



# Klimato kaita:

prisitaikymas  
prie jos poveikio  
Lietuvos pajūryje



Projektą iš dalies finansuoja Europos Sajungos  
Europos regioninės plėtros fondas pagal Baltijos  
jūros regiono Interreg IIIB Kaimynystės programą

UDK 551.5(474.5)  
Kl-107

**REDAKTORIŲ KOLEGIJA:**

**Arūnas Bukantis**, Vilniaus universitetas

**Petras Šinkūnas**, Geologijos ir geografinės institutas

**Elena Taločkaitė**, VšĮ Aplinkosaugos valdymo ir technologijų centras

**AUTORIAI:**

**Arūnas Bukantis**, Vilniaus universitetas (Terminai ir trumpiniae, 4 sk.)

**Inga Dailidienė**, Klaipėdos universitetas (2.3 sk.)

**Algimantas Česnulevičius**, Vilniaus universitetas, Geologijos ir geografinės institutas (2.4 sk.)

**Leonora Živilė Gelumbauskaitė**, Geologijos ir geografinės institutas (2.2 sk.)

**Darius Jarmalavičius**, Geologijos ir geografinės institutas (2.1 sk.)

**Rima Kavolytė**, LR AM Jūrinių tyrimų centras (2.3 sk.)

**Justas Kažys**, Vilniaus universitetas (2.7 sk.)

**Judita Liukaitė**, Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba, Vilniaus universitetas (2.6 sk.)

**Regina Morkūnaitė**, Geologijos ir geografinės institutas (2.4 sk.)

**Renata Pilkaitytė**, Klaipėdos universiteto Baltijos pajūrio aplinkos tyrimų ir planavimo institutas (2.3 sk.)

**Ričardas Paškauskas**, Klaipėdos universiteto Baltijos pajūrio aplinkos tyrimų ir planavimo institutas (2.3 sk.)

**Rasa Povilanskienė**, Klaipėdos miesto savivaldybė (Ivadas)

**Artūras Razinkovas**, Klaipėdos universiteto Baltijos pajūrio aplinkos tyrimų ir planavimo institutas (2.3 sk.)

**Egidijus Rimkus**, Vilniaus universitetas (1, 2.8, 4 sk.)

**Gintautas Stankūnavičius**, Vilniaus universitetas (2.9 sk.)

**Edvinas Stonevičius**, Vilniaus universitetas (2.5, 2.8 sk.)

**Jonas Šečkus**, Geologijos ir geografinės institutas (2.2 sk.)

**Elena Taločkaitė**, VšĮ Aplinkosaugos valdymo ir technologijų centras (Ivadas, 3 sk.)

**Gintautas Žilinskas**, Geologijos ir geografinės institutas (2.1 sk.)

**RECENZENTAS**

**doc. Gintaras Valiuškevičius**

© Geologijos ir geografinės institutas, 2007

© Vilniaus universitetas, 2007

© VšĮ Aplinkosaugos valdymo ir technologijų centras, 2007

ISBN 978-9955-33-106-3

## TURINYS

Ivadas • 5

Terminai ir trumpiniai • 11

1. KLI<sup>M</sup>ATO KAITA PASAULYJE IR LIETUVOJE • 15
2. KLI<sup>M</sup>ATO KAITOS POVEIKIS APLINKOS,  
EKONOMINIAM IR SOCIALINIAM SEKTORIAMS • 25
  - 2.1. Lietuvos jūrinis krantas • 25
  - 2.2. Kuršių nerijos jūrinio kranto  
povandeninis šlaitas (priekrantė) • 32
  - 2.3. Kuršių marių–Baltijos jūros  
priekrantės ekosistemos • 39
  - 2.4. Kuršių nerijos kopos • 48
  - 2.5. Miškai • 57
  - 2.6. Žmogaus sveikata • 64
  - 2.7. Turizmas ir rekreacija • 69
  - 2.8. Gyvenamujų vietovių infrastruktūra  
ir pramonė • 74
  - 2.9. Ekstremalių gamtinių reiškiniių poveikis • 81
3. PRISITAIKYMO PRIE KLI<sup>M</sup>ATO KAITOS  
PAGRINDINIAI STRATEGINIAI PRINCIPAI • 91
4. REKOMENDACIJOS KAIP PRISITAIKYTI  
PRIE KLI<sup>M</sup>ATO KAITOS • 97

Literatūros šaltiniai • 102

—| |

| —|

—| |

| —|

## ĮVADAS

Neigiamo klimato kaitos poveikio prevenciją galėtų užtikrinti šiltinamio dujų emisijos mažinimas. Tačiau, siekiant sumažinti klimato kaitos daromą žalą ir jos prevencijos kaštus, būtina rengti prisitaikymo prie klimato kaitos strategijas ir įgyvendinti numatytyas tam tikslui priemones nacionaliniu, regioniniu ir vietas lygmenimis (Easterling et al., 2004).

Lietuvos teritorijoje esančiai Baltijos jūros pakrančių ekosistemoms, taip pat vietos gyventojams daugiausia įtakos turės jūros lygio kilimas, vis dažnėjančios audros, jūros ir Kuršių marių vandens šiltėjimas ir druskingumo pokyčiai, sausringumo didėjimas ir vis dažnesnės karščio bangos, vasaros ir žiemos oro temperatūros kilimas, liūčių dažnėjimas ir vis dažnesni jų sukelti poplūdžiai, ultravioletinis (UV) spinduliuotės suintensyvėjimas.

Leidinys „Klimato kaita: prisitaikymas prie jos poveikio Lietuvos pajūryje“ parengtas vykdant projektą „Prisitaikymo prie klimato kaitos politikos ir strategijų rengimas Baltijos jūros regione“ (angl. *Developing Policies and Adaptation Strategies to Climate Change in the Baltic Sea Region*) (ASTRA, [www.astra-project.org](http://www.astra-project.org)).

Projekto, kuris truko nuo 2005 metų birželio iki 2007 metų gruodžio, tikslas – nustatyti klimato kaitos poveikį Baltijos jūros regionui ir parengti prisitaikymo prie klimato kaitos politiką ir strategijas. ASTRA projektą iš dalies finansavo Europos Sąjungos Europos regioninės plėtros fondas pagal Baltijos jūros regiono *Interreg IIIB Kaimynystės* programą.

Pagrindinis ASTRA projekto koordinatorius – Suomijos geologijos tarnyba. Projekte dalyvavo 34 partneriai, atstovaujantys Baltijos jūros regiono mokslo institutams, regioninio planavimo institucijoms, savivaldybėms, nevyriausybinėms organizacijoms iš Estijos, Latvijos, Lenkijos, Lietuvos, Suomijos, Švedijos ir Vokietijos.

Iš Lietuvos šiame projekte dirbo keturios institucijos – *VšĮ Aplinkosaugos valdymo ir technologijų centras, Geologijos ir geografinės institutas, Klaipėdos miesto savivaldybė ir Vilniaus universiteto Gamtos mokslų fakulteto Hidrologijos ir klimatologijos katedra*.

Įgyvendinant ASTRA projektą Lietuvoje, buvo vykdomi moksliniai tyrimai Klaipėdoje ir Kuršių nerijoje. Šiais tyrimais buvo siekiama nustatyti klimato kaitos poveikį socialiniam, ekonominiam ir aplinkos sektoriams Lietuvos pajūryje. Mokslininkų išvados buvo pristatomos ir aptariamos regioniniuose seminaruose (žr. 1 pav., nuotraukas). Projekto metu buvo suorganizuoti keturi praktiniai seminarai-diskusijos, pritraukusios apie 50 įvairių Klaipėdos regiono interesų grupių atstovų iš Klaipėdos apskrities viršininko administracijos, regiono savivaldybių, švietimo ir mokslo įstaigų, pramonės ir verslo, Aplinkos ministerijai pavaldžių įstaigų, nevyriausybinių organizacijų, žiniasklaidos ir kt. Regioninių seminarų tikslas buvo:

- supažindinti dalyvius su klimato kaitos problema, jos įtaka socialiniams, ekonominiams ir aplinkosauginiams procesams;
- aptarti būtinybę ir galimybę klimato kaitos aspektus įtraukti į strateginę ir teritorijų planavimą;
- aptarti klimato kaitos poveikį įvairiems sektoriams Lietuvos pajūryje ir šių sektorių prisitaikymą prie galimų klimato kaitos padarinių;
- pristatyti projekto metu parengtas prisitaikymo prie klimato kaitos rekomendacijas, aptarti konkrečias prisitaikymo prie klimato kaitos priemones ir jų įgyvendinimą Lietuvos pajūryje.

Šiame leidinyje publikuojami svarbiausi ASTRA projekto rezultatai. Leidinys skirtas nacionalinės, regioninės ir vienos valdžios institucijų, švietimo ir mokslo įstaigų, pramonės ir verslo, nevyriausybinių organizacijų atstovams, kitoms interesų grupėms Lietuvos pajūryje ir kitose Lietuvos teritorijose.

Pirmame leidinio skyriuje pristatoma klimato kaitos problema, analizuojamos pagrindinės klimato kaitos tendencijos pasaulyje ir Lietuvos mastu, ekstremalių reišinių dinamika. Antrame skyriuje



**1 pav.** Akimirkos iš praktinių seminarų.

pagrindinis dėmesys skirtas socialinio, ekonominio ir aplinkos sektorui jautrumui klimato kaitai, apibūdintas klimato kaitos poveikis šiemsektoriams. Pagrindiniai prisitaikymo prie klimato kaitos strateginiai principai ir prisitaikymo prie klimato kaitos minėtuose sektoriuose padarinių galimybės aptariamos trečiame skyriuje. Vadovaujantis ASTRA projekto metu vykdytų moksliinių tyrimų rezultatais, atsižvelgiant į seminarų diskusijas su įvairių interesų grupių atstovais, buvo parengtos rekomendacijos, kaip prisitaikyti prie galimų klimato kaitos padarinių. Jos pateiktos ketvirtame leidinio skyriuje ir gali būti taikomos ne tik Lietuvos pajūryje, bet ir kitose Lietuvos vietovėse, kurios taip pat yra jautrios klimato kaitai.



**2 pav.** Klaipėdos apskritis.

Lietuvos pajūris – regionas prie Baltijos jūros krantų, priklausantis Klaipėdos apskričiai (2 pav.). Apskritys plotas – 5209 km<sup>2</sup>, 2007 m. pradžioje joje gyveno 379,5 tūkst. gyventojų. Pusė iš jų (185,9 tūkst.) gyvena apskrities centre – Klaipėdoje. Apskrityje įsikūrė Klaipėdos ir Palangos miestai, veikia Klaipėdos, Kretingos, Šilutės, Skuodo rajonų bei Neringos savivaldybės.

Klaipėdos apskritis administruoja 249,95 km Baltijos jūros ir Kuršių marių kranto. Neringai tenka 45,03 km jūros kranto, Klaipėdos miestui – apie 11,2 km, Klaipėdos rajono savivaldybei – 8,8 km ir Palangos miestui – 24,49 km. Be to, Neringa administruoja 54,05 km Kuršių marių kranto, Klaipėdos miestui jo tenka 6,3 km Kuršių nerijoje ir maždaug 16 km – prie Klaipėdos sąsiaurio ir šiaurinės marių dalies, o Klaipėdos ir Šilutės rajonams – atitinkamai maždaug 21 km ir 61,94 km.

Tarp visų Baltijos valstybių Lietuvai priklauso trumpiausia jūros kranto linija, tik 90,66 km. Ji eina Kuršių nerija, o po to drieiasi šiauriau Klaipėdos sąsiaurio.

Lietuvos pajūris su savo smėlėtais paplūdimiais ir kopomis bei pušynais yra ne tik tinkama vieta plėtoti turizmą ir rekreaciją, bet ir svarbi teritorija kai kurioms ekonomikos šakoms – logistikai, krovinių pervežimui, žvejybai. Dėl geros geografinės padėties Klaipėdos apskrities ekonomika augimo tempais Lietuvoje nusileidžia tik Vilniaus apskričiai. Viena svarbiausių tokio spartaus vystymosi priežasčių yra sėkmingai dirbantis uostas ir laisvoji ekonominė zona. Klaipėdos uostas gali priimti iki 13,5 m grimzlės laivus ir pajėgus perkrauti iki 30 mln. t krovinių per metus.

Klaipėdos miestas tampa vis patrauklesnis besilankantiems turistams. Miesto centre, šalia Klaipėdos piliavietės ir Danės upės žiočių, pastatytas naujas kruizinių laivų terminalas, o uosto pietinėje dalyje jau pradėtas statyti ro-pax terminalas, skirtas pervežti ir keleiviams, ir kroviniams.

Klaipėdos apskrityje yra visas galimybės organizuoti vandens turizmą mažaisiais laivais. Klaipėdos piliavietėje iki 2008 m. bus įrengta prieplaukų 150 jachtų arba nedideliems laivams. Mažujų laivų, jachtų ir priekrantės žvejybos laivų uostą planuojama pastatyti ir Šventojoje, senojo uosto vietoje, sutvarkyti mažujų laivų uostus bei prieplaukas Nidoje, Juodkranteje.

Labiausiai turistų lankoma Kuršių nerija, kurios didžioji dalis priklauso Neringos savivaldybei ir kuri įeina į Kuršių nerijos nacio-

nalinį parką, yra įtraukta į UNESCO skelbiamą Pasaulio paveldo vietovių sąrašą. Kasmet ji sulaukia apie 3 mln. lankytojų.

Klaipėda – stambus Lietuvos transporto mazgas, kuriame susijungia jūrų, autotransporto, oro ir geležinkelio keliai tarp Rytų ir Vakarų. Nors Klaipėdos apskrityje gyvena tik ~ 5,5% visų Lietuvos gyventojų, šios apskritys bendrasis vidaus produktas (BVP) sudaro apie 11% šalies sukuriamo bendrojo vidaus produkto. 2007 metų pradžioje Klaipėdos apskrityje veikė daugiau kaip 9300 įmonių (Statistikos departamentas, 2007).

## TERMINAI IR TRUMPINIAI

**defiacija** – vėjo išpustomasis, nupustomasis ir perpustomasis darbas.

**ECHAM4** – klimato prognozėms pritaikytas bendrosios atmosferos cirkuliacijos modelis, sukurtas Makso Planko institute Vokietijoje.

**fossilinis kuras** – tai rūgštieji karbonatai (pirmiausia anglys, nafta bei gamtinės dujos), per šimtus milijonų metų susidarę iš suakmenėjusių augalų bei gyvūnų liekanų veikiant karščiu ir slėgiui.

**HADCM3** – klimato prognozėms pritaikytas bendrosios atmosferos cirkuliacijos modelis, sukurtas Jungtinės Karalystės meteorologijos tarnybos Hadléjaus centre.

**IPCC (TKKK)** – *Intergovernmental Panel on Climate Change* (Tarpvyriausybinié klimato kaitos komisija). Sukurta 1988 m. prie Jungtinės Tautų, siekiant apibendrinti ir įvertinti įvairių šalių klimatologų atlikų tyrimų rezultatus. Iš TKKK įėjina ižymiausi pasaulio klimatologai ir klimato ekspertai. 2007 metais paskelbta ketvirtoji šios komisijos ataskaita (<http://www.ipcc.ch/>).

**jautumas (ekosistemų, ūkio, žmonių bendruomenių ir pan.)** – parodo teigiamo ar neigiamo klimato pokyčių poveikio analizuojamai gamtinei ar socialinei sistemai laipsni.

**klifas** – eroduojamas status ir aukštas jūros kranto (sausumos) skardis.

**klimatas** – statistinių savybių visuma sistemos, kurią sudaro sąveikaujančios geosferos (atmosfera, hidrosfera, kriosfera, sausumos paviršius ir biomase), turinčios ilgus, bet baigtinius kitimo periodus. Kurios nors teritorijos (šalies, žemyno, platuminės juostos ir pan.) klimatas gali būti apibūdinamas statistiniai konkretaus laikotarpio (nuo kelerių metų iki tūkstantmečių) orų sąlygų rodikliais.

**klimato kaita** – klimato savybių pasikeitimai, svyrapimai ir fliuktuacijos, kuriuos sukelia astronominiai, geofiziniai ir antropogeniniai veiksniai.

**klimatosfera** – klimato sistema, susidedanti iš atmosferos, hidrosferos, litosferos, kriosferos ir biosferos. Šiuos vidinius klimato elementus nuolat veikia astronominiai ir geofiziniai išoriniai veiksniai.

**kopagūbris (kopos)** – už paplūdimio dirbtinis ar vėjo natūraliai suformuotas smėlio gūbrys, saugantis nuo pustomo smėlio ar jūros poveikio už jo esančią teritoriją.

**kranto abrazija** – kranto ardymas.

**kranto juosta** – apsauginė kranto zonas dalis, apimanti iki 300 m pločio teritoriją sausumoje, taip pat jūros akvatoriją iki 10 m gylio izobatės.

**kranto zona** – krantytros specialistų suprantama kaip tiesioginė jūros ir sausumos salyčio zona, kurioje ypač dažni hidrodinaminiai, litodinaminiai, eolodinaminiai procesai. Ją sudaro paplūdimys, apsauginis paplūdimio kopagūbris, kranto kopos arba klifas bei gretimos teritorijos sausumoje ir povandeninio šlaito dalis iki 20 m gylio izobatės. Kranto juosta yra sudėtinė kranto zonas dalis.

**krantonauda** – tikslinė veikla, vykdoma kranto zonoje žmonių reikmėms tenkinti kompleksiškai naudojant jos gamtos išteklius.

**krantosauga** – visuma krantosaugos priemonių, kuriomis siekiama išvengti nepageidaujamų gamtiniių ar antropogeninių procesų bei jų sąveikos poveikio.

**krantotvarka** – visuma priemonių, užtikrinančių kranto zonas gamtinio kompleksu ir žmonių gyvenamosios aplinkos subalansuotą raidą.

**LHMT** – Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba prie Aplinkos ministerijos.

**NCEP/NCAR** – jungtinė Nacionalinių aplinkos salygų prognozių centrų bei Nacionalinio atmosferos tyrimo centro (JAV) meteorologinių duomenų kartotinės analizės sistema.

**pajėgumas prisitaikyti** – sistemos gebėjimas prisiderinti (reaguoti) prie klimato kaitos pokyčių, atlaikyti galimą apkrovą, įveikti padarinių pasekmes.

**pajūrio juosta** – sausumos (kopagūbris, prieškopė, klifas, paplūdimys) ir jūros akvatorijos (povandeninis šlaitas iki 20 m gylio izobatės) dalis, kurios apsaugos ir naudojimo režimą nustato įstatymai ir kiti teisės aktai.

**paplūdimys** – kintanti iš smėlio nešmenų vandens ir vėjo formuojama teritorija tarp jūros kranto linijos iki kopagūbrio ar klifo.

**priekrantė** – ijjūrio ruožas nuo kranto linijos iki ribos, kur bangos ir srovės dar veikia jūros dugną.

**prieškopė** – pajūrio lygumos dalis nuo žemyno pusės, tiesiogiai prisišlejanti prie kopagūbrio, klifo, suformuota ir tebeformuojama pajūryje vykstančiu eolinių procesų.

**prisitaikymas (adaptacija)** – tai natūralių ar antropogeninių sistemų prisiderinimas prie esamų ar būsimų klimato pokyčių ir jų padarinių.

**rekreaciniai ištekliai** – gamtinės ir kultūrinės kraštovaizdžio vertybės ar savybės, dėl kurių jis gali būti ar yra naudojamas rekreacijai.

**sausra** – salygos aktyviosios augalų vegetacijos laikotarpiu, kai sausrą apibūdinantis hidroterminis koeficientas (HTK) tampa mažesnis nei 0,5. HTK – tai laikotarpio, ne trumpesnio kaip mėnuo, kritulių kieko ir temperatūros sumos išvestinė (Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2006 m. kovo 9 d. nutarimas Nr. 241 „Dėl ekstremalių įvykių kriterijų patvirtinimo“, *Žin.*, 2006, Nr. 29-1004).

**sékliai** – seklioje jūros priekranteje (dugne) išilgai kranto nutišę smėlio, žvyro arba gargždo gūbriai, atsiradę dėl bangų ir srovių akumuliacinės–erozinės bei transportinės veiklos.

**šiltnamio dujos** – gamtinės ir antropogeninės kilmės dujiniai atmosferos komponentai, dėl kurių poveikio susidaro vadinamasis šiltnamio efektas. Pagrindinės šiltnamio dujos: vandens garai; anglies dioksidas ( $\text{CO}_2$ ); metanas ( $\text{CH}_4$ ); ozonas ( $\text{O}_3$ ); azoto suboksidas ( $\text{N}_2\text{O}$ ); sieros heksafluoridas ( $\text{SF}_6$ ); hidrofluorangiavandeniliai (HFC's); perfluorangiavandeniliai (PFC's); chlorfluorangiavandeniliai (CFC).

**šiltnamio efektas** – žemutinių troposferos sluoksniių temperatūros padidėjimas dėl šiltnamio dujų kaupimosi. Atmosferoje esančios šiltnamio efektą suke-

liančios dujos sugeria dalį Žemės paviršiaus ilgabangės infraraudonosios (IR) spinduliuotės ir grąžina ją atmosferos priešpriėšinio spinduliavimo pavidalu link paviršiaus, todėl žemutinių troposferos sluoksnių temperatūra pakyla. Augant šiltnamio dujų koncentracijai, šiltnamio efektas stiprėja, kyla žemutinių troposferos sluoksnių temperatūra.

**poveikio klimatui švelninimas** – tai šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijos mažinimas.

**transpiracija** – vandens garavimas iš augalo dalių, daugiausia lapų, po mažiau – iš stiebų, žiedų ir vaisių.

**trendas** – duomenų sekos komponentė, išreiškianti bendrą didėjimo arba mažėjimo tendenciją.

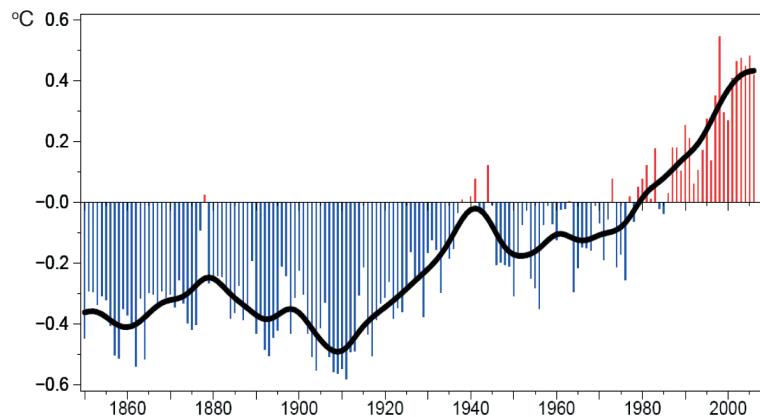
## 1. KLIMATO KAITA PASAULYJE IR LIETUVOJE

Pastaraisiais dešimtmečiais vis akivaizdesni klimato pokyčiai kelia grėsmę aplinkai, ūkinei veiklai ir kartu pasaulio ekonomikos vystymuisi (Bubnienė, Rimkus, Štreimikienė, 2006). Svarbiausias šiuos pokyčius lemiantis veiksnys – dėl žmonių ūkinės veiklos didėjanti šiltnamio sukeliančių dujų efektą koncentracija atmosferoje sustiprina natūralų efektą ir lemia globalios oro temperatūros augimą. Tačiau šis augimas įvairiose Žemės rutulio vietose labai skiriasi intensyvumu: atogrąžose – lėtesnis, o vidutinėse ir poliarinėse platumose – spartesnis.

XIX a. viduryje padaugėjus meteorologinės informacijos, atsirado galimybė nustatyti vidutinę globalią temperatūrą (1.1 pav.). Pirmoje XX a. pusėje oro temperatūra sparčiai kilo, tačiau tik 1920–1930 metais šis procesas ēmė dominti mokslininkus, kadaangi išryškėjo atšilimo požymiai Arktyje (kilo vandens temperatūra, sumažėjo ledo danga). Nuo 1944-ųjų – šilčiausiuju pirmosios XX a. pusės metų – oro temperatūra žemėjo iki 7-ojo dešimtmečio pabaigos. Aštuntajame dešimtmetyje vidutinė oro temperatūra vėl ēmė augti ir tai trunka iki šiol.

Tarpvyriausybinės klimato kaitos komisijos ketvirtojoje vertinimo ataskaitoje pažymima, kad per XX a. globali oro temperatūra įvairiaiškai vertinimais pakilo  $0,56\text{--}0,92^{\circ}\text{C}$  (IPCC, 2007). Nuo 1990 metų net 14 kartų iš 16 globali metinė temperatūra buvo aukštesnė nei 1944 metais.

Panašios oro temperatūros kaitos tendencijos užfiksotas ir Lietuvos pajūryje. Vidutinė metinė oro temperatūra Klaipėdoje 1925–2005 m. pakilo  $0,55^{\circ}\text{C}$ . Labiausiai padidėjo žiemos ir pavasario oro temperatūra (ypač sausio), tuo tarpu antroje metų pusėje ryškūs temperatūros pokyčiai neužfiksoti – vidutinė rugėjo ir lapkričio temperatūra netgi sumažėjo (1.2 pav., a). Oro temperatūros

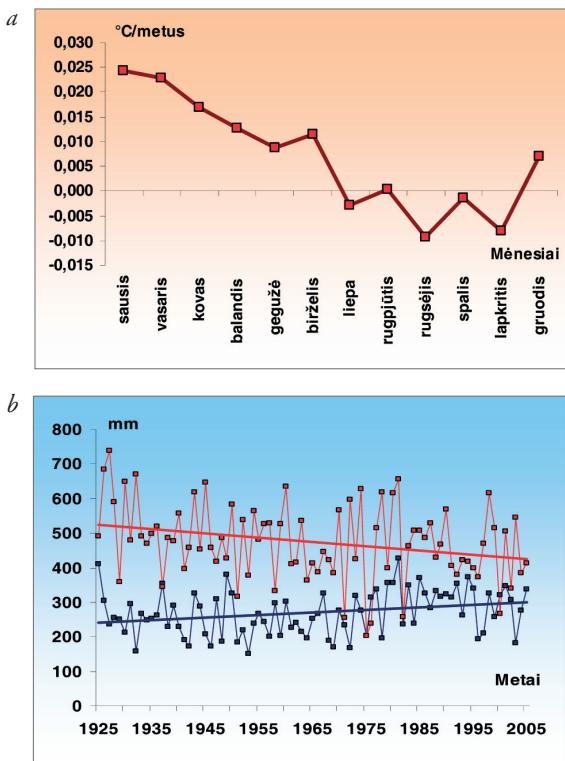


**1.1 pav.** Globalios oro temperatūros anomalijos 1850–2006 metais. Anomalija išreikšta temperatūros nuokrypiu ( $^{\circ}\text{C}$ ) nuo vidutinės 1961–1990 m. temperatūros (Climatic..., 2007).

augimas šaltuoju laikotarpiu lémé ir kritulių kiekių padidėjimą, tuo tarpu šiltuoju metų laikotarpiu iškrintančių kritulių ryškiai sumažėjo (1.2 pav., b). Todėl, priešingai nei rytinėje Lietuvos dalyje, pajūriui 1925–2005 m. nustatytais neryškus neigiamas metinio kritulių kiekių tendansas.

Ateities klimato pokyčiai daugiausia siejami su šiltnamio efektą sukeliančių dujų koncentracija. Tarptautinė klimato kaitos komisija 2000 metais paskelbė specialią ataskaitą apie galimus šiltnamio efektą sukeliančių ir kitų klimatosferos raidai svarbių dujų emisijos scenarijus (Special..., 2000). Emisijos scenarijai paremti socialinėmis ir ekonominės žmonijos raidos prognozėmis. Svarbiausieji išmetamų teršalų kiekius lemiantys veiksnių yra gyventojų skaičiaus kaita, ekonominis bei socialinis vystymasis, energijos suvartojimas, technologijų raidos ypatybės. Taip pat svarbūs žemėnaudos pokyčiai bei aplinkosaugos politikos įgyvendinimas. Remiantis medžiagų emisijos dydžių lemiančiais veiksniais, buvo sukurtos keturios scenarijų grupės:

**A1** – numatomas labai greitas ekonomikos augimas, gyventojų skaičiaus didėjimas iki XXI a. vidurio, vėliau mažėjimas, greitas moderniųjų technologijų diegimas. Dažnai šioje grupėje skiriami

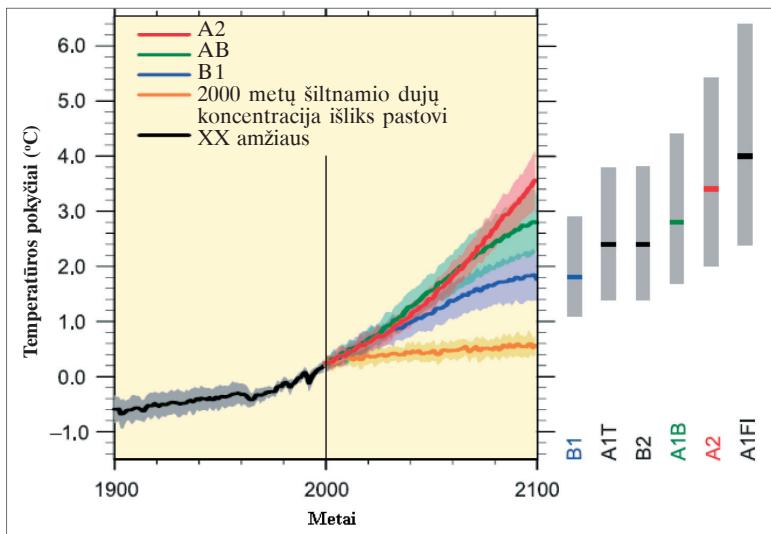


**1.2 pav.** Oro temperatūros trendai (a) bei šiltojo (raudona linija) ir šaltojo (mėlyna linija) sezonų kritulių kieko kaita (b) Klaipėdoje 1925–2005 metais.

trys pogrupiai: A1FI – tarp energijos resursų vyraus fosilinis kuras; A1T – vyraus nefosilinis kuras; A1B – numatomas subalansuotas kuro vartojimas;

**A2** – prognozuojamas vis dar heterogeninis pasaulis su nuolat didėjančiu gyventojų skaičiumi. Ekonomikos augimas lėtas, naujos technologijos diegiamos tik kai kuriuose, labiau išsvyčiusiuose regionuose;

**B1** – tikėtina staigi globalizacija, gyventojų skaičiaus kaita panaši kaip numatyta A1 scenarijuje, tačiau vyksta ypač greitas ekonominės sistemos virtimas informacine bei ne tokia vartotojiška visuomene, intensyvus naujų ekologiškų technologijų diegimas;



**1.3 pav.** Numatomi globalios oro temperatūros pokyčiai XXI a. pagal įvairius šiltnamio dujų emisijų scenarijus (Meehl et al., 2007).

**B2** – ateities pasaulis orientuotas į vietas ekonominių, socialinių ir aplinkosauginių problemų sprendimą. Nuolat augantis gyventojų skaičius (lėtesnis nei A2 scenarijuje) ir vidutiniškai intensyvus ekonomikos vystymasis.

Emisijos scenarijų duomenys – tai globalaus klimato modelių įvesties duomenys, kuriais pasauliniai klimato tyrimų centrali modeliuoja ateities klimato pokyčius. Visi be išimties modeliavimo rezultatai rodo globalios oro temperatūros kilimą XXI amžiuje (1.3 pav.). Tačiau pokyčių tempai skiriasi. Numatoma, jog oro temperatūra išsaugs nuo 1,8° (B1 scenarijus) iki 4,0°C (A1F scenarijus).

Prognozuojama, jog didės ir vandens garų slėgis bei kritulių kiekis. Tačiau regioninė pokyčių sklaida bus labai didelė. Žiemą kritulių padaugės vidutinėse bei aukštosiose platumose. Čia augs ir metinė jų kaita. Todėl gali padaugėti ir ekstremalių sausrų (ypač vidutinėse platumose). Tuo tarpu subtropikuose kritulių mažės.

Manoma, jog keisis ir kitų ekstremalių reiškinių dažnis. Didėjant vidutinei maksimaliai oro temperatūrai augs karščių bangų

tikimybė beveik virš visos sausumos. Antra vertus, šiltėjant žiemoms daug rečiau bus fiksuojami ir stiprūs šalčiai. Padažnės ekstremalių liūčių. Daug dėmesio klimato modeliuose skiriama ypač daug žalos padarančių tropinių ciklonų numatymui. Nors kol kas nėra aišku, kaip keisis tropinių ciklonų dažnumas bei judėjimo trajektorijos, neabejojama, jog jų galia didės. Lietuvai svarbių netropinių audrų trajektorijos pasistūmės šiaurės link. Išaugs maksimalus vėjo greitis.

