

2. znanstvena konferenca SAEE s področja energetske ekonomike

Uredili: Nevenka Hrovatin, Matej Švigelj, Jelena Zorić



2. ZNANSTVENA KONFERENCA SAE S PODROČJA ENERGETSKE EKONOMIKE

Ljubljana, 22. november 2018
Ekonomska fakulteta, Univerza v Ljubljani

Zbornik prispevkov

Uredniki:

**NEVENKA HROVATIN
MATEJ ŠVIGELJ
JELENA ZORIĆ**

Uredniki/Editors: **Prof. Nevenka Hrovatin, PhD, Prof. Matej Švigelj, PhD, Prof. Jelena Zorić, PhD**
Zbornik prispevkov 2. znanstvene konference SAEЕ s področja energetske ekonomike
(22. november 2018, Ekonomska fakulteta Univerze v Ljubljani)

Izdajatelj/Publishers: Ekonomska fakulteta, Univerza v Ljubljani
(Faculty of Economics, University of Ljubljana) in/and
SAEE – Slovensko združenje za energetske ekonomike
(Slovenian Association for Energy Economics)

Programski odbor/Programme Committee:
Prof. dr. Nevenka Hrovatin (predsednica/president), Ekonomska
fakulteta, Univerza v Ljubljani
Prof. dr. Liljana Ferbar Tratar, Ekonomska fakulteta, Univerza v
Ljubljani
Mag. Sarah Jezernik, Plinovodi d. o. o.
Docent dr. France Križanič, EIPF
Izr. prof. dr. Nina Ponikvar, Ekonomska fakulteta, Univerza v
Ljubljani
Izr. prof. dr. Matej Švigelj, Ekonomska fakulteta, Univerza v Ljubljani
Izr. prof. dr. Jelena Zorić, Ekonomska fakulteta, Univerza v Ljubljani

Oblikovanje naslovnice/Cover by: Tomaž Ulčakar
Oblikovanje in prelom/Design by: Ekonomska fakulteta

Ljubljana, 2018

Konferenčni prispevki so bili recenzirani v okviru anonimnega recenzijskega postopka.
Conference proceedings were subject to a double-blind peer review process.

Zbornik je objavljen na spletni strani / Conference proceedings are available online:
<http://konference.ef.uni-lj.si/sae2018/>

Zbornik je izšel s finančno podporo Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani
This book of conference proceedings is financed by the Faculty of Economics University of Ljubljana.

Slika na ovoju/Cover photo: *Thornton Bank, Oostende, Belgium* (avtor/author: Hans Hillewaert; vir/source: Wikimedia).

Kataložni zapis o publikaciji (CIP) pripravili v Narodni in univerzitetni knjižnici v Ljubljani
COBISS.SI-ID=297498880
ISBN 978-961-240-347-8 (pdf)

Vse pravice pridržane. Noben del gradiva se ne sme reproducirati ali kopirati v kakršni koli obliki: grafično, elektronsko ali mehanično, kar vključuje (ne da bi bilo omejeno na) fotokopiranje, snemanje, skeniranje, tipkanje ali katere koli druge oblike reproduciranja ja vsebine brez pisnega dovoljenja avtorja ali druge pravne ali fizične osebe, na katero bi avtor prenesel materialne avtorske pravice.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form by any means, electronic, mechanical or otherwise, including (but not limited to) photocopy, recordings or any information or retrieval system, without the express written permission of the author or copyright holder.

VSEBINA

PREDGOVOR	11
-----------------	----

Sekcija I: Analiza energetskih trgov in ekonomskih politik

<i>Borut Rajer, Sandi Sever</i> PREGLED DELOVANJA SLOVENSKEGA VELEPRODAJNEGA TRGA Z ELEKTRIKO S STALIŠČA OPERATERJA TRGA.....	13
<i>Matej Lendero, Matej Švigelj</i> VPLIV NAČRTOVANEGA DALJNOVODA ITALIJA-ČRNA GORA NA CENO ELEKTRIČNE ENERGIJE NA TRGIH JUGOVZHODNE EVROPE	19
<i>France Križanič</i> STAGFLACIJSKI UČINKI NERAVNOVESJA NA TRGU ELEKTRIČNE ENERGIJE.....	24
<i>Maja Kunstelj, Matej Švigelj</i> EVALUATION OF ENVIRONMENTAL TAX REFORMS IN THE EUROPEAN UNION	30

Sekcija II: Energetska učinkovitost

<i>Karolina Koren, Nevenka Hrovatin</i> VPLIV ENERGETSKIH IZKAZNIC STAVB NA PRODAJNE CENE STANOVANJ IN NAJEMNIN V SLOVENIJI.....	45
<i>Janez Dolšak, Nevenka Hrovatin, Jelena Zorić</i> ANALIZA HETEROGENOSTI PREFERENC MED GOSPODINJSKIMI ODJEMALCI ELEKTRIČNE ENERGIJE V SLOVENIJI.....	52
<i>Edin Lakić, Andrej Gubina</i> ODLOČITVE V ZVEZI Z ENERGETSKO UČINKOVITOSTJO PRI NEPREMIČNINAH: REZULTATI RAZISKAVE POTROŠNIKOV EU PROJEKTA CONSEED ZA SLOVENIJO....	58
<i>Edin Lakić, Andrej Gubina</i> ODLOČITVE V ZVEZI Z ENERGETSKO UČINKOVITOSTJO PRI INVESTICIJAH V INDUSTRIJSKE STROJE: REZULTATI RAZISKAVE POTROŠNIKOV EU PROJEKTA CONSEED ZA SLOVENIJO.....	64

Sekcija III: Investicije in poslovanje operaterjev

<i>Nevenka Hrovatin, Jelena Zorić</i> STROŠKOVNA UČINKOVITOST DEJAVNOSTI DISTRIBUCIJE ELEKTRIČNE ENERGIJE V OBDOBJU 2004 – 2016.....	79
<i>Saša Jamšek, Mate Lasić, Simon Tot</i> IZZIVI SOFINANCIRANJA INVESTICIJSKIH PROJEKTOV IZ EVROPSKIH SKLADOV - PRIMER PCI PROJEKTA PAMETNIH OMREŽIJ SINCRO.GRID	85

<i>Gregor Omahen</i> DOLGOROČNA VIZIJA RAZVOJA PAMETNIH OMREŽIJ IN VLOGA PRENOSNEGA OPERATERJA.....	91
---	----

<i>Saša Jamšek</i> UVEDBA SODOBNEGA MODELA UPRAVLJANJA S SREDSTVI V DRUŽBI ELES ZA POVEČANJE PREGLEDNOSTI IN UČINKOVITOSTI	98
--	----

Sekcija IV: Obnašanje podjetij in porabnikov

<i>Valentin Križan, Matej Švigelj</i> ANALIZA INFRASTRUKTURE POLNILNIC ZA ELEKTRIČNE AVTOMOBILE NA LOKACIJAH HOTELOV V SLOVENIJI IN NA HRVAŠKEM.....	106
--	-----

<i>Janez Dolšak, Nevenka Hrovatin, Jelena Zorić</i> VLOGA INTEGRIRANIH ENERGETSKIH STORITEV V PROGRAMIH ZVESTOBE ZA GOSPODINJSKE UPORABNIKE	112
---	-----

<i>Jan Jeriha, Andrej Gubina</i> AGENTNO VODENJE PRILAGODLJIVIH ODJEMALCEV V DISTRIBUCIJSKEM SISTEMU	118
--	-----

<i>Tjaša Čož, Alojz Poredoš, Andrej Kitanovski, Nevenka Hrovatin</i> EKSERGOEKONOMSKA OPTIMIZACIJA SISTEMA DALJINSKEGA HLAJENJA.....	124
---	-----

PREDGOVOR

V veliko veselje mi je, da letos organiziramo že drugo Znanstveno konferenco s področja energetske ekonomike v okviru Slovenskega združenja za energetske ekonomiko (SAEE – Slovenian Association for Energy Economics), ki je sekcija Energetske zbornice Slovenije (EVS) in nacionalna podružnica IAEE (International Association for Energy Economics). Soorganizator konference je Ekonomska fakulteta Univerze v Ljubljani. Letošnja konferenca je nadaljevanje dogodka Energy Day, na katerem sodelujejo ugledni govorniki iz Agencije za sodelovanje energetske regulatorjev (ACER) in Agencije za energijo RS. Priznanje obema dogodkoma je izrazilo tudi Ministrstvo za infrastrukturo s pozdravnim nagovorom državnega sekretarja za energetiko mag. Bojana Kumra.

Poziv za prispevke smo naslovili na širok krog deležnikov: na vse slovenske univerze in institucije, ki s svojim delom posegajo v energetske ekonomiko ter tudi na slovenska podjetja. Posebej smo k sodelovanju povabili tudi avtorje kakovostnih magistrskih in doktorskih del ter ostale raziskovalce. Prejeli smo 16 prispevkov/člankov, ki jih objavljamo v pričujočem zborniku. Vsebinsko smo jih razporedili v štiri vsebinske sklope:

1. analiza energetskih trgov in ekonomskih politik
2. energetska učinkovitost
3. investicije in poslovanje operaterjev
4. obnašanje podjetij in porabnikov.

Tudi tokrat smo študente pozvali, da tekmujejo za študentsko nagrado v višini 1.000 evrov, katere pobudnik je dr. Boyko Nitzov. Letošnji donatorji nagrade so poleg dr. Boyka Nitzova še Energetika.Net in Plinovodi d.o.o. Verjamemo, da bo nagrada tudi vnaprej dodatna motivacija za kakovostno raziskovalno delo študentov.

Posebna zahvala gre ekipi sodelavcev iz EF, še zlasti izr. prof. dr. Mateju Šviglju in mlademu raziskovalcu mag. Janezu Dolšaku, strokovnim sodelavcem in članom programskega odbora. Brez njihove angažiranosti in predanosti izvedba konference in izdaja zbornika ne bi bila mogoča.

Predsednica programskega odbora konference

Prof. dr. Nevenka Hrovatin

Sekcija I:
Analiza energetske trgovine in
ekonomskih politik

PREGLED DELOVANJA SLOVENSKEGA VELEPRODAJNEGA TRGA Z ELEKTRIKO S STALIŠČA OPERATERJA TRGA

Mag. Borut Rajer

Borzen, operater trga z elektriko, d. o. o.

E-pošta: borut.rajer@borzen.si

Sandi Sever

Borzen, operater trga z elektriko, d. o. o.

E-pošta: sandi.sever@borzen.si

POVZETEK

Naslednje leto bo minilo 20 let od sprejetja Energetskega zakona, ki je liberaliziral trg z elektriko v Sloveniji. V tem času se je slovenski trg z elektriko popolnoma odprl ter se razvil v normalno delujoč srednjeevropski trg, močno vpet v sosednje trge oziroma elektroenergetske sisteme. Trg z elektriko je v Sloveniji hierarhično urejen v bilančno shemo. Vsaka pravna ali fizična oseba, ki želi aktivno poslovati na trgu z elektriko, mora postati član bilančne sheme. Članstvo in struktura bilančne sheme sta določeni z bilančnimi pogodbami, sklenjenimi z operaterjem trga ter s pogodbami o izravnavi, sklenjenimi s člani bilančne sheme. Operater trga (Borzen), ki predstavlja vrh bilančne sheme, zagotavlja dobavo izravnalne energije bilančnim skupinam preko bilančnih pogodb. Fizično izravnavo elektroenergetskega sistema pa izvaja sistemski operater. Operater trga vodi evidenco pogodb o članstvu v bilančni shemi. V članku skozi številke bilančne sheme predstavljamo razvoj trga z elektriko v Sloveniji, s poudarkom na zadnjih nekaj letih. Prav tako pojasnjujemo, zakaj je razlikovanje načina delovanja kot bilančna skupina ali podskupina pomembno. Na podlagi podatkov o količinah evidentiranih pogodb podajamo tudi osnovne mere koncentracije, kot tudi gibanje t.i. »churn ratio«, ki ga računamo kot razmerje med količino evidentiranih pogodb ter celotnim odjemom elektrike v Republiki Sloveniji. Preko gibanja »churn ratio« sklepamo na razvoj globine trga oziroma osnovne likvidnosti trga v Sloveniji.

Ključne besede: trg z elektriko, razvoj trga, koncentracija, operater trga

1 Uvod

Naslednje leto bo minilo 20 let od sprejetja Energetskega zakona, ki je liberaliziral trg z elektriko v Sloveniji. V tem času se je slovenski trg z elektriko popolnoma odprl ter razvil v normalno delujoč srednjeevropski trg, močno vpet v sosednje trge oziroma elektroenergetske sisteme.

V EU se je proces liberalizacije formalno udejanjil v besedilu prve Smernice EU o notranjem trgu z električno energijo 96/92/EC, ki jo je leta 2003 nadomestila Smernica EU o notranjem trgu z električno energijo 2003/54/EC. Tretji in zadnji večji EU energetskega paket je bil sprejet julija 2009. Poleg smernic 2009/72/EC (elektrika) in 2009/73/EC (zemeljski plin) ter uredb 714/2009 (elektrika) in 715/2009 (zemeljski plin), ki so

nadomestile obstoječe, je z uredbo 713/2009 ustanovil ACER, agencijo za sodelovanje energetskih regulatorjev, s sedežem v Ljubljani. Poleg tega je na novo definiral možnosti za ločitev dejavnosti, formaliziral vloge združenj sistemskih operaterjev elektrike ENTSO-E in plina ENTSO-G ter bistveno okrepil pravice potrošnikov, še posebno kar se tiče menjav dobavitelja ter zaščite ogroženih skupin (Rajer, 2015). Trenutno je v pripravi nov zakonodajni paket, ki naj bi bil sprejet konec letošnjega ali v začetku naslednjega leta. Zadnja velika sprememba v Sloveniji pa je stopila v veljavo marca 2014 z inačico poimenovano »EZ-1«.

Z leti so se v EU in Sloveniji trgi razvijali tako v smislu segmentov kot glede organizacije. Bistveno spremembo pa je na veleprodajni ravni prineslo spajanje trgov, ki je, najprej na ravni trga za dan vnaprej, poenotilo alokacijo dobrine (električna energija) ter omejitve (čezmejne prenosne zmogljivosti) ter s tem za trgovce poenostavilo delovanje na trgu. Slovenski trg je od junija 2018 spojen na vseh treh mejah, kjer obstaja elektroenergetska povezava.

2 Organizacija veleprodajnega trga električne energije v Sloveniji

Trg z elektriko je v Sloveniji, podobno kot v marsikateri drugi EU državi, hierarhično urejen v bilančno shemo. Vsaka pravna ali fizična oseba, ki želi aktivno poslovati na trgu z elektriko, mora postati član bilančne sheme. Članstvo in struktura bilančne sheme sta določeni z bilančnimi pogodbami, sklenjenimi z operaterjem trga ter s pogodbami o izravnavi, sklenjenimi s člani bilančne sheme. Operater trga, ki predstavlja vrh bilančne sheme, zagotavlja dobavo izravnalne energije bilančnim skupinam preko bilančnih pogodb. Fizično izravnavo elektroenergetskega sistema pa izvaja sistemski operater. Operater trga tudi vodi evidenco pogodb o članstvu v bilančni shemi.

V bilančno shemo se torej subjekti lahko vključijo s podpisom bilančne pogodbe neposredno z operaterjem trga in s tem pridobijo status odgovornega bilančne skupine. Druga možnost je podpis tako imenovane pogodbe o izravnavi z drugim članom bilančne sheme, s čemer subjekt pridobi status odgovornega bilančne podskupine.

V nadaljevanju podajamo prikaz gibanja števila in strukture bilančnih skupin (BS) in podskupin (BPS) skozi leta.

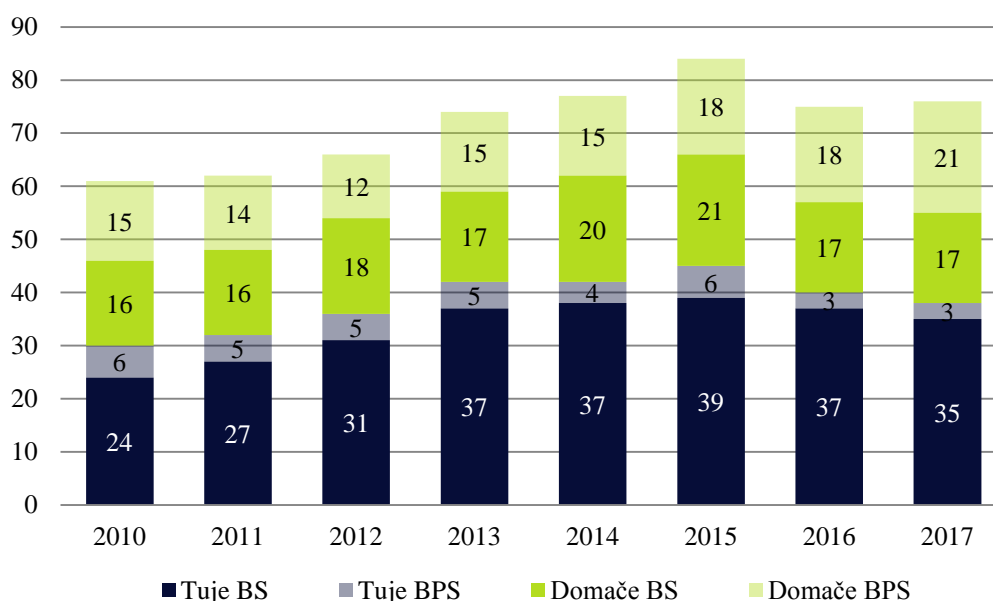
Tabela 1: Gibanje števila domačih in tujih bilančnih skupin (BS) in podskupin (BPS) v obdobju 2010 – 2017

LETO	Tuje BS	Tuje BPS	Domače BS	Domače BPS	Tuje Skupaj	Domače Skupaj	BS	BPS	Vse
2010	24	6	16	15	30	31	40	21	61
2011	27	5	16	14	32	30	43	19	62
2012	31	5	18	12	36	30	49	17	66
2013	37	5	17	15	42	32	54	20	74
2014	37	5	20	15	42	35	57	20	77
2015	39	6	21	18	45	39	60	24	84
2016	37	3	17	18	40	35	54	21	75
2017	35	3	17	21	38	38	52	24	76

Vir: interna gradiva podjetja Borzen, d.o.o.

Število članov na slovenskem trgu z elektriko je v letih od 2010 do 2015 vztrajno naraščalo. Leto 2016 pa je prvo po letu 2010, ko beležimo padec števila članov bilančne sheme (glej tudi Sliko 1 spodaj). V tem obdobju je bil opazen predvsem trend večanja števila tujih družb na slovenskem trgu – število se je iz 30 v letu 2010 povečalo na 45 v letu 2015. Leta 2016 se je v primerjavi z letom 2015 število članov bilančne sheme zmanjšalo za 9 in je tako število na dan 31. december 2016 znašalo 75 članov. Leta 2017 se članstvo ni bistveno spremenilo in je ostalo na podobni ravni v primerjavi s predhodnim letom. Borzen sicer neposrednega vpliva na število članov v bilančni shemi nima, razlogov za takšno zmanjšanje pa je več. Tako je na primer nekaj družb prenehalo trgovati na BSP Regionalni Energetski Borzi d. o. o. in posledično izstopilo iz bilančne sheme, izstop določenih družb pa je povezan z njihovo reorganizacijo oziroma prestrukturiranjem.

Slika 1: Število članov bilančne sheme v letih od 2010 do 2017



Vir: interna gradiva podjetja Borzen, d.o.o.

3 Gibanje koncentracije na veleprodajnem trgu

Poleg samega števila bilančnih skupin in podskupin ter njihove strukture je seveda za delovanje trga bistveno tudi, kakšne so količine in kako so razporejene.

Energetski zakon operaterju trga nalaga evidentiranje ne le pogodb o članstvu v bilančni shemi, temveč tudi obratovalnih napovedi (napovedi proizvodnje oziroma odjema) in zaprtih pogodb (pogodb med člani bilančne sheme). Evidentirajo se vse pogodbene dogovorjene obveznosti, v katerih se elektrika kupi ali proda v Sloveniji oziroma s katerimi se energija prenese preko regulacijskega območja. Zaprte pogodbe in obratovalne napovedi se evidentirajo na dnevni ravni vseh sedem dni v tednu. Vsakodnevno operater trga izdela okvirni obratovalni vozni red prenosnega in distribucijskega omrežja, ki ga posreduje sistemskemu operaterju ELES.

Po rasti v predhodnih letih je obseg evidentiranih zaprtih pogodb v obdobju 2013 do 2017 nihal. Razlog tega neskladja s številom članov bilančne sheme je v tem, da se je povečevanje števila bilančnih skupin in podskupin (članov bilančne sheme oziroma trga) nanašalo predvsem na manjše akterje. Hkrati pa je v zadnjem času opazen tudi trend

konsolidacije, kar podrobneje pojasnujemo v nadaljevanju. Tudi v primeru rasti je rast števila pogodb manjša od rasti količine elektrike po teh pogodbah. V letu 2016 je bilo denimo povečanje količine glede na preteklo leto 5,2 odstotka, število pa se je celo zmanjšalo za 3,1 odstotka. Število se je nato v 2017 povečalo za 5,2 odstotka (na predhodno zmanjšano osnovo), količina pa za 7,8 odstotka (na predhodno povečano osnovo). Podrobnejši podatki za zadnjih nekaj let za količine so na voljo v Tabeli 2.

Tabela 2: Letne količine evidentiranih zaprtih pogodb (ZP) na trgu z elektriko v Sloveniji v letih 2013 – 2017

Leto	Letna količina evidentiranih ZP [TWh]	Sprememba glede na preteklo leto [%]
2013	52,6	-2,8
2014	53,9	2,5
2015	52,1	-3,3
2016	54,8	5,2
2017	59,1	7,8

Vir: interna gradiva podjetja Borzen, d.o.o.

Z vidika delovanja trga pa seveda niso pomembne le celotne količine, temveč tudi njihova razporeditev. V nadaljevanju tako za obdobje od leta 2010 do leta 2017 predstavljamo Herfindahl–Hirschman indeks (HHI) koncentracije ter vsote deleža petih oziroma desetih največjih bilančnih skupin. HHI je izračunan kot seštevek kvadratov deležev bilančnih skupin na trgu (izvzete so podvojitve zaradi trgovanja na borzi ter samostojne systemske bilančne skupine (systemske operater)), CR5 in CR10 pa kot seštevek deležev petih oziroma desetih največjih bilančnih skupin.

Opazimo lahko, da se je HHI bistveno znižal z letom 2011 ter nato tudi v letu 2013. Po dvigu v letu 2015 se je v zadnjih dveh letih stabiliziral na ravni okoli 1800. Delež CR5 je bil po padcu leta 2011 v nadaljevanju precej stabilen. Razlogov za spremembo HHI indeksa je več. Tako se je leta 2011 znižal predvsem zaradi začetka projekta spajanja trgov na slovensko-italijanski meji. Tega leta se je posledično povečalo trgovanje na BSP energetske borze in trgovanje na mejah regulacijskega območja, kar je privedlo do povečanja deleža manjših in zmanjšanja deleža večjih bilančnih skupin. Do spremembe HHI indeksa lahko pride tudi v primeru prehoda bilančne podskupine v samostojno bilančno skupino ali obratno v primeru prehoda iz samostojne bilančne skupine v bilančno skupino druge družbe. V prvem primeru privede do zmanjšanja deleža bilančne skupine iz katere se je odcepila bilančne podskupina, kar posledično privede do znižanja HHI indeksa. Navedeno seveda velja pod predpostavko, da presojamo konkurenco na ravni med bilančnimi skupinami (in ne tudi na ravni podskupin). Popolno konkuriranje na vseh segmentih trga je namreč možno le med bilančnimi skupinami, saj so podskupine preko izravnalnih pogodb povezane s hierarhično višjim članom.

Tabela 3: Herfindahl–Hirschman indeks ter delež 5 (CR5) oziroma 10 (CR10) največjih bilančnih skupin v evidentiranih zaprtih pogodbah v letih 2010 – 2017

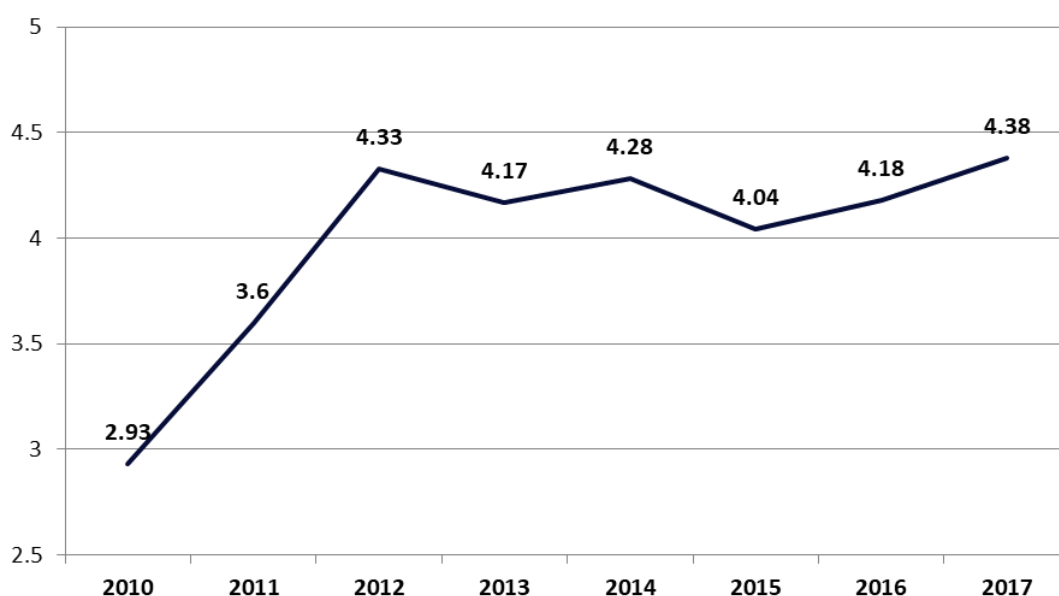
Leto	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
HHI	2688	1852	1875	1564	1552	2004	1837	1813
CR5	90.3%	79.8%	77.9%	74.8%	71.8%	72.5%	75.8%	75.4%
CR10	97.5%	93.0%	91.8%	87.4%	84.8%	87.1%	89.6%	91.9%

Vir: interna gradiva podjetja Borzen, d.o.o.

Z vidika razvoja trgov je pogosto kot kazalnik uporabljen tudi t.i. »churn ratio«. Gre za primerjavo med trgovalnimi količinami in dejanskimi, fizičnimi količinami. S tem

uravnotežimo trgovalne količine z naravno rastjo oziroma krčenjem končnega, »fizičnega« trga. Razvoja tega kazalnika med leti 2010 in 2017 prikazujemo v spodnji sliki. Za trgovalne količine smo uporabili na Borzenu evidentirane količine zaprtih pogodb (polne vrednosti brez korekcij), za fizične količine pa podatke SURS glede odjema elektrike v Sloveniji. Opazimo lahko, da se je po dokaj strmem dvigu med leti 2010 in 2012 vrednost z manjšimi nihanji stabilizirala na ravneh med 4 in 4,5. V poročilu, ki ga na trimesečni ravni objavlja Evropska komisija so se »churn ratio« kazalniki za obravnavana območja v zadnjem četrtletju 2018 gibali od 2,1 v Italiji do 13,6 v Nemčiji (Evropska komisija, 2018). Zaradi možnosti različnih metodologij (kaj se upošteva kot trgovalne količine, s katero količino (katera poraba – celota, končni odjemalci ...) s primerja trgovalne količine) neposredna primerjava teh količnikov ni nujno možna – bistvo je v presoji gibanja skozi leta ob uporabi iste metodologije.

Slika 2: »Churn ratio« kazalnik



Vir: lastni izračuni na podlagi podatkov Borzen (evidentirane zaprte pogodbe) in SURS (odjem elektrike – »Končna raba – SKUPAJ«, letni podatki)

4 Sklep

V članku smo na podlagi podatkov slovenskega operaterja trga z elektriko Borzen, d.o.o. predstavili razvoj trga v letih od 2010 do 2017. V tem obdobju beležimo rast članstva v bilančni shemi, rast števila evidentiranih zaprtih pogodb, rast likvidnosti in zmanjšanje koncentracije trga. Ugotavljamo, da je veleprodajni trg z elektriko sorazmerno dobro razvit.

Literatura in viri

1. Interna gradiva podjetja Borzen, d.o.o.
2. Rajer, B. (2015). *Statistična analiza energetske trgovine s poudarkom na elektroenergetiki*. Ljubljana: Fakulteta za družbene vede.
3. Evropska komisija. (2018). *Quarterly Report on European Electricity Markets; Volume 11, issue 1, first quarter of 2018*. Najdeno 1. oktobra 2018 na spletnem naslovu https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/quarterly_report_on_european_electricity_markets_q1_2018.pdf

VPLIV NAČRTOVANEGA DALJNOVODA ITALIJA-ČRNA GORA NA CENO ELEKTRIČNE ENERGIJE NA TRGIH JUGOVZHODNE EVROPE

Matej Lendero

E-pošta: matej.lendero9@gmail.com

Matej Švigelj

Ekonomska fakulteta, Univerza v Ljubljani

E-pošta: matej.svigelj@ef.uni-lj.si

POVZETEK

Investicija v izgradnjo in nadgradnjo električnih omrežij med državami omogoča tesnejšo integracijo trgov električne energije. To se v največji meri odraža v cenovni konvergenci trgov in večjem naboru virov električne energije, kar botruje večji varnosti z oskrbo z električno energijo. Leta 2015 je Evropska komisija na pobudo združenja ENTSO-E potrdila investicijo v izgradnjo podvodnega električnega daljnovoda med Italijo in Črno goro, ki bo predvidoma v uporabi konec leta 2019. Investicija je bila klasificirana kot Projekt skupnih interesov, ki bo skladno z ostalimi projekti nadgradnje električnih omrežij v JV Evropi močno vplival na trge električne energije v EU. Osnovna čezmejna prenosna zmogljivost (ČPZ) italijansko-črnogorskega daljnovoda bo znašala 1200 MW, zaradi omejenega pretoka med omrežji na Balkanskem polotoku, pa bo sprva omejena zgolj na polovico. V članku smo tako s pomočjo simulacij preučili spremembe, ki bi jih na dveh največjih organiziranih trgih električne energije v JV Evropi (HUPX in OPCOM) prinesla vzpostavitev podvodnega električnega daljnovoda med Italijo in Črno goro. Rezultati simulacije na podlagi podatkov iz leta 2016 so pokazali, da bi na obeh trgih prišlo do porasta cen pasovne energije. Pri tem bi do največje rasti cen prišlo v času nizke tarife. Dodatna ponudba »poceni« sončne energije iz Italije pa bi povzročila znižanje cene sončno-trapezne energije na borzi HUPX. S simulacijo smo prikazali tudi kako različen obseg ČPZ italijansko-črnogorskega daljnovoda vpliva na konvergenco cen med borzama HUPX in OPCOM ter ceno na italijanski borzi (GME-CSUD).

Ključne besede: spajanje trgov, daljnovod Italija-Črna Gora, HUPX, OPCOM

1 Uvod

Z namenom tržne integracije trgov električne energije je Evropska komisija v začetku leta 2015 odobrila projekt izgradnje podvodnega električnega daljnovoda med Italijo in Črno goro, ki bi omogočil nadaljnjo cenovno konvergenco med trgi električne energije JV Evrope in Italije. Daljnovod bo v uporabi predvidoma v zadnjem kvartalu leta 2019 (ENTSO-E, 2015a). Zaradi pričakovanih učinkov na trge električne energije v EU je bil projekt uvrščen tudi na seznam projektov skupnega interesa, ki bi skladno z ostalimi projekti nadgradnje električnih omrežij v JV Evropi močno vplival na trge električne energije v EU. Investicija je smotrna zgolj ob sočasnem razvoju električnih omrežij na celotni relaciji med Črno goro ter Madžarsko in Romunijo, kar pomeni sodelovanje EU z

državami, ki niso članice, a morajo vseeno prek Energetske skupnosti upoštevati smernice o snovanju enotnega energetskega trga.

Italija je kot četrti največji porabnik električne energije v EU v letu 2016 porabila 310,3 TWh električne energije, kar je približno enako porabi celotne JV Evrope. Od tega je 12 % oz. 37,2 TWh električne energije uvozila s sosednjih trgov. Domača proizvodnja električne energije je bila v letu 2016 sestavljena iz termo proizvodnje (60 %), hidro proizvodnje (17 %), proizvodnje iz vetrne in sončne energije (14 %) ter geotermalne proizvodnje in biomase (9 %) (Terna, 2017). Zaradi drage oz. nezadostne domače proizvodnje je Italija skozi leta razvila močno infrastrukturo čezmejnih električnih daljnovodov. V letu 2016 je Italija največ električne energije uvozila iz Švice (51,5 %), nekaj več kot 37 % celotnega italijanskega izvoza pa je bilo doseženo z Grčijo (ENTSO-E, 2017a).

Črna gora je ena najmanjših porabnic električne energije v JV Evropi. V letu 2016 je povpraševanje po električni energiji znašalo 3,4 TWh, od tega so jo 0,5 TWh oz. 15 % uvozili. Črna gora je električno energijo uvažala iz sosednje Bosne in Hercegovine, medtem ko je električno energijo izvažala v Srbijo in Albanijo. Domača proizvodnja predstavlja večinoma hidro proizvodnjo (73 %) in termo proizvodnjo (27 %) (IEA, 2017). Črna gora v primeru načrtovanega daljnovođa z Italijo predstavlja eno izmed tranzitnih držav na relaciji med Italijo in preostalimi državami JV Evrope (EIHP, 2017).

Projekt podvodnega daljnovođa Italija-Črna gora sovпада s projektoma Transbalkanski koridor in Srednjekontinentalni koridor. Načrtuje se izgradnja daljnovođa, ki bi v obeh smereh zagotavljala 1200 MW ČZP. Investitorja projekta sta upravljalca prenosnega omrežja TERNA (Italija) in CGES (Črna gora). Projekt bo imel zelo močan vpliv na čezmejno trgovanje z električno energijo, saj bo omogočil povečano uporabo obstoječih in bodočih prenosnih omrežij skozi koridor med Italijo prek jugovzhodne vse do srednjevzhodne regije (ENTSO-E, 2015b).

Celoten projekt je ocenjen na približno 800 mio. EUR, od tega bo 650 mio. EUR oz. približno 80 % sredstev zagotovil italijanski sistemski operater (Terna), približno 120 mio. EUR finančnih sredstev pa bo zagotovil črnogorski sistemski operater (CGES, 2017). Nekaj manj kot 30 mio. EUR bosta za projekt namenili EU in EBRD (Terna, 2017).

Namen članka je tako preučiti vpliv postavitve podvodnega električnega daljnovođa med Črno goro in Italijo na ceno električne energije v JV državah EU.

2 Simulacija vzpostavitve daljnovođa Italija-Črna gora

Simulacija vzpostavitve daljnovođa med Italijo in Črno goro je bila osredotočena na dva organizirana trga (borzi) za trgovanje z električno energijo za dan vnaprej, tj. madžarsko (HUPX) in romunsko (OPCOM) borzo. Omenjeni borzi v praksi predstavljata referenčna trga za regijo JV Evrope, saj imata poleg geografske lege tudi zelo veliko likvidnost ter veliko prisotnost tržnih udeležencev iz ostalih držav v regiji, hkrati pa sta zavezani h razkritju dnevni tržni naročil iz borznih avkcij za dan vnaprej. Simulacija je bila opravljena na podatkih iz leta 2016. Iz simulacije so bili izključeni bilateralno sklenjeni posli, saj pri slednjih tržni udeleženci niso dolžni razkriti podatkov, ki bi omogočili kreiranje agregatnih krivulj ponudbe in povpraševanja.

Agregirane krivulje ponudbe in povpraševanja borz HUPX in OPCOM iz leta 2016 tako predstavljajo referenčni scenarij, tj. tržno ravnovesje, ki se je oblikovalo pred simulirano vzpostavitev podvodnega daljnovoda med Italijo in Črno goro.

V simuliranih scenarijih smo v preučevanih agregatnih krivuljah ponudbe in povpraševanja organiziranih trgov HUPX in OPCOM iz leta 2016, italijansko-črnogorski kabel vključili kot dodatnega tržnega udeleženca, ki je na omenjenih borzah vedno pripravljen kupovati pod in prodajati nad realiziranimi italijanskimi cenami električne energije iz leta 2016. Tovrstna predpostavka temelji na implicitnem tržnem mehanizmu. Zaradi velikosti italijanskega trga smo italijansko realizirano ceno smatrali kot dano ceno, ki se ob dodatnem povpraševanju oz. ponudbi ne spreminja. Obseg tovrstnih nakupov in prodaj je bil enak ČPZ načrtovanega daljnovoda (1200 MWh). Hkrati smo predpostavili, da se vsi ostali dejavniki, ki vplivajo na krivulje ponudbe in povpraševanja, niso spremenili. Za realizirano italijansko ceno (borza GME) je bila uporabljena cena Centralno južnega območja Italije (CSUD), od koder bo podvodni kabel tudi potekal. Simulacija je bila opravljena ob celotni razpoložljivosti daljnovoda (1200 MW). Zaradi zakasnitve komplementarnih nadgradenj električnih omrežij na Balkanskem polotoku, je bila opravljena tudi simulacija ob polovični razpoložljivosti italijansko-črnogorskega daljnovoda (600 MW), kar je enako predvideni velikosti ČPZ v prvih letih uporabe daljnovoda.

Cenovna občutljivost je bila preučevana na štirih standardiziranih produktih trgovanja električne energije:

- pasovna energija (povprečje vseh 24 ur v dnevu; H1–H24),
- nizkotarifna energija (povprečje 8 obrobnih ur; H1–H6 ter H23–H24),
- visokotarifna energija (povprečje 16 ur, H7–H22),
- sončno-trapezna energija (povprečje ur z največjo intenziteto sončevega sevanja H11–H16).

3 Analiza rezultatov simulacij

V scenariju polovične razpoložljivosti ČPZ italijansko-črnogorskega daljnovoda v obsegu 600 MW se potencialni obseg sklenjenih poslov poveča za največ 600 MWh. V sklopu 8760 preučevanih cen električne energije na urnem nivoju se je cena na borzi HUPX v 3047 urah (34,8 %) izenačila z italijansko ceno. Po drugi strani se je cena OPCOM izenačila z italijansko ceno v 2639 urah (30,1 %), saj so bile cene na borzi OPCOM v letu 2016 v povprečju nižje od cen na borzi HUPX. Cena visokotarifnega produkta na borzi HUPX se je zavišala za 4,3 %, za nizkotarifnega pa za 5,6 %. Na borzi OPCOM se je cena nizkotarifnega produkta zvišala za 5,4 %, za nekaj več (7,5 %) pa se je dvignila cena visokotarifnega produkta. Najmanjše spremembe so bile zaznane v ceni sončno-trapeznega produkta. Na borzi HUPX se je cena spustila za 1 %, na borzi OPCOM pa je narasla za 3,1 % (Tabela 1).

Rezultati scenarija polne razpoložljivosti ČPZ italijansko-črnogorskega daljnovoda v obsegu 1200 MW kažejo, da so bile največje spremembe dosežene pri nizkotarifnem produktu. Cena slednjega bi se na HUPX povečala za 7,5 EUR oz. 27,8 %, na OPCOM pa za 5,2 EUR oz. 20,1 %. Po drugi strani pa so bile manjše spremembe zaznane pri visokotarifnem produktu, saj se je cena visokotarifnega produkta na HUPX dvignila za 8,5 % oziroma za 10,8 % na OPCOM. Cena italijanske električne energije je bila v sončno-

trapeznem produktu v povprečju nižja od madžarske cene, a še vedno višja od romunske. Posledično je tako prišlo do dodatne ponudbe italijanske električne energije na borzi HUPX. Cena na HUPX se je tako znižala za 1 %, cena na OPCOM pa se je zvišala za 4,8 % (Tabela 1).

Tabela 1: Prikaz cene produktov na borzah HUPX in OPCOM v referenčnih in simuliranih scenarijih ob polovični (600 MW) in polni razpoložljivosti italijansko-črnogorskega daljnovoda (1200 MW)

	HUPX			OPCOM		
	Referenčni scenarij (EUR/MWh)	Simulirani scenarij 600MW (EUR/MWh)	Simulirani scenarij 1200MW (EUR/MWh)	Referenčni scenarij (EUR/MWh)	Simulirani scenarij 600MW (EUR/MWh)	Simulirani scenarij 1200MW (EUR/MWh)
Pasovna energija	35,5	37,1 (4,5%)	40,2 (13,4%)	33,4	35,9 (7%)	37,8 (13,3%)
Nizkotarifna energija	26,9	28,4 (5,6%)	34,4 (27,8%)	25,7	27,1 (5,4%)	30,9 (20,1%)
Visokotarifna energija	39,7	41,4 (4,3%)	43,1 (8,5%)	37,2	40,0 (7,5%)	41,2 (10,8%)
Sončno-pasovna energija	38,7	38,3 (-1%)	38,3 (-1%)	35,1	36,2 (3,1%)	36,8 (4,8%)

Vir: HUPX, OPCOM, GME day-ahead market results 2016.

Na podlagi realiziranih tržnih ravnotežij ter simulacije romunske in madžarske borze smo tudi ugotovili, da bi omenjeni borzi v letu 2016 tako izvažali kot tudi uvažali z italijanskega trga. Od preučevanih 8760 ur bi 73,2 % ur izvažali ter 26,8 % ur uvažali z italijanskega trga, kar prikazuje obstoj dvosmernega trgovanja. Razmerje med izvozom in uvozom trgovanih urnih blokov se razlikuje, najnižje razmerje pa se pojavlja v sončno-trapeznem produktu.

