



www.ror.tf.bor.ac.rs

STANJE I PERSPEKTIVE ENERGETSKO-EKOLOŠKE ODRŽIVOSTI U SVETU

SITUATION AND PROSPECTS OF ENERGY-ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY

Aleksandar Vučković[#]

Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu, Beograd, Srbija

Primljen: 23. jul 2013.

Prihvaćen: 1. oktobar 2013.

IZVOD – Globalni problemi u oblastima energetike i ekologije sve češće nameću pitanje u naučnim, ekonomskim, pa i političkim krugovima, da li će u budućnosti čovečanstvo moći da zadovolji svoje potrebe na nivou na kojem je to danas moguće. S tim u vezi, problem održivog razvoja je postao predmet brojnih analiza, a velika pažnja se posvećuje upravo održivom razvoju u oblastima energetike i ekologije, kao oblastima koje sudbonosno određuju opstanak i razvoj čovečanstva. Postoji više teorija o tome koji su glavni elementi energetske-ekološke održivosti. U ovom radu će kao osnova za teorijsku i praktičnu analizu biti korišćeni principi održivog razvoja Hermana E. Delija. Za potrebe analize, kreiran je novi pokazatelj koji uvažava pomenute principe održivog razvoja i koji je nazvan Indeks energetske-ekološke održivosti. U ovom radu je analizirana energetske-ekološka održivost u 130 zemalja sveta, čime je obuhvaćeno preko 90% svetske populacije i bruto društvenog proizvoda (BDP). Kroz rangiranje zemalja i klaster analizu, nastoje se uočiti zajedničke karakteristike grupa zemalja i prepoznati faktori koji doprinose stanju energetske-ekološke održivosti u analiziranim zemljama.

Ključne reči: održivi razvoj, energetika, životna sredina, principi H. E. Delija, analiza

ABSTRACT - Global problems in the fields of energy and the environment are increasingly raise the question of the scientific, economic, and even political circles, will in the future mankind be able to meet its needs at a level that is possible today. In this regard, the issue of sustainable development has become the subject of numerous analyzes, and great attention is paid to the sustainable development in the energy and environment, as well as areas that fateful determine the survival and development of mankind. There are several theories related to what are the major elements of energy-environmental sustainability. In this paper as the basis for theoretical and practical analysis were used the principles of sustainable development by Herman E. Daly. For purposes of analysis, I created a new indicator that takes into account these principles of sustainable development and is called Energy-Environmental Sustainability Index. In this paper I analyze the energy and environmental sustainability in the 130 countries of the world, which covers more than 90% of the world's population and gross domestic product (GDP). Through the ranking of countries and cluster analysis I seek to find common characteristics of a group of countries and identify factors that contribute to the state of energy and environmental sustainability in the countries analyzed.

Key words: sustainable development, energy, environment, „Daly rules“, analysis

[#] Kontakt adresa autora: A. Vučković, Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu, Jove Ilića 154, 11000 Beograd, Srbija.
E-mail: acavuckovic@gmail.com

1. UVOD

Svet se na početku druge decenije dvadeset prvog veka susreće sa brojnim problemima u oblasti energetike i ekologije. Izvori fosilnih goriva se procenjuju da će pri postojećem nivou potrošnje trajati najviše do kraja veka [1, 2]. Usled intenzivne potrošnje ovih energenata i emisije gasova staklene bašte, dolazi do klimatskih promena koje imaju ozbiljne posledice na živote miliona ljudi [3, 4]. Političke krize u regionima bogatim naftom i prirodnim gasom u velikoj meri doprinose rastu cena ovih energenta i nesigurnosti snabdevanja, što se negativno odražava na ekonomije mnogih zemalja [5, 6]. Nestabilnom situacijom na energetskom tržištu su najviše pogođene energetski zavisne zemlje. Takođe, klimatskim promenama su najviše pogođene zemlje siromašne resursima kao što su voda i plodno zemljište. Ipak, pomenute posledice bi u budućnosti mogle da pogode i druge zemlje. Osim toga, posledice neadekvatnog upravljanja energijom, mogu se protezati i decenijama u budućnost, čime je na duži rok ugrožen nesmetan razvoj čovečanstva. Razmere ovog potencijalnog problema je potrebno redovno pratiti i meriti kako bi se mogle preduzeti odgovarajuće mere kojima bi se omogućilo nesmetano zadovoljenje potreba sadašnjih, ali i budućih generacija. U tu svrhu postoji veliki broj pokazatelja koji na manje ili više precizan način pružaju uvid u trenutno, kao i buduće stanje energetsko-ekološke održivosti u svetu. U daljem tekstu će biti prikazan pokazatelj energetsko-ekološke održivosti koji obuhvata energetske efikasnost, udeo obnovljivih izvora u potrošnji primarne energije i opterećenje ekosistema posledicama proizvodnje i potrošnje energije. Takođe, biće prikazane i mogućnosti ovog pokazatelja za pravilno sagledavanje energetsko-ekološke održivosti u svetu.

2. METODOLOGIJA ZA ANALIZU ENERGETSKO-EKOLOŠKE ODRŽIVOSTI

Osnova za analizu energetsko-ekološke održivosti se nalazi u definiciji održivog razvoja Bruntlandove komisije kao i u principima održivog razvoja Hermana E. Delija. Prema definiciji Bruntland komisije, koja je i najzastupljenija u literaturi, održivi razvoj je takav tip razvoja koji omogućava zadovoljenje trenutnih potreba čovečanstva, ali ne ugrožava mogućnosti budućih generacija da zadovolje i svoje potrebe [7]. Herman E. Deli je definisao 3 načela koja predstavljaju uslove održivog razvoja [8]:

- Obnovljivi resursi se ne smeju trošiti brže nego što se obnove;
- Neobnovljivi resursi se ne smeju trošiti brže nego što se udeo obnovljivih izvora povećava;
- Zagađenje se ne sme proizvoditi brže nego što je ekosistem u stanju da ga apsorbuje, reciklira ili razgradi.

