

VILNIAUS UNIVERSITETAS
GEOLOGIJOS IR GEOGRAFIJOS INSTITUTAS

Jonas Šečkus

**PIETRYČIŲ BALTIJOS JŪROS RAIDOS ANALIZĖ TAIKANT GEOLOGINIO
MODELIAVIMO METODUS**

Daktaro disertacijos santrauka
Fiziniai mokslai, geologija (05 P)

Vilnius, 2009

Disertacija rengta Geologijos ir geografijos institute 2003-2009 metais

Disertacija ginama eksternu

Konsultantai:

Prof. habil. dr. Algimantas Grigelis (Lietuvos mokslų akademija, fiziniai mokslai, geologija – 05 P);

prof. habil. dr. Jan Harff, (Baltijos jūrų tyrimų institutas Varnemiundėje, fiziniai mokslai, geologija – 05 P);

dr. Leonora Živilė Gelumauskaitė (Geologijos ir geografijos institutas, fiziniai mokslai, geologija – 05 P).

Disertacija ginama Vilniaus universiteto Geologijos mokslo krypties taryboje:

Pirmininkas:

Habil. dr. Valentinas Baltrūnas (Geologijos ir geografijos institutas, fiziniai mokslai, geologija – 05 P)

Nariai:

Prof. habil. dr. Olegas Pustelnikovas (Klaipėdos universitetas, fiziniai mokslai, geografija – 06 P)

Prof. habil. dr. Meilutė Kabailienė (Vilniaus universitetas, fiziniai mokslai, geologija – 05 P)

Dr. Saulius Gulbinskas (Klaipėdos universitetas, fiziniai mokslai, geologija – 05 P)

Dr. Antanas Brazauskas (Vilniaus universitetas, fiziniai mokslai, geologija – 05 P)

Oponentai:

Prof. habil. dr. Egidijus Trimonis (Vilniaus universitetas, fiziniai mokslai, geologija – 05 P, geografija 06 P)

Dr. Albertas Bitinas (Lietuvos geologijos tarnyba, fiziniai mokslai, geologija – 05 P)

Disertacija bus ginama viešame Geologijos mokslo krypties tarybos posėdyje 2009 m. birželio 16 d., 15 val., Geologijos ir geografijos instituto salėje.

Adresas: T. Ševčenkos 13, LT 03223, Vilnius, Lietuva

Tel.: +370 5 2104711. Faksas: 370 5 5104695

Disertacijos santrauka išsiuntinėta 2009 m. gegužės 15 d.

Disertaciją galima peržiūrėti Geologijos ir geografijos instituto ir Vilniaus universiteto bibliotekose.

I. ĮVADAS

Baltijos jūra yra didžiausias vidutinio druskingumo vandens baseinas pasaulyje. Ji pradėjo formuotis prieš 13000 metų, atsitraukus paskutiniajam pleistoceno apledėjimui. Baltijos jūros raidos istorija pleistoceno-holoceno laikotarpyje geologiniu požiūriu yra jauna, tačiau sudėtinga, įtakota kelių esminių faktorių: globalių eustatinių vandens lygio pokyčių (eustatinis faktorius), diferencijuotų tektoninių judesių, kuriems didelę įtaką turėjo glacioizostazija (izostatinis faktorius), bei sedimentacinių procesų, kurių problematika yra plačiai diskutuojama iki šių dienų.

Tyrimų objekto charakteristika. Šiame darbe buvo analizuojama pietrytinė Baltijos jūros dalis (pagrindiniai Lietuvos teritoriniai vandenys) bei jos pakrantė. Trys didžiausios upės (Nemunas, Danė ir Šventoji) perneša nuosėdas iš sausumos į atvirą jūrą. Kuršių Marias nuo atviros jūros atskiria Kuršių Nerija. Pietrytinės Baltijos jūros hidrometeorologinis režimas yra veikiamas procesų, vykstančių atmosferoje bei vandens masėse, sąveikos. Pagrindinės hidrologinės charakteristikos – bangos, srovės ir vandens lygis yra vandens masių reakcija į atmosferinius procesus vykstančius regione (Gailiušis et al. 2002).

Geologiniu požiūriu tiriamasis rajonas priklauso Vakarų Lietuvos granulitų blokui, litosferos svoris yra 42-45.5 km (Motuza 2004), o kristalinis pamatas sudarytas iš čarnokitų ir granulitų magminių bei suprakrustalinių uolienų slūgsančių siaurose zonose tarp jų (Motuza 2004). Virš kristalinio pamato slūgso paleozojaus ir mezozojaus nuosėdinės uolienos (klintys, dolomitai, argilitai), kurių storis siekia 2-2.5 km (Grigelis (red.) 1991; Monkevičius et al. 2007). Vakarų kryptimi nuo kranto išnyksta mezozojaus storumė ir po kvartero nuogulomis slūgso viršutiniojo devono uolienos. Prekvartero uolienų paviršiaus svarba ledyninei bei poledyninei sedimentacijai buvo išnagrinėta ankstesniuose įvairių autorių darbuose (Grigelis 1995; Gelumauskaitė et al. 1995; Šliaupa et al. 1995a, b; Gelumauskaitė 1999; Monkevičius et al. 2007).

Kvartero storumė Baltijos jūroje buvo pragrežta tik keliuose grėžiniuose ir juose išskirtos trijų tipų morenos (Bjerkeus et al. 1995). Kvartero nuosėdų storis siekia 15-45 m (Gelumauskaitė et al. 1995). Šiuolaikinės (poledyninės) nuosėdos sudaro santykinai ploną sluoksnį ir tik lokaliuose vietovėse viršija 20 m (pakrantėje bei Kuršių Mariose).

Lietuvos pakrantė yra ypatinga svarba šalies ūkiui pasižyminti teritorija. Vienintelis jūrų uostas Klaipėdoje turi didžiulę reikšmę bendrai Lietuvos ekonomikai (Jokšas et al. 2003). Daugiau nei 880 ūkinių subjektų yra tiesiogiai susiję su jūrų uosto veikla. Klaipėdos jūrų uostas turi 23000 darbo vietų bei sukuria 4.5 % bendro Lietuvos vidaus produkto (BVP). Tuo pačiu indukcinės įmonės netiesiogiai susiję su uostu duoda 185000 darbo vietų bei sukuria 18 % BVP (Klaipėdos jūrų uosto direkcija, 2009).

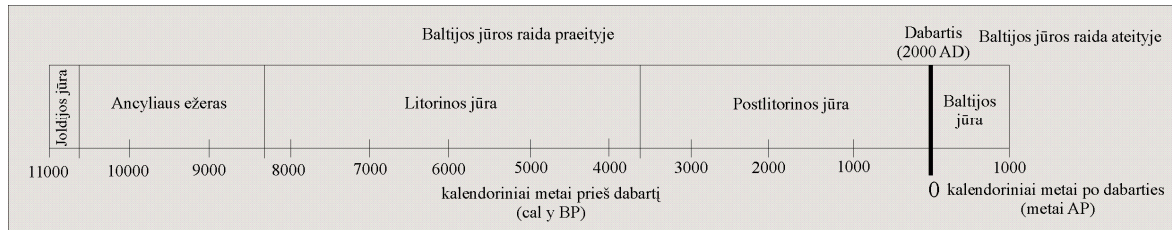
Pagrindiniai Lietuvos kurortai išsidėstę Baltijos jūros pakrantėje. Kuršių Nerija 2000-aisiais metais buvo įtraukta į UNESCO Pasaulinio paveldo sąrašą. Kiekvieną vasarą Lietuvos pajūrį aplanko daugiau nei 1 mln. turistų.

Lietuva turi 90.6 km ilgio jūrinę kranto liniją (Žilinskas 1999), ir nors Lietuvos kranto linija nėra ilga lyginant su kitomis „jūrinėmis“ valstybėmis, tačiau pajūryje vykstantys ekonominiai procesai itin smarkiai veikia visos Lietuvos ekonomiką. Valstybinis Klaipėdos jūrų uostas, Palangos bei Šventosios kurortai ir Kuršių Nerija yra svarbūs ne tik pakrantės gyventojams bet ir visai šaliai.

Disertacijos reikšmė. Geologinės ir geofizinės informacijos gausa sukaupta ir skirtingų autorių interpretuota 20 a. pabaigoje ir 21 a. pradžioje iškėlė būtinybę sukurti vieningą geologinį Baltijos jūros raidos modelį. Surinkta medžiaga, tuo labiau duomenys sukaupiti atviroje jūroje bei krante, niekuomet prieš tai nebuvo modeliuojami kartu pritaikant naujausias geologinės informacijos apdorojimo galimybes (t. y. GIS technologijas), kurios įgalina interpretuoti Baltijos jūros raidą ne tik kokybiškai, bet ir kiekybiškai. Žinios apie Baltijos jūros raidą praeityje leido atlikti detalesnę jos raidos prognozę, kuri pateikiama šiame darbe.

Pietrytinės Baltijos jūros raidos analizė yra svarbi tiek fundamentaliu moksliniu, tiek ir praktiniu požiūriu.

Erdviniai 4 D modeliai pateikti šiame darbe yra lengvai suprantami ne tik specialistams, tačiau ir plačiai visuomenei. Disertacijoje pateikti modeliai gali būti naudingi archeologams bei biologams, tuo pačiu geologams parodydami esančių duomenų trūkumus bei nubrėžiantys naujas perspektyvas tyrimams, kurie turėtų būti atlikti norint gauti kiek galima detalesnius rezultatus.



1 pav. Laiko skalė ir terminai naudojami tekste

Tyrimų tikslas. Pagrindinis tyrimų tikslas buvo atkurti pietrytinės Baltijos jūros raidą holocene (11000 – 0 kalendorinių metų iki dabar) ir atlikti jūros raidos prognozę iki 1000 metų nuo dabar (1 pav.). Tirtasis regionas apima Lietuvos teritoriją (tiek atviroje jūroje, tiek sausumoje), jo koordinatės yra 18°E - 21°30'E rytų ilgumos ir 54°N - 56°30'N šiaurės platumos. Tikslui pasiekti buvo suformuoti tokie **svarbiausi uždaviniai:**

-Sukurti skirtingų Baltijos jūros vystymosi stadijų nuosėdų storių matematinius modelius;

-Naudojantis nuosėdų storių modeliais bei santykinio vandens lygio svyravimo kreivėmis atkurti holoceno laikotarpio (Joldijos jūra–Postlitorinos jūra) reljefą;

-Naudojantis paleoizostazinių judesių modeliu atkurti izostazinio intensyvumo dydžius pietryčių Baltijoje holocene;

-Sukurti šiuolaikinių tektoninių judesių modelį;

-Naudojantis šiuolaikiniu tektoninių judesių modeliu bei IPCC pasaulinio vandens lygio kaitos scenarijais sukurti pietrytinės Baltijos jūros raidos prognozę (trumpalaikę bei ilgalaikę).

