

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
Majandusteaduskond  
Rahanduse ja majandusteooria instituut  
Rahanduse ja panganduse õppetool

Jana Vetsvanags

**ELEKTRIHINNA MUUTLIKKUSE MÕJUTAVATE  
TEGURITE ANALÜÜS**

Magistritöö

Juhendaja: dotsent Natalja Gurvitš

Tallinn 2015

## SISUKORD

ABSTRAKT .....	5
SISSEJUHATUS .....	6
1. ELEKTRITURG.....	9
1.1. Elektrituru ülevaade.....	9
1.2. Elektrihinna volatiilsus .....	16
1.3. Riskijuhtimine elektriturul.....	17
1.4. Finantsriskid elektriturul .....	19
1.5. Hinnariski maandamise instrumendid .....	20
2. ELEKTRIHINNA ANALÜÜS.....	25
2.1. Andmed .....	25
2.2. Elektrihinna analüüs .....	26
2.3. Spot ja forvard hinna volatiilsus (simple net return) .....	27
2.4. Spot ja forvard hinna volatiilsus (logaritmik return) .....	28
2.5. Tarbimine ja tootmine .....	32
2.6. Ilmastikuolude mõju tarbimisele .....	33
2.7. Elektrihinna sõltuvus energiaallikatest.....	36
2.8. Forvard ja spot hinna muutused.....	39
2.9. S&P GSCI indeks .....	44
2.10. Regressiooni analüüs .....	46
2.11. Järeldused ja ettepanekud .....	52
KOKKUVÕTE .....	56

SUMMARY .....	59
VIIDATUD ALLIKAD .....	62
LISAD .....	65
Lisa 1. S&P GSCI kaubaindeksi osakaalud .....	65
Lisa 2. Forvard ja S&P GSCI muutuste histogramm .....	66
Lisa 3. Mudeli 1 tulemused .....	67
Lisa 4. Mudeli 2 tulemused .....	68
Lisa 5. Korrelatsiooni kordaja näitajad.....	69

## JOONISTE LOETELU

Joonis 1. Nord Pool Spot hinnapiirkondade ülevaade.....	10
Joonis 2. Nõudlus ja pakkumine.....	12
Joonis 3. Elektrienergia hinna muutlikkust mõjutavad tegurid.....	14
Joonis 4. Aasta keskmine spot hind aastatel 2010-2015 (€/MWh).....	15
Joonis 5. Päeva keskmine elektri hind Eesti hinnapiirkonnas.....	26
Joonis 6. Spot päeva keskmise hinna volatiilsus, 01.01.2011-28.02.2015.....	27
Joonis 7. Forvard päeva keskmise hinna volatiilsus, 01.01.2011-28.02.2015.....	28
Joonis 8. Spot päeva keskmise hinna volatiilsus, 01.01.2011-28.02.2015.....	29
Joonis 9. Forvard päeva keskmise hinna volatiilsus, 01.01.2011-28.02.2015.....	29
Joonis 10. Spot hinna volatiilsus.....	31
Joonis 11. Forvard hinna volatiilsus.....	31
Joonis 12. Tarbimine, tootmine ja elektrienergia hind.....	32
Joonis 13. Tarbimise ja temperatuuri seos, 01.01.2014-31.11.2014.....	34
Joonis 14. Elektri hind ja hüdroenergia 2013 ja 2014 aastate võrdlus.....	35
Joonis 15. Elektri hind ja hüdroenergiat tootmine Soomes.....	36
Joonis 16. Elektri jaamades energia tootmiseks tarbitud kütus 2013a.....	37
Joonis 17. Nafta hind ja elektri hind perioodil jaanuar 2011 kuni veebruar 2015.....	37
Joonis 18. Maagaasi- ja elektri hind perioodil jaanuar 2011 kuni veebruar 2015.....	38
Joonis 19. Spot ja forvard päeva keskmise hinnad perioodil 01.01.2011-28.02.2015.....	39
Joonis 20. Forvard ja spot kuu keskmise hinnad perioodil 01.01.2011-28.02.2015.....	40
Joonis 21. Nasdaq Commodities forvardi lepingute tehingute arv päevas.....	40
Joonis 22. Spot ja forvard kuu keskmised hinnad, jaanuar 2013 – märts 2015.....	41
Joonis 23. Spot aasta keskmise hinna võrdlus.....	42
Joonis 24. S&P GSCI kaubaindeksi osakaalud.....	44
Joonis 25. S&P GSCI indeks ja forvard hind 2011-2015.a.....	45
Joonis 26. Mudel I jääkliikmete histogramm.....	49
Joonis 27. Mudel II jääkliikmete histogramm.....	51
Joonis 28. Mõjutavate tegurite muutused.....	54

## ABSTRAKT

Elektriturg on viimaste aastate jooksul väga arenenud. Eesti monopoolse turu asemele on tulnud Norra reguleeritav elektribörs Nord Pool Spot AS. Elektribörsi eesmärgiks on eelkõige pakkuda võrdset võimalust turuosalistele oma toodangu müügiks või elektrienergia ostmiseks, olles samas ka alternatiiviks kahepoolsetele lepingutele. Elektribörs tagab, et elektrienergiale tekiks läbipaistev ja turupõhine hind, mis annaks tarbijatele ja tootjatele aluse turusituatsiooni hindamiseks ning tehinguotsuste tegemiseks.

Elektrihinna volatiilsus on nii suur, et on vaja ka hinnariski maandada, kasutades finantsbörsi Nasdaq Commodities, mis tegutseb alates 2011 aasta. Eesti turul pakutakse finantslepingutega kauplemist. Peale elektrituru avamist peamiseks probleemiks on hinnariski maandamine.

Käesoleva magistritöö eesmärk on välja selgitada mis tegurid ja kuidas mõjutavad elektrihinna muutlikkust. Elektrihinna kujunemisel on olulised: tarbimine ja tootmine, ilmastikumuutused, S&P GSCI kaubaindeks, naftahind ja maagaasihind. Autori poolt on analüüsitud elektrihinna ja mõjutavate tegurite dünaamikat, ning koostatud statistiline mudel, et tegurite olulisus välja uurida.

Mõjutavate faktorite väljaselgitamine ja nende muutlikkuse võrdlemine elektrihinnaga andis järgmised tulemused: nafta, gaasi ja kaubaindeksi hindade kasvamine toob kaasa elektrihinna kallinemise ja vastupidi. Spot elektrihind on palju ebastabiilsem kui forvardi hind. Nõudluse ja pakkumise suhe mõjutab elektrihinna kujunemist. Odava elektri tootmise maht mõjutab elektrihinna odavnemist.

Varem seda teemat ei ole palju uuritud, saab isegi öelda, et Eestis ei ole üldse uuritud, sest turg alles areneb. Töö käigus on uuritud forvardi lepingu ja spot elektri hinda, tulevikus saab teha uuringuid kasutades teisi finantsinstrumente, näiteks swap-id ja optioonid.

**Võtmesõnad: elektrihind, elektriturg, tarbimine ja tootmine, elektrihinna volatiilsus, hinnarisk, riski maandamine, elektribörsil kauplemine.**

## SISSEJUHATUS

Turg, mis praegu kiiresti areneb ja mitmel viisil toimib sarnaselt finantsturuga on elektriturg. Elektrit on traditsiooniliselt ostetud ja müüdud letist (ing. keeles *OTC - over the counter*), kuid viimase kümne aasta jooksul on tekkinud korrastatud elektribörs.

Elektrienergia hind on palju ebastabiilsem, kui teiste kaupade hinnad. Nõudlus ja pakkumine peavad olema kogu aeg tasakaalus, kuna elektrienergiat ei ole võimalik ladustada. Elektri hinna volatiilsus suurendab elektriturul kauplemise riski. Kuid hinna kujundamisel ja riski maandamisel ei ole võimalik koheselt rakendada kõiki standardseid finantsvahendeid.

Peamine põhjus, miks tuletisinstrumentidega kauplemine on turu osalejatele tähtis on nende energia portfellide stabiilsuse jälgimine ja elektrihinna kahjuliku kõikumise negatiivse mõju vähendamine. See on eriti oluline elektriturul, kus esinevad mõlemad: elektrihinna äärmuslik volatiilsus ja suur hulk kõrgeid hindu. Tänu elektri eriomadustele volatiilsus elektriturul võib ulatuda ekstreem/äärmusliku tasemeni ning volatiilsuse dünaamika õige mõistmine on oluline kõikidele turul osalejatele. Organisatsioon, mis on harjunud kasutama pikaajalisi fikseeritud hinnaga lepinguid, praegu aina rohkem puudutab hinna volatiilsus ning tulenevalt vajadusest, otsivad nad hedgeerimise võimalusi ning spekulatiivset kauplemist hinnariski maandamiseks. Tänapäevane olukord energeetikaturul on mõnel viisil sarnane derivatiivide kauplemise ilmumisega finantsturgudel.

Seoses elektrituru kiire arenemisega ja tuletisinstrumentide kasvuga, hinnariski modelleerimine ja juhtimine on muutunud olulisemaks uurimisteenuseks. Käesoleva magistr töö eesmärk on välja selgitada, mis tegurid ja kuidas mõjuvad elektrihinna muutlikkust. Uurida päev ette elektrituru ja tuleviku hindade dünaamikat ja volatiilsust. Analüüsida hindade kõikumist määratud perioodi jooksul. Leida, millised faktorid mõjutavad elektrihinna ning uurida, kuidas nad seda mõjutavad. Kas teatud faktorite kasv toob kaasa hindade tõusu või vastupidi – languse? On ka oluline aspekt elektriturul osalejatele ja selle töö eesmärk on uurida, millal on kõige parem hetk hinna fikseerimiseks või hinnariski maandamiseks, sellele küsimusele on võimalik vastata ainult siis, kui on läbitud kõik eelnevad punktid.

Eesmärkide saavutamiseks tuleb selgitada välja elektrituru mõiste ja eesmärk, kuidas ta on arenenud viimasel ajal, millised muudatused on toimunud. Vaadatakse globaalse ja Eesti elektrituru oluliste sündmuste ja arenemise mõju elektrihinnale. Kirjeldatakse riskimaandamise võimalusi ning millised nendest on kõige optimaalsemad ja levinumad. Elektrienergia hinda mõjutavate tegurite selgitamine ning nende mõju analüüsimine. Elektrihinna analüüsimiseks koostatakse mudel, mille põhjal selgitatakse, kuidas mõjutavad tegurid on elektrihinnaga seotud. Kas see mõju on suur või väike?

Antud töös käsitletakse Nord Pool Spot elektriturgu ning Nasdaq Commodities finantsturgu. Spot turg on füüsilise kätte toimetamise turg ning „spot“ nimele vaatamata, on see tegelikkuses ikkagi ühepäeva futuuride (tuleviku) turg; igapäevaselt keskpäeval määratakse tunnipõhiselt spot hinnad ning mahud järgmiseks päevaks oksjoni käigus. Finantsturul on võimalik kaubelda elektri forvardi lepingutega, mis on sõlmitud erinevateks perioodideks: nädalaks, kuuks, kvartaliks ja aastaks, kuna spot keskmist hinda on võimalik arvutada igaks selliseks perioodiks. Tihedamini kasutatakse ühe kuu forvardi lepinguid.

Energeetika turul elektrihinna riskijuhtimine ei ole veel nii hästi arenenud võrreldes intressimäära- ja valuutataturuga. Kuid on vaja meeles pidada, et kaubaturg ei ole nii lihtne nagu finantsturg. Tuleb tegeleda lisanduva komplitseerimisega füüsilise substantsi näol, millist ei saa lihtsalt toota, edastada ega tarnida nupu vajutamiselega. Klassikaline probleem riskijuhtimise valdkonnas on optimaalse elektri portfelli valimine.

Töö on jagatud kaheks peatükiks. Esimene osa annab põhjaliku ülevaate elektriturust. Eesti elektriturg on viimaste aastate jooksul palju arenenud, leidis aset turu avanemine ning toimub koostöö naaberriikidega. Eesti elektrienergia monopool on asendunud Norra elektribörsiga ning hinna fikseerimiseks füüsilise lepingu asemel on võimalik sõlmida finantsleping Nasdaq Commodities kaubaturul. Elektribörsil osalejad puutuvad igapäevaselt kokku erinevate riskidega, riskide ülevaade on antud töö esimeses osas. Töös on antud põhjalik ülevaade erinevatest riskidest, hinnariskimaandamise instrumentidest ja nende toimise põhimõtetest.

Teises peatükis on lühiülevaade andmete valikust ning andmete allikatest. On antud ka ülevaade mõjutavatest teguritest: naftahind, gaasihind, tarbimine ja tootmine, ilmastikutingimused. Analüüsitakse elektrihinna sõltuvust energiaallikatest ning kaubaindeksi mõju. Koostatakse mudel, mille abil selgitatakse elektrihinna tegurite mõju. Teine peatükk lõpetatakse osaga, kus autor teeb järeldusi ja ettepanekuid saadud tulemuste põhjal.

Töö autor soovib tänada oma juhendajat Natalja Gurvitš-it mitmekülgse professionaalse abi, mõistmise ning igakülgse kaasabi eest. Tänuõnad toetuse eest lähevad ka töö autori lähedastele, sõpradele ning kolleegidele.



# 1. ELEKTRITURG

Selle peatükki eesmärk on anda ülevaade elektrituru tegutsemise põhimõtetest ja turu arenemisest ning kirjeldada erinevaid riske, mis esinevad tänu elektriinna volatiilsusele ning riski maandamise võimalusi, kasutades enam levinuid elektrienergia kauplemissinstrumente.

## 1.1. Elektrituru ülevaade

Elektriturg on elektri tootjate ja tarbijate vahelisi ärisuhteid hõlmav turg, millega tagatakse elektri tootmise ja elektri tarbimise üldine tasakaal. Alates 1. aprillist 2010 aastast alustas Eestis tegevust elektribörs, mille korraldajaks Eestis on Nord Pool Spot AS ning mis annab turuosalistele võimaluse päev ette kaubelda elektrienergiaga Nord Pool Spot Estonia hinnapiirkonnas. Nord Pool Spot on üks maailma suurimaid füüsilise energiaga kauplemaid elektribörse ja see tegutseb Põhjamaades (Norra, Rootsi, Soome, Taani), Saksamaal, Eestis, Lätis, Leedus ja ka Suurbritannias. Turu osalised on 380 ettevõtet 20 riigist. (Nord Pool Spot 2015)

Elektribörsi eesmärgiks on eelkõige pakkuda võrdseid võimalusi turuosalistele oma toodangu müügiks või elektrienergia ostmiseks, olles samas ka alternatiiviks kahepoolsetele lepingutele. (Byström 2000) Elektribörs tagab, et elektrienergiale kujuneks läbipaistev ja turupõhine hind, mis annaks investoritele ja tootjatele aluse turusituatsiooni hindamiseks ning investeerimisotsuste tegemiseks. (Wolak 2001)

Elektribörs on peamiselt mõeldud elektrienergia hulgimüüjatele, kuna osalemistasu väiketarbijatele oleks ebaratsionaalselt kõrge ja nõuaks igapäevast kauplemissetegevust. Seetõttu on börsil kauplejateks eelkõige:

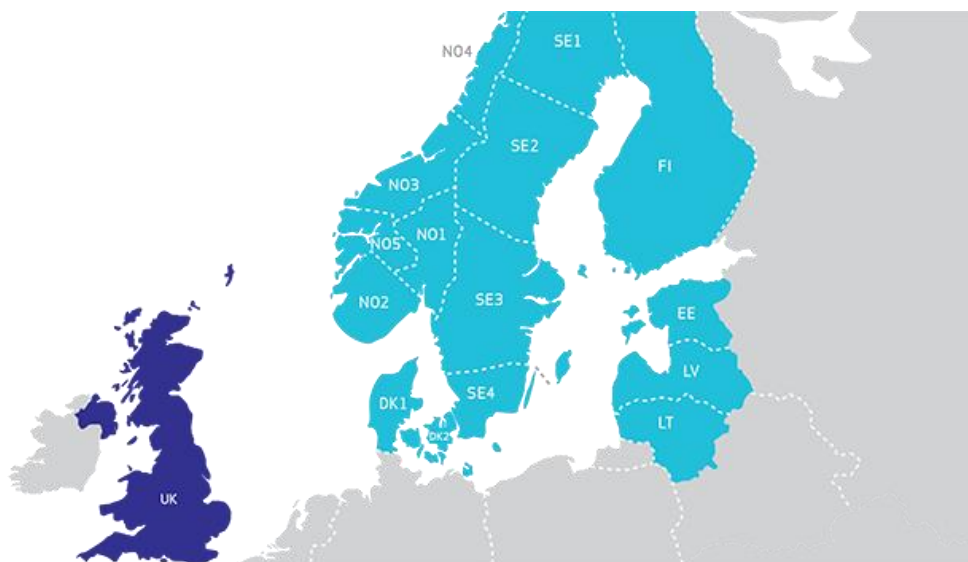
- tootjad;
- jaemüüjad;
- kauplejad;

- suurtarbijad (Eestis tarbijad, kelle elektritarbimine ületab 2 GWh aastas).

Börsi elektrihinna kujunemine sõltub erinevatest faktoritest. Nord Pool Spot börsil on erinevad hinnapiirkonnad, uurimiseks on valitud elektrihind ning elektrihinna kujunemine Eesti hinnapiirkonnas.

Erinevate hinnapiirkondade vahel on elektrienergia voog alati suunaga madalama hinnaga piirkonnast kõrgema hinnaga piirkonda ning elektrienergia võimsusvoog saab olla maksimaalselt turule antud ülekandevõimsuse ulatuses. Kui ühes piirkonnas on nõudlus suurem kui kahe piirkonna vahel olev läbilaskevõime, siis tekivadki piirkondades erinevad hinnad. Reaalsuses tekivad aga, nii öelda, pudelikaelad erinevate hinnapiirkondade vahel, sest iga turuosaline saab osaleda vaid enda piirkonnas ja teha ostu- ja müügipakkumisi elektribörsile vastavas piirkonnas.

Joonisel 1 on näha Nord Pool Spot börsi erinevaid hinnapiirkondi, igale piirkonnale arvutatakse eraldi hinda. Kui näiteks kaks piirkonda on ühendatud kaabliga, siis seal pakutavad hinnad on oma vahel seotud. Piirkonnast kus hind on odavam, ta liigub piirkonda, kus on kallim hind. Iga piirkonna elektri tarbimine ja tootmine peab olema tasakaalustatud, selleks on võimalik elektrienergiat edastada sinna piirkonda, kus on elektrienergiat puudu, kui kaablite võimsus on piisav. Kõik need aspektid teevad elektribörsi paindlikumaks ja organiseeritumaks.



Joonis 1. Nord Pool Spot hinnapiirkondade ülevaade  
Allikas: Nord Pool Spot

Erinevad hinnapiirkonnad aitavad tuvastada tõrke edastamissüsteemis ning kindlustada piirkonna turutingimuste kajastamist hinnas. Edastamissüsteemi pudelikaelte tõttu võivad hinnapiirkondades esineda erinevad hinnad – piirkonnahinnad. Kui kahe hinnapiirkonna edastamissüsteemide võimsustele tekivad tõrked, siis elektrienergia liigub alati madalamast hinnapiirkonnast kõrgemasse hinnapiirkonda. Selline printsiip teenib elanikkonda: toode peaks liikuma kõrgema hinna poole, kus elektrienergia nõudlus on suurem.

Samuti tagab selline süsteem, et ükski turuosaleja ei ole üheski pudelikaelas privilegeeritud seisundis, mis on liberaalse turu oluline omadus. Nord Pool Spot kalkuleerib järgmise päeva hinda igas panustamispiirkonnas tunnipõhiselt. (Byström 2000)

Töös vaadatakse turgu päev ette. Elspot on põhiliseks turuplatvormiks, kauplemissvõim Põhja ning Baltimaade piirkonnas. Siin sõlmitakse lepinguid müüjate ja ostjate vahel järgmise päeva elektritarneks, määratakse hinda ning lepitakse kauplemiss kokku. (Koekebakker, Ollmar 2001)

Tänaseks on Elspot'il umbes 360 ostjat ning müüjat (registreeritud turuosalejad). Suurem osa neist kaupleb igapäevaselt, tehes päeva jooksul umbes 2000 panust elektrilepingutele. (Nord Pool Spot 2015)

Igapäevane kauplemine juhindub osalejate planeerimisest. Ostja, tüüpiliselt tööstusettevõtte, peab arvutama kui palju elektrienergiat (maht) ta vajab vastavalt järgmise päeva nõudlusele, ning kui palju ta on valmis tasuma selle eest tunnipõhiselt. Müüja, näiteks hüdroelektrijaama omanik, peab otsustama kui palju ta suudab toota ning millise hinnaga, tunnipõhiselt. Need vajadused peegelduvad panustes, mis on sisestatud ostjate ning müüjate poolt Elspot'i kauplemissüsteemi.

Elektrienergia panuste sisestamise tähtaeg on 12:00 CET (Kesk-Euroopa Aeg), elektrienergia toimetatakse kätte järgmisel päeval. Elspot juhib infot spetsiaalse arvutisüsteemi abil, mis arvutab hinda edasijõudnu algoritmi alusel. Lihtsamalt öeldes, hind on määratud punktis, kus ostuhinna ning müügihinna jooned ristuvad.

