

# Energijos poreikiø namø ūkiø sektoriuje prognozës

**Vaclovas Miðkinis,**  
**Inga Konstantinavièiūtë,**  
**Egidijus Norvaiða**

*Lietuvos energetikos institutas,  
Energetikos kompleksiniø tyrimø  
laboratorija,  
Breslaujos g. 3,  
LT-3035 Kaunas*

**Rimantas Deksnys**

*Kauno technologijos universitetas,  
Elektrotechnikos ir automatikos  
fakultetas, Elektros sistemø katedra,  
Studentø 48,  
LT-3031 Kaunas*

Analizuojamos galutinës energijos suvartojimo ūkio ðakose ir namø ūkio sektoriuje kitimo tendencijos. Apibendrinti energijos poreikiø namø ūkio sektoriuje prognozavimo principai remiasi patirtimi, sukaupia taikant Lietuvoje imitaciná energijos poreikiø analizës MAED modelá ir kitus metodus. Aptariami veiksniai, turintys átakos energijos poreikiø augimui perspektyvoje. Aptariamos galutinës energijos ir elektros energijos poreikiø prognozës bei veiksniai, lemiantys platesná elektros energijos panaudojimá namø ūkiuose.

**Raktaþodþiai:** namø ūkiai, energijos balansas, energijos poreikiø prognozavimas, elektros suvartojimas, imitacinis modeliavimas

## 1. ÁVADAS

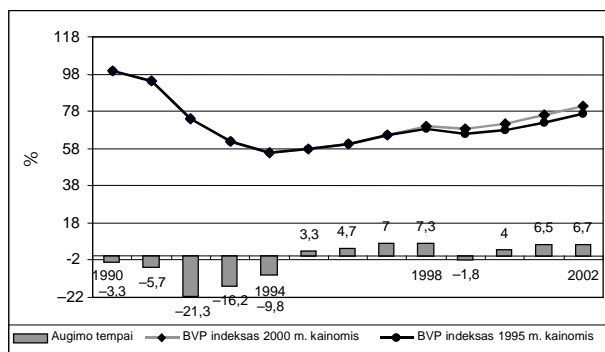
Lietuvai tapus nepriklausoma valstybe, kartu su þenkliu ekonomikos nuosmukiu 1990–1994 m. reikðmingai kito ir atskiros ūkio, ypaè apdirbamosios pramonës ðakos. Ðalies bendrajam vidaus produktui (BVP) sumaðþėjus beveik dvigubai (iki 56,1% nuo 1990 m. lygio), kai kuriø produktø, turėjusio didelá reikðmá bendram ekonomikos augimui, gamybos apimtys sumaðþėjo dar daugiau: 1995 m. cemento, plytø, kai kuriø metalo gaminio ir árengimø, lengvosios pramonës gaminio ir maisto produktø pagaminta 5–6 kartus, kartono – 9 kartus maþiau nei 1990 m. Televizoriø gamyba sumaðþėjo 10 kartø, o, pvz., kilimø ir kiliminio dangø –daugiau kaip 20 kartø.

Teigiami 1995 m. prasidėjusio ekonomikos atsigavimo požymiai dar labiau iðryðkėjo pastaraisiais metais. Remiantis naujausiais Statistikos departamento duomenimis [1], Ðalies BVP palyginamosiomis 2000 m. kainomis augo sparèiau nei skelbta iki ðiol [2, 3], kai BVP kitimo indeksas buvo nustatomas taikant palyginamásias 1995 m. kainas (1 pav.).

Pagal ankstesnius vertinimus, ekonomikai pradėjus atsigauti po gilaus nuosmukio, vidutiniai Ðalies BVP augimo tempai 1995–2001 m. buvo 3,7% per metus, tuo tarpu, remiantis naujausiais Statistikos departamento duomenimis, 1995–2002 m. – 5,3% per metus. Ðá pokytá pirmiausia lëmë labai spartūs ekonomikos augimo tempai 2001–2002 m. Be to, per-

skaièiavus Ðalies BVP palyginamosiomis 2000 m. kainomis, nustatyta, kad 1998–1999 m. Rusijos finansø ir ekonomikos krizës átaka Ðalies ekonomikai buvo maþiau skausminga nei vertinta iki ðiol, t. y. 1999 m. Lietuvos BVP sumaðþėjo ne 3,9%, o tik 1,8%. Vidutiniai metiniai BVP augimo tempai daugumoje kitø Centrinës ir Rytø Europos Ðaliø, ðiuo laikotarpiu taip pat vykdþiusio reikðmingas ekonomines reformas, buvo maþesni ir sudarë apie 3–4%.

Ðalies ūkio ðakose sukurtos bendrosios pridëtinės vertës augimas ir struktūros pokyèiai (ypaè apdirbamosios pramonës ðakose) turëjo nemaþai átakos galutinës energijos sànaudø kitimo tendencijoms. Pereinamuoju á rinkos ekonomiká laikotarpiu ūkio



1 pav. Lietuvos BVP augimo tempai ir indekso (1990 = 100) kitimas

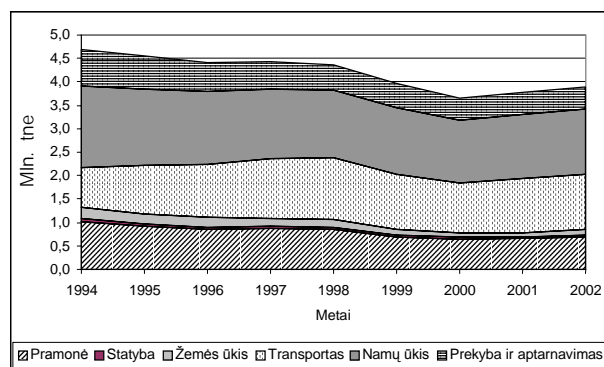
nuosmuká lydėjo panaðus energijos sànaudø maþėjimas visose ūkio ðakose. Taèiau pasireiðkus ekonomikos augimo tendencijoms, energijos sànaudø kitimui átakos turėjo ne tik atskirose ūkio ðakose sukuriamos bendrosios pridëtinės vertės apimtys, bet ir naujò technologijò bei energijà taupanèiø priemoniø diegimas, energijos kainø augimas ir kt.