Sprendžiant svarbiausius uždavinius buvo suformuluotos **svarbiausios ginamos pozicijos:**

- Holoceno nuosėdos iki Litorinos laikotarpio turėjo nedidelę įtaką pietrytinės Baltijos jūros reljefo raidai. Nuosėdų kiekio įtaka reljefo formavimuisi padidėjo Litorinos bei Postlitorinos laikotarpyje, kai pradėjo formuotis Kuršių Nerija;
- Izostatinio komponento įtaka reljefo raidai didžiausia buvo ankstyvajame holocene, vėliau ji silpnėjo, kol pasiekė dabartines kiekybines reikšmes;
- Pietrytinė Baltijos jūros dalis yra pusiausvyros zonoje tarp kylančios ir grimztančios Baltijos jūros dalių;

- Tiriamos teritorijos raida tiek pietinėje, tiek šiaurinėje dalyse buvo sinchroniška ankstyvajame holocene (iki Litorinos), vėliau transgresinis - regresinis režimas įgavo asinchroninį charakterį;
- Modeliavimo duomenimis pietryčių Baltijos krantų būklę per artimiausius 100 metų įtakos pasaulinio vandenyno lygio kilimas.

Darbo naujumas. Kokybinė ir kiekybinė geologinė informacija bei jos geologinė interpretacija leido sukurti pietrytinės Baltijos jūros 4D modelius. Detalus kiekybinis eustatinių bei izostatinių vandens lygio pokyčių palyginimas leido atskirti šiuos faktorius bei nustatyti izostatinio komponento intensyvumą holoceno metu. Kiekybiškai įvertinus tektoninius judesius ir vandens lygio pokyčius buvo atlikta pietrytinės Baltijos jūros raidos prognozė. Šie darbai Lietuvoje atlikti pirmą kartą.

Disertacijos rengimas. Darbai disertacijos tema pradėti 2003 m., kai autorius įstojo į Geologijos ir Geografijos instituto neakivaizdinę geologijos krypties doktorantūrą. Metodiniai pagrindai įgauti stažuojantis Baltijos jūros tyrimų institute Varnemiundėje (Vokietija): 2003 04 01 – 2004 04 01, 2005 04 01 – 2005 09 31, 2006 09 01 – 2006 10 31. Nuo 2003 m. buvo perskaityti devyni žodiniai pranešimai mokslinėse konferencijose bei seminaruose (7 iš jų tarptautiniuose renginiuose). Buvo parengtos keturios mokslinės publikacijos (2 iš jų referuojamuose žurnaluose). Disertacijos autorius buvo dviejų leidinių bendraautorius „Kuršių Nerijos krantų geodinaminė aplinka bei jos apsauga“ (2007 m., red. A. Grigelis) ir „Klimato kaita: jos poveikis Lietuvos krantams“ (2007 m., red. A. Bukantis, P. Šinkūnas ir E. Taločkaitė).

Darbo struktūra. Disertacija susideda iš įvado, 9 skyrių, išvadų, cituojamo literatūros sąrašo. Disertacija pateikta 145 puslapiuose, kuriuose yra 95 iliustracijos bei 2 lentelės.

Padėka. Dėkoju savo darbo vadovams prof. A. Grigeliui (Vilnius, Geologijos ir geografijos institutas ir Lietuvos Mokslų Akademija) bei prof. J. Harffui (Rostokas/Varnemiundė, IOW Baltijos jūros tyrimų institutas). Reikšmingą pagalbą autoriui visą laiką teikė disertacinio darbo konsultantė, Geologijos ir geografijos instituto Baltijos jūros geologijos sektoriaus vadovė dr. L. Ž. Gelumbauskaitė. Dėkoju to paties sektoriaus darbuotojams J. Paškauskaitei, A. Ručiui ir Baltijos jūros tyrimų instituto specialistams dr. M. Meyer, dr. B. Bobertz ir dr. B. Bohling. Dėkoju Vokietijos aplinkosaugos fondui (Deutsche Bundesstiftung Umwelt) už finansinę paramą stažuojantis Vokietijoje. Dėkoju ir UAB „Grotta“ už finansinę paramą spausdinant darbą.

II. GEOLOGINIŲ-GEOFIZINIŲ TYRIMŲ BALTIJOS JŪROJE APŽVALGA

Lietuva

Didelis dėmesys pietrytinės Baltijos jūros paleogeografijai, neotektonikai ir stratigrafijai skiriamas nuo praeito šimtmečio vidurio iki šių dienų. Pirmosios publikacijos paskelbtos 1960 m., kai V. Gudelis išleido knygą „Baltijos jūra“. Vėliau V. Gudelis redagavo ir išleido keletą monografijų, kurios skirtos šiai tematikai (Gudelis, 1976, 1977, 1982; Gudelis et al. 1979). Nuo 1963 iki 1982 metų V. Gudelis buvo žurnalo “Baltica”, skirto kvartero geologijos, neotektonikos, geomorfologijos, krantų dinamikos ir sedimentologijos klausimams nagrinėti, redaktorius. Nuo 1994 m. žurnalo redaktoriumi tapo A. Grigelis.

Pietrytinės Baltijos jūros raidą, stratigrafiją bei kranto linijos pokyčius detaliam tyrinėjo L. Lukoševičius (Lukoševičius 1974; Lukoševičius et al. 1974).

Baltijos jūros sedimentacinius procesus detaliam nagrinėjo ir aprašė E. Trimonis bei S. Gulbinskas (Trimonis 1981, 1987, 1999; Trimonis et al. 1994, 2005; Gulbinskas et al. 1999). Kuršių Marių sedimentacinius procesus bei nuosėdų geochemiją detaliam tyrinėjo O. Pustelnikovas (Pustelnikovas 1983, 1992, 1994, 1998), S. Gulbinskas (Gulbinskas 1994), E. Trimonis (Trimonis et al. 1999, 2003), K. Jokšas (Jokšas 1996, 1999). Paskutiniu metu disertaciją apie nuosėdų šaltinius bei jų pernašą Lietuvos kranto zonoje apgynė M. Kairytė (Kairytė 2008).

Pirmuosius Lietuvos kranto raidos bei Kuršių Nerijos formavimosi modelius vėlyvajame ledynmetyje – holocene, o taip pat santykinio vandens lygio svyravimo kreives taikant paleontologinius-paleobotaninius metodus pateikė M. Kabailienė (Kabailienė 1967, 1974, 1990). Vėliau šiuos tyrimus plėtojo N. Savukynienė, D. Ūsaitytė, G. Vaikutienė.

L. Ž. Gelumauskaitė Kuršių Marių ir Lietuvos krantų vėlyvojo ledynmečio – holoceno raidos istoriją tyrinėjo taikant geofizinius, litostratigrafinius bei geomorfologinius metodus (Gelumauskaitė 2000, 2002, Gelumauskaitė et al., 2003, 2004, 2005).

Ypatingas dėmesys paleogeografiniams regiono tyrimams atsirado vykdant pajūrio geologinio kartografavimo programą (Bitinas et al. 2001, 2002, 2004, 2005).

Šiuo metu paleogeografiniai tyrimai vykdomi naudojant kompleksinę geologinių metodų visumą (absoliutiniai datavimo metodai, sedimentologija, palinologija, morfo- ir seismo-

stratigrafija) apdorojant ją skaitmeninėje formoje (Gelumbauskaitė et al. 2005b, Šečkus 2007).

Kaimyninės Baltijos regiono valstybės

Jūros geologijos specialistų tarptautinis bendradarbiavimas išvystytas po II Pasaulinio karo. Pirmasis bendradarbiavimo žingsnis gali būti laikomas 6-asis INQUA kongresas Varšuvoje, kuriame buvo įsteigta Baltijos krantų grupė prie Kvartero krantų komisijos (Gudelis et al. 1979). Vėliau grupės suvažiavimai įvyko Paryžiuje (1969), Aberystvyte (1970) ir Kristčerčyje (1973). Paskutinis suvažiavimas itin svarbus tuo, kad buvo sukurtos specialios darbo grupės tyrinėjančios kranto linijų pokyčius Baltijos jūroje, Šiaurės jūroje bei Airijos jūroje. Visos valstybės aplink Baltijos jūrą buvo įtrauktos į grupės veiklą susijusią su senųjų krantinių linijų bei Baltijos jūros raidos vėlyvajame ledynmetyje ir holocene tyrimais. Ypatingu svarbumu pasižymėję P. Alhonen (1971a, b), Dolukhanov et al. (1973), Kvasov et al. (1970), Kessel et al. (1967), Raukas (1966), Veinbergs (1964), Veinbergs et al. (1974), Gudelis (1955a, b; 1960a, b; 1961; 1968) Rosa (1968), Kliewe (1965), Kliewe et al. (1971), Duphorn et al. (1974), Krog (1965; 1968, 1971), Agrell (1974; 1976) darbai davė bendrą supratimą apie krantinių zonų geologinę raidą, kuris iš esmės nepasikeitė iki šių dienų. Aukščiau išvardintų autorių darbai buvo surinkti, susisteminti bei publikuoti monografijoje (Gudelis et al. 1979).

Antrojoje 20 a. pusėje, sovietinė cenzūra neleido laisvai skelbti darbų apie Baltijos jūros hidrodinamiką, morfometriją ir kt., todėl platesnis tarptautinis bendradarbiavimas buvo atnaujintas tik po Tarybų Sąjungos griūties.

1994-1995 metais vykdytas projektas „Gotland Basin Experiment“ (GOBEX). 1996-1999 m. buvo vykdomas tarptautinis projektas į kurio veiklą įtrauktos visos aplink Baltijos jūrą esančios valstybės pavadinimu „Baltic System Study“ (BASYS). Projekto veikloje buvo iškelti trys pagrindiniai uždaviniai: kiekybiškai įvertinti praeities ir šiuolaikinius gamtinius pokyčius, gilinti plačios visuomenės supratimą apie Baltijos jūroje vykstančius gamtinius procesus ir sukurti mokslinę žinių bazę įvertinančią procesus ateityje (Winterhalter 2001).

2002 metais buvo išleista monografija „Geology of the Gdansk Basin Baltic Sea“, redaguota E. M. Emeljanovo. Šioje monografijoje buvo pateikti naujausi tarptautinių

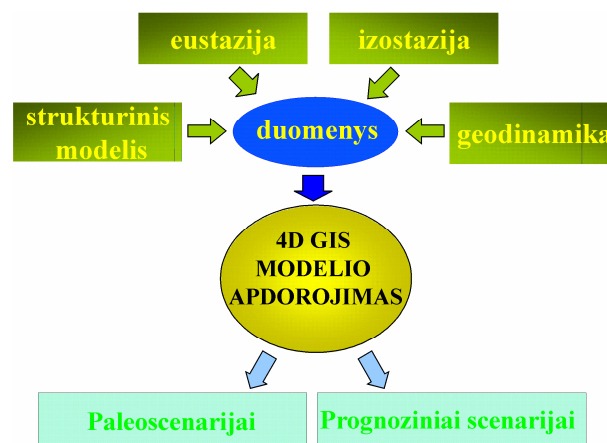
tyrimų rezultatai Gdansko duburyje sedimentologijos, geochemijos, paleogeografijos, geoekologijos, hidrologijos ir kt. srityse (Emelyanov 2002).

Didelę reikšmę krantinių zonų paleo raidos tyrimams turėjo SINCOS projektas („Sinking coasts: Geosphere, Ecosphere and Anthroposphere of the Holocene Southern Baltic Sea“), kurį organizavo Baltijos jūros tyrimų institutas Varnemiundėje (projekto vadovas prof. J. Harff). Šio projekto metu buvo sukurta krantinių linijų kaitos modeliavimo metodika (Meyer 2003; Meyer et al. 2005). Ši metodika su patobulinimais buvo pritaikyta pietrytinės Baltijos jūros raidos analizei bei pateikta šioje disertacijoje.

