



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
ELEKTROENERGEETIKA INSTITUUT

# **Nord Pool elektribörsi päev-ette turu nõudluse ja pakkumise dünaamika analüüs**

**Elektroenergeetika õppekava**

**Energiasüsteemide õppetool**

**Magistritöö**

Õppetooli juhataja      dots      Jako Kilter

Juhendaja      Erkki Sapp

Lõpetaja      Jevgeni Matin

**Tallinn 2016**

# **Autorideklaratsioon**

Deklareerin, et käesolev lõputöö, mis on minu iseseisva töö tulemus, on esitatud Tallinna Tehnikaülikooli elektroenergeetika instituudile haridusastme lõpudiplomi taotlemiseks elektroenergeetika erialal. Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud.

Lõpetaja (allkiri ja kuupäev) \_\_\_\_\_

# Lõputöö kokkuvõte

<i>Autor:</i> Jevgeni Matin	<i>Lõputöö liik:</i> Magistritöö
<i>Töö pealkiri:</i> Nord Pool Spot elektrituru nõudluse ja pakkumise dünaamika analüüs	
<i>Kuupäev:</i> 26.05.2016	90 lk
<i>Ülikool:</i> Tallinna Tehnikaülikool	
<i>Teaduskond:</i> Energeetikateaduskond	
<i>Instituut:</i> Elektroenergeetika instituut	
<i>Õppetool:</i> Energiasüsteemide õppetool	
<i>Töö juhendaja(d):</i> Erkki Sapp	
<i>Töö konsultant (konsultandid):</i> -	
<i>Sisu kirjeldus:</i> Magistritöö uuri  b nõudluse ja pakkumise dünaamikat Nord Pool elektriturul. Uurimise aluseks on võetud börsi avalikustatavad tunnipõhised päev ette nõudlus- ja pakkumistabelid  Nord Pool'i lähteandmete sisselugemiseks ja töötlemiseks kasutatakse R-keeles kirjutatud arvutiprogrammi. Tulemusena saadakse aegrida, mida kasutatakse edasises töös.  Aegridade analüüsi käigus keskendutakse nõudluse ja pakkumise muutumise ajalistele seaduspärasustele ning uuritakse võimalikke sisendtegureid, mis avaldavad mõju nõudlusele ja pakkumisele. Nende tegurite seas on tuuleenergia prognoos ja fossiilsete kütuste hinnad. Seoste uurimise meetodiks on korrelatsiooni arvutamine ja regressiooianalüüs. Seejuures antakse hinnang kuidas konkreetne tegur avaldab nõudlus- või pakkumiskõverale mõju.	
<i>Märksõnad:</i> Nord Pool, elektriturg, elektribörs, nõudluse analüüs, pakkumise analüüs, nõudluse dünaamika, pakkumise dünaamika, regressioonianalüüs.	

# Summary of the Diploma Work

<i>Author:</i> Jevgeni Matin	<i>Kind of the work:</i> Master Thesis
<i>Title:</i> Analysis of day ahead supply and demand bids on Nord Pool power exchange	
<i>Date:</i> 13.02.2015	90 pages
<i>University:</i> Tallinn University of Technology <i>Faculty:</i> Faculty of Power Engineering <i>Department:</i> Department of Electrical Power Engineering <i>Chair:</i> Power Systems	
<i>Tutor(s) of the work:</i> Erkki Sapp <i>Consultant(s):</i> -	
<i>Abstract:</i> <p>This Master Thesis analyses the dynamics of bids on the Nord Pool power market. The source data for the analysis is hourly bids that are published on the webpage of the power market.</p> <p>A special script in R statistical programming language has been written in order to simplify manipulating of the source data. As a result, time series is received as an output and is used in further analysis.</p> <p>In the analysis of time series the focus is firstly on the time-linked dynamics of demand and supply. Further, different factors are being evaluated to find their statistical relationship with changes in supply and demand. Among other factors day ahead wind power prognosis and fossil fuel costs are analysed. Finally a judgement is given as to which of the factors influence supply and demand curve with a specification of the part of the curve</p>	
<i>Key words:</i> Nord Pool, electrical market, power exchange, analysis of demand, analysis of supply, regression analysis.	

# Sisukord

<b>Lõputöö ülesanne.....</b>	<b>7</b>
Teema põhjendus: .....	7
Töö eesmärk:.....	7
Lahendamisele kuuluvate küsimuste loetelu:.....	8
Lähteandmed:.....	8
<b>Essõna .....</b>	<b>9</b>
<b>Sissejuhatus.....</b>	<b>10</b>
<b>1. Elektrituru toimimine .....</b>	<b>13</b>
1.1. Elektrituru loomise eesmärk .....	13
1.2. Nord Pool – Põhja-Euroopa elektribörs .....	14
1.2.1 Tootmisvõimsused Nord Spot'i piirkonnas .....	15
1.2.2 Hinnateke elektribörsil.....	16
1.2.3 Pakkumise pikaajaline dünaamika .....	17
1.2.4 Nõudluse pikaajaline dünaamika .....	18
1.3. Elektrienergia pakkumine .....	19
1.3.1 Marginaalkuludel põhinev hinnastamine .....	19
1.3.2 Tuuleenergia müügipakkumised .....	20
1.3.3 Hüdrojaamade müügipakkumiste omapära.....	21
1.3.4 Negatiivse hinnaga müügipakkumised .....	22
1.4. Strateegilised müügipakkumised .....	24
1.5. Nõudluse elastus .....	26
1.5.1 Nõudluse elastsuse tähtsus .....	27
<b>2. Analüüsi läbiviimise meetodika .....</b>	<b>28</b>
2.1. Nõudluse ja pakkumise uurimine.....	28
2.1.1 Arvutiskripti kirjeldus.....	28
2.2. Andmete töötlemise näide.....	30
2.2.1 Nõudlus.....	30
2.2.2 Pakkumine.....	32
2.3. Kvantitatiivne analüüs.....	34
2.3.1 Probleemi püstitus.....	34
2.3.2 Regressioon.....	35
2.3.3 Regressiooni analüüsi tulemuste hindamise alus .....	36
2.3.4 Analüüsis kasutatavad sisendandmed .....	36
2.3.5 Tarbimine.....	36
2.3.6 Nord Spot'i süsteemihind.....	37
2.3.7 Kivisöe ja maagaasi hind .....	38
2.3.8 Hüdroreservuaaride tase.....	40
2.3.9 Päev ette tuuleenergia prognoos .....	41
2.3.10 Analüüsis tehtud lihtsustused .....	41
<b>3. Analüüs.....</b>	<b>43</b>
3.1.1 Nõudluse aastapõhine dünaamika .....	43
3.1.2 Nõudluse nädalapõhine dünaamika .....	45
3.1.3 Nõudluse elastsus.....	46
3.2. Müügipakkumise dünaamika .....	47
3.2.1 Pakkumise aastane dünaamika.....	47

3.2.2	Pakkumise nädalapõhine dünaamika .....	49
3.2.3	Pakkumise regressioonianalüüs .....	50
	<b>Järeldus .....</b>	<b>52</b>
	<b>Lõputöö kokkuvõte .....</b>	<b>55</b>
	<b>Lisad .....</b>	<b>60</b>
L.1.	Nõudlus- ja pakkumiskõverate dünaamika ööpäeva jooksul .....	61
L.2.	Nõudluse muutumine 2014.-2015. a talvel hinnatasemete kaupa (tabel) .....	62
L.3.	Nõudluse muutumine 2014.-2015. a talvel hinnatasemete kaupa (joonis) .....	63
L.4.	Nõudluse muutumine 2014.-2015. a talvel hinnavahemike kaupa (tabel) .....	64
L.5.	Nõudluse muutumine 2014.-2015. a talvel hinnavahemike kaupa (joonis).....	65
L.6.	Nõudluse muutumine 2015. a suvel hinnatasemete kaupa (tabel) .....	66
L.7.	Nõudluse muutumine 2015. a suvel hinnatasemete kaupa (joonis) .....	67
L.8.	Nõudluse muutumine 2015. a suvel hinnavahemike kaupa (tabel) .....	68
L.9.	Nõudluse muutumine 2015. a suvel hinnavahemike kaupa (joonis).....	69
L.10.	2014.-2015. a talve ja 2015. suve nõudluse võrdlus hinnatasemete ja – vahemike kaupa (tabel) .....	70
L.11.	2014.-2015. a talve ja 2015. suve nõudluse võrdlus hinnavahemike kaupa (tabel)	71
L.12.	Pakkumise muutumine 2014.-2015. a talvel hinnatasemete kaupa (tabel) .....	72
L.13.	Pakkumise muutumine 2014.-2015. a talvel hinnatasemete kaupa (joonis) .....	73
L.14.	Pakkumise muutumine 2014.-2015. a talvel hinnavahemike kaupa (tabel).....	74
L.15.	Pakkumise muutumine 2014.-2015. a talvel hinnavahemike kaupa (joonis)....	75
L.16.	Pakkumise muutumine 2015. a suvel hinnatasemete kaupa (tabel) .....	76
L.17.	Pakkumise muutumine 2015. a suvel hinnatasemete kaupa (joonis) .....	77
L.18.	Pakkumise muutumine 2015. a suvel hinnavahemike kaupa (tabel).....	78
L.19.	Pakkumise muutumine 2015. a suvel hinnavahemike kaupa (joonis).....	79
L.20.	2014.-2015. a talve ja 2015. suve pakkumise võrdlus hinnatasemete ja – vahemike kaupa (tabel).....	80
L.21.	2014.-2015. a talve ja 2015. suve pakkumise võrdlus hinnavahemike kaupa (tabel)	81
L.22.	Pakkumise regressioonianalüüs .....	82

# Lõputöö ülesanne

Lõputöö teema:	<b>Nord Pool elektribörsi päevette elektrituru nõudluse ja pakkumise analüüs</b>
Üliõpilane:	<b>Jevgeni Matin, 122367AAVMM</b>
Lõputöö juhendaja:	<b>Erkki Sapp</b>
Õppetool:	<b>Energiasüsteemide õppetool</b>
Õppetooli juhataja:	<b>Jako Kilter</b>
Lõputöö esitamise tähtaeg:	<b>27.05.2016</b>

---

Üliõpilane (allkiri)

---

Juhendaja (allkiri)

---

Õppetooli juhataja (allkiri)

## Teema põhjendus:

Elektrituru üheks tugevuseks loetakse selle läbipaistvust. Antud magistritöö annab oma panuse, uurides Nord Pool elektribörsi nõudluse ja pakkumise muutumise abil turuosalejate käitumist. Turuosaliste käitumise analüüsi on tarvis nii turu läbipaistvuse suurendamiseks kui ka teooria ja praktika võrdlemiseks. Probleemi muudab huvitavaks asjaolu, et NPS'i pakkumise- ja nõudluse graafikud erinevad tunduvalt klassikalises majandusteoorias toodutest.

Nõudluse ja pakkumise dünaamika tundmine aitab selgitada ka Nord Spot'i süsteemihinna tekkimise ja muutumise asjaolusid. Antud magistritöö võib pakkuda huvi nii elektrituru valdkonnas töötavatele inimestele kui ka laiemale avalikkusele.

Antud töö panus seisneb Nord Spot elektribörsi päevette nõudluse ja pakkumise muutumise seaduspärasuste ja kvantitatiivses uurimises.

## Töö eesmärk:

Uurida päevette nõudluse ja pakkumise muutumist Nord Pool elektribörsil

## Lahendamisele kuuluvate küsimuste loetelu:

1. Kuidas nõudlus ja pakkumine muutub?
2. Millistest teguritest sõltub nõudluse ja pakkumise muutumise dünaamika?
3. Milliseid nõudluse ja pakkumise vahemikke mõjutavad uuritavad tegurid?
4. Kuidas muutub tarbimise hinnaelastsus?

## Lähteandmed:

Akadeemiliste artiklite puhul on tegu eelkõige Elsevier<sup>1</sup> ja IEEE<sup>2</sup> andmebaasidega.

Arvutuste tegemisel on kasutatud internetis vabalt kättesaadavaid andmeid. Andmed on saadud kahest allikast:

- Soome Statistikaameti<sup>3</sup> kuupõhised andmed kivisöe ja gaasi hindade kohta vahemikus jaanuar 2014 – detsember 2015
- Nord Pool Spoti<sup>4</sup> elektribörsi andmed
  - Nõudluse – ja pakkumise tunnipõhised andmed Nord Pool Spoti piirkonnas vahemikus 01. jaanuar 2014-31. detsember 2015
  - Põhjamaade tarbimise tunnipõhised andmed vahemikus 01. jaanuar 2014-31. detsember 2015
  - Päev ette tuuleenergia prognoosi tunnipõhised andmed vahemikus 01. jaanuar 2014-31. detsember 2015
  - Hüdrojaamade reservuaaride täitumise nädalapõhised andmed vahemikus 01. jaanuar 2014-31. detsember 2015

---

<sup>1</sup> [www.elsevier.com](http://www.elsevier.com)

<sup>2</sup> IEEE Xplore Digital Library [ieeexplore.ieee.org](http://ieeexplore.ieee.org)

<sup>3</sup> Tilastokeskus [tilastokeskus.fi](http://tilastokeskus.fi)

<sup>4</sup> [nordpoolspot.com](http://nordpoolspot.com)



# Eessõna

Antud magistritöö teema „Nord Pool elektribörsi päev-ette turu nõudluse ja pakkumise dünaamika analüüs“ autoriks on Eleringi peaanalüütik ja Tallinna Tehnikaülikooli doktorant Erkki Sapp. Magistritöö teema pakkus antud töö autorile huvi seoses doktoritöö teemaga, elektrituru temaatika aktuaalsusega ning võimalusega viia läbi turutegurite fundamentaalanalüüsi.

Magistritöö autor tänab lõputöö juhendajat, sõpru ning tuttavaid magistritöö kirjutamise ajal osutatud toe eest.

# Sissejuhatus

Elektrituru analüüs on tänapäeval väga populaarne uurimisteema. Seda teemat käsitletakse nii turu efektiivsuse ja osapoolte käitumiste kui ka hinnakujunemise uurimise seisukohalt. Paljud uurimustööd on keskendunud ka majanduslike mudelite väljatöötamisele, mis võimaldavad turgu matemaatilises võtmes kirjeldada. Turu-teemalised uurimustööd on tähtsad, kuna elektrituru efektiivsuse ja tugevuse aluseks on selle läbipaistvus ja osapoolte informeeritus turul toimuvast. Läbipaistvus tähendab omakorda rohkem usaldust ning väiksemat võimalust turu manipulatsiooniks. Esialgsest elektrituru loomise eesmärk seisneski selles, et turg suurendaks ühiskonna heaolu.

Antud magistr töö keskendub Nord Pool'i päev ette tunnipõhiste nõudlus- ja pakkumistabelite analüüsile. Töö läbivaks probleemiks on turukõverate muutumise põhjused ja seaduspärasused. Nõudluse ja pakkumise dünaamika uurimine on tähtis sellepärast, et turuhind kujuneb nende kahe teguri koosmõjul.

Hea teoreetiline raamat elektrituru kohta Põhjamaade perspektiivist on [1]. Siin käsitletakse erinevaid teemasid alustades ökonoomika täieliku konkurentsi põhitõdedest ning tootmise planeerimisega, lõpetades ülekandevõimsuste jagamise põhimõtetega. Müügipakkumisi Nord Pool'is on uurinud [2]. Antud analüüsi eesmärk oli kontrollida, kas hüdrotootjad Norras manipuleerivad hindadega või mitte. Kinnitust manipuleerimise kohta ei leitud. [3] uuritakse Nord Pool'i toimimist ja leitakse, et antud elektriturg on toiminud hästi eeskätt hea turukorralduse, poliitilise toe ja elektritootjate osavõtlikkuse tõttu. Pakkumiskõveraid on uurinud [4] kelle huvi seisnes elektritootjate käitumise uurimises, kui elektritootjad saaksid müügipakkumiste tegemist muutes tõenäoliselt teenida suuremaid kasumeid. Rida autoreid on uurinud erinevat tüüpi elektrijaamade pakkumiste optimeerimist.

Elektrituru mõju tarbimisele käsitleb [5]. Peaasjalikult uuritakse tarbimise muutumise võimalikkust seoses hindade muutumisega elektriturul ja selleks vajalikke eelduseid. Allikas [6] on uurinud Norra ja Rootsi nõudluse elastsust ja leidnud, et talvel on tunnipõhine elastsus suurem kui suvel, samuti erineb elastsus ööpäeva jooksul. Käesolev töö täiendab elektrituru alast kirjandust dekalise nõudlus- ja pakkumiskõverate dünaamika analüüsiga.

Antud töö puhul oli vaja muuta Nord Pool'i poolt esitatavate andmete formaati. Nimelt avaldab elektribörs iga päeva kohta on eraldi fail, kus on ära toodud nõudlus ja pakkumine koos hindadega. Antud faili on inimesel raske analüüsida. Esiteks on andmete esitamise viis

inimese jaoks ebasobilik: nõudluse (pakkumise) elektrienergia maht ja hind esitatakse tabelis üksteise all samas veerus, mitte kõrvuti olevates veergudes. Seetõttu on inimese jaoks selliste andmete analüüsimine vaearikas. Seetõttu on lähteandmete sisselugemiseks ja töötlemiseks autori poolt kirjutatud arvutiskript R-keeles. Antud R-keeles kirjutatud skript võimaldab luua mingi konkreetse aja või ajavahemiku nõudlus- ja pakkumiskõveraid ja uurida nende graafikute muutumist tunni kaupa.

Lisaks saab antud skripti väljundina nõudlus- ja pakkumistabeli andmed töödeldud kujul, mida on lihtne excelis töödelda. Nõudluse ja pakkumise numbriliseks analüüsiks tagastab skript kümnele kasutaja poolt määratud hinnatasemele vastavad nõudluse ja pakkumise väärtused mingis ajavahemikus iga tunni kohta. Lisaks võimaldab programm uurida nende nõudluse ja pakkumise muutumist määratud hinnatasemete vahel. Sisuliselt on tegemist aegreal põhineva maatriksi (tabeli) koostamisega. Seega on lisaks nõudluse ja pakkumiskõverate visuaalsele analüüsile võimalik läbi viia ka kvantitatiivne analüüs.

Nõudluse ja pakkumise dünaamika seisukohalt on antud töös lahatud kaks peamist küsimust. Esiteks on uuritud nõudluse ja pakkumise muutumist ajas. Käsitluse all on seejuures muutused aasta jooksul ning talviste ning suviste keskmiste väärtuste erinevus.

Teiseks on uuritud seoseid erinevate nõudluse, pakkumise ja neid mõjutada võivate tegurite vahel. Teguriteks on valitud tuuleenergiatoodangu päev ette prognoos, kivisöe hinnad, maagaasi hinnad, hüdroreservuaaride täituvus. Küsimus seisneb selles, kas ja kui suur on nende tegurite mõju nõudlusele ja pakkumisele ning kui jah, siis millises ulatuses (hinnapiirkonnas) need tegurid mõju avaldavad. Aegride kvantitatiivset analüüsi on tehtud lineaarse regressioonivõrrandi abil.

Huvitavad valdkonnad on seotud nõudluse ja selle elastsuse uurimisega. Ühelt poolt muutub nõudlus eri tarbijate puhul ajas erinevalt. Teiselt poolt on nõudluse elastsus kriitiliselt tähtis. Vastavalt elastsuse olemusele peab nõudlus vähema, kui turuhind tõuseb. Seetõttu tekib küsimus, milline on elastsus Nord Pool'i piirkonnas ja kuidas see muutub. Elastsuse uurimine annab teavet selle kohta, kuidas tarbijad käituvad kõrge turuhinna tingimustes ja saadud teabe alusel on vajadusel võimalust seda käitumist kohandada. Lahendusena on välja pakutud info edastamise parandamist, et tarijad oleksid avatumad hinnakõikumistele ning samas teadlikumad elektrihinna muutusest.

Töö koosneb neljast osast. Esiteks annab autor töö teoreetilised alused tutvustades elektriturgu, misjärel kirjeldab autor Nord Pool'i elektribörsi. Lugejale tutvustatakse

üldpõhimõtteid, kuidas elektritootjad teevad müügipakkumisi turule. Antakse ülevaade turule tehtavatest müügipakkumistest ning elektritarbimise uurimisest.

Teises osas tutvustatakse praktilise töö lähteandmeid. Samuti kirjeldatakse arvutiskripti, mida on kasutatud andmete sisselugemisel ja töötlemisel. Tutvustatakse ka andmete kvantitatiivse uurimise aluseid, milleks on lineaarne regressioonianalüüs.

Kolmandas osas tutvustatakse saadud tulemusi, alustades nõudlusest ning lõpetades pakkumisega. Tulemusi tutvustatakse kummalgi juhul aastase ja nädalase dünaamika kohta. Tulemuste esitamine lõppeb regressioonianalüüsi tulemuste hindamisega.

Töö lõpus on mahukas lisa, kus on ära toodud analüüsi aluseks olnud graafikud ja tabelid.

# 1. Elektrituru toimimine

## 1.1. Elektrituru loomise eesmärk

Elektrituru loomine on seotud erinevate majanduslike, poliitiliste aga ka keskkonnaalaste argumentidega. Ennekõike on turu loomise eesmärgiks olnud konkurentsi suurendamine tootjate vahel ja tarbijatele elektritootja valimise võimaluse andmine. Konkurentsi suurendamine eesmärgiks oli ka elektrihinna alandamine.

Euroopa Liidu otsusega loodi raamistik elektrituru loomisele. Antud raamistik jättis liikmesriikidele piisavalt vabad käed, et otsustada turu toimimise detailid. Nii toimivadki Euroopa Liidus mõnevõrra erinevad elektriturud koos erineva regulatsiooniga.

Elektrituru tugevus aluseks saab pidada tema läbipaistvust. Elektrihinna kujunemine peab osapooltele arusaadav olema. Läbipaistvus väljendub ka selles, et turu puhul saavad tarbijad ja tootjad end pidevalt elektrihinna muutustega ja põhjustega kursis hoida. Turu hinnatekke läbipaistvus omakorda võimaldab tootjatel teha pikemaajalisi investeerimisotsuseid.

Ülevaate sellest, kuidas Euroopas luuakse elektriturgu kohalike elektribörside ja süsteemihaldurite ühenduse ENTSO-E koostöös, on kirjas allikas [7]. Näiteks on Euroopa Liidu tasandil kokku lepitud riikidevaheliste ülekandevõimsuste jagamise põhimõttes, mis võimaldab regionaalseid turge omavahel liita. Eesmärgiks on ühise turumudeli loomine, koos järgnevate komponentidega:

- pikaajalised finantslepingud ja füüsilise ülekandevõimsuse ostulepingud;
- päev-ette kauplemisplatvorm;
- päevasisene kauplemisplatvorm;
- tunnisisene kauplemisplatvorm.

Elektribörsi loomise põhjusena on ära toodud vajadus luua platvorm, mis on turuosalistele vabalt ligipääsetav ning tehinguid tehakse anonüümselt. Turg avalikustab ka teavet likviiduse ning konkurentsi kohta, avalikustatakse hind ja selle kujumenist puudutav info. Elektribörsil tehtavate tehingutega peaksid kaasnema ka madalamad kulud.

## 1.2. Nord Pool – Põhja-Euroopa elektribörs

Põhjamaades ja Balti riikides tegutseb elektribörs Nord Pool (endise nimega Nord Pool Spot). Oma kodulehel kirjeldab see ennast kui Euroopa juhtivat elektribörsi.

Nord Pool'i börsile pandi alus 1991 aastal Norras, kui Norra parlament otsustas elektritootmise valdonda dereguleerida. Nord Pool ise loodi 1993. aastal. Hiljem ühinesid selle börsiga teised Skandinaaviamaad: Rootsi (1996), Taani (2000) ja Soome (1998). Kümme aastat hiljem ühinesid antud börsiga ka Baltimaad: Eesti (2010), Leedu (2012) ja Läti (2013). [8]

Elektribörsil Nord Pool'il on kaks turgu:

- päev-ette turg ehk Elspot. Sellel turul fikseeritakse hinnad ja kogused järgmine päeva 24 tunniks;
- päevasisene turg ehk Elbas, millel on võimalik tasakaalustada oma bilanssi ostes puudujääva või müües ülejääva elektrienergia [7].

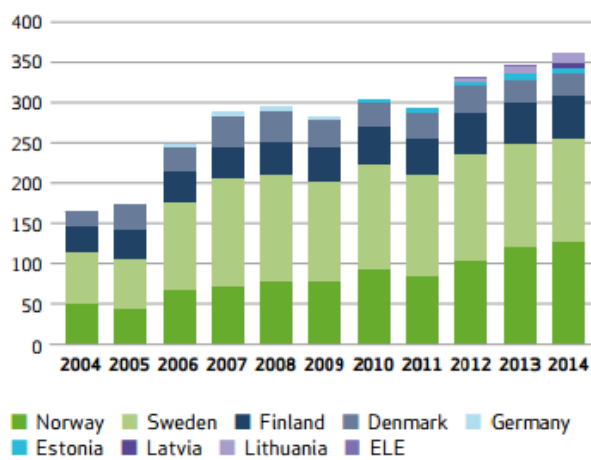
Nord Pool'i arengu ja tähtsuse seisukohast tuleb samuti mainida selle kasvavat osa elektrienergia kauplemisel. **Error! Reference source not found.** ja Joonis 1.1 näitavad börsi kaudu müüdud elektrienergiat aastate lõikes. Nagu näha, on elektrienergia käive suurenenud. Sellele on kaasa aidanud ka Baltimaade ühinemine elektribörsiga viimastel aastatel. Eriti hästi on jälgida Norra elektrienergia müügi suurenemist elektribörsil. Norra ja Rootsi on seejuures suurima käibega osapooled, moodustades ligi 2/3 üldisest turumahust.

**Tabel 1.1 Elspoti turumaht [8]**

Aasta	Elspoti turumaht, TWh
2012	334
2013	349
2014	361
2015	374

Samas ei kajasta börs kogunõudlust ja –tarbimist antud piirkonnas, kuna osa tehinguid tehakse väljaspool börsi. Näiteks sõlmivad mõned elektritootjad kahepoolseid elektrienergia ostu-müügilepinguid suurtarbijatega pikemaks ajaperioodiks. Sellised tehingud maandavad nii

elektrienergia ostja kui ka müüja hinnariske. 2013. aastal moodustas Nord Spot'i turumaht 84% antud piirkonna kogutarbimisest.