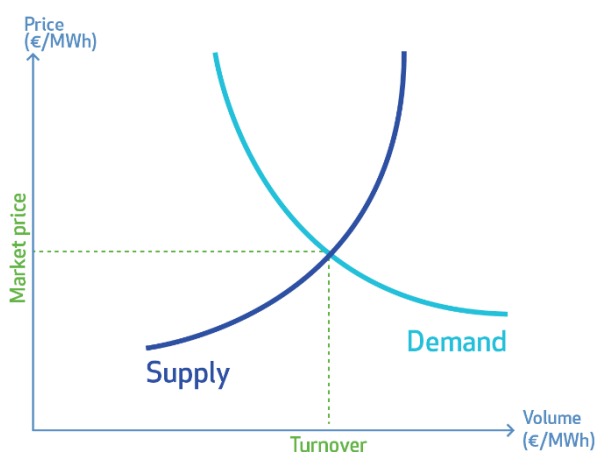
Tunnihinnad kuulutatakse välja turul kell 12:42 CET või hiljem. Siis kui turuhinnad on määratud, tehingud loetakse teostatuks. Alates 00:00 CET järgmisel päeval, elektrienergia lepingud toimetatakse füüsiliselt kohale (mis tähendab, et elektrienergia on ostjale edastatud) tunnipõhiselt vastavalt kokkulepitud lepingutele.

Kui peamisteks faktoriteks turu tunnihinna määramisel on pakkumine ja nõudlus, siis edastamise võimsus mängib oma rolli ka. Pudelikaelad võivad tekkida siis, kui

elektriühendused on üksteisega seotud ning suured mahud vajavad edastamist vastavalt nõudlusele. Sellise blokeerimise vältimiseks eksisteerivad erinevate piirkondade hinnad. Teiste sõnadega, kui edastamise võimsus takerdub, siis piirkonnas, mis sattub sellise mõju alla kasvab hind nõudluse vähendamiseks. (Nord Pool Spot 2015)

Elektrienergia hind, nagu kõik teised kaubad, millega kaubeldakse kauba turul, kujuneb nõudluse ja pakkumise suhtena. Muudel sarnastel tingimustel mida suurem on nõudlus ja väiksem pakkumine, seda madalam on hind.

Joonisel 2 on nõudluse ja pakkumise ideaalne suhe.



Joonis 2. Nõudlus ja pakkumine.

Allikas: Nord Pool Spot

Elektrienergia hind kujuneb elektribörsil nõudluse ja pakkumise suhtena. Igas kauplemispiirkonnas arvutatakse esitatud müügi- ja ostupakkumiste elektrienergia hinda.

Elektrienergia hinda mõjutavad:

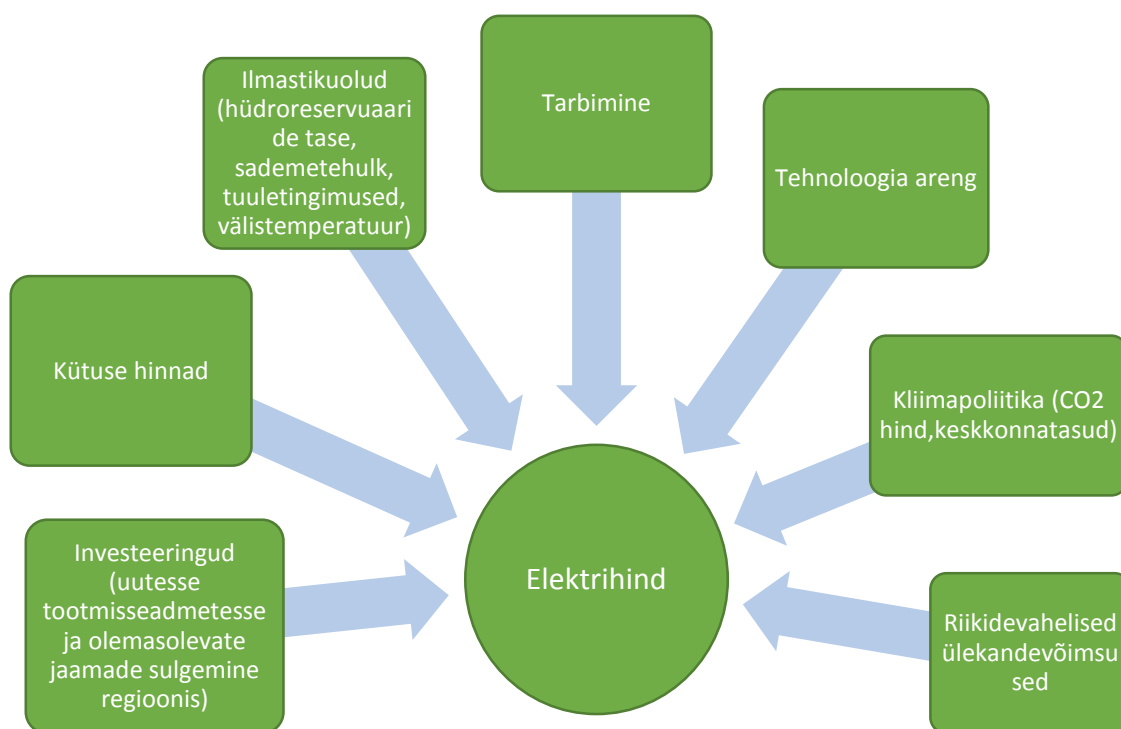
- 1) tarbimismahud (nõudlus);
- 2) ülekandevõimsus ja selle olemasolu;
- 3) investeeringud uutesse tootmisvõimsustesse;
- 4) ilmastikuolud;
- 5) EL-i kliimapoliitika ja heitmekaubandus;
- 6) kütuste hinnad

Turuhinna peamiseks ülesandeks on nõudluse ja pakkumise tasakaalustamine. Selline ülesanne omab erilist tähtsust elektriturgudel seoses elektrienergia ladustamise võimatusega ning iga edastamise pärssimisega seotud kõrgete kuludega. (Bessembinder, Lemmon 2002) Nord Pool Spot'i spot turg on oksjonipõhine börs füüsiliselt viivitamatu kätte toimetava elektrienergiaga kauplemiseks. Nord Pool Spot on põhiliseks turuks Põhja- ning Baltimaade elektrienergia jaoks. (Nord Pool Spot 2015)

Spot turg hoiab nõudluse ning pakkumise tasakaalus, teostades teatud määral tuleviku planeeringut. Lisaks, teostatakse lõpliku balansseerimis protsessi täpsete korrigeerimiste jaoks bilanssi turul reaalajas.

Seni elektrienergial on järgmised omadused, mille põhjal tekib erinevus tavalise kaubaga ning nõudluse ja pakkumise seadus ei tööta nii nagu peab:

- elektrit tarbitakse ja toodetakse järjepidevalt, igal ajahetkel;
- elektrit tarbitakse samal ajahetkel, kui see toodetakse;
- elektrit ei ole võimalik säilitada suurtes kogustes viisil, mis oleks majanduslikult otstarbekas;
- elektritarbimine sõltub ajast ja see on iseloomustatav tarbimismustriga: päev/öö, nädalavahetus, aastaaeg, aasta;
- elektrienergiat ei ole võimalik jälgida, st välja uurida, millises jaamas toodeti tarbijani jõudnud elektrienergia;
- alati on olemas võimalus elektrisüsteemi suureulatuslikeks avariideks, millega peab elektrisüsteemi juhtimisel arvestama.



Joonis 3. Elektrienergia hinna muutlikkust mõjutavad tegurid

Allikas: Autori koostatud

Üks peamisi faktoreid, mis määrab elektrienergia hinna, on tarbimine ning praeguste prognooside kohaselt energiatarbimine kogu maailmas kasvab. Pikemas perspektiivis mõjutavad tarbimist aga majanduslik olukord, inimeste käitumisharjumused ning tehnoloogia areng.

Eestil on praegu elektriühendused nii Venemaa kui Lätiga. Soomega ühendavad meid alalisvooluühendused EstLink 1 ja EstLink 2, mille võimsused on vastavalt 350 MWh ja 650 MWh. Tänu ühendustele saavad elektri tootjad ja tarbijad osta ning müüa elektrit oluliselt suuremal Põhja – Balti turul. See aga tähendab suurenenud konkurentsi ning nii on tarbijatele tagatud parim elektrihind. Tugevam ühendus Põhjamaadega ning erinevate tootmisliikide kasutamine toob kaasa ka ühtlasema hinnataseme. (Kuidas kujuneb...)

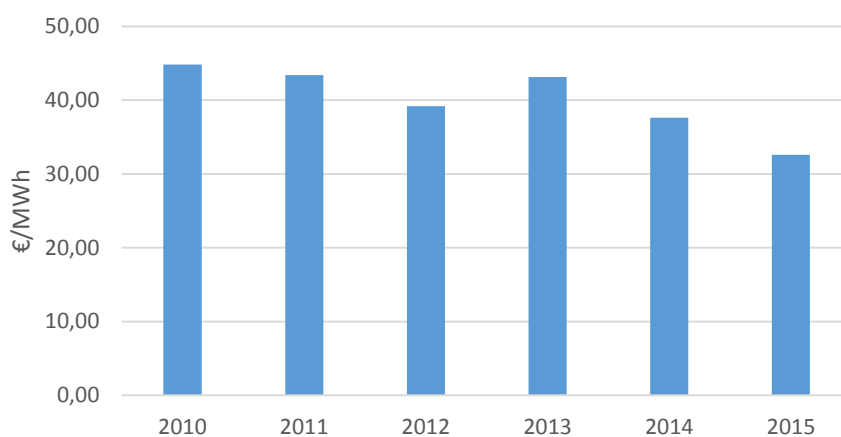
Elektrienergia hinna kujunemisel oluline roll on ka regioonis valitsevatel ilmastikuoludel, Põhjamaade puhul on selleks eelkõige hüdroenergiast tootmise võimalus. Täna on hüdroenergiast toodetud elektrienergia kõige odavam, mistõttu on sellel tugev mõju kogu Põhjamaade regiooni elektri hinnale.

Ilmastikuolude kõrval mõjutavad maailmaturu kütuste hinnad (primaarenergia ressursid) nii investeringuid uutesse toomisseadmetesse kui ka elektrienergia hinda otseselt. (Elering 2012)

Nord Pool Spot hakkas tegutsema Eestis 2010.a. aprillist ning sellest ajast suurtel tarbijatel tekkis võimalus osta ja suurtel tootjatel müüa elektrienergiat börsi hinnaga, enne seda valitses Eesti elektriturul täielik monopol.

Eesti elektriturg avanes 1. jaanuaril 2013.a. kõikidele elektritarbijatele. Seega avanes elektriturg täielikult konkurentsile. Turu osalejad saavad valida endale sobilikku hinnapoliitika, mõned otsustavad osta elektrienergiat fikseeritud hinna ning mõned otsustavad võtta hinnariski ja ostavad elektrienergiat börsi hinnaga.

Peale turu avamist Eestis saab elektrienergia arenemist jälgida aasta keskmise hinna võrdlemisel, andmed on esitatud joonisel 4. Aastatel 2010 ja 2011 oli stabiilne hind vastavalt 46,34 €/MWh ja 43,37 €/MWh, enne turu avamist 2012 aastal elektrienergia hind oli langenud kuni 39,19 €/MWh. 2013 aastal kasvanud kuni 43,14 €/MWh ning peale seda hakkas hind langema. 2014 aasta on 37,61 €/MWh ja 2015 aasta alguses elektrienergia hind on jõudnud oma madalama tasemeni 32,61 €/MWh. Põhjustas seda kindlasti elektrituru avanemine ning piiriülene koostöö. Eesti ja Soome on ühendatud alalisvoolukaablitega EstLink 1 ja EstLink 2. Kirjeldatud aasta keskmiste hindade dünaamikat saab jälgida joonisel 4.



Joonis 4. Aasta keskmine spot hind aastatel 2010-2015 (€/MWh)

Allikas: Autori koostatud

Tuleviku elektrihinna prognoosid on hinna langusele, kuna turg kiiresti areneb. Erinevate piirkondade vahel ehitatakse ühendusi, et tarnida odavat energiat kõrgema hinnaga piirkondadele, kus elektrienergiat on puuduses.

## 1.2. Elektrihinna volatiilsus

Hinna volatiilsus on mõõduks hindade hajutatusele või kõikumisele teatud perioodi jooksul, näiteks tunni, päeva, nädala, aasta jooksul. Enamikul kaubaturgudel mõju hindadele, mis on seotud toodangu või tarneahela probleemidega pehmendatakse hoiustamisega. Seevastu elektriturul puudub ladustamise võimalus praktilistel eesmärkidel (märkimisväärne erand on väljapumbatud ladustamisega hüdroelektrijaamad). Seega elektriturul esineb lühiajaline volatiilsus mida tuleb pidevalt tasakaalustada nõudluse ja pakkumise abil. Elektriturule on omane tunnine, päevane, nädalane volatiilsus, ning hooajaline ebakindlus on seotud turu põhiliste moodustajatega ja füüsilise elektritootmise ja tarnimisega. Äkiline kuumalaine võib mõjutada isegi tagavara generaatorite suutlikkust täita suurt nõudlust õigeaegselt ning efektiivselt. Generaatoreid mõjutavad ootamatud katkestused ja muutuvad heitkogude piiranguid, samuti ülekandeliinides võivad tekkida tõrked, tuues kaasa elektri tasakaalustatuse. (Benini *et al* 2002)

Elektrihinna prognoos on seega äärmiselt oluline kõigi turuosaliste jaoks, eriti tootmisettevõtete jaoks; tegelikult nad peavad sättima pakkumisi spot turul lühiperioodiks, peavad määratlema lepingu poliitikat keskmiseks perspektiiviks (kui palju energiat tuleb müüa lepinguga ja millise hinnaga) ja peavad määratlema oma laienemisplaane pikemas perspektiivis. Nendel põhjustel kõik otsused, mis iga turuosaline peab langetama on tugevalt mõjutatud hindade volatiilsusega ja see on ka põhjuseks, miks sügavamad teadmised selle parameetri kohta on väga olulised õige riskijuhtimise jaoks. (Swindle 2014)

Laiemas mõttes, hinna volatiilsus sõltub suurest hulgast parameetritest nagu: kütusehinnad (sageli seotud valuutakurssidega), tootmisüksuste kättesaadavus, hüdroenergia tootmine, nõudluse elastsus ja variatsioonid, võrgu tõrked ning sarnased parameetrid. Pealegi, struktuur ja haldamiseskirjad igal konkreetsel elektriturul võivad kehtestada muid hinna volatiilsuse allikaid. (Benini *et al* 2002)



Tegurite hulka, mis aitavad kaasa kaupade hindade volatiilsusele, kuuluvad füüsilised kauba omadused, turu struktuur, toodangu elastsus ja asenduskaupade kättesaadavus. On mitu põhjust oodata, et elektrihinna volatiilsus on suurem, kui muude kaupade hindade oma. Elektrienergia ja teiste kaupade valdamise kulud on suhteliselt kõrged ja elektrienergia ei ole täielikult standardiseeritud kaup. Elektritarnete geograafiline kontsentratsioon on sageli viidatud kui veel üks volatiilsuse tekitaja. Lisaks, nõudlus on sõltuv ilmast ja hooajast. Kõige sagedamini nimetatud põhjused energiahindade volatiilsuseks on võimsad turuosalised, tarnekatkestused, dereguleerimine, ladustamismahu vähenemine, kasutamata tootmisvõimsus ja tuletisinstrumentide ilmnemine turgudel. (Regnier 2006)

Dünaamika kaupade hindades pakub suurt huvi, sest nende makro- ja mikromajanduse efektid, mõjutavad poliitikat erineval tasandil. Mõned majandusteadlased väidavad, et hinnavolatiilsus ei ole oma olemuselt halb, kui see on korralikult planeeritud, eriti nüüd, kui turud on loonud vahendeid hedgeerimiseks mingil määral hinnariski vastu. (Chkili *et al* 2014) Hinnakõikumised on siiski valulised kodutarbijatele, kes ei ole kõikuva toornafta kaubaturgude osalejad, kuid kes osalevad kütteõli ja maagaasi turgudel. Importivate riikide ning tarbivate tööstusharude jaoks energiatooted on eriti oluline osa, sest nad on oluliseks panuseks paljudes majandustegevustes. (Regnier 2006)

Elektrihinna volatiilsus võib olla äärmuslik suur vastavalt eelnevalt esitatud põhjuste pärast. Elektrienergia on keeruline kaup ning elektrihind sõltub erinevatest faktoritest.

### **1.3. Riskijuhtimine elektriturul**

Elektrituru dereguleerimine toob konkurentsi varem monopoolsele turule, kus kahju tekkimise oht oli väike. Riskimaandamise eesmärk elektriturul ei ole tulu teenimine, vaid ootamatu saabunud riski elimineerimine, seega on piiratud ka kasumi saamine. (Simkins 2013). Elektrit ei saa ladustada ja see on ostetud peamiselt tarbimiseks. Uus elektriturg on väga volatiilne, võrreldes mis tahes väärtpaberite- või kaubaturuga. Turuosalisi puudutavad olulised riskid, millised on põhjustatud muutuvate turutingimuste poolt. Konkurentsi tihenemisega, energeetikaettevõtted üle maailma keskenduvad nende uute ohtude optimaalsele haldamisele. (Vehviläinen, Keppo 2001)

Riskijuhtimine on teooria selle kohta, kuidas käsitseda riske. Vajadus riskijuhtimises tuleb koos potentsiaalse riskantse ja keerulise kaubaga, nagu tuletisinstrumentid. Riskijuhtimine on tegevus, millega eelkõige määratletakse, mis instrumente kasutatakse ja millised riskid maandatakse. Vabaturul on teatud riskid ettevõtetele, millega tuleb arvestada ja leida moodused riskide juhtimiseks. Elektriturul tegutsev ettevõtte peab hindama oma riskipositsioone ja kehtestama portfelliga seotud reeglid, mis on kooskõlastatud ettevõtte riskiprofiiliga. Veelgi enam, kõiki riske tuleb mõista, mõõta ja kontrollida. Elektri ettevõtte jaoks kogu tulu ja kulu artiklid varieeruvad erinevate faktorite mõju tulemusena. Tähtis varieeruv faktor on assotsieeruvate kulufaktorite summaarne risk. Üldiselt toob oodatav kõrgem tulu ka suurema riski, kaasaarvatud suurte kahjumite võimaluse. (Unger 2002)

Rahanduses, portfelli juhtimise eesmärgiks on investeerimine varade kombinatsiooni, mis tagab suurema tootlikkuse sõltuvalt investori riskiprofiilist. Elektriturul tähendab see lepingute ostu ja müüki, millised tagavad ettevõttele väiksema ostuhinna või suurema müügihinna sõltuvalt riskivalikust. Üks strateegiatest riskimaandamiseks on diversifitseerimine, kuid selline valik on elektriturgudel piiratud (võttes arvesse ühe agendi). Ettevõtte peab analüüsima kogu oma lepingute ning tegevuste portfelli ning arvutama, kuidas üks leping mõjutab kogu riski. Ühe lepinguga seotud risk on terve portfelliga seotud risk. (Gay *et al* 2001)

Riski maandamine on võimalik nii füüsiliste (hüdroelektrijaam) genereerimisplaanide modifitseerimisega kui ka finantslepingute sõlmimisega. Elektri ettevõtte peaks maandama riske siis, kui tulemuslikkuse võimalused on muutumas sellisel kujul, et tulud on riskimaandamise kuludest kõrgemad või kui riskimaandamine on ettevõtte jaoks odavam kui omaniku jaoks. Riskimaandamise tulemusena on tulu kõikumine väiksem, kuid selline tegevus eeldab kompetentsust elektrituru analüüsimisel. Forvardi hinnad võivad olla kasutatud varade analüüsimisel ning elektriportfellide turuga võrdlemisel. (Kristiansen 2004)

Elektrituru arenemisega kaasa on tulnud ka mõiste - elektriturul riskide maandamine. Selleks et riskid maandada on vaja selgeks teha, millised riskid on olemas. Alapeatükis 1.4 on ülevaade olulisematest finantsriskidest.

## 1.4. Finantsriskid elektriturul

Strateegiline, turu- ja tehniline riskid on kolm tähtsamat riski elektrituru osalejate jaoks (Wangensteen, 2003). **Strateegiline risk** on tihti nimetatud poliitilise riskina ning ta on seotud regulatsioonide ning seadusandluse muutustega. Näiteks, on võimalikud muutused elektriseaduses, elektrijaamade kontsessioonilepingutes, uued eksportimise/importimise reeglid, muutused siseriiklikud intresside määrad, valuuta kõikumine, või maksejõuetus tähtsate klientide gruppides.

**Tururisk ehk hinnarisk** on domineeriv risk ning see on seotud hinnamuutustega, mis tulenevad teadmatusesist elektrienergia nõudluse ja pakkumise kohta. Elektrienergia pakkumine on mõjutatud paljudest faktoritest. Hüdroelektrisüsteemis sademed ja sissevoolud omavad suurt tähtsust. Samuti ilmatingimused, kuna nad mõjutavad tarbimist ning lume sulamist. Multiaastased veereservuaarid ning importimislepingud kuivadel aastatel vähendavad seda mõju. Elektrienergia eksportimine teistesse riikidesse mõjutab tulevasi elektrihinna ootusi. Kui teistes riikides on termoenergia ülejääk, see võib tähendada elektrihinna alandamist hüdroelektrisüsteemis, nii nagu Norras. Ning seevastu, kui termoenergia tootjad on kõrgelt maksustatud, siis Norra süsteemis elektrihind kasvab. (Das 2005)

Elektrienergia nõudlus sõltub paljudest ebakindlastest teguritest, mis mõjutavad tulevikus elektrienergia hinda. Temperatuuri muutused pikemas perspektiivis mõjutavad nõudluse kasvu. Lühiajaliselt omab temperatuuri ebakindlus suurt mõju, sest see võib muuta eelduslikud võimalikud pakkumised spot turul. Üldine aktiivsus majanduses mõjutab nõudlust. Kui majandustase on kõrge, on energia nõudlus suur ning seega ka elektrienergia nõudlus. Kui osa elektrienergia intensiivsest tööstusest suletakse, siis annab see suure ülejäägi elektrienergiast ning alandab hindasid pikemaks ajaperioodiks. Tehnoloogiaarendusel on samuti oluline roll elektrienergia nõudluses. Investeeringud energiatõhustesse seadmetesse tavaliselt vähendavad elektrienergia nõudlust. Uus energiatõhus tehnoloogia võib muuta tarbijate nõudluse skeemi. Tehnoloogilised ja rahalised arengud võivad samuti muuta nõudluse ning põhjustada konkurentsi erinevate energiakandjate ja energia vormide vahel.