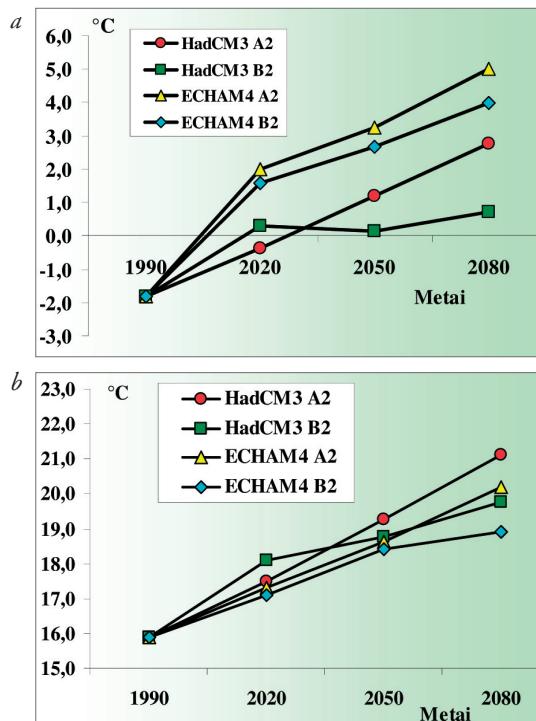
Bus didelių pokyčių kriosferoje. Ir toliau mažės sniego bei jūros ledo plotai Šiaurės pusrutulyje. Dar intensyviau tirps kalnų ledynai. Antarktidoje dėl padidėjusio kritulių kiekio ledo danga gelī net pastorėti, tuo tarpu Grenlandijoje tirpstančio ledo formuojamo vandens nuotėkio didėjimas pralenks kietujų kritulių gausėjimą.

Numatomi temperatūros pokyčiai Baltijos jūros regione viršys numatomus vidutinius globalius pokyčius. Anot regioninių klimato modelių, vidutinė metinė temperatūra Baltijos jūros baseine išaugs 3–5°C.

Ivairių klimato elementų prognozės Klaipėdai XXI amžiui sudarytos remiantis ECHAM4 bei HadCM3 bendrosios cirkuliacijos modelių išvesties duomenimis pagal A2 ir B2 emisijos scenarijus. Šios prognozės gerai atspindi visą numatomų pokyčių spektrą.

XXI amžiuje greičiau turėtų augti šaltojo laikotarpio oro temperatūra (žiemą – 2,5–6,8°C); tai dera su dabartinėmis klimato kaitos tendencijomis. Tuo tarpu vasarą oro temperatūra kils šiek tiek lėčiau – 3,0–5,2°C (1.4 pav.). Visi klimato modeliai prognozuoja ir metinio kritulių kiekio didėjimą (5–15%) XXI amžiuje (1.5 pav.). Tačiau numatomų pokyčių sparta labai skiriasi. Tikėtinės kritulių kiekio padidėjimas šaltuoju metų laikotarpiu, o liepą–rugsejį kritulių turėtų sumažėti. Vadinas, antroji vasaros dalis dėysis sausringesnė.

Ekstremalių kritulių (>10 mm per parą) ateityje turėtų padažnėti. Žiemą tokį įvykių dažnumas augs proporcingai vidutinio kritulių kiekio didėjimui. Prognozuojama, jog ir šiltuoju metu, nepaisant vidutinio kritulių kiekio sumažėjimo pietinėje Baltijos

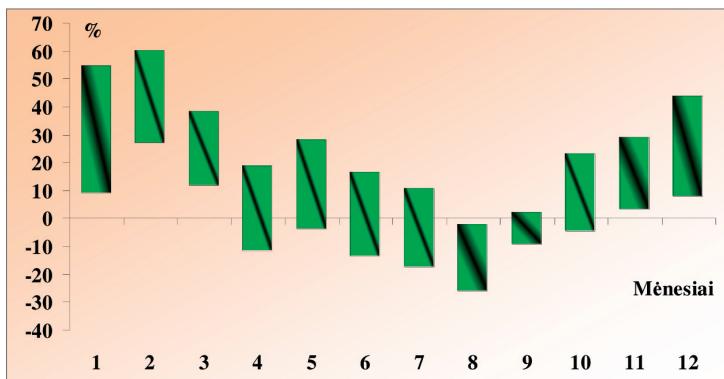


**1.4 pav.** Numatomi žiemos (a) ir vasaros (b) oro temperatūros pokyčiai XXI amžiuje Klaipėdoje, remiantis HadCM3 ir ECHAM4 klimato modelių išvesties rezultatais (pagal A2 ir B2 šiltnamio dujų emisijų scenarijus).

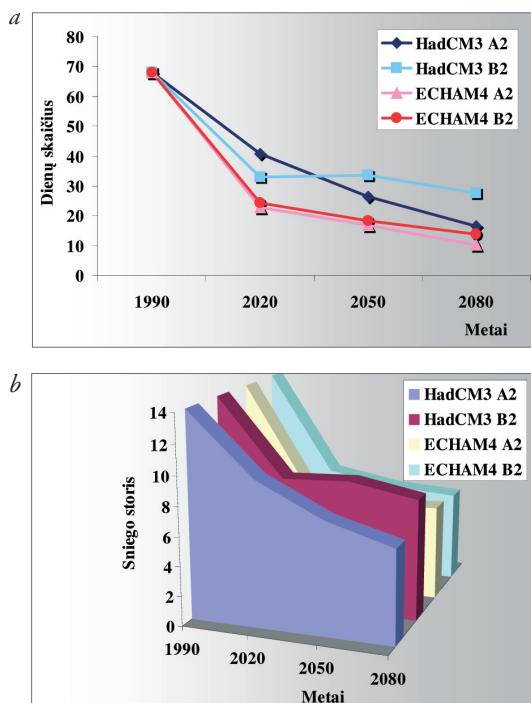
jūros baseino dalyje, ekstremalių kritulių regione galima sulaukti dažniau.

Kintant šaltojo laikotarpio oro temperatūrai bei kritulių kiekiui ir fazinei sudėčiai, keisis ir sniego dangos rodikliai. Tikėtina, jog jau XXI a. viduryje vidutinis parų su sniego danga skaičius sumažės 2–4 kartus, o maksimali sniego danga bus perpus plonesnė (1.6 pav.). Prognozuojama, kad pajūryje pastovi sniego danga susiformuos vos kartą per penkerius metus.

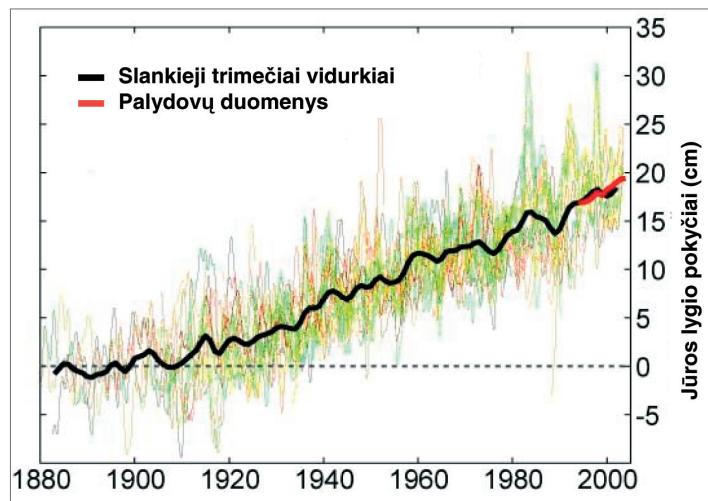
Visi klimato kaitos modeliai prognozuoja nedidelius vidutinio vėjo greičio pokyčius XXI amžiuje:  $\pm 0,3\text{--}0,5 \text{ m/s}$ . Šiek tiek didesni vėjo greičio pokyčiai numatomi šaltuoju metų laiku. Didės vėjo



**1.5 pav.** Numatomi kritulių kieko pokyčiai (%) XXI amžiuje Klaipėdoje, remiantis HadCM3 ir ECHAM4 klimato modelių išvesties rezultatais (pagal A2 ir B2 šiltnamio dujų emisijų scenarijus).



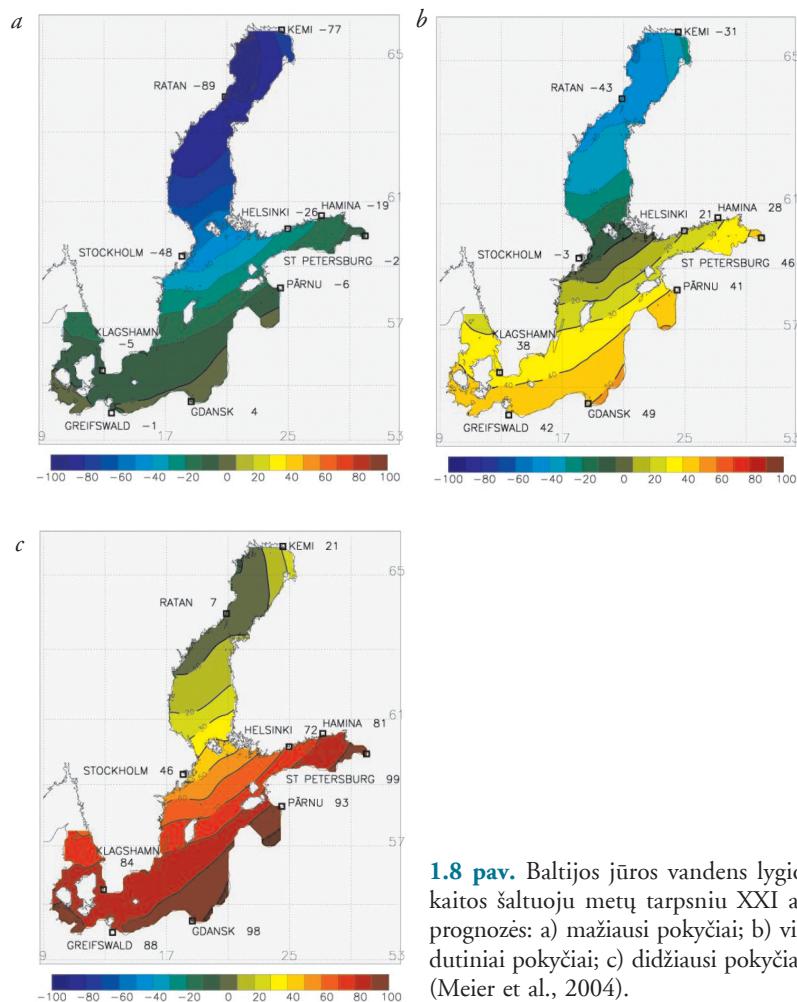
**1.6 pav.** Numatoma parų su sniego danga skaičiaus ir sniego dangos storio (cm) kaita XXI amžiuje Klaipėdoje, remiantis HadCM3 ir ECHAM4 klimato modelių išvesties rezultatais (pagal A2 ir B2 šiltnamio dujų emisijų scenarijus).



**1.7 pav.** Pasaulio vandenyno lygio kaita XX amžiuje 23 geologiniu požiūriu stabilių postų duomenimis (pagal Douglas, 1997) bei matavimais iš TOPEX/Poseidon palydovo.

**1.1 lentelė.** Išmatuota ir prognozuojama (mm per metus) Pasaulio vandenyno jūros lygio kaita XXI a. pagal skirtingus šiltnamio dujų emisijų scenarijus bei dedamųjų indėlis į ją (Meehl et al., 2007).

	Išmatuota 1993– 2003 m.	Prognozuojama XXI amžiuje					
		B1	B2	A1B	A1T	A2	A1F
Terminis plėtimasis	$1,6 \pm 0,5$	1,1–2,6	1,6–4,0	1,7–4,2	1,3–3,2	2,6–6,3	2,8–6,8
Ledynai ir ledo kepurės	$0,77 \pm 0,22$	0,5–1,3	0,5–1,5	0,6–1,6	0,5–1,4	0,6–1,9	0,7–2,0
Grenlandija	$0,21 \pm 0,07$	0,2–1,0	0,2–1,5	0,3–1,9	0,2–1,5	0,3–2,8	0,4–3,9
Antarktida	$0,21 \pm 0,35$	(-1,4)–(-0,3)	(-1,7)–(-0,3)	(-1,9)–(-0,4)	(-1,7)–(-0,3)	(-2,3)–(-0,4)	(-2,7)–(-0,5)
Jūros lygio kilimas	$3,1 \pm 0,7$	<b>1,8–3,8</b>	<b>2,0–4,3</b>	<b>2,1–4,8</b>	<b>2,0–4,5</b>	<b>2,3–5,1</b>	<b>2,6–6,0</b>



**1.8 pav.** Baltijos jūros vandens lygio kaitos šaltuoju metų tarpsniu XXI a. prognozės: a) mažiausiai pokyčiai; b) vidutiniai pokyčiai; c) didžiausiai pokyčiai (Meier et al., 2004).

greičio fliuktuacijos, susijusios su dažnesnėmis audromis. Be dažnesnių audrių, išryškės ir kitų ekstremalesnio klimato požymių: ypač padažnės stiprių liūčių, perkūnijų, ledo krušos atvejų. Kaip jau minėta, didės vasarų sausringumas, ypač liepą–rugsėjį.

Viena svarbiausių kylančios temperatūros pasekmių – vandenyno lygio kilimas. Pagrindinės šio kilimo priežastys: terminis van-

dens plėtimasis bei ledynų tirpimas. Skirtinguose Žemės regionuose vandens lygio pokyčius gali lemti ir postglacialinis (dabartiniuojo poledynmečio) Žemės plutos kilimas, sąnašų kaupimasis ar vandenyno cirkuliacijos pokyčiai.

Nustatyta, jog per XX amžių Pasaulio vandenyno lygis pakilo apie 18,5 cm (1.7 pav.). Prognozuojama, jog šie pokyčiai ateityje stiprės ir XXI amžiuje Pasaulio vandenyno lygis pakils 18–60 cm (priklasomai nuo pasitvirtinusio emisijų scenarijaus) (1.1 lentelė). Daugiausiai įtakos tam turės terminis vandens plėtimasis, tuo tarpu Antarktidos žemyninis ledo skydas dėl išaugusio kritulių kiekiejo poliarinėse platumose dar sustorės.

Sudarant Baltijos jūros vandens lygio kaitos prognozes atsižvelgiama ne tik į Pasaulio vandenyno lygio pokyčius, bet ir į vietos faktorius: Žemės plutos tektoninius judesius, vėjo krypties ir greičio pokyčius, sausumos vandens nuotekio svyravimus. Būtent vietos faktoriai ir lemia nevienodus vandens lygio pokyčius Baltijos jūroje – šiaurinėje dalyje dėl postglacialinio Žemės plutos kilimo vandens lygis greičiausiai žemės, o pietuose – kils. Dėl dažnėjančių vakarų rumbų vėjų šaltuoju metų laiku ryškiausias vandens lygio kilimas bus fiksuojamas pietrytinėje Baltijos jūros dalyje (ir Lietuvos pajūryje). Pagal didžiausią vandens lygio augimą numatantį scenarijų, per XXI amžių Lietuvos pakrantėje žiemą vidutinis vandens lygis gali pakilti net iki 100 cm (1.8 pav.).

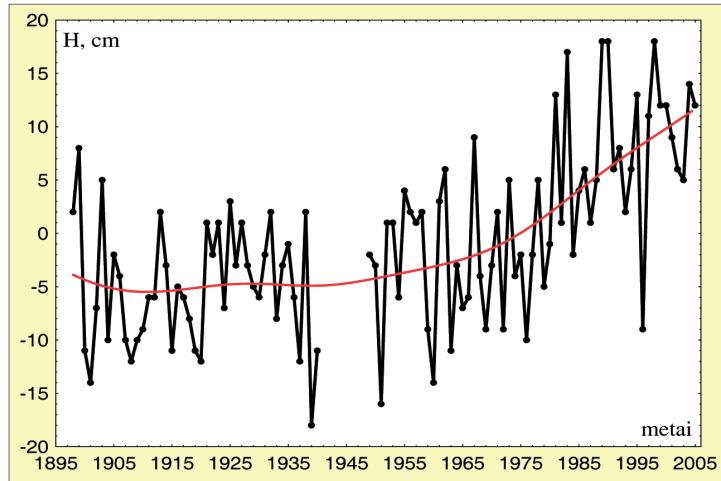
## 2. KLIMATO KAITOS POVEIKIS APLINKOS, EKONOMINIAM IR SOCIALINIAM SEKTORIAMS

### 2.1. Lietuvos jūrinis krantas

Seklūs, smėlėti krantai, o būtent tokie ir vyrauja Lietuvoje, yra viena kaičiausių bei jautriausių aplinkos pokyčiams vietų Žemėje. Pagrindiniai veiksniai, lemiantys kranto būklę, yra vėjas (perpusto smėlį krante bei sukelia jūros bangavimą), bangos ir jų sukelta vandens patvanka bei srovės, jūros lygio kaita ir žmogaus ūkinė veikla.

Dėl globalaus klimato atšilimo kyla Pasaulio vandenyno lygis. Tai vyksta ne tik sparčiai tirpstant Antarktidos, Grenlandijos ir kalnų ledynams, bet ir dėl vandens terminio plėtimosi. Apskaičiuota, kad Pasaulio vandenyno lygis, pakilus vandens temperatūrai 1°C, dėl terminio vandens tūrio plėtimosi pakiltų apie 1 metrą.

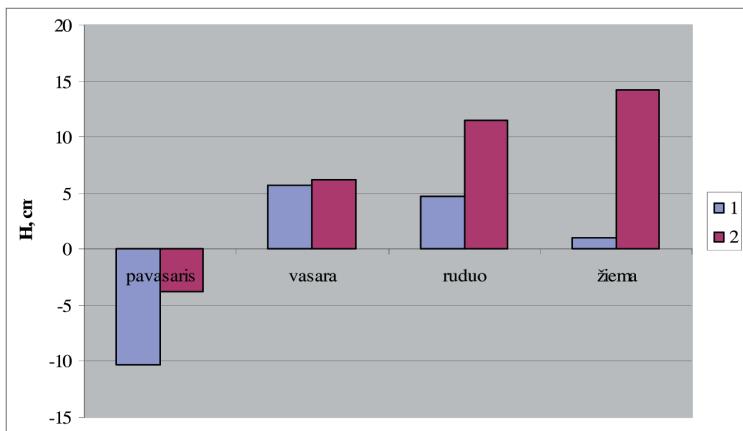
Vandenynų ir jūrų vandens lygio pokyčiai yra svarbūs klimato kaitos indikatoriai. Ties Lietuvos krantais taip pat nustatyta Baltijos jūros vandens lygio spartėjantis kilimas (Jarmalavičius ir kt., 2001). Analizuojant daugiametę vidutinio metinio jūros lygio kaitą ties Klaipėda (2.1.1 pav.) išskirti du laikotarpiai, kuriais jūros lygio kilimo intensyvumas ryškiai skiriasi. Tai 1898–1975 m. laikotarpis, kai vidutinis jūros lygis kilo santykinių lėtai (0,4 mm per metus, t.y. per 77 metus jis pakilo tik apie 3,1 cm), ir 1976–2005 m. laikotarpis, kai jūros lygis kilo greičiau (+3,9 mm per metus, t.y. per 30 m. jis pakilo net apie 12 cm). Nors dėl tokio lygio kilimo sausumos užlietu plotų Lietuvos pakrantėse neišryškėjo, banginė patvanka audrų metu stipriau ardo krantus. Pavyzdžiu, Palangoje, Rąžės upelio–Birutės kalno kranto ruože, kur paplūdimiai žemi (mažo nuolydžio), jūros lygiui pakilus 30 cm užliejama 17 m pločio paplūdimio juosta. Todėl šiuo metu net nestiprių audrų metu minėtame kranto ruože bangos bei vandens plūsmo srautas jau ardo apsauginių paplūdimio kopagūbrį, tuo tarpu kituose kranto ruožuose plūsmas nepasiekia net paplūdimio vidurio.



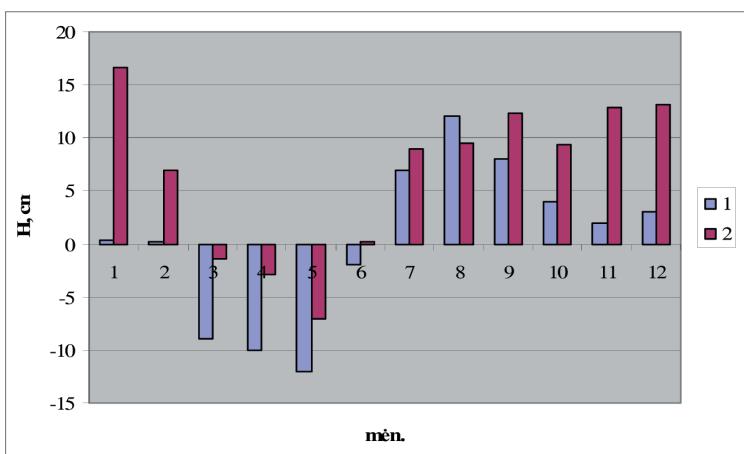
**2.1.1 pav.** Daugiametė jūros vandens lygio kaita ties Klaipėda 1898–2005 metais.

Atlikta sezoniinių Baltijos jūros lygių svyravimų (dviejų 30 metų laikotarpiai, kurie apėmė turimus seniausius 1898–1927 m. ir naujausius 1976–2005 m. matavimų duomenis) lyginamoji analizė parodė, kad jūros vandens lygis kilo visais metų sezonais. Labiausiai lygis pakilo žiemą (11,3 cm); pavasarį bei rudenį lygis kilo beveik vienodai (atitinkamai 6,5 ir 6,8 cm). Mažiausi lygio pokyčiai buvo vasarą (+0,5 cm). Taigi vandens lygio kilimas žiemą sudarė net 45% bendro metinio vandens lygio pakilimo. Rudens ir pavasario vandens lygio kaita atitinkamai sudarė 27% ir 26%, vasarą – tik 2% bendro metinio vandens lygio pakilimo. Nustatyti jūros lygio sezoniiniai pokyčiai rodo, kad vandens lygio metinė kaita iš esmės pakito. XX amžiaus pradžioje metinis vandens lygis būdavo maksimalus vasarą, o šio amžiaus pabaigoje maksimalūs lygiai būna žiemą (2.1.2 pav.). Minimalių vandens lygių sezonas – pavasaris.

Išsamesnė duomenų analizė parodė, kad daugiametis jūros vandens lygis kito ir per sezonus (2.1.3 pav.). Kaip matyti, skirtingu laikotarpiai vandens lygio kaita yra santykinai panaši. Ir skirtingais sezonais, ir įvairiaisiais mėnesiais (išskyrius rugpjūtį) nustatytas jūros lygio kilimas. Mažiausi pokyčiai užfiksuoti birželio–rugpjūčio,

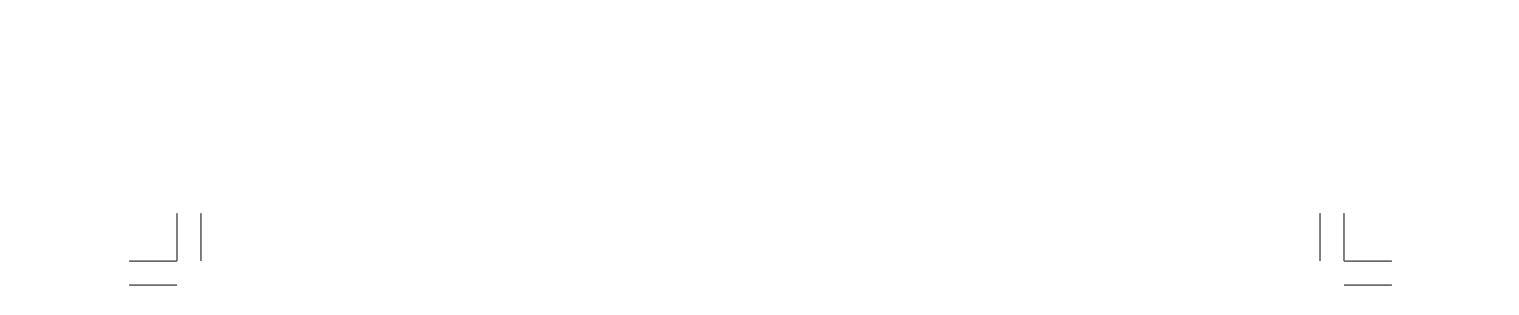


**2.1.2 pav.** Vidutinių sezoniinių jūros lygio reikšmių Klaipėdoje 1898–1927 m. ir 1976–2005 m. palyginimas: 1 – 1898–1927 m.; 2 – 1976–2005 m.



**2.1.3 pav.** Vidutinių mėnesinių jūros lygių Klaipėdoje 1898–1927 ir 1976–2005 m. palyginimas: 1 – 1898–1927 m.; 2 – 1976–2005 m.

didžiausi – lapkričio–balandžio mėnesiais. Metinis vandens lygio maksimumas pasislinko iš rugpjūčio į sausį, minimalusis išliko būdingas gegužę. Paaiškėjo ir tai, kad XX a. pradžioje nuo rugpjūčio iki lapkričio vyraudavo vandens lygio kritimo tendencija, o XX a. pabaigoje – kilimo.



Šis maksimalių lygių persistūmimas gerai koreliuoja su Šiaurės Atlanto osciliacijos (NAO) indekso pokyčiais (Johannson et al., 2001; Dipper, Voss, 2004; Dailidienė ir kt., 2006). Kai NAO indekso reikšmės žiemą yra teigiamos virš Baltijos, pučia stipresni nei išprasta vakarų vėjai, kurie lemia aukštesnius vandens lygius pietrytinėje Baltijos jūros priekrantėje (Stankūnavičius, Bartkevičienė, 2003). Nustatyta, kad iki XX a. aštunto dešimtmečio vyravo neigiamos NAO indekso fazės, o vėliau – daugiausia teigiamos (Dailidienė ir kt., 2006). Apibendrinant galima teigti, kad pastarajį 30-metį žiemą sustiprėję vakarų krypties (patvankiniai) vėjai lėmė vidutinių sezoniinių jūros lygių maksimumo persistūmimą iš vasaros į žiemą.

Taigi maksimalių lygių sezoniinė kaita irgi svarbi krantų būklei. XX amžiaus pradžioje Baltijos jūros lygis ties Lietuvos krantais būdavo maksimalus vasarą – kai orai būna santlykinai ramūs, todėl didesnės įtakos kranto būklei neturėdavo. Tuo tarpu pastaraisiais metais aukščiausias lygis būna žiemą, t.y. audringu laikotarpiu. Kaip minėta, audrų metu maksimalus sezoniinis lygio pakilimas susijęs su bangine patvanka sustiprina krantų ardymą (Žilinskas, Jarmalavičius, 1996). Todėl pastaraisiais metais Lietuvos pajūris stipriai ardomas beveik kiekvieną žiemą.

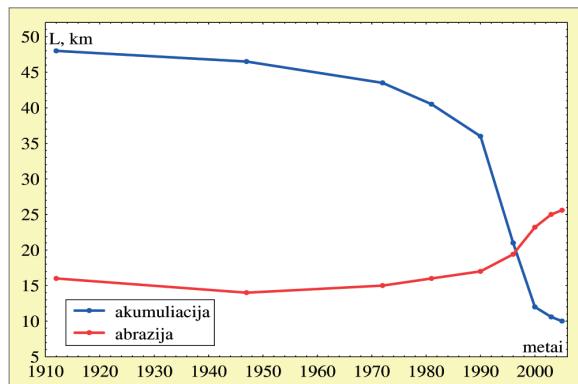
Keičiantis klimatui vidutinėse platumose aktyvėja cikloninė veikla. Šie klimato kaitos ypatumai būdingi ir Lietuvai (Bukantis, 1994, 1995; Bukantis ir kt. 1998, 2001; Bukantis, Rimkus, 2005, ir kt.). Cikloninės veiklos intensyvėjimas lėmė stiprių audrų ties Lietuvos krantais padažnėjimą, kartu ramių orų laikotarpių trumpėjimą. Todėl audrų nuniokotas krantas jau nespėja atkurti savo pusiausvyros profilio.

Kranto abrazijos intensyvumą didina ir oro temperatūros augimas, kurį mūsų platumose dažniausiai lemia šiltėjančios žemos (Bukantis ir kt., 2001). Šiltėjant žiemoms mažėja šalčio bangų (šalčiu bang – laikotarpis, kai žemesnė nei  $-16^{\circ}\text{C}$  minimali paros oro temperatūra laikosi 5 ir daugiau dienų). Paskutinį kartą šalčio bangą pajūryje buvo užfikuota tik 1986 metais. Pažymėtina, kad 1991–2005 m. ir Baltijos jūros vandens temperatūra ties Klaipėda (lyginant su 1961–1990 metų) bei Kuršių marių ties Nida buvo aukštesnė  $0,6^{\circ}\text{C}$ . Nuo žemos temperatūros priklauso ledo reiški-





**2.1.4 pav.** Šaltomis žiemomis sniegas ir ledas apsaugo krantą nuo vėjo ir bangų ardomojo poveikio.



**2.1.5 pav.** Išplaunamų bei akumuliacinių jūros kranto ruožų bendro ilgio (km) kaita Lietuvoje 1910–2005 metais.

nių priekrantėje trukmė. Parę su ledo reiškiniais skaičius Baltijos jūros priekrantėje ties Nida per 1961–2005 m. laikotarpį sumažėjo apie 50%, t.y. nuo vidutiniškai 60 parų trukmės ledų sezono 1961–1975 m. sumažėjo iki 26 parų 1991–2005 m. (Dailidienė, 2007). Kaip tai veikia kranto būklę, nesunku spėti. Priekrantės ledas – tai natūralus bangolaužis, apsaugantis krantą nuo audrų

poveikio žiemą. Be to, sušalęs paplūdimio bei kopagūbrio smėlis yra daug atsparesnis bangų abrazijai, o vėjo išpustymą (defliaciją) visiškai sustabdo (2.1.4 pav.). Tas pats pasakytina ir apie parų su sniego danga skaičiaus mažėjimą (Žilinskas ir kt., 2001).

Taigi, palyginus aukšciau tekste aptartus klimato kaitą atspindinčių hidrometeorologinių rodiklių (daugiametį, sezonių bei mėnesinių jūros lygio, oro ir vandens temperatūros svyravimą, šalčių bangą, sniego dangos, ledo reiškinį, NAO indekso) pokyčius pastarajį šimtmetį su to paties laikotarpio kranto būklės pokyčiais (2.1.5 pav.), matyti stulbinantis sutapimas: akumuliacinių jūros kranto ruožų intensyvus trumpejimas bei išplaunamų ruožų ilgėjimas Lietuvos teritorijoje nuo XX a. aštuntojo dešimtmečio vidurio, glaudžiai susijęs su minėtų hidrometeorologinių rodiklių kaita.

Analizuojant 2.1.5 paveiksle pateiktus duomenis, galima ižvelgti, kad 2000–2005 m. akumuliacinių jūros kranto ruožų intensyvus trumpejimas, o išplaunamų – ilgėjimas ties Lietuva sulėtėjo. Tai pavyko padaryti taikant nuo klimato kaitos pasekmių apsaugančias tiek teisines, tiek krantotvarkos priemones.

Parengta įstatyminė bazė:

- *Lietuvos Baltijos jūros krantotvarkos strategijos nuostatos* (2001). Strategijos tikslas – užtikrinti subalansuotą kranto juostos plėtrą, išsaugant natūralius kranto zonas gamtos kompleksus ir sukuriant racionalaus gamtinį išteklių naudojimo sąlygas.
- *Lietuvos Respublikos pajūrio juostos įstatymas* (2002). Šis įstatymas apibūdina pajūrio juostos nustatymo tikslus, dedamas dalis, nustato pajūrio kraštovaizdžio apsaugą ir naujodimą, žemės ir jūros akvatorijos naudojimo sąlygas bei ūkinės veiklos apribojimus. Pajūrio juosta apima ne siauresnę kaip 100 m nuo jūros kranto linijos sausumos teritoriją (iki 300 m), į kurią įeina paplūdimys, kopagūbris ar klifas bei pakopinis krantas.

Remiantis *Lietuvos Baltijos jūros krantotvarkos strategijos nuostatomis* bei *Lietuvos Respublikos pajūrio juostos įstatymu* buvo parengtos tikslinės krantovarkos programos:

- *Kuršių nerijos tikslinė programa* (1999);
- *Lietuvos Baltijos jūros žemyninio kranto krantotvarkos tikslinė programa* (2003);
- *Pajūrio juostos modifikuota krantotvarkos programa* (2005).

Rengiant krantotvarkos programas remiantis natūriniais tyrimais nustatyta kranto būkle ir jos dinamikos tendencijomis bei krantonaudos pobūdžiu, pirmiausia buvo atliktas viso Lietuvos jūrinio kranto rajonavimas. Vėliau, atsižvelgiant į minėtus aspektus, kiekvienam rajonui rekomenduotos krantotvarkinės priemonės. Rekomenduojamą krantotvarkos priemonių kompleksą sudarė šios krantosaugos priemonės:

- apsauginio paplūdimio kopagūbrio tvirtinimas, tvarkymas ir apsauga, rekreacinės infrastruktūros plėtra (lentinių ar žvirgždo su moliu takų bei laiptų įrengimas, kopagūbrio defliacinių formų bei šlaitų pridengimas šakų klojiniiais, kopagūbrio viršūnės bei ijjūrinio (vakarinio) šlaito tvirtinimas žabtvarėmis, kopagūbrio izoliacija nuo poilsiautojų, poilsiautojų edukacija – informacinių įspėjamujų stendų įrengimas, poilsavimo reikmenų prekybos bei nuomos skatinimas – skėčiai nuo Saulės, priedangos nuo vėjo ir kt.),
- paplūdimio sąnašų papildymas atvežiniu smėliu, priekrantės rekultivacija atvežiniu smėliu, gamtinių procesų apsauga, kranto būklės stebėjimai ir kt.

