

# Sprendimų priėmimas energetikos sektoriuje

Dalia Štreimikienė<sup>1</sup>,

Indrė Šikšnelytė<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Lietuvos energetikos institutas,  
Kompleksinių energetikos  
tyrimų laboratorija,  
Breslaujos g. 3, LT-44403 Kaunas  
El. paštas: [dalia@mail.lei.lt](mailto:dalia@mail.lei.lt)

<sup>2</sup> Vilniaus universitetas,  
Kauno humanitarinis fakultetas,  
Muitinės g. 8, LT-44280 Kaunas  
El. paštas: [indre.siksnelyte@khf.vu.lt](mailto:indre.siksnelyte@khf.vu.lt)

Straipsnyje analizuojamas sprendimų priėmimas energetikos sektoriuje. Darbe išnagrinėti ir susisteminti daugiakriterinių sprendimų priėmimo paramos instrumentai ir jų taikymo sritys bei panaudojimo galimybės. Parinkti daugiakriterinių sprendimų paramos instrumentai aplinkos politikos integravimui energetikoje bei apibrėžtos jų taikymo galimybės energetikos politikoje. Parengta energetikos sektoriaus daugiakriterinių sprendimų priėmimo metodika, pagrįsta poveikio energetikos ir aplinkosaugos politikos prioritetinių tikslų vertinimu. Darnaus vystymosi apibrėžimas yra praplečiamas, atsižvelgiama į įvairių kartų plačią filosofiją apie pagrindinius Žmogaus, Gamtos ir Sistemos pajėgumų harmonizavimo aspektus. Remiantis šiuo išplėstiniu apibrėžimu, yra pristatoma patobulinta Varomosios jėgos-Būsenos-Atsako (VBA-ŽGS) energetikos politikos kūrimo sistema. Pagrindinis indėlis yra Būsenos dalies modelavimas apjungiant Žmogaus, Gamtos ir Sistemos dalis, siekiant sukurti visa apimančias ir susijusias strategijas. Pateikiama nuosekli energetikos politikos kūrimo sistema ir aprašomas jos naudojimo būdas.

**Raktažodžiai:** sprendimų priėmimas, darnus vystymasis, energetikos sektorius

## ĮVADAS

Energetikos sektoriuje keliami tikslai priimančiam sprendimui yra daugialypiai ir konfliktuoja tarpusavyje: minimizuoti kaštus, minimizuoti poveikį aplinkai, užtikrinti energijos tiekimo patikimumą ir kt. Todėl priimančiam strateginiams sprendimams dėl energetikos sektoriaus plėtros būtina taikyti daugiakriterinę analizę arba daugiakriterinį vertinimą, leidžiantį įvertinti realių kriterijų svarbą sprendimams priimančiam asmeniui, kai yra derinami ekonominiai, aplinkosauginiai, socialiniai ir kt. kriterijai bei parinkti geriausią sprendimą atsižvelgiant į juos visus. Taigi daugiakriteriniai vertinimo arba sprendimų priėmimo metodai yra bandymas vienu metu vertinti kelis alternatyvius sprendimus pagal keletą vienas kitam prieštaraujančių kriterijų. Priimančiam sprendimams energetikos sektoriuje dažnai susiduriame su skirtingų interesų grupėmis, skirtingais tikslais ir skirtingomis informacijos rūšimis. Tai paaiškina, kodėl daugiakriteriniai vertinimo metodai

priimančiam sprendimams svarbiais energetikos plėtros klausimais tampa vis populiareni.

Analizuojant sprendimų alternatyvas skirtingais lygmenimis, labai svarbu parinkti tinkamus alternatyvų vertinimo kriterijus bei jų kiekybinio vertinimo rodiklius. Todėl sprendžiant uždavinius, kurie aprašomi daugeliu kriterijų (daugiakriterinius uždavinius), didelę įtaką turi sudarytas sprendimo priėmimo modelis. Uždavinio sprendimo modelis yra sudėtingas procesas, todėl šio straipsnio tikslas – pateikti koncepcinį daugiakriterinių sprendimų priėmimo modelį energetikoje bei aprašyti jo taikymo metodiką. Darbui keliami šie uždaviniai:

- išanalizuoti daugiakriterinius uždavinius, susijusius su sprendimų priėmimu energetikoje;
- išanalizuoti daugiakriterinių uždavinių sprendimo energetikoje principus bei taikomus metodus;
- parengti darnios energetikos politikos formavimo modelį.

## DAUGIAKRITERINIŲ ENERGETIKOS UŽDAVINIŲ SPRENDIMAS

Daugiakriteriniai uždaviniai yra skirti parinkti optimalų sprendimą, vienu metu vertinant alternatyvius sprendimus pagal keletą vienas kitam prieštaraujančių kriterijų. Daugiakriterinių uždavinių esminis bruožas – jų sprendinys negali būti geriausias visų kriterijų atžvilgiu, t. y. reikia ieškoti tokio sprendinio, kuris nėra optimalus kiekvienam kriterijui atskirai, bet yra priimtinas visiems kriterijams [1].

Nuo 1970 m. naftos krizės energetikos planavimas tapo svarbiu įrankiu priimant sprendimus energetikos sektoriuje, siekiant sumažinti kylančių energijos išteklių kainas bei išspręsti šių išteklių retumo problemas. Po 1980 m. kylantis susirūpinimas aplinka bei didėjanti neigiama energijos išteklių vartojimo įtaka papildė energetikos planavimo bei sprendimų priėmimo uždavinius aplinkosauginiais aspektais. Pagrindinės energetikos sektoriaus problemos gali būti suskirstytos į makroekonominės ir mikroekonominės. Makro- lygio problemos sprendžiamos atliekant energetikos ir aplinkosaugos politikos analizę [2–4] ir investicijų energetikos sektoriuje planavimą [5, 6]. Mikro- lygmens studijos yra susijusios su energijos gamybos technologijų parinkimu [7, 8], energetikos kompanijų plėtros ir valdymo studijomis [9, 10] bei aplinkos kontrolės ir valdymo problemų energetikoje

sprendimu [11, 12]. Šios studijos taip pat siejasi ir su planavimu. Pagrindiniai klausimai sprendžiant energetikos ekonomikos ir aplinkos (EEA) uždavinius yra tinkamai parinktas daugiakriterinis sprendimų priėmimo metodas atliekant daugiakriterinę analizę.

