

Elektros energijos gamybos šaltinių išorinių kaštų Lietuvoje vertinimas

Dalia Štreimikienė

Lietuvos energetikos institutas,
Kompleksinių energetikos
tyrimų laboratorija,
Breslaujos g. 3, LT-44403 Kaunas
El. paštas: dalia@mail.lei.lt

Ilona Ališauskaitė-Šeškienė

Kauno technologijos universitetas,
Ekonomikos ir vadybos fakultetas,
Ekonomikos ir tarptautinės
prekybos katedra, Laisvės al. 55,
LT-44309 Kaunas
El. paštas: i.alisauskaite@gmail.com

Straipsnyje analizuojami elektros energijos gamybos šaltinių išoriniai kaštai, kurie yra itin svarbūs siekiant sukurti efektyvią politiką, mažinančią neigiamus elektros energijos gamybos ir vartojimo efektus. Aprašoma ExternE metodika, kuri leidžia tiksliai nustatyti išorinius energijos šaltinių kaštus atsižvelgiant į elektrinės dislokacijos vietą ir meteorologines vietovės sąlygas. Remiantis šia metodika ir panaudojant jos modelį EcoSense, pateikiama Lietuvos ir ES-27 išorinių kaštų dėl teršalų emisijų į atmosferą analizė, o taip pat išorinių elektros energijos gamybos šaltinių kaštų Lietuvoje analizė. Išvados teigiama, kad mažiausiais išoriniais kaštais pasižymi atsinaujinančius energijos išteklius naudojančios elektrinės, pateikiamas išorinių kaštų palyginimas pagal poveikio sritis ir energijos gamybos šaltinių ciklo stadijas.

Raktažodžiai: elektros energijos gamybos šaltiniai, išoriniai kaštai, išorinių poveikių integravimo politika, atsinaujinanti energetika, vertinimas

ĮVADAS

Auga visuomenės poreikiai energijai, naudingiesiems ištekliams ir kitoms gamtos gėrybėms. Energija ir jos tiekimo stabilumas yra vienas iš esminių šiuolaikinės ekonomikos klausimų. Žmogaus veikla sukelia poveikius ekosistemoms ir kitiems gyvosios gamtos elementams bei sąlygoja galimos rizikos atsiradimą žmonėms. Tokios veiklos išoriniai poveikiai, neįvertinti kainoje. Būtina pabrėžti, kad elektros energija visuomenės gyvenime ir veikloje yra viena svarbiausių ir patogių naudoti prekių, todėl jos gamybos didėjimas yra neišvengiamas, o elektros energijos gamybos sukelti neigiami poveikiai aplinkai turi būti įvertinti ir integruoti į bendrus kaštus.

Neįvertinti išoriniai kaštai, pasak K. W. Kapp, B. Barsma ir J. G. Lamboy [1, 2] lemia, kad įmonė priima netinkamus sprendimus nustatant gamybos apimtį. Kitas svarbus veiksnys, pasak T. Tietenberg [3], neigiami išoriniai

poveikiai sąlygoja, kad prekių, kurių gamybos rezultatas yra išoriniai kaštai, bus pagaminta per daug. Integravus išorinius kaštus, prekės kaina išaugtų, o jos paklausa ir kartu pasiūla sumažėtų.

P. Rafaj, S. Kypreos [4] teigia, kad išorinių kaštų integravimas į pilnus energijos gamybos kaštus yra labai svarbus siekiant mažinti neigiamą įtaką aplinkai dėl energijos gamybos ir vartojimo. Įmonės, dėl kurių veiklos susidaro išoriniai kaštai neturi paskatų integruoti išorinių kaštų ir mažinti prekių gamybos. Paprastai jiems užtenka neperžengti aplinkosauginių įstatymų numatytų teršalų emisijų limitų nekreipiant dėmesio į tolimesnę riziką ir nuostolius. Išorinius poveikius būtina integruoti naudojant įvairius ekonominius instrumentus, t. y. reguliuojančios institucijos turi užtikrinti, kad išoriniai poveikiai būtų integruoti prekių kainose [5].

Neigiamų išorinių kaštų integravimas elektros kainoje yra labai svarbus elektros energetikos sektoriuje, nes leistų padidinti atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimo

elektros gamybai patrauklumą. A. Owen [6] teigia, kad rinkos „nematoma ranka“ negali užtikrinti darnios energetikos plėtros. A. Owen išorinius kaštus nurodo kaip pagrindinį rinkos barjerą atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimo plėtrai, kuriam įveikti būtina elektros kainoje integruoti tradicinių elektros energijos gamybos šaltinių išorinius kaštus.

Elektros energijos šaltinių ciklo kaštai šiuo metu yra laikomi svarbiausiu kriterijumi priimant sprendimus elektros energetikos sektoriuje [7]. Vertinant elektros energijos šaltinių ciklo kaštus turėtų būti įvertintas elektros energijos šaltinių poveikis žmonių sveikatai bei aplinkai dėl atmosferos taršos ir klimato kaitos. Šis poveikis turi apimti visą elektros energijos gamybos šaltinių ciklą (nuo elektrinės pastatymo iki panaudoto kuro sutvarkymo), o ne tik išorinius kaštus, susijusius su elektros energijos gamybos stadija. Tokiu būdu labai svarbu įvertinti visus elektros energijos šaltinių ciklo metu susidarančius teršalus bei įvertinti išorinius kaštus dėl šių teršalų emisijos į atmosferą. Norint palyginti skirtingas elektros energijos gamybos technologijas būtina išorinius kaštus dėl teršalų emisijos į atmosferą, gautus EUR/t, transformuoti į išorinius kaštus vienai elektros energijos kilovatvalandei pagaminti, EURct/kWh, atskiro tipo elektrinėse, deginančiose skirtingą kurą.