Namø ūkiø sektorius pereinamuoju laikotarpiu ðalies galutinės energijos balanse tapo reikðmingiausias. Didþiausia dalis buityje sunaudojamos energijos tenka patalpoms õildyti, o õiø sànaudø kitimui didelė átakà turi klimato sàlygø kaita. Ðiltesnėmis þiemos, palaikant patalpose tà paèià temperatūrà, õildymui sunaudojama 25–35% maþiau energijos iðtekliø nei ðaltomis þiemos. Pabrangus kurui, dël sunkios ekonominės bŭklės dalis gyvenamøjø patalpø, ypaè kaimo vietovėse, yra maþai õildoma. Maþejant realioms disponuojamosioms namø ūkiø pajamoms, þenkliai sumaþėjo ir karðto vandens sànaudos. Kuro ir energijos sànaudø namø ūkiuose maþėjimui nemaþà átakà turėjo langø ir durø sandarinimas, pastatø ir stogø õiluminės izoliacijos gerinimas, centralizuotai tiekiamos õilumos apskaitos gerinimas, õildymo sistemø techninis modernizavimas ir kt. Be to, statistikoje fiksuojamas tik kiekvienais metais nupirkto kuro ir energijos kiekis. Taèiau nemaþà dalá nupirkto kuro (ypaè malkø ir medþio atliekø bei angliø) gyventojai perka ir atsargoms papildyti. Todël kuro suvartojimo namø ūkiuose apimèiø analizei tenka panaudoti apklausø duomenis, ekspertinius ávertinimus ir pan.

Galutinės energijos sànaudø namø ūkiuose tyrimai aktualūs siekiant tiek ávertinti bendruosius energijos poreikius ðiame sektoriuje perspektyvoje, tiek nustatyti laukiamus energijos sànaudø struktŭros pokyèius, ypaè elektros energijos poreikiø augimo tendencijas.

## 2. GALUTINĖS ENERGIJOS SUNAUDOJIMAS

Nepaisant 1995 m. prasidėjusio ekonomikos atsigavimo, galutinai ūkio ðakose suvartojamos energijos apimtys iki 2000 m. ir toliau maþėjo – vidutiniðkai 4,1% per metus (2 pav.). Dël kardinaliø pokyèiø þemės ūkio ekonomikoje ðiame sektoriuje 1994–2000 m. energijos suvartota maþiau vidutiniðkai po 13,3%, prekybos bei aptarnavimo sektoriuje – 8,3%, pramonėje – 7,5%, namø ūkiuose – po 4,3% per metus. Statybos sektoriuje per ðà laikotarpá energijos suvartota vis daugiau arba maþiau priklausomai nuo vykdytø darbø pobŭdþio ir apimties. Tuo tarpu energijos kroviniams ir keleiviams perveþti 1994–1998 m. kasmet suvartota vidutiniðkai net po 11,4% daugiau. Ðiems tikslams suvartojamo kuro sumaþėjimas 1999 m. ir ypaè 2000 m., uþfiksuotas oficialiame Lietuvos energijos balanse, neatitiko realios pa-



2 pav. Galutinės energijos suvartojimo raida

dėties automobiliø kuro rinkoje ir priedëtarauja kroviniø apyvartos didėjimo, ypaè lengvøjø automobiliø skaièiaus augimo tendencijai. Ðis sumaþėjimas apskritai gali bŭti aiðkinamas ðeðëlinės ekonomikos átakos sustiprėjimu prekybos naftos produktais srityje.

Spartesni ekonomikos augimo tempai 2001–2002 m. lėmė energijos poreikiø augimà visose ūkio ðakose vidutiniðkai 3,3% per metus. Sparëiausiai, kaip ir tikėtasi, didėjo suvartojamos energijos kroviniams ir keleiviams perveþti kiekis – vidutiniðkai 6,2% per metus. Kiek nelauktai kasmet 4,9% daugiau suvartota galutinės energijos þemės ūkyje. Namø ūkiuose ir prekybos bei aptarnavimo sektoriuje per pastaruosius dvejus metus galutinės energijos suvartota vidutiniðkai 1,6 ir 0,7% daugiau. Tuo tarpu energijos suvartojimas prekybos ir aptarnavimo sektoriuje beveik nepakitò, nepaisant spartaus naujò visuomeninės paskirties pastatø skaièiaus ir ploto augimo.

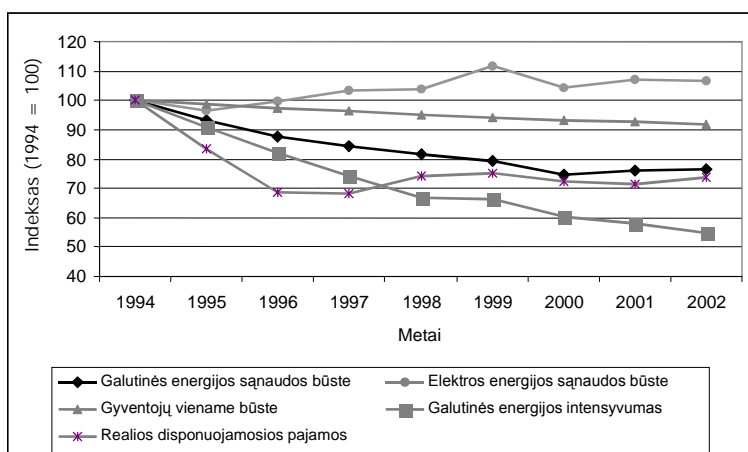
Minėti energijos suvartojimo ūkio ðakose pokyèiai sàlygojo reikðmingus struktŭrinius galutinės energijos sànaudø pokyèius. Pramonės, þemės ūkio ir prekybos bei aptarnavimo sektoriø dalis per ðà laikotarpá maþėjo. Pramonės dalis galutinės energijos struktŭroje sumaþėjo nuo 21,7% 1994 m. iki 17,8% 2002 m. Þemės ūkio dalis ðiuo laikotarpiu sumaþėjo beveik dvigubai – nuo 5,0 iki 2,8%, o prekybos ir aptarnavimo sektoriaus dalis – nuo 16,8 iki 12,2%. Namø ūkiø dalis galutinės energijos struktŭroje taip pat sumaþėjo – nuo 37,2 iki 35,6%, taèiau ðis sektorius kol kas iðsaugojo vyraujantá vaidmená. Transporto sektorius ásitvirtino antroje vietoje, o jo dalis padidėjo labai þenkliai – nuo 18,1% 1994 m. iki 30,6% 2002 m.