4 Sklep

Investicija v izgradnjo in nadgradnjo električnih omrežij med državami omogoča tesnejšo integracijo trgov električne energije. To se v največji meri odraža v cenovni konvergenci trgov in večjem naboru virov električne energije, kar botruje večji varnosti z oskrbo z električno energijo. Postavitev podvodnega daljnovoda Italija-Črna gora predstavlja povezovanje dveh cenovnih regij in bo močno vplivala na trge električne energije v EU. Investicija je smotna zgolj ob sočasnem razvoju električnih omrežij na celotni relaciji med Črno goro ter Madžarsko in Romunijo.

V članku smo tako s pomočjo simulacij preučili spremembe, ki bi jih na dveh največjih organiziranih trgih električne energije v JV Evropi (HUPX in OPCOM) prinesla vzpostavitev podvodnega električnega daljnovoda med Italijo in Črno goro. Rezultati simulacije na podlagi podatkov iz leta 2016 so pokazali, da bi na obeh trgih prišlo do porasta cen pasovne energije. Pri tem bi do največje rasti cen prišlo v času nizke tarife. Dodatna ponudba »poceni« sončne energije iz Italije pa bi povzročila znižanje cene sončno-trapezne energije na borzi HUPX. Rezultati simulacij tudi kažejo, da bi prišlo tako do uvoza kot izvoza električne energije z italijanskega trga. Razmerje med izvozom in uvozom trgovanih urnih blokov se razlikuje, najnižje razmerje pa se pojavlja v urnih blokkih

z intenzivnim sončevim sevanjem, kar je skladno z veliko prisotnostjo sončnih elektrarn na italijanskem trgu.

Rezultati simulacije izgradnje italijansko-črnogorskega daljnovoda in nadgradnje električnih omrežij Balkanskega polotoka kažejo, da se bodo trgi JV Evrope še naprej integrirali, kar bo pripomoglo k vzpostavitvi enotnega panevropskega trga električne energije.

Literatura in viri

1. CGES. (2017). *Operating statement of Crnogorski elektroprenosni sistem AD for the year 2016*. CGES: Podgorica.
2. EIHP. (2017). *Electricity Market Perspectives in Southeastern Europe*. Zagreb: Energetski inštitut Zagreb.
3. ENTSO-E. (2015a). *TYNDP: Regional Investment Plan 2015 Continental South East region*. Bruselj: ENTSO-E
4. ENTSO-E. (2015b). *Project 28 – Italy-Montenegro interconnection*. Bruselj: ENTSO-E.
5. ENTSO-E. (2017). *Statistical factsheet 2016*. Bruselj: ENTSO-E. Pridobljeno 24. novembra 2017 iz <https://www.entsoe.eu/publications/statistics/statistical-factsheet/Pages/default.aspx>
6. GME S.P.A. (2017). *Day-ahead market results and data for 2016*. Pridobljeno 1. decembra 2017 iz <http://www.mercatoelettrico.org/En/Esiti/MGP/EsitiMGP.aspx>
7. HUPX Zrt. (2017). *Day-ahead market results-aggregated data (2016)*. Pridobljeno 3. decembra 2017 iz <https://hupx.hu/en/market-data/dam/aggregated-data>
8. OPCOM (2017). *Day-ahead market results-aggregated data (2016)*. Pridobljeno 3. decembra 2017 iz https://www.opcom.ro/rapoarte/pzu/curbe_agregate.php?lang=en
9. Terna S.P.A. (2017). *Annual electricity market report 2016 for Italy*. Rim: Terna.

STAGFLACIJSKI UČINKI NERAVNOVESJA NA TRGU ELEKTRIČNE ENERGIJE

dr. France Križanič

EIPF, Ekonomski institut d.o.o.

E-pošta: france.krizanic@eipf.si

POVZETEK

V zadnjih dvajsetih letih se je gospodarjenje z električno energijo preobrazilo iz infrastrukturne v tržno dejavnost, v obdobjih omejene ponudbe oziroma pomanjkanja električne energije pa so se pojavila precejšnja povečanja njene cene. Teoretično vzeto je možno, da se celotno pomanjkanje ponudbe električne energije razporedi po danem narodnem gospodarstvu glede na sposobnost gospodarstva in gospodinjstev za financiranje nakupa električne energije po izrazito visokih cenah. Tisti, ki tega ne zmorejo, se povečanim stroškom prilagodijo z znižanjem svoje gospodarske dejavnosti ali pa življenjskega standarda. Upad realnega dohodka ima za posledico tudi zmanjšanje prihrankov ter investicijskega potenciala v danem narodnem gospodarstvu. V kolikor bi se pomanjkanje električne energije na trgu preneslo v visoke cene ter na vzpostavitev novega ravnotežja pri teh cenah, lahko govorimo o klasičnem ponudbenem šoku oziroma stagflacijskem pritisku.

Podražitev električne energije, kot ga je pri trgovanju na Borzenu povzročila suša januarja 2017 in ob predpostavki, da bi se vpliv razširil tudi na pogodbe z daljšim rokom trajanja, bi kot ponudbeni šok vplivala na upad slovenske produkcije (prihodka) za 138 milijonov evrov, dodane vrednosti za 58 milijonov evrov, javnofinančnih prihodkov pa za 21 milijonov evrov. Izvoz bi bil nižji za 54 milijonov evrov. Slovenija bi začasno (do prenehanja motnje) izgubila 1.191 delovnih mest. Učinek bi na narodnogospodarski ravni predstavljal blizu 0,2% dodane vrednosti in javnofinančnih prihodkov ter nekoliko nad 0,1% izvoza in zaposlenosti.

Ključne besede: struktura trga in oblikovanje cen, proizvodnja električne energije, energetika in makroekonomija

1 Uvod

V prispevku je najprej prikazana ekonomska teorija neravnovesja na trgu električne energije s podobnimi učinki kot jih je pred desetletji imelo neravnovesje na trgu nafte. Sledi ekonomska analiza primera v Sloveniji, oris metodologije, sklepi in navedba literature, virov podatkov ter uporabljene programske opreme. Prispevek je nastal kot del študije »Zagotavljanje zanesljivosti sektorja proizvodnje električne energije v Sloveniji do leta 2060« (Bugeza et al., 2018).

2 Stagflacijska kriza kot posledica neravnovesja na trgu električne energije

Nekako od začetka devetdesetih let dvajsetega stoletja dalje se je v svetu, pa tudi pri nas, odvijal proces prehoda gospodarjenja z električno energijo od infrastrukturne panoge v tržno dejavnost (Haas et al, 2006; Pompei, 2013). Ena od posledic tega procesa, vezana na kratkoročno optimizacijo stroškov delovanja elektroenergetskega sistema, je bila poslabšanje zanesljivosti delovanja tega sistema (Erdoglu, 2011). Ravno ko se je omenjeni proces končal, se je začelo intenzivno in obsežno subvencioniranje proizvodnje električne energije iz obnovljivih virov. Navidezno nekonkurenčni klasični proizvajalci te dobrine so bili primorani v krčenje dejavnosti ter investicij. Oba procesa sta povzročila precejšnje nihanje cen električne energije z velikimi konicami v obdobju, ko je ponudba električne energije iz obnovljivih virov omejena (ni vetra, suša, ipd.). V 2016 in 2017 so bili tipičen primer takšnega neravnovesja »električni mrki« v avstralski zvezni državi Južni Avstraliji, glaven vzrok pa je bil 40% odvisnost dobave elektrike od njene proizvodnje v vetrnih elektrarnah. Problem je sistemski operater prenosnega omrežja sicer reševal z instalacijo baterij (Tesla), deloma pa tudi na klasičen način (za dva tedna so prenehali delovati rudniki bakra, talilnice in železarne), vendar se je trg električne energije odzval z izrazitimi podražitvami te dobrine. Kritični dogodki, v katerih je bila ogrožena zanesljiva in stabilna oskrba prebivalstva ter gospodarstva z električno energijo, so se ponavljali večkrat na leto (Slezak, 2017; Uhlmann, 2016).

Teoretično vzeto je možno, da se celotno pomanjkanje ponudbe električne energije razporedi po danem narodnem gospodarstvu glede na sposobnost potrošnikov (gospodarstva, gospodinjstev), da financirajo nakup električne energije po izrazito visokih cenah. Tisti, ki tega ne zmorejo, se povečanim stroškom prilagodijo z znižanjem svoje gospodarske dejavnosti ali pa življenjskega standarda. Upad realnega dohodka ima za posledico tudi zmanjšanje prihrankov ter investicijskega potenciala v danem narodnem gospodarstvu.

V kolikor bi se pomanjkanje električne energije na trgu preneslo v visoke cene ter na vzpostavitev novega ravnotežja pri teh cenah, lahko govorimo o klasičnem ponudbenem šoku oziroma stagflacijskem pritisku. Podražitev elektrike vpliva na gospodarstvo kot kapacitetna omejitev, saj se mu dostopnost do tega pomembnega energenta zmanjša. Obenem podražitev elektrike vpliva tudi na zmanjšanje realnega dohodka in s tem povpraševanja prebivalstva. Kapacitetni učinek in vpliv preko povpraševanja se seštevata.

3 Možen stagflacijski pritisk podražitev slovenskih cen električne energije v sušnem januarju 2017

Za prikaz ocene narodnogospodarskih posledic stagflacijskega pritiska neravnovesja na trgu električne energije vzemimo primer sušnega januarja 2017 v Sloveniji. V prvem četrtletju tega leta so povprečne cene električne energije za gospodinjstva (razredi DB, DC, DD, oziroma letni odjem električne energije od 1.000 do 15.000 KWh) znašale 54,07 EUR/MWh s končno ceno (tudi stroški omrežja in davščine) v višini 162,53 EUR/MWh, za negospodinjški odjem (razredi IB, IC, ID, in IE, oziroma letni odjem od 20 do 70.000 MWh) pa so bile cene električne energije 41,28 EUR/MWh s skupno končno ceno 95,28 EUR/MWh (Statistični urad Republike Slovenije, 1).

Pomanjkanje ponudbe električne energije je vodilo v skok cen te dobrine. Januarja je pri trgovanju na slovenski energetske borzi - BSP SouthPool Energy Exchange - dosegla povprečje 89,63 EUR/MWh (Borzen, 2017). Razlika med ravnovesno ceno na energetske borzi in povprečno ceno električne energije je bila 35,56 EUR/MWh pri gospodinjstvih in 48,35 EUR/MWh pri vseh ostalih (gospodarstvo vključno s storitvami in javnim sektorjem). V kolikor bi se ravnovesne cene iz kratkoročnega trga prenesle na celotno trgovanje in na vse cene, bi se električna energija za gospodinjstva (vključno s stroški omrežja in davščinami) podražila za 22%, medtem ko bi bila pri negospodinjstvem odjemu podražitev te dobrine skoraj 51%. Po prenehanju motenj na trgu bi se cene zopet nekoliko znižale.

Pri oceni stagflacijskega pritiska pomanjkanja električne energije na gospodarstvo predvidevamo, da se bo višja cena električne energije v celoti prenesla na ceno za prebivalstvo (gospodinjstva) in gospodarstvo (negospodinjstva). Sčasoma se bo namreč dvignila tudi cena elektrike v terminskih pogodbah in pogodbah z veljavnostjo na daljši rok. Visoka cena elektrike v obdobju bolj ali manj pogostih konic nakazuje, da gre za redko dobrino in tej relativni redkosti se bo ravnotežje na trgu električne energije vzpostavilo pri ustrezno višji ceni. Stagflacijski pritisk se bo razporedil na daljše obdobje. Sčasoma bodo višje cene spodbudile investicije v nove proizvodne zmogljivosti, tudi takšne, ki bodo zagotavljale stabilnost ponudbe, vendar nas v tej analizi zanima učinek na srednji rok.

Za koliko se bo, ob predpostavljenih podražitvah električne energije, zmanjšala ponudba sektorja »Oskrba z električno energijo, plinom in paro« v input-output analizi ocenimo tako, da opazujemo učinek povečanega stroška gospodarstva pri uporabi električne energije ter zmanjšane realnega dohodka prebivalstva zaradi podražitve te dobrine. Gre za podoben učinek, kot ga imajo podražitve drugih energentov, zlasti nafte. Pri ponudnikih energije sicer nastane profit, v gospodarstvu, ki v svojem produkcijskem procesu energijo uporablja, pa povečani stroški dvigajo cene ter vplivajo na krčenje dejavnosti in zaposlenosti. Govorimo o stagflacijskem pritisku, kot posledici povečanja stroškov.

Povečanje cene elektrike za 22% pri gospodinjstvem odjemu ter 51% pri odjemu v gospodarstvu (javni sektor je v input-output analizi del gospodarstva) v enem mesecu omejene ponudbe te dobrine (na primer januar 2017) razporedimo na celo leto. Dobimo 2% podražitev elektrike za gospodinjstva ter dobre 4% višje cene te energije za negospodinjstva. Ob upoštevanju omenjenih podražitev, ob upoštevanju vrednosti porabljene električne energije (domače in iz uvoza) za pokrivanje reprodukcijskega povpraševanja v gospodarstvu, ob upoštevanju vrednosti izvoza električne energije ter vrednosti njene porabe v gospodinjstvih, dobimo povečanje stroškov za 36 milijonov evrov pri reprodukcijskem povpraševanju, 26 milijonov evrov pri izvozu, slabih 9 milijonov evrov upada osebne porabe ter 0,4 milijona evrov nižjo investicijsko porabo zaradi upada prihrankov prebivalstva ob znižanju njegovega realnega dohodka.

Vpliv povečanih stroškov na znižanje reprodukcijske porabe in s tem gospodarske aktivnosti ocenimo preko znižanja vrednosti prihodka v vrstici 24 sektorja (»Oskrba z električno energijo, plinom in paro«) input-output matrike za 2014. Elektrogospodarstvo je imelo v tem letu 83,3% delež prihodka sektorja »Oskrba z elektriko, plinom in paro«. Vpliv povečanih stroškov na izvoz električne energije ocenimo kot ustrezno zmanjšanje ene od oblik končne porabe (izvoza v sektorju 24 input-output matrike za 2014), vpliv

zmanjšanja realnega dohodka prebivalstva zaradi podražitve električne energije pa ocenimo tako, da znižanje razporedimo glede na strukturo porabe prebivalstva. Ne zniža se samo poraba električne energije, pač pa tudi poraba ostalih dobrin. Odvisno od preferenc potrošnikov, kot jih kaže njihova košarica dobrin. Na podoben način je ocenjen vpliv znižanja investicijske porabe.

Rezultate simuliranega vpliva podražitve električne energije, kot ga je pri trgovanju na Borzenu povzročila suša januarja 2017 in ob predpostavki, da bi se v tem mesecu razširil tudi na pogodbe z daljšim rokom trajanja, prikazujemo v Tabeli 1. V njej vidimo, da bi omenjen ponudbeni šok vplival na upad slovenske produkcije (prihodka) za 138 milijonov evrov, dodane vrednosti za 58 milijonov evrov, javnofinančnih prihodkov pa za 21 milijonov evrov. Izvoz bi bil nižji za 54 milijonov evrov. Pri slednjem gre za direktno zmanjšanje izvoza električne energije zaradi njene podražitve ter za upad izvoza različnih dobrin zaradi omejitve pri njihovi produkciji, povezane s podražitvijo električne energije. Slovenija pa bi začasno (do prenehanja motnje) izgubila 1.191 delovnih mest. Učinek bi na narodnogospodarski ravni predstavljal blizu 0,2% dodane vrednosti ter javnofinančnih prihodkov in nekoliko nad 0,1% izvoza ter zaposlenosti.

Tabela 1: Stagflacijski pritisk začasne podražitve električne energije v enem mesecu (gospodinjstva 22%, negospodinjstva 51%)

	Vrednost	Delež na makroekonomski ravni
	Milijoni evrov	%
Produkcija	-138	-0,19
Dodana vrednost	-58	-0,17
Javnofinančni prihodki	-21	-0,17
Izvoz	-54	-0,13
Delovno aktivni	-1.191	-0,13

4 Metodologija

Analizo smo izvedli na podatkih 63 sektorske input-output matrike slovenskega gospodarstva v letu 2014 (Statistični urad Republike Slovenije, 2). Direktnen in posreden vpliv, ki ga ima na slovensko gospodarstvo predpostavljena podražitev električne energije, smo ocenili z:

$$M = (I - Ad)^{-1} * Y$$

$$H = (\text{diag BDP}/X) * (I - Ad)^{-1} * Y$$

$$Z = (\text{diag F}/X) * (I - Ad)^{-1} * Y$$

$$KAP = ELE * (I - Ad)^{-1}$$

- **M** je neposreden in posreden (v nadaljevanju »globalen«) vpliv upada povpraševanja (**Y**) na produkcijo po panogah, vsota pa kaže vpliv na celotno gospodarstvo; **Ad** je matrika tehničnih količnikov - stolpec domačega inputa v dan sektor deljen z njegovo produkcijo; **I** je enotna matrika, $(I - Ad)^{-1}$ pa je matrični multiplikator.

- **H** je globalen vpliv upada povpraševanja (**Y**) na dodano vrednost kjer je **diag BDP/X** diagonalizirana matrika direktnih količnikov dodane vrednosti (**BDP**), **X** je produkcija panoge.
- **Z** je globalen vpliv upada povpraševanja (**Y**) na angažma produkcijskih faktorjev. **F** je število zaposlenih, **diag F/X** je diagonalizirana matrika direktnih količnikov produkcijskega faktorja **F** v panožni produkciji (**X**).
- **KAP** je globalen vpliv zmanjšanja zmogljivosti slovenskega gospodarstva zaradi podražitve električne energije po prilagoditvi trga zmanjšani ponudbi te dobrine v Sloveniji.
- **ELE** je vrstični vektor z ničlami ter vrednostjo upada dobave električne energije v 24. stolpcu (panoga »Oskrba z električno energijo, plinom in paro«).

Naša ocena temelji na Leontijevi proizvodni funkciji (Leontief, 1942, 1954) in predpostavlja konstantne donose produkcijskih faktorjev, elastičnost substitucije enako 0 in homogenost produkcije znotraj sektorjev. Rezultate input-output analize lahko pojmuje kot začetne tendence z nakazano smerjo.

Kapacitetni učinek podražitve električne energije na dodano vrednost, izvoz in zaposlenost smo ocenili preko učinka na produkcijo (**X**) po panogah (**KAP**) ter s količniki dodane vrednosti, izvoza in zaposlenosti v produkciji panoge (**BDP/X**, **E/X**, **L/X**).

Javnofinančni učinki so izračunani iz ocenjenega vpliva na BDP ter 37,1% povprečnega deleža javnofinančnih prihodkov (davkov in prispevkov) v slovenskem BDP (Statistični urad Republike Slovenije, 2). Rezultati naše analize so v cenah 2014.

Vpliv na **upad investicijskega povpraševanja** je ocenjen z znižanjem ponudbe prihrankov ob realnem upadu dohodka gospodinjestev, ob upoštevanju 4,6% nagnjenosti slovenskega prebivalstva k prihrankom (Statistični urad Republike Slovenije, 2).

5 Sklep

Tranzicija gospodarjenja z električno energijo iz infrastrukturne dejavnosti v tržno dobrino je ustvarila pogoje za podobne makroekonomske učinke občasnega pomanjkanja te dobrine kot jih je v drugi polovici 20 stoletja imela omejena ponudba nafte. V območju evra nestabilnost trga električne energije ne bo povečala splošne ravni cen, kot se je to v sedemdesetih letih dvajsetega stoletja godilo ob pomanjkanju nafte, vendar pa ostaja učinek na recesijo enak. Gre za specifično obliko stagflacijskega pritiska.

Literatura in viri

1. Haas. R., Glachant. J. M., Keseric. N., Perez. Y. 2006. Competition in the Continental European Electricity Market: Despair or Work in Progress? In: Sioshansi, F.P., Pfaffenberger, W (Eds), Electricity Market Reform. An International Perspective. Elsevier. Kidlington. Oxford, U.K.
2. Erdoglu., E. 2011. What Happened to Efficiency in Electricity Industries After Reforms? Energy Policy. 39. 6551-6560.
3. Leontief, W., 1942, The Structure of American Economy, 1919 – 1929: An Empirical Application of Equilibrium Analysis by Wassily W, Leontief, The Canadian Journal of Economics and Political Science, 8, 124-126.

4. Leontief, W, 1954, Domestic Production and Foreign Trade: the American Capital Position RE-examined, *Economica Internazionale*, 7.
5. Pompei. F., 2013. Heterogeneous Effects of Regulation on the Efficiency of the Electricity Industry Across European Union Countries, *Energy Economics*. 40, 569-585.
6. Slezak. M., 2017: NWS could face power shortages as temperature rises on energy policy, *Guardian*, 9. February 2017.
7. Uhlmann. C., 2016, South Australia's storm caused transmission faults, but that's not the whole story, *ABC News*, 19. October 2016.
8. Bugeza . M., Kopše. D., Križanič. F., Mencinger. J., Kolšek. V., 2018, Zagotavljanje zanesljivosti sektorja proizvodnje električne energije v Sloveniji do leta 2060, *ELEK*, študija 2065, naročnik GEN energija d.o.o., Ljubljana.
9. Borzen, interni podatki (informacija september 2017).
10. Statistični urad Republike Slovenije (1), Podatkovni portal SI-STAT, Okolje in naravni viri/Energetika/Električna energija; Električna energija (GWh); Cene električne energije za gospodinjstva (EUR/kWh); Cene električne energije za industrijo (EUR/kWh).
11. Statistični urad Republike Slovenije (2), Podatkovni portal SI-STAT, Ekonomsko področje:Nacionalni računi/Input-output tabele, tabele ponudbe in porabe (ESR 2010), leto 2014; Bruto domači proizvod, letni podatki (ESR 2010)/ Zaposlenost (SKD 2008), Slovenija, letno; Računi države/Obremenitve z davki in prispevki po vrsti dajatve, % BDP.

Uporabljena programska oprema: EViews 9.5

EVALUATION OF ENVIRONMENTAL TAX REFORMS IN THE EUROPEAN UNION

Maja Kunstelj

E-mail: maja.kunstelj@gmail.com

Matej Švigelj

University of Ljubljana, Faculty of Economics

E-mail: matej.svigelj@ef.uni-lj.si

ABSTRACT

The Environmental Tax Reform (ETR), also known as ecological tax reform or green tax reform, was first introduced in the early 1990s as a reconsideration of the present tax system, offering countries a mechanism to pursue the environmental goal of reducing carbon emissions while simultaneously cutting the cost of labour to spur job creation. In line with the double dividend hypothesis, this type of reform aims to redistribute tax burdens across the economy in order to nudge society towards a sustainable development path, and increase welfare through better functioning markets. This paper analyses instances of tax shifting through ETR in the European Union (EU), and consequent implications for environmental policy and public finance reforms. Principal findings showed that in general, implemented ETRs were found to have no or a positive employment effect, while successfully reducing emissions. At the same time, no significant loss of competitiveness was detected; however, the reforms were in general slightly regressive to the lowest income decile. The principal component analysis (PCA) showed that ETR can be applied in countries with different taxation systems, particularly in terms of labour income distribution between employers and employees, as well as levies on energy and general environmental taxation. Furthermore, high levels of gross domestic product (GDP) and research and development (R&D) investments were identified as indicative of high potential for ETR implementation, particularly as a vehicle for transitioning towards a low-carbon and environmentally sustainable economy.

Key words: Double dividend, Environmental tax, Green growth, Tax shifting

1 Introduction

Economic theory on how to best address negative externalities such as emissions dates back to Pigou and his awareness that consumption and production of certain goods and services can lead to environmental degradation and consequent economic costs. Societies have been levying taxes on goods that we deem ‘bad’ for decades, however only recently has the focus shifted from these instruments raising revenue, to providing an incentive to change behaviour towards more sustainable growth paths. Environmental taxation became a key policy area only in the 1990s, when several European countries recognized that there is no such thing as a high-carbon, high-growth scenario in the future. The duality between the goals that environmental taxation aims to achieve is today most often associated with an ETR, a policy instrument that was first introduced in 1991 as a “reform of the national

tax system where there is a shift of the burden of taxes, for example on labour, to environmentally damaging activities such as resource use or pollution” (European Environmental Agency, 2012).

The theoretical proposition of ETR is that it improves the efficiency of the tax system by levying less distortionary taxes. Energy is deemed an attractive tax target since it is relatively inelastic, particularly in the short run, and hence levying taxes on energy does not result in significant behavioural distortions, as is the case with value added tax (VAT) or personal income tax (PIT). The revenue raising ability and growth friendly double dividend proposition of ETR is based on the double dividend hypothesis, advanced by Tullock in 1967, and states that environmental taxes be implemented instead of revenue raising taxes to generate a primary dividend of welfare gain stemming from environmental improvement, along with a secondary welfare dividend arising due to the reduction of distortions in the taxation system (Pearce, 1991). This welfare improvement is in Europe most often associated with employment gains. In addition, Porter suggested that good quality regulation, including taxation, can lead to innovation, as companies will pursue technological development to be more productive and lower their environmental tax bill (Porter & van der Linde, 1991).

Larger scale implementation of ETR has yet to happen, with governments seemingly shying away from formal ETR commitment due to industry competitiveness and equity concerns. Sectors that are most vulnerable to the potential loss of competitiveness due to higher costs of production are energy intensive, internationally oriented, and without price setting ability; while equity concerns arise from regressive tendencies of energy and heating taxes, as they pose a relatively larger burden on low-income households. Hence, the aim of this paper is to challenge why explicit ETRs have thus far not been more widely used in the EU, and provide insights into whether certain factors, or their interaction, exacerbate the potential of ETR. The paper is structured as follows: section 2 analyses economy wide effects of past ETR programs carried out by European countries, section 3 evaluates key economic variables in a principle component analysis and assesses their potential to exacerbate ETR implementation, and findings are summarised in the conclusion.

2 Analysis of ETR in the EU

In the first wave of implementation, six EU countries committed to explicit ETRs between 1990 and 2000, more specifically Sweden, Denmark, the Netherlands, United Kingdom, Finland, and Germany. At the time, according to European standards, these countries had average energy efficiency and jointly accounted for approximately 9 % of world carbon emissions (Hoerner & Bosquet, 2000), however had above average levels of labour taxation. Despite only 20 % of total carbon (CO₂) emissions stemming from direct private energy consumption of households, and the rest arising from production processes, the majority of ETRs provided significant tax exemptions for industry, de facto focusing the tax burden on households (ILO, 2011). Most ETR packages pursued the environmental goal of reducing carbon emissions by taxing transportation activities and direct private energy consumption, while cutting employer social security contributions (SSC) to lower the cost of labour and spur job creation. The majority of the six countries from the first wave of green taxation reforms in Europe extended their ETR policy instruments to cover the period post 2000, while Estonia and Czech Republic joined the second wave of ETRs

by modelling their reform on the experiences from the first wave. Key parameters and results of implemented ETRs are summarized in Table 1.

Table 1: Implemented ETR packages

Country	Taxes cut	Taxes raised on	Magnitude	Results
Sweden (1991)	PIT	CO ₂ SO ₂ VAT on energy purchases	2.4% of total tax revenue	Reduced emissions by 9%, economic growth 48%, employment increase 0.5%
Denmark (1994)	PIT SSC	Various (gasoline, water, waste, electricity, cars) CO ₂ SO ₂ Capital income	3% of GDP, 6% of total tax revenue in 2002	Reduced CO ₂ emissions by 25%, reduced cost of labour by 1.4 ppts
Netherlands (1999)	CPT PIT SSC	CO ₂	0.7% of GDP in 2001	Created 9000 new jobs, no regressive tendencies, 15% of revenues for energy efficient household appliances
United Kingdom (1996)	SSC	Landfill tax Climate Change Levy Aggregates tax	~0.1% of GDP in 2010	No negative impact on GDP or employment, positive trend in innovation and energy efficiency, reduced emissions by 25%
Finland (1997)	PIT SSC	CO ₂ Landfill	0.3% of GDP or 0.5% of total tax revenue in 1999	No employment effect, slightly regressive
Germany (1999)	SSC	Petroleum products	Around 1% of total tax revenue in 1999 or 0.9% of GDP in 2003	Reduced CO ₂ emissions by 2-2.5%, created 250.000 jobs, GDP growth increase of 0.5ppts between 1999- 2003, reversed trend of pension contributions growth
Estonia (2006)	PIT	CO ₂ Pollution Natural resource	Reduced marginal PIT levels by 3ppts between 2006-2009	Expected to raise employment by 1%
Czech Republic (2008)	PIT CPT SSC	Solid fossil fuels Electricity Natural gas for heating	CPT reduced by 3ppts, 15% flat rate PIT, SSC employee & employer reductions of 1.5%	No recorded results

Source: adapted from Bosquet, 2000; Andersen et al., 2007; Speck & Jilkhova, 2009; Cottrel, Mander, Schmidt & Schlegelmilch, 2010; IEEP, 2013.

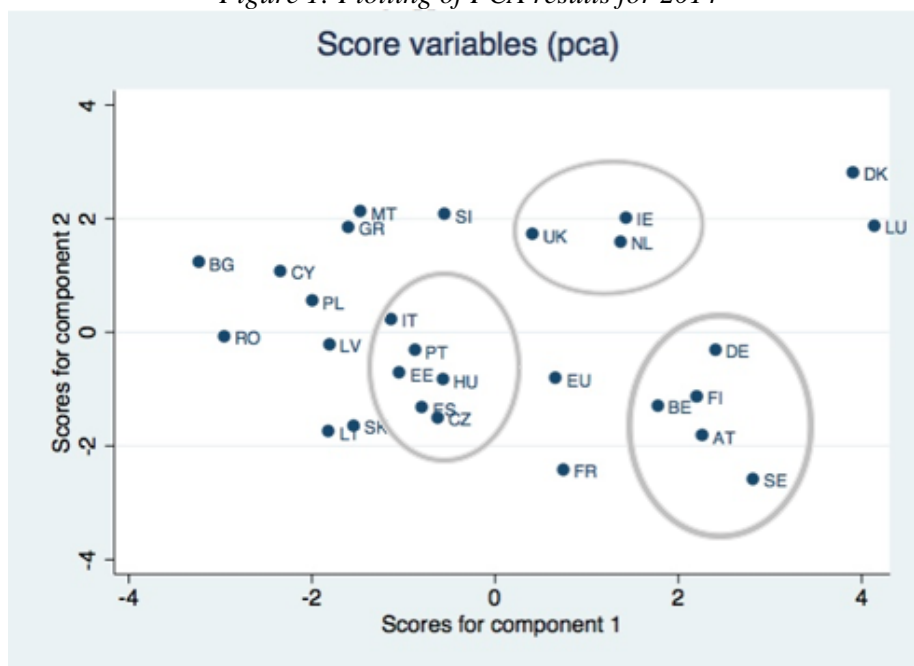
While outcomes of ETRs are hard to isolate from other policies, empirical analysis suggests that in general, implemented ETRs have no or a positive employment effect, while successfully reducing emissions. At the same time, no significant loss of competitiveness was detected, however the reforms were in general slightly regressive to the lowest income decile. The scope of tax shifting has been relatively insignificant, with all local ETRs shifting approximately 25 billion EUR, of which the single largest reform was in Denmark and amounted to 3% of GDP, while the smallest was in the UK and amounted to only 0.1% of GDP as per Table 1. This limited scale can in part be associated with generous tax exemptions and tax reduction schemes that often excluded the largest polluters from the reform. The potential downsides of raising environmental taxes for most vulnerable sectors have empirically been found to be significantly overstated, and that eliminating several tax exemptions, which have become a de facto component of ETR, would not harm the competitiveness of these firms, but on the other hand drastically improve the efficiency of the reform (Vivid Economics, 2012). The regressive tendencies

of ETR design were also successfully curbed in most countries by applying appropriate compensation schemes for lower-income households. Lastly, revenue neutrality, which is a key theoretical aspect of ETR, has been unattainable in practice. Most countries earmarked a portion of their tax revenues for sustainability schemes or to offset budget deficits, as was the case in Germany, thus only recycling a portion of the tax revenues (Andersen et al., 2007). Nonetheless, ETRs in most countries were ultimately revenue negative due to environmental taxes not fully compensating the revenue outfall from visibly lowering taxes on labour, especially since most reforms suffered from political inconsistency that prevented long run continuity assumed in the phase of policy design.

3 Principal Component Analysis

This section aims to provide a better understanding of ETR through principal component analysis (PCA). Through the PCA, economic variables that best account for the differences between countries that have implemented ETR and those that did not are identified, shedding light on which characteristics offer the best basis for ETR implementation. The PCA is performed as an exploratory analysis using the statistical software STATA. The sample size is comprised of the 28 member states and an average value for EU28, with 16 variables representing the key Green Growth Indicators identified by the OECD (2017), which account for socio-economic indicators, resource productivity, and environmental policy developments.

Figure 1: Plotting of PCA results for 2014



Source: own calculations based on Eurostat and OECD, 2017

As seen in Figure 1, countries can be plotted in terms of component scores, with component 1 or the development component assigning pronounced weight to GDP and R&D variables, while component 2 being the taxation component and assigning most weight to labour and environmental taxation variables.

The country plot of PCA results shows countries that have implemented ETR during the first wave score very highly in the development component, while there is much more

variation in the tax focused component 2. This suggests that ETR can be applied in countries with different taxation systems, particularly in terms of labour income distribution between employers and employees, as well as levies on energy and general environmental taxation. Furthermore, GDP and R&D investments can be seen as a common factor amongst countries of the first ETR wave, suggesting greater inclination to implement ETR if an economy is strong and already open to technological development. According to this inference, Austria and Belgium emerge as viable candidates to successfully implement ETR. Denmark's position as an outlier, particularly in terms of high levels of R&D, further reiterates the country's leadership in green growth, despite recent cuts to ETR programmes. Estonia and Czech Republic, from the second wave of ETR, can be interpreted as two countries that tried to initiate an economic transition by boosting their GDP and R&D through the ETR mechanism. However, the relative small scale of such reforms maintains the difference between Western and Central and Eastern European (CEE) economies, with marginal improvements detected over time.

4 Conclusion

ETR has gained significant traction amongst policy makers in recent years, as it presents a framework promising to boost efficiency of existing taxation systems, which have arguably been dragging economic growth, and simultaneously addresses key social objectives such as those pertaining to the environment. The two key concerns that persist throughout the discussion on green reforms are competitiveness and equity. Empirical evidence has shown that potential downsides of raising environmental taxes for most vulnerable sectors are significantly overstated, and that eliminating several tax exemptions, which have become a de facto component of ETR, would not harm the competitiveness of these firms but on the other hand drastically improve the efficiency of the reform. The regressive tendencies of ETR design were also successfully curbed in most countries by applying appropriate compensation schemes for lower-income households.

By employing the PCA, the differences between ETR and non-ETR countries were overshadowed by characteristics of Western versus CEE economies, particularly in terms of GDP and expenditure in R&D. The latter is seen as a characteristic that could indicate high potential for ETR implementation, particularly as a vehicle for a transition towards a low-carbon and environmentally sustainable economy as envisaged by the Porter hypothesis. Nonetheless, this paper found the potential of ETR to replace traditional taxation schemes and become a mainstay in policymakers' toolboxes significantly limited until there is better understanding of the instrument amongst all key stakeholders.

References

1. Andersen, M.S., Barker, T., Christie, E., Ekins, P., Gerald, J.F., Jilkova, J., Junankar, S., Landesmann, M., Pollitt, H., Salmons, R., Scott, S. & Speck, S. (2007). *Competitiveness Effects of Environmental Tax Reforms*. Aarhus: National Environmental Research Institute and University of Aarhus.
2. Bosquet, B. (2000). Environmental tax reform: does it work? A survey of the empirical evidence. *Ecological Economics* (34), 19–32.
3. Cottrel, J., Mander, R., Schmidt, S. & Schlegelmilch, K. (2010). *Environmental fiscal reform in Europe: research, experience and best practice: European Economic and Employment Policy Brief* (No. 5, 2010). Brussels: European Trade Union Institute.

4. Ekins, P., & Speck, S. (2011). *Environmental Tax Reform (ETR): A Policy for Green Growth*. Oxford: Oxford University Press.
5. European Environmental Agency. (2012). *Environmental tax reform: increasing individual incomes and boosting innovation*. Retrieved 05.04.2017 from <http://www.eea.europa.eu/highlights/environmental-tax-reform-increasing-individual>
6. Eurostat. (2017). *Environmental taxes*. Retrieved 29.06.2017 from <http://ec.europa.eu/eurostat/web/environment/environmental-taxes/main-tables>
7. Hoerner, J.A., & Bosquet, B. (2000). *Fundamental Environmental Tax Reform: The European Experience*. Washington: Center for a Sustainable Economy.
8. Institute for European Environmental Policy. (2013). *Evaluation of Environmental Tax Reforms: International Experiences*. Brussels: IEEP.
9. Organisation for Economic Co-operation and Development. (2017). *Green Growth Indicators*. Retrieved June 29, 2017, from http://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=GREEN_GROWTH
10. Pearce, D. (1991). The Role of Carbon Taxes in Adjusting to Global Warming. *The Economic Journal* (101), 938–948.
11. Porter, M., & van der Linde, C. (1995). Toward a New Conception of the Environment Competitiveness Relationship. *Journal of Economic Perspectives* (9/4), 97–118.
12. Speck, S., & Jilkhova, J. (2009). Design of environmental tax reforms in Europe. In M.S. Andersen & P. Ekins (eds.), *Carbon energy taxation: lessons from Europe* (pp. 24-52). Oxford: Oxford University Press.
13. Tullock, G. (1967). Excess benefit. *Water Resources Research* (3), 643–644.
14. Vivid Economics. (2012). *Carbon taxation and fiscal consolidation: the potential of carbon pricing to reduce Europe's fiscal deficits*. London: European Climate Foundation and Green Budget Europe.

Sekcija II:
Energetska učinkovitost

VPLIV ENERGETSKIH IZKAZNIC STAVB NA PRODAJNE CENE STANOVANJ IN NAJEMNIN V SLOVENIJI

Karolina Koren

E-pošta: karolina.koren@gmail.com

Nevenka Hrovatin

Ekonomska fakulteta, Univerza v Ljubljani

E-pošta: nevenka.hrovatin@ef.uni-lj.si

POVZETEK

Ker se skoraj 40 % končne rabe energije potroši v stavbah, si je EU zastavila povečati njihovo energetske učinkovitosti tudi z obvezno uporabo energetske izkaznice stavbe, predpisano z direktivo o energetske učinkovitosti iz leta 2010. Empirične ugotovitve o njihovi dejanski učinkovitosti v praksi ostajajo sorazmerno skope, zato je cilj našega prispevka, da razširi ta spoznanja. Pričakovati je, da naj bi stavbe z višjim razredom energetske izkaznice bile bolj energetske učinkovite, kar naj bi posledično vplivalo na višje cene nepremičnin pri njihovi prodaji in najemu. To hipotezo preverjamo v glavnem mestu Ljubljane na vzorcu 2.806 prodanih stanovanj in 1.919 najemniških stanovanj v letih 2015 in 2016. Vzorca zajemata transakcije z nepremičninami, ki so imele energetske izkaznice, leti pa zajemata transakcije takoj po obvezni uvedbi uporabe energetske izkaznice v Sloveniji leta 2014. Za oceno smo uporabili hedonski regresijski cenovni model, ki se običajno uporablja v podobnih empiričnih ocenjevanjih, podatke pa zbrali iz registrov nepremičnin ter transakcij z njimi. Poleg energetske izkaznice stavb smo v model vključili tudi druge pojasnjevalne spremenljivke, ki se nanašajo na starost in kakovost stavb, energetske obnove, lastništvo in lokacijo v sami večstanovanjski stavbi ter v različnih predelih Ljubljane. Rezultati ocene so potrdili naša pričakovanja. Stanovanja z višjim razredom energijskega kazalnika (A – C) so dosegla višje transakcijske prodajne cene v primerjavi z razredom D, stanovanja z razredi E – G pa nižje cene v primerjavi z D. Do podobnih ugotovitev smo prišli tudi na najemniškem trgu nepremičnin, čeprav je tu zaznati manjši vpliv energetske izkaznice na cene kot na prodajnem trgu nepremičnin. Rezultati so pokazali, da je tudi vpliv drugih dejavnikov praviloma v skladu s pričakovanji.

Ključne besede: energetska izkaznica stavb, lastniški trg nepremičnin, najemniški trg nepremičnin, hedonski regresijski cenovni model

1 Uvod

Nepremičnine v Evropski uniji prispevajo kar 40 % k celotnemu povpraševanju po energiji (The Buildings Performance Institute Europe, 2014), pri čemer se 67 % energije v stanovanjih porabi za ogrevanje (Direktiva 2010/31/EU, Ur.l. EU L 153/13). 75 % stavb v EU je še vedno energetske potratnih glede na sedanje predpise o energetske učinkovitosti stavb, stopnja obnove stavb pa ostaja zelo nizka - od 0,4 % do 1,2 % letno (Deloitte, 2016). Pomemben ekonomski instrument, ki bi lahko prispeval k večji stopnji obnov stavb so energetske izkaznice stavb, ki jih uvaja Direktiva 2010/31/EU o energetske učinkovitosti

stavb. Informacije o energetske učinkovitosti stavb, ki jih preko energijskega razreda sporoča energetska izkaznica, naj bi namreč vplivale na prodajne in najemne cene nepremičnin. Pričakovati je namreč, da se večja energetska učinkovitost stavbe kapitalizira v višji transakcijski ceni nepremičnin. Zato naj bi informacije, vsebovane v energetske izkaznici, spodbujale lastnike k naložbam v energetske učinkovitost in s tem dopolnjevale regulativne in finančne spodbude, namenjene energetske učinkovitim obnovam.