III. METODOLOGIJA

Reljefo raidos modeliavimo procedūra susideda iš trijų pagrindinių komponentų (Meyer 2003, Meyer et al. 2005, Harff et al. 2005, 2007) pateiktų schemeje (2 pav.):

- *Skaitmeninio reljefo modelio (DEM);
- *Duomenų apie santykinius vandens lygio pokyčius;
- *Duomenų apie geodinaminis procesus (SED).



2 pav. Modeliavimo procedūros principinė schema (sukūrė dr. M. Meyer)

Skaitmeninis reljefo modelis (DEM) yra teritorijos aukščių duomenų komplektas (XYZ koordinatės) interpretuotas koku nors interpoliacijos metodu (pvz.: *kriging*, *nearest neighbour*, *minimum curvature* ar kt.) bei išreikštas taip vadinamu “tinklu” (angl. “grid”) (Badura et al. 2005). Skaitmeninis aukščių modelis atvaizduoja šiuolaikinę Baltijos jūros batimetriją, kranto poziciją bei sausumoje esančio reljefo hipsometriją.

Duomenys apie santykinius vandens lygio pokyčius susideda iš dviejų komponentų: eustatinio faktoriaus (vandens lygio pokyčiai įtakoti klimatinių sąlygų) bei izostatinio faktoriaus (vandens lygio pokyčiai įtakoti Žemės plutos judesiu).

Duomenys apie geodinaminius procesus yra nulemti sedimentacinių/erozinių procesų tiek sausumoje tiek atvirame baseine.

Modeliavimo procedūra gali būti aprašyta šia formule:

$$DEM_t = DEM_0 + SED_{E/D} + RSL_t$$

DEM_t – Skaitmeninis reljefo modelis;

$SED_{E/D}$ – nuosėdos paveiktos sedimentacinių/erozinių procesų;

RSL_t – santykiniai vandens lygio pokyčiai.

Santykiniis vandens lygis išreikštas šia formule:

$$RSL_t = EC_t + IC_t$$

EC_t – Eustatinė komponentė;

IC_t – Izostatinė komponentė.

Prognozinių scenarijų sukūrimui taikyta ši formulė (su sąlyga, kad $t > 0$):

$$DEM_t = DEM_0 + EC_t + IC_t$$

Geologiniai-geofiziniai duomenys naudoti interpretacijai bei modeliavimui

Interpretacijai bei modeliavimui buvo panaudota daugiau nei 300 grėžinių, išgrėžtų geologinio kartografavimo metu (masteliu 1:50 000) (Bitinas et al. 2001), aprašų; 231 jūrinė kolonėlė surinkta ir aprašyta L. Lukoševičiaus, keliolika kolonėlių iš geologinio kartografavimo (masteliu 1:500 000) ataskaitų (Timofeev et al. 1975, 1978); kelios J. Šimėno (Šimėnas 1989) bei M. Repečkos (Repečka 1997) aprašytos kolonėlės. Geologinių modelių sukūrimui naudotos kolonėlės, kuriose buvo atlikta diatomėjų bei sporų žiedadulkių analizė bei pateiktas stratigrafinis suskirstymas (Kabailienė 1996, 1997; Savukynienė et al. 1999; Ūsaitytė 1998; Vaikutienė 2003).

Paleogeomorfologinės sąlygos, sedimentacinių-erozinių procesų istorija bei vandens lygio pokyčiai vėlyvojo ledynmečio – holoceno metu nustatyti naudojantis įvairių autorių pateiktų metodų kompleksu (geomorfologinėmis, seismoakustinėmis, sedimentologinėmis, palinologinėmis analizėmis ir radiokarboninio bei optikoliuminiscencinių (OSL) datavimų) duomenimis (Gelumauskaitė et al 2005a).

Regioninės ir sub-regioninės vandens lygio svyravimo kreivės

Paleo vandens lygio nustatymui buvo pasirinkta 13 regioninių santykinio vandens lygio svyravimo kreivių. Atkuriant holoceno laikotarpio reljefo raidą nuosėdų storumė turi būti suskaidyta į trumpalaikes geochronologinio suskirstymo padalas. Kiekvienam sluoksniui turi būti atkurta tuometinė vandens lygio reikšmė. Šiam tikslui pasiekti, regioninės santykinio vandens lygio svyravimo kreivės buvo įskaitmenintos bei naudojantis *Diagrammer2* programa (autorius dr. M. Meyer) gautos matricos su dviem kintamaisiais (laikas ir Z reikšmė) kas 10 metų. Z reikšmė parodo tuometinio regioninio vandens lygio reikšmę.

Eustatinių vandens lygio pokyčių kreivė sukurta A. Mörner (Mörner 1980) buvo panaudota atskiriant izostatinės komponentės reikšmes nuo eustatinės komponentės. Eustatinės komponentės reikšmės buvo atimtos iš santykinio vandens lygio kreivėse atvaizduotų reikšmių bei buvo gautas tuometinis izostatinis vandens lygis, kuris atspindi to laikmečio Žemės plutos poziciją lyginant su dabartiniu:

$$IC_t = RSL_t - EC_t$$

IC – Tuometinė plutos pozicija;

RSL – Tuometinis vandens lygis;

EC – Tuometinis eustatinis vandens lygis.

Visų regionų matricos su dviem kintamaisiais, naudojantis *minimum curvature* metodu buvo interpoliuotos bei gautas viso regiono izostatinės komponentės modelis kas 10 metų.

Tektoninio intensyvumo modeliai sukurti naudojantis šia formule:

$$TI_{Y-O}=(IC_Y-IC_O)/T_{Y-O}$$

TI – Vidurkinis tektoninis intensyvumas pasirinktame laiko tarpe;

IC_Y – Plutos pozicija laikotarpio pabaigoje (“jaunesnioji pozicija”);

IC_O – Plutos pozicija laikotarpio pradžioje (“vėlesnioji pozicija”);

T_{Y-O} – laikotarpio intervalas.

Kiekvienam regionui apskaičiuotas tektoninis intensyvumas buvo interpoliuojamas naudojant *minimum curvature* metodą. Šiuo būdu buvo sukurti erdviniai (skiriamoji geba 500 m) tektoninio intensyvumo modeliai kas 10 metų.

Modeliavimo procedūra

Modeliavimo procedūra buvo atlikta dviem etapais: paleoreljefo modeliavimas ir reljefo raidos ateityje scenarijų sukūrimas.

Paleoreljefo rekonstrukcija atlikta naudojantis šiais duomenimis: 13 santykinio vandens lygio pokyčių kreivių, eustatinio vandens lygio pokyčių kreivė (Mörner 1980) bei 914 taškų paremtų faktiniais duomenimis:

- 212 „taškų“ atrinktų seismoakustinių duomenų interpretacijos metu;
- 308 kolonėlės atviroje jūroje;
- 380 gręžinių sausumoje;
- 14 fiktyvių taškų ištaisiančių modeliavimo paklaidas.

Modeliavimo procedūros pradžioje buvo sukurti santykinio vandens lygio pokyčių praeityje modeliai (kas 10 metų). Modeliavimo laikotarpis pasirinktas 11000 metų. Įskaitmeninus 13 regioninių vandens lygio svyravimo kreivių, buvo sudarytos duomenų lentelės, kuriose pateikti kiekvieno regiono dviejų kintamųjų duomenys (kalendoriniai metai ir vandens lygio skirtumas lyginant su dabartiniu). Šios lentelės naudojantis Java programiniu plėtinium (autorius dr. M. Meyer) konvertuotos į informacines bylas („dat“). Naudojantis Surfer2000 programa bei programiniu plėtinium (autorius dr. M. Meyer) 1100 bylų (kas 10 metų) konvertuotos į duomenų tinklus („grids“), kuriuose išreikštos trys reikšmės – X, Y, Z (X – ilguma, Y – platuma, Z – vandens lygio skirtumas nuo

dabartinio). Duomenų tinklai sukurti naudojant *minimum curvature* metodą, kur X ir Y reikšmių skiriamoji geba buvo lygi 500 m.

Antrojo uždavinio (atkuriant paleoreljefą) vykdymo metu buvo sukurti keturių skirtingų Baltijos jūros vystymosi stadijų (Joldijos jūros, Ancyliaus ežero, Litorinos jūros bei Postlitorinos jūros) nuosėdų paviršių modeliai. Šie modeliai sukurti naudojantis faktiniais duomenimis: 689 gręžiniais bei kolonėlėmis, 212 „taškų“ atrinktų po seismoakustinių duomenų interpretacijos bei 14 fiktyvių taškų, ištaisančių modeliavimo paklaidas. Šie duomenys naudojant *minimum curvature* interpoliacijos metodą buvo konvertuoti į duomenų tinklus, kurių erdvinė rezoliucija yra 500 m. Buvo sukurti keturi duomenų tinklai (kiekvienai Baltijos jūros vystymosi stadijai Holoceno metu).

Naudojantis programiniu plėtiniu (autorius dr. M. Meyer), skirtingų Baltijos jūros vystymosi stadijų duomenų tinklai buvo suskaidyti į geochronologines atkarpas, t.y. duomenų tinklus, kuriuose išreikšta tiriamojo laikotarpio Z reikšmė. Ši procedūra gali būti aprašyta šia formule:

$$SED_t = L_p + ((L_{max}/T_{max}) * (T_{max} - T_t))$$

SED_t – Tiriamojo laikotarpio Z reikšmė;

L_p – ankstesnės (nei yra tiriamasis laikotarpis) vystymosi stadijos paviršius;

L_{max} – Visos (tiriamojo laikotarpio) vystymosi stadijos nuosėdų storis;

T_{max} – Visos (tiriamojo laikotarpio) vystymosi stadijos laiko intervalas;

T_t – Laikotarpis nuo vystymosi stadijos pradžios iki tiriamojo laikotarpio.

Paskutiniojo uždavinio (atkuriant paleoreljefą) metu buvo sukurti duomenų tinklai atspindintys paleoreljefo poziciją. Šiam tikslui 1100 bylų su vandens lygio pokyčiu lyginant su dabartiniu (kas 10 metų) buvo sukompiliuota su 1100 bylų, kuriose išreikšta kiekvieno tiriamo paviršiaus Z reikšmė:

$$DEM_t = SED_t + RSL_t$$

DEM_t – paleoreljefo Z reikšmė;

Reljefo raida ateityje buvo modeliuojama naudojantis IPCC klimato kaitos scenarijais (IPCC 2001, 2007) bei šiuolaikinių tektoninių judesių modeliu. Šiame darbe pateikti šeši skirtingi reljefo raidos ateityje scenarijai remiantis „optimistiniais“, „vidurkiniais“ bei pesimistiniais pasaulinio vandens lygio kilimo scenarijais.

Vandens lygio pokyčių ateityje kreivės buvo įskaitmenintos bei, tuo pačiu metodu kaip ir atkuriant reljefo raidą praeityje, gautos duomenų lentelės su dvejais kintamaisiais. Vandens lygio pokyčių reikšmės buvo sudėtos su dabartinio reljefo (DEM) Z reikšmėmis. Šios reikšmės yra vadinamos eustatine komponente (EC).

Izostatinė komponentė (IC) atkurta naudojantis šiuolaikinių tektoninių judesių modeliu, laikantis nuomonės, kad tektoninių judesių intensyvumas nekis per artimiausius 1000 metų.