Kai kurie rodikliai, apibŭdinantys energijos sànaudas namø ūkiø sektoriuje ir jø kitimui átakà turinèiø veiksniø raidà, pateikti 1 lentelėje ir 3 pav.

Svarbiausi pokyèiai namø ūkiø sektoriuje yra ðie: maþejanèios absoliutinės ir lyginamosios (vienam butui ir vienam gyventojui) galutinės energi-

1 lentelë. Bendra namø ūkiø charakteristika 1994–2002 m.

Rodiklis	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Gyventojø skaiëius tûkst.	3657	3629	3602	3575	3549	3524	3499	3481	3469
Bûstø skaiëius tûkst.	1255	1262	1268	1273	1279	1283	1287	1292	1295
Gyventojø skaiëius bûste	2,91	2,88	2,84	2,81	2,78	2,75	2,72	2,70	2,68
Galutinës energijos sànaudos tûkst. tne	1750	1641	1550	1499	1451	1416	1341	1372	1385
Elektros energijos sànaudos GWh	1650	1600	1660	1730	1743	1886	1767	1818	1812
Realios disponuojamosios pajamos Lt/mën.	574	478	395	391	425	432	415	411	423



3 pav. Energijos sànaudø ir disponuojamøjø pajamø kitimo indeksas

jos sànaudos, maþejantis energijos intensyvumas, neauganëios ir netgi sumaþėjusios faktinës (àvertinant kainø indekso kitimà) disponuojamosios pajamos namø ūkiuose, maþejantis vidutinis bute gyvenanëio asmenø skaiëius, didëjantis absoliutus ir lyginamasis elektros energijos suvartojimas. Vidutinis metinis gyventojø skaiëius 1994–2002 m. maþëjo 0,66% per metus, bûstø skaiëius kasmet didëjo vidutiniðkai 0,4%, o viename bute gyvenanëio asmenø skaiëius maþëjo 1,05% per metus. Nepaisant butø skaiëiaus ir gyvenamojo fondo augimo, galutinës energijos sànaudos ðiuo laikotarpiu sumaþëjo 26%, arba vidutiniðkai 2,9% per metus. Kadangi ðalies BVP padidëjo 1,4 karto, galutinës energijos sànaudos namø ūkiuose, tenkanëios BVP vienetai, 1994–2002 m. sumaþëjo itin þenkliai – 1,8 karto. Tuo tarpu 2002 m. elektros energijos su-naudota 1,1 karto daugiau nei 1994 m., arba vidutiniðkai 1,2% daugiau per metus.

### 3. TYRIMØ METODIKA

Esant palyginti stabiliam ekonomikos augimui, energijos poreikiø prognozëms rengti galima naudoti: 1) paprastà ekstrapoliacijà, kuri remiasi prielaida, kad

bûsimas energijos sànaudø augimas pratæs prieš tai buvusio augimo àpvelgiamà kreivà, 2) àvairius matematinus statistinius metodus, teikianëius tyrëjui galimybà nustatyti bûdingus empiriniø duomenø kitimo bruoþus ir parinkti matematinà funkcijà, tiksliausiai apraðanëià turimø duomenø kitimo ten-

dencijas. Nëra abejoniø, kad tol, kol veiksniai, sàlygojantys ilgalaikes energijos sànaudø kitimo tendencijas, idlieka nepakitæ, ðie metodai yra labai patogûs analizei ir leidþia nustatyti perspektyvius energijos poreikius. Taëiau ðiais metodais negalima àvertinti jokiø staigiø energijos suvartojimo augimo ar maþëjimo pokyëiø.

Pereinamuju á rinkos ekonomikà laikotarpiu reikðmingai pasikeitë ekonomika ir ðalies energijos balansas. Ðiuo atveju labai svarbu nuodugnai idnagrinëti tas veiklos kryptis, kuriose daugiausia suvartojama energijos, ir tuos veiksnius, kurie lemia energijos sànaudø kitimà. Tokiai analizei galima taikyti: 1) ekonomet-

rinius modelius, 2) imitacinius modelius, 3) lyginamosios analizës metodus. Priklausomai nuo to, kaip agreguotai prognozuojami energijos poreikiai, prognozavimui ðiuo atveju turëtø bûti naudojami tokie veiklos rodikliai, kurie geriausiai apibûdina tuos poreikius lemianëius veiksnius.

Lietuvos energetikos institute sukaupia patirtis parodë, kad esant staigiems energijos suvartojimo pokyëiams, poreikiø prognozavimui tikslinga taikyti àvairiose ðalyse plaëiai naudojamus imitacinius MEDEE ðeimos modelius. Juos sukûrë Grenoble universiteto Energetikos ekonomikos ir teisës instituto specialistai, o Tarptautinës atominës energijos agentûros pastangomis, panaudojant vienà ðios ðeimos modeliø, buvo sukurtas MAED modelis, skirtas energijos poreikiø analizei. Tarptautinis sisteminës analizës institutas (Austrija) 2000 m. parengë naujà MAED modelio versijà, kuri suteikia analitikiui kur kas daugiau galimybiø, palyginti su ankðiau naudota, idanalizuoti energijos sànaudø raidà, àvertinant jas lemianëio veiksnio kitimo tendencijas.