ExternE metodika

ES Bendrosios Programos projektų rėmuose sukurta ExternE metodika leidžia tiksliai nustatyti išorinius energijos šaltinių ciklo kaštus atsižvelgiant į elektrinės dislokacijos vietą, meteorologinių vietovės sąlygų, tokių kaip vėjo kryptis, greitis ir temperatūra, bei gyventojų, žemės ūkio pasėlių ir kt. pasis-

kirstymą vietovėje [8, 9]. Štutgarto universitete buvo sukurtas ir pritaikytas Europai išorinių energijos kaštų vertinimo modelis EcoSense, leidžiantis įvertinti išorinius kuro ciklo kaštus [10, 11]. EcoSense išorinių kaštų skaičiavimo modelis, parengtas pagal ExternE metodiką, suteikia galimybę nustatyti taršos poveikius vietiniu ir regioniniu lygmeniu. ExternE projektas buvo pradėtas 1995 m. ir buvo vykdomas keliais etapais pagal Bendrąją programą. ES buvo finansuoti šie išorinių kaštų vertinimo projektai: ExternE, NewExt, ExternE-Pol, DIEM, ECOSIT, INDES, MAXIMA, NEEDS ir CASES. Kiekviena ES šalis narė, tarp jų ir Lietuva, dalyvaudama CASES projekte, remdamasi vieninga metodika, nustatė įvairių energijos gamybos šaltinių išorinius elektros energijos gamybos šaltinių kaštus [12].

Pagal ExternE metodiką išoriniai kaštai dėl elektros energijos gamybos yra vertinami pagal šias pagrindines išorinių kaštų kategorijas [13–18]:

1. Poveikis žmogaus sveikatai:
 - dėl tradicinių teršalų (NH_3 ; LOJ, NO_x , SO_2 , kietųjų dalelių) emisijos;
 - dėl kitų teršalų, t. y. sunkiųjų metalų (Cd, As, Ni, Pb, Hg, Cr, Cr-IV) emisijų.
2. Poveikis aplinkai:
 - dėl rūgštėjimo ir eutrofikacijos prarastos biologinės įvairovės;
 - poveikis pasėliams dėl ozono ir azoto nuosėdų bei SO_2 emisijų;
 - poveikis medžiagoms ir pastatams dėl SO_2 ir NO_x emisijų.
3. Radionuklidų poveikis žmonių sveikatai.
4. Klimato kaitos poveikis.

1 lentelė. Vidutiniai išoriniai kaštai dėl tonos teršalų emisijos ES-27 ir Lietuvoje 2010 ir 2020, EUR/t

Išorinių kaštų kategorijos	2010, EUR/tm.		2020, EUR/t	
	ES-27	Lietuva	ES-27	Lietuva
Poveikis žmonių sveikatai				
NH_3	9 482	4 348	5 837	2 371
LOJ	584	326	238	56
NO_x	5 591	3 966	6 620	4 653
Kietosios dalelės	1 325	390	1381	397
Ypač smulkios kietosios dalelės	24 410	10 969	24 191	11 169
SO_2	6 070	4 412	6 673	5 017
Bioįvairovės praradimas				
NH_3	3 266	2 229	3 295	2 278
LOJ	-67	-28	-48	-25
NO_x	903	590	868	557
SO_2	177	139	192	
Poveikis grūdinių kultūrų pasėliams				
NH_3	-183	-11	-183	-10
LOJ	189	35	103	16
NO_x	328	129	435	104
SO_2	-27	-14	-41	-16
Poveikis medžiagoms ir pastatams				
NO_x	71	74	71	74
SO_2	259	187	259	187

Poveikis žmonių sveikatai, bioįvairovės praradimui, grūdinių kultūrų pasėliams ir medžiagoms dėl tradicinių teršalų (NH_3 , LOJ, NO_x , SO_2 , kietųjų dalelių) emisijos yra nustatomas kiekvienai šaliai individualiai pritaikant EcoSense modelį, kuriame įvertinamas taršos objektų geografinis išsidėstymas [12]. Kiti išoriniai elektros energijos gamybos kaštai (dėl sunkiųjų metalų ir radionuklidų poveikio žmonių sveikatai bei klimato kaitos) buvo įvertinti kaip vidutiniai visoms ES šalims narėms.

Teršalų emisijų išoriniai kaštai į Lietuvos atmosferą

Remiantis ExternE metodika ir panaudojant EcoSense modelį buvo įvertinti išoriniai elektros energijos šaltinių išoriniai kaštai dėl tradicinių teršalų emisijos į atmosferą. Pirmiausia buvo įvertinti išoriniai kaštai dėl tradicinių teršalų emisijų į atmosferą Lietuvoje ir ES-27 2010 ir 2020 m. (1 lentelė).

Kaip matyti iš 1 lentelėje pateiktų duomenų, kai kurie išoriniai kaštai yra su minuso ženklu, t. y. turi neigiamą, o teigiamą poveikį, kaip, pavyzdžiui, Lakieji organiniai junginiai (LOJ) – bioįvairovei arba NH_3 ir SO_2 – grūdinėms kultūroms.

Kitas svarbus aspektas, kad didžiausia žala dėl elektros energijos gamybos yra susijusi su neigiama teršalų emisijų įtaka žmonių sveikatai. Išoriniai kaštai dėl poveikio žmonių sveikatai, t. y. sunkiųjų metalų (Cd, As, Ni, Pb, Hg, Cr, Cr-IV) ir formaldehido emisijų, bei išoriniai kaštai dėl radionuklidų ir klimato kaitos poveikio CASES projekte buvo įvertinti vidutiniai visoms ES šalims narėms. 2 lentelėje pateikti vidutiniai išoriniai kaštai dėl sunkiųjų metalų [10] ir radionuklidų neigiamo poveikio žmonių sveikatai [16].

Kaip matyti iš 2 lentelėje pateiktų duomenų, vidutiniai išoriniai kaštai dėl sunkiųjų metalų ir radionuklidų emisijų buvo nustatyti tokie patys visu periodu nuo 2010 iki 2030 m.

