|  |
| --- |
| University of Helsinki |
| Yhteispolttolaitoksen voitonmaksimointiongelma |
| Turpeen ja puun yhteiskäyttö suomalaisessa voimalaitoksessa |
|  |
| Mirva Väisänen ja Sami Lähde |

31.5.2012

|  |
| --- |
| Esityksessämme käsittelemme turvetta ja puuta käyttävän yksittäisen Suomalaisen voimalaitoksen voitonmaksimoinnin ongelmaa eri panosvalinnoilla. Komparatiivinen statistiikka aiheesta on toteutettu i) päästöoikeuden hinnan ja ii) yleisillä sähkömarkkinoilla myytävän sähkön hinnan mukaan. Esityksen taustana toimiva lähdemateriaali on koottu kauppa- ja teollisuusministeriön 2005 julkaisemasta ”Turpeen energiakäytön asema Suomen energiajärjestelmässä” selvityksestä. Lisäksi apua itse voitonmaksimointi ongelman määrittelyyn on saatu yliopisto-opettaja Katja Moliisilta ja tutkija Hanna-Liisa Kankaan tutkimuksesta ja artikkelista ”The cofiring problemof a power plant under policy regulations . |

SISÄLLYSLUETTELO

[1. Johdanto 3](#_Toc326074624)

[2. Turpeen käyttö Suomessa 4](#_Toc326074625)

[3. Tutkimusongelman määrittely 6](#_Toc326074626)

[4. Komparatiivinen statiikka päästöoikeuden hinnan (q) suhteen 8](#_Toc326074627)

[4.1.1 Optimaalinen panoskäyttö turpeelle (z) 10](#_Toc326074628)

[4.1.2 Optimaalinen panoskäyttö puulle (x) 11](#_Toc326074629)

[4.1.3 Yrityksen optimaaliset päästöt 12](#_Toc326074630)

[4.1.4 Yrityksen optimaaliset voitot 13](#_Toc326074631)

[5 Komparatiivinen statiikka sähkön hinnan (p) suhteen 14](#_Toc326074632)

[5.1 Tulosten tulkinta sähkön hinnanmuutoksen osalta 15](#_Toc326074633)

[5.1.1 Optimaalinen panoskäyttö turpeelle (z) 16](#_Toc326074634)

[5.1.3 Optimaalinen panoskäyttö puulle (x) 17](#_Toc326074635)

[5.1.4 Yrityksen optimaaliset voitot 17](#_Toc326074636)

[5.1.5 Yrityksen optimaaliset päästöt 18](#_Toc326074637)

[6 Pohdintaa ja kritiikkiä 18](#_Toc326074638)

[Lähteet 20](#_Toc326074639)

# Johdanto

Harjoitustyössämme tutkimme yhteispolttolaitoksen voitonmaksimointiongelmaa turpeen ja puun käytön tapauksessa. Turve on pääpolttoaineena useissa sisämaan lämmitysvoimalaitoksissa., mutta nykyään yhä useammin turpeen rinnalla käytetään myös puupolttoaineita. Suomessa yhteispolttolaitoksen tämänhetkinen käyttösuhde turpeen ja puun välillä yhteislaitoksessa on noin 75 % (turve) ja 25 % (puu) ja näihin yhteispolttolaitoksiin on investoitu viimeaikoina hyvinkin paljon.

Turpeen ja puun keskimääräisten poltto-ominaisuuksien vertailu muihin polttoaineisiin nähden osoittaa yhteispolttolaitoksen olevan kilpailukykyinen ratkaisu verrattuna sitä esimerkiksi maakaasun ja hiilen erillispolttoon. (*Taulukko 1*). Puu luokitellaan tällä hetkellä uusiutuvaksi hiilineutraaliksi polttoaineeksi, joten sen päästöjä ei lasketa kansalliseen kasvihuonekaasujen päästökattoon. (Huom. Taulukkoa 1 tulkittaessa tulee siis ottaa huomioon se, että vaikka puun poltto vapauttaa siihen sitoutunutta hiilidioksidia keskimäärin 109 g/MJ tämä määrä on laskennallisesti hiilineutraaliuteen vedoten nolla g/MJ). Puu ei myöskään kuulu EU:n ETS:n päästökauppaan, toisin kuin turve, joten polttolaitos voi vähentää tarvittavia päästöoikeuksia käyttämällä turpeen sijaan puuta.