Diegiamomis Lietuvos jūriname krante tikslinėse krantotvarkos programose rekomenduotomis prisitaikymo prie klimato kaitos krantotvarkos priemonėmis kranto ardos tempai buvo pristabdyti. Deja, atliekant krantotvarkos darbus dėl neprofesionalios krantotvarkos darbų priežiūros bei programoje pateiktų rekomendacijų (nors jos buvo patvirtintos AM ministro pasirašytu įsakymu) nesilaikymo norimo krantosauginio efekto buvo nepasiekta.

Taigi, kaip parodė atliktą krantotvarkinių darbų poveikio Lietuvos jūriniam krantui analizė, Lietuvos jūros krante šiuo metu bent jau iš dalies galima prisitaikyti prie klimato kaitos neigiamo poveikio arba jį minimizuoti.

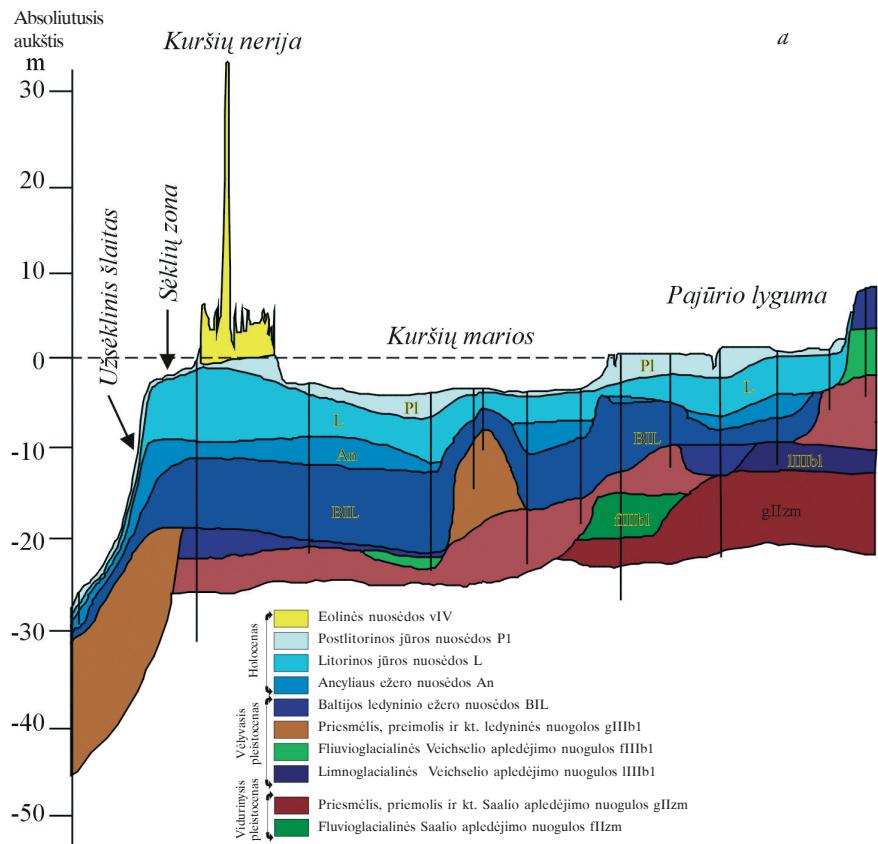
## *2.2. Kuršių nerijos jūrinio kranto povandeninis šlaitas (priekrantė)*

Kuršių nerijos jūrinio kranto povandeninis šlaitas, ilgiausia akumuliacinė forma pietryčių Baltijoje, iki šiol buvo skirtomas į du pagrindinius sektorius: **A** – santykinai stabilus nuo Nidos iki Juodkrantės ir **B** – akumuliacinis nuo Juodkrantės iki Kopgalio. Pastarųjų metų klimato kaitos ir antropogeninės veiklos tendencijos tam-pa pavojingos šiai stabiliai kranto atkarpai.

Kuršių nerijos povandeninio kranto šlaito (priekrantės) guoli sudaro ledynų suformuotas moreninis stuomuo, pridengtas pole-dynmečio baseinų nuosėdomis. Daugiausia tai smėliai, kurių dangos storis svyruoja nuo 1 iki 3–4 m ir tik įdubimuose pasiekia 8 m (2.2.1 pav., a). Priekrantės reljefą baigė formuoti Litorinos jūros transgresija (7800–4000  $^{14}\text{C}$  BP)\* ir Postlitorinos jūros akumuliacinė veikla (nuo 4000 BP iki dabar). Litorinos jūros suformuotos senosios kranto formos atsekamos 32–20 m gylyje, o Postlitorinos – šiuolaikinės jūros – morfologija matyti iš priekrantės, kurios papėdė driekiasi vidutiniškai 19–23 m gylyje, morfologijos. Priekrantę, bangų transformacijos ir deformacijos (gožos) zoną sudaro viršutinė įkrantės, arba sėklių (ties Kuršių nerija paprastai jų būna 2–3), zona iki 6–8 m gylio ir 8–23 m gylyje esantis užséklinis šlaitas.

Eksperimentiniai tyrimais, atliekamais Lubiatowo (Lenkija) stotyje, nustatyta, kad esant bangos aukščiui  $H_s > 1,5\text{--}2 \text{ m}$ , 80% bangos energijos gėsta III–II-ojo jūrinių sėklių zonoje ir tik 20% pasiekia I-ajį įkrantės sėklių ir dar mažiau – paplūdimį. Esant mažesniams bangavimui, kai  $H_s < 0,5\text{--}1,0 \text{ m}$ , I-ajam įkrantės sėkliui tenka 30–50% bangų energijos (Ostrowski, 2004). Taigi sėklių zonas morfologija ir morfodinamika, priekrantės skersinio profilio forma bei pusiausvyros parametrai lemia visos kranto zonas geodinaminę būklę, jos gebėjimą atsikurti (Pruszak, 1993; Rózyński, 2003).

\*  $^{14}\text{C}$  BP – radiometrinis organinių liekanų amžiaus nustatymo metodas, pagrįstas radioaktyviosios anglies 5730 m. skilimo pusperiodžiu.



**2.2.1 pav.** a – seismogeologinis profilis Nidos–Nemuno deltos traverse (2006 m.);  
b – seklių zonos skersinių profilių sugretinimas: 1 – 1999 m. profiliai; 2 – 1968 m. profiliai; 3 – 2004 m. profiliai.

2 • KLIMATO KAITOS POVEIKIS APLINKOS,  
EKONOMINIAM IR SOCIALINIAM SEKTORIUI

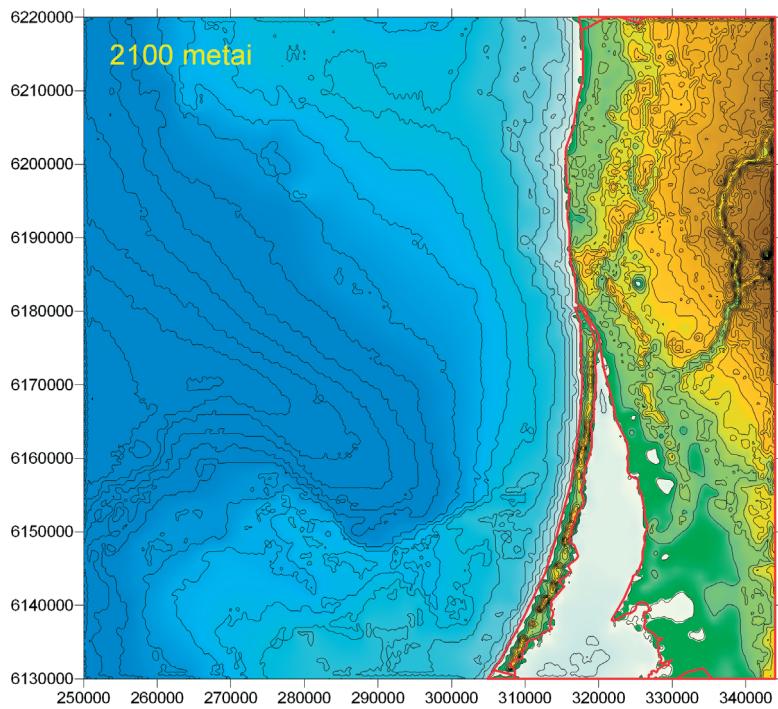
Kuršių nerijos jūrinėje priekrantėje atliktais seismoakustiniai tyrimai (Gelumbauskaitė, 2003), sėklių zonas plotis su trim sėkliais ir dviem tarpsėkliniais pažemėjimais varijuoja nuo 314 iki 714 m (siauriausia zona ties Juodkrante, plačiausia – piečiau Preilos). Ikrantinio sėkliaus viršunė fiksuota 1,3–2,1 m gylyje ir ijjūrinio – nuo 3,7 iki 5,4 m gylio. Ikrantinio sėkliaus pažemėjimo gylis kinta nuo 2,4 iki 6,1 m, ijjūrinio sėkliaus pažemėjimas – nuo 4,1 iki 7,2–9,0 m. Pagal morfologinius bruožus, išryškėjusių echoakustiniuose ir seismoakustiniuose įrašuose, išilgai Kuršių nerijos galima išskirti penkias kranto povandeninio šlaito atkarpas.

I-oji atkarpa tęsiasi nuo Kopgalio iki Smiltynės: sėklių zonas plotis 320–370 m, joje išsiskiria trys sėklai, kurių viršūnės yra 1,3, 1,8 ir 2,0 m gylyje, bendras priekrantės plotis – 3000 m, šlaito papédė yra 23,5 m gylyje. Ikrantinio tarpsėklio gylis 2,4 m, ijjūrinio 4,2 m.

II-oji atkarpa apima ruožą nuo Smiltynės iki Juodkrantės: sėklių zonas siekia 429 m, skiriami du sėklai (pirmasis 2,0 m, antrasis 4,0 m gylyje). Ikrantinis tarpsėklis yra 3,8 m, ijjūrinis 4,4–5,6 m gylyje. Šlaito papédė yra 25 m gylyje, šlaitas īgaubtas ( $I = 0,00558$ )\*.

Toliau į pietus tęsiasi III-oji atkarpa – nuo Juodkrantės iki Vinkio kopos. Čia povandeninio kranto zona susiaurėja, šlaitas irgi siauresnis ir statesnis, jo nuolydžio gradientas padidėja ( $I = 0,00856$ ), priekrantės papédė atsekama 22 m gylyje. Sėklių zona nesiaurėja ir pietų kryptimi turi tendenciją platėti. Didėja tarpsėklių gyliai: pirmasis yra 4,0–5,0 m, antrasis 7,0 m gylyje.

IV-oje atkarpoje, kuri tęsiasi nuo Vinkio kopos iki Preilos, sėklių zona išplateja iki 714 m, šlaito papédė yra 20–22 m gylyje, priekrantės bendras plotis nedidėja (1200–2000 m); šlaito nuolydis panašus kaip ir III-oje atkarpoje ( $I = 0,00806$ ). Tačiau 20 ir 22 profiliuose aptikti giliausi ijjūriniai tarpsėkliai – 8,0–9,0 m gylyje (2.2.1 pav., b).



**2.2.2 pav.** „Optimistiškasis“ pietrytinės Baltijos jūros dalies reljefo raidos scenarijus (galima situacija po 100 metų). Hipsometrinės linijos kas 5 m, raudona linija žymi dabartines kranto apybraižas.

V-oeje, Nidos, priekrantės atkarpoje sėklių zona susiaurėja iki 371 m, tačiau padidėja šlaito plotis, ir bendras priekrantės plotis siekia 2900 m. Iškrantinio sėkliaus viršūnė yra 2,1, ijjūrinio 3,7 m gylyje. Tarpsėkliai yra gilūs – nuo 4,5 m iki 6,6 m gylio, o ijjūrinis vietomis siekia 7 m gylį.

Palyginus praeitų dešimtmečių ir dabartinių profilių charakteristikas, nors tai padaryti yra gana keblu, nes senieji profiliai neturi gero koordinacių „pririšimo“, paaiškėjo, kad Kopgalyje krantinių procesų pusiausvyra pažeista dėl uosto gilinimo darbų. Be to, ryškus ijjūrinio sėkliaus, kartais netgi dviejų, pagilėjimas III–IV priekrantės atkarpose (2.2.2 pav.) nuo Vinkio kopos iki Preilos rodo

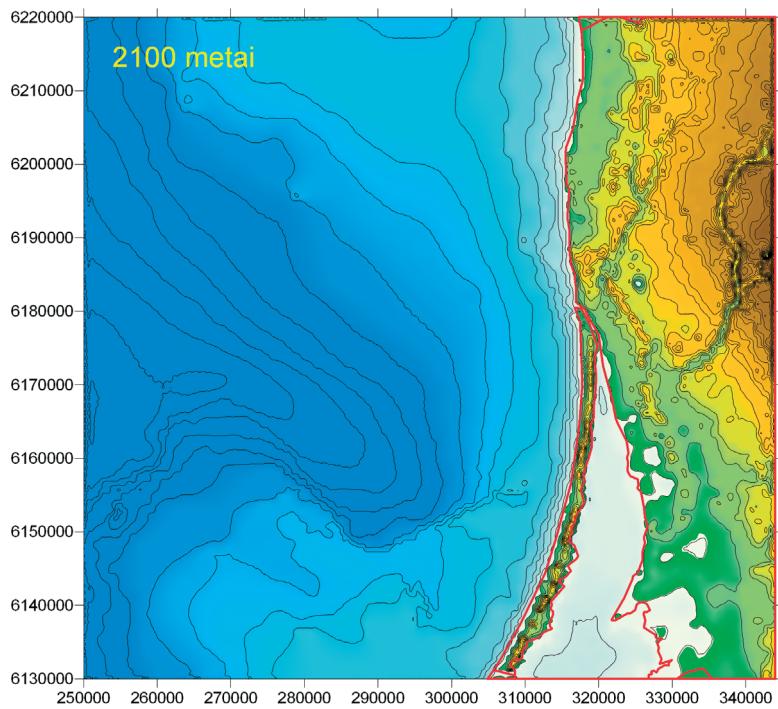


hidrodinaminių procesų suaktyvėjimą, kas sukelia ir eroziją, ir suaktyvina nešmenę išilginę pernašą bei netolygų pasiskirstymą šios atkarpos skersiniame pjūvyje. Priekrantės geodinamikos tendencijas palyginus su Kuršių nerijos kranto būkle prieš *Ervino* uraganą ir po jo (Žilinskas, 2005), būtų galima teigti, kad IV-oji priekrantės atkarpa ties Preila su siauriausiu šlaitu ir sėkliu zona, kur labiausiai pergilinti tarpsékliai, yra palankiausia kranto ardymui.

II-oji priekrantės atkarpa, esanti tarp Smiltynės ir Juodkrantės, kurios bendras plotis 2800–3700 m, o sėklių zonos plotis kinta nuo 314 iki 429 m, priekrantės šlaito nuolydis  $I = 0,00558$ , papėdė yra 25 m gylyje, gali būti įvardyta kaip stabilaus akumuliacinio povandeninio kranto šlaito ruožas.

Viršvandeninėje kranto dalyje vykstantys abrazijos ir akumulacijos procesai yra jau pasekmė procesų, vykstančių priekrantėje. Bet kurios pastangos sušvelninti pavojus ir prisitaikyti gyventi pajūryje klimato kaitos sąlygomis, pirmiausia turi būti paremtos nuolatinių stebėjimų visame kranto zonos skersiniame profilyje ir mokslinių apibendrinimų operatyviais duomenimis. Taigi pirmiausia reikia nuolatos, pagal vieną metodiką vykdysti visos kranto zonos monitoringą (stebėseną). Be to, turi būti peržiūrėta krantotvarkos strategija bei regioniniai planai, kurie remiasi *Lietuvos Respublikos pajūrio juostos įstatymu* (2002), *Pajūrio juostos modifikuota krantotvarkos programa* (2005) ir *Darnaus vystymosi strategija* (2003). Deja, šie dokumentai neturi rizikos prevencijos strategijos 25-iems ir iki 100 metų, paremtų IPCC klimato kaitos scenarijais. Reikia pasakyti, kad tokius nacionalinius planus turi dauguma Baltijos valstybių (Ciešliak, 2007, ir kt.).

Čia pristatyti trys Lietuvos krantų ir akvatorijos topografinės kaitos scenarijai, sudaryti remiantis reljefo raidos geologiniu modeliu. Šis modelis yra iš trijų pagrindinių dalių: struktūrinis modelis, nusakantis šiuolaikinį Baltijos jūros dubens dugno reljefą, kranto linijos padėtį bei pajūrio reljefą, jūros lygio svyravimo eustatiniai (leimiami Pasaulio vandenyno lygio kilimo) ir izostaziniai (įtakojami tektoninių judesių) komponentai bei nuosėdų geodina-



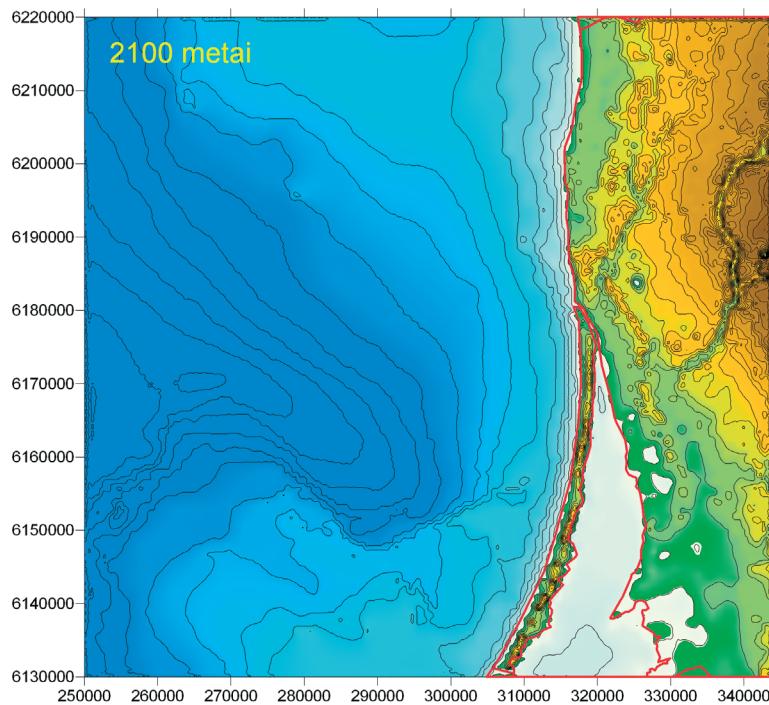
**2.2.3 pav.** „Pesimistiškasis“ pietrytinės Baltijos jūros dalies reljefo raidos scenarijus (galima situacija po 100 metų). Hipsometrinės linijos kas 5 m, raudona linija žymi dabartines kranto apybraižas.

mika, apibūdinanti sedimentacijos ar erozijos procesą jūroje ir krante (Meyer 2003; Meyer, Harff, 2005).

Modelis sukurtas *minimum curvature*\* interpoliacijos metodu, kurio horizontalioji skiriamoji geba (rezoliucija) 200 m, vertikalioji – 0,1–0,5 m.

Reljefo raida artimiausiai ateiciāi modeliuojama atsižvelgiant tiek į Pasaulio vandenyno lygio kilimą, tiek į dabartinius tektoninius judesius. Šie duomenys gauti remiantis IPCC rezultatais, paskelbtais 2007 metais (Bindoff et al., 2007) bei tektoniniu modeliu,

\* *minimum curvature* – minimalaus iškreivinimo metodas.



**2.2.4 pav.** „Vidurkinis“ pietrytinės Baltijos jūros dalies reljefo raidos scenarijus (galima situacija po 100 metų). Hipsometrinės linijos kas 5 m, raudona linija žymi dabartines kranto apybraižas.

kuris buvo sukurtas bendradarbiaujant Baltijos jūros tyrimų instituto (Vokietija) bei Tartu universiteto specialistams (Rosentau et al., 2007).

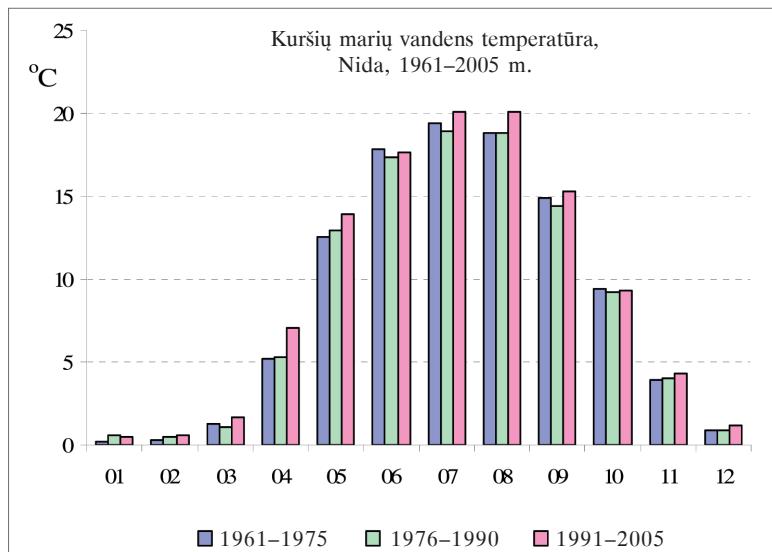
Sukurti trys reljefo vystymosi pietrytinėje Baltijos jūros dalyje ateities modeliai, remiantis „optimistiškuoju“, „pesimistiškuoju“ bei „vidurkiniu“ vandens lygio kilimo scenarijais. „Optimistiškame“ scenarijuje Pasaulio vandenyno lygis iki XXI a. pabaigos pakyla 10 cm. Toks vandens lygio kilimas būtų laikantis Kioto protokolo reikalavimų radikaliai sumažinti išmetamą šiltnamio dujų kiekį (2.2.2 pav.). „Pesimistiškasis“ scenarijus sukurtas manant, kad Kioto protokolo nebus laikomasi: išmetamą šiltnamio dujų

kiekis ne tik nesumažės, bet netgi padidės vystantis didžiųjų pasaulio valstybių (kaip Kinija ar Indija) ekonomikai; Pasaulio vandenyno lygis kils sparčiai ir po šimto metų pakils iki 0,98 m (2.2.3 pav.). „Vidurkinis“ scenarijus sudarytas remiantis prielaidomis, kad Kioto protokolo laikysis jį pasirašiusios šalys, išmetamų šiltnamio dujų kiekis sumažės, o Pasaulio vandenyno lygis pakils apie 0,5 m (2.2.4 pav.).

Autorės nuomone, realiausias yra „vidurkinis“ scenarijus, ir darant teritorijų planavimo sprendinius būtų tikslingiausia atsižvelgti į šio reljefo raidos scenarijaus rezultatus. Pagal šį scenarijų, užliejamos teritorijos būtų šios: Kuršių nerijos paplūdimiai nuo sienos su Rusija iki Avikalnio rago iš jūros pusės bei nuo Nidos iki Žirgų rago iš marių pusės, o atkarpa nuo Juodkrantės iki Kopgalio būtų stabilesnė. Kuršių marių žemyninis krantas būtų užlietas tarp Drevornos ir Kintų, Ventės rago pusiasalis būtų suskaidytas ir Ventės rago kyšulys virstų sala. Neabejotinai būtų užlieta Nemuno deltos žemuma (2.2.1 pav.).

### *2.3. Kuršių marių–Baltijos jūros priekrantės bei ekosistemos*

Priekrantės sistemos, apimančios Lietuvai priklausančias Baltijos jūros ir Kuršių marių dalis, yra tranzitinės zonas, kur fiziniai ir biogeocheminiai procesai priklauso nuo sudėtingos sausumos, vandenyno ir atmosferos sąveikos ir medžiagų srautų. Dėl to priekrantės sistemos yra vienos labiausiai kintančių natūralių ekosistemų Žemėje. Didžiausią įtaką priekrantės sistemoms turi tokie gamtiniai veiksnių, kaip *aplinkos temperatūros ir vandenyno lygio pokyčiai, šiltnamio dujų koncentracijos didėjimas atmosferoje, geležies transportas su krituliais ir upių nuotėkiu, vėjų dinamika ir stormingumas*. Tačiau išskirti ir tirti atskirai visų šiuų veiksninių poveikį priekrantės ekosistemoms dažnai neįmanoma, nes jie veikia ne ekosistemos dalis, o visą sistemą. Dažnai labai sunku ir net neįmanoma gamtinį faktorių įtaką atskirti nuo tiesioginio ant-

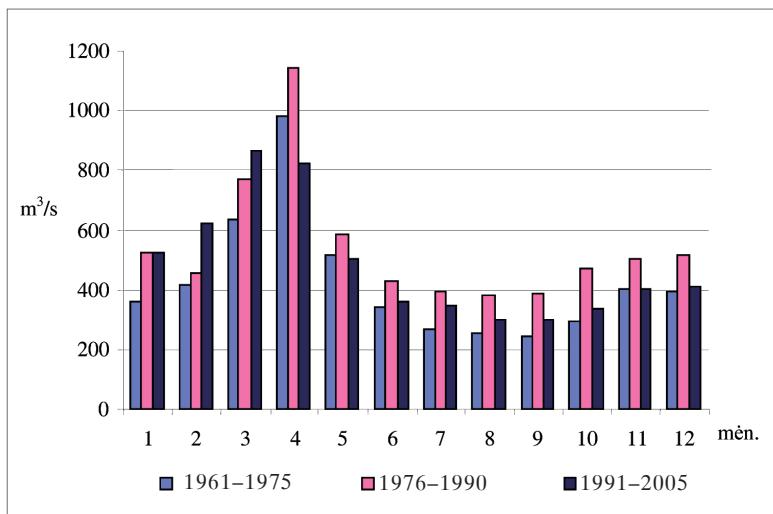


**2.3.1 pav.** Kuršių marių vandens temperatūros pokyčiai per pastaruosius 45 metus.

ropogeninio poveikio (40–50% visos žmonijos gyvena arčiau negu per 100 km nuo jūros kranto), kuris sukelia biologinių jūros resursų ir vandens kokybės degradavimą. Tai, savu ruožtu, sumažina priekrantės ekosistemų atsparumą, jos pasidaro jautresnės globalių klimato pokyčių sukeltam stresui.

Klimato kaitos lemiams vandens ekosistemų pokyčiai įvairiuose Europos regionuose skiriasi. Lietuva patenka į regioną, kur numatomai didžiausi klimato pokyčiai Europoje. Pagal Švedijos meteorologijos ir hidrologijos instituto sudarytas klimato prognozes iki 2055 metų, vidutinė Baltijos jūros vandens temperatūra, palyginus su 1961–1990 m. tarpsniu, turėtų pakilti 3–4°C, padidės praturtinčio organikos gėlojo vandens prietaka, padaugės orų anomalijų bei drastiškai sumažės ledo plotai žiemą (Meier, 2006).

Vandens temperatūros pokyčiai Baltijos jūroje palei Lietuvos pakrantę per pastaruosius 45 metus rodo ryškesnį jo temperatūros pakilimą pavasarį (vasarį–gegužę) bei antroje vasaros pusėje (liepą–rugpjūti) (2.3.1 pav.).

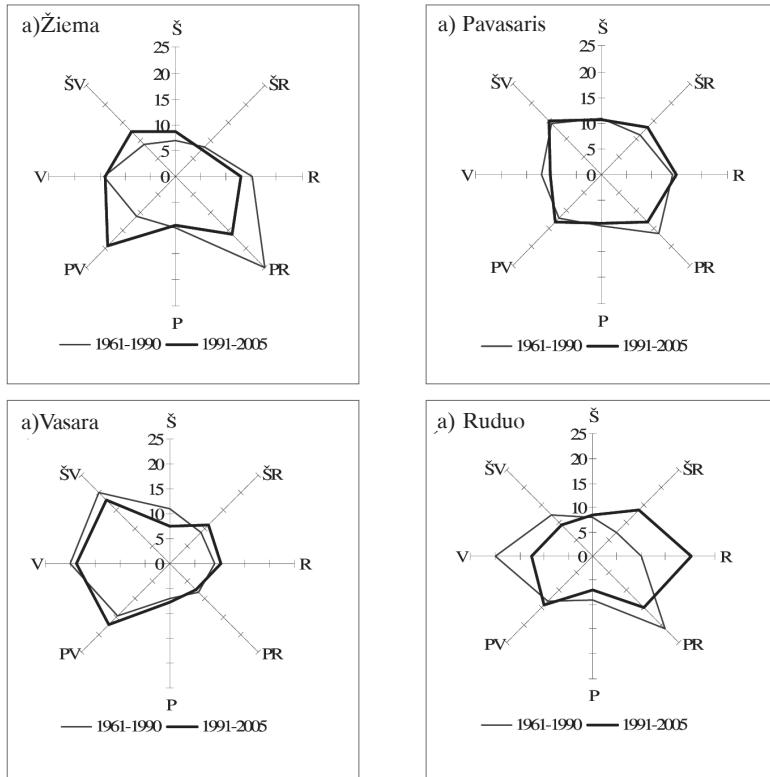


**2.3.2 pav.** Nemuno debito ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) pokyčiai 1961–2005 metais.

Vandens lygio kaitai Baltijos jūros priekrantėje ir Kuršių mariose taip pat būdinga bendra kilimo tendencija. Vandens lygis kilo ir kaimyninėje Rusijos Federacijai priklausančioje Kaliningrado srityje pakrantėje, ir Kuršių mariose.

Kadangi 90% upių nuotėkio, veikiančio *Kuršių marių–Baltijos jūros priekrantės* sistemą, tenka Nemunui, būtent nuo šios upės nuotėkio dinamikos priklauso ekosistemų temperatūros ir ledo režimo bei biogeninių medžiagų pernašos pokyčiai. Prisimintina, kad Nemuno žemupio hidrologinis režimas gerokai pakito 1960 metais pastačius Kauno HE. Tačiau pastaraisiais dešimtmečiais išryškėjė Nemuno nuotekio režimo pokyčiai aiškintini būtent klimato kaita (2.3.2 pav.).

Vėjų krypties dinamikos analizė išryškino dvi vyraujančias tendencijas. Mažėja nuotvankų formuojančių pietryčių krypties vėjų, o patvankų sudarančių pietvakarių krypties vėjų dažnumas didėja. 1991–2005 m. duomenimis (lyginant su 1961–1990 m.), labiausiai pasikeitė žiemą ir rudenį pučiančių vėjų kryptis (2.3.3 pav.).



**2.3.3 pav.** Vėjo krypčių pasiskartojimo (%) 1961–1990 m. ir 1991–2005 m. Klaipėdoje palyginimas.

Vėjų greičio ir štormingumo analizė padėjo atskleisti dvi tendencijas: 1981–2005 metais vidutinis vėjo greitis sumažėjo, tuo tarpu vėjų, kurių greitis viršijo 25 m/s, dažnumas ir trukmė netgi padidėjo (Dailidienė, 2007).

Kuršių marių ir Lietuvos Baltijos jūros priekrantės sistemos pagal ES *Bendriją vandens politikos direktyvą* 2000/60/EC (priimta 2000 m.) yra klasifikuojamos į **priekrantės, tranzitinių ir stipriai pakeistų vandenų**. Stipriai pakeistų vandens telkiniai teritorijai priklauso tiktais Klaipėdos valstybinio jūrų uosto akvatorija. Visos šios dalys yra glaudžiai susijusios ir dažnai nagrinėjamos kaip

vientisa sistema – *Kuršių marios–Baltijos jūros priekrantė*. Šios sistemos vandens kokybę lemia buitinės, gamybinės, paviršinės (liečiaus) nuotekos, žemės ūkio, laivybos, kitokia tarša ir gamtinės sąlygos. Kuršių marios, būdamos hipereutrofiniu\* telkiniu, dėl vyraujančių jūros tėkmių lemia ir visos Baltijos jūros į šiaurę nuo Klaipėdos funkcionavimą. Ir Baltijos jūroje, ir Kuršių mariose pagrindinis autotrofinės\*\* organinės medžiagos šaltinis yra fitoplanktonas. Fitoplanktono dinamika lemia ir sezoniui vandens kokybės rodiklių svyravimus, kurie yra susiję su pavasariniuo titnagdumblių ir vasarinio melsvabakterių gausumo pikais. Pastarasis pikas dažnai sukelia ypač neigiamas pasekmes Kuršių mariose (anoksija\*\*\*, žuvų dusimas, cianotoksinių išskyrimas) ir Baltijos jūros pakrantėje (dėl atneštų iš Kuršių marių melsvabakterių vanduo gali neatitikti sanitarinių normų). Būtent ši problema yra įvertinta kaip pagrindinė *Valstybineje Kuršių marių vandens kokybės gerinimo programe* (LR Vyriausybės 2006 m. birželio 21 d. nutarimas Nr. 614). Pagrindinius mechanizmus, leminčius fitoplanktono žydėjimą pastaraisiais metais, intensyviai tyrinėjo Klaipėdos universiteto Baltijos pajūrio aplinkos tyrimų ir planavimo instituto mokslininkai (Razinkovas, Pilkaitytė, 2002; Razinkovas et al., 2005; Pilkaitytė, Razinkovas, 2006).