Egzistuoja daug daugiakriterinių sprendimų priėmimo (DSP) instrumentų, skirtų pasirinkimo, rangavimo, grupavimo ar analizės uždaviniui spręsti. Pasirenkant DSP instrumentą svarbūs yra tinkamumo, patikimumo, priimanumo vartotojui bei paprastumo kriterijai [13]. Siekiant suformuoti platesnę sprendimų priėmimo erdvę bei padidinti gautų rezultatų patikimumą, konkrečiam uždaviniui spręsti pritaikomas ne vienas, o keli metodai. Naudojami keli DSP instrumentai leidžia atsižvelgti į daugiau veiksnių bei turėti galimybę palyginti rezultatus, kad galutinis sprendimas būtų kuo teisingesnis ir patikimesnis.

Pasirenkant DSP instrumentą yra svarbūs kriterijai, kuriuos galima suskirstyti į 4 pagrindines klases: techniniai, ekonominiai, aplinkosauginiai ir socialiniai [14–18]. Nors kai kurių problemų sprendimas gali pareikalauti specifinių kriterijų. Tai priklauso nuo problemos prigimties, praktiškai analizuojant naudojami tokie patys arba panašūs kriterijai.

1 lentelėje, remiantis mokslinės literatūros apžvalga, apibendrinti ir sugrupuoti daugiakriteriniai energetikos sektoriaus uždaviniai, pateikti jų tikslai bei DSP instrumentai, taikomi jų sprendimui.

1 lentelė. Daugiakriteriniai uždaviniai ir daugiakriteriniai sprendimų priėmimo instrumentai energetikos sektoriuje

Daugiakriterinis uždavinys	Tikslas	Iškelti uždaviniai	DSP instrumentas
Lyginamoji energijos gamybos technologijų analizė ir vertinimas	Nustatyti prioritėtines energijos gamybos technologijų alternatyvas, parengti energetikos sektoriaus plėtros planus bei parinkti politikos priemones, skirtas paskatinti šių technologijų skverbimąsi į rinką	Branduolinės energijos palyginimas su tradiciniais energijos gamybos šaltiniais arba su atsinaujinančiais energijos šaltiniais	Rangavimo metodai
Alternatyvių energetikos planų ir politikos priemonių pasirinkimas	Energetikos sektoriaus planavimo problemų sprendimas siekiant nustatyti labiausiai pageidaujamus alternatyvius ateities energetikos sektoriaus plėtros scenarijus	Alternatyvos modeliuojamos ir lyginamos taikant įvairius modelio apribojimus, kurie apima daug ekonominių, aplinkosauginių ir socialinių parametrų	Daugiatiksliai optimizavimo modeliai, skirti planuoti energetikos sektoriaus plėtrą (TIAM, PEM, MESSAGE, EFOM, WASP ir kt.)
Alternatyvių politikos priemonių pasirinkimas	Politikos priemonių, palengvinančių konkrečių strateginių politikos tikslų įgyvendinimą, parinkimas	Tinkamiausios kainodaros sistemos parinkimas siekiant paskatinti atsinaujinančių energijos išteklių naudojimą	Daugiatiksliai optimizavimo modeliai bei alternatyvų rangavimo metodai
Alternatyvių energetikos projektų pasirinkimas; geriausias vietas jėgainei parinkimas	Geriausių projektų pasirinkimas iš didelės alternatyvių projektų grupės	Asmens, priimančio sprendimus, preferencijų bei biudžeto apribojimų įvertinimas	Naudingosios vertės analizė (NVA); naudingumo teorijos su daugeliu požymių metodas (MAUT)

Jungtinių Tautų organizacijos inicijuotas darnaus vystymosi principų įgyvendinimas iškelė daug politinių įsipareigojimų šalims bei stipriai paveikė energetikos politiką visame pasaulyje. Daug dėmesio šiame kontekste skiriama klimato kaitos problemai bei teršalų emisijų į atmosferą neigiamam poveikiui žmonių sveikatai bei ekosistemoms tyrinėti. Kadangi energetikos sektorius yra pagrindinis teršalų į atmosferą bei šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijų šaltinis, planuojant energetiką būtina įvertinti energetikos sektoriaus plėtros pasirinkimo alternatyvų įtaką teršalų į atmosferą bei šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijoms. Darnaus vystymosi koncepcija apima ekonomines, aplinkosaugines ir socialines dimensijas, todėl parenkant geriausias energijos gamybos technologijas, apsisprendžiant dėl konkrečių energetikos projektų įgyvendinimo ar sudarant ateities energetikos sektoriaus plėtros scenarijus, būtina atsižvelgti į aplinkosauginius, socialinius ir ekonominius kriterijus, kurie vienas kitam prieštarauja, t. y. būtina priimti daugiakriterinį sprendimą.