Susumavus eustatinius bei izostatinius duomenų tinklus gauti reljefo raidos ateityje modeliai

IV. DABARTINIS RELJEFO MODELIS (DEM)

Dabartinis reljefo modelis sukurtas naudojantis pirminiais topografiniais bei batimetriniais žemėlapiais, kur reljefo izolinijas („linijinės temos“) transformavus į taškus buvo sukurti duomenų tinklai, kurių horizontali skiriamoji geba yra 500 m. DEM sukurti pritaikant *minimum curvature* interpoliacijos metodą. Modeliui sukurti panaudota daugiau nei 300 000 pirminių taškinių duomenų (nurodančių XYZ reikšmes).

Batimetriniai duomenys atrinkti iš Centrinės Baltijos jūros skaitmeninio batimetrinio žemėlapiu masteliu 1:500 000 (Gelumauskaitė 1998). Šiame žemėlapyje batimetriniai kontūrai praveisti kas 5 m Baltijos jūroje bei kas 2 m Kuršių mariose. Topografinis duomenų tinklas sukurtas naudojantis Vakarų Lietuvos skaitmeniniu topografiniu žemėlapiu masteliu 1:50 000 (GIS Centre 1998), kurio reljefo linijos praveistos kas 10 m. Dabartinio reljefo modelio koordinatų projekcija yra *Transverse Mercator*, kurios centrinis meridianas yra 21°E. Modelio koordinatės yra metrinės, o jo geometrinės ribos yra šios:

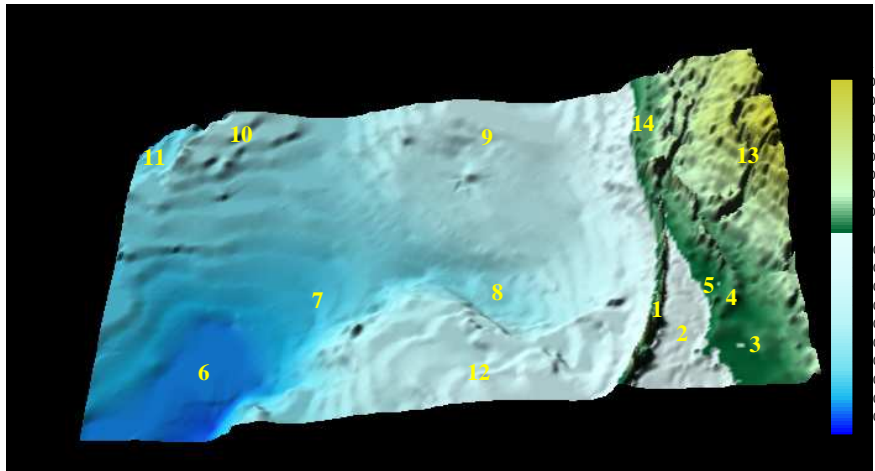
$$X_{\max} = 344000 \text{ E}$$

$$X_{\min} = 200000 \text{ E}$$

$$Y_{\max} = 6220000 \text{ N}$$

$Y_{\min} = 6130000 \text{ N}$

DEM minimali Z reikšmė yra -89.14 m Baltijos jūroje, maksimali – 101.69 m sausumoje. Vidutinė modelio Z reikšmė yra -23.85 m (3 pav.).



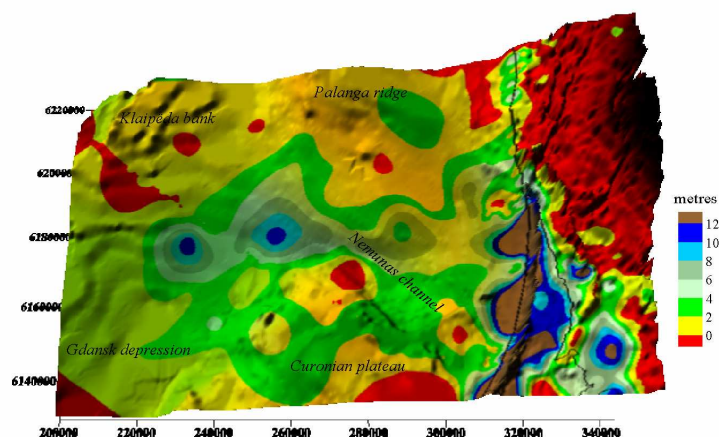
3 pav. Pietrytinės Baltijos jūros skaitmeninis aukščių modelis (DEM). Geomorfologinių formų pavadinimai jūroje pagal Gelumbauskaitė et al. 1999 ir sausumoje pagal Guobytė 2002. 1 – Kuršių nerija, 2 – Kuršių marios, 3 – Nemuno delta, 4 – Pajūrio moreninis gūbrys, 5 – Kuršių pamario lyguma, 6 – Gdanskio įdauba, 7 – Gdanskio įdaubos rytinis šlaitas, 8 – Nemuno kanalas, 9 – Palangos gūbrys, 10 – Klaipėdos banka, 11 – Gotlando įdaubos rytinis šlaitas, 12 – Kuršių plato, 13 – Vakarų Žemaitijos moreninė lyguma, 14 – Būtingės pajūrio lyguma

V. SEDIMENTACINIAI PROCESAI. KVARTERO IR HOLOCENO NUOSĖDOS PIETRYTINĖJE BALTIJOS JŪROJE

Sedimentaciniai procesai holocene vyko veikiant skirtingiems procesams. Pietrytinėje Baltijos jūroje vyrauja akumuliacija, tačiau sedimentacija praeityje ir dabartyje nulemta dugno reljefo, jūros srovių, vyraujančių vėjo krypčių ir kt. Šiame darbe sedimentaciniai procesai nebuvo nagrinėti detalai, nes pagrindinis tikslas buvo suskaidyti holoceno storumę į konkrečias laiko atkarpas atspindinčias skirtingus Baltijos jūros raidos etapus. Kadangi vandens lygio pokyčiai holocene buvo nulemti glacioizostazijos bei „vertikalių tektoninių judesių, o raidos stadijų ribos yra nevienalaikės lyginant pietinę bei pietrytinę Baltijos jūros dalis, šiame darbe panaudota Gotlando baseino stratigrafinė schema, kurią sudarė E. Andren (Andren 1999) remiantis palinologiniais tyrimais.

Dabartinis pietrytinės Baltijos jūros reljefas atspindi visus pagrindinius Fanerozojaus tektogenezės bruožus, kurie nulėmė geologinių baseinų raidą (Grigelis 1995, Gelumbauskaitė 1999). Didelę reikšmę Baltijos jūros reljefo raidai turėjo kvartero

ledynų veikla. Pleistoceno ledynai erodavo prekvarterinį paviršių, sudarė naujus įrėžius bei sukūrė ledyninės kilmės nuosėdinę dangą (Gelumbauskaitė et al. 1995). Kvarteras pietrytinėje Baltijos jūroje pragrežtas tik keliuose grėžiniuose. Pagrindinė informacija apie kvartero nuogulų struktūrą sukaupta remiantis geofiziniais duomenimis (Bjerkéus et al. 1995). Vyrauja nuomonė, kad pietrytinės Baltijos jūros kvartero storumė sudaryta iš Saalio bei Veichselio ledynmečių nuogulų (Repečka et al. 1991, 1992, 1993; Grigelis 1991, Grigelis et al. 1993). Pleistoceno nuogulų danga pietrytinėje Baltijos jūroje yra santykinai plona ir siekia 10 – 20 m (Gelumbauskaitė 1999).



4 pav. Holoceno nuosėdų storio modelis. Spalvinė skalė pateikta metrais

Holoceno nuosėdos plačiai paplitę analizuojamame regione. Jų storis svyruoja nuo kelių centimetrų atviroje jūroje (Kuršių plato, Klaipėdos banka ir Gdanskio įdauba) iki 25 m pakrantėje (Kuršių Nerija, Kuršių marios ir Kuršių pajūrio lyguma) (4 pav.).

VI. SANTYKINIAI VANDENS LYGIO POKYČIAI

Jūros lygio kaita yra nulemta pasaulinio vandens lygio bei tektoninių pokyčių. Baltijos jūros paleogeografiniai tyrimai yra ypatingi tuo, kad izostatinis faktorius papildomai nulemtas glacioizostazijos, todėl Baltijos jūros geologijos užduotis yra ne tik atskirti eustatinį faktorių nuo izostatinio, bet kompleksiskai įvertinti izostatinį faktorių kaip dviejų subfaktorų (“tikrosios” tektonikos bei galcioizostazijos) visumą.

Informatyviausiai vandens lygio pokyčius praeityje iliustruoja grafikai arba taip vadinamos santykinio vandens lygio pokyčių kreivės, kurios nurodo paleokranto linijos padėtį lyginant su dabartine kranto linija.

Paleo vandens lygio pokyčiai

Baltijos jūros regionas holoceno metu buvo veikiamas glacioizostazijos, tektoninių judesių bei eustatinio vandens lygio pokyčių. Visi šie veiksniai nulėmė, kad skirtinguose regionuose vienalaikės krantinės linijos yra nevienodame lygyje. Eustatiniai vandens lygio pokyčiai buvo tyrinėti anksčiau bei sudaryta Baltijos regiono eustatinių vandens lygių pokyčių kreivė (Mörner 1976, 1980). Ši kreivė autoriaus nuomone yra tinkamiausia atskiriant izostatinį faktorių nuo eustatinio.

Vandens lygio pokyčių režimas pietinėje Baltijos jūros dalyje skyrėsi nuo šiaurinės dalies. Dėl izostatinio režimo šiaurinė Baltijos jūros dalis viso holoceno metu yra besitęsiančio kilimo zonoje (vyrauja regresija), o pietinėje dalyje veikiant tiek izostatinio faktoriaus tiek ir eustatinio vandens lygio kilimo paskutinius 8000 metų vyrauja transgresija (Harff et al. 2005).

Taigi, šiaurinėje dalyje 11000 metų vandens lygis krenta. Pats intensyviausias vandens lygio kritimas užfiksuotas Angermanalven regione (centrinė Švedija). Prieš 9430 - 9210 metų, regresijos intensyvumas siekė 180 mm/metus. Kaip tik ši vietovė yra aktyviausioje tektoninio kilimo zonoje (Harff et al. 2001). Žiūrint piečiau, vandens lygio kritimo intensyvumo reikšmės mažėja. Suomijoje, o dar labiau Estijoje, vandens lygio mažėjimas pasireiškė silpniau, o kartais pereidavo ir į transgresinį režimą. Vienalaikė transgresija nustatyta prieš 9000 metų Tammisaari (Suomija), Hiiumaa saloje (Estija), bei Leningrado srityje (Rusija). Vėliau transgresiją keitė regresija, kuri tęsiasi iki šių dienų ir tik Leningrado srityje vandens lygio pokyčių režimas išliko kaitus.

Pietinėje Baltijos jūroje vyrauja vandens lygio kilimas, tačiau tiek Riugeno saloje (Vokietija), tiek Lenkijoje jis buvo pertraukiamas regresijos. Analizuojant santykinio vandens lygio svyravimo kreives pastebėta, kad regresija Lenkijoje vyko tik Preborealia–ankstyvojo Borealiao metu, o vėliau dominavo transgresija. Kaitesnis vandens lygio pokyčių režimas nustatytas Riugeno saloje kurio pobūdis keitėsi kelis kartus.

