacă să se continue proiectul nuclear sau nu – îl poate avea asupra mixului energetic și asupra prețului. Capitolul III are la bază modelarea prețului energiei electrice pe serii de timp istorice, zilnic consecutive, predicția prețului pentru perioada imediat următoare celei supusă analizei, precum și interdependențele dintre variabilele de producție care participă activ și influențează formarea prețului.

Literatura de specialitate tratează în mod amplu domeniul sistemelor energetice, atât din punct de vedere tehnic, dar mai ales din punct de vedere economic. Prețul energiei electrice afectează economia în ansamblul ei, motiv pentru care mecanismul de pricing al energiei electrice interesează în mod deosebit deoarece generează efecte puternice asupra tuturor ramurilor industriale și non-industriale. Există la nivel mondial o serie de lideri în ceea ce privește dezvoltarea sistemelor energetice, precum și lideri în idei inovatoare. Aceste cazuri sunt studiate în mod special: SUA ca stat matur și stabil decizional din punct de vedere energetic, Germania ca prim stat ce a decis eliminarea energiei nucleare din mixul energetic, Emiratele Arabe Unite ca stat ce se află deja de câteva decenii într-un boom economic, China ca stat care utilizează în producția de energie electrică într-o proporție de peste 60% combustibil fosil cu temperatură mare de ardere, deci ineficient energetic. În toate cazurile, se urmărește cu precădere impactul pe care îl are asupra prețurilor decizia privind dinamica mixurilor energetice, prin dimensionarea în diferite sensuri a utilizării surselor nucleare (Germania urmărește eliminarea ei, statele emergente în curs de dezvoltare iau decizii în funcție de propriile mixuri, statele aflate în plin avânt economic dezvoltă intens acest tip de energie), dar și printr-o părere unanimă, reflectată și în decizii instituționale, a necesității folosirii energiilor verzi.

De asemenea, alături de mixul energetic, ca factor principal de influență al prețurilor, sunt luate în calcul și alte variabile care îl influențează: cotațiile burselor de valori, situația energetică a statelor vecine, șocurile care afectează prețurile. Astfel, în demersurile viitoare de previzionare a prețurilor energiei electrice, orizontul informativ este mult mai larg, deoarece se poate ține cont de o paletă mult mai variată de aspecte, determinând astfel o previziune mult mai apropiată de realitate.

Importanța Sistemului Energetic Național ca ramură strategică în economia României a determinat și va determina întotdeauna acordarea unei atenții deosebite acestui segment de activitate. România dispune de o paletă variată de resurse energetice, utilizarea acestora făcându-se simultan și în diferite proporții, în funcție de necesitățile economiei precum și de costurile pe care le implică. Dinamica Sistemului Energetic Național este permanentă, schimbările asupra acestuia au început la finalul anilor 1990 și continuă pe măsura apariției de noi necesități sau de noi direcții de dezvoltare la nivel național, european și mondial. Una din aceste direcții de dezvoltare se referă la utilizarea pe scară din ce în ce mai mare a energiilor regenerabile. Importanța SEN a determinat o implicare foarte mare a autorităților statului în reglementarea și urmărirea bunei funcționări în acest domeniu, în consecință un rol foarte important în desfășurare a relațiilor de parteneriat în domeniul energetic îl au întreprinderile cu capital de stat. Aceste întreprinderi sunt Autoritatea Națională de Reglementare în domeniul Energiei, care are rol preponderent legislativ, Transelectrica, cu rol în gestionarea și operarea sistemului de transport al energiei electrice și Operatorul Pieței de Energie Electrică și de Gaze Naturale din România „Opcom”, cu rol comercial, de bursă de energie electrică. Toate cele trei instituții sunt într-o strânsă și permanentă colaborare.

