

Mokymų medžiaga

# Darni energetika

## Atsinaujinantys energijos šaltiniai

### Efektyvus energijos naudojimas

Mokymai organizuoti įgyvendinant projektą „Norvegijos patirties pritaikymas skatinant atsinaujinančios energijos panaudojimą savivaldybėse“, finansuojamą pagal Norvegijos finansinį mechanizmą ir bendrai finansuojamą Lietuvos Respublikos

norway  
grants



Parengė VšĮ „DVI Darnaus vystymo iniciatyvos“

2010 m.

2009 m. 7 Lietuvos savivaldybės, tarp jų ir Vilkaviškio bei Anykščių r. sav., prisijungė prie savanoriško ES Merų pakto ir įsipareigojo iki 2020 m. daugiau kaip 20 proc. sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimus savo rajonuose. Dar iki pakto pasirašymo savivaldybės aktyviai vykdė katilinių pertvarką biomasės panaudojimui, diegė renovacijos ir energetikos ūkio modernizavimo priemones viešuose pastatuose. Tačiau vis dar akivaizdžiai buvo jaučiamas specifinių žinių susijusių su klimato kaitos švelninimo priemonių diegimu, darnios energetikos planavimu trūkumas, mažai dėmesio buvo skiriama energijos taupymui kaip aplinkosauginiam prioritetui.

Siekiant spręsti šią problemą VšĮ „DVI Darnaus vystymo iniciatyvos“, Vilkaviškio ir Anykščių rajonų savivaldybės, Hedmarko apskritis (Norvegija) ir konsultacinė kompanija New Energy Performance AS (Norvegija) sutelkė savo jėgas ir drauge įgyvendino paprojektį „Norvegijos patirties pritaikymas skatinant atsinaujinančios energijos panaudojimą Lietuvos savivaldybėse“, kurį finansuoja Norvegija, pagal Norvegijos finansinį mechanizmą ir bendrai finansuoja Lietuva. Pagrindinis paprojekčio tikslas – didinti Lietuvos paprojekčio partnerių darbuotojų gebėjimus rengiant ir diegiant energijos ir klimato kaitos planus, diegiant tokias klimato kaitos švelninimo priemones kaip atsinaujinantys energijos šaltiniai ir efektyvus energijos naudojimas.

Paprojekčio metu buvo organizuoti treji mokymai, skirti Anykščių ir Vilkaviškio rajonų savivaldybių bei DVI darbuotojų kompetencijų didinimui:

- 2010 m. gegužės 3-4 d. Anykščiuose – „Regioninių energetikos ir klimato kaitos planų rengimas. Norvegijos patirtis“
- 2010 m. gegužės 21 d. Vilkaviškyje – „Atsinaujinanti energetika. Technologijos ir panaudojimo galimybės“,
- 2010 m. birželio 10 d. Anykščiuose – „Darnus energijos naudojimas: biomasės energija, energijos efektyvumas ir aplinkai nekenksmingas transportas“

Šiame mokymo medžiagos rinkinyje pateikta lektorių parengta informacija ir temos, nagrinėtos mokymų metu. Medžiaga tarnaus kaip pagalbiniė priemonė visiems, įsitraukusiems į darnios energetikos planavimą, besidomintiems atsinaujinančių energijos šaltinių panaudojimo galimybėmis, efektyvesniu energijos naudojimu.

Mokymų medžiaga yra skelbiama VšĮ „DVI Darnaus vystymo iniciatyvos“ interneto svetainėje adresu [www.dvi.lt](http://www.dvi.lt)

## Turinys

1. Lietuvos energetikos sistema: reglamentuojantys teisės aktai, galimybės ir iššūkiai  
Parengė dr. Asta Mikalauskiene
2. Pagrindiniai energijos gamybos ir vartojimo, klimato kaitos politikos ir atsinaujinančios energijos gamybos aspektai Norvegijoje  
Parengė Aasmund Hagen
3. Atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimas Lietuvoje ir Europos Sąjungos šalyse: situacija ir perspektyvos  
Parengė dr. Asta Mikalauskiene
4. Vėjo energijos panaudojimo technologijos. Lietuvos situacija ir perspektyvos  
Parengė doc. dr. Stasys Paulauskas
5. Geoterminės energijos panaudojimo technologijos. Lietuvos situacija ir perspektyvos  
Parengė dr. Saulius Šliaupa
6. Saulės energijos panaudojimo technologijos. Lietuvos situacija ir perspektyvos  
Parengė prof. Algirdas Jonas Raila
7. Biomasės energijos panaudojimo technologijos. Lietuvos situacija ir perspektyvos.  
Parengė dr. Rimvydas Ambrulevičius, dr. Algirdas Gulbinas
8. Energijos naudojimo efektyvumas savivaldybėse. Lietuvos situacija, perspektyvos, savivaldybių vaidmuo ir galimybės  
Parengė dr. Asta Mikalauskiene
9. Energijos efektyvumas transporte. Efektyvus aplinkai palankaus transporto planavimas. Lietuvos savivaldybių situacija ir perspektyvos, savivaldybių vaidmuo ir galimybės  
Parengė Vytautas Gužys

# 1. Lietuvos energetikos sistema: reglamentuojantys teisės aktai, galimybės ir iššūkiai

*Parengė dr. Asta Mikalauskienė*

## 1.1. ES bendroji energetikos politika

Pasaulinės energetikos ateitis visų pirma turi būti susijusi su darnaus vystymosi koncepcijos įgyvendinimu. Pagrindinis darnaus energetikos vystymo politikos tikslas yra energijos paslaugų plėtra mažinant energijos gamybos ir vartojimo poveikį aplinkai bei užtikrinant žmonijos ilgalaikių plėtros tikslų įgyvendinimą. Siekdama reaguoti į aukštas ir svyruojančias energijos kainas, augančią priklausomybę nuo importo, sparčiai didėjančią pasaulinę energijos paklausą ir klimato atšilimą, Europos Sąjunga turi aiškiai apibrėžti išorės politiką ir ja vadovautis tiek nacionaliniu, tiek Bendrijos lygmeniu. ES energetikos politika siekia užtikrinti energijos tiekimo patikimumą, konkurencingumą ir darnų vystymąsi. Energetinis saugumas ir vidaus rinkos sukūrimas yra viena iš ES prioritetinių veiklos sričių. Sprendžiant energetinio saugumo klausimus, ypač svarbi yra išorinė ES energetikos politika ir vienoda ES šalių reakcija į dabartinę padėtį energijos rinkose. Energijos ir klimato kaitos politika jau peržengia valstybių sienas ar regionų ribas. Tiekimo saugumas, energijos išteklių trūkumas ir klimato kaita yra visam pasauliui aktualūs iššūkiai. Veiksmingai kovoti su klimato kaita įmanoma tik tuomet, kai šioje kovoje dalyvauja visi pasaulio regionai.

Taigi, Bendrosios Europos energetikos politikos tikslas yra trejopas: užkirsti kelią klimato kaitai; ekonomikos augimo ir darbo vietų kūrimo skatinimas; ES išorinės priklausomybės nuo importuojamų angliavandenilių mažinimas, t.y., ES pažeidžiamumo dėl dujų ir naftos importo iš užsienio apribojimas.

2005 m. birželio mėnesį Europos Komisija paskelbė Europos Sąjungos programinį dokumentą – Žaliąją knygą apie energijos vartojimo efektyvumą ir kaip mažesnėmis sąnaudomis sutaupyti daugiau energijos. Šiame dokumente nurodyta, kad ne vien dėl didelių naftos kainų, kurios gali sumažinti Europos ekonominio augimo perspektyvas, ES naudinga ryžtingai atnaujinti energetinio efektyvumo didinimą skatinančią programą, kuri jungia EB svarbius konkurencingumo, Lisabonos susitarimų, aplinkos apsaugos, Kioto protokolo įsipareigojimų bei energijos tiekimo saugumo klausimus. Dokumente nustatyti šie bendri su visoms ES valstybėms narėms energetikos tikslai [1]:

- energetinis saugumas;
- darnus energetikos sektoriaus vystymasis;
- konkurencingumas;
- efektyvus energijos naudojimas.

Žaliojoje knygoje siekiama nustatyti šios veiklos spragas ir galimybes kaip tas kliūtis galima įveikti, siūlant įvairius veiksmus, kurių būtų galima imtis (1.1 lentelė).

Energijos vartojimo efektyvumas yra aktualiausias ES energetikos politikos elementas. Energijos vartojimo efektyvumo didinimas – geriausias būdas prisidėti prie darnios, konkurencingos energetikos ir tiekimo saugumo tikslų.

Tačiau Europa dar nesukūrė visiškai konkurencingų vidaus energetikos rinkų. Tikra ES energijos vidaus rinka būtina, siekiant įgyvendinti tris Europos energetikos uždavinius [3]:

1) konkurencingumas: konkurencingoje rinkoje sumažės kainos piliečiams ir įmonėms, bus skatinamas energijos vartojimo efektyvumas;

2) darnumas: tam, kad ekonomikos priemonės būtų tinkamai taikomos, būtina konkurencinga rinka. Būtina skatinti bendrą šilumos ir elektros energijos gamybą iš atsinaujinančių išteklių bei mažos apimties gamybą (kogeneraciją), diegti naujoves;

1.1 lentelė. ES energetikos politikos tikslai ir veiksmai tikslams pasiekti

Tikslai	Veiksmai tikslui pasiekti
Energetinis saugumas	plečiant pirminės energijos šaltinių ir tiekėjų įvairovę, gaminant elektros energiją įvairaus tipo elektrinėse, sukaupti ir efektyviai naudojant kuro atsargas, atnaujinant energetikos infrastruktūrą ir gerinant jos darbo patikimumą, gerinant energetikos infrastruktūros fizinę apsaugą (nuo teroristų aktų, gamtos katastrofų, politinio pobūdžio rizikos), mažinant priklausomybę nuo energijos išteklių importo
Darnus energetikos sektoriaus vystymasis	diegiant naujoves ir modernias technologijas, racionaliai plėtojant tam tikras energetikos sistemas, didinant energijos gamybos ir vartojimo efektyvumą, mažinant energijos transformavimo ir tiekimo technologinius nuostolius, skatinant vietinių ir atsinaujinančių bei atliekinių energijos išteklių vartojimą, mažinant neigiamą energetikos objektų poveikį aplinkai ir pavojų žmonių sveikatai
Konkurencingumas	nustatant vienodas konkurencines sąlygas įvairiems energijos gamybos ir tiekimo būdams, tiekiant aukštos kokybės ir konkurencingus produktus ir paslaugas, išlaikant ir stiprinant patikimą energijos tiekimą, teikiant pirmenybę ekonomiškai pateisinamiems sprendimams, stiprinant energetikos priežiūros ir reguliavimo institucijas, didinant jų veiklos skaidrumą
Efektyvus energijos naudojimas	taikant finansines priemones, siekiant paskatinti investuoti į energijos efektyvumo projektus ir energijos paslaugas teikiančias įmones, taikant tiesioginius ir netiesioginius mechanizmus, kurie mažintų vartojimo tendus, taikant Europos „baltųjų sertifikatų“ prekybos sistemą, didinant šilumos ir elektros energijos gamybos, perdavimo ir pasiskirstymo efektyvumą, nuosekliai taikant mokesčius, kad energija būtų vartojama efektyviau, skatinant sudaryti tarptautinį susitarimą dėl energijos efektyvumo, kurį pasirašytų išsivysčiusios ir besivystančios šalys

Šaltinis: sudaryta autorės, remiantis EK Žaliaja knyga [2]

3) tiekimo saugumas: bendrojoje rinkoje skatinti energijos išteklių įvairovę, kurti paskatą įmonėms investuoti į naują infrastruktūrą, tinklų sujungimą ir naujus energijos gamybos pajėgumus, tam, kad būtų išvengta energijos tiekimo nutraukimo ir bereikalingų kainų šuolių.

Kad šie tikslai būtų pasiekti, reikia kurti tarpusavio ryšius, veiksmingas teises ir reguliavimo sistemas ir užtikrinti, kad jos būtų praktiškai įgyvendinamos, o EB konkurencijos taisyklės būtų griežtai vykdomos. Bet to, energetikos sektoriaus konsolidaciją turėtų skatinti rinka, jeigu ES nori sėkmingai spręsti daugelį problemų, su kuriomis ji susiduria.

2006 m. kovo 8 d. EK paskelbtame dokumente – Žalioji knyga Europos Sąjungos tausios, konkurencingos ir saugios energetikos strategija – nustatytos šešios svarbiausios sritys, kuriose būtina imtis veiksmų siekiant įveikti iškilusius uždavinius (1.2 lentelė).

Europos Komisija teigia [6], kad Europos energetikos politika turi būti grindžiama:

- ES tikslu tarptautinėse derybose siekti iki 2020 m. išsivysčiusiose šalyse 30 proc., lyginant su 1990 m., sumažinti ŠESD kiekį. Bet to, 2050 m. ŠESD kiekis pasaulyje turi būti sumažintas beveik 50 proc., lyginant su 1990 m., o tai reiškia, kad pramoninėse šalyse išmetamų dujų kiekis iki 2050 m. turėtų sumažti 60-80 proc.;

- ES įsipareigojimu bet kokių atveju dabar nustatyti tikslą, kad iki 2020 m. ŠESD kiekis būtų sumažintas bent 20 proc., lyginant su 1990 m.

1.2 lentelė. ES energetikos politikos prioritetinės sritys ir veiksmai tikslų įgyvendinimui

Prioritetinės sritys	Veiksmai
1. Energetikos indėlis į ekonomikos augimą ir darbo vietų kūrimą Europoje	Europos tinklo sukūrimas, pagerinti tinklų sujungimo galimybes, sukurti naujų investicijų skatinimo sistemą
2. Užtikrinti, kad energijos vidaus rinka garantuotų saugų energijos tiekimą ir valstybių narių solidarumą.	Persvarstyti esamus Bendrijos teisės aktus dėl naftos ir dujų atsargų, padidinti tinklų saugumą, pagerinti energijos išteklių skaidrumą Europos lygmeniu.
3. Siekiant energijos tiekimo saugumo ir konkurencingumo: tausesnės, veiksmingesnės ir įvairesnės energijos rūšys	Organizuoti Bendrijos lygio diskusijas apie skirtingus energijos šaltinius, kurie atitiktų saugaus tiekimo, konkurencingumo ir tausaus vystymosi tikslus, įskaitant diskusijas apie sąnaudas ir indėlį kovojant su klimato kaita.
4. Integruotas kovos su klimato kaita metodas	Europa turi spręsti klimato kaitos problemas tokiu būdu, kuris atitiktų Lisabonos tikslus. ES prekybos išmetamųjų teršalų leidimais sistema sukuria lankstų ir ekonomišką pagrindą gaminti energiją naudojant mažiau klimatui kenksmingas technologijas. Be to, ES prekybos išmetamųjų teršalų leidimais sistema – pamažu besiplečiančios pasaulio anglies dvideginio rinkos branduolys, ji suteikia konkurencinį pranašumą Europos verslui
5. Naujovių skatinimas	Strateginis Europos energijos technologijų planas, kuris grindžiamas Europos technologijų platforma ir numatantis imtis bendrų technologinių iniciatyvų. Siekiant užtikrinti energijos tiekimo saugumą, tausumą ir pramonės konkurencingumą, būtina kurti ir diegti naujas energijos gamybos technologijas. Vadovaujantis Europos energijos technologijų planu galima geriausiai panaudoti Europos išteklius.
6. Bendroji išorės energetikos politika	Nustatyti Europos prioritetus kuriant naują saugiam ES energijos tiekimui reikalingą infrastruktūrą, parengti Bendrijos mechanizmą, kuriuo siekiama sudaryti sąlygas greitai ir koordinuotai reaguoti į kritinę padėtį trečiojoje šalyse, turinčią įtakos ES energijos tiekimui, sudaryti tarptautinį susitarimą dėl energijos efektyvumo.

Šaltinis: sudaryta autorių, remiantis EK Žalioja knyga [4] ir Europos Parlamento pranešimu [5].

Kaip teigiama EK komunikate Europos energetikos politika [7], siekis įgyventi ES įsipareigojimą jau dabar imtis veiksmų dėl šiltnamio dujų turėtų būti pagrindinė naujosios Europos energetikos politikos dalis dėl trijų priežasčių:

- 1) energetikos sektoriaus išmetamas CO<sub>2</sub> kiekis sudaro 80 proc. visų ES išmetamų ŠESD. Išmetamų teršalų kiekį reikia mažinti vartojant mažiau energijos ir didinant neteršiančios energijos kiekį;
- 2) siekiant mažinti augantį didelių svyravimų ir naftos bei dujų kainų poveikį;
- 3) tam, kad ES energijos rinka taptų konkurencingesnė ir būtų skatinamas technologijų bei darbo vietų kūrimas.

Europos Komisijos 2007 m. sausio mėn. parengtu komunikatu Europos energetikos politika, Europos valstybės skatinamos imtis veiksmų ir įgyvendinti darnios, konkurencingos ir saugios energetikos principus. Taip siekiama:

- suformuoti naująją Europos energetikos politiką, kuri turi būti ambicinga, ilgalaikė ir naudinga visiems europiečiams;
- iki 2020 m. bent 20 proc., palyginti su 1990 m., sumažinti į atmosferą išmetamų šiltnamio reiškinių sukeliančių dujų kiekį ir užkirsti kelią klimato kaitai;
- sumažinti ES pažeidžiamumą dėl didėjančio dujų ir naftos importo iš kitų šalių;
- skatinti ekonomikos augimą ir naujų darbo vietų kūrimą, užtikrinant energijos tiekimą vartotojams priimtinomis kainomis;
- iki 2020 m. atsinaujinančių energijos išteklių dalį visos ES suvartojamos pirminės energijos struktūroje padidinti iki 20 proc.;
- iki 2020 m. įgyvendinti energijos vartojimo efektyvumo didinimo veiksmų planą ir sumažinti energijos sąnaudas 20 proc.;
- iki 2020 m. bent trečdalį visos ES elektros energijos pagaminti naudojant atsinaujinančius energijos išteklius;
- skatinti biokuro gamybą ir naudojimą, siekti kad biokuro dalis 2020 m. sudarytų 10 proc. visų transporto priemonių sunaudojamų degalų kiekio.

Naujosios politikos pagrindinis ramstis ir esminis Europos energetikos tikslas – tas, kad ES naudojant energiją šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekis iki 2020 m. sumažėtų iki 20 proc., o atsinaujinančios energijos dalis būtų padidinta nuo dabartinio ne mažiau nei 7 proc. visos ES suvartojamos energijos lygio iki 20 proc.. Pasiekus šiuos tikslus, ES galės įvertinti pažangą dabartinę energetikos ekonomiką pakeičiant ekonomika, kuri veiktų nepaisant darnumo, konkurencingumo ir energijos tiekimo patikimumo problemų. Tačiau tai turėtų padėti Europos ekonomikai imti labai efektyviai naudoti energiją ir išskirti mažai CO<sub>2</sub> tam, kad ji galėtų išspręsti ateities problemas, susijusias su energetika. Kartu bus skatinamas ekonominis augimas sparčiau pereinant prie mažai teršalų išskiriančios pramonės ir žymiai didinamas vietoje gaminamos ir naudojamos mažai teršalų išskiriančios energijos kiekis.

2008 m. sausio 23 d. Europos Komisija (EK) pateikė šalims narėms energetikos ir klimato kaitos priemonių paketą, kurio pagrindiniai tikslai yra:

Užtikrinti savarankišką ES įsipareigojimą iki 2020 m. šiltnamio efektą sukeliančių išmetamųjų dujų kiekį sumažinti bent 20 %, palyginti su 1990 m. išmetu kiekiu, ir ES tikslą iki 2020 m. minėtą kiekį sumažinti 30 %, jei bus sudarytas išsamus tarptautinis susitarimas dėl klimato kaitos;

Užtikrinti privalomą ES tikslą – kad iki 2020 m. atsinaujinančios energijos dalis sudarytų 20 % visų energijos sąnaudų ir kad biokuro dalis sudarytų 10 %.

Užtikrinti, kad iki 2020 m. būtų sutaupyti 20% pirminės energijos lyginant su 2005 m.

Šį paketą sudaro: Pasiūlymas iš dalies pakeisti ES šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimo leidimų prekybos direktyvą 2003/87/EB; Pasiūlymas, susijęs su veiklos pasidalijimu siekiant savarankiško Bendrijos išsipareigojimo mažinti į ES šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimo leidimų prekybos sistemą neįtrauktų sektorių (pvz., transporto, statybos, paslaugų, mažesnių pramonės įrenginių, žemės ūkio ir atliekų) šiltnamio efektą sukeliančių išmetamųjų dujų kiekį ir Pasiūlymas dėl ES direktyvos dėl energijos pagamintos iš atsinaujinančių energijos išteklių (AEI) skatinimo.

Šio paketo esmę sudaro:

- Šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimo leidimų prekybos sistemos tobulinimo ir išplėtimo pasiūlymai;
- Šiltnamio dujų emisijų mažinimo tikslų nustatymas pramonės šakoms, nedalyvaujančioms šiltnamio dujų emisijų prekybos sistemoje;
- Atsinaujinančių energijos išteklių dalies galutiniame energijos suvartojime nustatymas šalims narėms 2020 m.;
- Šiltnamio dujų emisijų sumažinimo išsipareigojimų pasidalijimas tarp šalių narių, siekiant įgyvendinti ES tikslą - iki 2020 m. šiltnamio efektą sukeliančių išmetamųjų dujų kiekį sumažinti bent 20 %, palyginti su 1990 m. išmestu kiekiu.

Kiekvienos valstybės narės indėlis siekiant šių tikslų priklausys nuo skirtingų nacionalinių aplinkybių ir esamos padėties, įskaitant jų energijos šaltinių derinio pobūdį. Valstybėms narėms reikia suteikti lankstumo rinktis tokius atsinaujinančius energijos išteklius, kurie geriausiai tinka atsižvelgiant į specialius jų poreikius ir prioritetus. Būdas, kuriuo valstybės narės sieks savo tikslų, turi būti nurodytas nacionaliniuose veiksmų planuose, apie kuriuos reikia pranešti EK [8].

## **1.2. Lietuvos energetikos politika ir jos prioritetai**

Briuselio Europos Vadovų Tarybos priimti sprendimai yra rimtas žingsnis kuriant naują Europos šalių energetikos politiką. Jie iš esmės atitinka Lietuvos interesus ir sukuria palankesnes prielaidas Lietuvos energetikos plėtrai. Lietuvai yra svarbios šios minėtų išvadų nuostatos:

- 1) ypatingą dėmesį skirti šalims ir regionams, kurie neturi ryšių su ES energijos rinkomis;
- 2) įpareigojimas Europos Komisijai parengti prioritetinę jungčių planą ir padėti įgyvendinti prioritetinius infrastruktūros projektus;
- 3) spartinti apsirūpinimo energijos ištekliais diversifikavimą;
- 4) reguliariai rengti strateginę ES energetikos apžvalgą;
- 5) parengti pasiūlymus dėl bendros ES energetikos strategijos, ypač palaikant dialogą su Rusija;
- 6) siekti, kad ES ir Rusijos dialogas taptų veiksmingesnis ir skaidresnis, o Rusija ratifikuotų 1994 m. gruodžio 17 d. Energetikos chartijos sutartį ir pasirašytą Energetikos chartijos protokolą dėl tranzito.

Europos Sąjungos energetikos raidos tendencija - visuotinė ir laisva konkurencija, atvira energijos rinka kiekvienoje šalyje ir tarp šalių - turėjo esminės įtakos Lietuvos energetikos raidai bei politikai. Lietuva, dar pasirengimo narystei ES laikotarpiu, prisiėmė įsipareigojimus restruktūrizuoti energetikos ūkį, nustatyti Ignalinos AE eksploatacijos nutraukimo ir ES aplinkosaugos direktyvų įgyvendinimo sąlygas ir terminus. 2002 m. Lietuvos Respublikos Vyriausybės patvirtintoje Nacionalinėje energetikos strategijoje į šiuos veiksnius visapusiškai atsižvelgta ir pateiktos rekomendacijos, energijos kūrimo ir aplinkosauginės politikos integravimo į energetikos politiką. Atsižvelgiant į šiuos pagrindinius energetikos politiką formuojančius veiksnius, buvo nustatyti šie Lietuvos energetikos strateginiai tikslai [9]:

- 1) patikimas, saugus energijos tiekimas mažiausiomis išlaidomis, užtikrinantis Lietuvos energetikos sektoriaus konkurencingumą ES energijos rinkoje;
- 2) energijos vartojimo efektyvumo didinimas;
- 3) išmetamų teršalų kiekio mažinimas, uždarius Ignalinos AE.

Lietuvai tapus ES nare, energetikos politikos formavimą įtakoja ne tik vidaus, bet ir išorės veiksniai. Sparti Lietuvos ekonomikos raida, po Ignalinos AE uždarymo padidėjęs priklausomybė nuo pirminės energijos importo iš vienos šalies, išaugusios organinio kuro kainos pasaulio rinkose ir jų nestabilumas privertė koreguoti Lietuvos energetikos politiką ir 2006 m. atnaujinti Nacionalinę energetikos strategiją. Tačiau pastarojo laikotarpio globalios aplinkos pasikeitimai, pasaulinių energetikos tendencijų permainos, globalios klimato kaitos sukeltos problemos ir to įtaką ilgalaikiai pasaulinei energetikos perspektyvai, įpareigojo parengti naują Nacionalinę energetikos strategiją, kurią 2007 m. sausio 18 d. X-1046 nutarimu patvirtino Lietuvos Respublikos Seimas. Strategija apibrėžia pagrindines valstybės nuostatas dėl energetikos sektoriaus plėtros ir jų įgyvendinimo kryptis iki 2025 metų.

Pastaraisiais metais Lietuvos energetikos politikos dėmesys skiriamas energetikos sektoriaus pertvarkai, didesniai efektyvumui bei tiekimo saugumui užtikrinti. Nustatant pagrindinius Nacionalinės energetikos strategijos tikslus, įvertintos energetikos sektoriaus stipriosios ir silpnosios pusės, galimybės veiksmingiau panaudoti esamus energetinius pajėgumus, vadovautasi Lietuvos narystės ES sutartyje, Energetikos chartijoje, ES teisės aktuose, Žaliojoje knygoje suformuluotais Europos darnios, konkurencingos ir saugios energetikos reikalavimais bei nuostatomis.

Siekiant bendrųjų ES energetikos strateginių tikslų (žiūrėti 2.1 lentelę) ir esminio Lietuvos energetinio saugumo padidinimo tikslo, nustatyti šie nacionalinės energetikos plėtros tikslai:

- 1) kompleksiskai integruoti Lietuvos energetikos sistemas, ypač elektros ir dujų tiekimo sektorius, į ES sistemas ir ES energetikos rinką;
- 2) plėtoti pirminių energijos šaltinių įvairovę atkuriant branduolinę energetiką ir sparčiais tempais didinti atsinaujinančių ir vietinių šaltinių lyginamąjį svorį, užtikrinti, kad iš vienos šalies tiekiamų gamtinių dujų dalis, naudojama energijos gamybai, metiniame Lietuvos kuro balanse būtų ne didesnė kaip 30 proc.;
- 3) gerinti energijos naudojimo efektyvumą ir taupyti energijos sąnaudas.

Siekiant Lietuvoje įgyvendinti šiuos strateginius tikslus ir įvertinant ankstesnėse (1994, 1999 ir 2002 m.) Nacionalinėse energetikos strategijose suformuluotų siekių įgyvendinimo rezultatus, atnaujintos strategijos projekte numatyta nustatyti šiuos uždavinius [10]:

- baigti įgyvendinti ES direktyvų reikalavimus liberalizuojant elektros ir dujų sektorius.
- įgyvendinti ES aplinkosaugos reikalavimus energetikos sektoriuje;
- iki 2010 m. sukaupti ir nuolat palaikyti 90 dienų naftos produktų ir naftos atsargas; iki 2013 m. išplėtoti gamtinių dujų saugyklų pajėgumus ir palaikyti iki 60 dienų dujų atsargas;
- ne vėliau kaip iki 2012 m. Lietuvos aukštos įtampos tinklus sujungti su Skandinavijos šalių ir Lenkijos tinklais; sutaupyti 9% galutinės energijos, palyginti su 2005 m. galutinio energijos suvartojimo
- toliau gerinti visų energijos rūšių vartojimo efektyvumą taip, kad 2025 m. lyginamosios energijos sąnaudos pastatuose, įvairiuose įrenginiuose ir prietaisuose, technologiniuose procesuose ir transporto sistemose būtų artimos išsivysčiusi
- toliau plėtoti regioninį bendradarbiavimą ir kooperaciją, siekiant iki 2012 m. integruoti Baltijos šalių elektros energijos rinką į ES šalių rinkas;
- plėtoti pirminių energijos šaltinių įvairovę atkuriant branduolinę energetiką ir sparčiais tempais didinti atsinaujinančių ir vietinių šaltinių lyginamąjį svorį, užtikrinti, kad iš vienos šalies tiekiamų gamtinių dujų dalis, naudojama energijos gamybai, metiniame Lietuvos kuro balanse būtų ne didesnė kaip 30%;
- iš atsinaujinančių energijos išteklių turės būti gaminama 10 % visos suvartojamos elektros energijos 2025 m.
- atsinaujinančių energijos išteklių dalis pirminės energijos balanse iki 2012 m. turėtų kasmet didėti po 1,5%, o 2025 m. pasiektų 20%
- elektros energijos, pagamintos termofikacinėse elektrinėse per šildymo sezoną, dalį bendrame elektros energijos gamybos balanse 2025 m. padidinti iki 35%;
- biodegalų dalį šalies degalų, skirtų transportui, rinkoje 2020 m. padidinti iki 15%, o 2025 m. – iki 20%;
- gerinti energijos naudojimo efektyvumą ir taupyti energijos sąnaudas ir pradėdant 2008 m. sausio 1 d., per 9 metus už ES valstybių rodiklius;
- įgyvendinti JTBBKK ir Kioto protokolo reikalavimus, t.y. 2008-2012 m. sumažinti šiltnamio dujų emisiją 8%, palyginti su baziniais 1990 m.;
- kitų teršalų emisijos, tinkamai naudojant iki 2010 m. numatytą energijos taupymo, veiksmingo transformavimo ir vietinių bei atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimo potencialą, palyginti su 2004 m., turi būti sumažintos CO<sub>2</sub> – apie 32% (3,9 mln. tonų) per metus, SO<sub>2</sub> – 3% (1 tūkst. tonų) per metus, NO<sub>x</sub> – apie 21% (10 tūkst. tonų) per metus.

Lietuvos energetikos sektoriuje būtina sukurti galimybes ir numatyti priemones, kaip efektyviai neutralizuoti ar kompensuoti dėl priklausomybės nuo energijos tiekimo iš Rusijos atsirandančias grėsmes arba mažinti jų keliamą žalą, kartu panaudojant visus priimtinius būdus tai priklausomybei sumažinti.

### 1.3. Literatūra

1. Streimikiene, D. Indicators for sustainable energy development in Lithuania. //Natural Resources Forum, 29:4, November 2005, p. 322-333.
2. Europos Komisija. Europos energetikos politika. KOM(2007) 1 galutinis [interaktyvus]. 2007 [žiūrėta 2009-11-23]. Prieiga per internetą: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2007:0001:FIN:LT:PDF>>.
3. Europos Komisija. Žalioji knyga: Europos Sąjungos tausios, konkurencingos ir saugios energetikos strategija. KOM(2006) 105 galutinis [interaktyvus]. 2006 [žiūrėta 2009-10-18]. Prieiga per internetą: <[http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2004\\_2009/documents/pr/629/629463/6294631t.pdf](http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2004_2009/documents/pr/629/629463/6294631t.pdf)>
4. Europos Komisija. Žalioji knyga apie energijos vartojimo efektyvumą arba kaip mažesnėmis sąnaudomis sutaupyti daugiau energijos. KOM(2005) 265 galutinis [interaktyvus]. 2005 [žiūrėta 2009-11-22]. Prieiga per internetą: <<http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//NONSGML+REPORT+A6-2006-0160+0+DOC+PDF+V0//LT>>.
5. Europos Parlamentas. Pranešimas dėl efektyvaus energijos vartojimo veiksmų plano: išnaudoti potencialą. A6-0003/2008 [interaktyvus]. 2008 [žiūrėta 2009-11-21]. [prieiga per internetą: <<http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//NONSGML+REPORT+A6-2008-0003+0+DOC+PDF+V0//LT>>.
6. Walker J., Johnston J. Guidelines for the assessment of indirect and cumulative impacts as well as interactions. Luxemburg: Office for Official publications of the European Communities, 1999.
7. Lietuvos Respublikos Vyriausybė. 2003 m. nutarimas Nr. 1160 Dėl Nacionalinės darnaus vystymosi strategijos patvirtinimo [interaktyvus]. 2003 [žiūrėta 2008-09-24]. Prieiga per internetą: <[http://www.am.lt/files/cd\\_lt.pdf](http://www.am.lt/files/cd_lt.pdf)>.
8. Lietuvos Respublikos Seimas. 2007 m. nutarimas Nr. X-1046 Dėl nacionalinės energetikos strategijos patvirtinimo [interaktyvus]. 2007 [žiūrėta 2009-03-21]. Prieiga per internetą: <[http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc\\_l?p\\_id=291371](http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=291371)>
9. Štreimikienė, D. Tvari energetikos plėtra. *Aplinkos tyrimai, inžinerija ir vadyba*, 2002, Nr. 1(19), p. 20-29.
10. Štreimikienė, D. Vietiniai ir globaliniai darnios energetikos plėtros politikos įgyvendinimo Lietuvoje aspektai. *Energetika*, 2002, Nr. 1, p. 53-60.

## 2. Pagrindiniai energijos gamybos ir vartojimo, klimato kaitos politikos ir atsinaujinančios energijos gamybos aspektai Norvegijoje

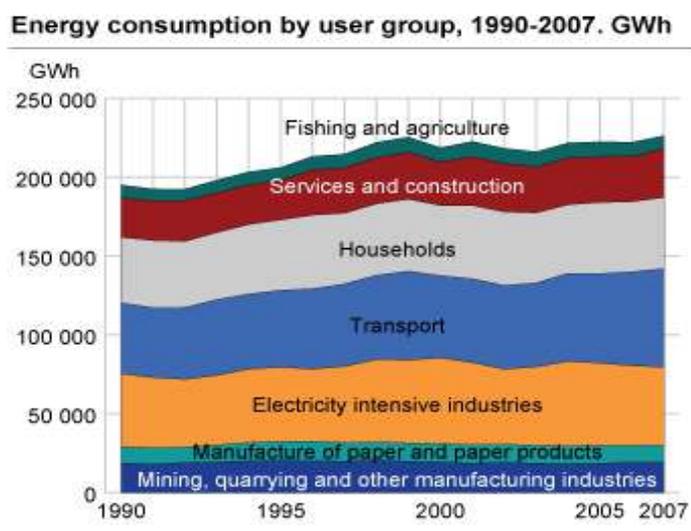
*Parengė Aasmund Hagen*

### 2.1. Trumpa informacija apie energijos tiekimą ir sunaudojimą Norvegijoje

Norvegija – tai šalis, kuri turi sąlyginai daug išteklių energijos gamybai. Tai ypač atsiskleidžia gausioje elektros gamyboje vandens pagrindu, bei naftos ir dujų ištekliuose kontinentiniame Norvegijos šelfe. Be to, šioje šalyje yra puikus pagrindas atsinaujinančios energijos gamybai ne tik gaminant elektrą iš vandens energijos, bet ir energijos gamybai iš biomasės, taip pat panaudojant vėją, bangas ir kt.

2008 metais Norvegija buvo šeštoje vietoje tarp didžiausių naftos eksportuotojų ir vienuoliktoje vietoje tarp didžiausių naftos gamintojų pasaulyje. 2008 metais Norvegija buvo antra tarp didžiausių dujų eksportuotojų ir penkta tarp didžiausių pasaulio dujų gamintojų. Naftos pramonė turi didžiulės įtakos ekonominei plėtrai Norvegijoje ir leidžia skirti daug lėšų visuomenės gerovės užtikrinimui šalyje. Per 40 veiklos metų ši pramonės šaka sukūrė produktų, kurių vertė siekia apie 8 000 milijardus NOK, perskaičius pagal jų šiandieninę piniginę vertę. 2009 metais naftos sektorius buvo atsakingas už 22% Norvegijoje sukuriamų produktų.

Norvegijoje energijos gamyba pagrįsta krioklių panaudojimu elektros gamybai, ši šalis yra šeštoji tarp elektros energijos gamintojų, naudojančių vandens energiją. Šalies hidroelektros ištekliai – tai vertingas atsinaujinančios energijos šaltinis ir vandens įstatymas numato, kad ši nuosavybė iš esmės yra visuomenės turtas.

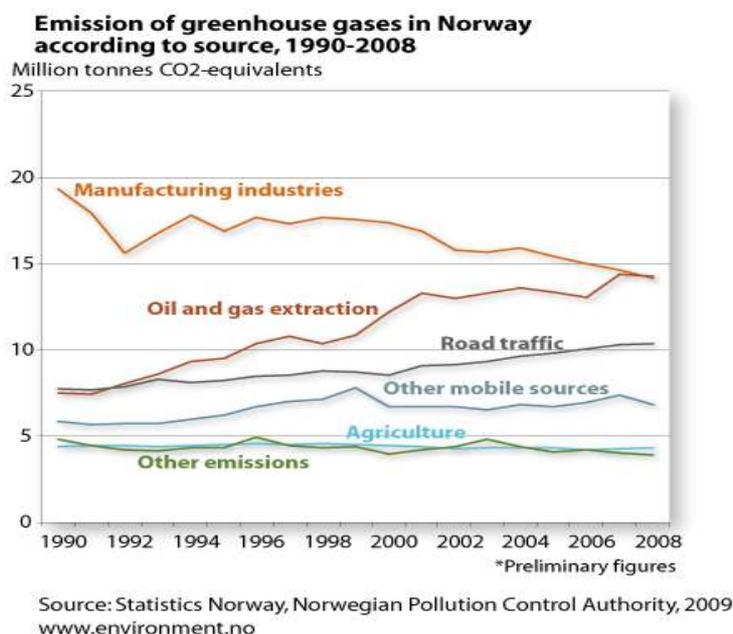


2.1 pav. Energijos sunaudojimas pagal vartotojų grupes: 1) žvejyba ir žemės ūkis, 2) paslaugų ir statybos sektoriai, 3) namų ūkiai, 4) transportas, 5) daug elektros naudojanti pramonė, 6) popieriaus ir kartono gamyba, 7) kalnakasyba, sodrinimas ir kita gamybos pramonė.

## 2.2. Šiltnamio efektą sukeliančių dujų išskyrimas Norvegijoje

Šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD) emisija į atmosferą yra glaudžiai susijusi su energijos naudojimu, ypač su iškastinių energijos šaltinių naudojimu transporto sektoriuje. Kiti ūkio sektoriai taip pat išskiria šiltnamio efektą sukeliančias dujas, pavyzdžiui, trąšų naudojimas žemės ūkyje.

Yra trys pagrindinės dujų rūšys, išmetamos į atmosferą, kurios prisideda prie šiltnamio efekto sukėlimo, tai CO<sub>2</sub> (anglies dvideginis), N<sub>2</sub>O (azoto oksidas) ir CH<sub>4</sub> (metanas). Azoto oksidas sukelia maždaug 300 kartų didesnį šiltnamio efektą nei anglies dioksidas, metano poveikis maždaug 25% didesnis nei anglies dioksido. Šios sąlygos praktikoje skatina viską pakeisti vadinamaisiais CO<sub>2</sub> atitikmenimis ir išmatuoti dujų emisiją į aplinką CO<sub>2</sub> atitikmenų tonų skaičiumi. Taigi, 1 azoto oksido tonos poveikis yra toks pat kaip 300 tonų CO<sub>2</sub>.

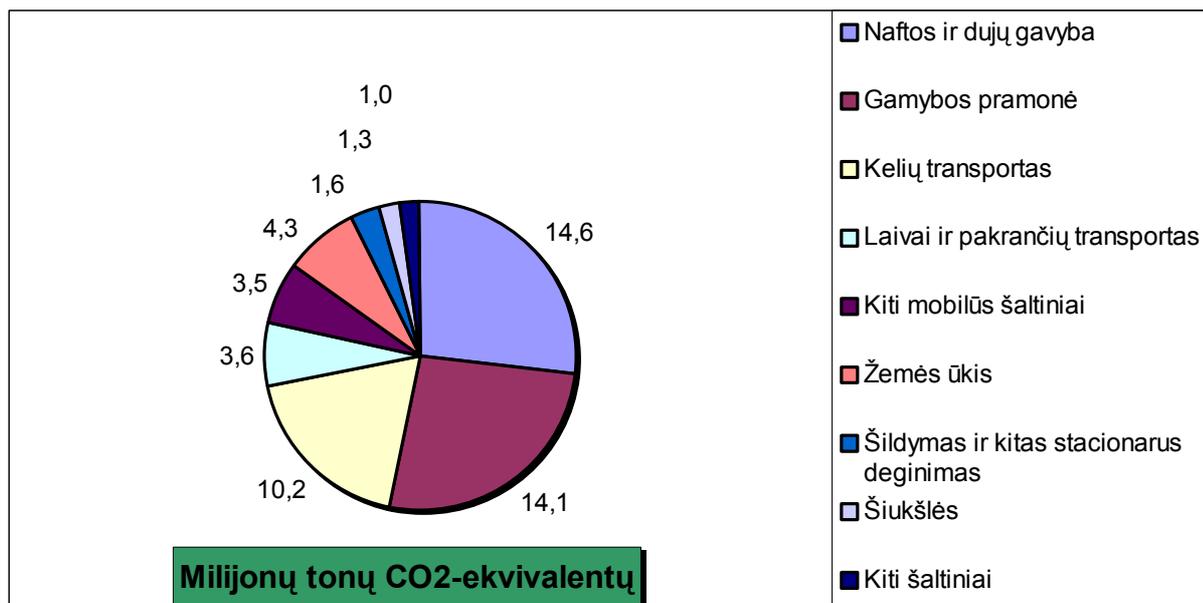


2.3 pav. Šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijos Norvegijoje, pagal šaltinį, 1990-2008 metais, mln. t CO<sub>2</sub> ekvivaleno: 1) gamyba, 2) naftos ir dujų gavyba, 3) kelių eismas, 4) kiti mobilūs taršos šaltiniai, 5) žemės ūkis, 6) kiti išmetimai.

Šaltinis: Norvegijos statistikos departamentas, Norvegijos taršos kontrolės institucija, 2009 www.environment.no

Siekiant sukurti klimato politiką, suderinti jos prioritetus ir mastą su ŠESD kiekio sumažinimo tikslu (sumažinant išmetimą į aplinką) ir / arba užsiimti anglies sulaikymu ir sandėliavimu (surinkti ŠESD iš atmosferos), būtina gerai žinoti kur ir kaip yra vyksta dujų emisijos ir kaip tai veikia per ilgesnį laikotarpį. Norvegijoje tai iš esmės atlieka dvi institucijos:

1. Norvegijos statistikos departamentas (duomenų surinkimas ir pateikimas).
2. Klimato ir taršos kontrolės direktoratas (specialus statistikos paruošimas, auditai, tyrimai ir kt.).



2.4 pav. Norvegijos ŠESD išmetimai pagal šaltinius

Planavimo tikslais statistika, susijusi su ŠESD emisija, yra apdorojama, saugoma ir atnaujinama anksčiau nurodytose institucijų. Todėl yra atitinkamų statistikos duomenų apie atskiras Norvegijos apygardas ir savivaldybes, kuriais remiantis sudaromi energijos ir klimato veiklos planai ir atliekami jų atnaujinimai. Tokią statistiką galima rasti adresu [www.klif.no](http://www.klif.no).

ŠESD emisijų statistika – tai klimato politikos tikslų pagrindas Norvegijoje, įskaitant bendrąjį parlamentinį susitarimą, galiojantį nuo 2008 metų. Taip pat daugelio energijos ir klimato veiksnių planų, galiojančių apygardose ir savivaldybėse, pagrindas. Tokių Norvegijos savivaldybių ir apygardų planų pavyzdžių galima rasti adresu [www.norskeklimakommuner.no](http://www.norskeklimakommuner.no).

### 2.3. Norvegijos klimato kaitos politika

Tarptautiniu mastu Norvegija yra aktyvi partnerė įgyvendinant efektyviausius išsipareigojimus tarptautinėje klimato politikoje. Buvo atlikta daugybė skirtingų apklausų ir įvertinimų skirtinguose vyriausybinuose lygmenyse per pastaruosius metus, siekiant sukurti strategijas, kurios padėtų susidoroti su iššūkiais šalies viduje. Pats ilgiausias politinis išsipareigojimas iki šiol baigėsi Klimato politikos sutartimi, pasirašyta beveik visų Parlamento partijų 2008 metų sausio 17 dieną. Ši sutartis konkrečiai nustato:

- Norvegijos tikslus pasiekti neutralią padėtį anglies dioksido srityje iki 2030 metų.
- Iki 2020 metų kasmet šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijas sumažinti 15 – 17 milijonų tonų.
- 2/3 šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijos sumažinimas bus realizuotas kaip sumažinimas šalies viduje.
- Norvegijos finansinė parama atogrąžų miškų kirtimo stabdymui didinama 400 milijonų eurų kasmet.
- Iškastinio kuro naudojimas namų šildymui bus sumažintas iki nulio, iš dalies teikiant vyriausybę paramą, iš dalies remiantis įstatymais.

- Įvairių rūšių vyriausybės paramos sustiprinimas, siekiant pagerinti energijos efektyvumą, darnių energijos sistemų diegimą ir kt.

Įvairios nevyriausybines organizacijos, verslo ir prekybos organizacijos dalyvavo išreikdamos savo nuomonę, pateikdamos viską nuo pareiškimų apie poziciją iki išsamių tyrimų ir indėlių į politikos tikslus ir strategijas.

2010 metų kovo mėnesį Vyriausybė klimato ir taršos agentūra pateikė plataus pobūdžio klimato politikos ir naujų priemonių, norint pasiekti tikslus, susijusius su šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijos sumažinimu Norvegijoje, įvertinimą. Tai turėtų būti žingsnis pirmyn po anksčiau minėtos Parlamento Klimato sutarties. Įvairios ekspertų grupės vertino įvairius veiksnius, problemas, kurias reikia išspręsti, vienos tonos CO<sub>2</sub> atitikmenų (šiltnamio efektą sukeliančių dujų) emisijų sumažinimo sąnaudas arba sulaikytas ir saugomas medžiagas ir kt. Tai sudarys pagrindą vyriausybės pasiūlymuose, susijusiuose su klimato politika, kurie bus pateikiami Parlamento iki 2011 metų, siekiant priimti naujus sprendimus.

Ir prieš, ir po Klimato politikos sutarties pasirašymo Parlamente, viešosios organizacijos (ministerijos, direktoratai ir kt.), verslo organizacijos, tyrimų institutai, aplinkos ir gamtos pasaugos organizacijos ir kt. taip pat atliko daug tyrimų ir pateikė daug planų, kurie prisideda prie klimato politikos kūrimo ir įgyvendinimo. Prireiktų daug laiko ir vietos, norint juos čia pristatyti.

Užtenka paminėti faktą, kad vien per 2010 metų vasarą beveik visos savivaldybės ir apygardos Norvegijoje sukūrė savo energetikos ir klimato veiksmų planus. Šie planai – tai neatskiriama bendros nacionalinės klimato politikos realizavimo dalis, jie parodo kaip kiekviena vietinė valdžios institucija apsisprendžia veikti per ilgesnį laikotarpį, kad pasiektų klimato politikos tikslus savo regione.

## **2.4. Atsinaujinantys energijos šaltiniai**

Atsinaujinantis energijos šaltinis yra apibrėžiamas kaip energijos šaltinis, kuris yra natūralių žemės ciklų dalis ir todėl yra „atnaujinamas“. Tai per labai trumpą laikotarpį, palyginus su laiku, kurio reikia naftai, angliai ir dujoms susiformuoti, įvykstantis ciklas. Norvegijoje hidroenergija – tai pats svarbiausias atsinaujinantis energijos šaltinis.

Toliau pateikiamas trumpas atsinaujinančių energijos šaltinių, kurie galėtų būti didesnės energijos gamybos Norvegijoje pagrindas, aprašymas. Tam tikrose vietose pateikiami potencialios plėtros galimybių aprašymai, apribojimai, susiję su aplinkos ir aplinkos apsaugos aspektais, taip pat apribojimai, susiję su pelningumo poreikiu, kurie iš esmės užtikrina techninės/ ekonominės plėtros potencialą. Aprašymai yra pateikiami kaip pavyzdžiai, kaip atsinaujinančių energijos šaltinių apžvalga gali padėti pasiekti keliamus tikslus, susijusius su atsinaujinančios energijos gamyba, ir kaip tai gali prisidėti prie bendro energijos tiekimo. Savo ruožtu tai gali sukurti pagrindą atsinaujinančios energijos panaudojimo įvertinimui ir jo indėliui į klimato politikos tikslų siekimą tautos, regiono arba kitos geografinės zonos mastu.

Didžioji dalis šiame skyriuje pateikiamos informacijos yra paimta iš Norvegijos vyriausybės institucijos ENOVA, tai įmonė, kurios pagrindinė atsakomybė yra užtikrinti, kad oficiali atsinaujinančios energijos politika būtų įgyvendinama. Daugiau informacijos galima rasti adresu [www.enova.no](http://www.enova.no), kur informacija pateikiama ir anglų kalba.

### **2.4.1 Hidroenergija**

Krioklių panaudojimo įvairiems darbams technologija yra sena. Daugiau nei prieš 2000 metų senovės graikai vandens ratus naudojo javų malimui. Bet tik Viduramžiais ši technologija išplito Europoje. Hidroelektros energija buvo svarbi pramonės revoliucijos metu, 1800 metų pradžioje, ji suteikė mechaninės galios tekstilės ir mašinų pramonei. 1870 metais hidroenergija pirmą kartą buvo panaudota elektros gamybai. 1900 metų pirmoje pusėje hidroenergija buvo pats svarbiausias elektros šaltinis. Hidroenergija yra laikoma pakankamai ištobulinta technologija ir vis dar sudaro ženklią dalį elektros gamyboje visame pasaulyje (apytiksliai 16 % - IEA, 2006). Norvegijoje hidroenergija dominuoja visoje energijos gamybos rinkoje, ji sudaro iki 99 %. Daugelyje šalių vandens tėkmės reguliavimo pagrindiniai tikslai yra tik sumažinti žalą sukeltą potvynio poveikį ir užtikrinti drėkinimą bei vandens tiekimą.

Teoriniai skaičiavimai leidžia manyti, kad iš viso Norvegijoje hidroenergijos išteklių kiekis leidžia per metus pagaminti apytiksliai 600 TWh. Dėl ekonominių ir aplinkos apsaugos aspektų, neįmanoma išnaudoti viso šio potencialo. Bendras techninis/ ekonominis hidroenergijos potencialas, kurį gali panaudoti 2008 siekė apie 205,7 TWh per metus, darant prielaidą, kad didžiausią investicijų riba vienos kWh gamybai siekia iki 3 NOK. 45,7 TWh iš bendro hidroenergijos potencialo per metus gali būti gaunama saugomose zonose. Todėl ši potencialą galima plėtoti. Šiandien dar yra nepanaudotas 37,3 TWh per metus potencialas, kuris gaunamas zonose, nesaugomose nuo hidroenergijos plėtos.

Techninis/ ekonominis naujos hidroenergijos gamybos potencialas keičiasi, atsirandant vis efektyvesnėms žemėlapių sudarymo priemonėms, remiantis geografinėmis informacijos sistemomis, technine plėtra, investicijų apribojimų kaita ir laikotarpiams, skirtais hidroenergijos panaudojimui. Potencialas išaugo nuo 156 TWh per metus 1980 metais iki 205,7 TWh per metus 2008 metais. Per tą patį laikotarpį, gamybos apimtys (plėtos apimtys) išaugo 95,9 TWh per metus ir pasiekė dabartinius 122,7 TWh per metus. 2004 metais Norvegijos vandens išteklių ir energijos direktoratas (NVE) publikavo išteklių žemėlapi, susietą su mažomis energijos gamyklomis (gamyklos < 10 MW). Darant prielaidą, kad didžiausia investicijų į vieną kWh riba yra 3 NOK, buvo nustatytas 25 TWh per metus potencialas.

### **2.4.2 Bioenergija**

Bioenergija – tai bendras terminas apimantis energijos gamybą, panaudojant biomasę. Pats įprasčiausias bioenergijos panaudojimas – tai šilumos gamyba. Taip pat iš biomasės galima gaminti elektrą, skystą biokurą, biodujas. Bioenergija – tai pats svarbiausias energijos šaltinis mažiausiai pusei visų pasaulio gyventojų.