Bendra MAED modelio taikymo idëja yra tai, kad, remiantis nuodugna baziniø metø (arba laikotarpio) energijos sànaudø ir jas sàlygojanëio veiksnio tarpusavio ryðio analize bei ðalies ekonomikos

tolesnės plėtros ávertinimu, galima nustatyti, kaip keisis ávairiø energijos rûðiø (katiliniø kuro, automobiliø kuro, centralizuotai tiekiamos ðilumos, atsinaujinanèiø energijos iðteklø ir elektros energijos) vartojimas ðalyje ir atskirose ūkio ðakose. Taigi tyrėjas, naudodamas toká modelá turi galimybę gauti atsakymà á klausimà: „Kas bus, jei...?“

Taikant MAED modelá, energijos sànaudø ir jas sàlygojanèiø veiksniø kiekvienam sektoriui ryðiai yra modeliuojami elektroninëse lentelėse Microsoft Excel aplinkoje. Be to, naudojantis ðiuo modeliu, pagrindiniø pradinø duomenø ir gautø rezultatø kitimo tendencijas galima automatiðkai iliustruoti grafikais. Tai leidžia iðvengti klaidø ávedant á modelá pradinus duomenis ir patikrinant priimtas prielaidas. Galiausiai, prityræs modeliuotojas, turėdamas tokià modelio struktūrà, gali ne tik efektyviai valdyti pradinę informacijà, analizuoti prielaidas, bet ir papildyti arba keisti originalioje modelio versijoje pateiktus energijos suvartojimo ir ūkio ðakose sukurtos vertės tarpusavio ryðius, ávertinti papildomus veiksnius ir t. t. Todėl MAED modelis plaèiai naudojamas, siekiant iðanalizuoti atskiros ðalies arba regiono energijos poreikiø raidà vidutinei ir ilgalaikèi perspektyvai.

Vienas ðio modelio ypatumø yra galimybė prognozuoti energijos poreikius ūkio ðakose dviem aspektais: 1) vartotojui patiekto arba galutinės energijos ir 2) naudingos energijos, kuri suvartojama kokiam nors produktui pagaminti arba paslaugai teikti. Pastaruoju atveju galima iðanalizuoti ávairiø energijos rûðiø pakeièiamumà ir tiksliau nustatyti galutinės energijos poreikius, ávertinant naujò technologijò efektyvumà. Ðis pakeièiamumas nėra skaièiuojamas automatiðkai, remiantis atitinkamais elastingumo koeficientais, taèiau, apraðant ekonomikos plėtros scenarijus, galima iðtirti energijos poreikiø struktūros kitimà, atsiþvelgiant á tikėtinus technologinius pokyèius ir energijos iðteklø pakeièiamumà. Svarbiausias MAED modelio privalumas – galimybė nuodugnai analizuoti energijos poreikiø kitimo tendencijas, ávertinant tuos veiksnius, kurie ið tikrøjø turi didelę átakà suvartojamos energijos dydþiui.

MAED modelis sukonstruotas turint tikslà analizuoti energijos poreikius kaip funkcijà, apraðanèià du svarbius bet kurio ðalies ekonomikos plėtros scenarijaus aspektus: 1) rodikliø, apibûdinanèiø esminius socialinés ir ekonominés ūkio plėtros veiksnius, raidà; 2) svarbiausiø technologiniø rodikliø raidà. Imituojant tikėtinus bet kurio parametro ir kitò su juo susijusiø rodikliø pokyèius, galima analizuoti jò átakà energijos poreikiø dydþiui.

Taikant ðá modelá, energijos poreikius labai apibendrintai ir supaprastintai galima apraðyti taip:

$$E_{ij} = G_i \cdot I_{ij}; \quad (1)$$

èia  $E_{ij}$  –  $j$ -osios energijos (kuro) suvartojimas  $i$ -ojoje ūkio ðakoje;  $G_i$  – atitinkama ūkio ðakos ekonominė arba fizinė veikla;  $I_{ij}$  –  $j$ -osios energijos (kuro) intensyvumas  $i$ -ojoje ūkio ðakoje.

Energijos intensyvumas yra egzogeninis kintamasis ir vienaip ar kitaip apibrėþiamas rengiant su ekonomikos plėtra susietus energijos poreikiø scenarijus. Taèiau ðio modelio esminis ypatumas yra tai, kad baziniø metø energijos sànaudos detalizuojamos kiekvienai ūkio ðakai  $i$ , atsiþvelgiant á jos specifinius ypatumus.

Imitaciniame MAED modelyje svarbiausi energijos poreikius namø ūkiø sektoriuje sàlygojantys veiksniai apibûdinami rodikliais, kurie yra susiję su demografiniais pokyèiais (gyventojø skaièiumi ir pasiskirstymu ðalyje, bûstø ploto raida ir t. t.), o jø kitimà gerokai lemia bendri ðalies ekonomikos augimo tempai. Namø ūkiø sektoriuje iðskiriamos ðios vartotojò grupės: energijos suvartojimas patalpoms ðildyti, orui kondicionuoti, karðtam vandeniui ruoðti, maistui gaminti ir elektros energijos suvartojimas buitiniuose prietaisuose. Tuo tarpu automobiliø kuro, kurá sunaudoja privatūs automobiliai, poreikiai analizuojami transporto sektoriuje, kuriame kompleksiskai modeliuojami keleiviø ir krovinio perveþimà apibûdinantys veiksniai.

Didþioji dalis visø energijos sànaudø namø ūkiø sektoriuje tenka patalpoms ðildyti. Siekiant ávertinti kai kuriuos specifinius ypatumus, gyvenamieji namai MAED modelyje diferencijuojami pagal ðalies teritorijà (miestai ir kaimo vietovės), iðskiriant tris bûstø grupes: 1) privatūs namai su centriniu ðildymu, 2) butai, kuriuose patalpos ðildomos centralizuoto ðilumos tiekimo sistemomis, 3) bûstai, kuriuose kambariai ðildomi krosnimis, elektros árenginiais ir pan. Be to, visi gyvenamieji namai skirstomi á „senus“ ir „naujus“. Taip suskirsčius bûstus, galima ávertinti skirtingà pastatø ðiluminės izoliacijos lygà.