2 lentelė. Vidutiniai išoriniai kaštai dėl tonos teršalų emisijos 2010–2030 m. ES – 27, EUR/t

Sunkiųjų metalų pavadinimas	Išoriniai kaštai EUR/t
Išoriniai kaštai dėl sunkiųjų metalų poveikio žmonių sveikatai	
Cd	39 000
As	80 000
Ni	4 000
Pb	600 000
Hg	8 000 000
Cr	31 500
Cr-VI	240 000
Formaldehidas	200
Dioksinas	3.700E+10
Išoriniai kaštai dėl radionuklidų poveikio žmonių sveikatai	
Radionuklidų pavadinimas	Išoriniai kaštai EUR/Bq
Radioaktyvus aerosoliai (emisijos į orą)	2.5744E-04
Anglis-14 (emisijos į orą)	1.1877E-02
Anglis-14 (emisijos į vandenį)	1.2872E-04
Cezis-137 (emisijos į orą)	9.5253E-04
Cezis-137 (emisijos į vandenį)	1.2615E-05
Vandenilis-3; Tritis (emisijos į orą)	5.2775E-07
Vandenilis-3; Tritis (emisijos į vandenį)	1.0941E-07
Jodas-129 (emisijos į orą)	8.2381E-03
Jodas-131 (emisijos į orą)	2.6130E-03
Kriptonas-85 (emisijos į orą)	2.7546E-08
Inertinės dujos (emisijos į orą)	5.5350E-08
Radonas-222 (emisijos į orą)	3.2180E-07
Toris-230 (emisijos į orą)	3.8616E-03
Toris-230 (emisijos į vandenį)	3.8616E-03
Uranas-234 (emisijos į orą)	1.0298E-03
Uranas-234 (emisijos į vandenį)	1.0298E-03
Uranas-238 (emisijos į orą)	9.0104E-04
Uranas-238 (emisijos į vandenį)	9.0104E-04
Sr-90	6.0498E-07
Ru-106	4.2478E-07
Pb-210	1.2872E-04
Po-210	1.2872E-04
Ra-226	7.7232E-05

3 lentelė. Vidutiniai išoriniai kaštai dėl klimato kaitos 2010–2050, EUR/t

Šiltnamio dujų emisijos	2010 m.	2015 m.	2020 m.	2025 m.	2030 m.	2040 m.	2050 m.
CO ₂	21	21	21	23	30	46	61
CH ₄	441	441	441	483	630	966	1 281
N ₂ O	6 510	6 510	6 510	7 130	9 300	14 260	18 910

Vidutiniai išoriniai kaštai dėl klimato kaitos ES-27 buvo nustatyti CASES [14] ir NEEDS [18] projektuose, remiantis ribiniais šiltnamio dujų emisijų mažinimo kaštais periodu nuo 2010 iki 2050 m. (3 lentelė).

Remiantis CASES ir NEEDS projektų rezultatais, kurie gauti pasitelkus ECOSENCE modelį, buvo įvertinti Lietuvos išoriniai kaštai dėl pagrindinių teršalų emisijos į atmosferą (1, 2 ir 3 lentelės), atliktas esamų ir perspektyvinių elektros energijos gamybos technologijų išorinių kaštų vertinimas Lietuvoje 2010 m., 2020 m. ir 2030 m.

Išoriniai elektros energijos gamybos šaltinių kaštai Lietuvoje

Siekiant nustatyti išorinius kaštus dėl 1 kWh elektros energijos pagaminimo reikia išorinius kaštus dėl teršalų emisijų padauginti iš teršalų emisijų kiekio, kuris išsiskiria kiekvienoje elektros energijos gamybos šaltinio ciklo stadijoje [17–19]. Tokiu būdu įvertinami viso kuro ciklo išoriniai kaštai.

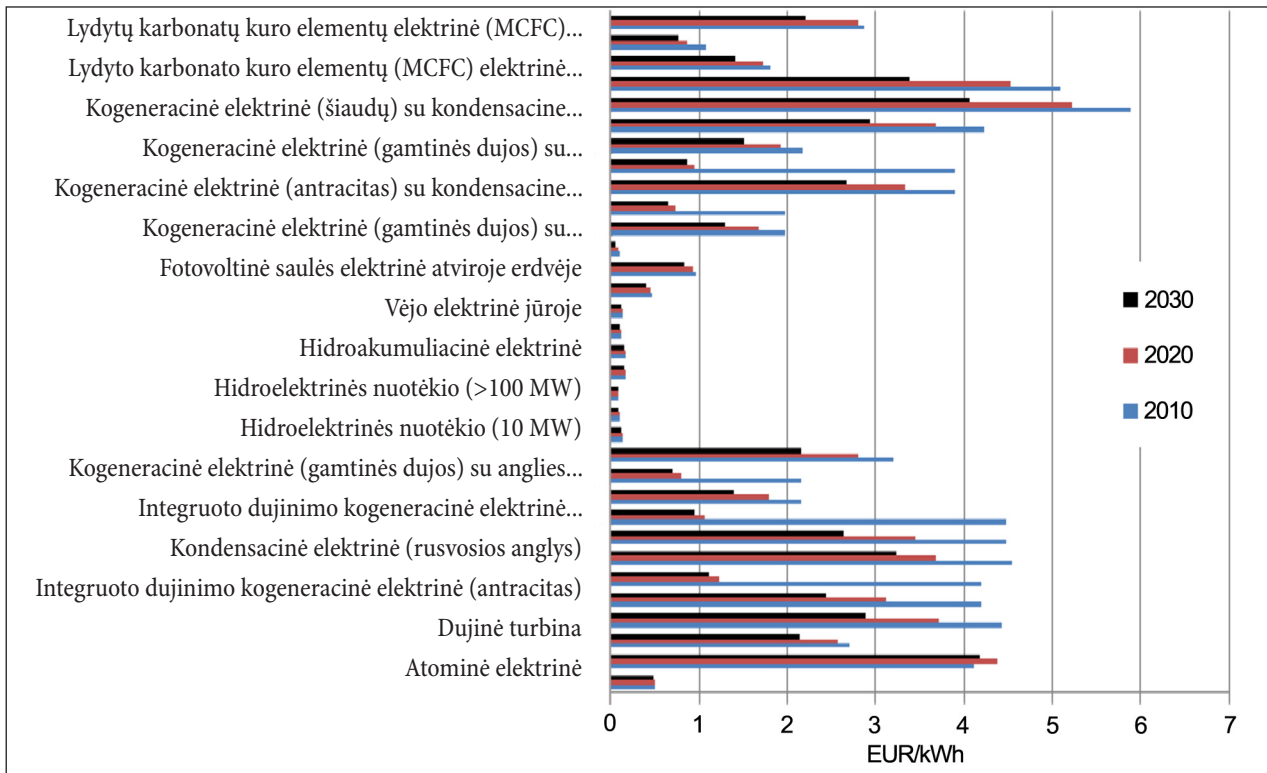
4 lentelėje ir 1 pav. pateikiami visi išoriniai elektros energijos gamybos šaltinių kaštai dėl poveikio žmonių sveikatai, aplinkai (bioįvairovės praradimas, poveikis grū-