Biomassė gali būti labai įvairių formų, pasižymėti labai įvairiomis savybėmis. Visa biomasė yra gaminama fotosintezės metu, kurios metu saulės energija yra panaudojama išlaisvinant elektronus iš vandens molekulių. Laisvieji elektronai yra naudojami ląstelių metabolizmo procesuose, kur padeda susidaryti organinėms molekulėms augale, surišant juos su anglimi, esančia ore. Grynoji reakcija gali būti aprašyta toliau pateikiama chemine lygtimi:  $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + (\text{saulės energija}) \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$ . Galutiniai reakcijos produktai yra cukrus, kurį augalai naudoja kaip statybinę medžiagą ir energijos atsargas ir deguonis, kuris yra išskiriamas į atmosferą. Augalų (ir dumblių) vykdoma biomasės gamyba priklauso nuo temperatūros ir augimo veiksnių, pavyzdžiui, saulės šviesos, maistingųjų medžiagų ir vandens, aprūpinimu. Žalieji augalai paprastai nuo vieno iki keturių procentų saulės šviesos paverčia energija, kurios gamyba priklauso nuo biomasės.

Biomasės degimas – tai priešingas fotosintezei procesas:  $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O$  (laisva energija). Biomasės panaudojimas energijos tikslams yra neutralus  $CO_2$  požiūriu, t.y.  $CO_2$  išlaisvintas medžio degimo metu yra lygus  $CO_2$  kiekiui, kurį medis paėmė iš aplinkos ir išskaidė degimo metu. Bioenergijos nauda aplinkai priklauso nuo biomasės derliaus ir neviršija augimo. Komerciniai bioenergijos šaltiniai daugiausia yra iš miškininkystės, žemės ūkio ir atliekų. Biomasės derlius gali būti gaunamas iš vandens kultūrų, pavyzdžiui, biokurą galima gauti iš žuvų atliekų ir dumblių.

Paprastai biomasė paverčiama išvalytu produktu prieš ją naudojant energijos gamybai. Paprasčiausias apdorojimo būdas yra paprasto medžio kirtimas, skaldymas ir džiovinimas. Norint pagaminti labiau išbaigtus produktus, apdirbimo procesas gali būti labai sudėtingas ir modernus. Yra daug būdų nuo biomasės pereiti prie energijos tiekimo. Procesas nėra toks svarbus, svarbu gerai išmanyti bioenergiją, kad galėtum pasirinkti patį naudingiausią sprendimą atitinkamoje situacijoje.

Dažniausias bioenergijos panaudojimas – tai šilumos gamyba. Šilumos gamyba gali būti vykdoma vietiniame atskiro namo arba nedidelės teritorijos (raiono šildymo) aprūpinimo centre. Miestuose, kuriuose yra blokinių pastatų ir pramoninių rajonų gali būti pelninga rajono šildymo tinklą, kuris paskirstytų šilumą didesnėje teritorijoje. Šilumos pagrindas, t.y. metinis energijos ir elektros poreikis nubrėžia gaires, koks kuras ir degimo technologijos tinka.

Kaip pavyzdžiai yra paminėti kai kurie nuolatiniai bioenergijos produktai, kurie turi komercinę paklausą Norvegijoje. Žaliavų šaltinis paprastai yra medienos masės gamybos atliekos, lentpjūvių pjautinė mediena, medžiai ir medžių dalys, kurie gali būti panaudoti gaminiams ir perdirbtų medžių gaminių nuolaužos. Net iš toks ribotas biomasės šaltinis gali būti pagaminta daug komercinių produktų:

- malkos;
- žievė;
- medžių nuolaužos iš miškų;
- medžių nuolaužos iš perdirbto medžio;
- granulės.

Remiantis bioenergijos ištekliais Norvegijoje, Žemės ūkio ministerija sukūrė nacionalinę bioenergijos strategiją. Joje išdėstytas ilgalaikis tikslas, kad iš biomasės iki 2020 metų būtų pagaminama 14 TWh energijos, kuri prisidėtų prie nacionalinės energijos gamybos.

### **2.4.3 Vėjo energija**

Stenfordo universiteto tyrėjai visame pasaulyje apskaičiavo vėjo greitį 80 metrų aukštyje virš žemės. Jie nustatė, kad pasaulinis vėjo galios potencialas yra 72 TW, jis atitinka 144 000 TWh pagaminamos energijos per metus. Nors išnaudojamas tik penktadalis šio potencialo, jis patenkina viso pasaulio sunaudojamos energijos poreikius ir septynis kartus viršija sunaudojamos energijos poreikį. Šie skaičiavimai atlikti ir Europoje. Apskaičiuota, kad ES-25 potencialas yra 600 TWh per metus žemyne ir 3000 TWh per metus atviroje jūroje.

Norvegija turi labai didelius vėjo išteklius. Vidutinis vėjo greitis per metus 50 metrų virš žemės atviroje pajūrio teritorijoje Norvegijoje gali siekti 7-9 m/s. Tose teritorijose, kur yra pagreiti suteikiančių objektų (kalvų), vėjo greitis gali viršyti 9 m/s, bet daugelyje vietų sudėtingas pajūrio reljefas sumažina vėjo greitį ir sukelia sūkurius. Kjeller Vindteknikk paruošė išsamius vėjų žemėlapius NVE vardu, šiuose žemėlapiuose nurodytos vietovės, kurios labiausiai tinka vėjo energijos panaudojimui ir žemyne, ir atviroje jūroje.

Be to, kad buvo atsižvelgiama į vėjo greitį, žemėlapiuose taip pat buvo nurodyta apledėjimo rizika ir įvertintas vietovės reljefo sudėtingumas. Norvegijoje vėjas pasiekia patį didžiausią greitį visai šalia Stad (vakarinio Norvegijos „kampo“), vidutinis vėjo greitis per metus čia viršija 10,5 metrų per sekundę 80 metrų aukštyje, tokiaame aukštyje yra vėjo turbinos. Bet analizės metu buvo nustatyta, kad šioje teritorijoje audrų dažnumas didelis, todėl taikant šiuolaikines technologijas, dažnai gamybą teks stabdyti. Jūrose, esančiose į pietvakarius nuo Stavanger, remiantis analize, galima pagaminti daugiausiai energijos, net esant mažesniai vidutiniam metiniam vėjo greičiui, nes ši teritorija mažiau nukenčia nuo audrų. Tyrimų rezultatai rodo, kad vandenys netoli Rogaland ir Finnmark pasižymi ypatingai gerais vėjo ištekliais, kuriuos galima panaudoti vėjo energijos gamyboje, bet kartu rytiniai Norvegijos miškai taip pat gali būti tinkami vėjo energijos gamybai.

#### **2.4.4 Saulės energija**

Saulė išskiria nepaprastai didelį kiekį energijos. Nedidelis kiekis, kuris kiekvienais metais pasiekia žemės paviršių, yra daugiau nei 10 000 kartų didesnis nei energijos kiekis, kurį per metus sunaudoja visas pasaulis. Už žemės atmosferos ribų saulės spinduliavimo intensyvumas yra beveik pastovus, t.y.  $1367 \text{ W/m}^2 \pm 3 \%$ . Skirtumai atsiranda, nes per metus keičiasi atstumas tarp žemės ir saulės. Spinduliavimas kinta metai iš metų (paprastai skirtumas  $\pm 5$  procentai). Saulės spinduliavimas kinta dėl pokyčių vidiniuose, fiziniuose procesuose. Šis reiškinys toks nesvarbus, kad galime jį ignoruoti saulės energijos panaudojimo kontekste. Vidutiniškai apie 30 procentų saulės spindulių yra atspindima prieš jiems pasiekiant žemę.

Saulės spinduliavimą modifikuoja atmosfera, kuri išsklaido šviesą ir sumažina tam tikrų bangų ilgį. Šis sumažinimas skiriasi, priklausomai nuo to, koks kiekis dujų yra atmosferoje. Todėl spindulių, kuriuos galima panaudoti energijos gamybai, kiekis priklauso nuo:

buvimo vietos žemėje; labai toli šiaurėje ir pietuose saulė keliauja žemiau virš horizonto nei ekvatoriuje, taigi saulės spinduliams reikia pereiti didesnę dalį atmosferos, kad pasiektų žemę. Labiausiai saulėtos vietos per metus gauna apie  $2500 \text{ kWh/m}^2$  ties horizonto paviršiumi.

metų laiko; saulė vasarą pakyla aukščiau virš horizonto nei žiemą, išskyrus tropikus. Todėl saulės spindulių kelias per atmosferos sluoksnį yra trumpesnis, mažiau saulės šviesos prarandama ir galimas spinduliavimas yra didesnis.

vietinių aplinkybių, pavyzdžiui, kaip tam tikroje vietoje formuojasi debesys ir kokie šešėliai krinta nuo aplinkinio kraštovaizdžio ir pastatų, kurie gali sutrukdyti saulės spinduliams pasiekti žemę.

Norvegijoje metinis saulės spinduliavimas horizontaliame paviršiuje yra tarp  $600 - 1000 \text{ kWh/m}^2$ . Yra didžiulių skirtumų tarp įvairių regionų, taip pat tarp vasaros ir žiemos.

#### **2.4.5 Vandenyno energija**

Vandenynas – tai milžiniškas energijos šaltinis, kurį energija aprūpina saulės šviesa, geoterminiai šaltiniai, žemės sukimasis ir gravitacinė jėga, veikiančios kartu su mechaniniais ir hidroterminiais procesais. Per daug metų buvo iškelta daug idėjų, kaip mėginti išgauti dalį energijos potencialo iš vandenyno. Seniausios idėjos yra kelių šimtų metų senumo, o pasauliniu mastu yra daugiau nei 1 000 patentų, išduotų įvairioms konstrukcijoms, kurios leistų pažaboti šią energiją.

Pasak Tarptautinės energijos agentūros, visų pasaulio išteklių iš vandenyno potencialas, susijęs su energija, siekia apie 100 000 TWh per metus. Galima palyginti su bendru globaliniu mastu sunaudojamos energijos kiekiu, kuris siekia per 13 000 TWh per metus. Tačiau tokie veiksniai kaip nepakankamai išstobulinta technologija, dideli technologiniai iššūkiai ir didelės sąnaudos, kad jokia komercinė vandenyno energijos gamykla negali varžytis su įprasta energijos gamyba, negaudama tvirtos paramos. Kiti svarbūs trūkumai yra vertės sekos funkcijos, infrastruktūra, įstatymai ir standartizavimas.

#### **2.4.6 Geoterminė energija**

Geoterminė energija – tai šilumos energija iš žemės gelmių. Tai ženklus energijos šaltinis. Ši energija gaunama iš energijos, saugomos žemės branduolyje ir mantijoje, ji gaunama dėl žemės plutoje nuolat besidalijančių radioaktyvių elementų nuolatinio energijos tiekimo. Temperatūrų skirtumas užtikrina nuolatinę šilumos srovę iš žemės gelmių į jos paviršių.

Pats akivaizdžiausias geoterminės energijos ir papildomo šildymo per šilumos pompas pritaikymas yra šildymo ir šaldymo tikslų įgyvendinimas. Pasauliniu mastu, bendra įdiegtos įrangos išeiga yra 27 825 MW šilumos, o bendra produkcija 2005 metais siekė 261 400 TJ (arba 73 TWh).

Geoterminė energija, papildomas šildymas ir šiluma, gaunama iš atliekų, tai ekologija pagrįsti energijos šaltiniai. Papildomo šildymo ir šilumos, gaunamos iš atliekų, panaudojimas daugelyje šalių yra emisijų nesukelianti alternatyva iškasamo kuro panaudojimui.

Geoterminių projektų gyvavimo trukmė gali būti nustatyta atliekant išankstinius tyrimus ir energijos poreikio bei vartotojų profilio, sprendimų pasirinkimo, gręžinių lokalizavimo ir apimties, centrinės apimties matmenų, įrangos įdiegimo ir paleidimo, eksploatavimo ir priežiūros apžvalgą.

#### **2.5. Atsinaujinančios energijos sistemos Norvegijoje**

Kalbant apie atsinaujinančios energijos sistemą, dažniausiai omenyje turimos valdžios priemonės, kuriomis gerinamas konkurencingumas atitinkamos energijos gamyboje.

Atsinaujinanti energija paprastai pasižymi didelėmis įrangos įdiegimo sąnaudomis ir mažomis eksploatavimo sąnaudomis. Ji visų pirma konkuruoja su gamyba, pagrįsta anglimi, nafta ir dujomis bei branduoline energija. Tarp šių išteklių anglis, nafta ir dujos pasižymi mažiausiomis įdiegimo sąnaudomis, trumpalaikėje rinkoje tai – privalumas.

Priežastys, kodėl atsinaujinanti energija yra remiama, dažniausiai yra:

- Aplinkos ir klimato aspektai;
- Tiekimas ir priklausomybės nuo importo sumažinimas;
- Pramoninė ir komercinė plėtra.

Iš esmės visų tipų energija turi konkuruoti laisvomis sąlygomis Norvegijos energijos rinkoje. Su atsinaujinančiais energijos šaltiniais susijusių projektų kūrėjai vis dar turi galimybę prašyti finansinės paramos, visų pirma per valstybės įmonę ENOVA, kuri administruoja vyriausybės Energijos fondą, bet egzistuoja ir kiti vieši prisidedantys asmenys. Tai visų pirma susiję su dotacijomis investicijoms į įvairią įrangą, pavyzdžiui, susijusią su vėjo energija ir bioenergija.

Parlamento Baltojoje knygoje nr. 11 (2006-2007) „Dėl elektros gamybos iš atsinaujinančių energijos šaltinių (atsinaujinančios energijos) subsidijavimo schemų“, buvo pasiūlyti skirtingi paramos lygiai hidroenergijai, vėjo energijai ir bioenergijai, taip pat kitokia parama nepakankamai išvystytai technologijai. Pasiūlymo tikslas visų pirma buvo paskatinti didesnę gamybą, naudojant pakankamai išvystytą technologiją, bet tam tikra dalimi taip pat buvo atsižvelgta į nepakankamai išvystytas technologijas. Be to, 2009 metų rugsėjo mėnesį nacionalinės valdžios institucijos pranešė, kad jos pristatys elektros sertifikatai nuo 2012 metų bus išduodami Švedijos-Norvegijos rinkai. Ši sistema taip pat leidžia naujos atsinaujinančios energijos gamintojams palapsniui pritaikyti savo tarifus.

Dar daugiau, tai apima ir Planavimo ir statybos akto reikalavimų, susijusių su atsinaujinančios energijos gamyba, plėtrą. Techniniuose reikalavimuose - TEK07, teigiama: „TEK paragrafai 8-22 ir susijusios gairės, nustato reikalavimus, kad pastatai projektuojami taip, kad apie pusė arba bent jau 40 procentų energijos reikalingos karštam vandeniui ir patalpų šildymui (įskaitant šildymo ir vėdinimo orą) gali būti gaminama naudojant bet kokius kitus šaltinius, ne elektrą, ir/ arba iškastinį kurą mažmeninėmis kainomis.“

2009 metų balandžio mėnesį ES priėmė vadinamąją atsinaujinimo direktyvą, kuri trumpai nustato, kad 20 % ES sunaudojamos energijos (elektrai, šildymui, šaldymui, transportui) nuo 2020 metų turi būti gaunama iš atsinaujinančių energijos šaltinių. Direktyvoje išdėstyti saistantys punktai, susiję su atsinaujinančios energijos dalies didinimu kiekvienoje šalyje narėje. Norvegijos valdžios institucijos patvirtino, kad ši atsinaujinimo direktyva yra svarbi ir EØS todėl ji turi būti įgyvendinama ir Norvegijoje. Todėl šalis sukūrė daug paramos schemų, skirtų atsinaujinančių energijos šaltinių technologijoms. Paramos schemų tikslai skiriasi, todėl skiriasi ir jų struktūra.

Pagal kai kurias schemas pirmiausia dėmesys skiriamas naujai energijos gamybai per santykinai trumpą laiką. Parama vėjo energijai, kuri šiandien turėtų būti laikoma pakankamai išvystyta technologija, puikus to pavyzdys. Skiriant paramą pakankamai išvystytai technologijai, pirmieji nauji projektai, pristatomi po sistemos iniciavimo, dažniausiai ekonomiškai yra pelningiausi. Vėlesni projektai dažnai yra mažiau pelningi, nes natūralios sąlygos yra tokios, kad jie reikalauja didesnių investicijų, arba mažesnės (metinės) energijos gamybos, arba sukelia didesnę riziką projekto savininkui. Siekiant išlaikyti pelningumą investuotojui, tai sąlygoja paramos, kuri per ilgesnį laikotarpį būtų sustiprinama.

Kitos paramos tikslas gali būti suformuoti pagrindą naujai technologijai ir pramonės plėtrai, kuri savo ruožtu gali užtikrinti naujos energijos gamybą. Kai technologija nėra pakankamai išvystyta, o gamybos sąnaudos yra gerokai didesnės nei nustatyta teisingos rinkos vertė, reikia ženklios paramos, kuri paskatintų veiklą. Paramos lygiu turi būti siekiama stimuliuoti technologiją ir produkto plėtrą, taip pat pramoninės gamybos apimčių didinimą per ilgesnį laikotarpį. Tokiais atvejais pradžioje naudinga turėti santykinai didelę paramą. Technologijai vystantis ir pradėjus varžytis didesniam konkurentų skaičiui, kainos (vieneto kainos) nukrenta, o paramos poreikis sumažėja.

Kai šalies vyriausybė nustato naujų susitarimų sąlygas arba pakoreguoja jau esamas (finansavimo lygio nustatymas, laiko sąnaudos ir kt.), iššūkis yra tai, kad tenka nustatyti lygmenį, kuris paskatintų veiklą, bet kartu nebūtų per daug brangus arba dosnus. Atsinaujinančios energijos gamyba įvairiais skirtingais būdais gali būti remiama/ jai gali būti sudarytos specialios sąlygos, keletas dažniausiai taikomų būdų:

- Investicijų subsidijavimas (investicijų dotacijos) gamyklai atsinaujinančios energijos gamybai. Norvegijoje tai plačiai taikomas metodas.

- Susitarimai, kurie padeda užtikrinti nustatytą kainą už atsinaujinančią energiją.
- Įsakymas, kad nustatyta dalis sunaudojamos energijos turi būti susigrąžinama kaip atsinaujinanti energija.
- Techninės plėtros priemonės (parama tyrimams ir plėtrai, technologijų konkursai, strateginiai viešieji pirkimai).
- Mokesčiai ir prievolės, kurios didina įprastos energijos kainą. Pavyzdžiui, CO2 mokestis naftos produktams.
- Atleidimo nuo mokesčių schemas.
- Standartų ir ženklinimo įvedimas, pavyzdžiui, energijos produktams (statybos reglamentai, reikalavimai energijos gamybos įrangai). Nauji techniniai Planavimo ir statybos akto (TEK 07) reikalavimai – tai svarbus pavyzdys.
- Įstatymai, susiję su atsinaujinančios energijos panaudojimu, pavyzdžiui, vandens šildymo sistemoms naujuose pastatuose, kaip Ispanijoje. Norvegijoje, naujos statybos teritorijos su rajono šildymo įrengimais privalo supaprastinti rajono šildymo panaudojimą, bet jie neprivalo naudoti gamyklos tiekiamos energijos. Daroma prielaida, kad rajono šildymo tiekėjas turi valdžios institucijų išduotą licenciją. Praktikoje tai susiję su didesnėmis rajono šildymo gamyklomis.
  - Draudimas naudoti įprastas technologijas, pavyzdžiui, draudimas naudoti elektrinius katilus naujuose pastatuose Australijoje, kad tokie pasirinkimai kaip saulės arba bioenergija būtų pasirenkama dažniau.
  - Savanoriškos sutartys tarp vyriausybės ir įmonių, susijusios su technologijų plėtra arba efektyviu energijos naudojimu.
  - Viešos informacinės kampanijos.

Norvegijoje, kaip ir daugelyje kitų Europos šalių laisvose rinkose varžosi energijos technologijos ir šaltiniai. Nacionalinės valdžios institucijos iš esmės neturėtų daryti įtakos priemonėmis, kurios pirmenybę suteikia individualioms technologijoms. Jeigu kai kurie asmenys mano, kad reguliavimo veiksmai pakenkia laisvos konkurencijos principams, ar galite jūs kaip EØS narys kreiptis į EFTA stebėjimo agentūrą. Kai nacionalinė agentūra nori įvesti naują mokėjimą, ESA pirmiausiai turi jį patvirtinti. ESA gali leisti įsikišimą į rinkas, kai priemonės nėra tokios svarbios bendrosioms rinkos sąlygoms. Taip pat priimtinas yra atsinaujinančių energijos išteklių rėmimas, nes susirūpinimas aplinka yra laikomas svarbesniu nei atskiras susirūpinimas laisva konkurencija.

## **2.6. Energijos taupymas ir energijos efektyvumas**

Pastovi energija ir klimato politika yra grindžiama tuo, kad asmenys ir įmonės turi parūpinti energijos tiekimą tam, kad užtikrintų gamybą ir gerovę, o ilgalaikių darnos reikalavimų taip pat būtų laikomasi

Tai reiškia, kad mes užtikriname energijos tiekimą, esant mažiausiam ir kiek įmanoma teisingesniai energijos panaudojimui, norėdami pasiekti ilgalaikius klimato politikos tikslus. Todėl mes turime didžiausią dėmesį skirti ir teisingiausiai ir mažiausiai energijos sunaudojimui – viską užtikrindami vienu metu.

Todėl svarbi visų energijos ir klimato planų dalis ir visuma priemonių, kurios leistų sunaudoti mažiau energijos ir užtikrinti didesnę efektyvumą bei mažesnius tarifus už m<sup>2</sup> šildomo/ vėsinamo pastato, už vieną gaminį, už transportavimo km ir kt.

Dažniausiai taikomos energiją taupančios priemonės pastatuose, kurios dažniausiai pritaikomos pirmiausia. Jos pasiteisina, nes galima pasiekti sąlyginiai gerų rezultatų per trumpą laikotarpį, dažnai šios priemonės labai pelningos, be to, jos įkvepia tolimesniems darbams. Norint įgyvendinti priemonės teisinga tvarka, kad pastatuose būtų užtikrintas efektyvus energijos panaudojimas, turi būti išanalizuota nemažai veiksnių, kurie turi įtakos energijos sunaudojimui. Remiantis tokiomis analizėmis, pastatas po pastato, gali būti kuriami planai priemonių įgyvendinimui ir finansavimui. Priemonių įvairovė labai didelė, nuo energijos sunaudojimo per dieną, savaitę ir sezoną valdymo iki fizinių priemonių, tokių kaip geresnė izoliacija ir langų keitimas, šilumos susigrąžinimas iš ventiliacijos sistemų ir kt.

Pinigai, sutaupyti per ilgesnį laikotarpį, sunaudojant mažiau energijos, gali būti investuojami į naujas iniciatyvas ir taip gaunama lėšų nuolat gerinti rezultatus.

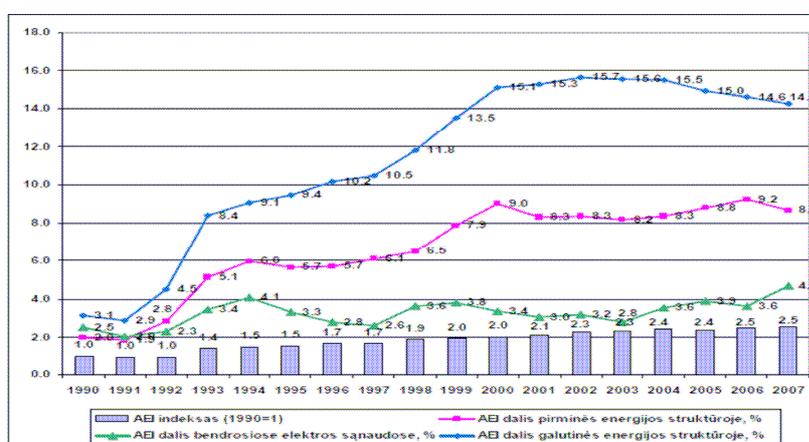
### 3. Atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimas Lietuvoje ir Europos Sąjungos šalyse: situacija ir perspektyvos

Parengė dr. Asta Mikalauskiene

#### 3.1. AEI panaudojimas Lietuvoje: bendra apžvalga

Galimybės plačiau naudoti energetinėms reikmėms vietinius išteklius – Lietuvoje išgaunamą naftą, durpes ir cheminių procesų energiją – yra itin ribotos, todėl atsinaujinančių energijos išteklių platesnis naudojimas yra labai reikšmingas. Jų indėliui į šalies energijos balansą apibūdinti gali būti taikoma keletas rodiklių.

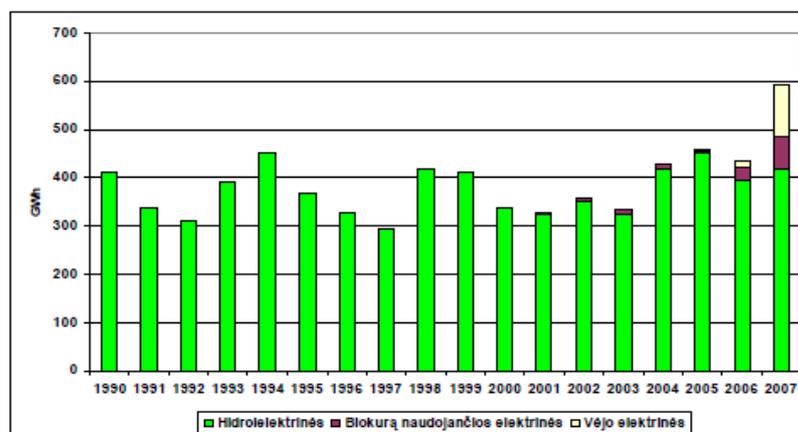
Atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo kitimo tendencijos 1990-2007 m. pateikiamos 3.1 paveiksle. Iš jo matyti, kad bendras energetinėms reikmėms sunaudojamas AEI kiekis visą laiką didėjo ir 2007 m. jų sunaudota 2,5 karto daugiau nei 1990 m.



3.1 pav. Atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo kitimo tendencijos

Šaltinis: Lietuvos AEI naudojimo skatinimo veiksmų planas 2010-2020m. Vilnius, 2008

AEI svarbą geriausiai apibūdina jų dalies galutinės energijos struktūroje dydis. 3.1 lentelėje pateikiamas pirminės energijos balansas 1990-2007 m. pagal Statistikos departamento duomenis.



3.2 pav. Elektros energijos gamyba iš atsinaujinančių energijos šaltinių

Šaltinis: Lietuvos AEI naudojimo skatinimo veiksmų planas 2010-2020m. Vilnius, 2008

3.1 lentelė. Pirminės energijos balansas (mln. tne)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Gaminės dujos	4.68	4.84	2.77	1.50	1.73	2.03	2.17	2.00	1.75	1.83	2.06	2.15	2.17	2.35	2.35	2.48	2.45	2.89
Naftos produktai	6.85	7.50	4.07	3.66	3.36	3.02	3.17	3.22	3.69	2.92	2.17	2.57	2.47	2.35	2.54	2.69	2.69	2.73
Atominė energija	4.44	4.43	3.81	3.20	2.01	3.08	3.63	3.13	3.53	2.57	2.19	2.96	3.69	4.04	3.94	2.69	2.25	2.56
Atsinaujinantys energijos ištekliai (AEI)	0.32	0.31	0.31	0.46	0.48	0.49	0.53	0.54	0.61	0.63	0.65	0.68	0.73	0.75	0.77	0.77	0.79	0.81
Anglys ir kitas kuras	0.88	0.97	0.51	0.42	0.34	0.31	0.31	0.27	0.27	0.26	0.23	0.20	0.28	0.33	0.30	0.36	0.44	0.48
Elektros energijos eksportas	-1.0	-1.1	-0.5	-0.2	0.1	-0.2	-0.4	-0.3	-0.5	-0.2	-0.1	-0.3	-0.6	-0.6	-0.6	-0.3	0.0	-0.1
Visos pirminės energijos sąnaudos	16.14	16.96	11.02	8.99	8.01	8.70	9.38	8.87	9.34	7.97	7.19	8.22	8.78	9.16	9.28	8.74	8.60	9.35
AEI dalis (%)	1.98	1.85	2.83	5.11	5.97	5.67	5.69	6.12	6.50	7.87	9.02	8.30	8.35	8.16	8.35	8.80	9.24	8.68

Šaltinis: Statistikos departamentas prie Lietuvos Respublikos Vyriausybės

3.2 lentelė. Vietinių ir atsinaujinančių energijos išteklių vartojimo kaita (ktne)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Malkos ir medienos atliekos	284.7	284.7	284.9	425.4	439.8	461.3	505.5	517.8	570.8	591.4	619.8	654.4	688.7	711.3	729.5	718.5	732.3	705.1
Hydroenergija	35.6	29.1	26.7	33.8	38.8	32.1	28.0	25.3	35.9	35.5	29.2	28.0	30.4	28.0	36.2	38.8	34.2	36.2
Zemės ūkio atliekos													2.9	3.8	3.9	2.7	1.7	4.4
Geoterminė energija													9.5	3.0	2.9	2.9	1.7	1.5
Biodujos													1.5	1.8	1.6	1.8	2.0	2.5
Vėjo energija															0.10	0.15	1.18	9.13
Biodegalai															0.8	3.6	21.4	53.2
Visi atsinaujinantys energijos ištekliai	320.3	313.8	311.6	459.2	478.6	493.4	533.5	543.1	606.7	626.9	649.0	682.4	733.0	747.9	775.0	768.4	794.4	812.0
Kiti vietiniai energijos ištekliai	113.8	131.1	174.7	134.8	145.8	207.3	256.6	321.9	409.7	373.1	464.0	599.3	615.3	581.9	477.4	402.6	372.5	387.2
Visi vietiniai energijos ištekliai	434	445	486	594	624	701	790	865	1016	1000	1113	1282	1348	1330	1252	1171	1167	1199
AEI dalis (%)	73.8	70.5	64.1	77.3	76.6	70.4	67.5	62.8	59.7	62.7	58.3	53.2	54.4	56.2	61.9	65.6	68.1	67.7

Šaltinis: Statistikos departamentas prie Lietuvos Respublikos Vyriausybės

3.3 lentelė. Atsinaujinančių energijos išteklių vartojimas ūkio šakose ( tūkst. tne)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Pramonė	10.8	7.8	8.1	13.3	20.6	18.1	21.2	23.7	31.1	27.6	29.1	43.3	76.2	94.0	97.5	96.8	86.0	85.3
Statyba	1.2	1.0	1.4	2.0	2.7	2.5	2.4	2.2	2.6	2.3	2.4	2.8	4.7	5.6	5.7	4.4	5.5	5.2
Žemės ūkis	4.5	3.9	3.9	5.1	6.8	5.0	6.0	7.0	8.6	9.4	6.5	9.1	10.0	12.7	7.9	6.5	6.5	9.0
Transportas														0.0	0.8	3.6	21.4	53.2
Prekyba ir paslaugos	40.6	33.5	29.0	22.3	35.2	26.4	33.4	29.2	33.3	43.2	40.7	39.7	39.7	34.4	31.3	31.0	30.7	29.1
Namų ūkis	215.0	215.0	221.0	361.1	363.0	396.0	427.0	436.0	471.0	494.0	501.0	490.4	461.6	447.5	437.8	432.6	431.5	400.9
Iš viso tiesiogiai suvartota AEI	272.1	261.2	263.4	403.8	428.3	448.0	490.0	498.1	546.6	576.5	579.7	585.3	592.2	594.2	581.0	574.9	581.6	582.7
AEI, sunaudoti elektrai ir šilumai gaminti	12.6	23.5	21.5	21.6	11.5	13.3	15.5	19.7	24.2	14.9	40.1	69.1	110.4	125.7	157.7	154.6	177.5	184.0
Iš AEI pagaminta energija	9.5	17.6	16.1	16.2	8.6	10.0	11.6	14.8	18.2	11.2	30.1	51.8	82.8	94.3	118.3	116.0	133.1	138.0
Vėjo ir hidroelektrinių pagaminta energija	35.6	29.1	26.7	33.8	38.8	32.1	28.0	25.3	35.9	35.5	29.2	28.0	30.4	28.0	36.3	38.9	35.3	45.3
Visi AEI galutiniam vartojimui	317.1	307.9	306.3	453.8	475.8	490.1	529.7	538.2	600.6	623.2	638.9	665.1	705.4	716.4	735.5	729.8	750.1	766.0

Šaltinis: Statistikos departamentas prie Lietuvos Respublikos Vyriausybės

3.4 lentelė. Elektros energijos gamyba iš atsinaujinančių energijos išteklių (GWh)

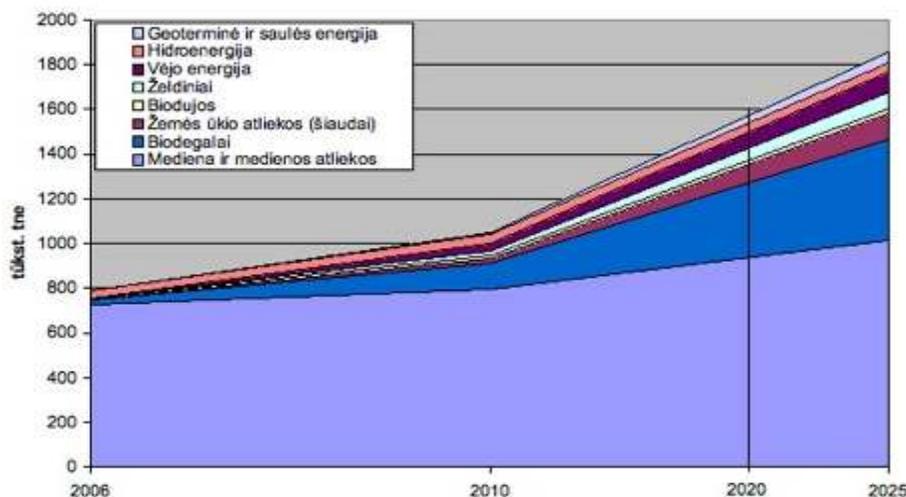
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Hidroelektrinės	413.5	338	310.9	392.5	451.5	373	326	294	417	413	339	325.5	353.2	325.1	420.5	450.7	397.1	420.6
Vėjo elektrinės															1.2	1.8	13.7	106.1
Biokurą naudojančios kogeneracinės elektrinės											0.8	1.2	4.6	7.5	7.4	5.5	25.6	65.0
Elektrinių savosios reikmės	413.5	338.0	310.9	392.5	451.5	373.0	326.0	294.0	417.0	413.0	339.8	326.7	357.8	332.6	429.1	458.0	436.4	591.7
Visos bendrosios elektros sąnaudos	16430	16613	13404	11390	11120	11220	11630	11336	11549	10853	10089	10773	11234	11958	12079	11818	12054	12636
Elektros iš AEI dalis bendrosiose sąnaudose	2.52	2.03	2.32	3.45	4.06	3.32	2.80	2.59	3.61	3.81	3.37	3.03	3.18	2.78	3.55	3.88	3.62	4.68

Šaltinis: Statistikos departamentas prie Lietuvos Respublikos Vyriausybės

### 3.2. Sąlygos atsinaujinančiai energetikai Lietuvoje

Nors per pastaruosius metus buvo įgyvendinta tikrai nemažai projektų, kurių pagalba buvo didinamas AEI panaudojimas, tačiau padidinti iš AEI pagamintos energijos santykio su galutiniu suvartotos energijos kiekiu Lietuvai nepavyko.

Naudojantis UAB „COWI Baltic“ atliktos studijos duomenimis galima pateikti AEI panaudojimo Lietuvoje planą iki 2025m. (3.3 paveikslas).



3.3 pav. AEI panaudojimo Lietuvoje planas iki 2025 m.

Šaltinis: UAB „COWI Baltic“

Lietuvos Respublikos teisės aktai reglamentuojantys elektros energijos, kuriai gaminti naudojami AEI, gamybos ir pirkimo skatinimą

- Nacionalinė energetikos strategija (2007)
- Lietuvos Respublikos energetikos įstatymas (2002; 2003; 2005; 2007)
- Nacionalinė energijos vartojimo efektyvumo didinimo 2006–2010 metais programa (2006)
- Lietuvos Respublikos elektros energetikos įstatymas (2000; 2001; 2004)
- Elektros energijos, kuriai gaminti naudojami AEI, gamybos ir pirkimo skatinimo tvarkos aprašas (2001-2007)
- Lietuvos Respublikos ūkio ministro 2006 m. gruodžio 27d. Įsakymas Nr. 4-495 dėl viešuosius interesus atitinkančių paslaugų elektros energijos sektoriuje sąrašo nustatymo (2007)
- Lietuvos Respublikos ūkio ministro 2004 m. kovo 31d. įsakymas Nr. 4-95 dėl elektrinės kuro balanso formos patvirtinimo (2004)
- Elektros energijos, pagamintos naudojant AEI, kilmės garantijų teikimo taisyklės (2006)
- Įpareigojimų teikti viešuosius interesus atitinkančias paslaugas davimo taisyklės (2001; 2008)

- Valstybinės kainų ir energetikos kontrolės komisijos nutarimas dėl viešuosius interesus atitinkančių paslaugų elektros energetikos sektoriuje kainų ir nutarimo pakeitimai (2008)
- Nacionalinė darnaus vystymosi strategija (atnaujinta 2009 m.)
- Biokuro gamybos ir naudojimo skatinimo 2004-2010 m. programa
- Lietuvos Respublikos biokuro įstatymas (2004)
- Šilumos ūkio įstatymas (2003)
- Šilumos ūkio plėtros kryptys (2008)
- Šilumos supirkimo iš nepriklausomų gamintojų į šilumos tiekimo sistemas tvarka (2003)

#### **Dalyvaujančios institucijos**

- Vyriausybė.
- Ūkio ministerija.
- Energetikos agentūra.
- Valstybinė kainų ir energetikos kontrolės komisija.
- Energetikos inspekcija.
- Aplinkos ministerija.
- Savivaldybės.

#### **Atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimo skatinimas**

- Kuro kainų tendencijos, ES prekybos ATL schema.
- Elektros iš AEI supirkimas.
- Esami paramos fondai.
- Mokestinė (fiskalinė) politika.
- Žaliųjų investicijų schema.

#### **Siūlomos AEI paramos priemonės**

- Mokesčių lengvatos: fizinių asmenų pajamų mokesčio lengvata ir PVM sumažinimas (lydinti priemonė – visuomenės sąmoningumo kėlimas);
- Lengvatinės paskolos (lydinti priemonė – visuomenės informavimas);
- Parama tyrimams, plėtrai ir demonstraciniai veiklai (lydinti priemonė – kvalifikacija, išsilavinimas ir mokymai);
- Standartizacija (lydinti priemonė – visuomenės informavimas bei sąmoningumo kėlimas).

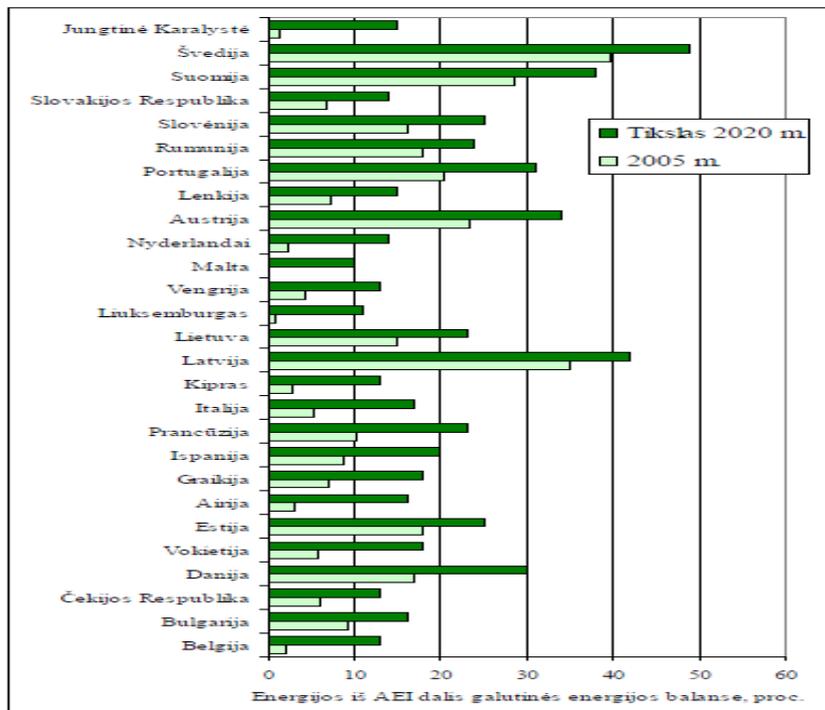
### **3.3. AEI panaudojimas ES šalyse**

Visos Europos Sąjungos šalys narės kelia elektros iš AEI skatinimo tikslą, tačiau skiriasi tiek atskirų šalių bendro progreso greitis, tiek kiekvienoje šalyje naudojamų AEI pasiskirstymas pagal rūšį. Bendrai visoje Europos Sąjungoje didžiausia dalis AEI elektros yra pagaminama naudojant hidroenergią.

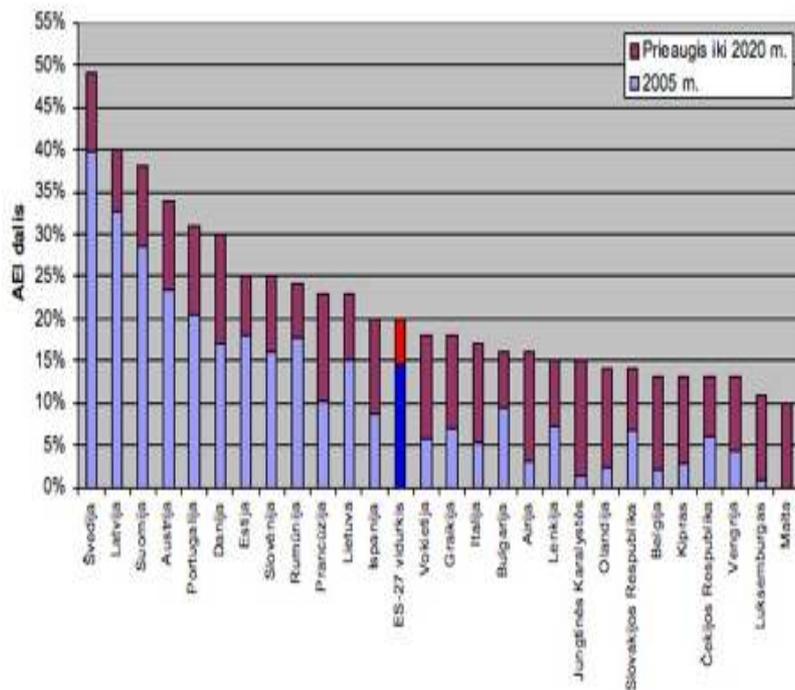
Europos Sąjungoje iki šiol nėra nustatyta vieningų AEI-E rėmimo mechanizmų, todėl Europos Sąjungos šalyse veikia įvairios paramos schemos, kurias įvairiais deriniais sudaro šie pagrindiniai mechanizmai:

- skatinamieji supirkimo tarifai,

- žalieji sertifikatai,
- konkurso sistemos ir
- fiskalinės priemonės (mokesčių lengvatos, investicijų finansavimas).



3.4 pav. Skirtumas tarp energijos iš AEI 2005 metais ir iškelto 2020 metams tikslo ES  
Šaltinis: Lietuvos AEI naudojimo skatinimo veiksmų planas 2010-2020m. Vilnius, 2008



3.5 pav. Šalių įsipareigojimai dėl AEI naudojimo  
Šaltinis: Iš ES klimato ir energetikos srities teisės aktų paketo, 2008

## AEI panaudojimo įvertinimas ir prognozės.

3.5 lentelė. Atsinaujinančių energijos išteklių prognozė (tūkst. tne)

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Tiesiogiai vartojamas kuras	530	539	549	559	569	579	589	600	611	622	633	644	656	668
Hidroelektrinių gamyba	36	34	38	38	39	39	40	41	41	42	42	43	44	44
Vėjo jėgainių gamyba	9	11	26	33	42	54	69	86	108	128	148	165	182	200
Elektros gamyba iš kitų AEI	6	6	6	8	9	13	16	19	22	26	30	35	41	48
Elektros energija iš AEI, dalis nuo bendrųjų sąnaudų, (%)	4.7	4.6	6.4	7.3	8.3	9.5	10.8	12.3	14.0	15.7	17.2	18.5	19.7	21.0
Biodegalai	53	74	97	121	139	160	182	206	231	257	285	317	352	390
Biodegalų dalis, (%)	2.9	3.9	4.9	5.9	6.7	7.5	8.3	9.2	10.0	10.9	11.8	12.8	14.0	15.2
AEI elektrai ir šilumai gaminti	184	203	226	252	281	313	346	379	412	447	487	535	590	647
Iš AEI pagaminta energija	153	169	189	210	233	259	286	312	338	366	398	435	479	523
Visa iš AEI pagaminta energija, skirta galutiniam vartojimui	781	828	899	961	1023	1092	1165	1245	1329	1416	1506	1605	1713	1825
Visi AEI (pirminė energija)	812	862	936	1003	1070	1146	1226	1312	1403	1497	1595	1704	1823	1949
Iš jų: malkos ir pramonės atliekos	679	696	709	725	738	749	763	776	790	799	807	816	828	847
Miško kirtimo atliekos	21	25	35	43	48	54	63	74	86	100	116	136	158	169
Žemės ūkio atliekos	4	7	13	16	22	31	37	45	50	58	66	74	82	90
Želdiniai	2	6	9	15	17	20	23	26	30	35	40	46	52	59
Komunalinės atliekos					9	21	28	33	39	46	54	63	74	90
Biodujos	3	3	4	6	8	10	11	14	16	20	23	28	33	40
Geoterminė energija	5	5	6	6	7	8	9	10	11	13	14	16	18	20
Vėjo ir hidroenergija	45	46	64	71	81	93	109	127	149	170	190	209	226	244
Biodegalai	53	74	97	121	139	160	182	206	231	257	285	317	352	390

Šaltinis: Lietuvos AEI naudojimo skatinimo programa 2010-2020m.

3.6 lentelė. Elektros energijos gamyba iš atsinaujinančių energijos išteklių

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Racionalus vėjo elektrinių plėtros scenarijus													
Elektros gamyba, GWh													
Hidroelektrinės	400	441	447	453	459	465	472	479	486	494	501	508	509
Vėjo elektrinės	131	300	380	426	477	535	600	672	734	782	833	876	920
Biomasę deginančios elektrinės	65	75	88	107	147	182	216	254	298	349	409	479	560
Žalioji elektra iš viso	596	816	915	986	1084	1182	1288	1405	1519	1625	1743	1863	1989
Elektrinių galia, MW													
Kauno HE	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Mažosios HE	29	31	33	35	37	39	41	43	45	47	49	51	53
Vėjo elektrinės	66	149	186	206	229	253	280	310	335	353	371	385	400
Biomasę deginančios elektrinės	20	21	24	29	39	47	54	63	72	83	95	109	124
Intensyvaus vėjo elektrinių plėtros scenarijus													
Elektros gamyba, GWh													
Vėjo elektrinės	131	300	380	490	627	797	1004	1250	1494	1718	1924	2116	2328
Žalioji elektra iš viso	592	596	816	915	1050	1234	1444	1692	1983	2278	2561	2834	3103
Elektrinių galia, MW													
Vėjo elektrinės	66	148	185	235	296	370	459	563	662	750	827	896	970

Šaltinis: Lietuvos AEI naudojimo skatinimo programa 2010-2020m.

## 4. Vėjo energijos panaudojimo technologijos. Lietuvos situacija ir perspektyvos

*Parengė doc. dr. Stasys Paulauskas*

### 4.1. Vėjo energijos panaudojimo technologijos

Vėjo energijos panaudojimas žmonių reikmėms turi labai senas tradicijas. Nuo neatmenamų laikų juo rėmėsi laivyba. Viduramžiais buvo išrastas vėjo malūnas, kuris buvo naudojamas grūdams malti, lentoms pjauti, vandeniui pakelti ir kt. Nuo pat senovės išryškėjo ir pagrindinė vėjo energijos panaudojimą ribojanti ypatybė – galios priklausomybė nuo vėjo parametrų – krypties, stiprumo, gūsių ir kt. Išradus garo mašiną, o vėliau ir vidaus degimo variklį buvo sukurtas būdas, įgalinantis žymiai sumažinti generuojamos galios svyravimus ir nuolat pasigaminti energijos nelaukiant reikiamo vėjo stiprumo. Išmokus valdyti branduolinę reakciją, buvo manoma, kad žmonija visiems laikams apsirūpino pigia nuolatine energija. Žmogus tapo mažiau priklausomas nuo stichijos ir tuo laisvesnis. Todėl gamyboje ir transporte vėjo jėgaines pakeitė kieto, skysto ar dujų kuro deginimo sąskaita veikiančios jėgainės.

Tačiau vėjo energetikos šalininkų buvo visada. Pirmasis pritaikė vėjo malūną elektrai gaminti amerikiečių išradėjas Charles F. Brush<sup>1</sup>. 1887-1888 metais jis pastatė Klivlende 12 kW galios automatiškai veikiančią elektros jėgainę, kurios 17 metrų diametro rotorius sudarė 144 mentės. Elektrinė veikė 20 metų ir krovė akumuliatoriaus baterijas išradėjo name.

Pažymėtinas Danijos indėlis į vėjo energetikos plėtrą. Vieno iš išradėjų Poul la Cour darbai 1897 metais davė pradžią pramoninei vėjo energetikai. Jis įrengė dvi bandomąsias vėjo turbinas, tapusias šiuolaikinių vėjo elektrinių prototipais. Tačiau svarbiausias šios šalies ypatumas yra tame, kad nuo 1970 metų daugelyje šalių pradėjus sparčiai vystyti branduolinę energetiką, Danija nesusižavėjo šiuo iš pirmo žvilgsnio perspektyviu išradimu. Ji vienintelė pasaulyje toliau plėtojo ekologišką ir saugią vėjo energetiką. Suvokdami galimus atominių elektrinių keliamus pavojus Danijos parlamento nariai pasuko krašto energetiką alternatyvių šaltinių įsisavinimo kryptimi. Valstybė ėmėsi remti vėjo elektrinių statybą, teikdama finansinę paramą verslininkams. Tai paskatino vėjo energetikos plėtrą šalyje.

Todėl po Černobylio katastrofos 1986 metais, kada pasaulio bendruomenė susirūpino energetikos saugumu ir suabejojo, ar branduolinė energetika sugebės išspręsti visiško saugumo bei panaudoto kuro pigaus utilizavimo problemų, danai jau plačiai naudojo savo išstobulintas vėjo jėgaines. Gilėjančias pasaulio tradicinės energetikos ir gamtosaugos krizes, pasireiškiančias naftos ir dujų kainos didėjimu bei antropogenine klimato kaita, Danija pasitiko pilnai pasirengusi ir suformavusi viso vėjo energetikos ciklo veiklas: strateginį programavimą, mokslinius tyrimus, specialistų rengimą, vėjo jėgainių ir jų detalių gamybą, vėjo jėgainių parkų įrengimą, techninę priežiūrą, logistiką ir utilizavimą.

Dabar daugiau kaip 30 šalių sudaro Danijoje gaminamų vėjo turbinų rinką, iš kurių didžiausios yra Vokietija, Indija, Kinija, Ispanija, Nyderlandai, Didžioji Britanija ir Švedija. Danijoje veikia 5,5 tūkstančiai vėjo turbinų, iš kurių apie 78% priklauso vėjo energetikos kooperatyvams arba individualiems fermeriams. Šiuo metu 20% elektros energijos Danijoje pagamina vėjo elektrinės ir tolimesnė šalies energetikos raida siejama su stambių vėjo

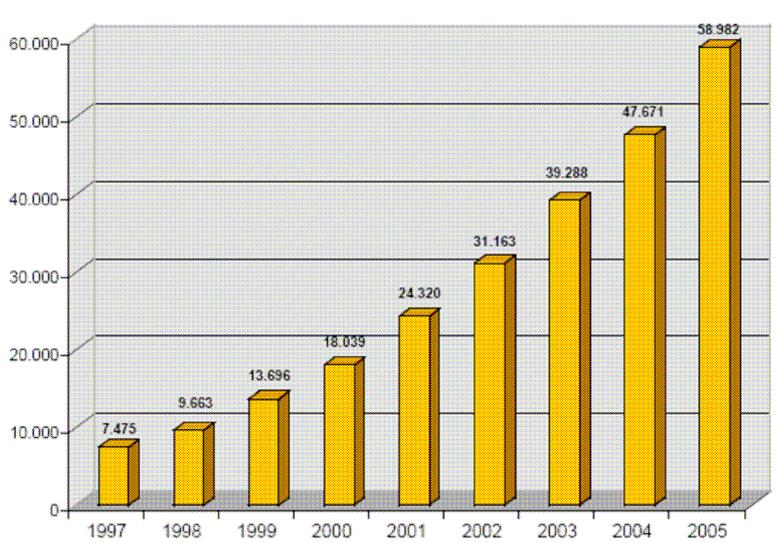
---

<sup>1</sup> A Wind Energy Pioneer: Charles F. Brush. Danish Wind Industry Association.  
<http://www.windpower.org/en/pictures/brush.htm>

jėginių parkų įrengimu jūroje. Numatoma, kad 2008 metais iš vėjo pagamintos ir vartojamos elektros energijos dalis sudarys 25%, o 2015 metais - 35%, o 2025 pasieks 50% visos Danijoje suvartojamos elektros energijos<sup>2</sup>.