Labiausiai kintantys vandens lygio svyravimai per paskutiniuosius 11000 metų nustatyti centrinėje Baltijos jūros dalyje. Transgresinis-regresinis režimas keitėsi žymiai dažniau nei pietinėje ar šiaurinėje dalyse. Vienalaikė Ancyliaus ežero transgresija nustatyta prieš 10000 metų Parnu (Estija), Blekinge (Pietų Švedija) bei Lietuvoje. Pats intensyviausias vandens lygio kilimas buvo Lietuvoje (Klaipėda, Nida), kurio reikšmės siekė 62 mm/metus. Kita vienalaikė transgresija, susijusi su Litorinos jūra, užfiksuota prieš 7200 metų. Tuo metu vandens lygis centrinėje Baltijos jūros dalyje pasiekė aukščiausią lygį ir siekė 5-8 m virš dabartinio vandens lygio. Aukščiausias vandens lygis užfiksuotas Blekingėje ir Parnu, o Lietuvoje jis buvo apie 3 m žemiau.

Šiuolaikiniai vandens lygio pokyčiai

Šiuolaikiniai vandens lygio pokyčiai yra nulemti dabartinių tektoninių judesių ir pasaulinio vandens lygio kilimo vykstančio dėl pasaulinio klimato atšilimo. Globalaus eustatinio vandens lygio pokyčių scenarijus sukūrė tarptautinė mokslininkų grupė plačiau žinoma kaip Tarptautinė Klimato Kaitos Komisija (IPCC). Klimato kaitos duomenys panaudoti vandens lygio pokyčių scenarijų sukūrimui 100 metų ir ilgesniam (iki 1000 metų) laikotarpiui. Pirmą kartą šie rezultatai pristatyti 2001 metais (IPCC 2001). Atlikus papildomus tyrimus patikslinti rezultatai pristatyti 2007 m. vasario 2 d., Paryžiuje (IPCC 2007).

Šeši reljefo vystymosi pietrytinėje Baltijos jūros dalyje ateityje modeliai sukurti remiantis „optimistiškiausiu“, „pesimistiškiausiu“ bei „vidurkiniu“ vandens lygio kilimo scenarijais sukurtais 2001 ir 2007 metais. Pirminiai tyrimai atlikti 2001 m. pateikia žymiai „optimistiškesnius“ vandens lygio pokyčius nei išvadose pateiktose 2007 m.

„Optimistinis“ scenarijus sukurtas, kai pasaulinio vandens lygis pakyla 10 cm. Šis vandens lygio kilimas būtų pasiektas radikaliai sumažinus išmetamų CO₂ dujų kiekį, laikantis Kijoto protokolo reikalavimų. „Pesimistiškiausias“ – sukurtas manant, kad Kijoto protokolo nebus laikomasi: CO₂ išmetamų dujų kiekis ne tik nebus sumažintas, bet ir padidės vystantis didžiųjų pasaulio valstybių (tokių kaip Kinija ar Indija) ekonomikai; vandens lygis kils tirpstant šiaurinio Žemės pusrutulio ledynams ir po šimto metų pasieks 0,98 m. „Vidurkinis“ – sudarytas remiantis prielaidomis, kad Kijoto protokolo laikysis šiuo metu jį pasirašiusios šalys, išmetamų CO₂ dujų kiekis bus

sumažintas, ne taip sparčiai kaip „pesimistiškiausiam“ scenarijuje, bet vis tiek tirps ledynai, pasaulinio vandens lygis pakils apie 0,5 m.

Naujausi duomenys apie klimato kaitą rodo, kad per sekančius 100 metų vandens lygis pakils ne mažiau kaip 2.25 m. Taigi, remiantis naujausiais duomenimis pasaulinio vandenyno lygis kils 20 kartų sparčiau nei numatyta 2001 m. pagal „optimistinį“ scenarijų, 50 kartų pagal „pesimistinį“ scenarijų bei daugiau nei 30 kartų pagal „vidurkinį“ scenarijų.

Instrumentiniai vandens lygio matavimai Lietuvoje taip pat patvirtina vandens lygio kilimą. Naujausiais duomenimis vandens lygis Baltijos jūroje, Kuršių Mariose bei Nemuno deltoje nuo 1970 m. kyla vidutiniškai 5,2 mm/metus Klaipėdos platumoje (Baltijos jūra) ir 2.3 mm/metus Nidoje (Kuršių Marios) (Jarmalavičius et al. 2001). Palyginus instrumentinius matavimus su IPCC sukurtais vandens lygio kilimo ateityje scenarijais matoma, kad realūs vandens lygio pokyčiai ateityje galėtų atitikti tarpines reikšmes pateiktas pagal „pesimistinį“ scenarijų (IPCC 2001) ir „optimistinį“ scenarijų (IPCC 2007). Remiantis instrumentinių matavimų duomenimis vandens lygis po 20 metų bus pakilęs 10,4 cm Baltijos jūroje (Klaipėdos platumoje) ir 4,6 cm Kuršių mariose (Nida).

VII. TEKTONIKA

Pietrytinės Baltijos jūros tektoniniai judesiai holoceno metu buvo įtakoti glacioizostazijos (pasireiškusios tirpstant ledynams) bei taip vadinamų „vertikalių“ tektoninių judesių (plokščių tektonikos pasekmė). Holoceno metu izostatiniai vandens lygio pokyčiai aktyviausiai pasireiškė preborealio-borealio metu. Šiuos faktus nustatė V. Gudelis tyrinėdamas Lietuvos, Latvijos bei Kaliningrado srities krantus (Gudelis 1955, 1960, 1961). Sudarius pietrytinės Baltijos jūros neotektoninį žemėlapią buvo apskaičiuotos Žemės plutos judesių amplitudės vėlyvojo oligoceno – kvartero metu (Šliaupa et al. 1995), kurios vėlyvojo oligoceno – kvartero metu siekė -25 m pakrantėje ir -50 - -100 m atviroje jūroje (grimzdimo amplitudžių reikšmės vakarų kryptimi didėja). Remiantis modeliavimo duomenimis išryškėjo tam tikros tiriamos teritorijos izostatinių judesių tendencijos. Ankstyvajame bei viduriniajame holocene (Joldijos jūros bei Ancyliaus ežero vystymosi stadijose) tiek pietinėje tiek šiaurinėje tiriamos teritorijos dalyje vyravo identiškas izostatinis režimas, vėliau (Litorinos jūros vystymosi pradžioje)

izostatiniai judesiai įgavo asinchroninį charakterį. Pietinėje dalyje vyraujant teigiamai izostatinio intensyvumo reikšmei, šiaurinė dalis grimzdavo ir atvirksčiai. Ši tendencija išliko iki šių dienų ir šiuo metu šiaurės-rytinėje teritorijos dalyje vyrauja kilimas (angl. „*uplift*“), o einant iš šiaurės į pietus vyrauja grimzdimas (angl. „*subsidence*“).

Paleotektonika ir glacioizostazija

Tektoninis aktyvumas pietrytinėje Baltijos jūroje didžiausią reikšmę turėjo ankstyvajame ir viduriniajame holocene. Preborealio – Atlančio metu (prieš 11000 – 6800 metų) teritorija patyrė intensyvius tektoninius judesius. Vėliau tektoninis aktyvumas silpo, kol Postlitorinos metu pasiekė dabartines reikšmes (nuo -3 mm/metus pietinėje dalyje ir 1 mm/metus šiaurinėje dalyje). Autoriaus nuomone „vertikalieji tektoniniai judesiai“ (judesiai sukelti plokščių tektonikos) viso holoceno metu turėjo labai menką reikšmę bendrai regiono raidai ir šių judesių intensyvumas neviršijo +/- 3 mm/metus (artimas dabartiniam), todėl galima konstatuoti, kad holoceno pietrytinės Baltijos jūros raidą labiausiai nulėmė glacioizostazijos poveikis, kuris laikui bėgant silpo ir galutinai išnyko Postlitorinos raidos stadijoje.

Dabartiniai tektoniniai judesiai

Dabartinis pietrytinės Baltijos tektoninis aktyvumas yra labai silpnai pasireiškiantis. Šiuolaikiniai Žemės plutos judesiai sukelti horizontalių dislokacijų aktyviose tektoninėse zonose, tokiose kaip Viduržemio jūros regionas, Karpatų, Alpių kalnai bei Vidurio Atlanto kalnagūbris. Ankstesni tyrimai rodo, kad Lietuvoje vyrauja ŠV – PR kryptių įtampos (Šliaupa et al. 2004). Ankstesnių tyrimų skirtingų autorių darbai gerai koreliuoja su šiame darbe gautais modeliavimo rezultatais, kurie rodo, kad tiriamoje teritorijoje vyrauja grimzdimo tendencijos, tačiau grimzdimo intensyvumas neviršija -3 mm/metus. Intensyviausias grimzdimas vyksta pietinėje tirtojo rajono dalyje (nuo -1,5 iki -3 mm/metus). Šiaurės rytinėje rajono dalyje vyksta silpnas kilimas. Klaipėdos platumoje tektoninis intensyvumas lygus 0, o žiūrint ŠR kryptimi kyla iki 1 mm/metus.

VIII. PIETRYTINĖS BALTIJOS JŪROS BEI PAKRANTĖS RAIDA HOLOCENE (PASKUTINIEJI 11000 METŲ)

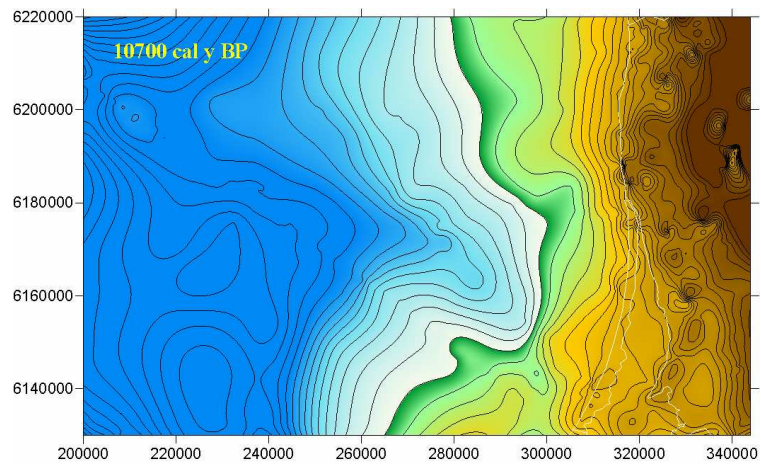
Šiame skyriuje pristatyta reljefo rekonstrukcija apimanti 4 skirtingas Baltijos jūros raidos stadijas (Joldijos jūra, Ancyliaus ežeras, Litorinos jūra bei Postlitorinos jūra) ir apimanti 11000 metų laikotarpį. Modelis susideda iš reljefo kaitos praeityje paveikslų, kur “nulinė” izobata žymi tuometinį vandens lygį. Taigi mūsų modelis vaizduoja paleogeografines rekonstrukcijas fizinių žemėlapių pavidalu kas 10 metų. Iš viso modelyje yra sudaryta 1100 paveikslų, todėl jų neįmanoma pateikti “popieriniame” variante ir yra pristatomi tik patys reprezentatyviausi, geriausiai atspindintys tuometinio reljefo raidos ypatumus.

Joldijos jūra (prieš 11000 – 10700 metų)

Remiantis ankstesnių tyrimų duomenimis nustatyta, kad Joldijos jūros stadija prasidėjo prieš 11600 ir baigėsi prieš 10700 metų (E. Andren 1999). Mūsų modelyje analizuota tik paskutinioji (gėlo vandens) fazė 11000 – 10700 metų laikotarpyje.