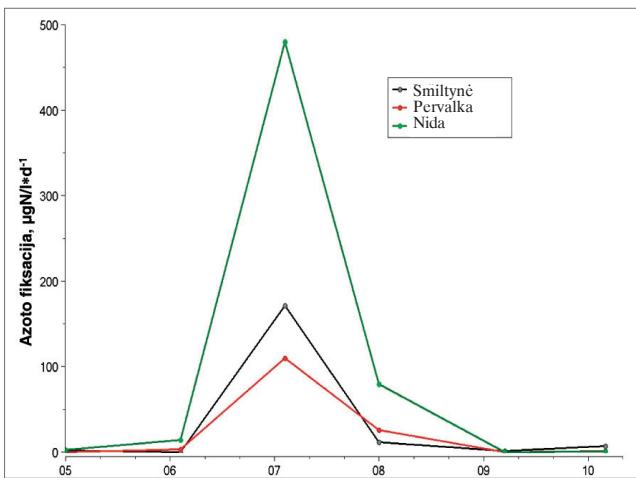
Paskutinių metų tyrimais, azoto sumažėjimo vasaros pabaigoje tarpnis sutampa su atmosferinio azoto fiksacija (2.3.4 pav.), kurią vykdo melsvabakterės, o nitrogenazinio aktyvumo\*\*\*\*, nuo kurio priklauso atmosferinio azoto fiksacija, sezonių dinamika buvo statistiškai patikimai susijusi su chlorofilo A koncentracija (2.3.5 pav.).

\* hipereutrofinis – telkinys pasiekęs labai aukštą eutrofifikacijos (didelio azoto ir fosforo junginių kiekio) lygi.

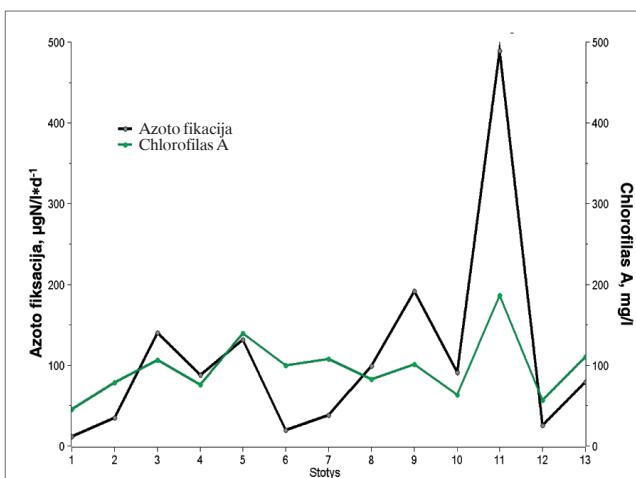
\*\* autotrofinė organinė medžiaga – organinė medžiaga sukuriama fotosintezės (daugiausia žaliųjų augalų) ar chemosintezės (daugiausia bakterijų) metu.

\*\*\* anoksija – ištirpusio deguonies nebuvinės vandenye.

\*\*\*\* nitrogenazinis aktyvumas – fermento nitrogenazės, randamo melsvabakterės ir atsakingo už atmosferinio azoto surišimą, aktyvumas.



**2.3.4 pav.** Azoto fiksavimo intensyvumo Kuršių mariose dinamika 2005 metų gegužė–spalį.



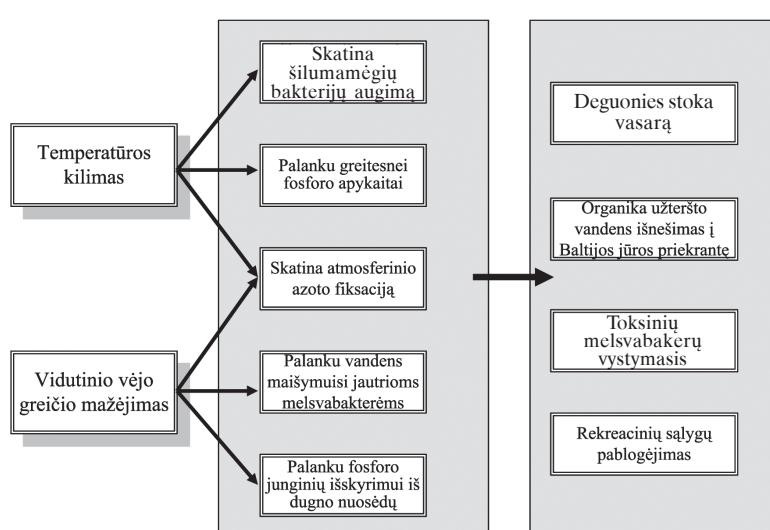
**2.3.5 pav.** Azoto fiksavimo intensyvumo Kuršių mariose ir chlorofilo A koncentracijos pasiskirstymas 1–13 stotyse nuo Klaipėdos sąsiaurio iki centrinės Kuršių marių dalies.

Melsvabakterės vasarą dažnai dominuoja eutrofiniuose oligohaliniuose vandens telkiniuose\* (Kavaliauskienė, 1996; Plinski, Jozwiak, 1999). Kuršių mariose melsvabakterės pradeda vyrauti birželį, kai vandens temperatūra pakyla iki 16°C, ir būna gausios iki spalio. Tarp jų dominuojanti (sudaranti apie 80% bendro tankumo) yra *Aphanizomenon flos-aquae* (Olenina, 1998). Tiekaukšta temperatūra (Kanoshina et al., 2003; Pilkaitytė, Razinkovas, spaudoje), tiek ilgesnė dienos šviesa (Havens et al., 2003) sudaro palankias sąlygas žydejimą sukeliančių melsvabakterių vystymuisi vasarą. Jų gausumas, ypač *Aphanizomenon flos-aquae*, tiesiogiai priklauso nuo temperatūros.

Yra manoma, kad melsvabakterių gausai vasarą turi įtakos netiek aukšta vandens temperatūra, kiek silpnas vėjas. Kai vėjo greitis siekia 3 m/s ir mažiau, kyla greičiausios paviršinės srovės (4,5 cm/s), o vertikalusis vandens maišymasis yra silpnas (Oliver, Ganf, 2000). Gegužė–rugpjūtį tokis vėjo greitis sudaro apie 49% atvejų (Gailiušis, 2000). Taigi melsvabakterės gali per trumpą laiką pasklisti po didelę vandens akvatoriją. Melsvabakterių specializuotos ląstelinės dujų vakuolės reguliuoja jų plūdrumą. Todėl, esant ramiems orams ir aukštai vandens temperatūrai, jos telkiasi paviršiniame vandens sluoksnyje, sulaikydamos dalį šviesos, kuri patektų į apatinius vandens sluoksnius. Tokios sąlygos yra nepalankios panirusiai augalijai. Stiprus vėjas melsvabakterių biomasei yra nepalankus.

Daugiamečių tyrimų duomenimis, į šiaurinę Kuršių marių dalį vis dažniau patenka sūraus vandens iš Baltijos jūros; jūros vandens paplitimo ribos pasistūmėjo nuo Juodkrantės toliau į marias link Pervalkos. Atlikus vandens druskingumo kaitos analizę, nustatytas didesnis marių druskingumas. Nuo 1981 metų druskingumas ties Juodkrante padidėjo 0,31‰ (apie 29 proc.), centrinėje marių dalyje ties Nida – 0,01‰ (apie 12,5 proc.). Vandens druskingumo padidėjimą lemia hidrometeorologinės sąlygos, tai yra vyraujantys

\* Oligohalinis vandens telkinys – mažo druskingumo vandens telkinys.



**2.3.6 pav.** Prognozuojama klimato kaitos įtaka vandens kokybės parametrams.

ir dažnėjantys štorminiai vakarų krypties vėjai, formuojantys vandens lygio patvanką pietrytinėje Baltijos jūros dalyje, šiaurės Atlanto atmosferos cirkuliacijos pokyčiai, sumažėjės Nemuno vandeninguumas, su klimato kaita susijęs visuotinis jūros vandens lygio kilimas. Klaipėdos uosto gilinimas taip pat sudaro palankesnes sąlygas sunkesniams ir tankesniams jūriniam vandeniuui skverbtis į marias ir įtekeliusiams vandeniuui ilgiau likti mariose. Tačiau dar didesnę įtaką šiam procesui turi padidėjęs dėl uosto plėtros hidraulinis Klaipėdos kanalo pralaidumas.

Kuršių marių vandens druskingumo pokyčius atspindi ir biologinių tyrimų duomenys. Apysūrių vandenų augalo baltijinio maufraglio (*Chara baltica*) atsiradimas ties Bulvikio ragu ir prie Juodkrantės rodo, kad šiose vietose druskingas vanduo veikia makrofitų bendriją. Druskingo vandens iš Baltijos jūros patekimas į Kuršių marias turi tiesioginės neigiamos įtakos melsvabakterių žydėjimui ir gerina vandens kokybę, tačiau biogeocheminė šio proceso reikšmė (ypač biogeninių medžiagų apykaitai) iki galo dar neištirta.

Kaip jau buvo minėta, remiantis klimatinių veiksnių pokyčių Lietuvos priekrantėje prognozėmis, yra numatomas vidutinės vandens temperatūros augimas, ypač vasario-gegužės ir liepos-rugpjūčio mėnesiais bei vidutinio vėjo greičio sumažėjimas. Remiantis pagrindinių produkcijos procesų aprašymu, 2.3.6 paveiksle pateikta klimato pokyčių įtakos vandens kokybės parametrams suvestinė.

Dėl sudėtingų biogeocheminių procesų ir jų sąveikos su hidrodinamikos procesais Kuršių mariose ir Lietuvos priekrantėje mažo ištirtumo kol kas negalima padaryti vienareikšmių išvadų dėl kitų veiksnių (nuotėkio ir vėjo klimato pokyčių) įtakos šių ekosistemu funkcionavimui. Hidraulinio režimo pokyčiai neabejotinai lemia Kuršių marių ir Lietuvos priekrantės ekosistemas, bet jie yra daugiau sukelti hidrotechninių Klaipėdos uosto rekonstrukcijos darbų negu tiesioginės klimato kaitos įtakos. 20 metų biologinių parametrų monitoringo duomenų kokybė nepakankama patikimai prognozuoti biogeocheminių procesų tendencijų skatiniaisiais metodais.

Atsižvelgiant į Baltijos jūros priekrantės ir Kuršių marių ekosistemų vystymosi tendencijas dėl klimato kaitos poveikio, galima teigti, kad šiose vandens ekosistemose klimato pokyčiai gali sukelti eutrofifikacijos proceso spartėjimą, kuris iš dalies nustelbs *Valstybineje Kuršių marių vandens kokybės gerinimo programoje* numatytyų priemonių įdiegimo teigiamą efektą. Ypatingą dėmesį reikia skirti melsvabakterių gebėjimui išsisavinti atmosferinį azotą. Jau dabar intensyvus meslavabakterių žydėjimas vasarą negali būti sustabdytas mažinant mineralinio azoto junginių koncentracijas vandenye. Todėl reikėtų atkreipti dėmesį ir į fosforo junginių mažinimo priemones, kurioms turėtų būti suteiktas prioritetas.

## *2.4. Kuršių nerijos kopos*

Kuršių nerijos Didžiojo kopagūbrio dinamikos tyrimai pradėti dar XIX amžiuje, kuomet buvo susirūpinta Kuršių marių link judančio smėlio stabilizavimu (Berendt, 1869). XX amžiaus antroje pusėje kopagūbrį detaliai įvairiais atžvilgiais tyrinėjo Lietuvos geografai – V. Gudelis, V. Minkevičius, E. Michaliukaitė, D. Mardosienė, G. Žilinskas, R. Morkūnaitė, D. Jarmalavičius, A. Česnulevičius ir kt. Nuo aštuntojo XX amžiaus dešimtmecio labai padidėjė Kuršių nerijos lankytojų srautai pradėjo daryti didelį poveikį kopagūbriui. Išteigtame Senųjų Naglių rezervate imta kontroliuoti lankytojų srautus, tačiau šis žingsnis didėjančios antropogeninės apkrovos natūraliai gamtai neišsprendė. 2003 metais Kuršių nerijos nacionalinio parko iniciatyva buvo pradėti monitoringinio pobūdžio Didžiojo kopagūbrio stebėjimai. 2004 metais, gavus Lietuvos mokslo ir studijų fondo bei Kuršių nerijos nacionalinio parko finansinę paramą, antropogeninės apkrovos įtakos geodinaminiių procesų intensyvumui Didžiajame kopagūbryje monitoringiniai tyrimai buvo tęsiami. 2003 metų pavasarį–rudenį atliktų matavimų duomenys parodė, kad dideli lankytojų srautai, susidarantys Parnidžio kopoje ir Naujujų Naglių pažintiniame take, sustiprina natūralius defliacinius procesus. Epizodiškai kopagūbris buvo tirtas ir 2005 metais, o 2006 metais pradėtas vykdyti ASTRA projektas. Tęstiniais tyrimais pavyko nustatyti sezoninius eolinių defliacinių ir akumiliacių procesų kaitos dėsningumus bei mastą.

Tyrimų metu buvo pakartota ir patikslinta Juodkrantės–Pervalkos ir piečiau Nidos esančių Didžiojo kopagūbrio ruožų niveliacija 5 profiliuose: Parnidžio kopos, Naujujų Naglių (Agilos), Naglių rago, Vinkio kopos, Avių rago. Ankstesnės ir kartotos niveliacijos profilių palyginimo duomenimis, buvo kiekybiškai ivertinta Didžiojo kopagūbrio reljefo formų kaita. Defliacinių reljefo formų Kuršių nerijos Didžiajame kopagūbryje kaitą lemia sezoninė klimato rodiklių kaita. Klimato rodiklių (vėjo greitis, drėg-

mė, krituliai) kaita buvo palyginta su defliacinių ir akumuliacinių reljefo formų morfometrinių rodiklių pokyčiais. Pastarieji rodikliai sukaupti darant maršrutinius tyrimus: reljefo formų natūriniai matavimai vietovėje, fiksavimas fotografiniu būdu, kartografavimas. Matavimų duomenų pagrindu buvo sudarytas Kuršių nerijos Didžiojo kopagūbrio defliacinių reljefo formų kaitos žemėlapis.

XIX amžiuje atlikti tyrimai pietrytinės Baltijos pakrantėse parodė, kad dinaminiai procesai buvo labai intensyvūs. Smėlio slinkimo greitis Kuršių nerijos Didžiojo kopagūbrio kai kuriose dalyse siekė keliolika (net 13 m) per metus. XIX amžiaus pabaigoje ir XX amžiaus pradžioje pabaigus kopų apželdinimo darbus, smėlingasis kopagūbris stabilizavosi, nors marių link ragai ir stūmėsi. XX amžiaus antroje pusėje išpuostymas beveik visiškai sustojo, o amžiaus pabaigoje prasidėjo gana intensyvus Kuršių marių vakarinio kranto ardymas. 1910–1965 metais Didžiojo kopagūbrio slinkimo į rytus tempai sulėtėjo. Tai susiję su beveik visu Kuršių nerijos apželdinimu. Lietuvos teritorijoje liko tik du aktyvūs Didžiojo kopagūbrio segmentai: tarp Juodkrantės ir Pervalkos bei į pietus nuo Nidos. Didžiojo kopagūbrio stabilizavimąsi lémė ir Kuršių nerijos teritorijos uždarumas – iki šalies neprilausomybės atstamymo buvo stipriai ribojamas lankymasis joje. Tuo laikotarpiu iš dalies stabilizavosi ir neapželdytu Didžiojo kopagūbrio segmentai, ypač šiaurinė Juodkrantės–Pervalkos ruožo dalis (2.4.1 pav., 2.4.1 lentelė).

Po 1990 metų, išaugus poilsiautojų srautui į neriją, padidėjo rekreacinė apkrova ir Didžiajame kopagūbryje. Intensyviai lankomasi ir kartu niokojami pietiniai Nidos bei Juodkrantės–Pervalkos kopagūbrio ruožai. Ištirta, kad vasarą lankytojai tampa pagrindiniu kopas destabilizuojančiu veiksniu – vaikščiodami po kopagūbriją tiesiogiai skatina paviršiaus ardymą bei netiesiogiai – defliaciją (išpuostymą).

Didžiausią įtaką defliaciniams procesams turi stiprūs vienos krypties vėjai. Tokių vėjų įtaka ypač išryškėja sausuoju metų laiku, ka-

**2.4.1 lentelė.** Pustomų kopų slinkimo greitis (pagal A. Česnulevičių ir E. Mi-chaliukaitę).

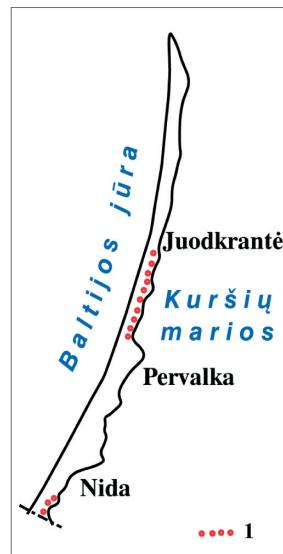
Vietovė	<i>Pokytis per 1837 – 1861 metų laikotarpi</i>		<i>Pokytis per 1910 – 1965 metų laikotarpi</i>		<i>Pokytis per 1965 – 2005 metų laikotarpi</i>	
	<i>m</i>	<i>m per metus</i>	<i>m</i>	<i>m per metus</i>	<i>m</i>	<i>m per metus</i>
Smiltynė	272,2	11,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Meškos dauba	173,4	7,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Juodkrantė	129,5	5,4	0,0	0,0	0,0	0,0
Senieji Nagliai	272,8	11,4	124,0	2,9	34,0	0,8
Pervalka	122,9	8,2	0,0	0,0	15,0	0,4
Bulvikio ragas	197,6	8,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Urbo kalnas	60,5	2,5	68,6	1,6	0,0	0,0
Grobšto ragas	320,5	13,4	102,9	2,3	16,0	0,4

da smėlio masės paviršius išdžiūva. Klai-pėdos ir Nidos meteorologijos stočių duomenimis, vėjuoti, defliaciją sukelian-tys orai būna gegužė–spalį.

Krituliai sumažina defliacijai palankių vėjų efektyvumą maždaug 20–30%. Tie-sioginiai stebėjimai modeliniuose dirvo-ženiuose rodo, kad, iškritus 11,0 mm kritulių, po trijų parų dirvožemio drėgmė balkšvažemiuose tesiekia 3%. Susida-rius kritiniam vėjo greičiui (virš 6 m/s), balkšvažemiai tampa neatsparūs išpus-tymui. Akivaizdu, kad humuso netu-rintys eolinių smėliai yra dar jautresni vėjo veiklai.

Vykstant ASTRA projektą, detaliai kartografiuotos 38 eolinių defliacinės rel-jefo formos (2.4.2 pav.). Atlirkti tyrimai

KLIAMATO KAITA: PRISITAIKYMAS PRIE JOS POVEIKIO LIETUVOS PAJŪRYJE



**2.4.1 pav.** Pustomų kopų ruožai (1) Kuršių nerijos Di-džiajame kopagūbryje.

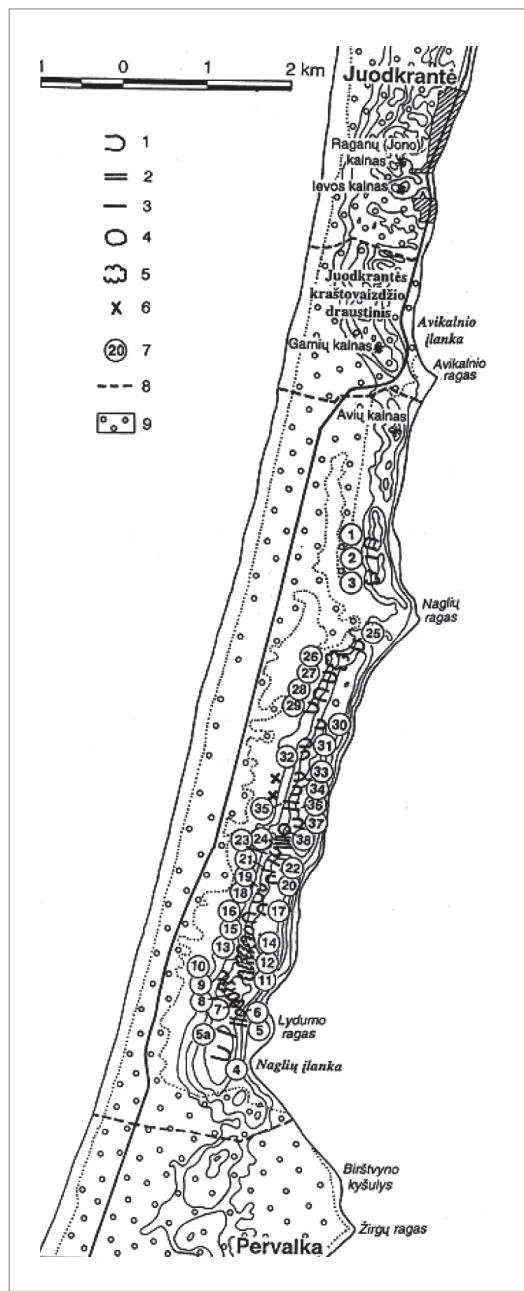
parodė, kad defliacinių daubų dinamiką lemia keli faktoriai: daubos plotas, atvirumas, padėtis kopagūbrio šlaite, absolutusis aukštis.

Pietiniame Didžiojo kopagūbrio Parnidžio–Sklandytojų kopos ruože gausūs poilsiautojai kopagūbrio keterą visiškai nutrypė. Nedidelių natūralių defliacinių daubų yra išlikę į marias atgręztame šlaite. Šias daubas intensyviausiai veikia pietų–pietryčių vėjai, vyraujantys gegužę–birželį. Be to, panašia kryptimi liepą–rugpjūti nuo Kuršių marių pučia brizas. Jis yra silpnas, tačiau, pūsdamas sausuoju laikotarpiu, gali gerokai performuoti defliacines daubas, jas išpustyti (iki 5–20 cm per parą).

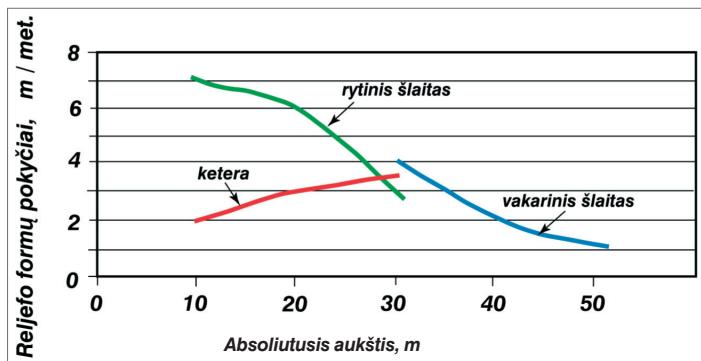
Šiauriniame Didžiojo kopagūbrio ruože eolinės reljefo formos įvairesnės. Beveik visose tirtose eolinėse reljefo formose susidarę smulkesnių elementų – skardžių, kupstų išgraužų, pakopų, volų, rodančių, kaip jose vyko defliaciniai ir akumuliaciniai procesai. Visos eolinės reljefo formos buvo tipizuotos: ovaliosios, plynės, koridoriai, sudėtingosios. Kartografuota medžiaga parodė, kad defliacinių daubų daugiausiai yra tarp Lydumo ir Naglių rago. Šiauriau Lydumo rago esančių defliacinių daubų absolutusis aukštis siekė 35–40 m, Naglių rago apylinkėse – 25–30 m nuo jūros lygio.

Palyginus Lydumo rago–Vinkio kopos atkarpos matavimo rezultatus, paaškėjo, kad itin kaitūs yra daubų planiniai rodikliai: ilgis ir plotis. Be to, labai dinamiškas ir jų koridorių plotis, kuris per metus gali pakisti nuo 4 iki 17 metrų. Kuršių nerijos Didžiojo kopagūbrio Juodkrantės–Pervalkos atkarpoje išpustymą daubose lemia ir daubų padėtis kopų šlaituose. Intensyviausiai defliaciniai procesai vyksta pavėjinių šlaitų daubose. Kiek mažiau pustomas vakarinis kopagūbrio šlaitas ir jo ketera. Išpustymas itin priklauso nuo daubų uždarumo ar atvirumo laipsnio. Greičiausiai transformuoja tos daubos, kurų tūsa sutampa su vyraujančiu vėjų kryptimi. Tokios daubos labai greitai virsta kiaurai prapučiamais koridoriais.

Svarbus defliacijos faktorius yra paviršinio smėlio sluoksnio drėgnumas. Smėlio éminiai drègmės tyrimams imti įvairose defliacinių daubų vietose. Pasirodo, mažiausias smėlio drėgnumas būdin-



**2.4.2 pav.** Defliacinių daubos Kuršių nerijos Didžiojo kopagūbrio Juodkrantės–Pervalkos ruože: 1 – ovaliosios, 2 – koridoriai, 3 – skardžiai, 4 – plynės, 5 – sudėtingosios, 6 – kups-tynės išgraužos, 7 – daubų numeraciją, 8 – Naglių rezervato ribos, 9 – miškas.

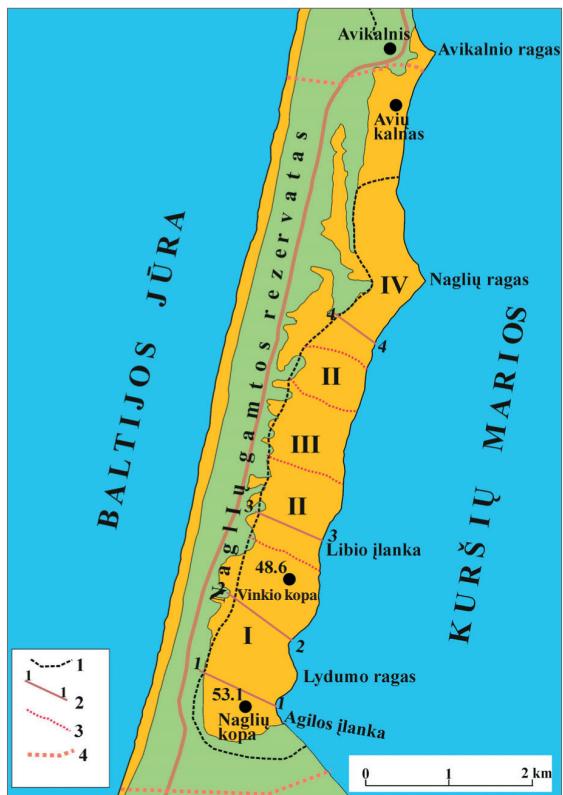


**2.4.3 pav.** Eolinių formų absoliučiojo aukščio ir transformavimosi intensyvumo priklausomybė.

gas volo vidurinei daliai ir pietvakiniam, intensyviai pustomam šlaitui, kur defliacija intensyviausia. Maršrutiniai vėjo greičio tyrimai parodė, kad defliaciniė daubose vėjo greitis yra 2–3 kartus stipresnis nei santykinai stabiliuose šiaurės ekspozicijos šlaituose. Didžesni vėjo greičiai lemia greitesnį paviršinio smėlio sluoksnio džiūvimą bei sukuria nepalankias sąlygas smėlyje augti (įsitvirtinti) augalams, kurie stabdo smėlio išpustymą.

Defliacinių daubų transformacijai didžiausios įtakos turi trys faktoriai: vėjų kryptis, daubų padėtis centrinės kopagūbrio ašies atžvilgiu (rytinis ar vakarinis šlaitai) ir absoliutusis aukštis (2.4.3 pav.). Rytiniam Didžiojo kopagūbrio šlaitui būdinga atvirštinė absoliučiojo aukščio ir reljefo performavimo priklausomybė. Ją lemia nuo Kuršių marių pučiantis brizas. Vakariniame kopagūbrio šlaito reljefas tiesiogiai priklauso nuo defliacinių daubų absoliučiojo aukščio. Žemose priešvėjinėse šlaitų dalyse ryški miško įtaka – čia vėjo greitis sumažėja. Didžiojo kopagūbrio keteroje stipriausiai vėjai susidaro kopų koridoriuose, todėl čia reljefas daugiausiai performuojamas.

Kuršių nerijos Didžiajame kopagūbryje tarp Juodkrantės–Peralkos galima išskirti keturis skirtingo intensyvumo defliacinių–akumuliacinių procesų vyksmo arealus (2.4.4 pav.). Pirmasis arealus tėsiasi nuo Garbės rago pietuose per Naglių kopų masyvą iki



**2.4.4 pav.** Skirtingo intensyvumo defliacinių–akumuliacinių procesų arealai:  
1 – Didžiojo kopagūbrio riba, 2 – niveliacijos profilių vietos, 3 – defliacinių akumuliacinių arealai.

Vinkio kopos šiaurėje. Čia vyrauja sudėtingosios defliacinių daubos, nemažai plynų. Šiame areale fiksuoti didžiausi akumuliacinių volų, kurie formuoja sudėtingose daubose, pokyčiai. Per tišiamąjį laikotarpių kopagūbrio rytinio šlaito volai trumpėjo, vakariniai ilgėjo (apie 10–15 m). Antrasis arealas išsiskiria paviršiaus raižytumu. Akumuliacinių volų ilgis kinta nuo 3 iki 6 m. Ryškiausia šio arealo ypatybė – atbrailos defliacinių daubų vakariniuose šlaituose. Trečiasis arealas apima Didžiojo kopagūbrio plotus, viduti-



**2.4.5 pav.** Parnidžio ir Didžiosios kopų sandūra Grobšto rago įlankoje 1970 m. (nuotr. Ž. Kazėno)



**2.4.6 pav.** Parnidžio kopos rytinis šlaitas 2006 m. (nuotr. A. Česnulevičiaus).

2 • KLIMATO KAITOS POVEIKIS APLINKOS,  
EKONOMINIAM IR SOCIALINIAM SEKTORIUI

niškai paveiktus defliacijos–akumuliacijos procesų. Čia nėra plynių ir sudėtingųjų daubų, mažai volų, o kupstynių išgraužos vidutiniškai padidėjo 3–4 metrais. Ketvirtas arealas – tarp Naglių ir Avikalnio ragų esanti kopagūbrio atkarpa. Čia mažiausiai defliacių daubų, jos neaktyvios. Smarkiausiai šiame areale pakitę daubose esantys volai, tačiau ir jų padidėjimas tesiekė 0,5 m.

Antropogeninė įtaka eolodinaminiams procesams vertinta kartografuojant dėl žmonių lankymosi atsiradusias kopų paviršiaus pažaidas. Parnidžio kopos apylinkėse lankytųjų ištryptas plotas sudarė 25,7 ha. Pagrindiniai lankytųjų srautai krypsta į Sklandytojų kopą. Tą rodo ir arealo konfigūracija – kyšuliai. Poilsiautojų ir turistų srauto reguliavimas padėtų stabilizuoti Parnidžio kopos transformavimąsi ir degradavimą. Nutrypti plotai Naglių kopos apylinkėse siekia 5,8 ha (3%). Didžiausias lankytųjų srautas plūsta mediniu tiltuku ir dviem pagrindiniais takais marių link. Per vasarą šiomis kryptimis nutrypiamas 12–35 cm storio smėlio sluoksnis. Lankytujams skirtų takų tankis Naglių rezervato teritorijoje siekia 25 m/ha. Retmiškiu apaugusioje kupstynėje takų tankis yra iki 11,5 m/ha. Iš šiaurė nuo Vinkio kopos, kur lankytųjų būna mažiau, takų tankis siekia 5–7 m/ha.

Svarbi ypatybė, kad Naglių rezervato teritorijoje žmonių lankymosi paveiktas plotas sutampa su intensyviausių defliacinių procesų apimamu plotu. Dėl nepalankių meteorologinių situacijų (sauša vejuota vasara, stiprūs rudeniniai šormai) galimi labai dideli paviršiaus pokyčiai ir kitose neapželdytose Kuršių nerijos dalyse.

Ištirta, kad per du pastaruosius dešimtmečius Kuršių nerijos Didysis kopagūbris labai pakito (2.4.5 ir 2.4.6 pav.). Pustomi paviršiai pažemėjo, susiformavo daug nedidelių defliacinės kilmės reljefo formų.

Didžiajame kopagūbryje ypač reikalingi monitoringiniai mokslliniai tyrimai, kurie padėtų tiksliau nustatyti kopų kaitos tendencijas, antropogeninės apkrovos jam sukeliamą poveikį ir išryškintų gamtosauginges problemas.

### ***Siūloma stebėsena šiose etaloninėse reljefo vietovėse:***

1. Parnidžio kopos viršūnė–Kuršių marių krantas.
2. Naglių rezervate: Naujuojų Naglių kopa–Kuršių marių krantas, šiauriau Vinkio kopos.
3. Avių rage: Senųjų Naglių kopa–Kuršių marių krantas.

### ***Monitoringiniai tyrimai vykdytini keliskart per sezono:***

1. Pavasarį, nutirpus sniegui (kovą).
2. Prieš poilsavimo sezono pradžią (gegužę).
3. Pasibaigus poilsavimo sezonomiui (rugpjūčių).
4. Štormų sezono metu (lapkritį).