Načela H. E. Delija su opšteg tipa, pa je stoga neophodno na određeni način ih prilagoditi karakteristikama razvoja u oblasti energetike i ekologije. Prilagođavanje je naročito potrebno kod prvog načela. Iako obnovljivi izvori energije mogu biti praktično neograničeni, ta činjenica ne znači i da je proizvodnja energije iz obnovljivih izvora besplatna. Prevelika potrošnja čak i obnovljive energije, uvećava troškove proizvodnje ili nabavke energije, čime se uskraćuje mogućnost većeg investiranja u razvoj drugih oblasti, budući da je novac ograničen resurs. Na taj način se posredno ostvaruje negativan efekat na zadovoljenje trenutnih potreba čovečanstva, ali i na potrebe budućih generacija. Drugo Delijevo načelo ukazuje da se iscrpljivanjem neobnovljivih izvora energije pre nego što obnovljivi izvori budu u stanju da ih zamene, negativno utiče na mogućnost zadovoljenja potreba za energijom u budućnosti. Treće načelo u kontekstu energetsko-ekološke održivosti se može protumačiti kao neophodnost uspostavljanja nacionalnih energetskih sistema koji će biti zasnovani na „čistim“ tehnologijama, tj. obnovljivim resursima koji ne dovode do zagađenja. Proizvodnja i potrošnja energije iz neobnovljivih izvora ima višestruki negativan efekat po životnu sredinu. Sagorevanjem fosilnih energenata dolazi do emisije „gasova staklene bašte“, kao i drugih gasova i čestica štetnih po zdravlje ljudi i stanje životne sredine. S druge strane, ekosistem zemlje ima mogućnost da potpuno eliminiše negativne efekte proizvodnje i potrošnje energije. S tim u vezi, neophodno je uspostaviti balans između zagađenja i stanja ekosistema iz razloga prevencije negativnih globalnih ekoloških promena koje mogu uskratiti mogućnost zadovoljavanja egzistencijalnih potreba kako sadašnjih, tako i budućih generacija. Energetski sistem koji je potpuno zasnovan na neobnovljivim izvorima energije i koji samim tim proizvodi više zagađenja nego što ekosistem može da apsorbuje, ne može se smatrati održivim, jer na dugi rok proizvodi više štete nego koristi. Energetski sistem prema ovom kriterijumu može biti neodrživiji nego kada je reč o prostom iscrpljivanju neobnovljivih izvora energije. Naime, istraživanja ukazuju da klimatske promene već sredinom veka mogu uzrokovati ozbiljne

globalne probleme, što je znatno pre nego što neobnovljivi izvori budu iscrpljeni [9]. Na ovaj način, stanje životne sredine se nameće kao važan uslov energetske održivosti u svetu.

U literaturi je moguće pronaći više definicija energetske održivosti. Prema [10] energetska održivost je dinamična harmonija između ravnopravne dostupnosti energetske intenzivnih dobara i usluga svim ljudima i očuvanja planete za buduće generacije. Prema [11], energetska održivost predstavlja način proizvodnje i potrošnje energije tako da se sadašnje i buduće potrebe čovečanstva zadovolje po najnižoj ekonomskoj, ekološkoj i društvenoj ceni i uz najmanje posledice. U literaturi postoji i više tumačenja šta su osnovni činioci energetske održivosti. Prema [12] to su energetske uštede na strani potražnje, poboljšanje efikasnosti u proizvodnji energije i zamena fosilnih goriva energijom iz obnovljivih izvora. Prema [13] činioci energetske održivosti su smanjenje energetske intenzivnosti ekonomskog rasta, bolja upotreba domaćih resursa, očuvanje životne sredine i poboljšanje sigurnosti snabdevanja energijom. Prema [14], „stubovi“ energetske održivosti su poboljšanje energetske efikasnosti i veća upotreba energije iz obnovljivih izvora. Uvažavajući navedene rezultate istraživanja, u ovom radu će biti predstavljen pristup koji energetska održivost tretira preko tri elementa, energetske efikasnosti, obnovljivih izvora energije i životne sredine.

Energetska održivost zahteva komplementarno unapređenje sva tri pomenuta činioca. Ako se imaju u vidu ranije pomenuta načela održivog razvoja H. E. Delia [8], elementi, jedan bez drugog ne mogu dati optimalne rezultate. Zamena neobnovljivih izvora obnovljivim, bez poboljšanja energetske efikasnosti je u suprotnosti sa načelom koje kaže da se obnovljivi izvori moraju trošiti sporije nego što se obnavljaju. Time se i dalje troši velika količina energija čiji troškovi usporavaju ekonomski razvoj. S druge strane, unapređenje energetske efikasnosti, bez povećanja udela obnovljivih izvora, je u suprotnosti sa načelom koje kaže da se neobnovljivi izvori ne smeju trošiti brže nego što se udeo obnovljivih izvora povećava. Na taj način se samo kratkoročno rešava problem, jer se neobnovljivi izvori nepovratno iscrpljuju, pa su nestabilnost cena i nesigurnost snabdevanja prirodne posledice koje prate ovaj problem. Poboljšanje prethodna dva činioca doprinosi i poboljšanju stanja životne sredine kroz manju emisiju štetnih gasova i čestica. Taj proces poboljšanja iako može na dugi rok rešiti i pitanje opterećenja ekosistema, ipak može trajati dosta dugo, čime se ugrožava održivost ekosistema, što nije u skladu

sa trećim Delijevim načelom. S tim u vezi je potrebno odgovarajućim aktivnostima uticati na uspostavljanje balansa između proizvodnje zagađenja i mogućnosti ekosistema da to zagađenje eliminiše.