Tuo metu Joldijos jūra buvo pasiekusi maksimalią regresijos ribą. Ši regresija buvo sukelta staigaus eustatinio vandens lygio kritimo (52.5 m žemiau nei dabartinis). Tuo pačiu regione vyko intensyvus teritorijos kilimas, kurio intensyvumas siekė 30 mm/metus.

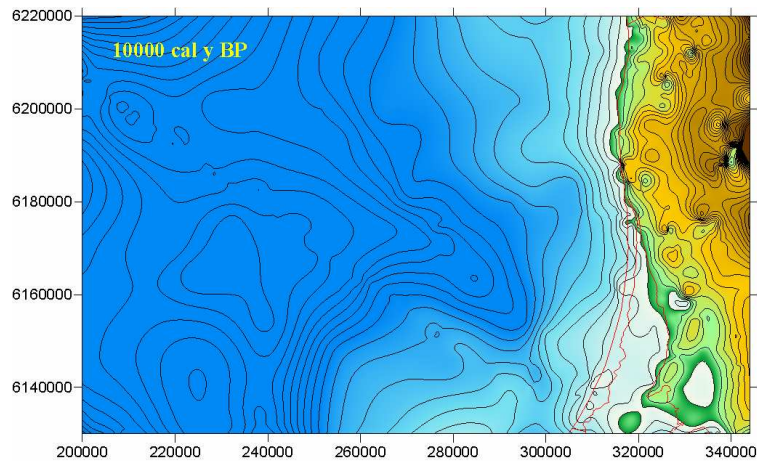
Joldijos jūros kranto tįsa buvo Š-P kryptimi su įlanka centrinėje dalyje. Ši įlanka galėjo būti paleoNemuno bei paleoMinijos upių delta. Rytinė Palangos gūbrio dalis, Gdansko įdaubos rytinis šlaitas bei Kuršių plato buvo sausuma su lengvu šlaito polinkiu V-R kryptimi. Dabartinė kranto linija buvo 40-50 m aukštyje virš tuometinio jūros lygio (5 pav.).



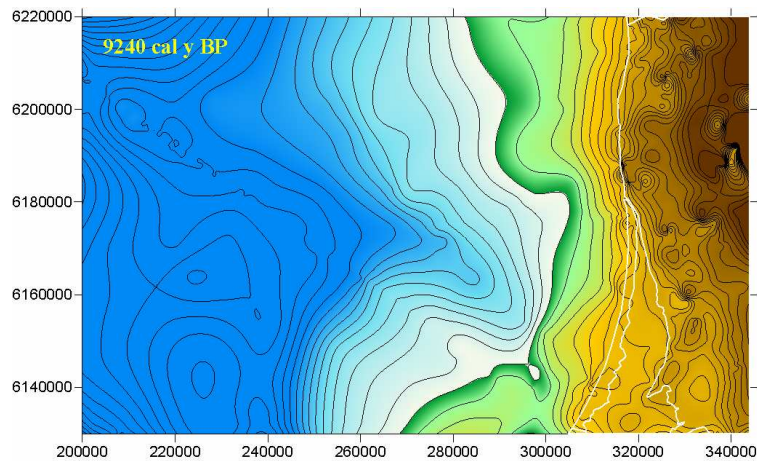
5 pav. Joldijos jūros reljefo modelis (prieš 10700 metų). Balta linija vaizduoja dabartinės kranto linijos padėtį

Ancyliaus ežeras (prieš 10700 – 8300 metų)

Prieš 10700 – 8300 metų susiformavo uždaras gėlo vandens baseinas, kuris vadinamas Ancyliaus ežeru. Jis tapo gėlu paskutiniuoju Joldijos jūros fazėje prieš 11100 metų (E. Andren 1999). Modeliavimo rezultatai rodo, kad Lietuvos teritorija patyrė tris Ancyliaus ežero fazes: transgresija (prieš 10700 – 9970 metų) (6 pav.), regresija (prieš 9970 – 9230 metų) (7 pav.) bei transgresiją (prieš 9230 – 8300 metų) (8 pav.). Pagrindinis faktorius įtakojęs tokią teritorijos raidą buvo glacioizastija.



6 pav. Ancyliaus ežero transgresijos reljefo modelis (prieš 10000 metų). Raudona linija vaizduoja dabartinės kranto linijos padėtį

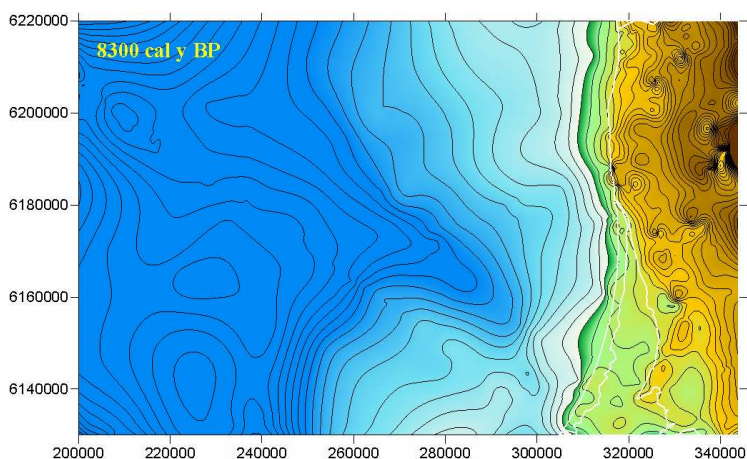


7 pav. Ancyliaus ežero regresijos reljefo modelis (prieš 9240 metų). Balta linija vaizduoja dabartinės kranto linijos padėtį

Litorinos jūra (prieš 8300 – 3700 metų)

Litorinos jūra yra ilgiausia Baltijos jūros raidos stadija. Tiksliai Litorinos jūros stadijos pradžia iki šiol nėra nustatyta, nes vis dar nėra tiksliai nustatyta kada į gėlą Ancyliaus ežero baseiną per Danijos sąsiaurius prasiveržė druskingas Šiaurės jūros vanduo.

Remiantis paskutiniais tyrimais druskingo vandens prietaka prasidėjo prieš 8000 metų (Harff et al. 2007, Rosentau et al. 2007). Tačiau detali pietinės Baltijos jūros diatomėjų analizė rodo, kad Litorinos stadija prasidėjo prieš 10100 metų Bornholmo duburyje bei prieš 8300 metų Gotlando duburyje (E. Andren 1999). Mūsų modelis vadovaujasi prielaida, kad Litorinos jūros transgresija prasidėjo prieš 8300 metų (Gelumauskaitė et al 2005a).



8 pav. *Ancyliaus ežero transgresijos reljefo modelis (prieš 8300 metų). Balta linija vaizduoja dabartinės kranto linijos padėtį*

Skirtingų autorių duomenimis Litorinos metu išskiriamos trys transgresinės-regresinės fazės (Bitinas et al. 2004, Kabailienė 1974, 1997, Gelumauskaitė et al. 2005a). Detali seismoakustinių profilių interpretacija bei jų koreliacija su kolonėlėmis jūroje bei gręžiniais sausumoje leido sudaryti santykinio vandens lygio svyravimo kreives Klaipėdos bei Nidos platumose (Gelumauskaitė et al. 2005a, 2007). Atkuriant paleogeografinę pietrytinės Baltijos jūros raidą išryškėjo, kad Litorinos jūros metu transgresinis-regresinis režimas skyrėsi pietinėje ir šiaurinėje analizuojamos teritorijos dalyse. Tik pirmojoje Litorinos fazėje (prieš 8300-7480 metų) izostatinio vandens lygio pokyčių režimas buvo panašus šiaurinėje ir pietinėse dalyse, tačiau vėliau kai pietinėje dalyje vyravo transgresija, šiaurinėje dalyje vyravo regresija ir atvirkščiai. Didžiąją Litorinos stadijos dalį Lietuvos krantas buvo padalintas į dvi izostatinio režimo zonas (teigiamo ir neigiamo), ši izostatinio režimo ypatybė išliko Postlitorinos metu bei tęsiasi iki šiol. Remiantis šiais modeliavimo rezultatais galima daryti išvadą, kad Litorinos stadijos fazės negali būti vienodai išskiriamos visam Lietuvos krantui, o turi būti

išskiriamos atskiriems rajonams (pietiniam, šiauriniam arba centriniam), nes tuo metu kai pietinėje dalyje vyravo transgresija, šiaurinėje dalyje vyravo regresija ir atvirkščiai. Šiame darbe išskirtos 5 Litorinos jūros fazės priklausančios nuo izostatinio režimo regione. Ribos tarp fazių išskirtos pagal sutampančią Žemės plutos poziciją tam tikru metu:

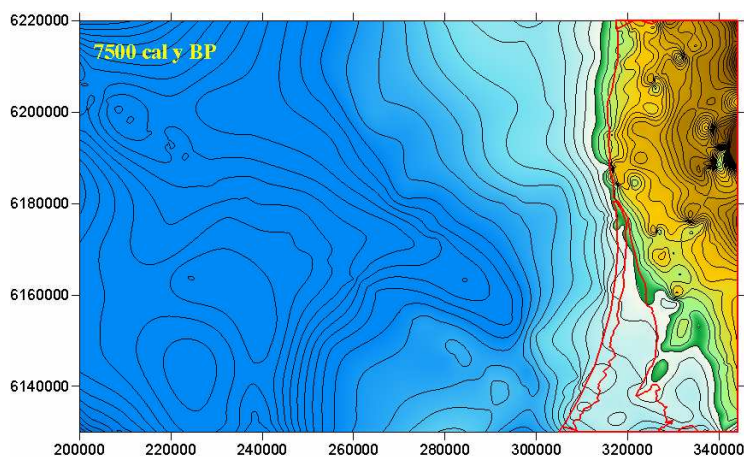
Pirmoji Litorinos jūros fazė (transgresija) – prieš 8300 – 7110 metų (9 pav.);

Antroji Litorinos jūros fazė – prieš 7110 – 6300 metų (10 pav.);

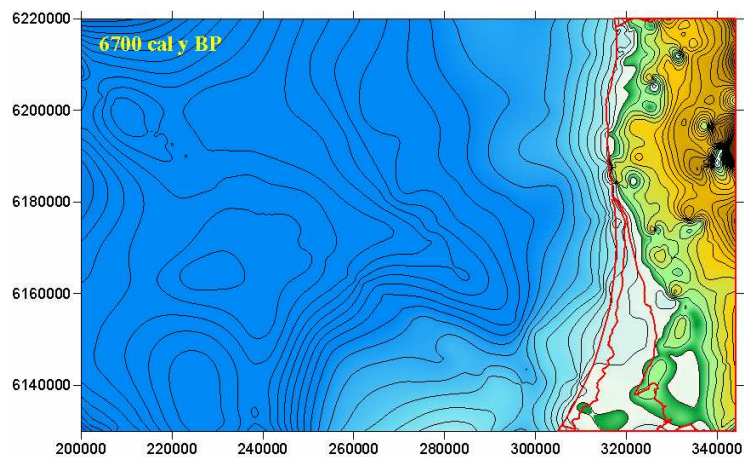
Trečioji Litorinos jūros fazė – prieš 6300 – 5760 metų (11 pav.);

Ketvirtoji Litorinos jūros fazė – prieš 5760 – 4560 metų (12 pav.);

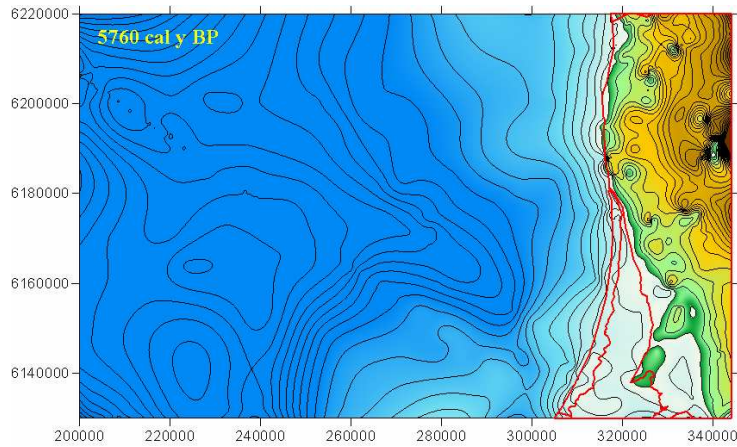
Penktoji Litorinos jūros fazė – prieš 4560 – 3700 metų (13 pav.).