Čeprav bi ugotovitve o vplivu energetske izkaznice stavb na prodajne in najemne cene nepremičnin morale biti ključnega pomena za določanje učinkovite podnebno-energetske politike in ureditve na trgu nepremičnin, pregled literature kaže, da je prisotnih sorazmerno malo raziskav o njihovem vplivu (glej na primer Brounen & Kok, 2011; Högberg, 2013; Bio Intelligence Service et al., 2013; Hyland et al., 2013; Christensen et al., 2014; Fuerst et al., 2015; Davis et al., 2015 in Fuerst et al., 2016). Zato je namen naše empirične raziskave nadgraditi spoznanja o vplivu informacij o energetske učinkovitosti stavbe, ki jih vsebuje energetska izkaznica (preko razreda energijskega kazalnika), na trg nepremičnin. Za cilj smo si zastavili oceniti njihov vpliv na transakcijske prodajne cene nepremičnin in najemnine na slovenskem trgu nepremičnin oziroma ožje v slovenskem glavnem mestu Ljubljani.

2 Opis vzorca, podatkov in metode ocenjevanja

Empirična raziskava obsega transakcije z nepremičninami na lastniškem in najemniškem nepremičninskem trgu s pripadajočo energetske izkaznico stavbe na območju občine Ljubljana v letih 2015 – 2016, to je v obdobju takoj po obvezni uvedbi uporabe energetske izkaznice v Sloveniji leta 2014. V prvi vzorec smo zajeli sklenjene kupoprodajne transakcije z nepremičninami, ki ga po omenjenih kriterijih sestavlja 2.806 enot (opazovanj). Po enakih kriterijih smo v drugi vzorec zajeli najemne transakcije z nepremičninami (1.919 enot).

Podatke smo pridobili iz treh primarnih virov: (1) podatke o kupoprodajnih in najemnih transakcijah iz Evidence trga nepremičnin; (2) podatke o prisotnosti energetske izkaznice stavbe iz E-registra nepremičnin; in (3) podatke o fizičnih lastnostih stavb in delov stavb iz Registra nepremičnin. Vse našete baze podatkov vodi in vzdržuje Geodetska uprava Republike Slovenije.

Za pojasnjevanje vpliva lastnosti nepremičnin in oceno vpliva energetske izkaznice stavb na cene nepremičnin na slovenskem nepremičninskem trgu smo uporabili hedonski regresijski cenovni model, ki je široko sprejeta in pogosto uporabljena metoda za analize nepremičninskega trga. V modelu sta prodajna transakcijska cena oziroma najemna cena posamezne nepremičnine odvisni spremenljivki, pojasnjevalne spremenljivke pa značilnosti nepremičnin, ki se nanašajo na starost in kakovost stavb, energetske obnove, lastništvo in lokacijo v sami večstanovanjski stavbi ter v različnih predelih Ljubljane. Končna oblika logaritemsko-linearnega regresijskega modela za ocenjevanje transakcijskih cen nepremičnin, ki smo jo zasnovali za slovenski lastniški in najemniški trg nepremičnin, je predstavljena z enačbo:

$$\ln TC_N = \alpha_i + \beta_i \sum_{i=1}^N EPC_i + \gamma_j \sum_{j=1}^n X_j + \varepsilon_i$$

kjer spremenljivke označujejo naslednje: (1) $LnTC_N$ – logaritem transakcijske cene nepremičnine, (2) EPC_i – razred energijskega kazalnika ($A - G$), kjer smo za oceno vpliva na lastniškem trgu nepremičnin izbrali razred D za primerjalno značilnost, medtem ko smo za najemniški trg nepremičnin za primerjalno značilnost izbrali razred C , (3) X_j – pojasnjevalne spremenljivke. Odvisno spremenljivko $LnTC_N$ smo logaritemsko transformirali zaradi asimetrične (v desno) frekvenčne porazdelitve prodajne cene.

Poleg energijskih kazalnikov (EPC_i) smo v regresijski model vključili številne pojasnjevalne spremenljivke (X_j), ki so bile predlagane v literaturi in jih je bilo mogoče pridobiti iz navedenih virov, da bi pojasnili njihov morebiten vpliv na cene nepremičnin. Starost in velikost stavbe (v m^2) sta med pojasnjevalnimi spremenljivkami najpomembnejši, vendar pa je prodajna cena odvisna tudi od drugih fizičnih lastnosti stavbe, kot so število stanovanj v stavbi, število prostorov in dodatnih prostorov za shranjevanje (npr. klet) ter lokacija stanovanja v stavbi (klet, pritličje, nadstropje, podstrešje). Tri dodatne nepravne spremenljivke označujejo, ali je stanovanje dostopno z dvigalom, ali ima kuhinjo in klimatsko napravo. V večstanovanjskih stavbah lahko število garaž in parkirnih mest, ki so na voljo za rezidente, tudi vpliva na prodajno ceno, zato smo jih vključili v model.

Pričakuje se, da obnova stavbe pozitivno vpliva na prodajno ceno, kar smo merili s časovnim spremenljivkama: leto obnove oken in leto obnove strehe. Lokacija nepremičnine je prav tako eno izmed pomembnejših meril za vrednotenje cen nepremičnin. Podrobna delitev na mikrolokacije se v naši raziskavi ni izkazala za učinkovito, zato smo se odločili za delitev na pet lokacijskih območij v Ljubljani, in sicer Bežigrad, Moste-Polje, Šiška, Vič-Rudnik in Center. Za lokacijo smo uporabili nepravne spremenljivke, izmed katerih je bilo za primerjalno značilnost izbrano središče mesta. Nepravna spremenljivka je bila določena tudi za urejeno lastniško pravico, kar smo identificirali z vpisom stanovanja v zemljiško knjigo. Nadzorovali smo še razliko v času prodaje stanovanja, zato smo uvedli nepravne spremenljivke za prepoznavanje osem četrletnih obdobji v letih 2015 in 2016. Podoben ekonometrični model s podobnimi odvisnimi in pojasnjevalnimi spremenljivkami je bil uporabljen za preučitev vpliva razredov energijskega kazalnika, ki jih opredeljuje energetska izkaznica stavbe, na cene najemnin na območju glavnega mesta.

Multikolineranost pojasnjevalnih spremenljivk smo testirali z izračunom variančno inflacijskega faktorja, prisotnost heteroskedastičnosti v modelih pa smo preverili z Breusch-Paganovim in Koenkerjevim testom. Zaradi prisotnosti heteroskedastičnosti smo izvedli analizo vpliva energetskih izkaznic stavb na prodajne in najemne cene nepremičnin z uporabo robustnih cenilk, kot jih predlagata Hayes in Cai (2007).

Ocenjujemo, da je prednost uporabljenega ekonometričnega modela v zanesljivih in dobro strukturiranih vhodnih podatkih ter za razliko od mnogih drugih študij, ki so se oprle na oglaševane cene nepremičnin, v uporabi realiziranih cen nepremičnin (transakcijskih cen). V model smo vključili veliko številnih pojasnjevalnih spremenljivk, poleg tega pa se nepremičnine nahajajo na podobnih geografskih območjih s primerljivo dostopnostjo javnega transporta, trgovin, nakupovalnih središč, šol in vzgojno-varstvenih ustanov ter v podobnih podnebnih pogojih, zaradi česar ni potrebno kontrolirati določenih vplivov (na primer števila dni ogrevalne sezone, stroške ogrevanja in cen energentov, cene vode in podobno).

3 Rezultati

Velik delež v vzorcu zajetih nepremičnin je ocenjen z razredoma energijskega kazalnika C in D. Na lastniškem trgu nepremičnin je skupni delež slednjih okoli 65 %, medtem ko je na najemniškem trgu nepremičnin delež še večji, in sicer okoli 76 %.

Rezultati za slovenski lastniški trg nepremičnin v glavnem mestu so predstavljeni v Tabeli 1 in kažejo, da imajo razredi energijskega kazalnika, opredeljeni z energetsko izkaznico stavbe, statistično značilen vpliv na transakcijske prodajne cene stanovanj. Rezultati kažejo, da imajo v primerjavi s stanovanji z razredom energijskega kazalnika D stanovanja z razredi energijskega kazalnika: (1) A 42,4 % višjo prodajno ceno; (2) B 4,8 % višjo prodajno ceno; (3) C 2,8 % višjo prodajno ceno; medtem ko razredi nižji od D prikazujejo cenovne popuste: 4,5 %, 8,4 % in 11,3 % za razrede energijskih kazalnikov E, F in G.¹ V skladu s pričakovanji so prodajne cene stanovanj v središču prestolnice višje, enako velja za tista z dodatnimi zmogljivostmi (parkirišča in garaže), za boljše opremljene objekte (kuhinja, dvigalo) in za novejša stavba. Kletna in mansardna stanovanja imajo v primerjavi s pritličnimi stanovanji v povprečju 19,6 % in 8,2 % nižjo prodajno ceno, medtem ko se lokacija v nadstropjih ni izkazala za statistično značilno. Izmed časovnih spremenljivk obnove stavbe je časovno bližja zamenjava oken prav tako vplivala na višjo prodajno ceno, medtem ko obnova strehe ni imela pomembnega vpliva. Nasprotno pa ima lokacija nepremičnine velik vpliv na prodajno ceno. Stanovanja v središču mesta imajo v skladu s pričakovanji najvišjo prodajno ceno. Na prodajno ceno pozitivno vpliva tudi vpis stavbe v zemljiško knjigo. Iz rezultatov lahko še razberemo, da so se prodajne cene s časom statistično značilno povečale. V zadnjem četrtletju leta 2016 so bile cene več kot 15 % višje kot v prvem četrtletju leta 2015. Ta trend potrjuje ugotovitve Geodetske uprave Republike Slovenije, ki je v prvem četrtletju leta 2015 ugotovila najnižje cene, kar lahko razumemo kot posledico nenaklonjenih učinkov gospodarske krize in postopno okrevanje nepremičninskega trga.

Tabela 1: Rezultati regresijskega modela za lastniški trg nepremičnin

Oznaka spremenljivke	Regresijski koeficient	Std. napaka	t-test	P (> t)	Oznaka spremenljivke	Regresijski koeficient	Std. napaka	t-test	P (> t)
Konstanta	5,5770***	0,5671	9,8350	0,0000	C	0,0275**	0,0108	2,5463	0,0109
2015_Q2	0,0580***	0,0165	3,5148	0,0004	E	-0,0461***	0,0143	-3,2364	0,0012
2015_Q3	0,0459***	0,0166	2,7665	0,0057	F	-0,0871***	0,0197	-4,4210	0,0000
2015_Q4	0,0719***	0,0163	4,4142	0,0000	G	-0,1190***	0,0322	-3,6914	0,0002
2016_Q1	0,0855***	0,0166	5,1480	0,0000	Klet	-0,1962***	0,0444	-4,4204	0,0000
2016_Q2	0,1246***	0,0164	7,5821	0,0000	Nadstropje	-0,0079	0,0124	-0,6353	0,5253
2016_Q3	0,1254***	0,0209	6,0028	0,0000	Mansarda	-0,0824***	0,0290	-2,8392	0,0046
2016_Q4	0,1517***	0,0197	7,7014	0,0000	Drugo	0,1811***	0,0356	5,0867	0,0000
Bežigrad	-0,1167***	0,0155	-7,5297	0,0000	Št. stanovanj	-0,0007***	0,0001	-9,3669	0,0000
Moste Polje	-0,1716***	0,0164	-10,4370	0,0000	Katastrski vpis	0,0863***	0,0195	4,4294	0,0000
Šiška	-0,1302***	0,0151	-8,6300	0,0000	Št. garaž	0,0719***	0,0132	5,4506	0,0000
Vič-Rudnik	-0,1089***	0,0165	-6,5996	0,0000	Št. parkirišč	0,0091	0,0100	0,9090	0,3634
NTP	0,0117***	0,0002	46,9310	0,0000	Št. kleti	0,0237**	0,0101	2,3432	0,0192
Leto izgradnje	0,0011***	0,0002	4,7574	0,0000	Št. sob	0,0307***	0,0060	5,1192	0,0000
Leto-okna	0,0012***	0,0002	5,0689	0,0000	Kuhinja	0,2123***	0,0248	8,5660	0,0000

tabela se nadaljuje na naslednji strani

¹ Za izračun semi-elastičnosti smo uporabili Kennedyjevo cenilko, ki jo predlagata Garderen in Shah (2002). Enako smo ravnali pri pojasnitvi vpliva na najemnine v nadaljevanju.

nadaljevanje tabele									
Oznaka spremenljivke	Regresijski koeficient	Std. napaka	t-test	P (> t)	Oznaka spremenljivke	Regresijski koeficient	Std. napaka	t-test	P (> t)
<i>Leto-streha</i>	0,0002	0,0002	0,7469	0,4552	<i>Dvigalo</i>	0,1061***	0,0107	9,9445	0,0000
<i>A</i>	0,3540***	0,0320	11,0717	0,0000	<i>Klima</i>	0,0090	0,0133	0,6747	0,4999
<i>B</i>	0,0474***	0,0159	2,9895	0,0028					
<i>N</i> = 2.806									
$R^2 = 0,7867$									

Legenda: *Q2 – Q4* – prvo do četrto četrtletje, *NTP* – neto tlorisna površina; *Leto-okna*: leto obnove oken, *Leto-streha*: leto obnove strehe. Število parkirišč označuje število parkirnih prostorov.

Opomba: statistična značilnost pri stopnji tveganja: *** $\alpha < 0,01$; ** $\alpha < 0,05$; * $\alpha < 0,1$.

Rezultati za slovenski najemniški trg nepremičnin, predstavljeni v Tabeli 2, kažejo na nekoliko nižji vpliv razredov energijskega kazalnika na najemnine v primerjavi z lastniškim trgom nepremičnin, čeprav so v skupinah D – G ugotovljeni cenovni popusti. V primerjavi s stanovanji z razredom energijskega kazalnika C rezultati kažejo, da so stanovanja z nižjim razredom energijskega kazalnika najeta po nižjih cenah (6 %, 7 %, 23 % in 24,4 % za razrede D, E, F in G). Podobno kot na lastniškem trgu nepremičnin ima lokacija nepremičnine velik vpliv na prodajno ceno. Tudi na najemniškem trgu nepremičnin imajo stanovanja v središču mesta najvišjo najemnino. V skladu s pričakovanji najemnina stanovanj narašča s površino stanovanja, prav tako so najemnine stanovanj, ki ponujajo parkirišča in garaže višje, pozitiven vpliv na najemnino pa ima tudi prisotnost kuhinje, medtem ko imata število etaž in kabelski priključek negativen vpliv. Starost stavbe se ni izkazala za statistično značilno spremenljivko, obnova oken in strehe pa kljub statistični značilnosti nimata pomembnega vpliva na najemnino.

Tabela 2: Rezultati regresijskega modela za najemniški trg nepremičnin

Oznaka spremenljivke	Regresijski koeficient	Std. napaka	t-test	P (> t)	Oznaka spremenljivke	Regresijski koeficient	Std. napaka	t-test	P (> t)
<i>Konstanta</i>	0,0818	1,5310	0,0534	0,9574	<i>D</i>	-0,0617**	0,0268	-2,3039	0,0213
<i>Bežigrad</i>	-0,2097***	0,0371	-5,6592	0,0000	<i>E</i>	-0,0721*	0,0424	-1,6993	0,0894
<i>Moste – Polje</i>	-0,1820***	0,0433	-4,2040	0,0000	<i>F</i>	-0,2584***	0,0692	-3,7330	0,0002
<i>Šiška</i>	-0,1776***	0,0380	-4,6792	0,0000	<i>G</i>	-0,2725**	0,1172	-2,3242	0,0202
<i>Vič – Rudnik</i>	-0,1415***	0,0456	-3,0999	0,0020	<i>Št. etaž</i>	-0,0075**	0,0031	-2,3989	0,0165
<i>PTP</i>	0,0150***	0,0005	28,1910	0,0000	<i>Št. garaž</i>	0,1322***	0,0421	3,1444	0,0017
<i>Leto izgradnje</i>	0,0004	0,0007	0,5946	0,5522	<i>Št. parkirišč</i>	0,1860***	0,0439	4,2347	0,0000
<i>Leto - okna</i>	0,0011*	0,0006	1,7281	0,0841	<i>Dvigalo</i>	0,1694***	0,0338	5,0145	0,0000
<i>Leto - streha</i>	0,0011*	0,0007	1,6549	0,0981	<i>Klima</i>	0,0567	0,0378	1,4985	0,1342
<i>A</i>	-0,0339	0,1852	-0,1832	0,8547	<i>Kabelska TV</i>	-0,1657***	0,0427	-3,8784	0,0001
<i>B</i>	-0,0352	0,0442	-0,7961	0,4261					
<i>N</i> = 1.919									
$R^2 = 0,4287$									

Legenda: Pomen spremenljivk z isto oznako je isti kot v tabeli 1. *PTP* – neto tlorisna pogodbeno površina.

Opomba: statistična značilnost pri stopnji tveganja: *** $\alpha < 0,01$; ** $\alpha < 0,05$; * $\alpha < 0,1$.

4 Sklep

Raziskava prispeva k boljšemu razumevanju kompleksnosti in odvisnosti med prodajno oziroma najemno ceno nepremičnin ter njeno energetske kakovostjo, merjeno z razredom energijskega kazalnika, na slovenskem lastniškem in najemniškem trgu nepremičnin. Ugotovitve kažejo, da se na slovenskem trgu nepremičnin že kažejo učinki uvedbe energetske izkaznice stavbe, ki posreduje informacije deležnikom o energetske učinkovitosti stavbe ali dela stavbe, in s tem vpliv na prodajne cene stanovanj in najemnin. Na nepremičninskem trgu obstajajo jasni signali, da je energetska učinkovitost

kapitalizirana v ceni nepremičnin (v manjši meri pa tudi v najemninah). To je mogoče sklepati na podlagi ocenjenih učinkov izboljšanja za en energijski razred (na primer prehod iz C na B) na transakcijske prodajne cene. Slednje lahko spodbudi lastnike, da vlagajo v energetske učinkovitost in tako prispevajo k doseganju zastavljenih ciljev energetske politike na tem področju. Zdi se, da je energetska izkaznica stavbe učinkovit instrument politike in ne le dodatna birokratska zahteva, ki lastnikom nalaga dodatne stroške pred njihovim najemom oziroma prodajo. V nadaljnjih raziskavah, ko bo na voljo daljše časovno obdobje njihove uporabe, bo seveda mogoče z večjo gotovostjo preveriti njihov vpliv ter vključiti tudi širše geografsko območje.

Literatura in viri

- 1 Bio Intelligence Service, Ronan Lyons & IEEP (2013). *Energy performance certificates in buildings and their impact on transaction prices and rents in selected EU countries. Final report prepared for European Commission (DG Energy)*. Najdeno 19. Januarja 2016 na spletnem naslovu https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/20130619-energy_performance_certificates_in_buildings.pdf
- 2 Brounen, D. & Kok, N. (2011). On the economics of energy labels in the housing market. *Journal of Environmental Economics and Management*, 62(2), 166–179.
- 3 The Buildings Performance Institute Europe. (2014). *Energy Performance Certificates across the EU. A mapping of national approaches*. Najdeno 17. Januarja 2017 na spletnem naslovu <http://bpie.eu/wp-content/uploads/2015/10/Energy-Performance-Certificates-EPC-across-the-EU.-A-mapping-of-national-approaches-2014.pdf>
- 4 Christensen, T. H., Gram-Hanssen, K., de Best-Waldhober, M. & Adjei A. (2014). Energy retrofits of Danish homes: Is the Energy Performance Certificate useful?. *Building Research and Information* 42, 489-500.
- 5 Davis, P. T., McCord, J. A., McCord, M. & Haran, M. (2015). Modelling the effect of energy performance certificate rating on property value in the Belfast housing market. *International Journal of Housing Markets and Analysis*, 8(3), 292–317.
- 6 Deloitte. (2016). *Energy Efficiency in Europe. The levers to deliver the potential*. Najdeno 27. januarja 2017 na spletnem naslovu <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/energy-resources/ch-en-er-energy-efficiency-in-europe.pdf>
- 7 Direktiva 2010/31/EU Evropskega Parlamenta in Sveta o energetske učinkovitosti stavb. *Uradni list EU* L 153/13.
- 8 Fuerst, F., McAllister, P., Nanda, A. & Wyatt, P. (2015). Does energy efficiency matter to home-buyers? An investigation of EPC ratings and transaction prices in England. *Energy Economics*, 48, 145-156.
- 9 Fuerst, F., McAllister, P., Nanda, A. & Wyatt, P. (2016). Energy performance ratings and house prices in Wales: An empirical study, *Energy Policy*, 92, 20–33.
- 10 Garderen, K.J. & Chandra Shah, C. (2002). Exact interpretation of dummy variables in semilogarithmic equations. *Econometrics Journal*, 5, 149–159.
- 11 Hayes, A. F. & Cai, L. (2007). Using heteroskedasticity-consistent standard error estimators in OLS regression: An introduction and software implementation. *Behavior research methods*, 39(4), 709–722
- 12 Högberg, L. (2013). The impact of energy performance on single-family home selling prices in Sweden. *Journal of European Real Estate Research*, 6(3), 242–261.

- 13 Hyland, M., Lyons, R.C. & Lyons, S.(2013) The value of domestic building energy efficiency — evidence from Ireland. *Energy Economics* 40, 943–952.

ANALIZA HETEROGENOSTI PREFERENC MED GOSPODINJSKIMI ODJEMALCI ELEKTRIČNE ENERGIJE V SLOVENIJI

Janez Dolšak

Univerza v Ljubljani, Ekonomska fakulteta

E-pošta: janez.dolsak@ef.uni-lj.si

Nevenka Hrovatin

Univerza v Ljubljani, Ekonomska fakulteta

E-pošta: nevenka.hrovatin@ef.uni-lj.si

Jelena Zorić

Univerza v Ljubljani, Ekonomska fakulteta,

E-pošta: jelena.zoric@ef.uni-lj.si

POVZETEK

Članek obravnava heterogenost preferenc med slovenskimi odjemalci električne energije in poskuša ugotoviti, ali je mogoče uporabnike razvrstiti v različne skupine glede na njihove preference do energetske storitve. Na vzorcu uporabnikov največjega dobavitelja energetske storitve in storitev v Sloveniji se prispevek še posebej osredotoča na vprašanje, ali je mogoče prepoznati segment uporabnikov, ki kaže preference do dodatnih energetske storitve, še zlasti tistih, ki so povezane z energetske učinkovitost in okolju prijaznim vedenjem. Analiza latentnih razredov je uporabljena za razvrstitev uporabnikov na podlagi njihovih preferenc do energetske storitve. Dodatne informacije o odnosu uporabnikov do zelene energije in energetske učinkovitosti, o porabi energije in o uporabi energetske storitve skupaj z družbeno-ekonomskimi značilnostmi so uporabljene v regresiji latentnih razredov, in sicer z namenom razložiti razlike v treh identificiranih latentnih razredih uporabnikov. Rezultati so pokazali, da je uporabnike mogoče razvrstiti v tri različne razrede: največji je razred običajnih uporabnikov, ki mu sledijo energetske učinkoviti uporabniki in nazadnje indiferentni uporabniki. V nasprotju z običajnimi uporabniki energetske učinkoviti dajejo prednost dodatnim storitvam, energetske učinkovitosti in zeleni energiji pred dobrimi odnosi z dobaviteljem. V skladu z ugotovljeno heterogenostjo preferenc uporabnikov naša raziskava zaključuje, da bi morali dobavitelji energije oblikovati ponudbo različnih izdelkov in storitev, da bi zadovoljili različne skupine uporabnikov z vidika njihovih preferenc ter odnosa in obnašanja pri porabi energije, pa tudi oblikovati različne informacijske kampanje in tržne strategije. Prilagojene ponudbe energetske učinkovitih storitev, namenjene energetske učinkovitim uporabnikom, lahko povečajo dobaviteljeve prihodke, hkrati pa pripomorejo k doseganju obveznih zahtev po doseganju prihrankov energije pri končnih uporabnikih.

Ključne besede: energetske učinkovitost, energetske trgi, heterogenost uporabnikovih preferenc, regresija latentnih razredov

1 Uvod

Energetski trgi so trenutno na velikem prehodu, ki je predvsem rezultat novih trženjskih strategij s poudarkom na večjem vključevanju uporabnikov ter zavzemanju za podnebne spremembe. Prehod, ki se je začel z deregulacijo energetskih trgov, ni le povečal tržne konkurence, temveč je okrepil tudi obstoječo ponudbo energetskih storitev z različnimi dodatnimi storitvami, vključno z zeleno energijo in energetsko učinkovito tehnologijo (IEA, 2011; McDaniel in Groothuis, 2012). Zato danes pri izbiri dobavitelja energije ni odločujoča samo cena, temveč več drugih dejavnikov, ki vplivajo na uporabnikove preference (Hartmann in Apaolaza - Ibáñez, 2012). Ker uporabnikove preference ob razširjeni ponudbi dobaviteljev postajajo vse bolj raznolike, je pomembno razumeti, kako uporabniki sprejemajo odločitve o energetskih storitvah, kadar te odločitve zahtevajo kompromise med različnimi koristmi in stroški (Yang in sod., 2015). Razumevanje preferenc uporabnikov in prepoznavanje njihove potencialne heterogenosti pri izbiri različnih storitev je ključnega pomena za učinkovito zadovoljevanje njihovih potreb. Dobavitelji energije so se zato prisiljeni preoblikovati v tržno aktivna podjetja, usmerjena k uporabnikom, s poudarkom na integraciji energetskih storitev, ki hkrati spodbujajo okoljsko trajnost (Kaenzig in sod., 2013).

Namen članka je z uporabo analize latentnih razredov uporabnike razvrstiti v različne skupine glede na njihove preference do energetskih storitev ter nato z uporabo regresije latentnih razredov razložiti razlike v identificiranih latentnih razredih uporabnikov. Pri tem nas zlasti zanima, ali je mogoče identificirati segment uporabnikov, ki kažejo preference do energetsko učinkovitih storitev.

2 Teoretično ozadje in raziskovalni okvir

Trženjska literatura poudarja, da so preference uporabnikov, zadovoljstvo in zvestoba med seboj močno povezani. Preference določajo raven zadovoljstva uporabnikov, kar posledično vpliva na njihovo zvestobo dobavitelju (Cronin in Taylor, 1992). Zadovoljstvo uporabnikov je mogoče razumeti tudi kot oceno primerjave med njihovimi preferencami do storitev in vrednotenjem dejanske uporabe le-teh (Parasuraman in sod., 1988). Preference uporabnikov jasno služijo kot standardi za ocenjevanje storitev in tako pomembno vplivajo na raven zadovoljstva uporabnikov. Ta literatura obenem razkriva, da se zadovoljstvo uporabnikov lahko uspešno upravlja z izboljšanjem povezav z blagovno znamko (angl. *brand associations*), in sicer s kakovostjo storitev, kakovostjo storitvenega procesa, z dodatnimi storitvami, okoljsko in družbeno podobo dobavitelja, zaupanjem v blagovno znamko in ceno (Hartmann in Apaolaza - Ibáñez, 2007). Za oblikovanje močnih povezav z uporabniki so se dobavitelji primorani opreti na dobre lastnosti svojih storitev ter na pričakovane koristi uporabnikov (Aaker, 1996).

Naša študija raziskuje slovenski trg električne energije za gospodinjstva, katerega značilnosti so majhnost, nizka razpoložljivost fosilnih goriv, relativno visok delež jedrske energije in velik potencial v obnovljivih virih (zlasti lesna biomasa). Trg za gospodinjstva je bil julija 2007 popolnoma liberaliziran. Že od samega začetka je spodbujanje vključevanja uporabnikov, kot je na primer spodbujanje prostega izbiranja dobaviteljev energije in energentov, prioriteta naloga Agencije za energijo (AGEN-RS, 2016). Na začetku šibka konkurenca med dobavitelji energije v državni lasti se je z leti okrepila predvsem zaradi vstopa novih dobaviteljev, ki so uvedli tržne strategije, usmerjene k

heterogenosti uporabnikov in storitev. Okrepljena konkurenca je povzročila zmanjšanje konkurenčnega dela končne cene električne energije in posledično zmanjšala tudi potencialne prihranke pri menjavi dobavitelja. Tako se na trgu električne energije konkurenca seli iz cenovne proti ostalim oblikam konkurence, zlasti tistim, ki temeljijo na ponudbi dodatnih storitev dobavitelja. Med slednjimi v zadnjem času izstopajo dodatne storitve, ki izboljšujejo energetske učinkovitost (AGEN-RS, 2016). Za ohranitev konkurenčnosti na trgu so zato dobavitelji primorani oblikovati ponudbo svojih storitev ob upoštevanju preferenc uporabnikov.

3 Metode in podatki

Z namenom analize preferenc uporabnikov do energetske storitve smo izvedli spletno anketo med odjemalci električne energije enega največjih dobaviteljev energije v Sloveniji. Podjetje deluje tudi na več kot 10 energetske trgov v srednji in južni Evropi. Podjetje je svojo osnovno energetske dejavnost po liberalizaciji energetske trgov razširilo s ponudbo več energetske goriv (električna energija, utekočinjeni naftni plin, zemeljski plin, kurilno olje), pa tudi z drugimi energetske storitvami (avtomatsko odčitavanje števec, sistem elektronskega zaračunavanja, prodaja električnih naprav in izdelkov za energetske učinkovitost, spletno nakupovanje in druge prilagojene ponudbe za gospodinjstva). Iz dobaviteljeve baze podatkov o uporabnikih električne energije smo naključno izbrali 5.466 uporabnikov, ki jim je bila februarja 2016 poslana anketa. Na ta način smo pridobili reprezentativni vzorec 984 uporabnikov (glede na starost, spol in povprečno mesečno porabo električne energije), skleniteljev pogodbe o dobavi električne energije s tem dobaviteljem. Na podlagi teh pogodb so bili iz dobaviteljeve podatkovne baze pridobljene še informacije o porabi energije uporabnikov ter o njihovi porabi goriv in storitev.

Cilj naše raziskave je proučiti heterogenost uporabnikovih preferenc do energetske storitve in ugotoviti, katere preference definirajo posamezne skupine uporabnikov. Raziskavo smo izvedli v dveh korakih. Najprej smo z analizo latentnih razredov (angl. *latent class analysis*) (Lazarsfeld, 1950) razdelili uporabnike v različne razrede na podlagi njihovih izraženih preferenc. Analiza latentnih razredov je eden od najpogosteje uporabljenih pristopov za analizo heterogenosti uporabnikov v literaturi (Boxall in Adamowicz, 2002; Swait, 1994). Analiza latentnih razredov predpostavlja, da obstaja omejeno število skupin oziroma razredov posameznikov s heterogenimi preferencami med skupinami in homogenimi preferencami znotraj skupin (Boxall in Adamowicz, 2002). Preference do energetske storitve so bile pridobljene s prej omenjeno spletno anketo, v kateri so uporabniki na 5-stopenjski Likertovi lestvici ocenili pomembnost vsake izmed 16 atributov, ki predstavljajo naslednje dimenzije dobaviteljeve ponudbe: kakovost storitev, kakovost storitvenega procesa, zaupanje dobavitelju, konkurenčnost in preglednost cen, ponudba dodatnih storitev in ponudba zelene energije.

V naslednjem koraku smo analizo latentnih razredov nadgradili z latentnim regresijskim modelom, katerega namen je s pomočjo pojasnjevalnih spremenljivk (značilnosti uporabnikov) pojasniti njihovo pripadnost posameznemu razredu (Hagenaars in McCutcheon, 2002). Po vzoru Swaita (1994) smo posameznikovo pripadnost določenemu latentnemu razredu modelirali s standardnim multinomskim regresijskim modelom, kjer je odvisna spremenljivka pripadnost latentnemu razredu, pojasnjevalne spremenljivke pa so demografske in družbeno-ekonomske značilnosti posameznikov (spol, starost, število članov v gospodinjstvu, dohodek gospodinjstva in izobrazba), vedenjske značilnosti in

značilnosti, vezane na porabo energije (zadovoljstvo z dobaviteljem energije, spremenljivke, ki opisujejo uporabo energetskih storitev in goriv, ter spremenljivke, ki opisujejo uporabnikov odnos do energetske učinkovitosti in zelene energije).

4 Rezultati

Analiza LCA je pokazala, da so uporabniki heterogeni, saj jih je na podlagi šestih skupin preferenc do energetskih storitev mogoče razdeliti v tri skupine, ki se med seboj statistično značilno razlikujejo, kar prikazuje Tabela 1.

Tabela 1: Rezultati regresije latentnih razredov

Pojasnjevalne spremenljivke	Energetsko učinkoviti v primerjavi z običajnimi uporabniki		Indiferentni v primerjavi z običajni uporabniki	
	Regresijski koeficient	Standardna napaka	Regresijski koeficient	Standardna napaka
Konstanta	-9.31***	1.787	5.071**	2.087
Spol	-.410	0.280	.341	.492
Starost	.005	0.011	-.008	.018
Število članov v gospodinjstvu	-.181*	.107	-.110	.181
Dohodek gospodinjstva	-.018	.154	.138	.233
Izobrazba	-.222*	.128	.200	.215
Zadovoljstvo z dobaviteljem energije	.729***	.231	-.851***	.308
Uporaba dodatnih energetskih storitev	.010	.125	-.109	.170
Uporaba dodatnih energetskih goriv	-.531*	.288	.382	.446
Povprečna mesečna poraba elektrike	.125	.130	.243	.242
Zanimanje za energetske učinkovitost in zeleno energijo	.272**	.132	-.050	.216
Okoljevarstveni vidik je pomemben	.145*	.087	-.002	.176
Pripravljeni plačati 10 % višjo ceno za zeleno energijo	-.002	.110	-.205	.208
Uporaba energetsko učinkovitih gospodinjstevskih aparatov	.890***	.184	-.060	.269
Iskanje načinov, kako zmanjšati porabo energije	.501**	.197	-.515*	.306
Število investicij v energetske učinkovitost v gospodinjstvu	-.158	.121	-.321*	.193
Število energetsko učinkovitih aktivnosti v gospodinjstvu	.201*	.119	-.002	.192

Vir: Lasten izračun, 2018

Za dodatno ugotavljanje značilnosti teh treh skupin uporabnikov z vidika njihovega odnosa do zelene energije in energetske učinkovitosti ter njihovih demografskih in družbeno-ekonomskih značilnosti smo uporabili regresijo latentnih razredov. Rezultati, prikazani v Tabeli 1, razkrivajo značilne razlike med razredi uporabnikov glede energetske učinkovitega obnašanja in sprejemanja zelene energije. Tri razrede uporabnikov je mogoče na podlagi ocen latentnega regresijskega modela opredeliti kot razred »običajnih« uporabnikov (48 % vseh uporabnikov iz vzorca), razred »energetsko učinkovitih« uporabnikov (36 %) in razred »indiferentnih« uporabnikov (16 %). Največji razred »običajnih« uporabnikov predstavlja referenčni razred v regresijskem modelu. V primerjavi z običajnimi uporabniki so energetsko učinkoviti uporabniki bolj zadovoljni, izražajo zanimanje in dejansko uporabljajo energetske učinkovite izdelke in storitve, zlasti

za zmanjšanje stroškov, povezanih z energijo. Prav tako se obnašajo energetske bolj varčno (npr. uporaba električnih aparatov v času nižje tarife, izklapljanje luči, ko se le-te ne uporabljajo, izogibanje »stand-by« načinu delovanja naprav, pranje pri nižji temperaturi in takojšnje zapiranje vrat hladilnih naprav po uporabi). Nadalje rezultati kažejo, da se energetske učinkoviti uporabniki na splošno bolj zavedajo okoljevarstvene problematike in izražajo veliko večje zanimanje za dejavnosti na področju zelene energije in energetske učinkovitosti kot običajni uporabniki. Ob tem velja omeniti, da je za energetske učinkovite uporabnike pomembna predvsem energetska učinkovitost in šele nato zelena energija. Eden možnih razlogov za manjšo pripravljenost za sodelovanje pri takšnih dejavnostih običajnih uporabnikov je lahko njihova skrb glede tveganj, povezanih z vedno večjim deležem zelene energije, saj lahko ta zmanjša zanesljivost oskrbe, le-ta pa je zanje skupaj z nizko ceno prednostni atribut energetske storitve. Pri proučevanju razlik med družbeno-ekonomskimi profili dveh največjih razredov se kaže pomemben vpliv števila članov gospodinjstva in izobrazbe na verjetnost članstva v razredu, medtem ko dohodek gospodinjstva nima pomembnega vpliva. Gospodinjstva z več člani manj zanima energetska učinkovitost, vendar po pričakovanjih v povprečju porabijo več energije. V nasprotju z običajnimi uporabniki so indiferentni uporabniki manj zadovoljni z dobaviteljem, se ne zanimajo za zmanjšanje stroškov, povezanih z energijo, in niso vlagali ali ne nameravajo vlagati v energetske učinkovitost v gospodinjstvih.

5 Sklep

Članek odgovarja na vprašanje, ali se uporabniki razlikujejo oziroma ali je na slovenskem trgu prisotna heterogenost uporabnikov izbranega dobavitelja električne energije z vidika njihovih preferenc do izbire dobavitelja, demografskih in družbeno-ekonomskih značilnosti ter značilnosti, vezanih na porabo energije. Na podlagi empirične analize lahko ugotovimo, da je mogoče uporabnike razdeliti v različne skupine z vidika preferenc ter z vidika ostalih proučevanih značilnosti.

Naše ugotovitve potrjujejo izsledke podobnih študij o heterogenosti preferenc uporabnikov (Kaenzig in sod., 2013; Yang in sod., 2015; Accenture, 2010). Opredelili smo tri različne skupine uporabnikov: običajni uporabniki, energetske učinkoviti uporabniki in indiferentni uporabniki. V primerjavi z drugima dvema skupinama uporabnikov energetske učinkoviti uporabniki kažejo večje zanimanje za dodatne energetske učinkovite storitve in zeleno energijo. Tako se na primer zdi, da je naslavljanje segmenta energetske učinkovitih uporabnikov s prilagojenimi ponudbami dodatnih storitev bolj koristen pristop kot naslavljanje vseh segmentov uporabnikov z enolično strategijo za namen ohranjanja obstoječih uporabnikov in pridobivanja novih. Bolj intenzivno naslavljanje te skupine uporabnikov z ustreznimi trženjskimi strategijami in oblikovanjem prilagojene ponudbe zanje bi namreč bolj učinkovito in hitreje pomagalo pri premoščanju vrzeli v energetske učinkovitosti (Frideriks in sod., 2015) ter doseganju obveznih prihrankov energije pri končnih uporabnikih.

Naša raziskava podaja naslednje ključne nasvete. Dobavitelji morajo skrbno analizirati preference uporabnikov, da bi tako lahko oblikovali ustrezne tržne strategije na hitro spreminjajočih se energetske trgih. Te ugotovitve dopolnjujejo rezultati študije Accenture (2010): tržne strategije v spreminjajočem se svetu energetike zahtevajo nov pristop k segmentaciji uporabnikov. Temeljiti morajo na netradicionalnih merilih, pri katerih bi morali dobavitelji razumeti vrednote uporabnikov (te temeljijo na njihovem odnosu in

vedenju ter njihovi okoljski odgovornosti), namesto da nadaljujejo s ponudbo tradicionalnih "nizkocenovnih storitev" skupaj z zmanjševanjem kreditnega tveganja. Raznovrstne tržne akcije in ponudbe za storitve so potrebne za čim večje prihodke in doseganje obveznih ciljev varčevanja z energijo na strani uporabnikov z najnižjimi stroški.

Literatura in viri

1. Aaker, D. (1996). *Building Strong Brands*. Boston: MA.
2. Accenture. (2018). *Engaging the New Energy Consumer*. Pridobljeno iz https://www.accenture.com/~media/Accenture/ConversionAssets/DotCom/Documents/Global/PDF/-Industries_9/Accenture-Utilities-Engaging-Consumers-Acn-Perspective.pdf.
3. AGEN-RS. (2016). *Energy Agency*. Annual Reports on the energy sector in Slovenia. Dostopno na <https://www.agen-rs.si/documents/54870/68629/Report-on-the-energy-sector-in-Slovenia-for-2015/f1302ae0-7267-4ae7-b74d-7ce8c4323043>.
4. Boxall, P., & Adamowicz, W. (2002). Understanding heterogeneous preferences in random utility models: a latent class approach. *Environmental and Resource Economics*, 23(4), 421–446.
5. Cronin, J., & Taylor, S. (1992). Measuring service quality: A reexamination and extension. *Journal of Marketing*, 56(3), 55–88.
6. Hagenaaars, J., & McCutcheon, A. (2002). *Applied Latent Class Analysis*. Cambridge: Cambridge University Press.
7. Hartmann, P., & Apaolaza - Ibáñez, V. (2007). Managing customer loyalty in liberalized residential energy markets: The impact of energy branding. *Energy Policy*, 35(4), 2661–2672.
8. Hartmann, P., & Apaolaza - Ibáñez, V. (2012). Consumer attitude and purchase intention toward green energy brands: the roles of psychological benefits and environmental concern. *Journal of Business Research*, 65(9), 1254–1263.
9. IEA. (2011). *Empowering customer choice in electricity markets*. Paris, France: International Energy Agency.
10. Kaenzig, J., Heinzle, S. L., & Wüstenhagen, R. (2013). Whatever the customer wants, the customer gets? Exploring the gap between consumer preferences and default electricity products in Germany. *Energy Policy*, 53, 311–322.
11. Lazarsfeld, P. F. (1950). The Logical and Mathematical Foundations of Latent Structure Analysis. In SA Stouffer (ed.), *Measurement and Prediction*. John Wiley & Sons, New York, pp. 362–412.
12. McDaniel, T. M., & Groothuis, P. A. (2012). Retail competition in electricity supply—Survey results in North Carolina. *Energy Policy*, 48, 315–321.
13. Parasuraman, A., Zeithaml, V., & Berry, L. (1988). SERVQUAL: a multiple-item scale for measuring consumer perceptions of service quality. *Journal of Retailing*, 64(1), 12–40.
14. Swait, J. (1994). A structural equation model of latent segmentation and product choice for cross-sectional revealed preference choice data. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 1(2), 77–89.
15. Yang, Y., Solgaard, H., & Haider, W. (2015). Value seeking, price sensitive, or green? Analyzing preference heterogeneity among residential energy consumers in Denmark. *Energy Research & Social Science*, 15–28.