Danijos vėjo energetikos klasteryje užimta virš 21000 aukštos kvalifikacijos darbuotojų. Kartu su užsienyje dirbančiais jų yra virš 24000. Tūkstančiai Danijos šeimų tapo vėjo turbinų arba vėjo energetikos kooperatyvų akcijų savininkais. Danijoje ir Švedijoje darosi vis naudingiau atliekamas lėšas investuoti į vėjo energetiką. Danijos vėjo energetikos sektorius gali tarnauti puikiu Lisabonos strategijos įgyvendinimo pavyzdžiu kitoms šalims. Čia vis plačiau panaudojami moksliniai tyrimai, kuriamos ir sparčiai tobulinamos elektros gamybos iš vėjo technologijos, pritraukiamos investicijos. Tai lėmė vėjo energetikos išvystymą Europoje ir proveržį pasaulio mastu. Danų pavyzdžiu pasekė Vokietijos, Ispanijos, JAV, o pastaruoju metu – Indijos ir Kinijos energetikai.

Pastaraisiais metais vėjo energetika yra sparčiausiai plėtojama energetikos rūšis pasaulyje. Vėjo energetikos raidai pasaulyje būdingas spartėjantis eksponentinis augimo pobūdis (4.1 pav.). Staigiai kylanti vėjo energetikos plėtros kreivė sutampa su globaliniais aplinkosaugos gerinimo prioritetais ir nematyti kliūčių, kurios šį augimą galėtų sulėtėti artimiausių dešimtmetį. 2005 metų pabaigoje pasaulyje buvo įdiegta 58,982GW galios vėjo elektrinių. Suminis įdiegtas vėjo elektrinių galingumas per 2005 metus padidėjo 24%, kai per 2004 metus išaugo 21%. Šiuo metu pasaulyje vėjo pagalba pagaminama apie 1% visos elektros energijos. Kai kuriose šalyse ir regionuose ji siekia 20%. Ekstrapoliuojant šį augimą galima tikėtis, kad 2010 metais vėjo elektrinių bendra galia padidės iki 120 GW.



4.1 pav. Vėjo energetikos raida pasaulyje. Įdiegtas galingumas MW.

Šaltinis: Pasaulio vėjo energetikų asociacija.

Vėjo energetikos sektoriuje pasaulyje užimta virš 235 tūkstančių daugiausiai aukštos kvalifikacijos specialistų, kurie darbuojasi visuose šios ūkio šakos srityse. Vėjo energetika gali būti traktuojama kaip variklis, kurio pagalba išlaidos kuro importui yra keičiamos

<sup>2</sup> Danish Wind Turbine Manufacturers Association. <http://www.windpower.dk>

investicijomis į žmogiškuosius išteklius. Tai kuria pajamų perspektyvas šimtams tūkstančių išsilavinusių žmonių, smulkaus ir vidutinio verslo įmonėms.

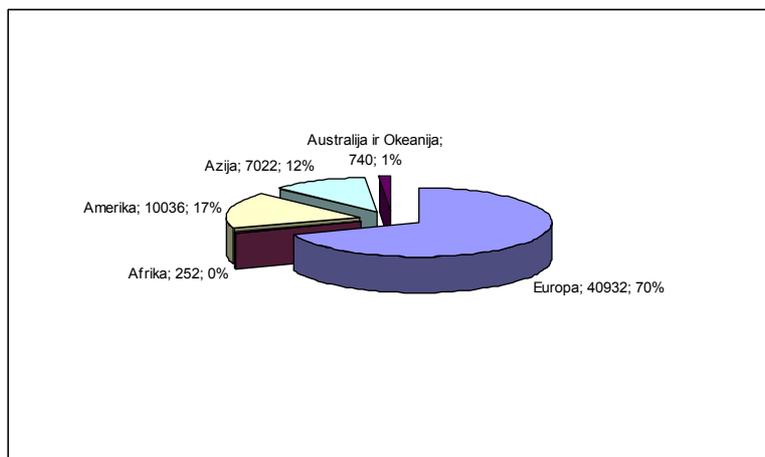
Dabartiniu metu pagal įdiegtą vėjo elektrinių galią pasaulyje pirmauja Europa, vienijanti 70% pasaulio vėjo elektrinių (4.2 pav.). Tačiau augimo tempais Europą lenkia Jungtinės Amerikos valstijos, Azija bei Australija ir Okeanija (4.1 lentelė).

4.1 lentelė. Įdiegtos vėjo elektrinių galios pasiskirstymas ir dinamika pasaulyje

	Įdiegta galia 2005 (MW)	2005 %	Įdiegta galia 2004 (MW)	2004 %
Europa	40932	69,4	34758	72,9
Afrika	252	0,4	240	0,5
Amerika	10036	17,0	7367	15,5
Azija	7022	11,9	4759	10,0
Australija ir Okeanija	740	1,3	547	1,1
Pasaulis	58982	100	47671	100

Šaltinis: Pasaulio vėjo energetikų asociacija.

Europos Sąjungos energetikos žaliajoje knygoje<sup>3</sup> sakoma, kad „Nuo 1990 m. ES sėkmingai vykdė ambicingą planą tapti atsinaujinančios energijos lydere pasaulyje. Vienas iš rezultatų – ES įrengtų vėjo elektrinių galia atitinka 50 anglų deginančių elektrinių galią, o išlaidos per paskutinius 15 metų sumažėjo per pusę. ES atsinaujinančios energijos rinkos metinė apyvarta siekia 15 milijardų EUR (pusė pasaulio rinkos apyvartos), šiame sektoriuje dirba 300 000 žmonių ir jis yra vienas iš pagrindinių eksportuotojų“.



4.2 pav. Vėjo elektrinių galios pasiskirstymas pasaulyje (šalis, MW, %).

Šaltinis: Pasaulio vėjo energetikų asociacija<sup>4</sup>.

2005 metų gale ES buvo įdiegta 40,504 GW galios vėjo elektrinių. Palyginti su 2004 metais bendra šių elektrinių galia padidėjo 6,183 GW arba daugiau nei 15%. Aktyviausios diegiant vėjo energetiką yra ES-15 šalys. Naujosios šalims narėms tenka gana kuklus vaidmuo šioje energetikos srityje.

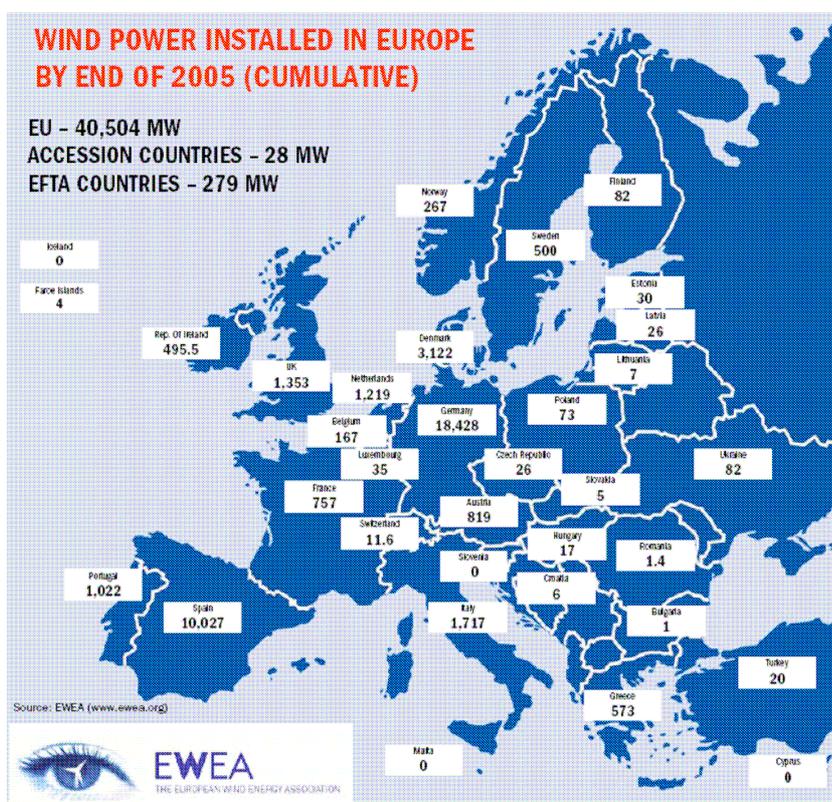
<sup>3</sup> ŽALIOJI KNYGA. Europos Sąjungos tausios, konkurencingos ir saugios energetikos strategija. Briuselis, KOM(2006) 105 galutinis. 8.3.2006

<sup>4</sup> Worldwide wind energy boom in 2005: 58.982 MW capacity installed. World Wind Energy Association. <http://www.wwindea.org/default.htm>

Europos Sąjungos šalių tarpe pagal įdiegtą vėjo elektrinių suminę galią pirmąja Vokietija, Ispanija, Danija ir Italija (4.3 pav., 4.2 lentelė).

Pirmaujančioms vėjo energetikos srityje šalims būdingas **visuminis** veiklų plėtojimas, aprėpiant visą vėjo energetikos veiklų ciklą – strateginis programavimas, moksliniai tyrimai ir specialistų rengimas, vėjo elektrinių ir jų elementų gamyba, investicinis projektavimas ir finansavimas, vėjo jėgainių parkų projektavimas ir įrengimas, techninė priežiūra, logistika ir utilizavimas. Tuo būdu Danija, Vokietija, Ispanija, Italija ir Olandija sukūrė savo šalyse vėjo energetikos sektorius, suformavo žmogiškuosius išteklius. Jų produkcijos ir paslaugų realizacijos rinkomis tapo likusios Europos, tame skaičiuje Rytų Europos šalys ir kitos pasaulio valstybės, kurioms kol kas tenka įvežtos įrangos ir įsigijimo ir pagamintos energijos supirkimo vaidmuo.

Natūralu, kad pirmaujančios valstybės nesirūpina kompleksiniu vėjo energetikos plėtojimu kitose šalyse, nes kitaip jos prarastų savo rinkas. Dėl senos ūkio valdymo struktūros bei riboto naujadaros klimato Rytų ir Centrinės Europos šalys dar nesusigaudė susiklosčiusioje situacijoje ir deramai nesuvokė vieno esminių ES regioninės plėtros principo, reikalaujančio išlyginti ekonominius ir socialinius skirtumus tarp šalių narių. Todėl kol kas jos nepanaudoja vėjo energetikos galimybių nuosavų ūkio šakų kūrimui, žmogiškųjų išteklių suformavimui ir kt. Tačiau didėjant vėjo energetikos mastui, jau dabartiniu metu keletas šalių vėjo jėgainių gamintojai nebepajėgia patenkinti šių įrengimų paklausos. Norint įrengti vėjo elektrinę, reikia jos įrangą užsakyti ir laukti kol pagamins iki 3 metų. Tai kuria galimybes steigti vėjo elektrinių gamyklas ir kitose pasaulio šalyse.



4.3 pav. Vėjo elektrinių galios pasiskirstymas Europoje (šalis, MW).

Šaltinis: Europos vėjo energetikos asociacija.

4.2 lentelė. ES šalyse įrengtų vėjo elektrinių galia.

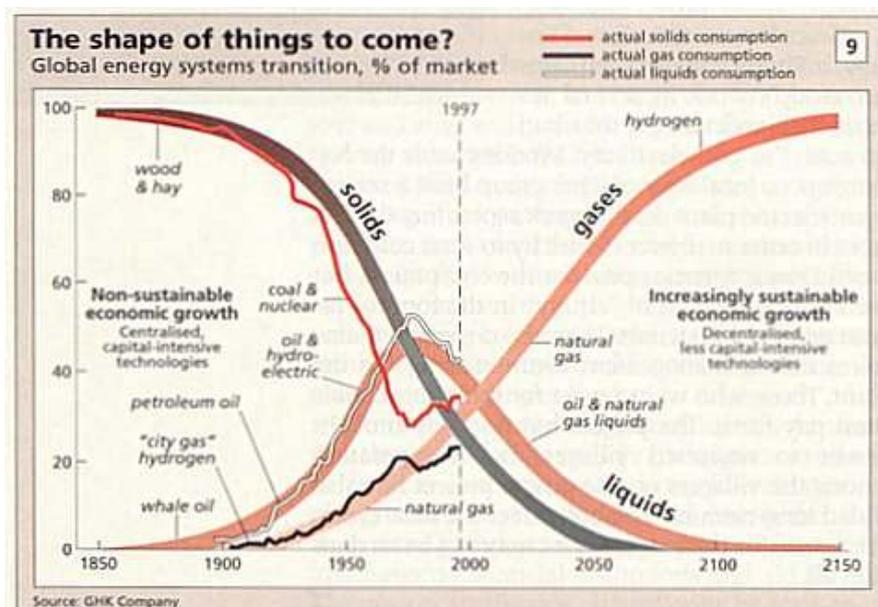
	Iš viso 2004 metų gale	Įrengta per 2005 metus	Iš viso 2005 metų gale
Austrija	606	218	819
Belgija	96	71	167
Kipras	0	0	0
Čekijos Respublika	17	9	26
Danija	3.118	22	3.122
Estija	3	27	30
Suomija	82	4	82
Prancūzija	390	367	757
Vokietija	16.629	1.808	18.428
Graikija	473	100	573
Vengrija	3	14	17
Airija	338.5	157	495.5
Italija	1.265	452	1.717
Latvija	27	0	27
Lietuva	7	0	7
Liuksemburgas	35	0	35
Malta	0	0	0
Nyderlandai, Olandija	1.079	154	1.219
Lenkija	63	10	73
Portugalija	522	500	1.022
Slovakija	5	0	5
Slovėnija	0	0	0
Ispanija	8.263	1.764	10.027
Švedija	442	58	500
Didžioji Britanija	907	446	1.353
Europos Sąjunga-15	34.246	6.122	40.317
Europos Sąjunga-10	125	61	186
Europos Sąjunga-25	34.371	6.183	40.504

Šaltinis: Europos vėjo energetikos asociacija

Vėjo energetikos raidą ir perspektyvas sąlygoja eilė svarbių objektyvių ir subjektyvių veiksnių:

- Energetikos decentralizavimas, įgalinantis užtikrinti vartotojų nepriklausomybę nuo centralizuotos energetikos monopolijų diktato ir piktnaudžiavimo.
- Tradicinės energetikos naudojamų kieto, skysto, dujinio kuro išteklių pasiekiamumo mažėjimas dėl augančių jų kainos ir politinės konjunktūros.
- Vėjo energetikos prieinamumo didėjimas, kuriant vis efektyvesnius vėjo elektrinių sprendimus, įgalinančius mažinti jų pagalba gaminamos energijos savikainą.
- Klimato kaitos masto raiška ir jos pasekmių suvokimas bei pažangi Jungtinių Tautų ir ES politika atsinaujinančių energijos šaltinių plėtros srityje.

- Darnaus vystymosi metodologijos ir investicijų valdymo kultūros didėjimas, įgalinantis pasirinkti mažiau rizikingas atsinaujinančios energetikos rūšis.
- Mokslinių tyrimų ir plėtros organišką įtraukimą į visas vėjo energetikos sektoriaus veiklos sritis.



4.4 pav. Pasaulio energetikos kokybinė raida pagal pirminio energijos nešėjo tipą.

Šaltinis: The Economist. 2000.

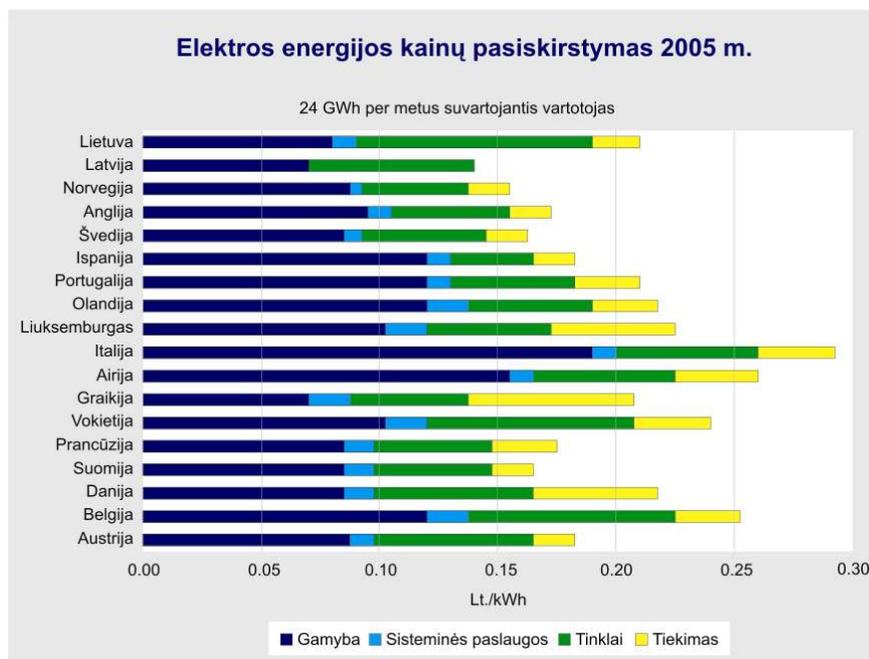
Virtualiojo modeliavimo metodologijos<sup>5</sup> pagrindu sudarytas trichotominis globalinis energetikos raidos modelis atspindi ilgalaikes kokybines raidos tendencijas, kurių eigoje kietą kurą keičia skystas, o vėliau dujinis kuras (4.4 pav.).

Energetikos ūkis vystosi iš nedarnaus, **centralizuoto**, naudojančio kapitalo požiūriu intensyviais technologijas, pereidamas prie spartėjančiai darnaus ekonomikos augimo, panaudojant **decentralizuotas** žemo kapitalo intensyvumo reikalaujančias technologijas. Dujų (oro) pagrindu veikianti vėjo energetika šiame modelyje gali būti priskirta prie pačios perspektyviausios dujų energetikos kokybės, pralenkdama vandenilio kuru grįstą energetiką.

Natūrali energetikos decentralizavimo tendencija vaidina ypatingą vaidmenį, siekiant suvokti vėjo energetikos galimybes. Pirmoji energetikos kokybinė pakopa buvo susieta su decentralizuota energijos gamyba ir vartojimu gamybos vietoje. Tik sukūrus galingus elektros generatorius atsirado poreikis perduoti pagamintą energiją vartotojams. Tada buvo sukurti elektros perdavimo tinklai, kurie tapo neatsiejama elektros gamybos, perdavimo ir vartojimo sistemos dalimi, pridėdami savo sąnaudas prie elektros vartotojo kaštų (4.5 pav.).

Čia ypatingai išsiskiria Lietuvos, Vokietijos ir Belgijos elektros energetikos sistemos, kurių elektros tinklų paslaugos viršija elektros energijos generavimo kainą. Be to, skirstomojo tinklo paslaugos kainuoja dukart brangiau nei perdavimo (4.3 lentelė).

<sup>5</sup> Paulauskas S. Savivaldos dialektika. Teorija, metodologija, modeliai. Monografija. Kompaktiniame diske interaktyvus knygos tekstas, kompiuterizuotas treniruoklis su 682 klausimais ir 12 psichologinių saviugdų testų. Klaipėda: Klaipėdos universitetas. 1999.



4.5 pav. Elektros energijos kainos sudėtis 2005 metais.

Šaltinis: Lietuvos pramonininkų konfederacija.

4.3 lentelė. Pasinaudojimo tinklais kainos pagal šalis ir įtampas, 2005 m.

Šalis	Perdavimo įmonių skaičius	Skirstymo įmonių skaičius	Vidutinė vidutinės įtampos tinklų paslaugų kaina ct./kWh	Vidutinė žemos įtampos tinklų paslaugų kaina ct./kWh	Vidutinė tinklų paslaugų kaina ct./kWh
Belgija	1	28	7,9	24,5	32,4
Austrija	3	139	8,2	20,7	28,9
Vokietija	4	930	6,9	18,9	25,8
Lietuva	1	2	8	16	24
Airija	1	1	5,8	17,9	23,7
Danija	2	130	7,2	15,5	22,7
Prancūzija	1	166	5,5	17,2	22,7
Ispanija	1	299	5,2	15,5	20,7
Latvija	1	1	6,6	13,6	20,2
Olandija	1	20	5,5	12,1	17,6
Anglija	4	15	5,2	12,1	17,3
Suomija	1	95	5,2	11,7	16,9
Švedija	1	180	3,4	13,1	16,5
Italija	1	178	4,5	10,3	14,8
Norvegija	1	190	4,4	9,6	14
Graikija	1	1	5,2		
Liuksemburgas	2	11	5,2		
Portugalija	1	1	5,2		

Šaltinis: Lietuvos pramonininkų asociacija

Energetikos decentralizacija – tai natūralus pažangus procesas, kuriuo eigoje energijos gamyba yra artinama prie vartotojo. Pasaulio mastu jis progresuoja. Pasaulio decentralizuotos energetikos aljanso duomenimis 2002 metais decentralizuota energijos gamyba sudarė 7% visos energijos generavimo<sup>6</sup>. Tikimasi, kad 2012 metais ji sudarys 14%.

Energetikos decentralizavimą sąlygoja eilė veiksnių, pirmiausiai susietu su energetikos monopolizavimu, kuris pripažįstamas kaip esminis vartotojo ekonomines galimybes ir pasirinkimo laisvę ribojantis reiškinys. Energetikos decentralizacija yra neišvengiama, kadangi atitinka žmogaus laisvės ir nepriklausomybės didėjimo tendenciją. Todėl centralizuota energetika išliks tik tiek, kiek monopolijos sugebės užsitikrinti sau palankius įstatymus. Pasinaudodamos lobizmo galimybėmis jos daugelyje demokratinių šalių sugeba stabdyti dėsningą energetikos decentralizavimo raidą. Tam yra naudingi specifinė technikos kalba parašyti teisės aktų projektai, kurių nesugeba suvokti nei dauguma įstatymų leidėjų, nei žiniasklaidos atstovų.

Natūraliai, vėjo elektrinės dėl nedidelės galios yra decentralizuoti elektros energijos šaltiniai. Jos gali būti įrengtos betarpiškai prie vartotojų, dėl ko joms pagamintos elektros perdavimo poreikis tolimais tinklais nėra būdingas. O tai reiškia, kad elektros tinklų paslaugų joms reikia žymiai mažiau, dėl ko vartotojui turėtų sumažėti elektros energijos kaina.

Tačiau vėjo elektrinių tiekiamos elektros energijos netolygumui išlyginti reikalingas galios kompensavimo šaltinis. Hibridinėse elektrinėse vėjo svyravimams kompensuoti gali būti panaudotas tradicinio kieto, skysto ar biokuro bei vandenilio pagrindu veikiančios elektros generatoriai. Trumpalaikiams vėjo netolygumams išlyginti naudojami smagračiai ir kt. Tačiau pakankamai universalų galios kompensatoriaus vaidmenį iki šiol atlieka elektros tinklas, operuojantis galios rezervu ir pajungiantis reikalui esant kitus elektros generatorius. Todėl dėl vėjo netolygumo vėjo elektrinės galėtų būti pavadintos pusiau decentralizuotomis, įrengus jas betarpiškai pas vartotoją joms sąlyginai reiktų pusės tinklų paslaugų ir atitinkamai jų kainos.

Didelės galios vėjo jėgainių parkams, statomiems sausumoje ir ypatingai, jūroje, decentralizacijos bruožai gali būti tik iš dalies priskiriami. Jie gali dirbti tik su tinklais. Tuo labiau, plėtojantis Europos elektros rinkai ir įrengiant tarptautines elektros tinklų sąsajas per jūras, vėjo elektrinės veikia kaip centralizuoti tiekėjai.

Europos vėjo pramonės mokslinių tyrimų ir plėtros strategijoje<sup>7</sup> išskirtos 4 šios energetikos srities kategorijos/ rinkos segmentai, priklausomai nuo vėjo turbinų galingumo (4.4 lentelė).

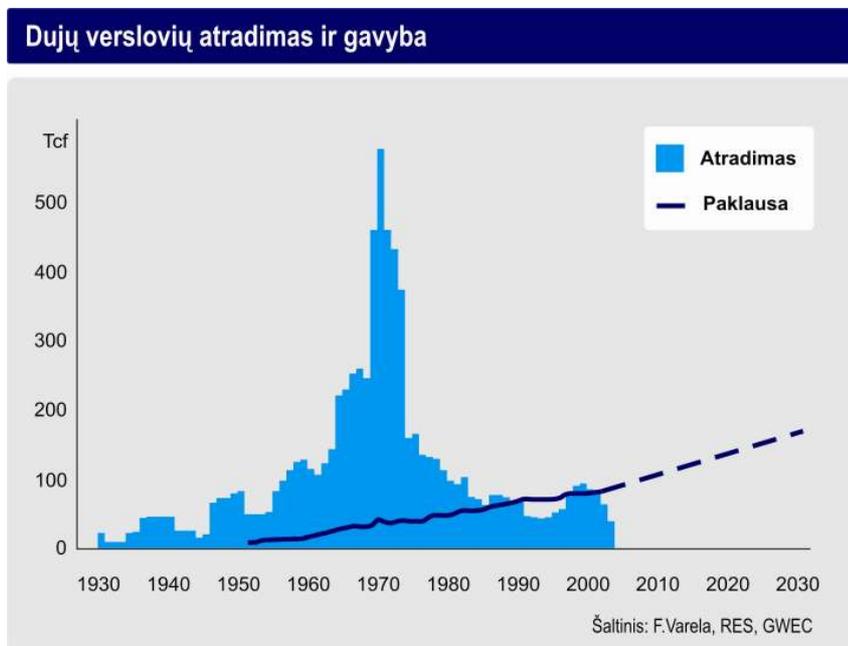
4.4 lentelė. Vėjo elektrinių kategorijos/ rinkos segmentai

Kategorija/Rinkos segmentas	Taikymo tipas	Įdiegta galia, MW
A	Sausumos vėjo fermos, prijungtos prie elektros tinklo	>1,5
B	Naujos jūros vėjo elektrinės	>1,5
C	Sausumos vėjo turbinos, prijungtos prie elektros tinklo	0,5-1,5
D	Sausumos decentralizuotos dėl prasto elektros tinklo, o taip pat hibridinės ir autonomiškai veikiančios vėjo turbinos.	0,0001 – 0,5

<sup>6</sup> World Survey off Decentralized Energy 2005. World decentralized energy alliance. March 2005.

<sup>7</sup> The European wind industry strategic plan for research & development. European Wind Energy Association. 2004. P.11.

Vienas akivaizdžių tradicinės skystą ir dujų kurą deginančios energetikos plėtrą ribojančių veiksnių yra šių pirminių resursų paklausos augimas ir išteklių mažėjimas. Tai akivaizdžiai iliustruoja dujų verslovių atradimo ir gavybos mažėjimas bei paklausos didėjimas (4.6 pav.)



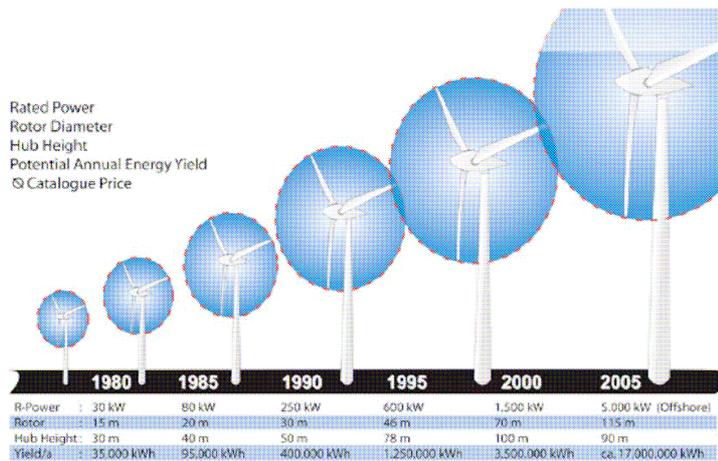
4.6 pav. Dujų verslovių atradimo, gavybos ir paklausos palyginimas.

Pastaruosiu metu vis dažniau atkreipiamas dėmesys į naftą ir dujas tiekiančių valstybių polinkį įtakoti importuotojus, panaudojant šiuos šaltinius kaip politinės įtakos svertą. Tai akivaizdu ES ir Rytų šalių energetinių santykių raidoje. Lietuva, kurios ekonomikoje įvežtinė nafta ir dujos sudaro ženklų veiklos ir biudžeto šaltinių dalį, ypač pažeidžiama ir priklausoma nuo naftos ir dujų eksporto. AB „Mažeikių nafta“ pardavimo procedūros paaštrino Lietuvos apsirūpinimo energijos ištekliais krizinius reiškinius.

Antrasis objektyvus veiksnys, didinantis vėjo energetikos prieinamumą, susietas su vėjo generatorių tobulinimu ir jų gamybos kaštų mažinimu. Per pastaruosius 25 metus vėjo elektrinių nominalus galingumas išaugo nuo 30kW ir 2006 metais jau viršijo 6MW (4.7 pav.). Rotoriaus diametras padidėjo nuo 15 m iki 115 metrų. Bokšto aukštis viršijo 100 metrų. O vienos elektrinės metinė energijos gamyba padidėjo nuo 35 MWh iki 17 GWh.

Ypatingai didele galia pasižymi jūroje statomos vėjo elektrinės, su kuriomis siejama ženkliai vėjo energetikos ateitis. Elektrinės statomos atokiau nuo kranto ir sujungiamos į jūrinius vėjo elektrinių parkus (4.8 pav.).

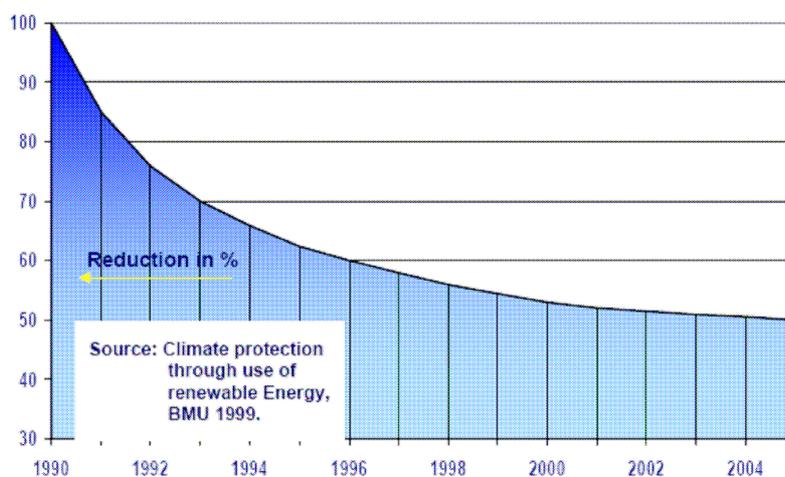
Vėjo elektrines jūroje įrengti yra sunkiau, todėl palyginus su sausumoje statomomis vėjo elektrinėmis, išauga jų kapitalo kaštai. Jeigu sausumoje įrengtos 1 MW vėjo elektrinės kaina siekia 1 milijonų eurų, tai jūroje įrengtų vėjo elektrinių savikaina gali būti didesnė 2 ir daugiau kartų (4.5 lentelė). Tačiau šis kainos padidėjimas kompensuojamas tuo, kad jūroje yra palankesni vėjo parametrai, bei patiriama mažiau sunkumų ir pasipriešinimo siekiant įrengti šias elektrines. Tačiau tiek sausumos, tiek jūros vėjo turbinų gamybos kaštai per 15 metų sumažėjo perpus (4.9 pav.).



4.7 pav. Vėjo turbinų galios didėjimo tendencija. Šaltinis: Pasaulio vėjo energetikos asociacija (PVEA).



4.8 pav. Jūroje įrengtų vėjo elektrinių išsidėstymas Europoje 2004 metais<sup>8</sup>.



4.9 pav. Vėjo turbinų gamybos savikainos mažėjimo tendencija. Šaltinis: PVEA.

<sup>8</sup> Off-shore wind experiences. International energy agency. 2004. P.7.

Sparčiai augant naftos ir dujų kainai bei didėjant vėjo elektrinių gamybos bei funkcionavimo efektyvumui ir mastui, vėjo energetika tampa vis labiau prieinama. Jungtinės Karalystė mokslininkų 2001 metais padaryta energijos generavimo kaštų prognozė pagrindžia vėjo energetikos perspektyvumą. Buvo numatyta, kad 2020 metais pagal generavimo kainą ši energetikos rūšis prilygs termofikacinėms ir kombinuoto ciklo elektrinėms bei taps du kartus pigesnė už branduolinę energiją (4.6 lentelė). Tačiau 2006 metų naftos ir dujų kainų bumai gali gerokai paankstinti vėjo energetikos prieinamumą. ES energetikos žaliojoje knygoje pažymima, kad „Atsinaujinanti energija kainų atžvilgiu jau pradeda konkuruoti su iškastiniu kuru“<sup>9</sup>.

4.5 lentelė. Jūroje įrengtų vėjo elektrinių technikos kapitalo kaštai

Projekto pavadinimas	Įdiegta galia (MW)	Įrengimo data	Kapitalo kaštai (€M)	Specifiniai kapitalo kaštai (€/MW)
Vindeby	4.95	1991	10.25	2.1
Lely(Ijsselmeer)	2.00	1994	4.50	2.3
Tuno Knob	5.00	1995	10.35	2.1
Dronton/Irene	-	-	-	-
Vorrink (Ijsselmeer)	16.80	1996-97	20.50	1.2
Bockstigen	2.50	1997	4.70	1.9
Blyth	4.00	2000	6.32	1.6
Utgrunden (Oland)	10.00	2000	13.90	1.4
Middelgrunden <sup>2</sup>	40.00	2000-01	51.30	1.3
Horns Rev <sup>3</sup>	160.00	2001-03 <sup>5</sup>	300.00	1.9
Samsoe	23.00	2002-03	35.00	1.5
North Hoyle	60.00	2003 <sup>5</sup>	105.70	1.8
Nysted	158.40	2003 <sup>5</sup>	268.80	1.7
Scroby Sands	60.00	2003-04 <sup>5</sup>	107.10	1.8

Šaltinis: Off-shore wind experiences. International energy agency. 2004. P.13.

4.6 lentelė. Elektros energijos generavimo Jungtinėje Karalystėje ateities kainų įvertinimas

Technologija	Generavimo kaina 2020 m., p/kWh*	Kainos kitimo tendencija iki 2050 m.
Vėjo elektrinės	1,5–2,5	Ribotas mažėjimas
Vėjo elektrinės (jūroje)	2,0–4,0	Mažėjimas
Bioenergija (deginant)	3,0–4,0	Mažėjimas
Bangų energija	3–6	Neįvertintas
KCDT (kombinuoto ciklo dujų turbinos)	1,8–2,1	Ribotas mažėjimas
Kuro elementai	Neaiški	Tolydus mažėjimas
Termofikacinės elektrinės	1,6–2,4	Ribotas mažėjimas
Mikro termofikacinės elektrinės	2–3	Tolydus mažėjimas
Organinio kuro šiluminės elektrinės su CO <sub>2</sub> kondensacija ir palaidojimu	3,0–4,5	Neįvertintas
Branduolinės elektrinės	3,0–4,5	Mažėjimas

2001 m. Vyriausybės komisijos duomenys. Šaltinis: Energy Economist. No 241, 2001 November. \*-Jungtinės Karalystės pensai

<sup>9</sup> ŽALIOJI KNYGA. Europos Sąjungos tausios, konkurencingos ir saugios energetikos strategija. Briuselis. KOM(2006) 105 galutinis. 8.3.2006.

Verta nepamiršti, kad tradicinės energetikos ekonomika pagrįsta tiesioginių gamybos kaštų apskaita. Į elektros gamybos kainą nėra įtraukiami netiesioginiai, bet faktiškai dalyvaujantys šių išteklių savikainos formavime kaštai, susieti su gamtinių išteklių išsekimo, poveikio gamtinei aplinkai ir žmonėms kompensavimu. Čia akivaizdus pavyzdys yra Ignalinos atominė elektrinė, kurios uždarymo ir Visagino miesto gyventojų socialinių problemų sprendimo kaštai nėra įskaitomi į gaminamos elektros energijos kainą. Remdamiesi darnaus vystymosi metodologija Skandinavijos (Švedijos) ekonomistai vadovaujasi „aplinkos apskaitos“<sup>10</sup> ir „žaliosios apskaitos“<sup>11</sup> principais, kurie įgalina įvertinti ir netiesioginius energijos gamybos kaštus. Tokia apskaita pilniau atspindi visas energijos gamybos sąnaudas, o taip pat įgalina atsižvelgti į ateities kartų poreikius.

Tradiciškai skaičiuojant tradicinėse elektrinėse pagamintos elektros energijos kaštus, susidaro išpūdis dėl vėjo elektrinių pagamintos elektros energijos brangumo ir jų dotavimo poreikio. Todėl daugelyje vėjo energetiką toleruojančių pasaulio ir Europos šalių susiklostė šios energetikos rūšies rėmimo praktika. Klimato kaitos masto raiška, jos pasekmių suvokimas ir pažangi Jungtinių Tautų bei ES politika atsinaujinančių energijos šaltinių plėtros srityje sąlygoja nuolatinį dėmesį ir sisteminius veiksmus, siekiant įtakoti nacionalines vyriausybės skatinti atsinaujinančios energetikos plėtrą.

Jungtinės tautų Kioto protokolas<sup>12</sup> numatė CO<sub>2</sub> emisijos ir kitų teršalų mažinimo užduotis pasaulio šalims. Europos Sąjungos (ES) direktyva 2001/77/EC<sup>13</sup> įpareigoja ES šalis nares ir kandidates nustatyti ir suderinti su ES elektros gamybos normas, naudojant atsinaujinančius energijos šaltinius. Kiekviena ES šalis narė yra įpareigota įgyvendinti nuolat griežtinamus elektros gamybos iš atsinaujinančių šaltinių normatyvus.

Šių veiksmų rezultate susiklostė įvairios vėjo energetikos rėmimo sistemos: investicijų subsidijos, priedai prie tarifo, premijavimas, konkursai ir žalieji sertifikatai. Europos vėjo energetikos asociacijos ekspertai detalai išnagrinėjo ES naudojamas atsinaujinančios energetikos rėmimo schemas. Jie aukščiausiai įvertinto tris pirmąsias atsinaujinančios energetikos rėmimo sistemas: priedai prie tarifo, investicijų subsidijos ir premijavimas.

Kaip teigia grupė žymiausių energetikos specialistų - parengtos<sup>14</sup> atsinaujinančios energetikos rėmimo schemų analizės autorių, šias energetikos rūšis tenka remti vien dėl neadekvačios apskaitos, neįvertinančios visų energijos gamybos kaštų. Jie pritarė tam, kad kol naudojama neadekvati apskaitos sistema, tol šio rėmimo neverta atsisakyti. Tačiau darnaus vystymosi metodologijos ir apskaitos tobulinimas yra nenuginčijami subjektyvūs veiksniai, kurių suaktyvinimas įgalintų pagerinti atsinaujinančios energetikos plėtros galimybes, sumažinti tradicinių energijos šaltinių keliamą aplinkos taršą ir teigiamai įtakoti žmonių pilnaverčio gyvenimo trukmės didėjimą.

Kaip pažymima ES Žaliojoje knygoje<sup>15</sup>, 2001 m. ES sutarė, kad iki 2010 m. energija iš atsinaujinančių šaltinių ES sudarys 21 % visos suvartojamos elektros energijos. 2003 m.

---

<sup>10</sup> Environmental Accounting – Where We Are Now. Where We Are Heading. By Joy E. Hecht. *Resources*, 1999:135, pp. 14-17. Resources for the Future.

<sup>11</sup> Green accounting and economic policy. By Salah El Serafy. *Ecological Economics* 21(1997), pp. 217-229.

<sup>12</sup> Kyoto protocol to the United Nations framework convention on climate change.

<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.html>

<sup>13</sup> Directive 2001/77/EC of the European Parliament and of the Council of 27 September 2001 on the promotion of electricity produced from renewable energy sources in the internal electricity market // Official Journal L283, 27/10/2001. P. 0033-0040.

<sup>14</sup> Ten pat. P.49.

<sup>15</sup> ŽALIOJI KNYGA. Europos Sąjungos tausios, konkurencingos ir saugios energetikos strategija. Briuselis.

nuspręsta, kad iki 2010 m. biodegalai turi sudaryti bent 5,75 % viso sunaudojamo benzino ir dyzelinio kuro. Pasitelkus nacionalines politikos paramos priemones, daugelyje šalių atsinaujinančios energijos suvartojimas sparčiai auga.

Nepaisant to, jei išliks dabartinės tendencijos, abiem tikslams įgyvendinti ES pritrūks 1–2 procentinių punktų. Jei ES nori įgyvendinti ilgalaikius klimato kaitos tikslus ir sumažinti priklausomybę nuo iškastinio kuro importo, ji turės ne tik įvykdyti, bet ir viršyti nustatytus kiekybinius tikslus. **Atsinaujinanti energija jau dabar yra trečias elektros energijos gamybos šaltinis pasaulyje (po anglių ir dujų), ir yra nemažai galimybių plėsti gamybos apimtį, kartu didinant naudą aplinkai ir ekonomikai.**

Kad galima būtų išnaudoti atsinaujinančios energijos potencialą, reikalingos plėtrą skatinančios politikos nuostatos, ypač skirtos šių energijos šaltinių konkurencingumui padidinti, tuo pat metu laikantis konkurencijos taisyklių. Nors kai kurie mažiau anglies dvideginio išskiriantys energijos šaltiniai ekonominiu požiūriu jau dabar yra perspektyvūs, kitiems, pavyzdžiui, **jūros vėjo, potvynių ir atoslūgių energijos šaltiniams, reikia paskatinimo.** Visas atsinaujinančios energijos potencialas bus išnaudotas tik prisiėmus ilgalaikius išipareigojimus kurti ir diegti atsinaujinančios energijos technologijas. Kai bus rengiama Strateginė ES energetikos apžvalga, Komisija pateiks **Atsinaujinančios energijos planą.** Šis planas būtų grindžiamas nuodugnia poveikio analize, kurioje atsinaujinančios energijos šaltiniai būtų lyginami su kitais energijos šaltiniais - teigiama ES Žaliojoje knygoje. Jame bus pateikti pagrindiniai efektyvios ES atsinaujinančios energijos politikos klausimai:

- **veiklos programa, kurioje pateiktos praktinės priemonės**, skirtos užtikrinti, kad užsibrėžti tikslai būtų pasiekti;
- **aptarimas, kokius ir kokio pobūdžio tikslus ar uždavinius reikia nustatyti po 2010 m.**, siekiant užtikrinti ilgalaikį stabilumą pramonei ir investuotojams, taip pat kokių veiklos programų ir priemonių reikia tiems tikslams įgyvendinti. Bet kuriuos iš tikslų galima būtų papildyti išsamesniais veiklos tikslais elektros energijos, kuro ir galbūt šildymo srityse;
- **nauja Bendrijos direktyva dėl šildymo ir aušinimo**, kuri papildytų Bendrijos energijos taupymo sistemą;
- **išsamus trumpalaikis, vidutinės trukmės ir ilgalaikis planas**, kurio tikslas – stabilizuoti ir pamažu sumažinti ES priklausomybę nuo naftos importo. Planas turėtų papildyti esamą Biomasės veiksmų planą ir Biokuro strategiją;
- mokslinių tyrimų, demonstravimo ir pateikimo į rinką pirmą kartą iniciatyvos, kurių tikslas – priartinti ekologiškus ir atsinaujinančius energijos šaltinius prie rinkos.

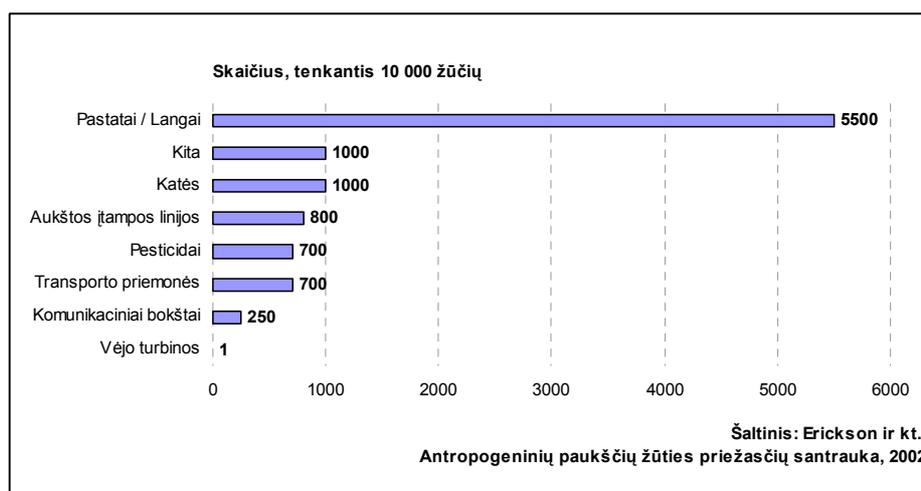
Vėjo energetika yra charakteringas Lisabonos strategijos įgyvendinimo pavyzdys, sąlygojantis ES proveržį mokslinių tyrimų ir naujų technologijų srityje. Moksliniai tyrimai tapo organine vėjo energetikos ūkio sektoriaus dalimi, be jų neįmanomas šios srities egzistavimas ir raida. Europos vėjo energetikos asociacijos parengtoje vėjo pramonės mokslinių tyrimų ir plėtros strategijoje detalai apžvelgta mokslinių tyrimų būklė ir apibrėžtos jų plėtros perspektyvos<sup>16</sup>.

---

KOM(2006) 105 galutinis. 8.3.2006.

<sup>16</sup> The European wind industry strategic plan for research & development. European Wind Energy Association. 2004.

Europos vėjo energetikos mokslinių tyrimų ir plėtros tinklas skaičiuoja virš 200 aktyvių veikiančių institucijų, aprėpiančių ir siejančių šios ūkio srities elementus ir veiklas. Vėjo energetikos plėtra neįsivaizduojama be Danijos Risoe mokslinių tyrimų laboratorijos atliktų vėjo parametrų tyrimų. Jų sudaryti vėjo atlasai tapo pagrindu nustatant ir įvertinant Europos ir kitų pasaulio šalių vėjo energetikos potencialą. Aktyviai dalyvauja vėjo energetikos moksliniuose tyrimuose ir plėtroje Danijos technikos universiteto, Alborgo universiteto, Olandijos Delft technologijos universiteto, Atėnų nacionalinio technikos universiteto, Vokietijos Štutgarto universiteto mokslininkų, Jungtinės karalystės Garrad Hassan and Partners Ltd. bei didelis būrys kitų mokslinių tyrimų ir naujadaros institucijų.



4.10 pav. Paukščių žūčių priežastys.

Moksliniai tyrimai įgalina „apginti“ vėjo energetiką nuo nepagrįstų kaltinimų, susietų su jų tariamu neigiamu poveikiu gamtinei aplinkai ir žmonėms. Statistikos duomenys įgalino atmesti kaltinimus vėjo energetikai dėl neigiamo poveikio paukščiams. Iš 10 tūkst. užregistruotų paukščių žūčių tik vien buvo susieta su vėjo turbina (4.10 pav.).

Vienintelis ženklėsnis neigiamo poveikio aplinkai bruožas yra vėjo turbinų skleidžiamas triukšmas. Siekiant jo išvengti vėjo elektrinės yra įrengiamos tokiu atstumu, kad artimiausio gyvenamojo būsto viduje jos skleidžiamas triukšmas neviršytų 45 Db(A). Palyginus su kitais triukšmo šaltiniais vėjo elektrinės triukšmingumas prilyginamas kaimo vietovės naktį triukšmo lygiui (4.7 lentelė). Tobulinant turbinos ir sparnų konstrukciją vėjo elektrinių triukšmingumas nuolat mažinamas. Reikia turėti omenyje, kad apie šių įrenginių triukšmingumą apskritai galima kalbėti tik iki 8 m/s vėjo greičio, nuo kurio pats vėjas jau kelia girdimą triukšmą. Iki šios ribos vėjo turbinų skleidžiamus garsus užgožia su kita žmonių veikla susietas triukšmas.

Nekyla abejonių dėl to, kad artimiausiais metais bus sukurtos naujos vėjo energetikos technologijos, kurios įgalins ženkliai padidinti vėjo elektrinių efektyvumą ir sumažins poveikį aplinkai, kad galėtų būti dar plačiau taikomos. Tokį pavyzdį pademonstravo Jungtinės karalystės naujadariai, sukūrę naujo Stormblade tipo vėjo turbiną, kurios sparnuotė patalpinta gondoloje<sup>17</sup> (4.11 pav.). Tai įgalino jos galios faktorių padvigubinti iki 70%, išplėsti vėjo greičio diapazoną nuo 3 iki 54 m/s, padidinti sukimo galią ir tris kartus sumažinti turbinos

<sup>17</sup> <http://www.stormbladeturbine.com/>



4.11 pav. Stormblade tipo vėjo turbina.

dydį, palyginus su įprastomis vėjo turbinomis. Uždara turbinos konstrukcija įgalina išvengti susidūrimo su paukščiais ir šikšnosparniais. Turbina veikia be triukšmo ir beveik nereikalauja techninės priežiūros. Šia nauja technologija susidomėjo eilė vėjo turbinas gaminančių kompanijų, o rinkos ekspertai prognozuoja jai didelę ateitį.

Tai rodo, kad vėjo energetika yra imli moksliniams tyrimams. Kad ją įgyvendinti ir padaryti plačiai prieinama visame pasaulyje, būtina naujadara visame diapazone nuo fundamentinių ir taikomųjų tyrimų iki plėtros ir komercializacijos.

Labai svarbų vėjo energetikos plėtroje vaidmenį atlieka pasaulio, Europos ir jau beveik kiekvienoje šalyje įsteigtos ir aktyviai veikiančios vėjo energetikos asociacijos. Jos telkia entuziastus, mokslininkus, gamintojus, organizuoja pažintinius renginius, konferencijas, mokslinius tyrimus, rengia ir teikia siūlymus valdžios institucijoms dėl vėjo energetikos plėtros teisinių, organizacinių ir finansinių svertų aktyvinimo. Vis didėjantis vėjo energetikos sektoriaus dalyvių ir rėmėjų aktyvumas rodo geras šios naujomis technologijomis grįstos energetikos srities perspektyvas.

4.7 lentelė. Triukšmo iš skirtingų šaltinių palyginimas

Šaltinis/veikla	Ekvivalentinis garso lygis Db(A)
Skausmo jutimo slenkstis	140
Reaktyvinis lėktuvas 250 m atstumu	105
Pneumatinis griežtuvas 7 m atstumu	95
Sunkvežimis, važiuojantis 48km/h greičiu 100 m atstumu	65
Biurai darbo metu	60
Automobilis, važiuojantis 64 km/h greičiu 100 m atstumu	55
Vėjo jėgainės 350 m atstumu	35-45
Ramūs priemiesčio gyvenamieji kvartalai	35
Kaimo vietovės naktį	20-40

Šaltinis: „Vėjo galingumas Jungtinėje Karalystėje“, Darnaus Vystimosi Komisija, 2005

## 4.2. Lietuvos situacija ir perspektyvos

Spalvinga energetikos istorija patvirtina, kad vėjo Lietuvoje buvo visada. Vėjo energetika gali būti pelnytai įvardinta kaip viena seniausiai naudojamų Lietuvoje technologijų energijai gaminti. Kultūros paveldo departamento istorikė Ona Stasiukaitienė pasakoja, kad nuo seniausių laikų Lietuvoje žemdirbiai grūdus malė namuose trinamosiomis, o nuo X a. – rankinėmis sukamosiomis akmens girmomis<sup>18</sup>. Malūnuose pradėta malti nuo XIII a. Grūdus

<sup>18</sup> Butkutė A. Lietuvos malūnai.  
<http://www.lrytas.lt/print.asp?data=20060805&k=news&id=11486597711148521779>

malė duonai kepti, gyvuliams šerti, gamino kruopas. Istorikė teigia, kad pagal rašytinius šaltinius pirmasis vandens malūnas Lietuvoje pastatytas 1256 m. Klaipėdoje ant Danės upės. Nuo XIV a. pradėjo plisti ir vėjiniai malūnai. Jie pradėti statyti taip pat Pajūryje ir Žemaitijoje. Anot O.Stasiukaitienės, tai rodo, kad Lietuvą malūnai greičiausiai pasiekė per Baltijos jūros prekybos kelią. Beje, šalia vandens ir vėjo malūnų buvo ir tokių, kuriuos sukdamo jaučiai ar arkliai.