Šiuo metu paplitus darnaus vystymosi bei socialiai atsakingo verslo koncepcijoms labai svarbūs tampa etiniai aspektai. Todėl priimant sprendimus energetikos sektoriuje būtina atsižvelgti į racionalumo, subjektyvumo ir etikos aspektus [19]. Etiniai aspektai gali būti įvertinti tik kokybiniais rodikliais. Labai svarbus vaidmuo tenka DSP instrumentams, nes pastarieji gali užtikrinti harmoningą kokybinių ir kiekybinių rodiklių integravimą ir sukurti patikimą terpę, leidžiančią racionalius sprendimus suderinti su subjektyviais sprendimais bei etiniais aspektais. Energetikos plėtros planų bei energetikos kompanijų darnios plėtros planų monitoringas apima labai svarbią energetikos sektoriaus daugiakriterinių uždavinių grupę [20].

### **ENERGETIKOS SEKTORIAUS DAUGIAKRITERINIŲ SPRENDIMŲ PARAMOS INSTRUMENTAI**

DSP instrumentai yra grupuojami pagal tai, kokias alternatyvas ir matavimo skales jie apima, kokias taiko sprendimų priėmimo taisykles. Priimant energetikos sektoriaus sprendimus, pirmiausia taikomi DSP instrumentai siekiant nustatyti suinteresuotųjų asmenų, įtrauktų į sprendimų priėmimo procesą, preferencijas.

Kadangi priimant sprendimus energetikos sektoriuje (planuojant energetikos sektoriaus strategines investicijas, parenkant klimato kaitos švelninimo priemones ir tinkamiausias technologijas elektros energijos gamybai bei kt.) priimantis turi užtikrinti, kad bus įgyvendinti energetikos politikos prioritetiniai tikslai, todėl parenkant DSP instrumentus reikia į tai atsižvelgti. Pagal sprendimų priėmimui energetikos sektoriuje suteikiamą informaciją daugiakriteriniai sprendimų paramos (DSP) instrumentai

arba modeliai gali būti suskirstyti į šias pagrindines kategorijas [21]:

1. DSP instrumentai, taikantys kiekybinius matavimus. Šiai grupei priklauso plačiai žinomi metodai, pagrįsti daugiakriterine naudingumo teorija. Šios teorijos pagrindu formuojami integruoti indikatoriai arba taikomi tokie metodai, kaip Naudingosios vertės analizė (NVA); Naudingumo teorijos su daugeliu požymių metodas (MAUT); Paprastasis pasvertas sumavimas (PPS); taip pat daugybė naujų metodų, pvz., artėjimo prie idealaus taško metodas (TOPSIS). Paprasčiausias ir reikalaujantis mažiausiai laiko sąnaudų instrumentas šioje grupėje yra PPS metodas [22].

2. DSP instrumentai, taikantys pirminius kokybinius matavimus, kurių rezultatai iš karto įgauna kiekybinį pavidalą. Šiai grupei priskiriami analitinės hierarchijos metodai (AHM) bei metodai, naudojančios neapibrėžtas aibes [23–25].

3. DSP instrumentai, taikantys kiekybinius matavimus, bet naudojami keli indikatoriai alternatyvoms lyginti (lyginamosios preferencijos metodai). Paprasčiausias iš šiai grupei priklausančių metodų yra lyginamosios pirmenybės metodas COPRAS (angl. multiply criteria complex proportional assessment of alternatives) [26, 27].

4. DSP instrumentai, pagrįsti kokybiniais matavimais, nepereinant prie kiekybinių kintamųjų. Šiai grupei priklauso verbalinės analizės sprendimų metodai [28].

Taikant DSP instrumentus galima gauti kelių tipų sprendimus, kurie apima pasirinkimą, rangavimą, grupavimą ir portfelio sudarymą [29]. Portfelio sudarymas yra pats sudėtingiausias ir daugiausiai pastangų reikalaujantis metodas, kuris ypač aktualus priimant sprendimus dėl daugelio tarpusavyje sąveikaujančių politikos priemonių.

Kadangi kiekviena iš pateiktų DSP instrumentų grupių pasižymi savo stipriosiomis ir silpnosiomis pusėmis, sunku išrinkti geriausią instrumentą, neatlikus jų daugiakriterinės analizės, tačiau labai svarbu, pasirenkant instrumentą, atsižvelgti į turimus duomenis, informacijos apribojimus bei galimas laiko sąnaudas. DSP instrumento parinkimas priklauso nuo uždavinio ir kriterijų, pagal kuriuos priimamas sprendimas, skaičius [30].

Būtina atskirti DSP instrumentus nuo daugiakriterinių optimizavimo modelių. DSP instrumentai skirti daugiakriteriniams sprendimų analizės uždaviniams spręsti, kur pagal daugelį kriterijų yra lyginamos ir ranguojamos diskrečios iš anksto nustatytos ir apibrėžtos alternatyvos. Šie uždaviniai bei DSP instrumentai skiriasi nuo daugiakriterinių optimizavimo uždavinių ir sudėtingų energetikos optimizavimo modelių, skirtų prognozuoti energetikos sektoriaus plėtrą, nes pastariesiems alternatyvos nustatomos modeliuojant bei taikant aplinkosauginius bei kitus apribojimus ir nėra iš anksto apibrėžtos (2 lentelė).

*Integruotų rodiklių metodas* taikomas siekiant integruoti svarbiausius rodiklius, apibūdinančius alternatyvas, vie-

2 lentelė. DSP metodai ir jų taikymo sritys

Energetikos sektoriaus sprendimas	DSP instrumentai								
	Alternatyvų rangavimas					Rodiklių svorio nustatymas			
	Integruoti rodikliai	PPS	COPRAS	Lyginamosios preferencijos metodai	Iteracinis metodas	Subjektyvūs metodai		Objektyvūs metodai	
						Ekspertų apklausa	Pasirinkimo eksperimentas	Entropijos metodas	Jautrumo analizė
Energijos gamybos technologijų vertinimas ir parinkimas	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Energetikos politikos priemonių parinkimas				X		X	X	X	X
Energetikos objektų vietos parinkimas		X	X		X	X	X	X	X
Investicinių projektų energetikos sektoriuje vertinimas		X	X		X	X	X	X	X
Energetikos strategijos monitoringas ir darnumo vertinimas	X					X	X	X	X
Energetikos objektų darnumo vertinimas	X	X	X		X	X	X	X	X

name rodiklyje. Rodikliai, apibūdinantys alternatyvas, yra normalizuojami ir sumuojami taikant įvairias funkcijas. Metodas taikomas energetikos strategijų monitoringui bei energijos gamybos technologijų vertinimui ir rangavimui.