*Taulukko 1.* Turpeen keskimääräisten poltto-ominaisuuksien vertailu muihin polttoaineisiin nähden, KTM, 2005, Taulukko 1

Harjoitustyössämme aioimme tutkia optimaalista turpeen ja puun panoskäyttöä suhteutettuna eksogeenisiin muuttujiin. Tutkimme komparatiivisen statiikan avulla miten optimaalinen panoskäyttö muuttuu, mikäli päästöoikeuden hinta muuttuu tai mikäli yleisillä sähkömarkkinoilla myytävän sähkön hinta muuttuu. Esityksen taustana toimiva lähdemateriaali on koottu kauppa- ja teollisuusministeriön 2005 julkaisemasta ”Turpeen energiakäytön asema Suomen energiajärjestelmässä” selvityksestä. Lisäksi apua itse voitonmaksimointiongelman määrittelyyn on saatu yliopisto-opettaja Katja Moliisilta, ja tutkija Hanna-Liisa Kankaan tutkimuksesta ja artikkelista ”The cofiring problemof a power plant under policy regulations

# Turpeen käyttö Suomessa

Turve on materiaalia, joka on muodostunut kuolleista kasvinosista maatumalla hyvin kosteissa olosuhteissa. Turpeen seassa on lisäksi maatumattomia tai huonosti maatuneita kasvinosia ja puuainesta. Hapen puutteen ja runsaan vesimäärän vuoksi biomassa ei pääse hajoamaan turvekentällä ja uutta turvekerrostumaa syntyy siis vanhan kerrostuman päälle turvemaan pintakerroksessa kasvavasta biomassasta.

Suomen ilmastostrategiassa turve on luokiteltu *hitaasti uusiutuvaksi biomassapolttoaineeksi*. Turpeen luokitus on kuitenkin kansainvälisissä tilastoissa (Eurostat, IEA, OECD) luokiteltu *fossiiliseksi polttoaineeksi.* Suomen valtion virallinen näkemys siis poikkeaa kansallisesta turpeen polttoaineluokituksesta ja sitä onkin usein kritisoitu jopa valtion omien tutkimusten valossa. Esimerkiksi Valtion tutkimuskeskuksen (VTT) mukaan tieteellisestä näkökulmasta katsottuna turvetta ei voida pitää uusiutuvana polttoaineena, sillä kasvi- ja puuaines on voinut Suomen ilmastossa olla turpeen sisällä jo useita tuhansia vuosia. Turvetta ei silti voi verrata suoraan esimerkiksi öljyyn tai kivihiileen, joiden syntymisen aikajänne on useita miljoonia vuosia.

Suomen turvetuotanto kehittyi suunnitelmallisesti valtion tuella ja ohjauksella 1970- ja 1980- luvuilla. Varsinainen kivijalka turvetuotannon nopealle kasvulle luotiin 1970- luvun alussa, kun valtioneuvoston periaatepäätös polttoturvetuotannon kohottamiseksi 10 miljoonaan m3/vuosi hyväksyttiin. Tavoite kasvoi jo muutaman vuoden kuluttua tästä 20 miljoonaan m3/vuosi. Turve otettiin energiantuotantomuotona ilolla vastaan sen korvatessa erityisesti öljyn käyttöä. Julkisen sektorin merkittävä rooli ja päätäntävalta on säilynyt turveteollisuudessa tähän päivään saakka valtion ja kuntien omistaessa 90 % kaikista alan yrityksistä.