**Joonis 1.1 Põhja- ja Baltimaade päev-ette elektrienergia müügi mahud (riigi kohta TWh-des) [8]**

## 1.2.1 Tootmisvõimsused Nord Spot'i piirkonnas

Nord Pool'i piirkonnas olevatel riikidel on erinevat tüüpi tootmisvõimsused. Norras toodetakse suurem osa elektrienergiast hüdrojaamades, Rootsis nii hüdrojaamades kui ka tuumajaamades. Soomes ja Taanis aga domineerivad kivisõejaamad. Kokkuvõttes võib siiski öelda, et antud turupiirkonna omapära võrreldes teiste elektriturupiirkondadega seisneb hüdroelektrienergia suures osakaalus kogutootmisest.

Nord Pool'is kehtivate reeglite kohaselt on tootmis- ning tarbimisvõimsused on leitavad veebilehelt [umm.nordpoolspot.com](http://umm.nordpoolspot.com). Samal veebilehel informeeritakse turuosalisi ka tootmisvõimsuste muutumisest (jaamade sulgemisest hoolduse ajaks) ja ülekandeliinide riketest. Sellegipoolest on üldpildi saamine koguvõimsusest ning erinevatest tarbijatest raskendatud, kuna turu osapooled peavad antud keskkonda deklareerima ainult need tootmis- ja tarbimisüksused, mille võimsus on vähemalt 100 MW. Väiksemate tootmis- ja tarbimisvõimsuste kohta on vähem informatsiooni, kuna nende deklareerimise kohustus puudub.

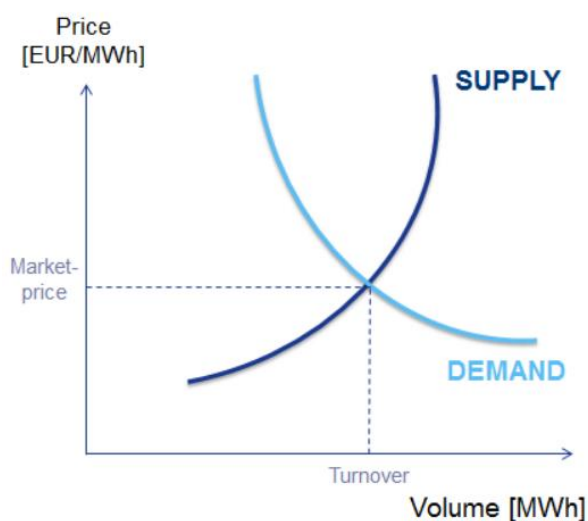
Tabel 1.2 näitab, kuidas suur on Nord Pool'i piirkonnas paigaldatud elektritootmisvõimsused tüübi järgi. Samas tabel ei anna täpset teavet, kui suur osa antud tootmisvõimsustest osaleb vahetult Nord Spot'i elektribörsil.

**Tabel 1.2. Nord Pool'i piirkonnas olemasolev tootmisvõimsus [10]**

Tootmisvõimsuse tüüp	Eesti, MW	Soome, MW	Leedu, MW	Läti, MW	Taani, MW	Rootsi, MW	Norra, MW	Summa tootmisvõimsuste kaupa, MW	Osakaal koguvõimsusest
Hüdrojaamad	10	3110	1030	1540	10	8580	27830	42100	0,46
Tuulikud	330	1080	280	50	4850	770	640	8000	0,09
Tuumajaamad	0	2780	0	0	0	9070	0	11850	0,13
Gaasijaamad	180	480	2650	1140	2940	700	1300	9390	0,10
Kivisõejaamad	0	3420	0	0	4850	0	0	8260	0,09
Taastuenergia	90	2640	130	80	890	220	0	4050	0,04
Muu	1800	2250	210	0	1410	2130	0	7810	0,09
Kokku	2410	15760	4310	2810	14940	21460	29770	91450	1,00

## 1.2.2 Hinnateke elektribörsil

Üksikute osapoolte tehtud ostu- ja müügipakkumiste põhjal koostatakse agregeeritud nõudlus ja pakkumiskõver. Turuhind tekib nende kahe kõvera lõikumispunktis (Joonis 1.2).



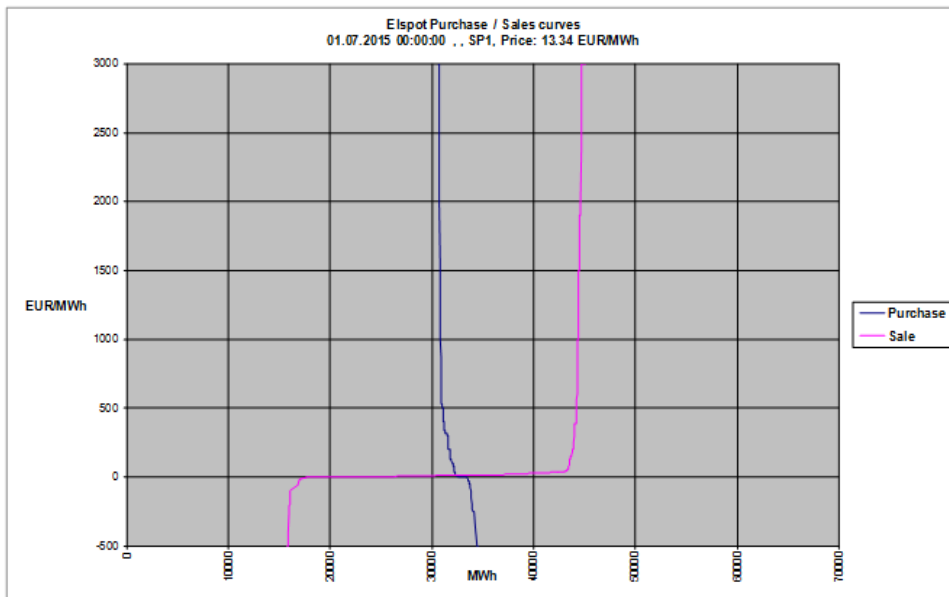
**Joonis 1.2 Turuhinna tekke illustratsioon**

Agregeeritud pakkumiskõvera tekkimine tähendab seda, et pakkumised võimsused kalliduse järgi kasvavas järjekorras. Tootma hakkavad odavaima pakkumise teinud võimsused, kes katavad ära sel tunnil oleva koormuse.

Agregeeritud nõudluskõvera tekkimine tähendab seda, et nõutavad võimsused reastatakse kalliduse järgi odavnevasjärjekorras. Esmajärjekorras pääsevad turule kõige kallima ostupakkumise teinud tarbijad. Elektrit saavad tarbida tarbijad selles mahus, mis vastab antud turu hinnale.



Joonis 1.3 näitab aga elektribörsil reaalseste ostu- ja müügipakkumiste põhjal koostatud nõudlus ja pakkumiskõverat. Näeme, et nende hinnatase on vahemikus -500€/MWh kuni 3000 €/MWh. Need kaks väärtust on Nord Pool'is kehtestatud hinnapiirangud.



**Joonis 1.3. Süsteemihind 01.07.2015 koos nõudluskõvera ("Purchase") ja pakkumiskõveraga ("Sale") [11]**

### 1.2.3 Pakkumise pikaajaline dünaamika

Viimastel aastatel on paljud elektritootjad teatanud jaamade sulgemisest või ka kavatsusest jaamad sulgeda, mis pikema ajavahemiku puhul avaldab mõju ka elektriturul tehtavatele pakkumistele.

Statoil sulges 420 MW Kårstø gaasijaama Norras, kuna eeldatavasti pole lähima 10-15 aasta jooksul tootmine majanduslikult tasuv. Esialgsete plaanide kohaselt oleks jaam pidanud olema töös 2033. aastani. [12]. Selle jaama marginaalkuluks hinnati 51€/MWh, mis aga polnud juba 2013. aastal konkurentsivõimeline, kui terve aasta finantsleping Nasdaq OMX maksis 37,70 €/MWh [13]

2013. aasta alguses Soome energiaettevõtte Pohjolan voima sulges Mussalo oil maagaasil töötava kondensatsioonijaama nimivõimsusega 313 MW. Sulgemise põhjuseks olid halvad majanduslikud väljavaated. Olukorra põhjutas maagaasi hinna tõus ja keskkonnapoliitika alased otsused. Jaam oli pooltipujaam ja seega võimeline muutma tootmisvõimsust vastavalt elektritarbimise muutumisele. [14]

Haapavesi turba- ja puidupõletusjaam (110 MW) on viidud reservi perioodiks 1. juuli 2015 kuni 30. juuni 2017. Sel ajal ei toimu tavapärasest elektritootmist. Elektritootmise reserve haldab Soomes riiklik põhivõrguettevõtte Fingrid. [16]

Inkoo kivisõejaam suleti lõplikult madala kasumilluse tõttu. 2013.a märtsis Fortum teavitas Nord Pool'i elektribörsi ka 4. plokki sulgemisest, mille võimsus on 250 MW. Varem olid suletud selle jaama 3 sama nimivõimsusega plokki. Ühelt poolt oli jaama sulgemine tingitud elektritrahimise vähenemisest pärast majanduskriisi ja elektrihinna langusest. Teiselt poolt oli põhjuseks Euroopa Liidu emissioonide direktiiv, mis vähendas vanade kivisõe jaamade kasumlikkust. [17]

Lähitulevikus suletakse ka mitu tuumajaama. Eon sulgeb Rootsis asuvas Oskarhamni tuumajaamas kaks plokki kolmest. 2017. aastal suletatava esimese plokki võimsus on 473 MW. Teise, 638 MW võimsusega plokki sulgemine tähendab, et seda enam ei käivitata, kuna ta polnud viimastel aastatel töös. Plokkidesulgemise põhjus on madalad elektrihinnad, Rootsis kehtestatud maks tuumajaamas toodetud elektrile. Töösse jääb kolmas plokk võimsusega 1400 MW. [18]

Vattenfall plaanib 2018-2020. sulgeda Rootsis asuva tuumajaamad Ringhals 1 (878 MW) ja Ringhals 2 (807 MW). Esialgu oli jaamade sulgemine planeeritud 2025. aastal. Otsuse iseloom on samuti majanduslik ning selle tingisid on madalad elektrihinnad ja suurenenud elektri tootmiskulud. Jaamad on tehniliselt töökorras [19]

#### **1.2.4 Nõudluse pikaajaline dünaamika**

Seoses Euroopa Liidu energiadirektiiviga [20], majanduslike otstarbekuse ja keskkonناسäästliku mõtteviisiga levikuga keskendutakse üha enam energia, s.h elektrienergia tarbimise efektiivsemale kasutamisele.

Näitena võib tuua, et Rootsis viidi aastatel 2005-2009 läbi energiasäästmisprogrammiga 180 energiantensiivsetele ettevõtetele. Selle käigus säästeti 1.45 TWh energiat. Praegu viiakse läbi teist sarnast programmi, mis hõlmab 90 tööstusettevõtet. Need tööstustarbivad moodustavad viiendiku Rootsi elektritarbimisest. [21]

Elektrienergia tarbimise vähendamine aga avaldab paratamatult mõju nõudlusele ka Nord Spot'i elektribörsil. Viimastel aastatel on Nord Spot'i piirkonna riikide statistikaametid täheldanud elektrienergia tarbimise mõningast vähenemist. Mõned elektritootjad on rääinud elektrienergia nõudluse vähenemisest pärast 2008. aasta majanduskriisi [17]. Juhul kui

elektrienergia tarbimise vähenemine jätkub, avaldab see mõju nõudlusele ka Nord Spot'i elektribörsil.

**Tabel 1.3 Tarbimise muutumine Põhjamaades**

Aas- ta	Soome [22]		Rootsi [23]		Taani [24] [25]		Norra [26]		Summa	
	Tarbi- mine, GWh	Muutu s	Tarbi- mine, GWh	Muutu s	Tarbimin e, GWh	Muutu s	Tarbimin e, GWh	Muutu s	Tarbimin e, GWh	Muutu s
2010	8772 6		146 991		31802		120 556		387075	
2011	8427 1	-3,94%	140 282	-4,56%	31755	-0,15%	114 943	-4,66%	371251	-4,09%
2012	8515 7	1,05%	142 864	1,84%	31152	-1,90%	118 706	3,27%	377880	1,79%
2013	8406 9	-1,28%	139 195	-2,57%	31189	0,12%	119 540	0,70%	373993	-1,03%
2014	8342 5	-0,77%	134 333	-3,49%	30830	-1,15%	117 057	-2,08%	365645	-2,23%

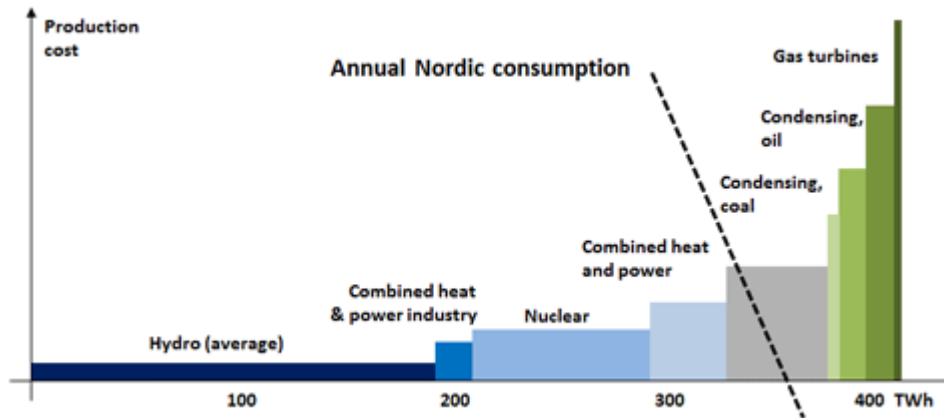
### 1.3. Elektrienergia pakkumine

#### 1.3.1 Marginaalkuludel põhinev hinnastamine

Nord Pool Spot on reastanud illustratiivselt erinevad elektrijaamade tüübid nende tootmiskulude kasvamise järjekorras, arvestades nende jaamade aastast toodangumahtu. Tuuleenergiat sellel joonisel pole, ent ligikaudselt saab hinnata, et elektritootmise kulu kasvamise järjekord jaamade tüüpide lõikes on järgnev:

- hüdrojaamad,
- tööstuslikud koostootmisjaamad
- tuumajaamad
- koostootmisjaamad
- kivisöel töötavad kondensatsioonijaamad
- naftal töötavad kondensatsioonijaamad
- gaasiturbiinid

Turu põhimõtte kohaselt pääsevad turule eeskätt odavama tootmiskuluga tootjad. Hüdrojaamades toodetud elektri hulk sõltub sademete rohkusest konkreetsel aastal. Lisaks muutub elektritootmise kulu, kui fossiilsete kütuste hinnad muutuvad.



Joonis 1.4 Põhjamaade aastane elektritootmine [27]

### 1.3.2 Tuuleenergia müügipakkumised

Tuuleenergia müügipakkumiste uurimisel tuleb arvestada, et tuulest elektri tootmise marginaalkulu on 0 €/MWh. Seega võiksid tuuleenergiat müüvad ettevõtted teha pakkumisi hinnaga 0 €/MWh. Tegelikult saavad tuulikud nagu ka teised taastuvenergiaallikad toetust, mistõttu võiksid tootjad tuuleenergiat pakkuda negatiivse hinnaga, kuni toetus katab ära negatiivsest hinnast saadava kahjumi. Nii on Eestis tuuleenergia toetus 53,7 €/MWh [28]. Rootsis on loodud sertifikaatide süsteem, kus iga toodetud megavatt-tunni eest saab tootja ühe sertifikaadi. 2014. aastal oli sellise sertifikaadi keskmine hind 21,0 €<sup>5</sup>, 2015. aastal 18,6 €<sup>6</sup> [29]. Taastuvenergia ja sealhulgas tuuleenergia toetamist on ka teistes riikides.

<sup>5</sup> 195,64 SEK, arvestusega 1€ = 9,30 SEK

<sup>6</sup> 173,46 SEK, arvestusega 1€ = 9,30 SEK

### 1.3.3 Hüdروjaamade müügipakkumiste omapära

Hinnastamisel lähtutakse kahest asjaolust:

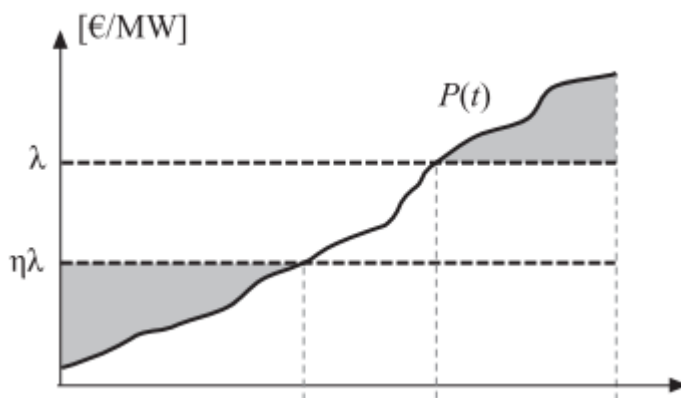
- Mis hinnaga antud perioodil saab vett müüa (vee alternatiivkulu)
- Kui mitu tundi on võimalik vett optimaalse hinnaga müüa.

Hüdروjaamade elektritootmise hinna aluseks on piirang, et juurdevool ja vee hulk reservuaaris on piiratud. Kasumi maksimeerimiseks on hüdروjaamadel on otstarbekas toota elektrienergiat võimalikult kallilt. Küsimus on selles, millal võiks toota ja kas pigem võiks oodata ja toota näiteks kõrgema hinnaga järgmine nädal. Hinnastamisel mängib tähtsat rolli vee eeldatav maksumus tulevikus.

Ootamise strateegiale lisandub asjaolu, et lõputult kaua oodata ei saa, sest reservuaarid täituvad ja siis oldakse sunnitud tootma elektrienergiat ka väga madalate hindade juures.

Pakkumise hinnastamise sisenditeks on prognoositav tarbimine, prognoositav hind, juurdevool ja reservuaaride täituvus. Ilmselt pole hüdروjaamadel otstarbekas töötada ööpäev ringi.

Joonis 1.5. Pumphüdروjaama vee tootmise ja salvestamise korraldamine Joonis 1.5 näitab hüdروakumulatsioonijaama tootmist. Selleks reastatakse hinna prognoos päeva jooksul kasvavas järjekorras ja hinnatakse, kui mitmel tunnil saab toota (ülemine hall ala), kui turuhind on vähemalt  $\lambda$  €/MWh. Alumine hall ala näitab energiat, mida on madala hinna juures otstarbeks reservuaari pumbata, arvestades turbiini kasutegurit  $\eta$ . Vee reservuaari pumpamise ja elektrienergia genereerimise ajalise kestuse saab seejärel x-teljelt.



*Joonis 1.5. Pumphüdروjaama vee tootmise ja salvestamise korraldamine [30]*

### 1.3.4 Negatiivse hinnaga müügipakkumised

Negatiivseid hindu on täheldatud nii Nord Pool Taani hinnapiirkonnas kui ka Saksamaa elektribörsil. Negatiivseid hindu on uurinud [31] Põhjusi, miks pakutakse elektrienergiat negatiivse hinnaga turule on mitmeid. Eelnevalt käsitleti siin töös tuulenergia pakkumisi negatiivse hinnaga (peatükk 1.3.2). Nord Pool'i puhul on madalaimaks pakkumishinnaks -500€/MWh.

*Tabel 1.4. Negatiivsed hinnad kahes Taani hinnapiirkonnas [11]*

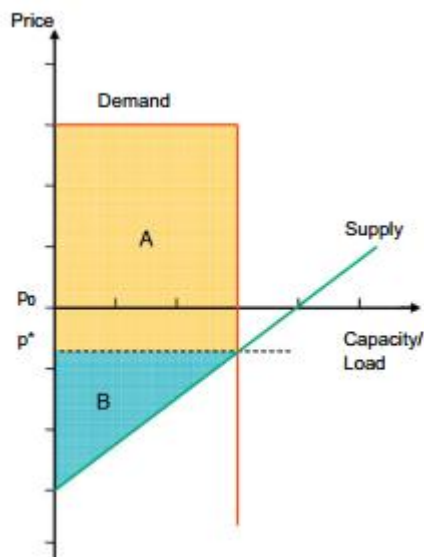
	Kellaaeg	Süsteemihind	DK1	DK2
2.01.2015	00 - 01	24,79	-12,11	-12,11
2.01.2015	01 - 02	22,23	-19,63	-19,63
2.01.2015	02 - 03	20,93	-19,37	-19,37
2.01.2015	03 - 04	18,57	-31,41	-31,41
2.01.2015	04 - 05	18,59	-31,41	-31,41
2.01.2015	05 - 06	24,55	-13,48	-13,48
2.01.2015	06 - 07	27,1	0,08	0,08
2.01.2015	07 - 08	28,34	10,06	28,37
2.01.2015	08 - 09	28,4	14,25	28,37
2.01.2015	09 - 10	28,38	14,56	28,32

Negatiivsete hindadega pakkumiste tegemist on börsil lubatud selleks, et vältida olukordi, kui tootmine on suurem kui tarbimine mille tagajärjel tekkiks eabilanss. Kui turul on piisavalt suur pakkumine ja madal nõudlus, nii et tekib negatiivne hind, siis tootjad peaksid olema huvitatud tootmise vähendamisest. Kui tootmine on alla muutuvkulude pole teoorias tootjal kasulik tootmist jätkata, eriti negatiivse turuhinna tingimustes, kui tootja peab tootmisele peale maksma. Negatiivse hinnaga piirkond võimaldab turuosalistel endal leida tootmise ja tarbimise tasakaal, vähendades tootmist ja suurendades tarbimist. Nii viisi vähendavad võimsust ennekõike need tootjad, kellel on seda odavam teha. Vastasel korral peaks süsteemioperaator kõigi tootjate võimsus proportsionaalselt vähendada.

Esiteks võidakse negatiivse hinnaga turule pakkuda elektrienergiat, mis vastab mitte-reguleeritavale jaamade baasvõimsusele. Seega nendel jaamatüüpidel on vajalik toota pidevalt kui nad juba töös on

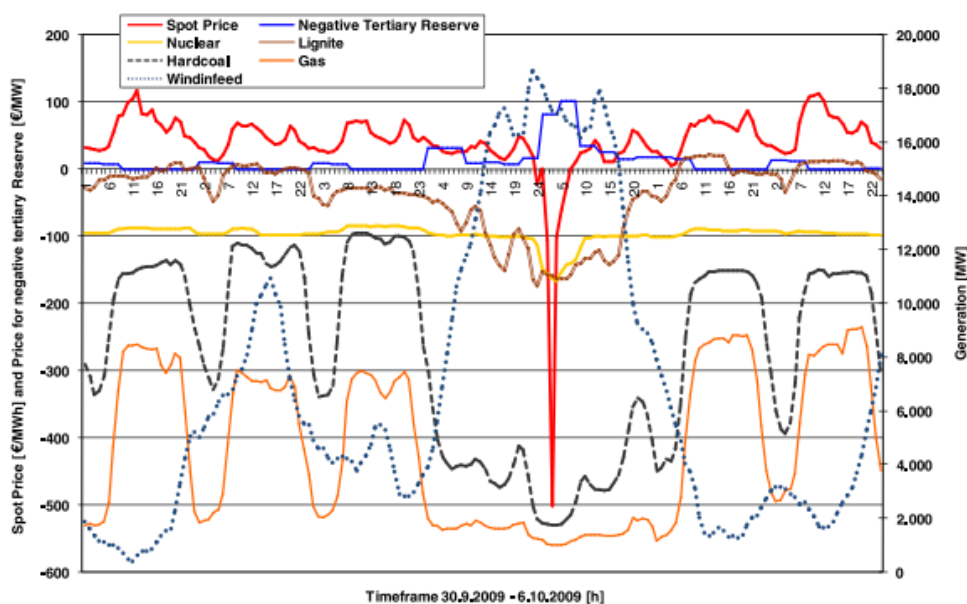
Tunnipõhiste pakkumiste tegemisel võivad mõned tootjad pakkuda elektrienergiat alla selle marginaalkulu, isegi negatiivse hinnaga kui nad on välja arvutanud et teatud perioodi, näiteks päeva lõikes teenivad nad kokkuvõttes kasumi [1]. See arvutus põhineb enamasti vastava perioodi hinnaprognosil.

Negatiivse hinnaga pakkumiste tegemine aitab vätida olukordi, kui jaam ei pääse turule. See võib tähendada tootmisvõimsuste ajutist vähendamist. Soojusjaamade tootmisvõimsuse hilisem käivitamine on aga aeganõudev ja kulukas protsess, mil tuleb energiat kulutada ploki soojendamisele. Nendele kuludele lisandub veel saamata jäänud tulu, kui elektrihind taastub, ent ploki käivitamisele kulub mitu tundi ning elektrienergiat müüa pole võimalik [31].



**Joonis 1.6 Pakkumiskõvera alguspunkt negatiivse hinnaga [31]**

Allikas [31] on toodud ühe negatiivse elektihinanga ajavahemiku analüüs. 2009. aasta oktoobris langes elektrihind Saksamaa turul väga madalale. Seejuures oli hind 6 tunni jooksul negatiivne, ulatudes tasemeni -500 €/MWh. Samas elektri tootmise täielikku peatamist ei tulnud ette mitte ühegi tootmisliigi puhul. Negatiivsete hindadaega tundide jooksul vähenes küll elektri tootmine maagaasist ühe viiendikuni päevasest tootmisvõimsusest ja kivisööst (antratsiidist) kuuendikuni tootmisvõimsusest. Pruunsöe kui baasjaamade võimsus vähenes ühe neljandiku võrra. Tuumajaamade toodangut negatiivsed hinnad aga praktiliselt ei mõjutanud.



*Joonis 1.7 Saksa elektriturg vahemikus 30.09.2009-6.10.2009 [31]*

#### 1.4. Strateegilised müügipakkumised

Täiusliku konkurentsiga turul on elektrienergia tootja hinnavõtja ega ole võimelised elektriturgu mõjutama. Või teisiti öelduna: turuhind ei sõltu sellest kui suur ning kallis on mingi tootja pakkumine. Vastavalt mikroökoonomia teooriale pakub tootja elektrienergiat selle tootmise marginaalhinnaga. Kui aga pakkumine tehakse marginaalhinnast erineva hinnaga, kasutamaks ära turutõrkeid ning teenimaks suuremat kasumit, siis sellist tegutsemist nimetatakse strateegiliseks pakkumiseks. Turutõrkeid põhjustena võib nimetada eelkõige turgude uudsust, suurte tootmisvõimsustega osapoolte olemasolu, turu oligopoolset struktuuri, ülekandevõimsuste piiranguid ja kõrget sisenemisbarjäär elektritootmisesse. Samuti võivad tootjate pakkumist võivad mõjutada ootused ja tõenäosus selle kohta, kuidas teised osapooled käituvad.