4 lentelė. Išoriniai elektros energijos gamybos šaltinių kaštai Lietuvoje, EURct/kWh

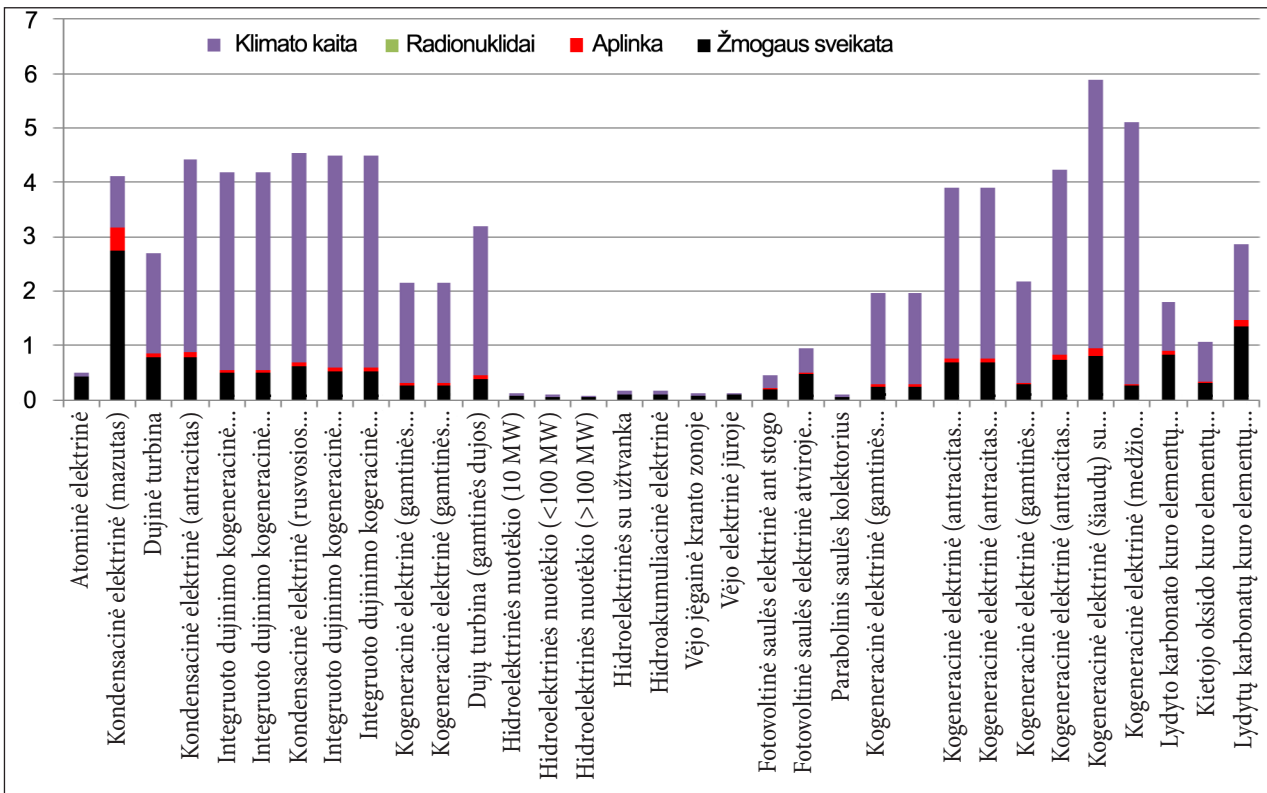
Eil. Nr.	Elektros energijos gamybos šaltiniai	2010 m.	2020 m.	2030 m.
1.	Atominė elektrinė	0,499	0,496	0,483
2.	Kondensacinė elektrinė (mazutas)	4,108	4,374	4,177
3.	Dujinė turbina	2,707	2,563	2,137
4.	Kondensacinė elektrinė (antracitas)	4,433	3,719	2,892
5.	Integruoto dujinimo kogeneracinė elektrinė (antracitas)	4,188	3,121	2,441
6.	Integruoto dujinimo kogeneracinė elektrinė (antracitas) su anglies dvideginio sugėrimu (CCS)	4,188	1,235	1,112
7.	Kondensacinė elektrinė (rusvosios anglys)	4,544	3,687	3,232
8.	Integruoto dujinimo kogeneracinė elektrinė (rusvosios anglys)	4,485	3,443	2,637
9.	Integruoto dujinimo kogeneracinė elektrinė (rusvosios anglys) su anglies dvideginio sugėrimu (CCS)	4,485	1,057	0,947
10.	Kogeneracinė elektrinė (gamtinės dujos)	2,152	1,795	1,395
11.	Kogeneracinė elektrinė (gamtinės dujos) su anglies dvideginio sugėrimu (CCS)	2,152	0,801	0,698
12.	Dujų turbina (gamtinės dujos)	3,197	2,803	2,155
13.	Hidroelektrinės nuotėkio (10 MW)	0,135	0,134	0,121
14.	Hidroelektrinės nuotėkio (<100 MW)	0,096	0,095	0,087
15.	Hidroelektrinės nuotėkio (>100 MW)	0,087	0,086	0,078
16.	Hidroelektrinės su užtvanka	0,168	0,166	0,151
17.	Hidroakumuliacinė elektrinė	0,163	0,162	0,148
18.	Vėjo elektrinė kranto zonoje	0,116	0,114	0,105
19.	Vėjo elektrinė jūroje	0,128	0,127	0,119
20.	Fotovoltinė saulės elektrinė ant stogo	0,463	0,447	0,393
21.	Fotovoltinė saulės elektrinė atviroje erdvėje	0,964	0,933	0,828
22.	Parabolinis saulės kolektorius	0,108	0,083	0,06
23.	Kogeneracinė elektrinė (gamtinės dujos) su kondensacine turbina	1,967	1,668	1,303
24.	Kogeneracinė elektrinė (gamtinės dujos) su kondensacine turbina ir anglies dvideginio sugėrimu (CCS)	1,967	0,739	0,647
25.	Kogeneracinė elektrinė (antracitas) su kondensacine turbina	3,905	3,341	2,666
26.	Kogeneracinė elektrinė (antracitas) su kondensacine turbina ir anglies dvideginio sugėrimu (CCS)	3,905	0,955	0,866
27.	Kogeneracinė elektrinė (gamtinės dujos) su priešslėgine turbina	2,174	1,932	1,516
28.	Kogeneracinė elektrinė (antracitas) su priešslėgine turbina	4,226	3,680	2,937
29.	Kogeneracinė elektrinė (šiaudų) su kondensacine turbina	5,894	5,222	4,068
30.	Kogeneracinė elektrinė (medžio skiedrų) su kondensacine turbina	5,098	4,533	3,381
31.	Lydyto karbonato kuro elementų (MCFC) elektrinė (gamtinės dujos)	1,812	1,730	1,415
32.	Kietojo oksido kuro elementų (SOFC) elektrinė (gamtinės dujos)	1,075	0,862	0,765
33.	Lydytų karbonatų kuro elementų elektrinė (MCFC) (biodujos)	2,871	2,811	2,214