Tururiski põhikomponendid on hind, baasis (spot hind miinus forward hind), maht, vastaspool ja likviidsusrisk. Hinnarisk on seotud ebakindlusega tuleviku hinna osas. Baasise risk on tingitud hinnavahest alusvara spot hinna hedgeerimiseks ning futuuri-hinna sõlmitud lepingus (Hull 2003). Kui hedgeeritav vara ning futuurilepingu vara on üks ja sama, peaks

baasis futuurilepingu lõpuks olema nulliväärne. Mahurisk on seotud ebakindlusega tuleviku mahu osas. Vastaspool risk on seotud sellega, kas vastaspool on kindel maksja või tarnija. Likviidsusrisk on risk, et firma ei pruugi olla võimeline või ei suuda lihtsamal moel võõrandada või tasaarvestada teatud positsiooni eelneva turuhinnaga või selle lähedal turu ebapiisava sügavuse tõttu.

Selleks, et mõista tururiski, peame modelleerima hinnamuutusi, mõistma volatiilsust üksikutel turgudel ning korrelatsiooni erinevate turgude vahel. Kõrgemal tasemel hakkavad riskiks halva likviidsusega turud, mis teevad hinna määramist ja hedgeerimist raskemaks.

**Tehniline risk** on seotud seisakutega tootmises ja edastamises. Edastamise ettevõtted puutuvad selle riskiga kokku. Tehniline risk ei mõjuta elektriturgu ja lepingute portfelli laialdaselt, sest katkestustel on lühike kestus ja nad esinevad harva. (Kristiansen 2004)

Käesoleva töö teises osas uuritakse hinnariski nagu kõige mõjusama riski elektriturul. Elektriinna muutuste analüüsimine aitab paremini hinnariski hinnata.

## 1.5. Hinnariski maandamise instrumendid

Enamik tuletisinstrumente turgudel algavad börsil kaubeldavate futuuridega, globaalsed energia (ing. keeles *Global Energy*) turud ei ole erandiks. Kütteõli futuurid ilmusid New York Mercantile Exchange (NYMEX) börsile novembris 1978 aastal ja toornafta futuurid ilmusid sinna 1983 aasta märtsis. Kommertspangad hakkasid pakkuma kaupade riskijuhtimise tooteid aastal 1986, kui Chase Manhattan Bank korraldas esimese nafta swap-i. Maagaasi futuuridega ja OTC (ing. keeles *over the counter*) vahenditega algas kauplemine 1990 aastal, elektrienergia futuuridega algas kauplemine maailma kõige küpsemal Skandinaavia energiaturul - Nord Pool Spot 1995 aastal, ning 2011 aastal Nord Pool Spot jagunes Nord Pool Spot'iks ja Nasdaq Commodities Europe börsiks. Seega, päev ette (spot) kauplemine jätkab Nord Pool Spot'i vastutuse all ning Nasdaq Commodities Europe jätkab puhtalt finantsturuna. (Nasdaq Commodities Markets Overview 2015)

Finantsbörsid pakuvad hindade läbipaistvust kaugemas tulevikus: näiteks, lähikuudel, kvartalite ja aastate jooksul. Seda seetõttu, et rahalised lepingud hindade hedgeerimiseks on tegelikult turuosalejate tulevaste hindade ennustused. Niipea kui börsid avaldavad

hedgerimise hinnad, igauks saab teada turu ennustust tulevastele elektrihindadele, juhul kui tegemist on likviidsel, hästi toimivaga elektri finantsturuga.

Selline hindade läbipaistvus on toetatud pikaajaliste lepingute standardiseerimisega elektri finantsturgude poolt. Tüüpolepingute arvu piiramisega tuuakse nendesse lepingutesse likviidsust. Seega hinna kindlaks tegemine on oluliselt lihtsustatud.

Kontrastiks, hinnamääramine on takistatud, või ehk isegi blokeeritud – kui kauplemist teostatakse kahepoolsete, erilepingute abil, tootjate ning jaemüüjate vahel. Sellisel juhul, antud piirkonnas, võib tekkida olukord, kui ainult kohalikud osalejad saavad määrata (suhteliselt) õiglast turuhinda. (Plejdrup 2013)

Elektri finantsturul ei saa kaubelda ühe kWh-ga. Finantsturgu ei kasutata energiaga kauplemiseks - seda kasutatakse ainult hinna hedgerimiseks ning riskijuhtimiseks. Elektri finantsturul kasutatavad lepingud on niinimetatud tuletisinstrumentide näited. Üldiselt, toodete tuletisinstrumentideks on leping, mille väärtus sõltub toote hinnast. On olemas palju liike tuletisinstrumente - näiteks futuurid, forvardid, swap-id ja optsioonid. Selline kirjeldus on kohandatud Nordic futuuridele, millistega saab kaubelda Nasdaq Commodities funktsionaalsel kauplemisplatvormil. (Plejdrup 2013)

Kuna suuremat osa riskijuhtimisest teostatakse kasutades tuletisinstrumente, selgitatakse töös nende peamisi tüüpe. Kaks põhiplokki on forvardi- ja optsioonilepingud. Forvardi-põhiste toodete hulka kuuluvad spot lepingud (füüsiline leping), forvardid, futuurid ja swap-id. Samuti võib eristada standardiseeritud lepinguid, millistega kaubeldakse börsidel, kus sageli pakutakse kliiringut ja börsiväliseid (OTC) lepinguid, millistega kaubeldakse kahepoolset. Standardiseeritud lepingud, millistega kaubeldakse elektrikörsidel Euroopas ja mujal, jagunevad neljaks liigiks: spot lepingud, futuurid, forvardid ja optsioonid. (Kristiansen 2004)

**Spot** leping on tavaliselt tunnipõhine leping. Spot lepingul on füüsiline kätte toimetamine ning see on viitehinna alus suuremale osale tuletisinstrumentidest. Spot lepinguga ei kaubelda pidevalt, vaid ainult läbi oksjoni kord päevas. Spot leping on leping, mille järgi on ostjal kohustus võtta vastu täpsustatud kogus MW-te elektrit kindlal perioodil, ning müüjal on kohustus anda üle sama palju elektrivõimsust täpsesse geograafilisse asukohta, mis võib olla nii kuskil põhivõrgus kui ka mis iganes jaotuspunktis. (Harvey, Hogan 2000)

Võrdlemise lihtsaks tuletisinstrumentideks on **forvardi** leping. See on kokkulepe kauba ostmiseks või müümiseks kindlaks määratud ajal kindlaks määratud hinnaga. Seda saab vastu

panna spot lepingule, mis kujutab endast kokkulepe kauba ostmiseks või müümiseks täna sel päeval. Forvardi lepinguga kaubeldakse OTC turul – tavaliselt kahe finantsinstitutsiooni vahel või ühe finantsinstitutsiooni ja selle kliendi vahel. (Hull 2003)

Üks forvardi lepingu pool võtab pika positsiooni ning nõustub ostma alustoodet kindlaks määratud kuupäeval tulevikus kindlaks määratud hinnaga. Teine forvardilepingu pool võtab lühikese positsiooni ning nõustub müüma alustoodet samal kuupäeval sama hinnaga.

Sarnaselt forvardi lepinguga, **futuuri** leping on kokkulepe kahe osapoole vahel kauba ostmiseks või müümiseks kindlaks määratud ajal kindlaks määratud hinnaga. Erinevalt forvardilepingust, futuurilepingutega kaubeldakse börsil ning futuuride ja forvardite vahel on igapäevane võrdlemine turuhinnaga ja forvardite tasaarveldamine. Forvardi tasaarveldatakse siis, kui lepingud jõuavad oma maksetähtpäevani/lõppevad. (Koekebakker *et al* 2008). Tehingu võimaldamiseks määrab börs teatud standardiseeritud lepingutingimused. Kuna osapooled ei pruugi üht teist tunda pakub börs mehhanismi, mis tagab osapooltele kindluse, et lepingut täidetakse. (Hull 2003)

Nordic turul kauplevad piirkonna hinnavahelised lepingud - **EPAD** (Electricity Price Area Differential), seda tüüpi instrument võeti kasutusele 2000 aastal Nord Pool Spot börsil nimega CFD (ingl.k. *contract for difference*). EPAD on tuletisinstrument kindla hinnapiirkonna spot hinna ja süsteemihinna vahest tuleneva hinnariski maandamiseks. Süsteemihinna erinevuse erinevate hinnapiirkondade vahel tingivad üldjuhul hinnapiirkondade vahelised ülekandevõimsusest põhjustatud piirangud. EPAD lepingud on just sobivad selleks, et maandada ülekandevõimsustest tulenevat piirkondade vahelist hinnariski.

Eestis on võimalik EPAD lepingut kasutada alates novembrist 2012 aastast EPAD-i aluseks on tuleviku leping, mille väärtuseks on piirkonna ja süsteemi hinna vahe kindlaksmääratud ajal. Lepingu perioodiks on kuu, kvartal ja kolm tulevast kalendriaastad. (Spodniak *et al* 2014)

Nasdaq Commodities kaubeldakse kahte tüüpi lepingutega: futuur ja DS futuur. Lepingu tüüpide erinevus seisneb selles, kuidas teostatakse tasaarveldust kauplemisperioodil. Futuurilepingute jaoks arvutatakse väärtust igapäevaselt, võttes arvesse turuhinna muutusi lepingutes. Need muutused tasaarveldatakse rahaliselt iga osaleja kauplemiskontol. DS futuur lepingute jaoks ei teostata rahalist tasaarveldust kätte toimetamise perioodi alguseni. Edasises töös kasutatakse DS futuuri lepingute hindu forvardi hindadena.

Tavaliselt kaubeldakse elektrienergia forvardite ja futuuridega pidevalt, mis vastab forvarditega kauplemisele enamikul traditsioonilistel finantsturgudel. Nende viithinnaks on spot-hind. Forvardilepingus on ostjal kohustus osta (ja müüjal müüa) toode kindlaksmääratud ajal tulevikus eelnevalt kokku lepitud hinnaga. Forvardi lepingud võivad olla sõlmitud läbirääkimiste tulemusel kahe osapoole vahel või kaubeldud börsil. Nad sageli sisaldavad alustoote kätte toimetamist. (Pindyck 2004)

Forvard ja futuur on äärmiselt olulised instrumendid elektriturul, kuna nendega sageli kaubeldakse palju suuremates kogustes võrreldes spot-iga, ning neil on oluline roll nii elektrienergia tootjate kui ka tarbijate riskide maandamises. Nad on erinevad ja erinevatel turgudel nagu ka, näiteks, füüsiline tarne versus finants arveldus. (Coulon *et al* 2012) Võrdlemiseks ja analüüsimiseks on võetud forvardi leping, millega kaubeldakse börsil Nasdaq Commodities nimega DS Futuurid, kuigi tingimuste järgi see on forvardiga sarnane leping.

Hinnariski maandamiseks Eestis hinnapiirkonnas tuleb soetada kaks lepingud. Esialgu maandatakse Nord Pool Spot süsteemihinnast tulenevat riski forvard lepinguga. Teiseks maandatakse Eesti hinnapiirkonna hinnariski EPAD lepinguga.

Elektrienergia tuletisinstrumentide väärtus põhineb elektri alushinnal, seega elektri hinna kujunemine on kõige kriitilisem komponent elektri tuletisinstrumentide hinnastamisel. Tänu unikaalsetele füüsilistele ja operatiivsetele omadustele elektri tootmises ja ülekande protsessides, elektri hind näitab erinevat hinna kujundamist kui muud finantsinstrumentide hinnad. (Deng, Oren 2006)

Tehniliste ja majanduslike piirangute tõttu elektri ladustamisel, traditsioonilist ladustamise teooriat ei kohaldata elektrienergia hinnakujundamise tuletisinstrumentidele. Selle asemel, elektri tuletisinstrumentide hinda määratakse turuosaliste ootuste ning riskieelistuste abil. Riskipremia kujutab endast lisatasu (allahindlust), millist futuurilepingute ostjad (müüjad) on nõus maksma (nõuda) lisaks eeldatava tulevase spot hinnale selleks, et kõrvaldada ohtu ebasoodsate tulevaste spot hinna liikumiste näol. (Spodniak *et al* 2014)

Lisaks sellele, et oluline indikaator elektri hinna kujunemisel spot hind on ka oluline parameeter hindade alusvaradeks ja kauplemiseks derivatiividega. Elektri forvardid kauplevad Nasdaq Commodities börsil ning kui spot hind on võetud hetke hinna aluseks, tavaliselt spot hind on koondatud aja jooksul; päeva, nädala, kuu keskmised on arvutatud tunnihindadest. (Byström 2001).

Peale elektrituru avamist Eestis on võimalik hinnariski maandada kasutades finantsturgu Nasdaq Commodities. Finantsturu osalejad kasutavad seda hinna hedgeerimiseks ja riskijuhtimiseks, mitte selleks et kaubelda elektriga. Antud töös käsitletakse forvardi lepinguid millega kaubeldakse finantsbörsil, forvardi lepingute hinnad mis on sõlmitud kahe osapoolte vahel ei ole avalikud.



## **2. ELEKTRIHINNA ANALÜÜS**

Selles peatükis annab autor elektri hinna muutuste ülevaate ning kirjeldab muutuste põhjuseid. Analüüsitakse elektri hinna volatiilsust, võrreldakse spot ja forvardi hindade muutuseid. Kirjeldatakse elektri hinna seost hinda mõjutavate teguritega: naftahind, gaasihind S&P GSCI kaubaindeks ja veetase, ning leitakse, millised tegurid on kõige olulisemad elektri hinna muutuste suhtes. Tuuakse välja uuringu tulemused ja järeldused.

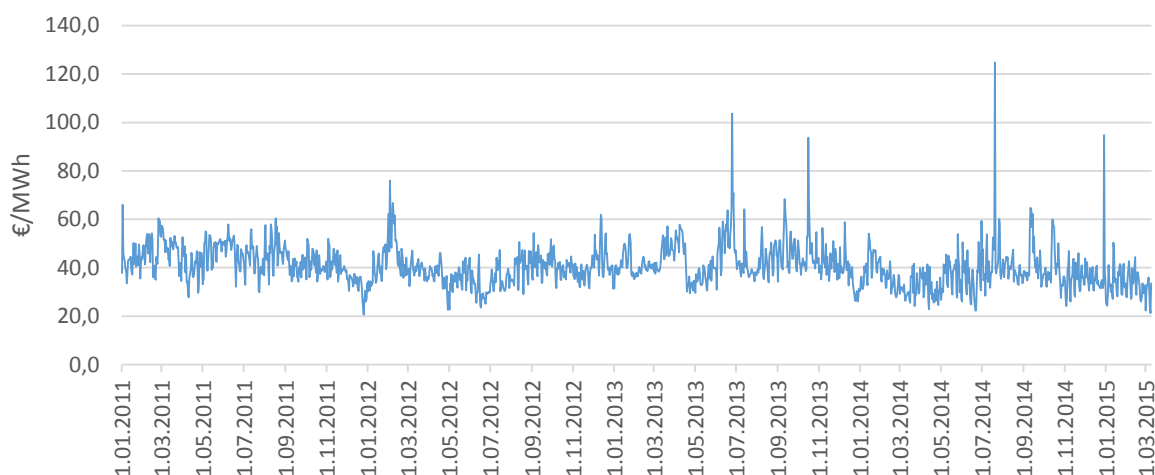
### **2.1. Andmed**

Andmed, mis on kasutatud töös on päev ette turu tunni põhised elektri hinnad viie aasta kohta 01.04.2010 kuni 28.02.2015, see on kokku 1795 tundi, need autori poolt kasutatud andmed on mitte ainult tunnipõhised, kuid ka päeva, nädala, kuu ja aasta keskmised. Selline periood on valitud, sest Nord Pool Spot hakkas arvutama Eesti piirkonna hinda alates 2010 aastast. Elektrienergia forvardi lepingu hinnad, millega kaubeldakse Nasdaq Commodities börsil nimega DS Futuurid on kuupõhised hinnad, kuigi tingimuste järgi see on forvardiga sarnane leping edasi töös kasutatakse „forvard“ sõna. Forvardi ja EPAD lepingute hinnad pärinevad Reutersist.

Lisaks elektri hinnale on Norra veetase, Soomes hüdroenergiat tootmine ning Eesti tarbimine ja tootmine võetud Nord Pool Spot AS leheküljelt. Ilmaandmed põhinevad tegelikel temperatuuri mõõtmistel Harku regioonis YRNO ilma andmebaasist. Nafta, maagaasi ja kaubaindeksi hinnad on Reutersist, periood on võetud 01.01.2011 kuni 28.02.2015.

## 2.2. Elektri hinna analüüs

Võrreldes teiste tüüpiliste kaupadega nagu nafta ja maagaas, hinnamuutuste suurus on äärmuslik. Spot elektriturul esineb äärmuslik hinna volatiilsus. Joonisel 5 on Eesti piirkonna päevakeskmise elektri hind jaanuarist 2011.a. kuni märts 2015.a. Selle perioodi jooksul keskmine hind kõigub järgmises vahemikus: minimaalne on 20,6 €/MWh ja maksimaalne 124,7 €/MWh. Kõrgem elektri hinna periood võib olla seotud suure elektrijaama avariiga või ülekande võimsuse vähenemisega. Madalat elektri hindu mõjutab madalate hindade pakkumine, mis tavaliselt tuleb teisest piirkonnast – Soomest.



Joonis 5. Päeva keskmine elektri hind Eesti hinnapiirkonnas

Allikas: Autori koostatud

Äärmuslik volatiilsus on tingitud kahest olulisemast tegurist:

- pakkumise poolt - kütuste hindade kõikumised ja hüdroreservuaaride täituvus loovad tohutud erinevused müüjate pakkumishindades;
- nõudlus on väga ebaelastne (st tundetu hinna suhtes). Tarbijate jaoks on lähiajal väga raske vähendada elektri tarbimist ning ilma elektriteenusteta on väga raske toime tulla. Lisaks, lühiajalises perspektiivis, asendada elektrit teise samaväärse kaubaga ei ole lihtne.

Börsil kaubeldakse elektriga iga tund aasta jooksul, kaasaarvatud öösel, nädalavahetustel ja pühade ajal. Päeva keskmine hind on lihtne võrdlusindeks, mis arvutatakse

järgmisel viisil: ühe päeva 24 tunnihinnad on liidetud kokku ning summa on jagatud 24-ga. Üks tund on väiksem ajavähemik, millal hinnad võivad muutuda, kuna spot turul elektrienergia on esitatud pideva võimsuse tarnimisega iga teatud tund. Elektrienergia hind on ebastabiilsem, kui muudel kaupadel, millistele on tavaliselt samuti omane äärmuslik volatiilsus. (Weron 2001)

### 2.3. Spot ja forward hinna volatiilsus (simple net return)

Hindade volatiilsus on hajutatuse või kõikumise mõõt hindade vältel, näiteks tunni, päeva, nädala, igal aastal. Volatiilsuse testimiseks on kasutatud simple net returns meetodit ja logaritmiline returns meetodit. Simple net return kui tavahindade muutusel 100-st kuni 150-ni on 50%, kui logaritmiline return arvutatakse sama hindade muutusel 40,55%. Erinevus tekib kasutades neid kahte arvutusmeetodit, et hinnad piirnevad altpoolt ja see teeb jaotuse nihkega, suurte positiivse ja negatiivse tootlusega. Näiteks, kui hinnalangus on 100-st 20-ni, siis tilk 80%, samas kui hinnad hüppavad 20-st 100-ni on kasv 400%. Selleks et vältida arvutuse erinevusi, kasutatakse mõlemat arvutuse viisi: simple net returns ja logaritmiline returns.