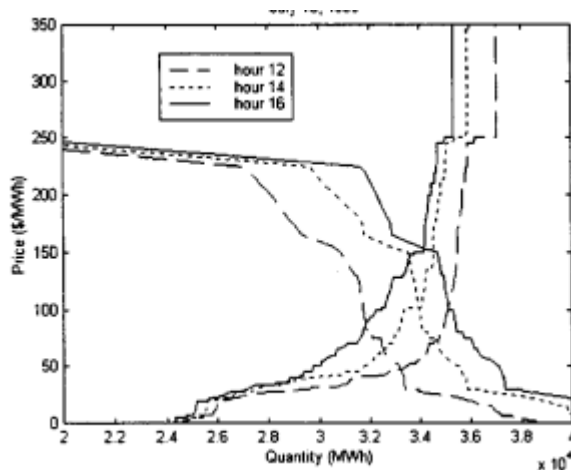
Allikas [4] ka näite selle kohta, kuidas elektritootjad võivad hinnastada tootmisvõimsust, sõltuvalt sellest, kas tootmisvõimsus on tuletistehinguga kaetud või mitte. Tuletistehingu sõlmimine võimaldab tootjal maandada elektriinna volatiilsusega seotud riske. Selle osa tootmisvõimsusest, mis on tuletistehingutega kaetud, pakkumisel pole tootjal otstarbekas marginaalkuludest erineva hinnaga pakkuda, sest selles mahus on tulu fikseeritud. Ülejäänud vaba tootmisvõimsuse võib elektritootja aga kallimalt hinnastada, eesmärgiga maksimeerida kasumit. Siiski autor ei näe antud käitumises probleemi, sest tulude maksimeerimine võimaldab rajada uusi jaamu ja kalpitaalinvesteeringute tegemiseks pelgalt marginaalkulude katmise korral ei tasu ära.



Allikas [32] tuuakse välja, et tegelikult on tootjated võivad üksteist sõltumatult ostustada muuta pakkumist nendel tundidel, kui on oodata hinnatõusu mingil põhjusel, näiteks tarbimise suurenemise, tootmise defitsiidi ja kahe piirkonna vahelise ülekandevõimsustes piirangu tõttu. Manipuleerimist antud olukordades tulla ette kahte moodi. Esiteks on võimalik pakkuda olemasolevat tootmisvõimsust kõrgema hinnaga. Teiseks saab vähendada pakutavat tootmisvõimsust. Mõlemal juhul tekib uus nõudluse-ja pakkumiskõvera lõikumispunkt kõrgema tasakaaluhinna juures.

Sellise käitumisega võimendab elektritootja hinnatõusu veelgi, teenides oma toodangu eest rohkem tulu kui marginaalkulupõhine hinnastamine oleks normaalse turu toimimise ajal võimaldanud. Kasu saadakse aga ainult siis, kui teised osapooled samamoodi pakkumisi vähendavad või kallimalt turule pakuvad. Kui aga üks osapool muudab oma pakkumist ning teised jätkavad pakkumiste tegemist vanaviisi, siis jääb esimene osapool turult välja. Selle tagajärjel jääb saamata kasum, mida oleks võinud teenida tavapärase hinnastamise puhul.

Ühe päeva sisesed nõudluse ja pakkumise muutused Kalifornia elektriturul on näidatud Joonis 1.8 13. juuli 1999 kella 12, 14 ja 16 andmete näitel. Ühelt poolt suureneb antud ajavahemikus tarbimine, teiselt poolt aga väheneb pakkumine. Selle tulemusena tõuseb elektrihind \$50/MWh-ilt \$150/MWh-ni.



**Joonis 1.8 Pakkumine ja -nõudlus kell 12 (katkendlik joon), 14 (punktir), 16 (pidev) [32]**

## 1.5. Nõudluse elastus

Nõudluse hinnaelastsust kasutatakse majandusteaduses, kirjeldamaks nõutava koguse muutumise vastuseks hüvise hinna muutumisele. Elastsust väljendatakse elastsuskoeffitsiendi abil, mis mõõdab hinna suhtelist muutusest põhjustatud nõutava koguse suhtelist muutust. Nõudlus hinnaelastsuskoeffitsient leitakse nõutava koguse suhtelise muutuse jagamisel hinna suhtelise muutusega:

$$\varepsilon = \frac{\Delta q/q}{\Delta p/p}$$

kus  $q$  – nõudluse (MWh);

$\Delta q$  – nõudluse muutus (MWh);

$p$  – hind (€/MWh);

$\Delta p$  – hinna muutus (€/MWh);

Elastus väljendab tarbijate reaktsiooni hinnamuutusele. Seepärast pikas perspektiivis keskmine elektrihind mõjutab elektritarbimise taset. Suured hinnaerinevused päeval ja öösel või tööpäevadel ja nädalavahetusel võivad tõuganta tagant tarbijaid talletama soojuse talletamiseks ja nõnda vältima elektritarbimist kõrgete hindadega tundidel. Kui elektrihinnad on kõrged, tootmisettevõtted võivad nihutada ajaliselt tootmist. Tarbijad, kes võivad salvestada elektrit või soojust, võivad tootmisplaani ümber vaadata. [33]

OECD raport [5] toob välja, et tarbijate reageerimisvõime olemasolevatel turgudel on väike, sest pole stiimulit ega võimalust reageerida. Põhjustena tuuakse välja fikseeritud elektrihinnad, ebapiisav reaals-ajas tarbimise arvesteid, reaals-aja elektrihind ei jõua tarbijateni. Samas mainitakse ka ajalooline põhjus, kui turu tähelepanu on koondunud pakkumise poolele ja tarbimise kohastumine hinnaga polnud oluline. Samas väikesed muudatused võiksid kaasa tuua suure muutuse: elektrihinnad võiksid langeda kuni 50 % kui 5% tarbimisest muutuks vastavalt hinnale. Ameerika Ühendriikides võiks reaals-ajas elektri hinnastamine säästa aastas 10-15 miljardit dollarit aastas.

Kui tarbijad on exposed mingil määral reaal-ajas turuhindadele, siis nende vastuseks võib raporti põhjal olla kas tarbimise ajaline nihutamine tipukoormuse ajast muule ajale, tiputarbimise vähendamine energiasäästmise või isetootmise abil. Samas tarbijad võivad otsustada hinnale mitte reageerida ning maksta kehtiva turuhinna.

Efektiivne turg tekib tootjate ja tarbijate vahelise kauplemise tulemusena. Kauplemine määrab millise hinnaga on tarbijad nõus elektrit ostma. Sellegipoolest ka avatud turul on palju väikseid tarbijaid, kelle elektri hinnad on pikaks perioodiks fikseeritud, sültumata pakkumise ja nõudluse vahekorral turul. Selliste tingimuste juures tarbijatel pole motivatsiooni muuta oma tarbimist vastavalt turu olukorrale ja nende tarbimine ei näita otseselt, kui palju nad mingil ajahetkel oleksid tegelikult valmis elektri eest maksma. Sellistes tingimustes ei tööta elektriturg efektiivselt.

OECD raport [5] toob ära, et lühiajaline elektri hinnaelastsus on 0,1-0,2; pikema aja jooksul 0,3 kuni 0,7. See tähendab, et 10% muutus hinnas põhjustab lühiajaliselt 1-2% muutuse tarbimises ja pikas perspektiivis 3-7% muutuse. Elektrituru puhul lühiajaline periood on 2-3 aastat. Pikk perspektiiv, mis on 10-20 aastad, on periood, mille jooksul tarbijad saavad uuendada elektriseadmeid.

### **1.5.1 Nõudluse elastsuse tähtsus**

Tarbijate osalemine turul tähendab seda, et nad loobuvad tarbimisest, kui hind läheb liiga kõrgeks. Kui tarbija saab elektritarbimisest väiksemat kasu, kui peab elektritarbimise eest maksma. See tähendab, et elektritootjad ei lülita sisse kallist tipukoormust. Kuna turuhinna määrab kõige kallima hinnaga turule pääsenud tootmisvõimsus, siis tipuvõimsuste käivitamise vajaduse vältimine toob kaasa madalama elektri hinna.

Keskselt planeeritavate elektrisüsteemide puhul oli rohkem võimsusi, mida igapäevaselt vaja ei läinud. Elektrituru puhul on reservvõimsuste arv vähenenud, muutes elektritootmise efektiivsemaks. Ühelt poolt toob see efektiivsuse tõusu, teiselt poolt suure tarbimise tõttu võib kaasa tuua elektridefitsiidi [34].

Tarbijate ja ka tootjate seisukohast on tarbimise puhul tähtis elastsuskoeffitsient. See koeffitsient on tähtis ka elektrisüsteemi tarnekindluse seisukohast lähtudes. Kui tarbimine on väga suur ja tootjad panevad tööle kallid resergeneraatorid, peaks kõrge hind mõjutama tarbijaid elektrienergia tarbimisest loobuma. Kui tarbimiskõver on liiga jäik, siis võib turuhind kerkida väga kõrgele ning koguni tekkida tootmisdefitsiit.

## 2. Analüüsi läbiviimise metoodika

### 2.1. Nõudluse ja pakkumise uurimine

Analüüsi aluseks on Nord Pool Spoti nõudluse ja pakkumise andmed, mis on vabalt kätte saadavad börsi kodulehelt<sup>7</sup>. Iga päeva kohta on eraldi exceli-formaadis fail, milles on ära toodud turuandmed kõigi ööpäeva tundide kohta. Andmed, millele kenskendume - tunnipõhised.

Kõigepealt on nendes failides ära toodud turule pääsenud ning mitte pääsenud plokkpakkumised ja -nõudlused, ilma täpsemate andmeteta kuidas ja millise hinnaga need need olid tehtud. Lisaks on veel iga tunni kohta arvutuslik elektrieenergia eksport/import Nord Spot Pooli ja teiste piirkondade vahel.

Peamise osa turuandmetest moodustavad aga tulbana esitatud nõudluse- ja pakkumisekõvera kogused koos vastavate hindadega. Inimesel on sellisel kujul olevaid andmeid raske analüüsida. Nende andmete arvutiskriptiga sisselugemisel ja töötlemisel on saadud andmetel põhineb antud töö analüüs.

#### 2.1.1 Arvutiskripti kirjeldus

Andmete töötlemiseks on kasutatud R-keeles kirjutatud programmi. R keskkonda kasutatakse statistiliste arvutuste tegemiseks ning graafikute koostamiseks. Matemaatiliste arvutuste puhul on R võrrelda Matlabi keskkonna ja selles kasutatava keelega. R on vabavara, mida saab alla laadida veebilehelt <https://www.r-project.org>.

Nord pool Spoti tunnipõhiste pakkumishindade analüüsimiseks oli otstarbekas luua skript, mis loeks sisse algandmeid vastavalt kasutaja vajadusele.

Algandmeteks on järgnevad NPS'i tunnipõhiste ostu- ja müügipakkumiste hinnad ja kogused aastast 2014 ja 2015.

Programm käib läbi kuupäevad koos kellaegadega alates kasutaja poolt sisestatud alguskuupäevast ja lõpetades lõpukuupäevaga. Andmed loetakse valitud perioodil sisse tunni kaupa. Vaikimisi tehakse arvutused kõigi järjestikuste tundide kohta. Arvutuste

---

<sup>7</sup> [www.nordpoolspot.com](http://www.nordpoolspot.com)

kiirendamiseks ja ebavajalike tulemuste vältimiseks saab rakendada antud ajaperioodile filtreid, kui töödeldakse ainult valitud ajaparaameetritega määratud kirjeid.

Filtrid, mida on võimalik rakendada ja andmete töötlemist kitsendada:

- konkreetne kellaaeg või soovitud tundide vahemik
- Soovitud kuu, aastaag; vaikumisi kõik kuud
- Tööpäev, nädalalõpp; vaikumisi kõik nädalapäevad
- Konkreetne kellaaeg või kellaaegade vahemik; vaikumisi terve ööpäev

Peale andmete töötlemise kiirenamise võimaldavad filtrid uurida just spetsiifilist ajaperioodi, et välistada kõrvaliste tegurite võimalikku mõju nõudlusele ja pakkumisele.

Iga tunni kohta programm tagastab 10 väärtust (MWh), mida antud perioodi mingi päeva ühel konkreetselt tunnil määratud hindade juures nõuti või pakuti. Eesmärk on leida, kui palju elektrit müüakse antud hinnaga. Kokku on võimalik sisestada 10 hinnataset, mille jaoks programm leiab marginaalkulule vastava nõudluse või pakkumise mahu antud tunnil. Lähteandmetena kasutatakse Nord Spot'i nõudlus- ja pakkumistabelite andmeid. Juhul kui antud marginaalhinnale tabelis vastavat mahtu pole, siis võetakse antud hinnale kaks lähimat hinda ning nende vaheline vahemik lineariseeritakse. Otsitud hinnatasemele vastav elektrienergia maht leitakse nii, et arvutatakse otsitava hinnataseme ning antud sirge lõikumispunkt. See on väike lihtsustus, mis ei avalda tulemusele märkimisväärset mõju.

$$\frac{p_n - p_{n-1}}{Q_n - Q_{n-1}} = \frac{p_n - p_i}{Q_n - Q_i}$$

$p_i$  – hind (€/MWh), millele vastavat pakutavat elektrienergia mahtu otsitakse

$p_n$  väikseim hind lähtetabelist (€/MWh), kui kehtib tingimus  $p_n > p_i$

$p_{n-1}$  suurim hind lähtetabelist (€/MWh), kui kehtib tingimus  $p_{n-1} < p_i$

$Q_i$  – hinnale  $p_i$  vastav energiakogus (MWh)

$Q_n$  – hinnale  $p_n$  vastav energiakogus (MWh)

$Q_{n-1}$  – hinnale  $p_{n-1}$  vastav energiakogus (MWh)

Väljundina genereerib programm exceli tabeli, kus on näha erinevate marginaalkuludele vastavad võimsused antud ajaperioodil, nendele marginaalkulude vahele vastavad

nõutava/pakutava võimsuse muutumine ning ka tuul ja veehulk. Programm genereerib ka graafikud, ent analüüsiks on mugavam graafikuid koostada ja muuta exceli keskkonnas.

Skripti väljastavate andmete kontrollimiseks viis autor läbi skripti testimise sisendandmete muutmise. Saadavad väljundandmed näitasid, et programm toimib ootuspäraselt ning andmete töötleses vigu ei esine.

## **2.2. Andmete töötlemise näide**

Antud töö ei analüüsi visuaalselt graafiku kujude muutumist. Autor uurib graafiku kuju muutumist, uurides kindlaks määratud hinnatasemetele vastava nõudluse/pakkumise absoluutseid väärtusi ning ka erinevatele hinnatasemetele vastavate väärtuste muutumist üksteise suhtes.

Nõudluse puhul võetakse lähtepunktiks see nõudlus, mille ostupakkumisi tehakse hinnaga 3000 €/MWh ja mis pääseb turule igal juhul. Nõudluse muutumist uuritakse sellest punktist lähtuvalt odavamaga tehtavate pakkumiste suunas. Seega vaatluse all on see, kuidas pakkumine suureneb hinna tõustes.

Müügipakkumiste puhul võetakse antud juhul lähtepunktiks need pakkumised, mida tehakse hinnaga -500 €/MWh ja mis pääsevad turule igal juhul. Pakkumisgraafiku punktide nihkumist uuritakse sellest punktist lähtuvalt sedamööda kuidas pakkumiste hind järk-järgult tõuseb. Küsimus on selles, kuidas suureneb nõudlus hinna langedes.

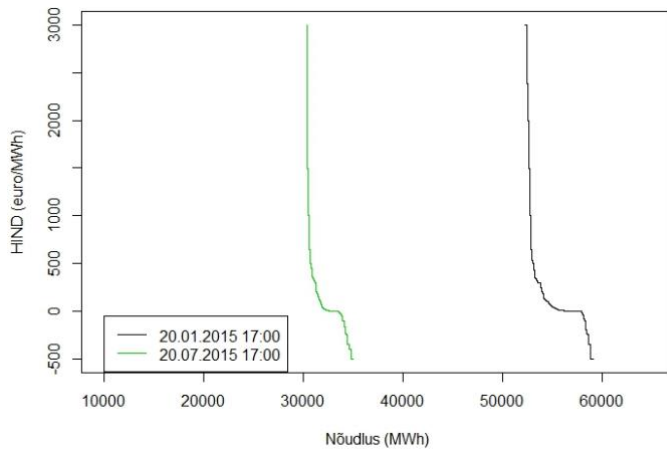
Näidetena on toodud 20. jaanuari ja 20. juuli 2015 kella 17:00 nõudlus-ja pakkumiskõverate visualiseerimine ning lõikumispunktide leidmine ettemääratud hinnatasemetega, milleks on: -500 €/MWh, -100 €/MWh, 0€/MWh, 5€/MWh, 10€/MWh, 15€/MWh, 20€/MWh, 30€/MWh, 50€/MWh ja 3000€/MWh.

### **2.2.1 Nõudlus**

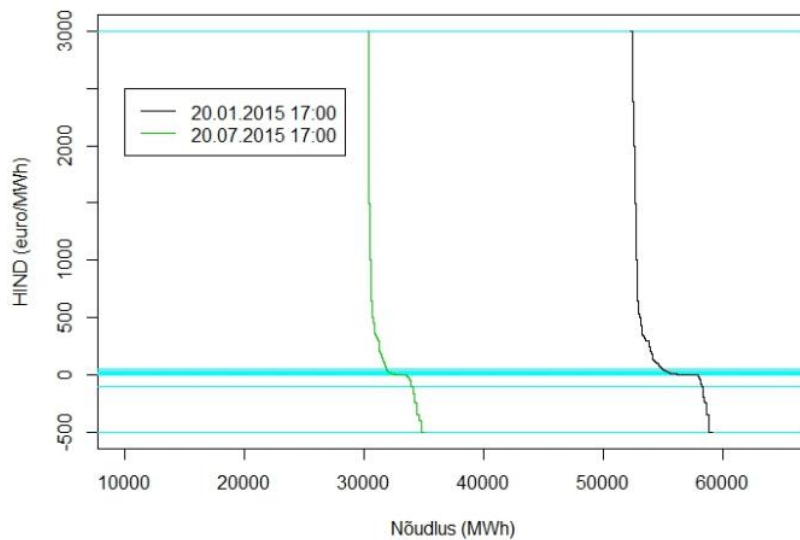
Nord Pool'i turuandmete sisselugemisel saame kaks nõudlusekõverat (Joonis 2.1). Graafikute ulatus y-telje sihis on -500 €/MWh kuni 3000 €/MWh-ni. Need väärtused vastavad Nord Pool'i hinnapiiridele. Graafikud on negatiivse kallakuga, ent nende ülemine osa, üle 500€/MWh on peaaegu et vertikaalsed sirged. Kaarjas on ainult need graafiku osas, mis jäävad vahemikku -500 €/MWh kuni 500 €/MWh, kusjuures selle graafiku lõigu on suvel ja talvel mõnevõrra erinev.

Leidmaks määratud turuhindadele vastava nõudluse, sisestame need skripti.

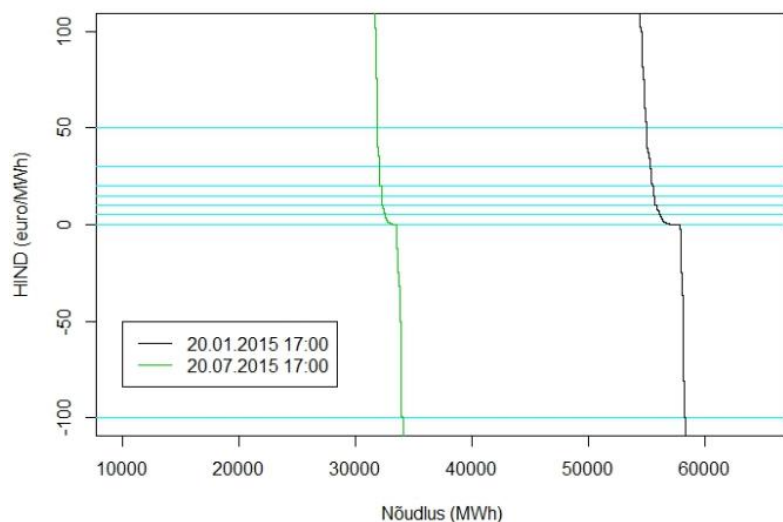
Joonis 2.2 ja Joonis 2.3 illustreerivad antud protseduuri, seejuures viimane joonis kujutab hinnavahekku, kus kujuneb ka Nord Pool'i süsteemihind (Joonis 2.8). Antud hinnatasemetele vastav nõudlus, mis on skripti väljundiks, on toodud ära allpool (Tabel 2.1).



**Joonis 2.1 Tunnised nõudluskõverad**



**Joonis 2.2 Etteantud hindadele vastava nõudluse otsimine**



**Joonis 2.3 Etteantud hindadele vastava nõudluse otsimine (lähivaade)**

**Tabel 2.1**

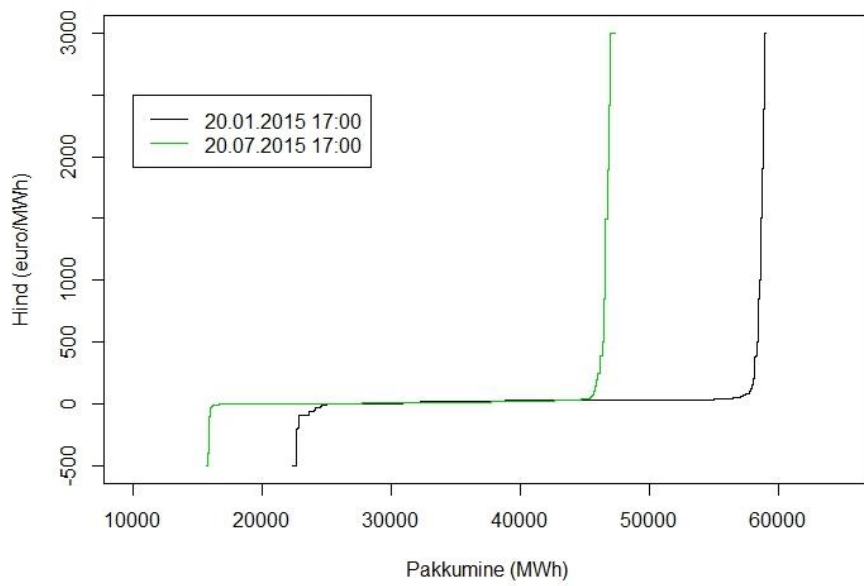
	Nõudlus (MWh) antud hinnatasemetel									
Aeg	3000 €/MWh	50 €/MWh	30 €/MWh	20 €/MWh	15 €/MWh	10 €/MWh	5 €/MWh	0 €/MWh	- 100 €/MWh	-500 €/MWh
20.01.2015 17:00	52 262	55 003	55 334	55 615	55 663	55 878	56 185	57 856	58 289	59 119
20.07.2015 17:00	30 451	31 883	32 116	32 136	32 238	32 323	32 552	33 551	34 069	35 031

### 2.2.2 Pakkumine

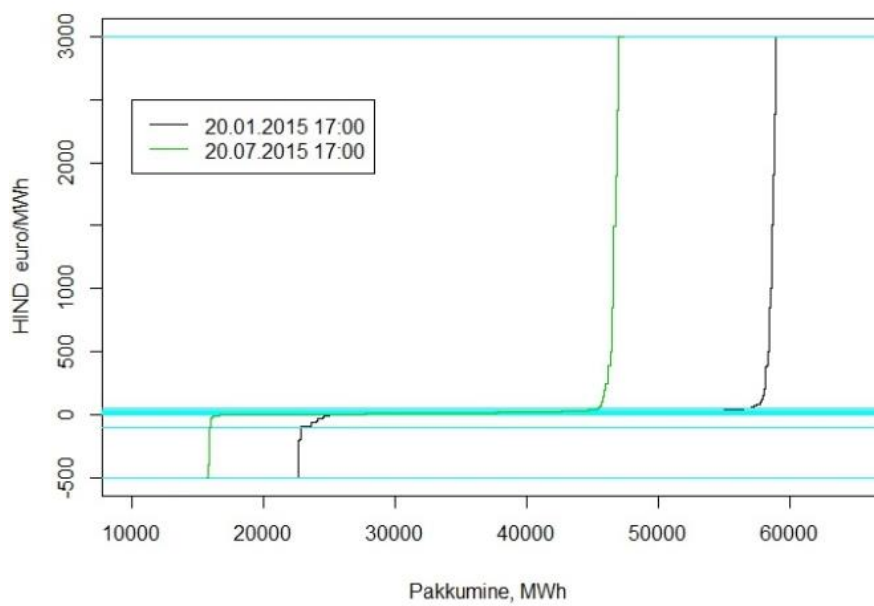
Nord Pool'i ostupakkumiste sisselugemisel saame kaks pakkumiskõverat (Joonis 2.1). Graafikute ulatus y-telje sihis on -500 €/MWh kuni 3000 €/MWh-ni. Need väärtused vastavad Nord Pool'i hinnapiiridele. Graafikud on negatiivse kallakuga, ent nende ülemine osa, üle 500€/MWh on peaaegu et vertikaalsed sirged. Kaarjas on ainult need graafiku osas, mis jäävad vahemikku -500 €/MWh kuni 500 €/MWh, kusjuures selle graafiku lõigu on suvel ja talvel mõnevõrra erinev.