*PPS – paprasto pasverto sumavimo* metodas taikomas esant mažam kriterijų skaičiui. Tai vienas paprasčiausių DSP instrumentų priimant energetikos sektoriaus sprendimus. Šis metodas pagrįstas daugiakriterine naudingumo funkcija. Metodas taikomas parenkant energijos gamybos technologijų ir strateginių objektų vietą bei vertinant darnumą.

*COPRAS metodas.* Daugiakriterinis kompleksinio porcingo įvertinimo metodas leidžia palyginti alternatyvas taikant kiekybinius ir kokybinius rodiklius. Pirmame etape alternatyvas pagal atskirus kriterijus apibūdinantys rodikliai yra normalizuojami, po to apskaičiuojamos kiekvieną alternatyvą apibūdinančių minimizuojančių ir maksimizuojančių normalizuotų rodiklių sumos. Trečiuoju etapu nustatomas alternatyvų santykinis reikšmingumas bei prioritetiškumas pagal juos apibūdinančias teigiamas ir neigiamas savybes. Metodas gerai tinka lyginant bei parenkant energetikos politikos ir energijos gamybos technologijas ir atsižvelgiant į energetikos politikos prioritetus bei suinteresuotųjų pasiūlytą preferencijas.

*Lyginamosios preferencijos metodai* remiasi poriniu alternatyvų lyginimu skaičiuojant specialius sutikimo ir nesutikimo indeksus. Kiekvienam analizės etapui nustatoma

žemiausia sutikimo indekso reikšmė ir aukščiausia nesutikimo indekso reikšmė, kurioms esant vienos alternatyvos pranašumas realizuojamas kitos atžvilgiu.

*Iteracinis metodas.* Atliekant alternatyvų palyginimą bei rangavimą taikant keletą metodų paprastai gaunami skirtingi rezultatai. Rangavimo procesas gali būti kartojamas keletą kartų, kol alternatyvų eiliškumas nesiskirs. Metodas gerai tinka energetikos politikos priemonėms ir energijos gamybos technologijoms parinkti atsižvelgiant į energetikos politikos prioritetus.

*Ekspertų apklausa* yra subjektyvus sprendimo priėmimo instrumentas, kurio metu ekspertai analizuoja problemą, kiekybiškai vertindami ir formaliai apdorodami duomenis. Ekspertų vertinimu nustatomas jų nuomonių atitikimo laipsnis tiriamuoju klausimu bei ekspertų išvadų objektyvumas, kurį lemia esminiai, realūs faktų ir reiškinų ryšiai. Metodas praktiškai gali būti taikomas visose energetikos sektoriaus sprendimų priėmimo srityse.

*Pasirinkimo eksperimentas* – taip pat subjektyvus metodas, skirtas kriterijų svoriui nustatyti, kurio metu respondentai atlieka alternatyvų rangavimą keliais etapais ir lygina po dvi alternatyvas pagal daugelį kriterijų kiekviename etape. Vėliau šios nustatytos preferencijos yra išskaidomos taikant regresinę analizę, kad įvertintų kiekvienos alternatyvos vertės funkciją ir kriterijų svorį. Metodas plačiai taikomas parenkant kriterijų svorius, ranguojant energetikos politikos priemones pagal svarbius kriterijus.

*Entropijos metodas* – tai objektyvus metodas, skirtas parinkti kriterijų svorius. Jo esmė yra alternatyvas apibūdinančių rodiklių efektyvumo entropijos lygio skaičiavimai, kuriais remiantis nustatomas rodiklių reikšmingumas. Šiuo metodu nustatyti kriterijų svoriai yra naudojami PPS, COPRAS ir kituose sprendimų priėmimo metoduose.

*Jautrumo analizė* yra taikoma siekiant nustatyti, kaip parinkti kriterijai (jų skaičius bei svoriai) lemia gautus sprendimus.

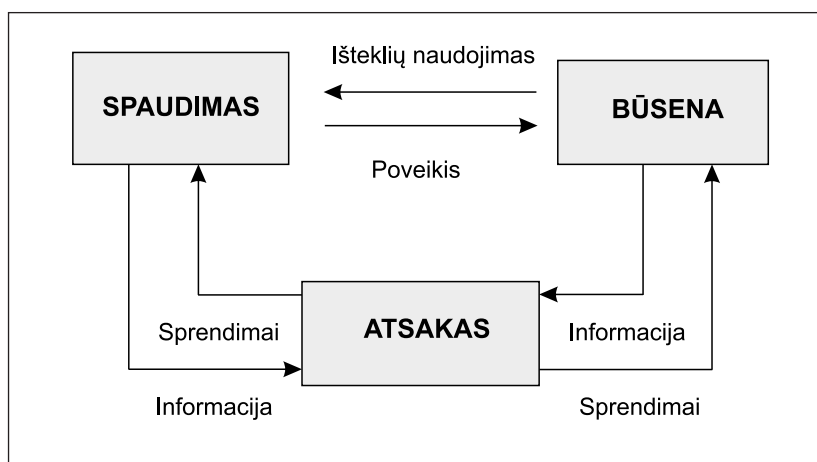
Daugiakriteriniai sprendimai energetikos sektoriuje visų pirma susiję su energetikos politikos formavimu. Darnus energetikos vystymasis yra prioritetinga energetikos politikos kryptis. Kadangi darnios energetikos skatinimo politika nukreipta užtikrinti vienas kitam prieštaraujantį ekonominius, socialinius ir aplinkosauginius energetikos plėtros tikslus, parinkti politikos priemonės yra svarbiausias energetikos sektoriaus daugiakriterinis sprendimas. Toliau (remiantis anksčiau atlikta analize) formuojamas darnios energetikos politikos formavimo modelis.