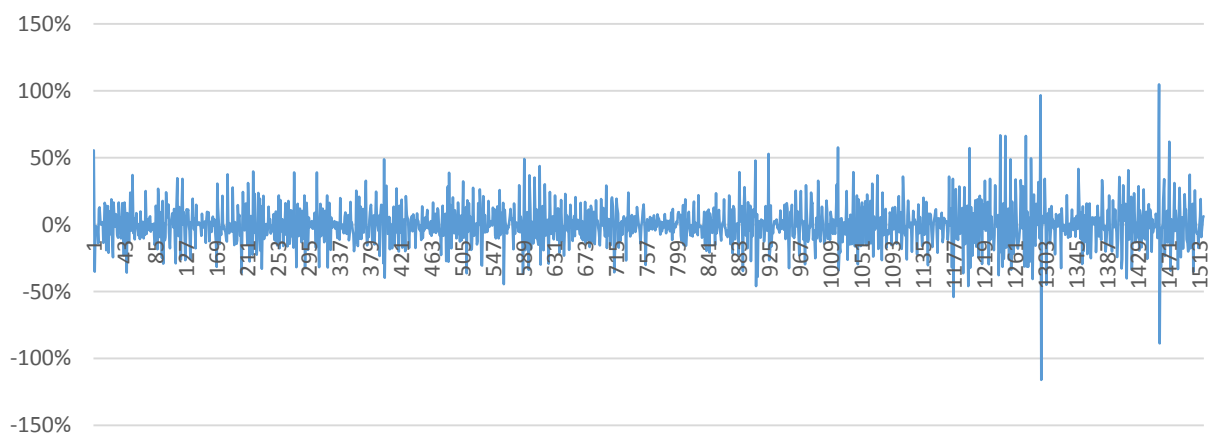
Volatiilsuse testimiseks on kasutatud simple net return meetodit:

$$\frac{(P_t - P_{t-1})}{P_{t-1}} \quad (1)$$

kus

$P_t$  – hind

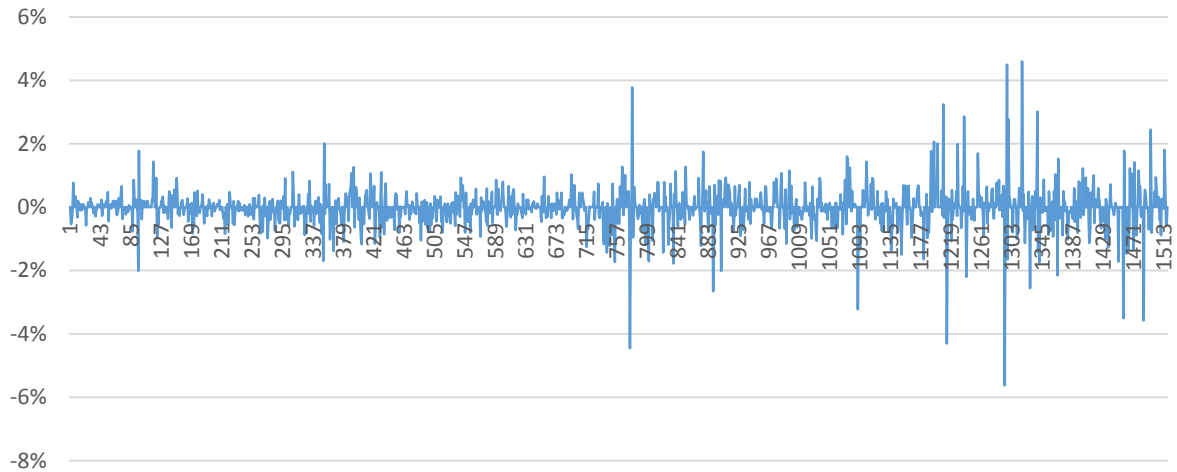
$P_{t-1}$  – eelmise päeva hind



Joonis 6. Spot päeva keskmise hinna volatiilsus, 01.01.2011-28.02.2015

Allikas: Autori koostatud

Joonisel 6 on arvutatud spot hinna volatiilsus kasutades päeva keskmiseid andmeid arvatud simple net return meetodiga järgmisel perioodil: jaanuarist 2011 aasta kuni veebruar 2015 aasta.



Joonis 7. Forward päeva keskmise hinna volatiilsus, 01.01.2011-28.02.2015  
Allikas: Autori koostatud

Joonisel 7 on forvardi lepingu hinna muutused päeva kaupa. Vaadates jooniste 6 ja 7 saab võrrelda spot ja forvardi hindade volatiilsust, andmed on päevakeskmised, nagu oli ülevalpool juba mainitud, spot hinda arvutatakse igapäevaselt (tööpäevad, nädalavahetused ja pühad) sellest tuleb spot hinna kõrge volatiilsus. Forvardi hinnast: perioodi esimesel poolel volatiilsus ei ole nii suur ja teisele poolel volatiilsus on kõvasti kasvanud, kuna tehingute arv (joonis 21) finantsturul on kasvanud.

## 2.4. Spot ja forvard hinna volatiilsus (logaritmiline return)

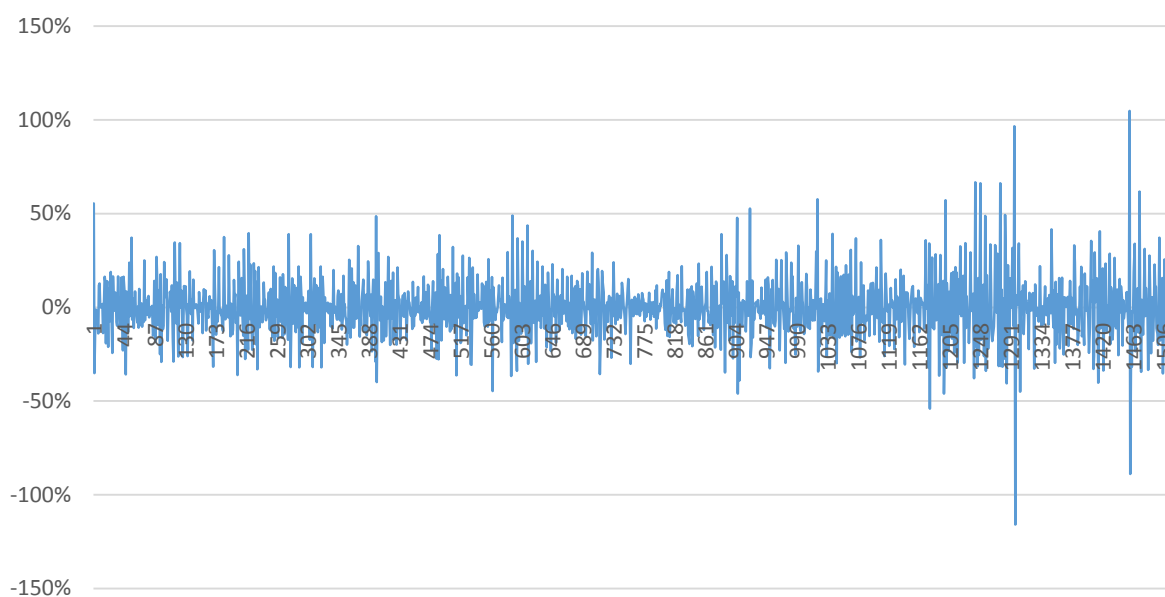
Volatiilsuse testimiseks on kasutatud logaritmiline returns meetodit:

$$\frac{\ln P_t}{P_{t-1}} \quad (2)$$

kus

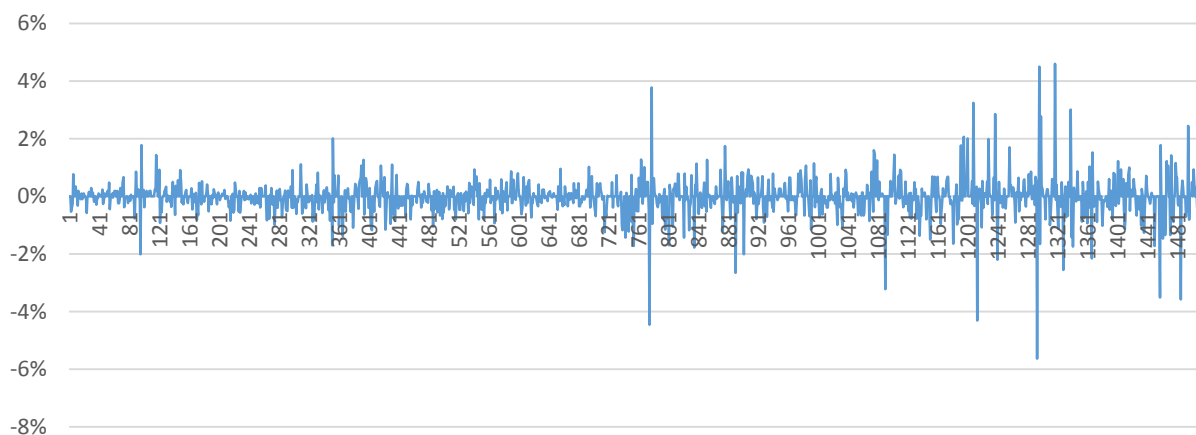
$P_t$  – hind

$P_{t-1}$  – eelmise päeva hind



Joonis 8. Spot päeva keskmise hinna volatiilsus, 01.01.2011-28.02.2015  
Allikas: Autori koostatud

Joonisel 8 on spot hinna volatiilsus arvatud päeva keskmise hinna alusel kasutades logarithmic return meetodit perioodil jaanuar 2011 kuni veebruar 2015.a.



Joonis 9. Forward päeva keskmise hinna volatiilsus, 01.01.2011-28.02.2015  
Allikas: Autori koostatud

Joonis 9 illustreerib forvardi lepingu hinna volatiilsust logarithmic return meetodiga, võrreldes joonisega 8, kus arvutati simple net return meetodiga, tulemused on omavahel sarnased, perioodi alguses volatiilsus on väike ja peale 2013 aastat on kasvanud, mis on põhjustatud börsil tehingute arvu kasvuga.

Tabel 1. Elektri hinna standard hälve ja volatiilsus

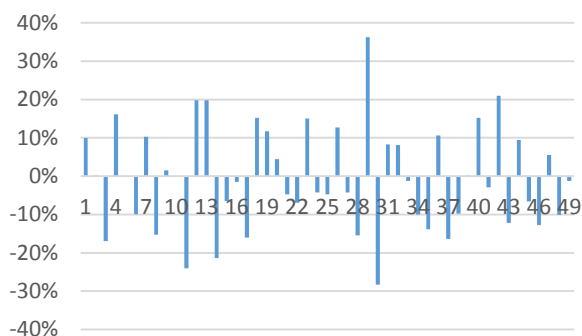
	Logaritmiline tagasivõtt		Lihtne net tagasivõtt	
	Spot	Forvard	Spot	Forvard
Standard hälve	16%	1%	17%	1%
Volatiilsus	609%	23%	662%	23%

Allikas: Autori arvutused

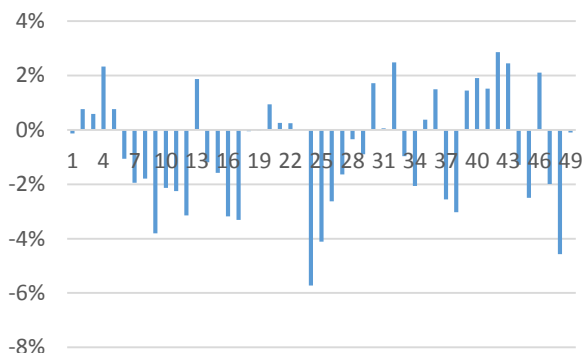
Spot elektri hinna standard hälve ja volatiilsuse tulemused tabeli 1 järgi kasutades lihtne net return ja logaritmiline return on erinevad. Põhjuseks on volatiilsuse suurus. Elektri hind kõigub tunnipõhiselt vastavalt tarbimisele, tootmisele ja teistele mõjutavatele faktoritele. Forvardi hinna volatiilsuse kahe meetodiga saadud tulemused on samad, kuna forvardi hinna volatiilsus ei ole nii suur.

Autor arvutas hindade muutused kahe meetodiga lihtne net returns ja logaritmiline returns. Tabelis 1 on elektri spot hinna volatiilsus lihtne net return meetodiga on 662% ning logaritmiline return – 609% ja forvardi hinna puhul mõlemate meetodite kasutamisel on saadud sama tulemus 23%. Selle tulemuste põhjal saab teha järelduse, et spot hinna volatiilsus on palju suurem kuna spot turul, sest hinda arvutatakse tunnipõhiselt, seega hinna kõikumised võivad olla väga suured. Samal ajal forvardi lepingud, mida sõlmitakse finantsbörsil ning nende hind sõltub tehingutest ja majanduse näitajatest. Forvardi lepingu puhul tavaliselt kasutatakse kuu keskmist hinda kui soovitakse hinda fikseerida, sellest on ka tingitud, et forvardi hind on stabiilsem kui spot.

Parema pildi saamiseks vaatame ka hindade volatiilsust logaritmiline return meetodiga kuu keskmist hinda kasutades. Võrreldes spot hinnaga, mida kaubeldakse tunnipõhiselt, finantsbörsil forvardi lepinguid tavaliselt realiseeritakse kuu põhiselt ning hinna fikseerimiseks kõige levinum periood on kuu.



Joonis 10. Spot hinna volatiilsus  
Allikas: Autori koostatud



Joonis 11. Forvard hinna volatiilsus  
Allikas: Autori koostatud

Joonistel 10 ja 11 on illustreeritud spot ja forvardi lepingu volatiilsused logaritmic return meetodiga. Joonisel 10 on näha et spot hinna volatiilsus on juhuslikum, hind kõigub nii ülesse kui ka alla. Forvardi lepingu puhul saab jälgida perioodilist muutust, hinna kasvamisele järgneb langus ja vastupidi joonisel 11.

Tabel 2. Elektri hinna standard hälve ja volatiilsus

	Logaritmic return		Simple net return	
	Spot	Forvard	Spot	Forvard
Standard hälve	13%	2%	14%	2%
Volatiilsus	94%	15%	96%	14%

Allikas: Autori arvutused

Elektri kuu keskmise hinna volatiilsus ei ole nii suur kui päeva keskmine. Joonistel 10 ja 11 on näha, et spot hinna volatiilsus on alla ja ülesse kuid forvard hinna volatiilsus on nagu trendiga seotud. Spot elektri hinnad on rohkem ebastabiilsed, nad kasvavad ja langevad tihedamini, võrreldes forvardi hindadega.

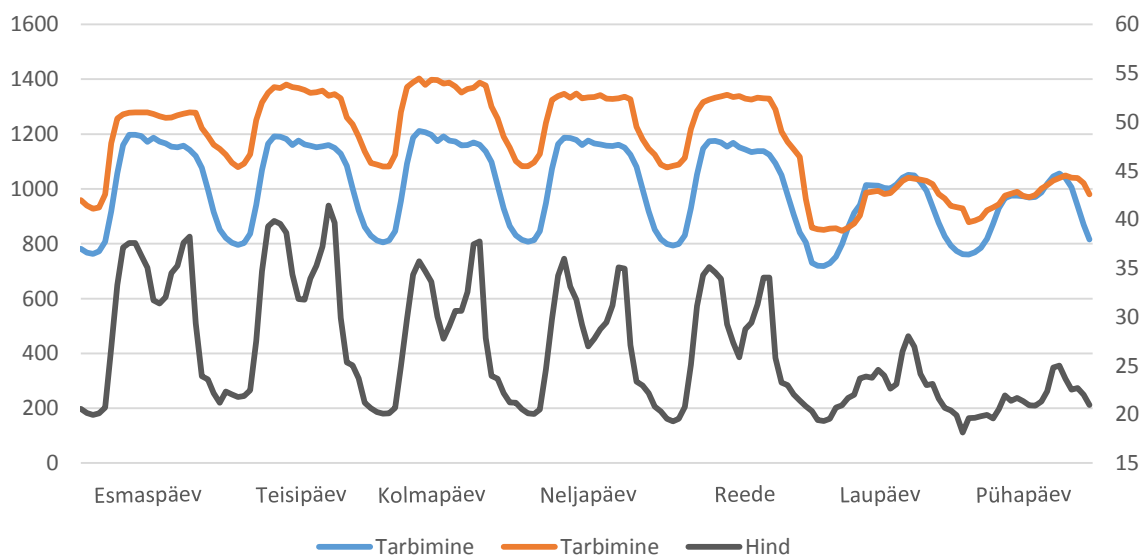
Tabelis 2 on spot ja forvard hindade volatiilsuse mõõdud. Võrreldes tabelid 1 ja 2 saab teha järeldust, et päeva keskmised spot hinnad on palju volatiilsem kui kuu keskmised. Forvardi volatiilsus on väiksem kuu keskmistel hindadel.

## 2.5. Tarbimine ja tootmine

Elektrienergia tunnihinnad näitavad suurt hooajalisust. Hooajalisus on tingitud energia salvestamise probleemiga, energiat ei ole võimalik ladustada ning tunnihinnad on otseselt seotud elektrienergia muutuva nõudlusega 24 tunni päevas kui ka 7 päeva nädalas. Nõudlus on suurem päeval kui öösel ja see on ka kõrgem tööpäevade jooksul võrreldes nädalavahetustega. (Byström 2001)

Olemasolevad ja potentsiaalsed elektrivarustuse ressursid sõltuvad peamiselt sellest, kui palju ja kus nad tegutsevad. Elektrienergia tootmisel hetkel puudub ladustamise võimalus, pakkumine on kohandatud reaalajas, et vastata nõudlusele. Elektrienergia vajadus sõltub hetkest hetke, tund-tunnilt, päevast päeva ja hooajati. Seega elektrienergia tarbimise muster dikteerib tüübi, suuruse ja tarnetähtaja, vastavalt vajadustele.

Nõudluse muster ei ole ainuke mõjuv faktor, pakkumise maksumus on väga oluline. Olemasolevate ja kavandatavate pakkumiste majanduslik tasuvus sõltub nende väärtustest võrreldes muude allikate väärtustega. Üldiselt madalama muutuva kuluga ressursse realiseeritakse enne kõrgema kuluga selleks, et vähendada tegevuskulusid. Kasumlikkuses pakkumises on ka nõudlus oluline element.



Joonis 12. Tarbimine, tootmine ja elektrienergia hind  
Allikas: Autori koostatud



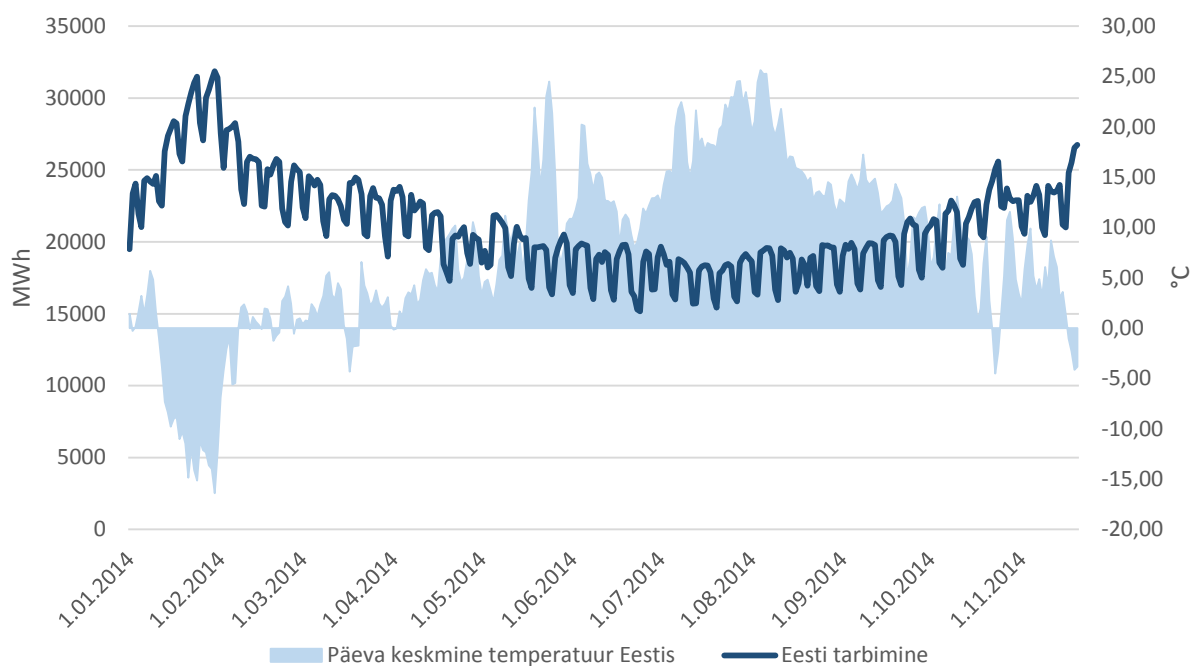
Elektrienergia nõudluse kasvamisega tavaliselt kasvavad tegevuskulud ja hulgihinnad ning vastupidi väheneva nõudlusega vähenevad tegevuskulud ja hulgihinnad, mis on seotud majandusega. Elektrienergia spot tunnihinnad, tarbimine ja tootmine on esitatud joonisel 12. Tarmise ja tootmise andmed on võetud Nord Pool Spot andmebaasist – Eesti kogu tarbimine ja tootmine nädala jooksul. Tunni põhised elektrihinnad on volatiilsemad kui tarbimine ja tootmine. See tähendab, et pakkumise suurus on oluline, sest elektrienergia hinnad sõltuvad pakkumisest. (EIA 2002)

## **2.6. Ilmastikuolude mõju tarbimisele**

Nord Pool Spot elektribörsil kõik turuosalised esitavad oma panused/tellimused elektri ostmiseks või müümiseks ning suures osas sellest, kui suured on tarbimine ja tootmine sõltub järgmise päeva hind. (Wolak 2001)

Tarbimine muutub aasta jooksul, näiteks külma ilmaga töötavad erinevad küttesüsteemid ning soja ilmaga nende tootmisüksused seisavad. Aasta jooksul on valguspäeva kestvus erinev, talvel kasutatakse rohkem valgustust, kui suvel. Tootmise puhul talvel mõnede elektrijamade tootlikkus langeb, kuna elektri asemel hakkavad nad tootma soojust ja suveks jaamad tihti planeerivad hooldust.

Koondhindade jaoks on just see suvest talveni temperatuuri muutus seotud muutusega elektrienergia nõudluses, mis viib hinnad ülesse talvel ning alla suvel. (Byström 2001)



Joonis 13. Tarbimise ja temperatuuri seos, 01.01.2014-31.11.2014

Allikas: Autori koostatud

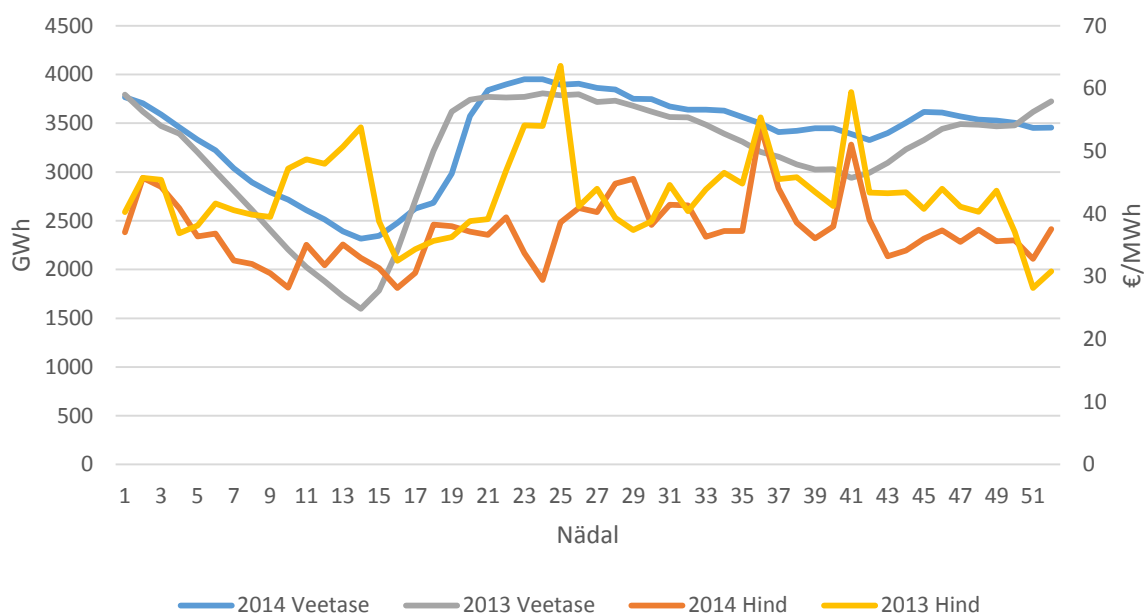
Joonise 13 järgi saab teha järeldust tarbimise ja temperatuuri seose kohta. Aasta alguses, talvel, kui temperatuur oli alla 0 kraadi tarbimine oli väga kõrge ja see mõjutab ka kindlasti elektrihinda. Tarbimise ja temperatuuri korelatsioon on 0,84, mis on tugev korelatsiooni näitaja.