Bûstø skaièius nustatomas gyventojø skaièiø dalijant ið viename bûste gyvenanèiø þmoniø skaièiaus. Ðis rodiklis modelyje yra egzogeninis kintamasis ir nustatomas atsiþvelgiant tiek á jo kitimà praeityje, tiek á numatomà ekonomikos augimà ateityje. Bendras bûstø skaièius kiekvienu laiko momentu nustatomas taip:

$$n_b = \frac{G}{g_b}, n_{eb} = n_{eb}^0 (1-d)^{\Delta t}, n_{nb} = n_b - n_{eb}; \quad (2)$$

èia  $n_b$  – bendras bûstø skaièius;  $n_{eb}$  – esamø bûstø skaièius;  $n_{nb}$  – naujò bûstø skaièius laiko momentu  $t$ ,  $t = 2000, 2005, 2010, 2015, 2020$ ;  $n_{eb}^0$  – esamø bûstø skaièius laiko momentu  $t-1$ ;  $G$  – gyventojø skaièius;  $g_b$  – gyventojø skaièius, tenkantis vienam bûstui;  $d$  – esamø gyvenamøjø namø nugriovimo tempai.

Energijos poreikiai patalpø ðildymui  $E_s$  nustatomi taip:

$$E_{\bar{s}} = \sum_{i=1}^3 n_{eb_i} \cdot z_{eb_i} \cdot k_{eb_i} \cdot D + \sum_{i=1}^3 n_{nb_i} \cdot z_{nb_i} \cdot k_{nb_i} \cdot D; \quad (3)$$

ëia  $n_{eb_i}$  ir  $n_{nb_i}$  – naujø ir esamø bûstø, priskirtø  $i$ -ajai grupei, t. y. apibûdinanëiai bûstø ðildymo bûdà  $i$  ( $i = 1, 2, 3$ ), skaiëius;  $z_{eb_i}$  ir  $z_{nb_i}$  – naujø ir esamø bûstø, priskirtø  $i$ -ajai grupei, vidutinis plotas  $m^2$ ;  $k_{eb_i}$  ir  $k_{nb_i}$  – esamø ir naujø bûstø, priskirtø  $i$ -ajai grupei, šilumos nuostoliai  $kcal/m^2/^\circ C/h$ ;  $D$  – laipsniadieniai, kurie prilyginti daugiameëiui (1950–2000 m.) vidurkiui.

Energijos poreikiai maistui gaminti  $E_m$  nustatomi remiantis prielaidomis apie lyginamàsias sànaudas vienam bûstui  $e_m$ :

$$E_m = e_m \cdot n_b; \quad (4)$$

Energijos poreikiai karštam vandeniui  $E_{kv}$  nustatomi taip:

$$E_m = e_{kv} \cdot g_b \cdot n_b \cdot s_{kv}; \quad (5)$$

ëia  $e_{kv}$  – karšto vandens sànaudos vienam gyventojui;  $s_{kv}$  – bûstø, kuriems tiekiamas karštas vanduo, dalis.

Elektros energijos poreikiai oro kondicionavimui  $E_k$  nustatomi remiantis prielaidomis apie lyginamàsias sànaudas vienam bûstui ir bûstø su oro kondicionavimu skaiëiø:

$$E_{\bar{s}} = \sum_{i=1}^3 n_{eb_i} \cdot e_{ek_i} \cdot s_{ek_i} + \sum_{i=1}^3 n_{nb_i} \cdot e_{nk_i} \cdot s_{nk_i}; \quad (6)$$

ëia  $e_{ek_i}$  ir  $e_{nk_i}$  – lyginamosios elektros sànaudos  $i$ -osios grupës esamam ir naujam bûstui;  $s_{ek_i}$  ir  $s_{nk_i}$  –  $i$ -osios grupës esamø ir naujø bûstø su oro kondicionavimu dalis.

Elektros energijos patalpoms ðildyti, maistui gaminti ir karštam vandeniui ruoðti poreikiai nustatomi remiantis prielaidomis apie elektros ir kitø energijos iðteklø skvarbos á ðiø procesø rinkà rodiklius, ávertinant galimybæ pakeisti vienas energijos rûðis kitomis. Elektros poreikiai visoms kitoms reikmëms (buitiniams prietaisams) MAED modelyje yra egzogeninis kintamasis, kurá galima prognozuoti remiantis namø ūkiø disponuojamøjø pajamø arba BVP, tenkanëio vienam gyventojui, kitimo rodikliais.

Ekonominiu popiûriu ilgalaikëje perspektyvoje bûstø skaiëiaus augimui, viename bûste gyvenanëiø asmenø skaiëiaus maþëjimui, vidutinio bûstø ploto dydþiui nemaþà átakà turës disponuojamøjø pajamø augimas ir energijos kainø bei bûstø kainø kitimas. Lyginamosioms galutinës energijos patalpoms ðildyti sànaudoms, tenkanëioms vienam butui, prognozuoti bandyta taikyti ðiuos veiksnius ávertinantá ekonometriná modelá:

$$\log\left(\frac{E_{\bar{s}}}{n_b}\right) = a_0 + a_1 \log(I_{disp}) + a_2 \log\left(\frac{K_e}{K_v}\right) + a_3 \log(D) + \tau \cdot t; \quad (7)$$

ëia  $I_{disp}$  – vidutinës namø ūkiø disponuojamosios pajamos;  $K_e$  – energijos kaina;  $K_v$  – vartotojø kainos indeksas;  $t$  – laikas;  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$  ir  $\tau$  – koeficientai.

Kaip parodë bendrø su Danijos ekspertais atliktø tyrimø patirtis, ðá modelá naudinga taikyti atliekant pagrindiniø sànaudø komponentiø (ðildymui, karštam vandeniui ruoðti, maistui gaminti) kitimo tendencijø analizæ. Analogiðkai galima modeliuoti ir lyginamøjø galutinës energijos sànaudø, tenkanëiø vienam gyventojui, kitimo tendencijas. Taëiau galimybës ekstrapoliuoti ðias tendencijas staigijø energijos sànaudø pokyëiø ir reikðmingø ekonominiø permainø laikotarpiu yra labai ribotos. Kaip parodë atlikti tyrimai, ðio tipo modelio negalima taikyti namø ūkiø sektoriuje 1994–2002 m. suvartotai elektros energijai apraðyti. Ðiuo laikotarpiu realios disponuojamosios pajamos maþëjo, o energijos kainos didëjo. Vadinasi, elektros sànaudos turëjo maþëti. Taëiau, kaip minëta, elektros energijos suvartota vis daugiau.