ODLOČITVE V ZVEZI Z ENERGETSKO UČINKOVITOSTJO PRI NEPREMIČNINAH: REZULTATI RAZISKAVE POTROŠNIKOV EU PROJEKTA CONSEED ZA SLOVENIJO

Edin Lakić

Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani

E-pošta: edin.lakic@fe.uni-lj.si

Andrej Gubina

Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani

E-pošta: andrej.gubina@fe.uni-lj.si

POVZETEK

Ali so evropski potrošniki pozorni na energijske oznake pri nakupu električnih aparatov, avtomobilov in hiš? Katere informacije iščejo? Kako pomembna je poraba energije v njihovih odločitvah? Evropski raziskovalni projekt CONSEED preučuje, kako različne skupine potrošnikov razumejo energetska učinkovitost in kakšen vpliv imajo obstoječe politike na njihove naložbe in odločitve pri investicijah. V petih državah so bile opravljene fokusne skupine, spletne ankete, eksperimenti diskretne izbire za razumevanje široke palete dejavnikov, ki vplivajo na potrošnike pri nakupu električnih aparatov, avtomobilov ali stavb. Eno izmed osrednjih vprašanj je bilo ali so energetske nalepke razumljive in ali bi dodala vrednost v monetarni enoti glede na porabo pripomogla k boljšemu razumevanju energetske porabe. Ena izmed anket, ki raziskuje razumevanje energetske nalepke nepremičnin pri gospodinjstvih, je bila opravljena v Sloveniji. Na vzorcu 426 oseb je bila opravljena anketa, kjer so udeleženci odgovarjali na vprašanja glede zadev, ki so jim pomembne pri odločanju o nakupu oz. investiciji, odnosu do energetske učinkovitosti, potencialnih ovirah v naložbe v energetska učinkovitost, razumevanju obstoječih energetske nalepke in potencialnem doprinosu in razumevanju spremenjenih nalepk z dodano monetarno enoto. Rezultati so pokazali, da je cena najpomembnejši faktor pri odločitvah v investicijo pri nepremičninah, vendar pa je eden izmed pomembnejših faktorjev tudi energetska učinkovitost. Energetska nalepka s prikazano denarno enoto bi bila vsekakor dobrodošla in bi izboljšala razumevanje potrošnikov. Pojavil pa se je dvom v resničnost le teh podatkov, saj je bilo precej anketirancev mnenja, da bi prodajalci z njimi lahko manipulirali in zavajali.

Ključne besede: odločitve v zvezi z energetska učinkovitostjo, nepremičnine, gospodinjstva, energetska nalepka

1 Uvod

Pričakovati je, da bo svetovna poraba energije v naslednjih 25 letih narasla za 30-50%, kar bo povečalo lokalno onesnaževanje zraka in emisije toplogrednih plinov, povečalo porabo fosilnih goriv in s tem vodilo do višjih cen energije. Povečanje učinkovitosti, s katero gospodarstvo porabi energijo za zagotavljanje storitev kot so prevoz, hlajenje, kuhanje, ogrevanje in hlajenje prostora, lahko igra pomembno vlogo pri zmanjševanju stroškov in okoljskih težav, ki so povezane z rabo energije. Medvladni odbor za podnebne spremembe (IPCC) poudarja pomembnost ukrepov in tehnologij za energetske učinkovitost (EE), ki predvidevajo znatne naložbe v EE, da bi omejili povečanje svetovne temperature za 2°C (IPCC, 2014).

Splošni cilj projekta CONSEED je preučiti kako različne skupine potrošnikov razumejo energetske učinkovitost in kakšen vpliv imajo obstoječe politike na njihove naložbe in odločitve pri investicijah. (CONSEED, 2018). V tem prispevku so predstavljeni rezultati raziskave potrošnikov pri projektu CONSEED, ki pregleduje obstoječe in nove raziskave o dejavnikih, ki vplivajo na odločanje gospodinjstev v zvezi s porabo energije pri nakupu nepremičnine. Eno izmed poglavitnih vprašanj je oceniti vpliv označevanj energetske nalepke v EU in oceniti njihovo primernost ter preveriti ali so možne kakšne izboljšave, predvsem z vidika prikaza energetske porabe naprave/objekta v monetarnih enotah.

2 Metodologija

Na splošno je namen kvantitativnih raziskav, kot so raziskave potrošnikov, postaviti in obravnavati strukturirana vprašanja, da bi odkrili korelacije ali vzročno-posledične odnose ter identificirali podobnosti in razlike v odzivih med podskupinami (Bernard, 2012). Ankete o raziskavah potrošnikov obsegajo vrsto specifičnih, običajno kratkih vprašanj, ki jih anketar sprašuje verbalno, ali pa jih anketiranci odgovarjajo sami (t.i. *samo upravljani*). Vsako vprašanje v vprašalniku povzema informacije o določeni in količinsko opredeljeni spremenljivki, ki je bila vnaprej določena in standardizirana kot so enako vprašanja za vsakega anketiranega (Starr, 2014).

2.1 Zbiranje podatkov in izvedba ankete

Pregledana je bila literatura na področju energetske učinkovitosti in nalepk ter zbrane glavne informacije s tega področja v državah EU. Za poglobljeno razumevanje problematike posameznega področja smo v sodelovanju s podjetjem ARAGON d.o.o. izvedli 2 ločeni fokusni skupini s 14 udeleženci, kjer je izkušeni moderator vodil razpravo glede pomembnosti EE in se osredotočil na štiri glavna področja, ki jih povzemajo raziskovalna vprašanja:

- *Katere lastnosti najbolj vplivajo na odločitve o naložbah v zvezi z energijo?*
- *Kako pomembna je EE pri naložbenih odločitvah?*
- *Ali sedanja energetska politika o informacijah glede EE povečuje povpraševanje po učinkovitejših izdelkih?*
- *Kako lahko spremenimo energetske politiko za povečanje povpraševanja po energetske učinkovitejših izdelkih? Ali bi bile informacije o denarni vrednosti porabe uporabne?*

Rezultati fokusnih skupin so nam služili kot orientacija za sestavo spletnega vprašalnika, kjer smo obravnavali naslednje posebne cilje: (i) oceniti pomembnost energetske

učinkovitosti pri odločanju o nakupu; (ii) opredeliti najpogostejše tržne in vedenjske ovire, ki preprečujejo različnim skupinam potrošnikov, da vlagajo v energetske učinkovitosti; (iii) oceniti vpliv shem energetskega označevanja na izbiro energetske učinkovitosti; in (iv) pridobiti empirične dokaze o vlogi dejavnikov, kot so vedenjske in tržne ovire, socialno-ekonomske značilnosti, stališča, prepričanja in dožemanja o naložbah v energetske učinkovitosti. Skoraj vsa vprašanja so bila oblikovana v zaprtem formatu, vključno z zaprtimi kontrolnimi seznamami in ocenjevalnimi lestvicami, da bi omogočili primerljivost podatkov v različnih primerih.

2.2 Analiza podatkov in specifikacija modela

Analiza podatkov je obsegala dve nalogi: (i) opisna statistika; in (ii) ekonometrične analize. Prva naloga je namenjena povzetju podatkov, pogledu na skupne vzorce in ugotavljanjem glavnih teženj in odstopanj. Kvalitativne spremenljivke so opisane z uporabo njihove relativne frekvence (odstotka) in 95-odstotnega intervala zaupanja. Cilj ekonometrične analize je raziskati dejavnike, ki vplivajo na EE v različnih sektorjih. Za drugo nalogo smo uporabili obliko zaprte oblike, kjer smo prosili anketiranca, da vrednoti EE po obsegu pomembnosti: *Sploh ni pomembno*; *Ni zelo pomembno*; *Zmerno pomembno*; *Zelo pomembno*. Da bi imeli skupni analizni okvir med enajstimi študijami primerov v celotnem projektu CONSEED, smo se odločili, da analiziramo verjetnost, da bi anketiranec na vprašanje odgovoril z odgovorom »*Zelo pomembno*«, z modelom binarne izbire. Binarna odvisna spremenljivka je enaka 1, če anketiranec meni, da je EE zelo pomembna pri nakupu nepremičnine in nič sicer.

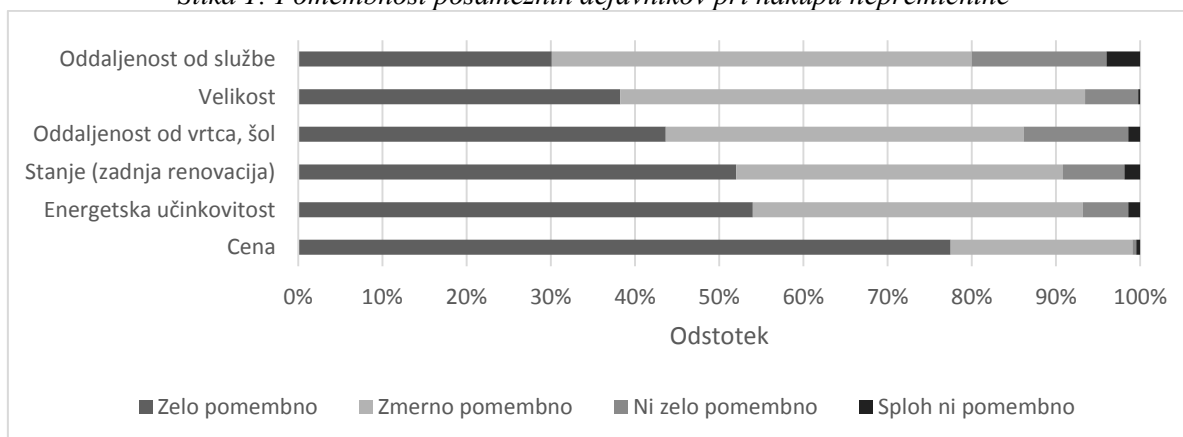
3 Rezultati analize

Slovenska raziskava je bila izvedena v sodelovanju s podjetjem ARAGON, kjer smo prek spletnih anket zbrali 426 odgovorov. Dve tretjini anketirancev predstavljajo ženske s povprečno starostjo 51 let. Več kot 57% anketirancev ima vsaj univerzitetno izobrazbo, 2% pa ima osnovno šolo ali manj. 64% vprašanih ima v lasti svojo trenutno nepremičnino, 27% jih je najemnikov, 9% jih je izbralo drugo možnost (življenje s starši, življenje s taščo, itd.).

3.1 Značilnosti nakupnih odločitev anketirancev

Cena je najpomembnejši dejavnik pri odločitvi o naložbah, pri čemer je 77% anketirancev ta dejavnik ocenilo kot zelo pomemben, sledi EE s 54% in stanje nepremičnine (čas od zadnje obnove) z 52%. Po drugi strani so velikost in oddaljenost do dela manj pomembni dejavniki, medtem ko je razdalja do pomembne infrastrukture, kot so šola, bolnišnica ipd. zmerno ali zelo pomembna za več kot 86% anketirancev.

Slika 1: Pomembnost posameznih dejavnikov pri nakupu nepremičnine



Vir: Rezultati projekta CONSEED, 2018

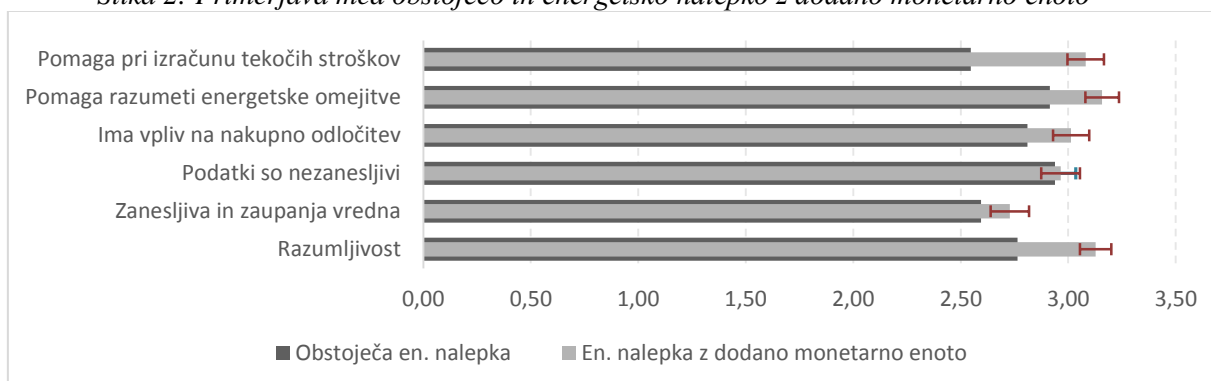
3.2 Odnos do energetske učinkovitosti

Več kot 88% anketirancev v Sloveniji se zelo ali zmerno strinja, da nadgradnja EE izboljša vrednost in udobje nepremičnine. 87% jih meni, da bi nakup energetske učinkovitejše nepremičnine zmanjšal njihov ogljični odtis in blagodejno vplival na okolje. 78% anketirancev se zelo ali zmerno strinja, da dobro razumejo energetske porabe nepremičnine, medtem ko še višji odstotek (85%) anketirancev razume, koliko denarja bi prihranili, če bi kupili energetske učinkovitejšo nepremičnino. Več kot tri četrtine vprašanih se zaveda cen energije in je pripravljenih izkoristiti nove tehnologije. Otežen dostop do posojil za energetske učinkovitejše odločitve je potrdilo skoraj 55% anketirancev, natančno polovica anketirancev pa je odgovorila, da si ne morejo privoščiti nadgradnje energetske učinkovitosti svojega doma.

3.3 Razumevanje obstoječih in prihodnjih energetske nalepke z dodano monetarno enoto

80% anketirancev je potrdilo, da poznajo shemo energetske nalepke. Resnično zanimivi rezultati so izhajali iz vprašanja "Ali je energetska nalepka vplivala na izbiro vašega trenutne nepremičnine?", kjer je 62% vseh anketirancev odgovorilo, da le ta pri njihovem nakupu ni bila potrebna. Od preostalih anketirancev jih je 15% odgovorilo, da nimajo energetske nalepke, 16%, da ni vplivala na njihovo izbiro, in le 7%, da je vplivala na njihovo izbiro nepremičnine.

Slika 2: Primerjava med obstoječo in energetske nalepko z dodano monetarno enoto



Vir: Rezultati projekta CONSEED, 2018

Morebitna uvedba energetske nalepke z dodano monetarno enoto bi bila na splošno dobro sprejeta. Večina anketirancev meni, da jim le ta lahko pomaga razumeti in izračunati stroške energije ter vplivati na njihovo odločitev o nakupu. Vendar pa je velik delež vprašanih dodal, da bi bili ti podatki nezanesljivi in bi jim le stežka zaupali.

4 Sklep

V prispevku smo raziskovali vlogo energetske učinkovitosti in označevanja energetskih nalepk pri nakupu nepremičnine v Sloveniji. Cena je najpomembnejši dejavnik pri investicijah v nepremičnino, sledi ji energetska učinkovitost in stanje nepremičnine. Rezultati regresije (dejavniki, ki vplivajo na visoko vrednotenje energetske učinkovitosti) so pokazali, da osebe, ki so pokazale zaskrbljenost zaradi podnebnih sprememb, bolj verjetno cenijo energetska učinkovitost. Primerjava spolov je pokazala, da ženske precej bolj cenijo energetska učinkovitost nepremičnine kot moški. Večina gospodinjstev verjame, da energetska učinkovitost zmanjšuje njihov vpliv na okolje, izboljša udobje nepremičnine ter poviša vrednost le te. Približno četrtnina gospodinjstev meni, da kreditne omejitve omejujejo naložbe v večjo energetska učinkovitost. Preverili smo znanje, ki lahko vpliva na odločitve glede naložb v zvezi z energijo: razumevanje cen energije, porabe nepremičnin in prihrankov energije ob morebitni investiciji v energetska učinkovitost. Zgolj četrtnina anketirancev je poznala ceno energije, medtem ko je dobra tretjina razumela porabo svoje nepremičnine in morebitne prihranke ob investiciji. Kljub temu je bilo le 22% anketirancev pripravljenih izkoristiti nove tehnologije za zmanjšanje porabe energije. Več kot dve tretjini gospodinjstev se zaveda obstoječih energetskih nalepk, vendar pa je le ta vplivala na peščico njih pri nakupu svoje trenutne nepremičnine. Velika večina anketirancev ne pozna svoje trenutne energetske nalepke, razlog za to pa verjetno tiči v tem, da je bila obvezna energetska nalepka pri nepremičninah uvedena šele leta 2014 in ni obvezna v primeru najema oz. oddajanja nepremičnine, ki je krajši od enega leta. Morebitna uvedba energetske nalepke z informacije o porabi energije podani v denarnih enotah, bi bila dobro sprejeta. Gospodinjstva menijo, da so monetarne enote razumljive in koristne za razumevanje in izračunavanje porabe energije in s tem stroškov gospodinjstva. Vendar pa obstaja velika stopnja nezaupanja v oznake - večina gospodinjstev meni, da se z energetskimi nalepkami (obstoječimi in novimi z dodano informacijo v denarnih enotah) lahko manipulira in so zato podatki nezanesljivi.

5 Zahvala

Projekt CONSEED se financira iz Okvirnega programa Evropske unije za raziskave in inovacije HORIZON 2020 v okviru sporazuma o dodelitvi sredstev št. 723741.

Literatura in viri

1. Bernard, R. H. (2012). *Social research methods: Qualitative and quantitative approaches*. SAGE.
2. CONSEED. (8. October 2018). *CONSUMER Energy Efficiency Decision making*. Pridobljeno iz <https://www.conseedproject.eu/>
3. IPCC. (2014). *Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
4. Starr, M. A. (2014). *Qualitative and mixed-methods research in economics: surprising growth, promising future*. *Journal of Economic Surveys*.

ODLOČITVE V ZVEZI Z ENERGETSKO UČINKOVITOSTJO PRI INVESTICIJAH V INDUSTRIJSKE STROJE: REZULTATI RAZISKAVE POTROŠNIKOV EU PROJEKTA CONSEED ZA SLOVENIJO

Edin Lakić

Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani

E-pošta: edin.lakic@fe.uni-lj.si

Andrej Gubina

Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani

E-pošta: andrej.gubina@fe.uni-lj.si

POVZETEK

Ali so evropski potrošniki pozorni na energijske oznake pri nakupu električnih aparatov, avtomobilov in hiš? Katere informacije iščejo? Kako pomembna je poraba energije v njihovih odločitvah? Evropski raziskovalni projekt CONSEED preučuje, kako različne skupine potrošnikov razumejo energetska učinkovitost in kakšen vpliv imajo obstoječe politike na njihove naložbe in odločitve pri investicijah. V petih državah so bile opravljene fokusne skupine, spletne ankete, eksperimente diskretne izbire za razumevanje široke palete dejavnikov, ki vplivajo na potrošnike pri nakupu električnih aparatov, avtomobilov ali stavb. Eno izmed osrednjih vprašanj je bilo ali so energetske nalepke razumljive in ali bi dodana vrednost v monetarni enoti glede na porabo pripomogla k boljšemu razumevanju energetske porabe. Ena izmed anket, ki raziskuje razumevanje energetske porabe strojev v industriji, je bila opravljena v Sloveniji. Na vzorcu 83 podjetij, ki pri svojem delu uporabljajo industrijske stroje, je bila opravljena anketa, kjer so odločevalci v podjetjih (direktor, vodja razvoja, vodja investicij, katera druga izmed vodstvenih pozicij) odgovarjali na vprašanja glede zadev, ki so jim pomembne pri odločanju o nakupu oz. investiciji v industrijske stroje, razumevanju porabe energije, odnosu do energetske učinkovitosti, odnosu do podnebja, potencialnih ovirah v naložbe v energetska učinkovitost in potencialni predstavitvi energetske nalepke z dodano monetarno enoto za industrijske stroje. Rezultati so pokazali, da so trenutne tehnične specifikacije o porabi energije industrijskih strojev razumljive in da energetska nalepka ni potrebna. Zanesljivost je najpomembnejši dejavnik pri investicijskih odločitvah, le tej sledi varnost, medtem, ko sta cena in enostavnost delovanja pomembna, vendar ne bistvena faktorja. Sama energetska učinkovitost stroja ni bila izpostavljena, so pa anketiranci poudarili, da bi vlada morala podjetjem nuditi podporo za vlaganje v energetska učinkovitost, saj verjamejo, da jim bo to v prihodnosti prihranilo denar. Potencialno uvedbo monetarne enote pri (potencialni) energetske nalepki pozdravljajo, vendar pa so izpostavili, da bi prodajalci oz. ponudniki strojev lahko manipulirali s temi podatki.

Ključne besede: odločitve v zvezi z energetska učinkovitostjo, industrijski stroji, razumevanje energetske porabe, potencialna predstavitev energetske nalepke

1 Uvod

Z učinkovitejšo uporabo energije lahko Evropejci znižajo svoje račune za energijo, zmanjšajo svojo odvisnost od zunanjih dobaviteljev nafte in zemeljskega plina ter s tem pomagajo varovati okolje (EIA, 2016). Točne, ustrezne in primerljive informacije o specifični porabi energije izdelkov bi morale vplivati na izbiro končnega uporabnika tako, da bi izbral tiste izdelke, ki porabijo ali posredno povzročijo manjšo porabo energije in drugih bistvenih virov med uporabo. To bi proizvajalce spodbudilo, da sprejmejo ukrepe za zmanjšanje porabe energije svojih izdelkov. Vendar pa obstajajo številne omejitve za naložbe v izboljšanje energetske učinkovitosti (EE), kot so dolga obdobja vračanja, pomanjkanje dobičkonosnosti, pomanjkanje osebja, tveganje motenj v proizvodnji in pomanjkanje časa ali obveznosti (Abadie, Ortiz, & Gallaraga, 2012).

Splošni cilj projekta CONSEED je preučiti kako različne skupine porabnikov razumejo EE in kakšen vpliv imajo obstoječe politike na njihove naložbe in odločitve pri investicijah. (CONSEED, 2018). V tem prispevku so predstavljeni rezultati raziskave potrošnikov pri projektu CONSEED, ki pregleduje obstoječe in nove raziskave o dejavnikih, ki vplivajo na odločanje v primeru nakupa industrijskih strojev. Eno izmed poglavitnih vprašanj je oceniti ali je smiselno predstaviti energetske nalepke tudi na strojih v industriji in ali bi bil prikaz energetske porabe stroja, poleg klasičnega prikaza o porabi stroja v kWh in številu obratovalnih ur, v monetarnih enotah smiseln in uporaben za porabnika.

2 Metodologija

Namen kvantitativnih raziskav, kamor spadajo tudi raziskave potrošnikov, je postaviti in obravnavati strukturirana vprašanja, da bi odkrili korelacije ali vzročno-posledične odnose ter identificirali podobnosti in razlike v odzivih med podskupinami (Bernard, 2012). Ankete o raziskavah potrošnikov obsegajo vrsto specifičnih, običajno kratkih vprašanj, ki jih anketar sprašuje verbalno, ali pa jih anketiranci odgovarjajo sami (t.i. *samo upravljani*). Vsako vprašanje v vprašalniku povzema informacije o določeni in količinsko opredeljeni spremenljivki, ki je bila vnaprej določena in standardizirana kot so enako vprašanja za vsakega anketiranega (Starr, 2014).

2.1 Zbiranje podatkov in izvedba ankete

Pregledana je bila literatura na področju energetske učinkovitosti v industriji v različnih državah EU. Za poglobljeno razumevanje problematike posameznega področja smo v sodelovanju s podjetjem ARAGON d.o.o. izvedli 8 poglobljenih intervjujev s predstavniki podjetij, ki so zadolženi za investicije (direktor, vodja razvoja, vodja investicij), kjer je izpraševalec vodil razpravo glede pomembnosti EE in se osredotočil na štiri glavna področja, ki jih povzemajo raziskovalna vprašanja:

- *Katere lastnosti najbolj vplivajo na odločitve o naložbah v zvezi z energijo?*
- *Kako pomembna je EE pri naložbenih odločitvah?*
- *Ali sedanja energetska politika o informacijah glede EE povečuje povpraševanje po učinkovitejših izdelkih?*
- *Kako lahko spremenimo energetska politika za povečanje povpraševanja po energetske učinkovitejših izdelkih? Ali bi bile energetske nalepke in dodane informacije o denarni vrednosti porabe uporabne?*

Rezultati poglobljenih intervjujev so nam služili kot orientacija za sestavo spletnega vprašalnika, kjer smo obravnavali naslednje cilje: (i) oceniti pomembnost energetske učinkovitosti pri odločanju o nakupu; (ii) opredeliti najpogostejše tržne in vedenjske ovire, ki preprečujejo različnim skupinam potrošnikov, da vlagajo v energetske učinkovitost; (iii) oceniti vpliv shem morebitnega energetskega označevanja na izbiro energetske učinkovitosti; in (iv) pridobiti empirične dokaze o vlogi dejavnikov, kot so vedenjske in tržne ovire, socialno-ekonomske značilnosti, stališča, prepričanja in dojemanja o naložbah v EE. Skoraj vsa vprašanja so bila oblikovana v zaprtem formatu, vključno z zaprtimi kontrolnimi seznama in ocenjevalnimi lestvicami, da bi omogočili primerljivost podatkov v različnih primerih.

2.2 Analiza podatkov in specifikacija modela

Analiza podatkov je obsegala dve nalogi: (i) opisna statistika; in (ii) ekonometrične analize. Prva naloga je namenjena povzetju podatkov, pogledu na skupne vzorce in ugotavljanjem glavnih teženj in odstopanj. Kvalitativne spremenljivke so opisane z uporabo njihove relativne frekvence (odstotka) in 95-odstotnega intervala zaupanja. Cilj ekonometrične analize je raziskati dejavnike, ki vplivajo na EE v različnih sektorjih. Za drugo nalogo smo uporabili obliko zaprte oblike, kjer smo prosili anketirance, da vrednoti EE po obsegu pomembnosti: *Sploh ni pomembno*; *Ni zelo pomembno*; *Ni pomembno niti nepomembno*; *Zmerno pomembno*; *Zelo pomembno*. Na žalost je bilo število odgovorov, kjer so anketiranci iz industrije ocenili EE kot zelo pomembno premajhno, da bi opravili ekonometrično analizo.

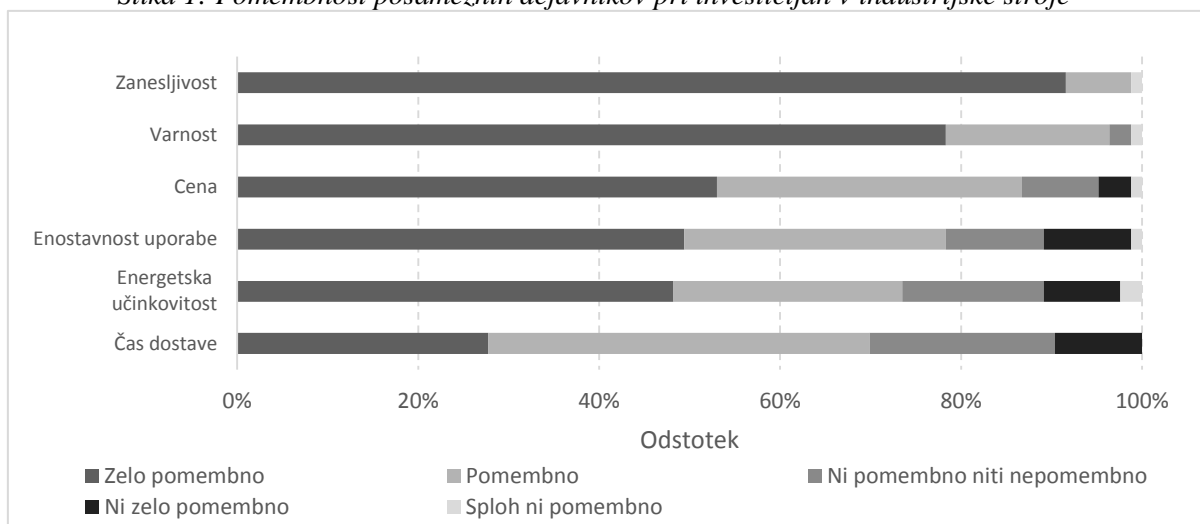
3 Rezultati analize

Slovenska raziskava je bila izvedena v sodelovanju s podjetjem ARAGON, kjer smo prek spletnih anket zbrali 83 odgovorov podjetij, ki se ukvarjajo z industrijo in pri svojem delu uporabljajo stroje. Končni vzorec je v povprečju znašal 528 delavcev (največje podjetje je imelo 11.000 zaposlenih, 12 podjetij je imelo več kot 1.000 zaposlenih in 23 jih je bilo manj kot 20, 8 vprašanih pa tega vprašanja ni želelo odgovoriti). Na vprašanje o letnem prometu je odgovorilo samo 42 anketirancev, večinoma velika podjetja, kar je povzročilo zelo visok povprečni letni promet v višini 42,5 milijonov EUR. Da je podjetje konkurenčno v industrijskem sektorju tudi zunaj lokalne skupnosti so potrebne visoke investicije, zato je večina industrijsko usmerjenih podjetij v Sloveniji relativno velika.

3.1 Značilnosti nakupnih odločitev anketirancev

Zanesljivost je najpomembnejši dejavnik pri odločitvi o naložbah v industrijske stroje, saj jo je 91% anketirancev iz slovenskih gospodarskih panog ocenilo kot zelo pomembno, sledi ji varnost z 78% in enostavnost uporabe s 53%. Po drugi strani pa sta čas dostave in EE manj pomembna dejavnika, medtem ko je enostavnost uporabe ocenjena podobno kot cena. Zanimivo dejstvo je, da sta varnost in enostavnost delovanja podobno pomembna kot cena pri številnih podjetjih. To ustreza slovenskim standardom in standardom industrije v EU, kjer je kakovost najpomembnejši atribut, podjetja pa so pripravljena plačati več, v zameno za kakovostnejše izdelke.

Slika 1: Pomembnost posameznih dejavnikov pri investicijah v industrijske stroje



Vir: Rezultati projekta CONSEED, 2018

3.2 Odnos do energetske učinkovitosti

Štiri od petih slovenskih podjetij se zelo strinjajo z izjavo, da bi morala vlada nuditi podporo podjetjem za vlaganje v energetska učinkovitost in da bodo te vrste naložb prihranile denar v prihodnosti. 87% vprašanih se ne strinja s trditvijo, da bo zmanjšanje njihove porabe energije negativno vplivalo na njihovo donosnost oz. učinkovitost. Podobno se tri četrtine podjetij prav tako ne strinja, da bodo stroji z večjo energetska učinkovitostjo delovali slabo in se bodo verjetno pokvarili hitreje. Zaključimo lahko, da se pričakovanje državne pomoči zdi malo v nasprotju s pričakovanjem, da bodo takšne naložbe donosne in jih težko razložimo tudi z dejavniki, ki niso povezani s ceno.

3.3 Razumevanje obstoječih in prihodnjih energetske nalepke z dodano monetarno enoto

Trenutno v EU ni obvezne vseevropske sheme za energetska označevanje strojev, zato smo vprašanja priredili tako, da smo spraševali o trenutno veljavnih tehničnih specifikacijah in možnostih za predstavitev energetske nalepke z dodano monetarno enoto. Anketirancem smo predstavili hipotetično energetska nalepko, ki je bila opisana takole: "Podjetjem bi bilo mogoče zagotoviti energetske oznake z monetarno enoto glede stroškov energije, ki jo ima stroj. Na primer: »Pričakuje se, da bodo stroški energije tega stroja 2.000,00 € na letnem nivoju«. Te nove informacije bi temeljile na tipičnih vzorcih uporabe." 66% vprašanih se je strinjalo ali zelo strinjalo, da bi bile takšne oznake enostavno razumljive, 53% pa se je strinjalo, da bi takšen podatek na energetska nalepki lahko vplival na odločitev kateri stroj bi kupili. Poleg tega se je 67% anketirancev strinjalo ali zelo strinjalo, da bi jim zagotovljene informacije lahko pomagale razumeti, koliko energije porabi stroj, 61% pa jih meni, da bi prodajalci zlahka manipulirali s temi podatki. Pri vprašanju glede zanesljivosti podatkov na takšni energetska nalepki so bili precej neodločni, saj je kar 55% anketirancev odgovorilo, da se niti strinjajo, niti ne strinjajo s to trditvijo.

4 Sklep

V prispevku smo raziskovali vlogo energetske učinkovitosti in morebitnega označevanja energetskih nalepk pri nakupu industrijskih strojev. Slovenske industrijske družbe so zanesljivost strojev izpostavile kot najpomembnejši dejavnik pri investicijskih odločitvah, sledi ji varnost in nato cena ter enostavnost delovanja, ki sta precej pomembna vendar pa ne ključna dejavnika. Čas dostave in energetska učinkovitost sta bila ocenjena kot manj pomembna dejavnika. To ustreza splošni sliki slovenske industrije in standardov EU, kjer je splošna kakovost najpomembnejši dejavnik in so podjetja pripravljena plačati več, da bi imela vrhunske izdelke. Anketiranci so se strinjali, da bi morala vlada nuditi podporo podjetjem za vlaganje v energetska učinkovitost, saj jim bo to prineslo prihranke v prihodnosti. Glede trenutnega prikaza energetske porabe stroja ni bilo jasnih stališč, saj se skoraj polovica anketirancev strinja, polovica pa ne strinja, da trenutni prikaz tehnične specifikacije vsebuje vse ustrezne in potrebne informacije za razumevanje porabe energije. Anketiranci so bili zelo naklonjeni potencialni uvedbi energetske nalepke z monetarno enoto in so se strinjali, da bi informacije, posredovane v denarnih enotah, pomagale razumeti, koliko energije porabi stroj in bi te informacije lahko vplivale na izbiro pri njihovem nakupu. Dodatno pa so tudi poudarili, da oznake ne bi bile zanesljive, saj bi jih prodajalci zlahka prirejali.

5 Zahvala

Projekt CONSEED se financira iz Okvirnega programa Evropske unije za raziskave in inovacije HORIZON 2020 v okviru sporazuma o dodelitvi sredstev št. 723741.

Literatura

1. Abadie, L. M., Ortiz, R. A., & Gallaraga, I. (2012). Determinants of energy efficiency investments in the US. *Energy Policy*, 551-566.
2. Bernard, R. H. (2012). *Social research methods: Qualitative and quantitative approaches*. SAGE.
3. CONSEED. (2018, October 8). *CONSUMER Energy Efficiency Decision making*. Retrieved from <https://www.conseedproject.eu/>
4. EIA. (2016). *International Energy Outlook 2016: With Projections to 2040*. Government Printing Office.
5. IPCC. (2014). *Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
6. Starr, M. A. (2014). *Qualitative and mixed-methods research in economics: surprising growth, promising future*. *Journal of Economic Surveys*.

Sekcija III:
Investicije in poslovanje operaterjev

STROŠKOVNA UČINKOVITOST DEJAVNOSTI DISTRIBUCIJE ELEKTRIČNE ENERGIJE V OBDOBJU 2004 – 2016

Nevenka Hrovatin

*Ekonomska fakulteta, Univerza v Ljubljani
E-pošta: nevenka.hrovatin@ef.uni-lj.si*

Jelena Zorić

*Ekonomska fakulteta, Univerza v Ljubljani
E-pošta: jelena.zoric@ef.uni-lj.si*

POVZETEK

Agencija za energijo pri določanju upravičenih stroškov regulirane dejavnosti distribucije električne energije upošteva tudi stroškovno učinkovitost izvajalcev, ki se ugotavlja s primerjalno analizo na podlagi različnih metod. Primerjalna analiza oz. »benčmarking« se kaže kot učinkovito orodje v okviru cenovne regulacije, saj uvaja umetno konkurenco med podjetja, regionalne monopoliste, in omogoča oceno potenciala za znižanje stroškov v reguliranih dejavnostih in tako zmanjšuje informacijsko asimetrijo med regulatorjem in reguliranimi podjetji. Na njeni podlagi se posledično podjetjem določi faktor učinkovitosti, ki zahteva določeno znižanje stroškov v vsakem letu regulativnega obdobja. Namen tega članka je izvesti analizo učinkovitosti podjetij, ki za SODO izvajajo dejavnost distribucije električne energije. V analizi smo s pomočjo številnih inačic modelov na podlagi DEA metode (metoda podatkovne ovojnice) in inačic modelov na podlagi metode popravljenih najmanjših kvadratov (COLS) primerjalno ocenili stroškovno učinkovitost petih podjetij v obdobju 2004 – 2016. Več inačic modelov za preverjanje stroškovne učinkovitosti na podlagi nadzorovanih stroškov delovanja in vzdrževanja (OPEX) smo ocenili z namenom preverjanja robustnosti rezultatov, še zlasti zaradi vedno prisotne dileme v regulativni praksi, kaj upoštevati kot »output« dejavnosti distribucije. Na podlagi statistične analize in presoje smiselnosti uporabe modelov smo izbrali najprimernejše modele, katerih rezultate smo uporabili tudi za izračun povprečne učinkovitosti podjetij v izbranem obdobju. Rezultati kažejo, da je regulacija šla v pravo smer, saj se je povprečna učinkovitost podjetij v celotnem obdobju 2004 – 2016 povečala, hkrati pa se je zmanjšalo zaostajanje podjetja z najnižjo ocenjeno stroškovno učinkovitostjo za ostalimi podjetji. Kljub temu še vedno ostajajo priložnosti za izboljšave, prav tako pa tudi za povezovanje podjetij, saj lahko na podlagi ocen sklepamo, da so v dejavnosti distribucije električne energije prisotni prihranki obsega.

Ključne besede: stroškovna učinkovitost, distribucija električne energije, regulacija cen, metoda podatkovne ovojnice (DEA), metoda popravljenih najmanjših kvadratov (COLS), nadzorovani stroški delovanja in vzdrževanja (OPEX)

1 Uvod

Primerjanje uspešnosti podjetij, ki so na svojem območju naravni monopoli, ni mogoča na podlagi tradicionalnih mer uspešnosti, kot so njihova donosnost, gospodarnost in drugi

finančni kazalci. Njihov dohodek in posledično dobiček je v veliki meri rezultat določitve upravičenega prihodka, ki ga podjetjem dovoljuje regulator – v Sloveniji je to za energetska omrežja Agencija za energijo. Zaradi tega se za primerjavo uspešnosti v regulativni praksi uporablja primerjalna analiza stroškovne učinkovitosti izvajalcev, ki se izvaja s pomočjo različnih metod. Za takšno regulativno prakso se je uveljavil izraz regulacija z zamejenimi cenami (ang. *price cap*). Na podlagi rezultatov analize se podjetjem določi faktor učinkovitosti za regulativno obdobje, ki zahteva določeno znižanje stroškov v vsakem letu. Namen takšne analize torej je, da regulator na podlagi strokovne presoje nadomesti konkurenčni pritisk z zahtevanim znižanjem stroškov s pomočjo določitve faktorja učinkovitosti v skladu z zakonodajnimi zahtevami (Energetski zakon EZ-1, 2014). Slovenska regulativna zakonodaja in praksa se zgledujeta po uveljavljeni praksi številnih držav. Leta 2008 samo 9 regulatorjev od 43-ih, zajetih v študiji Haneya in Pollitta (2009), ni izvajalo ali ni izrazilo namena pričeti izvajati takšne analize. V EU kar 20 držav članic uporablja metodo zamejenih cen za presojanje učinkovitosti poslovanja podjetij v distribuciji električne energije. Večina od teh (13) pa za ugotavljanje stroškovne učinkovitosti podjetij uporablja prav primerjalno analizo ali benčmarking (Refe, Mercados in Indra (2014).

Namen tega prispevka je, da na podlagi analize primerjalne učinkovitosti (benčmarkinga) podjetij, ki izvajajo dejavnost distribucije električne energije v Sloveniji, ocenimo njihovo stroškovno učinkovitost in presodimo, ali se je učinkovitost v celotnem obdobju regulacije 2004 - 2016 izboljšala, kar pomeni, da je regulacija dosegla svoj namen, ter da proučimo, kakšne so razlike med podjetji in kje je še prostor za doseganje stroškovnih prihrankov. V prispevku bomo ocenili več inštrumentov na podlagi dveh v nadaljevanju predstavljenih metod, da bi preverili robustnost dobljenih rezultatov in prišli do verodostojnih sklepov.²

2 Metode in podatki

Za izvedbo primerjalne analize učinkovitosti so na voljo številne metode, ki so v osnovi razvrščene v dve veliki skupini: na povprečne benčmarking metode in benčmarking metode mejnega področja (Jamasb 2001, Hrovatin in Zorić, 2017). Slednje se nadalje delijo na dve večji skupini: prvič, parametrične metode, ki zajemajo deterministično metodo popravljenih najmanjših kvadratov (COLS) in stohastično metodo mejnega področja (SFA), ter drugič, neparometrične metode na osnovi linearnega programiranja (DEA – metoda podatkovne ovojnice). Znanstvena literatura navaja prednosti in slabosti uporabe posamezne metode, vendar se ni poenotenila v stališču, katera metoda bi bila za izvedbo benčmarkinga najustreznejša. Seveda pa je odločitev za izbor metode v regulativni praksi pomembna, saj različne metode dajejo različne ocene učinkovitosti podjetij. Pomanjkanje konsenza regulatorji premoščajo s kombinacijo uporabe dveh ali treh metod, pogosto pa se odločajo tudi za uporabo zgolj ene same. Ker SFA metoda pogosto ne skonstruira, kar se je pokazalo v analizi za prejšnja obdobja, smo se odločili za uporabo COLS in DEA metode; slednje z variabilnimi donosi obsega (VRS), ki medsebojno primerja podjetja podobne velikosti. Regulatorji najpogosteje uporabljajo DEA metodo, kombinacijo obeh (COLS in DEA) pa med drugim Avstrija in Velika Britanija. Avstrijski regulator se je po kakovosti regulatorne prakse uvrstil na prvo mesto (Haney in Pollitt, 2009).