De regulă, în România, datorită slabelor procese de producție majore la nivel național și a excesului de capacitate de producție, există la nivelul anului 2017 un excedent în balanța producție-consum, excedent care este parțial destinat exportului, parțial reglărilor secundare și terțiare ale dezechilibrelor pozitive. Statele vecine achiziționează energie din România în condițiile în care aceasta este mai ieftină decât la în țara respectivă. Unul din statele partenere este Bulgaria, care are poziția de importator net în relația cu România. Capacitățile de producție ale Bulgariei sunt similare cu ale României în materie de diversitate a resurselor utilizate. Gradul de dezvoltare și de liberalizare al pieței de energie electrică din Bulgaria este inferior pieței din România, acest lucru datorându-se procesului greoi de modernizare, segmentul DAM al pieței libere fiind pus în funcțiune la începutul anului 2016, comparativ cu România, care a făcut primii pași spre liberalizare la nivelul anului 2000.

Cel mai important barometru care este luat în considerare în analiza oportunității dezvoltării diferitelor tipuri de energie este, alături de utilitate, profitabilitatea lor. În consecință, predicțiile pe termen mediu și lung a prețurilor energiei electrice joacă un rol cheie. Pe piața din România, Nuclearelectrica este unul din actorii mari, activ pe toate tipurile de piețe centralizate, în consecință limitarea dreptului de tranzacționare de către acționarul principal – statul român – se manifestă numai în relația cu furnizarea de energie la prețuri reglementate. Aceste cote de prețuri vor fi reduse la 0 la începutul anului 2018.

Punerea în funcțiune de unități de producție suplimentare are efecte benefice atât la nivel național, prin rezultatele financiare, dar și la nivel local, o deschidere de o asemenea anvergură influențând comunitatea în care aceste unități de producție își desfășoară activitatea. Referitor la extinderea activității SNN, impactul social va fi deosebit de mare. Lăsând la o parte impactul local

evident, extinderea activității SNN oferă posibilitatea dezvoltărilor investiționale majore, prin reinvestirea profitului. Astfel, alături de dezvoltarea proiectului Centrala Hidroelectrică cu Acumulare prin Pompaj (CHEAP) Tarnița – Lăpușești și a cablului de conexiune cu Turcia, se află și intenția SNN de a deveni furnizor de energie electrică la nivel național, având astfel posibilitatea de a oferi prețuri de producător întregii populații.

Studiile de fezabilitate dezvoltate de-a lungul timpului în repetate rânduri și în diferite faze investiționale au avut ca bază experiența trecută a punerii în funcțiune a primelor două unități de producție, dar și situația actuală a piețelor de piese, consumabile, combustibil, apă grea și resurse umane. Datorită cheltuielilor inițiale foarte mari dar și a sectorului de activitate strategic la nivel național, implicarea statului este necesară din punct de vedere financiar, fiind și cel care va alege potențialii investitori. La nivelul anului 2017, singurii cărora li s-a aprobat analizarea arhivelor este o companie chineză, dezvoltator de energie nucleară la nivel mondial. La nivel național, dezvoltarea energiei nucleare prin investiții în Unitățile 3 și 4 este un deziderat manifestat încă de la nivelul anului 2010. Aceste investiții sunt necesare pe de o parte datorită îmbătrânirii unităților de producție existente, iar pe de altă parte pentru mărirea portofoliului de activități deținute de SNN.

Din punct de vedere comercial, SNN este participant activ pe toate piețele de energie din România, furnizând energie electrică strict la nivel național. În condițiile în care există un nivel dat, constant și permanent de producție, predicțiile de preț nu determină în mod special un anumit comportament comercial al traderilor, în sensul că respectiva producție trebuie să fie furnizată, indiferent de nivelul prețului de piață de la un anumit moment. Acest fapt se manifestă la nivelul tuturor producătorilor, imposibilitatea existenței stocurilor în energie determinându-i pe aceștia câteodată să ia decizii mai puțin profitabile. Cu toate acestea, cheia succesului este chiar această predicție care sugerează totuși perioadele cu prețurile cele mai avantajoase de vânzare, compania fiind obligată să se asigure că în perioadele respective întreaga producție este comercializată prin contracte pe termen lung.