Leidmaks määratud turuhindadele vastava pakkumise, sisestame need hinnad skripti. Joonis 2.4 ja Joonis 2.5 illustreerivad otsitavate väärtuste paiknemist pakkumiskõveral, seejuures viimane joonis kujutab suurendatult hinnavahevahemikku, kus kujuneb ka Nord Pool'i süsteemihind (Joonis 2.8). Antud hinnatasemetele vastav nõudlus, mis on skripti väljundiks, on toodud ära allpool (vaata Tabel 2.2)

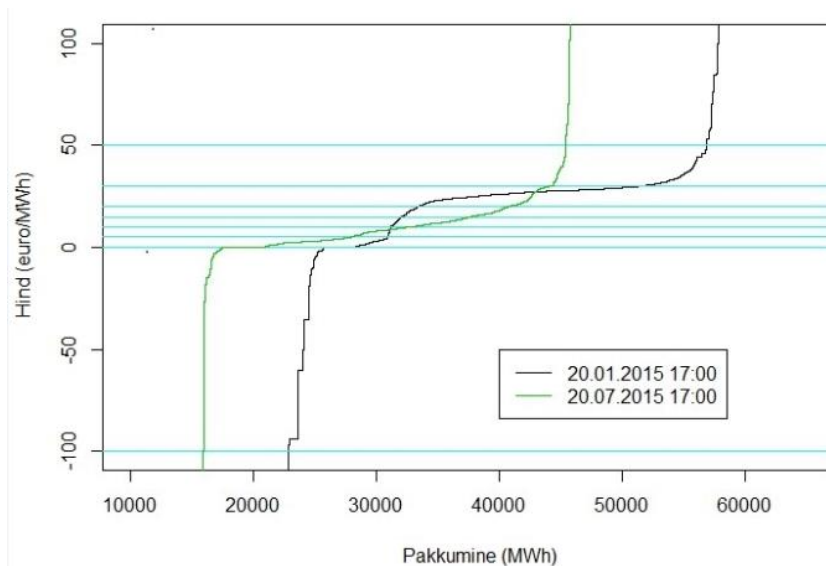




**Joonis 2.4 Tunnised pakkumikõverad**



**Joonis 2.5 Etteantud hindadele vastava nõudluse otsimine (kogu graafik)**



**Joonis 2.6 Etteantud hindadele vastava nõudluse otsimine (lähivaade)**

**Tabel 2.2**

Aeg	Pakkumine (MWh) antud hinnatasemetel									
	-500 €/MWh	-100 €/MWh	0 €/MWh	5 €/MWh	10 €/MWh	15 €/MWh	20 €/MWh	30 €/MWh	50 €/MWh	3000 €/MWh
20.01. 2015 17:00	2242 9	22862	26457	30932	31206	32109	33435	51681	56895	59021
20.07. 2015 17:00	1574 7	15747	18556	27992	32907	37757	40877	44100	45423	47379

## 2.3. Kvantitatiivne analüüs

### 2.3.1 Probleemi püstitus

Antud juhul on eesmärgiks nõudlus- ja pakkumiskõverate muutumise ja neid muutusi põhjustavate võimalike tegurite uurimine. Pakkumiskõveraid mõjutavad paljud tegurid, mis on seotud elektritootjate pakkumismudelitega ning mis määravad millise hinnaga millist võimsust pakutakse.

Töö eelduskes on pakkumiskõvera puhul pakutuva / nõutava võimsuse ning selle hinnastamise uurimine: kui muutub sisend (veetase hüdrojaamade reservuaarides, tuulest toodetud elektrienergia hulk, fossiilsete kütuste hinnad), siis peaks see mõju avaldama pakkumiskõvera muutustele ajas.

Pakkumiste uurimiseks on nad antud töös jagatud erinevatesse hinnakategooriatesse ja uuritud vastavatesse hinnakategooriatesse jäävate võimsuste muutumist peaaegu kahe aasta jooksul.

Samuti on nõudluse kõvera puhul võimalik uurida kogunõudluse muutumist ajas pikema perioodi jooksul kui ka erinevatel hinnatasemetel ostetava elektrienergia muutust näiteks suvel ja talvel.

### 2.3.2 Regressioon

Termin regressioon tähendab nähtustevahelise seose vormi ja regressioonianalüüs nähtustevahelise seose vormi määramist ja analüüsi. Kui vaadeldakse seosid kahe nähtuse vahel, on tegemist paarisregressiooniga. Ühte nähtustest nimetatakse sõltuvaks muutujaks ehk resultaatinähtuseks, teine on sõltumatu muutuja ehk faktornähtus. Kui seostatavaid nähtusi on rohkem kui kaks, siis on tegemist mitmese regressiooniga [35].

Mitmene regressioon tähendab seost resultaatinähtuse ja mitme seda mõjutava faktornähtuse vahel. Resultaatinähtus esitatakse mitme muutuja funktsioonina:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

Kuna elektrienergia nõudluse ja pakkumist mõjutavad erinevad tegurid, pakub meile praktilist kasu justnimelt mitmene regressioon. Antud töös kasutame lineaarse seosel põhinevat lineaarset regressiooni.

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n$$

Regressioonianalüüsi eesmärgiks on leida kordajad  $a_i$  faktorsuuruste puhul. Meie puhul on regressioonivõrrandid nõudluse ja pakkumise puhul:

$$\begin{aligned} \text{pakkumine} &= a_0 + a_1 \times (\text{tuuleenergia prognoos [MWh]}) + a_2 \\ &\times (\text{hüdroleservuaaride tase [GWh]}) + a_3 \times (\text{kivisöe hind [€/MWh]}) \\ &+ a_4 \times (\text{gaasi hind [€/MWh]}) + a_5 \times (\text{süsteemihind [€/MWh]}) \end{aligned}$$

### **2.3.3 Regressiooni analüüsi tulemuste hindamise alus**

Hinnata seda, kui hästi võrrandi väärtuste hajuvus seletab väljundi hajuvust tulemuse. Selleks kasutame lineaarse korrelatsioonikordaja ruutu  $r^2$ . Selle suuruse teine nimi on determinatsioonikordaja.

### **2.3.4 Analüüsis kasutatavad sisendandmed**

Regressioonianalüüsi tegemise puhul on oluline faktornähtuste valik. Ebapiisav faktornähtuste hulk ei taga õigete faktorsuuruste kordajate leidmist, kuna faktornähtuste muutused ei põhjenda ära resultaatnähtuse muutumist täies mahus. Selle tulemusena tekib tulemustesse kõrvalekalle tegelikest väärtustest.

Antud töö puhul piirduakse lihtsustuse korras kolmele elektrijaamade tootmisvõimsust ja marginaalkulu mõjutavale tegurile: tuuleenergia tootmise prognoos, gaasi ja kivisöe hindade muutus, hüdroreservuaaride täituvuse tase. Lisaks võtame sisendina ka Nord Spot'i süsteemihinna ning antud elektrituru haldava piirkonna elektritarbimise.

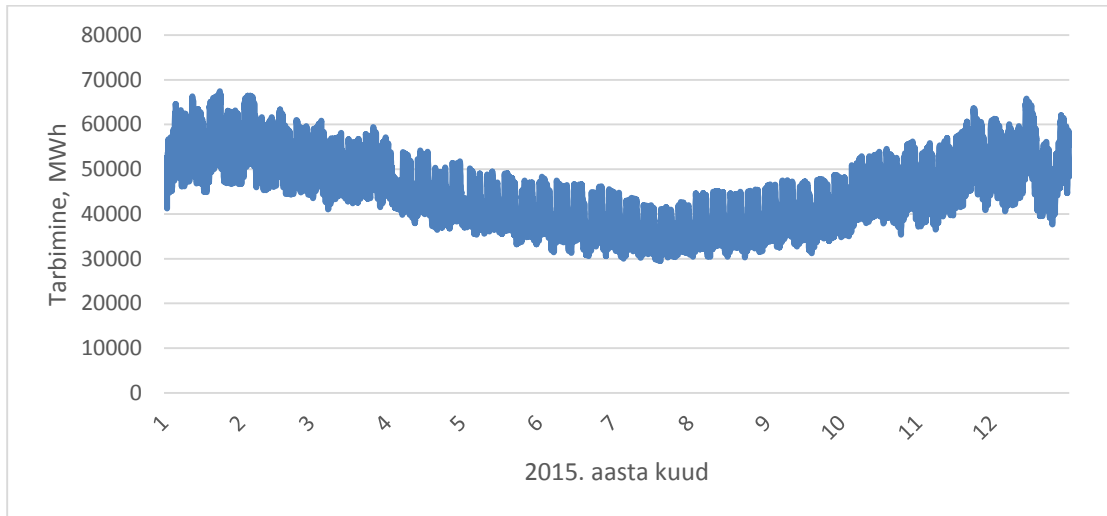
Teiselt poolt, statistiliselt ebatäpne tulemus võib tekkida ka faktornähtuse multikollineaarsusest. Multikollineaarsus tähendab tugevat lineaarset seost mitmese regressiooni võrrandisse valitud faktornähtuse vahel. Multikollineaarsus moonutab regressioonivõrrandi parameetrite hinnanguid. Kõige rohkem on praktikas kasutusel kontrollimine korrelatsioonimaatriksi kaudu. Selleks arvutatakse välja kõikvõimalikud korrelatsioonid faktorite vahel. Probleemiks on ostsustamine, millisest korrelatsioonikordaja arväärtusest alates puhul pole mitmese regressiooni kordajad ei ole enam statistilised usaldatavad. Empiirilisel on leitud 0,85 või suurem [35]

Seepärast sisendite valimisel kontrollime ka nende multikollineaarsust.

### **2.3.5 Tarbimine**

Nord Pool spotist. Kasutavad kogu Nord Spot'i hallatava piirkonna elektritarbimist. Kogu tarbimiseks vajalikku elektrienergiat ei osteta börsi kaudu, seega nõudluskõvera poolt kajastatavad ostumahud on väiksemad. Lähteandmetena kasutame 2014. ja 2015. aasta tunnipõhist tarbimist Nord Spot'i kodulehelt.

Tarbimist on otstarbekas nõudluse muutumise analüüsi kaastata, kuna tarbimise andmed peegeldavad paljusid tegureid, mida antud regressiooni puhul eraldi välja ei tooda nagu näiteks nõudluse hooajalisust ja nõudluse sõltuvust ilmast.

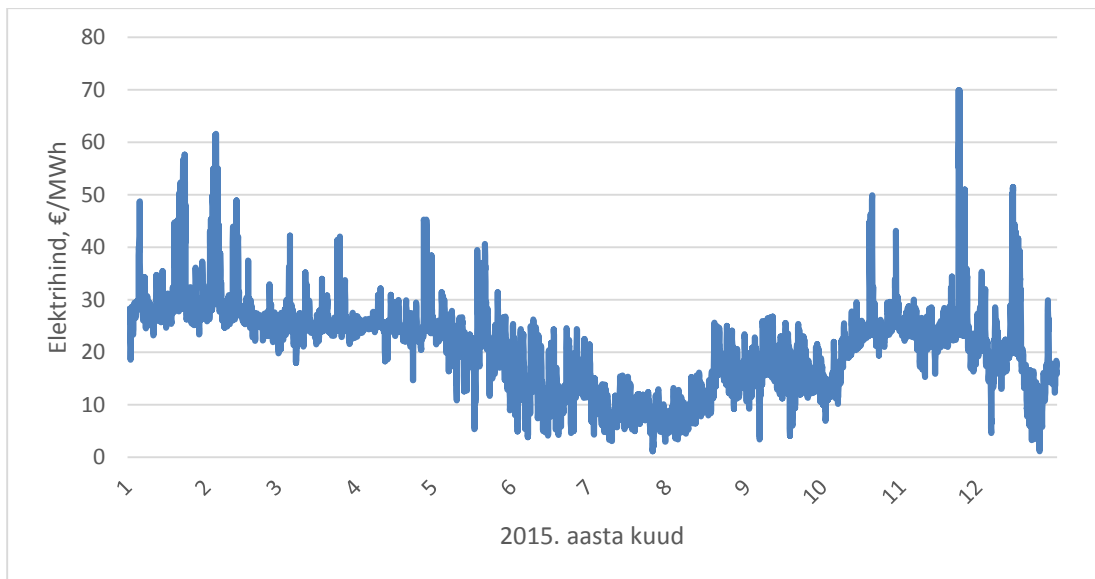


*Joonis 2.7 Tarbimine Nord Spoti elektriturul piirkonnas 2015. aastal [11]*

### **2.3.6 Nord Spot'i süsteemihind**

Kasutame Nord Spot'i süsteemihinda. Süsteemihind on teoreetiline hind, mis kehtiks turul, kui puuduksid elektrivõimsuse ülekande piirangud. Piirkondlikud hinnad arvutatakse välja süsteemihinna alusel, võttes arvesse ülekandevõimsustest tingitud piirangud ning piirkonna elektritootmise defitsiiti või ülejääki.

Hind on tähtis sellepolest, et on paljudel juhtudel jaamade elektrienergia müügipakkumiste tegemisel. Madala hinna puhul võiks näiteks negatiivse koormusega tehtavad pakkumised kahaneda, kuna päeva lõikes ei teenita enam kasu.



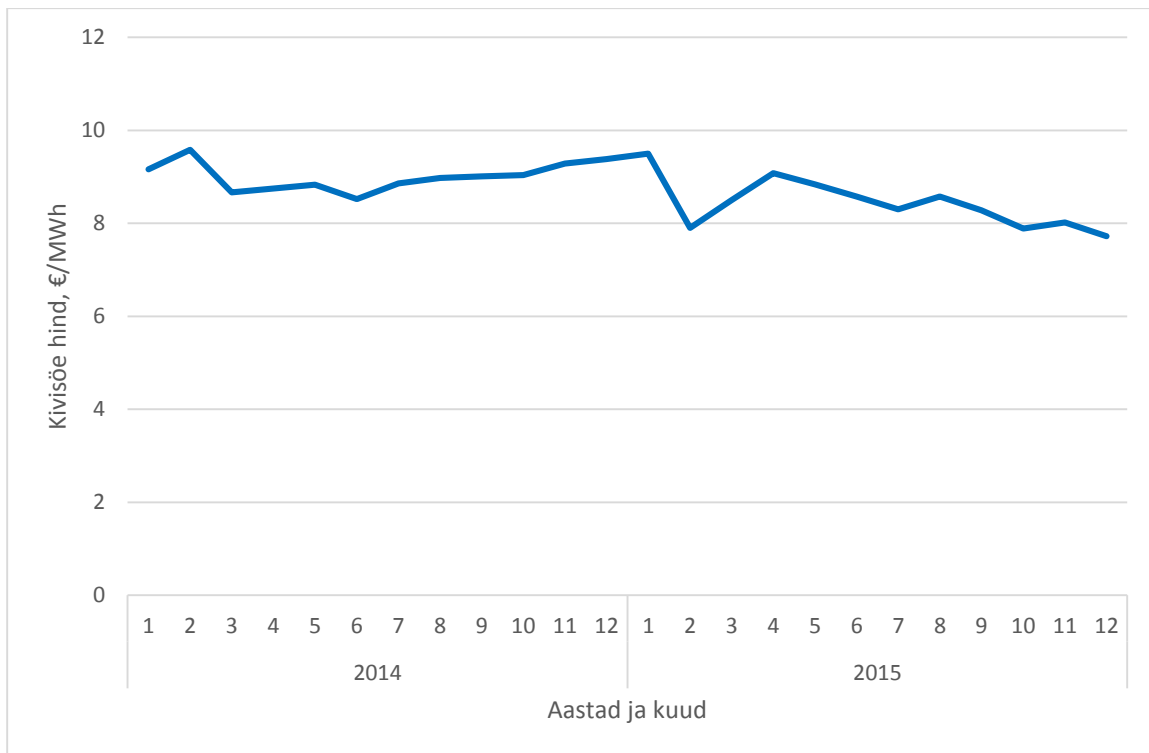
*Joonis 2.8. Elektribörsi Nord Spot süsteemihind 2015. aastal [11]*

### **2.3.7 Kivisöe ja maagaasi hind**

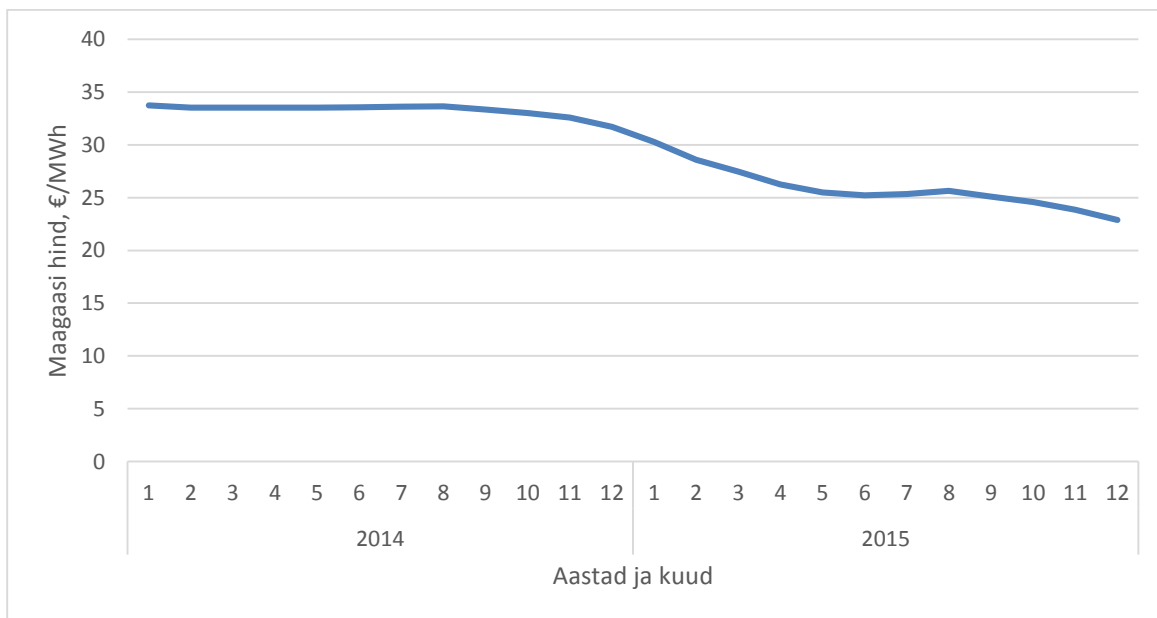
Kivisöe hinnad on pärist Soome statistikaameti kodulehelt. Need on kütusehinnad, mis kajastavad kivisöe ja gaasi maksumuse elektritootjatele. Antud hinnad ei sisalda käibemaksu ega aktsiisi, kuid lisaks börsil kaubeldava energiakandjate hinnale sisaldavad nad ka transpordikuluseid. Alternatiiv on kasutada EEX.com hindu, kuid seda ei valitud, kuna seal ei ole transpordikuluseid

Kivisöe hinna puhul (Joonis 2.9) on näha, et see on olnud 2014-2015 enamuse ajast hinnavahemikus 8-10€/MWh. Samas on märgatav kerge langustrend.

Maagaasi hinna puhul (Joonis 2.10) on näha, et see on olnud 2014-2015.a järjekindlalt langenud. Gaasi hind on vähenenud algsest hinnast 34€/MWh kahe aasta maadalaima tasemeni 23€/MWh-ni. Seega on gaasi hind vähenenud antud perioodi jooksul tervelt kolmandiku võrra.



**Joonis 2.9. Kivisõe hind [36]**

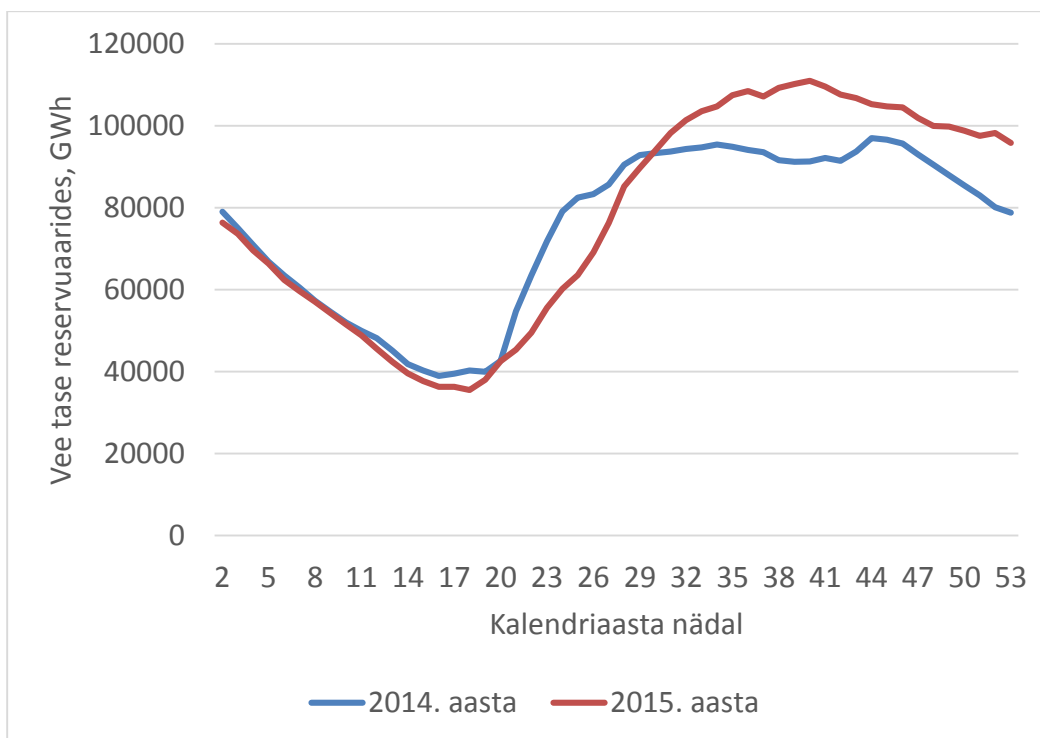


**Joonis 2.10. Maagaasi hind [36]**

### 2.3.8 Hüdroservuaaride tase

Hüdroservuaaride tase pakub huvi seoses sellega, et Nord Spot'is on väga palju hüdrojaamu (vaata Tabel 1.2). Kuna Nord Pool'i piirkonnas on valdav osa hüdrojaamu Skandinaavias, siis arvestame ainult nende reservuaaridega. Nende reservuaaride täitumist kajastavad andmed on kättesaadaval Nord Spot'i kodulehel eraldi Soome, Rootsi ja Norra kohta. Reservuaaride tase on ära toodud gigavatt-tundides nädala kohta.

Saadud andete põhjal on koostatud Joonis 2.11. Jooniselt on näha, et aasta esimestel neljal kuul reservuaaride tase alaneb, jõudes madalaima väärtuseni umbes 17 nädalal. 2014. a oli reservuaaride madalaim tase 16- kalendrinädalal (38 900 ning 2015. aastal 18 kalendrinädalal (35 500 GWh). Reservuaaride tase hakkab vaikselt suurenema ja saavutab suve lõpuks suurima täitivusue aasta lõikes.



*Joonis 2.11. Hüdroservuaaride tase Skandinaavias [11]*

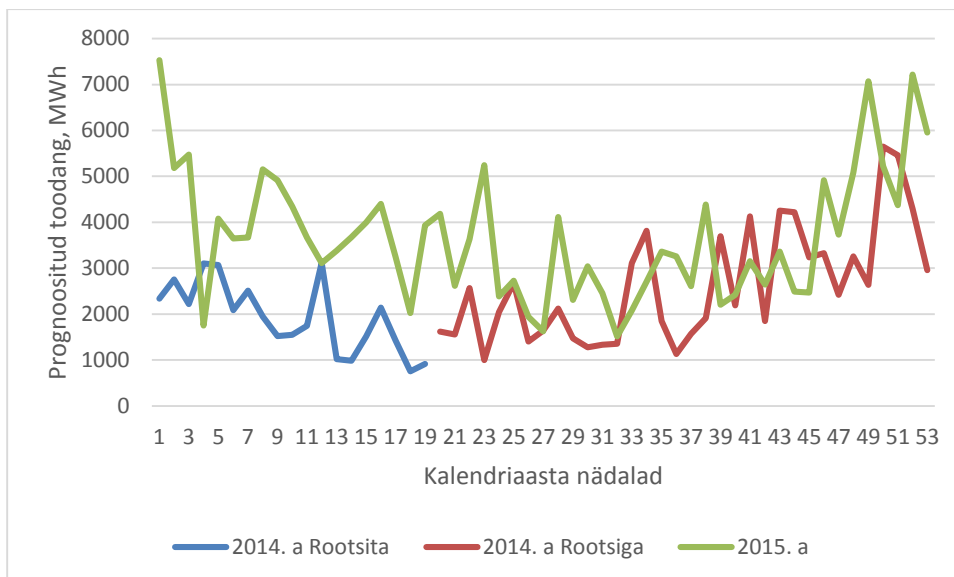


### 2.3.9 Päev ette tuuleenergia prognoos

Nord Pool esitab oma veebilehel päev ette tuuleenergia prognoosi. Prognoos on esitatud antud riikide eraldi (Rootsi, Taani, Eesti, Läti, Leedu), andmed puuduvad ainult Soome ja Norra tuuleenergia prognoosi kohta. Samas pole nendes riikides paigaldatud kuigi palju tuulikuid (Tabel 1.2). Teiste riikide kohta on andmed ära toodud tunnipõhiselt Rootsi kohta on prognoosi andmed olemas alates 12. mai 2014. Edasises töös on kasutatud prognoosi summaarset tunnipõhist väärtust.

Andmed kajastavad justnimelt päev-ette tuuleenergia prognoosi, mitte ajaloolisi tuuleenergia väärtusi. Neid andmeid edastab Nord Spot'ile iga riigi süsteemioperaator, mistõttu nad võivad erineda sellest prognoosist, mille põhjal tuuleenergia ettevõtted oma pakkumisi börsile teevad.

Joonis 2.12 kajastab nädala keskmised tuuleenergiaprognosi väärtused. Nende andmete põhjal näeme, et talvekuudel on tuulikenergia toodang suurem kui suvekuudel. Vaatamata, et tegu on nädala keskmiste väärtustega, esineb sellegipoolest väga suurt kõikumist aasta jooksul.



Joonis 2.12. Päev-ette tuuleenergia toodangu prognoos. [8]

### 2.3.10 Analüüsis tehtud lihtsustused

Üldiselt eeldame, et nii tarbimise kui ta tootmise hinnapakkumiste tegemisel osapooled käituvad järjepidevalt ning plokkvõimsuste pakkumisi tegevad turupooled ei muuda oma käitumist. Vastasel korral suureneksid tunnipõhised pakkumised pelgalt seetõttu, et

elektritootja on otsustanud muuta pakkumiste tegemise korda. Pakkumiste tegemise viis sõltub ettevõttes kehtestatud korrast ja vastavate töötajate harjumustest.

Analüüsi esimeses osas leiame talvise ja suvise nõudluse tüüpgraafiku. Kuna kummalgi juhul on sisenditeks kolme kuu andmed, siis me ei arvesta eraldi erakorraliste muutustega pakkumises (jaamade remont suvel) ja nõudluses (nõudluse vähenemine jõulupühade paiku).