² Prispevek je nastal na podlagi študije Hrovatin in Zorić (2017), izdelane za Agencijo za energijo.

Pri ocenjevanju COLS modelov smo se odločili za uporabo Cobb-Douglasove stroškovne funkcije (log-log oblika), ki se najpogosteje uporablja v regulativni praksi. Odvisna spremenljivka v COLS modelih so nadzorovani stroški delovanja in vzdrževanja podjetij (OPEX)³. Med pojasnjevalne spremenljivke smo v skladu s specifikacijo funkcije vključili poleg outputa tudi cene proizvodnih dejavnikov (inputov; ceno dela ter ceno materiala in storitev). Ceno dela smo izračunali kot kvocient med stroški dela in povprečnim številom zaposlenih, ceno materiala in storitev pa smo aproksimirali s kvocientom med rezidualnim OPEX-om (nadzorovani OPEX, zmanjšan za stroške dela) in osnovnimi sredstvi podjetja. Odločiti se je bilo potrebno tudi, kako v modelih upoštevati »output«, saj je ta za distribucijska podjetja lahko distribuirana količina električne energije, konična moč, priključna moč, število odjemalcev, površina oskrbovanega območja ter dolžina omrežja. Poleg samega števila odjemalcev pa je seveda pomembna tudi njihova velikost odjema in lokacija (gostota). Ker večjega števila outputov oziroma spremenljivk, ki zajemajo njihove značilnosti, ni bilo mogoče sočasno vključiti v model zaradi izračunane visoke korelacije med njimi, smo se odločili za oblikovanje *indeksa sestavljenega outputa*, ki smo ga izračunali kot kombinacijo treh omenjenih outputov z enakimi deleži, v nekatere modele pa smo alternativno vključevali dva outputa, med katerimi ni bilo izračunane visoke korelacije. V modelih smo upoštevali tudi kontrolno spremenljivko *delež podzemnih vodov*, ki kontrolira razlike v strukturi omrežja in je v predhodnih analizah pokazala močan vpliv na stroškovne razlike.

Pri DEA VRS metodi smo izbrali »input orientacijo«, ki predpostavlja minimiziranje stroškov (OPEX-a) za doseganje dane(-ih) ravni outputa(-ov). V skladu s tem so input v modelih nadzorovani stroški (OPEX). Ker smo se tudi pri oceni DEA modelov soočili z zelo visoko korelacijo med outputi, smo se tudi tokrat odločili za alternativno vključitev *indeksa sestavljenega outputa* oziroma različnih kombinacij dveh outputov, med katerimi ni prisotna visoka korelacija. Specifikacija DEA modelov se nekoliko razlikuje od COLS modelov, saj vključevanje relativnih outputov (na primer *delež podzemnih vodov*) v DEA analizi ni ustrezna.

Podatke za analizo smo pridobili od Agencije za energijo. Opisne statistike prikazujemo v Tabeli 1. Vrednostne podatke smo preračunali na stalne cene iz leta 2010, pri čemer smo za preračun uporabili deflator, izračunan na podlagi indeksa cen življenjskih potrebščin, indeksa stroškov gradbenega materiala in indeksa bruto plač.

Z drugostopenjsko analizo smo nadalje želeli preveriti vpliv drugih okoljskih in tehničnih dejavnikov na razlike v stroškovni učinkovitosti, vendar se njihov vpliv izkaže kot majhen in statistično neznačilen, zato teh dejavnikov nismo upoštevali pri oceni stroškovne učinkovitosti podjetij.

Tabela 1: Opisne statistike spremenljivk

Spremenljivka	Povprečje	SD	Min	Max
OPEX (mio EUR)	19,8	6,9	10,6	34,6
Cena dela (EUR/zaposlenega)	27.150	3.001	20.951	33.304
Cena materiala in storitev (EUR/EUR os. sred.)	0.033803	0.006147	0.020472	0.048566
Delež podzemnih vodov (%)	38,7	12,2	18,1	65,0

tabela se nadaljuje na naslednji strani

³ Modele smo ocenili tudi z uporabo celotnih stroškov (TOTEX), kar vodi do zelo podobnih rezultatov, zato v prispevku predstavljamo rezultate samo za OPEX modele.

<i>nadaljevanje tabele</i>				
Spremenljivka	Povprečje	SD	Min	Max
Količina distribuirane električne energije (MWh)	2.066.833	966.516	938.967	4.041.483
Število odjemalcev	182.370	82.184	81.333	336.417
Dolžina omrežja (km)	13.029	5.077	4.807	18.558
Efektivna površina oskrbovanega območja – 1 (km ²) ¹⁾	2.134	803	790	3.164
Efektivna površina oskrbovanega območja – 2 (km ²) ²⁾	326	151	106	477
Priključna moč odjemalcev (kW)	2.420.205	1.168.865	888.149	5.079.103
Konična moč (MW)	356,4	155,8	158,1	661,8
Indeks outputa IOU1 ³⁾	58,52	23,96	24,44	98,38
Indeks outputa IOU2 ⁴⁾	57,60	23,99	24,13	100,00

Opombe:

- 1) Glede na SN (srednjenapetostne) vode
- 2) Glede na lokacijo prebivalcev
- 3) IOU1 = 1/3 (indeks distribuirane količine električne energije + indeks števila odjemalcev + indeks dolžine omrežja)
- 4) IOU2 = 1/3 (indeks distribuirane količine električne energije + indeks števila odjemalcev + indeks oskrbovanega območja glede na srednjenapetostne vode)

3 Rezultati primerjalne analize učinkovitosti

Na podlagi ocene velikega števila inačic COLS modelov in DEA VRS modelov se je bilo potrebno odločiti za končen izbor modelov. Odločili smo se za izbor modelov, ki vključujejo različne outpute oziroma pojasnjevalne spremenljivke, saj ni smiselno izbrati modelov, kjer so te visoko korelirane. Poleg tega smo pri izboru COLS modelov upoštevali pojasnjevalno moč modelov. Vsi izbrani COLS modeli imajo visoke determinacijske koeficiente (med 0,95 in 0,98). Glede na omenjene kriterije smo v končni izbor uvrstili 5 COLS in 5 DEA modelov. Korelacijski koeficienti med izbranimi COLS modeli so sorazmerno visoki. Podobno velja za DEA modele z izjemo enega, medtem ko je med rezultati COLS in DEA modelov prisotna manjša povezanost, kar potrjuje, da izbor metode v določeni meri vpliva na rezultate ocen.

Rezultate stroškovne učinkovitosti dejavnosti in podjetij na podlagi desetih izbranih modelov prikazujemo v Tabeli 2 in Sliki 1. Iz tabele je razvidno, da je bila povprečna stroškovna učinkovitost petih podjetij v celotnem proučevanem obdobju (2004-2016) 87,7 %. Povprečna učinkovitost se je v celotnem obdobju povečala za 7,4 odstotne točke, in sicer od 85,4 % leta 2004 na 92,8 % leta 2016. V posameznih letih obdobja 2006 - 2009 je prišlo do poslabšanja glede na leto 2004, največje izboljšanje pa kasneje beleži leto 2014, ko se je povprečna učinkovitost povečala za 5 odstotnih točk glede na leto 2013. Temu je sledilo poslabšanje v letu 2015 (za približno 2 odstotni točki) in nato ponovno izboljšanje v letu 2016 (za dobri 2 odstotni točki).

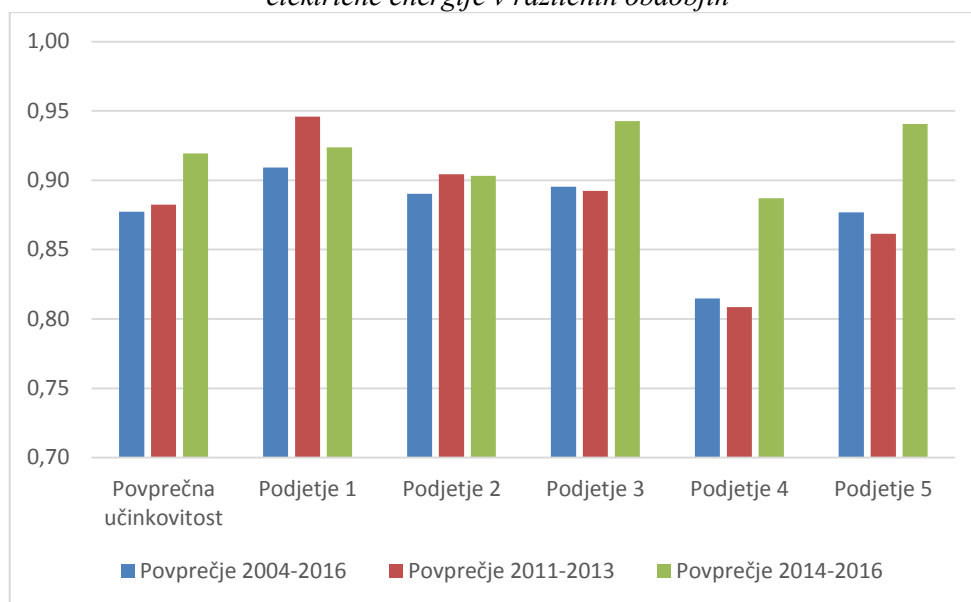
Primerjava stroškovne učinkovitosti med podjetji za celotno obdobje kaže, da so se tri stroškovno najučinkovitejša podjetja (podjetje 1, 3 in 2) precej približala v rezultatih, saj so razlike med njimi manj kot 2 odstotni točki, četrtovrščeno podjetje pa zaostaja za tretjim 1,3 odstotne točke. Najučinkovitejše podjetje je v celotnem obdobju doseglo 90,9 odstotno stroškovno učinkovitost. Najmanj učinkovito podjetje izkazuje večji zaostanek in sicer 9,4 odstotne točke za najbolje uvrščenim podjetjem. Večje spremembe v relativni učinkovitosti podjetij so se zgodile v zadnjem obdobju (2014 – 2016). Podjetji 4 in 5 sta namreč izboljšali svojo učinkovitost glede na predhodno triletno obdobje (2011-2013) kar za 8 odstotnih točk, podjetje 3 za 5 odstotnih točk, podjetje 2 izkazuje enake rezultate, v podjetju 1 pa se je učinkovitost poslabšala za 2 odstotni točki. V zadnjem proučevanem

letu 2016 so tri podjetja dosegla zelo podobne in relativno visoke ravni (blizu 90%), dve podjetji pa imata višjo učinkovitost, najboljše kar 97-odstotno. Pomembna ugotovitev je, da je tudi podjetje, ki je v celotnem obdobju najbolj zaostajalo, uspelo približati svojo stroškovno učinkovitost ostalim podjetjem v panogi.

Tabela 2: Stroškovna učinkovitost podjetij v dejavnosti distribucija električne energije v Sloveniji (povprečje desetih izbranih modelov)

Leto	Povprečna učinkovitost	Podjetje 1	Podjetje 2	Podjetje 3	Podjetje 4	Podjetje 5
2004	0,8538	0,8993	0,8414	0,8554	0,8249	0,8479
2005	0,8661	0,8944	0,9002	0,8927	0,7565	0,8864
2006	0,8533	0,8861	0,9010	0,8707	0,7681	0,8406
2007	0,8386	0,8465	0,8691	0,8704	0,7687	0,8381
2008	0,8603	0,9102	0,8755	0,8811	0,7979	0,8367
2009	0,8487	0,8601	0,8686	0,8653	0,7993	0,8503
2010	0,8778	0,9131	0,8949	0,8976	0,7911	0,8924
2011	0,8873	0,9576	0,9246	0,9191	0,7932	0,8420
2012	0,8843	0,9552	0,8994	0,8837	0,8132	0,8703
2013	0,8758	0,9251	0,8888	0,8743	0,8193	0,8717
2014	0,9258	0,9713	0,9043	0,9598	0,8774	0,9163
2015	0,9047	0,9059	0,9017	0,9203	0,8664	0,9293
2016	0,9277	0,8937	0,9033	0,9478	0,9172	0,9764
Povprečje 2004-2016	0,8772	0,9091	0,8902	0,8952	0,8149	0,8768
Povprečje 2011-2013	0,8825	0,9459	0,9043	0,8923	0,8086	0,8613
Povprečje 2014-2016	0,9194	0,9237	0,9031	0,9426	0,8870	0,9407

Slika 1: Povprečne stroškovne učinkovitosti po posameznih podjetjih v dejavnosti distribucije električne energije v različnih obdobjih



4 Sklep

V prispevku smo prikazali rezultate analize stroškovne učinkovitosti petih podjetij za distribucijo električne energije v celotnem regulativnem obdobju (2004 – 2016) na podlagi izbora 10 modelov COLS in DEA VRS, ki vključujejo 65 opazovanj. Analizo smo izvedli na osnovi primerjave nadzorovanih stroškov delovanja in vzdrževanja (OPEX), saj so se rezultati izkazali za zelo primerljive z ocenami na podlagi celotnih stroškov poslovanja (TOTEX). Ugotovili smo, da se je v celotnem obdobju povprečna učinkovitost podjetij opazno povečala (za več kot 7 odstotnih točk), primerjalna učinkovitost podjetij in na podlagi tega uvrstitev podjetij pa se je zlasti v zadnjem triletnem obdobju spreminjala. Na podlagi rezultatov lahko sklepamo, da je regulacija po metodi zamejenih cen dosegla svoj namen, saj je prispevala k zniževanju stroškov delovanja in vzdrževanja podjetij ter pripomogla tudi k zmanjšanju zaostanka najmanj učinkovitega podjetja, ki je občutneje zaostajalo v ravni učinkovitosti. Pri tem je potrebno opozoriti, da stroškovna analiza zajema samo slovenska podjetja in zato ne omogoča ocene, kako učinkovita so slovenska podjetja v primerjavi s tujimi. Za takšno oceno bi morali narediti mednarodno benčmarking analizo, ki pa se skorajda ne izvaja, saj ni mogoče pridobiti primerljivih podatkov za tuja podjetja.

Na podlagi ocenjenega regresijskega koeficienta outputa (0,7), ki je manjši od 1, lahko tudi sklepamo, da so v dejavnosti distribucije električne energije prisotni prihranki obsega. Manjša podjetja imajo zato objektivno višje povprečne stroške delovanja in vzdrževanja na MWh električne energije kot večja. Rešitev bi bila v združevanju podjetij, ki bi bila z vidika prihrankov obseg zaželena, vendar pa bi po drugi strani izostal konkurenčni pritisk na podjetja na osnovi medsebojne stroškovne primerjave, kar bi lahko posledično pripeljalo do višjih stroškov.

Literatura in viri

1. Energetski zakon (EZ-1) (2014). Uradni list RS 17/2014. 7. marec 2014, Ljubljana.
2. Haney, A.B., Pollitt, G.M. (2009) Efficiency analysis of energy networks: An international survey of regulators. *Energy Policy*, 37, str. 5814–5830.
3. Hrovatin, N., Zorić, J.(2017): *Primerjalna analiza učinkovitosti dejavnosti distribucije električne energije v obdobju 2004 – 2016*. Končno poročilo. Ljubljana: Ekonomska fakulteta, Center poslovne odličnosti, 2015.
4. Jamasb, T. in Pollitt, M. (2001). Benchmarking and regulation: international electricity experience. *Utilities Policy* 9, 107-130.
5. Refe, Mercados in Indra (2014): *Study on Tariff Design for Distribution Systems*. Final Report. Naročnik: EU: Directorate-general for energy. Directorate B – Internal energy market.

IZZIVI SOFINANCIRANJA INVESTICIJSKIH PROJEKTOV IZ EVROPSKIH SKLADOV - PRIMER PCI PROJEKTA PAMETNIH OMREŽIJ SINCRO.GRID

Saša Jamšek

ELES, d.o.o.

E-pošta: sasa.jamsek@eles.si

Simon Tot

ELES, d.o.o.

E-pošta: simon.tot@eles.si

Mate Lasić

HOPS, d.o.o.

E-pošta: mate.lasic@hops.hr

POVZETEK

Članstvo v Evropski Uniji prinaša državam članicam veliko priložnosti. Posebej to velja za tiste, ki so se pridružile med zadnjimi. V medijih pogosto zasledimo negativne informacije, kako neučinkoviti smo pri koriščenju nepovratnih sredstev. Zato je pomembno, da primere dobre prakse delimo z javnostmi. V članku je na primeru projekta SINCRO.GRID prikazana izkušnja snovanja tega kompleksnega projekta pametnih omrežij, ki je zadostil kriterijem razpisa za nepovratna sredstva iz Instrumenta za povezovanje Evrope (CEF) in bil na ocenjevanju najvišje uvrščen. Prikazane so rešitve za izzive, ki jih prinašajo razvoj trgov in sprememba zahtev deležnikov elektroenergetskih omrežij zaradi doseganja ciljev Evropske Unije. Opisana je kompleksna struktura projekta, ki je štiri partnerje iz dveh držav povezala za učinkovito izvedbo prvega vmesnega cilja, pridobitve sofinanciranja iz evropskega sklada CEF. Tehnična rešitev je sestavljena iz več med seboj povezanih tehnoloških gradnikov: vgradnje šestih kompenzacijskih naprav, sistema za ugotavljanje meja obratovanja, integracije razpršene proizvodnje in izgradnje virtualnega čezmejnega centra vodenja. Projekt je utemeljen z analizo stroškov in koristi ter je bil glede na zahteve razpisa tudi uglašen za doseganje čim večjih sinergijskih učinkov. Vgrajeni portfelj zrelih tehnoloških rešitev bo prinesel visoke koristi in zunanje učinke. Analiza je pokazala, da ima projekt pravo razmerje med stroški in koristmi. Projekt je zasnovan tako, da bodo novi aktivni elementi v prenosnem in distribucijskem omrežju obvladovani preko virtualnega čezmejnega centra vodenja. Operaterjem bo zagotovil večjo varnost obratovanja v naslednjih letih tudi ob vključitvi predvidenega obsega obnovljivih virov električne energije za doseganje ciljev do leta 2030. Pri pripravi in implementaciji smo se naučili, da so ključni dejavniki uspeha prve faze projekta vzpostavitev korektnega partnerskega odnosa v timu, razumevanje evropske miselnosti ter oblikovanje konsistentne zgodbe, ki rešitve za tehnične izzive prihodnosti poveže s pričakovanji deležnikov.

Ključne besede: pametna omrežja, projekt, analiza stroškov in koristi, evropska sredstva

1 Uvod

Članstvo v Evropski Uniji prinaša državam članicam veliko priložnosti in izzivov. Posebej to velja za tiste, ki so se ji pridružile med zadnjimi. V medijih pogosto zasledimo negativne informacije, kako neučinkoviti smo pri koriščenju nepovratnih sredstev. Zato je pomembno, da primere dobre prakse delimo z javnostmi. Sistemski operaterji prenosa električne energije se v spremenjenem okolju zadnja leta srečujejo z nasprotujočimi izzivi, ki jih narekuje povečanje vključevanja obnovljivih virov energije za doseganje ciljev Evropske Unije, zmanjšanje količine sistemskih storitev, pomanjkanje centralizirane proizvodnje in velika povezanost med sosednjimi kontrolnimi conami. To še posebej velja za elektroenergetska sistema dveh sosednjih držav Slovenije in Hrvaške zaradi zgodovinsko povezanega visokonapetostnega omrežja. Pojav prenapetosti in pomanjkanje kapacitet za sistemske storitve so pojavi, ki operaterje prenosa in distribucije obeh držav še posebej skrbijo in zahtevajo koordinirano akcijo. V članku je na primeru projekta SINCRO.GRID prikazana izkušnja snovanja tega kompleksnega projekta pametnih omrežij, ki je zadostil kriterijem razpisa za nepovratna sredstva iz Instrumenta za povezovanje Evrope (CEF) in bil na ocenjevanju najvišje uvrščen.

2 Snovanje projekta

Prenapetosti in pomanjkanje kapacitet za sistemske storitve so sistemske operaterje v Sloveniji in na Hrvaškem spodbudili, da so se takoj po zaznavi težav v omrežju začeli odzivati in pripravljati rešitve. ELES je na primer v ta namen začel projekt vgradnje kompenzacijske naprave v razdelilni transformatorski postaji Divača, da bi odpravil prenapetosti v visokonapetostnem omrežju, ki so že ogrožale sistem. Zraven tega so operaterji razvijali še celo vrsto parcialnih rešitev za ugotovljene izzive.

2.1 Razlogi za zagon projekta

Parcialne rešitve se po tehtnem premisleku niso izkazale za optimalno rešitev, saj je problematika presegala meje delovanja posameznega operaterja in bi bilo smiselno težave reševati koordinirano na meddržavnem nivoju. Prvotne interne analize so pokazale, da bi bilo smiselno reševati več tehničnih težav skupaj, ker bi bilo na ta način možno doseči še dodatne sinergijske učinke. ELES je zaustavil že začeti projekt implementacije dušilke v Divači in ga smiselno vključil v skupni projekt.

2.2 Evropska dimenzija

Paralelno z iskanjem tehnične rešitve je bilo potrebno poiskati tudi vire financiranja, saj je bila prvotno ocenjena vrednost vseh potrebnih investicij preko 106 milijonov Evrov. Učinek takšne investicije na omrežnino bi bil znoten, saj bi se na primer samo omrežnina za prenosno omrežje v Sloveniji s financiranjem tako obsežnega projekta lahko povečala tudi do 9% v enem letu. Po pregledu možnosti financiranja smo ugotovili, da bi bila najbolj primerna oblika kombinacija sofinanciranja iz sklada CEF v obliki nepovratnih sredstev, preostanek pa bi predstavljala lastna sredstva in krediti. Pogoj za pridobitev nepovratnih sredstev iz sklada CEF je uvrstitev projekta na listo prioriternih evropskih projektov (PCI), pri čemer mora tak projekt izpolnjevati vrsto zahtev in upoštevati evropsko dimenzijo. Po proučitvi zahtev smo ugotovili, da s pravimi partnerji lahko zastavimo projekt, ki bo izpolnil zahteve za pridobitev statusa projekta skupnega evropskega pomena (PCI). Vloga

za uvrstitev na drugo listo PCI projektov je bila oddana februarja 2015, z objavo v uradnem listu EU pa je projekt pridobil poseben status in s tem tudi pravico kandidiranja na razpisih za nepovratna sredstva iz sklada CEF.

2.3 Partnerstvo

Eden od pogojev za pridobitev statusa PCI projekta je sodelovanje vsaj dveh držav in operaterjev prenosa ter distribucije. Zelo hitro smo se dogovorili vsi štirje sistemski operaterji v Sloveniji in na Hrvaškem: ELES in SODO kot sistemska operaterja prenosnega in distribucijskega omrežja v Sloveniji ter HOPS in HEP ODS kot sistemska operaterja prenosnega in distribucijskega omrežja na Hrvaškem. Vzpodbudno je bilo to, da smo vsi v projektu videli predvsem priložnost za rešitev skupnih izzivov in ne težav v sodelovanju, ki včasih spremljajo slovensko hrvaške odnose.

2.4 Zgodba

Za uspeh projekta ni dovolj ustrezna tehnična rešitev in projektna zasnova. Projekt mora imeti tudi zgodbo. V fazi snovanja projekta smo na več delavnicah oblikovali zgodbo projekta SINCRO.GRID, ki ni bila namenjena samo deležnikom ampak tudi članom projektne timov. Nosila je močno sporočilo o tem, kaj je projekt in zakaj ga želimo izvajati. Ker projekt združuje več različnih tehnoloških sklopov smo veliko pozornosti namenili sporočilu o sinergijskih učinkih, ki jih prinaša združevanje komponent. Razen opisa stroškov in koristi, ki jih je možno izraziti v denarni obliki so bili posebej izpostavljeni še trije zunanji pozitivni učinki: regionalna zanesljivost obratovanja, solidarnost z drugimi državami ter tehnološke inovacije z možnostjo ponovitev (SINCRO.GRID Project Storyline, 2016).

Zunanjemu svetu in projektne timu smo s to zgodbo sporočili, da predlagamo inovativen sistemski pristop z integracijo več inovativnih vendar zrelih tehnologij z reševanje kratkoročnih težav varne dobave električne energije v Sloveniji in na Hrvaškem z mislijo na to, da omogočimo hitrejše vključevanje elektrarn na obnovljive vire energije v regiji. Projekt je bil predstavljen tudi kot primer dobrega sodelovanja med partnerji v regiji. To sporočilo je delovalo zelo motivacijsko glede na včasih težavne odnose med sosednjimi državami.

Pomembno sporočilo je bilo tudi finančne narave. Kljub pričakovanim pozitivnim učinkom stroškov projekta ne morejo kriti omrežnine v Sloveniji in na Hrvaškem, brez da bi bile ostale pomembne investicije zamaknjene. Zgodba je prikazala tudi slabši sinergijski učinek počasnejše implementacije posameznih tehnoloških sklopov, ki bi sicer nekoliko razbremenili breme financiranja iz omrežnine.

3 Projektna rešitev

3.1 Tehnična rešitev

Projekt smo poimenovali SINCRO.GRID in predstavlja skupek tehnoloških rešitev pametnih omrežij na prenosnem in distribucijskem nivoju. Ime simbolizira sinhrono obratovanje povezanih omrežij in povezavo Slovenije (SI) in Hrvaške (CRO).

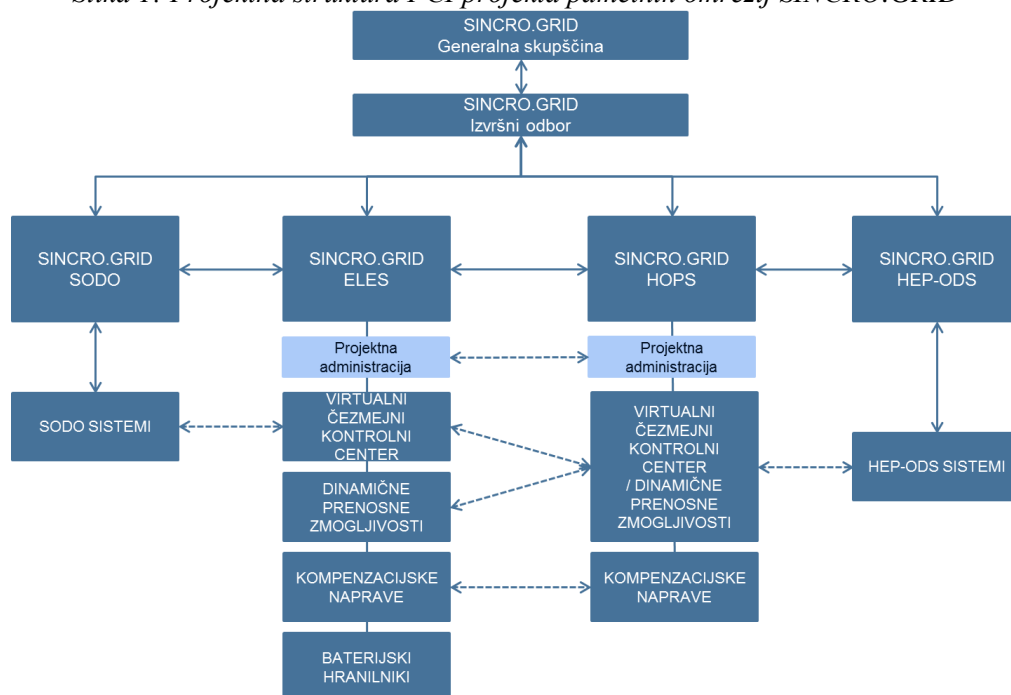
Tehnična rešitev je sestavljena iz več med seboj povezanih tehnoloških gradnikov: vgradnje šestih kompenzacijskih naprav, izdelave sistema za ugotavljanje meja obratovanja, vgradnje hranilnikov električne energije, integracije razpršene proizvodnje in izgradnje virtualnega čezmejnega centra vodenja.

Projekt je zasnovan tako, da bodo novi aktivni elementi v prenosnem in distribucijskem omrežju obvladovani preko virtualnega čezmejnega centra vodenja. Operaterjem bo zagotovil večjo varnost obratovanja v naslednjih letih tudi ob vključitvi predvidenega obsega obnovljivih virov električne energije za doseganje ciljev do leta 2030.

3.2 Struktura projekta

Projekt smo oblikovali v obliki grozda projektov z mislijo na osnovne tehnične gradnike. Na ta način smo omogočili različno strukturo delovanja pri vseh sodelujočih partnerjih in obvladovanje zelo različnih tehnologij. Vendar pa taka struktura zahteva nekoliko bolj zahtevno koordinacijo. Na meddržavnem nivoju je bila ustanovljena koordinacijska skupina, ki jo usmerja generalna skupščina. Z razvojem in podrobnejšim oblikovanjem projekta se je tudi organizacija projekta nekoliko spreminjala. Končno obliko je dobila pred oddajo vloge za CEF sredstva. Slika 1 prikazuje projektno strukturo. Zaradi obsega predvidenih del je projektna struktura nekoliko bolj kompleksna pri sistemskih operaterjih prenosnega omrežja, kot je pri sistemskih operaterjih distribucijskega omrežja. V drugi polovici leta 2018 se projekt nahaja v fazi implementacije.

Slika 1: Projektna struktura PCI projekta pametnih omrežij SINCRO.GRID



Vir: (Internal Cooperation Agreement SINCRO.GRID, 2017).

4 Analiza stroškov in koristi

Za projekt je bila izdelana osnovna ocena stroškov in koristi že ob prijavi na listo PCI. V sklopu priprav na oddajo vloge za sofinanciranje iz sklada CEF je bila izdelana podrobnejša analiza stroškov in koristi, ki je upoštevala spremembe na projektu zaradi

doseganja čim večjega učinka ob zniževanju stroškov. Nova ocenjena vrednost investicije je bila zmanjšana na 88,6 milijonov Evrov. Kvantificirane koristi so bile ocenjene na 345 milijonov evrov. Analiza občutljivosti je pokazala, da se lahko ta vrednost glede na spremembe nekaterih ključnih dejavnikov spreminja v obsegu med 195 do 537 milijonov Evrov. Za Slovenijo so bile izračunane koristi zmanjšanja emisij toplogrednih plinov, zmanjšani stroški nakupa kapacitet sekundarne rezerve, zmanjšanje investicij v rotirajoče rezerve, zamaknjene investicije v prenosno omrežje, koristi iz povečanih čezmejnih kapacitet, zmanjšani stroški poškodb naprav, povečane vrednosti storitev, zmanjšane amortizacije zaradi daljše življenjske dobe sredstev in zmanjšanje stroškov nakupa jalove energije.

Celotna socialna neto sedanja vrednost projekta znaša 229 milijona Evrov in je razdeljena med štiri države, ki imajo od projekta korist: Slovenija, Hrvaška, Avstrija in Italija. Glede na analizo občutljivosti bi se vrednost neto sedanje vrednosti morala gibati v območju med 86 in 429 milijona Evrov. Dodatno so bili opisani pozitivni zunanji učinki, ki so potrebni za pridobitev več kot 50% deleža sofinanciranja iz sklada CEF (Cost Benefit Analysis of SINCRO.GRID Project, 2016). Analiza je pokazala, da ima projekt pravo razmerje med stroški in koristmi in je uglasen za doseganje čim večjih učinkov.

5 Vloga za nepovratna sredstva

Projekt smo zastavili predvsem zaradi reševanja težav v omrežju in za doseganje čim večjih učinkov na različnih področjih. Ključni element uspešnosti pa je bilo glede na zmožnosti Slovenije in Hrvaške dodatno nepovratno financiranje iz sklada CEF. Priprava vloge za kandidiranje na razpisu CEF je bilo precej bolj zahtevno kot prijava na PCI listo, saj je bilo razen obsežnih prijavnih obrazcev potrebno pripraviti analizo stroškov in koristi ter poslovni načrt. Poslovni načrt smo pripravili ob pomoči zunanjega partnerja, ki nam je nudil neprecenljivo pomoč pri razumevanju evropskih mehanizmov in pričakovanih deležnikov, čeprav smo morali kljub vsemu veliko dela opraviti sami. Poslovni načrt se je za razliko od analize osredotočal na izvedbo projekta kot celote, terminskemu planu, tveganjem in načinu financiranja (SINCRO.GRID A Project of Common Interest Business Plan, 2016). Pomemben del vloge je bila tudi problematika pričakovanih učinkov pri umeščanju v prostor s pričakovanimi vplivi na okolje in ustreznimi rešitvami, kar smo s sodelovanjem s pristojnimi ministrstvi in agencijami rešili v izjemno kratkem času.

Vlogo za sofinanciranje iz sklada CEF smo oddali novembra 2016 na drugi razpis CEF-Energy-2016-2 za področje pametnih omrežij. Projekt je bil na ocenjevanju najboljše ocenjen med 22 projekti s področja plina, elektrike in pametnih omrežij. Evropska komisija mu je dodelila 51% sofinanciranje upravičenih stroškov v višini 40,5 milijona Evrov. Pogodbo o sofinanciranju smo po dodatnem usklajevanju podpisali maja 2017 v Bruslju. Projekt SINCRO.GRID je tako postal prvi evropski projekt pametnih omrežij, ki ga je sofinancirala evropska komisija.

6 Sklep

Pri pripravi in implementaciji projekta SINCRO.GRID smo se naučili, da so bili ključni dejavniki uspeha prve faze projekta do zagotovitve sofinanciranja iz evropskega sklada CEF: vzpostavitev korektnega partnerskega odnosa v timu, razumevanje evropske

miselnosti ter oblikovanje konsistentne zgodbe, ki rešitve za tehnične izzive prihodnosti poveže s pričakovanji deležnikov.

Literatura in viri

1. Cost Benefit Analysis of SINCRO.GRID Project. (2016). EIMV.
2. Internal Cooperation Agreement SINCRO.GRID. (2017). ELES, HOPS, SODO, HEP-ODS.
3. SINCRO.GRID A Project of Common Interest Business Plan. (2016). ELES, HOPS, SODO, HEP-ODS.
4. SINCRO.GRID Project Storyline. (2016). ELES, HOPS, SODO, HEP-ODS.

DOLGOROČNA VIZIJA RAZVOJA PAMETNIH OMREŽIJ IN VLOGA PRENOSNEGA OPERATERJA

Gregor Omahen

ELES d.o.o.

E-pošta: gregor.omahen@eles.si

POVZETEK

Trajnostni razvoj je ključnega pomena za vzdržno delovanje družbe, prinaša pa številne spremembe v elektroenergetiko, in znotraj tega elektroenergetskega omrežja, ki je temeljni gradnik sodobnih civilizacij. Premik proizvodnje od virov na fosilna goriva k obnovljivim virom, elektrifikacija ogrevanja in transporta ter trgovanje z električno energijo narekujejo bistvene spremembe v načrtovanju in obratovanju elektroenergetskega sistema. Na drugi strani smo priča velikemu tehnološkemu napredku na strani tehnoloških rešitev, ki omogočajo uvedbo novih konceptov načrtovanja in obratovanja. Merjenje, shranjevanje in obdelovanje velikih količin podatkov, vzpostavljanje hitrih komunikacijskih povezav do velikega števila elementov v sistemu, shranjevanje električne energije, aktivni odjemalci in napredna orodja za obratovanje, vodenje in načrtovanje so samo nekateri od novih elementov, ki jih je že danes možno vključiti v jedrne procese delovanja sistem. Pametna omrežja, kot s skupnim pojmom označujemo večino novosti v sistemu, so integralni gradnik, ki lahko tudi ob spremenjenih razmerah še naprej omogočajo vsaj enako kakovostno oskrbo z električno energijo. Pri tem je pomemben tudi interdisciplinaren pristop, ki vključuje tehnična, ekonomska, poslovna, regulatorna in sociološka znanja. V članku bomo predstavili vizijo razvoja elektroenergetskega sistema, vlogo pametnih omrežij v njem in ukrepe, ki jih sprejema slovenski operater prenosnega sistema ELES.

Ključne besede: pametna omrežja, elektroenergetski sistem, shranjevanje električne energije, aktivni odjemalci, poslovni modeli, regulativa

1 Uvod

Trajnostni razvoj je ključnega pomena za vzdržno delovanje družbe, prinaša pa številne spremembe v elektroenergetiko, in znotraj tega elektroenergetskega omrežja. Premik proizvodnje k obnovljivim virom, elektrifikacija ogrevanja in transporta ter trgovanje z električno energijo narekujejo bistvene spremembe v načrtovanju in obratovanju elektroenergetskega sistema. Na drugi strani smo priča velikemu tehnološkemu napredku na strani tehnoloških rešitev, ki omogočajo uvedbo novih konceptov načrtovanja in obratovanja. Merjenje, shranjevanje in obdelovanje velikih količin podatkov, vzpostavljanje hitrih komunikacijskih povezav do velikega števila elementov v sistemu, shranjevanje električne energije, aktivni odjemalci in napredna orodja za obratovanje, vodenje in načrtovanje so samo nekateri od novih elementov, ki jih je že danes možno vključiti v jedrne procese delovanja sistem. Pametna omrežja, kot s skupnim pojmom označujemo večino novosti v sistemu, so integralni gradnik, ki lahko tudi ob spremenjenih razmerah še naprej omogočajo vsaj enako kakovostno oskrbo z električno energijo.

Za vzpostavitev učinkovitega koncepta pametnih omrežij je potrebno usklajeno delovanje na tehnološkem, regulatornem, ekonomskem in sociološkem področju. Razvoju tržno zanimivih tehnologij, mora iti v korak regulacija sistema z jasno opredelitvijo vlog udeležencev. Razvijale se bodo inovativne storitve, ki pa morajo imeti ustrezno podporo prek komunikacij z javnostjo. Odjemalce bo potrebno boljše ozaveščati. Če se bo katerikoli od navedenih področij zanemarilo, bo koncept pametnih omrežij neuspešen (Papič et al, 2012).

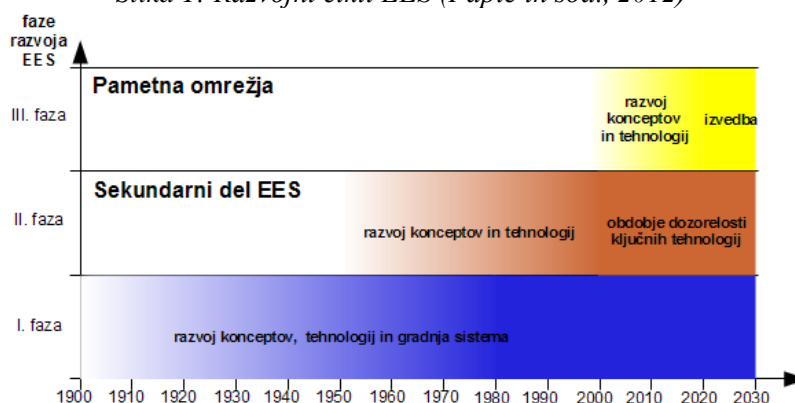
Energetska politika Evropske Unije temelji na trajnostni in konkurenčni oskrbi z električno energijo, v kateri so po tako imenovanem zimskem paketu aktivni odjemalci postavljeni v središče. Pametna omrežja so ena od ključnih področij za doseganje zastavljenih ciljev. V okviru tega želi Evropska Unija biti postati vodilni globalni igralec na področju tehnologij, ki bodo omogočile izvedbo zastavljenih ciljev (European Commission, 2016).

2 Dolgoročna vizija razvoja pametnih omrežij

Čeprav so mnenja glede začetka uvajanja pametnih omrežij različna lahko rečemo, da se je v Sloveniji strukturiran in celovit razvoj pametnih omrežij začel skozi povezovalne aktivnosti Tehnološke Platforme za pametna omrežja, ki se je začel z izdelavo Vizije razvoja pametnih omrežij (Kosmač in sod., 2010), čemur je sledila izdelava temeljnega dokumenta Načrta razvoja pametnih omrežij (Papič in sod., 2012).

Pametna omrežja so po (Papič in sod., 2012) definirana kot elektroenergetsko omrežje, ki lahko stroškovno učinkovito vključuje vse proizvodne vire, odjemalce in tiste, ki so oboje, s ciljem ekonomsko učinkovitega, trajnostnega sistema z nizkimi izgubami ter visokim nivojem zanesljivosti, kakovosti in varnosti dobave električne energije.