## DARNIOS ENERGETIKOS POLITIKOS FORMAVIMO MODELIS

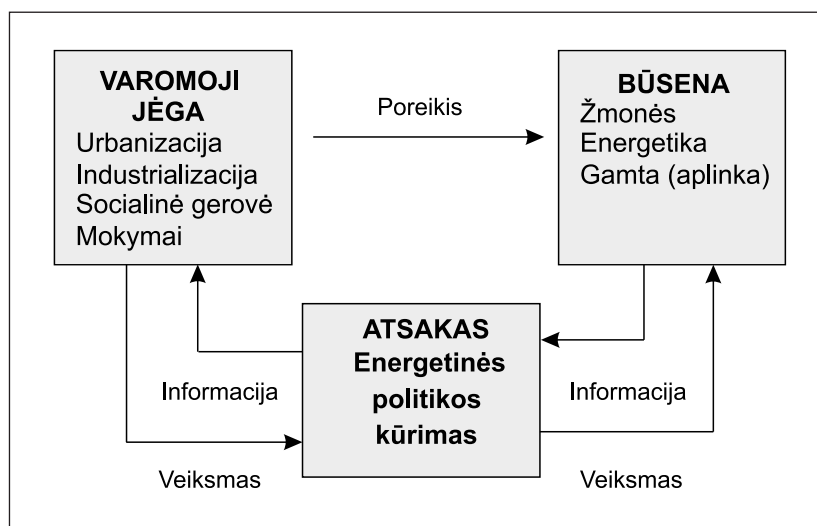
Remiantis Darnaus vystymosi koncepcija, keletas tarptautinių organizacijų, tokių kaip Jungtinių Tautų organizacija (JTO), Pasaulio sveikatos organizacija (PSO) ir Ekonominio bendradarbiavimo ir plėtros organizacija (EBPO), pasiūlė keletą sistemų. Pirmiausia, 1970 m. EBPO išvystė ir pritaikė Spaudimo-Būsenos-Atsako (SBA) sistemą (1 pav.), norėdama paskatinti aplinkosaugines idėjas, susijusias su energetikos politikos kūrimu, kurios buvo paremtos energetikos sektoriaus įtakos matavimais aplinkosaugoje [31].

Varomosios jėgos-Būsenos-Atsako (VBA) sistema (2 pav.) buvo išvystyta Jungtinių Tautų darnaus vystymosi komisijos (remiantis SBA sistema), kurioje „Spaudimo“ dalis buvo pakeista į „Varomąją jėgą“.

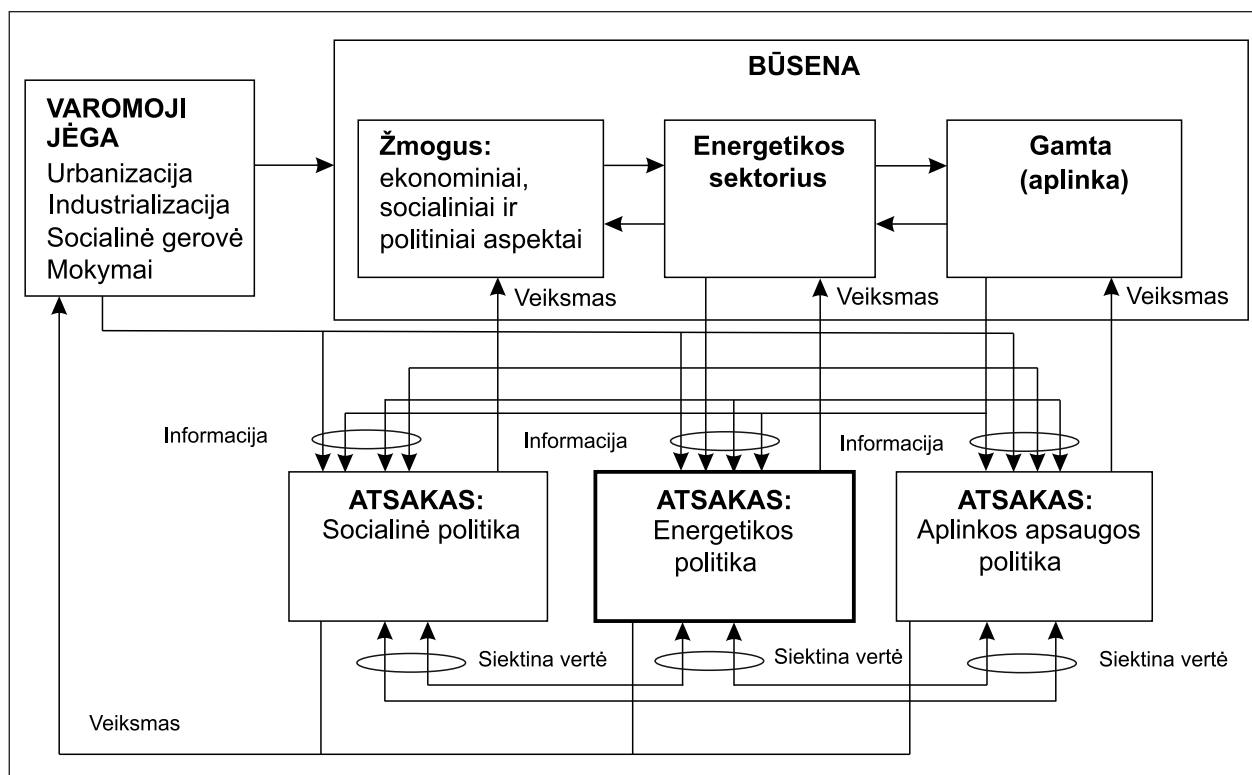
Varomosios jėgos-Spaudimo-Būsenos-Poveikio-Atsako (VSBPA) sistema taip pat buvo sukurta PSO. Jos tikslas buvo sumodeliuoti ryšius tarp aplinkosaugos ir sveikatos