XVII a. vėjas Klaipėdos krašte ėmė sukti malūnų sparnus<sup>19</sup>. Ožiniai medinių sijų korpuso, keturkampio plano, apie savo medinę ašį į vėją besisukantys malūnai buvo labiau paplitę kaimo vietovėse. Olandiški mūrinio šešiakampio arba aštuonkampio korpuso, bet turintys pasukamą kepurę – miestuose. Rečiau naudoti riedutiniai, stovėję ant metro aukščio pamato su metaliniu žiedu riedantiems rieduliams. Malūnai kilo aukštesnėse vietose: Klaipėdoje aukštumėlė prieš Kulių vartus XVII a. gavo Mühlenberg vardą, 1703 m. įrengus valsčiaus malūną tretiesiems miesto vartams prigijo Malūnų vartų pavadinimas, o XIX a. gatvei ties pakilumu Vitėje dėl panašių priežasčių – Malūnininkų. XVIII a. malūnų sparnai ėmė sukti net ant miestą juosiančių gynybinių pylimų. Netrukus malūnai išplito ir kitose vietose: 1674 m. ožinis paminėtas Rusnėje, 1740 m. kitas pastatytas Verdainėje, 1745 m. jie minimi Rusnėje, Poviluose, Šakūnuose, Špukuose, o 1796 m. Brioniškyje.

1808 m. panaikinus malūnų statymo suvaržymus jų skaičius augo. Olandiški malūnai pastatyti: 1823 m. Vepriuose, 1827 m. Kalnininkuose, 1828 m. Kiškiuose ir Einaičiuose. 1866 m. Klaipėdoje buvo 16, 1863 m. – 10, o 1901 m. tik vienas vėjinis malūnas. XIX a. pab. Klaipėdos apskrityje jų buvo priskaičiuojama 135, Šilokarčemos – 129, Pagėgių apylinkėse – 56. Jie buvo išsidėstę netoli pagrindinių kelių. Daugiausia malūnų būta palei kelią Klaipėda–Šilutė–Pagėgiai. Didesni jų spiečiai telkėsi ties keliais Nemirseta–Kretingalė, Priekulė–Lankupiai, Šilutė–Rusnė, Pagėgiai–Lauksargiai.

Klaipėdos krašte malūnai malė ne tik grūdus. Nuo 1759 m. iki Pirmojo pasaulinio karo Klaipėdos medinės vėjinės lentpjūvės su kepurinių malūnų sparnais buvo neatskiriama marių pakrantės kraštovaizdžio dalis: 1791 m. jų buvo 14, 1801 m. – 19, 1821 m. – 24, 1879 m. – 17. Vidutinis vėjas sukdamo per 20 pjūklų, o stiprus – per 40. Lentpjūvėse buvo pjaunamos iki 7,5 m ilgio lentos. Jos krautos į laivus ir gabentos Anglijon, Olandijon, Švedijon.

Iš pradžių malūnai buvo dvarų ir miestų privilegija, tačiau nuo XIX a. antrosios pusės malūnai plito ir valstiečių ūkiuose. XX a. pirmojoje pusėje sparčiai plintant pajėgesniems gariniams bei motoriniams malūnams, vėjiniai dar kurį laiką išliko valstiečių sodybose. Turėti malūną buvo neblogas verslas, todėl iki XIX a. vidurio verslinius malūnus turėjo teisę valdyti tik feodalai. Valstiečiams savus malūnus statyti leista tik po baudžios panaikinimo (1861 m.).

XIX a. pab.–XX a. pirmojoje pusėje Lietuvoje vėjo malūnų buvo gausu. Šie malūnai Lietuvoje dažniausiai ketursparniai. Pagal sparnų gręžimo būdus jie dvejopi: stiebiniai ir kepuriniai. Kepuriniai daugiausia paplito nuo XVIII a. Stiebinių malūnų sparnai gręžiami prieš vėją su malūno liemeniu, o kepurinių – tik su viršutine malūno dalimi, vadinama kepure. Kepuriniai vėjo malūnai buvo mediniai, moliniai bei mūriniai. Daugiausia vėjo malūnų išliko Šiaulių, Panevėžio, Radviliškio, Pakruojo, Pasvalio, Joniškio, Kupiškio, Anykščių, Molėtų rajonuose, pavieniai – Zarasų, Klaipėdos, Kretingos, Šilutės rajonuose.

XX a. vėjo ir vandens malūnų beveik niekas nebeatė. Anot istorikės, malūnų, kurių pajėgumas priklauso nuo gamtos sąlygų, niekam neberekėjo. Varikliai ir elektra spartino

---

<sup>19</sup> Elertas D. Vėjo gūsiai Klaipėdos krašto istorijoje. Šiaurės Atėnai. 2005-08-27 nr. 762.

malimo verslą. Netekę ūkinės-ekonominės reikšmės malūnai pradėjo sparčiai nykti: vieni jų buvo palikti tušti likimo valiai, kituose išmetami įrengimai arba jie buvo nugriaunami.

Šiuolaikinės vėjo energetikos ūkio šakos, siekiančios iš vėjo gaminti elektros energiją, formavimosi apraiškų galima sutikti jau XIX a. pabaigoje. Tai Vidgirių vėjo malūnas su turbina Šilutės rajone<sup>20</sup>. Po Pirmojo pasaulinio karo pavienius malūnus bandyta pritaikyti elektrai gaminti. Ilgėliau jie išliko kaime – galime pasidžiaugti autentiškais detalėmis iš Agluonėnų ir Vidgirių malūnininko Funcko malūnų.

Centralizuotame ūkyje daugelį dešimtmečių skyrus prioritetą naftos, dujų ir atominiam kurui, pramoninė vėjo energetika nebuvo vystoma. Todėl Lietuvoje ji labai atsiliko nuo Baltijos jūros regiono šalių, tokių kaip Danija, Vokietija, Švedija, Norvegija, kur ši “žaliosios” energijos rūšis ne tik plačiai išvystyta, bet su ja siejama tolesnė energetikos plėtra. Atsiliekame taip pat nuo Latvijos ir Estijos.

Pagal sektoriaus išvystymo institucines stadijas galima pastebėti, kad vėjo elektrinių projektavimo, gamybos, įrengimo, eksploatavimo ir utilizavimo kultūra ėmė formuotis tik pastaraisiais metais. Lietuvos atsilikimą vėjo energetikos srityje lėmė dvi pagrindinės priežastys. Pirmoji jų – labai gerai išvystyta centralizuota elektros energetika ir maža, vertinant tiesioginių gamybinių kaštų požiūriu, Ignalinos atominėje elektrinėje pagaminamos elektros energijos kaina. Vienos kilovatvalandės elektros energijos pagaminimo savikaina yra tik 6,5 cento. Antroji priežastis buvo ta, kad vertinant vėjo energetikos galimybes buvo remiamasi hidrometeorologinių stočių atliekamų matavimų duomenimis 10 metrų aukštyje virš žemės paviršiaus, prieita išvados, kad mūsų šalyje vėjo parametrai yra per menki pramoninei vėjo energetikai plėtoti. Šią poziciją dažnai išsakydavo oficialių institucijų atstovai, siekdami pateisinti šalies vėjo energetikos atsilikimą.

Pozityvų Lietuvos vėjo energetikos plėtros požiūriu vaidmenį suvaidino 1994 metais įsteigta vėjo energetikai plėtoti Mokslinė inovacinė bendrovė „EkspONENTė“<sup>21</sup>. Kartu su Norvegijos elektros įmone „Nord Trondelag Elektrisity Board“ bei Norvegijos energetikos technologijų institutu ši įmonė įrengė Būtingėje 30 m aukščio vėjo matuoklį. 1996-1997 metais atlikti vėjo matavimai įgalino paneigti oficialią nuomonę – buvo nustatyta, kad vidutinis metinis vėjo greitis vėjo jėgainių rotorius ašies - 50 metrų aukštyje sudaro 7,4 m/s<sup>22</sup>. O tai prilygsta plačiai vystančių vėjo energetiką šalių, pvz. Vokietija, Danija, Švedija, Latvija, Lenkija ir kt., vėjo energetiniams parametrams.

Atliktų tyrimų pagrindu buvo parengtas 6x600kW vėjo jėgainių parko investicinis projektas<sup>23</sup>. Buvo organizuotas 92% projektui įgyvendinti reikalingų investicijų pritraukimas, numatantis Danijos vyriausybės paramą, Skandinavijos banko ir kitų paramos fondų dalyvavimą. Projektas buvo pateiktas valstybės įmonei „Lietuvos energija“, kuri turėjo pasirūpinti likusiais 8% investicijų, susietais su prijungimu prie elektros tinklų. Šis projektas buvo įtrauktas į Lietuvos energetikos strategiją ir buvo numatyta jį realizuoti 2000 metais. Deja, profesionaliai parengtas ir aprūpintas investicijomis pirmasis Lietuvoje vėjo jėgainių parkas taip ir nebuvo įrengtas.

---

<sup>20</sup> Pramonės paveldas Lietuvoje. Mokslas ir mokymas. <http://www.ihp.lt/gateway/lt/lietuva/galerija.html>

<sup>21</sup> Naujadaros bendrovės „EkspONENTė“ interneto svetainė. <http://www.eksponente.lt>.

<sup>22</sup> The wind regime at Butinge, Lithuania. Institute for Energy Technology. Kjeller, Norway. 1996, December. – 23 p. +appendix.

<sup>23</sup> Butinge Wind Power Plant. Pre-engineering. NTE Engineering. March 1997.

Įsigilinę į Lietuvos energetikos kultūros būklę ir raidos ypatumus Mokslinės inovacinės bendrovės „Eksponentė“ specialistai nusprendė daugiau dėmesio skirti šalies energetikos darnos ir naujadaros kultūrai puoselėti. Remdamasi pažangiais virtualiojo modeliavimo įrankiais ir atliktais energetikos sektoriuje moksliniais tyrimais bendrovė parengė pirmąją Lietuvoje Klaipėdos miesto energetikos plėtros programą, kurios svarstymas ir įgyvendinimas davė pradžią stambiems tarptautiniams energetikos forumams.

Tarptautinė mokslinė konferencija „Energetikos decentralizavimas: miestų energetikos ateitis“ buvo surengta 1999<sup>24</sup> ir 2002<sup>25</sup> metais ir sutelkė visų Lietuvos ir virš 12 užsienio šalių mokslininkų. Konferencijų medžiagoje<sup>26</sup> pateikti svarbūs mokslo darbai ir apibendrinimai. Šiuose tyrimuose ir konferencijų darbe dalyvavo, darė pranešimus ir paskelbė straipsnius disertacijos autorius. 1999 metų konferencijos rezoliucijoje greta kitų svarbių klausimų buvo išreikštas prašymas Lietuvos Respublikos Vyriausybei ir Valstybinę energetikos išteklių kainų ir energetinės veiklos komisijai parengti ir įteisinti ekonominio skatinimo sistemą vėjo energetikai, įgalinančią jos realią plėtrą, nelaukiant energetikos teisinės bazės suderinimo su Europos Sąjungos direktyvomis. 2002 metų konferencijoje buvo atkreiptas dėmesys į nacionalinės energetikos strateginės savivaldos sistemos ir energetikos klasterio sukūrimą, kurie įgalintų darniai plėtoti šalies energetikos sistemą<sup>27</sup>.

Tačiau neatsižvelgiant į vėjo energetinių parametrų priimtinumą vėjo energetikai plėtoti identifikavimą, 2002 metų spalio mėnesį nacionalinės energetikos strategijos versijoje buvo numatyta, kad 2015 iš vėjo bus gaminama 0,5% visos šalies elektros energijos.

Nesutikdami su tokiais strateginiais orientyrais grupė įmonių ir mokslininkų 2002 metų spalio mėnesį įsteigė Lietuvos vėjo energetikų asociaciją (LVEA)<sup>28</sup>. Pagrindinis asociacijos tikslas - sukurti ir išplėtoti viso ciklo Lietuvos vėjo energetikos, kaip ekologiškai švarios ir pažangiomis technologijomis grįstos energetikos srities, veiklą. Svarbu buvo netapti vien Vakarų šalyse sukurtos vėjo jėgainių įrangos pirkėjais ir neleisti, kad šalies elektros energijos vartotojų sumokėti pinigai iškeliatų į užsienį. O tam reikia išsiugdyti gebėjimus ir įtraukti į šį verslą Lietuvos firmas bei verslininkus.

2000 – 2003 metais buvo vykdoma Jungtinių Tautų Baltijos šalių vėjo energetikos plėtros programa, kurios rengime greta Danijos Risoe vėjo energetikos tyrimų laboratorijos dalyvavo Lietuvos energetikos instituto ir Mokslinės inovacinės bendrovės „Eksponentė“ mokslininkai. Atsižvelgiant į UAB „Eksponentė“ identifiкуotas tinkamiausias vietas vėjo energetikai plėtoti, vėjo matavimams buvo pasirinkti trys taškai – Kretingoje, Vilkyčiuose ir Tauragėje. Matavimai buvo vykdomi laikotarpiais nuo 2001 gegužės 1 d. iki 2002 metų balandžio 30 d. ir nuo 2001 spalio 1 d. iki 2002 rugsėjo 30 d. Matavimus atliko Regioninio aplinkos centro darbuotojai.

Ataskaita „The UNDP/GEF Regional Baltic Wind Energy Programme. Risoe National Laboratory. Roskilde. Denmark. October 2003“ ir Baltijos šalių vėjo atlasas buvo pristatyti

---

<sup>24</sup> <http://www.eksponente.lt/enkonfer1/konf.htm>

<sup>25</sup> <http://www.eksponente.lt/enkonfer2/index.html>

<sup>26</sup> Energetics decentralization: The future of urban energetics. The materials of international scientific conference. UAB „Eksponentė“ ir Lietuvos energetikos institutas. Klaipėda. Lithuania. 1999 04 22-24.

Energetics decentralization: The future of urban energetics. The materials of II international scientific conference. UAB „Eksponentė“ ir Lietuvos energetikos institutas. Klaipėda. Lithuania. 2002 05 9-11.

<sup>27</sup> Paulauskas S. Nacionalinės energetikos savivaldos tikslinis modelis / II tarptautinės mokslinės konferencijos „Energetikos decentralizavimas: miestų energetikos ateitis“ medžiaga. 2002. gegužės 2 d. P.42.

<sup>28</sup> Lietuvos vėjo energetikų asociacijos interneto svetainė. <http://www.vejas.visiems.lt>

2003 metų spalio mėnesį JTVP Lietuvos skyriui. Tyrimų rezultate buvo parengtas ir sudarytas Baltijos šalių vėjo atlasas. Jis pagrindė anksčiau atliktų tyrimų prielaidas, kad **Baltijos šalyse pakanka vėjo šiai energetikos šakai plėtoti.**

Ypatingai daug optimizmo davė Lietuvos vėjo atlaso duomenys. Perskaičiuoti į 50 metrų aukštį, atsižvelgiant į daugiamečius vėjo matavimus hidrometeorologinėse stotyse 10 metrų aukštyje, tyrimo rezultatai buvo labai pozityvūs. Vidutinis metinis vėjo greitis Kretingoje sudarė 6,8 m/s, Vilkyčiuose – 6,7 m/s ir Tauragėje – 7,3 m/s.

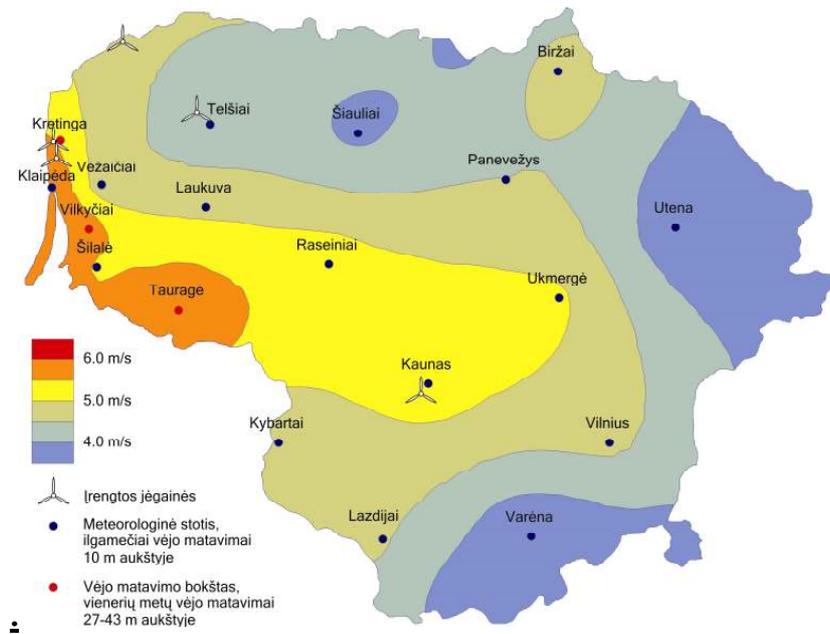
4.8 lentelė. Ilgametis vėjo greičio pasiskirstymas Lietuvoje

	Vietovė				Vidutinis greitis m/s	
	Lon-Lat		Baltic 93			
Aukštis (m)					10	50
Stotis	Lon	Lat	E	N		
Biržai	24°46'	56°12'	547568	6228604	3.57	4.81
Telšiai	22°15'	55°58'	390769	6203752	3.12	4.21
Šiauliai	23°19'	55°56'	457309	6198871	2.87	3.87
Panevėžys	24°23'	55°45'	524062	6178322	3.34	4.50
Klaipėda	21°04'	55°44'	315826	6180299	4.55	6.14
Vėžaičiai	21°29'	55°42'	341846	6175561	3.42	4.61
Laukuva	22°14'	55°37'	388735	6164833	3.62	4.89
Utena	25°36'	55°32'	600983	6155305	2.64	3.57
Raseiniai	23°07'	55°23'	444035	6137805	3.96	5.34
Šilutė	21°28'	55°21'	339379	6136662	3.84	5.18
Ukmergė	24°46'	55°15'	548737	6122880	3.78	5.10
Kaunas	23°50'	54°53'	489308	6081822	3.93	5.31
Kybartai	22°47'	54°38'	421465	6054670	3.30	4.45
Vilnius	25°06'	54°38'	571004	6054546	3.45	4.66
Varėna	24°33'	54°15'	535836	6011477	2.52	3.40
Lazdijai	23°31'	54°14'	468495	6009591	3.38	4.57

Sudarant Lietuvos vėjo atlasą panaudoti 16 meteorologinių stočių 1981-1990 + 1993-1998 metų vidutiniai vėjo greičiai. Matavimai 10 metrų aukštyje buvo perskaičiuoti į 50 metrų aukštį. Šiuos duomenis suteikė Lietuvos Hidrometeorologijos institutas<sup>29</sup>(4.8 lentelė).

Atsižvelgiant į tai, kad šiuolaikinių vėjo jėgainių aukštis siekia 100 ir daugiau metrų, nustatyti vėjo energetiniai parametrai duoda tvirtą pagrindą apibrėžiant **palankią vėjo energetikos plėtojimo perspektyvą visoje šalies teritorijoje**

<sup>29</sup> Lithuanian Hydrometeorological Institute: Wind Climatology 1961-1990 (in Lithuanian: Lietuvos Hidrometeorologijos Tarnyba: Klimato žinynas. Vejas. 1961-1990 m.) Vilnius 1996. Lithuanian Hydrometeorological Institute: Wind Climatology 1993-1998 (private communication).



4.13 pav. Lietuvos vėjo atlasas<sup>30</sup>.

Sudarytas Lietuvos vėjo atlasas įgalino bendrais bruožais apibrėžti vėjo parametų pasiskirstymą priklausomai nuo Lietuvos geografinės vietovės (4.13 pav.). Tai, kad pajūryje vėjo parametrai palankesni, nebuvo abejonių. Tačiau Tauragės vėjuotumas buvo daugeliui netikėtas.

Vėjo atlasas yra svari priemonė strateginiams sprendimams dėl vėjo energetikos plėtojimo tikslingumo apskritai šalyje ir atskiruose regionuose. Tačiau atsižvelgiant į tai, kad faktinis vėjo stiprumas gali labai priklausyti nuo konkrečios vėjo elektrinės įrengimo vietos, praktiškai pasirenkant vietovę yra būtini matavimai planuojamo vėjo elektrinių parko fiziniame centre.

<sup>30</sup> Sudarytas pagal: The UNDP/GEF Regional Baltic Wind Energy Programme. Risoe National Laboratory. Roskilde. Denmark. October 2003.

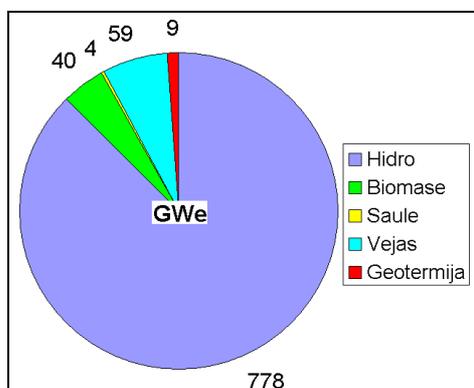
## 5. Geoterminės energijos panaudojimo technologijos. Lietuvos situacija ir perspektyvos

Parengė dr. Saulius Šliaupa

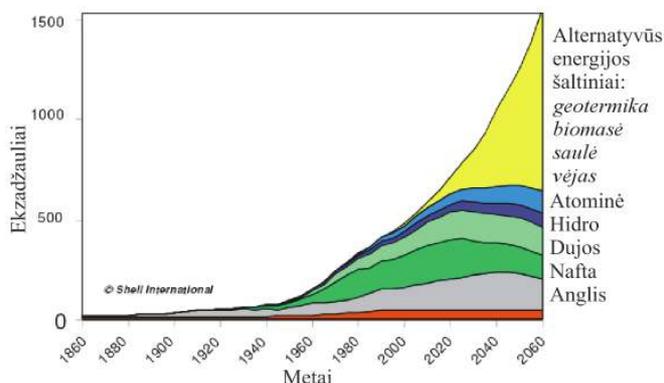
### 5.1. Geoterminė energija pasaulyje

Sparčiai didėjančios tradicinių energijos šaltinių kainos, išteklių mažėjimas, nerimas dėl kintančio klimato, susijusio su šiltnamio efektu, verčia skubiai ieškoti alternatyvų. Ne išimtis ir Lietuva, kur ši problema aštrėja dėl gresiančio atominės energetikos sektoriaus uždarymo po kelių metų. Europos Sąjunga, siekdama sumažinti priklausomybę nuo fosilinio kuro 2001/77/EC direktyva nustatė, kad atsinaujinantys energijos šaltiniai turi būti padvigubinti nuo 6 iki 12% bendro energijos sunaudojimo iki 2010 metų. Be to, planuojama, kad iki 2020 metų alternatyvių energijos šaltinių naudojimas turi padidėti iki 20%.

Atsinaujinantys energijos šaltiniai šiuo metu sudaro 18,6% visos pagamintos pasaulinės elektros energijos. Tačiau net 87% procentai šios dalies tenka hidroelektrinėms (5.1 pav.). Tad, kitų alternatyvinių šaltinių įnašas kol kas tėra 13%. Tai svarbu, kadangi hidroenergetika negali iš esmės pakeisti situacijos energetikos rinkoje dėl ribotų jos išteklių, kurių didelė dalis jau yra įsisavinta ir naudojama. Tad, ateities perspektyvos pagrindinai siejamos su kitais alternatyviais žaliosios energijos šaltiniais (5.2 pav.). Antroji pagal svarbą, po hidroelektrinių, šiuo metu yra biomasė (5,7%). Vėjo jėgainės tiekia 3,3% energijos, o saulė – 0,2%. Geoterminių jėgainių gaminamos elektros energijos dalis tarp atsinaujinančių alternatyvių šaltinių tėra 1,8%. Tai sudaro apie 0,3% bendros pasaulyje pagamintos elektros energijos.



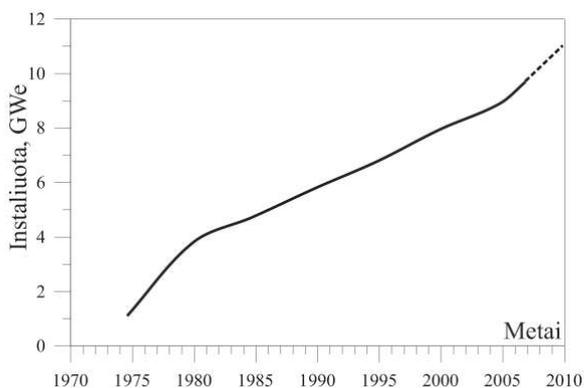
5.1 pav. Elektros gamyba pasaulyje iš atsinaujinančių energijos šaltinių.



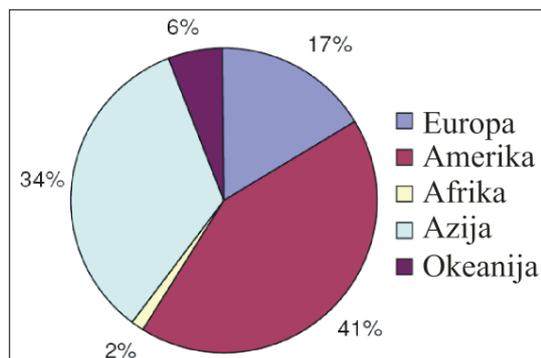
5.2 pav. Pasaulinių energijos išteklių naudojimo tendencijos ir prognozės.

Geoterminė energetika pasižymi įvairiapusiškumu. Žemės šiluma ir geologiniai sluoksniai gali būti naudojami šilumos tiekimui bei vėsinimui, šilumos akumuliacijai ir saugojimui, jūros vandens nudurkinimui, sniego ir ledo tirpinimui, elektros gamybai. Geoterminė energetika turi nemažai svarbių privalumų, lyginant su kitais atsinaujinančiais šaltiniais. Ji nekeičia aplinkos – tai problema, su kuria susiduria hidro ir vėjo energetika (galima prisiminti Lietuvos žmonių neigiamą reakciją į hidroelektrinių plėtimą Nemuno baseine, taip pat naujų vėjo parkų statybą pajūryje). Geoterminių jėgainių darbo neįtakoja sezoniniai pokyčiai, besikeičiantis klimatas.

Vidutinis metinis geoterminės energetikos augimas yra 5%, kas, be abejo, netenkina šiuolaikinių poreikių mažinti įprastinių energijos išteklių sunaudojimą. Ypatingai dideles pastangas deda Europos Sąjunga. Tačiau būtent Europoje geoterminės energetikos dalis tarp atsinaujinančių šaltinių tesudaro 0,3%, kas yra gerokai mažiau už pasaulinį vidurkį (5.4 pav.). Tai pirmiausiai siejama su mažiau palankiomis Europos geologinėmis sąlygomis. Pagrindinai geoterminė elektra gaminama tik keliuose šalyse - Italijoje, Islandijoje, Turkijoje. Tad, Europos šalims siekiant didesnio geoterminių išteklių panaudojimo yra būtina vystyti naujas technologijas, kurios leistų ekonomiškai efektyviai įsisavinti teritorijas iki šiol laikytinas mažai perspektyviomis.



5.3 pav. Geoterminių jėgainių bendro galingumo tendencija nuo 1975 metų ir prognozė 2010 metams.

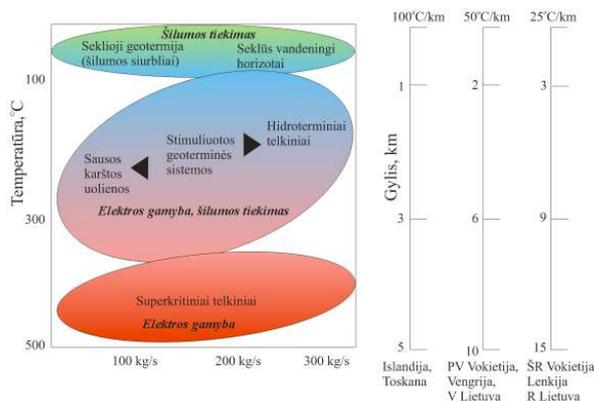


5.4 pav. Geoterminės energijos gamyba įvairiuose pasaulio regionuose.

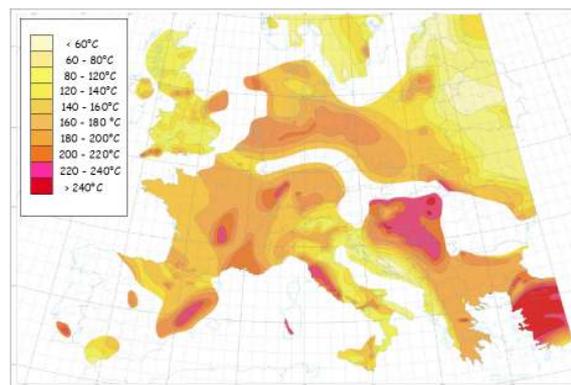
Elektra iš geoterminių telkinių šiuo metu gaminama dvidešimt keturiose šalyse, bendras instaliuotų jėgainių galingumas siekia 9,7 GWe (5.3 pav.). Per paskutiniuosius tris metus galingumas išaugo 800 MW. Prognozuojama, kad iki 2010 metų bendras instaliuotų jėgainių galingumas sieks 11 GWe.

Elektros energijos gamybos pasaulinį potencialą yra gana sunku įvertinti dėl daugelio neapibrėžtumų. Vertinant įprastinių technologijų galimybes pasaulinis geoterminis potencialas siekia apie 70 GWe, tuo tarpu taikant ir vystant naujas technologijas šis skaičius viršija 140 GWe. Tokios naujos technologijos – tai naujo tipo geoterminių telkinių įsisavinimas naudojant stimuliavimo priemones, gręžimo technikos gerėjimas, elektros gamyba iš žematemperatūrinio požeminio vandens, superkritinių telkinių eksploatacija. Taikant šias inovacijas geoterminės energetikos įnašas pasaulinėje elektros rinkoje gali pasiekti 8,3%.

Yra skirtingo tipo geoterminių telkiniai priklausomi nuo geoterminių ir kitų geologinių sąlygų (5 pav.). Skiriamas žemų ir vidutinių temperatūrų telkinių tipas, maždaug iki 100°C laipsnių temperatūros. Aiškiai skiriamos dvi grupės – seklioji ir gilioji geotermija. Pirmoji remiasi šilumos siurblių panaudojimu. Jų pagalba grunte ar sekliuose geriamo vandens sluoksniuose akumuliuota šiluma yra tiekama pastatų šildymui ir vėsinimui, karšto vandens ruošimui. Šiuo metu pasaulyje šilumos siurbliai naudojami daugiau kaip trisdešimtyje šalių, instaliuota apie pusantro milijono vienetų, daugiausia Šiaurės Amerikoje ir Europoje. Pastaraisiais metais augimas siekia 24%. Panašiais tempais seklioji geotermija vystosi ir Lietuvoje, kur šiluminių siurblių panaudojimas sparčiai populiarėja dėl kuro kainų šuolio.



5.5 pav. Geoterminių telkinių tipai.



5.6 pav. Europos temperatūrų 5 km gylyje žemėlapis.

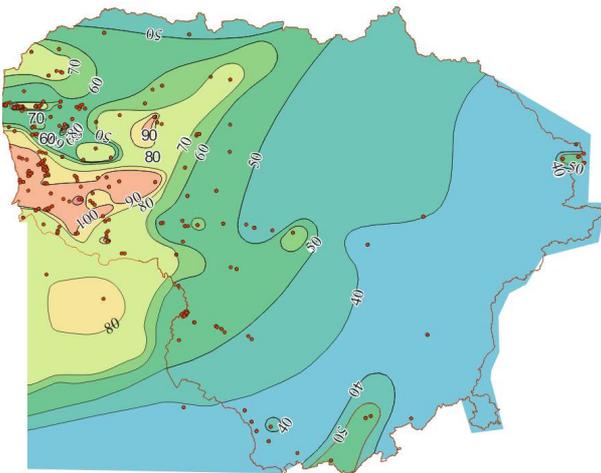
Gilesni geologiniai sluoksniai, kurių temperatūra siekia 35-100°C, yra plačiai naudojami šilumos tiekimui. Septyniasdešimtyje pasaulio valstybių yra eksploatuojami šios grupės geoterminiai telkiniai. Viena iš tokių valstybių yra Lietuva. Klaipėdoje veikia 18 MW projektinio galingumo geoterminė stotis, kuri tiekia karštą vandenį Klaipėdos miestui. Stotis buvo įsteigta kaip demonstracinis objektas – be komercinės funkcijos, ji atlieka ir šilumos energijos Lietuvoje testavimo funkcijas, sprendžiant geologinius, inžinerinius ir kitus klausimus.

Telkiniai, kurių temperatūra viršijant 100°C gali būti naudojami elektros gamybai. Skiriamos trys telkinių grupės. Šiuo metu naudojami tik hidroterminiai telkiniai, kuriuose yra gausiai karšto vandens ir garo, kurių pagalba yra sukamos turbinos ir gaminama elektros energija. Tokie telkiniai eksploatuojami 24 šalyse ir pagamina 57 TWh energijos per metus. Jėginių galingumas kinta nuo 0,3 iki 133 MW. Jų efektyvumas konvertuojant šilumą į elektros energiją yra 7-20%. Elektros savikaina yra 4-7 eurocentai už kilovatvalandę. Jei kartu gaminama ir šiluma, tai tokios šilumos savikaina tėra 0,4-0,7 eurocentai. Kitos dvi telkinių grupės – sausos uolienos ir superkritiniai telkiniai kol kas komerciškai nenaudojami.

## 5.2. Lietuvos geoterminis laukas

Lietuva yra vienoje seniausių Rytų Europos platformoje, kuriai būdingas nedidelis tektoninis aktyvumas. Tokios platformos yra sąlyginai vėsios, čia kol kas retai imamas komercinių projektų. Lietuva, tiksliau jos vakarinė dalis, sudaro svarbią išimtį. Vidutinis Žemės šilumos srauto intensyvumas Rytų Europos platformoje yra 42 mW/m<sup>2</sup>. Tačiau Vakarų Lietuvoje, o ypač pietinėje jos dalyje, grėžiniuose buvo nustatytas gerokai didesnis šilumos srautas siekiantis 70-80 mW/m<sup>2</sup>, o kai kuriuose grėžiniuose net 90-100 mW/m<sup>2</sup> (5.5pav.)

Vakarų Lietuvos geoterminės anomalijos prigimtis yra dvejopa. Pirmiausiai tai yra specifinė kristalino pamato uolienų sudėtis. Pagrindinę Žemės šilumos dalį (įvairiais skaičiavimais nuo 45 iki 90%) sudaro šiluma, kurią generuoja uolienose esančių elementų, tokių kaip K, Th, U, radioaktyvus skilimas. Lietuvoje iširta virš 300 kristalino pamato bandinių, nustatyta, kad Vakarų Lietuvos uolienos generuoja gerokai daugiau šilumos, nei Rytų Lietuvoje.



5.7 pav. Žemės šilumos srautas,  $mW/m^2$ .

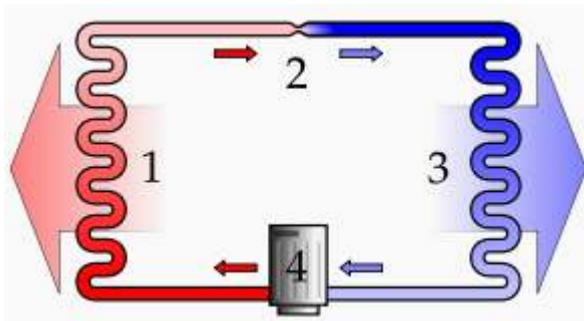
Lietuvos vietose jis kiek mažesnis – 32-38  $^{\circ}C/km$ . Palyginimui, rytinėje Lietuvos dalyje geoterminis gradientas tėra 20-25  $^{\circ}C/km$ .

Be padidintos Žemės plutos uolienų radiogeninės šilumos generacijos Vakarų Lietuvos padidintam šilumos srautui įtakos turi ir mantijoje vykstantys aktyvūs procesai. Skaičiavimai rodo, kad šilumos srautas iš manijos čia yra dvigubai didesnis, nei Rytų Lietuvoje. Kol kas nėra aiški šios mantijos anomalijos prigimtis, tačiau manoma, kad tai gali būti susiję su jos padidintu šilumos laidumu, siejamu su geologiniais procesais vykusiais ankstyvajame proterozojuje, kai formavosi kontinentinė Žemės pluta. Tokios išimtinės geologinės sąlygos atveria perspektyvas geoterminės energijos vystymui Lietuvoje.

### 5.3. Seklioji geoterminė energetika

Šilumą galima tiekti ne tik iš gilių geoterminių horizontų, kuriuose yra padidintos temperatūros. Didžiuliai ir seklūs geoterminiai išteklių. Ši kryptis dar vadinama sekliąja geotermija ir turi milžinišką potencialą. Šiuos išteklius dažniausiai eksploatuoja individualūs vartotojai šilumos siurblių pagalba. Šilumos siurblio darbinė schema primena šaldytuvą, tačiau atlieka šildymo funkciją, nors, esant poreikiui, gali vėsinti patalpas karštomis dienomis. Šiluma iš Žemės paviršinių sluoksnių ar grunto gali būti imama įvairiais metodais, priklausomai nuo geologinės aplinkos. Dažniausiai apie 1 metro gylyje kieme yra išvedžiojamas vamzdynas-kolektorius, kuriuo cirkuliuoja neužšalantis skystis absorbuojantis žemėje (arba tvenkinyje) sukauptą šiluminę energiją (5.8 pav.). Ši energija šilumokaityje perduodama freonui ar panašiam darbiniam skysčiui, kuris naudojamas šildyti vandenį namuose. Taip pat gali būti gręžiamas keliolikos ar keliasdešimt metrų gylio gręžinys, į kurį nuleidžiama cirkuliacinė kilpa, vadinamasis gręžinio šilumokaitis. Rečiau naudojama kelių gręžinių sistema, kai iš vieno gręžinio siurbiamas požeminis vanduo, o kitu gręžiniu panaudotas vanduo gražinamas į vandeningą sluoksnį. Seklios geoterminės instaliacijos nėra naujiena Lietuvoje. Vien įmonė „Naujos idėjos“ šalyje jau įrengė virš 1000 vienetų ir šiais metais prognozuoja, kad instaliacijų skaičius padidės ketvirtadaliu. Tarp stambių objektų, naudojančių šilumos siurblius, paminėtina šv. Petro ir Povilo bažnyčia Vilniuje, taip pat planuojamos panašios instaliacijos kitose Lietuvos bažnyčiose. Šiuo metu Lietuvoje veikia keliolika įmonių, kurios įrengia šilumos siurblius. Sparčiai didėjančią seklios geoterminės energijos paklausą lemia kylančios dujų, mazuto, biomasės kainos, prognozuojamas didžiulis

elektros energijos kainų šuolis. Tai verčia vartotojus ieškoti alternatyvių sprendimo būdų, mažinant išlaidas patalpų šildymui ir karštam vandeniui. Pavyzdžiui, 250 m<sup>2</sup> patalpų apšildymui geoterminė instaliacijos kaina yra apie 40000 litų. Šildymas ir karšto vandens ruošimas vidutiniškai atsieina 2600 litų per metus. Tad, tokia sistema gana greitai atsiperka ir gali sėkmingai veikti apie 30 metų. Šiuo metu pasaulyje šilumos siurbliai naudojami daugiau kaip trisdešimtyje šalių, instaliuota apie pusantro milijono vienetų, daugiausia Šiaurės Amerikoje ir Europoje. Per paskutinius metus augimas siekia 24%, panašiai Lietuvos vidurkiui.

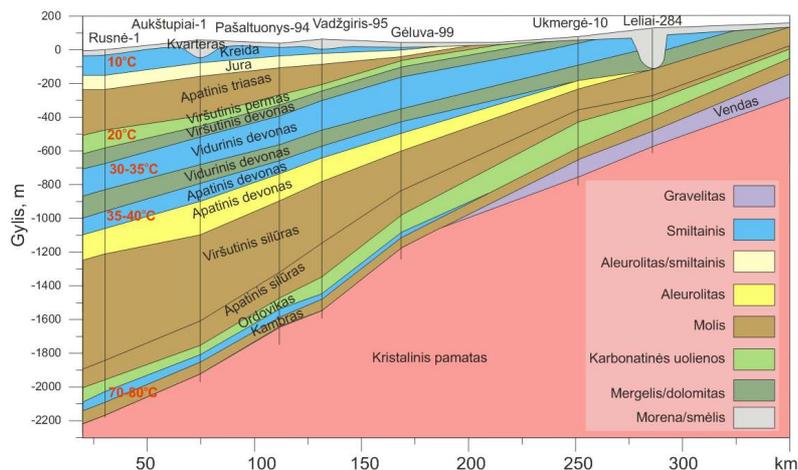


5.8 pav. Kairėje viršuje - supaprastinta šilumos siurblio schema ir darbini ciklas: 1– kondensatorius, 2-vožtuvas, 3-garintuvas, 4-kompresorius. Kairėje apačioje – šilumos kolektorius. Dešinėje – šilumos siurblys

#### 5.4. Geoterminės šilumos tiekimas

Lietuvos nuosėdinėje dangoje, kurios storis siekia 0,2-2 km ir slūgso ant kristalinio pamato uolienu, yra milžiniški karšto vandens išteklių, kurių esamomis technologijomis negalima ekonomiškai racionaliai naudoti elektros gamybai (nors techniškai įmanoma), tačiau galima tiekti šilumą ir karštą vandenį.

Jau pirmykščiai žmonės prieš tūkstančius metų naudojo geoterminius vandenis šildymui, maudyklėms ir maisto virimui. Tačiau pirmosios geoterminės stotys pradėtos statyti tik devyniolikto amžiaus pabaigoje, kai 1890-1891 metais Boise mieste (Idaho valstija, JAV) buvo išgręžti du geoterminiai gręžiniai tiekti šilumą miestui. Nuo to laiko šiluminės geoterminės stotys buvo įrengtos daugelyje pasaulio valstybių (septyniasdešimt vienoje), veikiančių stočių bendras galingumas siekia 28 tūkst. MW<sub>s</sub>, jos pagamina 73 tūkst. GWh šiluminės energijos per metus. Tai sudaro apie 0,5% pasaulio energijos gamybos pajėgumų.



5.9 pav. Lietuvos geologinis pjūvis vakarai-rytai. Mėlyna spalva parodyti pagrindiniai smėlingi vandeningi sluoksniai, kuriuos galima panaudoti geoterminėms stotims.

Šiluma iš žemės gelmių tiekama daugiau kaip 70 pasaulio valstybių. Viena jų yra ir Lietuva. Klaipėdoje nuo 2004 metų veikia 18 MW projektinio galingumo geoterminė stotis, kuri tiekia karštą vandenį Klaipėdos miestui. Ji buvo įsteigta kaip demonstracinis objektas – be komercinės funkcijos, stotis atlieka ir šilumos energijos Lietuvoje testavimo funkcijas, sprendžiant geologinius, inžinerinius ir kitus klausimus ir tuo pačiu sudarant prielaidas naujų stočių efektyviam įrengimui. O problemų yra nemažai, kadangi kiekvienas regionas turi specifinių, tik jam būdingų, geologinių bruožų įtakojančių geoterminės stoties veiklą. Klaipėdoje išgręžti keturi gręžiniai, du iš jų ima 38°C vandenį iš daugiau kaip kilometro gylio vandeningo sluoksnio, o dviem gręžiniais panaudotas vanduo gražinamas atgal. Geoterminę šilumą į Klaipėdos miesto termofikacinius tinklus perduoda keturi šilumą absorbuojantys siurbliai.

Klaipėdos geoterminė stotis naudoja apatinio devono vandeningą sluoksnį, vieną iš trijų stambiausių geoterminių kolektorių Lietuvoje (kiti du – kambro ir vidurinio-viršutinio devono). Pats stambiausias ir vandeningiausias yra vidurinio-viršutinio devono sluoksnis, tačiau jo temperatūra yra mažiausia – Vakarų Lietuvoje siekia 30-35°C (5.9 pav.). Vieno gręžinio geoterminis potencialas, priklausomai nuo diametro (dažniausiai naudojami 18 ir 25 cm diametro gręžiniai), Vakarų Lietuvoje vertinamas nuo 5 iki 9 MW. Apatinio devono sluoksnis, kurį naudoja Klaipėdos geoterminė stotis, storis kiek mažesnis, tačiau temperatūra yra 35-50°C. Skaičiavimai rodo, kad vieno gręžinio potencialas siekia 5-10 MW. Giliausias kambro kolektorius yra didžiausios temperatūros - 70-90°C. Tačiau jis yra ploniausias (50-70 m), gerokai prastesnių kolektorių savybių. Todėl vieno gręžinio potencialas tesiekia 1-4 MW.

Šie skaičiai rodo, koks milžiniškas šilumos šaltinis glūdi Lietuvos geologiniuose sluokniuose. Pagrindinė geoterminių stočių riboto vystymo priežastis yra ekonominė – geoterminė šiluma gana brangiai kainuoja (pagrindinę kaštų dalį sudaro gilių gręžinių gręžimas), didelės pradinės investicijos. Tačiau sparčiai kylančios energetikos kainos ir išteklių trūkumas (pvz. nėra aišku ar Lietuvai pakaks dujų, tiekiamų iš Rusijos, kiekio uždarius Ignalinos AE) sudaro palankias prielaidas geoterminės energijos plėtrai. Be to, Klaipėdos demonstracinė jėgainė suteikė labai svarbių žinių apie vietines geologines sąlygas,

šios žinios leidžia gerokai pagerinti technologinius sprendimus ir sumažinti naujos geoterminės stoties kaštus. Svarbu, kad keičiasi ir pastatų šildymo sistemos, kurioms nebereikia tokių aukštų temperatūrų, kaip senose centrinio šildymo sistemose.

Geoterminiai išteklių svarbūs ne tik tiesioginiam šilumos tiekimui, tačiau gali būti kompleksiskai naudojami ir kitose srityse, tuo didinant šios energijos ekonominį efektyvumą. Geoterminių kolektorių požeminis vanduo pasižymi unikaliomis cheminės sudėties savybėmis, todėl gali būti naudojamas balneologijos centrų steigimui, kaip žymioji Žydroji lagūna Islandijoje, kurioje gydamos odos ligos, taip pat baseinų rengimui. Pvz. gretimose Lenkijoje instaliuotų sistemų, naudojamų balneologijai ir maudykloms, galimumas siekia 7 MW. Dideli geoterminio-balneologinio vandens išteklių yra Neringoje, Palangoje, kituose pajūrio vietose. Taip pat nemažą potencialą turi žuivivaisa – geoterminis vanduo užtikrina stabilią temperatūrą ištisus metus. Galima steigti džiovyklas (pvz. medienos ar vaisių ir daržovių), šildyti šiltnamius. Kai kurios pasaulyje veikiančios geoterminės jėgainės tiekia šilumą sūrių, mėsos ir kitoms įmonėms gaminti produkciją.

### 5.5. Geoterminės elektros gamybos perspektyvos Lietuvoje

Elektra, naudojant Žemės šilumą, gaminama beveik šimtmetį, kai 1908 metais Italijoje Lardrello Velnių slėnyje buvo įrengta pirmoji geoterminė jėgainė varoma iš Žemės gelmių besiveržiančio garo, o pirmoji elektros lemputė naudojant Žemės šilumos energiją buvo įžiebtą trimis metais anksčiau. Tad geoterminės elektros gamyba šiame švenčia jubiliejų. Pusę amžiaus Lardrello jėgainė buvo vienintelė pasaulyje, kol 1958 m. Naujoje Zelandijoje nebuvo įrengta antra jėgainė. Per pastaruosius penkiasdešimt metų į geoterminės elektros gamybos „klubą“ jau įstojo dvidešimt keturios šalys, kurių bendra geoterminių jėgainių galia yra 9 tūkst. MWe, jos pagamina 57 tūkst. GWh elektros energijos per metus. Tai labai nedidelė dalis tos milžiniškos energijos, kuri glūdi Žemės gelmėse. 5.10 paveikslėlyje parodytos veikiančios pasaulyje geoterminės jėgainės. Matyti, kad jos išsidėsčiusios grandinėmis, kurios žymi litosferinių plokščių sandūros zonas, kuriose vyksta aktyvūs tektoniniai ir geoterminiai procesai. Tokiose zonose nediliose giliose sutinkamos aukštos temperatūros, pakankamos elektros gamybai. Tačiau tokios temperatūros gali būti pasiektos visose šalyse, tačiau gerokai didesniuose gyliuose, kas riboja jų ekonominį efektyvumą. Visgi, sparčiai vystantis technologijoms, pradedami įsisavinti nauji regionai, anksčiau laikyti neperspektyviais. Dar prieš penkis metus ekonominė geoterminės elektros gamybos riba buvo siejama su 200°C temperatūra. Dabar ši kartelė nuleista iki 120-150°C, o kai kurios geoterminės jėgainės pasaulyje jau naudoja telkinius, kurių temperatūra tėra 100°C. Tad, galimybės steigti geotermines jėgaines Lietuvoje tampa realija ir neturėtų būti atidedamos tolimesiems perspektyvai. Tam ypač palankios ekonominės, politinės ir ekologinės sąlygos.



5.10 pav. Geoterminės jėgainės

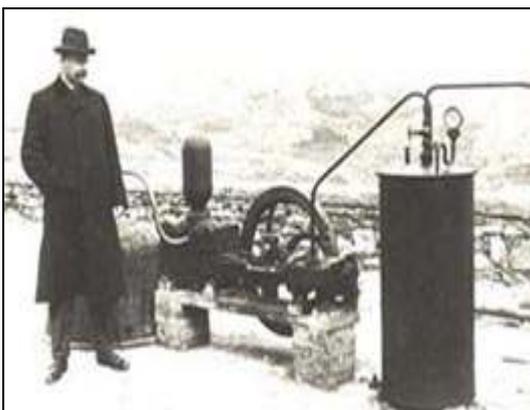
Europos Sąjungos valstybės, tame tarpe ir Lietuva, yra įsipareigojusios didinti vietinių atsinaujinančių energijos išteklių įsisavinimą, tačiau kol kas šių įsipareigojimų vykdymas gerokai atsilieka nuo planų.

Ekonomiškai efektyvi 150°C laipsnių temperatūra Lietuvoje sutinkama tik kristalino pamato uolienose. Geoterminis modeliavimas rodo, kad mažiausias gylis yra pietinėje Vakarų Lietuvos dalyje ir pietiniame pajūryje, kur

150°C izoterma yra 4,3-4,5 km gylyje. Kituose Vakarų Lietuvos rajonuose ši temperatūra yra giliau – nuo 5 km (pvz. Klaipėdoje) iki 6 km. Palyginimui – rytinėje Lietuvos dalyje jos gylis siekia 7-8 km.

Šiuolaikinių geoterminių jėgainių telkinių gylis siekia iki 5 km, tad Vakarų Lietuvos perspektyvos techninių galimybių požiūriu vertinamos optimistiškai. Tačiau kristalinio pamato uolienoms trūksta antros pagrindinės telkiniui reikalingos dalies – vandens. Uolienų šilumos energija gali būti gręžiniais eksploatuojama tik vandens ar garo pagalba, kaip tai yra dabar veikiančiose jėgainėse Islandijoje, JAV, Centrinėje Amerikoje ir kt., kur stipriai supleišėjusiose uolienose yra pakankamai vandens ir garo. Tuo tarpu Lietuvos kristalinis pamatas, išskyrus pačią viršutinę išdūlėjusią dalį, yra sausas. Su panašia problema susiduria ir daugelis šalių, kuriose yra padidintas Žemės šilumos srautas, tačiau uolienose nėra vandens. Tokiu milžinišku potencialu pasižymi, pavyzdžiui, vakarinė Italijos dalis, tačiau geoterminės jėgainės veikia tik Toskanoje, turinčioje kristalinėse uolienose pakankamai vandens.

Įsisavinant šiuos geoterminius išteklius buvo sukurta speciali technologija, besiremianti stimuliuotų sausų uolienų koncepcija (angliškas trumpinys HDR/EGS). Tokių sistemų pagrindas yra požeminio šilumokaičio sukūrimas sausose uolienose. Šilumokaitis formuojamas gręžiniais pumpuojant vandenį į uolienas dideliu slėgiu, kuris viršija uolienų atsparumą ir atidaro esančius uolienoje plyšius bei plėšo naujus (procesas vadinamas hidrosuplėšymu). Taip įrengiamas stimuliuotų plyšių koridorius, į kurį gręžiniais pumpuojamas šaltas vanduo, jis įkaista iki uolienų temperatūros (150-200°C) ir jau karštas gražinamas į paviršių. Tad, pagrindinis tokių sistemų sėkmės pagrindas yra požeminio šilumokaičio suformavimas, kuris, pasirodė, besąs labai sudėtingas. Geologinių šilumokaičių formavimo eksperimentai jau vykdomi 35 metus. 1973 m. Los Alamos (JAV) buvo išgręžti pirmieji gręžiniai ir hidrosuplėšymo būdu suformuotas šilumokaitis. Vėliau prie tyrimų prisijungė Bad Urachas (Vokietija, nuo 1975 m.), Fenton Hillas (JAV, nuo 1980 m.), Cornwallis ir Rosemanowes (Anglija). Nuo 1986 m. pradėti eksperimentai Japonijoje (Hijion, Ogachi ir kt.). 1986 m. startavo labai svarbus Soultzo projektas Prancūzijoje. Priešingai nei buvo tikėtasi, šie tyrimai parodė, kad geologinių šilumokaičių įrengimas yra sudėtinga problema, reikalaujanti kompleksinio fizikinių, mechaninių, hidraulinių, geocheminių procesų vykstančių stimuliuojamoje ir eksploatuojamoje uolienoje supratimo.