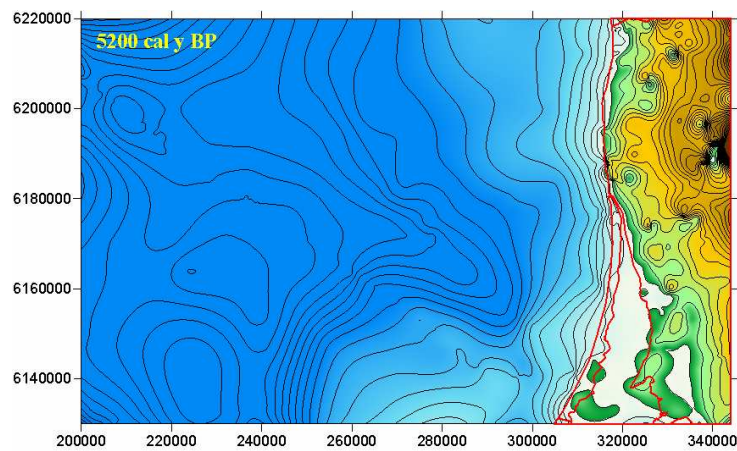
9 pav. Litorinos jūros pirmosios fazės (transgresijos) reljefo modelis (prieš 7500 metų). Raudona linija vaizduoja dabartinės kranto linijos padėtį



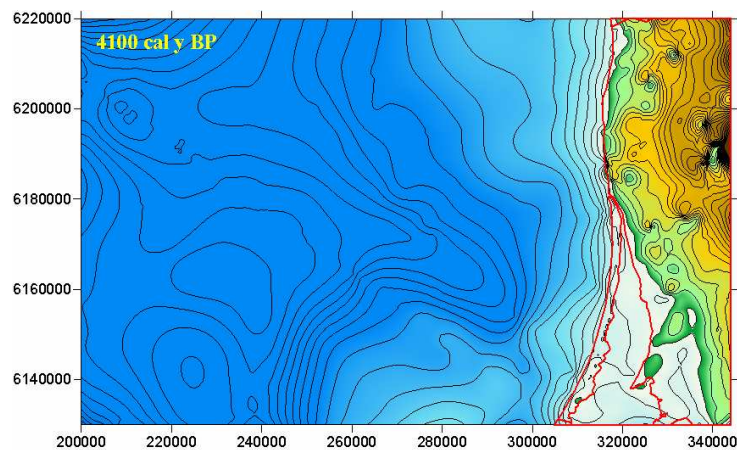
10 pav. Litorinos jūros antrosios fazės (prieš 6700 metų) reljefo modelis. Raudona linija vaizduoja dabartinės kranto linijos padėtį



11 pav. Litorinos jūros trečiosios fazės reljefo modelis (prieš 5760 metų). Raudona linija vaizduoja dabartinės kranto linijos padėtį



12 pav. Litorinos jūros ketvirtosios fazės (prieš 5200 metų) reljefo modelis. Raudona linija vaizduoja dabartinės kranto linijos padėtį

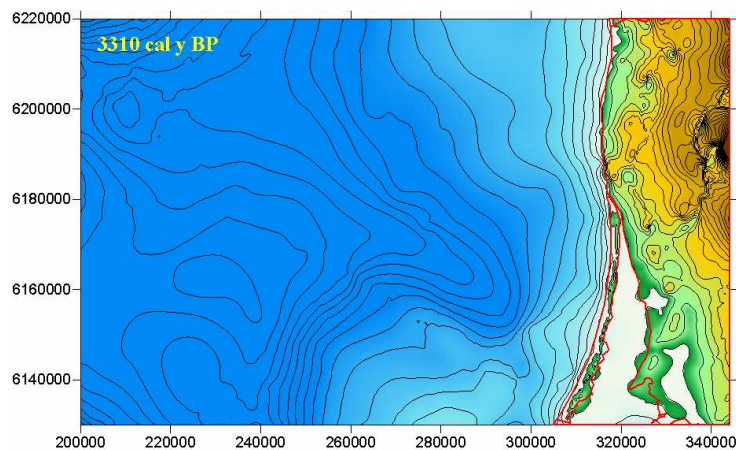


13 pav. Litorinos jūros penktosios fazės (prieš 4100 metų) reljefo modelis. Raudona linija vaizduoja dabartinės kranto linijos padėtį

Postlitorinos jūra (prieš 3300 – 0 metų)

Paskutinioji Baltijos jūros raidos stadija yra Postlitorinos jūra (14 pav.). Šios stadijos metu Baltijos jūros kranto linija įgavo dabartinį pavidalą. Postlitorinos metu visiškai nusilpo glacioizostazijos poveikis regiono raidai. Paskutiniai glacioizostazijos ženklai nustatyti prieš 1000 metų, kai Žemės plutos pozicija 0,5 m aukščiau centrinėje ir 0.2 m aukščiau pietinėje dalyse nei dabartiniu metu.

Naujas itin svarbus veiksnys kranto linijos raidai per paskutiniuosius 100-200 metų buvo antropogeninė veikla (uostai, dampungo rajonai, uosto kanalų gilinimas, melioracija ir kt.). Postlitorinos metu galutinai susiformavo Kuršių Nerija, tačiau aktyvūs eoliniai procesai baigėsi tik prieš kelis šimtus metų, kai neriją apšodino mišku - tokiu būdu sustabdydami smėlio kopų migraciją centrinėje bei šiaurinėje nerijos dalyse.



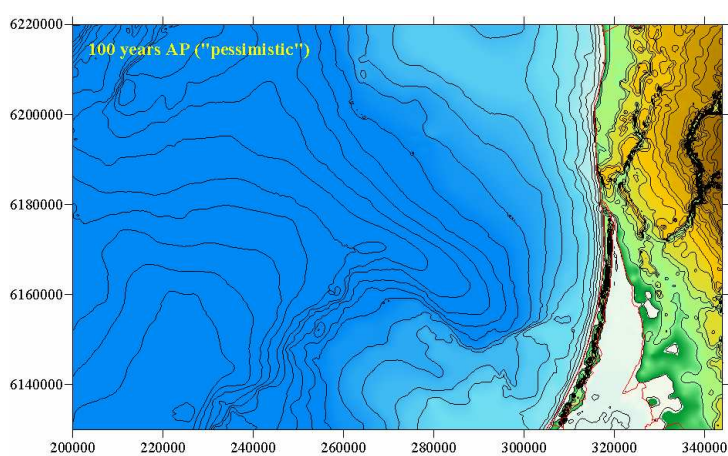
14 pav. Postlitorinos jūros reljefo modelis (prieš 3310 metų). Raudona linija žymi dabartinę kranto linijos padėtį

IX. PIETRYTINĖS BALTIJOS JŪROS RAIDA ATEITYJE

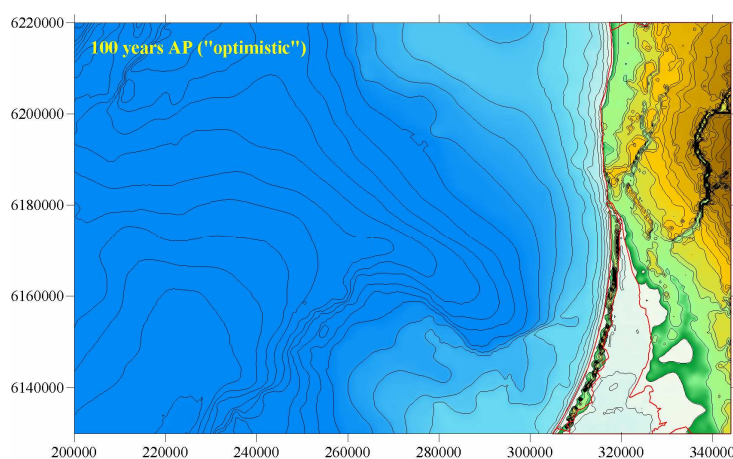
Pirmieji IPCC (Tarpvyriausybė klimato kaitos komisija) eustatinio vandens lygio pokyčių scenarijai ateityje buvo pristatyti 2001 metais, vėliau, tęsiant tyrimus ir gavus naujesnius rezultatus paskelbti naujausi duomenys 2007 metais. Tarpdisciplininė mokslininkų grupė sukūrė klimato kaitos modelius ir nustatė klimato kaitos įtaką eustatinio vandens pokyčiams ateityje (IPCC 2001, 2007). Tokiu būdu buvo sukurti 6 eustatinio vandens lygio pokyčių modeliai ir visi jie prognozuoja didesnio ar mažesnio masto globalaus vandens lygio kilimą.

Pietrytinės Baltijos jūros raidos ateityje modeliai sukurti remiantis IPCC sudarytais „optimistiniais“, „vidurkiniais“ ir „pesimistiniais“ eustatinio vandens lygio pokyčių modeliais (IPCC 2001, 2007) bei izostatinio vandens lygio pokyčių duomenimis.

Lietuvos teritorija yra tarpinėje zonoje tarp kilimo bei grimzdimo. Tektoninis režimas viso holoceno metu silpo ir paskutiniai glacioizostazijos poveikio ženklai pastebėti prieš 1000 metų. Dabartiniai tektoniniai judesiai nulemti procesų vykstančių aktyviose tektoninėse zonose (žiūrėti skyrelį „Tektonika“), todėl modeliuojant raidą ateityje buvo laikomasi nuostatos, kad tektoninės regiono raidos intensyvumas nepakis per sekančius 1000 metų. Tektoninės raidos prognozė nebuvo šio darbo tikslas.