1 pav. SBA Sistema [32]



2 pav. Tradicinė VBA (arba VSBPA) sistema [33]



3 pav. Patobulinta VBA sistema, įtraukus ŽGS modelį [33]

krypčių nustatant atitinkamus rodiklius. Remiantis VSBEA sistema, taip pat buvo sukurta naujoji sistema – Varomoji jėga-Spaudimas-Būseną-Atskleidimas-Efektas-Veiksmas (VSBAEV). Šias dvi sistemas naudojo PSO, JTO, EBPO ir kitos organizacijos, siekdamos paruošti aplinkosaugos ir sveikatos rodiklius.

Modifikuotas modelis vaizduoja vidinius Žmogaus, Sistemos ir Gamtos ryšius, pateikia visos energetinės politikos kūrimo ir kontroliavimo sistemą. Pagrindiniai patobulintos sistemos elementai yra iš tos pačios tradicinės VBA sistemos.

Varomąją jėgą sudaro žmonių veikla, urbanizacija, industrializacija, socialinės gerovės tobulinimas ir t. t. Kuriant energijos politiką (EPK) pagrindinį vaidmenį atlieka trys pagrindinės dalys (Ž, S ir G) (3 pav.), todėl būsenos blokas yra sumodeliuotas į tris Ž, G ir S dalis (ŽGS modelis). Atsaką sudaro įvertinimas, pasiruošimas, politikos kūrimas, teisiniai aktai, reglamentai ir t. t. Nors informacija apie laiko ir erdvės kryptis Varomosios jėgos ir Būsenos blokuose yra prieinama per patvirtintus rodiklius, bendra energetinės politikos kūrimo procedūra gali būti vykdoma per Atsako bloką.

**Varomoji jėga.** Žmonių poreikiai yra pagrįsti ekonomika, kultūra ir politika. Šie poreikiai yra atsiradę iš urbanizacijos, industrializacijos, žemės ūkio, religijos, vėrtės ir socialinės gerovės problemų. Tai Varomoji jėga. Kai industrializacijos ir gyventojų skaičiaus augimo tempai padidėja, padidėja ir energijos resursų poreikis, tada Energetinė sis-

tema (ES) turėtų susidoroti su šiais poreikiais, kurie pakeičia Ž, S ir G būseną.

**Žmogus.** Atsižvelgiant į filosofiją, Būseną yra suformuota iš Ž, ES ir G. Su energija susiję žmonių poreikiai apima ekonominius, socialinius ir politinius aspektus. Pakanamas energijos tiekimas yra pagrindinis kriterijus kuriant modernią visuomenę. Socialinė dimensija atspindi žmonių poreikį gauti modernią energiją už prieinamą kainą. Energijos buvimas turi tiesioginį poveikį skurdiui, įsidarbinimo galimybėms, išsilavinimui ir sveikatai. Be to, kai pasaulinė energijos paklausa ėmė sparčiai augti kartu su didėjančiu gyventojų skaičiumi, urbanizacijai ir modernizacijai svarbia tapo ir politinė dimensija.

**Energetikos sektorius (ES).** ES yra gyvybiškai svarbus žmonių poreikiams. Tai ir ekonominis augimas, ir socialinė gerovė, ir politinis saugumas. Energijos gamyba, perdavimas ir paskirstymas turi būti taip sukurti, kontroliuojami ir prižiūrimi, kad galėtų užtikrinti patikimą, efektyvią ir ekonominiu atžvilgiu naudingą veiklą, kurioje didelis dėmesys skiriamas ir aplinkosauginėms problemoms. Pirminės energijos kuro paskirstymas, efektyvumas, patikimumas ir išmetamųjų dujų sumažinimas yra labai svarbūs ES uždaviniai.

**Gamta (aplinka).** Energijos sistemų veikla, o ypač ES, veikia gamtą per atmosferą, vandenį ir žemės išteklius. Tai yra matuojama teigiamomis arba neigiamomis rodiklių reikšmėmis, tokių kaip žemės, vandens ir oro kokybė, dujų išmetimas, vizualinis poveikis, triukšmas, sveikatai žalin-

gų medžiagų problema, žmonių tarša, žemės ir vandens naudojimas, atliekos, nelaimingų atsitikimų padariniai (išsiliejimai). Poveikis aplinkai daugiausia priklauso nuo to, kaip energija yra gaminama ir naudojama, koks kuro mišinys naudojamas jai sukurti, ES struktūra ir susijusios energijos reguliavimo priemonės bei kainos struktūra [33].

**Energijos politikos kūrimas (EPK).** Politika yra politikos veikėjų ar kitų asmenų, kuriuos vienija tie patys tikslai, yra susieti vidiniais ryšiais, sprendimų rinkinys. Situacijų sprendimai dažniausiai ir priklauso nuo tų asmenų. Bet kurios politikos kūrimas yra visada veikiamas pasirinkto rodiklių rinkinio. Iš pradžių gali būti apibrėžiamas didesnis tam tikrų kategorijų rodiklių skaičius, pvz., apibūdinantys, normalizuoti, palyginamieji, struktūriniai, įtemptumo, skaidymosi, priežastiniai, pasekminiai ir fiziniai rodikliai [34]. Energetikoje priimant sprendimus svarbiausia yra parinkti tinkamus DSP instrumentus, kurie pasirenkami bendru kuriančiųjų politiką sutarimu.