5.11 pav. Kairėje – pirmoji geoterminė elektros instaliacija Lardello. Dešinėje – šiuolaikinė Lardello geoterminė jėgainė.



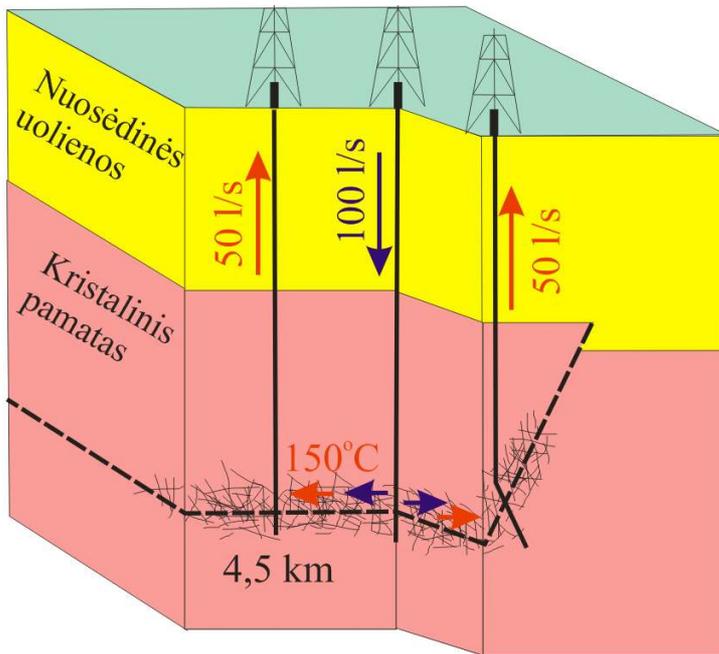
Tik pastaraisiais metais buvo pasiektas žymus progresas formuojant geoterminius telkinius sausose uolienose, o tai lėmė ir pirmųjų komercinių projektų inicijavimą. Europoje pirmasis komercinio pobūdžio projektas pradėtas Bazelyje (Šveicarija) Reino grabeno pietuose, kur šilumos srautas yra 100-130 mW/m<sup>2</sup>, tad kiek didesnis, nei Lietuvoje. Numatyta gręžti tris 5 km gylio gręžinius – vienu centriniu gręžiniu bus pumpuojamas vanduo 100 l/s debitu, kitais dviem gręžiniais įkaitęs vanduo bus pakeliamas į paviršių, kur kaitinant specialų organinį skystį arba azoto-vandens mišinį bus sukamos turbinos, sujungtos su elektros generatoriumi. Tačiau aktyviausiai geoterminiai išteklių išsavinami Australijoje, kuri pasižymi labai panašiomis į Lietuvą geologinėmis sąlygomis. Nuo 2004 m. išduotos 103 licencijos geoterminių telkinių žvalgybai ir geoterminių jėgainių steigimui.

Prognozuojant komercinės geoterminės jėgainės pajėgumus Vakarų Lietuvoje vertinami du svarbiausi parametrai - temperatūra ir vandens, pratekančio per uolienas iš injekcinio į gavybos gręžinius, kiekis (5.11 pav.). Patyrimas rodo, kad kristalino pamato uolienose suformuotu plyšių koridoriumi galima praleisti nuo 50 iki 100 l/s vandens. Esant maksimaliai 100 l/s cirkuliacijai geoterminės jėgainės Vakarų Lietuvoje galingumas, aušinant vandenį iki 60-70°C laipsnių, bus 3,5-4,0 MWe. Jei debitas sieks 80 l/s, jėgainės galingumas vertinamas 3,0 MWe, 60 l/s – tik 1,5 MWe. Tai rodo, kaip svarbu yra gerai įrengti geologinį šilumokaitį. Jo charakteristikos priklauso nuo tinkamai parinktos geologinės struktūros, todėl labai svarbu teisingai atlikti telkinių paieškas ir žvalgybą. Ilgamečiai tyrimai parodė, kad neįmanoma sukurti pakankamai gero kolektoriaus mažai plyšiuotose kristalinėse uolienose. Būtina ieškoti vidutinio dydžio tektoninių lūžių ir plyšių zonų, kurias stimuliuojant hidrosuplėšymo būdu galima suformuoti pakankamai laidžius vandeniui plyšius. Perspektyvių lūžių kryptis ir polinkio kampas priklauso nuo tektoninių įtampų lauko. Vakarų Lietuva yra veikiamą tektoninio tempimo. Atitinkamai, yra perspektyvūs stačiai palinkę lūžiai orientuoti ŠSR-PPV kryptimi. Tokie lūžiai nėra reti Vakarų Lietuvoje, tad perspektyvos įrengti tinkamus geoterminius telkinius yra vertinamos teigiamai.

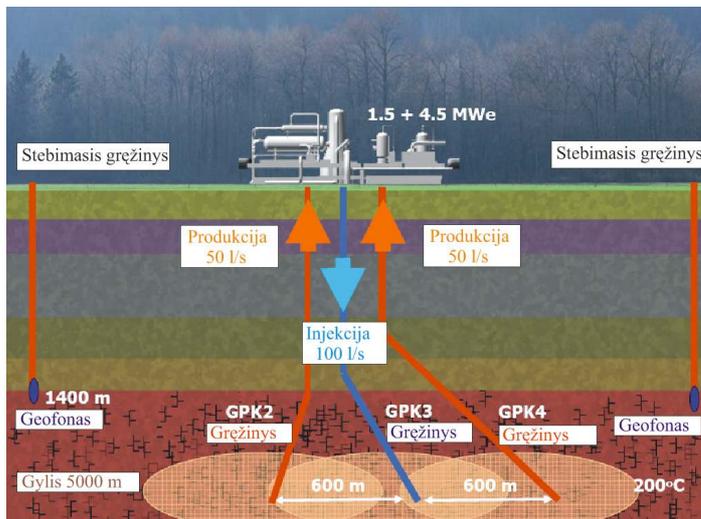
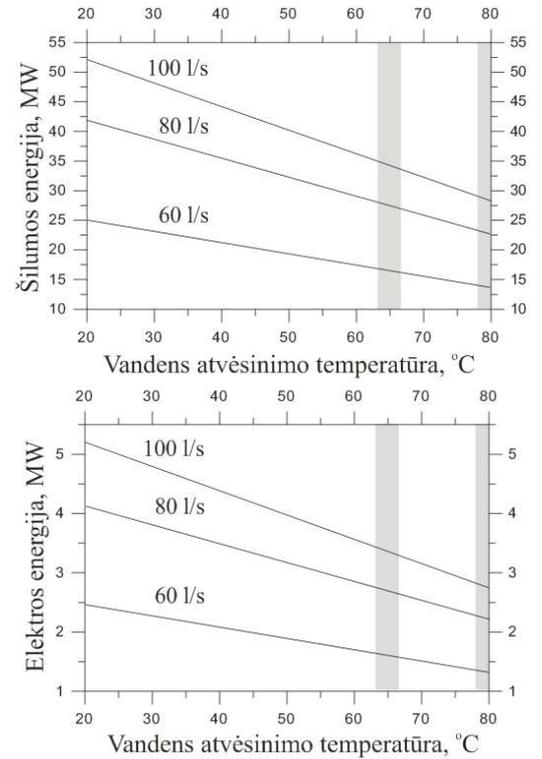
Ekonominiai skaičiavimai rodo, kad geriausią ekonominę efektą duoda jėgainės, kurios gamina ne tik elektros energiją, bet kartu ir šilumą (kogeneracija). Šiuolaikinis elektros gamybos efektyvumas, naudojant 150°C temperatūrą, tėra 10-13%. Be to, vandenį, gaminant elektrą, technologiškai nėra racionalu atšaldyti žemiau 60°C laipsnių. Tad lieka didelis neišnaudotos šilumos kiekis. Vakarų Lietuvos geoterminės jėgainės galingumas gali siekti iki 35 MW šilumos energijos. Todėl labai svarbu parenkant vietą jėgainei atsižvelgti ne tik į geologines, bet ir į infrastruktūros sąlygas.

Pirmasis komercinis projektas prieš kelis metus pradėtas Bazelyje (Šveicarija). Čia stimuliuojami Reino grabeno statūs tektoniniai lūžiai ir plyšių zonos, į kurias numatyta gręžti 5 km gylio gręžinių tripletą. Planuojamas vandens cirkuliacijos debitas yra 100 l/s. Temperatūra telkinyje yra 195°C, bus gražinamas 70°C temperatūros vanduo.

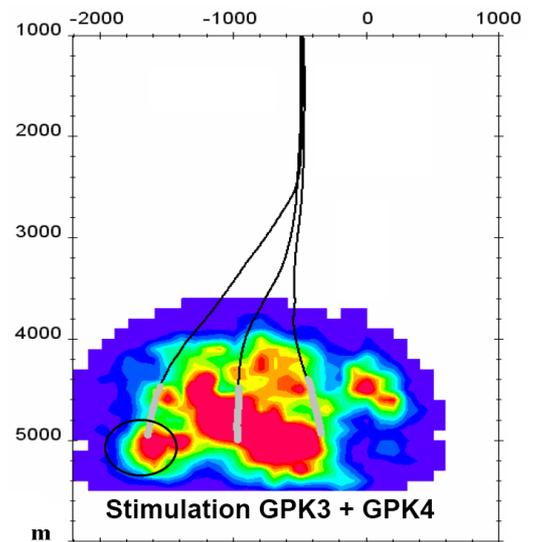
Tačiau didžiausios perspektyvos siejamos su Australija, kur 33 privačios kompanijos pateikė paraiškas 277 plotams geoterminių telkinių paieškoms ir vystymui. Bendras investicijų dydis siekia 590 mln. JAV dolerių (devintadalis šios sumos skirtas Australijos vyriausybei). Pirmosios jėgainės, kurių galingumas sieks kelis megavatus, bus pastatytos po kelerių metų. Geoterminės energijos plėtrą stabdo ne tik neišspręsti kai kurie technologiniai klausimai, bet ir gana aukšta šios energijos rūšies kaina. Tačiau kaina labai priklauso nuo geoterminio telkinio tipo. Aukštatemperatūrinių telkinių gaminama elektra neretai yra gerokai pigesnė, nei įprastinėse jėgainėse gaminama elektra (pavyzdys – Islandija). Vidutinių temperatūrų telkiniai šilumos tiekimui taip pat dažniausiai yra rentabilūs. Aukštą ekonominę efektą turi ir seklioji geotermija.



5.12 pav. Kairėje - Vakarų Lietuvos geoterminio telkinio koncepcija. Dešinėje - geoterminės jėgainės naudojanti 150°C telkinį šilumos ir elektros energijos gamybos priklausomybė nuo vandens cirkuliacijos debito.



5.13 pav. Soultzo (Prancūzija) EGS jėgainės schema. Vienas injekcinis ir du gavybos gręžiniai iki 5 km gylis. Šviesiai ruda spalva parodytas EGS kolektoriaus suformavimas kristalinėse uolienose. Telkinio temperatūra 200°C.



5.14 pav. Seisminių įvykių, kuriuos sukėlė plyšių atsivėrimas pumpuojant vandenį uolienas, pasiskirstymas rodantis kolektoriaus kristalinėse uolienose suformavimą (Dyer, 2005)

Tuo tarpu EGS sistemų, su kuriomis ir siejamos pagrindinės energijos gamybos Europoje perspektyvos, ekonominis efektyvumas yra mažesnis. Jis priklauso nuo keleto pagrindinių parametru, tokių kaip telkinio temperatūra, suformuoto kolektoriaus dydžio ir laidumo vandeniui, uolienu atšalimo laiko, gręžinių gylio ir atstumo tarp jų, vandens praradimo plyšių sistemoje, teisingai parinkto binarinės sistemos darbo režimo.

Dauguma ekonominių modelių, vertinant EGS ekonomiką, remiasi tipinės EGS jėgainės schema, kuri geriausiai atspindi realius EGS ekonominius parametrus, be to leidžia efektyviau skaidyti išlaidas ir ieškoti jų optimizavimo galimybių.

Tipinę EGS jėgainės schemą galima apibūdinti šiais skaičiais:

- Gręžinių skaičius – du (dupletas) arba trys (tripletas);
- Gylis – 4-5 km;
- Vienas injekcinis siurblys (400 m gylyje);
- Telkinio temperatūra – 150-200°C;
- Vandens debitas – 75-100 kg/s;
- Injekcinio vandens temperatūra – 65-75°C;
- Binarinę sistema sudaro ORC ciklas – efektyvumas 10-12,5%;
- Jėgainės galingumas – 3-4 MW;
- Parazitinė elektra, kurią sunaudoja injekcinis siurblys – 1,0-1,5 MW;
- Telkinio eksploatacijos trukmė – 20-30 metų.

Gilaus gręžinio kaina siekia 4-6 mln.€. ORC antžeminių instaliacijų kaina – 4,5 mln.€, siurblio – 0,8 mln.€. Geologiniai tyrimai kainuoja 0,5-1 mln.€, eksploatacinės išlaidos – 3,5% kapitalinių įdėjimų. Tad, šiuolaikinės tipinės EGS jėgainės kaina bus 20-25 mln.€. Įkalkuliuojant kapitalo kaštus, pelną ir kitus finansinius rodiklius, tipinėje EGS jėgainėje pagamintos elektros kaina yra apie 20 eurocentų, t.y. apie 70 Lietuvos centų už kilovatvalandę. Ši kaina kol kas viršija geoterminės elektros supirkimo kainas Europos šalyse. Didžiausia kaina mokama Vokietijoje – 15 eurocentų, o, pavyzdžiui, Prancūzijoje ji yra 12 eurocentų. Tačiau reikia turėti omenyje, kad geoterminės elektros tarifai yra aukštesni, nei biodujų ar vėjo, bet gerokai atsilieka nuo saulės energijos tarifų.

Reikia taip pat turėti omenyje, kad aritmetinis skirtingo tipo jėgainių galingumo palyginimas nėra teisingas. Geoterminės jėgainės veikla, skirtingai nuo vėjo ar saulės, nepriklauso nuo sezoniškumo ir klimato pokyčių. Tad, 1 MW EGS sistema savo efektyvumu atitinka 3-4 MW vėjo jėgainę (atitinkamai turi būti lyginami ir instaliuoto 1 MW kaštai). Taip pat reikia turėti omenyje, kad EGS sistemos neišmeta į orą CO<sub>2</sub>, skirtingai nuo biomasės, o tai taip pat turi įtakos ekonomikai atsižvelgiant į vis griežtesnius ES reikalavimus. Tačiau iš kitos pusės, EGS sistemos gerokai sudėtingesnės, nei vėjo ar saulės.

## 5.6. Socialiniai aspektai

Atsinaujinantys energijos šaltiniai, nežiūrint jų patrauklumo, kaip alternatyva teršiančiam kurui, susiduria su tam tikra visuomenės opozicija. Pažymėtina biokuro įtaka šiuo metu greitai didėjančioms maisto produktų kainoms - milžiniški žemės plotai, pirmiausiai JAV, anksčiau naudoti maisto produktų gamybai buvo pertvarkyti biokuro žaliavos auginimui, tad mažėja pasiūla. Vėjo energetika susiduria su kai kurių regionų vietinių gyventojų pasipriešinimu, be to, ryškėja kai kurios ekologinės problemos. Su pastarosiomis susiduria ir saulės energetika.

Geoterminė energetika paprastai traktuojama, kaip saugiausia ir neteršianti aplinkos. Daugelių atvejų tai teisinga, tačiau kai kuriuose regionuose, kur vyksta aktyvūs geologiniai procesai, su geoterminiu vandeniu išsiskiria kai kurios nemaloniai kvėpiančios dujos (pirmiausiai siera), kas, be abejojimo, sukelia vietinių gyventojų nepasitenkinimą. Tokia opozicija gana stipri netgi pačiame seniausiame geoterminiame regione Toskanoje. Be to tankus vamzdinių tinklas gerokai gadina gražų landšaftą. Daugumoje Graikijos salų yra labai palankios geoterminės sąlygos, tačiau kol kas nėra nei vienos veikiančios jėgainės. Viena pagrindinių priežasčių yra prieš kelis dešimtmečius privačios kompanijos padarytos klaidos Miloso saloje – įrengta nedidelė pilotinė jėgainė, kurios tikslas buvo patikrinti geoterminės energijos išsavinimo technologines galimybes ir dėl to nebuvo įrengti nemalonaus kvapo dujų separatoriai, kas sukėlė didžiulį vietinių gyventojų nepasitenkinimą. Pagrindinės jėgainės statyba buvo uždrausta, nepaisant to, kad jos planuose buvo numatytas dujų atskyrimas. Be to, vietiniai gyventojai įsitikinę, kad geoterminės jėgainės sužalos vietinį landšaftą ir tuo atbaidys turistus. Kitose šalyse, kaip Ramiojo vandenyno regionas, Centrinė Amerika nemažą vietinių gyventojų pasipriešinimą kelia prietarai, kadangi, kaip taisyklė, geoterminės jėgainės planuojamos karščiausiuose taškuose, kur vyksta vulkanizmas, veržiasi geizeriai, todėl su tokiomis vietomis susiję įvairūs prietarai apie ten snaudžiančius ir neva pažadintus dievus ar pan.

Tad, kalbant apie geoterminės energetikos plėtrą labai svarbus tokių šalių, kuriose šios problemos buvo sėkmingai sprendžiamos, patyrimas ir mokymasis iš praeities klaidų.

Kitas svarbus aspektas – palankaus politinio klimato sudarymas, ką akivaizdžiai iliustruoja Vokietijos pavyzdys, kur geoterminės energijos išsavinimas dabar vykdomas labai sparčiai, ypač pietvakarinėje šalies dalyje. Čia stebime savotišką geoterminės karštligės protrūkį, kai privačios kompanijos Apatinio Reino ir Molastos baseinuose steigia vis naujas hidrotermines jėgaines.

Kritiška analizė rodo, kad tam tikrų geotermijos „ligų“ reikia ieškoti ir pačioje gamybinėje sferoje. Privačios energetikos ir gamybinės kompanijos, su retomis išimtimis (pvz. ENEL), turi mažą patyrimą ir kompetenciją steigiant tiek požeminę, tiek antžeminę geoterminių jėgainių dalis. Gamybininkai taip pat linkę palikti vystymą ir riziką kitiems (ypatingai grėžimo srityje). Nedidelės ir sudėtingos sistemos, kaip EGS, kol kas mažiau patrauklios kompanijoms, nei kitos sistemos, kaip vėjas ar saulė, tad laikomasi „palauksime ir pažiūrėsime“ politikos. Todėl čia reikalingas įvairiapusis dialogas tarp suinteresuotų pusių, kurios apimtų mokslo ir techninę visuomenę, politikus, pramoninkus. Šituo požiūriu svarbi ir Lietuvos pozicija, laikantis pasyvaus stebėtojo, ar aktyvaus dalyvio rolės.

## Literatūra

1. Kepežinskas K., Rastenienė V., Suveizdis P. 1996. Vakarų Lietuvos geoterminė anomalija. Monografija. Vilnius: Geologijos institutas. 68 p.
2. Rastenienė V. 1994. Geotermija – progresuojanti tyrimų sritis. Geologijos akiračiai. 3. 46-48.
3. Rastenienė V. 1994. Kambro hidroterminis kompleksas Vilkaviškio mieste. Gelmių geologinio naudojimo ir apsaugos problemos Lietuvoje. Vilnius: Geologijos institutas. 67-69.
4. Rastenienė V. 1999. Žemės šiluma – alternatyvus energijos šaltinis. Geologijos akiračiai. 2. 8-13.
5. Rastenienė V., Bohm S., Seibt P., Rohstock B., Schmidt P. 1997. Bendradarbiavimas su Vokietijos specialistais geoterminės energijos tyrimų srityje. Regioninė Vilkaviškio miesto padėtis Lietuvoje ir gretimų valstybių atžvilgiu. Geoterminis biuletenis. 3. 15- 25.
6. Rastenienė V., Rogalskis K., Pavlovas N. 1999. Pirmosios geoterminės jėgainės Lietuvoje. Statyba ir architektūra. 9. 57-60.
7. Suveizdis P., Rastenienė V. 2005. Žemės gelmių šiluma Lietuvoje: ekologiška, atsinaujinanti energijos rūšis. Geografijos metraštis. XXXVIII. Vilnius: GGI.
8. Suveizdis P., Zinevičius F. 1994. Geoterminė energija. Mokslas ir technika. 10. 11-13.
9. Šliaupa S. 2008. ENGINE – naujos geoterminės energetikos galimybės. Mokslas ir technika. 2008/3. 26-27, 43.
10. Šliaupa S. 2008. Žemės šilumos naudojimas elektros energijos gamybai. Elektros erdvės. 2008 1(19). 22-25.
11. Šliaupa S. 2008. Geoterminė energetika Lietuvoje: dabartis ir perspektyvos. Mokslas ir gyvenimas. 2008 Nr.4(594).
12. Šliaupa S. 2009. Lietuvos hidrogeoterminiai ištekliai. Geologijos akiračiai. Nr. 3/4 p. 11-19.
13. Zinevičius F. 2001. Į XXI amžių - su modernia technologija. Mokslas ir gyvenimas. 6. P. 6.
14. Zinevičius F. 2002. Geoterminės energijos plėtra Respublikoje. Mokslas ir technika. 7-8. P.20.

## 6. Tema Saulės energijos panaudojimo technologijos. Lietuvos situacija ir perspektyvos

*Parengė prof. Algirdas Jonas Raila*

### 6.1. Saulės energija, resursai ir panaudojimas

Visa kas žemėje egzistuoja ir gyva – tai saulės energijos dėka. **Saulės energija** – galingas branduolinis reaktorius, kuriame vandenilis nuolat virsta heliu. Šio virsmo metu į kosmosą išspinduliuojama didelis kiekis energijos, kuris pasiekia žemę. Pereidama į Žemę Saulės energija vidutiniškai pasiskirsto taip: 35 % atsispindi atgal į kosmosą, 19 % sugeria atmosfera, 46 % pasiekia paviršių. Apie 95 % Saulės energijos pasiekia žemę trumposiomis bangomis, kurių ilgis 0,3-3  $\mu\text{m}$  (mikro metrų). Pasiekusios energijos kiekis dažniausiai išreiškiamas tam tikram plotui, paprastai - Vatais kvadratiniam metrui ( $\text{W}/\text{m}^2$ ). Žemės atmosferą pasiekiančios energijos kiekis yra apytiksliai lygus  $1367 \text{ W}/\text{m}^2$ . Dalis šios energijos yra prarandama spinduliams skverbiantis pro atmosferą, todėl Saulėtą dieną žemės paviršių pasiekia vidutiniškai apie  $1000 \text{ W}/\text{m}^2$  Saulės energijos. Nors apskritai, Saulės energijos kiekį (potencialą) bet kurioje žemės vietoje įtakoja Saulės padėtis danguje (kuo Saulė arčiau zenito tuo didesnis energijos kiekis pasiekia žemę) bei dangaus debesuotumas. Be abejo konkrečios vietos padėtis ir klimatas žemėje taip pat turi tam įtakos. Visas šiuo metu išgaunamas organinis kuras taip pat susidarė veikiant Saulės energijai fotosintezės reakcijų metu.

Panaudojamas Saulės energijos kiekis priklauso nuo vietovės Saulės energijos potencialo, klimatinių sąlygų, naudojamų technologijų ir jų pritaikomumo. Šiuo metu Saulės energija dažniausiai naudojama šioms reikmėms: šiltamėgių daržovių auginimui, šildymui/vėdinimui, elektros gamybai, cheminiams procesams, džiovimui. Populiariausias Saulės energijos panaudojimo būdas yra patalpų šildymas bei karšto vandens gamyba.

Saulės energetikos privalumai lyginant su tradiciniais energijos ištekliais:

- Energija iš Saulės yra nemokama;
- Priklausomai nuo Saulės energijos naudojimo paskirties, energetinės technologijos gali būti labai pigios (pvz.: pasyvus patalpų šildymas, ž.ū. produktų džiovinimas ir pan.);
- Esant poreikiui Saulės energetinės sistemos gali užtikrinti nepriklausomą apsirūpinimą energijos resursais (pvz.: elektra, šilumos energija);
- Saulės energija yra nesibaigianti bei pakankamai neįsisavinta;
- Saulės energija yra ekologiškai švari energija, kuri neteršia aplinkos bei neskatina pasaulinio klimato atšilimo efekto.

Saulės energetikos trūkumai lyginant su tradiciniais energijos ištekliais:

- Nepastovi energijos gamyba, kintant Saulės apšviestumui;
- Ribotas Saulės energetinių technologijų panaudojimo laikas, priklausomai nuo paros ir sezono;
- Dideliam galingumui generuoti reikalingas santykinai didelis žemės plotas;
- Priklausomai nuo Saulės energijos naudojimo paskirties, energetinės technologijos gali būti labai brangios, o jų atsipirkimo laikas labai ilgas (pvz.: elektros energijos gamyba);

- Patikimam energetinės sistemos veikimui reikalingas energijos kaupimo įrenginys arba papildomas (rezervinis) energijos šaltinis.
- Dažniausiai Saulės energetikos vystymui šalyje reikalinga valstybės finansinė parama.

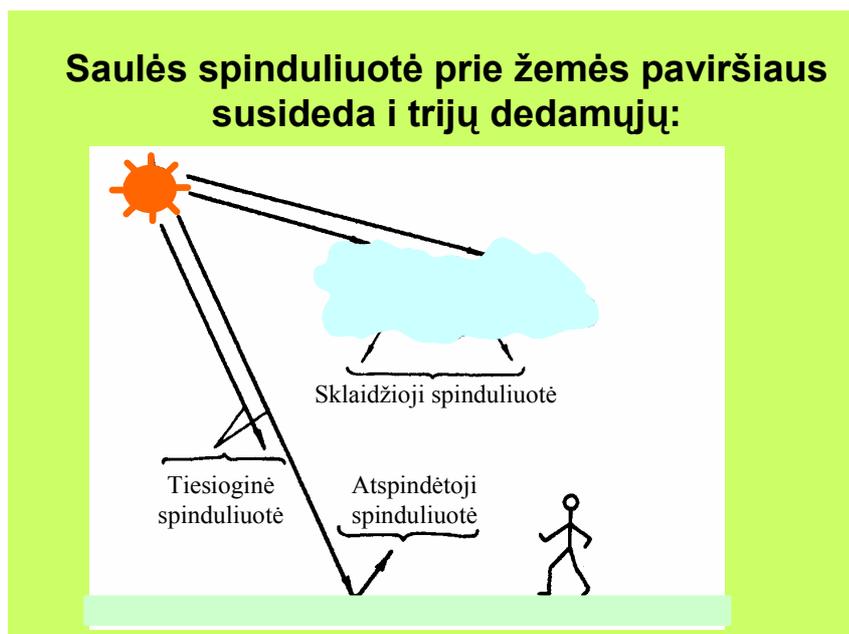
Lietuvoje Saulės energetikos panaudojimą skatina *Nacionalinė energetikos strategija, Nacionalinė energijos vartojimo efektyvumo didinimo programa, Energetikos įstatymas, Elektros energetikos įstatymas.*

Žiemą šildomės tik per vasarą (mediena), arba per šimtmečius ar tūkstantmečius suakumuliuota saulės energija. Tai akmens anglis, durpės, nafta (iš jos ir dujos) ir kita. Saulės energija: akmens anglies, durpių ir naftos pavidale yra sunkiai išgaunama, nebeatsinaujina, jos nėra šalia mūsų, ją reikia pirkti ir atsivežti iš kitur. Dėl visų šių priežasčių yra brangi ir ją reikia pirkti. Planuojant šalies ateitį, ir energiją, kuria bus šildomi pastatai, reiktų orientuotis į greitai atsinaujinančią (suakumuliuotą per vasarą ar kelias vasaras), šalia esančią, ir nesunkiai išgaunamą saulės energijos formą. Tai tiesioginiai saulės spinduliai, vėjas, ten kur yra – upės vandens tėkmės energija, ir – labiausiai prieinamą, daugiausiai paplitusią – medieną. Mediena – tai vienas iš pastoviai atsinaujinančios, per vasarą suakumuliuotos saulės energijos formų.

Diskusijas apšildymo problemos sprendimo tema, galima išskirti į potemius :

1. galimybė panaudoti tiesioginius saulės spindulius;
2. Galimybė panaudoti vėją, tai kitos paskaitos tema;
3. Galimybė panaudoti augalų suakumuliuotą saulės energiją, tai taip pat kitos paskaitos tema.

Taigi, turėtume pagalvoti kaip suvartyti į pečių tiesioginius saulės spindulius kurie šildytų namus, kaip suakumuliuoti saulės spindulius augaluose ir kaip panaudoti vėjo energiją. Per parą į horizontalų 1 m<sup>2</sup> paviršių tokios energijos kiekis birželio mėnesį siekia 5,8 kWh, o sausį 0,55 kWh. 1840-1900 val. per metus saulė šviečia pajūryje, o šalies rytiniame pakrašty tik 1700 valandų.



8.1. pav. Saulės spinduliuotės sklaidos, žemės paviršiuje, schema



8.2. pav. Saulės pilnutinė spindulinė energija kWh /m<sup>2</sup> krentanti į horizontalią plokštumą laikotarpiu nuo 04 01 - 10 31d.

Didėjant organinio kuro suvartojimui pasaulyje, didėja ir atmosferos užterštumas CO<sub>2</sub>. Jo kiekis atmosferoje yra beveik 25 proc. didesnis negu prieš šimtą metų. Išsivysčiusiose pasaulio šalyse dedama daug pastangų sumažinti CO<sub>2</sub> išsiskyrimą ir atitolinti ekologinę katastrofą. Vienas kelių šiam tikslui pasiekti - kuo plačiau naudoti saulės energiją. Energetika, pagrįsta atsinaujinančiais energijos šaltiniais, jų tarpe ir saulės, yra reali ir perspektyvi. Organinio kuro išteklių labai netolygiai išsidėstę pasaulyje, o Lietuvoje jų beveik nėra. Todėl naudoti saulės energijos įrenginius yra būtina.

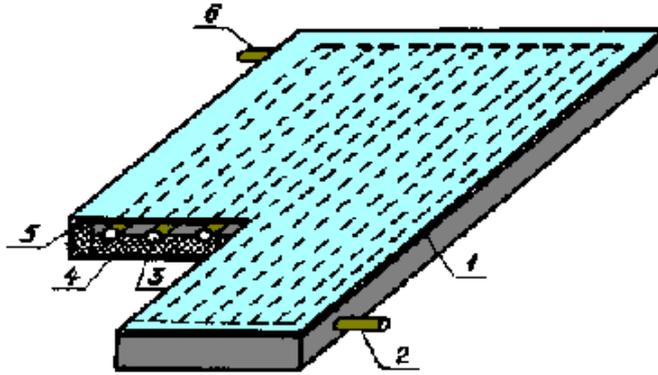
8.1. lentelė Horizontalaus paviršiaus apšvieta Saulės spinduliais Kaune vidurdienį saulės laiku, kW/m<sup>2</sup>

Mėnesiai											
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Tiesioginė apšvieta, esant giedram dangui											
0,15 0,28	0,28	0,44	0,63	0,68	0,72	0,77	0,62	0,46	0,33 0,18	0,18	0,10
Visuminė apšvieta, esant giedram dangui											
0,23	0,39	0,56	0,75	0,81	0,85	0,81	0,75	0,57	0,42 0,25	0,25	0,16
Tiesioginė apšvieta, esant vidutiniam debesuotumui											
0,03 0,08	0,08	0,17	0,19	0,28	0,32	0,27	0,25	0,18	0,09 0,02	0,02	0,02
Visuminė apšvieta, esant vidutiniam debesuotumui											
0,12 0,22	0,22	0,37	0,42	0,55	0,59	0,54	0,48	0,37	0,21	0,09 0,08	0,08

### Dabar saulės energija daugiausia paverčiama šiluma ir elektra

Pasaulyje ir Lietuvoje saulės energija plačiausiai naudojama vandeniui ir pastatams šildyti. Panagrinėkime, kaip saulės energiją galima versti į šiluminę.

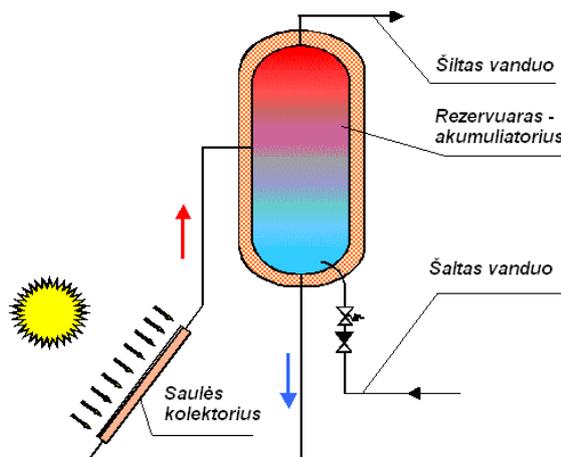
Paprasčiausias, saulės spindulius surenkantis įrengimas – tai dvi plokštumos tarp kurių yra vanduo. Viršutinė plokštuma turi būti skaidri, o apatinė juoda ir nepermatoma. Tokiame įrenginyje vanduo nuo saulės spindulių išyla iki 60 laipsnių ir gali šildyti pastatus. Tačiau tai tinka tik vasarą saulėtą dieną ir gali būti naudojama tik buitinio vandens šildymui. Vis tiek tai verta panaudoti, nes vandens šildymui ir vasarą kūrenamos katilinės.



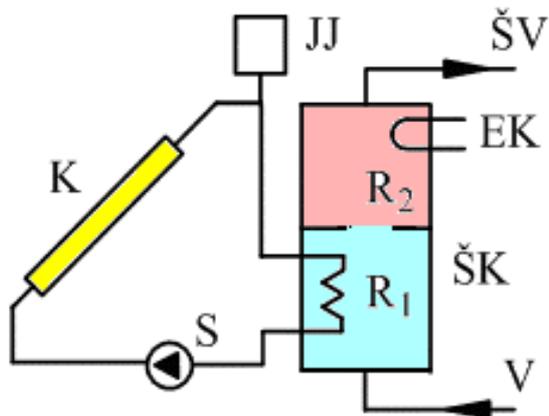
8.3. pav. Vandens šildymo saulės kolektoriaus konstrukcija:

1 – skaidri danga; 2 – įėjimo vamzdis; 3 – vamzdynas; 4 – absorberis; 5 – korpusas; 6 – išėjimo vamzdis.

Visi saulės kolektoriai turi bendrą elementą - šilumą sugeriančią plokštę - absorberį arba tūrinį šilumos kaupiklį (žr. 8.3, 8.4 pav.). Šilumos nešiklis gali būti skystis ar oras (žr. 3,6 pav.). Pagal pasiekiamą temperatūrą saulės kolektoriai skirstomi į žemos, vidutinės ir aukštos temperatūros.

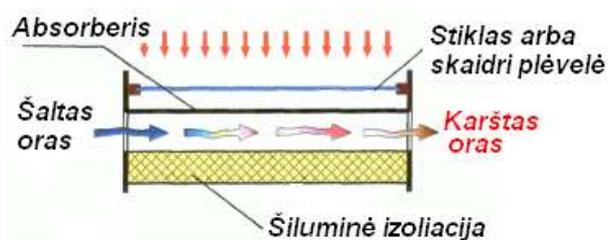


8.4. pav. Saulės kolektorius su šilumos akumuliacija



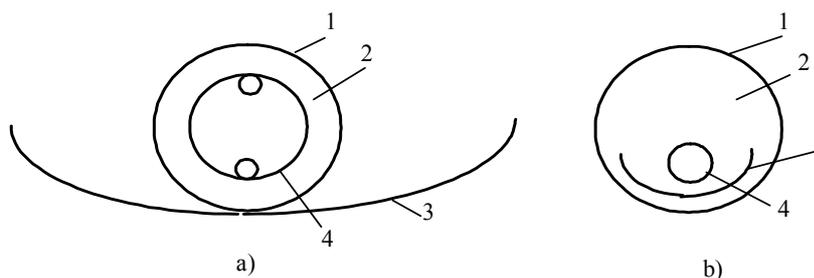
8.5. pav. Šilto vandens ruošimo sistema su elektriniu vandens šildytuvu:

K – Saulės kolektorius; II – išsiplėtimo indas; S – siurblys; V – vanduo iš vandentiekio; R1 ir R2 – vandens rezervuaras – šilumos akumuliatorius; EK – elektrinis vandens šildytuvas; ŠV – šiltas vanduo vartojimui.



8.6. pav. Saulės kolektorius - orui šildyti

Kolektoriai gali būti fokusuojantys ir plokšti. Fokusuojančiuose saulės kolektoriuose saulės spinduliai patenka į išgaubtą veidrodinį paviršių, nuo kurio atsispindėję koncentruojasi ant absorberio su šilumos nešikliu ir sušildo jį iki vidutinių ir aukštų temperatūrų.

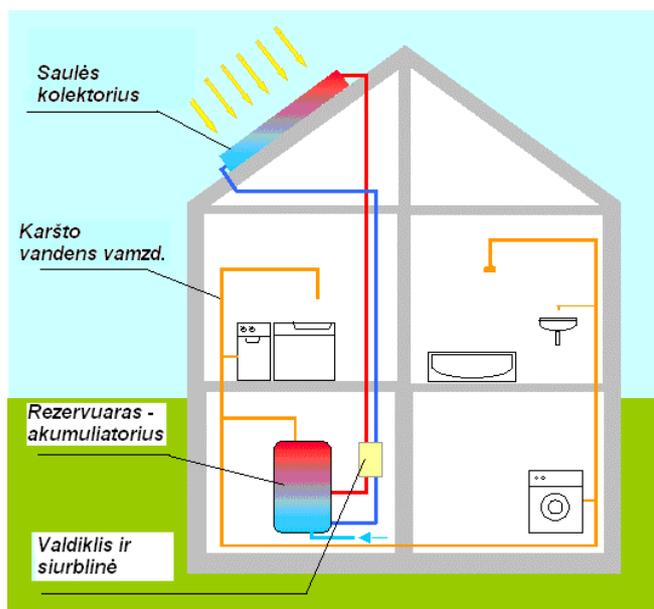


8.7. pav. Vakuuminio kolektoriaus vamzdžio konstrukcija

a – su išoriniu reflektoriumi; b – su vidiniu reflektoriumi;

1 – išorinis skaidrus vamzdis; 2 – vakuumuota ertmė; 3 – reflektorius; 4 – absorberio vamzdis su selektyvia danga

Šie saulės kolektoriai priima tik tiesioginę saulės spinduliuotės dedamąją, o nepriima sklaidžiosios, kuri mūsų platumose gali sudaryti iki 40 proc. visos spinduliuotės. Tai - didžiausias jų trūkumas. Kad toks koncentratorius efektyviai veiktų, būtina įrengti sekimo sistemą



8.8. pav. Šilto vandens ruošimo sistemos išdėstymas individualiame name

Paprasčiausi ir pigiausi, sugeriantys visą patenkančią spinduliuotę, yra plokštieji kolektoriai (8.3, 8.6 pav.). Jų sudėtinės dalys yra šios:

a) skaidri apsauginė danga (stiklas, organinis stiklas, plastmasinės plėvelės) trumpabangiams Saulės spinduliams praleisti ir sulaikyti infraraudoniesiems, taip pat apsaugoti šilumą sugeriančią plokštę nuo atmosferos poveikio. Stiklas yra geras šviesos laidininkas, ilgaamžis, tačiau sunkus ir neatsparus smūgiams. Skaidrios plastmasės yra lengvos ir nebrangios, bet veikiamos ultravioletinių spindulių po kelerių metų darosi mechaniškai nepatvarios, be to, jos neatsparios ir aukštomis temperatūroms;

b) saulės energiją sugerianti plokštė (absorberis) paverčia saulės spindulinę energiją šiluma ir perduoda šilumos nešikliui. Absorberiu tinkamiausios medžiagos yra varis, aliuminis, įvairių rūšių plienas. Absorberį galima pagaminti iš juodų plastmasinių vamzdžių išdėstant juos lygiagrečiai tam tikru atstumu vienas nuo kito arba iš vieno ilgo vamzdžio, susukant jį į plokščią spiralę. Toks kolektorius net ir apsiniaukusią dieną gali duoti nors ir nedaug, bet reikiamos temperatūros karšto vandens. Absorbuojančios plokštės paviršinis, dengiamasis sluoksnis turi gerai sugerti trumpųjų bangų spinduliuotę ir mažai išspinduliuoti ilgąsias bangas. Tam naudojamos selektyvios dangos, kurios padengiamos galvaniniu, cheminiu ar mechaniniu būdu. Selektyvios dangoms tinkamiausios cheminės medžiagos yra amonio sulfatas, nikelis, cinkas ir kt. Pats paprasčiausias ir pigiausias padengimo sluoksnis kol kas yra juodi dažai;

c) šilumos izoliacija, neprarandanti savybių iki 80-100°C ir nesugerianti drėgmės, dedama po saulės energiją sugeriančią plokštę. Norint sumažinti šilumos nuostolius spinduliuotimi, izoliacija dažnai dengiama aliuminio folija;

d) saulės kolektoriaus korpusas gaminamas iš plieno, aliuminio, plastmasių arba medienos.

### Principinė baseino šildymo sistemos schema

Veikimo principas paprastas. Baseino filtravimo sistemos siurblys pumpuoja vandenį per saulės kolektorių, kuriame vanduo pašyla veikiamas saulės spinduliuotės. Plokštieji kolektoriai sugers per metus maksimalų energijos kiekį (400 – 550 kWh/m<sup>2</sup>), jei bus orientuojami pietų kryptimi, o optimalus kolektoriaus polinkis į horizontą bus apie 45°. Naudojant plokščiuosius kolektorius vandeniui šildyti buitiniams reikalams jų plotas vienam

žmogui turėtų siekti 1,0–1,5 m<sup>2</sup>. Tokio Lietuvoje pagaminto kolektoriaus su selektyvine danga kaina būtų 500–700 Lt/m<sup>2</sup>.

Vasarą plaukymo baseino vandeniui šildyti naudojami absorberiai be apsauginės skaidrios dangos ir korpuso. Absorberiai paprastai konstruojami iš ultravioletiniams spinduliams atsparių plastmasių, gumos ar metalų. Tokioje sistemoje baseino vanduo yra šilumos akumuliatorius. Šiuo atveju nebūtina įrengti ir šilumokaitį. Geriausias saulės kolektoriaus polinkio į horizontą kampas yra 30–45°. Viso reikalingo komplekto kaina - 300–400 Lt vienam m<sup>2</sup> baseino ploto. Be šių dviejų saulės kolektorių tipų, naudojami stikliniai vakuuminiai kolektoriai. Šiuo metu pasaulyje gaminamų plokščiųjų vakuuminių kolektorių naudingumo koeficientas yra didesnis už plokščiųjų ir siekia 60 procentų. Tačiau jų kaina yra didesnė už plokščiuosius. Vakuuminio kolektoriaus darbo temperatūra siekia iki 200°C. Vakuumas labai sumažina šilumos nuostolius dėl konvekcijos ir šiluminio laidumo. Vakuuminių saulės kolektorių svarbiausia ypatybė ta, kad vamzdis, kuriame cirkuliuoja šilumos nešėjas, yra vakuume.

Realiai plokščiuosius saulės kolektorius galima naudoti dviejų tipų vandens šildymo sistemose. Tai sistemos su natūralia ir priverstine šilumos nešiklio cirkuliacija. (žr. 8.4, 8.5 pav.) Esant natūraliai cirkuliacijai, akumuliuojančio rezervuaro apačia vidutiniškai būna 0,3–0,5 m aukščiau už viršutinį kolektoriaus tašką. Vanduo tokioje sistemoje cirkuliuoja dėl skirtingo karšto ir šalto vandens tankio.

Esant priverstinei cirkuliacijai kolektoriaus ir rezervuaro tarpusavio padėtis gali būti bet kokia, nes vandenį varinėja periodiškai veikiantis siurblys. Kai temperatūra viršutinėje kolektoriaus dalyje tampa aukštesnė negu akumuliaciniame bake, elektroninis reguliatorius įjungia siurbli. Tokioje sistemoje gali būti sumontuotas rezervinis elektrinis kaitintuvas ar vanduo bake esant reikalui pašildomas ir iš katilinės. Sistema su priverstine cirkuliacija brangesnė, nes jai įrengti būtini papildomi įrenginiai. Norint tokias sistemas naudoti ir žiemą reikalingas šilumokaitis, o sistemą būtina pripildyti neužšalancio skysčio.

Lietuvoje yra tik keletas vandens šildymo saulės kolektoriais sistemų, kurių plotas apie 100 m<sup>2</sup>. Pavyzdinis projektas **saulės kolektoriais šildyti vandenį Kačerginės vaikų sanatorijoje**. 10 pav. Kačerginės vaikų sanatorijos demonstracinėje jėgainėje 78 m<sup>2</sup> plokštieji Saulės kolektoriai. Saulės kolektorius per metus tiekia apie 35 MWh šiluminės energijos.

Lietuvoje žemės ūkio produktai dažnai surenkami per didelio drėgnumo, todėl netinka ilgai laikyti. Aplinkos orą pašildžius keliais laipsniais, šieną, sėklojus, grūdus, vaistinius augalus ir kt. galima paruošti aukštos kokybės su mažomis koncentruotos energijos sąnaudomis. Šiam tikslui naudojami kolektoriai, kuriuose šildomas oras. Saulės kolektoriuose, kurie sutapdinami su gamybinių pastatų stogų ar sienomis, dažnai absorberiai būna statybinės konstrukcijos. Šiems tikslams gali būti naudojami plėveliniai saulės kolektoriai. Vasarą tokio kolektoriaus našumas siekia iki 200 kWh/m<sup>2</sup>. Jie greitai atsiperka.

Augalininkystės produktų tame tarpe ir medienos džiovinimui gali būti naudojami kilnojami saulės kolektoriai. Jų paprasta konstrukcija, nesudėtinga gamyba, naudojamos nebrangios medžiagos. Naudojant šiluminę džiovyklą 1 kg vandens iš grūdų išgarinti reikia sunaudoti apie (1,1–1,7) kWh energijos, tuo tarpu naudojant aktyviają ventiliaciją su saulės kolektoriais - tik (0,33–0,39) kWh. Džiovinant 1 t 24 % drėgnumo grūdų iki 14 % drėgnumo šiluminėmis džiovyklomis reikia apie 184 kWh/t, o aktyviają ventiliaciją su saulės kolektoriais - tik apie 47 kWh/t energijos.

Naudojant aktyviąją ventiliaciją su saulės kolektoriais augalininkystės produktams džiovinti galima gauti aukštos kokybės produktus. Tokie kolektoriai ateityje turėtų būti sutapdinti su pastatų statybinėmis konstrukcijomis.

Pagrindinė Europoje gaminamų saulės kolektorių paskirtis yra šildyti vandenį arba foto elektros gamybai. Kolektorių sistemos gali paversti šiluma nuo 35 proc. iki 45 proc. visos gaunamos per metus saulės energijos. Sistemos efektyvumas labai priklauso nuo kolektoriaus tipo, temperatūros skirtumo tarp kolektoriaus ir aplinkos, saulės spinduliuotės, sistemos vamzdynų, izoliacijos ir šilumos akumuliacijos galimybių.

Saulės energija naudojama ir pastatų šildymo sistemose, kurios skirstomos į pasyviašias, aktyviašias ir mišrias. Bet kokia šildymo sistema turi įvykdyti tris pagrindines funkcijas: sugerti ir paversti saulės spinduliuote šiluma; akumuliuoti šilumą, nes saulės radiacija nepastovi, per parą kinta; paskirstyti šilumą, t.y. tiekti norimą kiekį šiluminės energijos į šildymo zonas.

Pasyviosiose šildymo sistemose šios trys funkcijos yra atliekamos spontaniškai, vykstant natūraliems procesams. Jose gali būti naudojami įvairūs šilumos nuostolius mažinantys elementai: slankiojančios ir susisukančios užuolaidos, ekranai, reguliuojantys vožtuvai ir t.t.

Pasyviojoje šildymo sistemoje saulės energiją maksimaliai išnaudoti galima tik tinkamai parinkus pastato vietą, formą ir jo orientaciją pasaulio šalių atžvilgiu, taip pat pritaikius šios šildymo sistemos konstrukcinius elementus. Pasyviašias šildymo sistemas galima skirstyti į sistemą su tiesioginiu saulės šildymu ir į sistemą „masyvioji siena“. Esminis tiesioginės saulės šildymo sistemos ypatumas - tinkamas langų orientavimas į pietus. Įprastas lango stiklas labai gerai praleidžia saulės spindulius, kurių bangos ilgis yra nuo 0,4 iki 3 mm, bet praktiškai nepraleidžia infraraudonųjų spindulių (bangos ilgis apie 10 mm), kuriuos skleidžia patalpoje esantys kūnai. Tai gerai žinomas šiltnamio efektas, kuriuo remiamasi įrengiant įvairias pasyviašias šildymo sistemas. Kambario viduje turėtų būti tamsūs, sugeriantys saulės spindulius paviršiai, gerai akumuliuojantys šilumą ir turintys didelį šiluminį talpumą. Tam labai tinka betoninės grindys, dengtos tamsiomis plytelėmis. Šilumos absorbavimui pagerinti naudojami ir patalpų viršutiniai langai. Tais atvejais galinė kambario siena tampa irgi šilumos akumuliacoriumi ir gali perduoti šilumą kambariui šiaurės pusėje.

„Masyviosios sienos“ saulės šildymo sistema - tai stora (0,2-0,4 m) šilumai laidži siena iš akmenų, plytų, betono ir apsaugota nuo išorės poveikių vienu ar dviem stiklo sluoksniais. Saulės spinduliai sugeriami juodai dažyto arba selektyvine danga padengto sienos paviršiaus. Šyla pastato siena ir šildo orą, esantį tarp sienos ir stiklo. Oras plečiasi, lengvėja, prasideda termosifoninė oro cirkuliacija pro sienos viršuje ir apačioje įrengtas angas, kurios uždarnos suvienodėjus šildomos patalpos ir sienos temperatūroms. Optimalų 0,1-0,15 m atstumą tarp stiklo ir sienos padidinus iki 2 ir daugiau metrų, tokią patalpą (dar vadinamą žiemos sodu) galima naudoti ne tik įvairiems augalams auginti, bet ir šildyti už jos įrengtoms patalpoms (žr. 8.3 pav.). Perteklinei šiluminei energijai kaupti galima naudoti akumuliacorius (tai gali būti paprastos statinės su vandeniu), kurie padeda išlyginti patalpos oro temperatūros svyravimus. Tinkamai suprojektavus ir įrengus tokią šildymo sistemą, Lietuvoje galima sutaupyti 10-30 proc. pastato šildymui reikalingos šilumos.

Saulės energiją galime tiesiogiai versti elektra. Tai atliekama puslaidininkuose. Jei į 1 cm<sup>2</sup> fotoelementą krinta 100 mW šviesos srautas, galima gauti 10-18 mW elektros galią. Šiuo metu pramoninės gamybos fotoelementų efektyvumas siekia 13-15 proc., o eksperimentinių

pavyzdžių - 30 procentų. Saulės elementai gali būti formuojami, bet kokiam puslaidininkyje. Daugiausia paplitę silicio saulės elementai, nes gerai ištirtos jo fizinės ir technologinės charakteristikos. Saulės elementai gali būti gaminami iš monokristalinio, polikristalinio bei amorfinio silicio.

Moduliai naudojami stogo ir sienų konstrukciniuose elementuose privalo būti atsparūs drėgmei, šalčiui, estetiškai. Tokie moduliai vis labiau populiarėja Europoje. Vokietija, Austrija, Šveicarija yra paskelbusios „1000 stogų“ programas, kuriose valstybė išpareigoja remti individualių namų savininkus, išsirengusius fotoelektrines saulės jėgaines. Nepaisant fotoelektros naudojimo privalumų, platų jos pritaikymą stabdo gan didelės pagamintos elektros energijos kainos.

Šiomet bendrovė „Precizika-MET SC“ atidarė pirmąją saulės elementų gamyklą Lietuvoje. Dar 5 įmonės tai planuoja padaryti artimiausiu metu. „Via Solis“, „BOD Group“, „Baltic Solar Energy“, „Baltic Solar Solutions“, „MG AB Precizika“ bei „TB eksportas importas“ planuoja diegti silicio, saulės elementų ir saulės modulių gamybos linijas.

**Fotoelektros technologijų ir verslo asociacijos** įmonių planai siejami su atsiveriančiomis eksporto rinkomis. Investicijos į naujos pramonės šakos atsiradimą 2010-2012 m. sieks 150-200 mln. litų. Šios krypties atsiradimą palaiko Vyriausybė, verslininkai investuoja padedami Europos Sąjungos fondų. Prognozuojama, kad fotoelektros technologijų įmonių apyvarta Lietuvoje 2016- 2018 m. pasieks 1,6 mlrd. litų.