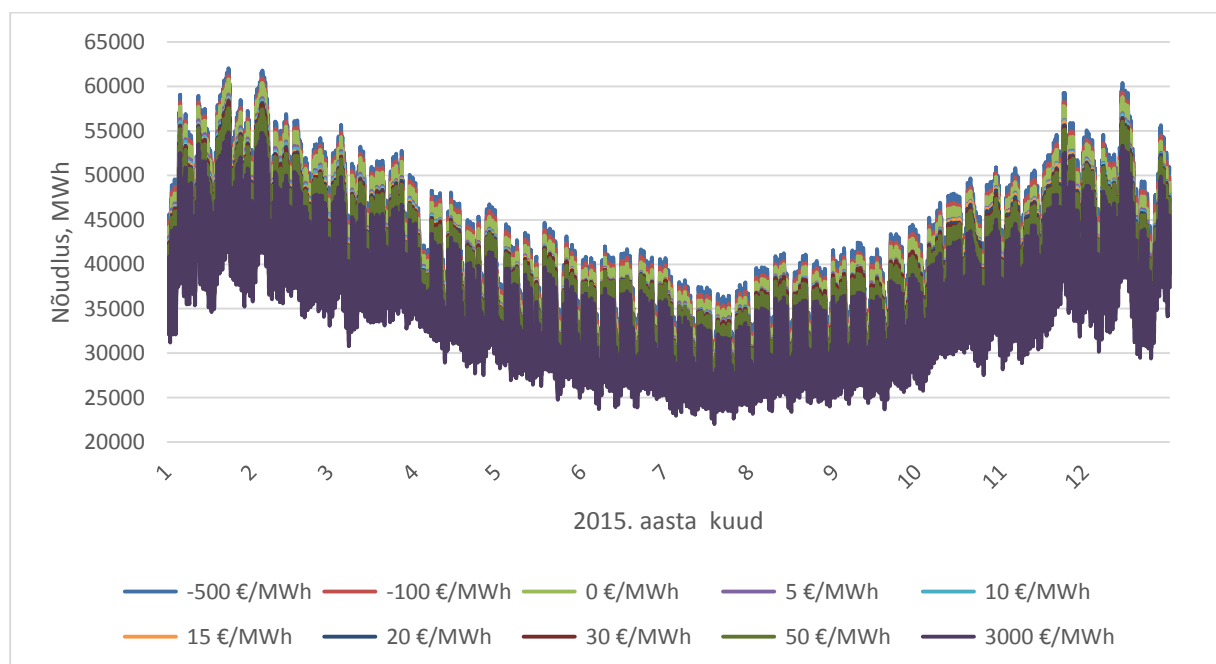
Regressioonianalüüsi puhul võtame vaatluse alla 2014. ja 2015. aasta kolme esimest kuud; jaanuar, veebruar ja märts. Tegu on lühikese perioodiga, mistõttu 2014. ja 2015. võiks pakkumine samal aastaajal olla lineaarselt analüüsitav. Antud juhul on hüdroreservuaaride tase sama, mis võimaldab uurida kahte ajaperioodi, põhiliseks muutuseks on fossiilsete kütuste hinnad. Rootsi kohta pole tuuleprognoosi 2014. aasta esimese nelja kuu kohta, kuid eeldame, et see tulemust oluliselt ei mõjuta. Samuti me eeldame, et erakorralised sündmused (liinide rikked, jaamade remont) ei mõjuta tehtavaid pakkumisi samuti ei liitu uusi tarbijaid ega tootjaid.

### 3. Analüüs

Analüüsi puhul keskendume alguses nõudluse ja pakkumise aastase dünaamika uurimisele. Seejärel vaatame lähemalt, milline on talvekuude (detsmeber 2014 – veebruar 2015) ja suvekuude (juuni 2015 – august 2015) nõudluse ja pakkumise muutumine.

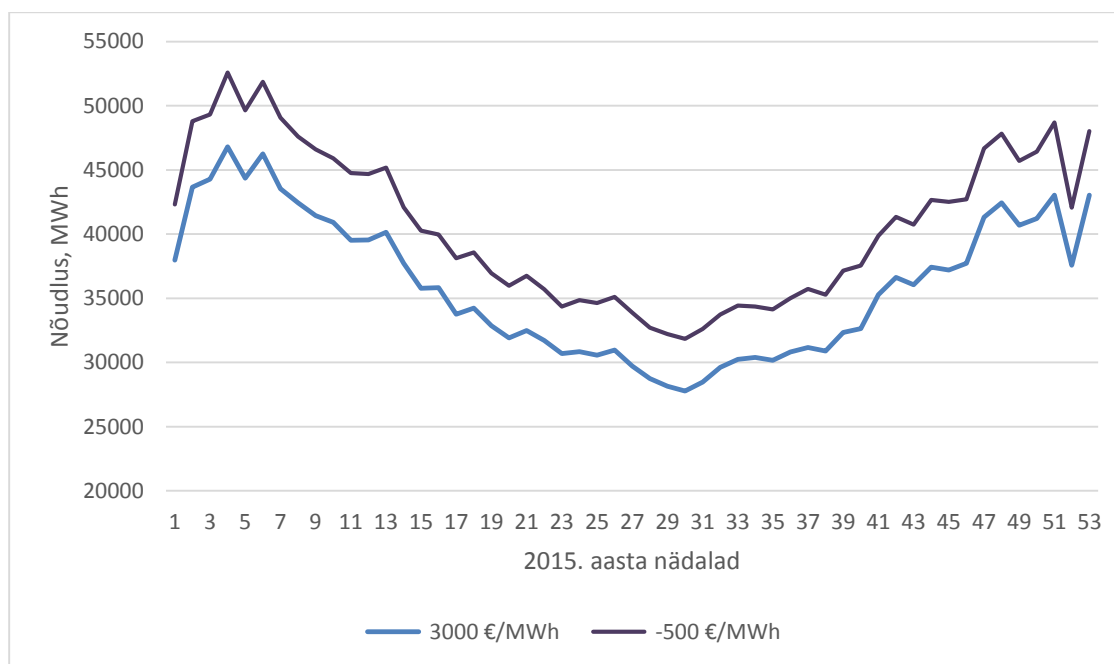
#### 3.1.1 Nõudluse aastapõhine dünaamika

Nõudluse muutumisest 2015. aasta jooksul annab hea ülevaate Joonis 3.1. Graafikut läbiv trend on paraboloid, mis saavutab vähima väärtuse suvel ja kõrgeimad väärtused talvel. Talvel on elektrienergia nõudlus suurem, sest elektrit vajatakse rohkem valgustamiseks ning kütte jaoks. Lisaks sellele on näha nõudluse pidevat varieerumist lühikeste ajaperioodide tagant, mille kujutavad lokaalse miinimumi ja maksimumi vaheldumine. Nende perioodide vältel väheneb nõudlus kohati 10 000 MWh võrra võrreldes lokaalse maksimumiga. Analüüsi hilisemas osas, et selgub, et tegu on nädalaste tsüklitega.



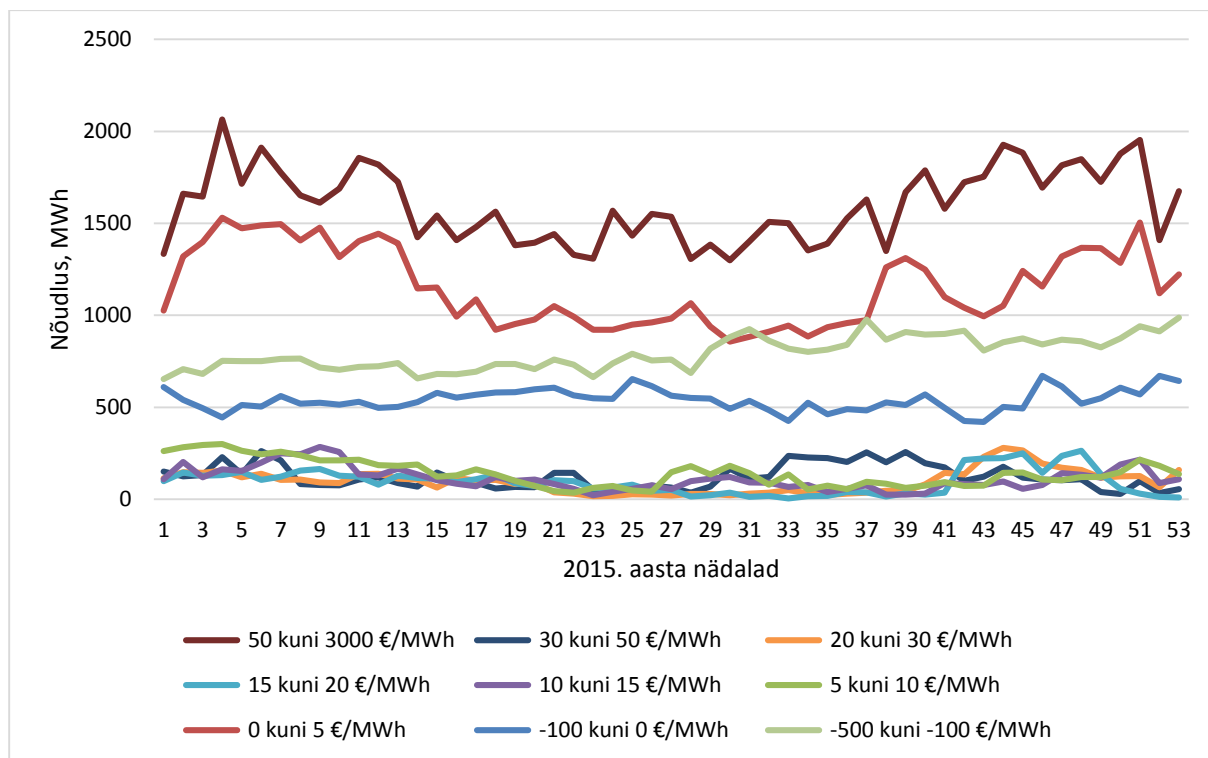
**Joonis 3.1. Nõudluse muutumine 2015. aastal erinevatel hinnatasemetel**

Lihtsuse huvides uurime ainult nõudluse äärmisi väärtusi. Vastavalt Nord Spot'i reeglitele on alumine piirhind -500 €/MWh ja ülemine piirhind 3000 €/MWh. Nendele piirhindadele keskendumine võimaldab jälgida nõudlusgraafiku otspunktide nihkumist aasta jooksul. Joonis 3.2 iseloomustabki nõudluskõvera ülemise ja olumise otspunkti asukoha muutumist (täpsemalt piirhindadele vastava nõudluse muutumist).



**Joonis 3.2. 2015. a nädalate keskmine piirhindadele vastav nõudlus**

Antud kahe graafiku kaugus kajastavad nõudluskõvera projektsiooni x-teljele. Uurides, kuidas nõudlus muutub nõudlus piirhindade vahel sõltuvalt aastaajast, näitab **Error! Reference source not found.** et talvel on nõudluse teoreetiline suurenemine 5000 MWh'd (kui hind peaks langema 3000 €/MWh'lt 50 €/MWh-ni). Suvel vastab samale hinnamuutusele ainult 4000 MWh lisandumine. Seega tarbimine on absoluutväärtuselt hinnatundlikum talvel, kui nõudlus on suurem. Seda muutust võib seletada sellega, et talvel on rohkem tarbimist, mida saab ajaliselt nihutada. Sellise tarbimine näide võiks olla eelkõige elektriküte. Lisaks suureneb talvel nõudlus oluliselt vahemikus hinna alanemisel 5-0 €/MWh-ni. Kuna tegu on hooajase nõudlusega, võib oletada, et tegu on küttega või ka pumphüdrojaamadega, kes on valmis selles hinnavahekes elektrit ostma, salvestamaks energiat reservuaaridesse et seda hiljem kallima hinnaga maha müüma. Nimelt on reservuaaride täituvue aste talvel väiksem kui suvekuudel. Teistes hinnavahekes nõudlus aasta jooksul absoluutväärtuselt nii palju ei muutu.



**Joonis 3.3. 2015. aasta nõudluse lisandumine hinna alanedes.**

### 3.1.2 Nõudluse nädalapõhine dünaamika

Keskmete väärtuste arvutamiseks kasutame talveperioodi 01.12.2014-28.02.2015 ja suveperioodi 01.06.2015-31.08.2015. Talvise ja suvise nõudluse muutumist kajastavad joonised ja tabelid töö lisas L.2 kuni L.11.

Nõudluse muutumine järgib kindlat ööpäevast ja nädalast rütmi. Ööpäevane tsükkel algab nõudluse vähenemisega öötundidel, saavutades miinimumi kella 2-3 vahel ja seejärel hakkab nõudlus tõusma, saavutades hommikuse tippu kella 8-9 paiku. Seejärel hakkab nõudlus vaikselt langema. Talvekuudel järgneb lõunasele langusele teine tipp õhtul kella 17-18 paiku, millele järgnev langus kestab järgmise päeva ehk uue tsükli öötundideni. seega järgmise tsükli algusesse. Suvekuudel on päevadel ainult üks tarbimise tipp hommikupoolikul, millele järgnevalt nõudlus langeb järk-järgult. Suvel esineb selle languse ajal varajastel õhtutundidel nõudluse väike suurenemine, mis ei muuda aga üldise languse dünaamikat päeva teises pooles.

Nädalapõhines tsükliks eristub kaks osa: kõrgema nõudlusega tööpäevad ja madalama nõudlusega nädalavahetus. Seejuures nõudluse langus puudutab eelkõige päevast aega.

Ilmneb, et tööpäevadel ja nädalavahetuse öötundidel on nõudlus sama. Seega võid järeldada, et tarbimise iseloom öösiti palju ei muutu. Eraldi tasub välja toomist see, et laupäeval ja pühapäeval on nõudluse suurem tipp päeva teises pooles, välja arvatud laupäev suvekuudel, millel on kaks võrdset tippu.

Nõudluse muutumise analüüsimine hinnavaheemike kaupa annab meile esialgse pildi kuidas nõudlus reageerib turuhinnale. Lähtume nõudlusest hinnaga 3000€/MWh ja uurime, kuidas nõudlus suureneb kui hind langeb. Osutub, et tarbijate reaktsioon väljendatuna nõudluse muutusega varieerub ning muutuse amplituudid sõltuvad ööpäeva ajast ja nädalapäevast. Samaselt nõudlusega, mis muutub ajas, muutub ka nõudluse elastsus ööpäeva ja nädala jooksul.

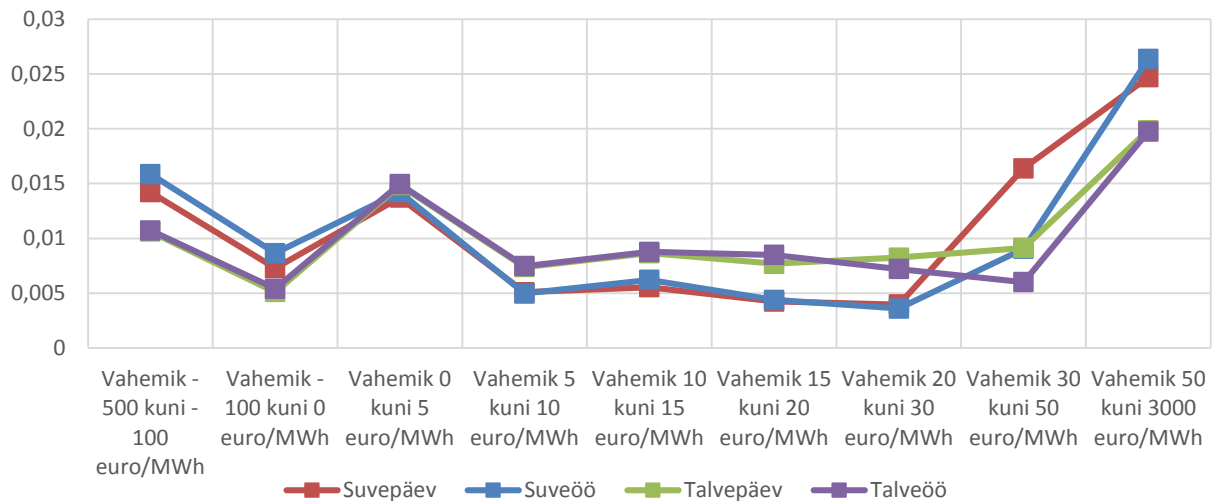
Hinnatundlikkus muutub teatud hinnavaheemikes tsükliliselt. Nendeks vahemikeks on (hinna alanemise järjekorras) 3000 kuni 50€/MWh; 50 kuni 30 €/MWh, 5 kuni 0 €/MWh, 0 kuni -100 €/MWh ja -100 kuni -500 €/MWh. Nendes on nõudluse muutumise absoluutarvult ka märkimisväärt.

Väikem muutus toimub hinnavaheemikes 30-20 €/MWh, 20-15 €/MWh, 10-5 €/MWh. Antud vahemikud moodustavad hinnavaheemiku 5-30 €/MWh, milles kujuneb igapäevane hind. Ilmselt selles vahemikus tarbijad hinnale erilist tähelepanu ei pööra. Nii kõrgemate kui ka madalamate hindade puhul on kõige tõenäolisemaks nõudluse optimeerijaks suuremad tarbijad, kellel on vajadust ning võimalusi turuhinda operatiivselt jälgida.

### **3.1.3 Nõudluse elastsus**

Joonis 3.1 ilmsetab kuidas muutub nõudluse elastsus suve päeval, suve ööl, talve päeval ja talve ööl. Talviste andmete arvutamiseks on võetud 01.2014, 02.2014, 12.2014-02.2015.

Suviseks perioodiks on 2014 ja 2015. a suvekuud. Päevseks ajaks on võetud kell 08:00 kuni 19:59 ja öiseks ajaks 20:00-07:59. Näeme, et kõrgemate hindade juures on elastsus kõrgem. See tähendab, et mingi osa tarbijatest on elektrihinna suhtes tundlikud. Näeme, et päeviti on elastsus reeglina suurem kui öösiti. See tähendab, et suvel on rohkem tarbijaid, kes saavad vajadusel tarbimist vähendada. Samas talveöö ja –päeva ning suveöö- ja päeva graafikud kulgevad enamikes vahemikes koos, erinevused ilmnevad alles kõrgemate hindade juures.



**Joonis 3.1. Elastuse muutumine eri hinnavaheikes**

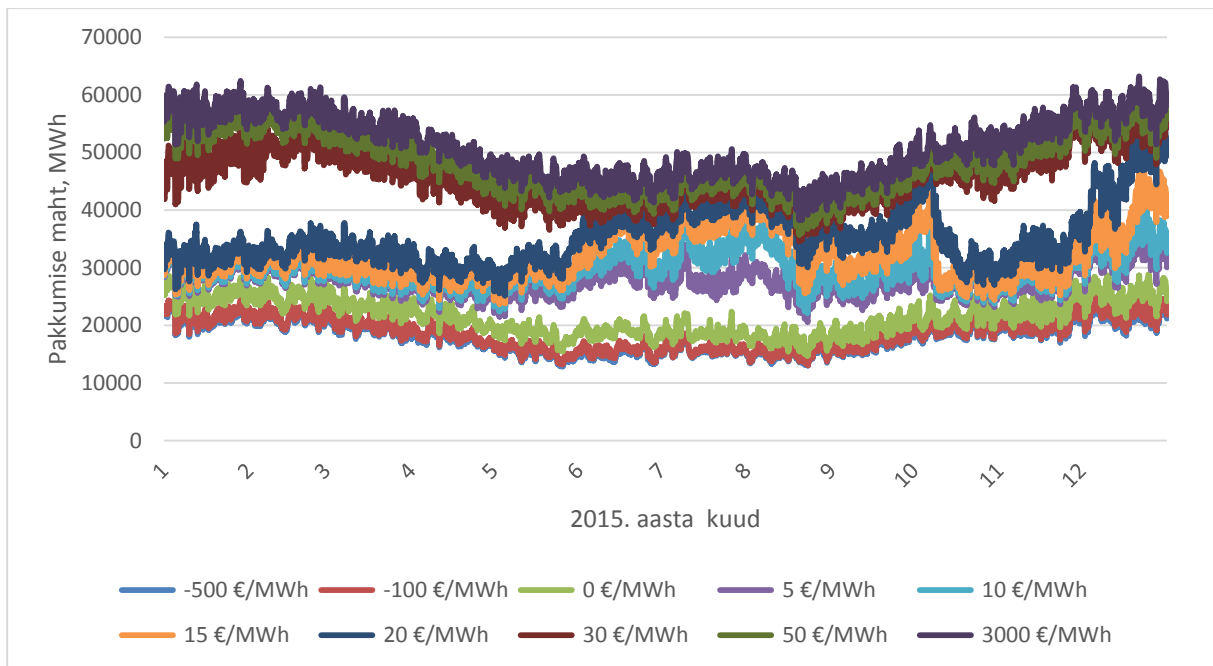
## 3.2. Müügi pakumise dünaamika

### 3.2.1 Pakumise aastane dünaamika

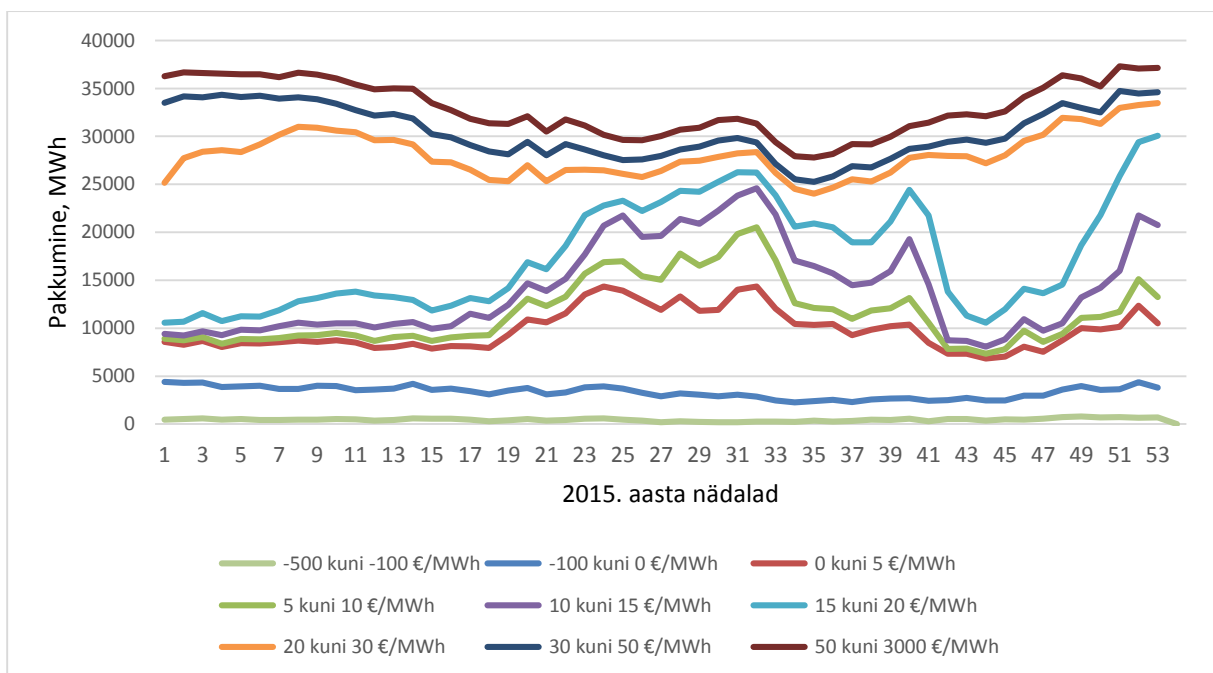
Pakkumise dünaamika analüüsi puhul on huvitav tähelepanu pöörata graafiku kolmele osale:

- Miinimumhinnaga -500 €/MWh pakutava võimsuse muutusele aasta lõikes. See on lähtepunkt millele rajaneb kallima hinnaga tehtud pakkumine
- Summaarne võimsuse pakkumine hinnaga 3000€/MWh
- Vahepealsete hinnatasetega pakutavad võimsused

Joonis 3.4 kajastab, kuidas pakkumine muutub aasta vältel. Joonis 3.5 on ära toodud pakkumiste muutumine aasta lõikes, seejuures graafiku parema arusaadavuse huvides on koostamisel kasutatud nädala keskmisi väärtusi.



**Joonis 3.4. Pakkumise muutumine 2015. aastal**



**Joonis 3.5 2015. a nädalakeskmised pakkumised hinnavahe miike kaupa**

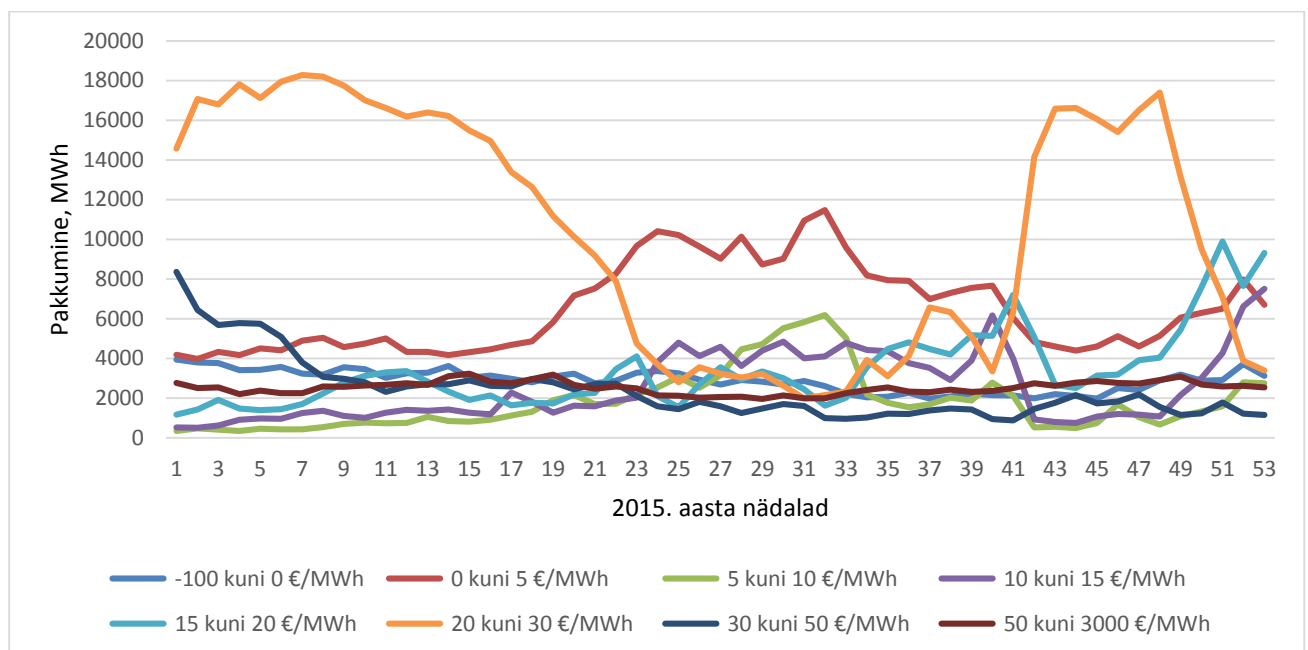
Pakkumine hinnatasemel -500€/MWh väheneb talviselt maksimumilt suveks miinumini. Samuti väheneb summaarne pakkumine hinnaga 3000€/MWh suveks võrreldes talvega ligi



10 000 MWh võrra 50 000 MWh-ni, ehkki paigaldatud tootmisvõimsus nii lühikese ajaga muutuda ei saa.