## IŠVADOS

1. Pastaruoju metu energetikos sektoriuje vis sparčiau naudojami daugiakriteriniai sprendimų priėmimo (DSP) įrankiai. Pagrindinės priežastys, lėmusios tokias tendencijas: liberalizuojamos energijos rinkos, įgyvendinami darnūs vystymosi principai, įtraukiamos suinteresuotos pusės priimant energetikos sektoriaus sprendimus, siekiama, kad kuo plačiau formuojant politiką dalyvautų visuomenė.

2. Priimami daugiakriteriniai sprendimai energetikos sektoriuje apima įvairių lygių tarp savęs susijusius sprendimus: parenkami energetikos sektoriaus plėtros scenarijai, skatinami sprendimai įgyvendinant politikos priemones arba sprendimai parenkant konkrečias ateities energijos gamybos technologijas bei skatinant konkrečių energetikos projektų įgyvendinimą.

3. Analizuojant sprendimų energetikos sektoriuje alternatyvas skirtingais lygiais, labai svarbu parinkti tinkamus alternatyvų vertinimo kriterijus bei jų kiekybinio vertinimo rodiklius. Sprendžiant uždavinius, kurie aprašomi daugeliu kriterijų (daugiakriterinius uždavinius), didelę įtaką turi sprendimo priėmimo metodika.

4. Pateikta nuosekli daugiakriterinė sprendimų priėmimo energetikos sektoriuje metodika, aprašanti tyrimo etapus, uždavinius bei tyrimo rezultatus ir jų tarpusavio ryšius. Ši metodika leidžia visapusiškai įvertinti energetikos sektoriuje susijusius sprendimus atsižvelgiant į energetikos sektoriaus plėtros strateginius prioritetus.

5. Tradicinė darnaus vystymosi koncepcija, kaip pagrindinis žmonijos pasiekimas, labiausiai rūpinasi aplinkosauuginėmis problemomis, kurios laikomos ekonominio vystymosi šalutiniu efektu, ir bando sumažinti bei kontroliuoti šį

poveikį. Modifikuotas energetinės politikos kūrimo (EPK) modelis pateikia gaires politikos, kuri apima visapusių vystymąsi.

6. Įvertinus kintančią energetinės sistemos aplinką, jos netiesiškumą bei grįžtamąjį ryšį, pateikiamas patobulintas energetinės politikos formavimo modelis. Į tradicinės politikos sistemos Būsenos bloką įtraukiama Žmogaus, Gamtos (aplinkos) ir Sistemos dalys, pagal kurias galima stebėti socialinę, aplinkos apsaugos ir energetinę politiką.

Tyrimą finansuoja Lietuvos mokslo taryba (sutartis Nr. ATE-01/2011).

Gauta 2011 12 18  
Priimta 2012 03 02

## Literatūra

1. Berg van den J. C. M. (ed.). *Handbook of Environmental and Resource Economics*. Northampton: Edward Elgar Publishing, 1999.
2. Diakoulaki D., Zopounidis C., Mavrotas G., Doumpos M. The use of a preference disaggregation method in energy analysis and policy making. *Energy*. 1999. Vol. 24. P. 157–66.
3. Georgopoulou E., Lalas D., Papayannakis L. A multi-criteria decision aid approach for energy planning problems: The case of renewable energy option. *European Journal of Operational Research*. 1997. Vol. 103. P. 38–54.
4. Wang X., Feng Z. Sustainable development of rural energy and its appraising system in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2002. Vol. 6. P. 395–404.
5. Linares P. Multiple criteria decision making and risk analysis as risk management tools for power systems planning. *IEEE Trans Power Syst*. 2002. Vol. 17. P. 895–900.
6. Voropai N. I., Ivanova E. Yu. Multi-criteria decision analysis techniques in electric power system expansion planning. *International Journal of Electrical Power Energy Systems*. 2002. Vol. 24. P. 71–80.
7. Goumas M. G., Lygerou V. A., Papayannakis L. E. Computational methods for planning and evaluating geothermal energy projects. *Energy Policy*. 1999. Vol. 27. P. 147–154.
8. Haralambopoulos D. A., Polatidis H. Renewable energy projects: structuring a multicriteria group decision-making framework. *Renewable Energy*. 2003. Vol. 28. P. 961–973.
9. Dunning D. J., Lockfort S., Ross Q. E., Beccue P. C., Stonebraker J. S. New York power authority uses decision analysis to schedule refueling of its Indian