Lietuvoje pastaruoju metu pastebimas susidomėjimas fotoelektros bei kitų atsinaujinančių energijos šaltinių panaudojimu, tačiau tai dar tik pradžia. Energijos šaltinių įvairovė tik didės, o mažėjant fotoelektrinių įrenginių kainai bei daugėjant informacijos apie juos, didės ir fotoelektros panaudojimas Lietuvoje.

Saulės kolektoriaus naudojimo ekologiniai - ekonominiai aspektai:

- Deginant mažose katilinėse akmens anglį CO<sub>2</sub> emisija siekia 0,42 kg/kWh,
- Deginant skystą kurą – 0,33 kg/kWh,
- Deginant gamtines dujas – 0,22 kg/kWh.
- Vandens šildymo sistemos, naudojant paprasčiausius savos gamybos Saulės kolektorius,
- lyginamoji kaina 150 – 250 Lt/m<sup>2</sup>.
- Pramoninės gamybos Saulės kolektorių su juodojo metalo absorberiu kaina 350 – 800 Lt/m<sup>2</sup>, o kolektorių su spalvoto metalo selektyviais absorberiais 1000 – 2000 Lt/m<sup>2</sup>.
- Kilnojamų oro šildymo kolektorių kaina 30 - 50 Lt/m<sup>2</sup>.
- Lietuvos sąlygomis Saulės kolektoriai per metus gali duoti 280 – 350 kWh/m<sup>2</sup> šiluminės energijos. Spalvotojo metalo kolektoriai su selektyviu absorberiu – apie 400 – 600 kWh/m<sup>2</sup>.
- Orui šildyti kolektorius tarnauja 8 – 10 metų ir per metus duoda 150 – 250 kWh/m<sup>2</sup> šiluminės energijos.

## 7. Biomasės energijos panaudojimo technologijos. Lietuvos situacija ir perspektyvos.

*Parengė dr. Rimvydas Ambrulevičius, dr. Algirdas Gulbinas*

### 7.1. Biokuras

Nacionalinėje energetikos strategijoje numatyta, kad atsinaujinančių energijos išteklių dalis bendrame šalies pirminės energijos balanse 2025 m. turi būti ne mažesnė kaip 20%. Energetikos strategijoje vietiniai energijos šaltiniai laikomi prioritetine energetikos plėtros sritimi. Tuo tikslu numatoma naudoti biomasės išteklius, kurie tinka kuro bei degalų gamybai. 2010 metais 12 % energijos poreikių privalėsime padengti iš vietinių energetinių išteklių (apie 12–15 mlrd. kWh). Šį išpareigojimą teks vykdyti, laikantis Kioto susitarimo dėl aplinkos taršos mažinimo, deginant mineralinės kilmės kurą.

Lietuva importuoja daugiau kaip 90 % pirminių energetinių išteklių. Importą galima sumažinti naudojant atsinaujinančios energijos šaltinius, vienas iš kurių – vietinis biokuras. Svarbiausiu jo tiekėju yra žemės ūkis. Čia ypač svarbi ir socialinė reikšmė, nes augalinės biomasės ruošimas biokurui atlieka svarbų vaidmenį kaimiškiesiems regionams vystyti ir darbo vietoms kurti.

Kuru vadinamos medžiagos, kurias techniškai ir ekonomiškai apsimoka deginti, kai reikia gauti šilumą. **Biokuras** – iš biomasės pagaminti degūs dujiniai, skystieji ir kietieji produktai, naudojami energijai gaminti (biomasė – biologiškai skaidi biologinės kilmės žaliavų, atliekų ir liekanų, gaunamų žemės ūkyje, miškų ūkyje ir susijusiose pramonės šakose dalis, taip pat biologiškai skaidi pramoninių ir komunalinių atliekų dalis). Biokuro degieji elementai yra anglis (C), vandenilis (H) ir sieras (S). Su šiais elementais jungiasi deguonis (O) ir azotas (N), sudarydami kuro vidinį balastą. Kure taip pat yra drėgmės ir mineralinių medžiagų, kurios sudegus kurui, virsta pelenais. Biomasės kuro cheminė elementinė sudėtis skiriasi nuo iškastinio kuro. Vidutinė biomasės degios dalies elementinė sudėtis yra tokia: anglies 42 – 51 %, vandenilio 5,7 – 6,3 %, deguonies 39 – 43,7 %, be to, biomasėje gali būti apie 0,01–0,2 % sieros, apie 0,25 – 0,3 % azoto. Priklausomai nuo augimo ir doravimo sąlygų biokure gali būti ir iki 0,2 – 0,75 % chloro.

Kaitinant kietąjį kurą, skaidosi termiškai nepatvarios jo organinių junginių molekulės, išskirdamos dujinius produktus, vadinamus lakiosiomis medžiagomis. Lakiosios medžiagos susideda iš degiųjų junginių – angliavandenilių, anglies viendeginio ir vandenilio bei nedegiųjų – anglies dvideginio ir garo. Anglies kiekis, išsiskyrus lakiosioms medžiagoms, vadinamas likutine anglimi arba koku.

Lakiosios medžiagos turi didelę įtaką kuro degimui. Didžioji jų dalis sudega kūryklos erdvėje, sudarydamos liepsną. Likutinė anglis sudega ant ardyno. Lakiųjų medžiagų užsidegimo temperatūra yra žemesnė negu anglies, todėl jos užsidega pirmiausia. Kurui, turinčiam didelį lakiųjų medžiagų kiekį charakteringas geresnis jo sudegimas. Biokuras, lyginant su kitomis kietojo kuro rūšimis, turi didžiausią lakiųjų medžiagų kiekį.

Drėgmė – tai vandens kiekis kure. Kaip žinome, biomasės kuras gerai sugeria vandenį. Drėgmė kure gali kisti nuo 0 iki 60 % kuro naudojamosios masės. Esant dideliame drėgnumui, kurą sunkiau uždegti, mažesnis jo šilumingumas, nes kure esančiam vandeniui išgarinti suvartojama dalis degimo metu išsiskyrusios šilumos (1 kg drėgmės iš biomasės išgarinti reikia apie 3,5 – 4 MJ energijos). Deginant drėgną kurą žemėja kūryklos temperatūra, blogėja šilumos mainai. Todėl vienas iš svarbiausių kietojo biokuro kokybės parametrų yra jo drėgnis.

Kuro drėgnumas paprastai charakterizuojamas santykinė drėgme, t. y. drėgmės kiekiu, išreikštu procentais kuro naudojamosios masės atžvilgiu. Kuro drėgmė nustatoma džiovinant jį iki pastovios masės laboratorinėmis sąlygomis.

Likutis, susidarantis kurui sudegus, vadinamas pelenais. Kuro peleningumas priklauso nuo mineralinių medžiagų, esančių kuro masėje arba patenkančių į kurą jį ruošiant, transportuojant bei sandėliuojant. Kuro peleningumas nustatomas laboratorinėmis sąlygomis. Iš pradžių iš kuro pašalinama drėgmė jį džiovinant ir nustatoma bandinio sausoji masė. Vėliau, kurą sudeginus, nustatoma pelenų masė. Pelenų masės ir bandinio masės dalmuo išreikštas procentais ir yra kuro sausosios masės peleningumas. Medienos biokuro peleningumas yra apie 1 %, šiaudų iki 6 %.

Vienas svarbiausių biokuro rodiklių yra jo šilumingumas. Šilumingumas – tai energijos kiekis, išsiskiriantis visiškai sudegus kuro masės ar tūrio vienetui. Naudojamos dvi kuro šilumingumo sąvokos: viršutinis ir apatinis šilumingumas (kiti terminai: aukšutinė šiluminė vertė ir žemutinė šiluminė vertė, bendrasis ir grynasis šilumingumas). Skirtumas tarp viršutinio ir apatinio šilumingumo tas, kad viršutinis šilumingumas yra didesnis dėl šilumos, kuri išsiskiria kondensuojantis degimo produktuose esantiems vandens garams (kondensuojantis 1 kg vandens garų išsiskiria apie 2,3 – 2,5 MJ energijos). Viršutinis šilumingumas nustatomas laboratoriniais metodais, o apatinis – skaičiavimo būdu, pagal viršutinio šilumingumo reikšmę. Viršutinis kuro šilumingumas gali būti taip pat nustatomas skaičiavimo būdu, jei žinoma kuro elementinė sudėtis. Naudojamo biokuro šilumingumas priklausomai nuo jo drėgumo ir rūšies yra 5 –19 MJ/kg, t.y. gerokai mažesnis už iškastinį kurą. 7.1 lentelėje pateikta kai kurių rūšių biokuro šilumingumo reikšmės.

7.1 lentelė. Kietojo biokuro grynasis šilumingumas, MJ/kg ( 1 MJ = 0,277 kWh)

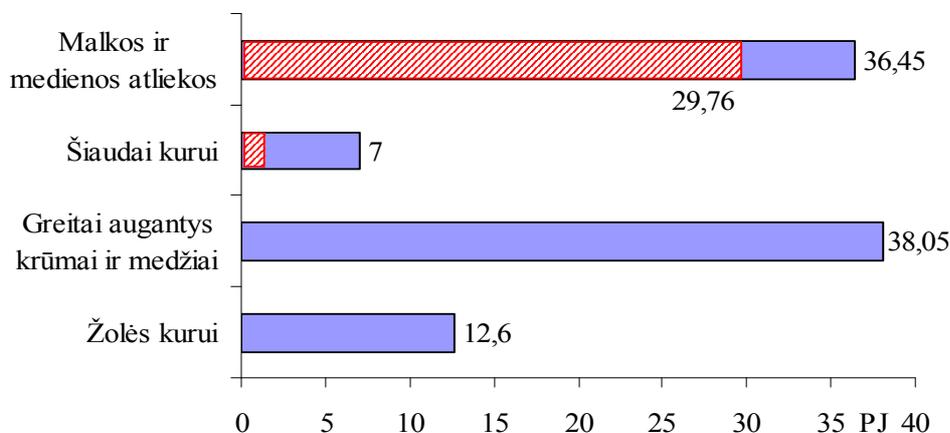
Biokuro pavadinimas	Šilumingumas, MJ/kg
Mediena (sausą masę)	Apie 19
Mediena: 50 % drėgmo	8
40 % drėgmo	10,3
30 % drėgmo	12
20 % drėgmo	14,4
Medienos granulės 10 % drėgmo	17
Šiaudai 10 – 20 % drėgmo	14,5 – 15
Daugiametės žolės (sausą masę)	17,1 – 18,5
Palyginimui – mazuto šilumingumas yra apie 40 MJ/kg	

Lietuvos biomasės energetikos asociacijos LITBIOMA duomenimis, šiuo metu ir 2020 metais Lietuvoje numatomi tokie biomasės ištekliai:

7.2 lentelė. Biomasė ir jai prilygstantys ištekliai (tūkst. m<sup>3</sup> / tūkst. tonų naftos ekvivalento)

Biokuro pavadinimas	2010 m.	2020 m.
Malkinė mediena	2664 / 465	3218 / 565
Miško kirtimo atliekos	882 / 150	1085 / 185
Medienos perdirbimo atliekos	1578 / 275	1627 / 283
Energetiniu medžių plantacijos	7 / 3	70 / 155
Atliekiniai šiaudai	2400 / 850	3500 / 1100
Komunalinės atliekos	1000 / 200	1000 / 200
Biodegalai	210 / 160	450 / 360
Iš viso	8741 / 2103	10500 / 2868

Bendras biomasės potencialas Lietuvoje, kuris gali būti panaudotas kietajam kurui vertinamas 94,1 PJ (pagal prof. I Šateikį), o šiuo metu išnaudojama apie 32% šio potencialo. Potencialo pasiskirstymas pagal šaltinius pateiktas 7.1 pav.



7.1 pav. Kietojo biomasės kuro potencialo pasiskirstymas (brūkšniuota dalis atitinka šiuo metu naudojamo biomasės kuro kiekį)

Regioninis biokuro potencialas Lietuvoje pasiskirstęs taip:

7.3 lentelė. Biokuro potencialas Lietuvoje (pagal dr. A. Genutį)

Apskritys	Biokuro potencialas, tūkst. t		
	Mediena	Šiaudai	Energetiniai augalai
Alytaus	99	4	276
Kauno	243	89	395
Klaipėdos	71	6	336
Marijampolės	104	96	126
Panevėžio	133	125	444
Šiaulių	186	158	392
Tauragės	120	3	213
Telšių	82	0	304
Utenos	81	0	654
Vilniaus	224	19	882

Energetinėms reikmėms skirti augalai (greitos apyvartos miškai ir krūmai bei aukštaūgės daugiamečių žolės) galėtų būti auginami 12,8% žemės ūkio naudmenų plote, duodami 98-126 GJ energetinės vertės kietojo biokuro iš vieno hektaro. Bendroji tokio kuro energetinė vertė sudarytų 50,65 PJ.

## 7.2. Kietasis biokuras

Kietasis biokuras – dažniausiai tai:

- malkos, pagamintos iš nukirstų medžių, juos sukapojant 0,25 – 0,5 m ilgio kaladėmis;
- miško ruošos atliekos – medžių šakos, viršūnės, kelmai;
- medienos perdirbimo atliekos – pjuvenos, žievės, skiedros ir kt.;

- skiedros – iš greitai augančių medžių plantacijų ir miško ruošos atliekų;
- šaudai;
- gūdai;
- daugiametės žolės;
- smulkintos biomasės briketai ir granulės.



7.2 pav. Malkų skaldiklis HS 5000W

Kietojo biokuro kokybinius ir kitus rodiklius reglamentuoja kietojo biokuro standartai, kuriuos tvarko Europos standartizacijos komiteto (CEN) Technikos komitetas 335, CEN/TK 335 Kietasis biokuras.

### 7.2.1 Medienos biokuras

Malkos seniausiai įsisavinta ir dabar naudojama biokuro rūšis. Gaminant malkas atliekamos šios pagrindinės technologinės operacijos: medžių pjovimas ir genėjimas; rąstų pjaustymas į trinkas ir skaldymas (miške arba kuro saugykloje); paruoštų malkų transportavimas į saugyklą; malkų džiovinimas ir laikymas. Medžiai pjaunami dažniausiai benziniais pjūklais, skaldymui naudojama speciali technika, pavyzdžiui 2,2 kW galios malkų skaldiklis (7.2 pav.) ar daug kitokių, įvairios galios ir našumo šios paskirties įrenginių.

Ką tik nupjautų malkų drėgnis gana didelis – iki 50 %, dėl to norint pagaminti kokybišką kurą jas reikia išdžiovinti iki 20 % drėgnio. Malkos dažniausiai džiovinamos palaidos sukrautos lauke į krūvas. Išdžiūvę malkos sukraunamos į rietuves ir laikomos uždengtos lauke, sukrautos pastogėje arba uždaroje saugykloje. 7.4 lentelėje pateikti įvairių medienos rūšių malkų naudojimo privalumai ir trūkumai. Pastaraisiais metais Lietuvoje plačiai naudojama medienos kapotinės – skiedrų gamyba. Tam naudojama įvairi technika, skirta gaminti skiedras iš rąstų, krūmų, energetinių gluosnių, šakų bei medienos atliekų.

7.4 lentelė. Įvairių medienos rūšių malkų naudojimo privalumai ir trūkumai

Malkų rūšis	Privalumai	Trūkumai
Ažuolinės, uosinės	Gera dega, kaitrios, švarios	Brangios, sunku rasti sausų arba reikia laiko išdžiovinti
Beržinės	Lengvai įsidega, kaitrios, lieka mažai pelenų	Laikomos drėgnai greit trūnija, deginant išsiskyręs degutas aptraukia dūmtraukį
Alksninės	Nerūksta, dūmtraukyje išvalo suodžius	Mažiau kaitrios, gali būti patrūnijusios
Pušinės	Jei seno ir sakingo medžio – kaitrios, degdamos skleidžia malonų kvapą	Malkoms lieka tik mažiau kaitrūs sausuoliai, deginamos užteršia dūmtraukį sakais ir suodžiais
Eglinės	Netrūnija net ir ilgai saugomos	Sakingos, užteršia dūmtraukį suodžiais, lieka daug pelenų
Drebulinės	Neturi nei deguto, nei sakų, todėl tinka maistui virš ugnies ruošti, išvalo suodžius dūmtraukyje	Dažniausiai būna patrūnijusios, drėgnos ir sunkiai išdžiovinamos, todėl prastai dega, nekaitrios

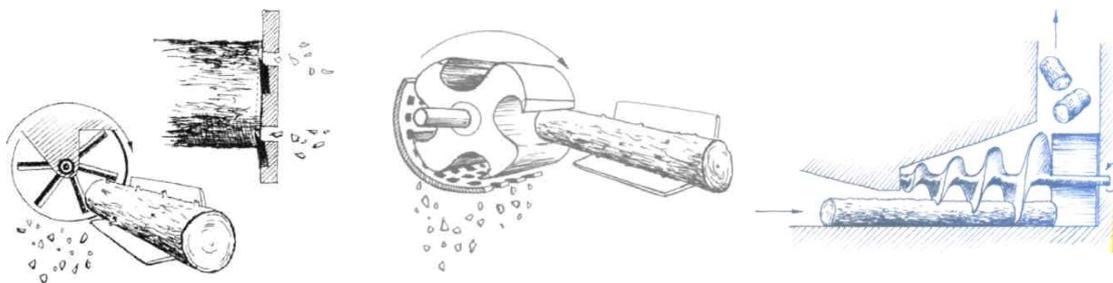
Dažniausiai taikomos tokios medienos skiedrų kuro ruošimo technologijos:

- mediena skirta skiedrų gamybai ir kirtimo atliekos surenkamos ir smulkinamos kirtavietėje, naudojant kilnojamąjį smulkintuvą, o skiedros gabenamos konteineriniu sunkvežimiu;
- neapdorotos kirtimo atliekos ar mediena skiedroms gabenama į laikiną sandėlį greta išvežimo kelių ir vėliau smulkinama;
- šakos, stiebai, viršūnės ir kitos miško kirtimo atliekos pakuojamos į ryšulius ir vežamos į stacionarias smulkinimo aikšteles.

Medienos smulkinimui naudojami įvairių konstrukcijų smulkintuvai: traktoriniai pakabinami smulkintuvai (7.3 pav.); medienos smulkintuvai montuojami ant rąstvežių, sunkvežimių, stacionarūs smulkintuvai ir t.t.



7.3 pav. Traktoriniai medienos smulkintuvai: 1 – NHS 960 (45 kW); 2 – CH 260 (70 kW; našumas iki 40 m<sup>3</sup>/h).

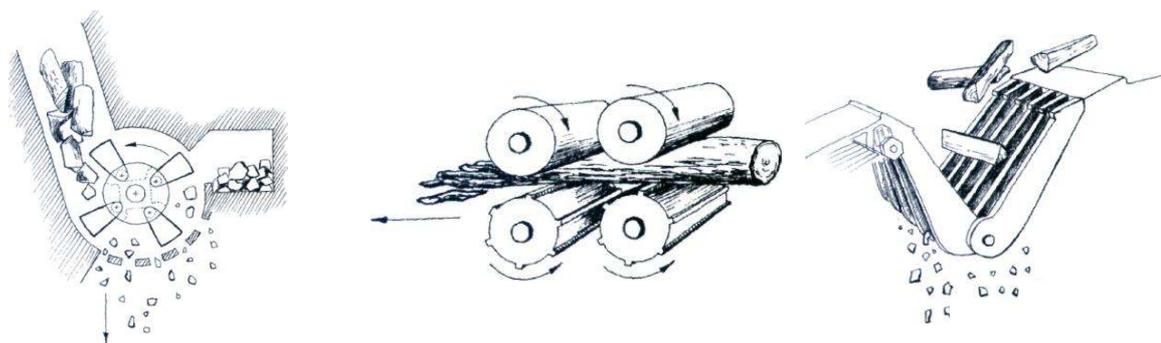


7.4 pav. Smulkintuvai: 1 – diskinis; 2 – būgninis; 3 – sraigtinis.

Medienos smulkinimas ruošiant skiedras yra svarbi operacija, nustatanti visos technologijos tipą. Dažniausiai naudojami diskiniai, būgniniai ar rečiau – sraigtiniai smulkintuvai (7.4 pav.) Diskinis – plačiausiai naudojamas smulkintuvas. Gaunamų skiedrų dydis yra vienodesnis negu kitų smulkintuvų. Trūkumas – smulkintuvo jautrumas priemaišoms ir palyginti dideli matmenys (su maža padavimo anga). Būgninio smulkintuvo

privalumas - mažesni smulkinimo įrenginio matmenys. Trūkumai – jautrumas priemaišoms, lyginant su diskiniu smulkintuvu būgninio smulkintuvo energijos sąnaudos nuo 50 iki 75 % didesnės, o skiedrų dydžiai gali būti labai skirtingi. Sraigtinio smulkintuvo sraigtas – peilis veikia kaip tiekimo mechanizmas, su kieto lydinio ašmenimis. Skiedros, pagamintos sraigtiiniu smulkintuvu, būna nevienodo dydžio ir paprastai stambesnės negu pagamintos diskiniu ar būgniniu smulkintuvu. Ašmenų galandimui reikalingi specialūs įrankiai.

Medienos užterštos įvairiomis priemaišomis smulkinimui naudojami trupintuvai (7.5 pav.). Labiausiai paplitę yra plaktukiniai malūnai, ritininiai traiškytuvai ir žiauniniai traiškytuvai. Kitaip nei smulkintuvai, šie įrenginiai gamina traiškytą nevienodo dydžio ir formos medienos masę.



7.5 pav. Medienos trupintuvai: 1 – plaktukinis; 2 – ritininis; 3 – žiauninis.

Šviežiai dorojama medienos biomasė būna apie 50 % drėgnio. Sandėliuojant medienos skiedras, sausų medžiagų nuostoliai susidaro 16 – 26 %, o malkoms 9 – 13 % per metus. Saugant pastogėje jos nuostoliai būna 12 – 16 %. Be to, sandėliuojant drėgnas skiedras gali atsirasti pelėsių, grybelių, kurių sporos kenksmingos žmonių sveikatai. Ilgesnį laiką biomasė gali būti laikoma, kai jos drėgnis neviršija 20 – 22 %.

Medienos skiedrų transportavimas ilgais atstumais, dėl mažos tūrinės masės gerokai padidina biokuro ruošimo kaštus. Todėl, kai kuriais skaičiavimais, šis atstumas neturėtų viršyti 40 km. Didesniais atstumais apsimokėtų transportuoti presuotą biomasės kurą. Ši aplinkybė turėtų būti įvertinta, optimizuojant biomasės kuro logistikos uždavinių sprendimus.

### 7.2.2 Šiaudų biokuras

Šiaudai yra grūdų gamybos šalutinis produktas, todėl jų kiekį lemia javų pasėlių plotai, auginimo agrotechnika, augalų biologinės savybės, derlingumas. Apie šiaudų derlių statistinių duomenų trūksta, tačiau pagal grūdų ir šiaudų santykį javuose galima apytiksliai apskaičiuoti bendrą šiaudų derlių. Šiaudai naudojami gyvulininkystėje kraikui ir pašarams, dalis panaudojama substratui grybų auginimui bei kitoms reikmėms. Ne visą šiaudų derlių įmanoma surinkti dėl gamtinių sąlygų. Skaičiuojama (dr. A. Žaltausko duomenimis), kad nepanaudotų šiaudų susidaro apie 1,5 mln. tonų, iš kurių biokurui galima būtų panaudoti apie 500 tūkst. tonų. Keičiantis gyvulių laikymo technologijoms, šiaudų poreikis kraikui ir pašarams gali mažėti, todėl šiaudų kiekis kurui gali būti ir didesnis.

Kurui skirti šiaudai, pjaunant javus kombainais, paliekami džiūti pradalgėse. Iš pradalgių šiaudai renkami presais rinktuvais. Kuomet šiaudų drėgnis būna ne didesnis kaip 15 proc. Šiaudai kurui presuojami į nedidelius stačiakampius ryšulius, apskritus rulonus arba

didelius stačiakampius ryšulius. Nedidelių ryšulių, kurie supresuoti presais K-453, K-454, Markant-55 ir kt., tankis būna 70 – 90 kg/m<sup>3</sup>, ryšulio masė 12 – 15 kg. Tokiais ryšuliais kūrenami iki 100 kW galios katilai. Cilidro pavidalo rulonai, presuojami firmų Class, John Deere, Krone ir kt. presais, būna 1,2 – 1,8 m skersmens ir 1,2 – 1,5 m ilgio. Rulono tankis 90 – 130 kg/m<sup>3</sup>, masė 150 – 250 kg. Šiaudų rulonais kūrenami 100 – 500 kW galios katilai. Dideli stačiakampiai ryšuliai būna 1,2 m pločio, 0,7 m aukščio ir 2,4 m ilgio, jų tankis siekia 150 kg/m<sup>3</sup>, masė 300kg. Dideli stačiakampiai ryšuliai geriau išnaudoja saugyklų talpą ir transporto priemonių keliamąją galią, todėl juos labiau apsimoka vežti didesniais atstumais. Jais kūrenami 200 kW ir didesnės galios katilai. Šiaudų presai rinktuvai suformuotus ryšulius ar rulonus suriša špagatu, kad šie išlaikytų savo formą. Supresuotus šiaudus reikia surinkti nuo lauko ir pervežti į saugojimo vietą, kad būtų apsaugoma nuo drėgmės ir lietaus. Šiaudus saugoti geriausia daržinėse arba kitose dengtose patalpose, tuomet jų drėgnis būna 15 – 18 proc. Stirtose gali atidrėkti iki 20 proc. ir daugiau. Saugant stirtose, kai kuriais atvejais iki 10 proc. šiaudų gali netikti kurui dėl per didelės drėgmės. Šiaudų rulonų bei didžiųjų ryšulių presavimo, surinkimo, parvežimo iš lauko ir sukrovimo saugykloje išlaidos siekia 50 – 70 Lt/t, mažųjų šiaudų ryšulių 90 – 100 Lt/t.

Šiaudų kaip kuro šiluminę vertę charakterizuoja grynas šilumingumas, parodantis šilumos kiekį išsiskiriantį visiškai sudegus šiaudų masės vienetui. Šiaudų sausos masės grynas šilumingumas yra 17,6 MJ/kg. Didėjant drėgniui šilumingumas mažėja, todėl 15 proc. drėgnio šiaudų grynas šilumingumas būna 14,71 MJ/kg, o 20 proc. drėgnio – 13,62 MJ/kg. Šiaudų briketų ir granulių grynas šilumingumas siekia 15,26 MJ/kg. 7.5 lentelėje palyginimui pateikiamas šiaudų kuro su kitų kuro rūšių šilumingumas ir šilumos vieneto kaina (1 kWh = 3,6 MJ). Matome, kad šiaudų rulonų šilumos vieneto kaina mažiausia, todėl šiaudai yra pigiausias vietinis kuras. Jiems degant išskiriama šilumos vieneto kaina 2 kartus mažesnė negu malkų ir 3 kartus mažesnė negu įvežtinio kuro – mazuto.

Šiaudų cheminę sudėtį ir šilumingumą lemia ir jų naudojimo laikas. Danijoje atliktais tyrimais nustatyta, kad šiaudų, surinktų tuojau po nupjovimo kombainu (geltonų šiaudų) ir išlaikytų pradalgėse bei paveiktų lietaus (pilų šiaudų) elementinė sudėtis ir šilumingumas skiriasi. Pilų šiaudų šilumingumas didesnis, negu geltonų šiaudų. Geltonų šiaudų naudojamos masės grynas šilumingumas sudaro 14,4 MJ/kg, o degios masės – 18,2 MJ/kg. Tie patys rodikliai pilų šiaudų – 15,0 MJ/kg ir 18,7 MJ/kg. Šiauduose išlaikytuose pradalgėse 29 dienas ir paveiktuose 150 mm lietaus kritulių, chloridų kiekis sumažėjo nuo 0,45 iki 0,05 %, kalio kiekis – nuo 1,18 iki 0,22 %.

7.5 lentelė. Kuro kaina, šilumingumas ir šilumos vieneto kaina (pagal dr. A. Žaltauską)

Kuro rūšis	Kuro kaina, Lt/t (Lt/m <sup>3</sup> )	Kuro šilumingumas, MJ/kg (MJ/m <sup>3</sup> )	Šilumos vieneto kaina, ct/kWh
Šiaudų rulonai bei didieji ryšuliai	70	14,71	1,71
Šiaudų mažieji ryšuliai	100	14,71	2,45
Šiaudų briketai, granulės	240	15,26	5,66
Malkos beržinės	(80)	(7200)	4,0
Gamtinės dujos	(0,76)	(35,68)	7,67
Mazutas	600	39	5,54

### 7.2.3 Grūdų naudojimas biokurui

Grūdai gali būti gera alternatyva medienai. Kurui skirtus grūdus nesudėtinga sandėliuoti, paprasta nuimti derlių. Jie auginami beveik kiekviename ūkyje. Energetinė grūdų vertė yra panaši kaip medienos: 2,46 kg grūdų (14 % drėgnio) pakeičia 1 litrą krosninio kuro. Prastesnės kokybės grūdų kaina yra gerokai mažesnė negu krosninio kuro. Tokiu būdu, iš grūdų gaunama šiluminė energija yra pigesnė daugiau negu 3 kartus, lyginant su krosniniu kuru.

Tačiau grūdus deginti katilinėse nėra taip paprasta ir ne tik dėl etinių priežasčių. Pavyzdžiui, pagal Vokietijoje galiojančias taisykles, mažose katilinėse grūdus deginti draudžiama dėl per didelės kai kurių nepageidaujamų junginių (azoto, sieros ir kt.) emisijos. Kai kuriuose kituose Vokietijos regionuose yra daromos išimtys ir leidžiama deginti tik kitiems tikslams netinkamus grūdus.

### 7.2.4 Energetiniai gluosniai biokurui

Yra žinoma, kad malkinė mediena (stiebų dalis netinkama perdirbimui) dabar sudaro apie 15% nuo iškertamo tūrio. Tai sudaro iki 0,9 mln. m<sup>3</sup> per metus. Potencialūs miško kirtimo atliekų (viršūnių, smulkių stiebų, kelmų, žievės, šakų) kiekiai sudaro apie 2,6 mln. m<sup>3</sup> per metus, iš kurių, be didesnės žalos miškui, galima panaudoti apie 1 mln. m<sup>3</sup>. Malkinės medienos poreikis yra apie 3 mln. m<sup>3</sup> per metus, todėl trūkstamam poreikiui patenkinti kasmet reikėtų įveisti po 2 – 3 tūkst. ha gluosnių energetinių plantacijų. Planuojama, kad iki 2015 m. gluosnių energetinių plantacijų plotai sudarytų 11 500 ha, deja, per 2005 – 2009 metus, dėl įvairių priežasčių įveista tik apie 500 ha.

Prieš sodinant gluosnius svarbu sunaikinti augančias daugiametes piktžoles bei paruošti ir patręšti laukus. Efektyvi piktžolių kontrolė yra būtina sąlyga rengiamose gluosnių plantacijose. Pirmaisiais metais po sodinimo, kai dar jų šaknys neišsivysčiusios, gluosniams sunku konkuruoti su piktžolėmis. Antrais – trečiais metais po sodinimo išsikerojusios gluosnių šakos sudaro tankią lają, kuri užstoja saulės spindulius ir tokiu būdu neleidžia piktžolėms plisti.

Rengiamose plantacijose piktžoles geriausia naikinti herbicidais. 10–12 dienų po purškimo dirva ariama 25 cm gyliu, kultivuojama lėkštiniais kultivatoriais ir akėjama. Taip paruoštas laukas suvagojamas bulvių vagotuvu – 2 vagos daromos kas 75 cm, tarp jų paliekant 1,5 m tarpueilius. Apie 20 cm ilgio sodinukai (supjaustyti vienu metų gluosnių stiebais) vienoje eilėje sodinami kas 60 cm, išpaudžiant juos ranka į vagą. Vienam hektarui apsodinti reikia apie 12500 sodinukų. Lauko galuose paliekama 7 m neapsodinta juosta, kad galėtų apsisukti kombainas. Sodinukai greitai pradeda leisti šaknis, o po 1 – 2 savaičių ir vegetatyvinius ūglius.

Greitai augančių gluosnių derlius nuimamas specialiais kombainais (7.6 pav.), gali būti panaudojami ir modifikuoti kukurūzų nuėmimo kombainai. Kombainai susmulkina



7.6 pav. Energetinių gluosnių nuėmimas

pjaunamus stiebus į skiedras ir sukrauna jas į šalia traukiamas priekabas. Kombainas per 1,5 valandos nupjauna vieną hektarą. Gluosnių kaporai paprastai nėra džiovinami ar ilgai sandėliuojami. Jie dažniausiai surenkami žiemą ir tuojau sunaudojami, nes tuo metu šio biokuro paklausa yra pati didžiausia. Įsidėmėtina, kad pirmais metais nuimamo derliaus kiekis yra minimalus – maždaug 1,5 t/ha. Antrųjų metų derlius jau būna apie 10 t/ha, o trečiaisiais ir ketvirtaisiais metais derlius būna maksimalus. Po pirmo derliaus nuėmimo gluosnių derlingumas padidėja, ir tarpas tarp derliaus nuėmimų sumažėja iki 3 metų. Po 3 metų gali būti gaunama apie 60 t/ha biomases (180 erdmetrių biokuro).

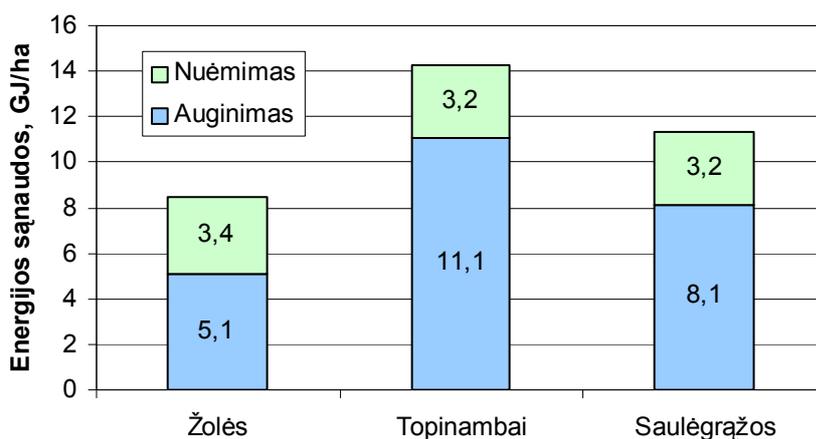
### 7.2.5 Daugiametės žolės kurui

Biomasės kuro išteklius galima pagausinti auginant energetinius žolinius augalus. LŽŪU Žemės ūkio inžinerijos institute ir Lietuvos žemdirbystės institute atliktų tyrimų duomenimis, didžiausią energetinį potencialą (114 – 120 GJ/ha) duoda nendriniai dryžučiai ir nendrinų dryžučių mišiniai su rytiniais ožiarūčiais ar su daugiamečiais lubiniais. Gaunamas biomasės sausosios medžiagos derlius nuo 12 iki 21 t/ha. Daugiamečių žolių energetinis potencialas palankiais augimui metais siekia 123 – 153 GJ/ha, o nepalankiais gerokai mažesni ir siekia 52 – 115 GJ/ha.

Kūrenant daugiamečių žolių biokuru, kuro kaina šiluminės energijos savikainoje vidutiniškai sudaro: nendrinų dryžučių – 3,54 ct/kWh, nendrinų dryžučių mišinio su rytiniais ožiarūčiais – 2,7 ct/kWh. Palyginus su kūrenimu šiaudais, kūrenti daugiamečių žolių biokuru yra 0,1 – 0,9 ct/kWh brangiau.

Augalinės biomasės kuro šilumingumas priklauso nuo ląstelių kiekio biomaseje. Daugiamečių žolių, nupjautų liepos – rugsėjo mėn. sausos masės grynas šilumingumas būna 17,8 MJ/kg, o paliktų per žiemą ir nupjautų pavasarį – 18,15 MJ/kg. Topinambų, nupjautų rudenį, sausos masės grynas šilumingumas 18 MJ/kg, pavasarį – 18,7 MJ/kg.

Energetinių augalų auginimo ir derliaus nuėmimo energijos sąnaudos (LŽŪU ŽŪII ir LŽI duomenys) pateikti 7.7 pav.



7.7 pav. Energetinių augalų auginimo ir derliaus nuėmimo energijos sąnaudos

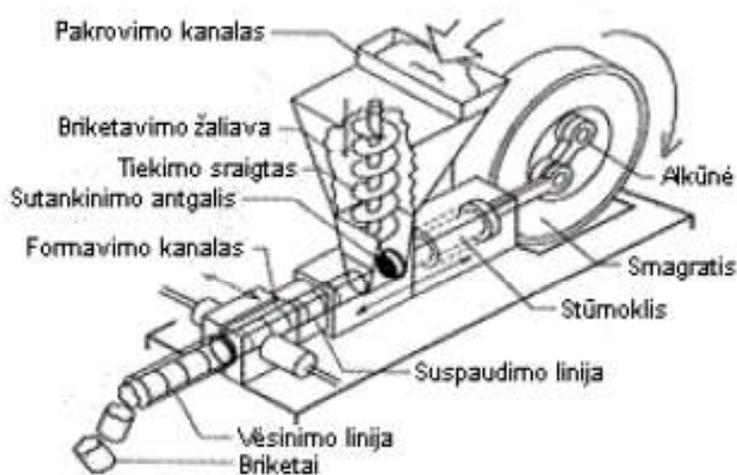
Atlikus technologijų energetinį vertinimą nustatyta, kad bendrosios varpinių ir ankštinių žolių mišinių auginimo ir derliaus nuėmimo energijos sąnaudos lygios 8518 MJ/ha, atitinkamai topinambų stiebų – 14378 MJ/ha, saulėgražų stiebų – 11324 MJ/ha. Bendrosios tradicinių žolių auginimo ir derliaus nuėmimo energijos sąnaudos yra 1,7 karto mažesnės už topinambų stiebų ir 1,3 karto mažesnės už saulėgražų stiebų kurui paruošti reikalingas energijos sąnaudas. Energetiniu požiūriu kuro ruošimo iš tradicinių žolių technologija yra pranašesnė už kuro ruošimo iš stambiasriebių augalų – topinambų ir saulėgražų stiebų technologijas.

### 7.2.6 Biokuro briketavimas ir granuliavimas

Siekiant padidinti kurui naudojamos biomasės tankį, jos energetinę vertę, užtikrinti automatizuotą kuro tiekimą į kūryklą, biomasę tikslinga sutankinti slegiant – supresuoti į briketus arba granules. Gaminant biokuro briketus ir granules atsiranda papildomos išlaidos džiovinimo ir suspaudimo procesuose. Tai padidina kuro kainą, bet šio tipo biokuras turi nemažai privalumų, lyginant su neapdirbtu:

- geriau išnaudojamos transporto priemonės, pervežant pagamintą kurą, jomis nereikia vežioti lengvos, didelį tūrį užimančios masės;
- lengviau mechanizuoti bei automatizuoti kuro padavimą į pakuras;
- briketuose ir granulėse yra mažiau drėgmės, iki penkių kartų didesnė energetinė vertė vertinant pagal tūrį;
- galima ilgesnį laiką saugoti kurą be sugedimo grėsmės.

Biokuro presavimui dažniausiai naudojami stūmokliniai presai (7.8 pav.) biomasės briketavimui (briketų tankis 250-600 kg/m<sup>3</sup>) ir matriciniai presai su žiedinėmis (7.9 pav.) ar plokščiomis matricomis biomasės granuliavimui, granulių tankis iki 1200 kg/m<sup>3</sup>.



7.8 pav. Stūmoklinio briketavimo preso schema

Šiuo metu yra daug įvairių kompanijų ir firmų gaminančių biomasės granulatorius bei kitus briketavimo ar granuliavimo linijų įrengimus arba ir visas sukomplektuotas įvairaus našumo biokuro granuliavimo linijas. Pavyzdžiui, keletas tokių kompanijų:

- kompanija Amandus Kahl GmbH & Co KG ([www.akahl.de](http://www.akahl.de)) galinti pateikti įvairias biokuro granuliavimo linijas ir įrengimus, kurių našumas nuo 250 iki 5000 kg/h (naudojanti granulatorius su plokščia matrica);
- kompanija CPM/Europe BV ([www.cpmeurope.nl](http://www.cpmeurope.nl)) – biokuro granuliavimo linijų našumas nuo 1000 iki 5000 kg/h;
- firma MiniPell ([www.bio-net.com.pl](http://www.bio-net.com.pl)), gaminanti nedidelius granulatorius, kurių našumas gaminant 8 mm skersmns biokuro granules – iki 50 kg/h;
- Radviliškio mašinų gamykla ([www.factory.lt](http://www.factory.lt)), gaminanti granuliavimo linijas OGM – 1,5 A (našumas granuliuojant medienos pjuvenas, šiaudus iki 1,3 t/h, bendras el. variklių galingumas 98 kW, granulatoriaus matricos skylučių skersmuo 10 – 14 mm) ir kitus biokuro granuliavimui reikalingus įrengimus.

Biokuro granuliavimo naudingumą parodo energijos efektyvumo koeficientas. Tai santykis energijos esančios pagamintame biokure, su energijos sąnaudomis gaminant granules iš žolinių augalų bei šiaudų. Energetinių žolių granuliuoto biokuro energijos efektyvumo koeficientas be biomasės džiovinimo yra 6,04, biomasės drėgmę sumažinant 15% – 3,68, biomasės drėgmę sumažinant 52% – 1,87, šiaudų granuliuoto biokuro energijo efektyvumo koeficientas 3,5 – 3,7. Palyginimui – šiaudų supresuotų į ryšulius, energijos efektyvumo koeficientas yra apie 5,8.

Didžiausias energijos efektyvumo koeficientas ir mažiausia kuro savikaina ruošiant granuliuotą kurą gaunama tuomet, kai biomasės nereikia dirbtinai džiovinti. Įvertinus tai, kad granuliuojamos masės drėgnis neturėtų būti didesnis negu 14 %, energetinių žolių nuėmimo laiką reikėtų parinkti tokį, kada jose yra kuo mažiau drėgmės. Kadangi vienam kilogramui vandens išgarinti džiovykloje reikia apie 3,5 – 4 MJ energijos, gaminti biokuro granules iš biomasės, kurios drėgnis didesnis negu 28 % energetiniu ir ekonominiu požiūriu šiuo metu netikslinga.

Granuliuotos biomasės savikaina, jei biomasė nebus dirbtinai džiovinama, siekia apie 0,34 Lt/kg. Šiuo metu granuliuotas kuras yra gana brangus, todėl jis dažniausiai eksportuojamas į Skandinavijos šalis, Vokietiją, Olandiją. Brangstant gamtinėms dujoms, biokuro briketai ir granulės gali tapti paklausūs ir Lietuvos energetinėje rinkoje.

### **7.3. Biomasės naudojimo kurui problematika**

Jau ne tik politikai, bet ir energetikai pradeda kalbėti apie darnią energetiką, kurioje įvairūs šaltiniai išnaudojami kompleksiskai ir efektyviai, mažinant aplinkos taršą ir pavojus žmonijai. Atsinaujantiems energijos šaltiniams šioje koncepcijoje skiriamas daug didesnis dėmesys negu iki šiol, tačiau pastaraisiais dešimtmečiais padaryta daug neracionalių ir net žalingų sprendimų. Nepasiteisinsiu sprendimu dabar laikoma biodyzelino ir bioetanolio gamyba. Daugelis Europos žemdirbių metėsi auginti rapsus, kvietrugius. Per pastaruosius 7 metus biodyzelino gamyba padidėjo 4 kartus, o bioetanolio – 10 kartų.

Pasekmė – išaugusios maisto produktų kainos. Rinka perpildyta glicerolio, biodyzelio gamybos atliekos, ir tampa problematiška jį panaudoti. Daug žaliavos importuojama iš besivystančių šalių. Kur kas blogiau, kad papildomiems auginimo plotams iškirsti milžiniški miškų plotai. Vietoje anglies dvideginio augalų sunaudojimo tropiniuose miškuose į atmosferą pateko nuo 500 iki 1 000 milijardų tonų CO<sub>2</sub>. Be to, pačiam gamybos procesui būdingas nedidelis konversijos laipsnis (1,15–1,25), įvertinant visą ciklą nuo sodinimo iki galutinio produkto.

### **7.3.1 Biodegalai ir vidaus degimo varikliai**

Biodegalų naudojimą moderniuose varikliuose stabdo techninės problemos, kurias lemia specifinės biodegalų savybės (charakteristikų nestabilumas, padidintas korozinis aktyvumas ir kita). Gamintojai (BOSH) negali užtikrinti patikimo variklių įpurškimo sistemų darbo, o naudojant biodegalus anuliuoja garantinius išipareigojimus. Pasirodo, tiesioginis aliejų deginimas yra kur kas efektyvesnis. Firmos siūlo įrangos komplektus įvairių konstrukcijų dyzeliniams varikliams pritaikyti deginti gryną aliejų. Naudoti biodegalus ir pirmiausia bioaliejų artimoje perspektyvoje turi būti skatinama, o gal net ir įstatymiškai įpareigojama saugomose teritorijose, regioniniuose parkuose, miškuose.

Artimiausius dešimtmečius vidaus degimo varikliams rimtos konkurencijos neatsiras. CO<sub>2</sub> emisijų mažinimas transporto sektoriuje bus pasiektas ne didinant elektromobilių gamybos apimtį, bet taikant naujas variklių detalių gamybos technologijas ir ieškant pažangių konstrukcinių sprendimų, kurie nebuvo diegiami dėl mažo rentabilumo. Kiekvienas kuro pabrangimas, emisijų kvotos gamintojus spartina šių priemonių diegimą. Vien tik trinties nuostolių sumažinimas leidžia keliais procentais padidinti variklio naudingumo koeficientą ir sumažinti emisijas.

Galima paminėti DLC technologiją (Diamond-Like Carbon) cilindrų ir stūmoklių darbiniam paviršiui padengti, adaptyvias kompiuterines variklio valdymo sistemas su vidiniu jutiklių tinklu kuro sąnaudoms mažinti. Bent kelis dešimtmečius vidaus variklis išlaikys savo pozicijas. Nedidelis pavyzdys: šios dienos technikos lygyje vieno kilogramo benzino energetinis potencialas sudaro 11,9, skystų dujų – 13,6, o vieno kilogramo ličio jonų baterijos – tik 0,1 kWh. Laboratorijose mokslininkai bando įvairias medžiagų kompozicijas su didesnėmis akumuliacijos galimybėmis, bet kelias iki pramoninių gaminių dar ilgas. Po pradinės euforijos diegiant kuro elementus bei kuriant vandenilį naudojančius variklius daug atsargiau kalbama ir apie greitą jų pasirodymą transporto mašinos. Svarbiausias vandenilio pranašumas – didelis akumuliuotos pirminės energijos kiekis 35 kWh/kg, skystam vandeniliui esant 252,9 °C, ir ekologiškumas. Tačiau jo tiekimo ir paskirstymo infrastruktūra kol kas yra už ekonominio naudingumo ribų.

### **7.3.2 Anglies dvideginio emisijos**

Visi pastebime, kad klimatas šyla. Ar pagrindinė priežastis iš tiesų yra CO<sub>2</sub> emisija? Nuomonės šiuo klausimu labai skirtingos. Jeigu remsimės 100–300 metų laikotarpio duomenimis, turėsime aiškiai tai patvirtinančius faktus. Bet išplėtus laiko trukmę šimtus ir daugiau kartų bei pasirėmus naujausiais klimato tyrėjų duomenimis apie klimato kaitą mūsų planetoje, galime gauti ir kitą vaizdą. Pasirodo, Žemėje būta ir didelių atšilimų, ir didelių atšalimų, ir klimato kaitos sukeltų katastrofų, o žmonijos veikla paskutinį šimtmetį tik padidino pasekmių mastą.

Šiltnamio efektą sukelia ne tik CO<sub>2</sub>, bet ir metanas, amoniakas, azoto oksidas. Šios dujos patenka į atmosferą dėl žmogaus veiklos iš natūralių šaltinių – pelkių, vulkanų, naftos ir dujų gavybos verslovių, anglies kasyklų. Kodėl gi pagrindiniu žaliųjų atakos tikslu tampa elektrinės ir transportas? Atsakymas paprastas – iš visų taršos šaltinių elektrinės ir didelės galios šiluminės bei kogeneracinės jėgainės, autotransportas yra lengviausiai kontroliuojami. Bet kartu švariausi ir efektyviausi energetiniai objektai, efektyviai naudojančys kurą.

Energetikai tenka didžiausia emisijų dalis (25,9 proc.). Miškininkystė, medienos perdirbimas mažai atsilieka nuo pramonės sukeltos taršos, o žemės ūkis net lenkia transporto sektorių. Komunalinis sektorius, net ir naudodamas ekologišką kurą (medieną, biomasę), yra

labai didelis taršos šaltinis. Jam tenka apie 50 proc. anglies monoksido, 40 proc. kietųjų dalelių ir net 80 proc. aromatinių angliavandenilių emisijų bendrame balanse. Emisijų mažinimas energetikoje pagal efektyvumą ir sąnaudas labai atsilieka nuo žemės ūkio, atliekų tvarkymo, transporto, individualaus gyvenamojo sektoriaus, kur naudojamos mažiau pažangios technologijos. Tradicinės energetikos atstovai pagrįstai klausia, kodėl labai remiama vėjo elektrinių statyba, kai jų instaliuotos galios išnaudojimas tesudaro 15–23 proc. per metus, o jie parengties režime turi laikyti tradicinių elektrinių energoblokus energijos tiekimui užtikrinti ir taip didinti sąnaudas bei aplinkos taršą?

### **7.3.3 Ar alternatyvi energija iš tiesų ekologiškai švari?**

Kuro ir technologijų ekologiškumas turi būti vertinamas ne pagal galutinį „vamzdį“, bet visą gamybos ciklą. Toks vertinimas atskleidžia ne tokį palankų alternatyviai energetikai vaizdą. Atsinaujinančių energijos šaltinių naudojimo įrangai gaminti naudojama daug energijos ir medžiagų, taikomos netgi nelabai švarios technologijos, o jos išigijimas dotuojamas. Turime reikalą su vadinamąja išsklaidyta tarša – metalurgijos įmonės, cheminių medžiagų gamyklos, prietaisų ir valdymo įrangos gamintojai – tai irgi taršos šaltiniai.

Vėjo jėgainių gamintojus valstybė remia įvairia forma – mokesčių (ir eksporto) lengvatomis alternatyvios energetikos įrangai kurti, finansine parama naujoms darbo vietoms steigti ir už alternatyvių energijos šaltinių naudojimą. Žurnalistai savo tyrimuose apskaičiavo, kad Vokietijoje parama vėjo jėgainių gamintojams sudaro per 50 000 eurų vienai darbo vietai per metus. Jau kalbama ir apie socialinę energetiką. Tačiau, ar toks darbo vietų kūrimas neprasilenkia su ekonominiu tikslingumu?

Brangiai superkama vėjo jėgainių energija padidina energijos kainą galutiniam vartotojui. Gal geriau elektrinių kurui naudoti dujas, diegti pažangias technologijas, kuo daugiau taupyti ir papildomai investuoti į miškų, akumuliuojančių anglies dvideginį iš aplinkos oro, plėtrą? Politikai baugina priklausomybe nuo nestabilių ir nepatikimų tiekėjų, katastrofinėmis pasekmėmis užsukus garsųjį kraną. Pastarieji naftos kainų šuoliai aukštyn ir žemyn mažai susiję su krano sukiojimu. Energetinių resursų tiekėjai ne mažiau suinteresuoti stabiliomis kainomis ir pastovia paklausa. Civilizuoti ir abipusiai naudingi susitarimai visada įmanomi, jei tuo suinteresuotos abi pusės.

### **7.3.4 Lietuvoje atsinaujinančių išteklių mažoka**

Lietuva atsinaujinančių energijos šaltinių atžvilgiu nėra turtingas kraštas. Resursų efektyviausiai šiuo atžvilgiu hidroenergetikai plėtoti be žalos aplinkai neturime. Nėra didelių upių, plokščias reljefas. Nėra palankių meteorologinių sąlygų fotoelektrinėms diegti kaip Afrikoje arba Kalifornijoje. Vėjo energetikos plėtra mūsų jūros šelfo zonoje ribojama dėl laivybos saugumo, jau nekalbant apie investicijų dydį, įrengiant energetines jungtis su žemynu. Palankiausios vietos vėjo jėgainių parkams Baltijos pajūryje. Tik ar vietiniai gyventojai ir poilsiautojai bus sužavėti šalia besisukančiais ir triukšmą keliančiais vėjo malūnais? Lietuva – ne Islandija. Aukštos temperatūros geoterminių šaltinių taip pat neturime.