Elektrienergia hinna kujunemisel on oluline roll ka regionis valitsevatel ilmastikuoludel. Taastuvenergia allikateks saab nimetada järgmised: vesi, tuul, päike, laine, tõus-mõõn, maasoojus, prügilagaas, heitvee puhastamisel eralduv gaas, biogaas ja biomass. Taastuvenergia suurem tootmine ja tarbimine aitavad toetada energiasäästu ning annavad tootmise ja tarbimise suurema efektiivsuse, energiapuulgeoleku, ning soodustavad energiavaldkonna innovatsiooni ja tehnoloogia arengut. Eestis elektri tootmises märgatav osakaal taastuvatel energiaallikatel kasvab, näiteks 2010a. – 9,7% ja 2014a. – 14,8%. Elektri tootmiseks maailmas kasutatakse taastuvatest energiaallikatest kõige rohkem hüdroenergiat. Järjest enam levinud on ka tuuleenergia. Eestis domineerivateks elektri tootmises kasutatavateks taastuvateks energiaallikateks on puit ja tuuleenergia. Geograafiliste tingimuste tõttu on Eestis madal potentsiaal hüdroenergia kasutamiseks ning päikeseenergia kasutamine elektri tootmisel ei ole veel saavutanud suurt osakaalu.

Põhjamaade puhul on selleks eelkõige hüdroenergiast tootmise võimalus. Täna on hüdroenergiast toodetud elektrienergia - kõige odavam tootmise viis, mistõttu on sellel tugev

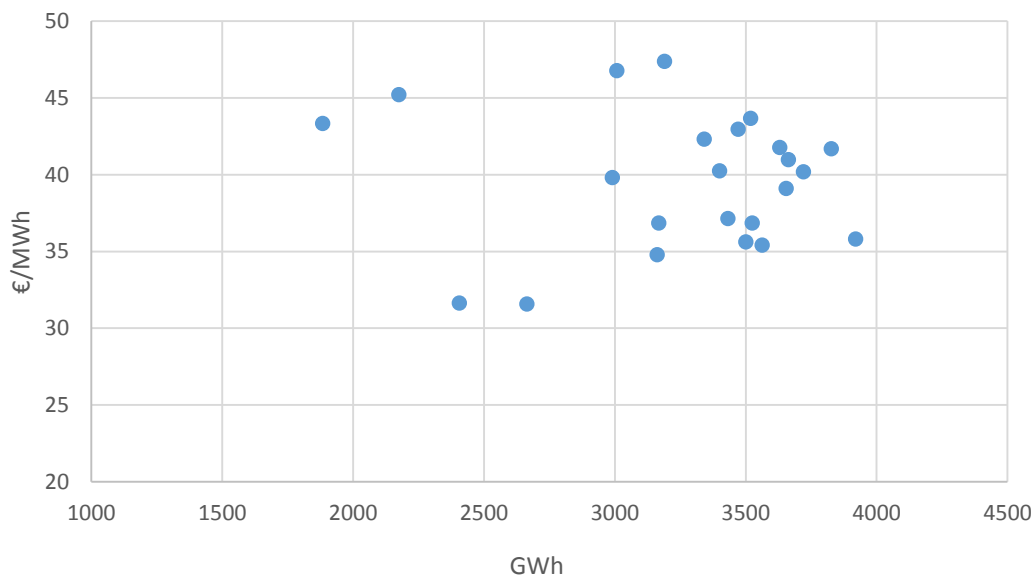
mõju kogu Põhjamaade regiooni elektri hinnale. Kuna nii Soomes kui ka Lätis toodetakse palju hüdroenergiat – sademeterohkel perioodil on elektri hind odavam, samas kui sademeid on vähem, siis tõuseb ka hind. Eesti nagu oli juba mainitud on ühendatud naaberriikidega elektrikaablitega, mis omab suurt mõju elektri hinna kujunemisele.

Soome hüdroreservuaaride tase on mõõdetud GWh-des toodetud hüdroenergiat ning andmed on võetud Nord Pool Spot AS andmebaasist.



Joonis 14. Elektri hind ja hüdroenergia 2013 ja 2014 aastate võrdlus  
Allikas: Autori koostatud

Joonisel 14 on nädala keskmine elektri hind aastatel 2013 ja 2014 ning ka toodetud elektrienergia GWh-des hüdroelektrijaamades Soomes. Hüdroelektrijaamades toodetud elektrienergia on täna kõige odavam turul, mistõttu on sellel tugev mõju elektri hinnale.

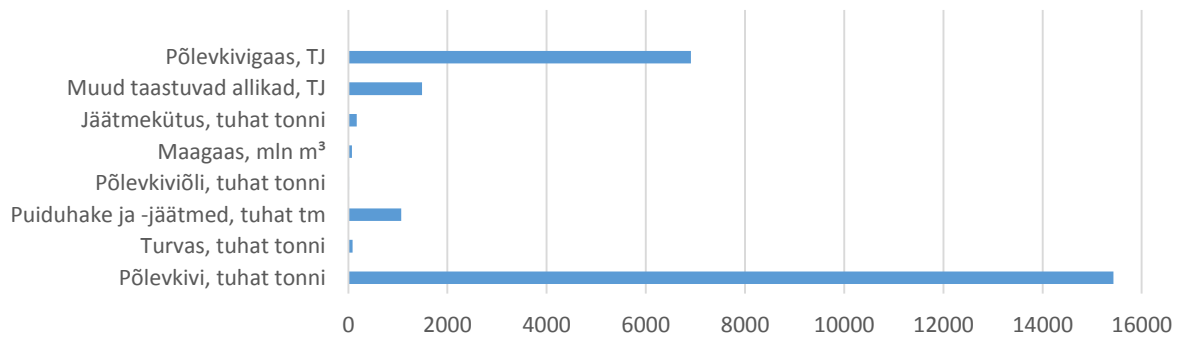


Joonis 15. Elektri hind ja hüdroenergia tootmine Soomes  
Allikas: Autori koostatud

Madala hinna tasemega hüdroenergia tootmise kasv on esitatud joonisel 15. Hüdroelektrienergia tootmise kogus mõjutab elektri hinda, kuna hüdroenergia tootmisel on väiksemad kulud, võrreldes teiste tootmisega. Kõrgema tootmismahuga odava elektrienergia elektri hind langeb. Mida rohkem turul pakutakse odavat elektrienergia, seda madalam on elektri hind.

## 2.7. Elektri hinna sõltuvus energiaallikatest

Maailmas kasutatakse elektri tootmiseks kõige rohkem fossiilseid kütuseid. Maailma elektrienergia tootmise jagunemist kütuseliikide järgi illustreerib joonis 16. Fossiilseid kütuseid kasutatakse enamasti soojuselektrijaamades, kus neid põletatakse kateldes ning tekkiv soojus kasutatakse läbi kuumutatud veeauru ära auruturbiinides. Samuti kasutatakse soojuselektrijaama põhimõtet tuumaenergiast elektri tootmisel. Ligikaudu 90% Eestis toodetud elektrist toodetakse Narva lähistel kahes põlevkivi kütusena kasutatavas soojuselektrijaamas.

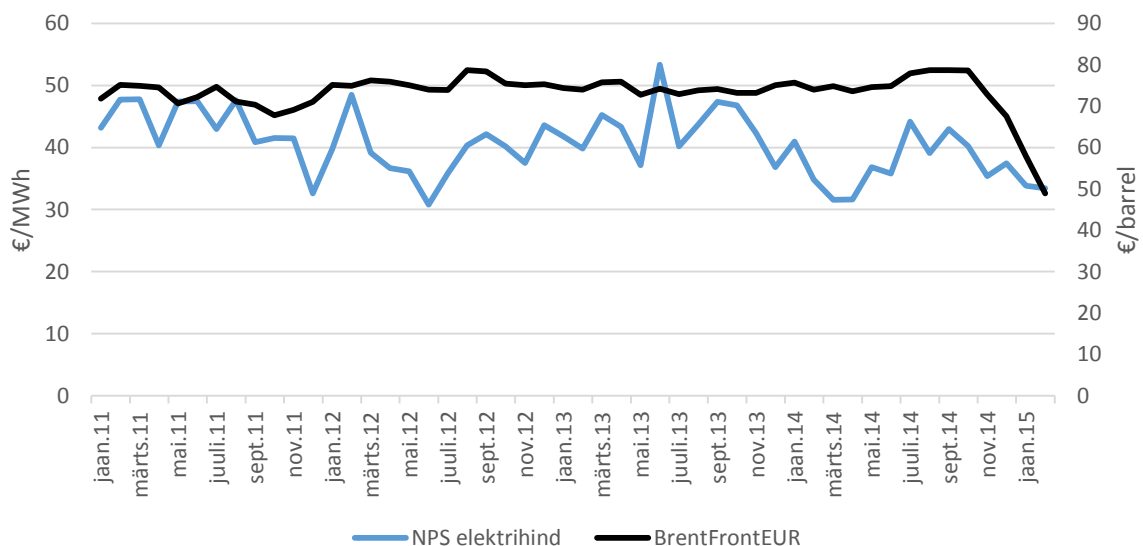


Joonis 16. Elektri jaamades energia tootmiseks tarbitud kütus 2013a.

Allikas: Autori koostatud

Andmed tarbitud kütuse elektri jaamades energia tootmiseks on võetud Eesti Statistikaameti andmebaasist 2013 aasta kohta. Joonisel 16 on näha et kõige rohkem kasutatakse põlevkivi ja põlevkivigaasi.

Poliitilised konfliktid samuti annavad tõuke elektri hinna tõusuks – näiteks on nafta ja elektri hind oma vahel seotud. Nafta hinna kerkides tõuseb ka elektri hind ning vastupidi. Aasta 2014 teisel pool nafta hind hakkas kiiresti langema. Elektri hind tavaliselt reageerib nafta hinna muutustele viivitusega.

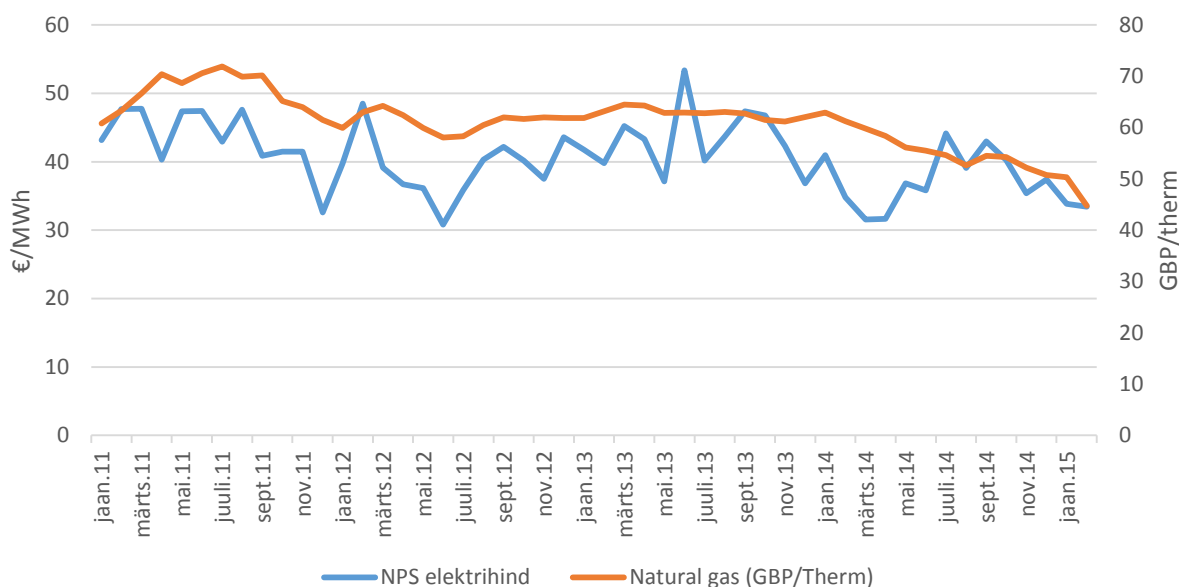


Joonis 17. Nafta hind ja elektri hind perioodil jaanuar 2011 kuni veebruar 2015

Allikas: Autori koostatud

Joonisel 17 on nafta ja elektri hinna muutuste suunad on sarnased. Kogu maailma hinnad on naftahinnast sõltuvad ja elektri hind ei ole erand. Praegu enamik elektrit elektri jaamades toodetakse fossiilsete kütuste põletamisel.

Euroopas kujunes maagaasi keskmiseks hinnaks 2014.a. 56,07 GBP/Therm ning 2013.a. 62,73 GBP/Therm. Elektrienergia hinna kujunemist Baltimaades mõjutab oluliselt ka imporditava maagaasi hind, sest 50% Balti riikides installeeritud elektri tootmise võimsusest põhineb gaasil Eleringi andmete põhjal. (Elering 2012)



Joonis 18. Maagaasi- ja elektri hind perioodil jaanuar 2011 kuni veebruar 2015  
Allikas: Autori koostatud

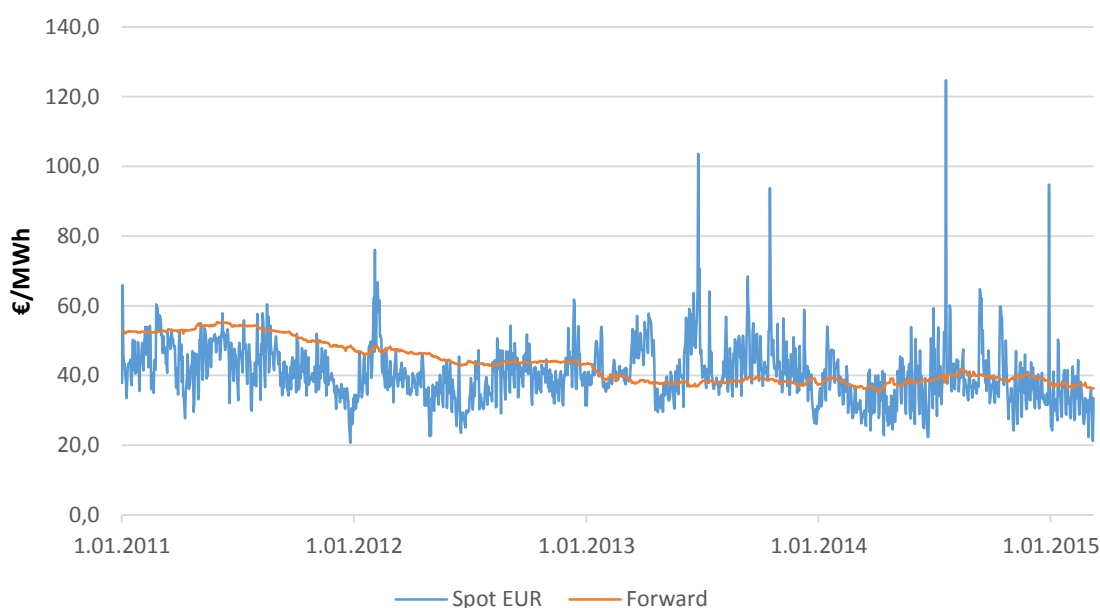
Joonisel 18 on gaasi ja elektri hinna võrdlus, kus on näha et muutuste suunad on samad. Kõige parem illustreeriv periood on 2014.a. lõpp, kus gaasihind koos elektri hinnaga kiirustades langevad.

Elektrihinda mõjutavaid tegureid on palju ja kõik need mõjutavad omalt poolt ka erineva perioodi jooksul. Kütuse hindade tõus toob kaasa elektri hinna kallinemise, kui hüdroservuaaride täituvus tähendab elektri odavnemist. Mõjutavate faktorite võrdlus oli elektri spot hinnaga selleks, et edasi uurida, kuidas saab ennast kindlustada hinna liikumise eest ning millised riskid maandada.

## 2.8. Forvard ja spot hinna muutused

Nagu oli juba mainitud forvardi viidehinnaks on spot hind. Selleks et uurida forvardi hinna muutuseid ja seda mõjutavaid faktoreid, uuritakse spot ja forvardi hinna seost.

Võrreldes teiste tüüpiliste finantsvaradega nagu aktsiad ja võlakirjad, hinnamuutuste suurus on äärmuslik.

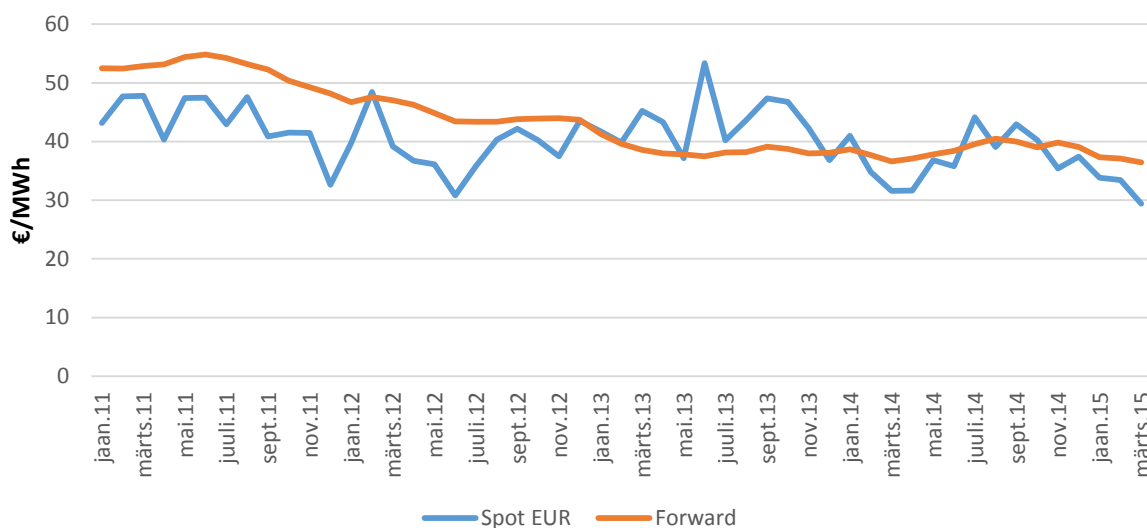


Joonis 19. Spot ja forvard päeva keskmise hinnad perioodil 01.01.2011-28.02.2015

Allikas: Autori koostatud

Joonis 19 illustreerib spot ja forvard hindade muutused. Spot elektri hinna volatiilsus on palju suurem kui forvardi oma. Mõlemal on näha langustrendi. Forvardi hind 2011.a. alguses oli 52,51 €/MWh ja 2015.a. hind on jõudnud 36,34 €/MWh juurde, mis on alla 31%. Spot hind on samal ajal 43,16 €/MWh ja 29,41 €/MWh, 32% alla.

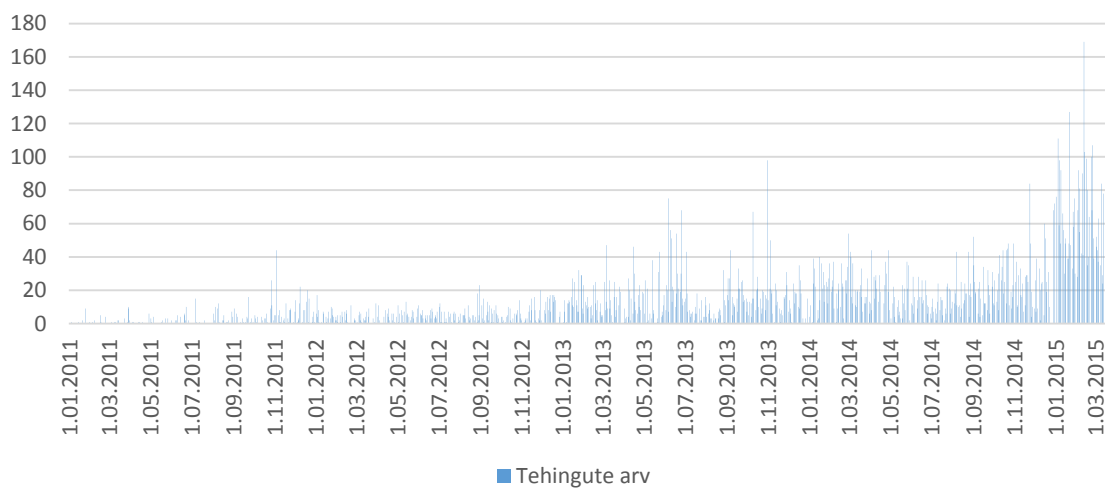
Joonise koostamiseks olid võetud päeva keskmised hinnad, mis ei ole kõige parem viis, kuigi forvardi lepingu järgi tavaliselt võetakse aluseks kuu keskmise hinna.