### ***Monitoringo tikslai ir tiketini stebėjimo rezultatai:***

1. Nustatyti kiekybinius reljefo formų pokyčius; absoliučiojo ir santykinio reljefo formų aukščių pasikeitimus; šlaitų pioninkio ir ilgio kaitą.
2. Nustatyti smėlio masės Didžiajame kopagūbryje kiekybinius pokyčius, juos kartografioti, sukurti galimo eolinio reljefo modelį.
3. Rekomenduoti ir numatyti smėlio pernašos sustabdymo priemones.
4. Reglamentuoti ir sureguliuoti turistų srautus, pagrįsti apžvalgos ir transporto aikštelių įrengimo tikslingumą.

## ***2.5. Miškai***

Lietuvos pajūris yra viena rečiausiai miškais apaugusi šalies teritorijos dalis. Miškai užima 26,3% Klaipėdos apskrities teritorijos. Pajūrio miškus tvarko ir prižiūri Kretingos ir Šilutės miškų urėdijos bei Kuršių nerijos nacionalinis parkas. Šiame regione vyrauja spygliuočių miškai (2.5.1 lentelė). Labiausiai paplitusios paprastoji pušis (*Pinus silvestris*) ir paprastoji eglė (*Picea abies*). Kuršių nerijos nacionaliniame parke apie 27% medynų sudaro kalninė pušis (*Pinus montana*). Pastaroji pajūrio smėlynuose pradėta veisti XIX a. viduryje. Jos tėvynė – Vidurio ir Pietų Europos kalnai. Dau-

**2.5.1 lentelė.** Medynų plotas pagal vyraujančią medžių rūšį (ha) (Lietuvos..., 2007).

<i>Vyraujanti medžių rūšis</i>	<i>Kretingos miškų urėdija</i>	<i>Šilutės miškų urėdija</i>	<i>Kuršių nerijos nacionalinis parkas</i>	<i>Iš viso</i>
Pušis	16 589,3	14 950,4	4065,0	<b>35 604,7</b>
Eglė	20 772,4	12 681,9	78,5	<b>33 532,8</b>
Beržas	17 342,4	9997,6	919,4	<b>28 259,4</b>
Drebulė	2340,2	812,6	1,0	<b>3153,8</b>
Juodalksnis	3248,4	4259,0	291,1	<b>7798,5</b>
Baltalksnis	4562,1	1758,7	–	<b>6320,8</b>
Ažuolas	3443,9	2583,9	2,2	<b>6030,0</b>
Uosis	1588,7	306,3	0,3	<b>1895,3</b>
Kita	624,4	421,3	1867,7	<b>2913,4</b>
<b>Iš viso</b>	<b>70 511,8</b>	<b>47 771,7</b>	<b>7225,2</b>	<b>125 508,7</b>

giau nei pusė nacionalinio parko medynų yra sodinti žmogaus. Tikriausiai dėl šios priežasties Kuršių nerijos miškų medynų skalsumas\* (0,79) yra vienas didžiausių visoje Lietuvoje.

Miško ekosistema yra prisitaikiusi prie ilgalaikių vietos klimato sąlygų, reljefo, dirvožemio ir daugelio kitų veiksnių. Šie veiksnių lemia miško rūšinę sudėtį, medyno tankumą, paklotės tipą. Miško pagrindas yra medžiai. Jų amžius gali siekti dešimtmečius ar net šimtmečius, tačiau susiklosčius nepalankioms aplinkybėms jie gali pakisti ar sunykti per kelerius metus. Kuo didesni yra aplinkos pokyčiai, tuo sunkiau medžiams prie jų prisitaikyti. Numatomas globalios oro temperatūros augimas turės įtakos regioniniams temperatūros, krituliu, debesuotumo, vėjo ir kitų klimato sistemos ele-

\* Medyno skalsumas – tai esamo ir normalaus medynų tūrių (arba skerspločių sumų) santykis. Normalus medynas yra tokis, kuriame medžių lajos yra visiškai susi- vėrusios.

**2.5.2 lentelė.** Kintančių klimato elementų poveikis miškams.

Klimato elementas	Poveikis miškams
Anglies dioksidas	Dėl didesnio anglies diokso kieko bus didesnis medžių produktyvumas, tačiau medienos kokybė suprastės. Intensyvesnis fotosintezės procesas padidins vandens netekti dėl transpiracijos.
Temperatūra	Šiltesnės ir trumpesnės žiemos lems ilgesnį vegetacijos laikotarpį. Esant švelniai žiemos pradžiai, medžiai gali būti nepasiruošę iškirsti staugų šaltį. Šiltesnėmis žiemomis nesusidarys pastovi sniego danga ir įšalas – bus prastesnės salygos miško ruošos darbams. Per šiltesnes žiemas lengviau išgyvena miško kenkėjai. Vasarą dėl didesnio garavimo miškas labiau nusausės – bus didesnis gaisrų pavojus.
Krituliai	Ilgesni sausringi laikotarpiai susilpnins medynus, sumažės jų produktyvumas ir atsparumas kenkėjams bei ligoms. Sausros labai padidins gaisrų pavojų. Intensyvios liūtys sukels dažnesnę šlaitinę eroziją.
Vėjas	Dažnesnės galingos audros išvartys arba pažeis daugiau medynų. Nesutvarkytu nuvirtę medžiai sudaro palankias salygas veistis kenkėjams.

mentų režimams (plačiau apie tai – 1 sk.). Numatomų pokyčių intensyvumas yra didesnis nei kada nors anksčiau, todėl jo poveikis miškams gali būti labai didelis (2.5.2 lentelė).

Klimato kaita gali daryti poveikį:

- miškų rūšinei sudėčiai,
- miškų produktyvumui,
- naujų miškų veisimui,
- miško medžių ligų ir kenkėjų plitimui,
- miško ruošos lauko darbų salygomis,
- gaisringumui.

Didėjantis anglies dioksono kiekis atmosferoje gali turėti teigiamą poveikį miškų produktyvumui. Kuo didesnė anglies dioksono koncentracija priežeminiam atmosferos sluoksnyje, tuo palankes-

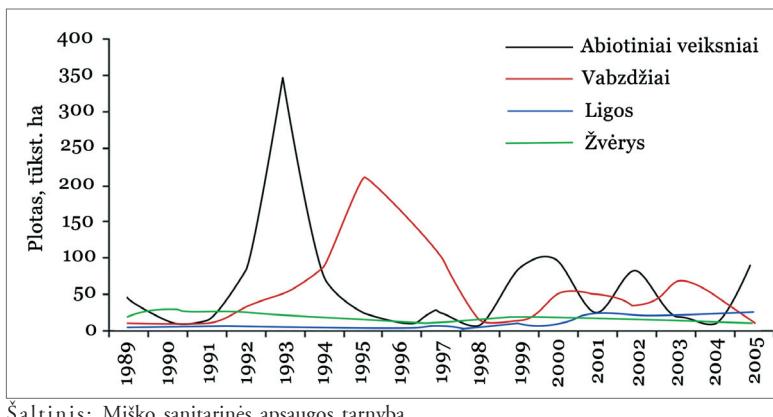
nės sąlygos fotosintezei. Dabartinė anglies dioksido koncentracija atmosferoje nėra optimali. Todėl, jei koncentracija didėtų, o kiti faktoriai išliktų tokie patys, biomasės priaugis turėtų būti didesnis. Eksperimentais nustatyta, kad padvigubėjus anglies dioksido koncentracijai ore, augalų produktyvumas padidėja apie 30–50%. Tačiau realiomis sąlygomis toks didelis pokytis mažai tiketinas (Oren et al., 2001).

Numatomas oro temperatūros kilimas gali lemti ilgesnį vegetacijos sezoną, kartu didesnį miškų produktyvumą. Aukštesnė oro temperatūra šaltuoju metų laiku gali turėti ir neigiamą poveikį. Anksčiau nei įprastai pumpurus sukrovę medžiai, užslinkus šalčiui, gali nušalti. Dėl šiltesnio rudens medžiai gali būti nepakan-kamai „užsigrūdinę“ ir labiau pažeidžiami nukritus oro temperatūrai. Pakitusios terminės sąlygos gali lemti rūsių konkurencinės kovos pokyčius. Tai ypač aktualu toms medžių rūšims, kurių arealo pietinė riba eina netoli Lietuvos teritorijos.

Metinis kritulių kiekis Lietuvos teritorijoje neturėtų labai kisti (žr. 1 sk.), tačiau kritulių režimas taps ekstremalus. Padažnės intensyvesnės ir ilgesnės sausros. Dėl to miško ekosistema dažniau stokos vandens, sumažės medžių atsparumas ligoms ir kenkėjams. Ypač nuo sausrų gali nukentėti eglynai.

Esant aukštesnei oro temperatūrai, šaltuoju metų laiku dažniau iškris skystujų kritulių. Sniego danga bus ne nuolatinė – padažnės atlydžių. Dėl šių priežasčių sunkiau atliki miško ruošos darbus.

Didelę žalą miškams daro audros. Prognozuojama, kad ateityje audrų skaičius ir intensyvumas gali didėti. Audrų metu stiprus vėjas išvarto daug medžių. Pastaraisiais metais ypač didelių nuostolių miškams pridarė ciklonai *Ervinas* (2005 m. sausis) ir *Peras* (2007 m. sausis). Karštis ir sausra susilpnina net sveikų medžių atsparumą vėjui, todėl ateityje vėjo poveikis medynams gali buvo didesnis nei dabar. Jei išvirtę medžiai nėra tvarkomi, susidaro palankios sąlygos veistis kenkėjams. Dažnai kelerius metus po to, kai medynai yra pažeidžiami audrų ar kitų abiotinių veiksnių, suaktyvėja kenkėjai. Tai netiesioginis audrų poveikis miškams.



Šaltinis: Miško sanitarinės apsaugos tarnyba

**2.5.1 pav.** Pažeistų medynų plotų pasiskirstymas pagal pažeidžiančius veiksnius 1989–2005 m. (Lietuvos..., 2006).

Klimato kaita gali būti palanki miško kenkėjų plitimui. Dėl kintančių sąlygų medžiai patiria stresą – sumažėja jų atsparumas ligoms ir kenkėjams. Šiltesnės žiemos yra palankesnės žiemoti kenkėjams. Esant aukštesnei šiltojo sezono oro temperatūrai, kenkėjai galiapti aktyvesni, padidėti jų populiacija. Pakitus klimatui, i Lietuvą gali atklysti naujų kenkėjų rūšių.

Dėl klimato kaitos didės miškų gaisrų pavoju. Pavasarį tirpdama nepastovi ir plona sniego danga mažiau sudrėkins lengvai įsiidegančias nuokritas ir miško paklotę. Todėl pavasarį kylančios gaisraiaptų dažnesni ir intensyvesni. Jei šiltuoju metų laiku dažniau pasitaikytų intensyvios sausros, jų metu gaisrų tikimybė labai išaugtų.

Siekiant sumažinti miško gaisrų tikimybę, reikia sutvarkyti medžių išvartas, prižiūrėti apsaugines juostas, žinoti miškų gaisringumo prognozę. Jei, esant dideliam miško gaisro pavoju, ugniaugesių pajėgos yra pakankamos parengties, galima greitai lokalizuoti gaisro židinius ir sumažinti nuostolius. Miško gaisrams susidaryti palankios sąlygos yra tuomet, kai ilgą laiką nelyja, būna aukšta oro temperatūra ir stiprus garavimas. Per sausringą laikotarpį išdžiūna miško paklotę, nukritusios medžių šakos, nudžiūva žolė, sumažėja drėgmės kiekis augančiuose medžiuose. Kuo daugiau sausos degios

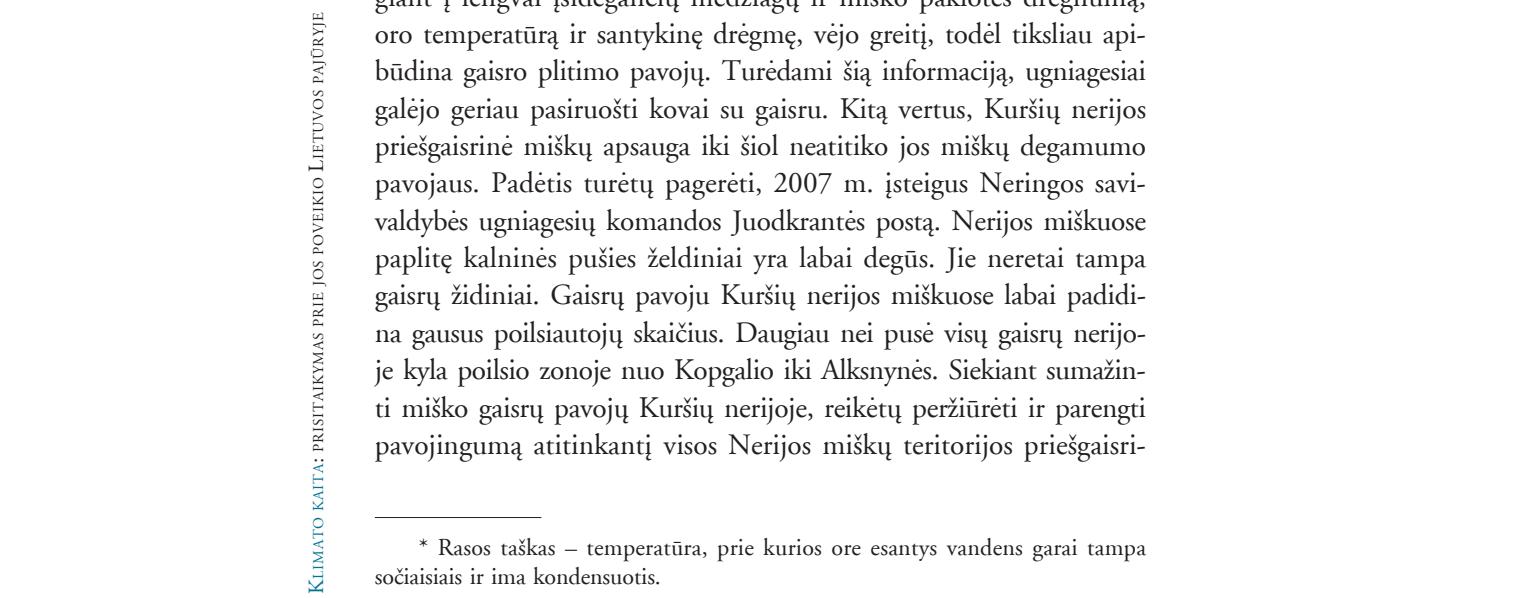


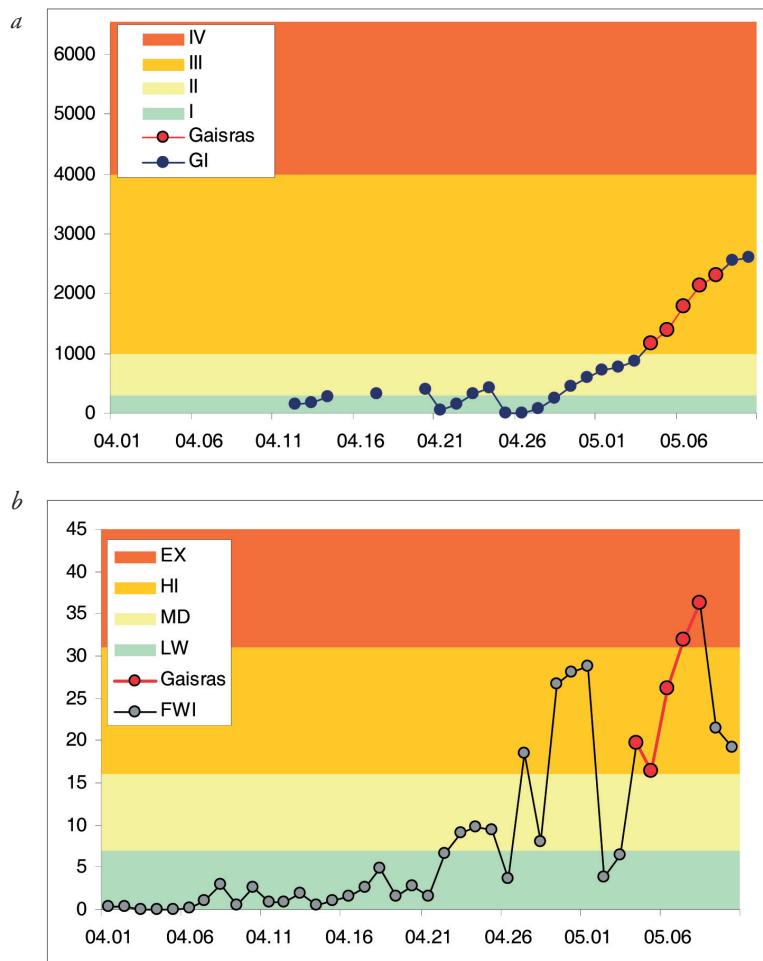
medžiagos yra miške, tuo intensyviau dega miškas. Gaisro plitimui didžiausią reikšmę turi vėjo greitis ir lengvai įsidegančių nuokritų bei sausos žolės kiekis.

Miško gaisrų pavoju galima įvertinti. Vertinimui dažniausiai naudojami integruoti miško gaisrų rizikos indikatoriai. Jais įvertinamas gaisrų pavojas pagal miško tipą, reljefą ir meteorologinius parametrus: oro temperatūrą, santlykinį oro drėgnumą, vėjo greitį ir kritulių kiekį. Šiuo metu Lietuvoje naudojamas gaisringumo indeksas yra apskaičiuojamas tik pagal kritulių kiekį, vidurdienio oro temperatūrą ir rasos tašką\*. Skaičiuojant indeksą, neatsižvelgiama į vėjo greitį ir degios medžiagos kiekį bei būklę, todėl jis neviškai atspindi galimo gaisro plitimo pavoju.

2006 m. gegužės 4–8 dienomis Smiltynėje siautės gaisras nuniokojo virš 200 ha miško. Pagal Lietuvoje naudojamą gaisrų indeksą, tuo metu buvo vidutinis gaisringumas (2.5.2 pav., a). Vertinant gaisringumą pagal populiarų pasaulyje Kanados orų ir gaisrų rodiklį (*Fire Weather Index*), būta didelio gaisro pavojaus (2.5.2 pav., b).

Kanados orų ir gaisrų rodiklis (FWI) apskaičiuojamas atsižvelgiant į lengvai įsidegančių medžiagų ir miško paklotės drėgnumą, oro temperatūrą ir santlykinę drėgmę, vėjo greitį, todėl tiksliau apibūdina gaisro plitimo pavoju. Turėdami šią informaciją, ugniaugesiai galėjo geriau pasiruošti kovai su gaisru. Kitą vertus, Kuršių nerijos priešgaisrinė miškų apsauga iki šiol neatitiko jos miškų degamumo pavojaus. Padėtis turėtų pagerėti, 2007 m. įsteigus Neringos savivaldybės ugniaugesių komandos Juodkrantės postą. Nerijos miškuose paplitę kalninės pušies želdiniai yra labai degūs. Jie neretai tampa gaisrų židiniai. Gaisrų pavoju Kuršių nerijos miškuose labai padidina gausus poilsiautojų skaičius. Daugiau nei pusė visų gaisrų nerijoje kyla poilsio zonoje nuo Kopgalio iki Alksnynės. Siekiant sumažinti miško gaisrų pavoju Kuršių nerijoje, reikėtų peržiūrėti ir parengti pavojingumą atitinkantį visos Nerijos miškų teritorijos priešgaisri-





**2.5.2 pav.** Miškų gaisringumas Kuršių nerijoje 2006-04-01–2006-05-10 pagal Lietuvoje naudojamą miškų gaisringumo indeksą GI (a) ir Kanados orų ir gaisrų rodiklį FWI (b).

nės apsaugos sutvarkymo projektą ir ji kuo greičiau realizuoti. Tvarkybos plane karkasu turėtų būti numatyta priešgaisrinės apsaugos infrastruktūra, gaisrų pavojaus prognozavimo sistema.

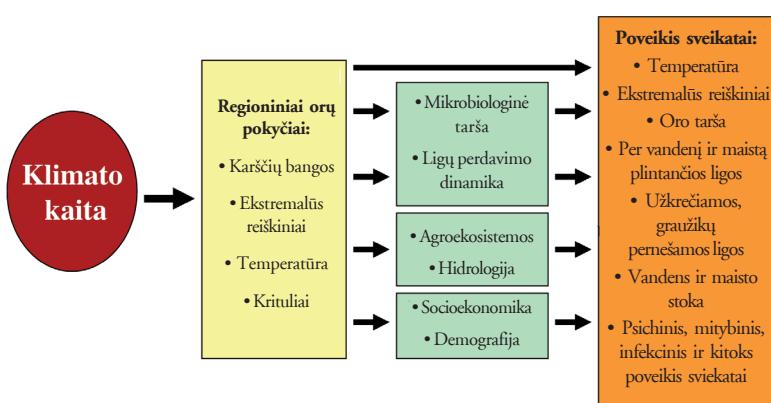
## 2.6. Žmogaus sveikata

Klimatas ir orai visuomet turėjo stiprų poveikį žmogaus sveikatai bei savijautai. Besikeičiantis klimatas keičia daugelio ekosistemų funkcionavimą ir augalų bei gyvūnų rūšių buveines. Taip pat orų permainos veikia ir žmogaus sveikatą. Ne visi pokyčiai mums yra naudingi. Klimatinės sąlygos žmogaus savijautą veikia dviem būdais: tiesiogiai – kai daromas fizinis poveikis ekstremalių reiškiniių metu, bei netiesiogiai (2.6.1 pav.). Pastarasis poveikis išryškėja per oro taršą, žemės ūkį, jūrų ir gėlo vandens sistemas, kurios yra maisto bei vandens šaltinis, taip pat per infekcinių ligų atsiradimą bei plitimą (McMichael et al., 2003).

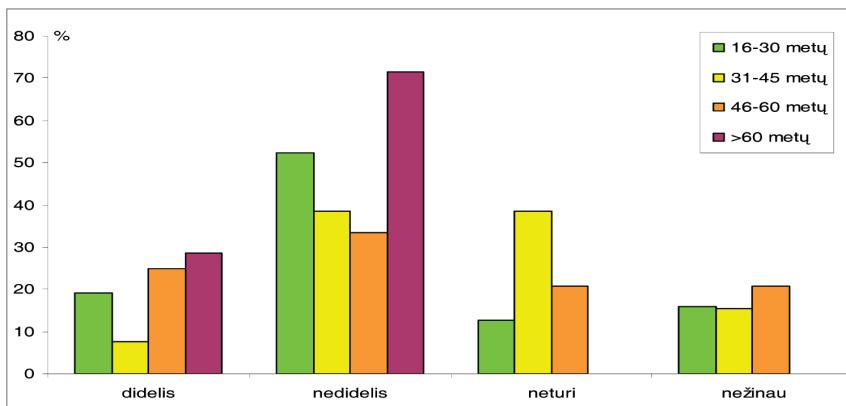
Visas žmogaus gyvenimas yra susijęs su orų sąlygomis. Daugelyje pasaulio šalių atlikti mokslingiai tyrimai rodo, jog orai ne tik daro įtaką žmogaus savijautai, bet ir lemia įvairias ligas ar negalavimus.

Klimato pokyčiams jautriausi yra vaikai ir vyresnio amžiaus žmonės. Vyresnieji todėl, kad dažniau serga įvairiomis ligomis, o vaikai dar neturi susiformavusio atsparumo aklimatizuotis. Geriausiai prie pasikeitusių orų sąlygų prisitaiko jauni sveiki žmonės.

Ištirta, kad tokios ekstremalios sąlygos, kaip didelis karštis ar šaltis, intensyvi ultravioletinė spinduliuotė, užterštasoras turi įtakos



**2.6.1 pav.** Būdai, kuriais klimato kaita veikia žmonių sveikatą (pagal Patz et al., 2000).



**2.6.2 pav.** Orų poveikis skirtingo amžiaus žmonių sveikatai vakarų Lietuvoje.

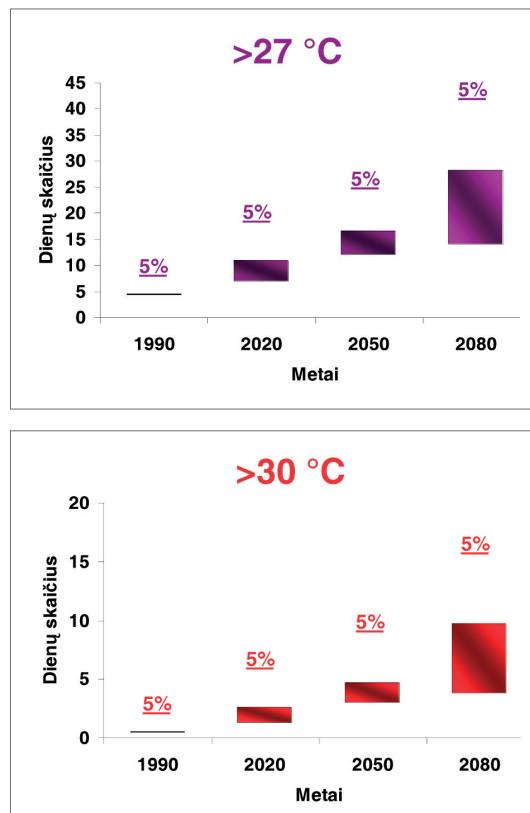
sergamumui ir mirtingumui. Žmogaus organizmas jautriai reaguoja į oro temperatūros kaitą, slėgi, drėgmę, debesuotumą, vėjo greitį.

Atlikus apklausą Lietuvoje, nustatyta, kad 48% vakarų Lietuvos gyventojų orų sąlygos turi nedidelę, o 20% – didelę įtaką sveikatai (2.6.2 pav.). Orų permainos jiems sukelia mieguistumą, nuovargį, sānarių skausmą. Prie staigsniių orų permainų žmogaus organizmas adaptuoja per kelias dienas, tačiau prisiaiškinti prie pakeitusių klimatinių sąlygų prireikia net keletą metų.

Tad galima tvirtinti, jog tie žmonės, kurių organizmas jautrus orų pokyčiams, pajus stipriausią neigiamą klimato kaitos poveikį.

**Karščių bangos.** Tai bene didžiausia pastaraisiais metais klimato kaitos pasekmė. Dėl karščio bangų poveikio jau ši tūkstantmetį Europoje mirė dešimtys tūkstančių žmonių. Nors šiuo metu Lietuvoje dar néra atlikta tikslų tyrimų, kiek žmonių nukenčia ilgesnių laikų išivyravus karščiams, akivaizdu, jog karštomis dienomis pagausejā greitosios pagalbos iškvietimų.

Per karščius paūmėja širdies ir kraujagyslių ligos, ypač tarp vyresnio amžiaus žmonių, padidėja Saulės smūgio pavoju perkaitus, padaugėja širdies ir smegenų kraujotakos sutrikimų, gausėja ir ūmėja žarnyno ligos (vaikams). Šie žmonių negalavimai neretai gali baigtis net mirtimi.



**2.6.3 pav.** Numatomi karštų dienų skaičiaus pokyčiai Klaipėdoje (viršutinė riba rodo 5% tikimybę pagal didžiausius pokyčius numatančio ECHAM4 klimato modelio skaičiavimo rezultatus, remiantis A2 emisijų scenarijumi).

Lietuvos pajūryje temperatūra dėl vėsinančio jūros poveikio vasarą dar nėra tokia aukšta, kaip kituose šalies regionuose. Tačiau ateityje karštų dienų turėtų smarkiai padaugėti (2.6.3 pav.). Tai žmonių sveikatai turės neigiamą poveikį.

Esant aukštai temperatūrai, jutiminė temperatūra priklauso nuo oro drėgnumo. Kuo daugiau drėgmės, tuo karštis labiau jaučiamas. Pavyzdžiu, esant 24 laipsniams šilumos ir 70 procentų santykinei oro drėgmei, žmogaus organizmas junta 30 laipsnių karštį.

Pagal įvairius klimato kaitos scenarijus apskaičiuota, jog ateityje padaugės karščio bangų, o išaugusi karščio bangų tikimybė sukelė:

- vaikų, vyresniojo amžiaus žmonių ir ligonių sveikatos būklės pablogėjimą;
- didesnį žmonių sergamumą ir mirtingumą nuo širdies ir kraujagyslių ligų;
- numatomas organizmo perkaitimo ir Saulės smūgių skaičiaus augimas.

**Šalčio bangos.** Jų metu galimi šie sveikatos sutrikimai: hipotermija, gripas, plaučių uždegimas, padidėjęs nelaimingų atsitikių skaičius. Žiemą dėl šildančios jūros įtakos pajūryje išlieka aukštės temperatūra, o ateityje prognozuojama, kad šalčio bangų dar mažės. Tačiau šaltas ir drėgas oras palankus plisti viršutinių kvėpavimo takų infekcijai, vystytis bronchitui. Taip pat neguodžia ir ta aplinkybė, kad mūsų žiemų vidutinė oro temperatūra arteja prie nulio – biologiniu požiūriu tai itin nepalankios žmogaus sveikatai sąlygos.

Sumažėjus šalčių bangų, mažiau žmonių mirs nuo sušalimo, įvairių šalčio sukeliamų ligų komplikacijų (plaučių uždegimas, gripas, nelaimingi atsitikimai), nušals ar nukentės per nelaimingus atsitikimus. Tačiau manoma, jog tai greičiausiai neprilygs tam pavojui, kuris gresia žmonių sveikatai per karščius.

**Ekstremalūs reiškiniai.** Klimato ekstremalumą rodo ne tik dažnėjusios karščių ir šalčių bangos, bet ir dideli temperatūros svyravimai iš paros į parą. Žmonės daug jautresni nepastoviems nei ilgą laiką nepakitusiems orams. Medikų atliktais tyrimais, vidutinei paros oro temperatūrai pasikeitus ne daugiau kaip 2°C, žmogaus organizmas savaime prisitaiko prie šio pokyčio ir nepajunta neigiamo poveikio. Oro temperatūros pokyčiai, siekiantys 4–6 ir daugiau laipsnių, jau yra juntami ir turi neigiamą įtaką žmogaus savijautai. Dėl to paūmėja kraujospūdžio ir šlapinimosi sistemos ligos. Žiemą padidėja epidemijų pavojas, prasideda gripo bangos.

Reikėtų nepamiršti, kad ekstremalūs orų reiškiniai daro žmonių sveikatai ir tiesioginį poveikį. Numatoma, jog ateityje sustip-

rės cikloninė cirkuliacija žiemos metu, dėl to padidės vėjo greitis. Dažnesnės audros – didesnis ir nelaimingų atsitikimų, traumų bei susižalojimų pavojuς. Taip pat padidės katastrofinių įvykių tikimybė. Nuo uraganinio vėjo nukenčia ar net žūsta žmonių. Suaktyvėjusi cikloninė cirkuliacija šaltuoju metų laiku žmogui sukelia ir psichologinių negalavimų – depresiją, nuovargį, miego sutrikimą. Šių sveikatos sutrikimų pasekmė – numatomas migrenos, širdies ir sąnarių ligų skaičiaus augimas. Be jau minėto poveikio, didėja liūčių ekstremalumas vasaros mėnesiais bei numatoma didesnė poplūdžių tikimybė rudenį bei žiemą, kas taip pat netiesiogiai pablogina žmogaus savijautą.

**Oro tarša.** Su klimato kaita susijęs ir nuolat didėjantis oro užterštumas dėl didėjančio ozono kiekio priežemio oro sluoksnje ar tiesiog nepalankią meteorologinių sąlygų teršalamas sklaidytis. Dažnesnės priežemio oro temperatūros inversijos šiltuoju metų laiku lems padidejusį oro užterštumą ir intensyvesnę alerginę reakciją, o tai pablogins padidėjusios rizikos žmonių grupės sveikatą (IPCC, 2001).

Padidės ir alergenų kiekis ore, nes šiltėjant klimatui keičiasi įvairių augalų žydėjimo tarpsnis ir pailgeja vegetacija. Dėl žiedadulkių sezono pailgėjimo išaugs alergiškų žmonių skaičius bei numatomas bronchines astmos ir palinozės (šienligės) suaktyvėjimas. Pats didžiausias oro taršos poveikis žmogaus organizmui būna vasarą bei vyraujant aukštai oro temperatūrai. Aukšta žiedadulkių koncentracija susidaro nusistovėjus sausiem, karštiems ir saulėtiems orams – tokios vasaros vyraus jau ši tūkstantmetį.

**Užkrečiamos ligos.** Keičiantis klimatui, kinta ir kai kuriai infekcinių ligų paplitimo arealai. Kai kurios ligos, ankščiau vyrovusios tik šiltuosiuose kraštuose, dabar gyvūnų yra pernešamos toliau į šiaurę. Ateityje padaugės erkių pernešamų ligų, o dar šiltėjant klimatui, gali pasitaikyti ir malarijos atvejų. Padaugės su maistu ir vandeniu plintančių ligų, pavyzdžiui, salmoneliozės protrūkių.

**Ultravioletinė spinduliuotė.** I pajūrį vasarą daugelis žmonių suvažiuoja pasilepinti Saulėje ir gražiai įdegti. Odos paraudimą su-

kelia UV spinduliuotės dalis – eriteminė radiacija\*. Nuo 1979 m. UV spinduliuotės kiekis vidutinių platumų šiaurinėje dalyje žiemą išaugo 6% per dešimtmetį ir 2% – vasarą.