U svrhu analize održivog razvoja, često se koriste tzv. indeksi održivog razvoja. Oni obuhvataju različite aspekte održivog razvoja, a zajednička im je agregacija vrednosti svih faktora u jednu jedinstvenu vrednost [15, 16]. Neki od takvih indexa su Environmental Sustainability Index (ESI) i Environmental Performance Index (EPI) [17, 18]. Ovi indeksi posebnom metodologijom agregiraju vrednosti različitih indikatora u jednu jedinstvenu vrednost. Dok je kod indexa EPI prisutno dodeljivanje različitih težina indikatorima [18], kod indeksa ESI to nije slučaj, tj. svi indikatori imaju jednaku važnost u kreiranju konačne vrednosti indeksa [17]. I jedan i drugi indeks na odgovarajući način obuhvataju i pitanja energetske i ekološke održivosti.

3. ANALIZA ENERGETSKO-EKOLOŠKE ODRŽIVOSTI

U ovom radu će biti dat prikaz autentičnog pokazatelja koji ima za cilj da objedinjeno prikaže stanje energetske efikasnosti, udela obnovljivih izvora u potrošnji primarne energije i opterećenosti ekosistema u određenoj zemlji, i to u skladu sa ranije opisanim načelima H. E. Delija. Ovaj pokazatelj, nazvan Indeks energetske-ekološke održivosti, agregirano posmatra prethodno navedena tri indikatora, pri čemu se za svaki od njih smatra da imaju podjednaku važnost u kreiranju energetske-ekološke održivosti, a samim tim i na konačnu vrednost Indeksa. Ovaj pokazatelj se može primenjivati za upoređivanje stanja energetske-ekološke održivosti u više zemalja i praćenje razvoja u ovoj oblasti tokom vremena.

U kreiranju Indeksa energetske-ekološke održivosti, učestvuju tri indikatora, i to: energetska intenzivnost, udeo obnovljivih izvora u ukupnoj potrošnji primarne energije i odnos emisije ugljen dioksida i površine pokrivene šumom u određenoj zemlji. Energetska intenzivnost predstavlja odnos između količine primarne energije koja se troši u određenoj zemlji i visine bruto društvenog proizvoda te zemlje. Primarna energija je ona energija koja nije prethodno bila predmet nekog konverzionog ili transformacionog procesa i ona je jedini oblik energije koji se može konzistentno dovesti u vezu sa kreiranjem bruto društvenog proizvoda [19]. Prema ovom indikatoru, zemlja je efikasnija ukoliko je vrednost indikatora niža. Ciljna vrednost poboljšanja energetske intenzivnosti iznosi 1,65 TJ/milion US \$ bruto društvenog proizvoda [18].

Drugi indikator predstavlja odnos između količine primarne energije koja se troši, a proizvedena je iz obnovljivih izvora i ukupne količine potrošene primarne energije. Viša vrednost indikatora se smatra boljom, pri čemu se idealnom vrednošću koja iskazuje potpunu zastupljenost energije iz obnovljivih izvora u ukupnoj potrošnji primarne energije.

Odnos između emisije CO₂ i površine pokrivena šumom je u ovom radu nazvan racio apsorpcije ugljen-dioksida. Ovim indikatorom se dobija vrednost koliko se ugljen dioksida emituje po jedinici površine pokrivena šumom. Polazi se od trećeg Delijevog načela po kome je zagađenje potrebno manje proizvoditi nego što je ekosistem u stanju da ga apsorbuje. Stoga, ovaj indikator direktno upoređuje emisiju zagađenja (u ovom slučaju emisiju ugljen dioksida) i sposobnost ekosistema da apsorbuje zagađenje. Površina pod šumom se može direktno menjati pod uticajem čoveka, pa stoga predstavlja odgovarajuću protivtežu emisiji ugljen dioksida, koja takođe nastaje kao proizvod ljudskih aktivnosti. Na ovaj način se vrednost indikatora može poboljšavati i smanjenjem emisije CO₂, kao i povećanjem površine pod šumom. Vrednost indikatora koja u većoj meri teži nuli se smatra boljom. Idealna vrednost indikatora, dakle iznosi 0, i dobija se ukoliko emisija ugljen dioksida usled potrošnje energije u potpunosti nestane.

Postupak izračunavanja vrednosti Indeksa energetske-ekološke održivosti se sastoji iz nekoliko koraka. Najpre je potrebno izračunati vrednosti indikatora za svaku od zemalja. Budući da su vrednosti

indikatora izražene u različitim mernim jedinicama, neophodno je izvršiti normalizaciju tih vrednosti. Takođe, normalizacija je neophodna i zbog činjenice da se kod jednog od indikatora (udeo obnovljivih izvora u potrošnji primarne energije), boljom smatra viša vrednost, dok je kod druga dva indikatora, obrnuta situacija, tj. viša vrednost se smatra lošijom po određenu zemlju. Normalizacija vrednosti indikatora se obavlja tzv. „vinzorizacijom“ [20]. To je statistička metoda kojom se skup podataka prevodi u zajednički okvir transformacijom ekstremnih vrednosti u skupu čime se poboljšavaju parametri skupa. Normalizacijom su vrednosti indikatora prevedene u raspon od 0 do 100, gde se 100, smatra najboljom vrednošću za pojedinačni indikator [20].

Sledeći korak je agregacija dobijenih normalizovanih vrednosti indikatora. Pod pretpostavkom da su indikatorima dodeljene podjednake težine, tj. da je svaki indikator podjednako važan za kreiranje Indeksa, konačna vrednost Indeksa energetske-ekološke održivosti predstavlja aritmetičku sredinu normalizovanih vrednosti sva tri indikatora. Pretpostavka o jednakoj važnosti pojedinačnih indikatora u kreiranju Indeksa je opravdana iz razloga što svi oni relativno precizno oslikavaju principe Hermana E. Delija, pri čemu je svaki od principa podjednako važan u definisanju održivog razvoja. Na osnovu dobijenih vrednosti Indeksa, moguće je na kraju izvršiti rangiranje zemalja. Rang lista 130 analiziranih zemalja prema Indeksu energetske-ekološke održivosti data je u Tabeli 1.