dinėms kultūroms, medžiagoms ir pastatams), dėl radiacijos poveikio žmonių sveikatai ir klimato kaitos Lietuvoje 2010 m., 2020 m. ir 2030 m. [15].

Elektros energijos gamybos šaltinių išoriniai kaštai Lietuvoje pagal 4 pagrindines kategorijas (poveikio sritis) 2010 m. pateikti 5 lentelėje ir 2 pav.



1 pav. Išoriniai elektros energijos gamybos šaltinių kaštai Lietuvoje



2 pav. Elektros energijos gamybos šaltinių išoriniai kaštai Lietuvoje pagal 4 pagrindines poveikio sritis

5 lentelė. Elektros energijos gamybos šaltinių išoriniai kaštai Lietuvoje 2010 m. pagal pagrindines poveikio sritis, EURct/kWh

Eil. Nr.	Elektros energijos gamybos technologijos	Poveikis žmogaus sveikatai	Poveikis aplinkai	Radionuklidų poveikis	Klimato kaitos poveikis
1.	Atominė elektrinė	0,4309	0,0067	0,0009	0,0599
2.	Kondensacinė elektrinė (mazutas)	2,7407	0,4359	0	0,9311
3.	Dujinė turbina	0,7851	0,0807	0	1,8409
4.	Kondensacinė elektrinė (antracitas)	0,7789	0,0956	0	3,5581
5.	Integruoto dujinimo kogeneracinė elektrinė (antracitas)	0,4981	0,0581	0	3,6321
6.	Integruoto dujinimo kogeneracinė elektrinė (antracitas) su anglies dvideginio sugėrimu (CCS)	0,4981	0,0581	0	3,6321
7.	Kondensacinė elektrinė (rusvosios anglys)	0,6235	0,0725	0	3,8477
8.	Integruoto dujinimo kogeneracinė elektrinė (rusvosios anglys)	0,5388	0,0567	0	3,8899
9.	Integruoto dujinimo kogeneracinė elektrinė (rusvosios anglys) su anglies dvideginio sugėrimu (CCS)	0,5388	0,0567	0	3,8899
10.	Kogeneracinė elektrinė (gamtinės dujos)	0,2756	0,0377	0	1,8385
11.	Kogeneracinė elektrinė (gamtinės dujos) su anglies dvideginio sugėrimu (CCS)	0,2756	0,0377	0	1,8385
12.	Dujų turbina (gamtinės dujos)	0,3932	0,0576	0	2,7465
13.	Hidroelektrinės nuotėkio (10 MW)	0,0741	0,0067	0	0,0541
14.	Hidroelektrinės nuotėkio (<100 MW)	0,0530	0,0048	0	0,0386
15.	Hidroelektrinės nuotėkio (>100 MW)	0,0477	0,0043	0	0,0348
16.	Hidroelektrinės su užtvanka	0,0912	0,0083	0	0,0684
17.	Hidroakumuliacinė elektrinė	0,092	0,0086	0	0,0617
18.	Vėjo elektrinė kranto zonoje	0,0720	0,0029	0	0,0412
19.	Vėjo elektrinė jūroje	0,0933	0,0025	0	0,0322
20.	Fotovoltinė saulės elektrinė ant stogo	0,2056	0,0142	0	0,2428
21.	Fotovoltinė saulės elektrinė atviroje erdvėje	0,4704	0,0284	0	0,4647
22.	Parabolinis saulės kolektorius	0,0623	0,0039	0	0,0419
23.	Kogeneracinė elektrinė (gamtinės dujos) su kondensacine turbina	0,2535	0,0345	0	1,6786
24.	Kogeneracinė elektrinė (gamtinės dujos) su kondensacine turbina ir anglies dvideginio sugėrimu (CCS)	0,2535	0,0345	0	1,6786
25.	Kogeneracinė elektrinė (antracitas) su kondensacine turbina	0,6876	0,0842	0	3,1328
26.	Kogeneracinė elektrinė (antracitas) su kondensacine turbina ir anglies dvideginio sugėrimu (CCS)	0,6876	0,0842	0	3,1328
27.	Kogeneracinė elektrinė (gamtinės dujos) su priešslėgine turbina	0,2808	0,0381	0	1,8550
28.	Kogeneracinė elektrinė (antracitas) su priešslėgine turbina	0,7490	0,0910	0	3,3858
29.	Kogeneracinė elektrinė (šiaudų) su kondensacine turbina	0,7990	0,1600	0	4,9348
30.	Kogeneracinė elektrinė (medžio skiedrų) su kondensacine turbina	0,2641	0,0332	0	4,8010
31.	Lydyto karbonato kuro elementų (MCFC) elektrinė (gamtinės dujos)	0,8327	0,0757	0	0,9031
32.	Kietojo oksido kuro elementų (SOFC) elektrinė (gamtinės dujos)	0,3118	0,0343	0	0,7290
33.	Lydytų karbonatų kuro elementų elektrinė (MCFC) (biodujos)	1,3479	0,1125	0,0002	1,4104