Elektros energijos poreikiø namø ūkiø sektoriuje prognozavimui taip pat bandyta taikyti specialius modelius [6], kurie remiasi esama informacija apie buitje naudojamus elektros prietaisus, jø naudojimo intensyvumà ir techninius parametrus (galià, efektyvumà, elektros sànaudas ir pan.). Naudojantis ðiais duomenimis, galima tiksliai apibûdinti pagal paskirtá suvartotá elektros energijà ir ávertinti poreikiø kitimo tendencijas.

Taikant tokius modelius, pagrindiná dëmesá reikia sutelkti á ðiuos etapus:

- Atskirai analizuojami daug elektros energijos naudojantys prietaisai (ðaldytuvai, ðaldikliai, televizoriai, elektrinës viryklës, skalbimo maðinos ir pan.), kiti prietaisai priskiriami vienai ar keletui grupiø;
- Nustatomas elektros prietaisø kiekis kiekvienoje grupëje;
- Remiantis vartotojø apklausos duomenimis ar kitu bûdu nustatomas kiekvienos prietaisø grupës darbo laikas (arba panaudojimas kartais) per metus;
- Remiantis elektros prietaisø techniniais pasais, vartotojø apklausos duomenimis ir kita informacija nustatoma, kiek elektros energijos suvartota per metus.

Remiantis Danijos patirtimi, modeliuojant elektros energijos suvartojimà Lietuvos namø ūkiuose atskirai analizuotos ðios elektros prietaisø grupës: skalbiamosios maðinos, ðpiovintuvai, elektrinës viryklës, ðaldikliai, ðaldytuvai, mikrobangø krosnelës, in-

daplovės, televizoriai, muzikos centrai, kompiuteriai, apšvietimas, kiti elektros prietaisai.

Taikant šią modelį, elektros suvartojimas namų ūkių sektoriuje bet kuriuo nagrinėjamo laiko momentu  $t$  ( $t = 2000, 2005, \dots, 2020$ ) modeliuojamas taip:

1) Nustatomas  $i$ -ojo elektros prietaiso (grupės) kiekis  $k_i$ :

$$k_i = n_b \cdot d_i; \quad (8)$$

čia  $n_b$  – bendras būstų skaičius;  $d_i$  – būstų dalis, turinti  $i$ -ąjį prietaisą;

2) Nustatomos vidutinės vienkartinės  $i$ -ojo prietaiso (grupės) elektros energijos sąnaudos, taikant 10 metų slenkančio vidurkio principą ir tuo būdu atvertinant senų prietaisų pakeitimą naujais, efektyvesniais:

$$e_{vid_i} = \frac{\sum_{t=0}^{t-10} e_i}{10}; \quad (9)$$

3) Nustatomos vidutinės metinės  $i$ -ojo prietaiso elektros energijos sąnaudos:

$$e_{m_i} = e_{vid_i} \cdot t_i; \quad (10)$$

čia  $t_i$  – vidutinis prietaiso naudojimas (kartais) per metus;

4) Nustatomos bendrosios  $i$ -ojo prietaiso (grupės) elektros energijos sąnaudos:

$$E_{m_i} = e_{m_i} \cdot k_i; \quad (11)$$

5) Nustatomos bendrosios visų namų ūkių sektoriaus prietaisų elektros energijos sąnaudos:

$$E_{\Sigma} = \sum_i E_{m_i}. \quad (12)$$

Šio metodo taikymas suteikia tyrėjui galimybę atvertinti švairių elektros prietaisų skvarbos ir namų ūkių ir jų efektyvumo didinimo įtaką bendrojo elektros sąnaudų kitimui.

## 5. ENERGIJOS POREIKIŲ PROGNOZĖ

Remiantis aukščiau pateiktais metodiniais principais ir taikant MAED modelį, parengtos galutinės ener-

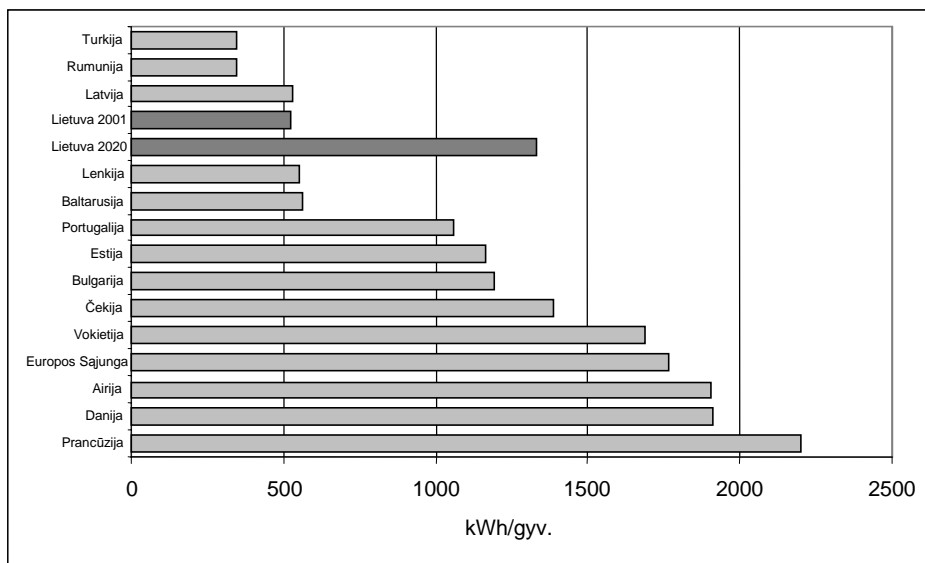
gijos ir elektros energijos prognozės, kurios atitinka Nacionalinėje energetikos strategijoje priimtas pagrindinio scenarijaus ir greito ekonomikos augimo scenarijaus svarbiausias prielaidas (2 lentelė). Bendras tikslas abiem scenarijams – tolesnis šalies ekonomikos augimas ir gyvenimo lygio bei kokybės gerinimas. Tačiau rengiant prognozes tarta, kad aukštesni BVP augimo tempai yra svarbiausia sąlyga, leidžianti užtikrinti ankstesnį gyventojų skaičiaus mažėjimo stabilizavimą, spartesnį būstų skaičiaus augimą, didesnį gyventojų mobilumą, spartesnį aptarnavimo sektoriaus plėtrą.