Tabela 1. Rang lista zemalja prema vrednosti Indeksa energetske-ekološke održivosti [21, 22, 23, 24]

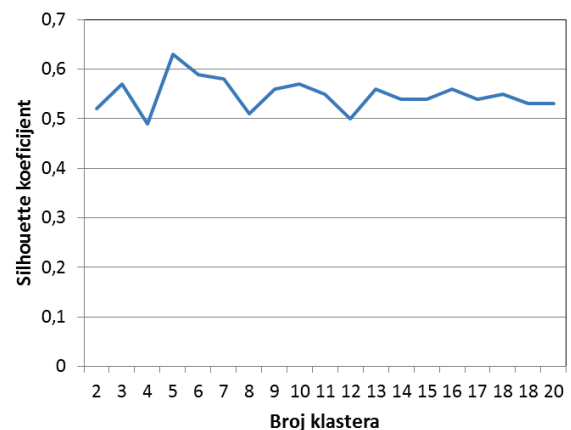
Rang	Zemlja	IEEO	Rang	Zemlja	IEEO	Rang	Zemlja	IEEO
1.	Etiopija	97,65	17.	Gabon	85,25	33.	Peru	71,71
2.	Nepal	93,90	18.	Šri Lanka	84,86	34.	Albanija	71,33
3.	Tanzanija	93,73	19.	Mozambik	83,89	35.	Letonija	71,28
4.	Nigerija	93,37	20.	El Salvador	83,78	36.	Pakistan	71,28
5.	DR Kongo	92,31	21.	Kostarika	81,48	37.	Bocvana	70,42
6.	Kenija	92,08	22.	Gvatemala	81,15	38.	Dominikanska Republika	70,18
7.	Eritreja	91,97	23.	Zimbabve	80,73	39.	Kolumbija	69,89
8.	Kambodža	90,32	24.	Benin	78,42	40.	Vijetnam	69,43
9.	Togo	90,32	25.	Kongo	78,21	41.	Austrija	68,95
10.	Haiti	90,22	26.	Honduras	78,07	42.	Namibija	68,54
11.	Obala Slonovače	90,13	27.	Senegal	77,50	43.	Norveška	68,54
12.	Kamerun	88,73	28.	Filipini	76,75	44.	Švedska	68,38
13.	Gana	87,75	29.	Nikaragva	76,02	45.	Indonezija	68,38
14.	Sudan	86,28	30.	Bangladeš	74,65	46.	Švajcarska	67,59
15.	Angola	85,56	31.	Brazil	73,54	47.	Novi Zeland	67,02
16.	Zambija	85,51	32.	Paragvaj	72,01	48.	Tunis	66,99

Tabela 1. (nastavak)

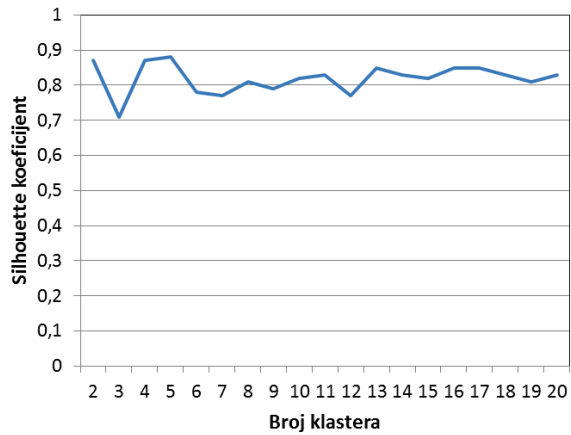
Rang	Zemlja	IEEO	Rang	Zemlja	IEEO	Rang	Zemlja	IEEO
49.	Čile	66,93	77.	Mađarska	59,95	105.	Srbija	47,64
50.	Indija	66,52	78.	Poljska	59,37	106.	Moldavija	47,62
51.	Portugalija	66,39	79.	Velika Britanija	59,33	107.	Libija	47,00
52.	Bolivija	66,22	80.	Japan	59,03	108.	Sirija	46,74
53.	Danska	65,87	81.	Kipar	58,91	109.	Iran	46,29
54.	Maroko	65,45	82.	Slovačka	57,95	110.	Urugvaj	45,95
55.	Panama	63,45	83.	Češka	57,87	111.	Severna Koreja	45,02
56.	Jamajka	63,41	84.	Luksemburg	57,80	112.	Jordan	44,95
57.	Gruzija	63,30	85.	Liban	57,58	113.	Jermenija	44,80
58.	Tadžikistan	63,30	86.	Australija	57,44	114.	Kazahstan	44,17
59.	Argentina	63,20	87.	Sjedinjene Američke Države	56,87	115.	Kirgistan	43,20
60.	Litvanija	62,95	88.	Azerbejdžan	56,21	116.	Rusija	42,61
61.	Meksiko	62,82	89.	Malezija	56,11	117.	Kuba	42,26
62.	Rumunija	62,71	90.	Alžir	55,50	118.	Saudijska Arabija	33,95
63.	Italija	62,70	91.	Estonija	55,37	119.	Ukrajina	33,81
64.	Španija	62,56	92.	Kanada	55,08	120.	Uzbekistan	33,29
65.	Finska	62,53	93.	Irak	54,67	121.	Turkmenistan	33,10
66.	Ekvador	62,50	94.	Venecuela	53,54	122.	Brunej	32,84
67.	Hrvatska	62,47	95.	Belgija	53,47	123.	Trinidad i Tobago	29,09
68.	Irska	62,39	96.	Izrael	53,44	124.	Ujedinjeni Arapski Emirati	27,65
69.	Turska	62,25	97.	Bugarska	53,22	125.	Egipat	23,64
70.	Slovenija	62,12	98.	Belorusija	53,03	126.	Katar	20,96
71.	Nemačka	61,46	99.	Mongolija	51,97	127.	Kuvajt	18,56
72.	Francuska	61,11	100.	Kina	51,93	128.	Oman	15,48
73.	Jemen	60,40	101.	Bosna i Hercegovina	50,99	129.	Singapur	11,30
74.	Tajland	60,38	102.	Južna Koreja	49,36	130.	Bahrein	0,00
75.	Makedonija	60,24	103.	Holandija	48,59			
76.	Island	59,98	104.	Južnoafrička Republika	48,33			