Išoriniai kaštai elektros energijos gamybos šaltiniams nustatomi šioms ciklo stadijoms:

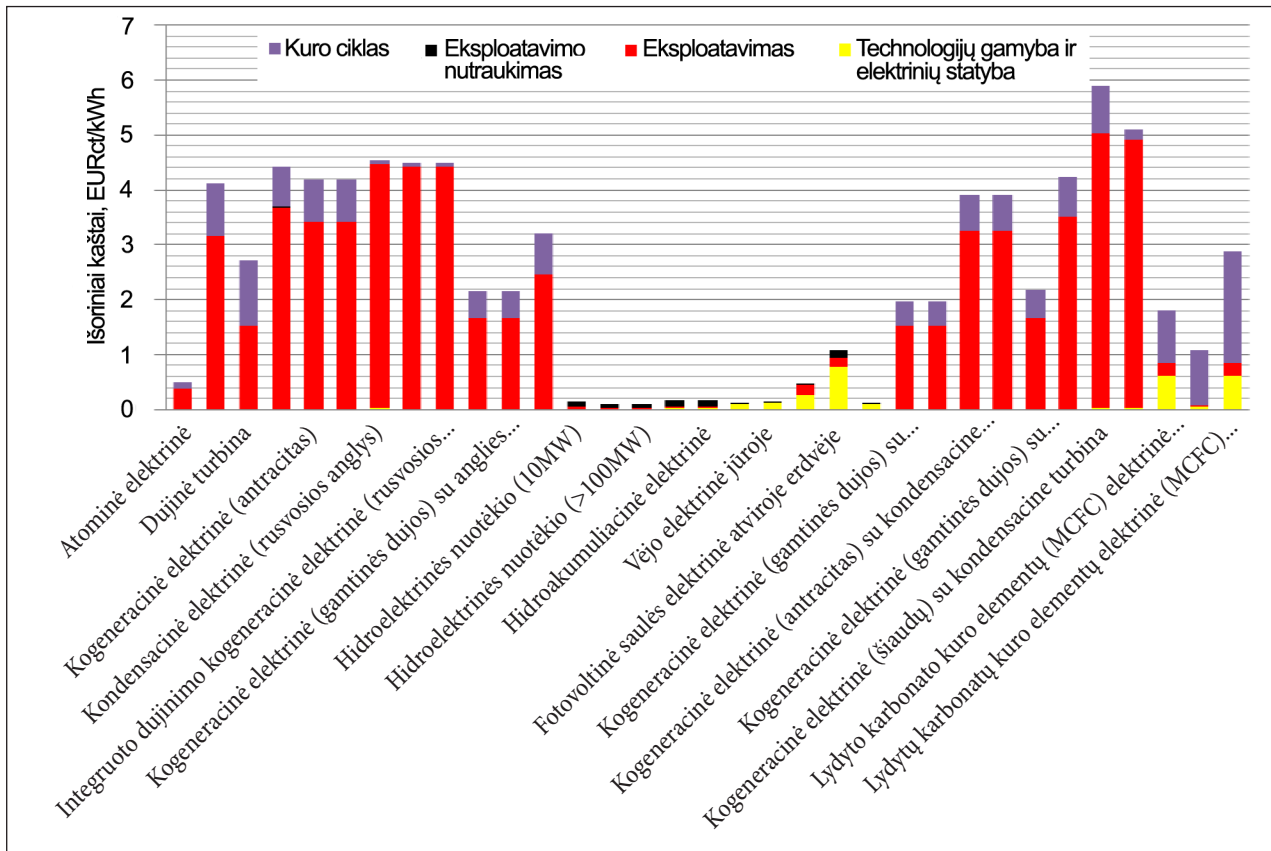
a) elektrinės technologinių įrenginių gamybos ir elektrinių statybos stadija;

b) elektrinių eksploatavimo stadija;

c) elektrinių eksploatavimo nutraukimo ir kuro ciklo stadija (6 lentelė ir 3 pav.).