- point 3 nuclear power plant. *Interfaces*. 2001. Vol. 315. P. 121–135.
10. Pan J. P., Teklu Y., Rahman S., Castro A. D. An interval-based MADM approach to the identification of candidate alternatives in strategic resource planning. *IEEE Transactions on Power Systems*. 2000. Vol. 15. P. 1441–1446.
  11. Hokkanen J., Salminen P. ELECTRE III and IV decision aids in an environmental problem. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*. 1997. Vol. 6. P. 215–226.
  12. Ramanathan R. A note on the use of the analytical hierarchy process for environmental impact assessment. *Journal of Environmental Management*. 2001. Vol. 63. P. 27–35.
  13. Loken E. Use of multicriteria decision analysis methods for energy planning problems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2007. Vol. 11. P. 1584–1595.
  14. Wang J. J., Jing Y. Y., Zhang C. F., Zhao J. H. Review on multi-criteria decision analysis aid in sustainable energy decision-making. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2009.
  15. Corner J. L., Kirkwood C. W. Decision analysis applications in the operations research literature: 1970–1989. *Operations Research*. 1991. Vol. 39. P. 206–219.
  16. Keefer D. L., Kirkwood C. W., Corner J. L. Perspective on decision analysis applications: 1990–2001. *Decision Analysis*. 2004. Vol. 1. No. 1. P. 5–24.
  17. Pohekar S. D., Ramachandran M. Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2004. Vol. 8. P. 365–381.
  18. Zhou P., Ang B. W., Poh K. L. Decision analysis in energy and environmental modeling: An update. *Energy*. 2006. Vol. 31. P. 2604–2622.
  19. Brans J. Ethics and decision. *European Journal of Operational Research*. 2002. Vol. 136. P. 340–352.
  20. Štreimikienė D., Mikalauskiene A. Integruotų rodiklių taikymas. Nacionalinės energetikos strategijos monitoringui. *Energetika*. 2009. Nr. 3. P. 158–167.
  21. Štreimikienė D. *Daugiakriterinių sprendimų priėmimo metodų vystymas ir taikymas energetikos ir aplinkos politikoje*. Galutinė ataskaita. Lietuvos energetikos institutas, 2010.
  22. Hwang C. L., Yoon K. *Multiple attribute decision making – methods and applications*. Springer Verlag, Berlin, 1981.
  23. Zadeh L. A. Fuzzy sets. *Inf. Control*. 1965. No. 8. P. 3–28.
  24. Saaty T. L. *Fundamentals of decision making and priority theory with the AHP*. RWS Publications: Pittsburgh, 1994.
  25. Saaty T. L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*. 1997. Vol. 15. No. 3. P. 234–28.
  26. Ustinovicius L., Zavadskas E. K., Podvezko V. Application of a quantitative multiple criteria decision making approach to the analysis of investments in construction. *Control and Cybernetics*. 2006. Vol. 36. No. 1. P. 251–267.
  27. Roy B. *Multi-criteria methodology for decision aiding*. Kluwer Academic Publishers: Dordrecht, 1996.
  28. Larichev O., Moshkovich H. *Verbal decision analysis for unstructured problems*. Kluwer Academic Publishers: Boston, 1997.
  29. Brauers W., Zavadskas E. Robustness of the multi-objective moora method with a test for the facilities sector. Technological and economic development of economy. *Baltic Journal on Sustainability*. 2009. Vol. 15. No. 2. P. 352–375.
  30. Šliogerienė J., Kaklauskas A., Zavadskas E., Bivainis J., Seniut M. Environment Factors of Energy Companies and their Effect on Value: Analysis Model and Applied Method. Technological and economic development of economy. *Baltic Journal on Sustainability*. 2009. Vol. 15. No. 3. P. 490–521.
  31. Berger A. R., Hodge R. A. Natural change in the environment: A challenge to the Pressure State Response concept. *Social Indicators Research*. 1998. Vol. 44. P. 255–265.
  32. Meyar-Naimi H., Vaez-Zadeh S. Sustainable Development Based Energy Policy Making Frameworks. A Critical Review. *Energy Policy Manuscript Draft*. 2011. No. JEPO-D-11-01232.
  33. Meyar-Naimi H., Vaez-Zadeh S. Developing a DSR-HNS Policy Making Framework For Electric Energy Systems. *Energy Policy Manuscript Draft*. 2010. No. JEPO-D-11-00967.
  34. Patlitzianas K. D., Doukas H., Kagiannas A. G., Psarras J. Sustainable energy policy indicators: Review and recommendations. *Renewable Energy*. 2008. Vol. 33. P. 966–973.



Dalia Štreimikienė, Indrė Šikšnelytė

## DECISION-MAKING IN THE ENERGETICS SECTOR

### *Summary*

This article examines the decision-making process in the energetics sector. In the work, multicriteria decision-making support tools, their application domains and usability possibilities are analysed and structured. The article presents the support tools selected for environmental policy integration in energetics and determines the possibilities of their application for Lithuania's energetics policy. It gives the methodology of multicriteria decision-making in the energetics sector, based on the assessment of the impact of energy and environmental policy priority goals. The definition of 'harmonious development' is extended, regarding philosophies of various generations about the basic aspects of Human, Nature and System's capacity harmonization. According to this expanded definition, there is presented an improved energetics policy development system: Propulsion – State – Response (PSR). The main contribution is the design of the State phase, combining the Human, Nature and System parts, aiming to create overall and relevant strategies. A consecutive energetics policy development system is set out and the method of its use is described.

**Key words:** decision-making, harmonious development, energetics sector

Даля Штреймикене, Индре Шикшнелите

## ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ СЕКТОРЕ

### *Резюме*

В данной статье рассматривается процесс принятия решений в энергетическом секторе. В работе изучены и систематизированы инструменты поддержки принятия многокритериальных решений, области их применения и возможности использования. Выбраны инструменты поддержки принятия многокритериальных решений для интеграции политики окружающей среды в области энергетики, а также определены возможности их применимости в энергетической политике Литвы. Подготовлена методика принятия многокритериальных решений для энергетического сектора, основанная на оценке приоритетных целей энергетики воздействия и политики окружающей среды. Определение гармоничного развития расширено, учитывая широкую философию разных поколений об основных аспектах сил гармонизации: Человека, Природы и Системы. Исходя из этого расширенного определения, представлена усовершенствованная система создания энергетической политики (Движущая сила-Состояние-Ответ, ДСО-ЧПС). Основным вкладом является моделирование части Состояния, объединяя части: Человек, Природа, Система и стремясь создать всеобъемлющие и связанные между собой стратегии. Приводится последовательная система создания энергетической политики и даётся описание метода, как ею пользоваться.

**Ключевые слова:** принятие решений, гармоничное развитие, сектор энергетики