Slika 1: Razvojni cikli EES (Papič in sod., 2012)

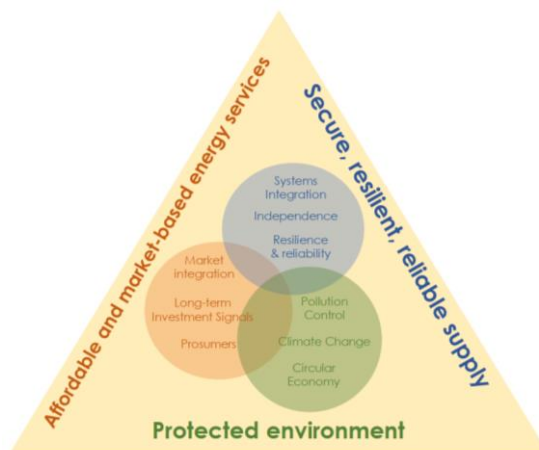


Pametna omrežja predstavljajo tretji veliki investicijski cikel izgradnje elektroenergetskega sistema kot je prikazano na sliki 1. Prvi je obsegal izgradnjo primarnega elektroenergetskega sistema in je trajal od prve elektrifikacije do osemdesetih let prejšnjega stoletja. Drugi del je potekal v obdobju do leta 2000 in je obsegal avtomatizacijo omrežja. Rezultat prvih dveh investicijskih ciklov je kakovostna in stroškovno učinkovita oskrba odjemalcev z električno energijo. Temelj uspešne izvedbe prvih dveh ciklov je bila jasna postavitev koncepta izgradnje in razvoja (Papič et al, 2012).

Od leta 2012 se je seveda nadaljeval tehnološki razvoj tako na področju elektroenergetskega sistema kot tudi tehnoloških rešitev. Tako koncept pametnih omrežij v najnovejših dokumentih, kot je Vizija 2050 (2018) Evropske Tehnološke in Inovacijske Platforme na področju Evropske Unije obsega še bistveno širši pogled in obsežnejši nabor tehnologij.

Cilji Vizije 2050 so zaščita okolja (protected environment), dostopne in tržne energetske storitve (affordable and market based energy services) ter varna, vzdržna in zanesljiva oskrba z energijo kot je prikazano na sliki 2.

Slika 2: Cilji Vizije 2050 (Vision 2050, 2018)

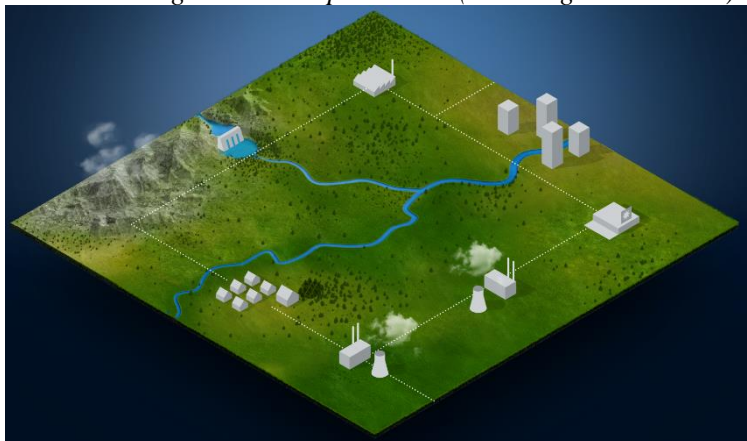


Cilji bodo po tej viziji dosegljivi s poudarkom na zniževanju emisij toplogrednih plinov, obvladovanju celotnega cikla oskrbe z energijo (od proizvodnje do porabe), opustitvi uporabe premoga in minimiziranju uporabe nafte. Pri tem je ključnega pomena povezovanje med električnim, plinskim, toplovodnim ter podatkovnim omrežjem. Električno omrežje je skupaj z različnimi oblikami hranjenja energije in njene konverzije v središču celotne strategije.

Že tako visok nivo kompleksnosti elektroenergetskega sistema, ki je eden najkompleksnejših človeških sistemov, se s celovitim povezovanjem z drugimi omrežji še poveča. Če je tradicionalen energetski sestavljala proizvodnja (elektrarne), poraba (odjemalci) in omrežje, ki je elektriko prenašalo od elektrarn do odjemalcev, so sheme razvojne Vizije že povsem nepregledne, kar se kaže na slikah 3 in 4.

Snovalci Vizije in tudi generalne politike Evropske Unije se zavedajo, da tovrsten prehod kratkoročno gotovo ne bo poceni. Poleg naštetih temeljnih ciljev je potrebno upoštevati še makroekonomske gospodarske vidike. Prehod na čim večjo oskrbo z energijo iz obnovljivih virov pomeni zmanjšanje energetske odvisnosti Evropske Unije, ki ima zelo malo lastnih fosilnih virov energije. Hkrati vsi dokumenti poudarjajo, da je ključnega pomena razvoj tehnologij in pozicioniranje Evropske Unije kot vodilne ponudnice tako imenovanih čistih rešitev.

Slika 3: Energetski sistem preteklosti (interna gradiva ELES)



Slika 4: Energetski sistem prihodnosti (Vision 2050, 2018)



3 Vloga sistemskega operaterja prenosnega omrežja

Ustrezno se moramo tudi v Sloveniji zavedati, da bo zgolj sledenje evropskim okoljskim politikam najmanj kratkoročno za državo pomenilo le višje stroške oskrbe z energijo ali, kar se dogaja danes, neizvajanje evropskih zavez, ker se ne vidi koristi v tovrstnem razvoju. V kolikor pa bomo pogumni, učinkoviti in smotrno usmerjeni, pa lahko tovrstna usmeritev pomeni tudi hkratni gospodarski razvoj, ki odtehta višje stroške oskrbe. Že v Programu razvoja pametnih omrežij (2012) smo sodelovanje med elektroenergetskim sistemom in industrijo postavljali v ospredje, to osnovno filozofijo pa povzemamo in nadgrajujemo tudi v Elesu.

Slovenski operater prenosnega elektroenergetskega omrežja je vpet v vseevropsko sinhronizirano prenosno omrežje, ki je eden največjih in najkompleksnejših človeških sistemov. Evropski operaterji prenosnega omrežja se združujejo v združenju ENTSO-E, kjer ELES sodeluje v skoraj 100 delovnih telesih.

ELES elemente pametnih omrežij že leta vpeljuje v svoje jedrne procese. Tako denimo že skoraj deset let del potreb po terciarni rezervi pridobivamo s strani prilagodljivega odjema, torej od aktivnih odjemalcev, ki za potrebe delovanja sistema in proti plačilu prilagajajo svoj odjem.

V zadnjih petih letih smo se v podjetju odločili, da želimo biti aktivni soustvarjalci razvoja v evropskem prostoru, ne le spremljevalci razvoja drugih ali ponudniki testnega okolja. Rezultat aktivnosti je bil, da je ELES postal koordinator velikega razvojnega projekta v sklopu programa Obzorje 2020 FutureFlow in pomemben deležnik drugih vseevropskih razvojnih projektov programa Obzorje 2020, če naštejemo le nekatere MIGRATE, OSMOSE, TDX Assist, Defender,....

Ob tem smo skupaj z mednarodnimi partnerji pričeli tudi z dvema naprednima investicijskima projektoma NEDO in SINCRO.GRID, ki sta že v izvajanju. Aktivnosti so ustvarile potrebo, da se razvoj začne izvajati sistematično, zato se je v podjetju oblikovalo Področje za strateške inovacije.

3.1 FutureFlow

FutureFlow je štiriletni mednarodni raziskovalni projekt, v katerem sodeluje 12 partnerjev iz osmih evropskih držav, med njimi so štirje sistemski operaterji, raziskovalne ustanove, tehnološke družbe in dva trgovca z električno energijo. Vsa podjetja so vodilna na svojem področju glede tehnologij in storitev, ki jih ponujajo odjemalcem. Projekt je vreden 13 milijonov evrov in se financira iz evropskega programa Obzorje 2020. Družba ELES je koordinator projekta.

Projekt FutureFlow bo razširil področje delovanja tako imenovane sekundarne regulacije frekvence iz proizvodnje tudi na odjem in omogočil mednarodno izvajanje take dejavnosti. Partnerji projekta FutureFlow zato raziskujejo nove rešitve za izravnano elektroenergetskega sistema in upravljanje pretokov v evropskem elektroenergetskem omrežju. Če denimo v Sloveniji nastopi nepredvidena razlika med kumulativno proizvodnjo in kumulativnim odjemom, bomo s pomočjo projekta FutureFlow omogočili, da to težavo odpravijo napredni odjemalci iz Slovenije ali katere koli druge države, denimo Madžarske ali Romunije. Napredni odjemalci, ki jih nagovarja projekt FutureFlow, bodo sposobni v nekaj sekundah povečati ali zmanjšati odjem in s tem izvajati funkcije, ki jih danes v veliki meri izvajajo tradicionalne hidro- ali termoelektrarne na fosilna goriva.

3.2 Projekt NEDO

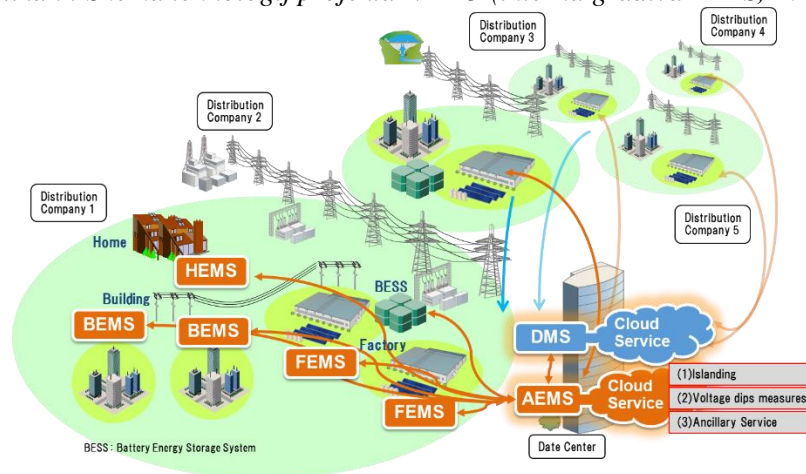
NEDO je triletni projekt pametnih omrežij, v katerem so osnovni partnerji NEDO in njegov pooblaščen izvajalec Hitachi ter družba ELES. Poleg družbe ELES je na slovenski strani v projekt vključenih veliko število deležnikov, zato ga upravičeno imenujemo nacionalni projekt, zaradi česar je to tudi edinstven tovrsten projekt v Evropi. Sorodni projekti po Evropi so osredotočeni na ožje področje ali skupnosti, v našem primeru pa lahko z integriranimi in centralno vodenimi rešitvami v oblaku dejansko govorimo o uvajanju pametnega omrežja na ravni države.

Družba ELES projekt vodi in koordinira, aktivnosti pa se bodo izvajale na infrastrukturi vseh lastnikov elektroenergetskega omrežja (poleg družbe ELES je to še pet elektrodistribucijskih podjetij) v Sloveniji in predvidoma dveh mestnih skupnosti. NEDO prispeva sodobno opremo japonskih in slovenskih ponudnikov rešitev, družba ELES pa financira razvoj naprednih funkcionalnosti, ki bodo skupaj z opremo tvorile napredno infrastrukturo pametnih omrežij.

Koristi projekta z vidika elektroenergetskega sistema so v uporabi naprednih rešitev, ki izzive sodobnega elektroenergetskega sistema v luči trajnostnega razvoja rešujejo z okolju prijaznimi rešitvami. Namesto vlaganj v širitev omrežja se bo z uporabo sodobne sekundarne opreme, informacijsko-komunikacijskih tehnologij in rešitev v oblaku bolje izkoristilo obstoječe omrežje. Del sistemskih storitev družbe ELES, ki jih sicer zagotavljajo predvsem premogovne in plinske elektrarne, se bo zagotovil iz sistemskih hranilnikov električne energije. Odjemalci bodo dobili višjo kakovost dobave električne energije ter možnost aktivnega delovanja na trgih z električno energijo in sistemskimi storitvami. Z ozaveščanjem odjemalcev in uporabo naprednih sistemov upravljanja električne energije se bo prizadevalo za učinkovito rabo električne energije.

Rezultat projekta bo napredna infrastruktura, kot je prikazano na sliki 5, ki bo družbi ELES pomagala izpolnjevati zakonsko zahtevane obveze ter izboljšati kakovost storitev za odjemalce električne energije z uporabo trajnostnih in okolju prijaznih rešitev.

Slika 5: Shema tehnologij projekta NEDO (interna gradiva ELES, 2018)



3.3 Področje za strateške inovacije

Področje za strateške inovacije je bilo ustanovljeno z namenom koordiniranja in vodenja projektov, ki se ukvarjajo z inovativnimi vsebinami. V ospredje postavljamo predvsem inovativnost, ki jo uveljavljamo na vseh nivojih delovanja sodobnega elektroenergetskega omrežja, ki ne obsega le tehnoloških rešitev temveč tudi napredne poslovne modele, sociološke pristope tako na ravni komunikacije z eksperti kot na drugi strani z odjemalci in napredne regulatorne rešitve.

Vlogo prenosnega operaterja v sodobnem elektroenergetskem sistemu razumemo kot aktivnega izvajalca inovativnih rešitev, kar pomeni da te rešitve snujemo, razvijamo in uvajamo v svoje jedrne procese. Kot končni uporabnik v zelo specifični panogi imamo znanje, katere inovativne rešitve nam koristijo. Ker seveda v sistemu nismo sami, je ključnega pomena povezovanje in sodelovanje z vsemi drugimi akterji. Kot družbeno odgovorno podjetje pa veliko sodelujemo tudi s slovensko industrijo, ki ji v čim večji meri omogočamo sodelovanje pri razvoju inovativnih rešitev ter jih poskušamo usmerjati.

4 Sklep

Politika trajnostnega razvoja prinaša velike spremembe v delovanje elektroenergetskega sistema, ki jih s klasičnimi pristopi ni možno reševati ali pa je tovrsten način predrag. Zato je za sistemkega operaterja ključen premik v rešitve tako imenovanih pametnih omrežij.

Trendi razvoja oskrbe z električno energijo v središče postavljajo elektroenergetski sistem z velikimi zmoglostmi hranjenja ali pretvorbe električne energije v druge oblike ter povezovanje električnih, plinskih, toplotnih in podatkovnih omrežij.

Sočasno z razvojem elektroenergetskega sistema je ključen tudi razvoj gospodarstva, ki je zmogljivo zagotoviti potrebne rešitve, ki so konkurenčne na globalnih trgih.

Vlogo prenosnega operaterja v sodobnem elektroenergetskem sistemu razumemo kot aktivnega izvajalca inovativnih rešitev, kar pomeni da te rešitve pomagamo snovati, razvijati in uvajamo v svoje jedrne procese. Ob tem je ključno povezovanje in sodelovanje z vsemi drugimi akterji.

Literatura in viri

1. Papič et al. (2012). Program razvoja pametnih omrežij v Sloveniji. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Elektroinštitut Milan Vidmar.
2. European Commission. (2016). Achieving global leadership in renewable energies. Najdeno 15. oktobra 2018 na spletnem naslovu http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-16-3987_en.htm
3. Kosmač et al (2010). Vizija razvoja koncepta smartgrids v Sloveniji. Ljubljana: Elektroinštitut Milan Vidmar.
4. Bacher R., Periano E., Nigris de M. (2018). Vision 2050. ETIP SNET
5. Pregled projekta SINCRO.GRID. Najdeno 15. oktobra 2018 na spletnem naslovu <https://www.eles.si/projekt-sincro-grid/cilji-in-pozitivni-ucinki-projekta#Fullscreen>
6. Interna gradiva ELES. 2018

UVEDBA SODOBNEGA MODELA UPRAVLJANJA S SREDSTVI V DRUŽBI ELES ZA POVEČANJE PREGLEDNOSTI IN UČINKOVITOSTI

Saša Jamšek

ELES, d.o.o.

E-pošta: sasa.jamsek@eles.si

POVZETEK

Družba ELES je s strateškimi cilji zavezana k uvajanju učinkovitega upravljanja s sredstvi. Preglednost procesa in ustrezna naravnost aktivnosti sta ključni za povečanje učinkovitosti. Uvedba modificiranega mednarodno priznanega modela upravljanja s sredstvi v družbo zagotavlja pregledno delovanje v poslovnem okviru ter prilagojenost panogi. Predstavljeni so izzivi uvajanja sodobnega modela upravljanja s sredstvi v družbo ELES in sam model. Proces upravljanja s sredstvi je v družbi zasnovan tako, da je skladen z organizacijo in modelom. Predstavljeni so osnovni sklopi modela, ki omogočajo usklajeno delovanje celote. Model je sestavljen iz šestih vsebinskih sklopov: organiziranost družbe in zaposleni, strategija in načrtovanje, informacije o sredstvih, odločanje pri upravljanju s sredstvi, izvajanje aktivnosti v življenjski dobi ter tveganja in pregledi. Namen modela je tudi, da seznanijo deležnike s pristopom, ki ga družba izvaja pri upravljanju s tako pomembnimi sredstvi, kot so sredstva v prenosni infrastrukturi slovenskega elektroenergetskega sistema. Ker sama preglednost ni dovolj, so predstavljene tudi mednarodne primerjave, ki jih družba izvaja za preverjanje ustreznosti procesa in učinkovitosti. Na primeru investicij je prikazan način zagotavljanja ustrezne naravnosti aktivnosti družbe k doseganju strateških ciljev ob upoštevanju poslovnega okvira in tveganj. Končni cilj sistema je obvladovanje življenjskega cikla sredstev na osnovi kakovostnih informacij, kar je zastavljeno v sklopu dveh strategij: strategije informacijske podpore upravljanju s sredstvi in strategije upravljanja s sredstvi v življenjski dobi.

Ključne besede: upravljanje s sredstvi, model, naravnost, strategija

1 Uvod

Preglednost je pomembna prvina upravljanja s sredstvi v gospodarskih družbah, saj omogoča deležnikom vpogled v ta sistem. V družbi ELES smo aktivno vključeni v oblikovanje in uvajanje učinkovitega upravljanja s sredstvi v prenosnih podjetjih že od začetkov mednarodnih aktivnosti, ko se je v sklopu mednarodne organizacije za velika elektroenergetska omrežja (CIGRE) pričel oblikovati koncept upravljanja s sredstvi v prenosnih podjetjih. V zadnjem letu se razen uvajanja učinkovitega upravljanja s sredstvi, ki je zaveza iz strateških ciljev družbe, posvečamo tudi povečevanju preglednosti procesa in ustrezne naravnosti aktivnosti, saj je to ključno za povečanje učinkovitosti.

2 Izzivi uvedbe modela upravljanja s sredstvi

Uvedba mednarodno priznanega modela upravljanja s sredstvi v družbo zagotavlja pregledno delovanje v poslovnem okviru ter prilagojenost panogi. V družbi ELES smo se odločili za uvedbo principov standarda ISO 55001 in ne za certificiranje po tem standardu. Principe dobrega upravljanja s sredstvi smo kot proces vključili v obstoječi sistem kakovosti že leta 2014 in sistem postopno dograjevali. Sam standard je precej suhoparno in neživljenjsko napisan zato smo se naslonili na priporočila inštituta za upravljanje s sredstvi, ki je principe standarda zajel in zelo transparentno predstavil v modelu upravljanja s sredstvi. Proces upravljanja s sredstvi smo v družbi ELES zasnovan tako, da je skladen z organizacijo in mednarodnim modelom. Poenostavljen proces prikazuje Slika 1.

Slika 1: Poenostavljeni prikaz procesa upravljanja s sredstvi v družbi ELES



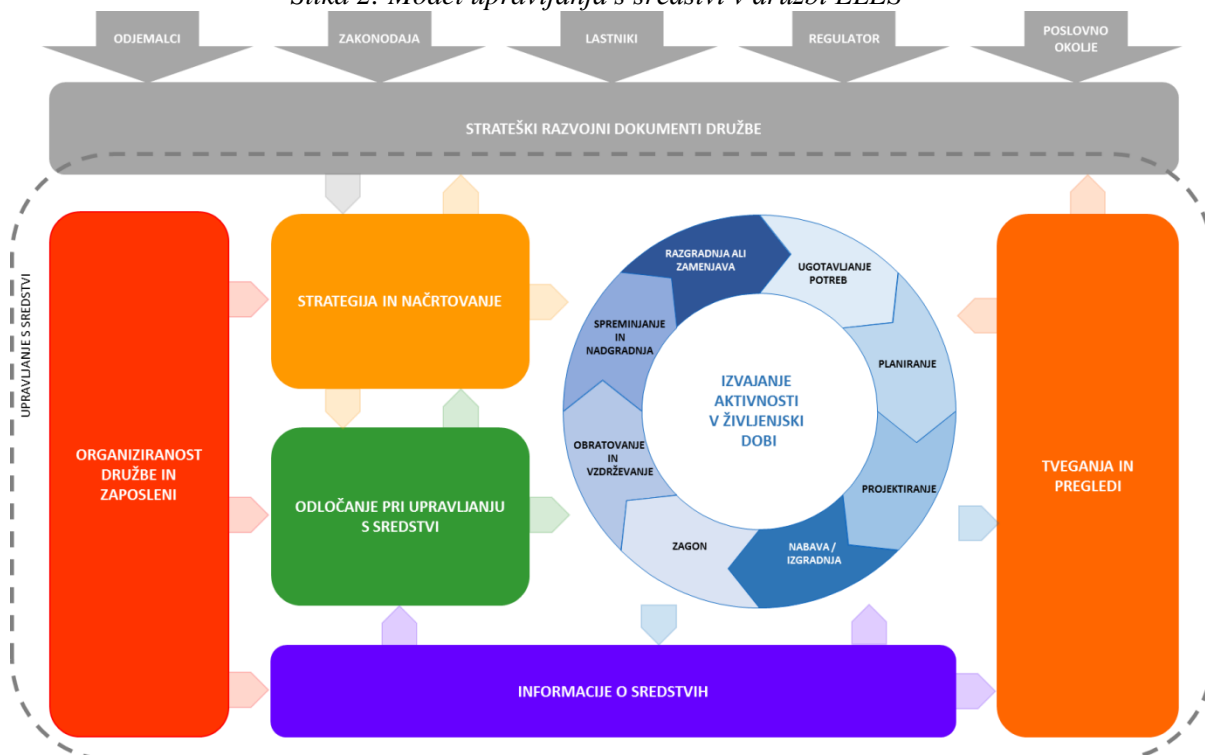
Vir: (Obvladovanje upravljanja s sredstvi, 2017).

Iz procesa je razvidno, da se odločanje pri upravljanju s sredstvi, ki vpliva na izvajanje aktivnosti v življenjski dobi, izvaja na osnovi ustreznih informacij. Osnovni okvir delovanja sistema predstavljajo strateški razvojni dokumenti družbe, organiziranost družbe ter strategije in načrti. Upravljanje s tveganji in izvajanje pregledov sta aktivnosti, ki se izvajata paralelno in skrbita za obvladljivost sistema. Ta proces je sestavni del procesov sistema kakovosti v družbi.

Dokument Model upravljanja s sredstvi podrobneje predstavlja modificirani model z obrazložitvijo šestih osnovnih sklopov, ki omogočajo usklajeno delovanje celote: organiziranost družbe in zaposleni, strategija in načrtovanje, informacije o sredstvih, odločanje pri upravljanju s sredstvi, izvajanje aktivnosti v življenjski dobi ter tveganja in pregledi (Model upravljanja s sredstvi, 2017). Model inštituta za upravljanje s sredstvi je uporaben za širok nabor različnih podjetij (Asset Management – an anatomy, version 3, 2015). Z manjšimi spremembami je prilagojen tudi uporabi v družbi ELES. Modificirani model prikazuje Slika 2.

Namen procesa in modela je, da seznanijo deležnike s pristopom, ki ga družba izvaja pri upravljanju s tako pomembnimi sredstvi, kot so sredstva v prenosni infrastrukturi slovenskega elektroenergetskega sistema. Sklop izvajanja aktivnosti v življenjski dobi je podrobneje razčlenjen kot v osnovnem modelu, ker je prilagojen prenosnemu podjetju. Za ELES je regulator eden najpomembnejših deležnikov, zato je dodan med dejavnike, ki vplivajo na oblikovanje strateških razvojnih dokumentov družbe. Pomembna dopolnitev osnovnega modela je tudi večja dvosmerna komunikacija med posameznimi sklopi.

Slika 2: Model upravljanja s sredstvi v družbi ELES



Vir: (Model upravljanja s sredstvi, 2017).

Družba ELES je že leta 2013 oblikovala posebno področje za upravljanje s sredstvi in projekti (PUSP) in s tem tudi z ustrežno organizacijo izkazala odločenost za poenotenje vseh aktivnosti upravljanja s sredstvi in njihovo usmerjenost k doseganju ciljev družbe.

Strategija in načrtovanje usmerjata vse aktivnosti upravljanja s sredstvi v doseganje strateških ciljev družbe ELES. Ta naravnost omogoča izvajanje vsakodnevnih aktivnosti tako, da pripomorejo k doseganju ciljev upravljanja s sredstvi.

PUSP je izdelal poslovno strategijo upravljanja s sredstvi in projekti, ki je usklajena s korporativno strategijo. Dopolnjujejo jo še nekateri drugi strateški dokumenti, kot na primer razvojni načrt prenosnega sistema.

Pravilne odločitve lahko sprejemamo samo na osnovi kakovostnih in ustreznih informacij. Informacijska podpora upravljanju s sredstvi je strateško obdelana v posebni strategiji, izvedbeno pa v okviru vzpostavitve novega diagnostično analitskega centra. Strategija informacijske podpore analizira obstoječe stanje, opredeljuje željeno stanje ter pot do njega (Strategija informacijske podpore upravljanju s sredstvi, 2018).

Osnovno odločitev o sredstvih v življenjski dobi predstavlja Razvojni načrt prenosnega sistema, ki vsebuje tudi analizo scenarijev. Načrt zajema nove investicije, rekonstrukcije in male investicije. Potrjen načrt določa obseg portfelja, ki je potreben za doseganje ciljev družbe in je osnova za izvajanje vseh investicij oz. projektov v družbi. Odločanje o sredstvih v življenjski dobi se zaenkrat izvaja v različnih področjih in službah podjetja. Novost je posebna strategija upravljanja s sredstvi v življenjski dobi, ki opredeljuje sredstva in pojasni pristop, ki ga uporablja družba ELES. Za vsako vrsto sredstev se izdelujejo posebne strategije, ki podrobneje določajo pristope za obvladovanje (Strategija upravljanja s sredstvi v življenjski dobi, 2018).

Sama preglednost sistema ni dovolj. Tudi presoje sistema kakovosti niso dovolj, saj ne preverjajo učinkovitosti procesa in učinkov procesa. V družbi smo se zato odločili, da proces upravljanja s sredstvi in učinkovitost primerjamo v mednarodnem okolju. Izvajano se trije nivoji mednarodnih primerjav primerjave, ki jih družba izvaja za preverjanje ustreznosti procesa in učinkovitosti. Interno izdelujemo primerjave poslovanja izbranih evropskih prenosnih podjetij. Proces upravljanja s sredstvi primerjamo v sklopu mednarodnega konzorcija podjetij, ki so pripravljena izmenjevati podatke o procesu in primerjati učinkovitost in skladnost z mednarodnimi priporočili. Dodatno preverjamo tudi učinkovitost vzdrževalnih procesov.

3 Zagotavljanje ustrezne naravnosti na primeru investicij

Aktivnosti, ki se izvajajo v družbi so učinkovite, če so usklajene s strateškimi cilji oz. pravilno naravnane. Zagotavljanja ustrezne naravnosti aktivnosti družbe k doseganju strateških ciljev ob upoštevanju poslovnega okvira in tveganj lahko najbolj nazorno prikažemo na primeru investicij.

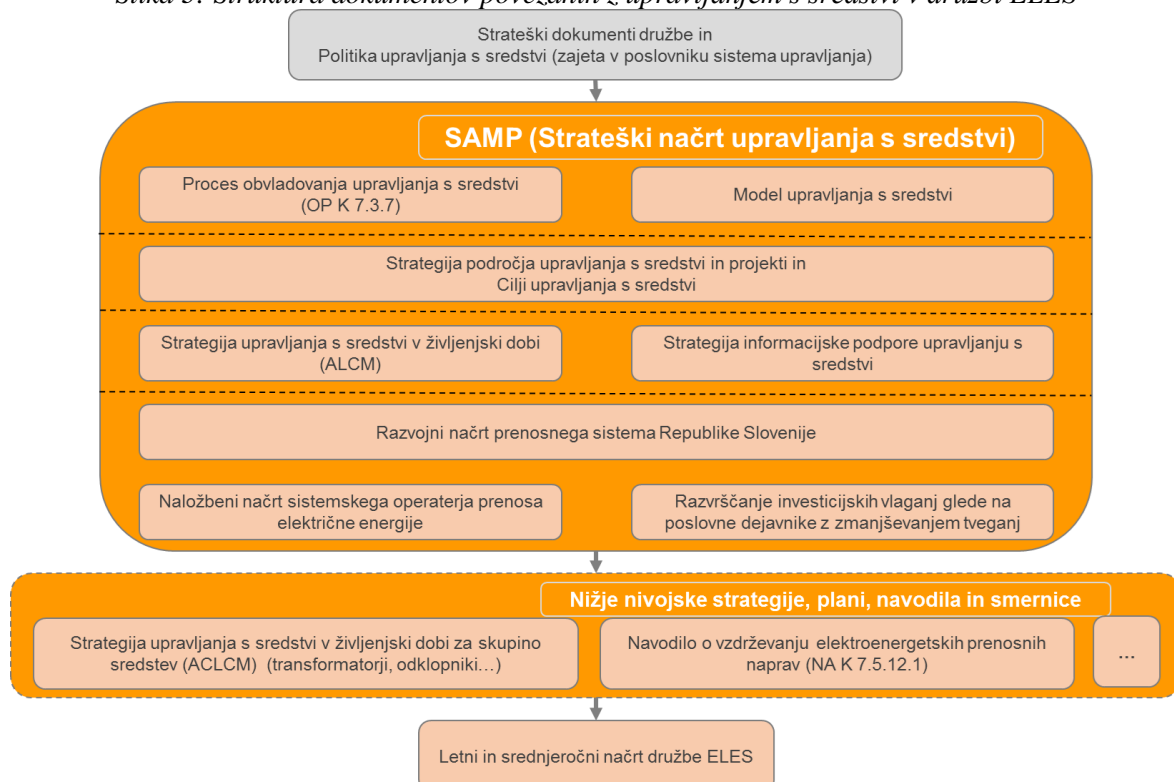
Regulator je od družbe ELES zahteval, da v sklopu izdelave naložbenega načrta izdelata tudi prioriteto listo investicij. Odločili smo se, da bomo prioritetni vrstni red izdelali tako, da bodo najvišje uvrščene obvezne investicije in investicije v teku, nato sledijo ostale investicije. Obvezne investicije so razvrščene glede na zmanjševanje točk tveganj glede na vložena sredstva. Glavna kriterija za razvrščanje investicij v teku sta velikost naložbe in stopnja realizacije. Ostale investicije so razvrščene na enak način kot obvezne. Osnovna ideja takega pristopa je, da kar najbolj znižamo tveganja s čim manj vloženimi sredstvi. Okvir ocenjevanja tveganj predstavlja sedem poslovnih dejavnikov: kakovost delovanja prenosnega sistema, finančni okvir, ugled, okoljska vzdržnost, skrb za stranke, skladnost z regulativo in varnost. Uporabili smo matriko tveganj v kateri točke tveganj naraščajo eksponentialno. Na ta način je težišče ukrepov za zmanjševanje tveganj osredotočeno na najpomembnejša tveganja. Analizo tveganj smo izvedli glede na vsak poslovni dejavnik. Ocenjevali smo tveganje z naložbo in brez naložbe (Razvrščanje investicijskih vlaganj ..., 2018).

Izdelana prioriteta lista investicij je zaradi upoštevanja okvira poslovnih dejavnikov, ki so usklajeni s strateškimi cilji družbe, omogočila pravilno naravnost izvajanja investicij družbe ELES.

4 Strategije za obvladovanje življenjskega cikla sredstev

Končni cilj sistema je obvladovanje življenjskega cikla sredstev na osnovi kakovostnih informacij. V družbi ELES smo zato združili že obstoječe strategije ter jim dodali še dve manjkajoči: strategijo informacijske podpore upravljanju s sredstvi in strategijo upravljanja s sredstvi v življenjski dobi. Skupek strategij je oblikovan tako, da je skladen z zahtevami, ki jih standard ISO 55001 predvideva za strateški načrt upravljanja s sredstvi (ISO 55001, 2015). Namenoma se nismo odločili za izdelavo novega dokumenta ampak za združevanje že obstoječih. Na ta način smo ohranili dolgoletno delo izgradnje sistema in dokumentov, ki je bilo že od vsega začetka skladno s principi standarda. Strukturo dokumentov povezanih z upravljanjem s sredstvi prikazuje Slika 3.

Slika 3: Struktura dokumentov povezanih z upravljanjem s sredstvi v družbi ELES



Vir: (Strategija upravljanja s sredstvi v življenjski dobi, 2018).

5 Sklep

V družbi ELES je postavljen model upravljanja s sredstvi na osnovi mednarodno uveljavljenega modela. Proces je skladen s standardom ISO 55001 in povezuje šest vsebinskih sklopov, ki tvorijo celovit sistem. Z uveljavitvijo modela upravljanja s sredstvi je dosežena večja preglednosti izvajanja aktivnosti v družbi ter boljši nadzor nad njimi. Zagotovljena je tudi naravnost aktivnosti v smer, ki je opredeljena s strateškimi cilji družbe.

Literatura in viri

1. Asset Management – an anatomy, version 3. (2015). The Institute of Asset Management.
2. ISO 55001. (2015). International Organization for Standardization.
3. Model upravljanja s sredstvi. (2017). ELES.
4. Obvladovanje upravljanja s sredstvi. (2017). ELES.
5. Razvrščanje investicijskih vlaganj glede na poslovne dejavnike z zmanjševanjem tveganj. (2018). ELES.
6. Strategija informacijske podpore upravljanju s sredstvi. (2018). ELES.
7. Strategija upravljanja s sredstvi v življenjski dobi. (2018). ELES.

Sekcija IV:
Obnašanje podjetij in porabnikov

ANALIZA INFRASTRUKTURE POLNILNIC ZA ELEKTRIČNE AVTOMOBILE NA LOKACIJAH HOTELOV V SLOVENIJI IN NA HRVAŠKEM

Valentin Križan

Petrol d.d.

E-pošta: valentin.krizan90@gmail.com

Matej Švigelj

Ekonomska fakulteta, Univerza v Ljubljani

E-pošta: matej.svigelj@ef.uni-lj.si

POVZETEK

V Sloveniji in na Hrvaškem so se v obdobju zadnjih nekaj let aktivnosti na področju elektromobilnosti okrepile. Na cestah je vedno več električnih avtomobilov, postavljene so bile hitre polnilne postaje na območju slovenskega avtocestnega križa in pa v območjih večje gostote prometa (npr. trgovski centri, mestne vpadnice itd.). Raste tudi število počasnih polnilnic, ki se postavljajo v središčih večjih mest tako v Sloveniji kot tudi na Hrvaškem. To je predvsem zasluga finančnih spodbud države ter črpanja evropskih sredstev za namen postavitve polnilnih postaj za električna vozila. Napredek je bil dosežen tudi pri razvoju tehnologij in poenotenju standardov v industriji. To omogoča hitrejši razvoj polnilne infrastrukture in boljše uporabniško izkušnjo za končne uporabnike. Ker so hoteli naravna končna destinacija za turiste, je za razvoj elektromobilnosti ključno, da se tudi tam postavijo polnilne postaje. Kljub temu, da se lastniki hotelov že zavedajo, da bo potrebno postaviti polnilnice za njihove goste, še vedno obstaja prevladujoče mnenje, da na cestah še ni dovolj električnih avtomobilov ter da je investicija v polnilnico za električne avtomobile še vedno previsoka in zato finančno neupravičena. V večini primerov se za ta namen poskušajo izkoristiti državne subvencije ali pa postavijo polnilnico skupaj v partnerstvu z večjim podjetjem ali z občino.

Ključne besede: elektromobilnost, polnilna infrastruktura, hoteli, električni avtomobili

1 Uvod

V Evropi in po svetu elektromobilnost postaja vse pomembnejša. Mnogi vidijo v električnih vozilih (v nadaljevanju EV) eno izmed rešitev in odgovor na podnebne spremembe, ki postajajo vse pomembnejša tema tako v političnih in strokovnih krogih kot tudi v laični javnosti. Na hitrost razvoja elektromobilnosti poleg drugih dejavnikov močno vpliva tudi razvoj polnilne infrastrukture za EV. Z razvojem tega področja so se pojavile tudi nove poslovne priložnosti (Javna agencija RS za energijo, 2012).

S povečevanjem števila električnih vozil na cestah in daljšimi dometi le-teh se vse bolj pogosto pojavlja potreba po polnjenju na destinacijah (Ramer, 2013). Ko govorimo o končnih kupcih rešitev na področju polnilne infrastrukture, lahko le te v grobem ločimo na dva dela. Polnilna infrastruktura podjetjem bodisi predstavlja dodatno priložnost in

dodaten vir prihodka, ali pa z delovanjem na tem področju obogatijo svojo obstoječo ponudbo in polnilnice uporabijo v marketinške namene (Nigro, 2015). Nekateri hotelske verige, kot npr. Marriott (2016) so že prepoznale prednosti in priložnosti, ki pridejo s postavitvijo takšnih polnilnic. Priložnost za servisiranje tega trga so prepoznali tudi ponudniki storitev polnjenja. Pri tem uporabljajo različne pristope. Nekatera podjetja ponujajo hotelom in ponudnikom turističnih storitev nakup infrastrukture in storitve upravljanja električnih polnilnic (Sema Connect, 2016; Etrell, 2016). Spet druga podjetja pa so v polnilnicah na destinacijah prepoznale drugačne poslovne priložnosti. Namen članka je preučiti priložnosti in trenutno stanje infrastrukture polnilnih postaj na končnih destinacijah v primeru hotelske industrije. Osnova za raziskavo je anketa, ki je bila izvedena septembra 2016 med hoteli v Sloveniji in na Hrvaškem.

2 Polnilna infrastruktura in poslovni modeli

Infrastruktura električnih polnilnic v Sloveniji se hitro izboljšuje (Ponudniki storitev polnjenja v Sloveniji, 2016), kar omogoča v veliki meri neovirano in udobno potovanje v električnih vozilih. Ministrstvo za infrastrukturo je junija 2018 sprejelo tudi Akcijski program za spodbujanje uporabe električne energije v prometu 2018-2020 kjer so natančno opredeljeni konkretni ukrepi za spodbujanje elektromobilnosti v Sloveniji (Ministrstvo za infrastrukturo, 2018). Električne polnilne postaje (v nadaljevanju polnilne postaje) lahko ločimo glede na način uporabe, in sicer na zasebne (domače/hišne), polzasebne in javne. Polnilno postajo lahko priključimo neposredno na javno omrežje ali pa preko notranjega omrežja odjemalca kot zunanji priključek. Med zasebne polnilne postaje štejemo tiste, ki so priključene na obstoječo notranje omrežje odjemalca in niso javno dostopne. Polnjenje lahko poteka preko običajne vtičnice ali pa preko posebne vtičnice, za kar je potrebno vgraditi posebno polnilno omarico oziroma polnilno postajo. Polzasebne polnilne postaje omogočajo javno dostopnost, a samo omejenemu krogu uporabnikov. Za te namene se navadno uporablja identifikacija. Takšne polnilne postaje so npr. postavljene na parkiriščih za zaposlene in obiskovalce določenega podjetja ter na parkiriščih stanovalcev. Javne pa so tiste, ki so na voljo vsem zainteresiranim uporabnikom.

Podjetja, ki vstopajo na področje postavitve polnilnih postaj, imajo različne cilje. Postavitev polnilne infrastrukture je za nekatere akterje del širšega poslovnega modela in pri tem večji del prihodkov prihaja iz drugih dejavnosti, povezanih s postavitvijo polnilnic. To se na primer dogaja v avtomobilski industriji, saj avtomobilska podjetja z namenom spodbujanja prodaje EV postavljajo in sofinancirajo izgradnjo polnilne infrastrukture. Prihodki povezani s polnjenjem so v takšnem primeru sekundarnega pomena. Primer takšnega podjetja je Tesla Motors, ki s svojim programom polnilnic na destinacijah poskuša kupcem svojih električnih vozil zmanjšati strah pred dosegom le-teh in jim omogočiti brezskrbno potovanje (Teslarati, 2016). Po drugi strani pa se nekatera manjša podjetja, katerim osnovna dejavnost je prodaja in zagotavljanje storitve polnjenja, popolnoma zanašajo na prihodke povezane s prodajo polnilnic in polnjenjem na polnilni infrastrukturi (Bohnsack, Pinkse & Kolk, 2014).

Poslovni modeli za postavljanje infrastrukture polnilnic za električna vozila se razlikujejo glede na to, kdo jih postavlja oziroma kakšen je način dostopa za uporabnike. Pri zasebnem polnjenju je poslovni model odvisen od proizvajalca EV, dobavitelja energije ali od operaterja distribucijskega omrežja, če le-ta domačo polnilno postajo upravlja na daljavo. Pri polzasebnem in javnem polnjenju pa so odnosi urejeni z medsebojnimi pogodbami in

dogovori med upravljalci polnilne infrastrukture in uporabniki (Javna agencija RS za energijo, 2012). Razvoj ustreznega poslovnega modela za postavitev javno dostopnih polnilnic za električne avtomobile podjetjem še vedno predstavlja izziv zato podjetja, ki delujejo na področju elektromobilnosti pogosto prevzemajo več vlog (Madina, 2016). Visoke začetne investicije ter nizko in nezanesljivo kratkoročno povpraševanje po uporabi polnilnic pomeni, da je zelo težko oceniti donosnost investicije. Zaradi teh razlogov so poslovni modeli za polnilne postaje, ki se zanašajo samo na direktne prihodke iz polnjenja EV, trenutno finančno še neprivlačni in predstavljajo visoko tveganje. To je tudi razlog, da imajo ključno vlogo pri širjenju infrastrukture polnilnic državne in lokalne uprave, ki lahko z različnimi ukrepi spodbudijo razvijanje infrastrukture električnih polnilnic. Na podlagi nekaterih raziskav brez pomoči države pod trenutnimi tržnimi pogoji poslovni modeli postavitve infrastrukture niso finančno vzdržni v primeru, da investitorji zahtevajo povračilo investicije v petih letih ali manj in ko se zanašajo samo na prihodke iz prodaje električne energije. Le v redkih primerih se investicija v polnilno infrastrukturo zgodi brez črpanja namenskih sredstev lokalne uprave, države ali Evropske unije (Nigro, 2015).