Suomessa turvemaita on yhteensä 9,4 miljoonaan hehtaaria. Tästä pinta-alasta turvetuotannossa on noin 55 000 hehtaaria, eli 0,6 % koko suoalasta. Vertailun vuoksi 11 % Suomen suopinta-alasta on suojeltu, luonnontilaisena soita on noin 24 % ja metsätalouden käytössä 56 % kaikista Suomen turvemaista.

Tutkittujen soiden perusteella Geologian tutkimuskeskus (GTK) on arvioinut Suomessa olevan teknisesti käyttökelpoista suoalaa potentiaaliseen energiatuotantoon jopa 1,2 miljoonaa hehtaaria. Energiasisällöltään tämä määrä turvemaata vastaisi noin 12 800 terawattituntia (TWh), joka on suuruusluokaltaan kaksinkertainen verrattuna esimerkiksi Pohjanmeren öljyvarantoihin ja 2/3 Norjan tunnetuista öljyvaroista.

Valtavasta energiapotentiaalistaan huolimatta Suomen turvemaiden käyttö on pyritty pitämään kestävällä kannalla ja maltillisena. Energiakäyttöön sopivaa turvetta syntyy vuosittain energiasisällöllisesti noin 40 TWh verran, mutta sen vuosittainen käyttö on vaihdellut vain noin 17 – 27 TWh paikkeilla. 90 % kaikesta nostetusta turpeesta menee Suomessa energiakäyttöön. GTK:n arvioiden mukaan tällä hetkellä rahallisesti kannattavien ja teknisesti mahdollisten turvemaiden energiakäyttö on nykyisellä kulutuksella kestävää Etelä- ja Lounais-Suomessa alle sata vuotta, Keskisessä Suomessa noin 300 vuotta, Pohjois-Karjalassa noin 500 vuotta ja Lapissa arvioiden mukaan jopa 2000 vuotta. Kaikkiaan yli 750 000 suomalaista kotia ja 50 kuntaa lämpiää jyrsin- ja palaturpeella tänä päivänä. Lisäksi turveteollisuus työllistää suoraan noin 3000 ja välillisesti noin 4000 henkeä.

Ilmastonmuutosta ehkäisevä päästökauppajärjestelmä on tuomassa muutosta Suomen turvesektorille. Kansainvälisen ilmastopaneelin IPCC:n toimesta jyrsin- ja palaturpeelle on annettu päästökertoimeksi oletusarvo 106 gCO2/MJ. Turpeen poltosta syntyvät kasvihuonekaasut ovat nykyisin noin 15 prosenttia Suomen kaikista kasvihuonekaasupäästöistä. Kuitenkin vain 5- 7 prosenttia Suomen vuotuisesta energian kokonaiskulutuksesta katetaan turpeella.

Hiilidioksidipäästöt ovat merkittävin turvetuotannosta syntyvä ympäristöhaitta maisema- ja eliöstövaikutuksia lukuun ottamatta, sillä esimerkiksi turvetuotannon vaikutus Suomen vesistöjen kokonaiskuormituksesta on vain noin yhden prosentin suuruinen. Turpeen poltto ei synnytä merkittävästi esimerkiksi haitallisia PAH – tai rikkiyhdisteitä eikä lopputuotteena syntyvä tuhka muodosta samanlaista ongelmaa kuin vastaava öljyn tai kivihiilen poltto tekisi. Turpeen raskasmetallipitoisuudet ovat myös erittäin pienet.

Turvesektori kärsii tällä hetkellä imagotappiosta ja tuotannon epävarmuudesta. Tämä karsii osaavia ammattilaisia pois alalta ja turvetuotannosta poistuukin nykyään enemmän käyttöpinta-alaa, kuin mitä sitä sinne syntyy. Tuotantoalojen varaus on tehty Suomessa lainsäädännön avulla hankalaksi ja uuden tuotantoalan käyttöönotto kaikkine valmisteluineen saattaakin kestää jopa 11–13 vuotta.