Pentru predicțiile de preț am utilizat ca metodă de bază modelul ARMA de analiză a seriilor de timp. Mobilitatea modelului ARMA se manifestă limitativ în funcție de staționaritatea seriei de date. Am ales analiza istorică T,T-1 și am constatat că seria nu este staționară în nivel, diferențele dintre valorile zilnice fiind foarte mari, motiv pentru care am ales continuarea utilizării modelului pe indicele prețului. Folosind varianta AR1 a modelului ARMA am reușit să obțin o serie staționară în nivel și să previzionez cu erori mai mari sau mai mici, prețurile PZU pentru Q2 2016. Pentru verificarea veridicității modelului analizat, a trebuit de asemenea să verific dacă erorile apărute în urma analizei sunt erori sporadice – ceea ce ar fi de dorit, sau erori cu legături de corelație între ele. Acest lucru se probează cu ajutorul testului ARCH. Testul a ieșit necorespunzător pentru seria de date consecutivă, motiv pentru care am analizat mai departe diferențele dintre termeni succesivi la două niveluri, caz în care testul a ieșit corespunzător – nivelul probabilității trebuie să fie mai mic decât nivelul de semnificație ales pentru modelare. În cazul erorilor, distribuția normală a acestora trebuie să ia grafic forma clopotului lui Gauss.

Cu ajutorul modelului VAR – vector autoregresiv, am testat staționaritatea seriilor istorice pentru datele producțiilor realizate din fiecare sursă inclusă în predicția prețului, majoritatea fiind serii nestaționare, cu diferențe semnificative în totalul producției pe zile de livrare. Tot cu ajutorul modelului VAR am analizat corelațiile dintre variabilele consum, producție și cărbune, șocurile aplicate uneia dintre variabile fiind explicată parțial prin fluctuații a celorlalte. Spre exemplu, la o

intensitate minimă a șocului, rezultatele aplicării șocului ce modifică partea de consum se explică într-o proporție de 99,92% prin variația consumului, 0,07% prin modificarea producției și 0,01% modificărilor în producția de cărbune. În funcție de intensitatea șocului, diferite nivele de variație a consumului pot fi explicate prin diferite nivele de variație a celorlalte elemente incluse în model.

Previzionarea prețului PZU este importantă în măsura în care se urmărește profitabilitatea întreprinderii, dar și recuperarea investiției inițiale. Calculele făcute de cele mai recente studii de fezabilitate, cumulând nivelul actual al costurilor cu numărul total de ore de funcționare, arată că cele aproximativ 5 miliarde de euro investiție inițială, cumulate cu 200 milioane euro cost de întreținere și operare, pentru o producție de 5 milioane de MW/an, la un preț mediu de 153 de lei (preț PZU mediu la care se tranzacționează în Q4 2016 anul 2017), ar determina o cifră de afaceri anuală de 800 mil euro, un profit de 600 mil euro, deci o recuperare a investiției în aproximativ 9 ani, perioada lungindu-se până la 10 ani în funcție de facilitățile de creditare obținute de investitori. Durata de viață a unei centrale nucleare până în faza de recondiționare este de 25 de ani, iar recuperarea investiției în mai puțin de jumătate din perioada totală de viață productivă a celor două unități, reprezintă o estimare foarte atractivă pentru părțile implicate.

Dinamica prețurilor nu este unul din elementele ce stau la baza deciziei dezvoltării activității nucleare în România, ci mai degrabă necesitatea acesteia în contextul menținerii securității în aprovizionate și a unui mix energetic suficient de divers astfel încât în fapt, nici una din resurse să nu poată fi de neînlocuit. Predicțiile de preț și profitabilitatea investiției sunt în principal barometre sensibile pentru investitorii privați, deși nici statul nu este interesat să investească într-o afacere neprofitabilă. În măsura în care nivelul cererii este suficient de mare și în condițiile în care unitățile de producție vechi vor ieși din uz sau vor necesita investiții substanțiale și de lungă durată în scopul re tehnologizării, profitabilitatea investiției în cele două unități nucleare nu este pusă sub semnul întrebării.