Radi utvrđivanja zajedničkih karakteristika više zemalja, sprovedena je klaster analiza na osnovu normalizovanih vrednosti tri indikatora. Analiza je sprovedena u softverima RapidMiner 5.2 i Orange Python 2.7. U cilju određivanja optimalnog broja klastera, korišćena je maksimalna vrednost Silhouette koeficijenta za tri različite i najčešće korišćene metrike. Te metrike su Euklidska udaljenost, udaljenost zasnovanu na Pirsonovom koeficijentu korelacije i Manhattan udaljenost. Za sve tri metrike, Silhouette koeficijent je imao maksimalnu vrednost, kada je broj klastera bio jednak 5, što potvrđuje da je ovo optimalna vrednost, što je i grafički prikazano na slikama 1, 2 i 3. Maksimalna vrednost koeficijenta za Euklidsku udaljenost je 0,63, za udaljenost zasnovanu na Pirsonovom koeficijentu korelacije, ona iznosi 0,88, dok

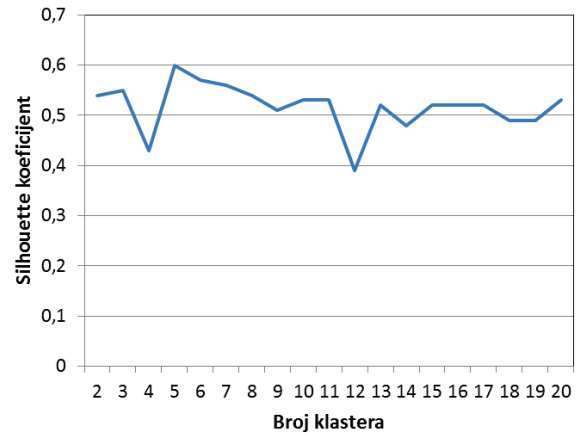
je za Manhattan udaljenost 0,6.



Slika 1. Silhouette koeficijent za Euklidsku udaljenost



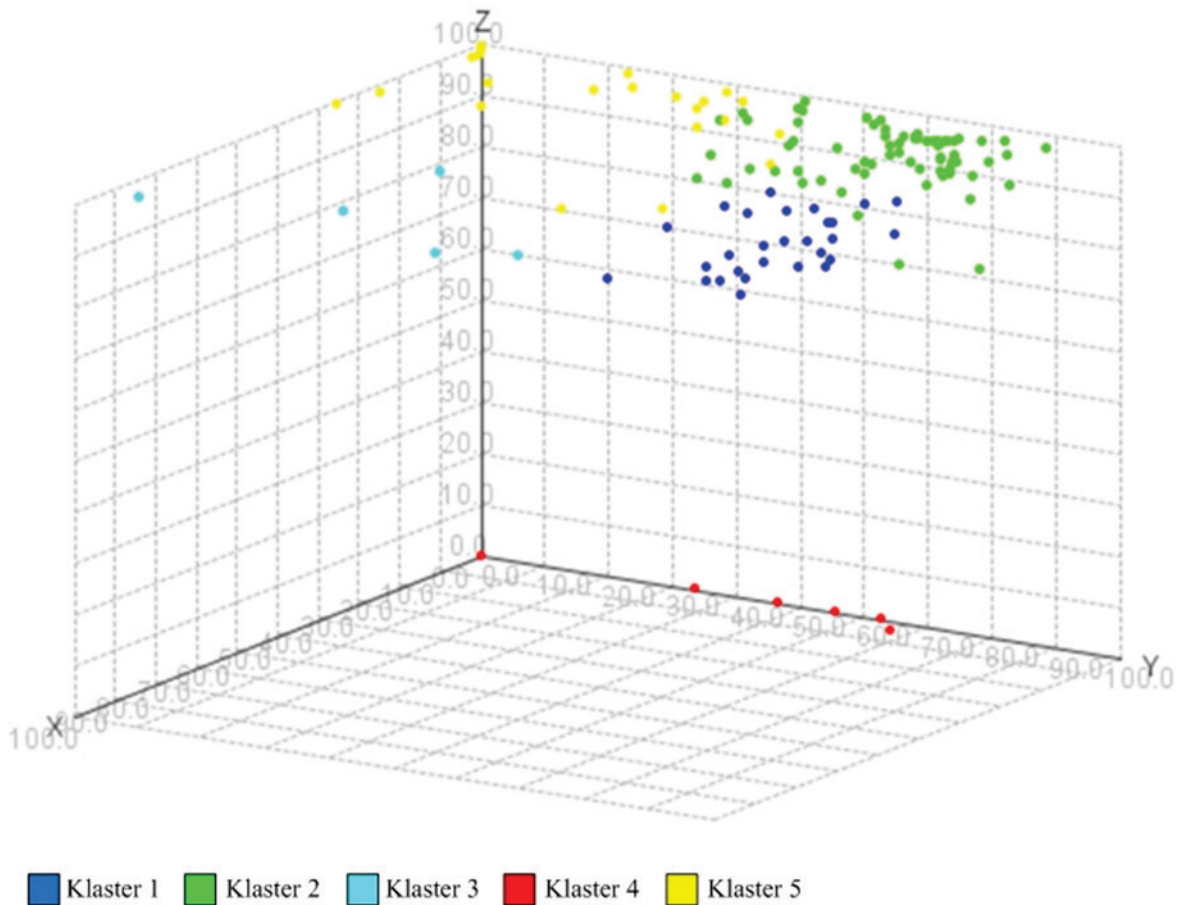
Slika 2. Silhouette koeficijent za udaljenost zasnovanu na Pirsonovom koeficijentu korelacije



Slika 3. Silhouette koeficijent za Manhattan udaljenost

Dobijeni rezultati klasterovanja su grafički i tabelarno prikazani na Slici 4 i u Tabeli 2. Na Slici 4 je na X-osi prikazan normalizovan udeo obnovljivih izvora,

Y-osa se odnosi na normalizovanu energetska intenzivnost, dok je na Z-osi dat normalizovan ratio apsorpcije CO₂.