Turpeen merkitystä energian huoltovarmuudelle on pidetty yhtenä suurimmista argumenteista turveteollisuuden puolesta: turve kun tosiaan on puupolttoaineiden ohella Suomen ainoa merkittävä energianlähde. Turvetta ei nykytekniikalla voi vielä läheskään täysin korvata puupolttoaineilla tai esimerkiksi peltoenergialla. Ongelmia syntyy erityisesti suurten kosteuspitoisuuksien vuoksi. Kosteus tuottaa haittaa polttokattiloille (korroosio, ei tasalaatuinen polttomateriaali), nostaa käsittelykustannuksia (kuivaus) ja varastointitilojen määriä (heikompi energiasisältö kuivaan turpeeseen verrattuna). Lisäksi puu- ja peltopolttoainetta on vaikea korjata ja kuljetuskustannukset saattavat nousta pitkiksi. Turveteollisuuden alas ajaminen Suomesta nostaa siis painetta turvautua entistä enemmän tuontipolttoaineisiin, kuten öljyyn ja kivihiileen.

Turpeen aseman turvaamiseksi ja päästökauppalain toteuttamiseksi (päästökauppalaki vaatii, että kotimaisten polttoaineiden kilpailukyky ei saa heikentyä eikä kaventua energiantuotannossa päästökaupan olosuhteissa), eri turpeen tukivaihtoehtoja on esitetty käytettäväksi:

1. Turpeen valmisteveron poisto
2. Sähköntuotannon verotuen laajentaminen koskemaan kaikkia turvetta käyttäviä laitoksia
3. Sähkösertifikaattien käyttöönotto myös turvesähkölle

Kaikin puolin voidaan todeta, että turve on Suomelle erittäin merkittävä asia ja että Suomi hyödyntääkin energiaturvettaan kaikista Euroopan Unionin maista ylivoimaisesti eniten.

# Tutkimusongelman määrittely

Olemme määritelleet yrityksen voitonmaksimointiongelman seuraavalla tavalla:

max π = p \* n \* (x + z) – c \* (x, z) – q \* ℇ \* z

Kustannusfunktio [c \* (x, z)] koostuu panoskäytöstä ja panosten hinnoista sekä konveksista kustannusfunktiosta, joka määrittää poltosta aiheutuneet kustannukset lukuun ottamatta panoskäytön kustannuksia. Tämä konveksi kustannusfunktio on määritelty tätä tehtävää varten, eikä se välttämättä perustu realistisiin tekijöihin, eikä välttämättä ota huomioon kaikkia mahdollisia kustannuksia, jotka yritykselle todellisuudessa aiheutuvat.

Eksogeenisille tekijöiden lukuarvot, ja niiden mahdollinen vaihtelu perustuu Hanna-Liisa Kankaan tutkimukseen, sekä Katja Moliisilta saatuihin tietoihin. Näiden lukuarvojen tulisi olla suhteellisen realistisella tasolla.

Eksogeenisten ja indogeenisten tekijöiden määrittely

p= sähkön hinta

n= polttoaineella tuotetun sähkön osuus kokonaisenergian tuotannosta

x = puu (polttoaine)

z = turve

d = puun hinta

f = turpeen hinta

q = päästöoikeuden hinta

ℇ= epsilon, päästökerroin

Kustannusfunktion [c \* (x, z)] olemme määrittäneet seuraavalla tavalla:

* c \* (x, z) = (d \* x + f \* z + (90 - 20 \* x + 0.6 \* x^2 + 100 - 50 \* z + 0.4 \* z^2))
* d \* x + f \* z = panoskäytöstä aiheutuneet kustannukset
* 90 – 20 \* x + 0.6 \* x² + 100 – 50 \* z +0.4 \* z² = konveksi kustannusfunktio, joka määrittää poltosta aiheutuneet kustannukset lukuun ottamatta panoskäytön kustannuksia.