Joonis 20. Forvard ja spot kuu keskmise hinnad perioodil 01.01.2011-28.02.2015

Allikas: Autori koostatud

Joonisel 20 forvardi hinnad 2011.a. jooksul on kõrgem kui spot ja see on muutunud 2012.a. lõpus, selle põhjuseks võib olla forvard lepingute kasutamise tihedus. Enne turu avamist Eestis oli kasutatud ühte elektri hind (monopoolne hind) oluliselt rohkem.



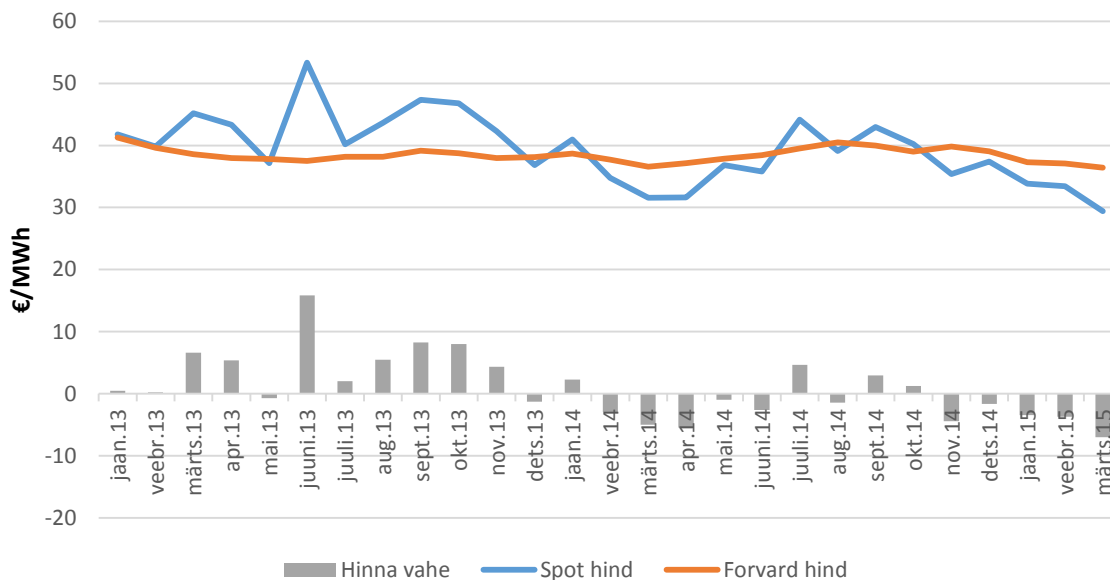
Joonis 21. Nasdaq Commodities forvardi lepingute tehingute arv päevas

Allikas: Autori koostatud

Eestis Nasdaq OMX Commodities finantsteenuste pakkumist alustati 26. novembril 2012a. Peale seda tehingute arv on kasvanud (joonis 21), mis on ka forvardi hinna languseni viinud.



Hinna riski maandamine, kasutades forvard lepingut, ei anna kindlust, et see on parem viis. Joonisel 22 on hästi näha et spot hinna kõikumine võib olla kasumlik ja mitte. Aasta 2013 jooksul spot hind oli eriti ebastabiilne võrreldes forvardi hinnaga. Seoses turu situatsiooniga ja erinevate spot hinna kõikumist mõjutavate faktoritega, oli mõttekam hinna riski maandada.



Joonis 22. Spot ja forvard kuu keskmised hinnad, jaanuar 2013 – märts 2015  
Allikas: Autori koostatud

Joonisel 22 on hästi näha 2014.a. kevadine surveperiood, kui veetase ja hüdroelektrijaamade toodetud odav elekter mõjutas spot hinda ning vahe forvardi hinnaga oli oluliselt suur. Elektrituru osalejad on selle aspektiga kursis ja ennustavad rohkem spot hinna langusele kui fikseerimisele.

Elektrienergia forvard lepingutes on kohustus müüa või osta kindlaksmääratud elektrienergia kogust eelnevalt kindlaksmääratud lepingujärgse hinnaga, tuntud nagu tuleviku hind teatud ajal tulevikus. Teisisõnu, elektrienergia forvardlepingud on eritellimusena tarnelepingud ostja ja müüja vahel, kus ostja on kohustatud ostma elektrit ja müüja on kohustatud müüma elektrit. Forvardi lepingu tasuvus on lubadus tarnida ühe ühiku elektrienergiat hinnaga  $F$  tuleviku ajal  $t$ .

$$\text{Forvardi lepingu tasuvus} = (S_t - F) \quad (3)$$

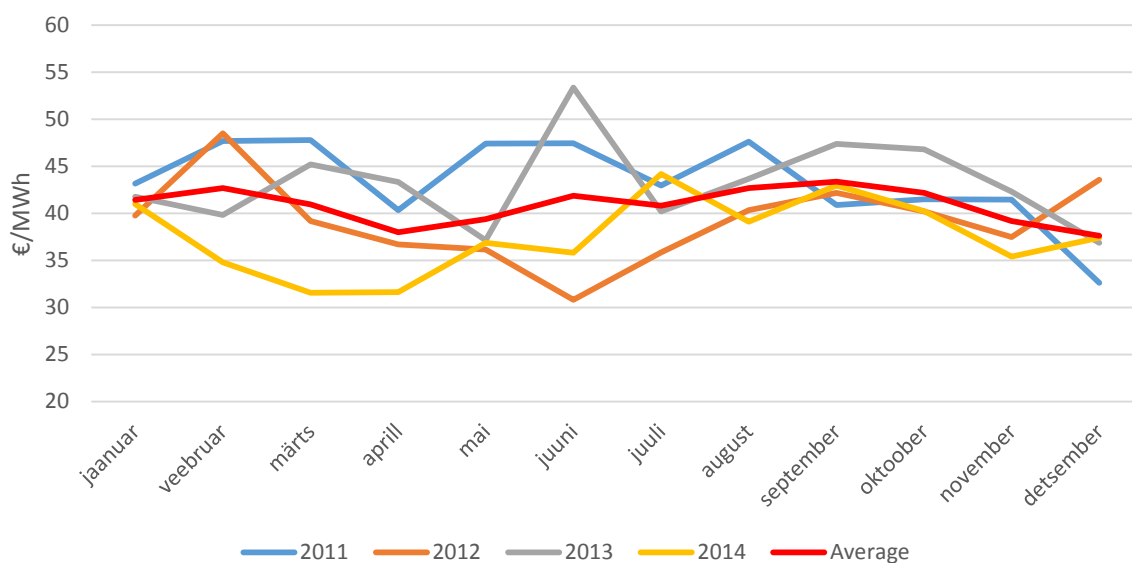
kus

$S_t$  – elektrienergia hind ajal  $t$

$F$  – tuleviku elektrienergia hind ajal  $t$

Kuigi tasuvuse valem tundub olevat sama mis tahes finants forvardi lepingute puhul, elektrilepingud erinevad teistest finants- ja kaubaturgude tulevikutehingute lepingutest, sest elekter erineb teistest erinevatest kaupadest. Lõpphinda  $S_t$  tavaliselt arvutatakse põhinedes keskmisele elektri hinnale tarneperioodil maksetähtajal. (Deng, Oren 2006)

Hetke hinnaks on võetud spot hind ja tuleviku hinnaks forvard lepingu hind ja arvutatakse perioodil 2011-2014.a. kuu keskmise hinna. Kui võtta kõik need muutujad ning võrrelda aastaid: 2011, 2012, 2013 ja 2014, siis saab need ajahetked millal tasub kasutada forvardi lepinguid ja millal see toob kulu.



Joonis 23. Spot aasta keskmise hinna võrdlus

Allikas: Autori koostatud

Joonis 23 illustreerib nelja aastate hindade muutused. Valitud perioodi jooksul spot hind ei ole stabiilselt sama. Aastal 2014 esimene pool aastat on väga madal hind kuid juuli kuus on ta kõige kallim. Joonisel 23 punase värviga on nelja aasta keskmine hind, kuid seda vaadates on ka hästi näha et kuu keskmised spot hinnad on selle perioodi jooksul erinevad.

Paremaks arusaamiseks on arvatud forward lepingute tasuvus kasutades sama nelja-aastast perioodi.

Tabel 3. Spot ja forward kuu keskmise hindade tasuvus

	Spot - Forward			
	2011	2012	2013	2014
jaanuar	-9,06	-6,65	0,48	2,28
veebruar	-4,46	1,19	0,19	-2,92
märts	-4,78	-7,56	6,62	-5,02
aprill	-12,54	-9,30	5,36	-5,48
mai	-6,72	-8,41	-0,70	-0,99
juuni	-7,08	-12,31	15,85	-2,61
juuli	-11,00	-7,24	2,04	4,63
august	-5,31	-2,77	5,49	-1,42
september	-11,11	-1,33	8,24	2,97
oktoober	-8,54	-3,41	8,02	1,24
november	-7,52	-6,22	4,35	-4,43
detsember	-15,28	-0,15	-1,26	-1,63

Allikas: Autori arvutused

Tabelis 3 punasega on märgitud tulemused, kus on tuleviku hind kõrgem kui hetke hind ja rohelisega, kui on vastupidi. Aastatel 2011 ja 2012 valitseb rohkem punane värv, see annab teada et nendel aastatel on forwardi hinnad kallimad kui spot hinnad, sellel juhul hinna fikseerimine on toodud kulu elektrienergia ostjale. Aasta 2013 on rohkem roheline ning selle aasta jooksul spot hind on kallim kui forward hind keskmiselt 4,56 €/MWh. Aasta 2014 tulemused on nii plussiga kui ka miinusega, aasta keskmise hinna võrdlemisel spot hind on odavam forwardi hinnast 1,12 €/MWh.

Analüüsitud perioodi jooksul spot ja forwardi hinnad palju kõiguvad ning nende andmete põhjal on raske saada konkreetset tulemust. Kõik see ebastabiilsus on seotud turgude arenemisega. Selle perioodi jooksul on muutunud nii spot- kui ka finantsturud.

## 2.9. S&P GSCI indeks

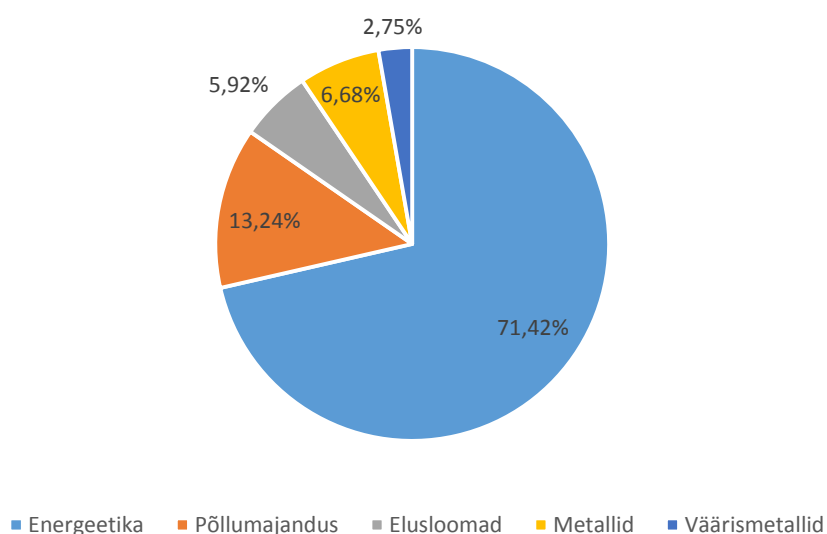
Makromajanduslikult mõjutavad elektri hinda nii Eesti kui Euroopa majandusprognoosid. Kui on väljavaateid majanduskasvuks, siis tõuseb ka elektri hind. Negatiivse prognoosi puhul samas aga langeb. (Smolik *et al* 2014)

S&P GSCI kaubaindeks indekseerib üldist toodete hinnamuutust maailmas. Erinevate sektorite osakaal indeksis on seatud vastavalt tootmismahule.

Koondindeks kaubasektori tulust kujutab endast mitmekesist, finantsvõimekat, ainult pikaajalist positsiooni kaubafutuurides.

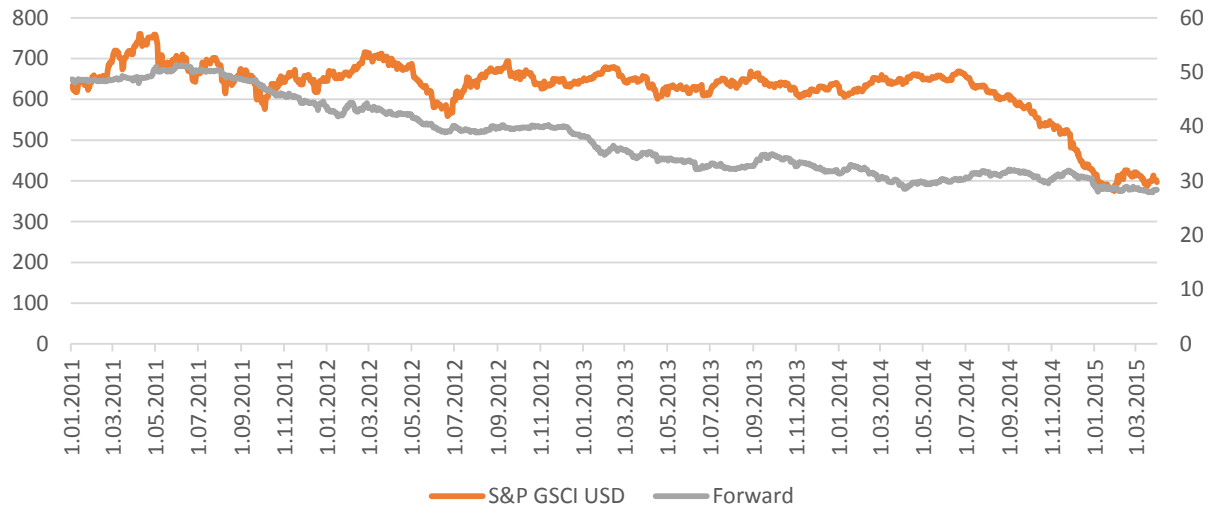
Sarnaselt Standard & Poor's'i 500 indeksiga, Goldman Sachs Kaupade Indeks (GSCI) annab usaldusväärset ja avalikult kättesaadavate investeeringute tulemuslikkuse võrdlusalust. Indeksi komponendid kvalifitseeruvad indeksi loetellu likviidsusmeetmete põhjal ning on hinnastatavad vastavalt nende globaalse tootmise tasemele - omadusele, mis aitab teha GSCI väärtuslikuks nii majandusnäitajana kui ka kaubaturgude võrdlemisinstrumendina.

Laialdaselt jälgitav S&P GSCI on tunnustatud kui juhtiv meede üldiste hinnaliikumiste ning maailmamajanduse inflatsiooni mõõtmiseks. Indeks - esindades turu beetana - on maailma tootmise kaalutud keskmine. Selle eesmärk on olla investeeritav kasutades kõige likviidsemate kaupade futuurid, ja annab mitmekesistamise madala korrelatsiooniga teiste kaubaklasside vastu. (Smolik *et al* 2014)



Joonis 24. S&P GSCI kaubaindeksi osakaalud  
Allikas: Autori koostatud

Kõige suurem osa mis moodustab S&P GSCI indeksit on energeetika 71,42%. Teisel kohal on põllumajandus 13,24% ja teised (joonis 24).



Joonis 25. S&P GSCI indeks ja forvard hind 2011-2015.a.

Allikas: Autori koostatud

Joonis 25 illustreerib S&P GSCI kaubaindeksi ja forvard hindade muutused. Forvard ja indeksi hindade muutuste trend alates 2011a. kuni märts 2015a. on alla poole. Hinnad odavnevad ning forvardi hinna trendi on parem näha, kui indeksi. Korrelatsioonikordaja indeksi ja forvardi vahel on 0,6 see tähendab muutujate vahel keskmist seost.

Analüüsimiseks oli võetud indeksi ja forvardi hindade muutused.

$$\frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} \quad (4)$$

kus

$P_t$  – hind

$P_{t-1}$  – eelmise päeva hind

Tabel 4. S&P GSCI kaubaindeksi ja forvard hindade muutused

	Forvard		S&P GSCI
Mean	-0,05%	Mean	-0,04%
Standard Deviation	0,58%	Standard Deviation	1,12%
Sample Variance	0,00%	Sample Variance	0,01%
Kurtosis	1,57	Kurtosis	3,83
Skewness	-0,19	Skewness	-0,43
Range	5,2%	Range	12,2%
Minimum	-2,99%	Minimum	-6,52%
Maximum	2,21%	Maximum	5,63%
Count	1065	Count	1065

Allikas: Autori arvutused

Tabelis 4 on forvardi ja S&P GSCI kaubaindeksi muutuste analüüs. Keskmised muutused protsentides on sarnased. Kurtosis ja asümmeetria näitajaid saab võrrelda, asümmeetria on negatiivne ja see tähendab et jaotuse vasak saba on pikem kui parem, histogrammi saab näha lisas 2. Histogramm näitab hinna muutuse langust. Kurtosis on mõlemal positiivne väärtus, mis tähendab et enamus näitajaid on tipus see tähendab et indeksi ja forvardi hindade muutused ei ole suured, nad on nulli lähedal. S&P kaubaindeksi ja forvardi hindade muutused nende andmete põhjal on oma vahel seotud.

## 2.10. Regressiooni analüüs

Käesoleva töö eesmärk on testida elektrienergia hinna seost mõjutavate teguritega. Selleks kasutatakse paneelandmetel põhinevaid staatilisi regressioonimudeleid ning programmi Gretl.

Segitavateks muutujateks on spot elektri hind ja forvardi hind. Töö käigus koostatakse kaks mudelit, esimese mudeli sõltuva muutujaks kasutatakse spot elektri hinda ning teise sõltuva muutujaks forvard hinda. Sõltumatud muutujad on kõik need tegurid, mis olid töös juba mainitud: nafta hind, gaasi hind, S&P GSCI indeks ja veetase.

Mudeli I matemaatiline kuju on järgnev:

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \varepsilon_i \quad (5)$$

kus

$X_1$  – nafta hind,

$X_2$  – gaasi hind,

$X_3$  – S&P GSCI indeks,

$X_4$  – veetase,

$\alpha$  – vabaliige,

$\beta$  – seletava muutuja hinnatav parameeter,

$\varepsilon_i$  – vealiige

Mudeli II matemaatiline kuju on järgnev:

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \varepsilon_i \quad (6)$$

kus

$X_1$  – nafta hind,

$X_2$  – gaasi hind,

$X_3$  – S&P GSCI indeks,

$X_4$  – veetase,

$\alpha$  – vabaliige,

$\beta$  – seletava muutuja hinnatav parameeter,

$\varepsilon_i$  – vealiige

Mudeli testimisel kasutatakse järgmiseid eeldusi:

- statistiliselt usaldusväärne (usaldatavuseks valitakse 95%) – usaldatav peab olema nii regressiooniseos tervikuna kui ka üksikud parameetrid; esimest saab kindlaks teha näitaja  $F$  (näitab, mitu korda regressiooniseosega kirjeldatud varieerumine on suurem juhusliku vea varieerumisest), teist poolt võimaldavad hinnata numbrid pealkirja  $P$ -value all (tõenäosus võtta parameetri olulisuse kohta vastu vale hüpotees, usaldatavuse 95% korral maksimaalselt 0,05);
- hea selgitusvõimega – selgitusvõimet iseloomustavad *Gretli*-tabeli näitajad  $R$  *Square* (determinatsioonikordaja) ja *Adjusted R Square* (modifitseeritud determinatsioonikordaja), mis illustreerivad seda, kui suur osa sõltuva muutuja varieerumisest on kirjeldatud regressiooniseosega;
- parameetritega, mida on võimalik identifitseerida.

Regressioonimudeli jääkliikmete kontekstis on oluline nende normaaljaotus ning homoskedastiivsus. Juhul kui jääkliikmete dispersioon, mis esineb mudeli parameetrite hinnangute standardvigade arvutusvalemities, ei ole konstantne, siis järelikult esineb regressioonimudelil heteroskedastiivsus, seega parameetrite hinnangud pole efektiivsed ning mudeli parameetrite usalduspiirid tulevad valed. Sellest tingitult mudeli ja selle parameetrite olulisuse testimine võib anda valesid tulemusi. Üldiselt võivad heteroskedastiivsust põhjustada nii mudel kui ka andmed. Kuna regressioonimudeli jääkliikmete heteroskedastiivsus on üldjuhul probleemiks, püütakse selle mõju korrigeerida. (Brooks 2008)

Elektri hindade seost mõjutavate teguritega hinnati eelnevalt töös, oli läbi viidud võrdlusanalüüs tegurite ja elektrihindade vahel. Mudeli I statistilised tulemused on kantud tabelisse 5.

Tabel 5. Mudel I tulemused

Muutuja	Koefitsient	Olulisus	t-stat
Konstant	3,03	-	0,77
Nafta hind	0,12	**	2,11
Maagaas	0,54	***	9,31
S&P GSCI	-0,01	*	-1,80
Veetase	0,00	**	2,10
F-statistik	1,15*10 <sup>-32</sup>		
Korrigeeritud R <sup>2</sup>	10%		
Vaatluste arv	1520		

Märkused: \*\*\* oluline usaldusnivool 0,01; \*\* oluline usaldusnivool 0,05 ja \* oluline usaldusnivool 0,1.