3 Polnilna infrastruktura v turističnem sektorju

Ideja o postavitvi polnilnic za EV postaja v turističnem sektorju vse bolj privlačna saj nekateri vidijo v tem priložnost za obogatitev svoje ponudbe. Ker se pričakuje porast števila gostov iz sosednjih držav (Avstrija, Nemčija, Italija) (Škerbinc, 2015), ki bodo prišli z EV, postaja ideja o postavitvi polnilnic še pomembnejša. Ponudniki prenočitvenih storitev bodo namreč morali ponujati svojim gostom tudi možnost polnjenja električnih vozil v kolikor jih želijo zadržati kot goste tudi v prihodnosti (The Mobility House, 2016).

Lastniki prenočitvenih lokacij si zaradi te ugodnosti za goste obetajo povečane prihodke z več različnih naslovov. Prihodke si lahko povečajo zaradi povečanja števila nočitev in ker na tak način krepijo svojo blagovno znamko. Lahko pa tudi zaračunavajo polnjenje ali oddajajo lokacijo, kjer nekdo drug postavi polnilno postajo. Kot potencialne lokacije za postavitev polnilnic v turističnem sektorju lahko štejemo vse hotele, hostle, kampe, turistične kmetije idr., ki imajo že sedaj v svoji ponudbi parkirne prostore za avtomobile. Polnilnica lahko služi kot marketinška poteza z namenom privabljanj gostov z EV in ostalih gostov, ki cenijo »eko« prizadevanja hotela. »Eko iniciativa« lahko služi tudi kot pomembna diferenciacija hotela (Ramer, 2013).

4 Električne polnilnice na lokacijah hotelov v Sloveniji in na Hrvaškem

Analiza infrastrukture polnilnic v hotelih na območju Slovenije in Hrvaške Istre je bila izvedena jeseni 2016. Anketa je bila poslana 150 hotelom. Na sodelovanje v raziskavi je pristalo 88 hotelov (66 slovenskih in 22 hrvaških hotelov). Rezultati ankete so prikazani v tabeli 1. Na podlagi ankete je možno zaznati, da se hotelski upravitelji vse bolj zavedajo pomembnosti postavitve polnilnice za EV. Velik del tistih, ki že imajo postavljeno polnilnico meni, da jih to za njih predstavlja konkurenčno prednost. V večini primerov se je postavitev polnilnice zgodila, ker je vodstvo hotelov prepoznalo smiselnost takšne naložbe in ker se je pojavila priložnost partnerstva z zunanjim investitorjem (npr. občine ali večjega podjetja). Po mnenju anketirancev je največja ovira pri postavitvi polnilnic v prevelikih začetnih investicijah in ker so mnenja, da je na še vedno premalo električnih vozil, da bi bila investicij smiselna z vidika vpliva na poslovanje.

Tabela 1: Povzetek rezultatov ankete

Splošno	
Delež hotelov, ki so že imeli gosta z EV.	34%
Delež hotelov, ki imajo postavljeno el. polnilnico ali kako drugače omogočajo svojim gostom polnjenje EV.	18%
Delež hotelov, ki so že dobili vprašanje gosta če lahko napolnijo svoj električni avtomobil.	16%
Delež hotelov, ki menijo, da bi bila postavitve el. polnilnice pozitivna pridobitev za njihov hotel (odg. »DA« in »Zagotovo DA«).	19%
Delež hotelov, ki so mnenja da so že izgubili kakšnega gosta zaradi dejstva ker nimajo postavljene el. polnilnice (odg. »DA« in »Zagotovo DA«).	4%
Glavni razlogi, da hoteli še nimajo postavljene el. polnilnice (»Velja« in »Povsem velja«)	
Premajhno število gostov	86%
Prevelika investicija	40%
O tem sploh še niso razmišljali	61%
Nimajo primerne prostora	16%
Hoteli, ki že imajo postavljeno polnilnico.	
Delež hotelov, ki imajo postavljeno Teslino polnilnico	16%
Delež hotelov, ki imajo polnilnico namenjeno samo za svoje goste	26%
Delež hotelov, ki imajo polnilnico namenjeno širši javnosti	42%
Koliko časa že imate postavljeno polnilnico?	
3 leta ali več	13%
2-3 leta	20%
1-2 leta	13%
Manj kot 1 leto	53%
Vzroki za postavitve polnilnice	
Ker je vodstvo prepoznalo smiselnost takšne naložbe	52%
Zaradi partnerstva z občino ali drugim podjetjem	38%
Drugo	10%
Vrsta zaračunavanja polnjenja	
Brezplačno in javno dostopno	36%
Brezplačno za goste za ostale pa plačljivo	57%
Plačljivo za vse	7%
Način zaračunavanja polnjenja	
V fiksnem znesku	33%
Glede na porabljen energijo	11%
Glede na čas polnjenja	22%
Drugo	33%
Konkurenčna prednost	
Delež hotelov, ki meni da imajo konkurenčno prednost zaradi postavitve polnilnice (odgovori »Velja« ali »Povsem velja«)	75%

Zaradi slabe razvitosti in nezrelosti trga električnih polnilnic tudi še ni večjih promocijskih aktivnosti s strani proizvajalcev in ponudnikov polnilnic. Dejstvo je, da število postavitve polnilnic v hotelih raste, vendar skoraj vedno v partnerstvu z drugim podjetjem. V večini primerov se polnjenje električnega vozila ne zaračunava ali pa se zaračunava v pavšalnem znesku. Nekateri so polnilnice postavili skupaj v partnerstvu z občinami in ti večinoma ponujajo brezplačno polnjenje tudi za širšo javnost in ne samo za goste hotela saj v takšnem primeru občina prevzame stroške obratovanja polnilnice. Eden izmed razlogov za takšno odločitev je tudi, ker je za zaračunavanje polnjenja potreben plačilni mehanizem, ki pa prinese s seboj tudi dodatne stroške za lastnika polnilnice. Dejstvo je tudi, da je število avtomobilov na cestah še relativno majhno in ravno to hotelom omogoča promocijo ekološke osveščenosti in naravnosti kljub relativno majhnim stroškom saj so polnjenja redka, električna energija pa je relativno poceni. Med tistimi, ki vseeno zaračunavajo polnjenje, se je oblikovalo nekaj različnih modelov zaračunavanja. Pavšalno

zaračunavanje, kjer je strošek polnjenja že vključen v nočitev ali pa plačilo na recepciji. Obračunavanje glede na čas polnjenja in glede na porabljeno energijo pa je podprto s plačilnim mehanizmom, ki ga zagotovi zunanji izvajalec.

Več kot tretjina hotelov je že dobila gosta, ki se je k njim pripeljal z EV. 18% hotelov pa omogoča polnjenje električnih vozil bodisi za svoje goste, zaposlene ali za širšo javnost. Hoteli, ki imajo na svojem parkirišču postavljeno električno polnilnico v večini menijo, da imajo zaradi prisotnosti le te konkurenčno prednost pred ostalimi ponudniki nočitev. S ponudbo električnih polnilnic namreč lažje pritegnejo nov naraščajoč segment turistov z EV. Slednji navadno raje prenočijo na lokaciji, ki jim omogoča, da hkrati tudi napolnijo svoje vozilo. Delež hotelov na območju Slovenije in Hrvaške Istre, ki že imajo postavljeno polnilnico za električna vozila, je še vedno precej majhen. Pri tem ni večjih razlik med državama.

5 Sklep

Lastniki in upravljalci hotelov še niso pripravljeni samostojno investirati v polnilno infrastrukturo za električna vozila, kljub splošnemu zavedanju, da bo v prihodnosti postavitve le-teh neizogibna. Na podlagi ankete lahko opazimo, da je večina aktivnosti na področju postavitve polnilnic v hotelih potekala v zadnjem letu (2016) in da tam, kjer že imajo postavljeno polnilnico, v večini primerov še ne zaračunavajo po minutah ali kilovatnih urah ampak to storitev vključujejo v ceno nočitve oziroma zaračunajo pavšalni znesek za polnjenje. Razloge za pavšalno zaračunavanje lahko iščemo v potrebi po plačilnem mehanizmu, ki pa ni brezplačen, in glede na majhno število električnih vozil na cestah vzpostavitev le tega ni finančno smiselna. Zaračunavajo le tisti, ki so polnilnico postavili s pomočjo zunanjega partnerja in jim to zagotavlja slednji. Zaradi kompleksnega ekosistema in konstantnih novitet na tem področju bo potrebnega še veliko vložnega truda ponudnikov opreme v izobraževanje potencialnih kupcev polnilnic. Eden izmed problemov postavitve polnilnice je tudi v strošku postavitve polnilnice. Polnilnica predstavlja zgolj manjši del investicije večji del stroška pa je v zagotovitvi primerne priključne moči ter izvedbi elektroinštalacijskih in gradbenih del. Odločitev za postavitev polnilnice zahteva specifična znanja, ki pa ga ima še vedno majhno število ljudi in podjetij, kar je eden izmed vzrokov, da je strošek postavitve polnilnice višji, kot bi lahko bil v primeru bolj konkurenčnega in razvitega trga. V prihodnosti pričakujemo, da bo za hotele in ostale ponudnike nočitev postavitve polnilnic za EV skorajda predpogoj za normalno konkurenčno delovanje. Podobno kot je to trenutno v primeru brezžične internetne povezave, bo tudi postavitev polnilnic v hotelih postala nenapisani standard. Hitrost razvoja polnilne infrastrukture v hotelih bo v veliki meri odvisna od števila EV na cestah in od namenskih lokalnih, državnih oz. evropskih sredstev za namen širitve polnilne infrastrukture. Ponudniki prenočitvenih zmogljivosti bodo morali postaviti polnilnice že zaradi dejstva, da ne bodo izgubljali gostov glede na konkurenco z urejeno polnilno infrastrukturo. V razvoj polnilne infrastrukture bo potrebno vložiti še veliko truda in predvsem bo ključen razvoj vzdržnih poslovnih modelov saj bo le tako tudi zasebni sektor povečal vlaganje v postavitev polnilnic. Lastniki polnilnih postaj in ponudniki storitve polnjenja bodo morali razvijati poslovne modele, ki bodo bili zastavljeni širše in bodo zajemali veliko več kot zgolj generiranje prihodkov polnjenja. Ključno vlogo bo prihodnjih nekaj leti še vedno imela potrebna politična podpora in ustrezno sofinanciranje ter spodbujanje razvojnih projektov.

Literatura in viri

1. Bohnsack, R., Pinkse, J., & Kolk, A. (2014). Business models for sustainable technologies: Exploring business model evolution in the case of electric vehicles. *Res. Policy* 43, 284–300.
2. Etreel. (b.l.). *Elektromobilnost*. Najdeno 7. maja 2016 na spletnem naslovu <http://polnjenjev.etreel.si/>
3. Javna agencija RS za energijo. (2012, 26. oktober). *Elektromobilnost – Posvetovani dokument*. Najdeno 17. aprila 2016 na spletnem naslovu http://www.agencija-rs.si/documents/10926/20705/PUB_20121211_Elektromobilnost_VFinal-Rev_1_1790.pdf
4. Madina, C., Zamora, I. & Zabala, E. (2016). Methodology for assessing electric vehicle charging infrastructure business models. *Energy policy* 89 (str. 284–293).
5. Marriott. (b.l.). *Electric Vehicle Charging Stations*. Najdeno 26. maja 2016 na spletnem naslovu <http://www.marriott.com/corporate-social-responsibility/electric-vehicle-hotels.mi>
6. Ministrstvo za infrastrukturo (2018, 18. junij). *Ambiciozen akcijski program za alternativna goriva v prometu*. Najdeno 15. oktobra 2018 na spletnem naslovu http://www.mzi.gov.si/si/medijsko_sredisce/novica/9130/
7. Nigro, N. & Frades, M. (2015). *Business models for financially sustainable EV charging networks*. Center for Climate and Energy Solutions. Najdeno 16. januarja 2016 na spletnem naslovu <http://www.c2es.org/docUploads/business-models-ev-charging-infrastructure-03-15.pdf>
8. *Ponudniki storitev polnjenja (2016)*. Najdeno 19. januarja 2016 na spletnem naslovu <http://polni.si/staticAdminMgr.php?action=read&menu=serviceproviders>
9. Ramer, J. (2013). EV Charging at Hotels Delivers Competitive Advantage and Boosts Revenue. *EV Connect*. Najdeno 24. maja 2016 na spletnem naslovu <http://www.evconnect.com/wp-content/uploads/2013/06/EV-Charging-at-Hotels-Boosts-Revenue.pdf>
10. Sema Connect. (b.l.) *Hotels and Resorts Electric Vehicle Chargers*. Najdeno 2. junija 2016 na spletnem naslovu <http://www.semaconnect.com/applications/hotels-and-resorts/>
11. Škerbinc, S. (2015). *Analiza turističnega prometa v letu 2014*. Turistično gostinska zbornica Slovenije. Najdeno 8. maja 2016 na spletnem naslovu <http://www.tgzs.si/uploads/ANALIZA%20TURISTI%C4%8CNEGA%20PROMETA%20za%20leto%202014.pdf>
12. Teslarati. (2016). News. *Tesla Introduces Destination Charging in Europe*. Najdeno 5. maja 2016 na spletnem naslovu <http://www.teslarati.com/tesla-opens-european-destination-charging-program/>
13. The Mobility House. (b.l.). *Attract New Guests and Offer an Electrifying Service with a Charging Station for Electric Cars from The Mobility House*. Najdeno 2. junija 2016 na spletnem naslovu <http://mobilityhouse.com/en/hotels-restaurants/>

VLOGA INTEGRIRANIH ENERGETSKIH STORITEV V PROGRAMIH ZVESTOBE ZA GOSPODINJSKE UPORABNIKE

Janez Dolšak

Univerza v Ljubljani, Ekonomska fakulteta

E-pošta: janez.dolsak@ef.uni-lj.si

Nevenka Hrovatin

Univerza v Ljubljani, Ekonomska fakulteta

E-pošta: nevenka.hrovatin@ef.uni-lj.si

Jelena Zorić

Univerza v Ljubljani, Ekonomska fakulteta

E-pošta: jelena.zoric@ef.uni-lj.si

POVZETEK

Spremembe na energetske trgu so spodbudile razvoj novih trženjskih strategij z namenom povečati vključevanje uporabnikov ter zadovoljevati zastavljene cilje na področju podnebnih sprememb. Prispevek proučuje povezave med preferencami uporabnikov energetskih storitev in njihovim sodelovanjem v programih zvestobe. V prispevku smo razvili teoretični okvir povezanosti preferenc uporabnikov s sodelovanjem v programih zvestobe in njegovo veljavnost empirično proučili. Med pojasnjevalne spremenljivke za napovedovanje verjetnosti sodelovanja v programih zvestobe smo poleg preferenc uporabnikov energetskih storitev, pridobljenih z analizo glavnih komponent, v multinomski regresijski model vključili tudi druge kontrolne spremenljivke kot so družbeno-ekonomske značilnosti uporabnikov, zadovoljstvo z dobaviteljem ter druge značilnosti, vezane na njihovo porabo energije. Empirična analiza je bila izvedena na vzorcu uporabnikov električne energije največjega dobavitelja energije v Sloveniji, novega udeleženca na trgu z električno energijo. Rezultate raziskave je mogoče strniti v tri ključne ugotovitve. Prvič, uporabnikove preference, ki definirajo tipe uporabnikov, se značilno razlikujejo med različnimi skupinami uporabnikov programa zvestobe, kar opozarja na smiselnost diferenciranja ponudbe. Drugič, za uporabnike iz osnovne skupine programa zvestobe je pomembnejši dober odnos z njihovim dobaviteljem, medtem ko so za uporabnike iz naprednejše skupine programa zvestobe pomembnejše integrirane energetske storitve. Tretjič, programi zvestobe bi se lahko učinkovito uporabljali pri naslavljanju uporabnikov naprednejše skupine, in sicer za spodbujanje k uporabi integriranih energetskih storitev, vključno z energetske učinkovitostjo in zeleno energijo. Dobavitelji energije bi tudi na ta način lahko lažje dosegali zakonsko zahtevane prihranke energije pri končnih uporabnikih ter s tem hkrati prispevali k izpolnjevanju nacionalnih ciljev okoljske trajnosti.

Ključne besede: integrirane energetske storitve, energetski trgi, programi zvestobe, heterogenost uporabnikovih preferenc, multinomska regresijska analiza

1 Uvod

Energetski trgi po Evropi so se soočili z več izzivi, ki so se pojavili po liberalizaciji trga julija 2007 in so vsem uporabnikom električne energije in plina omogočili svobodno izbiro lastnih dobaviteljev. Ker se je konkurenca na številnih dereguliranih trgih z vstopom novih dobaviteljev povečala, so glavni cilji vseh dobaviteljev postali: zmanjšanje vpliva cen, povečanje zvestobe obstoječih uporabnikov, razširitev portfelja storitev in privabljanje novih uporabnikov (Payne in Frow, 1997). Ker se večina prvotnih dobaviteljev, bivših monopolistov, sooča z izgubo uporabnikov, je ugotavljanje pomembnosti strategij ohranjanja obstoječih uporabnikov predpogoj, da ostanejo konkurenčni na trgu. Strategije, usmerjene v ustvarjanje trajnostnih in vzajemno koristnih odnosov z uporabniki, veljajo za učinkovite pri krepitvi zvestobe uporabnikov na splošno (Peng in Wang, 2006). Posledično so uporabniki danes tudi na energetskih trgih obdani s številnimi programi upravljanja odnosov z uporabniki (angl. *Customer relationship management*). Njihova učinkovitost se lahko meri na več načinov (Liu in Yang, 2009); običajno pa se meri z ohranjanjem obstoječih uporabnikov, njihovo večjo potrošnjo in po njihovem dobrem mnenju o podjetju (Nunes in Dreze, 2006). Poleg tega je ohranjanje obstoječih uporabnikov koristnejše od pridobivanja novih (Nesbit, 2000). Učinkovito sodelovanje z uporabniki omogoča, da dobavitelji razumejo ozadje njihove zvestobe (Berry, 1995). Zvesti uporabniki so tudi manj cenovno občutljivi na druge spremembe v samih storitvah podjetja (Dick in Basu, 1994; Zeithaml in sod., 1996). Mnoge empirične raziskave potrjujejo pozitivne učinke upravljanja odnosov z uporabniki (Bolton in sod., 2000; Verhoef, 2003; Hartmann in Apaolaza - Ibáñez, 2007).

V okviru upravljanja odnosov z uporabniki ponudniki storitev pogosto vzpostavijo program zvestobe (angl. *loyalty program*), ki ga na primer Ameriško trženjsko združenje opredeljuje kot "dolgoročen program spodbud, ki ga ponuja trgovec na drobno za nagrajevanje strank in spodbujanje ponovnega poslovanja" (American Marketing Association, 1995). V praksi se program zvestobe nanaša na vse dejavnosti podjetja, ki spodbujajo in nagrajujejo uporabnikovo zvestobo tako v vedenju pri uporabi storitev podjetja kot v samem odnosu do podjetja (Dorotic in sod., 2012). Kljub splošni razširjenosti programov zvestobe po različnih sektorjih gospodarstva v zadnjih letih so le-ti prisotni predvsem v storitvenem sektorju, npr. v letalskih družbah, trgovinah na drobno, finančnih storitvah, hotelih in igralnicah (Consumer Reports, 2008). Zlasti pogosti so v podjetjih, ki so usmerjena k uporabnikom in ki si prizadevajo za prepoznavanje njihovih preferenc. S tem želijo povečati tudi tržno učinkovitost (Zeithaml in sod., 1996), prepoznati različno dobičkonosnost po posameznih segmentih uporabnikov (Bolton in sod., 2000), nazadnje pa tudi odziv na povečano tržno konkurenco (Verhoef, 2003).

2 Metodologija

Na podlagi zgornje literature in trenutne ponudbe energetskih storitev predlagamo teoretični model, ki proučuje vpliv preferenc uporabnikov na njihovo udeležbo v programu zvestobe dobavitelja energije. Model predpostavlja, da se uporabniki razlikujejo glede na preference do energetskih storitev, družbeno-ekonomske značilnosti, zadovoljstvo z dobaviteljem, porabo energije in uporabo energetskih storitev ter vedenjske značilnosti, zlasti odnos do energetske učinkovitosti ter zelene energije. Da bi ugotovili, katere preference in značilnosti uporabnikov so odločilne za sodelovanje v različnih skupinah programa zvestobe, smo uporabili multinomski regresijski model (Greene, 2008; Hair in

sod., 2014). To je metoda za analizo dejavnikov, ki vplivajo na izbiro uporabnikov med različnimi možnostmi. Odvisna spremenljivka je tako kategorične vrste in opisuje izbiro posameznika med naslednjimi tremi možnostmi programa zvestobe: imetniki običajne kartice zvestobe (LC), imetniki plačilne kartice (PLC) in uporabniki brez kartice (NC).

V modelu predpostavljamo, da lahko preference uporabnikov do energetskih storitev razdelimo v naslednjih šest skupin: kakovost osnovnih storitev, kakovost storitvenega procesa, konkurenčnosti in preglednosti cen, ugled blagovne znamke, ponudba dodatnih storitev in ponudba zelene energije. Število teh smo dodatno zmanjšali s pomočjo analize glavnih komponent (angl. *principal component analysis (PCA)*). Iz šestih skupin preferenc do energetskih storitev smo s to analizo dobili tri glavne komponente: PC1: upravljanje odnosov z uporabniki, PC2: integrirane energetske storitve, PC3: zanesljive in poceni storitve. Skupaj z ostalimi uporabnikovimi značilnostmi smo te tri glavne komponente uporabili za napovedovanje položaja uporabnika v programu zvestobe preko multinomskega regresijskega modela.

Zgoraj opisani model smo preverili s pomočjo podatkov 984 uporabnikov izbranega slovenskega dobavitelja energije. Podatke smo zbrali iz treh podatkovnih virov: 1) podatki dobavitelja o družbeno-ekonomskih značilnostih uporabnikov, o njihovi porabi energije, uporabi energetskih storitev, pogodbah z dobaviteljem in plačanih računih; 2) podatki o sodelovanju uporabnikov v programu zvestobe dobavitelja, o vrsti udeležbe in aktivnostih uporabnikov (tj. o številu zbranih točk zvestobe na podlagi nakupov, o številu uporabljenih točk za popuste itd.); 3) podatki iz spletne raziskave o preferencah uporabnikov do energetskih storitev, njihovem odnosu do porabe energije ter o zadovoljstvu s tem dobaviteljem. Spletno anketo smo oblikovali v sodelovanju z agencijo za tržne raziskave, ki jo je le-ta izvedla februarja 2016. Vprašalnik je bil posredovan naključno izbranim 5.466 imetnikom pogodb električne energije z dobaviteljem. Na raziskavo je odgovorilo 984 oziroma 18 % uporabnikov.

3 Rezultati

Tabela 1 prikazuje rezultate multinomske logistične regresije. Vrednost McFaddenovega psevdno R-kvadrata 0.120 kaže, da je ustreznost modela zadovoljiva za relativno velik vzorec, kakršen je v našem primeru. Prav tako imajo vse pojasnjevalne spremenljivke pričakovane predznake. Rezultati kažejo statistično značilne razlike v preferencah med tremi skupinami uporabnikov programa zvestobe. Prav tako opazimo značilno razliko med skupinama PLC in LC v prvi glavni komponenti preferenc, in sicer upravljanje odnosov z uporabniki (PC1). Zanimivo je, da skupina PLC meni, da je upravljanje odnosov z uporabniki manj pomembno, kot to meni skupina LC. Po drugi strani pa je zelo značilen rezultat ta, da skupina PLC postavlja pomen integriranih energetskih storitev bistveno višje kot skupina LC. To lahko pomeni, da so uporabniki v skupini PLC bolj osredotočeni na povečanje koristi kot na tesnejše odnose z dobaviteljem v primerjavi z običajnimi imetniki kartice zvestobe (LC). Tudi pri uporabnikih z višjo mesečno porabo električne energije obstaja večja verjetnost, da imajo kartico PLC, kot pri običajnih uporabnikih. Višja raven porabe električne energije skupaj z znatnejšo uporabo dodatnih storitev in goriv kaže na višjo raven potrošne aktivnosti, ki je lahko najbolje realizirana s plačilno kartico, katere namen je ravno ta – da omogoča uporabo različnih storitev dobavitelja. Običajnim uporabnikom se najverjetneje zdi brezpredmetno uporabljati plačilno kartico, saj so njihovi nakupi manj pogosti in manj obsežni, zato jim plačilna kartica ne prinaša bistvenih

odatnih ugodnosti. Dejstvo, da je večina koeficientov NC skupine neznačilnih, je lahko v določeni meri posledica visoke heterogenosti uporabnikov iz te skupine, kar se kaže v visoki variabilnosti podatkov.

Tabela 1: Rezultati multinomskega logističnega regresijskega modela

Pojasnjevalne spremenljivke	Plačilna kartica (PLC) vs. običajna kartica (LC)		Brez kartice (NC) vs. običajna kartica (LC)	
	Regresijski koeficient	Standardna napaka	Regresijski koeficient	Standardna napaka
Konstanta	-5.220***	1.045	-.929	1.453
PC1: upravljanje odnosov z uporabniki	-.210*	.115	.157	.171
PC2: integrirane energetske storitve	.402***	.107	.186	.155
PC3: zanesljive in poceni storitve	.103	.107	.083	.148
Zadovoljstvo z dobaviteljem energije	.484***	.170	-.189	.228
Uporaba dodatnih energetskih storitev	.319***	.095	-.275**	.130
Število dodatnih energetskih goriv	1.461***	.199	-.578	.403
Povprečna mesečna poraba električne energije	.356***	.102	-.260	.173
Število članov gospodinjstva	-.024	.081	.101	.127
Povprečni dohodek gospodinjstva	-.024	.117	.028	.172
Izobrazba	.130	.089	-.045	.133
$\chi^2 = 137.93$, $p = 0.00$, psevdo R-kvadrat McFadden = 0.120				
*, **, *** stopnje značilnosti 0.10, 0.05, 0.01				

Vir: Lasten izračun, 2018

Naša raziskava nadalje ugotavlja, da število članov gospodinjstva ne vpliva na sodelovanje v programu zvestobe. Podobna raziskava, ki je sicer preučevala učinkovitost programa zvestobe, prav tako ugotavlja, da velikost gospodinjstva ne vpliva pomembneje na njihove izdatke po vključitvi v program zvestobe (Leenheer in sod., 2007). Prav tako naša raziskava ugotavlja da dohodek gospodinjstva ne vpliva na sodelovanje v programu zvestobe, medtem ko Allaway in sod., (2003) ugotavljajo, da se bodo gospodinjstva z višjim dohodkom bolj verjetno vključila v program zvestobe. van Doorn in sod. (2007) odgovarjajo na to, da imajo tisti z višjim dohodkom resda višje izdatke v programih zvestobe, ker pa se navadno vključijo v več teh, je njihov vpliv na posamezen program zvestobe neznačilen.

4 Sklep

Naša raziskava proučuje vpliv preferenc uporabnikov do energetskih storitev na njihovo udeležbo v programu zvestobe. Na podlagi teh preferenc in drugih značilnosti uporabnikov so bile identificirane tri skupine uporabnikov. S tem naša raziskava ponuja informacije, kako učinkovito obravnavati različne skupine uporabnikov. Medtem ko je imetnikom navadne kartice zvestobe bolj pomemben odnos dobavitelja do uporabnikov, pa imetniki plačilne kartice pripisujejo večjo težo integriranim energetskim storitvam. Hkrati so imetniki plačilne kartice v povprečju večji in bolj aktivni porabniki energentov in energetskih storitev in posledično vidijo več koristi od sodelovanja v naprednejših oblikah programov zvestobe.

Ugotavljamo, da je za namen ohranjanja obstoječih in pridobivanja novih uporabnikov, za dobavitelje energije pomembno izboljšati odnose z uporabniki. Hkrati pa se zdi, da ta pristop morda ni najboljši za vse skupine uporabnikov. Običajni uporabniki se zdijo zadovoljni že z zmernimi nagradami (v smislu popustov in drugih ugodnosti), pričakujejo

pa po drugi strani dobaviteljevo pozornost in skrb. Ne glede na to, da izrazita konkurenca med dobavitelji energije povzroča zmanjševanje konkurenčnega dela cene energije in razlike med njimi niso več tako opazne, so uporabniki še vedno pozorni na najnižjo ceno in druge ugodnosti. Trenutni trendi pa nakazujejo, da se bodo te razlike preselile na druge dobaviteljeve značilnosti.

Programi zvestobe bi lahko služili tudi kot pomemben vir informacij in orodje za učinkovitejše doseganje obveznih ciljev prihrankov energije pri končnih uporabnikih, ki jih postavlja politika EU za energetske učinkovitost.

Na ta način dodajamo v literaturo novo znanje o programih zvestobe na energetskih trgih, ki ga do sedaj ni bilo moč zaslediti. Naše ugotovitve lahko pomagajo dobaviteljem energije z že uveljavljenimi programi zvestobe k izboljšanju njihove učinkovitosti, medtem ko se lahko tisti brez njih naučijo, kaj je treba upoštevati pri njihovem uspešnem vzpostavljanju.

Literatura in viri

1. Allaway, A., Berkowitz, D., & D'Souza, G. (2003). Spatial diffusion of a new loyalty program through a retail market. *Journal of Retailing*, 79, 137–151.
2. American Marketing Association. (1995). Marketing power, dictionary, frequent shopper program. Pridobljeno dne 20. 7. 2018, iz http://www.marketingpower.com/_layouts/-dictionary.aspx?dLetter=F.
3. Bolton, R. N., Kannan, P., & Bramlett, M. D. (2000). Implications of Loyalty Program Membership and Service Experiences for Customer Retention and Value. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 28, 95–108.
4. Consumer Reports. (2008). Points mania. Consumer Reports.
5. Dick, A., & Basu, K. (1994). Customer loyalty: toward an integrated conceptual framework. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 22(2), 99–113.
6. Dorotic, M., Bijmolt, T. H., & Verhoef, P. C. (2012). Loyalty Programmes: Current Knowledge and Research Directions. *International Journal of Management Reviews*, 14, 217–237.
7. Greene, W. (2008). *Econometric Analysis*, 6th ed. New Jersey: Prentice Hall International, Inc.
8. Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2014). *Multivariate data analysis*. Upper Saddle River, NJ: Pearson Education.
9. Hartmann, P., & Apaolaza - Ibáñez, V. (2007). Managing customer loyalty in liberalized residential energy markets: The impact of energy branding. *Energy Policy*, 35(4), 2661–2672.
10. Leenheer, J., van Heerde, H., Bijmolt, T., & Smidts, A. (2007). Do loyalty programs really enhance behavioral loyalty? An empirical analysis accounting for selfselecting members. *International Journal of Research in Marketing*, 24(1), 31–47.
11. Liu, Y., & Yang, R. (2009). Competing loyalty programs: impact of market saturation, market share, and category expandability. *Journal of Marketing*, 73, 93–108.
12. Nesbit, B. (2000). E-business: why waiting could cost you. *Public Utilities Fortnightly*, 1(5), 18–20.
13. Nunes, J., & Dreze, X. (2006). Your loyalty program is betraying you. *Harvard Business Review*, 84(4), 124–131.
14. Payne, A., & Frow, P. (1997). Relationship Marketing: Key Issues for the Utilities Sector. *Journal of Marketing Management*, 13(5), 463–477.

15. Peng, L. Y., & Wang, Q. (2006). Impact of Relationship Marketing Tactics (RMTs) on Switchers and Stayers in a Competitive Service Industry. *Journal of Marketing Management*, 22(1–2), 25–59.
16. Shin, K. J., & Managi, S. (2017). Liberalization of a retail electricity market: Consumer satisfaction and household switching behavior in Japan. *Energy Policy*, 110, 675–685.
17. Sioshansi, F., & Pfaffenberger, W. (2006). *Electricity Market Reform: An International Perspective*. Kidlington, Oxford, UK: Elsevier.
18. van Doorn, J., Verhoef, P., & Bijmolt, T. (2007). The importance of non-linear relationships between attitude and behaviour in policy research. *Journal of Consumer Policy*, 30, 75–90.
19. Verhoef, P. C. (2003). Understanding the Effect of Customer Relationship Management Efforts on Customer Retention and Customer Share. *Journal of Marketing*, 67, 30–45.
20. Zeithaml, V. A., Berry, L. L., & Parasuraman, A. (1996). The Behavioral Consequences of Service Quality. *Journal of Marketing*, 60, 31–46.

AGENTNO VODENJE PRILAGODLJIVIH ODJEMALCEV V DISTRIBUCIJSKEM SISTEMU

Jan Jeriha

Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani

E-pošta: jan.jeriha@fe.uni-lj.si

Andrej Gubina

Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani

E-pošta: andrej.gubina@fe.uni-lj.si

POVZETEK

V distribucijskem sistemu smo priča vedno večji integraciji obnovljivih razpršenih virov, zaradi katere prihaja do problemov s kakovostjo napetosti na koncu vodov. Ena od možnih rešitev za tovrstne težave je prilagajanje odjema, s čimer poskrbimo, da ne prihaja do prevelikih lokalnih odstopanj med proizvodnjo in porabo v distribucijskem omrežju. Prilagodljive odjemalce lahko vodimo na več načinov. Agregatorji, kot akterji na trgu z elektriko, lahko združijo prilagodljive odjemalce v skupino, katere prilagodljivo porabo bi uporabili za oblikovanje portfelja prilagodljive energije. Cilj agregatorja je zaslužiti s prodajo prilagodljive energije na trgih, člani te skupine pa bi dobili plačilo za sodelovanje v njej. Inteligentni agenti spadajo med metode umetne inteligence. Ta se ukvarja z načrtovanjem programov in algoritmov, ki omogočajo računalnikom, da se učijo iz izkušenj. Agent predstavlja program, zasnovan tako, da na podlagi opazovanja sprememb v okolju, samodejno izbere akcijo in z njo vpliva na okolje z namenom doseganja zastavljenega cilja. Agent agregator z vključevanjem optimalne količine porabe prilagodljivih odjemalcev vpliva na napetostne razmere v omrežju. Agenti moramo predhodno naučiti o dobrobiti posameznih akcij. Za preizkus predstavljenega postopka smo uporabili spremenjeni CIGRE model tipičnega evropskega nizkonapetostnega omrežja. V danem modelu so bili uporabljeni realni podatki proizvodnje sončnih elektrarn in porabe bremen. Ugotovili smo, da se agent dobro prilagodi na razmere v omrežju. Agent se glede polnjenja in praznjenja ne odloča izključno glede na ceno elektrike, ki je v prvi tretjini dneva nizka v drugih dveh pa relativno visoka, temveč poleg cene elektrike upošteva tudi razmere v omrežju. Zaradi napetostnih omejitev, ki nastanejo zaradi proizvodnje sončnih elektrarn je agent prisiljen v polnjenje v obdobju, ko je cena visoka, a ne najvišja. Tako lahko agent izkoristi energijski bazen in ga izprazni med večernimi urami, ko je cena najvišja.

Ključne besede: Enote s prilagodljivim odjemom, kakovost napetosti v nizkonapetostnem omrežju, okrepljeno učenje, vpliv omejitev omrežja

1 Uvod

Na sredjenapetostnem ter nizkonapetostnem distribucijskem omrežju smo priča vedno večjem deležu razpršenih virov električne energije, kot so fotonapetostni sistemi in vetrne elektrarne. Ti viri, s svojo negotovo in spremenljivo proizvodnjo vplivajo na zanesljivost elektroenergetskega sistema, saj njihove proizvodnje ne moremo natančno napovedati. Poleg zanesljivega delovanja je potrebna tudi določena kakovost dobavljene električne energije, kar je vodilo do novega pojma »kakovosti električne energije«. Zaradi povečevanja deleža obnovljivih razpršenih virov električne energije (OVE) morajo operaterji distribucijskega omrežja redno izvajati investicije in krepiti omrežje na distribucijskem in prenosnem nivoju, da bi sledili trendu integracije. Podatki iz prakse kažejo, da priključen kW razpršenih virov povprečno zahteva za 450 € novih investicij v distribucijsko omrežje, (Medved, Gubina, & Artač, 2018; SODO, 2012).

2 Predstavitev problema in možne rešitve

Integracija novih razpršenih virov tako povzroča dodatne težave v omrežju. Ena izmed mogočih rešitev teh so enote s prilagodljivim odjemom. Moči teh enot so navadno relativno velike (okrog 10 kW), agregatorji, kot akterji na trgu z elektriko, ki lahko vodijo več enot hkrati v zameno za finančno kompenzacijo, pa bi jih lahko povezovali in usklajeno vodili. S tako oblikovanimi portfelji prilagodljive energije, bi lahko nastopali na trgih z elektriko in trgu sistemskih storitev. Prilagodljivi odjemalci lahko s spreminjanjem porabe vplivajo na razmere v omrežju. Lahko jih izboljšajo tako, da prilagodijo porabo v času preobremenjenosti omrežja, vendar pa jih lahko tudi poslabšajo, če ukrepi niso usklajeni z dogajanjem v omrežju. Distribucijski operater bi potreboval orodja, s katerimi bi preveril vpliv obnašanja (t.i. novih voznih redov) enot s prilagodljivim odjemom glede na trenutno in pričakovano stanje v omrežju.

3 Model vodenja

Z uporabo enot prilagodljivega odjema, bi se ob vedno večji uvedbi razpršenih virov razmere v distribucijskem omrežju lahko izboljšale. Agregatorji kot akterji na trgu z elektriko lahko organizirajo prilagodljive odjemalce, npr. lastnike toplotnih črpalk, v skupino, katere prilagodljivo porabo bi uporabili za oblikovanje portfelja prilagodljive energije. Cilj agregatorja je zaslužiti s prodajo prilagodljive energije na trgih, udeleženci te skupine pa bi v zameno za sodelovanje v njej dobili plačilo. Agregator bi lahko v pravem trenutku povečal ali zmanjšal porabo teh odjemalcev in ob pravih akcijah ter ustreznih cenah na trgu zaslužil.

3.1 Sistem semaforja

Agregator, ki upravlja z enotami, potrebuje povratno informacijo o vplivu svojih akcij na omrežje. Operaterji distribucijskega omrežja pogosto še nimajo sistema, ki bi jim omogočal preverjanje stanja v omrežju z novimi voznimi redi prilagodljivih enot. V ta namen bi potrebovali sistem, kot je bil predstavljen v projektu INCREASE. Tam so predstavili preprost sistem semaforja, ki se izvaja v realnem času. Z vključitvijo tega sistema v napredni center vodenja distribucijskega sistema bi ob njegovi uvedbi operater distribucijskega omrežja lahko preverjal razmere v omrežju. Sistem semaforja deluje tako, da lahko nove vozne rede prilagodljivih enot sprejme, ali pa zavrne. Če bi enote s svojo

prožnostjo pomagale omrežju, bi agregator za izbrano akcijo prejel nagrado, v nasprotnem primeru bi bil vozni red lahko zavržen, agregator pa bi s tem utrpel ekonomsko škodo, (Project INCREASE, 2016).

4 Inteligentni agenti

Inteligentni agenti spadajo med metode umetne inteligence. Ta se ukvarja z načrtovanjem programov in algoritmov, ki omogočajo računalnikom, da se učijo iz izkušenj. S pomočjo učenja iz podatkov se program nauči opisovanja pojavov, pravil in relacij v opazovanem sistemu. Naučeni modeli poskušajo razlagati podatke, da se ti lahko uporabijo pri odločanju programa v prihodnosti. Agent predstavlja program, zasnovan tako, da na podlagi opazovanja sprememb v okolju, samodejno izbere akcijo in z njo vpliva na okolje z namenom doseganja zastavljenega cilja. Agent se mora sam naučiti katere akcije so dobre (za njih dobi nagrado), ter katere niso. Agent za to, da lahko izbere ustrezno akcijo s katero vpliva na okolje, potrebuje ustrezno poznavanje okolja v katerem se nahaja, (Jędrzejowicz, 2011; Kladnik, Artač, Hajdinjak, & Gubina, 2015).