Komennot Matlabiin

Aiomme tutkia voitonmaksimointiongelman komparatiivista statiikkaa kahden eri Matlab tiedoston avulla. Ensimmäisessä tiedostossa määritämme yrityksen voitonmaksimointiongelman päästöoikeuden hinnan suhteen ja toisessa tiedostossa määrittelemme koodin komparatiiviselle statiikalle.

# Komparatiivinen statiikka päästöoikeuden hinnan (q) suhteen

Tutkimme komparatiivisen statiikan avulla, mitä tapahtuu optimaaliselle panoskäytölle, optimivoitoille sekä päästöille, kun päästöoikeuden hinta (q) vaihtelee välillä 1:50 euroa.

**4.1 Tulosten tulkinta päästöoikeuden hinnanmuutoksen osalta**

Alla on kuvattu optimaalinen panoskäyttö turpeelle ja puulle, sekä optimaaliset voitot ja päästöt kun päästöoikeuden hinta vaihtelee välillä 1:50. Command Window antaa jokaiselle päästöoikeuden hinnalla optimaalisen arvon kyseessä olevalle muuttujalle. Esimerkiksi, jos päästöoikeuden hinta on 13 euroa (colum 13), optimaalinen panoskäyttö z on 62 yksikköä. Emme ole lisänneet Command Window:n tuloksia puun optimaalisen panoskäytön suhteen, sillä puun optimaalinen käyttö ei mallissamme ole riippuvainen päästöoikeuden hinnasta, joten optimaalinen puunkäyttö on jokaisella päästöoikeuden hinnalla sama.

### 4.1.1 Optimaalinen panoskäyttö turpeelle (z)

Kuvaajan tuloksista näkee selvästi päästöoikeuden hinnan nousun laskevan turpeen optimaalista panoskäyttöä. Päästöoikeuden hinta nostaa hiilen käytön rajakustannuksia, ja tekee siitä täten hinnan nousun myötä kannattamattomamman. Hiilestä maksettava päästöoikeuden hinta siis vähentää turpeen panoskäyttöä päästökauppamekanismin toivomalla tavalla.



Comman Window:n tulokset:

Columns 1 through 13

68 67 67 67 66 66 65 65 64 64 63 63 62

Columns 14 through 26

62 61 61 61 60 60 59 59 58 58 57 57 56

Columns 27 through 39

56 55 55 55 54 54 53 53 52 52 51 51 50

Columns 40 through 50

1. 49 49 48 48 48 47 47 46 46 45

### 4.1.2 Optimaalinen panoskäyttö puulle (x)

Päästöoikeuden hinnan muutos ei vaikuta optimaaliseen puun panoskäyttöön, sillä yrityksen voitonmaksimointiongelmassa päästöoikeuden osuus kustannusfunktiosta (q \* eps \* z) sisältää vain turpeen panoskäytön.



### Yrityksen optimaaliset päästöt

Päästöoikeuden hinnan nousu vähentää päästökauppamekanismin toivomalla tavalla optimaalisia päästöjä, sillä mitä korkeampi päästöoikeuden hinta, sen vähemmän laitoksen kannattaa turvetta käyttää.



Command Window:n tulokset:

Columns 1 through 8

25.1600 24.7900 24.7900 24.7900 24.4200 24.4200 24.0500 24.0500

Columns 9 through 16

23.6800 23.6800 23.3100 23.3100 22.9400 22.9400 22.5700 22.5700

Columns 17 through 24

22.5700 22.2000 22.2000 21.8300 21.8300 21.4600 21.4600 21.0900

Columns 25 through 32

21.0900 20.7200 20.7200 20.3500 20.3500 20.3500 19.9800 19.9800

Columns 33 through 40

19.6100 19.6100 19.2400 19.2400 18.8700 18.8700 18.5000 18.5000

Columns 41 through 48

18.1300 18.1300 17.7600 17.7600 17.7600 17.3900 17.3900 17.0200

Columns 49 through 50

17.0200 16.6500

### 4.1.4 Yrityksen optimaaliset voitot

Päästöoikeuden hinnannousu vähentää kokonaispanoskäyttöä (puun käyttö pysyy ennallaan ja turpeen käyttö vähenee), joten polttolaitos tuottaa vähemmän sähköä, ja tämä johtaa voittojen pienenemiseen.