UV spinduliuotės kiekį prie Žemės paviršiaus lemia ozonas, tačiau jo kiekį ateityje prognozuoti sunku, nes ne tik jo pokyčiai lemia klimato kaitą, bet ir klimato pokyčiai lemia ozono kiekių svyruvimus.

Sąveika tarp ozono sluoksnio plonėjimo ir globalios klimato kaitos gali neigiamai paveikti ir žmogaus sveikatą. Vasarą dažniau vyraujant anticikloninei cirkuliacijai, pagausės giedrų ar mažai debesuotų dienų, o oro temperatūrai toliau kylant, žmogaus organizmo gaunamas UV spinduliuotės kiekis gali padidėti. Dėl to padaugės pavojingų odos nudegimų bei sergančiųjų odos vėžiu (melanoma).

## 2.7. Turizmas ir rekreacija

Turizmas ir rekreacija vaidina labai svarbų vaidmenį šių dienų pasaulio ekonominiame ir socialiniame gyvenime. Pasaulinės turizmo organizacijos duomenimis, turistų, aplankančių Centrinę ir Rytų Europą, skaičius kasmet išauga 4,8%, o pagal tos pačios organizacijos prognozes, 2020 metais turistų visoje Europoje turėtų padidėti iki 717 mil. žmonių per metus ir tai sudarytų apie 46% visos pasaulio turizmo rinkos (WTO..., 2007). Lietuvos pajūris yra vienas patraukliausių regionų turizmui ir rekreacijai dėl:

- santykinio naujumo užsienio turistams;
- patogios geografinės padėties;
- didelio gamtinių (būtent klimatinių) išteklių potencialo;
- palankaus paslaugų kainos ir kokybės santykio;
- pakankamai gerai išvystytos infrastruktūros (Turizmo..., 2002).

\* Eriteminė radiacija – tai UV spinduliuotė, esanti 280–320 nm ilgio bangų diapazone bei daranti stiprų fiziologinį poveikį. Efektyvi UV dozė, sukelianči pastebimą visiškai baltojos odos paraudimą, vadinama minimalia eriteminė doze (MED).

Pagal *Lietuvos Respublikos turizmo įstatymą*, rekreaciniams ištekliams priskiriami: gamtiniai ištekliai (tarp jų ir kranto zonas, tinkamos žmonių poilsiu ir pramogoms, gamtos paveldo objektais), kultūros paveldo objektais, turizmo paslaugų objektai ir kitos rekreacijai skirtos teritorijos (LR..., 2002).

Lietuvos žemyninio jūros kranto linijos ilgis yra apie 38,49 km, o bendras rekreacijai tinkamų jo ruožų ilgis sudaro apie 23,2 km (Minkevičius, Žilinskas, 2000). Taip pat Lietuvos ribose yra 51,03 km Kuršių nerijos jūros kranto ir 60,59 km marių kranto. Vien per 2001–2006 metus šioje, į UNESCO Pasaulio paveldo vietovių sąrašą įtrauktoje, teritorijoje poilsiautojų srautas išaugo ketvirtadaliu (Grigelis ir kt., 2007).

Pajūrio regione plėtojamos įvairios rekreacijos rūšys, tačiau populiarusias išlieka poilsavimas vasaros metu. Svarbiausi turistiniai ir rekreacioniai veiksniai – *jūros vanduo, paplūdimiai* bei *mikroklimatas* – yra stipriau ar silpniau susiję su gamtiniu pajūrio regiono potencialu, kartu ir su klimatu (Turizmo..., 2002). Klimato kaita Lietuvos pajūrio regione sukels naujų išbandymų visai turizmo sistemai, tačiau kartu suteiks naujų galimybių ateityje išnaudoti rekreacionius resursus naujomis aplinkos sąlygomis (Perry, 2001). Adaptacijos prie klimato kaitos priemonės yra vienos svarbiausiuju, kad būtų galima ateityje panaudoti klimatinius regiono išteklius neperžengiant leidžiamos gamtiniam potencialui apkrovos.

Galima išskirti įvairius su turizmu susijusius klimatinius ir meteorologinius faktorius bei juos sujungti tarpusavyje. Įvairiais klimatiniais aspektais galima išskirti tris pagrindines minėtų veiksniių grupes: *estetiniai, fiziniai* ir *termininiai* (2.7.1 lentelė) (Matzarakis, 2003).

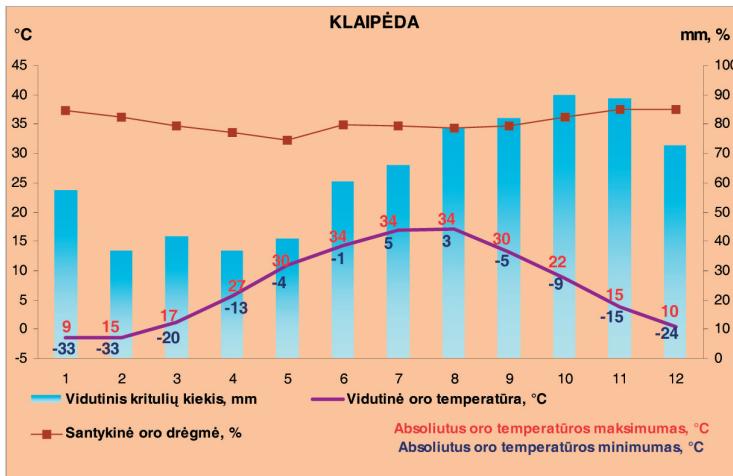
Siekiant numatyti klimato kaitos poveikį Lietuvos pajūrio regiono turizmui ir rekreacijai, svarbu įvertinti dabartinę situaciją. Iš rekreacijai ir turizmui palankių klimatinių sąlygų matyti, kad pajūrio regionas yra patraukliausias jau nuo gegužės antrosios pusės iki rugėjo antrosios pusės, kai vidutinė oro temperatūra yra aukščiau negu 10°C (2.7.1 pav.). Turizmui ir rekreacijai palankiausi yra šilti saulėti orai su negausiais krituliais. Visame pajūrio regione

**2.7.1 lentelė.** Įvairūs turizmo klimatologiniai veiksniai, jų reikšmingumas ir poveikis aplinkai (Matzarakis, 2003).

Klimatinis aspektas	Reikšmingumas	Poveikis
<b>Estetinis:</b> Saulės spindėjimas (debesuotumas) Matomumas Dienos ilgis	Gyvenimo kokybė Gyvenimo kokybė Patogumas	Malonumas, vietovės patrauklumas Malonumas, vietovės patrauklumas Galimas dienos valandų skaičius
<b>Fizinis:</b> Vėjas Lietus  Sniegas Ledas Atšiaurūs orai Oro kokybė UV spinduliuotė Kvapai	Susierzinimas Susierzinimas, nusiraminimas Žiemos sportas (veikla) Pavojus Susierzinimas, pavojus Susierzinimas, pavojus Pavojus, patrauklumas Susierzinimas	Nunešti daiktai, smėlis, dulkės... Sušlapimas, blogas matomumas, malonumas Užsiėmimas sportu (veikla) Traumos, turtinė žala Visi aukščiau išvardytieji aspektai Sveikata, fizinė savijauta, alergija Sveikata, įdegis, nudeginas Vietovės patrauklumas
<b>Terminis:</b> Bendras oro temperatūros, oro drėgnumo, vėjo, Saulės ir ilgabangės spinduliuotės, metabolinės šilumos, aprangos efektas.	Terminis komfortas Terapinis, grūdinantis	Slegianti aplinka Fiziologinis nuovargis Hipotermija Hipertermija Jégų atgavimo galimybė

oro temperatūros atžvilgiu palankiausi turizmui ir rekreacijai yra liepa ir rugpjūtis. Tuo tarpu mažiausiai kritulių galima tikėtis ge-  
gužę–birželį. Didžiausia Saulės spindėjimo trukmė, kartu mažiausias debesuotumas būdingas gegužę ir liepą (2.7.2 lentelė).

Kadangi turizmui ir rekreacijai svarbūs daugelis meteorologinių veiksnių, jiems vertinti naudojami kompleksiniai rodikliai. Vienas jų – Z. Mieczkowskio sukurtas *Klimatinis turizmo indeksas* (KTI). Šis indeksas – tai įvairių meteorologinių parametrų skaičiuotinis kompleksas, kuriuo galima sistemiškai įvertinti klimato elementus, tiesiogiai susijusius su turizmo salygų kokybiškumu ir turistų skaičiumi (Matzarakis, 2003). Apskaičiavus šį indeksą paaškėjo, kad didžiausios jo reikšmės Lietuvoje tenka Klaipėdai ir Nidai, geriausios salygos būdingos liepai–rugpjūčiui (puikios salygos, įver-



2.7.1 pav. Pagrindinių meteorologinių rodiklių metinė kaita Klaipėdoje.

tis 2), o gegužė yra palankesnė už rugpjūtį (atitinkamai geros ir priimtinios sąlygos) (2.7.3 lentelė).

Lyginant žemyninę (Klaipėda) ir Kuršių nerijos dalį (Nida) matyti, kad pastarojoje yra kiek aukštesnė vidutinė oro temperatūra, išskrinta truputį mažiau kritulių bei daugiau pasitaiko saulėtų dienų (2.7.2 lentelė). Labiausiai skiriasi minimali nakties oro temperatūra, kuri  $1,2^{\circ}\text{C}$  aukštesnė Nidoje. Taip pat labai mažai skiriasi ir KTI reikšmės abiejose pajūrio regiono dalyse (2.7.3 lentelė).

Nors klimato kaitos poveikis turizmui ir rekreacijai bus ryškensus šaltuoju metų laiku ir stipresnis kontinentinėje Lietuvos teritorijos dalyje, pajūrio regionas irgi pajus šios kaitos pasekmes. Augant oro temperatūrai ir sumažėjus kritulių kiekiui bei padaugėjus saulėtų dienų, pailgės palankus rekreacijai ir turizmui sezonas, kas, savu ruožtu, suteiks daugiau patrauklumo šiam regionui bei kartu pritrauks daugiau poilsiautojų. Kartu teks plėsti ne vien poilsinį, bet ir ekologinį, pažintinį, o esant palankioms klimatoterapinėms sąlygomis (šiluma, daug saulėtų dienų, jūrinis oras ir t.t.) ir gydomajį turizmą. Pailgėjus šiltajam metų sezonui bus galima išplėsti tokius kultūrinius ir sportinius renginius, kaip menų festivaliai, jūrų

**2.7.2 lentelė.** Vidutinės daugiametės meteorologinių rodiklių reikšmės Klaipėdoje (žemyninė dalis) ir Nidoje (Kuršių nerija) 1971–2000 metais.

Meteorologinis rodiklis	KLAIPĖDA					
	gegužė	birželis	liepa	rugsėjis	rugsėjis	sezono
Vidutinė oro temperatūra, °C	11,1	14,5	16,9	17,0	13,0	14,5
Maksimali oro temperatūra, °C	15,4	18,2	20,3	20,6	16,4	18,2
Minimali oro temperatūra, °C	7,0	10,9	13,8	13,8	9,9	11,1
Vidutinis santykinis oro drėgnumas, %	75	80	79	79	80	78
Kritulių kiekis, mm	40,9	60,4	66,0	78,6	82,1	328,0
Saulės spindėjimo trukmė, val.	281	273	284	263	171	254
Vėjo greitis, m/s	3,8	3,9	4,2	4,0	4,8	4,1
NIDA						
	gegužė	birželis	liepa	rugsėjis	rugsėjis	sezono
	11,4	15,1	17,6	17,8	13,6	15,1
Vidutinė oro temperatūra, °C	15,5	18,7	20,8	20,9	16,3	18,5
Maksimali oro temperatūra, °C	8,2	12,1	14,8	15,1	11,2	12,3
Minimali oro temperatūra, °C	76	78	78	78	79	78
Vidutinis santykinis oro drėgnumas, %	41,0	58,5	67,7	71,4	77,7	316,4
Kritulių kiekis, mm	281	276	290	266	172	257
Saulės spindėjimo trukmė, val.	4,4	4,3	4,3	4,2	5,0	4,4
Vėjo greitis, m/s						

regatos, etninių ir valgymo papročių šventės, rengimo laiką. Klimato šiltėjimas paskatintų sumažinti pajūrio regione turizmo sezoniškumą ir plėtoti kurortinį turizmą visais metų laikais.

Kita vertus, klimato kaita sukels ir daug naujų išbandymų pajūrio regionui. Pirmiausia, klimato ekstremalumas ir su tuo susiję karščiai privers ieškoti naujų (ne vien lauko sąlygomis) prieinamų pramogų, taip pat kondicionavimo sistemų įdiegimo pastatuose. Kadangi pajūrio regionas yra patrauklus savo gamtine ap-

**2.7.3 lentelė.** Klaipėdos ir Nidos gegužės–rugsėjo klimatinis turizmo indeksas (KTI) ir jo įverčiai balais 1971–2000 metais.

		Klimatinis turizmo indeksas					
		gegužė	birželis	liepa	rugpjūtis	rugsėjis	sezono
<i>Klaipėda</i>	reikšmė	69	71	82	80	55	71
	įvertis	4	3	2	2	5	3
<i>Nida</i>	reikšmė	69	74	84	82	55	73
	įvertis	4	3	2	2	5	3

linka, reikėtų detaliau įvertinti užterštumo ir paplūdimių būklės pokyčius atsižvelgiant į klimato kaitą ir ieškoti adaptacijos prie šios kaitos priemonių. Nereguliuojamas ir blogai organizuotas turizmas kelia didelį pavoju gamtinei ir kultūrinei aplinkai, didina antropogeninę apkrovą jautrioms ir neparengtomis šiai funkcijai teritorijoms.

## 2.8. Gyvenamųjų vietovių infrastruktūra ir pramone

Besikeičiantis klimatas stipriai paveiks žmonių gyvenamają aplinką, lems pramonės įmonių veiklą. Antra vertus, žmonių gyvenvietės išskiria didesne galimą adaptavimosi formų įvairove, o jų igyvendinimas priklauso nuo privačių asmenų, organizacijų arba valdžios organų iniciatyvumo ir veiklos. Adaptavimosi prie klimato kaitos priemonės dažnai yra gana brangios, o norint lėšas panaudoti efektyviai, reikia gerai pažinti procesų sistemą bei aiškiai suvokti su jais susijusias galimas grėsmes (2.8.1 lentelė).

Kaip ir daugumai pakrantės miestų, Klaipėdai labai didelį pavoju kelia potvyniai. Uostamiestyje ši grėsmė susijusi su vandens lygio kilimu Baltijos jūroje ir Klaipėdos sąsiauryje, taip pat potvynių priežastis gali tapti gausūs ir didelio intensyvumo krituliai, padidėjęs upių nuotekis ir su juo susijęs vandens lygio kilimas.

Klaipėdos miestui ypač aktualūs potvyniai dėl vandens lygio kilimo sąsiauryje ir Baltijos jūroje. Vandens lygio svyravimus galima suskirstyti į ilgalaikius, sezoninius ir trumpalaikius. Ilgalaikius

**2.8.1 lentelė.** Didžiausios grėsmės, kylančios dėl klimato kaitos Klaipėdos miesto ir Kuršių nerijos gyvenviečių infrastruktūrai bei pramonės įmonėms.

Pastatai ir komunikacijos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Dėl kylančio jūros lygio, didėjančio audringumo, stipresnių liūčių bei su tuo susijusių kanalizacijos sistemų funkcinavimo sutrikimų kils gatvių bei pastatų apatiniai aukštai ir rūsių užtvindymo pavojus.</li> <li>✓ Dažnesnis oro temperatūros svyravimas apie 0°C šaltuoju metų laikotarpiu bei karščių bangos vasarą labiau pažeis kelių dangą ir geležinkelį.</li> <li>✓ Didesne griaunamaja galia pasižyminčios audros dažniau niokos pastatus, komunikacijos linijas, sukels vėjavartų bei pažeis blogai pritvirtintas konstrukcijas.</li> </ul>
Transportas	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Didėjantis audringumas dažniau trikdys navigaciją uostuose, didės nuostoliai dėl prastovų.</li> <li>✓ Audros bei dažnos sausros ir poplūdžiai apsunkins navigaciją Danės upę bei paveiks vandens transporto infrastruktūrą.</li> <li>✓ Oro uostų funkcionavimą trikdys vis stiprėjantys pavojingi meteorologiniai reiškiniai (rūkas, audros, perkūnijos ir kt.).</li> <li>✓ Sausumos transporto veiklą apsunkins trumpalaikiai, tačiau didelio intensyvumo meteorologiniai reiškiniai (rūkas, plikledis, liundra, liūtinis lietus) bei vis dažniau užtvindomos gatvės.</li> <li>✓ Staigi oro salygų kaita bei temperatūros svyravimai greitins transporto priemonių koroziją.</li> </ul>
Energetika	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Nors bendros energijos sąnaudos mažės, didės energijos poreikiai šaldymui ir kondicionavimui šiltuoju metų laiku.</li> <li>✓ Didėjantis klimato ekstremalumas (dažnesnės audros, pūgos, škvalai, liundra, ledo kruša ir kt.) kels pavojų antžeminėms elektros perdavimo linijoms.</li> <li>✓ Didėjanti paros žemos oro temperatūros kaita sukels staigius energijos poreikio šuolius, kas lems dažnesnius techninius sistemos sutrikimus.</li> <li>✓ Dėl didelių vėjo greičio fliuktuacijų bus sunku tinkamai išnaudoti vėjo jėgainių galią.</li> </ul>
Pramonė	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Didės šiltnamio dujų emisijų apribojimai bei taršos mokesčiai. Didesnis klimato ekstremalumas lems dažnesnius pramonės įmonių veiklos trikdžius (ir dėl tiesioginio poveikio įmonės įrenginiams bei infrastruktūrai, ir dėl darbuotojų mobilumo sumažėjimo).</li> <li>✓ Dažnas oro temperatūros svyravimas apie 0°C gali sustiprinti šalčiodūlą, pastatus dengiančių konstrukcijų bei įrenginių ir technikos atmosferinę koroziją.</li> </ul>

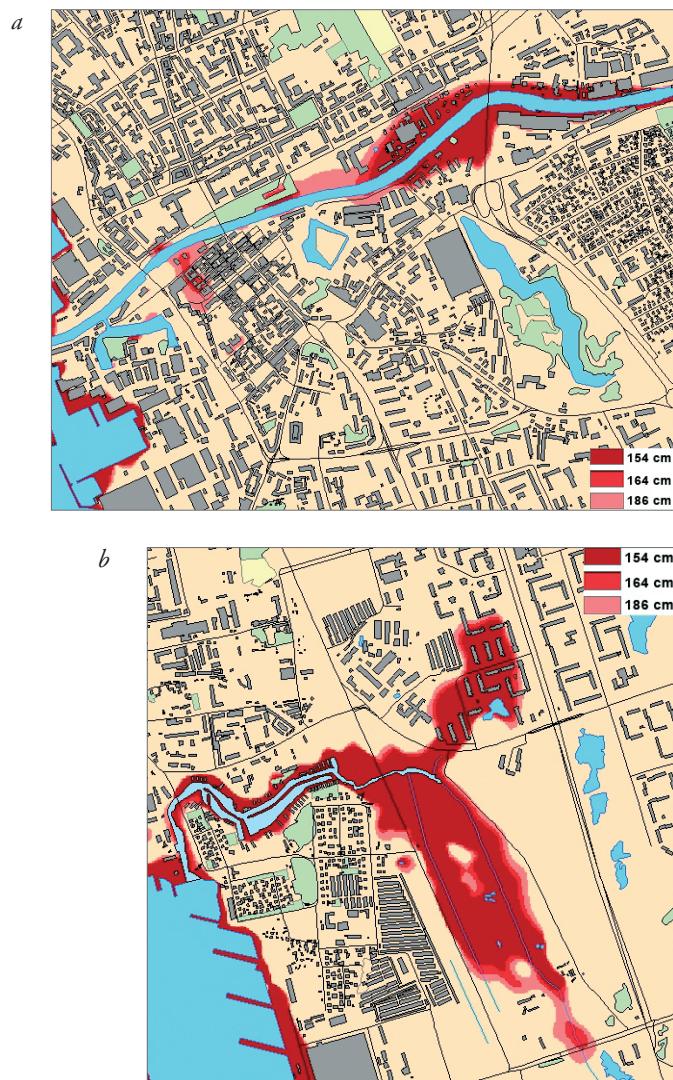
vandens lygio Baltijos jūroje pokyčius lemia eustatinis vandens lygio kilimas, Žemės plutos vertikalieji judesiai ir Baltijos jūros vandens balansas.

Per XX amžių vidutinis vandens lygis Klaipėdos sėšiauryje pakilo apie 13,5 cm. Vidutinis vandens lygio kilimas nuo 1961 m. buvo apie 3 mm per metus. Intensyviausiai vanduo kilio XX a. pabaigoje (Dailidienė, Tilickis, Stankevičius, 2004). Kinta ne tik vidutinis metinis vandens lygis, bet ir vandens lygio metinis pasiskirstymas. 1983–2004 m. vidutinis sausio–kovo vandens lygis buvo ~20 cm aukštesnis nei 1961–1982 m. laikotarpiu (Dailidienė, Tilickis, 2006).

Patys didžiausi yra trumpalaikiai vandens lygio pokyčiai. Jie dažniausiai vyksta audrų metu dėl vėjinės ir banginės patvankos. Aukščiausias vandens lygis Klaipėdos sėšiauryje – 186 cm – buvo užfiksuotas 1967 m. spalio 17 d. uraganų *Anatolijus* (1999-12-04) ir *Ervinas* (2005-01-09) metu aukščiausias vandens lygis siekė atitinkamai 165 ir 154 cm. Audrų metu vandens lygis kyla labai sparčiai, o maksimumas pasiekiamas per 6–7 valandas.

Kylant vandens lygiui gali būti užliejamos Klaipėdos miesto kai kurios teritorijos. Potencialiai užliejamos (žemesnės už vandens lygi) teritorijos ir realiai užlietos teritorijos ribos gali skirtis. Užlieta teritorija gali būti didesnė dėl bangų poveikio, kita vertus, netgi žemiau vandens lygio esanti teritorija gali likti neužlieta, jei ją apsaugo krantinės arba pylimai. Tačiau net krantinėmis ir pylimais apsaugota teritorija gali būti užlieta. Pavyzdžiu, pasiekus 110 cm vandens lygi, prasideda kai kurių Klaipėdos senamiesčio dalį užliejimas per lietaus kanalizacijos sistemą.

Potencialiai užliejama teritorija, esant 186 cm vandens lygiui (maksimalus per XX a.), apima žemiausias miesto dalis ties Danės ir Smeltalės slėniais (2.8.1 pav.). Danės slėnyje potencialiai užliejama teritorija apima senamiesčio dalį nuo Teatro aikštės iki Mesiinkų gatvės ir nuo Žvejų iki Turgaus gatvės. Kita Danės slėnyje potencialiai užliejama teritorija yra ryčiau senamiesčio. Pietiniame krante gali būti apsemti pramoniniai pastatai, esantys Pakalnės



**2.8.1 pav.** Klaipėdos miesto centrinės (a) ir pietinės (b) dalies teritorija, esanti žemiau Klaipėdos sąsiaurio vandens lygio, kuris buvo per didžiausias XX a. audras.

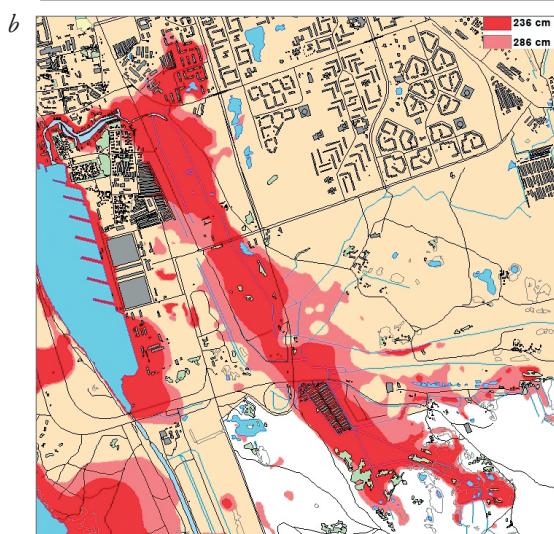
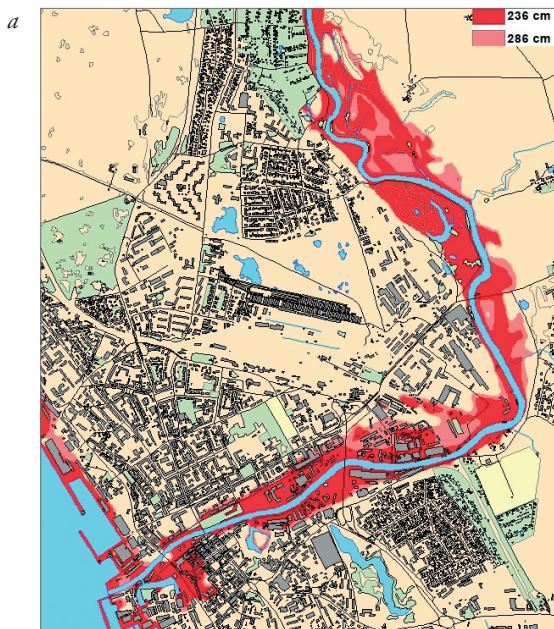
gatvėje. Šiauriniame krante gali būti užliejama teritorija iki Danės gatvės bei arčiau upės esantys Artojų gatvės pastatai. Ties Smeltalės upės žiotimis užliejama teritorija sudaro dvi atšakas: pietinė atšaka apima didelę teritoriją ryčiau Minijos gatvės, šiaurinė atšaka apima mažesnę teritoriją, tačiau iš ją patenka keliolika daugiaubučių Pietinės gatvės rajone.

Vykdant SEAREG (*Sea Level Change Affecting the Spatial Development in the Baltic Sea Region*) projektą, nustatyta, kad vidutinis šaltojo laikotarpio vandens lygio pokytis Baltijos jūroje ties Klaipėda per XXI amžių bus nuo 10 iki 100 cm. Kiek pakils vandens lygis, priklausuo nuo jų veikiančių faktorių pokyčio intensyvumo.

Jei žiemą vandens lygis Klaipėdos sėsiauryje pakiltų apie 100 cm aukščiau už dabartinį, tai žemiau šio lygio atsidurtų teritorija, esanti Danės slėnyje nuo Gluosnių skersgatvio iki Mokyklos gatvės. Daug dažniau pasitaikytų atvejų, kai dalis senamiesčio būtų užtvindytų per lietaus kanalizaciją. Pakilus vandens lygiui, kiltų vandens lygis Danės žemupyje, todėl potvynių ir poplūdžių metu Danės vanduo išsilietu iš gretimų teritorijų. Labiausiai nukentėtų krantinėmis neapsaugoti upės ruožai. Vandens lygis, kaip *Anatolijs* ar *Ervino* uraganų metu, būtų pasiekiamas dėl vėjinės ir banginės patvankos vandens lygiui pakilus apie 50–60 cm. Toks patvankos aukštis pasitaiko beveik kiekvienais metais.

Vidutiniam vandens lygiui pakilus 100 cm, potencialiai užliejama teritorija ties Smeltalės upės žiotimis apimtų tik nedidelę slėnio dalį ties Malkų įlanka, tačiau pakilęs gruntu vanduo gali skatinti užpelkėjimą ir apsunkinti miesto plėtrą šioje teritorijoje.

Manoma, kad ekstremalūs vėjo greičiai didės ir maksimalūs vandens lygiai, sukelti vėjinės ir banginės patvankos, bus didesni. Jei XXI amžiuje susidarytų tokia vėjinė ir banginė patvanka, kaip 1967 m. (186 cm), vidutinis vandens lygis Klaipėdos sėsiauryje gali siekti 236 cm (apie 2050 metus) ar net 286 cm (XXI amžiaus pabaigoje). Žemiau tokio vandens lygio atsidurtų didžioji Danės upės slėnio Klaipėdos mieste dalis (2.8.2 pav., a). Jei vandens lygis kiltų sparčiai ir maksimalus lygis išsilaikytų neilgai, toliau nuo žio-



**2.8.2 pav.** Danės žemupio bei Klaipėdos miesto pieštinės dalies teritorija, žemesnė už XXI a. numatomą Klaipėdos sąsiaurio vandens lygį esant maksimaliai banginei ir vėjinei patvankai.

2 • KLIMATO KAITOS POVEIKIS APLINKOS,  
EKONOMINIAM IR SOCIALINIAM SEKTORIU



čių atitolusiuose upės ruožuose vandens lygis gali tiek aukštai ne-pakilti. Didesnis poveikis šiai teritorijai būtų, jei aukštas vandens lygis truktų ilgai, taip, kaip per 1983 metų audrą.

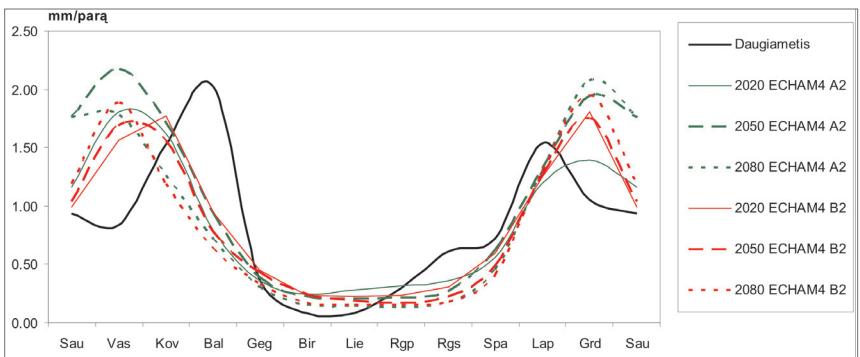
Centrinėje miesto dalyje, šiauriniame Danės krante užliejama teritorija siekia 50–70 m šiaurau Danės gatvės. Pietiniame krante užliejama teritorija padidės ne taip žymiai. Senamiestyje gali būti užlieta teritorija iki Daržų gatvės.

Ties Smeltalės žiotimis bus užliejama žymiai didesnė teritorijos dalis. Labiausiai potencialiai užtvindoma teritorija plėsis pietų kryptimi, kur mažesnis Žemės paviršiaus nuolydis. Šiaurinė užtvindytos teritorijos dalis ties Pietine ir Smilteles gatve nelabai padidės, tačiau žemesnėse vietose gali susidaryti apie 1 m vandens sluoksnis (2.8.2 pav., b).

Urbanizuotos teritorijos yra ypač jautrios ir stiprių liūčių su-keltiems potvyniams, nes didelė miestų teritorijos dalis yra su vandeniu nelaidžia ir kritulių nesulaikančia danga. Didžioji dalis iš-kritusių kritulių teka nuolydžio kryptimi link reljefo pažemėjimų. Jeigu šioje teritorijoje yra nepakankamo pralaidumo lietaus kanali-zacijos sistema arba jei ji yra užsikimšusi, tai per trumpą laiką gali susidaryti iki keliasdešimties centimetru storio vandens sluoksnis. Dėl šios priežasties miesto teritorijos užtvindymų ateityje gali dau-gėti, nes manoma, kad intensyvaus ir gausaus lietaus padažnės.

Kita potvynių priežastis – upės vandens lygio kilimas, susijęs su padidėjusiui upių nuotekiu. Natūralu, kad tokio potvynio pavojuς gresia tik netoli upės vagos esančiai teritorijai. Upių potvyniai yra pavojingi, nes vandens lygis gali pakilti per trumpą laiką. Norint išperti gyventojus apie potvynio pavoją, reikia turėti gan tankų hid-rologijos stočių tinklą, suderintą perspėjimo sistemą. Šiuo metu aukščiau Klaipėdos miesto veikia tik viena Kretingos hidrologijos stotis, o perspėjimo sistema yra nepakankamai gerai organizuota.

Modeliavimo rezultatai rodo, kad XXI amžiuje labiausiai pasi-keis sezominis nuotekio pasiskirstymas (2.8.3 pav.). Keičiantis kli-matui, daugės kritulių žiemą, vis dažniau lis, todėl šio laikotarpio nuotekis bus žymiai didesnis už dabartinį. Tais metais, kai sniego danga susiformuos (o tokią atvejų tikimybė labai sumažės), sniego



**2.8.3 pav.** Numatoma Danės upės sezoninio nuotėkio kaita, modeliuota *WatBal* modeiliu, remiantis globalaus klimato modelio ECHAM4 išvesties rezultatais (pagal A2 ir B2 šiltnamio dujų emisijos scenarijus).

tirpsmo sukeltas potvynis prasidės anksčiau. Pati maksimalaus nuotėkio vertė išliks panaši į dabartinę, tačiau formuosis anksčiau. Nuotekis vasaros nuosėkiu pasikeis nedaug.

Labai tikėtina, jog aukšti vandens lygiai, kartu ir gan dideli užliejami plotai, bus fiksuojami gausių ir intensyvių vasaros liūčių metu. Ateityje numatomas dažnesnis intensyvių kritulių pasikartojimas, tad panašių potvynių, kaip 2005 metų rugpjūtį, bus vis daugiau.