Slika 4. Klaster analiza prema normalizovanim vrednostima indikatora koji učestvuju u kreiranju Indeksa energetska-ekološke održivosti [21, 22, 23, 24]

Tabela 2. Raspored zemalja prema pripadnosti klasteru

Broj klastera	Karakteristike klastera	Zemlje
1	Niska energetska intenzivnost, umeren do visok udeo obnovljivih izvora, nizak racio apsorpcije CO ₂ .	Etiopija, Nepal, Tanzanija, Nigerija, DR Kongo, Kenija, Eritreja, Kambodža, Togo, Haiti, Obala Slonovače, Kamerun, Gana, Angola, Sudan, Gabon, Šri Lanka, El Salvador, Kostarika, Gvatemala, Zimbabve, Benin, Kongo, Honduras, Senegal, Filipini, Nikaragva, Brazil.
2	Niska do umerena energetska intenzivnost, nizak do umeren udeo obnovljivih izvora, nizak racio apsorpcije CO ₂ .	Bangladeš, Peru, Albanija, Peru, Pakistan, Bocvana, Dominikanska Republika, Kolumbija, Vijetnam, Austrija, Namibija, Norveška, Švedska, Indonezija, Švajcarska, Novi Zeland, Tunis, Čile, Indija, Portugalija, Bolivija, Danska, Maroko, Panama, Jamajka, Gruzija, Argentina, Litvanija, Meksiko, Rumunija, Italija, Španija, Finska, Ekvador, Hrvatska, Irska, Turska, Slovenija, Nemačka, Francuska, Jemen, Tajland, Makedonija, Mađarska, Poljska, Velika Britanija, Japan, Kipar, Slovačka, Češka, Luksemburg, Liban, Australija, SAD, Azerbejdžan, Malezija, Alžir, Estonija, Kanada, Irak, Venecuela, Belgija, Izrael, Bugarska, Belorusija, Mongolija, Južna Koreja, Holandija, Libija.
3	Umerena do visoka energetska intenzivnost, umeren do visok udeo obnovljivih izvora, nizak racio apsorpcije CO ₂ .	Zambija, Mozambik, Paragvaj, Tadžikistan, Island.
4	Umerena do visoka energetska intenzivnost, nizak udeo obnovljivih izvora, visok racio apsorpcije CO ₂ .	Egipat, Katar, Kuvajt, Oman, Singapur, Bahrein.
5	Umerena do izuzetno visoka energetska intenzivnost, nizak udeo obnovljivih izvora, nizak racio apsorpcije CO ₂ .	Kina, Bosna i Hercegovina, Južnoafrička Republika, Srbija, Moldavija, Sirija, Iran, Urugvaj, Severna Koreja, Jordan, Jermenija, Kazahstan, Kirgistan, Rusija, Kuba, Saudijska Arabija, Ukrajina, Uzbekistan, Turkmenistan, Brunej, Trinidad i Tobago, Ujedinjeni Arapski Emirati.

4. DISKUSIJA

Najbolje rangirane zemlje na osnovu Indeksa energetske-ekološke održivosti spadaju u regione podsaharske Afrike, južne Azije i Kariba. Reč je o nekim od najsiromašnijih zemalja sveta. Gledano sa aspekta pripadnosti klasterima, vodeće zemlje pripadaju uglavnom klasteru 1, koji obuhvata zemlje sa niskom energetskom intenzivnošću, visokim udelom obnovljivih izvora i niskim raciom apsorpcije CO₂. Udeo obnovljivih izvora u ukupnoj potrošnji primarne energije u ovim zemljama iznosi preko 60%, a u nekim slučajevima i preko 90% [22]. Dominantni izvor energije u ovim zemljama je biomasa, koje ima u ogromnim količinama [22]. Zemlje iz klastera 1 imaju različit procenat pokrivenosti teritorije šumom, ali im je zajednička izuzetno niska emisija CO₂, što zbog visokog udela obnovljivih izvora, što zbog malog obima ukupne

potrošnje energije. Oblasti potrošnje energije su u ovim zemljama slabo razvijene. Procenat stanovništva koji ima pristup električnoj energiji iznosi prosečno 24,9% [25], broj motornih vozila na 1.000 stanovnika iznosi oko 10 [26], a obim industrijske proizvodnje je preko 50 puta manji nego u razvijenim zemljama [27].

Najslabije rangirane zemlje pripadaju regionu Bliskog Istoka sa izuzetkom Singapura. Ove zemlje pripadaju 4. klasteru. Zemlje Bliskog Istoka su veliki proizvođači i izvoznici nafte, pa je stoga razumljiv zanemarljiv udeo obnovljivih izvora u potrošnji primarne energije. Obilje fosilnim energentima, razlog je i relativno visoke energetske intenzivnosti. Ukratko, u ovim zemljama još uvek ne postoji jak interes da se veća pažnja posveti unapređenju energetske efikasnosti, kao i povećanju udela obnovljivih izvora u proizvodnji i potrošnji energije. U ovim zemljama, površina pod šumom zauzima manje od 4% ukupne teritorije, što je

posledica prirodnih uslova [28]. Velika potrošnja isključivo fosilnih goriva, kao i mala površina pod šumom, uzrok su izuzetno nepovoljne vrednosti racia apsorpcije CO₂.