Nende piirhindade vahele jäävates hinnavaheemikes tehtud pakkumised muutuvad aasta jooksul samuti. Joonis 3.6 on kujutatud erinevates hinnavaheemikes tehtud pakkumised. Näeme, et aasta jooksul kõigile hindadele vastavad pakkumised muutuvad.

Teatud hinnavaheemikes, nagu 0-5 € ning 20-30 € muutb pakkumine aasta jooksul märkimisväärselt. See asjaolu annab alust arvata, et hinnamuutus on põhjustatud pakkumise hooajalise hinnastamise muutumisest. Eriti huvitav on pakkumise järsk vähenemine hinnavaheemikus 20-30€/MWh jõuludeeelsel ajal.



**Joonis 3.6 Hinnavaheemikes pakutavad võimsused. Nädalakeskmised väärtused.**

### 3.2.2 Pakkumise nädalapõhine dünaamika

Nädalaste muutuste uurimiseks koostame leiame lähteandmete põhjal nädala igale tunnile vastava pakkumise määratud hindadega. Keskmiste väärtuste arvutamiseks kasutame talveperioodi 01.12.2014-28.02.2015 ja suveperioodi 01.06.2015-31.08.2015.

Talvise ja suvise pakkumise muutumist kajastavad joonised ja tabelid töö lisas L.12 kuni L.21. Saadud anded näitavad, et suvel pon pakkumine väiksem kui talvel.

Samas pole suvise pakkumise puhul nädalasisest muutumist, küll on aga ööpäevane muutumine. Pakkumise ööpäevane muutumine sarnaneb selles mõttes nõudluse mutumisega. Öösiti väheneb summaarne pakkumine ja pakkumine paljudes hinnavahemikes, suurenedes ainult vahemikes 30-50 €/MWh ja 50-3000 €/MWh.

### 3.2.3 Pakkumise regressioonianalüüs

Regressioonianalüüs on tehtud mitmese lineaarregressiooni mudeli baasil. Ajavahemikuks on valitud 2014. ja 2015. aasta kolm esimest kuud, kuna neil kahel aastal olid hüdroreservuaarid samadel kuudel peaaegu et võrdsel määral täidetud. Samas oli 2014. ja 2015. aastal erinevad fossiilsete kütuste hinnad. Kuna tarbimine muutub ka ööpäevaringselt ja seda meie analüüsivõrrand ei arvesta, uurime ainult pakkumise puutumist tööpäevadel kellavahemikus 10:00-17:59. Selline andmete valik vähendab müra lõpptulemus. Kontrollime sisendite kollineaarsust. Tabel 3.2 näitab, et saame antud sisendfakoteid kasutada, kuna ükski kahe erineva faktori vaheline korrelatsioon pole 0,85 või kõrgem.

**Tabel 3.2. Sisendite kollineaarsuse kontroll**

	<i>Elektrihind</i>	<i>Hüdroreservuaaride tase</i>	<i>Gaasihind</i>	<i>Sõehind</i>	<i>Prognoositud tuuleenergia</i>
Elektrihind	1,00				
Hüdroreservuaaride tase	0,76	1,00			
Gaasihind	0,51	0,29	1,00		
Sõehind	0,51	0,55	0,55	1,00	
Prognoositud tuuleenergia	-0,28	0,14	-0,51	-0,08	1,00

Regressioonianalüüsi tulemused on ära toodud lisas L.22. Kuna sisendandmete dimensioonid on erinevad, siis tabelis kajastatud kordajate tähendus on mõnevõrra erinev. Positiivne kordaja tähendab pakkumise suurenemist andud hinnaga (hinnavahemikus) lähteteguri väärtuse suurenemisel. Negatiivne kordaja tähendab pakkumise vähenemist. Samuti tuleb tulemuste uurimisel tähelepanu pöörata korrelatsioonimäära ruudule  $r^2$ , mis näitab kui suure osa väljundsuuruse muutumisest antud regressioonivõrrand kirjeldab. Selgub, et  $r^2$  keskmine väärtus on 0,7 ringis. Seega 0,7 pakkumise muutumisest on seletatud antud regressioonianalüüsiga.

Peab arvestama, et saadud regressioonivõrrandi tulemused sõltuvad sellest kuidas võrrandit koostada (milliseid sisendsuursusi kasutada), seetõttu on tähtis ka tulemuste analüütiline hindamine. Samuti ei anna tulemused väga täpset ülevaadet sisendsuuruste mõjust

väljundsuurusele. Pigem võimaldavad tulemused sisendite ja väljundite vahelisi seoseid hinnata.

Lineaarregressiooni tulemus on tehtud eraldi iga hinnaga pakutava võimsuse kohta ning iga hinnavahelemikus pakutava võimsuse kohta. Tulemus lubab meil arvata, et tuuleenergiat pakutakse turul juba -500 €/MWh juures ja et selle pakkumine suureneb ka 0 €/MWh juures. Lisaks näitab analüüs pakkumise muutumise ja fossiilsete kütuste hinna muutumise vahelist seost hinnavahelemikus 20-30 €/MWh ja 30-50 €/MWh. Esimeses hinnavahelemikus suureneb pakkumine, kui fossiilsete kütuste hinnad on madalad (negatiivse kordaja), teises vahemikus suureneb pakkumine kõrgemate kütuste hinna puhul (positiivne kordaja).

Huvitav on ka pakkumise suurenemine paljudes hinnavahelemikes süsteemihinna suurememisel. Näiteks kordaja -500 €/MWh puhul pakkumiste puhul on 190 MWh. See tähendab, et kui süsteemihind tõuseb 5€ võrra, suureneb pakkumine antud hinna juures

$$\frac{5\text{€}}{\text{MWh}} \times 190\text{MWh} = 950\text{MWh}$$

võrra.

Seevastu hinnavahelemikus 20-30 €/MWh pakkumine kõrgema hinna juures väheneb tunduvalt. Võib arvata, et see on põhjustatud hüdrojaamade poolt muudetud pakkumised, arvestades alternatiivkulu suurenemist kõrgema hinna juures.

## Järeldus

Nõudluse uurimisel, jõudsime järelduseni, et nõudlus muutub aasta siseselt, olles maksminaalne talvekuudel ja vähenedes suvel. See on kooskõlas ka antud Nord Spot' turupiirkonna tarbimise muutumisega. Uurides nõudluse dünaamikat lühema perioodi kohta, selgus, nõudlus, et nõudlus muutub nädalapõhistes tsüklites ja ka ööpäevastes tsüklites. Huvitav on märkida, et nõudluse miinimum talvekuude öösel nädala sõltuvalt päevast ei muutu, kuid suvel muutub nõudles ka erinevate nädalapäevade ööde lõikes. Üldiselt on nädalase tsükli päevase osa madalaim väärtus nädalavahetustel. Seejuures olid talvekuude ja suvekuude päevased tsüklid üksteisest erinevad. Talvel on päevasel nõudlusel kaks tippu, üks hommikupoolikul ja teine õhtupoolikul. Suvise nõudlusel on maksimaalne väärtus hommikupoolikul. Neid asjaolusid saab selgitada sellega, et talvel on elektri tarbimise põhjused teised. Talvel on elektri nõudlus suurem elektrikütte ning valgustuse tõttu. Ka nõudluse teine tipp talvistel päevadel on seotud ilmselt valgustamise ja küttega.

Uurides nõudluse elastust aasta jooksul (talvise ja suvise tüüp-nädala põhjal), siis jõudsime järeldusele, et erinevused on eelkõige päevase ja öise väärtuse vahel, seda nii suvel kui ka talvel. Päevase nõudluse elastsuse mõnevõrra suurem väärtus tuleneb ilmselt asjaolust, et päevane tarbimine on paindlikum ehk päevasel ajal leidub tarbijaid, kes on valmis elektritarbimisest loobuma või tarbimise ajaliselt nihutama madalama hinnaga ajale.

Pakkumise muutumise puhul on samuti tähtis muutus aasta siseselt. Summaarne pakutav võimsus väheneb suvel võrreldes talvisega. Erinevate hindadega tehtud pakkumise analüüs näitas, et pakkumine väheneb eelkõige nende pakkumiste osas, mida tehaks negatiivse hinnaga -500€/MWh. Vastavalt pakkumise hinnastamise teoreetilisele materjalile, võib öelda, et negatiivses piirkonnas teevad pakkumis soojusjaamad. Nendel jaamadel on osa võimsusest, mida pole võimalik reguleerida.

Seda seisukohta võib toetada ka asjaoluga, e Nord Spot'i illustreerival graafikul muutub tuuma- ja fossiilsete jaamade toodetav elektrienergia aasta lõikes samamoodi kui antud töös leitud negatiivse hinnaga tehtavate pakkumiste muutus.

Regressioonianalüüs näitas, et on olemas seos päev-ette tehtud tuuleprognoosi ja pakkumise muutmises negatiivstel hinnatasemel. Hinnanguliselt võib öelda, et ligi 0,65 kogu tuuletoodangust lisandub pakkumiskõverasse juba hinnal -500€/MWh. Edasine tuuleenergia pakkumise lisandumine toimub veel vahemikus -100 kuni 0€ /MWh.

Pakkumised hinnapiirkonnas 0-30€/MWh on peaauglikult hüdroenergia pakkumised. Seda ilmestab asjaolu, et pakkumised antud piirkonna hinnavahekes muutuvad olulisel määral talvel ja suvel, nagu ka hüdrojaamade reservuaaride tase. Arvestades hüdroenergia suurt paigaldatud tootmisvõimsust, on antud seisukoht tõepärane.

Rääkides hooajalistest muutustest pakkumises on kaks iseäralikku vahemikku. Esiteks, talvine pakkumine hinnavahekes 20-30 €/MWh, mis ulatub 16 000 MWh-ni, kaob suvel praktiliselt ära. Teiseks, suvel domineerib hinnavahekes 0-5€/MWh olev pakkumine, mille maht on 10 000 MWh. Mahu poolest on see pakkumise suurenemine 6000 MWh võrra antud hinnavahekes (11-kordne suurenemine) võrreldes talvega. Lisaks on pakkumiste maht vahemikus 10-15 €/MWh talvel praktiliselt olematu, ent suveks tõuseb 4000 MWh-ni (6-kordne suurenemine võrreldes talvega). Samas väheneb suveks pakkumine hinnavahekes 20-30 €/MWh ligi 11 000 MWh võrra, olles talvisest pakkumisest 5 korda väiksem.

Antud hinnangut tugevdab asjaolu, et nendes hinnavahekes leiab aset pakkumise vähenemine öösel, mis võib olla seletatav tootmise hüdrojaamade töökorra optimeerimisega. Hüdrojaamade pakkumise optimeerimise aluseks on asjaolu, et juuredevool ei võimalda rohem toota kui teatud arv tunde päevas. Seetõttu tehakse tootmispakkumine ainult kõrgema süsteemihinnaga ajale, suurendamaks oma kasumit.

Regressioonianalüüs lubab eeldada, et vahemikus 20-30 €/MWh asuvad samuti gaasi – ja kivisõejaamade poolt tehtavad pakkumised. Antud jaamade pakkumiste maht siin vahemikus sõltub energiakandjate hindadest. Kui gaasi ja kivisõe hinnad tõusevad, väheneb antud jaamade poolt pakkumine antud hinnavahekes ja suureneb järgmises hinnavahekes, milleks on 30-50 €/MWh.

Vahemikus 30-50€/MWh on vastavalt regressioonianalüüsile see vahemik, kuhu lisandub tootmisvõimsus gaasi-ja kivisõejaamade marginaalkulude tõusmisel. Lisaks saab antud vahemikus identifitseerida koostootmisjaamu (mis ilmselt samuti kasutavad kivisütt või gaasi). Visuaalne analüüs näitas, et antud vahemikus suureneb elektripakkumine öösiti, kui koostootmisjaamade soojuskoormus on suurem. Pakutava võimse hulka antud vahemikus sõltud fossiilsete kütuste hinnast; hindade langemisel siirdub osa võimsusest alumisse hinnavahekesse.

Hinnavahekes 50-3000 €/MWh suureneb pakkumine talveõödel. Põhjuseks võiks olla see, et siin hinnapiirkonnas teevad hinnapakumisi koostootmisjaamad, kes varustavad tarbijaid keskküttega. Suveõödel on aga pakkumise öine suurenemine võrreldes päevase ajaga väikem;

suvel on ühtlasi väiksem vajadus keskkütte järgi. Üldiselt on siin piirkonnas pakkumine aasta ringi enam-vähem samal tasemel.

## Lõputöö kokkuvõte

Antud magistritöös analüüsiti nõudluse ja pakkumise uurimist Nord Pool'i piirkonnas. Me leidsime, et nõudlus ja pakkumine muutuvad ajas. Seejuures ajalisi tegureid on kolm: kellaeg päeval, päeva tüüp (tööpäev või nädalavahetus) ja aastaeg (talv või suvi).

Nõudluse puhul uurisime eraldi selle elastsust. Osutus, et absoluutväärtuselt suureneb tarbimine hinna alanedes kõige enam talvapäevadel ja kõige vähem suveöödel. Lisaks uurisime elastsuskoeffitsienti ning selgus, et elastsuskoeffitsient kui nõudluse protsentuaalne muutus tundub ei erine aastaegade lõikes, küll aga muutub päevaaja lõikes.

Pakkumise puhul analüüsisime summaarset pakkumist ning erinevate hinnavahemike dünaamikat aastasiseselt, andes hinnangu sellele, millised jaamatüübid teevad konkreetsetes hinnavahemikes pakkumisi.

Edasise uurimise aineks võiks olla nõudluse ja pakkumise analüüsimine, arvestades Nord Pool'i poolt edastatavaid teateid liinirikete ja tootmisvõimsuste vähenemise tõttu (jaama konserveerimise või remondi tõttu). Huvitav oleks analüüsida hinnatekkemehhanisme lähtuvalt nõudluse ja dünaamika muutumisest. Samuti regressioonianalüüsi võiks edasi arendada, arvestamaks rohkem tegureid ning ka mittelineaarsust sisendfaktorite ja väljutsuuruse vahel.

# Kirjandus

- [1 I. Wangensteen, Power System Economics - the Nordic electricity Market.  
]
- [2 E. Hjalmarsson, „Nord Pool: A Power Market Without Market Power“.  
]
- [3 E. S. Amundsen ja L. Bergman, „Why has the Nordic Electricity Market Worked so Well?“, [Võrgumaterjal].
- [4 P. Cramton, „Competitive Bidding Behaviour in Uniform-Price Auction Markets“,  
] *Proceedings of the 37th Hawaii International Conference on System Sciences* , pp. 1-11, 2004.
- [5 OECD, The Power to Choose. Demand Response in Liberalised Electricity Markets, 2003.  
]
- [6 T. Bye ja P. V. Hansen, „How do Spot prices affect aggregate electricity demand?“,  
] [Võrgumaterjal].
- [7 Elering, „Elektrituru käsiraamat“, 2012. [Võrgumaterjal]. Available:  
] [http://elering.ee/public/Infokeskus/Elektrituru\\_kasiraamat.pdf](http://elering.ee/public/Infokeskus/Elektrituru_kasiraamat.pdf).
- [8 Nord Pool, „History“, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.nordpoolspot.com/About-us/History/>.
- [9 „ENTSO-E Transparency Platform“, [Võrgumaterjal]. Available:  
] <https://transparency.entsoe.eu/>.
- [1 Nord Pool, „Historical market Data“, [Võrgumaterjal]. Available:  
0] <http://nordpoolspot.com/historical-market-data/>.
- [1 „Statoil to permanently close 420 MW Kårstø plant“, 11 March 2016. [Võrgumaterjal].  
1] Available: <http://gastopowerjournal.com/contact/item/6005-statoil-to-permanently-close-420-mw-karsto-plant>.
- [1 J. Jansrud, „Kårstø kan bli stående stille til 2015“, [Võrgumaterjal]. Available:



- 2] <https://www.ge.no/2012/09/12/karsto-kan-bli-staende-stille-til-2015/>.
- [1 „Pohjolan Voima,“ [Võrgumaterjal]. Available:
- 3] [http://www.pohjolanvoima.fi/en/newsroom/news/276/mussalo\\_power\\_plant\\_in\\_kotka\\_to\\_be\\_dismantled\\_-\\_permanent\\_reduction\\_in\\_load-following\\_capacity](http://www.pohjolanvoima.fi/en/newsroom/news/276/mussalo_power_plant_in_kotka_to_be_dismantled_-_permanent_reduction_in_load-following_capacity).
- [1 Suomen Voima, „Kanteleen Voima Oy,“ [Võrgumaterjal]. Available:
- 4] <http://www.suomenvoima.fi/en/production/kanteleenvoimaoy>.
- [1 Fortum, 13 August 2013. [Võrgumaterjal]. Available:
- 5] <http://www.fortum.com/en/mediaroom/pages/fortum-to-discontinue-electricity-production-at-inkoo-coal-fired-power-plant-in-finland.aspx>.
- [1 OKG. [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.okg.se/en/Media/News/Oskarshamn-1-to-go-offline-in-2017/>.
- [1 World Nuclear News, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.world-nuclear-news.org/C-7-Vattenfall-opts-for-early-closure-of-Ringhals-units-2804154.html>.
- [1 Euroopa Liidu Teataja, „EUROOPA PARLAMENDI JA NÕUKOGU DIREKTIIV 8] 2012/27/EL,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:315:0001:0056:ET:PDF>.
- [1 [Võrgumaterjal]. Available: <https://sweden.se/society/energy-use-in-sweden>.
- 9]
- [2 Tilastokeskus, „Energy supply and consumption,“ [Võrgumaterjal]. Available:
- 0] [pxnet2.stat.fi](http://pxnet2.stat.fi).
- [2 Statistics Sweden, „Electricity supply and use 2001–2014 (GWh),“ [Võrgumaterjal].
- 1] Available: [http://www.scb.se/en\\_/Finding-statistics/Statistics-by-subject-area/Energy/Energy-supply-and-use/Annual-energy-statistics-electricity-gas-and-district-heating/Aktuell-Pong/6321/24270/](http://www.scb.se/en_/Finding-statistics/Statistics-by-subject-area/Energy/Energy-supply-and-use/Annual-energy-statistics-electricity-gas-and-district-heating/Aktuell-Pong/6321/24270/).
- [2 Danish Energy Agency, [Võrgumaterjal]. Available:
- 2] <http://www.ens.dk/sites/ens.dk/files/info/tal-kort/statistik-noegletal/aarlig-energistatistik/energystatistics2012.pdf>.
- [2 Danish Energy Agency, [Võrgumaterjal]. Available:

- 3] <http://www.ens.dk/sites/ens.dk/files/info/tal-kort/statistik-noegletal/aarlig-energistatistik/energystatistics2014.pdf>.
- [2 Statistics Norway, [Võrgumaterjal]. Available:  
4] <https://www.ssb.no/statistikkbanken/selectvarval/saveselections.asp>.
- [2 Nord Pool, „Producers,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://nordpoolspot.com/How-does-it-work/The-market-members/Producers/>.
- [2 Elering, [Võrgumaterjal]. Available: <http://elering.ee/taastuenergia-toetus/>.
- 6]
- [2 Energimyndigheten, „Statistik Elcertifikat,“ [Võrgumaterjal]. Available:  
7] <https://cesar.energimyndigheten.se/WebPartPages/AveragePricePage.aspx>.
- [2 B. Steffen ja C. Weber, „Optimal operation of pumped-hydro storage plants with  
8] continuous time-varying power prices,“ 2016. [Võrgumaterjal]. Available:  
<http://www.journals.elsevier.com/european-journal-of-operational-research>.
- [2 M. Nicolosi, „Wind power integration and power system flexibility—An empirical analysis,“ *Energy Policy* 38, p. 7257–7268, 2010.
- [3 X. Guan, Y.-C. Ho ja D. L. Pepyne, „Gaming and Price Spikes in Electric Power  
0] Markets,“ *IEEE TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS*, kd. 16, nr 3, pp. 402-408, 2001.
- [3 D. Kirschen ja G. Cumerayout, „Factoring the Elasticity of Demand in Electricity,“  
1] [Võrgumaterjal]. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>.
- [3 M. Lijesen, „The real-time price elasticity of electricity,“ [Võrgumaterjal]. Available:  
2] <https://www.elsevier.com/>.
- [3 J. Vainu ja V. Vensel, Korrelatsiooni -ja regressioonianalüüs: staatilised kogumid, TTÜ  
3] Kirjastus, 2002.
- [3 Tilastokeskus, „Statistics Finland's PX-Web databases,“ [Võrgumaterjal]. Available:  
4] [http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/en/StatFin/StatFin\\_\\_ene\\_\\_ehi/?tablelist=true](http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/en/StatFin/StatFin__ene__ehi/?tablelist=true).
- [3 Nord Pool, „www.nordpoolspot.com,“ 2014. [Võrgumaterjal]. Available:  
5] [58](https://www.nordpoolspot.com/globalassets/download-center/annual-report/annual-</a></p>
</div>
<div data-bbox=)

report\_nord-pool-spot-2014.pdf.

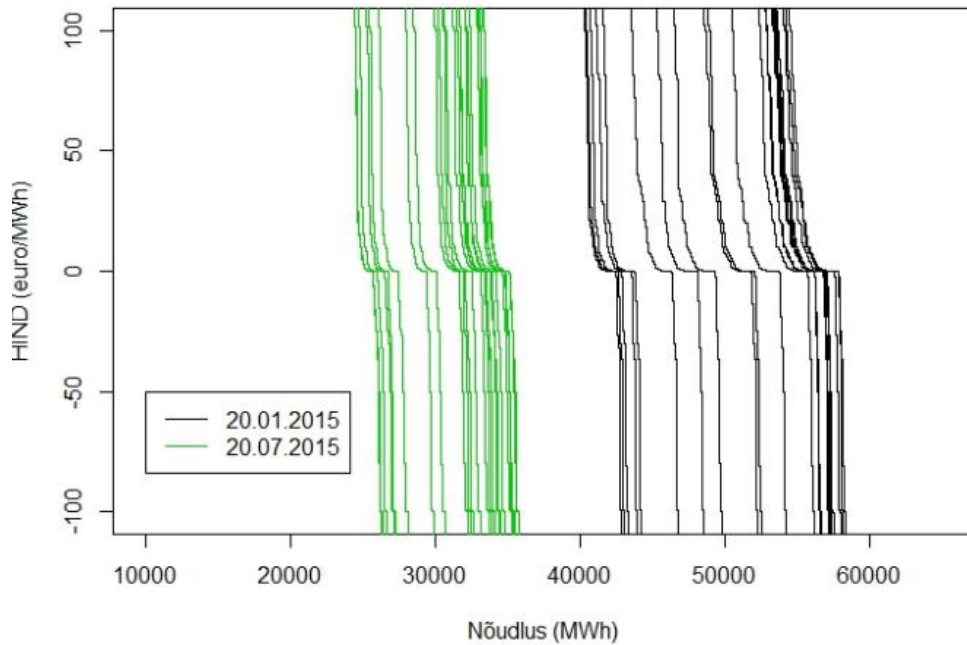
[3 K. Kerem ja M. Randveer, „Mikro- ja makroökonomika põhikursus,“ Külim, Tallinn, 6] 2004.

[3 „Pohjolan Voima,“ [Võrgumaterjal]. Available:  
7] [http://www.pohjolanvoima.fi/en/newsroom/news/342/pohjolan\\_voima\\_s\\_condensing\\_power\\_plants\\_under\\_threat\\_of\\_closure\\_prematurely](http://www.pohjolanvoima.fi/en/newsroom/news/342/pohjolan_voima_s_condensing_power_plants_under_threat_of_closure_prematurely).