## 2.9. Ekstremalių gamtinės reiškiniių poveikis

Naujausioje *Tarpvyriausybiniés klimato kaitos komisijos* (TKKK) ataskaitoje (IPCC, 2007) pažymima, kad Europos klimatas šyla  $1^{\circ}\text{C}$  sparčiau nei vidutiniškai Žemės rutulyje. 15 šilčiausių metų nuo instrumentinių matavimų pradžios (XIX a. vidurio) nustatyti per paskutinius 20 metų ir net 11 iš jų – nuo 1995 metų. Tačiau klimato kaita tiek globaliu, tiek regioniniu mastu – tai ne vien vidutinės oro temperatūros didėjimas: numatoma, kad iki XXI a. pabaigos žymiai padažnės ekstremalių klimato ir orų reiškiniių. Tokiems reiškiniams priskiriama audros, potvyniai, sausros ir karščių bangos. Be to, kaip tikimasi, sumažės iki minimumo šalčių bangų tikimybė žiemą, tačiau jos visiškai neišnyks, o kiekvienas naujas

(kad ir retas) įsiveržimas sukels aibę problemų dėl visuomenės bei ekonomikos neprisitaikymo prie tokiu reiškiniu.

Vien nuo 2005 metų iki 2007 metų pradžios Lietuvos teritorijoje užregistruoti keturi ekstremalūs reiškiniai: audra 2005 metų sausį Lietuvos pajūryje, kurią sukėlė greitai besivystantis ciklonas *Ervinas*; staigūs poplūdžiai Merkio, Akmenos, Vilnelės bei Minijos upių baseinuose 2005 metų rugpjūtį, kuriuos lėmė pietinių ciklonų serija; staigus arktinio oro įsiveržimas 2006 metų sausio pabaigoje; stichinė sausra bei karščių bangą 2006 metų vasarą; stipri audra 2007 metų sausį, kurią sukėlė gilus vidutinių platumų ciklonas *Peras*. Šių reiškiniių genezė, vystymasis, trukmė, numatymo ir prognozavimo metodai bei pasirengimo jiems priemonės labai skiriasi. Pavyzdžiui, sausra šiltuoju metų laiku Baltijos regione gali trukti iki kelių mėnesių ir dažniausiai yra keleto didelio masto atmosferos procesų pasekmė, be to, jų susidarymas labai priklauso nuo kitų, inercinių, faktorių: ankstesnio sezono ar net praėjusio rudens dirvos drėgmės atsargų, žiemą susidariusio išalo gylio ir sniego tirpsmo sąlygų, pavasario kritulių pasiskirstymo tolygumo ir kt. Tokie reiškiniai, kaip audros ir poplūdžiai, yra epizodiški ir jų didžiausio intensyvumo stadijos trunka iki kelių parų.

Iš visų aukščiau tekste išvardytų reiškiniių Klaipėdos regionui bei Lietuvos pajūriui pavojingiausios yra audros dėl stipraus vėjo konvergencijos\* oro srautui plūstant nuo jūros į sausumą, stipraus bangavimo ir Danės, Nemuno upių bei Klaipėdos sąsiaurio patvankos. Audrų metu itin išryškėja jūros vandens lygio kilimo pasekmės. Viena tokia stipri audra gali padaryti milžinišką nuostolių regiono ekonomikai ir privačiam bei visuomeniniam turtui (vėjavartos miškuose, krantų ardymas, pastatų pažaidos, užtvindymas, transporto sutrikdymas ir kt.). Beje, nuostoliai ne visada priklauso nuo maksimalaus vėjo greičio – tam įtakos gali turėti ir teritorijos ekonominio išsvystymo lygis: pavyzdžiui, ciklono *Ervinas* padary-

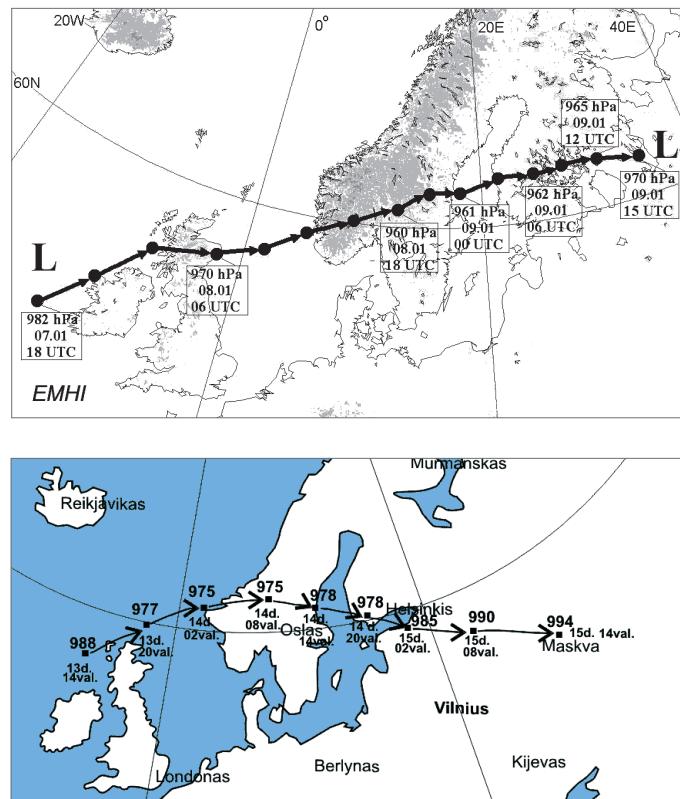
\*Vėjo konvergencija – tai oro pritekėjimas į rajoną, dėl kurio atsiranda oro masės perteklius ir iniciuojami vertikalieji judesiai.

ti nuostoliai panašaus dydžio teritorijoje sudarė apie 30–40 milijonų eurų Latvijoje ir iki 500 milijonų eurų – Danijoje.

**Audros** pajūryje formuojasi, kai vyksta anomalі cikloninė cirkuliacija Šiaurės Atlante. Dažniausiai tankiausias gilių ciklonų trajektorijų tinklas apima Šiaurės rytų Atlantą bei Šiaurės Skandinaviją, taip pat čia dažniausiai ciklonai pildosi ir silpnėja. Tačiau Šiaurės Atlanto atmosferos veiklumo centras (AVC) pasislinkus toliau į rytus ir šiaurės rytus (pavyzdžiui, Islandijos minimums iš Grenlandijos jūros rajono pasistumėja į Norvegijos jūrą), ciklonų trajektorijos nusidriekia piečiau, be to, vietoj to, kad pakeliui imtų silpnėti, jie darosi gilesni ir stipresni (2.9.1 pav.). Tokiais atvejais uraganiniai vėjai pučia tokį ciklonų pietinėse ir pietvakarinėse periferijose. Stipriausias vėjo poveikis tenka tiems kranto ruožams, kurie yra statmeni vėjo krypčiai audros metu. Pavyzdžiui, *Ervino* pietinėje periferijoje ir užnugaryje vyravo pietvakarių ir pietvakarių–vakarų krypties vėjai, todėl labiausiai nuo šios audros nukentėjo pietvakariniai Estijos krantai, o Lietuvoje stipriausi vėjai buvo fiksuoti tik Palangoje (32 m/s). *Pero* metu vyrovusieji vakarų bei vakarų–šiaurės vakarų vėjai ne tik stipriai smogė Lietuvos pakrantei, bet giliai įsiveržė į teritorijos gilumą – 25–26 m/s stiprumo vėjai pasiekė ir Vidurio Lietuvos rajonus.

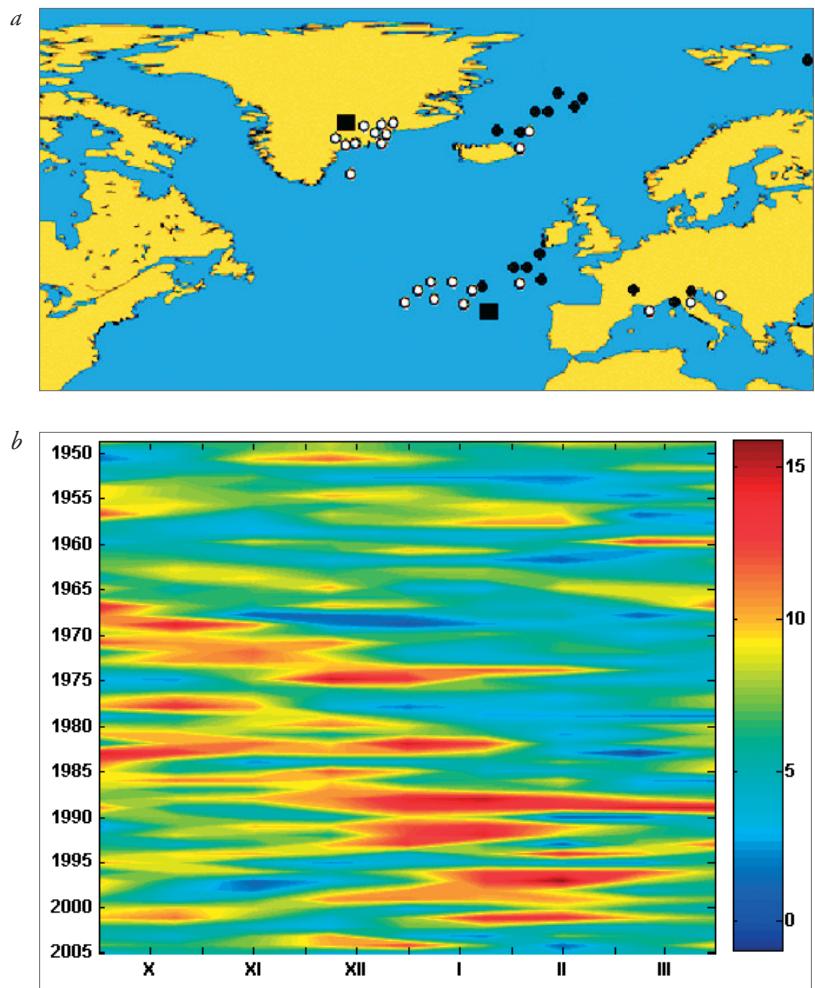
2001 metų TKKK ataskaitoje teigama, kad vidutinė AVC padėtis žymiai pasikeis po 2020 metų (2.9.2 pav., a). Tokia prognozuojama nauja padėtis atvertų kelią didesniams skaičiui gilokų ciklonų patekti į Baltijos regioną ir tuomet audrų gerokai padažnėtų. Kita, jau dabar ryškėjanti, tendencija – tai vidutinio vėjo greičio maksimumų sezoniinė kaita: per paskutinius 30 metų jie iš velyvo rudens palaipsniui pasislinko į žiemos vidurį (2.9.2 pav., b).

Norint sušvelninti vis dažniau pasikartojančių audrų pasekmes, pirmiausia reikėtų sukurti ar patobulinti pavojingų reiskinių perspėjimo sistemą, kad visos atsakingos organizacijos (jūrų ir oro uostai, civilinė sauga, energetikai, miesto komunalinės tarnybos) turėtų bent parą laiko paruošiamiesiems darbams bei operatyviems sprendiniams. Tikslių tokias audras sukeliančių ciklonų trajektori-



**2.9.1 pav.** Greitai besivystančių ciklonų, sukėlusią audras Lietuvos pajūryje, trajektorijos: a) *Ervinas* (Gudrun) 2005 m. sausio 7–9 d. (Suursaar et al., 2006); b) *Peras* 2007 m. sausio 13–15 d. (LHMT, 2007).

jos bei kitų jo parametru prognozė galima sudaryti jau prieš 36–72 val. iki audros pradžios. Tam tikslui galima pasitelkti tikimybines ansamblines prognozes – jose nusakoma, kokia yra tikimybė (%), kad vėjo greitis pasieks (viršys) priimtas ribines vertes tam tikru laiko momentu. Ilgalaikės priemonės (pastatų konstrukcijų sutvirtinimas, molų statymas, kanalizacijos sistemos tobulinimas, krantų maitinimas smėliu ir kt.) turėtų būti vykdomos nuolat ir numatomos teritorijų planavimo bei vystymo strategijoje.



**2.9.2 pav.** a) Šiaurės Atlanto atmosferos veiklumo centrų (AVC) padėtis žiemą; vidutinė klimatinė (juodi kvadratėliai), modeliuoti ECHAM4/OPYC modeliu, remiantis šiltnamio dujų koncentracijos didėjimo scenarijumi iki 2020 metų (balti skritulėliai) ir po 2020 metų (juodi skrituliukai); b) vidutinio vėjo greičio (m/s) sezominė dinamika maždaug 3 km aukštyje virš Lietuvos pajūrio.



**2.9.3 pav.** Potvynis Akmenos baseine (Kretingos r.) 2005 metų rugpjūčio 4–12 dienomis (nuotr. iš LHMT archyvo).

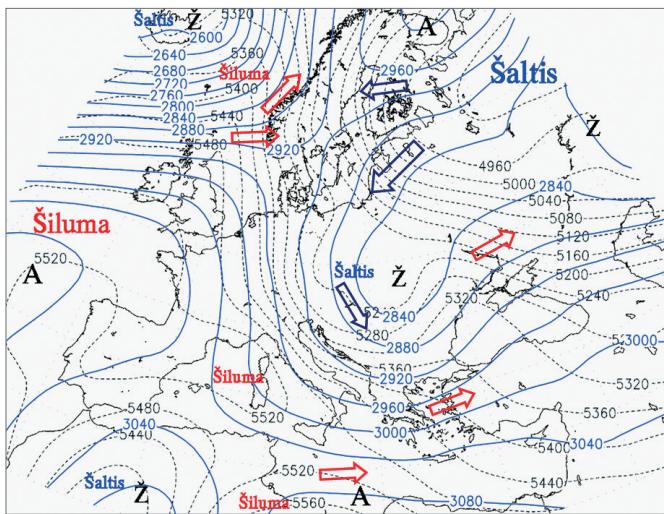
***Intensyvios ir ilgai trunkančios liūtys*** sukelia staigius poplūdžius upėse ir upeliuose, kurie išsilieję užtvindo žemės ūkio naudmenų ar net miesto teritoriją. Toks liūčių laikotarpis buvo 2005 m. rugpjūčio 4–12 dienomis. Atmosferos frontai bei cikloninės sistemos, judėdami nuo Viduržemio jūros į šiaurę, daugiausiai kritulių paliko Lietuvos pietryčiuose, tačiau paskutinis ciklonų serijos narys pakeitė savo trajektoriją, jo okliuzija\* ivyko virš rytinės Baltijos ir jis, lėtai traukdamas, pildėsi, tuo metu ilgai trunkančios ir intensyvios liūtys prapliupo pajūrio regione bei vakariname Žemaičių aukštumos šlaite. Akmenos–Danės upė netruko išsilieti iš krantų, o žiotyse ją dar patvenkė stiprus vakarų vėjas. Todėl buvo užtvindytos Klaipėdos senamiesčio žemiausios vietas, pažeista kanalizacijos sistema, sutriko eismas, o kaimo vietovėse buvo užtvindytta keletas gyvenamujų ir ūkininkų pastatų, kai kur nukentėjo pasėliai (2.9.3 pav.). Stiprios

\* Ciklono okliuzija – ciklono vystymosi stadija, kai jo centre nustoja kristi slėgis, vystymasis labai sulėtėja ir ciklonas tampa termiškai vienalyčiu, šaltu, žemo slėgio sūkuriu.

liūtys upių poplūdžių vakarų Lietuvoje sukėlė ir 2007 m. liepą. Aukščiausiai vandens lygis pakilo Minijoje ties Kartena (+368 cm), Šyšoje ties Šilute (+291 cm), Akmenoje–Danėje ties Kretinga (+254 cm), Bartuvoje ties Skuodu (+252 cm) (LHMT, 2007).

Tokių pasikartojančių ir ilgai trunkančių liūčių pasekmių prevencija reikalauja ne mažesnio nei 72 val. laiko tarpo tarp prognozės sudarymo (perspėjančios telegramos sudarymo) iki reiškinio (poplūdžio) pradžios. Kol kas 72 valandų prognozių patikimumas neviršija 95%, ypač prognozuojant ciklono centro ar atmosferos frontų tikslią padėtį bei tikslų slėgį ciklono centre. Vienas sprendimo būdų – tai unifikuota dirvožemio drėgmės prognozė visiems Europos upių baseinams, kuri kasdien atnaujinama EK Jungtinių tyrimų centro Potvynių perspėjimo sistemos tinklalapyje – <http://efas.jrc.it/>

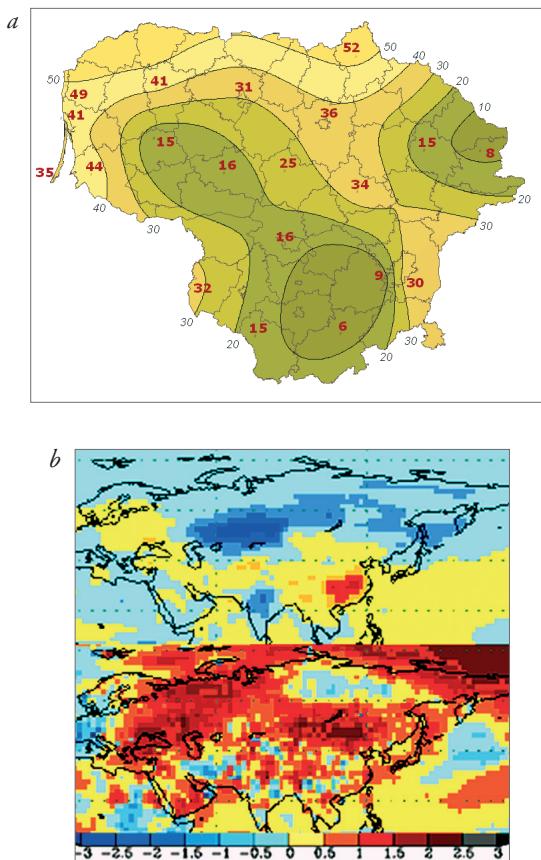
Greitai besivystanti bei intensyvi **šalčio banga** taip pat laikoma ekstremaliu reiškiniu. Toks reiškinys buvo užfiksotas ir 2006 metų sausio pabaigoje. Šios šalčio bangos ekstremalumą dar padidino po ilgalaikio atlydžio spustelėjė stiprūs šalčiai (žemiausia oro temperatūra sausio 19–23 dienomis pajūryje nukrito iki minus 23–25°C), o sniego dangos storis nesiekė nė 10 cm, vietomis jos visai nebuvovo. Todėl dirvos išalo storio didėjimo tempai buvo įspūdingi – net po keliądešimt cm per parą. Dėl speigo Klaipėdoje į mokyklas šiuo laikotarpiu nėjo mokiniai, vėl strigo visuomeninis transportas, žvejų uostelyje išalo laivai. Nors Klaipėda nepateko į labiausiai nukentėjusių rajonų sąrašą (ypač nukentėjo Telšių miestas), tokie šalčiai sukėlė daugybę socialinių ir buitinių problemų. Ši šalčio banga tiksliai buvo numatyta tik prieš 48 valandas ir ne visos tarnybos spėjo tam pasiruošti. Lietuva atsidūrė didelių terminių gradientų zonoje, kurios poslinkis į vieną ar kitą pusę gali lemти didelius paros temperatūros svyravimus (2.9.4 pav.). Taigi intensyvaus šalčio branduolys, užimantis didelės teritorijas bei esantis arti Lietuvos teritorijos, išryškėjo jau maždaug prieš savaitę iki prasidedant speigams, todėl išankstinis perspėjimas apie reiškinio tikimybę bent prieš 5–7 paras ateityje būtų didelė pagalba visoms suinteresuotoms tarnyboms bei gyventojams. Kol kas tiksliausiai



**2.9.4 pav.** 700 hPa izobarinio paviršiaus aukštis (mėlynos izolinijos) ir sluoksnio storis tarp 500 ir 1000 hPa izobarinių paviršių (pilkos punktyrinės izolinijos, kurių tankis tiesiog proporcingas terminiams gradientams) 2006 m. sausio 19–20 dienomis. Aukštis ir storis pateiktas metrais. Raidės A ir Ž atitinkamai žymi aukšto ir žemo slėgio centrus vidurinėje troposferoje, mėlynos ir raudonos rodyklės – atitinkamai svarbiausias šalčio ir šilumos advekcijos zonas.

tikimybines prognozes Europos regionui sudarinėja Europos vidutinės trukmės prognozių centras (ECMWF).

Kaip atsvara dideliems speigams 2006 metų pradžioje jau tų pačių metų vasarą Lietuvą aplankė **karšti ir sausi orai**, kurie, be alinančių karščių, sukėlė ir niokojančią sausrą. Birželį nusistovėjė sausi ir karšti orai tėsesi visą liepą, todėl labai nuseko upės ir ezerai. Palangos meteorologijos stoties duomenimis, sausra truko net 49 dienas (LHMT, 2006). Nusekimas iki gamtosauginio vandens debito pirmiausia buvo užregistruotas pietvakarių Lietuvoje, Jūros upės baseine birželio pabaigoje. Vėliau, liepą, gamtosauginis vandens debitas buvo nustatytas 16 upių, priklausančių 10 baseinų, tarp jų ir Minijos bei Akmenos–Danės baseinuose. Vidutinė liepos oro temperatūra buvo 3–4,5°C aukštesnė už klimatinę normą, Pajūrio regione per tris mėnesius (gegužę–liepą) iškrito mažiau nei



**2.9.5 pav.** a) stichinės sausros trukmė pagal LHMT kriterijus: laikotarpis be kritulių daugiau kaip 30 parą (LHMT, 2006); b) vasaros oro temperatūros anomalijų sezoniinė prognoze (viršuje) ir analizė (apačioje) Eurazijai 2006 metų vasarą, sudaryta pagal NCEP/NCAR (JAV) metodiką.

40% šio sezono kritulių. Šiuo laikotarpiu kai kur Lietuvoje buvo viršyti laikotarpių, kai maksimali temperatūra siekė  $30^{\circ}\text{C}$  ir daugiau kelias paras iš eilės, rekordai. Karščių ir šalčių bangos gana tiksliai numatomos dar prieš 2–3 paras, o jų tikimybė – prieš 7–10 parą. Tačiau karščiai dažniausiai ateina su sausomis, kadangi tokiaisiai laikotarpiai jos suintensyvėja dėl padidėjusio garavimo. Kartu

su minėtais reiškiniais išauga miškų gaisrų tikimybė, nes tokie orai palankūs rekreacijai ir miškų paklotės išdžiūvimui. Sausrų numatymas yra problematiškesnis, jų trukmė, skaičiuojant pagal skirtinges metodikas, sausomis vasaromis gali svyruoti nuo 15 iki 70 parų (2.9.5 pav., a), kartais ir daugiau. Toms reikmėms naudojamasi sezoniinėmis prognozėmis, sudarytomis remiantis globalių cirkuliacijos modelių (GCM) rezultatais, kurių patikimumas dar vis netenkina vartotojų (2.9.5 pav., b). Todėl statistinių metodų taikymas bei sezono analogų paieška duoda neblogų rezultatų.

Visi aukščiau tekste analizuoti reiškiniai tiek Lietuvos pajūrio regione, tiek kitose teritorijose susiję su dideliais materialiniais nuostoliais, nors pajūryje yra pavojingiausios žiemos audros. Jų poveikiui sušvelninti visais atvejais reikalinga gerai suderinta perspėjimo sistema, kuri padėtų atsakingoms tarnyboms laiku atlikti aprūpinimo ir gelbėjimo darbus. Adekvacijos perspėjimo sistemos tobulinimas turėtų būti LHMT ir su ja susijusių mokslo institucijų vienas pagrindinių uždavinių. Iki šiol sunkiausia buvo numatyti ilgalaikius reiškinius, kaip sausra ar padidėjusio audringumo laikotarpiai, tačiau derinant prognozuojuoją patirtį bei įvairius prognozės metodus, šią problemą būtų galima spręsti numatant tam tikro meteorologinio parametru ar jų kompleksą tikimybę ilgesniams laikotarpiniui.

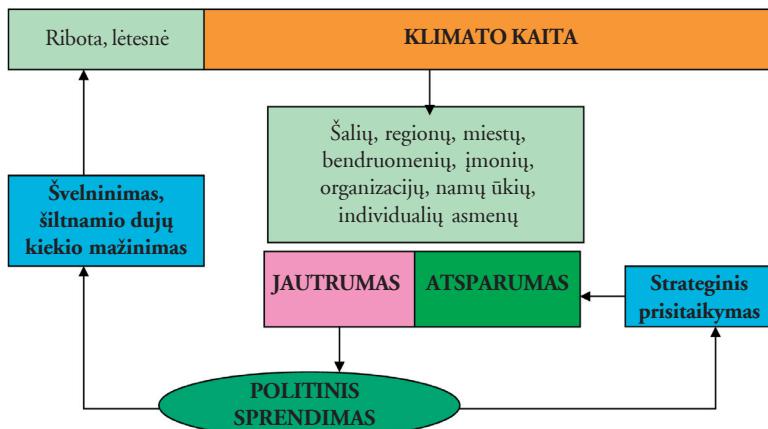
### 3. PRISITAIKYMO PRIE KLIMATO KAITOS STRATEGIJOS PAGRINDINIAI PRINCIPAI

Klimato ekspertai visame pasaulyje priėjo prie bendros išvados, kad klimatas keičiasi. Mokslininkai svarsto įvairius kaitos scenarijus ir laiko terminus, tačiau vykstantis globalus atšilimas yra akivaizdus. Temperatūros, kritulių kieko pokyčiai, ekstremalių reiškinių dažnėjimas veikia įvairius ekonomikos, socialinius ir aplinkos sektorius tarptautiniu, nacionaliniu, regioniniu ir vietas lygmenimis.

Įvairių sektorių jautrumas galimam klimato kaitos poveikiui verčia priimti politinius sprendinius, kurie neišvengiamai turi būti dvielę krypčių (3.1 pav.):

1. Švelninimas: klimato kaita gali sulėtėti, jeigu bus mažinama šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisija.
2. Prisitaikymas: net ir įgyvendinus geriausias ir efektyviausias klimato kaitos švelninimo priemones, klimato kaita ir su ja susijęs poveikis įvairiems sektoriams bus ilgalaikiai; siekiant užtikrinti saugą ekonomikos, socialinio ir aplinkos sektorių funkcionavimą, būtina parengti ir įgyvendinti prisitaikymo prie klimato kaitos strategijas. Tokių strategijų įgyvendinimas padidintų minėtų sektorių atsparumą klimato kaitos poveikiui.

Prisitaikymo prie klimato kaitos srityje daugianacionalinė *Europos Sajunga* vaidina specifinių vaidmenų. Atsižvelgiant į tai, kad klimato kaita yra globalaus masto problema ir įvairiems Europos regionams būtina prisitaikyti prie klimato kaitos padarinių, daugianacionalinė Europos Sajunga gali būti kaip platforma patirties mainams ir jautriausių klimato poveikiui regionų pajėgumams didinti. Rekomendacijos, kaip vykdyti integruotą kranto zonas valdymą, Europos aplinkosaugos agentūros atlirkas jautrumo poveikiui vertinimas, „Žalioji knyga“ prisitaikymo prie klimato kaitos



**3.1 pav.** Politinių sprendinių vaidmuo prisitaikant prie klimato kaitos.

klausimais – tai pirmi žingsniai Europos Sąjungos lygmeniu. Taigi Europos Sąjunga gali įtakoti politikos šioje srityje formavimą valstybėse narėse.

*Nacionaliniu lygmeniu* reiktų užtikrinti pagrindinių plėtros principų įgyvendinimą. Pirmiausia nacionaliniu lygmeniu turi būti pripažinta prisitaikymo prie klimato kaitos poveikio svarba. Jautriausių poveikiui regionų ir sektorių šalyje identifikavimas padėtų efektyviau paskirstyti paramą moksliniams tyrimams, numatyti finansinio kompensavimo veiksmus, kontrolės mechanizmus ir kt. Vykdant tokį vertinimą, svarbu pasinaudoti vietas lygmeniu sukauptomis žiniomis ir informacija, įtraukti regionų ir vietas interesų grupes.

Taip pat svarbu, kad nacionaliniu lygmeniu parengtos atitinkamos gairės ir sukauptos žinios būtų perduotos žemesniems lygmenims ir įvairiems sektoriams. Taip nacionaliniu lygmeniu kaupiama ir vertinama informacija apie regionus ir sektorius, platina informacija, rengiami atitinkami teisiniai reikalavimai, numatomas finansinis skatinimas ir plėtojami veiksmai prisitaikymo prie klimato kaitos srityje.

**Vietos ir regioninis lygmenys** yra vieni svarbiausių prisitaikymo prie klimato kaitos poveikio srityje. Būtent vietos lygmuo ir regionai, juose gyvenantys žmonės ir įvairūs sektoriai tiesiogiai patiria klimato kaitos poveikį (potvyniai, audrų padaryti nuostoliai ir kt.). Nors daugelis strateginių tikslų gali būti suformuluoti aukštesniu lygmeniu, didžioji dalis prisitaikymo prie klimato kaitos priemonių turi būti įgyvendinta vietos lygmeniu.

Vietinės iniciatyvos padėtų sustiprinti atsparumą klimato kaitos poveikiui. Tačiau vietos interesų grupėms trūksta žinių apie būtinybę prisitaikyti, poveikio vertinimo būdus, prisitaikymo prie poveikio priemones. Informacinės kampanijos, dalyvavimas sprendimų priėmimo procese, klimato kaitos poveikio aplinkai pasekių vietos lygmeniu vertinimas turi būti vykdomi įtraukiant visas interesų grupes. Dialogas su mokslininkais, naujausios mokslinės informacijos panaudojimas bei įvairių interesų grupių įtraukimas įgalintų suformuluoti bendrus prisitaikymo prie klimato kaitos strategijos tikslus, numatyti konkrečias, vietinius poreikius atitinkančias prisitaikymo prie šios kaitos priemones.

Daugelis **sektorius** yra labai priklausomi nuo klimatinių sąlygų ir ateityje juose klimato kaitos pasekmės vis didės. Tarp tokų sektorius galima paminėti žemės ūki, miškininkystę, žuvininkystę, turizmą, visuomenės sveikatą ir kt. (Commission..., 2007). Apibendrinta informacija apie galimą klimato kaitos poveikį įvairiems sektoriams pateikta 3.1 lentelėje.

Siekiant sukurti efektyvią prisitaikymo prie klimato kaitos strategiją, rekomenduojama įvertinti esamą sektorų jautrumą klimato kaitos padariniams ir būsimą su klimato kaita susijusią riziką (3.2 pav.). Būtina nustatyti tuos sektorius, regionus ar jų grupes, kurių atsparumas klimato kaitos poveikiui turi būti padidintas. Nustačius pagrindines problemas, galima rengti prisitaikymo prie klimato kaitos strategiją, numatyti jos įgyvendinimą, vertinimą ir įgyvendinimo stebėseną.

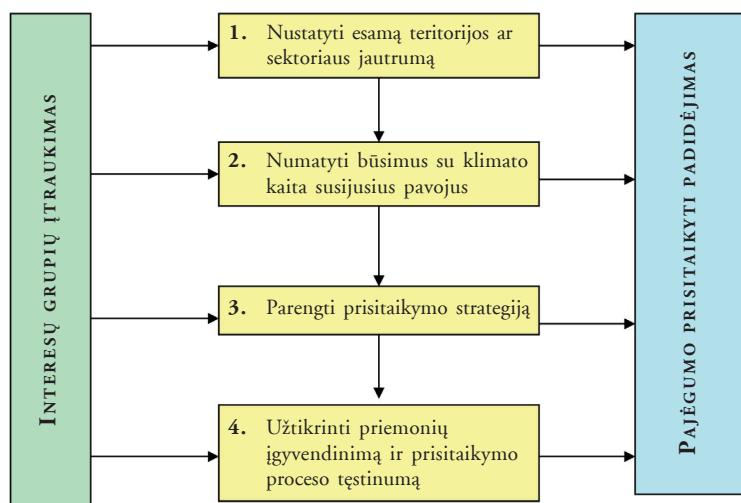
Rengiant prisitaikymo prie klimato kaitos strategiją, reikia numatyti ir įvertinti įvairius scenarijus. Tinkamiausias ir efektyviausias scenarijus yra išlaikyti klimato kaitos poveikio įvykių skatinimą.