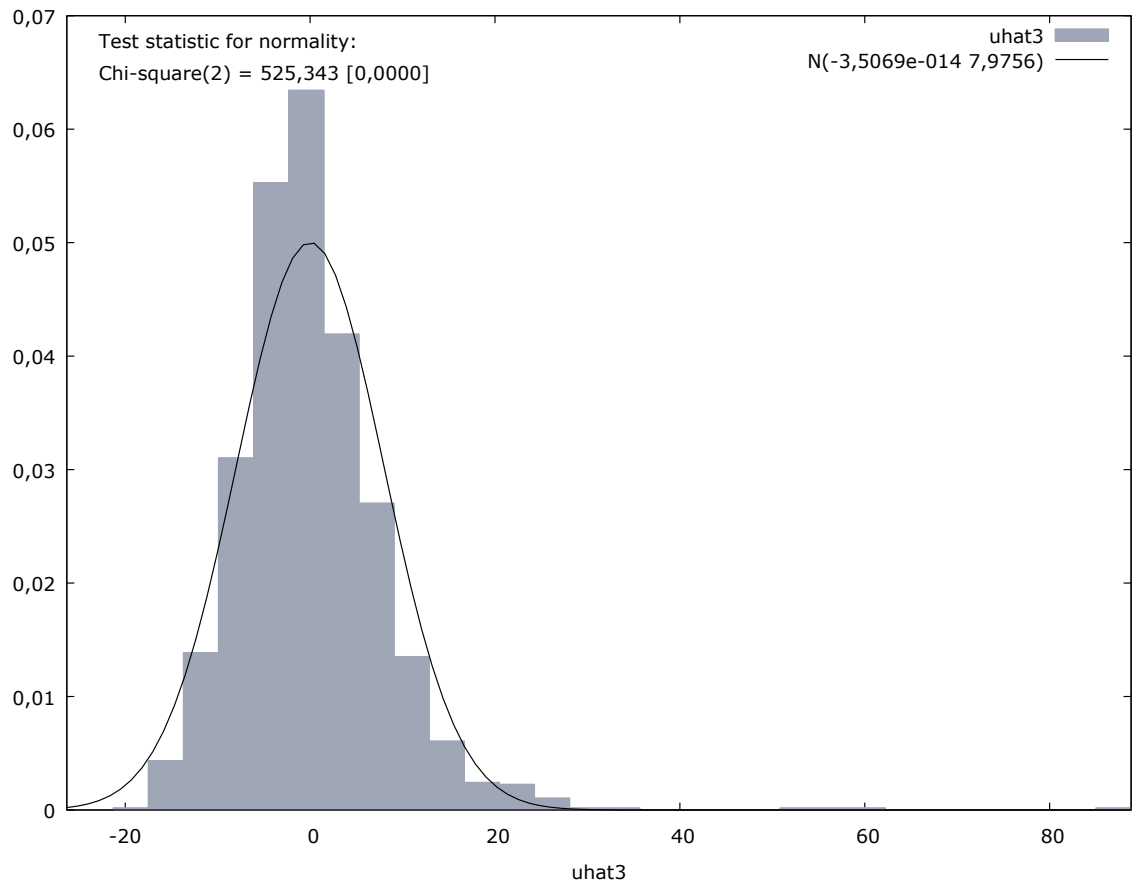
Allikas: Autori arvutused

Mudeli I korrigeeritud selgitusvõimeks kujunes 10%, mis tähendab et mudeli kirjeldamistase on madal. Mitme lineaarse regressioonimudeli parameetrite hinnatud F-testiga, tõenäosusega 95% mudel ise on statistiliselt oluline. Reset testi abil on saanud järgmine tulemus, et kehtib null hüpotees ja mudeli kuju on õige.

Mudeli I visuaalsel vaatlusel tundub, et mudeli vealiikmed alluvad normaaljaotusele (vt joonis 26), ning testi statistika olulise tõenäosuse kehtib null hüpotees, seega mudeli jääkliikmed alluvad normaaljaotusele. Heteroskedastiivsuse kontrollimiseks kasutatakse White



Test ja testi tulemuseks saame, et heteroskedatiivsus ei esine, parameetrite hinnangud on nihketa ja efektiivsed.



Joonis 26. Mudel I jääkliikmete histogramm

Parema tulemuse saamiseks autori poolt oli koostatud ka Mudel II, kus selgitavaks tunnuseks on forvardi lepingu hind.

Mudeli II statistilised tulemused on kantud tabelisse 6.

Tabel 6. Mudel II tulemused

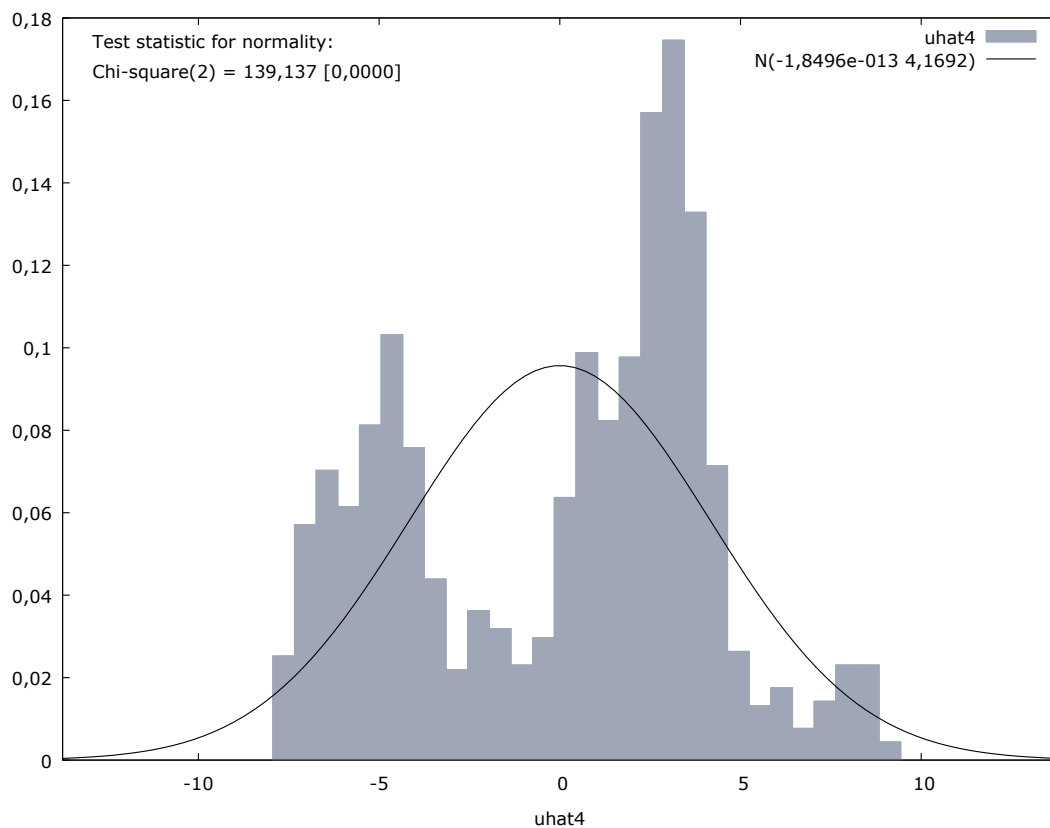
Muutuja	Koefitsient	Olulisus	t-stat
Konstant	16,61	***	8,10
Nafta hind	-0,39	***	-13,42
Maagaas	0,56	***	18,17
S&P GSCI	0,03	***	8,47
Veetase	0,00	***	6,23
F-statistik	2,00*10 <sup>-207</sup>		
Korrigeeritud R <sup>2</sup>	47%		
Vaatluste arv	1520		

Märkused: \*\*\* oluline usaldusnivool 0,01; \*\* oluline usaldusnivool 0,05 ja \* oluline usaldusnivool 0,1.

Allikas: Autori arvutused

Mudeli II kirjeldamistase on hea, korrigeeritud selgitusvõimeks kujunes 47%. Mitme lineaarse regressioonmudeli parameetrite hinnatud F-testiga, tõenäosusega 95% mudel ise on statistiliselt oluline. Reset testi abil on saadud, et kehtib null hüpotees ja mudeli kuju on õige.

Mudeli II visuaalsel vaatlusel tundub, et mudeli vealiikmed ei allu normaaljaotusele (vt joonis 27), kuid testi statistika olulise tõenäosuse kehtib null hüpotees, seega mudeli jääkliikmed alluvad normaaljaotusele. Heteroskedatiivsuse kontrollimiseks kasutatakse White Test ja testi tulemuseks saame, et heteroskedatiivsus ei esine, parameetrite hinnangud on nihketa ja efektiivsed.



Joonis 27. Mudel II jääkliikmete histogramm

Lisaks kontrolliti muutujate seost korrelatsioonimaatriksiga ega Mudeli I ja Mudeli II muutujate vahel ei esine tugevat korrelatsiooni. Keskmise korrelatsioon esineb forvardi ja maagaasi hinna vahel ning nafta hinna ja S&P GSCI indeksi vahel. Mudeli I ja II näitajate korrelatsioonid on esitatud tabelis 7.

Tabel 7. Mudelis I ja II olevate muutujate korrelatsioonimaatriks

	NPS elektrihind	Forvard hind	Nafta hind	Maagaas	S&P GSCI	Veetase
NPS elektrihind	1	0,21	0,12	0,3	0,21	-0,02
Forvard hind	0,21	1	0,01	0,63	0,46	-0,08
Nafta hind	0,12	0,01	1	0,31	0,62	-0,09
Maagaas	0,3	0,63	0,31	1	0,74	-0,26
S&P GSCI	0,21	0,46	0,62	0,74	1	-0,31
Veetase	-0,02	-0,08	-0,09	-0,26	-0,31	1

Allikas: Autori arvutused

Tabelis 7 kirjeldatud muutujate põhjal võib teha järelduse, et mudelite sõltuvatel muutujatel pole tugevat korrelatsiooni ühegi sõltumatu teguriga, kuigi sõltumatu vahel eksisteerib tugev korrelatsioon S&P GSCI indeksi ja maagaasi hinna vahel. Nafta hinna ja indeksi vahel on korrelatsioon tugeva lähedal 0,62, need tulemused on loogilised, kuna maagaas ja nafta on indeksi komponendid ja nad peavad turul liikuma ka koos.

Mudeli I spot elektrihinna kõige mõjusam tegur on maagaasi hind, põhjuseks on see, et Eesti turul üsna palju kasutatakse ja toodetakse kasutades maagaasi. Nafta hind ja veetase ei ole nii olulised tegurid spot hinna muutusele. S&P GSCI kaubaindeksil on väga madal seos spot elektri hinnaga ning see on ka loogiline, kuna spot hind on tunnipõhine hind mille aluseks on tarbimine, tootmine ja ilmastikuolud ning indeksi hinna tase kujuneb sellest, millised hinnad on kaupadel turul (energeetika – nafta ja gaasi hind, põllumajandus ja metallid).

Mudeli II kõik kasutatud parameetrid on statistiliselt olulised. Forvardi lepingu hinda mõjutavad naftahind, maagaasi hind, S&P GSCI kaubaindeks ja veetase. Mudeli saadud tulemused on usaldusväärsed, kuna mudeli selgitusvõime on 47%.

Korrelatsiooni näitajad on kõik loogiliste märkidega. Kaupade ja indeksi hinnad on plussiga ja see tähendab, et nende kasvamisega kasvab ka elektri hind. Veetase on loogiliselt miinusega korrelatsioonid, kuna veetase kasvamisega odava elektri tootmine kasvab ning elektri hind odavneb.

## **2.11. Järeldused ja ettepanekud**

Spot ja forvard elektri hind on omal vahel seotud kuna spot hind on forvardi hinna alus. Ajalooliselt vaadates spot ja forvard hindade muutused on samas suunas, kuid peamiseks erinevuseks on arvutamise viis. Spot hind on tunnipõhine ning forvard hind on päeva, nädala, kuu, kvartali või aastane. Spot hinna saab ka esitada päeva või kuu keskmise numbrina, kuid see ikka on arvutatud kasutades tunnipõhiseid andmed. Sellest tuleb spot hinna kõikumine, võrreldes forvardi hinnaga. Hindade võrdluseks oli kasutatud päevakeskmisi ja kuukeskmisi hindasid.

Elektri hinna kõikumisi oli analüüsinud mitmekesiselt, volatiilsuse testimine näitab, et spot elektri hinna volatiilsus on äärmuslikult suur. Kahe meetodi simple net return ja logaritmik return abil on saadud samad tulemused. Spot hinna volatiilsuse standard hälve on 16-17%, mis

tõendab kõrget volatiilsust. Forvardi hinna volatiilsuse tulemuseks on standard hälve 1%. Seega forvardi hind on stabiilsem, hinna tase ei kõigu nii palju nagu spot hinna puhul.

Forvardi lepinguid saab kasutada elektri hinna hedgeerimiseks, volatiilsuse arvutused annavad tulemused, et forvardi hind ei kõigu nii palju kui spot hind, forvardi hinnad on stabiilsemad ja annavad head võimalust riski maandamiseks.

Teooria väidab, et elektri hinna kujunemisel kõige suurem mõju on tarbimisel ja tootmisel. Nord Pool Spot elektriturul igapäevaselt arvutatakse nõudluse ja pakkumise suhet ja sõltuvalt sellest, milline tulemus tuleb, kujuneb elektri hind. Kindlasti mitte ainult pakkumise suurus mõjutab hinda, lisaks ka pakutud elektrienergia hind mängib suurt rolli. Seega odava elektri pakkumine, näiteks hüdroenergia surveperioodi jooksul, vähendab elektri hinda. Surveperioodi aega saab ennustada, kuna see on seotud ilmaga, kui hakkab lumi sulama või kui on sademeterohke periood. Tarbimist ja tootmist mõjutavad ka ilmastikuolud, näiteks külma ilmaga tarbimine kasvab, seega kasvab ka elektri hind ning tegevuskulud. Alapeatükis 2.5 on näha kuidas elektri hind muutub päeva ja nädala jooksul. Päeval töötundidel on tarbimine kõrgem kui öötundidel, elektri hind on suurema tarbimisega kõrgem. Nädalavahetustel, kui tarbimine on väiksem - elektri hind on ka madalam kui nädala sees. Väga oluline on hoida tarbimist ja tootmist tasakaalus, kui see oleks võimalik (ladustamise puudus), elektrienergia hind oleks palju stabiilsem.

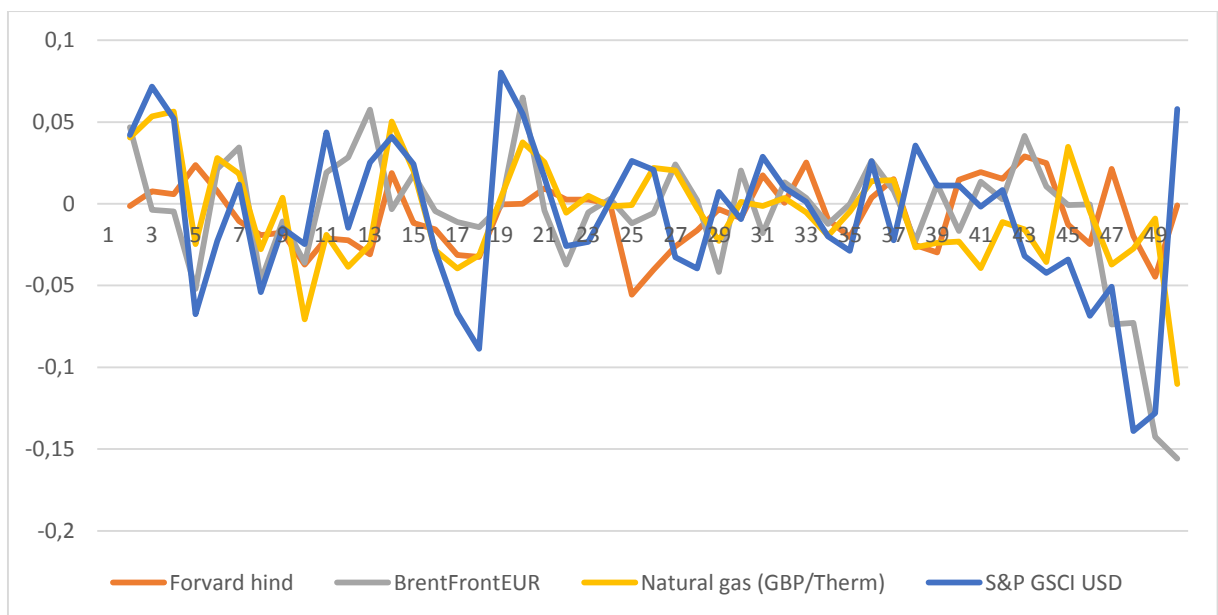
Nagu oli juba mainitud elektrienergia hinna kujunemisel oluline roll on ka regioonis valitsevatel ilmastikuoludel. Täna on hüdroenergiast toodetud elektrienergia - kõige odavam tootmise viis kuna tooraineks on vesi. Eesti on ühendatud elektrikaablitega Soomega, seega hüdroenergia hind mõjutab Eesti hinnapiirkonna hinda ka. Võrreldes spot elektri hinna ja toodetud hüdroenergiat, saab teha järelduse, et mida rohkem toodetakse hüdroenergiat, seda madalam on elektri hind, kui kõik teised muutujad jäävad samaks.

Üks peamisest mõjutavatest faktoritest on naftahind. Naftahinna kerkides tõuseb ka elektri hind ning vastupidi, kuna enamik elektrienergiat toodetakse kasutades fossiilsete kütuste põletamist. Analüüsitud perioodi jooksul naftahind oli üsna stabiilne, kuigi väikesed muudatused hinnas on samad nagu spot elektri hinnal. Kõige mõjusam periood on 2014.a. lõpp ja 2015.a. algus, kus naftahind kiirustades langes ning elektri hind on langenud kaasa.

Võrdselt naftahindadega mõjutavad elektri hinda gaasihinnad. Gaasihinna kasvamisega kasvab elektri hind ning langusega elektri hind odavneb. Gaasi kasutavad elektrijaamad elektri tootmisel ning toorainete odavnemisega langeb elektri hind.

Tasuvuse analüüsi käigus on näha, et hinnariski maandamine ei anna 100% kindlust, et forvardi lepingu hinnad on paremad kui spot hind. Vaadates analüüsitud perioodi 2011.a. ja 2012.a. jooksul ostja poolt, forvardi hinnad olid kõrgemad, kui spot. Need kes maandasid hinnariski, kasutades forvardi lepinguid, olid teinud vale otsuse ning teenisid pigem kulu. Aastal 2013.a. forvardi hind on muutunud odavamaks kui spot. Kõik see ebastabiilsus on seotud turgude arenemisega. Selle perioodi jooksul on muutunud nii spot kui ka finantsturud.

S&P GSCI kaubaindeksi ja forvardi hinna võrdlemisel on leitud, et need kaks tegurit on omavahel tugevalt seotud. Joonisel 28 on näha et S&P GSCI kaubaindeksi hinna kõikumine on kõige suurem ning statistiliseks tulemuseks saadud ka, et indeksi ja forvardi hinna muutuste suunad on samad. S&P GSCI indeks võib olla üks olulisematest indikaatoritest elektrienergia hinna muutusteks ning anda signaali forvard lepingu kasutamiseks. Lisaks ka S&P GSCI indeksil on suur mõju elektrienergia hinnale, kuna kaubaindeksi hinna aluseks on energia kaubad (energeetika kaupade hinnad: nafta, gaas), mille mõju on kindlasti oluline.



Joonis 28. Mõjutavate tegurite muutused  
Allikas: Autori koostatud

Joonis 28 illustreerib mõjutavate faktorite muutused ning joonisel on näha tegurite muutuste trendi. Joonisel 28 on esitatud töös analüüsitud tegurite võrdlus forvardi hinnaga. Tegurid muutuvad aja jooksul koos forvardi elektri hinnaga saamas suunas. Nende tegurite

väljaselgitamine annab võimalust tulevikus nende muutuste monitooringuks selleks, et teada saada tuleviku elektrihinna muutust.

Statistiliste mudelite abil on võimalik teha järgmised järeldused: spot elektrihinna mõjutab maagaas kõige rohkem, teiste tegurite mõju on madal. Fovardi hinna muutusele mõjutavad kõik analüüsitud tegurid.

Olulised tegurid: naftahind, maagaasi hind, kaubaindeks, veetase, tarbimine ja tootmine mõjutavad elektrihind. Tarbimine ja tootmine mõjutab elektrihinna kujunemisel. Nafta ja maagaasi hindade kallinemisega kasvab ka elektrihind. Mida rohkem toodetakse hüdroenergiat, seda madalam on elektrihind.

## KOKKUVÕTE

Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli selgitada välja, kuidas on arenenud elektriturg ning mõjutavate tegurite mõju elektrihinna muutlikkusele.

Töö koosneb kahest osast. Töö esimeses osas annab autor ülevaate elektriturust. Elektrituru arenemine oli väga progressiivne viimastel aastatel Eestis. Eesti monopoolse turu asemel on tulnud Norra elektribörs Nord Pool Spot, mis andis võimaluse osta elektrit börsilt konkurentsivõimelise hinnaga. Aasta pärast toimus turu avanemine ning konkurents elektriturul hakkas kasvama, seega tulid ka erinevad muudatused elektri tarbimises ja tootmises. Eesti on ühendatud alalisvoolukaablitega Soomega EstLink 1 ja EstLink 2, mis annab suurt mõju elektri hinnale Eestis, kuna nüüd Eesti elektri hinna mõjutab madal Soome elektri hind. Elektriturg Eesti turu näitel omab hetke ja tuleviku hinnaga kauplemist. Füüsiline kauplemine toimub päev ette Spot turul ning finantslepingute kauplemine keskendub futuuri lepingutes Nasdaq Commodities finantsbörsil, mis tasaarveldatakse keskmise hetkehinnaga tarne lepingus kindlaksmääratud perioodil.

Peale elektrituru ümberkorraldamist elektri tuletisinstrumendid mängivat suurt rolli hinna kujunemises, võimaldavad hinna avalikustamist, hõlbustavad tõhusat riskijuhtimist, toovad kaasa potentsiaalsed investeeringud tarbimisesse ja toomisesse ning võimaldavad otsustada kapitalimahutust. Elektri hinna fikseerimine riskimaandamiseks on võimalik finantslepinguga Nasdaq Commodities finantsbörsi kaudu.