6 lentelė. Išorinių elektros energijos gamybos šaltinių kaštų struktūra Lietuvoje 2010 m., EURct/kWh

Eil. Nr.	Elektros energijos gamybos technologijos	Technologijų gamyba ir jėgainių statyba	Eksploatavimas	Eksploatavimo nutraukimas	Kuro ciklas
1.	Atominė elektrinė	0,01044	0,35638	0,00082	0,13088
2.	Kondensacinė elektrinė (mazutas)	0,01218	3,14059	0,00215	0,95657
3.	Dujinė turbina	0,00353	1,53108	0,00008	1,17207
4.	Kondensacinė elektrinė (antracitas)	0,01007	3,67496	0,00177	0,74583
5.	Integruoto dujinimo kogeneracinė elektrinė (antracitas)	0,01331	3,41005	0,00254	0,76240
6.	Integruoto dujinimo kogeneracinė elektrinė (antracitas) su anglies dvideginio sugėrimu (CCS)	0,01331	3,41005	0,00254	0,76240
7.	Kondensacinė elektrinė (rusvosios anglys)	0,01737	4,46054	0,00246	0,06324
8.	Integruoto dujinimo kogeneracinė elektrinė (rusvosios anglys)	0,01331	4,40551	0,00255	0,06396
9.	Integruoto dujinimo kogeneracinė elektrinė (rusvosios anglys) su anglies dvideginio sugėrimu (CCS)	0,01331	4,40551	0,00255	0,06396
10.	Kogeneracinė elektrinė (gamtinės dujos)	0,00382	1,65229	0,00005	0,49564
11.	Kogeneracinė elektrinė (gamtinės dujos) su anglies dvideginio sugėrimu (CCS)	0,00382	1,65229	0,00005	0,49564
12.	Dujų turbina (gamtinės dujos)	0,00353	2,44573	0,00008	0,74801
13.	Hidroelektrinės nuotėkio (10 MW)	0,01377	0,03386	0,08732	0
14.	Hidroelektrinės nuotėkio (<100 MW)	0,00984	0,02418	0,06237	0
15.	Hidroelektrinės nuotėkio (>100 MW)	0,00886	0,02177	0,05613	0
16.	Hidroelektrinės su užtvanka	0,03519	0,02408	0,10646	0
17.	Hidroakumuliacinė elektrinė	0,03854	0,00527	0,11658	0
18.	Vėjo elektrinė kranto zonoje	0,09458	0,00725	0,01429	0
19.	Vėjo elektrinė jūroje	0,12203	0,00465	0,00139	0
20.	Fotovoltinė saulės elektrinė ant stogo	0,26699	0,18212	0,01347	0
21.	Fotovoltinė saulės elektrinė atviroje erdvėje	0,76785	0,18212	0,1352	0
22.	Parabolinis saulės kolektorius	0,08635	0,01859	0,00323	0
23.	Kogeneracinė elektrinė (gamtinės dujos) su kondensacine turbina	0,00643	1,50785	0,00008	0,45225
24.	Kogeneracinė elektrinė (gamtinės dujos) su kondensacine turbina ir anglies dvideginio sugėrimu (CCS)	0,00643	1,50785	0,00008	0,45225
25.	Kogeneracinė elektrinė (antracitas) su kondensacine turbina	0,00920	3,23719	0,00156	0,65664
26.	Kogeneracinė elektrinė (antracitas) su kondensacine turbina ir anglies dvideginio sugėrimu (CCS)	0,00920	3,23719	0,00156	0,65664
27.	Kogeneracinė elektrinė (gamtinės dujos) su priešslėgine turbina	0,00645	1,66752	0,00008	0,49983
28.	Kogeneracinė elektrinė (antracitas) su priešslėgine turbina	0,01173	3,50255	0,00197	0,70952
29.	Kogeneracinė elektrinė (šiaudų) su kondensacine turbina	0,03508	4,99724	0,00344	0,85803
30.	Kogeneracinė elektrinė (medžio skiedrų) su kondensacine turbina	0,03508	4,87327	0,00344	0,18650
31.	Lydyto karbonato kuro elementų (MCFC) elektrinė (gamtinės dujos)	0,60362	0,25011	0,00047	0,95727
32.	Kietojo oksido kuro elementų (SOFC) elektrinė (gamtinės dujos)	0,04063	0,03678	0,00001	0,99772
33.	Lydytų karbonatų kuro elementų elektrinė (MCFC) (biudujos)	0,60362	0,25011	0,00047	2,01683



3 pav. Elektros energijos gamybos šaltinių išorinių kaštų struktūra 2010 m.

IŠVADOS

1. Palyginus išorinius elektros energijos šaltinių kaštus paaikškėjo, kad mažiausiais išoriniais kaštais pasižymi atsinaujinančius energijos išteklius naudojančios elektrinės: hidroelektrinės bei vėjo elektrinės. Saulės energiją naudojančios elektrinės pasižymi šiek tiek aukštesniais išoriniais kaštais, bet patys mažiausi yra parabolinio saulės kolektoriaus kaštai.

2. Aukščiausiais išoriniais kaštais pasižymi kogeneracinės elektrinės su kondensacine turbina, deginančios šiaudus bei medienos drožles. Toliau pagal aukščiausius išorinius kaštus yra kondensacinės elektrinės, deginančios mazutą bei antracitą.

3. Atominių elektrinių išoriniai kaštai yra mažesni už visų organinių kurą deginančių elektrinių išorinius kaštus, bet aukštesni už tradicinių atsinaujinančių energijos išteklių išorinius kaštus, išskyrus biomasės kogeneracines elektrines.

4. Nuo 2010 m. iki 2030 m. išoriniai elektros energijos kaštai mažėjo visoms technologijoms. Kogeneracinėse elektrinėse įdiegus anglies dvideginio sugėrimo technologijas, išoriniai kaštai sumažėja apie 3 kartus.

5. Naujos elektros energijos gamybos technologijos, paremtos kuro elementais, pasižymi išoriniais kaštais, artimais gamtinės dujas deginančioms kogeneracinėms elek-

trinėms, iš kurių didžiausius išorinius kaštus turi lydytų karbonatų kuro elementus naudojančios elektrinės.