**3.1 lentelė.** Klimato kaitos poveikis įvairiems sektoriams (pagal Knieling et al., 2007).

<i>Sektorius</i>	<i>Klimato kaitos poveikis sektoriams</i>	<i>Klimato kaitos poveikis</i>
Urbani-zuotos teritorijos	Urbanizuotos gyvenvietės (privatūs ir viešieji pastatai, vietas kultūros paveldas). Infrastruktūra (atliekų tvarkymas, komunikacijos, vandens tiekimo sistemos, energijos perdavimo sistemos, apsaugos nuo potvynių ir transporto infrastruktūra). Gyventojai (ypač vyresniojo amžiaus žmonės, maži vaikai, chro niškomis ligomis sergantys asmenys).	Padidėjus kritulių kiekis, kritulių struktūros pokyčiai, ekstremalūs reiškiniai, sniego tirpimas, potvyniai. Jūros lygio kilimas, štormas. Audros, kruša. Karščių bangų ir sausrų dažnėjimas.
Kranto zona	Jūros, didelių upių ir ežerų krantai. Krantų ir potvynių apsaugos infrastruktūra, paplūdimiai.	Jūros lygio kilimas, štormai, potvyniai, krantų erozija, sedimentacijos procesų pokyčiai.
Vandens sektorius	Geriamasis vanduo ir vanduo drėkinimui bei pramoniniams nau dojimui. Vandens tiekimo ir nuotekų sistemos. Daug vandens naudojantys sektoriai (hidroelektrinės, aušinimo sistemos). Visuomenės sveikata.	Potvyniai (vandens teršimas, žala infrastruktūrai). Jūros lygio kilimas (geriamojo vandens druskingumo didėjimas). Aukštėsnė temperatūra (ir tarša) veikia vandens kokybę, eutrofifikacija, žydėjimas. Sniego tirpimo laiko pasikeitimas, sausros. Drėkinimas sausrų metu padidina vandens suvartojimą.
Energetikos sektorius	Energija namų ūkiams, viešam ir pramoniniams naudojimui, perdavimo linijos, energetikos įrenginiai. Hidroenergija ir vėjo energija.	Audros ir kruša veikia energijos perdavimo linijas, vėjo energijos panaudojimą. Potvyniai daro žalą infrastruktūrai. Dėl aukštėsnės temperatūros reikia daugiau vandens aušinimui. Energijos vartojimo pokyčiai: daugiau energijos suvartojama vasarą dėl aukštėsnės temperatūros, mažiau suvartojama žiemą dėl švelnesnio klimato. Aukštėsnė temperatūra padidina terminio elektros generavimo efektyvumą.
Transporto sektorius	Transportavimo sektorius ir infrastruktūra (tarp jų jūrų uostai, oro uostai, viešosios ir privačios, regioninės ir tarptautinės transporto sistemas).	Ekstremalūs gamtos reiškiniai (liūtys, sniegas, potvyniai), padidėjus drėgnumas (rūkas) ar besikeičiančios vėjo sąlygos veikia transporto sistemą. Ekstremali temperatūra sukelia mechaninius sutrikimus.
Turizmas	Vietos turizmo verslas ir turizmo pramonė.	Kritulių kiekiečių didėjimas, saulėtų dienų skaičiaus pasikeitimas, temperatūros pokyčiai lemia karštėsnes vasaras ir aukštėsnę vandens temperatūrą (taip pat vandens kokybės pokyčius), šiltesnes žiemas ir plonesnę sniego dangą, jūros lygio kilimą ir potvynius, kurie veikia turizmo infrastruktūrą.

*3.1 lenteles tēsinys*

Sektorius	Klimato kaitos poveikis sektoriams	Klimato kaitos poveikis
Miškininkystė, žemės ūkis, žuvininkystė	Ūkininkai, žvejai, miškų savininkai, perdirbamoji pramonė.	Ekstremalūs gamtos reiškiniai (sausros, liūtys, audros) padaro žalos derliui ir gyvulininkystei (vandens ir pašarų stoka, gaisrai, potvyniai). Aukštesnė oro temperatūra – daugiau ligų ir kenkėjų. Šiltesni orai veikia augimo sezono ir produktyvumą. Dėl aukštesnės vandens temperatūros keičiasi Baltijos jūros vandens druskingumas, o tai veikia žuvų rūšių įvairovę.



**3.2 pav.** Prisitaikymo prie klimato kaitos strategijos schema.

sias sprendimas dėl įgyvendinamų prisitaikymo prie klimato kaitos priemonių gali būti priimtas, pavyzdžiui, atlikus kaštų ir naudos analizę. Taip pat svarbu įvertinti ne tik neigiamas klimato kaitos poveikio pasekmes, bet ir teigiamas plėtros galimybes. Pavyzdžiui, galima atsižvelgti į didėjantį turistų skaičių vasarą, galimybes auginti naujas žemės ūkio kultūras ir kt.

Būtinybė prisaikyti prie klimato kaitos gali sukelti didelių pokyčių ekonominame, socialiniame ir aplinkos sektoriuose. Todėl svarbu užtikrinti konstruktyvų dialogą tarp šių sektorių atstovų. Reiktų nuo pat pirmo žingsnio ištraukti vienos interesų grupes į sprendimų priėmimo procesą. Tai padės geriau įvertinti klimato kaitos keliamą riziką įvairiems sektoriams, pasirinkti efektyviausias ir priimtiniausias prisaikymo prie klimato kaitos priemones bei užtikrinti jų įgyvendinimą.

Klimato kaita ir prisaikymas prie galimų klimato kaitos padarinių yra sudėtinga problema, kurios negali išspręsti pavieniai asmenys ar interesų grupės. Klimato kaitai ir jos poveikiui aplinkai neegzistuoja administracinių ribos, šis klausimas yra svarbus visiems sektoriams, visais politinio, administraciniu, ekonominio ir kasdienio gyvenimo lygmenimis. Todėl įvairios interesų grupės turėtų imtis bendrų veiksmų.

Politinių sprendimų priėmimas ir strategijos parengimas bei įgyvendinimas gali padėti išspręsti su klimato kaita ir jos poveikiu aplinkai susijusias problemas, kadangi:

- strategijoje numatomos teisinės, kontrolės ir juridinės priemonės, kuriomis galima kontroliuoti, apriboti ar net uždrausti nepageidaujamą veiklą;
- finansiniai instrumentai (licencijomis, mokesčiais, subsiδijomis ir kt.) skatinami tinkami veiksmai ir elgesys;
- vidaus procedūrų ir ryšių tarp įvairių interesų grupių optimizavimas gerina bendradarbiavimą ir skatina integruotą požūrių į problemą;
- informavimas, mokymas ir dalyvavimas sprendimų priėmimo procese skatina sąmoningumo ugdymą ir elgesio pokyčius.

Prisaikymas prie klimato kaitos turiapti svarbiu elementu strateginiam ir teritorijų planavimui įvairiais lygmenimis.

## 4. REKOMENDACIJOS KAIP PRISITAIKYTI PRIE KLIMATO KAITOS

Parenkant galimas prisitaikymo prie klimato pokyčių priemones, lemiamą vaidmenį vaidina ekonominiai ištekliai, technologinis išsivystymas, visuomenės informatyvumas bei įgūdžiai, infrastruktūra, instituciniai resursai ir kt. Be jokios abejonės, turtingų, technologijų atžvilgiu išsivysčiusių bei labiau išsilavinusių visuomenių adaptacinės galimybės yra žymiai didesnės. Galimų adaptacijos priemonių pobūdis yra labai įvairus ir gali skirtis įvairiuose ūkio sektoriuose.

### *Lietuvos jūrinis krantas*

Kai kurie krantotvarkos prioritetai jau yra numatyti *Lietuvos Baltijos jūros krantotvarkos strategijoje* (2001). Joje pabrėžiama, kad:

- krantotvarkoje prioritetas turi būti teikiamas gamtinių kraštovaizdžių ir natūralių krantodaros procesų išsaugojimui; kompleksiškai derinama krantosauga ir krantonauda;
- reikia taikyti diferencijuotas krantosaugos priemones, priklausomai nuo kranto funkcijų, o krantotvarkos priemones būtina tarpusavyje derinti, atsižvelgiant į krantodaros procesų dinaminį vientisumą; jos turi būti taikomos nepriklausomai nuo žinybinių interesų administraciniuose paskirstymuose, be to, krantotvarkos priemonių įdiegimas viename kranto ruože neturėtų pakenkti gretimo kranto ruožo būklei;
- būtina stiprinti fizinių ir juridinių asmenų atsakomybę už savo veiklos tiesioginį ar netiesioginį poveikį krantui ir priklausomai nuo poveikio masto atlyginti padarytą žalą aplinkai bei, suderinus su atsakingomis institucijomis, organizuoti priemonių įgyvendinimą šiam poveikiui sumažinti bei kompensuoti.

Rengiant prisitaikymo priemones ir priimant teritorijų planavimo sprendimus, rekomenduotina laikytis „vidurkinio“ vandenyno lygio kilimo scenarijaus, pagal kurį Pasaulio vandenyno lygis iki XXI a. pakils apie 0,5 m.

Jūros smėlio išteklių panaudojimą paplūdimių atstatymui reikėtų grįsti nuosėdų pernašos ir reljefo vystymosi ateityje modeliai.

*Krantotyros–krantotvarkos programą* papildžius kasmetiniu prie-krantės monitoringu, bent jau kas keleri metai reikėtų atliki sedimentų pernešimo monitoringą. Šie monitoringo bei modeliavimo darbai būtų pagrindas regiono vystymosi strategijos, įskaitant rizikos faktorius, sukūrimui.

Siekiant maksimalaus krantosauginio efekto atliekamiems krantotvarkos darbams, būtina profesionali priežiūra bei *Pajūrio juostos modifikuotoje krantotvarkos programoje* (2005) pateiktų rekomendacijų laikymasis.

Reikštų toliau įstatymiškai riboti žmonių ūkinę veiklą Kuršių nerijoje bei Baltijos jūros kranto juoste: privačių objektų statybą, poilsiautojų bei transporto srautus; griežčiau saugoti unikalias nerijos kopas nuo antropogeninės apkrovos.

### *Pastatai ir komunikacijos*

Reikštų skatinti gyventojus drausti kilnojamajį ir nekilnojamajį turą nuo audrų bei potvynių daromos žalos.

Planuojant miesto infrastruktūros plėtrą bei pastatų statybą atsižvelgti į didėjantį miesto rajonų užtvindymo pavojų. Potencialios grėsmės rajonuose steigti parkus, poilsio zonas ir kt.

Tvirtinti ir aukštinti miesto krantines bei pylimus.

Siekiant sumažinti audrų padaromus nuostolius, kelti griežtesnius techninius reikalavimus namų stogų priežiūrai bei lengvoms pastovioms ar laikinoms konstrukcijoms.

Vykdyti nuolatinę miesto kanalizacijos sistemų rekonstrukciją, siekiant sumažinti miesto gatvių užtvindymo stiprių liūčių metu tikimybę.

Kelio dangos asfaltavimui ir atnaujinimui rinktis atsparesnes esktremaliems temperatūros bei drėgnumo svyravimams bei vandens fazinio būvio kaitai medžiagams.

### *Transportas*

Pritaikyti Klaipėdos uosto hidrotechninius įrenginius dažnesnėms audroms bei uraganams.

Oro uostų takų (ir kitos infrastruktūros) būklės bei priežiūros gerinimas ir kokybiškas bei savalaikis pavojingų situacijų numatymas (oro transportas).

Įrengiant bei modernizuojant vidaus vandenų transporto infrastruktūrą, adaptuoti ją prie ekstremalių vandens lygio svyravimų.

Projektuojant gatves atsižvelgti į žymiai išaugstantį trumpalaikių, bet didelio intensyvumo liūčių pasikartojimą;

### *Energetika*

Pritaikyti elektros perdavimo ir skirstomuosius tinklus trumpalaikiams staigiams energijos poreikiams.

Rekonstruoti ir atnaujinti susidėvėjusius elektros perdavimo ir skirstomuosius tinklus, atsižvelgiant į didėjančią pavojingų meteorologinių reiškinių (audrų, pūgų, liundrų, škvalų ir kt.) tikimybę. Keisti elektros perdavimo oro linijas požeminėmis kabelinėmis.

Pritaikyti šilumos perdavimo linijas prie ekstremalių temperatūros svyravimų.

Projektuoti bei statyti atsinaujinančios energijos jégaines atsižvelgiant į kintančius vėjo bei Saulės energijos išteklius.

### *Pramone*

Ilgalaikę pramonės plėtros strategiją grįsti atsižvelgiant į būsimus vis griežtesnius reikalavimus šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijoms bei augančius taršos mokesčius.

Projektuoti ir statyti pramonės įmones įvertinant laikinų gamybinės veiklos sutrikimų riziką, susijusią su didėstančiu klimato (audrų, sausrų, liūčių, potvynių ir kt.) ekstremalumu.

Orientuoti pramonę į mažiau vandens reikalaujančią gamybą bei kintančią žaliavinę bazę.

### *Miškai*

Prisitaikymo priemonių miškininkystėje reikia imtis kuo anksčiau, nes tuomet, kai bus pastebėti pokyčiai, jau gali būti per vėlu. Vie- na svarbiausių adaptacijos priemonių yra tinkamas atsodinamų miš- kų medžių rūšių parinkimas. *Lietuvos ūkio plėtros ilgalaikeje strategijoje* (2002) numatyta didinti šalies miškingumą, įveisiant miš- kus ir dirvonuojančiose bei menkavertėse žemėse. Sodinamos me- džių rūšys turėtu būti tinkamos dabartiniams ir ateities Lietuvos klimatui. Būtinės preciziškas ir moksliškai pagrįstas medžių rūšių ir augavietės derinimas. Šiuo metu vienas iš populariausių atsodi- namų medžių yra eglė, o jai labiau nei kitoms medžių rūšims ken- kia ilgos sausros ir aukšta temperatūra.

Rekomenduotini specialūs sausrų poveikio miško ekosistemų būklei, produktyvumui, biologinei įvairovei ir regeneravimosi sa- vybėms tyrimai; artimo Lietuvai arealo medžių rūšių (bekotis ažuo- las, europinis maumedis, platanalapis klevas, paprastasis bukas) na- tūralaus plitimo prognozė ir auginimo tikslėlės išaiškinimas.

Sodinant mišką reikėtų vengti vienarūsių miškų. Įvairios rūšys skirtingai reaguoja į klimato elementų kaitą, todėl įvairiarūšis miš- kas būtų mažiau pažeidžiamas nei vienarūsis. Miške, kuriamo vy- rauja vienos rūšies medynai, lengvai plinta tai rūšiai pavojingos ligos ir kenkėjai.

Reikėtų stiprinti sanitarinę miško apsaugą, ruoštis naujų ligų ir kenkėjų atsiradimui.

Klimato svyravimų poveikiui ir orų anomalijoms atsparesni di- desni miško masyvai, todėl reikėtų stengtis išlaikyti dabartinius ir kur galima sujungti mažesnius miško plotus. Ypatingą dėmesį reikėtų kreipti į tvarių miško pakraščių formavimą, šalinti pažeistus želdinius.

Gaisrų rizikos mažinimas ir nuostolių minimizavimas (sutvar- kyti priešgaisriniu požiūriu miškus; plėtoti priešgaisrinės apsaugos

infrastruktūrą, gaisrų pavojaus prognozavimo sistemą, sudaryti tipinius kilusių gaisrų plėtros scenarijus; sudaryti integruotus gaisrų gesinimo strategijos variantus).

Siekiant sumažinti miško gaisrų pavoju Kuršių nerijoje, reikėtų peržiūrėti ir parengti pavojingumą atitinkantį visos Kuršių nerijos miškų priešgaisrinės apsaugos projektą ir jį kuo greičiau realizuoti.

### *Sveikata*

Ekstremalių situacijų centro įkūrimas, kuris teiktų medicininę, socialinę, informacinę ir kt. pagalbą. Ten nepalankių orų sąlygų metu dėmesys ir pagalba būtų suteikiama padidėjusios rizikos žmonių grupėms.

Sveikatos priežiūros specialistų supažindinimas su naujomis dėl klimato kaitos kylančiomis grėsmėmis bei medicinos ištaigų pasirengimas suteikti neatidėliotiną pagalbą gyventojams šių grėsmių metu.

Kondicionavimo sistemų įvedimas visuomeninės paskirties statuose (čia žmonės karščio bangų metu galėtų atvykti ir leisti laiką), viešbučiuose, poilsio namuose, biuruose, gyvenamuosiuose namuose ir kt..

Išankstinis visuomenės informavimas biometeorologinėmis prognozėmis. Turi būti pradėtos sudaryti ir skelbti visuomenei biometeorologinės prognozės, kuriose būtų ultravioletinės spinduliuotos, karščio, vėjo, žvarbumo indeksai bei informacija apie nepalankius sveikatai meteorologinius reiškinius ar staigius orų pasikeitimus, oro užterštumą bei rekomendacijos žmonių aprangai bei fiziniams aktyvumui.

Epidemijų kilimo bei pavienių susirgimų grėsmės mažinimas, sugriežtinant geriamo vandens bei rekreacijos tikslams naudojamą vandens telkinių vandens kokybės kontrolę.

Metodinis bei praktinis pasirengimas žiedadulklių keliamų alerginių ligų gausėjimui.

Oro kokybės kontrolės sustiprinimas gerinant monitoringą bei įdiegiant transporto eismo bei pramonės reguliavimo priemones, iškilus didelio oro užterštumo grėsmei.

## LITERATŪROS ŠALTINIAI

**ASTRA** (<http://www.astra-project.org>)

**Berendt G.** (1869). Geologie des Kurischen Haffes und seiner Umgebung. Königsberg.

**Bindoff N. L., Willebrand J.** (2007). Observations: Oceanic Climate Change and Sea Level. ([http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/Report/AR4WG1\\_Pub\\_Ch05.pdf](http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/Report/AR4WG1_Pub_Ch05.pdf))

**Bubnienė R., Rimkus E., Štreimikienė D.** (2006). Klimato kaitos politikos pagrindai. Vilnius, 44 p.

**Bukantis A.** (1994). Lietuvos klimatas. Vilnius, 187 p.

**Bukantis A., Gulbinas Z., Kazakevičius S., Kilkus K., Mikelinskienė A., Morkūnaitė R., Rimkus E., Samuila M., Stankūnavičius G., Valiuškevičius G., Žaromskis R.** (2001). Klimato svyraimų poveikis fiziniams geografiniams procesams Lietuvoje. Vilnius: Geografijos institutas, Vilniaus universitetas, 280 p.

**Bukantis A.** (1995). Atmosferos cirkuliacijos ypatumai. *Klimatologija: Geografijos instituto darbai*, p. 62–69.

**Bukantis A., Kazakevičius S., Korkutis P., Markevičienė I., Rimkus E., Rimkutė L., Stankūnavičius G., Valiuškevičienė L., Žukauskaitė L.** (1998). Klimato elementų kintamumas Lietuvos teritorijoje. Vilnius: Geografijos institutas, 171 p.

**Bukantis A., Rimkus E.** (2005). Climate Variability and Change in Lithuania. *Acta Zoologica Lituanica*, t. 15(2), p. 100–104.

**Cieśliak A.** (2007). On Coastal Protection in Poland and Some Remarks on the Lithuanian Approach. Maritime Office in Gdynia. (LRAM internetinis puslapis, 2007 balandis; <http://www.am.lt>)

**Climate** Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability (2001). J. J. McCarthy et al. (eds). (<http://www.ipcc.ch/>)

**Climatic** Research Unit, University of East England (2007). (<http://www.cru.uea.ac.uk/>)

**Commission** of the European Communities (2007). Green Paper from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Adapting to climate change in Europe – options for EU actions, Brussels.

**Česnulevičius A., Morkūnaitė R.** (1998). Kai kurie Kuršių nerijos senosios ir naujosios generacijos kopų palyginamujų charakteristikų aspektai. *Geografijos metraštis*, t. 31, p. 199–210.

**Dailidienė I.** (2007). Hidroklimatinių sąlygų kaitos ypatumai Baltijos jūros Lietuvos priekrantėje ir Kuršių mariose: dr. disertacija. Vilnius, 147 p.

**Dailidienė I., Davulienė L., Tilickis B., Stankevičius A., Myrberg K.** (2006). Sea Level Variability at the Lithuanian Coast of the Baltic Sea. *Boreal Environment Research*, Vol. 11, p. 109–121.

**Dailidienė I., Tilickis B.** (2006). Kuršių marių hidrologinio režimo ypatumai. Praneš. konf. *Vandens inžinerija: Šiuolaikiniai tyrimų metodai ir technologijos. Birštonas. 2006 m. spalio 12–13 d.*

**Dailidienė I., Tilickis B., Stankevičius A.** (2004). General Peculiarities of Long-term Fluctuations of the Baltic Sea and the Curonian Lagoon Water Level in the Region of Lithuania. *Aplinkos tyrimai, inžinerija ir vadyba*, t. 4(30), p. 3–10.

**Dipper J. W., Voss M.** (2004). Climate Reconstruction of the MWP in the Baltic Sea Area Based on Biogeochemical Proxies from a Sediment Record. *Baltica*, Vol. 17(1), p. 5–16.

**Douglas B. C.** (1997). Global Sea Rise: a Redetermination/Surveys in Geophysics, Vol. 18, p. 279–292.

**Easterling D. R., Evans J. L., Groisman P. Ya., Karl T. R., Kunkel K. E., and P. Ambenje** (2000). Observed Variability and Trends in Extreme Climate Events: A Brief Review. *Bul. of the American Meteorological Society*, Vol. 81(3), p. 417–425.

**Eisenreich S. J.** (ed.). (2005). Climate Change and the European Water Dimension/Office for Official Publication of the European Communities. 253 p.

**Gailiušis B.** (2000) The Analysis of Hydrometeorological Regime and Hydraulic Environment. *Klaipėda port Economy and ecology*. L. L. Lazauskienė, G. Vaitonis, A. Draugelis (eds.), Baltic ECO, p. 37–48.

**Grigelis. A., Gelumbauskaitė L. Ž., Rusteika P.** (2007). Kuršių nerijos pajūrio ir pamario krantų apsaugos problemos. *Mokslo ir technika*, Nr. 3, 34-37.

**Gudelis V.** (1998). Lietuvos ijūris ir pajūris. Vilnius.

**Gelumbauskaitė L. Ž.** (2003). On the Morphogenesis and Morphodynamics of the Shallow zone of the Kuršių Nerija (Curonian Spit). *Baltica*, Vol. 16, p. 37–42.

**Haanpää S., Lehtonen S., Peltonen L., Talockaitė E.** (2006). Impacts of Winter Storm Gudrun of 7<sup>th</sup>–9<sup>th</sup> January 2005 and Measures Taken in the

Baltic Sea Region. ([http://www.astra-project.org/cms/sites/download/ASTRA\\_WSS\\_report\\_final.pdf](http://www.astra-project.org/cms/sites/download/ASTRA_WSS_report_final.pdf))

**Havens K. E., James R. T., East T. L., Smith V. H.** (2003). N:P Ratios, Light Limitation, and Cyanobacterial Dominance in a Subtropical Lake Impacted by Non-Point Source Nutrient Pollution. *Environmental Pollution*, Vol. 122, p. 379–390.

**Heiskanen A.-S. and Olli K.** (1996). Sedimentation and Buoyancy of *Aphanizomenon cf. flos-aqua* (Nostocales, Cyanophyta) in a Nutrient-Replete and Nutrient-Deplete Coastal Area of the Baltic Sea. *Phycologia*, Vol. 35(6), p. 94–101.

**IPCC** (2001). Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. *Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, U. K.: Cambridge University Press.

**IPCC** (2001). Climate Change 2001: The Science of Climate Change (SMP). Cambridge, U. K.: Cambridge University Press

**IPCC** (2001). Climate change 2001: The Scientific Basis. *Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge and New York: Cambridge University Press, 464 p.

**IPCC** (2007). Climate change 2007: The IPCC 4<sup>th</sup> Assessment Report, Bangkok 4 May 07, 36 p. ([www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch))

**Jarmalavičius D., Žilinskas G., Kulvičienė G.** (2001). Peculiarities of Long-Term Water Level Fluctuations on the Lithuanian Coast. *Acta Zoologica Lituanica*, Vol. 11(2), p. 132–140.

**Johansson M., Boman H., Kahma K., Launiainen J.** (2001). Trends in Sea Level Variability in the Baltic Sea. *Boreal Environment Research*, Vol. 6, p. 159–179.

**Kanoshina I., Lips U., Leppänen J.-M.** (2003). The Influence of Weather Conditions (Temperature and Wind) on Cyanobacterial Bloom Development in the Gulf of Finland (Baltic Sea). *Harmful Algae*, Vol. 2, p. 29–41.

**Kavaliauskienė J.** (1996). Lietuvos ežerų dumbliai. Vilnius, 174 p.

**Knieling J., Hilpert K.** (2007). Towards Climate Change Adaptation Strategies in the Baltic Energija Region: ASTRA projekto dokumentas. ([www.astra-project.org](http://www.astra-project.org).)

**Kononen K.** (1992). Dynamics of the Toxic Cyanobacterial Blooms in the Baltic Sea. *Finnish Marine Research*, Vol. 261, p. 3–36.

**Kuršių nerijos tikslinė programa** (1999). Vilnius: Geografinės institutas, 58 p.

**Lietuvos** Baltijos jūros krantotvarkos strategijos nuostatos: LR aplinkos ministro įsakymas Nr. 570, 2001 m. lapkričio 29 d.

**Lietuvos** Baltijos jūros žemyninio kranto krantotvarkos tikslinė programa (2003). Vilnius: Geologijos ir geografijos institutas; 65 p.

**LHMT** (2006–2007). Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba prie LR AM.  
Naujienos: <http://www.meteo.lt/>

**Lietuvos** miškų ūkio statistika (2007)/LR Aplinkos ministerija, Valstybinė miškotvarkos tarnyba. Vilnius.

**Lietuvos** Respublikos pajūrio juostos įstatymas (2002). *Žin.*, 2002, Nr. 73-3091.

**LR turizmo** įstatymas VIII-667, 1998 m. kovo 19 d. (2002). *Žin.*, 32: 852 ir 123: 5507.

**LR Vyriausybės** nutarimas 1160, 2003 m. rugpjūčio 11 d. (2003) „Dėl Nacionalinės darnaus vystymosi strategijos patvirtinimo ir igyvendinimo“ *Žin.*, 89, Nr. 4029.

**Lietuvos** ūkio (ekonomikos) plėtros iki 2015 metų ilgalaikė strategija. *Žin.*, 2002, Nr. 60.

**Mardosienė D.** (1988). Kuršių nerijos aukštujų kopų dinamikos analizė. *Geografinės metraštis*, t. 24, p. 114–119.

**Matzarakis A.** (2003). Climate Data for Tourism: Identification of Data Sources – Building a Meta Database – Identification of Gaps. Final Report Climate Change, the Environment and Tourism. *The Interactions*, p. 19.

**McMichael A. J. et al.** (2003). Climate Change and Human Health – Risks and Responses/Campbell-Lendrum, World Health Organization (WHO).

**Meehl G. A., Stocker T. F., Collins W. D., Friedlingstein P., Gaye A. T., Gregory J. M., Kitoh A., Knutti R., Murphy J. M., Noda A., Raper S. C. B., Watterson I. G., Weaver A. J., Zhao Z. C.** (2007). Global Climate Projections. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, U. K.: Cambridge University Press.

**Meier H. E. M.** (2006). Baltic Sea Climate in the Late 21st Century – a Dynamical Downscaling Approach Using Two Global Models and Two Emission Scenarios. *Climate Dynamics*, Vol. 27(1), p. 39–68.

**Meier H. E. M., Broman B., Kjellström E.** (2004). Simulated Sea Level in Past and Future Climates of the Baltic Sea. *Climate Research*, Vol. 27, p. 59–75.

**Meyer M.** (2003). Modelling Prognostic Coastline Scenarios for the Southern Baltic Sea. *Baltica*, Vol. 16, p. 21–30.

- Meyer M., Harff J.** (2005). Modelling Palaeo Coastline Changes of the Baltic Sea. *J. of Coastal Research*, Vol. 21(3), p. 598–609.
- Michaliukaitė E.** (1967). Kuršių nerijos krantų ir kopų dinamika per pastaruosius 100 metų. *Geografinis metraštis*, t. 8, p. 97–115.
- Minkevičius V.** (1982). Baltijos pakrantės eolinis reljefas. *Geografijos metraštis*, t. 20, p. 156–160.
- Minkevičius V., Žilinskas G.** (2000). Baltijos jūros Lietuvos žemyninio kranto apsauginio paplūdimio kopagūbrio tinkamumas rekreacijai. *Geografijos metraštis*, t. 33, p. 381–389.
- Minkevičius V., Žilinskas G., Jarmalavičius D.** (1996). Kuršių nerijos apsauginio paplūdimio kopagūbrio morfodinaminis vertinimas. *Geografijos metraštis*, t. 29, p. 63–74.
- Morkūnaitė R.** (2000). Vėjo veiklos pasekmės Kuršių nerijos Juodkrantės–Pervalkos kopų ruože. *Geografijos metraštis*, t. 33, p. 244–256.
- Morkūnaitė R., Česnulevičius A.** (2005). Changes in Blowout Segments of the Main Ridge in the Curonian Spit in 1999–2003. *Acta Zoologica Lituanica*, t. 15(2), p. 145–150.
- Nacionalinė** darnaus vystymosi strategija (2003). *Žin.*, 2003, Nr. 89.
- Nicholls N. (1995). Long-Term Climate Monitoring and Extreme Events. *Climate Change*, Vol. 31, p. 231–245.
- Olenina I.** (1998). Long-Term Changes in the Kursiu Marios Lagoon: Eutrophication and Phytoplankton Response. *Ekologija*, t. 1, p. 6–65.
- Oliver R. L., Ganf G. G.** (2000). Freshwater Blooms. *The Ecology of Cyanobacteria. Their Diversity in Time and Space*. B. A. Whitton and M. Potts (Ed.), p. 149–194.
- Oren R., Elsworth D. S., Johnsen K. H. et al.** (2001). Soil Fertility Limits Carbon Sequestration by Forest Ecosystems in a CO<sub>2</sub>-enriched Atmosphere. *Nature*, Vol. 411, p. 469–472.
- Ostrowski R.** (2004). Morphodynamics of a Multi-Bar Coastal zone. Gdansk: Institute of Hydroengineering of the PA of Science, 163 p.
- Pajūrio juostos modifikuota krantotvarkos programa** (2005). Vilnius: Geologijos ir geografijos institutas, 114 p.
- Patz J. et al.** (2000). The Potential Health Impacts of Climate Variability and Change for the United States: Executive Summary of the Report of the Health Sector of the US National Assessment. *Environmental Health Perspectives*.
- Perry A.** (2001). More Heat and Drought – Can Mediterranean Tourism Survive and Prosper? *Proceedings of the First International Workshop on Climate*,

*Tourism and Recreation. Porto Carras, Neos Marmaras, Halkidiki, Greece, 5-10 October 2001*, p. 36-40.

**Pilkaitė R. and Razinkovas A.** (2007) Seasonal Changes in Phytoplankton Composition and Nutrient Limitation in a Shallow Baltic Lagoon. *Boreal Environment Research* (spudoje).

**Plinski M., Jozwiak T.** (1999). Temperature and N:P Ratio as Factors Causing Blooms of Blue-Green Algae in the Gulf of Gdansk. *Oceanologia*, Vol. 41(1), p. 73–80.

**Pruszak Z.** (1993). The Analysis of Beach Profile Changes Using Dean's Method and Empirical Orthogonal Functions. *Coastal Engineering*, Vol. 19, p. 245–261.

**Rosentau A., Meyer M., Harff J., Dietrich R., Richter A.** (2007). Relative Sea Level Change in the Baltic Sea since the Littorina Transgression. (in press).

**Rózyński G.** (2003). Coastal Nearshore Morphology in Terms of Large Data Sets. Gdansk: Institute of Hydroengineering of the PA of Science, 170 p.

**Special Report on Emissions Scenarios** (2000). N. Nakicenovic, R. Swart (Eds). (<http://www.ipcc.ch/pub/reports.htm>)

**Stankūnavičius G., Bartkevičienė G.** (2003). Ekstremalios atmosferos cirkliačijos sąlygos Šiaurės Atlante: oro temperatūros ir kritulių anomalijos Europoje. *Geografijos metraštis*, t. 36(1), p. 18–32.

**Statistikos** departamentas prie LR Vyriausybės, Klaipėdos teritorinė statistikos valdyba (2007). (<http://klaipedatsv.stat.gov.lt>)

**Suursaar Ü., Kullas T., Otsmann M., Saaremäe I., Kuik J., Merilain M.** (2006). Hurricane Gudrun and Modelling its Hydrodynamic Consequences in the Estonian Coastal Waters. *Boreal Env. Res.*, Vol. 11, p. 143–159.

**Turizmo** plėtros iki 2015 metų strategija (2002)/VšĮ Lietuvos regioninių tyrimų institutas.

**Valstybinė** Kuršių marių vandens kokybės gerinimo programa: LR Vyriausybės 2006 m. birželio 21 d. nutarimas Nr. 614.

**WTO report** (2007)/World Tourism Organisation. (<http://www.wto.org>);

**Žaromskis R.** (2006). Lietuvos pajūris ir kopos. Klaipėda. p. 3–6.

**Žilinskas G., Jarmalavičius D.** (1996). Lietuvos Baltijos jūros krantų pažidžiamumo įvertinimas jūros lygio kilimo fone. *Geografijos metraštis*, t. 29, p. 174–183.

**Žilinskas G., Jarmalavičius D., Minkevičius V.** (2001). Eoliniai procesai jūros krante. Vilnius, 284 p.

# Klimato kaita:

prisitaikymas  
prie jos poveikio  
Lietuvos pajūryje

Kalbos redaktorė *Danutė Griniūtė*  
Viršelio dailininkas *Gediminas Markauskas*

Išleido Vilniaus universiteto leidykla  
Universiteto g. 1, LT-01122 Vilnius

Tiražas 300 egz. Spausdino ?????