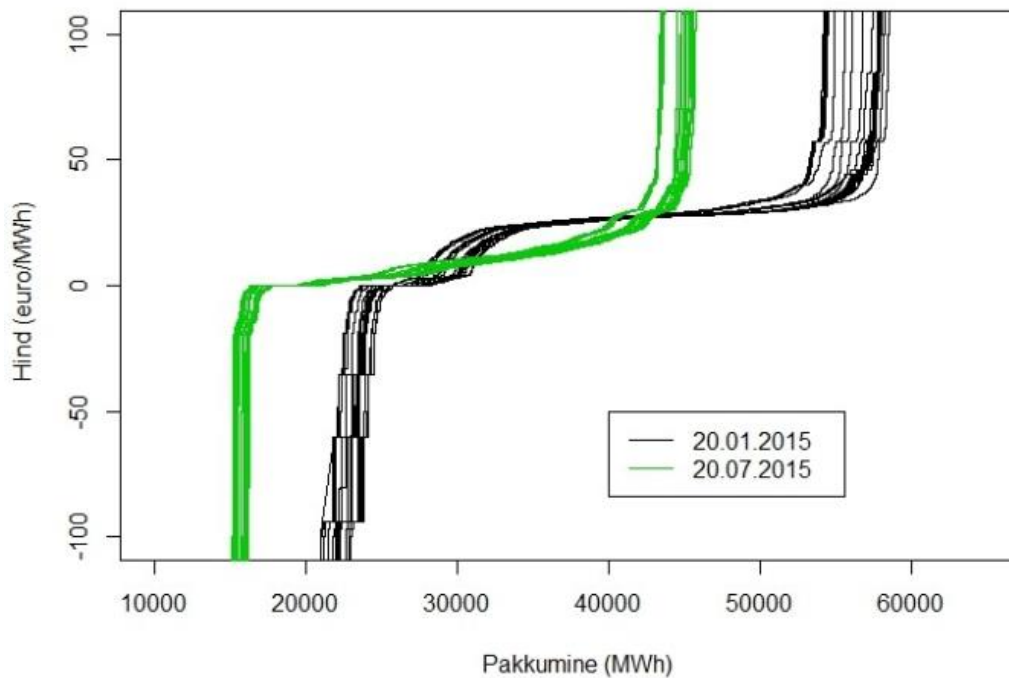
# Lisad

- L.1 Nõudlus- ja pakkumiskõverate dünaamika ööpäeva jooksul
- L.2 Nõudluse muutumine 2014.-2015. a talvel hinnatasemete kaupa (tabel)
- L.3 Nõudluse muutumine 2014.-2015. a talvel hinnatasemete kaupa (joonis)
- L.4 Nõudluse muutumine 2014.-2015. a talvel hinnavahemike kaupa (tabel)
- L.5 Nõudluse muutumine 2014.-2015. a talvel hinnavahemike kaupa (joonis)
- L.6 Nõudluse muutumine 2015. a suvel hinnatasemete kaupa (tabel)
- L.7 Nõudluse muutumine 2015. a suvel hinnatasemete kaupa (joonis)
- L.8 Nõudluse muutumine 2015. a suvel hinnavahemike kaupa (tabel)
- L.9 Nõudluse muutumine 2015. a suvel hinnavahemike kaupa (joonis)
- L.10 2014.-2015. a talve ja 2015. suve nõudluse võrdlus hinnatasemete ja – vahemike kaupa (tabel)
- L.11 2014.-2015. a talve ja 2015. suve nõudluse võrdlus hinnavahemike kaupa (tabel)
- L.12 Pakkumise muutumine 2014.-2015. a talvel hinnatasemete kaupa (tabel)
- L.13 Pakkumise muutumine 2014.-2015. a talvel hinnatasemete kaupa (joonis)
- L.14 Pakkumise muutumine 2014.-2015. a talvel hinnavahemike kaupa (tabel)
- L.15 Pakkumise muutumine 2014.-2015. a talvel hinnavahemike kaupa (joonis)
- L.16 Pakkumise muutumine 2015. a suvel hinnatasemete kaupa (tabel)
- L.17 Pakkumise muutumine 2015. a suvel hinnatasemete kaupa (joonis)
- L.18 Pakkumise muutumine 2015. a suvel hinnavahemike kaupa (tabel)
- L.19 Pakkumise muutumine 2015. a suvel hinnavahemike kaupa (joonis)
- L.20 2014.-2015. a talve ja 2015. suve pakkumise võrdlus hinnatasemete ja – vahemike kaupa (tabel)
- L.21 2014.-2015. a talve ja 2015. suve pakkumise võrdlus hinnavahemike kaupa (tabel)
- L.22 Pakkumise regressioonianalüüs

# L.1. Nõudlus- ja pakkumiskõverate dünaamika ööpäeva jooksul



Joonis 1.1 Nõudluskõverate ööpäevane muutumine 20. jaanuaril 2015 ja 20. juulil 2015

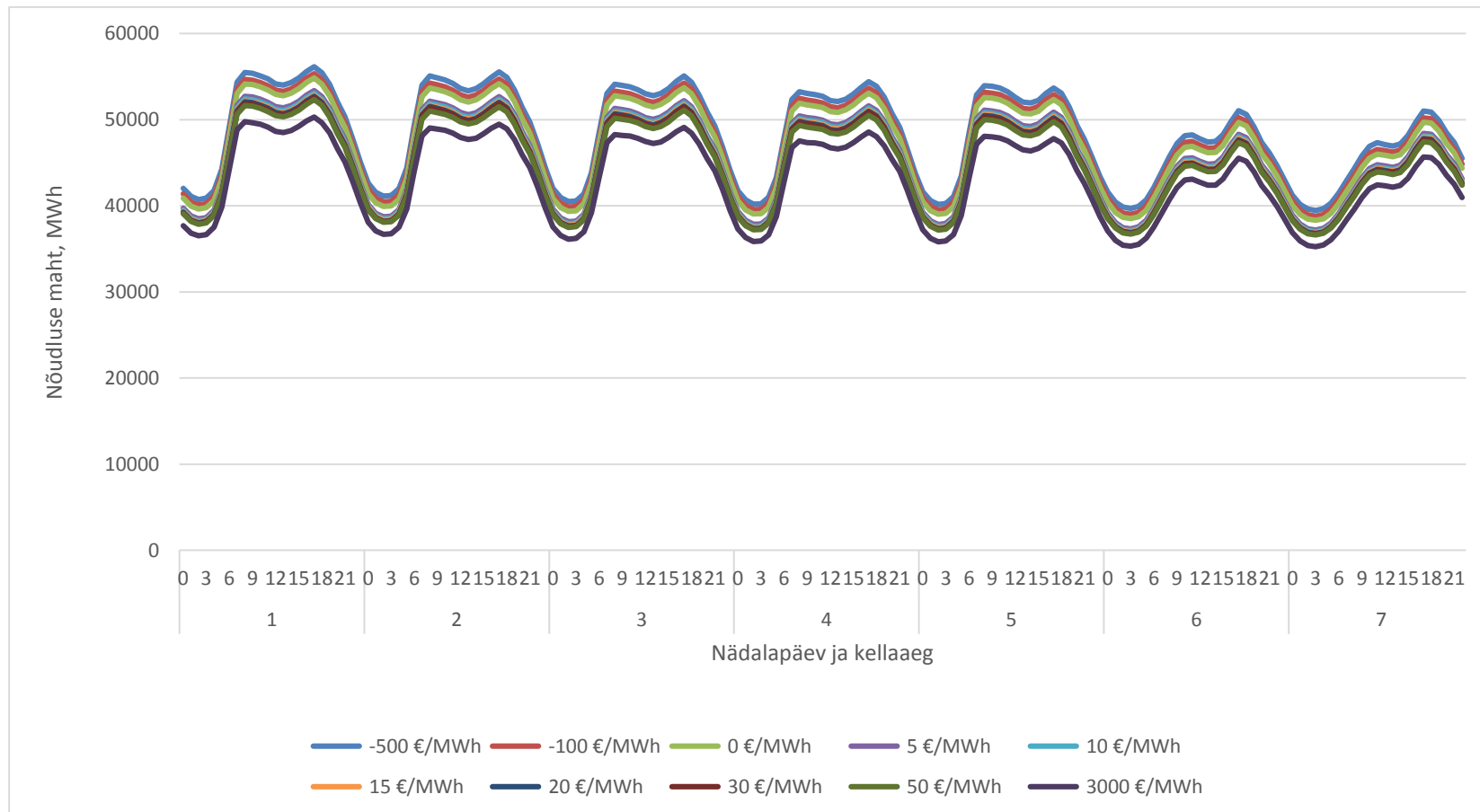


L.1. Joonis 1.2 Pakkumiskõverate ööpäevane muutumine 20. jaanuaril 2015 ja 20. juulil 2015

## L.2. Nõudluse muutumine 2014.-2015. a talvel hinnatasemete kaupa (tabel)

Nõudluse aeg		Elektrienergia perioodi keskmine nõudlus hinnatasemete kaupa, MWh									
		3000 €/MWh	50 €/MWh	30 €/MWh	20 €/MWh	15 €/MWh	10 €/MWh	5 €/MWh	0 €/MWh	-100 €/MWh	-500 €/MWh
Tööpäevadel	Öösel kell 00:00-04:59	37160	38550	38630	38710	38820	38990	39210	40400	40910	41570
	Päeval kell 10:00-21:59	47450	49250	49500	49660	49800	50020	50310	51770	52310	53080
Nädalavahetusel	Öösel kell 00:00-04:59	35820	37220	37290	37380	37480	37620	37830	38980	39490	40160
	Päeval kell 10:00-21:59	43350	44960	45130	45260	45410	45570	45850	47140	47680	48420
		Nõudlus võrreldes tööpäevade päevaste nõudlusega									
Tööpäevadel	Öösel kell 00:00-04:59	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
	Päeval kell 10:00-21:59	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Nädalavahetusel	Öösel kell 00:00-04:59	0,76	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,76	0,75
	Päeval kell 10:00-21:59	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91

### L.3. Nõudluse muutumine 2014.-2015. a talvel hinnatasemete kaupa (joonis)

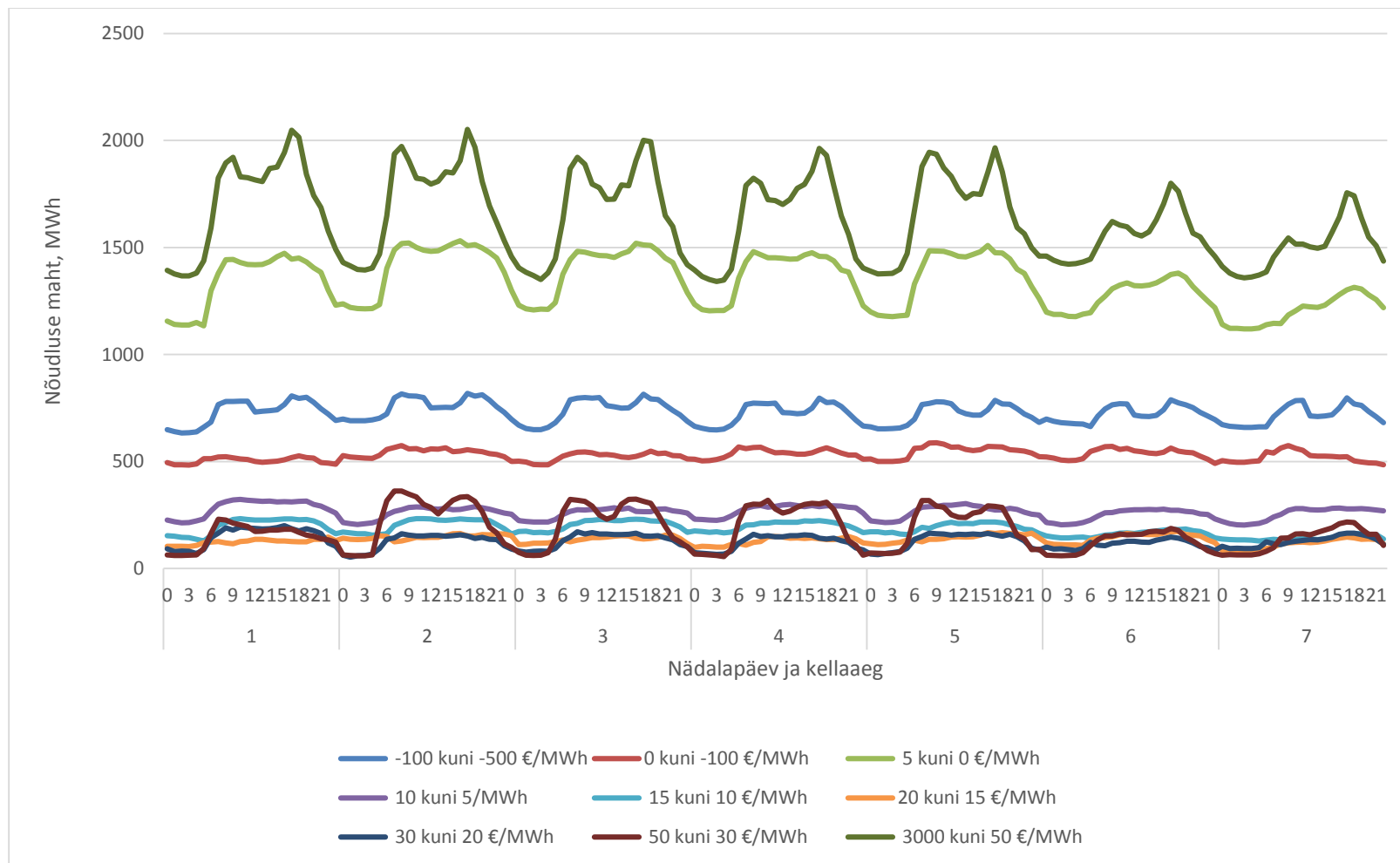


## L.4. Nõudluse muutumine 2014.-2015. a talvel hinnavahemike kaupa (tabel)

Nõudluse aeg		Elektrienergia nõudluse muutumine hinna alanedes, MWh								
		3000 kuni 50 €/MWh	50 kuni 30 €/MWh	30 kuni 20 €/MWh	20 kuni 15 €/MWh	15 kuni 10 €/MWh	10 kuni 5 €/MWh	5 kuni 0 €/MWh	0 kuni -100 €/MWh	-100 kuni -500 €/MWh
Tööpäevadel	Öösel kell 00:00-04:59	1390	80	80	120	160	220	1200	500	660
	Päeval kell 10:00-21:59	1800	250	160	150	220	290	1460	540	760
Nädalavahetusel	Öösel kell 00:00-04:59	1410	60	90	100	140	210	1160	510	670
	Päeval kell 10:00-21:59	1560	140	120	130	160	250	1280	530	720
		Nõudluse muutus võrreldes tööpäevade päevase aja nõudluga (koefitsient)								
Tööpäevadel	Öösel kell 00:00-04:59	0,77	0,31	0,48	0,80	0,74	0,77	0,82	0,94	0,87
	Päeval kell 10:00-21:59	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Nädalavahetusel	Öösel kell 00:00-04:59	0,78	0,25	0,59	0,67	0,64	0,72	0,79	0,94	0,88
	Päeval kell 10:00-21:59	0,86	0,58	0,77	0,89	0,75	0,88	0,87	0,98	0,94



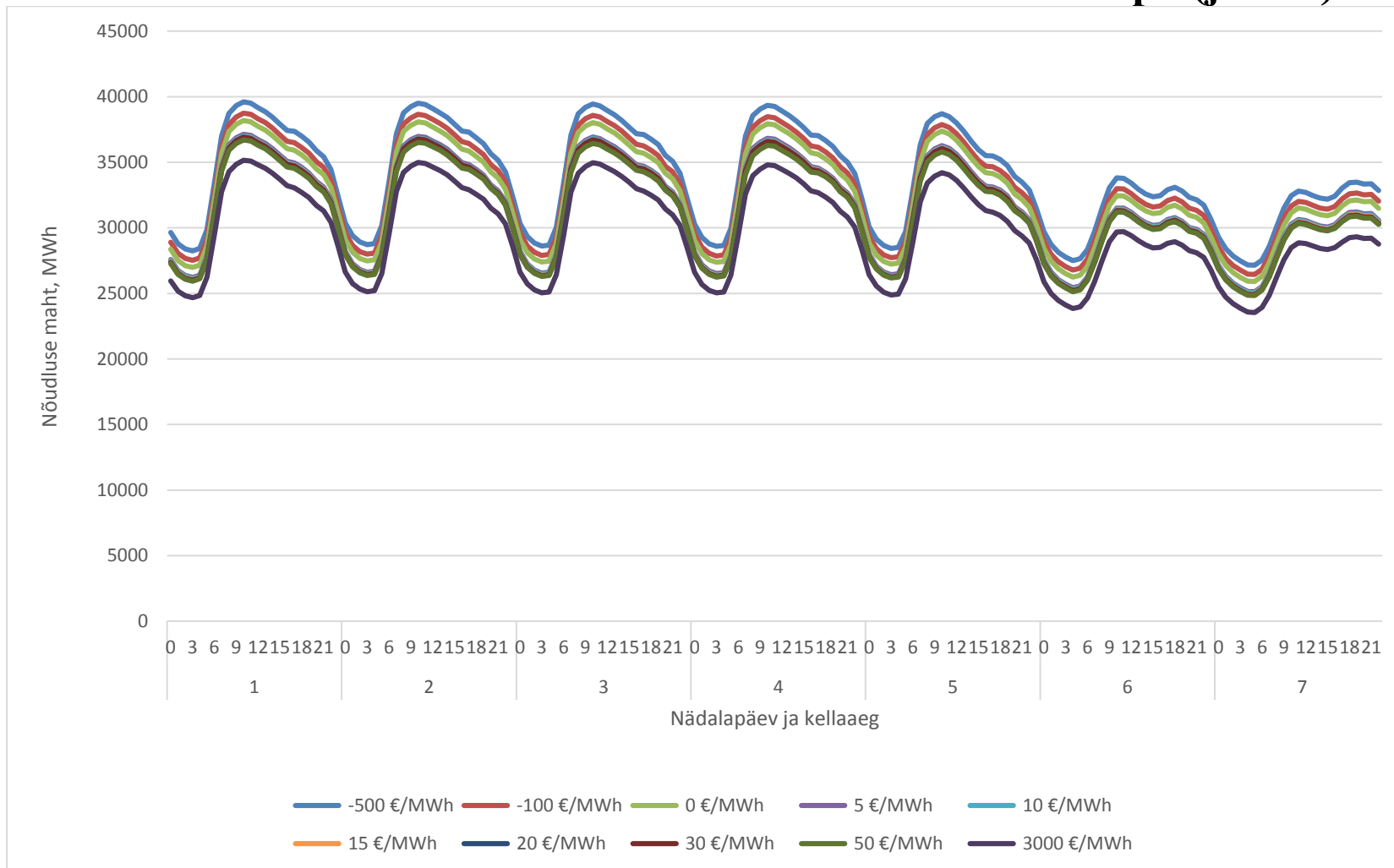
## L.5. Nõudluse muutumine 2014.-2015. a talvel hinnavahemike kaupa (joonis)



## L.6. Nõudluse muutumine 2015. a suvel hinnatasemete kaupa (tabel)

Nõudluse aeg		Elektrienergia perioodi keskmine nõudlus hinnatasemete kaupa, MWh									
		3000 €/MWh	50 €/MWh	30 €/MWh	20 €/MWh	15 €/MWh	10 €/MWh	5 €/MWh	0 €/MWh	-100 €/MWh	-500 €/MWh
Tööpäe- vadel	Öösel kell 00:00- 04:59	25580	26850	26900	26920	26950	27030	27120	27940	28450	29180
	Päeval kell 10:00- 21:59	33000	34490	34660	34690	34720	34780	34900	35930	36470	37300
Nädala- vahetusel	Öösel kell 00:00- 04:59	24520	25830	25880	25900	25930	26030	26120	26930	27480	28200
	Päeval kell 10:00- 21:59	28840	30320	30380	30410	30460	30540	30630	31530	32050	32850
		Nõudluse muutus võrreldes tööpäevade päevase aja nõudluga (koefitsient)									
Tööpäe- vadel	Öösel kell 00:00- 04:59	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
	Päeval kell 10:00- 21:59	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Nädala- vahetusel	Öösel kell 00:00- 04:59	0,74	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,76
	Päeval kell 10:00- 21:59	0,87	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88

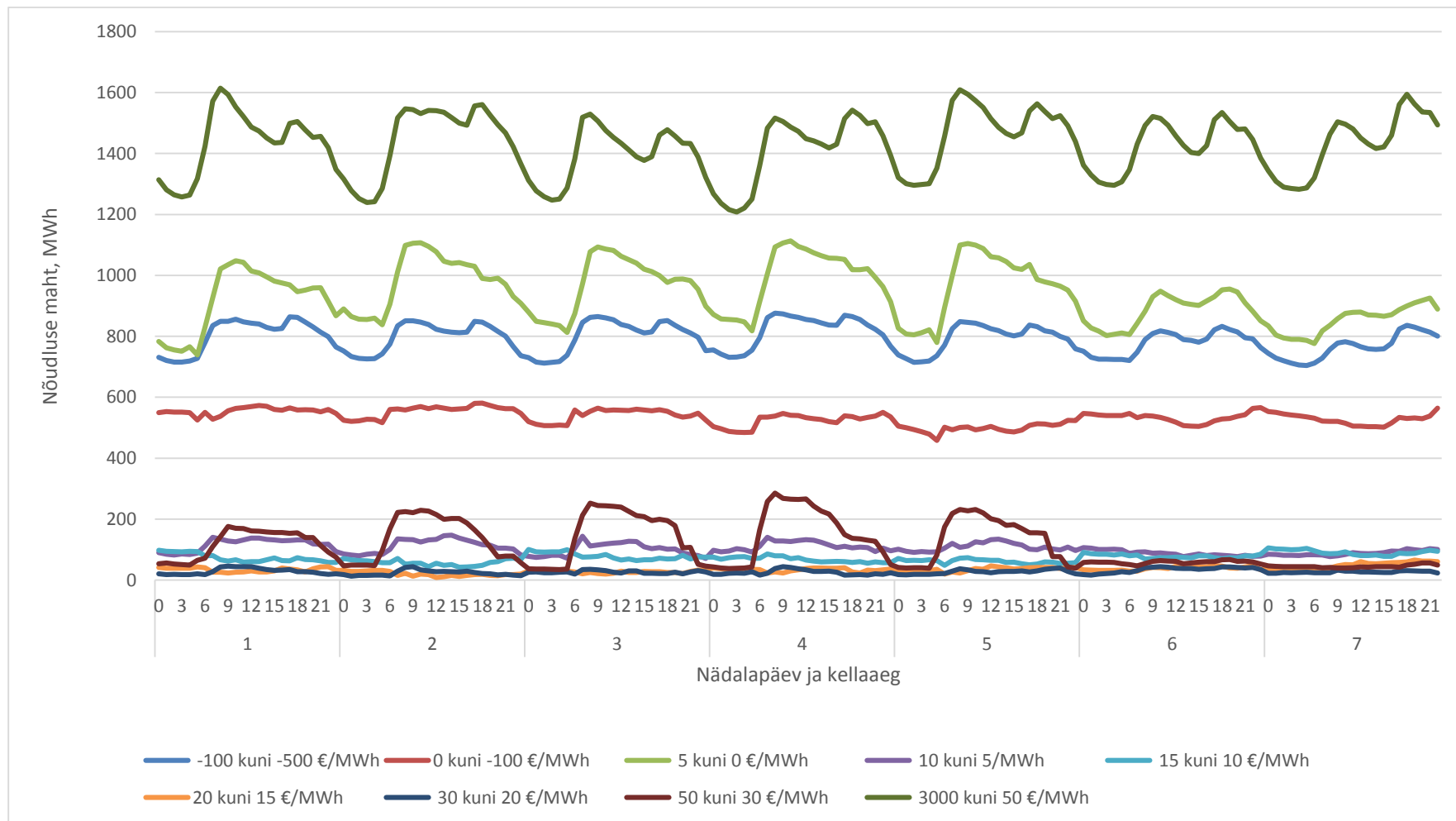
## L.7. Nõudluse muutumine 2015. a suvel hinnatasemete kaupa (joonis)



## L.8. Nõudluse muutumine 2015. a suvel hinnavahemike kaupa (tabel)

Nõudluse aeg		Elektrienergia nõudluse muutumine hinna alanedes, MWh								
		3000 kuni 50 €/MWh	50 kuni 30 €/MWh	30 kuni 20 €/MWh	20 kuni 15 €/MWh	15 kuni 10 €/MWh	10 kuni 5 €/MWh	5 kuni 0 €/MWh	0 kuni -100 €/MWh	-100 kuni -500 €/MWh
Tööpäevadel	Öösel kell 00:00-04:59	1270	50	20	30	80	90	820	510	730
	Päeval kell 10:00-21:59	1490	180	30	30	60	120	1030	540	830
Nädalavahetusel	Öösel kell 00:00-04:59	1310	50	20	30	90	90	810	540	730
	Päeval kell 10:00-21:59	1430	80	30	40	80	100	890	530	780
		Nõudluse muutus võrreldes tööpäevade päevase aja nõudluga (koefitsient)								
Tööpäevadel	Öösel kell 00:00-04:59	0,86	0,27	0,71	1,14	1,27	0,73	0,80	0,94	0,87
	Päeval kell 10:00-21:59	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Nädalavahetusel	Öösel kell 00:00-04:59	0,88	0,29	0,77	1,15	1,52	0,77	0,79	1,00	0,87
	Päeval kell 10:00-21:59	0,96	0,44	1,02	1,31	1,27	0,80	0,87	0,98	0,93

## L.9. Nõudluse muutumine 2015. a suvel hinnavahekemike kaupa (joonis)



## L.10. 2014.-2015. a talve ja 2015. suve nõudluse võrdlus hinnatasemete ja – vahemike kaupa (tabel)

Nõudluse aeg		Talvise nõudluse erinevus suvisest hinnatasemete kaupa, MWh									
		3000 €/MWh	50 €/MWh	30 €/MWh	20 €/MWh	15 €/MWh	10 €/MWh	5 €/MWh	0 €/MWh	-100 €/MWh	-500 €/MWh
Tööpäe- vadel	Öösel kell 00:00- 04:59	11580	11700	11730	11790	11870	11960	12090	12460	12460	12390
	Päeval kell 10:00- 21:59	14450	14760	14840	14970	15080	15240	15410	15840	15840	15780
Nädala- vahetusel	Öösel kell 00:00- 04:59	11300	11390	11410	11480	11550	11590	11710	12050	12010	11960
	Päeval kell 10:00- 21:59	14510	14640	14750	14850	14950	15030	15220	15610	15630	15570
		Nõudluse muutumine suvel võrreldes talvega antud hinnatasemetel (koefitsient)									
Tööpäe- vadel	Öösel kell 00:00- 04:59	0,69	0,70	0,70	0,70	0,69	0,69	0,69	0,69	0,70	0,70
	Päeval kell 10:00- 21:59	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,69	0,69	0,70	0,70
Nädala- vahetusel	Öösel kell 00:00- 04:59	0,68	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,70	0,70
	Päeval kell 10:00- 21:59	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,68