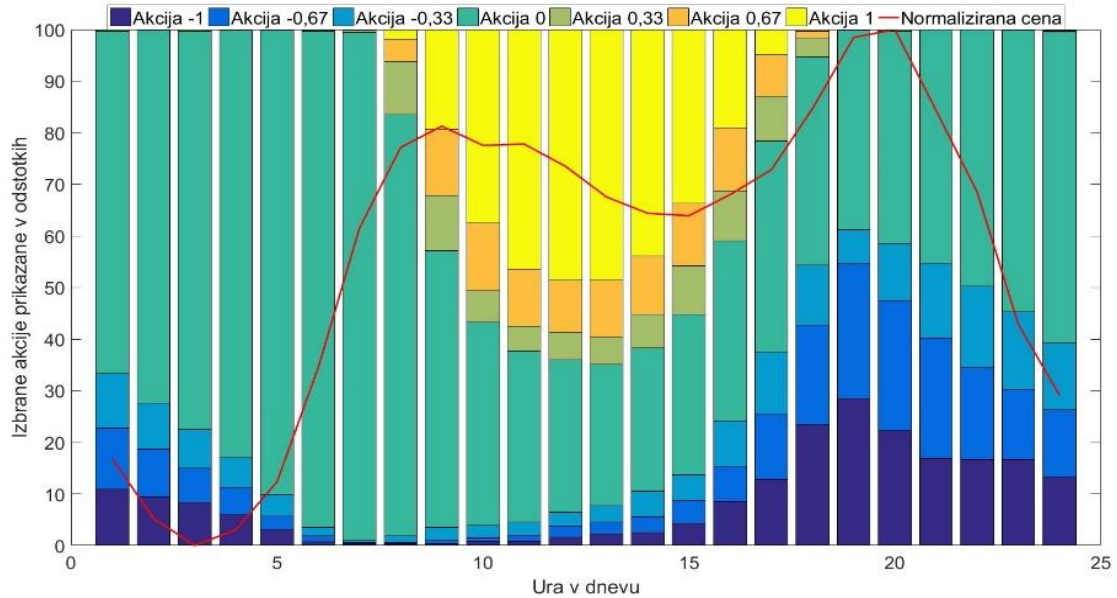
5 Agenti agregatorja

Agent agregator, povzet po preteklih raziskavah, (Medved idr., 2018), je imel na voljo tri akcije. Izbiral je lahko med akcijami »-1«, »0« in »1«. *Akcija »-1«* pomeni, da toplotna črpalka obratuje z 0 kW in se energijski bazen, odvisen od toplotne rezerve, prazni. *Akcija »0«* pomeni, da toplotna črpalka obratuje v nevtralnem načinu. Agent ne izkorišča prožnosti in za svojo akcijo ne prejme ne nagrade, ne kazni. *Akcija »1«* pomeni, da toplotna črpalka obratuje s polno močjo in energijski bazen se polni. Izboljšani agent-agregator je imel namesto treh na voljo sedem akcij. Poleg osnovnih treh akcij (-1, 0, 1) smo definirali še štiri akcije, ki so bile znotraj meja osnovnih treh akcij. S tem, ko smo agentu dodelili večjo izbiro akcij, bi morali povečati prožnost enot. Agentu omogočimo izbiro med akcijami, pri katerih je manjša verjetnost, da bi bil zavržen in bi s strani sistema semaforja in prejel kazen.

6 Predstavitev rezultatov

Slika poleg akcij, prikazanih v urnih stolpcih, prikazuje tudi ceno (rdeča krivulja).

Slika 1: Vpliv cene kot vhodnega parametra na izbiro akcij



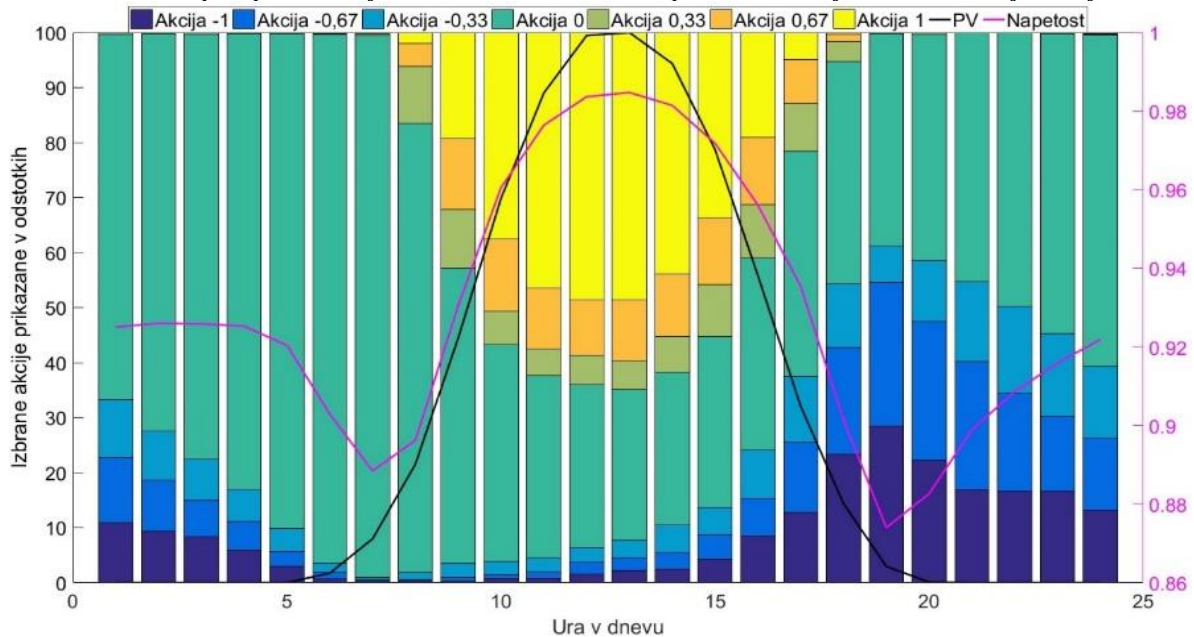
Vir: Jan Jeriha, magistrsko delo, 2018

Agent dobi največjo nagrado za akcije praznjenja energijskega bazena, ko je cena elektrike najvišja (v 19. in 20. uri). V urah z visoko ceno elektrike prevladujejo akcije praznjenja. V 19. in 20. uri s 60 % prevladujejo akcije praznjenja. Agent izbira akcije v skladu z vhodnimi podatki.

Polnjenje energijskega bazena se agentu obrestuje, ko je cena elektrike nizka. Cena je najnižja v zgodnjih urah. Kot lahko vidimo, agent v teh urah agent nikoli ne polni (Slika). Agent se obnaša drugače, kot bi bilo pričakovano, če bi pri izbiri upoštevali le ceno elektrike. Agentovo odločanje lahko pojasnimo z vplivom proizvodnje sončnih elektrarn in napetostnih omejitev v omrežju.

Slika poleg akcij, prikazanih v urnih stolpcih, prikazuje tudi proizvodnjo sončnih elektrarn (črna krivulja) in napetost vozlišča (vijolična krivulja). Proizvodnja elektrarn ima poznano obliko, največjo moč doseže v urah, ko je sonce najmočnejše.

Slika 2: Vpliv proizvodnje sončnih elektrarn in napetostnih omejitev na izbiranje akcij



Vir: Jan Jeriha, magistrsko delo, 2018

V zgodnjih urah so napetosti malo nad dovoljeno mejo 0,9 p.u. Kljub ugodni ceni za polnjenje, agent takrat ne polni in izbira večinoma nevtralne akcije. Polnjenje je v teh urah zaželeno, vendar razmere tega ne dopuščajo. V drugi tretjini dneva je prisotna proizvodnja sončnih elektrarn. S proizvodnjo sončnih elektrarn narastejo tudi napetosti v omrežju. Kljub relativno visoki ceni v tem delu dneva, prevladujejo akcije polnjenja. Z akcijami polnjenja se napetosti v omrežju nižajo. Razmere v omrežju ne dopuščajo praznjenja energijskega bazena. V zadnji tretjini dneva sončne elektrarne ne proizvajajo elektrike. Cene so takrat v omrežju najvišje. Zaradi nizkih napetosti v omrežju, lahko agent izbira le akcije praznjenja. Kljub pomoči agenta, so napetosti v 19. uri pod mejo 0.9 p.u. Polnjenje v teh urah ni mogoče in zaradi visokih cen niti ni zaželeno.

7 Sklep

Distribucijski sistem se z integracijo razpršenih obnovljivih virov in prilagodljivih odjemalcev spreminja. Sončne elektrarne na koncu dolgih radialnih omrežij dvigajo napetosti in omrežja temu niso prilagojena. Agregator, ki bi lahko prilagodljive odjemalce združil v skupine, bi lahko deloval v smeri čim večjega zaslужka na trgu z energijo, ali pa bi deloval kot podpora omrežju. Če bi se agregator ravnal glede na ceno, bi polnil energijske bazene prilagodljivih odjemalcev ponoči, ko so cene v omrežju najnižje. Takrat v omrežju nastopajo podnapetosti, zato bi se z vključevanjem prilagodljivih odjemalcev razmere v omrežju še poslabšale. Potreben bi bil sistem, ki bi lahko nadziral agregatorje.

Operaterji distribucijskih omrežij sistema, ki bi jim omogočal nadzor nad vključevanjem prilagodljivih odjemalcev, pogosto še nimajo. V ta namen smo predlagali sistem semaforja, ki bi deloval kot del naprednega centra vodenja distribucijskega omrežja in omogočil, da operaterji distribucijskih omrežij odobrijo ali zavrnejo nove vozne rede. Če bi bile napetosti v omrežju nizke in bi jih prilagodljivi odjemalci zvišali, bi bil nov vozni red odobren. V nasprotnem primeru, bi sistem nov vozni red zavrnil, pristojnega agenta pa penaliziral.

V skladu s hipotezo se agent ne odloča izključno na podlagi cene elektrike. Velik vpliv pri odločanju imajo razmere v omrežju, saj je cilj agenta tudi izogibanje kaznim, ki manjšajo njegov zaslužek. Čeprav so cene v zgodnjih urah dneva nizke in zaradi tega primerne za polnjenje energijskega bazena, se agent za te akcije ne odloča, saj mu napetosti v omrežju tega ne dopuščajo. Prav tako se agent ne odloča za praznjenje energijskega bazena v sredini dneva, ko so cene relativno visoke. Razmere v omrežju mu tega ne dopuščajo. V zadnji tretjini dneva, ko cene v povprečju dosežejo najvišje vrednosti, se agent odloča za akcije praznjenja energijskega bazena in s tem veča svoj zaslužek.

Literatura in viri

1. Jędrzejowicz, P. (2011). Machine Learning and Agents. *Agent and Multi-Agent Systems: Technologies and Applications SE - 2*. https://doi.org/10.1007/978-3-642-22000-5_2
2. Jeriha, J. (2018). Agentno vodenje prilagodljivih odjemalcev v distribucijskem sistemu (Magistrska naloga). Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana.
3. Kladnik, B., Artač, G., Hajdinjak, M., & Gubina, A. (2015). Večagentni model za agente odjemalce in agente proizvajalce na trgu električne energije , 1 . del – model. *Elektrotehniški Vestnik*, 82(3), 102–110.
4. Medved, T., Gubina, A., & Artač, G. (2018). The Use of Intelligent Aggregator Agents for Advanced Control of Demand Response. *WIRES, Wiley Interdisciplinary Reviews*.
5. Project INCREASE. (2016). The INCREASE scheduling control: how does it work? Pridobljeno 15. januar 2018., od <http://www.project-increase.eu/index.php?cmd=s&id=124>
6. SODO. (2012). *Programa razvoja pametnih omrežij v sloveniji – izhodišča; Del I: Distribucijsko omrežje*.

EKSERGOEKONOMSKA OPTIMIZACIJA SISTEMA DALJINSKEGA HLAJENJA

Tjaša Čož

*Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani
E-pošta: tjasa.coz@fs.uni-lj.si*

prof. dr. Alojz Poredoš

*Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani
E-pošta: alojz.poredos@fs.uni-lj.si*

prof. dr. Andrej Kitanovski

*Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani
E-pošta: andrej.kitanovski@fs.uni-lj.si*

prof. dr. Nevenka Hrovatin

*Ekonomska fakulteta, Univerza v Ljubljani
E-pošta: nevenka.hrovatin@ef.uni-lj.si*

POVZETEK

Sistemi daljinskega hlajenja predstavljajo eno izmed možnih rešitev za zmanjšanje rabe energije. Pred konvencionalnimi napravami imajo številne prednosti, saj bistveno manj obremenjujejo okolje, zmanjšujejo investicijske in obratovalne stroške na enoto hladu (prihranki obsega), veliko prednost pa predstavlja tudi možnost izrabe toplote kot vzporednega produkta pri kogeneraciji v primeru proizvodnje hladu z absorpcijskimi hladilniki. Po drugi strani pa distribucijska mreža predstavlja dodatne stroške izgradnje, obratovanja ter vzdrževanja. V konferenčnem prispevku so predstavljeni rezultati eksergoekonomske analize sistema daljinskega hlajenja, ki smo jo naredili na podlagi razvitega eksergoekonomskega modela. Ta model omogoča optimalno izbiro komponent pri zasnovi sistema daljinskega hlajenja ter možnost optimizacije delovanja obstoječih sistemov daljinskega hlajenja. Obravnavali smo več načinov proizvodnje hladu: z električno gnanimi kompresorskimi hladilniki ter z eno- ali dvostopenjskimi absorpcijskimi hladilniki, ki so gnani s toploto. Ciljna funkcija optimizacije je minimalni strošek rabe eksergije. Model je zgrajen na osnovi eksergoekonomskega pristopa, ki vključuje celotno verigo sistema daljinskega hlajenja, od proizvodnje hladu, distribucije, do končne rabe. Energijski produkt, torej hlad, je vrednoten glede na potrebno vloženo eksergijo ob upoštevanju minimalnih investicijskih, obratovalnih in vzdrževalnih stroškov proizvodnje in distribucije hladu. Opravljena je analiza vpliva pomembnejših parametrov zasnove in obratovanja sistema daljinskega hlajenja na eksergoekonomske kriterije vrednotenja distribucije hladu. Rezultati analiz kažejo, da sistemi daljinskega hlajenja ob zadostni gostoti potreb po hladu, ustrezni zasnovi in optimizaciji obratovalnih parametrov ter pri nizkih cenah električne energije in eksergije toplote, omogočajo dober energijski izkoristek in nizke stroške ter posledično nizke cene končnega produkta. Kadar ti pogoji niso izpolnjeni, se njihove prednosti hitro zmanjšajo.

Ključne besede: daljinsko hlajenje, eksergija, stroški eksergije, eksergoekonomska optimizacija sistema

1 Uvod

Sistemi daljinskega hlajenja predstavljajo eno izmed možnih alternativ lokalnim hladilnim napravam, saj se z njihovo uporabo poraba energije zmanjšuje, zmanjšujejo pa se tudi emisije CO₂. Glavno slabost sistemov daljinskega hlajenja predstavljajo visoki začetni investicijski stroški ter dolga vračilna doba. V tem prispevku smo se osredotočili na optimizacijo sistema daljinskega hlajenja. Cilj te analize je določitev eksergijskega ter eksergoekonomskega optimalnega premera cevovoda s pripadajočo debelino izolacije. Analizo smo izvedli za različne hladilne moči, dolžine cevovoda, temperaturne režime hlajene vode ter za različne ter za dve različni vrsti cevi: predizolirane poliuretanske jeklene cevi ter polietilenske cevi brez izolacije.

2 Matematično modeliranje problema

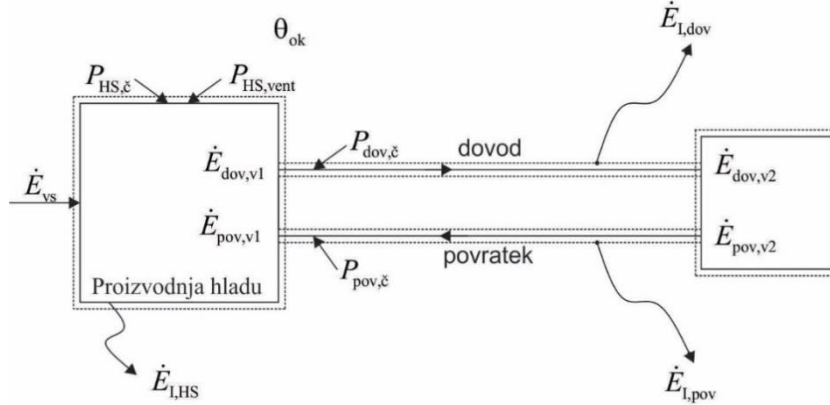
Hlad proizvodimo v centralni hladilni postaji in ga transportiramo po razvejani distribucijski mreži do posameznih odjemalcev. Distribucijska mreža je zgrajena iz dovodnih in povratnih cevi, ki povezujejo hladilno postajo z odjemalci. Pri pretoku sistemske vode skozi cev nastopa tlačni padec. Za premagovanje tlačnega padca je potrebno dovajati mehansko delo z obtočnimi črpalkami. Zaradi razlike temperatur med vodo v cevi in zemljino nastopajo toplotni dobitki. Te lahko zmanjšamo z manjšanjem premera cevi, vendar pa se posledično povečajo tlačne izgube in s tem poraba električne energije za pogon črpalk.

2.1 Eksergijska analiza

Eksergija nam pove, kolikšen del energije lahko pripišemo koristnemu delu energije, torej delu, ki ga lahko uporabimo v tehničnem sistemu. Vsebnost eksergije pri nosilcih energije z največjo kakovostjo, kot je npr. električna, je 100 %. Vsebnost eksergije toplote je manjša in je odvisna od temperature, pri kateri je ta toplota na voljo, ter od temperature okolice.

Slika 1 prikazuje meje sistema DH. Vstopni eksergijski tok v hladilnik je označen z \dot{E}_{vs} , eksergijske izgube toplotnega toka, ki ga odvedemo v hladilnih stolpih, je označen z $\dot{E}_{I,HS}$ moč obtočnih črpalk hlajene vode je $P_{HS,\check{c}}$, hladilne vode pa $P_{DM,\check{c}}$ ($P_{dov,\check{c}}$ na dovodu in $P_{pov,\check{c}}$ na povratku). Moč ventilatorjev v hladilnih stolpih je označena z $P_{HS,vent}$, eksergijske izgube zaradi toplotnih dobitkov na cevni mreži pa so označene z $\dot{E}_{I,dov}$ ter $\dot{E}_{I,pov}$.

Slika 1: Meje sistema DH



Vir: Čož. T: Eksergoekonomska optimizacija sistema DH, 2018.

Eksergijsko bilanco zapišemo v obliki eksergijskega produkta E_P ter eksergijskega goriva E_G (Bejan, 1996). Eksergijsko gorivo je torej celotna potrebna eksergija za generiranje eksergijskega produkta. Ta je v eksergijski obliki izražen končni produkt celotnega sistema. V našem primeru je to eksergija hladu, ki jo dovedemo odjemalcem.

Za celoten sistem DH, ki ga prikazuje slika 1, zapišemo eksergijski produkt ter eksergijsko gorivo z enačbama (1) in (2):

$$\dot{E}_P = \dot{E}_{dov,v2} - \dot{E}_{pov,v2} \quad (1)$$

$$\dot{E}_G = \dot{E}_{vs} + P_{HS,vent} + P_{HS,\dot{\epsilon}} + P_{DM,\dot{\epsilon}} \quad (2)$$

V proizvodnjo hladu so vključeni hladilnik (kompresorski ali absorpcijski), hladilni stolp ter obtočne črpalke hladilne vode. Kompresorski hladilniki so gnani z električno energijo, ki je čista eksergija. Vstopni eksergijski tok v kompresor hladilnika je torej kar enak moči kompresorja:

$$\dot{E}_{el} = P_{kom} \quad (3)$$

Absorpcijski hladilniki so gnani s toploto, ki je eksergijsko revnejša od električne energije. Vstopni eksergijski tok v absorpcijski hladilnik izračunamo po enačbi (4):

$$\dot{E}_g = \dot{Q}_g \left(1 - \frac{\theta_{ok}}{\theta_g} \right) \quad (4)$$

kjer θ_{ok} temperatura okolice, srednja temperatura grelne vode je $\bar{\theta}_g$, \dot{Q}_g pa je toplotni tok grelne vode. Na sliki 1 sta vstopna eksergijska tokova goriva v kompresorski (\dot{E}_{el}) in absorpcijski (\dot{E}_g) hladilnik označena z \dot{E}_{vs} .

Eksergijski izkoristek zapišemo kot razmerje med eksergijskim produktom in eksergijskim gorivom:

$$\varepsilon = \frac{E_P}{E_G} \quad (5)$$

2.2 Ekonomska analiza

Obravnavamo investicijske stroške, stroške obratovanja ter stroške vzdrževanja celotnega sistema DH. Kot investicijske stroške smo upoštevali nabavne vrednosti hladilnikov in hladilnih stolpov, obtočnih črpalk hladilne in hlajene vode ter nabavne vrednosti distribucijskega omrežja hlajene vode ter interne hladilne postaje. Med obratovne stroške smo šteli stroške goriva za pogon hladilnikov, stroške električne energije za pogon obtočnih črpalk hlajene in hladilne vode, stroške električne energije za pogon ventilatorjev v hladilnih stolpih in pa stroške porabe vode v hladilnih stolpih. Med vzdrževalne stroške smo vključili le vzdrževalne stroške hladilnikov. Stroškov dela nismo upoštevali ločeno saj pri primerjavi različnih vrst proizvojenj hladu nimajo vpliva. Del stroškov dela smo kljub temu upoštevali pri stroških vzdrževanja hladilnikov. Za izračun investicijskih stroškov smo uporabili naslednje enačbe:

- Nabavne vrednosti posameznih hladilnikov $Z_{0,hl}^{INV}$ (v €) v odvisnosti od hladilne moči \dot{Q}_H (v kW) (Čož, 2018):

$$Z_{0,hl}^{INV} = a \cdot \dot{Q}_H^b \quad (6)$$

V tabeli 1 so zapisane vrednosti koeficientov a in b v enačbi (6), ki smo jih določili na podlagi podatkov proizvajalcev posameznih hladilnikov.

Tabela 1: Vrednosti koeficientov a in b v enačbi (6) za posamezne vrste hladilnikov.

Vrsta hladilnika	a, €/kW	b, /
Enostopenjski absorpcijski hladilnik (EAH)	1130	0,6954
Dvostopenjski absorpcijski hladilnik (DAH)	697,8	0,7932
Vijačni kompresorski hladilnik (VKH)	489,9	0,7625
Centrifugalni kompresorski hladilnik (CKH)	22590	0,2583

Vir: Čož, T: Eksergoekonomska optimizacija sistema DH, 2018.

- Nabavne vrednosti hladilnih stolpov $Z_{0,HS}^{INV}$ (v €) v odvisnosti od odvedenega toplotnega toka iz kondenzatorja (v kW) (Čož, 2018):

$$Z_{0,HS}^{INV} = 12,52 \cdot \dot{Q}_{kond} + 955 \quad (7)$$

- Nabavne vrednosti obtočnih črpalk hladilne vode $Z_{0,HS,\check{c}}^{INV}$ (Čož, 2018):

$$Z_{0,HS,\check{c}}^{INV} = P_{HS,\check{c}} \cdot c_{\check{c}} \quad (8)$$

- Zunanji premer predizolirane jeklene cevi je linearno odvisen od notranjega premera cevi. Uporabljeni so bili dejanski podatki o ceveh proizvajalca LOGSTOR (2012):

$$d_{z,PU} = 1.315 \cdot d_n + 59.36 \quad (9)$$

- Strošek predizoliranih cevi je določen kot polinomska enačba 2. reda, katere koeficienti so: $a=0.0012 \text{ €/}(m \cdot mm^2)$, $b=0.2229 \text{ €/}(m \cdot mm)$ in $c=9.117 \text{ €/m}$. Podatki so bili pridobljeni s strani slovenskega uradnega zastopnika za LOGSTOR (2016):

$$\dot{z} = (a \cdot d_n^2 + b \cdot d_n + c) \cdot L \quad (10)$$

- Stroški polietilenskih cevi (PE) so določeni po enačbi (10). Uporabljeni koeficienti so: $a=0.001 \text{ €/}(m \cdot mm^2)$, $b=-0.0023 \text{ €/}(m \cdot mm)$ in $c=0.2227 \text{ €/m}$. Podatki so bili pridobljeni s strani slovenskih proizvajalcev (TATRA, 2016).

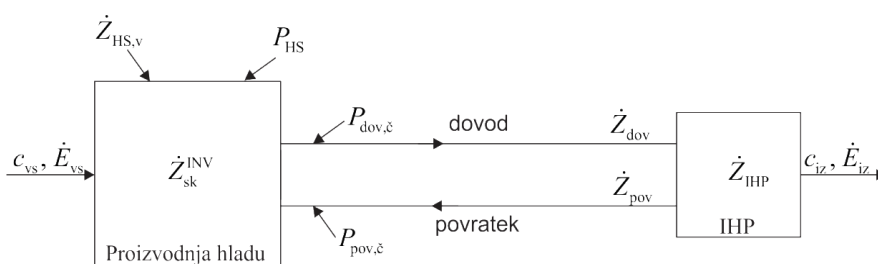
- Gradbeni stroški so določeni po enačbi 2. reda (Doberšek & Goričanec, 2009). Koeficienti so $a=0.0009 \text{ €/}(m \cdot mm^2)$, $b=0.4751 \text{ €/}(m \cdot mm)$ in $c=284.06 \text{ €/m}$.
- Investicijski stroški obtočnih črpalk so izračunani po enačbi (8) (Doberšek & Goričanec, 2009). Cena električne energije je $0,132 \text{ €/kWh}$.

$$\dot{Z}_{\epsilon,el} = c_{el} \cdot \frac{P_{\epsilon}}{\eta_{\epsilon}}. \quad (11)$$

2.3 Eksergoekonomski model

Slika 2 prikazuje sistem DH z vsemi vstopajočimi in izstopajočimi eksergijskimi tokovi (\dot{E}) ter pripadajočimi stroški na enoto eksurgije (c) in tokovi stroškov, ki niso povezani z eksurgijo (\dot{Z}).

Slika 2: Eksergoekonomska bilanca sistema DH.



Vir: Čož. T: Eksergoekonomska optimizacija sistema DH, 2018.

Splošno bilančno enačbo (12) za primer sistema daljinskega hlajenja s slike 2 lahko zapišemo kot:

$$c_{iz} \cdot \dot{E}_{iz} = \underbrace{c_{vs} \cdot \dot{E}_{vs} + P_{HS} \cdot c_{el} + \dot{Z}_{sk}^{INV} + \dot{Z}_{HS,v}}_{\text{proizvodnja}} + \underbrace{\dot{Z}_{DM} + P_{DM,\epsilon} \cdot c_{el}}_{\text{distribucija}} + \underbrace{\dot{Z}_{IHP}}_{\text{odjem}} \quad (12)$$

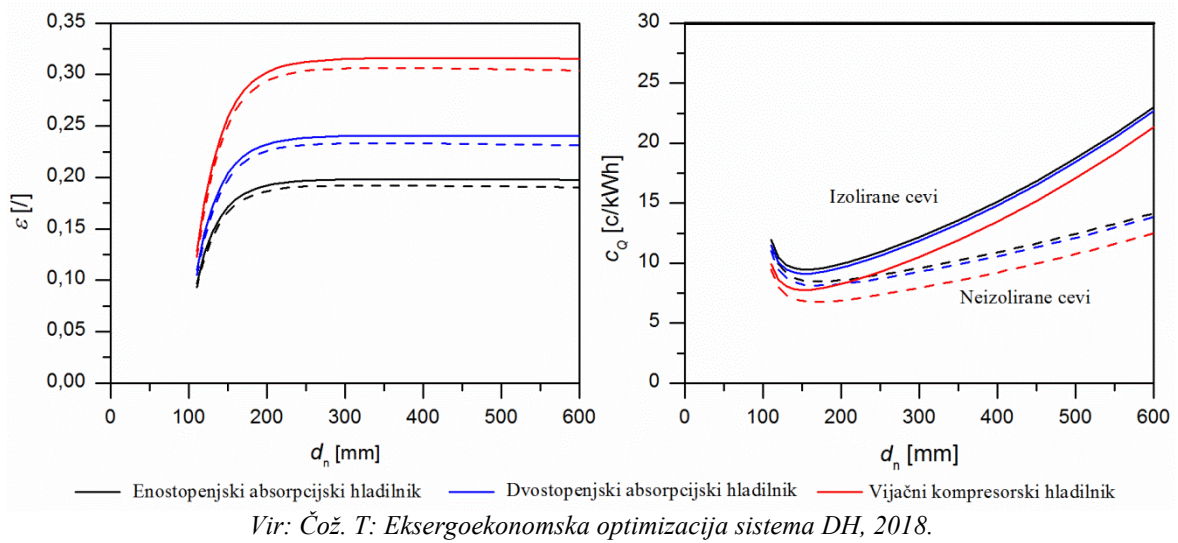
3 Rezultati

3.1 Primerjava med izoliranimi in neizoliranimi cevmi

Slika 3 prikazuje eksergijsko ter stroškovno optimalne premere cevi pri izbranih obratovalnih pogojih v primeru jeklenih izoliranih cevi (neprekinjena črta) ter neizoliranih polietilenskih cevi (prekinjena črta). Analizo smo izvedli pri hladilni moči 1000 kW.

Največji eksergijski izkoristek sistema DH dosežemo v primeru izoliranih cevi, vendar je razlika v primerjavi z neizoliranimi cevmi majhna (manj kot 0,01). Zaradi večjega vpliva toplotnih dobitkov pri večjih premerih cevovoda v primeru neizoliranih cevi so eksergijsko optimalni premeri nekoliko manjši. Pri majhnih premerih cevi je zaradi velikih tlačnih izgub vpliv premera cevi na eksergijski izkoristek velik. Z večanjem premera cevi se vpliv tlačnih izgub zmanjšuje, povečuje pa se vpliv toplotnih dobitkov v cevi zaradi povečanja površine za prehod toplote. Najvišje eksergijske izkoristke dosežemo v primeru proizvodnje hladu s kompresorskimi hladilniki (nad 0,3), najnižje pa v primeru proizvodnje hladu z enostopenjskimi absorpcijskimi hladilniki ($\epsilon=0,2$). Iz tega lahko zaključimo, da ima na eksergijski izkoristek večji vpliv proizvodnja hladu.

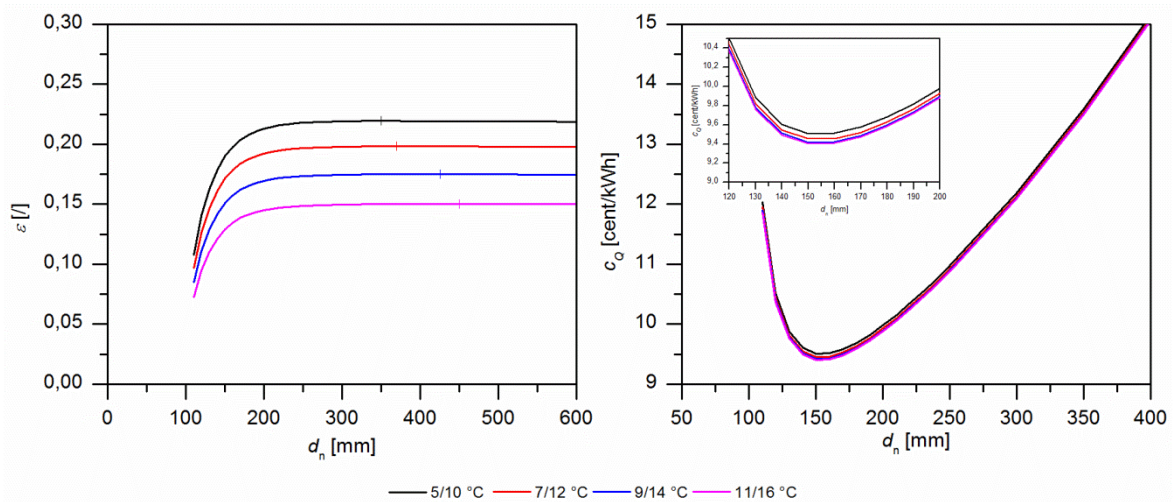
Slika 3: Eksergijski izkoristek in strošek dobave hladu v primeru izoliranih in neizoliranih cevi, dolžina dobavne linije je 1000 m, hladilna moč je 1000 kW.



3.2 Različni temperaturni režimi hlajene vode

Sistemi DH lahko obratujejo pri različnih temperaturnih režimih hlajene vode, zato smo analizirali vpliv teh na eksergijski izkoristek ter strošek odjema hladu. Temperaturni režim hlajene vode na primarni strani IHP lahko določi odjemalec glede na svoje potrebe in želje. Primerjamo eksergijske izkoristke sistema DH ter stroške odjema hladu za naslednje temperaturne režime hlajene vode: 5/10 °C, 7/12 °C, 9/14 °C in 11/16 °C.

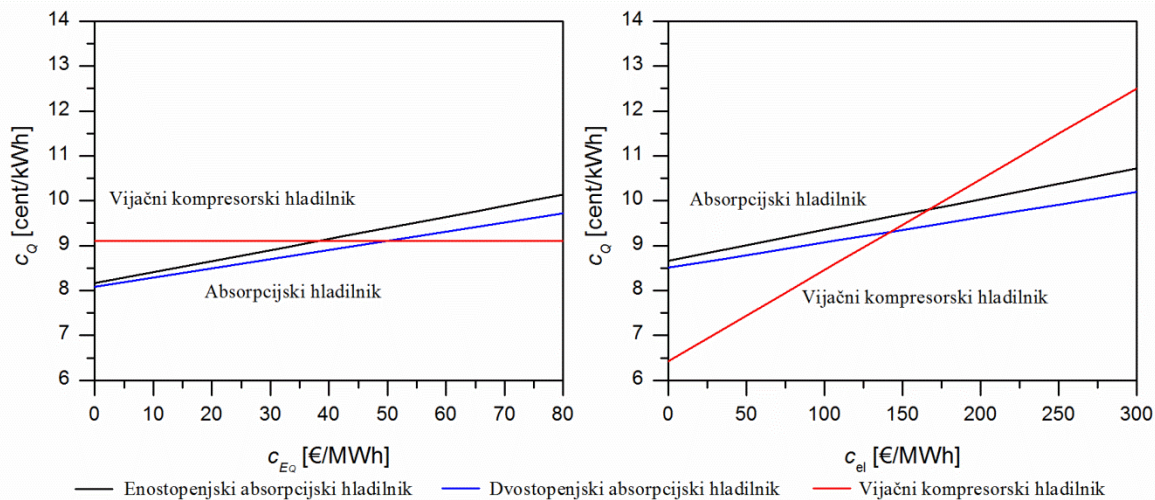
Slika 4: Eksergijski izkoristek in strošek dobave hladu v odvisnosti od temperaturnega režima hlajene vode; dolžina dobavne linije 1000 m, hladilna moč 1000 kW, enostopenjski absorpcijski hladilnik.



3.3 Različne cene toplote in električne energije

Cene električne energije in toplote se v različnih državah EU močno razlikujejo. Slika 5 prikazuje strošek dobave hladu v odvisnosti od cene eksergije toplote c_{E_o} (leva slika) ter od cene električne energije c_{el} (desna slika). V prvem primeru obravnavamo nespremenjeno ceno električne energije (132,45 €/MWh), medtem ko spreminjamo ceno eksergije toplote od 0 €/MWh do 80 €/MWh. V drugem primeru je nespremenljiva cena eksergije toplote (57,2 €/MWh), ceno električne energije pa spreminjamo od 0 €/MWh do 300 €/MWh.

Slika 5: Strošek dobave hladu v odvisnosti od eksergije toplote (levo) ter cene električne energije (desno); hladilna moč je 1000 kW, dolžina cevovoda je 1000 m.



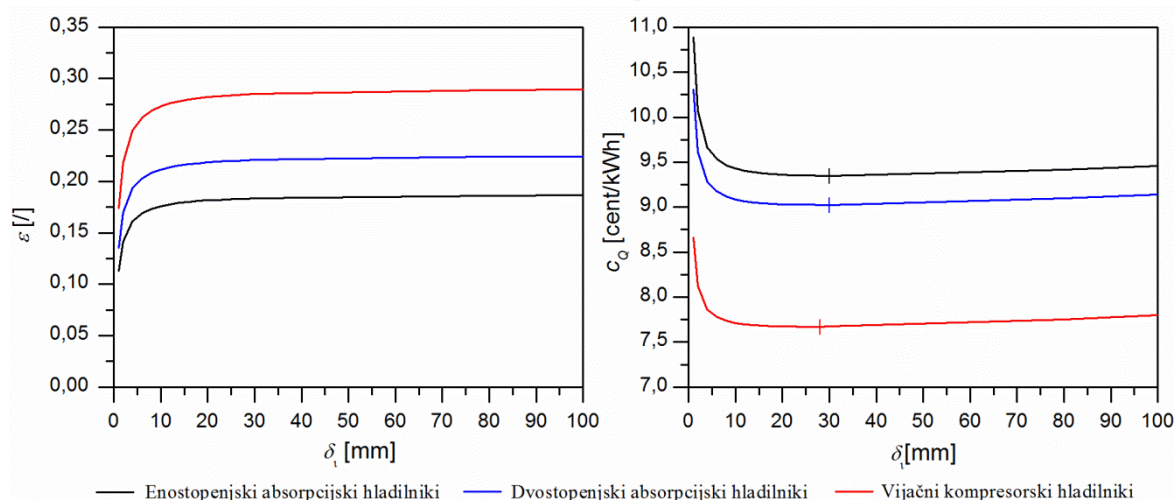
Vir: Čož, T: Eksergoekonomska optimizacija sistema DH, 2018.

Ceni električne energije ter eksergije toplote imata velik vpliv na odločitev pri izbiri vrste proizvodnje hladu. V primeru nizkih cen eksergije toplote je stroškovno bolj upravičena gradnja sistema DH z absorpcijskim hladilnikom, v primeru nizkih cen električne energije pa proizvodnja hladu s kompresorskim hladilnikom. Iz analize diagramov na sliki 5 ugotovimo, da je proizvodnja hladu z absorpcijskimi hladilniki upravičena v primeru, ko je cena eksergije toplote nižja od 32 €/MWh_E v primeru enostopenjskih absorpcijskih hladilnikov ter nižja od 50 €/MWh_E v primeru dvostopenjskih absorpcijskih hladilnikov.

3.4 Optimalna debelina izolacije

Slika 6 prikazuje eksergijsko ter stroškovno optimalne debeline izolacije jeklenih cevi za tri različne primere hladilnikov. Upoštevali smo povprečno ceno izolacije 372,84 €/m³. Z večanjem debeline izolacije se eksergijski izkoristek sistema DH povečuje, zato eksergijsko optimalna debelina izolacije ni določljiva. Stroškovno optimalna debelina izolacije pa je pri dolžini 1000 m za vse hladilne moči in ne glede na vrsto proizvodnje hladu približno enaka in znaša 30 mm.

Slika 6: Eksergijski izkoristek in strošek dobave hladu v odvisnosti od debeline izolacije pri hladilni moči 1000 kW in dolžini 1000 m, premer cevovoda 175 mm.



Vir: Čož, T: Eksergoekonomska optimizacija sistema DH, 2018.

4 Sklepi

Eksergijski izkoristek distribucijske mreže daljinskega hlajenja nam lahko služi kot kriterij za izgradnjo energetske učinkovitejšega sistema, z eksergoekonomskim pristopom pa optimiramo še stroške. V študiji smo analizirali vpliv različnih parametrov na eksergijske izkoristke ter ceno hladu. Ti parametri so: vpliv izolacije (ali je cev izolirana ali ne), temperaturni režim hlajene vode, cena toplote in električne energije ter debelina izolacije. Dolžina cevovoda je bila v vseh primer enaka 1000 m. Optimalen eksergijski izkoristek je večji v primeru predizoliranih cevi, kar je pričakovano, saj so toplotni dobitki v tem primeru manjši. Cena hladu je nižja v primeru predizoliranih cevi kljub temu, da so investicijski stroški bistveno večji kot pri polietilenskih ceveh. Vendar pa se z večanjem hladilne moči razlika v ceni zmanjšuje. Nižji temperaturni režim hlajene vode pomeni višje eksergijske izkoristke vendar pa tudi višjo ceno hladu. Proizvodnja hladu z absorpcijskimi hladilniki je upravičena v primeru, ko je cena eksergije toplote nižja od 32 €/MWh_E v primeru enostopenjskih absorpcijskih hladilnikov ter nižja od 50 €/MWh_E v primeru dvostopenjskih absorpcijskih hladilnikov. Optimalna debelina izolacije znaša 30 mm.

Uporabljeni simboli

C	specifični stroški, €/kWh
\dot{E}	eksergijski tok, W
d	notranji premer cevi, m, mm
L	dolžina, m
\dot{Q}	toplotni tok, W
P	moč, W
\dot{z}	fiksni stroški, €/m
\dot{Z}	tok stroškov, €/s

Grški simboli

ϵ	eksergijski izkoristek
θ	temperatura, °C
η	energijski izkoristek

dob	dobitki
dov	dovod
DM	distribucijska mreža
č	črpalka
el	električna
g	grelna
G	gorivo
H	hladilna
HS	hladilni stolp
I	izgube
INV	investicijski
iz	izstop
n	notranji
ok	okolice
P	produkt

Indeksi

dob dobitki
dov dovod
č črpalka

sk sk
v voda
vs vstop

Literatura in viri

1. A. Bejan, G. Tsatsaronis & M. Moran (1996). *Thermal design and optimization*. Wiley.com.
2. Čož, T, Poredoš, A. & Kitanovski A. (2018). *Eksergoekonomska optimizacija sistema daljinskega hlajenja: doktorska disertacija..* Ljubljana: Fakulteta za strojništvo.
3. Dobersek, D., & Goricanec, D. (2009). Optimisation of tree path pipe network with nonlinear optimisation method. *Applied Thermal Engineering*, 29(8–9), 1584-1591.
4. LOGSTOR. (2012). Product Catalogue -The bonded pipe system. Najdeno 28.8.2016 na spletnem naslovu <https://www.logstor.com/media/5333/product-catalogue-uk-201605-2.pdf>.
5. LOGSTOR. (2016). Pipe pricelist. Osebni kontakt ESTA d.o.o (Matija Rustja), zastopstvo za LOGSTOR, 9.2.2016.
6. TATRA. (2016). Pipes PE 80 and PE 100 for water supply network. Najdeno 28.8.2016 na spletnem naslovu <http://www.zagozen.si/si/vodovod/cevi/pe-cevi>