Neke od najrazvijenijih zemalja sveta članica Organizacije za ekonomsku saradnju i razvoj (OECD) i Evropske unije (EU) su pozicionirane mahom u drugoj polovini rang liste. Najbolje plasirana zemlja EU je Austrija na 41. mestu. Takođe, najveći broj ekonomski razvijenih zemalja je svrstan u klaster 2, koji se odlikuje niskom do umerenom energetske intenzivnošću, niskim do umerenim udelom obnovljivih izvora i niskim raciom apsorpcije CO₂. Iako se u ovim zemljama kontinuirano sprovode mere za poboljšanje energetske održivosti, što je dovelo do relativno povoljne energetske intenzivnosti, udeo obnovljivih izvora je u većini zemalja ipak manji od 20% [22]. Jasno je da bi unapređenje energetske održivosti u ovim zemljama trebalo da ide u pravcu povećanja udela obnovljivih izvora u proizvodnji i potrošnji primarne energije. Izuzetno niskoj vrednosti racia apsorpcije CO₂ doprinosi i upotreba nuklearne energije za proizvodnju struje. U zemljama OECD-a, preko 21% električne energije je proizvedeno u nuklearnim elektranama [29].

Klaster 3 sadrži pet zemalja koje su dosta različito pozicionirane na listi. Kod zemalja iz ovog klastera je prisutna razlika u raciu apsorpcije ugljen dioksida, a koja je uslovljena različitom pošumljenošću ovih zemalja. Primera radi, Paragvaj je pokriven šumom sa 44,3%, Tadžikistan, sa 2,9%, a Island sa 0,3% [28]. Razlike u pošumljenosti potiču od prirodnih karakteristika ovih zemalja. Ipak, Tadžikistan i Island uspevaju da visokim udelom obnovljive energije nadoknade ograničenja ekosistema i da budu bolje plasirane od mnogih zemalja koje imaju veće mogućnosti za bolju pošumljenost. Zambija i Mozambik, iako po raciu apsorpcije CO₂ i udelu obnovljivih izvora, pokazuju sličnost sa zemljama iz klastera 1, ipak su, zbog nešto slabije vrednosti energetske intenzivnosti, svrstane u klaster 3.

Zemlje sa najvišom energetske intenzivnošću se nalaze u klasteru 5 i obuhvataju zemlje bivšeg Sovjetskog saveza, ali i druge zemlje koje pripadaju različitim regionima. Različiti su uzroci visoke energetske intenzivnosti i najčešće se tiču velikih gubitaka u prenosu i distribuciji električne energije, visokog udela energetske intenzivnih grana u kreiranju dodatne vrednosti BDP-a, velikih rezervi fosilnih izvora energije, itd., a često predstavljaju i kombinaciju više navedenih faktora. Primera radi, gubici u prenosu i distribuciji električne energije kod većine zemalja iz

ovog klastera iznose preko 12%, što je duplo više nego u EU i SAD [30]. U Kirgistanu ti gubici dostižu i skoro 30% [30]. Udeo industrije u kreiranju dodatne vrednosti BDP-a u Bruneju iznosi 74%, a u UAE 53% [31]. Takođe, UAE se nalaze na sedmom mestu u svetu po dokazanim rezervama nafte [32]. Treba napomenuti da se većina zemalja iz klastera 5 nalazi u drugoj polovini rang-liste, upravo zbog izuzetno visoke energetske intenzivnosti, pa bi stoga, poboljšanja u ovoj oblasti trebalo da predstavljaju ključ uspostavljanja energetske-ekološke održivosti kod pomenutih zemalja. U ovaj klaster su svrstane i zemlje sa intenzivnim ekonomskim razvojem poput Kine, Rusije i Južnoafričke Republike. Intenzivni ekonomski razvoj ovih zemalja zahteva i pojačanu potrošnju energije, zbog čega je teško uspostaviti balans između zahteva za energijom, korišćenja obnovljive energije i opterećenosti ekosistema.

5. ZAKLJUČAK

U svetu u kome se nagoveštaj budućih energetske i ekološke kriza već može osetiti, merenje karakteristika održivog razvoja u ovoj oblasti predstavlja važno sredstvo za preduzimanje preventivnih aktivnosti. Postoje različiti načini merenja energetske i ekološke održivosti. Ipak, ako bi se uvažili principi održivog razvoja Hermana E. Delija, tada je moguće primeniti tzv. Indeks energetske-ekološke održivosti, čiji su sastavni činioци energetska intenzivnost, udeo obnovljivih izvora u potrošnji primarne energije i racio apsorpcije ugljen dioksida. Indeks predstavlja agregaciju navedena tri indikatora, pri čemu svaki od njih ima podjednaku važnost u kreiranju njegove vrednosti. Pomoću ovog Indeksa, u radu je izvršeno rangiranje zemalja u svetu prema energetske-ekološkoj održivosti, a potom je sprovedena i klaster analiza. Zemlje koje spadaju u red najsiromašnijih u svetu su pokazale najbolje rezultate po sva tri indikatora, kao i po agregiranoj vrednosti Indeksa. Nerazvijene oblasti potrošnje energije u ovim zemljama, te nizak nivo emisije CO₂, dovodi do doga da se ove zemlje mogu smatrati energetske i ekološke najodrživijim u svetu. S druge strane, zemlje proizvođači nafte sa Bliskog Istoka su na začelju rang liste, jer se naftni derivati koriste kao jedini energent, pri čemu se emituju velike količine štetnih gasova i čestica, koje nisu podržane odgovarajućim stanjem ekosistema. Ekonomski razvijene zemlje, kao i one sa brzim ekonomskim razvojem, nalaze se u drugoj polovini rang liste. Iako je u prethodne dve decenije zabeležen izvestan napredak

po pitanju energetske-ekološke održivosti u ovim zemljama, one bi morale da učine još više napora shodno obimu potrošnje energije i emisiji CO₂. Na taj način bi bio osiguran njihov, ali i razvoj drugih zemalja u svetu, pri čemu ne bi bile ugrožene potrebe budućih generacija.