## L.11. 2014.-2015. a talve ja 2015. suve nõudluse võrdlus hinnavahemike kaupa (tabel)

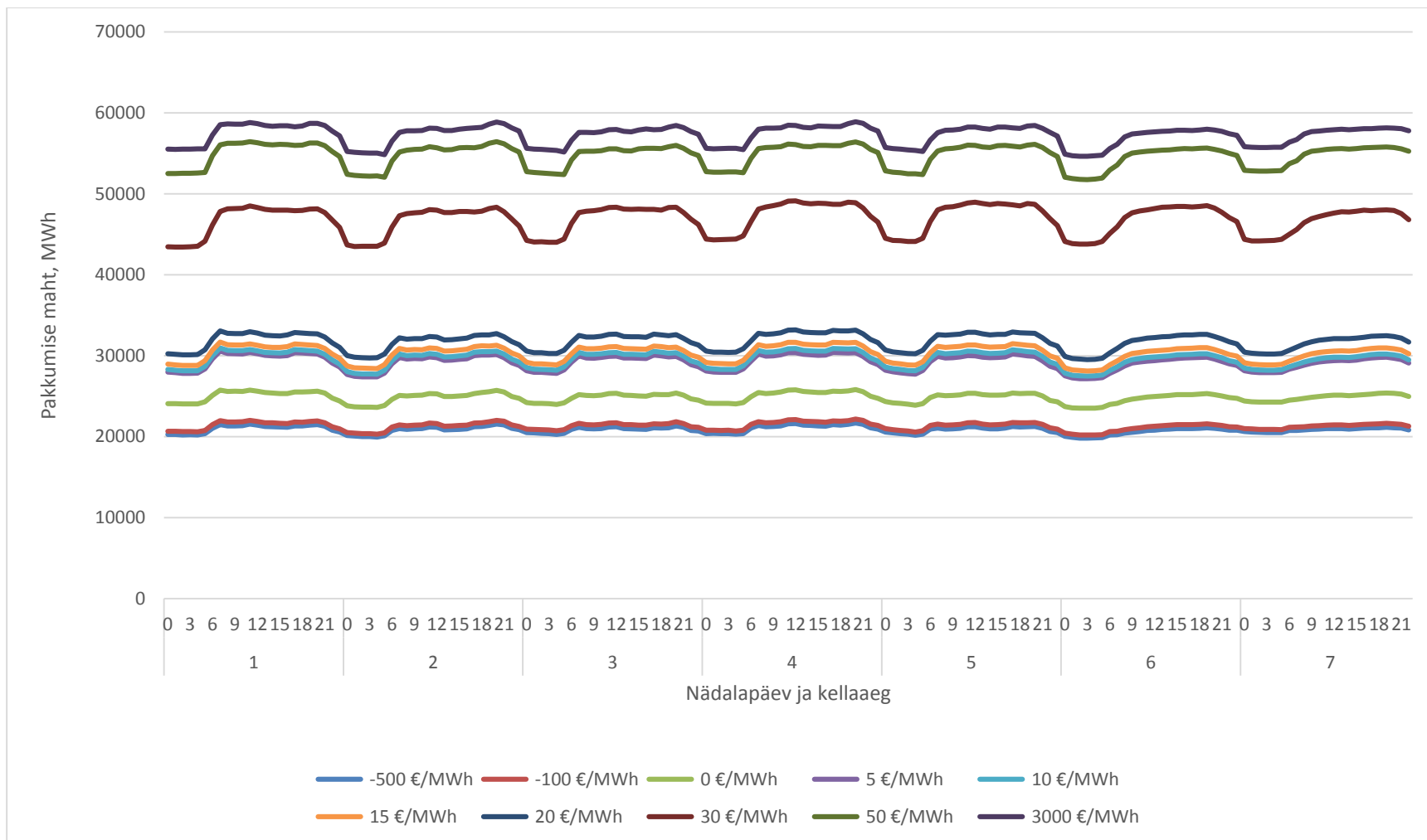
Nõudluse aeg		Talvise ja suvise nõudluse muutumise erinevus hinna alanedes, MWh								
		3000 kuni 50 €/MWh	50 kuni 30 €/MWh	30 kuni 20 €/MWh	20 kuni 15 €/MWh	15 kuni 10 €/MWh	10 kuni 5 €/MWh	5 kuni 0 €/MWh	0 kuni -100 €/MWh	-100 kuni -500 €/MWh
Tööpäe- vadel	Öösel kell 00:00- 04:59	120	30	60	90	80	130	380	-10	-70
	Päeval kell 10:00- 21:59	310	70	130	120	160	170	430	0	-70
Nädala- vahetusel	Öösel kell 00:00- 04:59	100	10	70	70	50	120	350	-30	-60
	Päeval kell 10:00- 21:59	130	60	90	90	80	150	390	0	-60
		Suvise väärtuse erinevus talvisest (kofitsient)								
Tööpäe- vadel	Öösel kell 00:00- 04:59	0,91	0,63	0,25	0,25	0,50	0,41	0,68	1,02	1,11
	Päeval kell 10:00- 21:59	0,83	0,72	0,19	0,20	0,27	0,41	0,71	1,00	1,09
Nädala- vahetusel	Öösel kell 00:00- 04:59	0,93	0,83	0,22	0,30	0,64	0,43	0,70	1,06	1,09
	Päeval kell 10:00- 21:59	0,92	0,57	0,25	0,31	0,50	0,40	0,70	1,00	1,08

## L.12. Pakkumise muutumine 2014.-2015. a talvel hinnatasemete kaupa (tabel)

Pakkumise aeg		Elektrienergia perioodi keskmine pakkumine hinnatasemete kaupa, MWh									
		-500 €/MWh	-100 €/MWh	0 €/MWh	5 €/MWh	10 €/MWh	15 €/MWh	20 €/MWh	30 €/MWh	50 €/MWh	3000 €/MWh
Tööpäe- vadel	Öösel kell 00:00- 04:59	20280	20690	24030	27890	28260	28940	30300	44000	52510	55410
	Päeval kell 10:00- 21:59	21220	21710	25360	29960	30430	31150	32620	48310	55890	58250
Nädala- vahetusel	Öösel kell 00:00- 04:59	20200	20580	23920	27590	27920	28570	29940	44040	52330	55200
	Päeval kell 10:00- 21:59	20970	21440	25130	29530	29960	30720	32290	48010	55520	57870
		Pakkumise muutumine võrreldes tööpäevse päevase aja pakkumisega (kofitsient)									
Tööpäe- vadel	Öösel kell 00:00- 04:59	0,96	0,95	0,95	0,93	0,93	0,93	0,93	0,91	0,94	0,95
	Päeval kell 10:00- 21:59	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Nädala- vahetusel	Öösel kell 00:00- 04:59	0,95	0,95	0,94	0,92	0,92	0,92	0,92	0,91	0,94	0,95
	Päeval kell 10:00- 21:59	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99



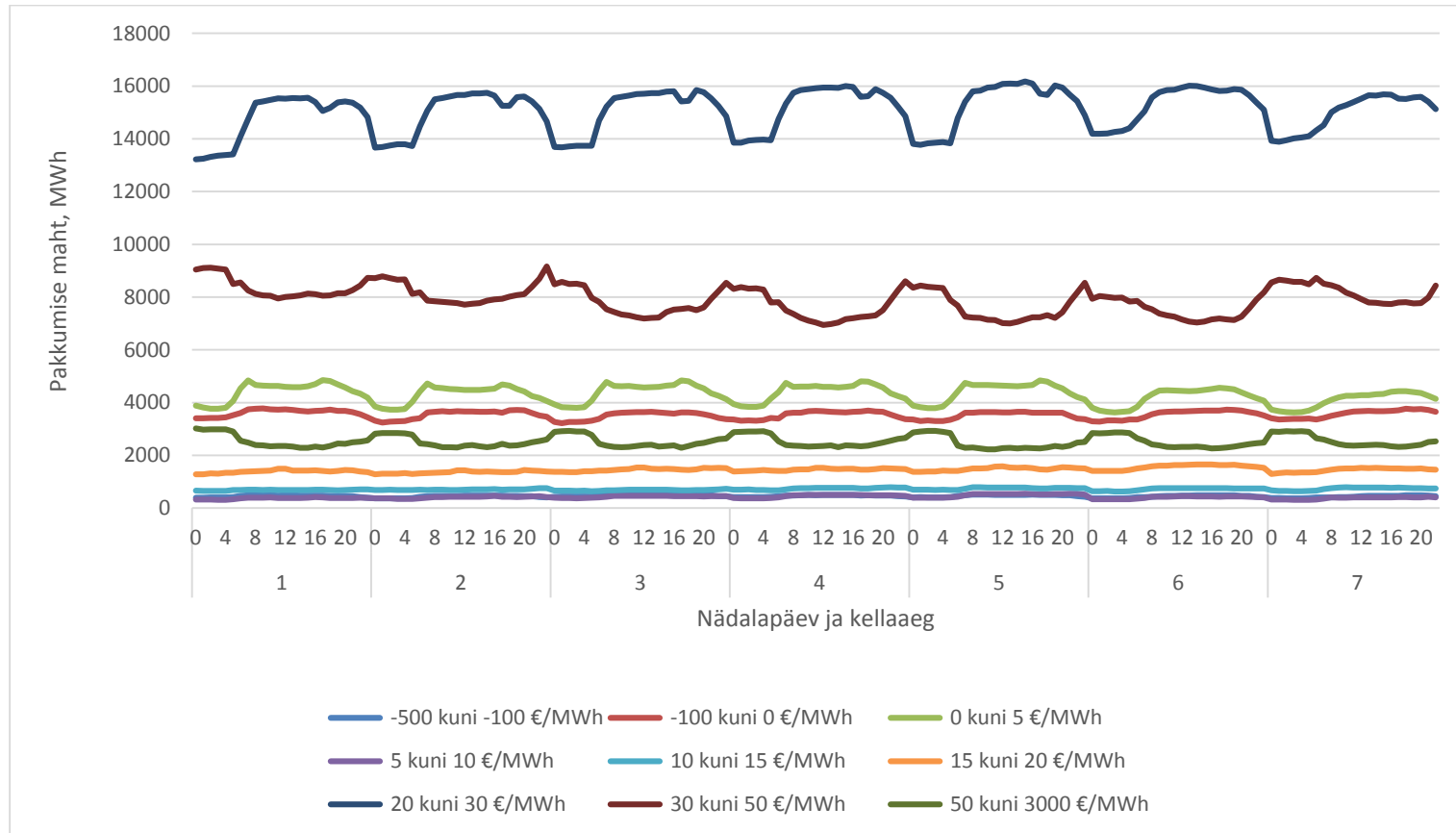
### L.13. Pakkumise muutumine 2014.-2015. a talvel hinnatasemete kaupa (joonis)



## L.14. Pakkumise muutumine 2014.-2015. a talvel hinnavahemike kaupa (tabel)

Pakkumise aeg		Elektrienergia perioodi keskmine pakkumine hinnavahemike kaupa, MWh								
		-500 kuni -100 €/MWh	-100 kuni 0 €/MWh	0 kuni 5 €/MWh	5 kuni 10 €/MWh	10 kuni 15 €/MWh	15 kuni 20 €/MWh	20 kuni 30 €/MWh	30 kuni 50 €/MWh	50 kuni 3000 €/MWh
Tööpäevadel	Öösel kell 00:00-04:59	410	3330	3870	370	680	1360	13710	8510	2900
	Päeval kell 10:00-21:59	490	3650	4610	460	720	1470	15690	7580	2360
Nädalavahetusel	Öösel kell 00:00-04:59	380	3340	3670	330	640	1370	14100	8280	2880
	Päeval kell 10:00-21:59	470	3690	4400	430	760	1570	15720	7520	2350
Pakkumise muutumine võrreldes tööpäevse päevase aja pakkumisega (kofitsient)										
Tööpäevadel	Öösel kell 00:00-04:59	0,84	0,91	0,84	0,80	0,94	0,93	0,87	1,12	1,23
	Päeval kell 10:00-21:59	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Nädalavahetusel	Öösel kell 00:00-04:59	0,77	0,92	0,80	0,71	0,89	0,94	0,90	1,09	1,22
	Päeval kell 10:00-21:59	0,97	1,01	0,95	0,92	1,05	1,07	1,00	0,99	1,00

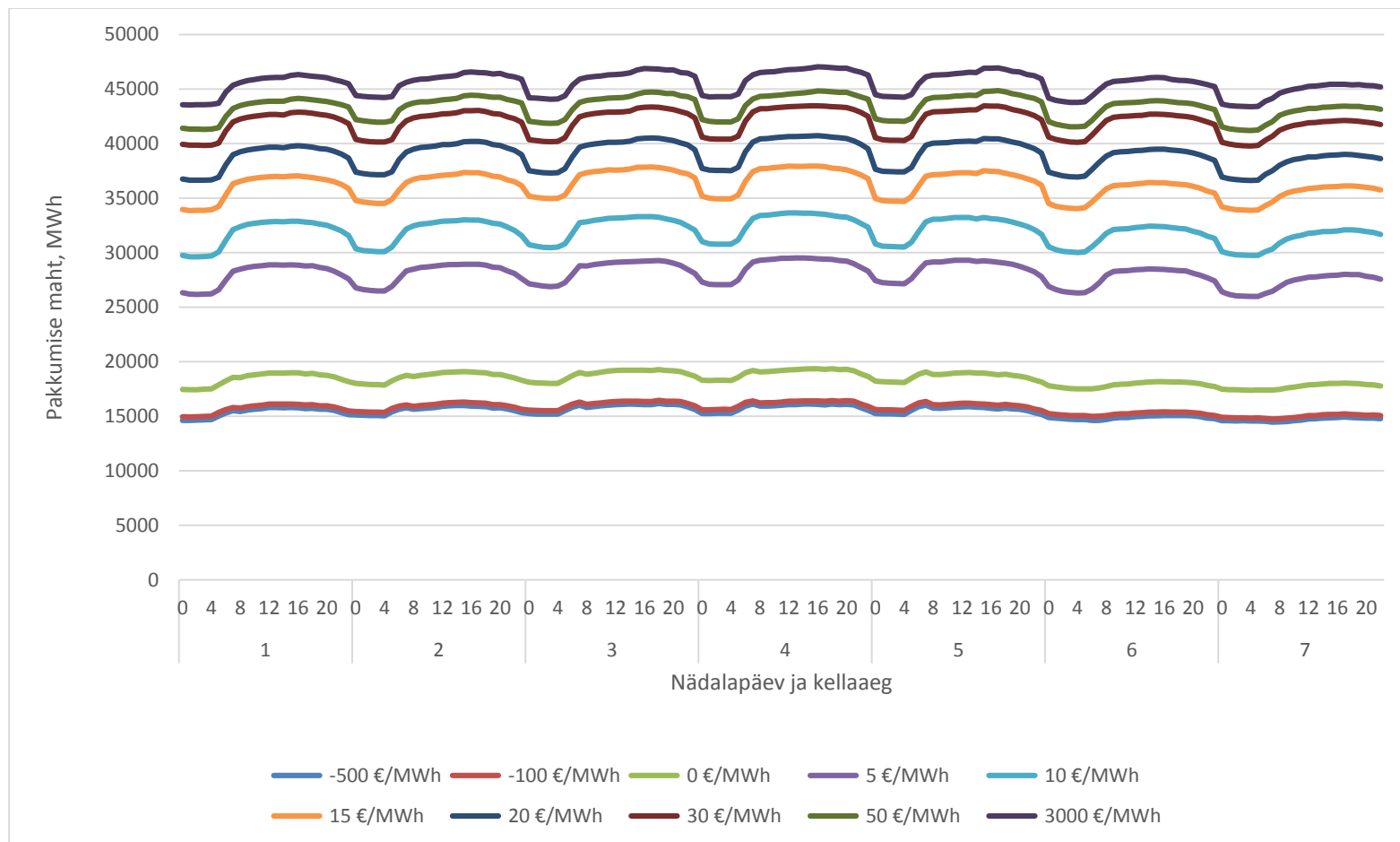
## L.15. Pakkumise muutumine 2014.-2015. a talvel hinnavahemike kaupa (joonis)



## L.16. Pakkumise muutumine 2015. a suvel hinnatasemete kaupa (tabel)

Pakkumise aeg		Elektrienergia perioodi keskmine pakkumine hinnatasemete kaupa, MWh									
		-500 €/MWh	-100 €/MWh	0 €/MWh	5 €/MWh	10 €/MWh	15 €/MWh	20 €/MWh	30 €/MWh	50 €/MWh	3000 €/MWh
Tööpäevadel	Öösel kell 00:00-04:59	15150	15480	18040	26900	30430	34720	37310	40270	41920	44160
	Päeval kell 10:00-21:59	15890	16210	19030	29030	33040	37330	40130	43010	44340	46490
Nädalavahetusel	Öösel kell 00:00-04:59	14690	15020	17550	26330	30050	34100	36930	40110	41520	43700
	Päeval kell 10:00-21:59	14910	15220	18010	28100	32060	36120	39090	42260	43540	45590
		Pakkumise muutumine võrreldes tööpäevse päevase aja pakkumisega (kofitsient)									
Tööpäevadel	Öösel kell 00:00-04:59	0,95	0,96	0,95	0,93	0,92	0,93	0,93	0,94	0,95	0,95
	Päeval kell 10:00-21:59	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Nädalavahetusel	Öösel kell 00:00-04:59	0,92	0,93	0,92	0,91	0,91	0,91	0,92	0,93	0,94	0,94
	Päeval kell 10:00-21:59	0,94	0,94	0,95	0,97	0,97	0,97	0,97	0,98	0,98	0,98

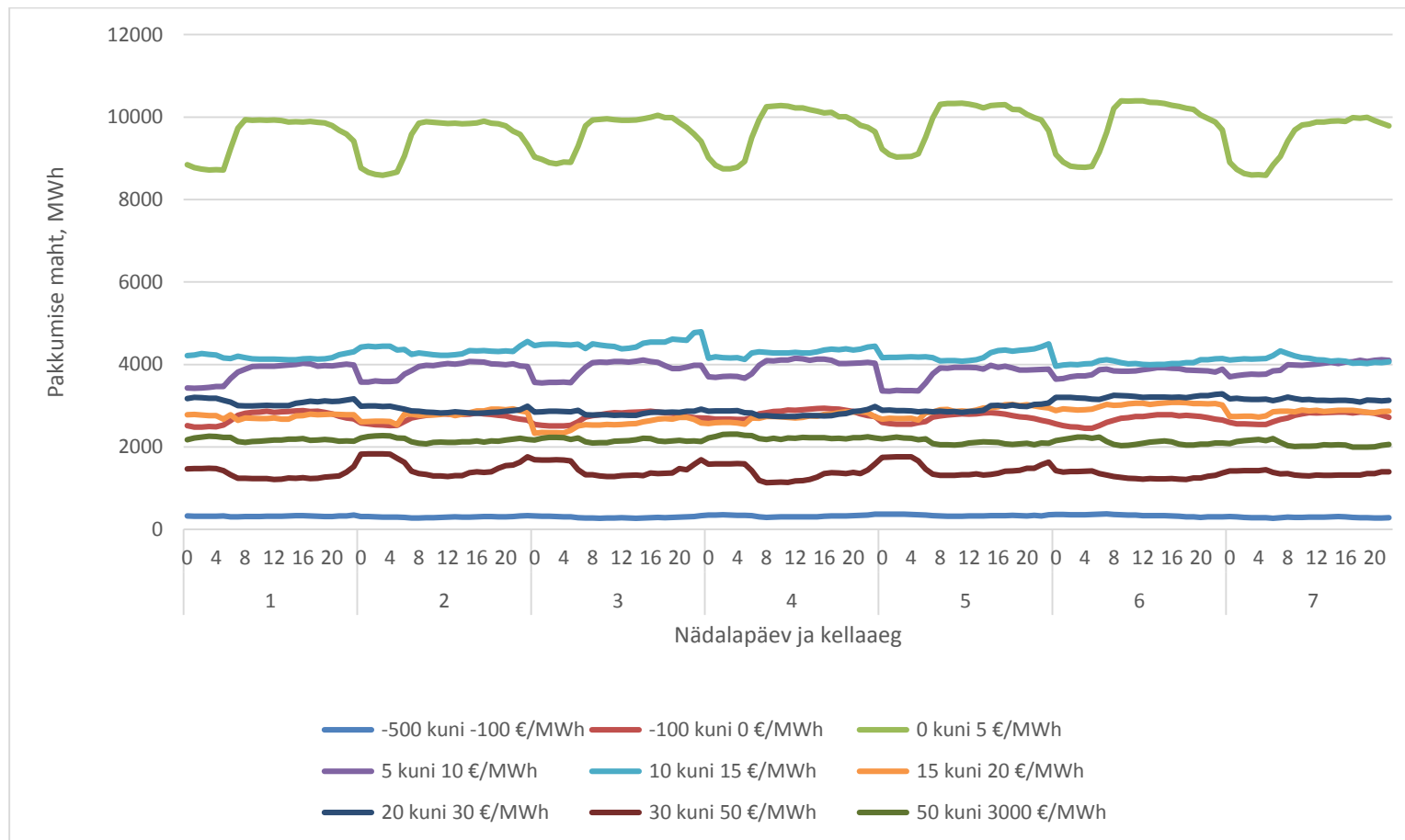
## L.17. Pakkumise muutumine 2015. a suvel hinnatasemete kaupa (joonis)



## L.18. Pakkumise muutumine 2015. a suvel hinnavahemike kaupa (tabel)

Pakkumise aeg		Elektrienergia perioodi keskmine pakkumine hinnavahemike kaupa, MWh								
		-500 kuni -100 €/MWh	-100 kuni 0 €/MWh	0 kuni 5 €/MWh	5 kuni 10 €/MWh	10 kuni 15 €/MWh	15 kuni 20 €/MWh	20 kuni 30 €/MWh	30 kuni 50 €/MWh	50 kuni 3000 €/MWh
Tööpäevadel	Öösel kell 00:00-04:59	330	2560	8860	3530	4290	2600	2950	1660	2230
	Päeval kell 10:00-21:59	310	2820	10000	4000	4300	2790	2890	1330	2150
Nädalavahetusel	Öösel kell 00:00-04:59	330	2530	8790	3710	4060	2820	3180	1410	2170
	Päeval kell 10:00-21:59	310	2790	10090	3960	4060	2970	3170	1280	2060
		Pakkumise muutumine võrreldes tööpäevse päevase aja pakkumisega (kofitsient)								
Tööpäevadel	Öösel kell 00:00-04:59	1,07	0,91	0,89	0,88	1,00	0,93	1,02	1,25	1,04
	Päeval kell 10:00-21:59	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Nädalavahetusel	Öösel kell 00:00-04:59	1,05	0,90	0,88	0,93	0,94	1,01	1,10	1,07	1,01
	Päeval kell 10:00-21:59	0,99	0,99	1,01	0,99	0,94	1,06	1,10	0,96	0,96

## L.19. Pakkumise muutumine 2015. a suvel hinnavahemike kaupa (joonis)



## L.20. 2014.-2015. a talve ja 2015. suve pakkumise võrdlus hinnatasemete ja – vahemike kaupa (tabel)

Pakkumise aeg		Talvise pakkumise erinevus suvisest hinnatasemete kaupa, MWh									
		-500 €/MWh	-100 €/MWh	0 €/MWh	5 €/MWh	10 €/MWh	15 €/MWh	20 €/MWh	30 €/MWh	50 €/MWh	3000 €/MWh
Tööpäe- vadel	Öösel kell 00:00- 04:59	5130	5210	5990	990	-2170	-5780	-7010	3730	10590	11250
	Päeval kell 10:00- 21:59	5330	5500	6330	930	-2610	-6180	-7510	5300	11550	11760
Nädala- vahetusel	Öösel kell 00:00- 04:59	5510	5560	6370	1260	-2130	-5530	-6990	3930	10810	11500
	Päeval kell 10:00- 21:59	6060	6220	7120	1430	-2100	-5400	-6800	5750	11980	12280
		Pakkumise muutumine suvel võrreldes talvega (kofitsient)									
Tööpäe- vadel	Öösel kell 00:00- 04:59	0,75	0,75	0,75	0,96	1,08	1,20	1,23	0,92	0,80	0,80
	Päeval kell 10:00- 21:59	0,75	0,75	0,75	0,97	1,09	1,20	1,23	0,89	0,79	0,80
Nädala- vahetusel	Öösel kell 00:00- 04:59	0,73	0,73	0,73	0,95	1,08	1,19	1,23	0,91	0,79	0,79
	Päeval kell 10:00- 21:59	0,71	0,71	0,72	0,95	1,07	1,18	1,21	0,88	0,78	0,79



## L.21. 2014.-2015. a talve ja 2015. suve pakkumise võrdlus hinnavahemike kaupa (tabel)

Pakkumise aeg		Talvise pakkumise erinevus suvisest hinnavahemike kaupa, MWh								
		-500 kuni -100 €/MWh	-100 kuni 0 €/MWh	0 kuni 5 €/MWh	5 kuni 10 €/MWh	10 kuni 15 €/MWh	15 kuni 20 €/MWh	20 kuni 30 €/MWh	30 kuni 50 €/MWh	50 kuni 3000 €/MWh
Tööpäevadel	Öösel kell 00:00-04:59	80	770	-4990	-3160	-3610	-1240	10760	6850	670
	Päeval kell 10:00-21:59	180	830	-5390	-3540	-3580	-1320	12800	6250	210
Nädalavahetusel	Öösel kell 00:00-04:59	50	810	-5120	-3380	-3420	-1450	10920	6870	710
	Päeval kell 10:00-21:59	160	900	-5690	-3530	-3300	-1400	12550	6240	290
		Pakkumise muutumine suvel võrreldes talvega (kofitsient)								
Tööpäevadel	Öösel kell 00:00-04:59	0,80	0,77	2,29	9,54	6,31	1,91	0,22	0,20	0,77
	Päeval kell 10:00-21:59	0,63	0,77	2,17	8,70	5,97	1,90	0,18	0,18	0,91
Nädalavahetusel	Öösel kell 00:00-04:59	0,87	0,76	2,40	11,24	6,34	2,06	0,23	0,17	0,75
	Päeval kell 10:00-21:59	0,66	0,76	2,29	9,21	5,34	1,89	0,20	0,17	0,88

## L.22. Pakkumise regressioonianalüüs

JAAAN ja VEEB. MÄRTS 2014-5 KOGU TP PÄEVANE AEG	Tuule prognoos (MWh)	Kivisüsöe hind (€/MWh)	Gaasi hind (€/MWh)	Hüdroreservuaaride tase (GWh)	Turu süsteemihind (€/MWh)	Vabaliige	r <sup>2</sup>	F-tegur	Kirjete arv
Pakkumine hinnaga -500 €/MWh	0,65	-81,6593	-129,16	0,02	190	16070,53	0,73	220	410
Pakkumine hinnaga -100 €/MWh	0,64	-97,0430	-122,33	0,02	198	16079,14	0,73	217	410
Pakkumine hinnaga 0 €/MWh	0,73	-23,8845	-102,22	0,02	221	17429,85	0,75	245	410
Pakkumine hinnaga 5 €/MWh	0,80	-152,3687	196,75	0,00	253	14919,90	0,67	168	410
Pakkumine hinnaga 10 €/MWh	0,80	-178,3005	201,34	-0,02	262	16386,72	0,66	160	410
Pakkumine hinnaga 15 €/MWh	0,79	-327,3398	145,62	-0,03	265	21161,56	0,61	129	410
Pakkumine hinnaga 20 €/MWh	0,74	-339,5860	-22,44	-0,05	179	32114,13	0,59	120	410
Pakkumine hinnaga 30 €/MWh	0,28	-1188,4359	-775,34	0,09	-567	91313,56	0,76	260	410
Pakkumine hinnaga 50 €/MWh	0,85	225,5918	-179,42	0,03	399	41844,62	0,71	205	410
Pakkumine hinnaga 3000 €/MWh	0,92	284,9720	-82,67	0,02	419	40683,72	0,72	206	410
Vahemik -500 kuni -100 €/MWh	0,00	-15,3837	6,833	0,003	8	8,61	0,27	31	410
Vahemik -100 kuni 0 €/MWh	0,08	73,1585	20,110	0,000	23	1350,70	0,36	46	410
Vahemik 0 kuni 5 €/MWh	0,07	-128,4842	298,971	-0,026	32	-2509,95	0,73	217	410
Vahemik 5 kuni 10 €/MWh	0,00	-25,9318	4,589	-0,016	9	1466,82	0,44	66	410
Vahemik 10 kuni 15 €/MWh	-0,01	-149,0393	-55,717	-0,013	3	4774,84	0,69	183	410
Vahemik 15 kuni 20 €/MWh	-0,04	-12,2463	-168,065	-0,020	-86	10952,58	0,78	294	410
Vahemik 20 kuni 30 €/MWh	-0,46	-848,8499	-752,895	0,148	-746	59199,43	0,69	183	410
Vahemik 30 kuni 50 €/MWh	0,56	1414,0278	595,918	-0,064	966	-49468,94	0,84	418	410
Vahemik 50 kuni 3000 €/MWh	0,07	59,3802	96,749	-0,010	20	-1160,90	0,32	39	410