Elektrienergia erilised omadused tootena ning elektrituru keerulisus omavad suurt mõju riskijuhtimisele. Elektriturul elektrienergia ladustamise võimatus teeb elektrilepingute hindamise ülesandest tõelise väljakutse. Riskihindamisel oleks vajalik riskimeetod, mis välistaks suured kaod, seda eriti elektrienergia portfelli suuremahulise olemuse tõttu.

Elektrienergiale kohandatud finantsinstrumendid ning struktureeritud tehingud võivad kaasa aidata elektrienergia hinna kindlusele, hedgeerida mahulist riski, sünteesida tootmist ja edastamise võimekust ning rakendada katkestatavaid teenuslepinguid.



Teises osas kirjeldab autor elektrihinna muutlikkust. Elektrihinna kõikumised olid analüüsitud mitmekesiselt, volatiilsuse testimine näitab, et spot elektrihinna volatiilsus on äärmuslikult suur. Spot elektrihinna arvutatakse tunnipõhiselt ning see annab suurt võimalust hinna kõikumisele. Forvardi lepingu hinnad on palju stabiilsemad võrreldes spot hindadega ning see tähendab, et forvardi lepinguid saab kasutada hinnariski maandamiseks.

Spot elektrihinna mõjutab kõige rohkem elektrienergia tarbimine ja tootmine. Nord Pool Spot elektriturul igapäevaselt arvutatakse nõudluse ja pakkumise suhet ning sõltuvalt sellest, milline tulemus tuleb - kujuneb elektrihind. Tarbimise kasvamisega kasvab ka elektrihind, kuna elektrienergia tarnimine on keeruline ja seotud tegevuskulud on kõrged, seega nõudluse kasvamisega kasvavad ka tegevuskulud ning elektri hinnad on kõrgemad.

Kõige odavam viis elektrienergia tootmiseks on hüdroenergia – taastuvallikas, mida toodetakse hüdroelektrijaamades. Surveperioodil, mida rohkem toodetakse hüdroelektrijaamades, seda rohkem pakutakse odavat energiat ning elektrienergia hind odavneb.

Mõjutavate tegurite analüüsi osas on võetud spot ja forvardi lepingu hinnad ning neid mõjutavad järgmised faktorid: naftahind, maagaas, S&P GSCI kaubaindeks ja veetase. Koostatud on kaks mudelit, esimese mudeliga on võetud selgitavaks muutujaks spot hind ning teiseks forvard hind, sõltuvad muutujad on samad. Esimese mudeli tulemus näitab, et spot hinna kõige mõjusam tegur on maagaas ning kontrollimine korrelatsioonikordajaga andis sama tulemuse. Põhjuseks on see, et Eesti turul üsna palju kasutatakse ja toodetakse kasutades maagaasi. Naftahind ja veetase on ka olulised. Kõige nõrgem seos on spot hinna ja S&P GSCI kaubaindeksi vahel, kuna spot hind on tunnipõhine hind, mille aluseks on tarbimine, tootmine ja ilmastikuolud ning indeksi hinna tase kujuneb sellest, millised hinnad on kaupadel turul. Forvardi hinna ja mõjutavate tegurite analüüsimisel on saadud tulemuseks, et kõik tegurid on mõjusad, kuid korrelatsioonikordajate vaatlemisel, kõige madalam seos on nafta hinna ja veetasemega. Mõjutavate faktorite muutuste trend näitab, kuidas muutub ka elektrihind. Tegurid muutuvad aja jooksul koos forvardi elektri hinnaga saamas suunas. Nende tegurite väljaselgitamine annab võimaluse tulevikus nende muutuste jälgimiseks, et teada saada tuleviku elektri hinna muutust.

Komplitseeritud lepingud, piiratud likviidsus, turu ebaküpsus ning kõrge volatiilsusega hinnad teevad elektrienergia turu riskantseks. Riskijuhtimine omab tohutu tähtsust üldse, ning eriti riskantsel elektrienergia turul, et vähendada kulutusi ning vältida kadusid ja

pankrotistumist. Elektrienergia omapära tõttu ning võrreldes erinevustega traditsioonilistest finantsturgudest, oleks vajalik rakendada uut riskihindamise meetet.

Erinevaid majandustulemusi juhitavad tegurid pärinevad paljudest faktoritest, sealhulgas relatiivsetest tootmishindadest, kütuste hindadest, ja üldisest nõudlusest. Elektrituru geograafilised omadused Põhjamaades, näiteks, kohustavad uurijaid arvestama domineerivat hüdroelektrienergia rolli iga turu tõhususe kaalumisel.

## **SUMMARY**

### **ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING THE VOLATILITY OF THE ELECTRICITY PRICE**

Jana Vetsvanags

Due to the fast electricity market development and growth in derivatives' usage therein, price risk evaluation and management have become an important research topic. The task of hedging within electricity market is not associated with profit accumulation but seeks to eliminate any sudden risk, which also subsequently leads to limitation of profit. Market participants are subject to significant risks due to the rapidly changing market conditions. As competition grows, electricity companies all over the world are striving to effectively manage the new threats.

The thesis consists of two chapters. In the first chapter of the thesis, the author provides a brief overview of electricity market.

Electricity market has grown quite significantly over the last few years. As Estonian monopoly has been going through changes, Nord Pool Spot AS, Nordic exchange has entered the market in 2010, and in 2013 Estonian market has been declared to be an open market. The main goal of the electricity exchange is to provide market participants with equal opportunity whether they sell or purchase electricity, therefore being an alternative to two-sided agreements.

After the electricity market opening the competition has grown quickly and it has become possible to purchase electricity at competitive price. Estonia is connected to Finland (and therefore Nordic states) via EstLink 1 and EstLink 2 cables, which provide an option to receive a certain volume of cheap Nordic electricity, such as the one being produced by hydro power facilities, for instance.

Electricity price is much more volatile in comparison with other goods. Demand and supply have to be constantly in balance due to the electricity storage impossibility. Volatility

of the electricity price enhances the trading risk at the power market. In addition, it is not possible to implement standard financial instruments at the time of the price determination and hedging.

Derivatives' trading is important to market participants because it provides an ability to monitor their portfolios' stability and reduces the negative effects of electricity price volatility. It plays an especially important role in electricity market, where both are present: electricity price extreme volatility and huge amount of high prices. Due to the specifics of electricity, the volatility in energy market may reach extreme levels and correct understanding of volatility dynamics is of importance to all market participants.

The second chapter of this thesis consists of affecting factors' description, spot and forward prices' volatility research within Estonian market, as well as, modelling the influence on electricity price by such factors as Oil prices, Natural Gas prices, S&P GSCI, water levels.

Difference in electricity prices has been analysed using different methods. Calculation of volatility has been done using two methods: simple net return and logarithmic return. Standard deviation of spot price volatility amounts to 16-17%, which proves high levels of such volatility. Standard deviation of forward price volatility amounts to 1% and therefore forward price is more stable than spot price.

The affecting factors' analysis concentrates on spot and forward contracts' prices being influenced by the following: Oil prices, Natural Gas prices, S&P GSCI, water levels. Two models are introduced, with first analysing spot price as dependent variable and second analysing forward price as such, independent variables being the same for both. First model comes to conclusion that in relation to spot price, the most affecting factor is price of Natural Gas, whereas proof test using correlation matrix has given the same result, due to the fact that Natural Gas is widely used in Estonia both within consumption and production. The less significant factor affecting spot price has been found to be S&P GSCI, because spot price is calculated hourly based on the figures of consumption, production and weather conditions, whereas S&P GSCI price levels depend on world market prices. Analysis of forward price and independent variables has come to conclusion that each independent variable is important in this model. However, correlation matrix has shown that the least affecting independent variables had been Oil prices and water levels.

Affecting factors' changes serve as an index for future electricity price changes. Identifying these factors, their analysis and monitoring provide an option to foresee future changes' trend in electricity price.

As volatility analysis shows that forward price is less volatile than spot price, these are forward contracts that should be used to hedge electricity price providing better overall risk management.

Complicated contracts, limited liquidity, immature market and highly volatile electricity prices make trading at electricity market risky. Therefore, successful risk management can be of great significance as a tool that decreases costs and avoids losses.

## VIIDATUD ALLIKAD

Swindle, G. (2014). Valuation and risk management in energy markets. New York. Cambridge University press.

Benini, M., Marracci, M., Pelacchi, P. (2002). Day-ahead market price volatility analysis in de-regulated electricity markets. *IEEE PES Summer Meeting – 21-25.07.2002 CHICAGO (USA)*

Regnier, E. (2006). Oil and Energy price volatility. *Journal of Energy Economics*, vol. 29, issue 3, pp. 405-427.

Vehviläinen, I., Keppo, J. (2001). Managing electricity market price risk. *European Journal of Operational Research*, 2003, pp. 136–147.

Hull, J. C. (2003). Options, Futures and Other Derivatives, 8th edition. Toronto: Prentice Hall.

Plejdrup, A. (2013). A financial electricity market in the Baltic States. Elering report, Denmark, pp. 15-19.

Spodniak P., Chernenko, N., Nilsson, M. (2014). Efficiency of Contracts for Differences (CfDs) in the Nordic Electricity Market. *TIGER Forum 2014: 9-th Conference on Energy Industry at a Crossroads: Preparing the Low Carbon Future*, Toulouse, 5-6.6.2014.

Deng, S. J., Oren, S.S. (2006). Electricity derivatives and risk management. *Energy, An International Journal*, USA, vol 31, pp. 940–953

Coulon, M., Powell, W., Sircar, R. (2012). A model for hedging load and price risk in the Texas electricity market. *Journal of Energy Economics*, 2013.

Byström, H. (2001). Extreme Value Theory and Extremely Large Electricity Price Changes. *International Review of Economics & Finance*, 2005, vol. 14, no. 1, pp. 41–55.

Weron, R. (2001). Energy price risk management. *Journal of Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, vol. 285, no. 1, pp. 127-134.

Simkins, J. B., Simkins, E. R. (2013). Energy finance and economics : analysis and valuation, risk management, and the future of energy. New Jersey, JohnWiley & Sons, Inc., Hoboken.

- Smolik, K., Karas, M., Rejnuš, O. (2014). How macroeconomic factors influence the commodity market in the financialization period: the case of S & P GSCI commodity index. *Journal of Energy Economics*, vol. 62, no. 6, pp. 1417-1425.
- Koekebakker, S., Ollmar, F. (2001). Forward curve dynamics in the Nordic electricity market. *International journal of Managerial Finance*, vol. 31, no. 6, pp. 73 – 94.
- Nazlioglu, S., Erdem, C., Soytas, U. (2012). Volatility spillover between oil and agricultural commodity markets. *Journal of energy economics*, vol. 36, pp. 658-665
- Chkili, W., Hammoudeh, S., Nguyen, D.K. (2014). Volatility forecasting and risk management for commodity markets in the presence of asymmetry and long memory. *Journal of energy economics*, vol. 41, pp. 1-18
- Bessembinder, H., Lemmon M. (2002). Equilibrium Pricing and Optimal Hedging in Electricity Forward Markets. *The journal of Finance*, vol. 57, no. 3, pp. 1347-1382
- Wolak, F. (2001). An empirical analysis of the impact of hedge contracts on bidding behavior in a competitive electricity market. *International Economic Journal*, vol. 14, no. 2, pp. 1-39
- Harvey, S., Hogan, W. (2000). California electricity prices and forward market hedging. Harvard University Cambridge
- Byström, H. (2000). The hedging performance of electricity futures on the Nordic power Exchange Nord Pool. *Journal of Applied Economics*, vol. 35, no. 1, pp. 1-1
- Brooks, C. (2008). *Introductory Econometrics for Finance*. Second Edition. New York. Cambridge University press.
- Kuidas kujuneb elektri hind. Eleringi raportid. [Online] <http://elering.ee/index.php>
- Elektrijaamades energia tootmiseks tarbitud kütus. Eesti statistikaamet. [Online] <http://www.stat.ee/andmebaas> (05.09.2014)
- Gay G. D., Nam J., Turac M. (2001). On the optimal mix of corporate hedging instruments: Linear versus nonlinear derivatives. *The Journal of Futures Markets*
- Unger, G. (2002). Hedging strategy and electricity contract engineering. Zürich. Diss., Technische Wissenschaften ETH Zürich
- Koekebakker, S., Benth, E. F., Benth, S. J. (2008). *Stochastic Modelling of Electricity and Related Markets*. World Scientific Publishing Co. Ple. Ltd. Singapore
- Elering (2012). Elektrituru käsiraamat. Tallinn. Eleringi toimetised nr 2/2012 (4)
- Kristiansen, T. (2004) *Risk Management in Electricity Markets Emphasizing Transmission Congestion*.

- Mittnik, S., Robinzonov, N., Spindler, M. (2015). Stock Market Volatility: Identifying Major Drivers and the Nature of Their Impact. *Journal of Banking & Finance* 04/2015
- Pindyck, R., S. (2004). Volatility and commodity price dynamics. *The Journal of Futures Markets*, Vol. 24, No. 11, pp. 1029–1047 (2004)
- EIA. (2002). Derivatives and Risk Management in the Petroleum, Natural Gas, and Electricity Industries. Energy Information Administration. U.S. Department of Energy. [Online] <http://www.eia.gov/> (29.04.2015)
- Nord Pool Spot AS Elspot market. [Online] <http://www.nordpoolspot.com> (2015)
- Nord Pool Spot historical market data. [Online] <http://www.nordpoolspot.com/historical-market-data/> (2015)
- Nasdaq Commodities Markets Overview. (2015) [Online] <http://www.nasdaqomx.com/transactions/markets/commodities> (2015)
- Das, S. (2005). Risk Management. The Swaps & Financial Derivatives Library. 3rd Edition. John Wiley and Sons Ltd
- Harris, C. (2006). Electricity Markets: Pricing, Structures and Economics. John Wiley & Sons Ltd
- Karakatsani, V. N., Bunn, D. W. (2004). Modelling the Volatility of Spot Electricity Prices. Department of Decision Sciences. London Business School
- McKenzie, M. D., Brailsford, T. J., Faff, R. W. (2000). New insight into the impact of the introduction of futures trading on stock price volatility. School of Economics and Finance. Department of Commerce Australian National University.
- Acharya, V. V., Lochstoer, L. A., Ramadorai, T. (2010). Limits to Arbitrage and Hedging: Evidence from Commodity Markets. *Journal of Financial Economics*. vol. 109, iss. 2, pp. 441–465
- Pozzi, C. (2007). The Relationship between Spot and Forward Prices in Electricity Markets. The econometrics of energy systems.- Palgrave Macmillan, (2007), pp. 186-206
- S&P Dow Jones Indices [Online] <http://www.spindices.com/>



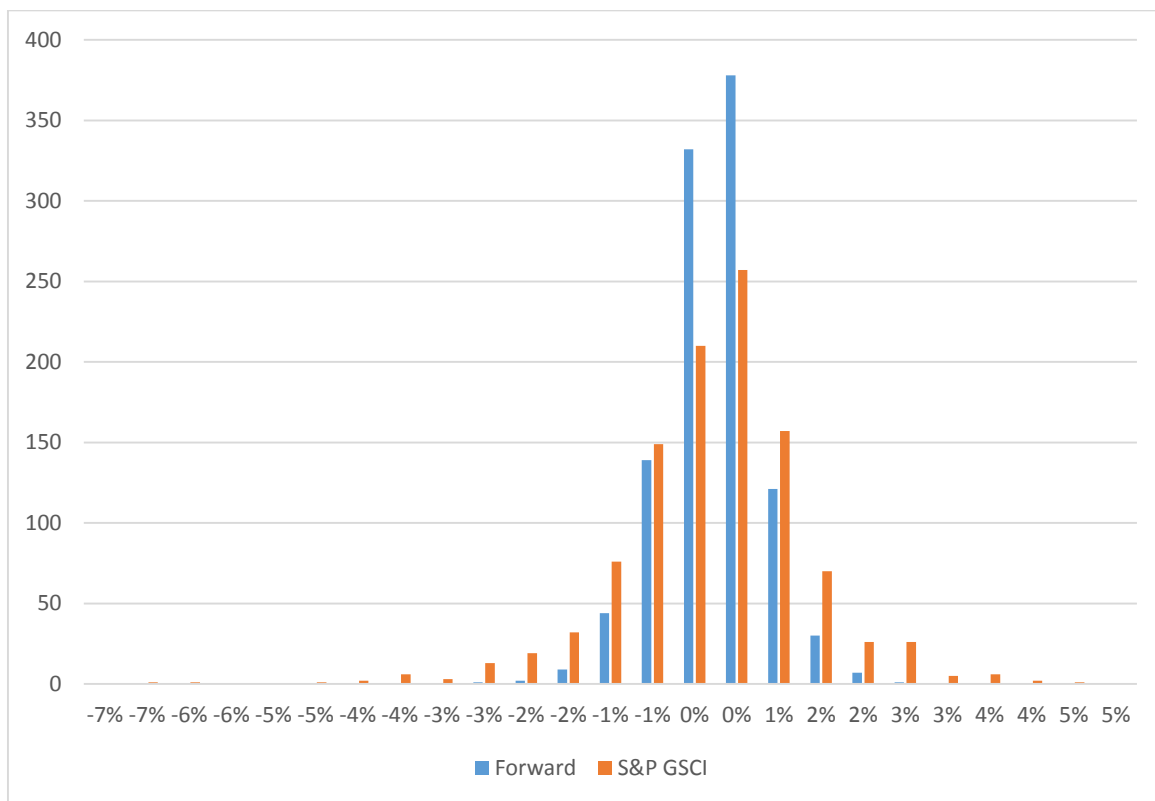
# LISAD

## Lisa 1. S&P GSCI kaubaindeksi osakaalud

Kaalud	
Energeetika	71,42%
Põllumajandus	13,24%
Elusloomad	5,92%
Metallid	6,68%
Väärismetallid	2,75%

Allikas: S&P Dow Jones Indices

## Lisa 2. Forvard ja S&P GSCI muutuste histogramm



Allikas: Autori koostatud

### Lisa 3. Mudeli 1 tulemused

Model 1: OLS, using observations 2011-01-01:2015-02-28 (T = 1520)

Dependent variable: NPSelektrihind

	<i>Coefficient</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t-ratio</i>	<i>p-value</i>	
const	3,02967	3,92893	0,7711	0,44076	
BrentFrontEUR	0,116531	0,0552409	2,1095	0,03507	**
NaturalgasGBPTh	0,544506	0,0584913	9,3092	<0,00001	***
erm					
SPGSCI	-0,0109685	0,00610133	-1,7977	0,07242	*
Veetase	0,00079806	0,000382016	2,0891	0,03687	**
Mean dependent var	40,54959	S.D. dependent var		8,385186	
Sum squared resid	96370,46	S.E. of regression		7,975642	
R-squared	0,097680	Adjusted R-squared		0,095297	
F(4, 1515)	41,00109	P-value(F)		1,15e-32	
Log-likelihood	-5310,399	Akaike criterion		10630,80	
Schwarz criterion	10657,43	Hannan-Quinn		10640,71	
rho	0,589730	Durbin-Watson		0,820490	

RESET test for specification -

Null hypothesis: specification is adequate

Test statistic:  $F(2, 1513) = 7,96043$

with p-value =  $P(F(2, 1513) > 7,96043) = 0,000363824$

White's test for heteroskedasticity -

Null hypothesis: heteroskedasticity not present

Test statistic:  $LM = 15,9563$

with p-value =  $P(\text{Chi-square}(14) > 15,9563) = 0,316051$

Test for normality of residual -

Null hypothesis: error is normally distributed

Test statistic:  $\text{Chi-square}(2) = 525,343$

with p-value =  $8,3783e-115$

Allikas: Autori arvutused

## Lisa 4. Mudeli 2 tulemused

Model 2: OLS, using observations 2011-01-01:2015-02-28 (T = 1520)

Dependent variable: Forvardhind

	<i>Coefficient</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t-ratio</i>	<i>p-value</i>	
const	16,6151	2,05383	8,0898	<0,00001	***
BrentFrontEUR	-0,387589	0,0288769	-13,4221	<0,00001	***
NaturalgasGBPTh	0,555493	0,0305761	18,1676	<0,00001	***
erm					
SPGSCI	0,0270181	0,00318944	8,4711	<0,00001	***
Veetase	0,0012432	0,000199697	6,2254	<0,00001	***
Mean dependent var	43,22514	S.D. dependent var		5,722787	
Sum squared resid	26334,43	S.E. of regression		4,169228	
R-squared	0,470640	Adjusted R-squared		0,469242	
F(4, 1515)	336,7367	P-value(F)		2,0e-207	
Log-likelihood	-4324,433	Akaike criterion		8658,867	
Schwarz criterion	8685,499	Hannan-Quinn		8668,782	
rho	0,994572	Durbin-Watson		0,008989	

RESET test for specification -

Null hypothesis: specification is adequate

Test statistic:  $F(2, 1513) = 281,223$

with p-value =  $P(F(2, 1513) > 281,223) = 1,42386e-104$

White's test for heteroskedasticity -

Null hypothesis: heteroskedasticity not present

Test statistic:  $LM = 239,824$

with p-value =  $P(\text{Chi-square}(14) > 239,824) = 3,63765e-043$

Test for normality of residual -

Null hypothesis: error is normally distributed

Test statistic:  $\text{Chi-square}(2) = 139,137$

with p-value =  $6,11925e-031$

Allikas: Autori arvutused

## Lisa 5. Korrelatsiooni kordaja näitajad

Korrelatsiooni näitaja $r$	Interpretatsioon
$0 < r \leq 0,2$	Väga nõrk korrelatsioon
$0,2 < r \leq 0,5$	Nõrk korrelatsioon
$0,5 < r \leq 0,7$	Keskmine korrelatsioon
$0,7 < r \leq 0,9$	Tugev korrelatsioon
$0,9 < r \leq 1$	Väga tugev korrelatsioon

Allikas: Chaddock scale