Command Window:n tulokset:

Columns 1 through 8

1.9320 1.9069 1.8821 1.8573 1.8329 1.8085 1.7844 1.7603

Columns 9 through 16

1.7365 1.7128 1.6893 1.6660 1.6428 1.6198 1.5970 1.5744

Columns 17 through 24

1.5518 1.5296 1.5074 1.4855 1.4637 1.4421 1.4206 1.3993

Columns 25 through 32

1.3783 1.3573 1.3366 1.3159 1.2956 1.2752 1.2552 1.2352

Columns 33 through 40

1.2156 1.1960 1.1766 1.1574 1.1383 1.1194 1.1007 1.0822

Columns 41 through 48

1.0638 1.0456 1.0275 1.0098 0.9920 0.9746 0.9572 0.9400

Columns 49 through 50

* 1. 0.9062

# Komparatiivinen statiikka sähkön hinnan (p) suhteen

Tutkimme komparatiivisen statiikan avulla mitä tapahtuu optimaaliselle panoskäytölle, optimivoitoille sekä päästöille, kun sähkön hinta (q) vaihtelee välillä 1:50 euroa.

## Tulosten tulkinta sähkön hinnanmuutoksen osalta

Alla on kuvattu optimaalinen panoskäyttö turpeelle ja puulle, sekä optimaaliset voitot ja päästöt kun yleisillä sähkömarkkinoilla myytävän sähkön hinta vaihtelee välillä 1:50. Päästöoikeuden hinnan olemme lukinneet 50, joka on hieman korkeampi kuin päästöoikeuden hinta todellisuudessa on tällä hetkellä. Arvioiden mukaan päästöoikeuden hinta EU:n ETS:ssä tulee kuitenkin nousemaan seuraavalla päästökauppakaudella. Sähkön hinnan muutoksen osalta emme ole lisäneet Command Window:n tarkkoja tuloksia, vain pelkät kuvaajat.

### 5.1.1 Optimaalinen panoskäyttö turpeelle (z)

Kun yleisillä sähkömarkkinoilla myytävän sähkön hinta nousee, tulee tuotanto polttolaitokselle kannattavammaksi, ja yritys kasvattaa turpeen panoskäyttöä. Kuvaajamme perusteella huomaamme, että yrityksen optimaalinen turpeen panoskäyttö on 28 yksikköä silloinkin, kun sähkön hinta on vain yhden euron. Kuvaamamme tilanne ei siis välttämättä ole kovinkaan realistinen, sillä oletettavaa on, että näin pienellä sähkön hinnalla yrityksen ei olisi todellisuudessa kannattavaa tuottaa mitään.



### Optimaalinen panoskäyttö puulle (x)

Kun sähkön hinta nousee, tuotanto tulee yritykselle kannattavammaksi, joten sen on järkevää kasvattaa tuotantoaan. Sähkön hinnan nousu johtaa turpeen lisäksi myös puun panoskäytön kasvattamiseen.



### Yrityksen optimaaliset voitot

Sähkön hinnan noustessa yritys kasvattaa tuotantoaan ja näin myös optimaaliset voitot kasvavat. Mallin mukaan kaikilla sähkön hinnoilla yritys saa positiivista voittoa. Tämä ei kuvaa todellista tilannetta.



### Yrityksen optimaaliset päästöt

Kun sähkön hinta nousee, niin yrityksen optimaalinen tuotanto kasvaa, joka taas kasvattaa yrityksen päästöjä. Sähkön hinnannousu saattaa johtua esimerkiksi tuotantotukien noususta, ja mikäli se lopulta johtaa toimialan päästöjen kasvuun, voidaank miettiä onko tuotantotukien käyttö järkevää.