Gyventojų skaičius pagrindiniame scenarijuje, kaip ir Ilgalaikėje ūkio plėtros strategijoje [7], 2015 m. sumažėja iki 3,43 mln. Tuo tarpu spartaus ekonomikos augimo scenarijuje numatyta, kad 2010–2015 m. gyventojų skaičius stabilizuosis apie 3,5 mln. Kaip minėta anksčiau, namų ūkio sektoriuje, apart gyventojų skaičiaus, yra dar keletas veiksnių, turinčių didelę įtaką energijos suvartojimo raidai, kaip antai: butų skaičiaus didėjimas, būstų struktūros kitimas dėl spartesnio privačių namų skaičiaus augimo, gyvenimo sąlygų gerinimas, pastatų šiluminės izoliacijos gerinimas ir energijos kainų kitimas. Numatyta, kad pagrindinio scenarijaus atveju būstų skaičius 2000–2020 m. didės vidutiniškai 0,5%, o greito ekonomikos augimo scenarijaus atveju – 0,8% per metus. Galutinės energijos poreikio prognozės parengtos klimato sąlygomis, atitinkančioms šalies daugiamečių vidurkių. Pagrindinio scenarijaus atveju galutinės energijos poreikiai 2000–2020 m. didės vidutiniškai 0,86%, o greito ekonomikos augimo scenarijaus atveju – 1,17% per metus.

Kaip matyti iš 2 lentelėje pateiktų duomenų, prognozuojama, kad elektros energijos poreikiai augs labai sparčiai – 4,1% per metus pagrindinio scenarijaus atveju ir 5,0% – greito ekonomikos augimo scenarijaus atveju. Tokio spartaus elektros poreikio augimo atveju 2020 m. namų ūkiuose elektros energijos, tenkančios vienam gyventojui, bus suvartota iki 1140–1330 kWh. Kaip matyti 4 pav., tik tokiu atveju Lietuva pagal šią rodiklį aplenkta daugumą

2 lentelė. Energijos poreikio namų ūkių sektoriuje prognozė

Rodiklis	Pagrindinis scenarijus				Greito augimo scenarijus			
	2005	2010	2015	2020	2005	2010	2015	2020
Gyventojų skaičius tūkst.	3465	3440	3430	3435	3500	3500	3510	3520
Būstų skaičius tūkst.	1308	1339	1372	1419	1336	1389	1450	1517
Gyventojų skaičius būste	2,65	2,57	2,50	2,42	2,62	2,52	2,42	2,32
Galutinės energijos sąnaudos tūkst. tne	1613	1707	1805	1895	1647	1763	1883	2014
Elektros energijos sąnaudos GWh	2320	2880	3392	3916	2461	3205	3916	4679
Elektros energijos sąnaudos būste GWh	1774	2152	2472	2759	1842	2308	2700	3084
Elektros energijos sąnaudos 1 gyventojui GWh	670	837	989	1140	703	916	1116	1329



4 pav. Namø ūkiuose 2001 m. vieno gyventojø suvartotos elektros energijos kiekis

Rytø bloko ðalio ir priartëtø prie dabartinio iðsivys-ëiusio Europos Sàjungos ðalio lygio.

Palyginti þemà elektros energijos suvartojimo vienam gyventojui lygà lemia tai, kad ðalies gyventojai buityje naudoja maþai prietaisø, ypaè tokiø, kurie sunaudoja daug elektros energijos per metus (3 lentelë). Duomenys apie bûstø apsirûpinimà elektros prietaisais remiasi Statistikos departamento kasmet atnaujinama informacija [8]. Duomenys apie lyginamàsias

tø apie 3,4 MWh elektros energijos. Taèiau dabar viena ðeima suvartoja vidutiniðkai tik 1,4 MWh, nes Lietuvos bûstuose negausu elektros prietaisø. Apie 70% visos namø ūkiuose suvartojamos elektros energijos tenka apðvietimui, ðaldytuvams, televizoriams ir skalbiamosioms maðinoms. Pagal anketose pateiktus duomenis, viename bûste suvartojama nuo 0,8 kWh (1 gyventojas) iki 2–3 MWh (3–4 asmenø ðeima). Tik privaèiuose namuose elektros suvartojama 5–7 MWh. Norint tiks-

liau nustatyti faktines galutinës energijos ir elektros energijos sànaudas bûstuose, būtina atlikti specializuotà ir iðsamia apklausà.

Lyginant ðiuos elektros suvartojimo rodiklius su analogiðkais duomenimis Danijos namø ūkiuose, papymëtina, kad Lietuvoje kur kas maþiau naudojama elektros prietaisø, jø naudojimo intensyvumas irgi maþesnis. Todël Danijoje elektros energijos namø ūkiuose vidutiniðkai vienam gyventojui suvartojama 3,7 karto daugiau. Norint þenkliai pagerinti gyvenimo sàlygas ir komforto lygà, reikia ne tik padidinti bûstø skaièiø, bet ir kur kas plaèiau panaudoti elektros energijà. Kaip parodë gautø modeliavimo rezultatø analizë, lyginamasis elektros energijos vienam gyventojui suvartojimas Lietu-