Piața energiei electrice a fost întotdeauna sub atenta supraveghere a organismelor mondiale, europene și naționale, reprezentând atât o oportunitate de dezvoltare financiară, dar și o necesitate la nivel de ramură strategică la nivelul fiecărui stat în parte. Deosebit de preocupată de problematica energiei electrice, literatura de specialitate tratează aspectele economice într-un mod foarte vast, abordând atât cazuri concrete de state care au luat diferite măsuri referitoare la influențarea prețurilor prin dimensionarea mixurilor energetice, cât și o gamă variată de alți factori care influențează prețurile în mod indirect. Astfel, cazul Germaniei care a decis să închidă toate unitățile de producție care utilizează combustibil nuclear este studiat cu precădere, alături de cazurile Emiratelor Arabe Unite și a Chinei, care dezvoltă foarte mult energia nucleară, reprezentând adevărate modele de suport al acestui tip de energie la nivel mondial. Studii desfășurate în diferite state concluzionează faptul că prezența energiei nucleare în mixul energetic al unui stat determină un nivel al prețului energiei electrice mai scăzut, cu efecte macroeconomice și microeconomice benefice unanim acceptate, comparativ cu situația în care această componentă lipsește.

La nivel european, finalizarea pieței interne a Uniunii Europene a urmărit încă de la înființare, printre alte deziderate, eliminarea barierelor comerciale, similitudinea politicilor practicate de fiecare stat european în parte, precum și practicarea de mecanisme libere de formare a prețurilor, pe baza cererii și a ofertei. De asemenea, s-a urmărit adoptarea de măsuri capabile să ofere un grad ridicat de protecție consumatorului final, toate acestea neputând fi aplicate fără stabilirea de interconexiuni tehnice pentru transportul energiei electrice între statele

membre. Din punct de vedere energetic, stabilirea de măsuri adecvate fiecărui stat în parte a pus în dificultate specialiștii în domeniu, deoarece fiecare stat își dimensionează producția de energie electrică în funcție de resursele disponibile. Cu toate acestea, setul de măsuri 20-20-20 menit să adopte un cadru comun al primilor pași în protecția mediului este în urmărire pentru fiecare dintre membrii UE.

Din punct de vedere al comercializării energiei electrice, România dispune de o piață modernă și competitivă, integrată aproape integral în cadrul general de funcționare stabilit de Uniune, fiind pe ultima sută de metri în ceea ce privește completa sa liberalizare și în deplină concordanță cu mecanismele statelor vest europene, mari actori de pe piețele europene activând și pe piața din România. Energia electrică se tranzacționează în mod liber și independent, strict pe piața centralizată administrată de Opcom.

Pe parcursul lucrării, unul din obiectivele centrale pe care le-am urmărit a fost reliefarea interdependenței între partea socială referitoare la comunitate și mediu și latura financiară, unde am urmărit pe de o parte calcularea costurilor necesare punerii în funcțiune, dar și calcule referitoare la estimarea prețurilor care pot fi obținute pentru respectiva producție. Astfel, deși costurile sunt relativ inelastice, depinzând într-o măsură foarte mică de factorii interni ai întreprinderii, la fel este și prețul, mecanismul său liber de formare nu oferă posibilități prea mari de influență iar dacă ar oferi, generarea unui asemenea volum de electricitate nu ar face decât să contribuie la scăderea prețului de piață. În acest sens, în ultima parte a lucrării am urmărit realizarea de predicții realiste de preț pe termene medii – un semestru – care să poată ajuta întreprinderea nu neapărat să ia decizii referitoare la dacă să producă sau nu, ci mai degrabă să aibă o imagine clară asupra rezultatelor viitoare astfel încât orice fluctuație, cu efecte pozitive sau nu asupra profitabilității, să nu ia prin surprindere managementul companiei.