# Pohdintaa ja kritiikkiä

Yllä oleva mallimme kuvaa hyvin päästöoikeuden piirissä olevan panoksen käyttöä. Tuloksista huomaamme, että mitä kalliimpi hinta päästöoikeudella on, sitä pienempi on turpeen optimaalinen panoskäyttö. Mallimme mukaan päästöoikeuden hinnan nousu ei kuitenkaan näytä lisäävän puun käyttöä, vaikka se tekeekin siitä suhteessa edullisemman polttoaineen. Tämä ei mielestämme kuvaa todellista tilannetta. Uskomme, että todellisuudessa päästömaksut fossiilisilla polttoaineilla, eli tässä tapauksessa turpeella, tekisivät uusituvasta polttoaineesta edullisemman, ja siten myös kannattavamman polttoaineen, joten sen käytön lisääntyminen tulisi myös näkyä tässä mallissa.

Päästökaupan vaikutuksesta turpeen käyttöön on tehty myös tieteellistä tutkimusta. Tutkimuksissa on arvioitu muun muassa mahdollisia päästöoikeuden hinnan kohoamisesta johtuvia seurauksia. Esityksemme taustamateriaalissa on esimerkiksi arvioitu, että päästöoikeuden arvolla 15 e / t CO2 *kivihiili* alkaa olla turvetta kilpailukykyisempi vaihtoehto erityisesti Rannikko-Suomen yhteistuotantolaitoksissa. Sisämaan pitkät kuljetuskustannukset vaativat suuremman päästöoikeuden arvon tehdäkseen kivihiilestä turvetta kilpailukykyisemmän näillä alueilla. Lisäksi uusinvestointeja verratessa maakaasulaitokset ovat turvelaitoksia kilpailukykyisempiä päästöoikeuden hinnalla 20 e / t CO2, jos kyseiset turvelaitokset eivät tule toteuttamaan seospolttoa puupolttoaineilla vähintään 50 % - 50 % suhteella.

Arvioita turpeen käytöstä päästökauppatilanteessa on arvioitu mm. sen kokonaiskulutuksen näkökulmasta vuonna 2010, TWh. (*Taulukko 2*)



*Taulukko 2,* Turpeen keskimääräisten poltto-ominaisuuksien vertailu muihin polttoaineisiin nähden, KTM, 2005, Taulukko 7

Kuten taulukosta 2 näkyy, turpeen käyttö kaikissa sen käyttömuodoissa tulee laskemaan huomattavasti päästökauppatilanteessa. Tässä mielessä tekemämme malli siis kuvaa siis hyvin todellista tilannetta, ja sen tulokset ovat yhteneväisiä aiheesta tehdyn tieteellisen tutkimuksen kanssa. Olemme mallisamme tehneet suuria oletuksia erityisesti kustannusfunktion muodostamisen osalta. Tämä tekee osaltaan tutkimuksemme tuloksista epäluotettavia ja epätarkkoja. Erityisesti sähkön markkinahinnan nousun vaikutukset näyttävät mallissamme epärealistisilta. Näistä ongelmista huolimatta olemme sitä mieltä että malli kuvaa todellista tilannetta suuntaa antavasti, ja tulosten suuntaviivat ovat samansuuntaisia kuin aiheesta tehdyllä tieteellisellä tutkimuksella.

# Lähteet

Kangas, H-L., Lintunen J. and uusivuori J. 2009. The cofiring problem of a power plant under policy regulations. *Energy Policy* 37: 1898-1904.

Moliis Katja, sähköpostikeskustelu 25.4.2012

Kauppa- ja teollisuusministeriö, Turpeen energiakäytön asema Suomen energiajärjestelmässä, Julkaisuja 14/2005