Neseniai spaudoje pasirodė tvirtinimai, kad gamindami biodujas galime sumažinti apie 30 proc. gamtinių dujų naudojimą – neįgyvendinama svajonė. Tereikia pažvelgti į energetinį šalies balansą. Gamtinės dujos jame sudaro labai didelę dalį. Uždarius Ignalinos AE, gamtinių dujų dalis dar padidės. Tokius kiekius biodujų pagaminti šalyje ekonomiškai netikslinga ir praktiškai neįmanoma. Juk tai ne tik žaliavų, bet ir gamybos atliekų utilizavimo klausimas. Pati technologija gana brangi ir nukreipta į žemės ūkio bei komunalinių atliekų utilizavimą. Toks biodujų panaudojimas išliks ir ateityje. Kukurūzų auginimas dujoms gaminti

bioreaktoriuose nepadės padidinti gamybos apimčių – mažas konversijos koeficientas visam gamybos ciklui, poreikiui tenkinti nėra tiek pasėlių plotų.

### **7.3.5 Biomės auginimo ir deginimo poveikis aplinkai**

Taigi telieka biomasė ir saulės energija. Pirmajai pastaruojamam metu skiriamas didelis dėmesys. Nemažai vietinių katilinių dirba, naudodamos medieną ir jos atliekas. Vilniuje eksploatuojama nauja galinga katilinė, deginanti biomasę ir durpes. Kokie rezervai yra biomasės panaudojimui plėsti?

Lietuvoje iš medienos gaunamos energijos kiekis didesnis negu iš daug aplinką teršiančių akmens anglies ir mazuto kartu, bet jos dalis bendrajame balanse tesudaro tik apie 10,03 proc. (29 537 TJ). Miškininkų duomenimis, medienos resursai jau išnaudoti daugiau kaip 85 proc. Taigi ekonomiškai apsimokančių išteklių išnaudojimas leistų padidinti medienos naudojimą kurui 7–8 procentais.

Labai intensyvus miškų kirtimas ne tik mažina žaliuosius Žemės plaučius, bet ir lemia miškų būklę. Sunki miško technika sutankina dirvą, sutrinka hidrologinis režimas, mažiau sukaupiama drėgmės dirvoje, deguonis sunkiau patenka į gruntą. Todėl medžiai lėčiau auga, dėl silpnos šaknų struktūros padidėja vėjavartų. Nepriimtinas miškininkams ir visų kirtimo atliekų smulkinimas bei panaudojimas kurui. Medžio šakose ir viršūnėse sukaupiama pusė visų mineralų. Jų trūkumas išvežant visas atliekas pasireikš jau kitos kartos augalams.

Norint užtikrinti dirvos savybes, mineralines medžiagas miškui reikia grąžinti. Skirtingai nuo iškaskamo kuro, miškai atsistato ne taip greitai. Iki brandos reikalingi dešimtmečiai. Staigiai padidinus medienos gamybą, po kelių metų galime ilgam prarasti jos išteklius ir energetikai, ir medienos pramonei. Norint gauti 300 tonų pjuvenų granulių, lentoms reikia supjauti apie 6 000 tonų medienos, kas tolygu apie 10 ha miško. Kita vertus, dėl padidėjusios paklausos regione išaugs ir taip nemažos kainos ir komunaliniams vartotojams, ir medienos pramonei.

Kaip viena iš priemonių biokuro gamybai didinti laikoma greitai augantys energetiniai miškai, nors ūkininkai į energetinių augalų plantacijų plėtrą žiūri labai atsargiai. Ne paslaptis, kad nėra visiškai aišku, ar verta biomasę iš šių plantacijų panaudoti. Jai deginti įrangos rinkoje netrūksta. Tačiau dėl aplinkos taršos vaizdas nėra toks gražus. Jeigu imtume atskirą medį, tai nulinį emisijų balansą su tam tikromis išlygomis pasieksime. Su biomase, o iš dalies ir su mediena, taip nėra.

Ekologai tai vadina antrine arba išsklaidyta tarša, susijusia su gamyba. Apie 4 proc. biomasėje sukauptos energijos sunaudojama kirtimui, o transportavimui iki 50 km atstumu tenka dar apie 3 proc. Auginant augalus plantacijose apie 10 proc. pirminės energijos sunaudojama kurui, trąšoms, augalų priežiūros priemonėms. Smėlėtose, nederlingose dirvose gaunamos masės kiekis gali nesiekti ir 10 t/ha. Biomasės smulkinimas prieš deginimą – tai dar 3 proc. pirminės sukauptos energijos. Taigi iki 20 proc. pirminės energijos sunaudojama iškastinio kuro, kuris teršia aplinką, forma. Jei gaminamos granules, patiriami keli procentai papildomų nuostolių. Priklausomai nuo technologijos, biomasei briketuoti ir granuluoti sunaudojama 0,048–0,065 kWh/kg produkcijos. Palyginimui: akmens anglies gavybai sunaudojama tik 2,5 proc. pirminės energijos. Todėl nereikia stebėtis, kad šilumos kainos, deginant medieną ir biomasę, nėra mažesnės negu naudojant gamtines dujas. Biomasei auginti reikalingi gana dideli plotai, nes derlius nuimamas tik trečiaisiais metais. Apie 1 MW galios komunalinei katilinei reikalinga 10...20 ha plantacija. Nemažiau svarbi ir mažai tirta problema energetinių plantacijų rekultivacija.

Biomasės deginimas taip pat nėra toks nekaltas aplinkos atžvilgiu. Automatizuotuose katiluose galima užtikrinti daugmaž optimalų degimo režimą, bet išlaikyti nustatytą emisijų ribas nėra lengva. Didžiausia problema – azoto oksidai ir kietosios dalelės. Biomasėje bei kirtimo atliekose azoto sukaupiama labai daug. Degimo metu azoto oksidai patenka į aplinką. Trešimas dar padidina sukaupito azoto kiekį biomasėje. Mažos ir vidutinės galios katiluose daugiausiai deginama mažo kaloringumo (apie 9 MJ/kg), didelės drėgmės užteršta biomasė ir medienos atliekos. Kaip parodė atlikti matavimai, be degimo dujų filtrų neįmanoma išlaikyti leistinų kietųjų dalelių emisijų normų. Tai padidina investicijų kainą. Sunku palaikyti ir optimalų darbo režimą dėl biokuro savybių nestabilumo. Eksploatuotojams tenka rinktis – ar siekti mažiausių emisijų, ar užtikrinti normalų degimą ir patenkinamą katilo darbą bei naudingumą.

### **7.3.6 *Ekonomiškai pagrįstas alternatyvios energijos naudojimas***

Politikų norai, kad atsinaujinantys energijos ištekliais bendrame balanse sudarytų 20–30 proc., mažai susieti su esamais medienos ir biomasės ištekliais. Net pasiekti privalomą 12 proc. dalį bendrajame energijos balanse vargu ar taip lengvai pavyks. Esant tokiai ekonominei situacijai, sunku rasti lėšų projektams remti ir subsidijuoti, o vartotojai neišgalės mokėti padidėjusių energijos kainų..

Reikia vieną kartą pasakyti atvirai – atsinaujinanti energija nėra brangi, bet brangus jos panaudojimas. Tai nereiškia, jog šis energetikos sektorius neturi būti vystomas. Atsinaujančių energijos išteklių naudojimas turi būti pagrįstas ekonomiškai, o priimami sprendimai nepolitizuoti. Ekonomiškai tikslingiau medieną maksimaliai sunaudoti pramonėje, o medienos atliekas, biomasę deginti tik mažos ir vidutinės galios (1–5 MW) katilinėse, esančiose netoli kuro šaltinių. Saulės energiją ekonomiškai tikslingiausia naudoti vandeniui šildyti sezoninės veiklos rekreaciniuose ir poilsiniuose objektuose bei individualiame sektoriuje. Naudojamos sistemos turi būti pirmiausia optimizuojamos ekonominiu atžvilgiu, kad pagaminta šiluma nebūtų brangesnė už šildymui naudojamą elektros energiją. Prie spartaus tokių sistemų diegimo prisidėtų valstybės parama ne tik juridiniams, bet ir fiziniams asmenims, kaip tai daroma daugumoje Europos šalių. Investicijos kolektorinėms sistemoms įrengti gana didelės ir be paramos jų diegimas kaimo gyventojams nėra patrauklus.

Vandens šildymo sistema su plokščiais kolektoriais kainuoja nuo 10 tūkst. litų, o su vakuuminiais – nuo 14 tūkst. litų. Jei valstybė finansuotų, nemaža dalis ūkininkų įrengtų tokias sistemas savo sodybose. Dar didesnė sistemos kaina, naudojant saulės energiją pastatams šildyti. Įvertinant tai, kad saulės energija mūsų klimato sąlygomis įmanoma patenkinti tik 15–20 proc. šildymui reikalingos energijos per metus, ekonominis efektas bus labai mažas, o tikslingumas abejotinas. Juolab kad ir namo šildymui naudojamos kolektorinės baterijos plotas turi būti apie 20 m<sup>2</sup>, o akumuliacinė talpa – 1 200 litrų. Vakuuminių kolektorių panaudojimas padėties nepakeis. Jie turi daugiau pranašumų tik pietiniuose rajonuose, kur didesnė ir stabilesnė energinė apšvita, daugiau saulėtų dienų, žiemos saulėtos.

### **7.3.7 *Aplinkosaugos vertinimas***

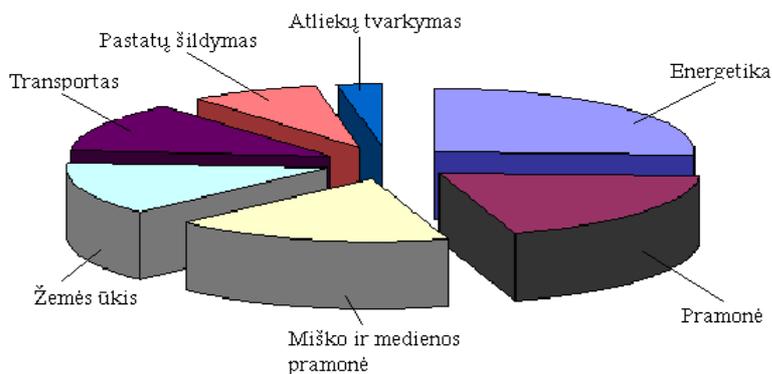
Kaip Lietuva vertinama aplinkosaugos požiūriu? Pagal klimato apsaugos indeksą (GERMANWATCH) nė viena iš pasaulio šalių nenusipelno užimti pirmųjų trijų vietų. Nustatant indekso dydį buvo vertinama CO<sub>2</sub> emisijų dinamika (50 proc. vertinimo), esamas taršos emisijų lygis (30 proc.) ir šalies aplinkosaugos politika (20 proc.). Geriausiai įvertinta Švedija (4 vieta, 66,7 balo), Vokietija (5 vieta, 64,5 balo), Prancūzija (6 vieta, 62,2 balo).

Daug geoterminės energijos naudojanti Islandija tik 12 (59,9 balo). Lietuva, aplenkusi daug Europos valstybių, liko 17 vietoje (56,2 balo).

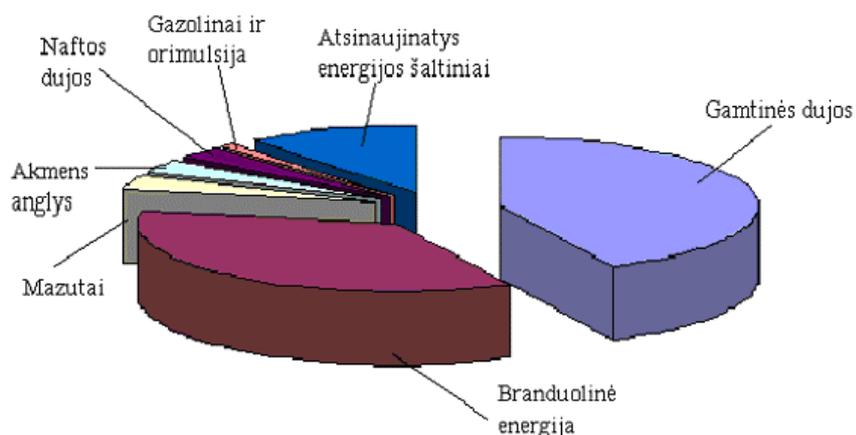
Sąrašo pabaigoje – JAV (39,8 balo), Kanada (38,9 balo), Saudo Arabija (32,8 balo). Numatytas Kioto protokolą pasirašiusių šalių tikslas 2008–2012 metais sumažinti CO<sub>2</sub> emisijas 5,2 proc. tikriausiai bus įvykdytas. Tačiau daug šalių ne tik nesumažino CO<sub>2</sub> emisijų, bet jas net padidino. Austrija vietoje 13 proc. sumažinimo, CO<sub>2</sub> emisiją padidino 15 proc., Danija vietoj numatyto 21 proc. sumažėjimo 1,7 proc. padidino, Italija atitinkamai – 7 ir 10 procentų.

Kaip matyti, padėtis nėra tokia tragiška, kaip neretai bandoma vaizduoti. Taip, problemų yra daug – nutekamųjų vandenų tarša, komunalinio sektoriaus emisijos, transporto keliami tarša didmiesčiuose, sąvartynų tvarkymas. Tai reikia spręsti nepaliekant problemos ateities kartoms, bet neprisiimti neapgalvotų ir skubotų sprendimų, neparemtų materialiniais resursais ir finansinėmis šalies galimybėmis, kaip atsitiko su Ignalinos AE. Atominė energija, gamtinės dujos, kaip bežiūrėtume, ilgam laikui liks kaip švariausi ir mažiausiai aplinką veikiantys bei nuo gamtos siurprizų nepriklausantys energijos šaltiniai.

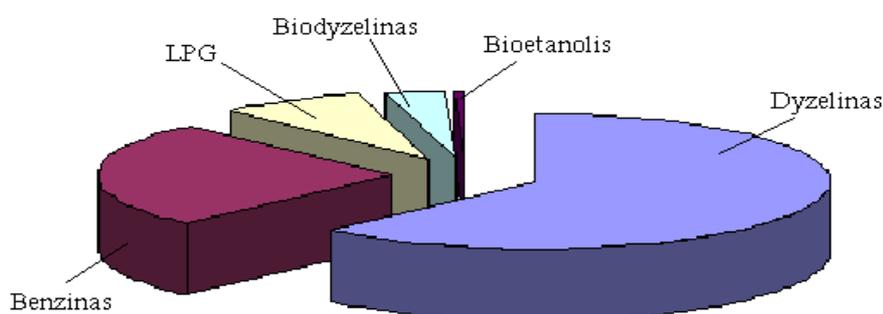
Kai kurių šalių ekonominė stagnacija ir finansinė krizė buvo vienu iš motyvų mažiau rūpintis aplinkosauga. Baltijos šalys savo išipareigojimą sumažinti CO<sub>2</sub> emisijas 8 procentais išpildė su kaupu. Skaičiuojamas sumažėjimas sudarė 53–56 proc. Tam turėjo įtakos pramonės struktūros perorientavimas, daugumos energoimlias technologijas taikančių gamyklų likvidavimas.



7.9 pav. Anglijos dvideginio emisijų pasiskirstymas pagal ūkio šakas bendrame balanse: energetika – 25,9%; pramonė – 19,4%; miško ir medienos pramonė – 17,4%; žemės ūkis – 13,5%; transportas – 13,1%; pastatų šildymas – 7,9%; atliekų tvarkymas – 2,8%.



7.10 pav. Lietuvos kuro energetinis balansas iki 2010 metų: gmtinės dujos – 44,4%; branduolinė energija – 36,42%; mazutai – 4,04%; akmens anglis – 3,23%; naftos dujos - 3,2%; gazolinai – 0,79%; atsinaujinantys energijos šaltiniai – 11,13%; (mediena – 10,03%; hidroenergija – 0,5%; dūrpės – 0,37%; vėjo energija – 0,13%; ž.ū. atliekos – 0,06%; biudujos – 0,06%).



7.11 pav. Lietuvos kuro balansas transporte: dyzelinas – 62,9%; benzinas – 26,83%; LPG – 8,07%; biodyzelinas – 2,36%; bioetanolis – 0,64% .

### 7.3.8 *Biomasės deginimas mažos bei vidutinės galios katilinėse ir emisijų problemos*

Biomasės deginimui įgaunant vis didesnius mastus ypač aktualūs tampa aplinkosauginiai jos panaudojimo aspektai. Nežiūrint to, kad biomasė yra neutrali anglies dvideginio atžvilgiu atsinaujinantis energijos šaltinis, be anglies dvideginio į aplinką patenka visa eilė nuodingų degimo produktų ir didelė dalis kietųjų dalelių. Biomasės degimo procesas yra daug sudėtingesnis nei dujų ir skysto kuro, o jo optimizavimą komplikuoja įvairūs fizikiniai ir cheminiai procesai degimo metu, didelis drėgmės, susmulkinimo laipsnio ir kitų

savybių kitimo intervalas. Todėl skatinant šios kuro rūšies panaudojimą būtina imtis priemonių mažinti aplinką teršiančias emisijas.

#### **7.4. Biomės kokybė ir deginimo technologijos**

Biomėse naudojami įvairūs greitai augantys augalai, mediena, žemės ūkio produkcijos bei miško ruošimo ir medienos perdirbimo atliekos. Nuodingos medžiagos į augalus patenka tiek iš dirvos, tiek ir tiesiogiai iš aplinkos. Į dirvą nuodingi junginiai ir cheminiai elementai patenka iš nuotekų, iš neorganinių ir organinių trąšų, iš aplinkos oro. Visos šios medžiagos vegetacijos metu kaupiasi augaluose. Jų kiekis iš biomės pagamintame kure reglamentuojamas normomis, iš kurių daugiausia žinoma DIN 51731, galiojanti VFR. Galiojančios normos ONORM M7135 Austrijoje, Švedijoje SS 18 71 20 ir Italijoje CTI-R04/5 reglamentuojama tik sieros, azoto ir chloro kiekiai, tai pirmajame dokumente nurodoma ribinės vertės arsenui, kadmiui, chromui, gyvsidabriui, švinui, cinkui, halogenams. Reikia pripažinti, kad toks biokuro vertinimas aplinkosauginiu požiūriu yra labiau priimtinas nežiūrint platesnio ribojimo. Jei biomė auginama žemės ūkio naudmenų plotuose arba gaunama miškuose toli nuo chemijos pramonės ir metalurgijos įmonių, pagaminamo biokuro užterštumo parametrų išlaikymas nesudaro problemų. Energetiniuose augaluose (gluosniai, miskantas ir kit.) sukaupti didesni kiekiai azoto, fosforo, kalio, kadmio, žymiai didesnis tokios biomės peleningumas. Azoto ir chloro kiekis biomėje gali būti sumažintas agrotechninėmis priemonėmis ir optimizuojant tręšimą bei mažinant cheminių apsaugos priemonių naudojimą. Ypač dideli teršalų kiekiai energetiniuose augaluose sukaupti kai plantacijos yra rekultivuojamuose plotuose, sanitarinėse pramoninėse zonose, nutekamųjų vandenų dumblo sandėliavimo teritorijose. Be jau minėtų medžiagų augalai sukaupia sunkiuosius metalus, gyvsidabrį.

Be greitai augančių augalų kurui naudojami grūdinių kultūrų ir rapsų šiaudai. Nors jų kaloringumas mažesnis nei medienos, tačiau deginimas mažos ir vidutinės galios katilinėse padeda spręsti jų utilizavimo problemą. Emisijų požiūriu šiaudai nėra idealus kuras. Juose sukaupta nuo 7 iki 10 kartų daugiau chloro ir nuo 10 iki 12 kartų didesnis kiekis azoto palyginus su mediena, gana didelis kiekis sieros ir aukštas peleningumas. Reikia pastebėti, kai kurie tyrėjai savo publikacijose nurodo labai mažą sieros kiekį šiauduose ir iš jų pagamintuose briketuose, kas gali būti taikytos auginimo technologijos rezultatas.

Nors biokuro pelėnai aplinkosauginiu požiūriu daug lengviau utilizuojami, panaudojant juos kaip trąšą, didelis kuro peleningumas didina kietų dalelių emisiją, blogina kuro sudegimą. Ši problema ypač aktuali plantacijose tręšiamose nutekamųjų vandenų nuosėdomis. Greitai augantys augalai išnaudoja dumblę ir nuosėdose sukauptas maisto medžiagas, bet ir sukaupia didelį kiekį sunkiųjų metalų, nuodingų medžiagų. Po deginimo jų koncentracija pelenuose padidėja keliolika kartų.

Medienos perdirbimo atliekos dažnai užterštos technologiniuose procesuose naudojamomis cheminėmis medžiagomis. Daugiausia tai melamino-karbamido-formaldehido dervos, polichlorvinilas, sintetiniai lakai ir dažai. Šios medžiagos, nors ir padidina atliekų kaloringumą bei mažina higroskopiskumą, yra potencialūs nuodingų emisijų šaltiniai. Medienoje taip pat kaupiasi sunkieji ir šarminiai metalai, bet mažesniais kiekiais nei kultūriniuose augaluose. Miško pirminio perdirbimo atliekose randamas palyginus didelis kiekis nedegių medžiagų (smėlis, dirvožemis). Šios balastinės medžiagos ne tik žymiai sumažina kuro šilumingumą, blogina degimo procesą bet ir didina kietų dalelių emisiją į aplinką.

Biomasės deginimas tai paprasčiausias būdas konvertuoti joje sukauptą energiją. Jos panaudojimą riboja eilė faktorių – nedidelis tūrinis tankis, palyginus didelis drėgmės kitimo intervalas, didelis kiekis lakiųjų frakcijų, šarminių metalų ir chloro, žema pelenų lydymosi temperatūra, biokuro atsargoms sukaupti reikalingos didelės saugojimo patalpos. Iš vieno hektaro žemės ūkio naudmenų galima paruošti sausos biomasės tik iki 300kW galios energetiniam objektui eksploatuoti metų bėgyje. Didelės galios energetiniams objektams būtinos 3...10 tūkstančių hektarų plantacijos, infrastruktūra biomasei perdirbti ir transportuoti. Visa tai riboja biomasės panaudojimą didelės galios energetiniuose objektuose. Tiesioginiam biomasės deginimui būtinas šiai kuro rūšiai pritaikytas katilas. Didelę reikšmę degimo procesui turi kuro susmulkinimas, veikiantis oro ir degimo produktų cirkuliaciją pakuroje. Granulėms skirti dozatoriai neužtikrina normalaus kapoju tiekimo į pakurą, didelis dulkių ir smulkų dalelių kiekis sukelia sprogiminio degimo pavojų pakuroje, o nereguliuojant pakuros darbo kelis kartus padidėja kietų dalelių ir anglies monoksido emisija, krenta katilo naudingumo koeficientas.

Mažos ir vidutinės galios katilinėse biomasė gali būti deginama maišant su iškastiniu kuru. Lengviausia tai atlikti akmens anglimi kūrenamose katilinėse. Tyrimai rodo, jog nuo 1 iki 10% biomasės priedas nereikalauja didelių technologinių pakeitimų ir finansinių investicijų. Toks nedidelis biomasės priedas leidžia smulkinimui panaudoti esamus katilinėse anglies smulkintuvus ir deginti esamais katilais. Nors drėgna biomasė mažina katilo naudingumo koeficientą, bet iš dalies tai kompensuojama ekologine nauda. Be to tokia technologija daro energijos gamybą mažai priklausomą nuo biokuro tiekimo sutrikimų. Biomasės deginimas kartu su akmens anglimi gali būti taikomas ir BFB tipo katiluose (degimas verdančiame sluoksnyje), ir ardyniniuose katiluose, ribojant biomasės kiekį iki 10% pagrindinio kuro. Pirmo tipo katilų pranašumai palyginus su kitų tipų katilais, tai labai aukštas kuro sudeginimo efektyvumas (97-99%) ir maža NO<sub>x</sub> bei SO<sub>2</sub> emisija be papildomų valymo filtrų. Pastaraisiais metais pradėta eksploatuoti katilai su biomasės gazifikavimu verdančiame sluoksnyje prie atmosferinio slėgio. Juose biomasės priedas gali sudaryti net 30%.

Objektuose, kur naudojamas krosninis kuras, mazutas arba dujos, biomasė gali būti deginama lygiagrečiai atskiruose katiluose. Tokios technologijos papildomas plusas tai, kad atskirais sezono laikotarpiais šilumos poreikis pilnai gali būti tenkinamas deginant biomasę, kiekvienas iš katilų dirba jam skirtu kuru optimaliame režime. Tokią sistemą galima pritaikyti visoms biomasės rūšims, o biomasės kuro pelenų srautas atskirtas nuo anglies šlako.

Pagrindinis tokios technologijos minusas – dideli kapitaliniai įdėjimai į infrastruktūrą ir technologiją biomasei ruošti bei deginti.

Dujomis kūrenamose katilinėse galima naudoti tarpinio deginimo variantą. Biomasė deginama katilo pirminėje kameroje, o degimo produktų entalpija išnaudojama pagrindinėje degimo kameroje arba betarpiškai šilumokaičiuose. Taikomos technologijos, kai biomasė gazifikuojama ir sudeginama pakuroje su dujiniu kuru. Šioms technologijoms reikalingos didelės investicijos bei stabilų parametru biomasės tiekimas ir jos dar mažai paplitę. Biomasės gazifikavimas gerai derinamas su biodujų deginimu katilinėse. Šiuo atveju katilo pertvarkymo kaštai minimalūs. Biomasė sėkmingai gali būti naudojama komunalinių, maisto ir perdirbamosios pramonės gyvulinės ir augalinės kilmės atliekų deginimui. Deginimas vykdomas pagal pirmą variantą, o paruoštame kuro mišinyje biomasei tenka pagrindinio kuro vaidmuo. Naudojami variantai, kai biomasė ir deginamos atliekos tiekiamos į pakurą atskirais srautais. Pastaroji technologija užtikrina stabilesnį ir mažiau priklausomą nuo atliekų savybių degimo procesą. Kadangi deginant atliekas neišvengiamai išmetamas į aplinką padidintas teršalų kiekis, šiuose objektuose privaloma įrengti emisijų monitoringo sistemas.

Minėtos technologijos taikomos vidutinės galios katilinėse. Mažos galios katiluose taikoma tiesioginis biomasės deginimas arba degimas su biomasės gazifikavimu. Pirmojo tipo katiluose galima deginti įvairaus smulkinimo ir įvairiarūšę biomasę, o jos drėgmė gali keistis plačiose ribose. Šio tipo katilai gaminami ir su automatizuotu kuro tiekimu į pakurą. Galios reguliavimas atliekamas keičiant paduodamo kuro bei oro kiekius. Juose galima deginti granuliuotą ir briketuotą biomasę. Katilai su biomasės gazifikavimu pasižymi didesniu energetiniu efektyvumu, tačiau reikalavimai kuro kokybei daug aukštesni (maksimali drėgmė 11-14%, kuras - smulkinta lapuočių mediena arba briketai). Masės gazifikavimas vyksta pačiame katile atskiroje zonoje. Šio tipo katilai dirba neefektyviai ir kelis kartus didesnėmis emisijomis mažų apkrovų režime. Todėl juos eksploatuojant būtina sistemoje įrengti akumuliacinę talpą, kad katilo šiluminė galia būtų ne mažesnė kaip 50%.

#### **7.4.1 Teršalų emisija deginant biomasę**

Nežiūrint palyginus nedidelės dalies bendrame energetiniame balanse, buitinis-komunalinis sektorius išlieka dideliu aplinkos taršos šaltiniu. Lenkijos emisijų inventorizacijos centro duomenimis šis sektorius emituoja į aplinką tik apie 10% anglies dvideginio, bet emituojamas CO kiekis sudaro 52%, aromatiniai angliavandeniliai 84%, kietosios dalelės 40%, sunkieji metalai 40÷60% bendrame emisijų balanse. Biomasės deginimas, panaudojant pažangias technologijas komunaliniame-buitiniame sektoriuje, vienas iš kelių žymiai sumažinti aplinkos taršą. Naujausių konstrukcijų katilų naudingumo koeficientas yra pakankamai aukštas (per 80%). Tačiau emisijų problema išlieka pakankamai aštri. Mažos galios neautomatizuotuose katiluose daugiausia emituojama anglies monoksido ir kietųjų dalelių. Tas pats pasakytina ir apie automatizuotus katilus, kai naudojamas ne konstrukcijoje numatytas kuras (vietoje kapojų granulės arba briketai, vietoje anglies - biomasė). Padidintos emisijos sąlygojamos žema įrenginių eksploatavimo kultūra, nekokybišku kuru. Dėl savo specifinių savybių biomasės deginimas gali ne tik sumažinti emisijų lygį, bet ir padidinti aplinkos taršą, skatinti šiluminių įrengimų korozija ir nuosėdų susidarymą katilų paviršiuose.

Kaip jau minėta aukščiau, lengviausiai įgyvendinti biomasės panaudojimą akmens anglimi kūrenamuose katilinėse. Skirtingai nuo akmens anglies biomasėi charakteringa didelis lakiųjų medžiagų kiekis, sudarantis iki 70÷80%, ir mažas sieros kiekis. Biomasėje sukaupti šarminiai metalai ir jų junginiai yra pirolizės proceso ir degimo katalizatoriai. Prie degimo procesą neigiamai veikiančių savybių reikia priskirti didelę drėgmę ir šarminių metalų bei chloro sukeltą konstrukcijų koroziją. Dėl cheminių procesų degimo metu susidaro junginiai su žema lydymosi temperatūra, nusėdantys ant pakurų ir šilumokaičių paviršių. Šie procesai ypač paspartėja naudojant žemos kokybės akmens anglį bei šiaudus. Įrengimų konstrukcijas veikiančios chloras, šarminiai metalai iš biomasės ir sieros oksidas iš akmens anglies ženkliai sumažina katilo tarnavimo laiką.

Pilnai biomasė pakeisti akmens anglį daugumoje atvejų nėra galimybės dėl techninių ir logistinių-ekonominių sąlygų, tačiau net nedidelis jos priedas (nuo 1 iki 10%) leidžia sumažinti teršalų emisiją į aplinką. Biomasėje ir jos degimo produktuose esantys šarminiai metalai ir kalcio oksidas redukuoja sieros oksido emisiją. Iš kitos pusės anglies degimo metu susidaro didesni pelenų kiekiai mažina šarminių metalų koncentraciją juose. Dėl žemos degimo proceso temperatūros azoto oksidai daugiausiai susidaro iš azoto esančio biokure.

Kietų dalelių emisija deginant akmens anglį su biomasės priedu iki 10% vidutinės galios katiluose keičiasi matavimo paklaidos ribose ir sąlygojama įrengtų filtrų efektyvumo

bei eksploatavimo kultūros. Dėl mažo biomasės priedo mažai keisis emisijų dydžiai deginant biomasę iš rekultivuojamų plotų ir plantacijų padidintos taršos zonose.

Pats biomasės degimo procesas yra sudėtingas. Ekologiniai reikalavimai emisijų dydžiui įveda ekologinio degimo sąvoką. Jie apibūdina patį degimo procesą su minimaliomis emisijomis, bet ne visą technologinę grandinę, kurioje gali būti degimo produktų filtravimo įrenginys. Susmulkintos biomasės degimas skirstomas į keletą fazių. Pirmas tai dalelių įkaitinimo ir džiovavimo etapas. Šiame etape išgarinant drėgmę dalelių temperatūra stabili, o trukmė, atsižvelgiant į didelę biomasės drėgmę palyginus su kitomis kuro rūšimis, gana didelė. Toliau kylant temperatūrai išsiskiria ir sudega lakiosios frakcijos. Lakiosios frakcijos patekusios į dujų srautą su dideliu vandens garų ir nedideliu deguonies kiekiu gali būti išneštos iš degimo zonos ir tapti aplinką teršiančių emisijų šaltiniu. Ypač svarbu optimalus deguonies paskirstymas degimo zonoje. Naudojant kurą su mažu šilumos laidumu, mažu lakiųjų frakcijų kiekiu ir trumpu buvimu degimo zonoje, degimo procesas tampa nepilnas. To pasekmė padidinta kietų dalelių, anglies monoksido emisija į aplinką.

Papildoma tarša atsiranda deginant biomasę iš rekultivuojamų plantacijų, nutekamųjų vandenių filtravimo zonų. Iš tokios biomasės pagamintas kuras pasižymi padidintu peleningumu. Biomasėje sukaupti teršalai degimo proceso metu gali sudaryti lakias degias ir nedegias medžiagas. Dėl mažos degimo temperatūros dalis teršalų nesudaro stabilių junginių bei oksidų ir išmetami su degimo produktais į aplinką. Dalis organinės kilmės teršalų adsorbuojami ant kietų dalelių ir taip pat išnešami į aplinką. Biomasėje iš energetinių augalų plantacijų taip pat sukaupiamos medžiagos teršiančios aplinką deginimo metu. Kaip taisyklė tai įvairūs metalai, chloras, azotas iš tręšimui ir augalų apsaugai naudojamų medžiagų. Kai kurių elementų koncentracija gali būti kelis kartus didesnė nei nurodyta normoje DIN 51731.

Mažos ir vidutinės galios biomasės katiluose išskiriame kalios pakurų rūšys. Žaizdrinė pakura taikoma sausai, gerai susmulkintai ir nedidelio peleningumo biomasei deginti iki 5MW galios objektuose. Siekiant išvengti sprogiminio masės degimo, tokio tipo pakurose ribojama pjuvenų bei smulkios masės dalis biomasėje (ne daugiau 50%).

Ardyninės pakuros taikomos vidutinės ir didelės galios katiluose. Tai universaliausia konstrukcija biomasės ir medienos atliekų deginimui. Kuras randasi ilgą laiką degimo zonoje, degimas vyksta aukštoje temperatūroje. Todėl galima naudoti mažai smulkintą ir drėgną biomasę. Sutinkama įvairių konstrukcijų ardynai: transporteriniai, sietiniai, kombinuoti.

Dulkių deginimo pakuros daugiausia naudojamos vidutinės galios (2-8 MW) katiluose. Tokios pakuros lengvai aptarnaujamos ir automatizuojamos, užtikrina stabilų ir nedidelį emisijų lygį. Tačiau reikalavimai kuro savybių homogeniškumui ir susmulkinimui labai aukšti. Kuro dalelės turi būti ne didesnės kaip 5-10mm, o biomasės drėgmė ne didesnė kaip 50%. Šių pakurų konstrukcinis variantas naudojamas granuliuotos biomasės, grūdų deginimui. Dėl didelės kainos granuliuota mediena naudojama tik mažos galios katiluose.

Kiekviena pakuros konstrukcija yra optimizuota numatyta kuro rūšiai. Svarbu ir technologinė disciplina ruošiant biomasę ir eksploatuojant katilines. Vien kuro dozatorių pakeitimas neužtikrina optimalaus degimo proceso ir nedidelių emisijų. Jeigu lakiųjų produktų emisijų mažinimui galima taikyti agrochemines ir technologines biomasės paruošimo priemones bei degimo proceso optimizavimą ir kuro mišinių naudojimą, tai kietų dalelių emisijai riboti dažniausiai naudojama filtrai – cikloniniai, elektriniai, šlapio valymo ir kiti. Nedidelės galios katilinėse šie įrenginiai praktiškai nenaudojami. Siekiant sumažinti kietų dalelių emisiją katiluose kartais taikomi srauto lėtintuvai ir turbulenzatoriai, o išmetamų dujų kanale įrengiama srautą lėtinančios kameros, kuriose iškrenta didelė dalis kietų dalelių.

Vidutinės galios katilinėse naudojami cikloniniai filtrai užtikrina išmetamų dujų išvalymą iki 100-150mg/m<sup>3</sup>. Elektriniai filtrai daug sudėtingesni ir brangesni. Jais galime pasiekti ne didesnę kaip 20mg/m<sup>3</sup> kietų dalelių kiekį išmetamose dujose.

Kadangi deginamos biomasės drėgmė vidutinės galios katiluose gana aukšta ir gali siekti net 50%, katilo energetiniam efektyvumui padidinti gali būti naudojama kondensaciniai šilumokaičiai išmetamų dujų kanale. Nors jų panaudojimas biomasės deginimo katiluose yra dar tik pradinių tyrimų sąskaitoje, bet galima tikėtis teigiamo rezultato mažinant kietųjų dalelių ir lakiųjų medžiagų emisijas susidarant kondensatui šilumokaityje.

7.6 lentelė Mažos galios centrinio šildymo katilų emisijos deginant biomasę

Parametras	Su gazifikavimo moduliui	Su gazifikavimo moduliui	Retortinis	Su specialiu degikliu	Kamerinis su tiesioginiu degimu	Kamerinis naujos konstrukcijos
Kuras	Kapojai	pjuvenos	granulės	granulės	mediena	mediena
CO, g/GJ	900	900	4700	200	3400	3000
NO <sub>x</sub> , g/GJ	140	100	120	110	70	130
Kietos dalelės, g/GJ	25	65	10	10	70	70
Aromat. angl., g/GJ	75	150	35	30	1600	650
Benzopirenai, g/GJ	10	35	5	5	200	65
Org. teršalai, g/GJ	45	150	10	10	1600	650
Naudingumo koef., %	79,6	78,5	85,2	89,3	73,20	76,4

Atlikti gaminamų mažos galios katilų bandymai rodo, jog stacionariame režime užtikrinti normose numatytus parametrus naujos konstrukcijos katilais deginant medieną galima su pakankama atsarga. Kaip matome iš pirmoje lentelėje pateiktų duomenų senos konstrukcijos katilų modernizavimas parametru pagerinimui esminės įtakos neturėjo. Mažiausios emisijos galimos katiluose su specialiu degikliu, įgalinančiu optimaliai reguliuoti tiekiamą kurą ir degimo procesui reikalingą oro kiekį. Reikia pastebėti, jog didžiausios teršalų emisijos būna katilams dirbant mažos galios režime bei pakraunant kurą.

Mažos galios katilams pagal normatyvinius dokumentus nustatyta emisijų normos SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> ir kietoms dalelėms. Tokiuose katiluose deginamas daug kokybiškesnis kuras ir minėtų reikalavimų įvykdymas nesudaro sunkumų. Sudėtingesnė padėtis yra eksploatuojant vidutinės galios katilus centralizuoto šilumos tiekimo sistemose. Kurui naudojama užteršta, su dideliu kiekiu azoto ir mažiau kokybiška mediena. Šiame sektoriuje kylant naftos kainoms biomasės suvartojimo augimas paskutiniaisiais metais buvo didžiausias. Perspektyvoje prognozuojama ir tolimesnis biomasės panaudojimo didėjimas. Todėl teršalų išmetimo kiekių ir jų sudėties tyrimai yra aktualia problema. Tyrimų tikslas – gamybinėse sąlygose nustatyti norminiais dokumentais reglamentuojamų kenksmingų dujų bei kietųjų dalelių emisijas biokurą naudojančiose vidutinės galios katilinėse.

Mažos galios katilų emisijų tyrimus eksploatacinėse sąlygose apsunkina tai, jog įrengiant dūmų nuvedimo kanalus nenumatyta galimybė prijungti matavimo įrangą aplamai arba galimose prijungimo vietose neišpildomi normatyviniuose dokumentuose numatyti matavimų atlikimo reikalavimai (atstumai iki alkūnių bei katilo, nesūkurinis srauto tekėjimas,

izokinetiškumo išlaikymas imant mėginius ir kiti). Katiluose su nedideliu pakuros tūriu ir rankiniu kuro padavimu neįmanoma užtikrinti pastovų katilo darbo režimą visą bandinių paėmimo laiką (ne mažiau 0,5 val.). Ypač tas aktualu nustatinėjant kietų dalelių emisiją. Atsižvelgiant į tai praktinių tyrimų objektu pasirinkta vidutinės galios katilai kūrenami medienos perdirbimo atliekomis su automatizuotu kuro padavimu ir darbo režimo reguliavimu. Kaip taisyklė šių katilų darbo kontrolei įrengiama zondu prijungimo jungtys pagal normatyvinių dokumentų reikalavimus kontroliniams matavimams eksploatacijos laike.

Teršalų išmetimo ribinės vertės nurodytos 7.6 lentelėje. Standartinė deguonies koncentracija 6 tūrio procentai. Degimo dujų ir kietų dalelių emisijų tyrimas reglamentuojamas eile normatyvinių dokumentų. Kietų dalelių kiekio mėginių paėmimas kietų dujų sraute gravimetriniams tyrimams grindžiamas izokinetiškumo principu.

Matavimo įrangos parinkimas, pavyzdžių paėmimas ir rezultatų apdorojimas detalai aprašyta normatyviniuose dokumentuose. Kietų dalelių emisijų atavimai atlikti automatinio gravimetriniu analizatoriumi EMIOTEST 2598, o lakiųjų medžiagų emisijos matuotos daugiakanaliu analizatoriumi HORIBA 250. Papildomi kontroliniai matavimai atlikti daugiakanaliu analizatoriumi IMR3000. Emisijų dydis reglamentuotas norminiu dokumentu. Papildomi kontroliniai matavimai atlikti daugiakanaliu analizatoriumi IMR3000. Dujų srautas kanaluose matuotas slėgiminiu greičio zondų, o dujų drėgmė – talpiniu psichrometru. Kiekvienam matavimui atlikti du pakartojimai ne mažesnės kaip 30 minučių trukmės su visų parametru registravimu. Visų atliktų matavimų metu katilai dirbo su pastovia ir ne mažesne kaip 50% vardinės galios apkrova.

7.7 lentelė. Teršalų išmetimo normos kietą kurą deginantiems įrenginiams

Galia	Išmetamo teršalo ribinė vertė iš kurą deginančių įrenginių, mg/m <sup>3</sup>							
	SO <sub>2</sub>		NO <sub>x</sub>		CO		Kietos dalelės	
	esamas įrenginys	naujas įrenginys	esamas įrenginys	naujas įrenginys	esamas įrenginys	naujas įrenginys	esamas įrenginys	naujas įrenginys
1 < MW < 20 biomasė	2000	2000	650 750	650 750	2000 4000	1000 4000	700	400
20 < MW < 50 biomasė	2000	2000	650 750	650 750	1500	1000	500	300

## Literatūra

1. Aleksynas A. Energetinių augalų palyginimas. Žemės ūkis, 2006, nr. 9, p. 36-37.
2. DIN 51731. Anforderungen an Preslinge aus naturbelassener Holz.
3. ONORM M7135 Presslinge aus naturbelassenem Holz oder naturbelassener Rinde - Pellets und Briketts - Anforderungen und Prüfbestimmungen.
4. E.Wach. Właściwości granulatu drzewnego. Czysta energia, 2005. Nr. 6, 33-35 p.
5. Borkowska H., Wardzinska K.: Rekultywacja osadu ściekowego przez uprawę ślazzawca pensylwanskiego na cele energetyczne. II międzynarodowa konferencja naukowo-techniczna „Rekultywacja terenow zdegradowanych”, Szczecin, 2003.
6. ISO 9096 : 2003. Stationary source emissions - manual determination of mass concentration of particulate matter.
7. Jasinskas A., Liubarskis V. Energetinių augalų auginimo ir naudojimo kurui technologijos. Raudondvaris, 2005, 89 p.
8. Jasinskas A., Scholz V. Augalų biomasės nuėmimo ir ruošimo kurui technologijos ir jų įvertinimas. Raudondvaris, 2008, 74 p.
9. Janowicz L.: Energia ze słomy. „Agroenergetyka”, 2006, Nr.3, p.29-33.
10. Larson S.: Kilka lat z wierzbą energetyczną w Szwecji. ”Czysta energia”, 2005, Nr.1, p12-13.
11. LAND 43-2001 Išmetamų teršalų iš kurą deginančių įrenginių normos.
12. Liubarskis V., Jasinskas A. Biomasės panaudojimo energetinėms reikmėms technologijų ir technikos taikymo Lietuvoje galimybės. Raudondvaris, 2004, 52 p.
13. LST EN 13284-1-2006 Stacionarių šaltinių išmetamieji teršalai. Mažos masės dulkių koncentracijos nustatymas. 1 dalis. Rankinis gravimetrinis metodas.
14. Kruczek St. Skrzypczak G., Muraszkowski R. : Spalanie i współspalanie biomasy. „Czysta energia”, 2007, Nr.6, 23-26p.
15. Kobylecki R., Bis Z., Nowak W.: Paliwo z biomasy i paliw alternatywnych. „Czysta energia”, 2005, Nr.3, p.23-25.
16. Kruczek S. Spalanie i współspalanie biomasy z paliwami kopalnianymi., 2007, Nr.6, 32-35p.
17. Matuszek M. Najlepsze na pelety. 2005, Nr.4 (14), 34-35p.
18. Pronobis M.: Evaluation of the influence of biomass co-combustion on boiler furnace slagging by means of fusibility correlations. Biomass&Bioenergy”, 2005, vol. 28, issue 4.
19. Zawitzowski J. Kriteria energetyczno-emisyjne ICHPW na „Znak bezpieczeństwa ekologicznego”. Nowelizacja. Referat, ICHPW, 2006, -10p.
20. Žaltauskas A. Šiaudų panaudojimas kurui Lietuvoje. Raudondvaris, 2002, 44 p.
21. Wandrasz J.W., Wandrasz A.J.: Paliwa formowane, 2006, „Seidel-Przywecki”, Warszawa, 2006, -466p.

## 8. Energijos naudojimo efektyvumas savivaldybėse. Lietuvos situacija, perspektyvos, savivaldybių vaidmuo ir galimybės

*Parengė dr. Asta Mikalauskiene*

Klimato kaitos politikos tikslus ir jų įgyvendinimo priemonės Lietuvoje apibrėžia šalies tarptautiniai susitarimai – Jungtinių Tautų bendroji klimato kaitos konvencija, Kioto protokolas ir įsipareigojimai Europos Sąjungai. Stengiantis įgyvendinti susitarimuose nustatytus siekius, poveikio klimato kaitai mažinimo priemonės yra kruopščiai formuojamos, įgyvendinamos, prižiūrimos ir ieškoma būdų, kaip jas skatinti ir daryti efektyvesnes. Lietuvoje energetikos sektorius yra pagrindinis taršos šiltnamio dujomis šaltinis: 2005 metais šis sektorius išmetė 27,5 proc. visų šalies šiltnamio dujų emisijų [1]. Ne mažesnę įtaką energetikos sektorius turi ir kitose šalyse, todėl jo indėlis mažinant poveikį klimatui yra svarus ir ypač skatintinas. Šioje esė apžvelgiama klimato kaitos politika Lietuvos energetikos sektoriuje, siekiant rasti konkrečią mažiau akcentuojamą sritį ir pabrėžti jos galimybes prisidėti prie šiltnamio dujų emisijų mažinimo.

Galimybės mažinti poveikį klimatui atskiruose aprūpinimo energija etapuose. Potencialas mažinti šiltnamio dujų emisijas energetikos sektoriuje gali būti realizuojamas dviejuose aprūpinimo energija etapuose: gaminant bei perduodant energiją, ir vartojant energiją. Energijos gamybos etape pirmiausia skatintinas kuo efektyvesnis gamybos procesas tam, kad mažiau pirminių energijos išteklių būtų suvartojama tam pačiam energijos vienetui pagaminti – tai leidžia sumažinti santykinį šiltnamio dujų, išmetamų energijos gamybai deginant kurą, kiekį. Šiuo atveju ypač palaikytinas kogeneracinių jėgainių įrengimas, nes jose elektros gamybos procese susidariusi atliekinė šiluma panaudojama pastatų šildymui ir karšto vandens ruošimui. Kitas būdas – energijos gamybai naudojamus išteklius galima keisti neutraliais klimato kaitos atžvilgiu ištekliais (atsinaujinančiais energijos ištekliais, branduoline energija ir kt.). Be to, kitose šalyse pamažu pradedamas taikyti ir šiltnamio dujų iš išmetamųjų dūmų valymas. Į stambių energijos gamybos įrenginių, kurių galia didesnė nei 20 MW, poveikio klimatui mažinimą Europos Sąjungos mastu yra orientuota prekybos apyvartiniais taršos leidimais sistema. Energijos gamintojams paskiriamas tam tikras skaičius taršos leidimų, kurių kiekvienas leidžia į atmosferą išmesti vieną toną šiltnamio dujų. Jei gamintojas faktiškai išmeta mažiau teršalų, likusius leidimus jis gali parduoti ir taip gauti papildomų pajamų. Jei gamintojui leidimų pritrūksta, jis juos turi įsigyti iš gamintojų, kurie nesunaudojo savųjų leidimų, arba sumokėti baudą. Taip sukuriama finansinė paskata didiesiems energijos gamintojams išmesti mažiau šiltnamio dujų, investuojant į efektyvesnę gamybą ir perdavimą bei atsinaujinančių energijos išteklių naudojimą. Energijos gamyba kogeneracinėse jėgainėse ir iš atsinaujinančių energijos išteklių papildomai skatinama priemonėmis, numatytomis Nacionalinėje energijos vartojimo efektyvumo didinimo 2006 – 2010 metais programoje, taip pat priskiriant tokią elektros gamybą viešuosius interesus atitinkančioms paslaugoms ir nustatant jų supirkimo kainas bei kitomis priemonėmis. Gerokai sudėtingiau skatinti efektyvesnę šilumos ir elektros gamybą ir atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimą mažos galios įrenginiuose. Tačiau šioje srityje tam tikrą indėlį sudaro nustatyti minimalūs katilų efektyvumo reikalavimai bei pastatų energinio naudingumo sertifikavimu iš dalies vertinamas pastatų inžinerinių sistemų efektyvumo kriterijus.

Didelį įnašą galėtų turėti šiltnamio dujų valymo iš išmetamųjų dūmų ir modernių, neutralių klimato kaitos atžvilgiu technologijų pritaikymas. Tačiau Lietuvos augančiai ekonomikai dar reikia siekti sanglaudos su kitomis Europos Sąjungos valstybėmis, todėl itin

inovatyvios ir tik besivystančios technologijos turėtų būti taikomos ypač atsargiai – būtinas kruopštus investicijų rizikos ir poveikio energijos gamybos kainai vertinimas. Energijos vartojimo etape neigiamas poveikis klimatui gali būti sumažintas dvejopai: taupant energiją (pvz., išjungiant nenaudojamą apšvietimą, mažinant šildymo sezono metu patalpose palaikomą temperatūrą) ar didinant galutinio energijos vartojimo efektyvumą (pvz., taikant efektyvesnius prietaisus, šilumai izoliuojant pastatų atitvaras). Galutiniam energijos vartotojui sunaudojant mažiau energijos, jos reikia mažiau pagaminti ir tam reikia sunaudoti mažiau iškastinio kuro, kurio degimo proceso metu į atmosferą ir išmetamos šiltnamio dujos. Į šilumos vartojimo efektyvumo didinimą yra orientuota daugybė iniciatyvų: jis akcentuojamas Nacionalinėje energijos vartojimo efektyvumo didinimo 2006 – 2010 metais programoje, Daugiabučių namų modernizavimo programoje ir kt. Gyvenamųjų ir viešųjų pastatų renovacijai, siekiant sumažinti šių pastatų šilumos vartojimą, galimi įvairūs finansinės paramos mechanizmai (valstybės, savivaldybių ar ES struktūrinių fondų parama). Vienas iš pastatų energinio naudingumo sertifikavimo tikslų taip pat yra skatinti šilumos vartojimo ir pastatų inžinerinių sistemų efektyvumą. Elektros galutinio vartojimo efektyvumui, reikia pastebėti, skiriama kiek mažiau dėmesio. Nors jis ir deklaruojamas strateginiuose dokumentuose, tačiau konkretesnių priemonių būtų galima įgyvendinti ženkliai daugiau. Stambieji elektros vartotojai, pvz. pramonės įmonės, yra savaimė suinteresuoti efektyvumo didinimu dėl investicijų atsiperkamumo. Tačiau verta skatinti ir mažųjų vartotojų – gyvenamųjų ir visuomeninių pastatų – didesnę indėlį į efektyvesnę elektros vartojimą. Buitinių prietaisų ženklėjimas šiuo metu yra pagrindinė priemonė elektros vartojimo efektyvumui buitiniame sektoriuje skatinti, nes jis leidžia atskirti efektyvesnius prietaisus bei užtikrinti, jog minimalių reikalavimų neatitinkantys prietaisai nepatektų į rinką. Šaunu, kad tokia sistema bent atmeta neefektyvius prietaisus, tačiau vien ženklėjimas yra nepakankama paskata įsigyti efektyvesnius įrenginius – pirkėjas (gyventojas ar įmonė) nebūtinai supranta, kaip pasinaudoti ženklėjimo suteikiama informacija. Viešuosius pirkimus vykdančios įstaigos ateityje turės įsigyti efektyvesnius prietaisus, nes į viešųjų pirkimų procedūras planuojama įtraukti aukštesnius nei įprasta minimalius prietaisų efektyvumo kriterijus [2]. Tačiau kitose administracinėse įstaigose bei ypač gyvenamuosiuose pastatuose efektyvesnių prietaisų naudojimo skatinimas šiuo metu nėra toks intensyvus. Šia esė būtent ir siekiama atkreipti dėmesį į buitinių elektros prietaisų efektyvumo didinimą.