LITERATURA

- Shafiee, S.; Topal, E. When will fossil fuel reserves be diminished? *Energy Policy* **2009**, 37(1), 181-189.
- Maggio, G.; Cacciola, G. When will oil, natural gas and coal peak?, *Fuel*, **2012**, 98, 111-123.
- Velarde, S.J.; Malhi, Y.; Moran, D.; Wright, J.; Hussain, S. Valuing the impacts of climate changes on protected areas in Africa, *Ecological Economics* **2005**, 53(1), 21-33.
- Hanjra, M.A.; Ejaz Qureshi, M.; Global water crisis and future food security in an era of climate change. *Food Policy* **2010**, 35(5), 365-377
- Bilgin, M. Geopolitics of European natural gas demand: Supplies from Russia, Caspian and Middle East. *Energy Policy* **2009**, 37(11), 4482-4492.
- Hammoudeh, S.; Li, H.; The impact of the Asian crisis on the behaviour of US and international petroleum prices. *Energy Economics* **2004**, 26(1), 135-160.
- United Nations, *Report of the World Commission on Environment and Development – Our Common Future*, <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>, preuzeto 10.04.2013.
- Daly, H. E. Toward some operational principles of sustainable development, *Ecological Economics* **1990**, 2(1), 1-6.
- Organisation for Economic Co-operation and Development, *Climate Change Meeting the Challenge to 2050*, <http://www.oecd.org/env/39762914.pdf>, preuzeto 10.04.2013.
- Tester, J. W.; Drake, E. M.; Driscoll, M.J.; Golay, M.W.; Peters, W., A. *Sustainable Energy: Choosing Among Options*. MIT Press, Cambridge, MA, USA, 2005.
- Randolph, J.; Masters, G. M. *Energy for Sustainability: Technology, Planning, Policy*. Island Press, Washington DC, USA, 2008.
- Lund, H. Renewable Energy Strategies for Sustainable Development. *Energy* **2007**, 32(6), 912-919.
- Berrah, N.; Feng, F.; Priddle, R.; Wang, L. *Sustainable Energy in China: The Closing Window of Opportunity*. World Bank Publications, Washington, DC, USA, 2007.
- Prindle B.; Eldridge, M.; Eckhardt, M.; Frederick, A. The Twin Pillars of Sustainable Energy: Synergies between Energy Efficiency and Renewable Energy Technology and Policy, ACEEE Report Number E074, <http://www.aceee.org/research-report/e074>, preuzeto 10.04.2013.
- Afghan, H.N.; Carvalho, M.G.; Hovanov, N.V. Modeling of Energy System Sustainability Index. *Thermal Science* **2005**, 9(2), 3-16.
- Brown, M.; Sovacool, B. Developing an „Energy Sustainability Index“ to evaluate energy policy. *Interdisciplinary Science Reviews* **2007**, 32(4), 335-349.
- Yale Center for Environmental Law & Policy, Center for International Earth Science Information Network, 2005 Environmental Sustainability Index, www.yale.edu/esj, preuzeto 10.04.2013.
- Yale Center for Environmental Law & Policy, Center for International Earth Science Information Network, Pilot 2006 Environmental Performance Index, www.yale.edu/eipi, preuzeto 10.04.2013.
- Gvozdenac-Urosevic, B. Energy Efficiency and Gross Domestic Product. *Thermal Science* **2010**, 14(3), 799-808.
- Howell, C. D. *Fundamental Statistics for the Behavioral Sciences*. Wadsworth, Cengage Learning, Inc., Belmont, CA, USA, 2010.
- EIA, Countries, International Energy Statistics, U.S. Energy Information Agency, <http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/IEDIndex3.cfm>, preuzeto 10.04.2013.
- IEA, Statistics, Balances, International Energy Agency, On line at: <http://www.iea.org/stats/prodresult.asp?PRODUCT=Balances>, preuzeto 10.04.2013.
- The World Bank, Data, CO₂ emissions (kt), <http://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.KT>, preuzeto 10.04.2013.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics – FAOSTAT, ForesSTAT, <http://faostat.fao.org/site/626/default.aspx#ancor>, preuzeto 10.04.2013.
- The World Bank, Data, Access to electricity (% of population), <http://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.ACCS.ZS>, preuzeto 10.04.2013.

26. The World Bank, Data, Motor vehicles (per 1000 people), <http://data.worldbank.org/indicator/IS.VEH.NVEH.P3>, preuzeto 10.04.2013.
27. The World Bank, Data, Industry, value added (constant 2000 US\$), <http://data.worldbank.org/indicator/NV.IND.TOTL.KD>, preuzeto 10.04.2013.
28. The World Bank, Data, Forest area (% of land area), <http://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.FRST.ZS>, preuzeto 10.04.2013.
29. The World Bank, Data, Electricity production from nuclear sources (% of total), <http://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.NUCL.ZS>, preuzeto 10.04.2013.
30. The World Bank, Data, Electric power transmission and distribution losses (% of total output), <http://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.LOSS.ZS>, preuzeto 10.04.2013.
31. The World Bank, Data, Industry, value added (% of GDP), <http://data.worldbank.org/indicator/NV.IND.TOTL.ZS>, preuzeto 10.04.2013.
32. Organization of Petroleum Exporting Countries, World proven crude oil reserves by country, 1960-2011, www.opec.org/library/Annual%20Statistical%20Bulletin/interactive/current/FileZ/XL/T31.HTM, preuzeto 10.04.2013.