3 lentelë. Namø ūkiuose 2001 m. suvartotos elektros energijos kiekis

	Prietaisø skaièius tûkst.	Suvartota elektros energijos		
		prietaisais kWh	ið viso GWh	butas kWh
Radijo imtuvai	787,9	20	15,8	12,2
Spalvotas televizorius	1317,5	120	158,1	122,4
Nespalvotas televizorius	258,3	55	14,2	11,0
Vaizdo magnetofonas	271,3	50	13,6	10,5
Magnetofonas	607,1	60	36,4	28,2
Muzikos centras	219,6	95	20,9	16,2
Kompaktiniø diskø grotuvas	64,6	60	3,9	3,0
Asmeninis kompiuteris	116,3	90	10,5	8,1
Šaldytuvas	1227,1	310	380,4	294,5
Šaldiklis	167,9	380	63,8	49,4
Skalbiamoji mašina	1007,5	150	151,1	117,0
Dulkiø siurblys	865,4	80	69,2	53,6
Mikrobangø krosnelë	206,7	60	12,4	9,6
Elektrinë viryklë	107,2	1100	117,9	91,3
Indaplovë	23,3	320	7,4	5,8
Apšvietimas	1291,7	410	529,6	410
Kiti prietaisai			213,0	164,9
Ið viso			1818,2	1407,6

vos namø ūkiuose per 20 m. gali priartėti prie dabartinio Europos Sąjungos ðaliø vidurkio, jei pasitvirtintø ekonomikos scenarijuose numatytos prielaidos apie palyginti daug energijos suvartojanèiø prietaisø (elektriniø virykliø, ðaldikliø, ðaldytuvø, automatinio skalbiamøjø maðinø) naudojimo plètrà, taip pat platesnà elektros panaudojimà patalpoms ðildyti, karøtam vandeniui ruoðti ir kitoms reikmèmms.

## 6. IŠVADOS

1. Nepaisant 1995 m. prasidėjusio ekonomikos atsigavimo, ūkio ðakose sunaudojamos galutinës energijos apimtys iki 2000 m. maþejo vidutiniøkai 4,1%, 2001–2002 m. didėjo 3,3% per metus. Dabar namø ūkiuose suvartojama beveik 36% visos galutinës energijos ir 27% elektros energijos. Todël energijos sànaudø namø ūkiuose tyrimai aktualūs siekiant tiek ávertinti bendruosius energijos poreikius ðiame sektoriuje, tiek nustatyti numatomus energijos sànaudø struktūros pokyèius perspektyvoje.

2. Dël ryðkiø energijos vartojimø pokyèiø perspektyviniø energijos poreikiø prognozavimui negali bûti pritaikyti tendencijø ekstrapoliavimo metodai. Ðiam tikslui gali bûti sèkmingai taikomi imitaciniai modeliai, leidþiantys atlikti ávairiapusæ energijos sànaudø kitimo analizæ ir iðryðkinti pagrindinius veiksnius, turinèius átakos tolesnei energijos poreikiø raidai. Ið dalies ðiam tikslui gali bûti panaudojami ekonometriniai modeliai ir lyginamosios analizës metodai.

3. Remiantis gautø rezultatø analize, galutinës energijos poreikiai iki 2020 m. augs apie 0,9% per metus, jei pasitvirtins pagrindinio scenarijaus prielaidos, ir 1,2% greito ekonomikos augimo atveju. Prognozuojama, kad elektros energijos poreikiai augs 4,1 ir 5,0% atitinkamai pagrindinio scenarijaus ir greito ekonomikos augimo scenarijaus atveju. Tik tokie spartūs elektros energijos poreikiø namø ūkiø sektoriuje augimo tempai leistø þenkliai pagerinti gyvenimo sàlygas ir komfortà bei priartėti pagal elektros suvartojimo vienam gyventojui rodiklã prie dabartinio Europos Sąjungos ðaliø vidurkio.

Gauta  
2003 12 08

## Literatūra

1. Lietuvos ekonominë ir socialinë raida 2003/9. Vilnius: Statistikos departamentas prie Lietuvos Respublikos Vyriausybës, 2003.
2. Lietuvos nacionalinës sàskaitos 2000. Vilnius: Statistikos departamentas prie Lietuvos Respublikos Vyriausybës, 2002.

3. Lietuvos ekonominë ir socialinë raida 2003/2. Vilnius: Statistikos departamentas prie Lietuvos Respublikos Vyriausybës, 2003.
4. Miškinis V. Energy Demand Forecasting in Economies in Transition // Energy Studies Review. 2002. Vol. 10. No. 2. P. 100–120.
5. Miškinis V. Energy demand forecasting in transition to a free market economy // 2001: AN ENERGY ODYSSEY? Proceedings of 24th Annual IAEE International Conference, 26–29 June 2001, Houston, Texas, USA. 10 p.
6. Prognoze for boligsektorens elforbrug 2000–2030. DEFU, February 2002.
7. Lietuvos ūkio (ekonomikos) plëtros iki 2015 m. ilgalaikë strategija. Vilnius: Lietuvos Respublikos ūkio ministerija, 2003.
8. Namø ūkio pajamos ir iðlaidos 2002. Vilnius: Statistikos departamentas prie Lietuvos Respublikos Vyriausybës, 2003.

**Vaclovas Miškinis, Inga Konstantinavičiūtė,  
Egidijus Norvaiša, Rimantas Deksnys**

## FORECAST OF ENERGY DEMAND IN THE HOUSEHOLD SECTOR

### S u m m a r y

A short description of changes of final energy demand in the branches of economy and in the households is presented. The main principles of energy demand forecasting based on experience in the application of the simulation MAED model and other methods are summarized. The factors influencing the growth of energy demand in the future are discussed. The forecast of final energy and electricity demand is presented and the factors influencing the greater penetration of electricity into the household sector are discussed.

**Key words:** households, energy balance, forecast of energy demand, simulation model

**Вацловас Мишкинис, Инга Константиновичюте,  
Егидиус Норвайша, Римантас Декснис**

## ПРОГНОЗ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ В ДОМАШНЕМ ХОЗЯЙСТВЕ

### Р е з ю м е

Анализируются тенденции потребления конечной энергии в отраслях народного хозяйства и в домашнем хозяйстве. Обобщены принципы прогнозирования энергопотребления в домашнем хозяйстве, основанные на опыте применения имитационной модели MAED и других методов. Приведен прогноз потребности в конечной энергии и электроэнергии, а также обсуждены факторы, оказывающие влияние на углубление применения электроэнергии в домашнем хозяйстве.

**Ключевые слова:** домашнее хозяйство, энергетический баланс, прогнозирования потребности, имитационное моделирование, потребление электроэнергии