Ipoteza de la care am plecat se referă la ciclicitatea evenimentelor care conduc la determinarea prețului energiei electrice și la faptul că predicțiile reale ale traderilor de energie iau în considerare seriile de timp. Ca element de noutate, am ales coroborarea diferitelor modele econometrice astfel încât să determin în termeni reali rezultatele PZU pentru trimestrul al doilea al anului 2016. De asemenea, am utilizat metoda DOE Taguchi pentru determinarea efectului pe care diferite variabile îl au asupra prețului. În vederea validării acestor ipoteze, am ales eșantionul de date inițiale de la care am pornit analiza. Pentru noutatea informațiilor, dar și pentru a avea o serie de timp relevantă din punct de vedere cantitativ, am ales seria temporală cu frecvență zilnică pentru perioada ianuarie 2015 – martie 2016. Apoi am stabilit categoriile de indicatori econometrici care se pretează acestui studiu, am preluat, prelucrat și interpretat datele statistice aferente indicatorilor aleși, pentru perioada menționată, datele pentru perioada aprilie – iunie 2016 fiind previzionate. Am ales programul Eviews pentru rularea ipotezelor, utilizând mai multe modele: modelul ARMA (model staționar liniar pentru analiza seriilor de timp, verifică staționaritatea seriei de date), metode de netezire exponențială pentru valorile previzionate, analiza corelației dintre variabilele incluse în studiu cu ajutorul matricei de corelație, modelul VAR de studiu al variabilelor endogene cu lag până la nivelul -8, testul Granger pentru analiza cauzalității între variabilele ale căror serii de date sunt staționare. Am ales programul Minitab pentru analizarea pe serii medii scurte de date a influenței surselor regenerabile de energie asupra prețului PZU.

Cea mai importantă contribuție prezentată în această lucrare o reprezintă analiza influenței seriilor istorice asupra prețului actual și pe această bază, realizarea de predicții realiste a prețurilor.

Rezultatele obținute în urma aplicării metodologiei de lucru pot fi rezumate astfel:

1. Pentru variabila preț PZU seria de date nu este staționară în nivel și nu poate fi luată în considerare în modelare, acesta este motivul pentru care am refăcut modelarea folosind indicele prețurilor, în urma cărora am obținut staționaritatea seriei.
2. Pentru ca testul să nu fie afectat de erori semnificative, trebuie ca între aceste erori să nu existe legături de cauzalitate. Pentru 2nd difference în seria de date indice PZU, testul ARCH ne indica faptul că nu există corelație între erori, în consecință analiza seriei obținute comparativ cu valoarea real înregistrată pe piață prin calcularea erorii de prognoză va genera metoda potrivită pentru diminuarea acestei erori.
3. Pentru un calcul mai verosimil, rezultatul cel mai apropiat de realitate a fost obținut cu ajutorul netezirii exponențiale duble.
4. Corelograma variabilelor indică cu precizie interdependențele dintre variabile.
5. Un eventual șoc aplicat asupra seriei consum-producție-cărbune analizat prin modelul VAR indică procentual nivelurile de interdependență dintre aceste variabile, cărbunele fiind la nivelul anului 2017 principala resursă utilizată pentru producerea de energie electrică și deci, cel mai sensibil factor de influență al prețului.
6. Impactul sporadic al energiilor regenerabile asupra ponderilor zilnice în coșul de consum, calculat cu ajutorul Metodei Taguchi, este semnificativ.
7. În contextul energetic al anului 2017, pentru menținerea prețurilor la un nivel acceptabil sau chiar competitiv, dezvoltarea energiei nucleare este o necesitate.

Dificultatea acestui studiu stă în multitudinea de variabile care trebuie luate în considerare, dar și de permanenta dinamică a sistemului energetic național, care trebuie să fie în deplină concordanță cu dinamica regională și cu cea europeană. Modelul studiat poate fi aplicat în practică, în condițiile unei piețe stabile care furnizează informații despre factorii supuși studiului, factori cu fluctuații relativ previzibile pe termen scurt și cu o dinamică ciclică.