Efektyvesnės investicijos mažinti įtaką klimato kaitai Jau padarytos žalos klimatui pakeisti negalima – galima tik sumažinti tolesnę atmosferos teršimą šiltnamio dujomis. Todėl investicijos į teršalų emisijų mažinimą, kai lyginama pasiekta nauda klimato kaitos atžvilgiu ir tam sunaudoti kaštai, nėra efektyvios, nors ir būtinos. Dėl to ypač akcentuotinos tokios investicijos, kurios atsipirktų dėl kitų priežasčių. Investicijos į elektros vartojimo efektyvumo didinimą ne tik leistų sumažinti šiltnamio dujų, išmetamų elektros gamybai deginant kurą, emisijas. Efektyviau vartojant elektrą, galutiniai energijos vartotojai pasiektų tą patį paslaugų lygį (pvz. tą patį apšvietimo lygį, tą pačią temperatūrą šaldytuvuose) sunaudodami mažesnę elektros kiekį ir patirdami mažesnes išlaidas elektrai pirkti. Taip investicijos į efektyvumo didinimą atsipirktų, o dėl to sumažėjusios šiltnamio dujų emisijos būtų tarsi antrinis teigiamas efektas. Galutinis vartotojas kartu būtų labiau apsaugomas nuo kylančių elektros kainų daromos neigiamos įtakos – išsilydamas brangesnį, bet efektyvesnį, prietaisą, vartotojas didesnę išlaidų dalį patirtų iškart ir taip sumažėtų neigiama galinčių žymiai augti elektros kainų įtaka. Būtų galima sakyti, jog šiuo metu, kai Lietuvoje apie 70 proc. elektros pagaminama klimato kaitai įtakos neturinčioje Ignalinos atominėje elektrinėje ir dar apie 6–7 proc. pagaminama vėjo jėgainėse ir hidroelektrinėse [3], investicijos į elektros vartojimo efektyvumo didinimą nėra tokios efektyvios klimato kaitos atžvilgiu. Bet nuo 2008 metų pabaigos, uždarius atominę elektrinę, elektros gamybai naudojamo kuro balanse vyraus

iškastinis kuras, todėl efektyvesnis elektros vartojimas leistų sumažinti klimato kaitą sukeliančių dujų emisijas. Be to, po atominės elektrinės uždarymo prognozuojamas elektrinių galios trūkumas Lietuvoje, taigi tokios investicijos į efektyvumą leistų kiek sušvelninti ir šią problemą. Svarbu paminėti ir tai, kad didžioji dalis išteklių, naudojamų elektros gamybai Lietuvoje, yra importuojami iš šalių, todėl investicijos į efektyvumo didinimą taip pat prisidėtų ir prie šalies energetinio saugumo užtikrinimo. Šiuo metu yra susidariusios ypač palankios sąlygos investuoti į elektros vartojimo efektyvumą: prognozuojamas ženklus elektros kainos šuolis skatina galutinius vartotojus galvoti, kaip vartoti mažiau elektros. Būtent dabar, kylant Lietuvos ekonomikai ir atsiradus paprastoms prekių įsigijimo lizingu sąlygoms, gyventojai ir įmonės keičia senuosius ar įsigyja naujus elektros prietaisus. Skambučių centro "Fonitel" vykdytos apklausos duomenimis [4], net 39 proc. respondentų būtų linkę pakeisti savo įrangą efektyvesne. Todėl šiuo metu iniciatyva skatinti efektyvesnius elektros prietaisus galėtų duoti ypač gerų rezultatų ir prisidėti prie šiltnamio dujų emisijų Lietuvos energetikos sektoriuje mažinimo.

Skatinimo įsigyti efektyvesnius elektros prietaisus aspektai Populiariesiems buitiniams elektros prietaisams – šaldytuvams, šaldikliams ir jų deriniams; skalbimo mašinoms, džiovintuvams ir jų deriniams; indaplovėms; orkaitėms; vandens šildytuvams; apšvietimo šaltiniams; oro kondicionieriams – yra įvesta jau minėta efektyvumo ženklinimo sistema. Minimalius efektyvumo kriterijus atitinkantys prietaisai gali patekti į rinką ir jie pagal efektyvumą ženklinami nuo A iki G raidėmis (šaldytuvams, šaldikliams ir jų deriniams taip pat suteikiamos A+ ir A++ klasės). Ypač efektyvūs A klasės prietaisai kainuoja daugiau, tačiau vartoja mažiau elektros. Tuo tarpu žemesnės efektyvumo klasės prietaisai yra pigesni, bet vartoja daugiau elektros. Savaimė ši ženklinimo sistema yra tik iš dalies efektyvi, nes tikėtina, jog ne visi pirkėjai noriai įsigyja brangesnius, nors ir efektyvesnius, prietaisus. Todėl labai naudingas būtų aktyvus pirkėjų informavimas, kaip suprasti ženklinimu teikiamą informaciją ir kaip ją panaudoti įsigyjant konkretų prietaisą. Pirkėjus informuoti apie elektros prietaisų ženklinimo teikiamą naudą būtų galima įvairiai: švietėjiškomis televizijos ir radijo laidomis, publikacijomis spaudoje ar akcijomis ir skelbimais buitinių prietaisų parduotuvėse. Svarbu, kad būtų pristatomi pavyzdžiai, įtikinantys pirkėjus, jog brangesnis, bet efektyvesnis, prietaisas gali būti žymiai naudingesnis. Deja, Lietuvos gyventojai dar nėra ypač linkę atkreipti dėmesį į aplinkos apsaugą, „žaliosios“ idėjos dar nėra populiarios ir madingos. Pavyzdžiui, jau minėtos apklausos [4] duomenimis tik 11 proc. apklaustųjų mano, jog už klimato kaitos prevenciją yra atsakinga visuomenė, o ne Vyriausybė ir Seimas ar aplinkosaugos ekspertai. Todėl Lietuvoje informacinėmis priemonėmis skatinant pirkėjus įsigyti efektyvesnius prietaisus, verčiau argumentuoti, jog tai padeda sutaupyti išlaidų, o ne kad šie prietaisai turi mažesnę neigiamą poveikį klimato kaitai. Išlaidų sutaupyti Lietuvos elektros vartotojai norėtų, todėl verta formuoti požiūrį, jog brangesnis, bet efektyvesnis prietaisas iš tiesų yra atsiperkanti investicija. Tam buitinių prietaisų pardavimo vietose pirkėjams būtų galima pateikti paprastas, lengvai suprantamas metodikas ar skaičiavimo pavyzdžius, kaip apskaičiuoti sutaupomos elektros kiekį ir išlaidas, pasirinkus efektyvesnį prietaisą.

Pabaigoje verta panagrinėti konkretų pavyzdį: tą patį apšvietimo lygį užtikrinanti 12 W galios A klasės lemputė suvartoja 80 proc. mažiau elektros nei 60 W galios E klasės lemputė. Naudojant efektyvesnę lemputę, per valandą būtų sutaupoma 48 Wh elektros, o vertinant, jog vidutiniškai lemputė yra įjungta 4 valandas kasdien [5], per metus būtų galima sutaupyti 70 kWh elektros ir 23 litų išlaidų (vertinant pagal dabartinę elektros kainą buitiniams vartotojams 33 ct./kWh [6]). Lempučių kainų skirtumas yra tik apie 10 litų, taigi efektyvesnė lemputė atsiperktų jau per kiek mažiau nei pusę metų. Be to, vertinant esamas

santykines šiltnamio dujų emisijas elektros vienetai Lietuvoje pagaminti (200 gr CO<sub>2</sub>e/kWh [1]), per metus vienos lempučių keitimas leistų sutaupyti 14 kg CO<sub>2</sub>e šiltnamio dujų. Apklausos [4] duomenimis 39 proc. gyventojų būtų linkę pakeisti turimą įrangą efektyvesne. Laikant, kad Lietuvoje viename namų ūkyje yra vidutiniškai 4 gyventojai ir 39 proc. namų ūkių pakeistų bent vieną įprastą lempučių į efektyvią A klasės lempučių, per metus šalies mastu būtų sutaupoma 23 GWh elektros ir 4,6 tūkst. tonų CO<sub>2</sub>e. Tai sudaro apie 0,08 proc. visų Lietuvos energetikos sektoriaus šiltnamio dujų emisijų 2005 metais [1]. Sutaupytų emisijų kiekis būtų dar didesnis po Ignalinos atominės elektrinės uždarymo. O svarbiausia yra tai, kad tokios investicijos į elektros vartojimo efektyvumą didinimą atsiperka vien dėl sutaupytų išlaidų elektrai. Sumažėjusios šiltnamio dujų emisijos yra antrinis teigiamas investicijų efektas, kuris iš tiesų jau nieko nekainuoja. Taigi investicijos į elektros vartojimo efektyvumą didinimą yra ekonomiškai efektyvus būdas mažinti neigiamą energetikos sektoriaus poveikį klimatui ir jam vertėtų skirti daugiau dėmesio Lietuvos energetikos politikoje. Nuorodos

## Literatūra

1. Lietuvos energetikos institutas. Išmetamų į atmosferą šiltnamio dujų kiekių kitimo iki 2020 m. prognozių ir Lietuvos galimybių, įgyvendinant priimtus įsipareigojimus 20 proc. sumažinti šiltnamio dujų kiekį iki 2020 m., įvertinimo ir pasiūlymų parengimas. Kaunas. 2007.
2. Advokatų profesinė bendrija SMA ir įmonė „Ekostrategija“. Rekomendacijų vykdyti priemonių, didinančių energijos vartojimo efektyvumą, viešuosius pirkimus ir šių priemonių specifikacijų sąrašų parengimas. Vilnius. 2007.
3. Lietuvos energetikos institutas. Lietuvos energetika – 2006. Kaunas. 2006.
4. Klimato kaita – ir Lietuvos rūpestis. Straipsnis dienraštyje „Respublika“, 2008 m. kovo 29 d.
5. Grimmig, M., Vaškys, A., Zinevičius, F.. Potencial of reducing energy demand for lighting in Lithuania. Konferencijos „Right Light“, vykusios 2002 metų gegužės 29 – 31 dienomis Nicoje, Prancūzijoje, medžiaga.
6. AB „Rytų skirstomieji tinklai“ ir AB „VST“ interneto svetainės: [www.rst.lt](http://www.rst.lt), [www.vst.lt](http://www.vst.lt) .

## 9. Energijos efektyvumas transporte. Efektyvus aplinkai palankaus transporto planavimas. Lietuvos savivaldybių situacija ir perspektyvos, savivaldybių vaidmuo ir galimybės

*Parengė Vytautas Gužys*

Pagal Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2008 m. liepos 9 d. nutarimą Nr. 692 “Dėl efektyvaus energijos išteklių ir energijos vartojimo stebėsenos taisyklių patvirtinimo”, savivaldybėms rekomenduojama dalyvauti efektyvaus energijos išteklių ir energijos vartojimo stebėsenoje. Valstybės mastu stebėseną vykdo Energetikos ministerija.

Teisės aktas, kuriuo transporto sektorius privalo didinti energijos efektyvumą – tai Lietuvos Respublikos energetikos įstatymas:

7<sup>1</sup> straipsnis. Susisiekimo ministerijos kompetencija

Susisiekimo ministerija:

1) rengia energijos išteklių ir energijos vartojimo efektyvumo didinimo **transporto objektuose** programas ir koordinuoja jų įgyvendinimą;

2) teikia rekomendacijas ir įgyvendina priemones, didinančias energijos išteklių ir energijos vartojimo efektyvumą **transporto objektuose**;

3) tvirtina energijos vartojimo transporto objektuose (išskyrus statinius) audito atlikimo metodikas;

4) (neteko galios nuo 2010 m. birželio 10 d.);

5) vykdo informavimo ir švietėjišką veiklą, skatinančią transporto objektuose efektyviai naudoti energijos išteklius ir energiją.

Žemiau pateikiamos kai kurios sąvokos.

**Energijos vartojimo auditas** – procedūra, kurios metu nustatomos ir įvertinamos energijos išteklių ir (ar) energijos sąnaudos pastatuose, technologiniuose procesuose, įrenginiuose ar transporto objektuose, arba bendros energijos išteklių ir (ar) energijos sąnaudos, reikalingos teikiant viešas ar privačias paslaugas, parenkamos ir ekonomiškai pagrindžiamos energijos išteklių ir (ar) energijos taupymo priemonės, taip pat pateikiama ataskaita energijos vartojimo audito užsakovui.

Pagal Lietuvos Respublikos transporto veiklos pagrindų įstatymą (1 straipsnis):

**Transporto objektai** - transporto infrastruktūra, transporto priemonės ir kitos su transporto veikla susijusios techninės, technologinės ir eismo valdymo priemonės.

**Transporto infrastruktūra** - sausumos ir vandens kelių, eismo valdymo sistemų, su jais susijusių statinių (tarp jų ir pastatų), specialiai įrengtų teritorijų ir įrenginių bei konstrukcijų visuma, skirta transporto veiklai užtikrinti.

**Viešojo transporto infrastruktūra** - transporto infrastruktūra, nuosavybės teise priklausanti valstybei ar savivaldybėms ir skirta visuomenės poreikiams tenkinti vežti keleivius, bagažą, krovinius.

**Transporto veikla** - keleivių, bagažo ir (arba) krovinių vežimas transporto priemonėmis, geležinkelių, kelių, oro ir vandens transporto infrastruktūros valdymas, plėtra ir priežiūra, kelių tiesimas ir priežiūra, taip pat kita veikla, tiesiogiai susijusi su transporto infrastruktūra, keleivių, bagažo ir (arba) krovinių vežimu.

Lietuvos transporto sektoriaus situacija ir uždaviniai pateikiami **Energijos išteklių ir energijos vartojimo efektyvumo didinimo transporto sektoriuje 2009–2020 metų programos projekte**. Mokymo medžiagoje pateikti atrinkti duomenys ir rekomendacijos, kurių pagrindu savivaldybės savo reguliavimo sričiai gali formuoti ir parengti energijos taupymo planus bei priemones, susijusias su miesto ar rajono transporto sektoriaus veiklos planavimu.

Energijos išteklių ir energijos vartojimo efektyvumo didinimo transporto sektoriuje 2010–2020 metų programa (toliau – programa) yra tarpinstitucinė programa, kuria siekiama užtikrinti efektyvesnę energijos išteklių ir energijos vartojimą transporto sektoriuje bei suderinti visų transporto rūšių plėtrą, teikiant pirmenybę mažesnei neigiamai poveikiui aplinkai darančiam transportui. Joje numatytos organizacinės, teisinės, ekonominės, technologijų tobulinimo ir diegimo, taikomųjų mokslinių darbų, visuomenės švietimo ir informavimo priemonės energijos išteklių ir energijos vartojimo efektyvumui didinti, taip pat jų įgyvendinimo stebėseną transporto sektoriuje.

Teisinių programos pagrindą sudaro Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2006 m. gegužės 11 d. nutarimu Nr. 443 patvirtinta Nacionalinė energijos vartojimo efektyvumo didinimo 2006–2010 metų programa (Žin., 2006, Nr. 54-1956), Lietuvos Respublikos tarptautiniai įsipareigojimai, Europos Sąjungos ir Lietuvos Respublikos teisės aktai, tiesiogiai reglamentuojantys efektyvų energijos išteklių vartojimą ar susiję su juo.

Šiuo metu Europos Sąjungoje (toliau – ES) darniam vystimuisi, įskaitant darnų vystymąsi energetikoje bei transporte, skiriama ypač daug dėmesio. Energijos taupymą nustatyti vienu iš prioritetų visose srityse, taip pat ir transporte, verčia akivaizdžios priežastys. Viena iš pagrindinių priežasčių – būtinybė užtikrinti pirminės iš gamtinių šaltinių gautos energijos (toliau – pirminė energija) tiekimo saugumą, nes šiuo metu energetinė priklausomybė nuo išorinių tiekėjų jau siekia 70 procentų ir turi tendenciją didėti. Kita priežastis – aplinkosauginiai aspektai, nes tiek energijos gamyba, tiek ir vartojimas (įskaitant vartojimą transporto sektoriuje) sudaro 94 procentus visų CO<sub>2</sub> emisijų. Dar viena priežastis – ribotos galimybės daryti įtaką energijos tiekėjams. Šią situaciją bent iš dalies pakeisti galima visų pirma skatinant energijos vartojimo efektyvumą bei taupymą. Be to, energijos vartojimo efektyvumo didinimas sudaro svarbią Kioto protokolo strategijos ir veiksmų dalį, kurią ES aktyviai palaiko. Energetikos efektyvumo didinimo Europos Bendrijoje veiksmų plane, 2000 m. balandžio 26 d. Komisijos komunikatu paskelbtame Tarybai, Europos Parlamentui, Ekonomikos ir socialinių reikalų komitetui, Regionų komitetui (KOM/2000/0247), yra išdėstyta Europos Bendrijos šios srities strategija iki 2010 metų. Į šį planą įtraukti Bendrijos iniciatyvų vykdančią bendrąją ir koordinuotąją politiką energetikos efektyvumo didinimo priemonių integravimo, naujų bei įgyvendinamų priemonių klausimai. Europos Sąjungos Tarybai pirmininkaujančios valstybės 2007 m. kovo 8-9 d. išvadose (7224/1/07) pabrėžiama, kad energijos vartojimo efektyvumą būtina didinti įgyvendinant 2020 metams numatytus „20-20-20“ tikslus: iki 2020 m. užtikrinti, kad būtų sutaupoma 20 % ES suvartojamos pirminės energijos, įsipareigoti 20 % sumažinti išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų ir užtikrinti, kad 20 % energijos būtų gaunama iš atsinaujinančių energijos išteklių. Išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekio mažinimo ir atsinaujinančių energijos šaltinių naudojimo tikslai skatina didinti energijos vartojimo efektyvumą, o veiksmai siekiant didinti energijos

vartojimo efektyvumą padės pasiekti ES klimato apsaugos tikslą. Šių iniciatyvų mastas bei turinys svarbus ir Lietuvos Respublikai – tiek kaip ES valstybei narei, tiek ir nacionalinės politikos lygmeniu.

2005 m. birželio 22 d. buvo paskelbtas ES programinis dokumentas – žalioji knyga apie energijos vartojimo efektyvumą, arba kaip mažesnėmis sąnaudomis sutaupyti daugiau energijos (KOM(2005) 265 galutinis). Viena iš esminių šio dokumento nuostatų yra ta, kad Europos ekonominio augimo perspektyvos gali sumažėti ne vien dėl didelių naftos kainų, – ES naudinga ryžtingai atnaujinti energetinio efektyvumo didinimą skatinančią programą, jungiančią Bendrijai svarbius konkurencingumo, Lisabonos susitarimų, aplinkosaugos, Kioto išpareigojimų bei energijos tiekimo saugumo klausimus. Žaliojoje knygoje kaip tik ir siekiama nustatyti spragas, darančias įtaką šios veiklos efektyvumui, pavyzdžiui, atitinkamų iniciatyvų, informacijos, prieinamų finansinių mechanizmų stoka; numatyti šių spragų šalinimo būdus, būtinus veiksmus. Žaliojoje knygoje taip pat teigiama, kad nacionalinis lygmuo daugeliu atvejų labiau tinka efektyvaus energijos vartojimo priemonėms įgyvendinti visuose sektoriuose, įskaitant transportą.

Permainų būtinybė transporto sektoriuje didinant energijos efektyvumą numatyta 2006 m. spalio 19 d. Europos Komisijos komunikate „Efektyvaus energijos vartojimo veiksmų planas: išnaudoti potencialą“ (KOM(2006) 545). Jame pabrėžiama, kad transporto sektorius užima svarbią vietą Europos ekonomikoje ir suvartoja beveik 20 % visos pirminės energijos. 98 % šio sektoriaus suvartojamos energijos sudaro iškastinis kuras. Kadangi transporto sektorius energijos suvartojimo požiūriu yra greičiausiai augantis sektorius, jis yra didžiausias šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimo ir priklausomybės nuo iškastinio kuro importo šaltinis. 2008 m. lapkričio 11 d. Europos Komisijos komunikate „Energijos vartojimo efektyvumas – pasiekti 20 % rodiklį“ (KOM(2008) 772) pabrėžiama, kad neseniai atliktais energijos taupymo potencialo ES valstybėse narėse tyrimų duomenimis, dar esama daug galimybių taupyti energiją: pramonėje – 19 %, transporte – 20 %, namų ūkyje, paslaugų srityje – 30 %. Dokumente taip pat nurodoma, kad transporto srityje būtina tobulinti neišplėtotą energijos vartojimo efektyvumo skatinimo atžvilgiu infrastruktūrą ir didinti šio sektoriaus išpareigojimus imtis veiksmų šioje srityje. Todėl transporto sektoriuje būtina veikti įvairiapusiškai ir nuosekliai, įtraukiant įvairius subjektus, įskaitant valstybės ir savivaldybės institucijas, infrastruktūros planuotojus, vežėjus bei visuomenę, kadangi pigiausia, konkurencingiausia, švariausia ir saugiausia energijos forma išlieka sutaupyta energija.

## **9.1. Lietuvos transporto sektoriaus situacija**

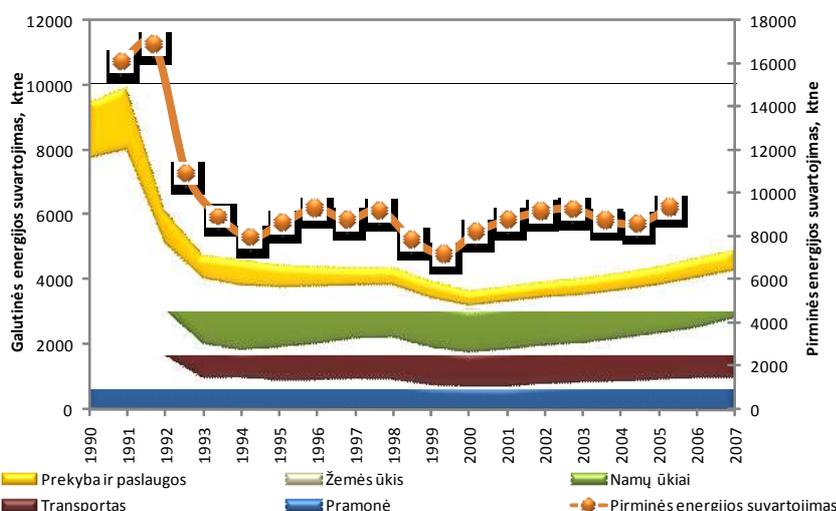
Lietuvos transporto sektorius – viena iš prioritetinių ūkio sričių. Transporto sektoriaus plėtros prioritetai nustatyti Valstybės ilgalaikės raidos strategijoje, patvirtintoje Lietuvos Respublikos Seimo 2002 m. lapkričio 12 d. nutarimu Nr. IX-1187 (Žin., 2002, Nr. 113-5029), Lietuvos Respublikos Vyriausybės programoje, kuriai pritarta Lietuvos Respublikos Seimo 2008 m. gruodžio 9 d. nutarimu Nr. XI-52 (Žin., 2008, Nr. 146-5870), Ilgalaikėje (iki 2025 metų) Lietuvos transporto sistemos plėtros strategijoje, patvirtintoje Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2005 m. birželio 23 d. nutarimu Nr. 692 (Žin., 2005, Nr. 79-2860), Lietuvos Respublikos įstatymuose ir įstatymų lydymuose aktuose, suderintuose su ES teisynu.

Energijos vartojimo efektyvumo didinimas yra vienas iš Lietuvos ilgalaikių strateginių tikslų, nustatytų Lietuvos Respublikos Seimo 2007 m. sausio 18 d. nutarimu Nr. X-1046 patvirtintoje Nacionalinėje energetikos strategijoje, kuri yra įgyvendinama nuo 1994 m. ir paskutinį kartą buvo atnaujinta 2007 metais. Nacionalinėje energetikos strategijoje efektyvus

energijos naudojimas yra įvardytas kaip vienas iš strateginių energetikos tikslų. Šiame strateginiame dokumente taip pat nustatyti ilgalaikiai energijos vartojimo efektyvumo didinimo tikslai ir uždaviniai, o konkrečios šios strategijos įgyvendinimo priemonės yra nurodytos Nacionalinės energetikos strategijos įgyvendinimo 2008–2012 metų plane, patvirtintame Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2007 m. gruodžio 27 d. nutarimu Nr. 1442 (Žin., 2008, Nr. 4-131). Viena iš plane numatytų priemonių yra įgyvendinti energiją taupančias ūkio šakų priemones, kurios leistų per 3 metus, pradedant 2008 metais, sumažinti lyginamąsias galutinės energijos sąnaudas 1,5 procento.

Po Lietuvos Respublikos nepriklausomybės atkūrimo, prasidėjus ekonomikos nuosmukiui, nuo 1991 m. gerokai sumažėjo energijos sąnaudos visose ūkio šakose. 1991–1994 m. tiek pirminės, tiek galutinės energijos sąnaudos sumažėjo 2,1 karto. 1995–2000 m. laikotarpiu, šalies ekonomikai pradėjus atsigausti, galutinės energijos sąnaudos toliau mažėjo vidutiniškai 4,3% per metus. Tačiau tai jau lėmė struktūriniai pokyčiai šalies ekonomikoje, naujų technologijų, pakeitusių iš praeities paveldėtas energijai imlias, bei kitų energijos vartojimo efektyvumą didinančių priemonių diegimas, įskaitant ir transporto sektorių.

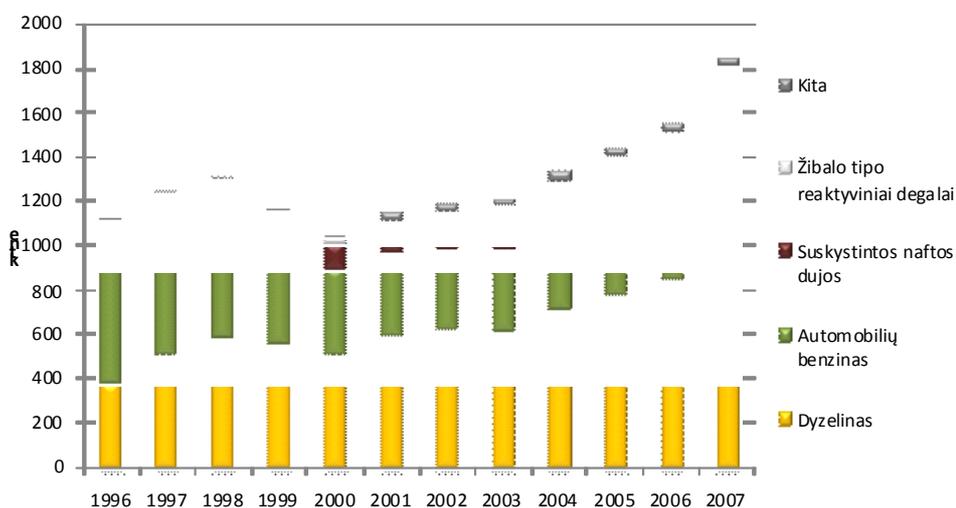
Po 2000 m. prasidėjo itin spartus ekonomikos augimas. Bendrasis vidaus produktas (toliau – BVP) Lietuvoje nuo 2000 m. iki 2007 m. padidėjo 2,1 karto ir 2007 metais jis sudarė 28 mlrd. EUR. Tačiau galutinės energijos sąnaudos augo vidutiniškai 4,7% per metus ir padidėjo tik 1,4 karto, pirminės energijos sąnaudos padidėjo 1,3 karto. Lietuvoje sukurtas BVP, tenkantis vienam gyventojui, palyginti su ES-27 vidurkiu, 2006 metais buvo mažesnis apie 1,8 karto, 2006 m. šalyje vienas gyventojas pirminės energijos sunaudojo vidutiniškai apie 1,5 karto, galutinės energijos – 1,7 karto, galutinės elektros energijos – 2,3 karto mažiau negu vidutiniškai ES-27 vidurkis. Lietuvos transporto sektoriaus sukurta bendrosios pridėtinės vertės (BPV) dalis 2007 metais siekė 10,5 procento (9,06 mlrd. litų), arba 24 procentais daugiau nei 2006 metais, nors dirbančių šiame sektoriuje skaičius sudarė tik 6,2 procento visų šalies dirbančiųjų. Be to, transporto sektoriaus įtaką šalies ekonomikos konkurencingumo didinimui akivaizdžiai rodo nuolat didėjantis transporto paslaugų eksportas: 2007 metais šis rodiklis pasiekė 5,9 mlrd. litų (palyginti su 2006 metais, padidėjo 10,4 procento). Apskritai transporto paslaugų eksportas 2007 metais sudarė 57,6 procento viso paslaugų eksporto (10,2 mlrd. litų), o transporto ir kelionių paslaugų eksportas siekė 86 procentus viso paslaugų eksporto.



9.1 pav. Pirminės ir galutinės energijos kitimas (1990-2007 m.)

Vertinant pagal galutinės energijos suvartojimą, 2007 metais transportas buvo vienas iš pagrindinių galutinės energijos vartotojų Lietuvoje (37% bendro sunaudoto kiekio). Pavyzdžiui, namų ūkiai suvartojo 27%, pramonė – 20%, prekybos ir paslaugų sektorius – 13% galutinės energijos. Žemės ūkiui ir statybai teko tik maža dalis suvartojamos galutinės energijos (atitinkamai 2% ir 1%). 2005 m. 59% pramonėje suvartotos galutinės energijos buvo suvartota ES prekyboje apyvartiniais taršos leidimais dalyvaujančiose įmonėse. Nuo 2000 m. galutinės energijos sunaudojimas nuolat augo vidutiniškai 8,4% per metus. Išanalizavus turimus duomenis apie energijos vartojimą 1995–2007 metais, nustatyta, kad pirminės ir galutinės energijos intensyvumas sumažėjo 2 kartus.

Tačiau intensyvumo pokyčiai, vertinant pagal atskiras ūkio šakas, labai skirtingi: žemės ūkyje BVP vienetai sukurti 2004 metais, palyginti su 1990 metais, sunaudota 6,1 karto, paslaugų ir aptarnavimo sektoriuje – 4,1 karto, pramonėje – 2,7 karto mažiau energijos. Energijos sąnaudos, tenkančios šalyje sukurti BVP vienetai, transporto sektoriuje per tą patį laikotarpį sumažėjo 1,4 karto, o namų ūkyje – 1,3 karto. **Nepaisant to, energijos intensyvumas Lietuvoje vis tiek yra labai didelis. Eurostato duomenimis, 2004 metais energijos intensyvumas Lietuvoje buvo 1136 KgNE<sup>31</sup> tūkstančiui eurų, t.y. 5,6 karto didesnis nei ES-15 valstybių vidurkis (203 KgNE tūkstančiui eurų), 5,5 karto didesnis nei ES-25 valstybių vidurkis (205 KgNE tūkstančiui eurų), 9,5 karto didesnis nei Danijoje (120 KgNE tūkstančiui eurų), 1,9 karto didesnis nei Lenkijoje (597 KgNE tūkstančiui eurų), 1,6 karto didesnis nei Latvijoje (696 KgNE tūkstančiui eurų), tačiau mažesnis nei Estijoje (1140 KgNE tūkstančiui eurų).** Pažymėtina, kad, ODYSSEE projekto duomenimis, energijos vartojimo efektyvumą vertinant energijos vartojimo efektyvumo indeksu (ODEX), transporto sektoriuje nuo 1996 m. iki 2004 m. energijos vartojimo efektyvumo indeksas padidėjo 20%, vertinant tik šalyje dominuojantį kelių ir geležinkelio transportą. Apibendrinus šiuos duomenis akivaizdu, kad Lietuvos ūkį, įskaitant transporto sektorių, būtina modernizuoti.



9.2 pav. Galutinis energijos sunaudojimas transporte 1996-2007 m.

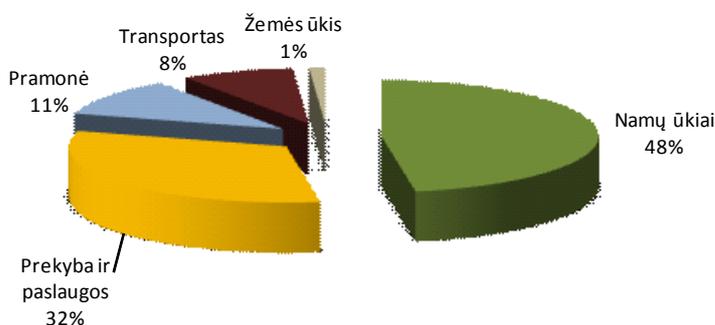
Vertinant energijos vartojimą transporto sektoriuje, pažymėtina, kad šis sektorius vis dar yra visiškai priklausomas nuo iškastinio kuro, kurio vartojimas didėja. Dominuojanti

<sup>31</sup> KgNE – kilogramas naftos ekvivalentu. Šis rodiklis yra bendrųjų vidaus energijos sąnaudų ir bendrojo vidaus produkto santykis tam tikrais kalendoriniais metais

transporto rūšis yra kelių transportas, ir CO<sub>2</sub> išmetimai, susiję su šia transporto rūšimi, sparčiai auga. Taip pat sparčiai didėja ir transporto priemonių skaičius – nuo 1995 m. iki 2007 m. kelių transporto priemonių skaičius padvigubėjo. Sparčiausiai augo lengvųjų automobilių skaičius, kuris per nurodytą laikotarpį padidėjo 2,2 karto, ir puspriekabių vilkikų skaičius, kuris išaugo 2,8 karto. Šių transporto priemonių kiekio augimą galima paaiškinti didėjančiu prekių judėjimu bei gerėjančia gyventojų ekonomine padėtimi. 1995 metais tūkstančiui gyventojų teko 199 lengvieji automobiliai, o 2007 metais – 471. Palyginti su kitomis ES valstybėmis narėmis, tai atitinka Europos Sąjungos vidurkį – Europos aplinkos agentūros duomenimis, EU-25 2005 metais 1000 gyventojų teko vidutiniškai 470 automobilių. Nagrinėjamu laikotarpiu krovininių apyvarta padidėjo 2,5 karto. Pastaraisiais metais pradėjo mažėti senesnių nei 10 metų automobilių skaičius. 2002 metais jų buvo 93%, 2006 metais – 89%. Didėjo ir energijos vartojimo efektyvumas – 1996–2004 metais vidutiniškai apie 4,5% per metus. Energijos sąnaudos vienam automobiliui 1996 m. sudarė beveik 0,8 TNE<sup>32</sup>, o 2004 m. šis rodiklis sumažėjo ir sudarė jau apie 0,6 TNE.

Statistikos departamento duomenimis, 2007 metais transporto sektoriuje daugiausia sunaudota dyzelino – 57%. Benzino sunaudota 25%, gamtinių ir suskystintų naftos dujų – 14%, biodegalų – 3,7%, o elektros energijos – 0,3%.

Dyzelino suvartojimas nuo 2000 metų padidėjo 56%, o benzino – 24%. Gerokai padidėjo suskystintų naftos dujų vartojimas – 8,1 karto per nagrinėjamą laikotarpį. Pasikeitus transporto sektoriuje naudojamų degalų rūšių santykiui, aplinką teršiančių ir darančių įtaką klimato kaitai medžiagų emisijos į atmosferą padidėjo mažiau nei suvartojamų degalų kiekis.



### 9.3 pav. Energijos taupymo potencialas

Vadovaujantis 2006 m. balandžio 5 d. Europos Parlamento ir Tarybos direktyvos 2006/32/EB dėl energijos galutinio vartojimo efektyvumo ir energetinių paslaugų, panaikinančios Tarybos direktyvą 93/76/EEB (OL 2006 L 114, p. 64) (toliau – Direktyva), nuostatomis, numatyta, kad būtina nustatyti įgyvendinamas priemones ir priemones, kurių ketinama imtis, reikalingas siekiant didinti energijos galutinio vartojimo efektyvumą, kurios užtikrintų, kad bus pasiektas nacionalinis energijos taupymo tikslas 2008–2016 m. Nacionalinis energijos taupymo rodiklis devynerių metų laikotarpiui (2008–2016 m.), apskaičiuotas pagal Direktyvos reikalavimus, lygus 325 KTNE. Šalies oficialus patvirtintas energijos taupymo rodiklis yra 9% 2005 m. suvartotos galutinės energijos kiekio. Tai atitinka 400 KTNE. Tarpinis energijos taupymo rodiklis trejų metų laikotarpiui lygus 1,5% galutinės

<sup>32</sup> TNE – tona naftos ekvivalentu

energijos suvartojimo vidurkio 2001–2005 metais. Tai atitinka 54 KTNE, skaičiuojant pagal Direktyvos reikalavimus (1 TNE = 11,63 MWh). **Transporto dalis sudaro 8 procentus bendrojo taupymo rodiklio.**

## **9.2. Efektyvus aplinkai draugiško transporto planavimas, savivaldybių vaidmuo ir galimybės**

Savivaldybės, planuodamos savo veiklą, transporto plėtros programose turės parengti energijos taupymo transporto planus ir priemones, atsižvelgdamos į energijos išteklių ir energijos vartojimo efektyvumo didinimo transporto sektoriuje programos nuostatas.

**Atkreiptinas dėmesys** į 2008 m. birželio 5 d. Transporto, aplinkos ir sveikatos Aukšto lygio pareigūnų susitikimo deklaraciją „**Iššūkis XXI amžiui: skatinti saugų, efektyvų, sveiką ir aplinkai palankų transportą**“, atspindinčią Europos valstybių įsipareigojimus įgyvendinti JT Pasaulio sveikatos organizacijos Chartijos „Transportas, aplinka ir sveikata“ nuostatas transporto srityje. Deklaracija skirta vadovautis organizuojant ir planuojant transporto veiklą valstybės, regioniniu ir bendruomenių lygyje, o dalis priemonių susijusios su energijos efektyvumo didinimu transporte. Pagrindiniai deklaracijos tikslai ir sprendimai pateikiami žemiau.

Priimti 3 visos Europos tikslai:

- Valdyti darnų judrumą (mobilumą) ir skatinti efektyvesnį transportą.
- Sumažinti išmetimus.
- Stiprinti sveikatą ir saugą.

Siūlomi veiksmai: 15 politinių sprendimų

1. Skatinti/remti ir investuoti į švarų ir efektyvų viešąjį transportą.
2. Formuoti judumo (mobilumo) valdymo planus bendruomenėse, darbo vietose, mokyklose ir universitetuose.
3. Remti/raginti/skatinti naudoti poveikio sveikatai vertinimus (PSV), poveikio aplinkai vertinimus (PAV) ir strateginius aplinkos vertinimus (SAV) transporto politikoje ir planavime.
4. Įtraukti transporto iniciatyvų ir intervencijų (įsikišimo) sveikatos ir aplinkos efektus į ekonominius vertinimus ir skatinti transporto išorinių sąnaudų įrodymais pagrįstą vertinimą.
5. Įgyvendinti ir priversti vykdyti efektyvias kelių eismo pažeidimų prevencines priemones, tokias kaip: ribiniai alkoholio dydžiai kraujyje; eismo lėtinimas ir greičio ribojimas iki 30 km/h miestų gyvenamuosiuose rajonuose; naudojimas keleivių pasyviųjų apsaugos priemonių ir šalčių; šių veiksmų palaikymas saugos keliuose kampanijų metu.
6. Patobulinti važiavimo dviračiais ir vaikščiojimo saugą bei infrastruktūrą bei investuoti į jų skatinimą/propagavimą/rėmimą.
7. Remti/raginti/skatinti integruotą miestų planavimą kuris atsižvelgia į transportą, sveikatą ir aplinką ir sumažina judumo (mobilumo) poreikius, t.y., miesto centro plėtojimas ir išnaudojimas pramoninės erdvės vietoj miesto pakriko plėtojimo, plėtojimas laisvalaikio struktūrų priemiesčiuose, skatinimas mišrios žemėnaudos (gyventi, dirbti ir poilsiauti), teikti prioritetą važiavimui dviračiu ir vaikščiojimui, žaliųjų parkavimų programos, parkuokis ir važiuok dviračiu, etc.

8. Formuoti miestų aplinkos polit, t. y. taikyti specialias sąlygas transporto eismui miestų centruose, pvz., draudimas įvažiuoti kroviniams automobiliams ar ypač teršiantiems privatiems automobiliams siekiant sumažinti poveikį aplinkai zonose.

9. Užtikrinti transporto pasiekiamumą visiems, įskaitant pažeidžiama grupes (t. y. neįgaliuosius, pagyvenusius, vaikus, nepasiturinčius ir žemo pragyvenimo lygio grupes bei riboto judumo asmenis).

10. Formuoti, įgyvendinti ir įvertinti oro kokybės, šiltnamio dujų išmetimo ir triukšmo valdymo veiksmų planus pagal prisiimtus įsipareigojimus.

11. Remti/raginti/skatinti naudoti pažangias/intelektualias (PTS) transporto sistemas, įtraukiant telematiką ir kitas eismo valdymo priemones bei informacines technologijas sprendžiant spūsčių problemas.

12. Įdiegti ir įvertinti fiskalines ir nefiskalines švaresnių transporto priemonių ir degalų iniciatyvas bei kitas poreikio valdymo priemones.

13. Įdiegti ir įvertinti viešojo bei privataus sektoriaus bendradarbiavimą, t. y. skatinti/remti švarius degalus ir transporto priemones bei remti/raginti/skatinti investicijas, skirtas važiuoti dviračiais ir vaikščiojimui.

14. Remti/raginti/skatinti tarptautinį bendradarbiavimą dėl efektyvesnio krovinių vežimo transporto, ypač konteineriais, ir efektyvų logistikos valdymą.

15. Vykdyti integruotą politiką konstruktyviai atsižvelgiant į transporto, sveikatos ir aplinkos visos Europos programą kaip politicos sistemą/struktūrą/konstrukciją įkvepiančią, atnaujinančią ir įgyvendinančią aukščiau minėtus veiksmus.

Lietuvos savivaldybėms rekomenduojamos organizacinės, teisinės, ekonominės, technologijų tobulinimo ir diegimo, taikomųjų mokslinių darbų, visuomenės švietimo ir informavimo priemonės energijos išteklių ir energijos vartojimo efektyvumui didinti, taip pat jų įgyvendinimo stebėseną transporto sektoriuje:

1. Taikyti aplinkai palankesnių automobilių stovėjimo nuolaidas (ekonominė diferencijuota lengvatų sistema automobiliams, kaip antai, tik Euro 4 ar Euro 5 automobiliams leisti įvažiuoti į miesto centrą, taikyti parkavimo nuolaidas).

2. Palaipsniui techniškai atnaujinti viešojo kelių transporto parką, pritaikant naudoti alternatyvius degalus.

3. Plėtoti alternatyvias transporto rūšis didžiųjų Lietuvos miestų viešojo transporto sistemose (valstybės biudžetas, ES lėšos).

4. Įgyvendinant Sanglaudos skatinimo veiksmų programą atnaujinti viešojo kelių transporto parkus.

5. Siekiant efektyviau naudoti energiją, renovuoti ir (ar) atnaujinti autobusų stotis.

6. Rengti ir vykdyti vietinės reikšmės kelių tinklo žvyrkelių asfaltavimo programas.

7. Diegti vietinės reikšmės kelių priežiūros ir plėtros priemones, sudarančias prielaidas mažinti kelių transporto priemonių eksploatacines išlaidas.

8. Išnagrinėti galimybes ir parengti pasiūlymus dėl alternatyvių energijos šaltinių bei energiją taupančių sistemų panaudojimo įgyvendinant kelių bei geležinkelių infrastruktūros projektus ir ženklinant bei apšviečiant kelius.

9. Siekiant optimizuoti valstybės biudžeto lėšų, skiriamų keleivių vežimo geležinkelių transportu ir kelių transportu, panaudojimą, nustatyti socialiai būtinus geležinkelio transporto maršrutus, suderinti geležinkelių transporto ir kelių transporto tvarkaraščius.
10. Plėtoti viešajam transportui skirtų eismo juostų sistemos diegimą ir užtikrinti atitinkamą eismo kontrolę.
11. Optimizuoti Lietuvos miestų šviesoforų sistemų darbo režimą.
12. Išnagrinėti galimybes miestų centrinės dalis pertvarkyti į pėsčiųjų zonas.
13. Išnagrinėti galimybes inicijuoti savanoriškus valstybės ir savivaldybės institucijų susitarimus su transporto priemonių draudimo kompanijomis dėl galimybės skatinti visuomenę naudotis viešuoju transportu (pvz., nemokamų viešojo transporto bilietų teikimas besidraudžiantiems asmenims).
14. Įdiegti nemokamų viešojo transporto bilietų platinimo viešbučiuose apsisostojantiems asmenims sistemą.
15. Įrengti naujas ir plėtoti esamas automobilių stovėjimo aikšteles šalia kelių ir geležinkelių transporto keleivinių terminalų, skirtas kelionei tęsti viešuoju transportu.
16. Plėtoti trumpojo nuotolio dviračių transporto infrastruktūrą miestuose, sudarant sąlygas efektyviam susisiekimui tarp gyvenamųjų vietų ir poilsio, mokymo, laisvalaikio bei viešųjų įstaigų.
17. Plėtoti viešojo transporto ir dviračių transporto sąveiką užtikrinančią infrastruktūrą bei paslaugas (nuolaidų sistemos, dviračių laikymo aikštelės, dviračiams pritaikytos transporto priemonės, vagonai, kt.).
18. Parengti efektyvaus dalijimosi automobiliu skatinimo ir sistemos įdiegimo (angl. „Car-sharing“ koncepcija) rekomendacijas.
19. Plėtoti dviračių ir pėsčiųjų takų tinklą, atskiriant dviračių ir pėsčiųjų eismą nuo kelių transporto eismo vietinės reikšmės keliuose.
20. Išnagrinėti galimybes įrengti naujas, talpas ir saugesnes automobilių stovėjimo aikšteles tankiai apgyvendintuose rajonuose.
21. Organizuoti informacines kampanijas, skatinančias racionaliai naudotis transporto priemonėmis, važiuoti viešuoju transportu, ekologiškomis transporto priemonėmis, keliauti pėsčiomis.
22. Išleisti informacinį leidinį vairuotojams apie degalų taupymą (ekonomiškas vairavimas).
23. Organizuoti kursus asmenims, susijusiems su licencijuojama kelių transporto veikla, dėl profesinės kompetencijos ir užkėninių atnaujinimo degalų taupymo, žaliųjų pirkimų, ekonomiškų vairavimo ir kt. klausimais.
24. Išnagrinėti galimybes įsigyti ekonomiškų vairavimo imitatorius, kurie būtų naudojami mokymams bei švietėjiškų akcijų metu.
25. Vykdyti transporto sektoriaus įstaigų, įmonių ir bendrovių energijos vartojimo transporto objektuose auditą.
26. Rengti ir įgyvendinti biodegalų ir kitų alternatyviųjų degalų bei tribologinių medžiagų vartojimą skatinančias priemones.

27. Atlikti studiją dėl automobilių stovėjimo aikštelių (angl. „Park and Ride“) ir dviračių laikymo aikštelių (angl. „Bike and Ride“), skirtų kelionei viešuoju transportu tęsti, tinklo sukūrimo savivaldybių teritorijose.

28. Parengti rekomendacijas savivaldybių specialistams dėl žaliųjų pirkimų (viešojo transporto paslaugos visuomenės poreikiams tenkinti, komunalinės transporto paslaugos, geltonieji autobusai ir kt.).

Apibendrinant energijos vartojimo transporte efektyvumo didinimas apima kompleksą priemonių:

- visų transporto rūšių parko sudėties atnaujinimas;
- transporto infrastruktūros gerinimas;
- racionalus pervežimų tarp transporto rūšių paskirstymas;
- krovinių ir keleivių pervežimo organizavimo tobulinimas;
- miestų viešojo transporto plėtra;
- kelių tinklo plėtra ir jų kokybės gerinimas;
- eismo organizavimo tobulinimas;
- transporto mašinų techninės būklės gerinimas;
- transporto specialistų ir transporto priemonių vairuotojų kvalifikacijos tobulinimas;
- kokybiškų eksploatacinių medžiagų naudojimas;
- perspektyvių alternatyvių degalų naudojimas;
- prioritetinis elektrinio transporto naudojimas;
- dviračių transporto naudojimas;
- vamzdynų transporto platesnis naudojimas;
- mokslo tiriamieji darbai.

### **9.3. Lietuvos savivaldybių situacija ir perspektyvos**

Transporto sektoriuje numatytas energijos vartojimo efektyvumo didinimas iš esmės kontroliuojant transporto priemonių būklę, didinant viešojo transporto patrauklumą, skatinant gyventojus mažinti kelionių automobiliais skaičių, mažinant grūstis miestuose.

Kaip jau buvo minėta, pagrindinė energijos vartojimo augimo transporto sektoriuje priežastis – didėjantis transporto priemonių kiekis. Kitos transporto sektoriaus problemos yra sietinos su nepakankamu transporto infrastruktūros išvystymu ir besiplečiančiais Lietuvos didžiaisiais miestais. Dėl automobilizacijos tempų neatitinkančios infrastruktūros plėtros daugėja eismo grūsčių, o tai mažina energijos vartojimo efektyvumą bei ilgina kelionės laiką. Mažėjantis užstatymo tankis, miestų plėtimasis bei nepakankamai išvystytas visuomeninio transporto tinklas nulemia didesnę privačių automobilių poreikį.

Sprendžiant problemas transporto sektoriuje, geriausių rezultatų pasiekama, kai įgyvendinamas visas paketas priemonių ir įvairios strategijos derinamos tarpusavyje. Praktikoje žmonių judumas (mobilumas), taip pat ir energijos suvartojimas priklauso nuo daugelio rodiklių. Visų pirma tai socialinių-ekonominių rodiklių grupė, pavyzdžiui, žmonių pajamos, amžius, lytis, gyvenimo būdas, elgesys ir t. t. Šie rodikliai ir nulemia (riboja) tam tikrą transporto paslaugų poreikį. Kita grupė – geografiniai rodikliai, t. y. gyvenamosios

aplinkos struktūros elementai: dydis, darbo ir gyvenamųjų vietų tankis, vykdomų veiklų pobūdis ir pan. Trečioji grupė – transporto sistemos rodikliai: transporto infrastruktūros laidumas, viešojo transporto prieinamumas ir kokybė, transporto priemonių eksploatacijos kaštai, parkavimo galimybės ir t. t. Šių rodiklių grupės sąveikauja tarpusavyje ir todėl labai svarbu taikyti poveikio priemones koordinuotai. Poveikio priemonės pagal pobūdį gali būti suskirstytos į technologines, administracines bei planavimo.

Lietuvoje, kaip ir daugelyje kitų pasaulio šalių, nėra įmanoma įdiegti visiškai naujų ir progresyvių technologijų, didinančių energijos naudojimo efektyvumą transporto sektoriuje. Tai yra labai brangu, todėl Lietuvos sąlygomis būtų naudingiau orientotis daugiau į administracinius ir darnios plėtros aspektus. Tai aprėptų investicijas į naujas transporto priemones, kelių infrastruktūrą ir atsinaujinančių išteklių naudojimą, kas jau įtvirtinta Ilgalaikėje Lietuvos transporto sistemos plėtros strategijoje, patvirtintoje Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2005 m. birželio 23 d. nutarimu Nr. 692 (Žin., 2005, Nr. 79-2860).

Lietuvos Respublikos susisiekimo ministerijos duomenimis, kasmet Vilniaus „kamščiuose“ prarandama daugiau nei 435 mln. eurų (174 mln. sudaro kuro kaina, dar 261 mln. kainuoja žmonių laikas, praleistas stovint grūstyse; skaičiuje neįtrauktos išlaidos ekologijai, žala sveikatai ir pan.).

Yra paskaičiuota, kad Kauno mieste (antras pagal dydį Lietuvos miestas) troleibusų parko atnaujinimas 2007 m. padidino keleivių skaičių 25%, lyginant su 2004 m., o elektros energijos sąnaudos keleiviui pervežti atitinkamai sumažėjo nuo 0,45 kWh/keleiviui iki 0,39 kWh/keleiviui, kas lygu 15%. Tuo tarpu atnaujinus autobusų parką Kaune keleivių srautas 2007 m. lyginant su 2003 m. padidėjo 88%, o kuro sąnaudos vienam keleiviui pervežti sumažėjo 30%. Kauno mieste 2008 m. buvo paleistas pirmasis troleibusas su elektros energijos kaupikliais (superkondensatoriais). Paskaičiuota, kad įmontavus į visus troleibusus tokius kaupiklius, galima būtų sutaupyti per 50% juose sunaudojamos elektros.

Lietuvos savivaldybės turėtų atlikti savo reguliavimo srities transporto veiklos efektyvaus energijos išteklių ir energijos vartojimo stebėseną, kurios rezultatais galima bus naudotis planuojant energijos taupymo priemones ir rengiant energijos taupymo projektus (2 priedas), teikiant paraiškas finansavimui gauti iš BPD ar kitų šaltinių.

Lietuvos savivaldybėms rekomenduotina naudoti geros praktikos pavyzdžius, kurių apstu sukaupė Europos Komisija ir pateikiami internetiniuose puslapiuose:

<http://www.polis-online.org/>

<http://www.managenergy.net/>

[http://ec.europa.eu/energy/intelligent/index\\_en.html](http://ec.europa.eu/energy/intelligent/index_en.html)