6. Lyginant išorinių kaštų dydį pagal poveikio sritis nustatyta, kad aukščiausi kaštai visoms organinių kurą ir biomasę deginančioms bei kuro elementus naudojančioms elektrinėms yra susiję su klimato kaitos poveikiu. Išoriniai kaštai dėl poveikio žmogaus sveikatai yra antri pagal savo apimtį šiems energijos šaltiniams. Atsinaujinančius energijos išteklius naudojančių elektrinių išoriniai kaštai dėl poveikio žmonių sveikatai yra šiek tiek aukštesni už klimato kaitos išorinius kaštus.

7. Palyginus išorinius kaštus pagal elektros energijos šaltinių ciklo stadijas, paaikškėjo, kad aukščiausi išoriniai kaštai tradicinėms technologijoms yra susiję su elektrinių eksploatavimo stadija. Atsinaujinančius energijos išteklius bei kuro elementus naudojančioms elektrinėms aukščiausi išoriniai kaštai susidaro technologinių įrengimų gamybos metu. Atominės elektrinės bei organinių kurą deginančios elektrinės taip pat pasižymi aukštais kuro ciklo kaštais.

Literatūra

1. Kaap K. W. *The Social Costs of Private Enterprise*. Cambridge, 1950.
2. Baarsma B., Lambooy E. Valuation of externalities through neo-classical methods by including institutional variables. *Transport Research*. 2005. Vol. 10. P. 459–475.
3. Tietenber T. *Environmental and Natural Resource Economics*. 4th ed. Glenview, IL, 2000.
4. Rafaj P., Kypreos S. The role of nuclear energy in the post-Kyoto carbon mitigation strategies. *Climatic Change*. 2008. Vol. 79(1–2). P. 143–162.
5. Bellinger W. K. *The Economic Analysis of Public Policy*. London–New York: Routledge, 2007.
6. Owen A. D. Renewable electricity: external costs as market barriers. *Energy Policy*. 2006. Vol. 34. P. 632–642.
7. Kitson L., Wooders P., Moerenhout T. *Subsidies and External Costs in Electric Power Generation: A Comparative Review of Estimates*. 2011.
8. Extern E. *Externalities of Energy. Methodology 2005 Update*.
9. Rainer F. The “ExternE” Methodology for assessing the eco-efficiency of technologies. *Journal of Industrial Ecology*. 2011. Vol. 15. Issue 5. P. 668–671.
10. *Description of Updated and Extended Draft Tools for Detailed Site-dependent Assessment of External Costs*. NEEDS 2008. Technical Paper No. 7.4-RS1b.
11. *External Costs from Emerging Electricity Generation Technologies*. NEEDS 2009. Deliverable No. 6.1-RS1a.
12. *Development of a Set of Full Cost Estimates of the Use of Different Energy Sources and Its Comparative Assessment in EU Countries*. CASES 2008. Deliverable D. 6.1. Work Package 6 Report.
13. *Report on the Monetary Valuation of Energy Related Impacts on Land Use Changes, Acidification, Eutrophication, Visual Intrusion and Climate Change*. CASES 2006. Deliverable D. 3.2.
14. *Assessment of Biodiversity Losses*. NEEDS 2006. Deliverable D. 4.2.- RS 1b/WP4.
15. *The Avoidance Costs of GHG Damage: Meta-analysis*. CASES 2007. Work Package 3 Report.
16. *Report on Marginal External Costs Inventory of Greenhouse Gas Emissions*. NEEDS 2007. Technical Paper No. 5.4/5.5-RS1b.
17. *Sources and Effects of Ionizing Radiation*. UNSCEAR 2000 Report. Vol. I.
18. *The European Reference Life Cycle Inventory Database of Future Electricity Supply Systems*. NEEDS 2012. Life Cycle Inventory Database.
19. *Database on Life Cycle Emissions for Electricity and Heat Generation Technologies 2010, 2020, 2030*. CASES 2008. Deliverable D. 2.1.
20. Mayer-Spohn O., Blesl M. *Documentation of the Life Cycle Inventory Data in CASES*. 2007.

Dalia Štreimikienė, Ilona Ališauskaitė-Šeškienė

THE EVALUATION OF EXTERNAL COSTS OF ELECTRICITY GENERATION TECHNOLOGIES IN LITHUANIA

Summary

This paper analyzes the external costs of electricity generation technologies, which are highly important in order to create an effective policy to reduce the negative effects of energy supply and consumption. The described ExternE methodology allows us to accurately calculate the external energy cycle costs, considering the location of the power station and meteorological conditions. Based on this methodology and using the EcoSense model, the analysis of Lithuania and EU-27 external costs of pollutants emissions into the atmosphere is presented, as well as the external electrical power generation technology cost analysis in Lithuania. The conclusion was made that renewable energy-producing power plants have the lowest external costs, also the external cost comparison of the impact area and the technology life-cycle rate was made.

Key words: electricity generation technologies, external costs, integration policy of external effects, renewable energy, evaluation

Даля Штреймикене, Илона Алишаускайте-Шешкене

ОЦЕНКА ВНЕШНИХ ЗАТРАТ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЛИТВЕ

Резюме

В данной статье анализируются внешние затраты технологий производства электроэнергии. Внешние затраты особо важны в создании эффективной политики снижения негативных последствий спроса и предложения энергии. Описана методика ExternE, которая позволяет точно рассчитать внешние затраты энергетического цикла, с учетом расположения электростанции и метеорологических условий местности. На основе этой методики и используя модель EcoSense, предъявлен анализ внешних затрат выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в Литве и ЕС-27, а также анализ внешних затрат технологии производства электроэнергии.

Был сделан вывод, что минимальными внешними затратами обладает возобновляемые источники энергии производящие электростанций. Предъявляется сравнение внешних затрат по сферам воздействия и темпам существования технологического цикла.

Ключевые слова: технологии производства электроэнергии, внешние затраты, политика интеграции внешних воздействий, возобновляемые источники энергии, оценка