15 pav. Pietrytinės Baltijos jūros reljefo modelis (po 100 metų) pagal 2001 m. sukurtą IPCC „pesimistinį“ scenarijų. Raudona linija žymi dabartinės kranto linijos padėtį



16 pav. Pietrytinės Baltijos jūros reljefo modelis (po 100 metų) pagal 2007 m. sukurtą IPCC „optimistinį“ scenarijų. Raudona linija žymi dabartinės kranto linijos padėtį

Baltijos jūra yra Pasaulinio vandenyno dalis, todėl globalus vandens lygio kilimas turės reikšmingą įtaką ir pietrytinės Baltijos jūros raidai. Visi vandens lygio pokyčių scenarijai (net ir „optimistiniai“) nurodo, kad vandens lygis kils jau artimiausioje ateityje. Sudarius pietrytinės Baltijos jūros raidos modelius nustatyta, kad tik išsipildžius

optimistiškiausiems scenarijams nebus užlieta sausuma, tačiau vandens lygio pokyčių stebėsenos duomenys ties Klaipėda nurodo, kad vandens lygis nuo 1970-ųjų metų kilo 5.3 mm/metus greičiu (Jarmalavičius et al. 2001, 2007). Šių matavimų duomenys atitinka vandens lygio kilimo reikšmes nustatytas IPCC 2001 metais pateiktame „pesimistiniame“ scenarijuje, kuris prognozuoja, kad vandens lygis po 100 metų bus 0.9 m aukščiau nei dabartinis. Taigi lygindami instrumentinio matavimo rezultatus su pateiktais IPCC vandens lygio pokyčių scenarijais galime daryti išvadą, kad realios vandens lygio kilimo intensyvumo reikšmės bus tarp IPCC 2001 m. „pesimistinio“ scenarijaus (15 pav.) ir IPCC 2007 m. „optimistinio“ scenarijaus (16 pav.) pateiktų vandens lygio kaitos prognozių.

X. MODELIO PATIKIMUMAS

Modelio patikimumas priklauso nuo dviejų pagrindinių faktorių – duomenų tikslumo bei jų išsidėstymo analizuojamoje teritorijoje bei taip vadinamo žmogiškojo faktoriaus (pvz.: skenuojant kreives ir kt.). Šiame darbe aprašytas modeliavimo metodas pietrytinės Baltijos jūros raidos analizei buvo pritaikytas pirmą kartą, todėl, suprantama, kad jame neišvengta objektyvių paklaidų.

Geologiniai duomenys. Šiame darbe naudotasi geologiniais duomenimis (kolonėlėmis bei grėžiniais) surinktais iš įvairių informacinių šaltinių (ataskaitų, straipsnių ir kt.). Visi šie geologiniai duomenys buvo surinkti nevienalaikiškai (nuo 8-o 20 amžiaus dešimtmečio iki 21 amžiaus), naudojant skirtingas mėginių paėmimo metodikas. Vien dėl geologinių duomenų nevienalaikiškumo modelio rezultatuose gaunasi 30 metų paklaida. Labai žymią erdvinę paklaidą sukuria netaisyklingos kolonėlių jūroje koordinatės. Kadangi daugelis panaudotų darbe kolonėlių buvo paimtos nesinaudojant tikslia padėties nustatymo sistema (GPS) jų padėtis yra tik apytikslė ir jų atvaizdavimo modelyje paklaida gali siekti net iki kelių kilometrų. Daugelyje kolonėlių nuosėdų amžius nebuvo nustatytas absoliutaus datavimo metodais, o jų amžius nustatytas remiantis litologiniais aprašymais pagal greta esančias kolonėles, kuriose atliktas biostratigrafinis suskirstymas. Todėl amžiaus paklaida yra sunkiai pamatuojama ir gali siekti nuo kelių dešimtmečių iki 1000 metų. Apdorojant geologinius duomenis itin

svarbus „žmogiškasis faktorius“, nes geologinių kolonėlių, kuriose nebuvo atlikti stratigrafiniai tyrimai, nuosėdų amžiaus interpretaciją atliko pats autorius.

Santykinio vandens lygio svyravimo kreivės. Sunkiai įvertinamos paklaidos gautos apdorojant santykinio vandens lygio svyravimo kreives. Visos šios kreivės buvo nubraižytos skirtingų autorių rankiniu būdu. Norint gauti skaitmeninę šių kreivių išraiška buvo naudojama Diagrammer2 programa (autorius dr. M. Meyer). Norint pasinaudoti šia programa reikėjo kiekvieną iš šių kreivių rankiniu būdu „nupaišyti“ grafinėje programoje (pvz. CorelDraw) ir paskui konvertuoti į minėtąją Diagrammer2. Vykdam šią operaciją neišvengta objektyvių paklaidų.

Santykinio vandens lygio svyravimo kreivės atvaizduotos grafikų pavidalu, kur Y ašis atitinka tuometinio vandens lygio poziciją lyginant su dabartiniu, o X ašyje laikas. Dalis autorių X ašyje naudojo „kalendorinį“ laiką (išreikštą kalendoriniais metais), o kita dalis „radiokarboninį“ (išreikštą radiokarboniniais metais). Radiokarboniniai metai buvo kalibruojami naudojantis *Cologne Radiocarbon Calibration & Palaeoclimate Research Package* sistema. Šios operacijos metu taip pat gautos kokios tai paklaidos.

Dabartinis reljefo modelis (DEM). Didžiausią įtaką visai modeliavimo procedūrai turėjo dabartinio reljefo modelio (DEM) kūrimo paklaidos. Jis buvo kurtas panaudojant skirtingo detalumo žemėlapius, todėl ten kur buvo detalesni žemėlapiai ten detaliau atvaizduotas reljefas. Mažiausio tikslumo pasiekta sausumoje, kadangi skaitmeninis aukščių modelis kurtas naudojantis žemėlapiu, kur reljefo izolinijos prarastos kas 10 m. Interpoliacijos metu reljefas pakrantėje „prarado“ žemesnes reljefo formas. Šios paklaidos buvo itin svarbios kuriant reljefo raidos ateityje modelius, nes pakrantės reljefas yra pagrindinis objektas, kurį veikia vandens lygio kilimas.

XI. IŠVADOS

1. Holoceno laikotarpio jūrinės bei ežerinės nuosėdos yra plačiai paplitę tirtajame rajone. Jų bendras storis kinta nuo kelių cm jūroje (Kuršių plynaukštė, Gdansko įdaubos šlaitas, Klaipėdos plynaukštė) iki 17 m pakrantėje (Kuršių Marios, Kuršių Nerija). Ankstyvajame holocene staigūs vandens lygio svyravimai nulėmė kaitų sedimentacinį - erozinį režimą. Litorinos bei Postlitorinos laikotarpiais (vėlyvajame holocene) susikaupė didžioji nuosėdų dalis.

2. Nuo Ancyliaus laikotarpio (prieš 9310 – 9230 metų) izostatinio vandens lygio pokyčių režimas tapo skirtingu pietinėje ir šiaurinėje tirtojo regiono dalyse. Pietrytinėje Baltijos jūros dalyje izostatinio vandens lygio pokyčių intensyvumas nuo Joldijos stadijos iki dabartinio laikotarpio palaiptams silpnėjo, kol pasiekė dabartines reikšmes, kurios pietinėje tiriamojo rajono dalyje yra -1 – (-3) mm/per metus, šiaurinėje rajono dalyje nustatytas silpnas teritorijos kilimas (1 mm/per metus), o Klaipėdos platumoje tektoninis aktyvumas lygus 0. Glacioizostazijos poveikio šiuolaikinėje pietryčių Baltijos jūroje nėra arba jis labai nežymus.

3. Žymus glacioizostazijos poveikis Joldijos jūros – Ancyliaus ežero laikotarpiu visos teritorijos paleogeografinę raidą veikė sinchroniškai. Nuo Litorinos II-osios fazės (prieš 7710 metų) transgresinis-regresinis režimas tapo skirtingas pietinėje ir šiaurinėje dalyse. Dėl izostatinio faktoriaus asinchroniškumo Litorinos jūros fazės gali būti išskiriamos atskiruose rajonuose (pietiniame, šiauriniame arba centriniame), nes tuo metu kai pietinėje dalyje vyravo transgresija, šiaurinėje dalyje vyravo regresija ir atvirkščiai. Kuršių Nerija pradėjo formuotis IV-osios Litorinos jūros fazės metu (prieš 5450 metų). Einant iš pietų į šiaurę, pradėjo formuotis salos, kurios V-osios Litorinos fazės metu (prieš 4100-3860 metų) jungėsi viena su kita. Kuršių Nerija vientisa tapo Postlitorinos metu (prieš 3300 metų).

4. Dabartinėje jūros raidoje vienintelis scenarijus, nenumatantis sausumos užliejimo, yra “optimistinis” IPCC 2001-ųjų metų (vandens lygis kils 0,1 m). Pagal visus kitus scenarijus Nemuno delta, Kuršių pajūrio lyguma bei pietinė Pajūrio moreninio gūbrio dalis bus užlieti jau po 100 metų (vandens lygis kils nuo 0,5 iki 5 m). Dėl nepakankamo reljefo modelio tikslumo (ypatingai krantinės dalies) pietrytinės Baltijos jūros raidos ateityje rezultatai neatspindi realios situacijos, tačiau pritaikant šį modeliavimo metodą ir panaudojus detalius hipsometrinius duomenis gauti modeliai gali būti taikomi praktikoje.

Publikacijos

Gelumbauskaitė, L.-Ž., Šečkus J. 2005. Late–Glacial—Postglacial Fresh Water Basins in Curonian Lagoon (Lithuanian Sector). *Baltica Vol. 18(2)*. 77-82.

Gelumbauskaitė, L.-Ž., Šečkus J. 2005. Late Quaternary shore formations of the Baltic basins in the Lithuanian sector. *Geologija, No. 52*. 34-45.

Šečkus, J. 2007. Skaitmeninis dugno reljefo modelis. *Kuršių nerijos krantų geodinaminė aplinka ir jų apsauga (red. A. Grigelis)*. P. 37-39.

Gelumauskaitė, L. Ž., Šečkus, J. 2007. Kuršių nerijos jūrinio kranto povandeninis šlaitas (priekrantė). *Klimato kaita: prisitaikymas prie jos poveikio Lietuvos pajūryje* (red. Bukantis, A., Šinkūnas, P., Taločkaitė, E.). P. 32-39.

Šečkus, J. 2007. Pietrytinės Baltijos jūros reljefo kaitos modeliavimas. *Geologijos akiračiai*, nr. 3. P. 27-33.

Summary

The present study concentrates on the south-eastern part of the Baltic Sea (mainly Lithuanian waters). The main subject of the present research is the geological development of the south-eastern Baltic Sea in Holocene (11000 – 0 calendar years before the present) and prediction of its development in the future (0-1000 calendar years after the present). The present is calendar years 2000AD. The working area is estimated between longitude 18°E - 21°30'E and latitude between 54°N - 56°30' including the onshore and offshore of Lithuania.

The **objective of the thesis** was creation of the geological four dimensional (4D) paleomodel and several future scenarios of the development of the south-eastern Baltic Sea. In our case, the south-eastern part of the Baltic Sea is taken as a dimension of space. The Holocene time (11000-0 cal y BP) is taken as dimension of time for the past and 0-1000 cal y for the future. There were *the main tasks* set up to achieve this objective:

- To create the models of the thickness of the sediments of the different Baltic Sea development phases (Yoldia Sea, Ancylus Lake, Litorina Sea and Postlitorina Sea);
- To create the model of the paleo isostatic movement; to create the models of the isostatic intensity in Holocene according to relative sea level changes;
- To create a regional model of the recent tectonic activity in the south-eastern Baltic;
- To create a paleo model (from Yoldia Sea to Postlitorina Sea) of the contemporary relief in the south-eastern Baltic Sea using curves of the relative sea level changes and models of the thicknesses of the different Baltic Sea development stages;
- To create the prognoses of the south-eastern Baltic Sea development in the future (for short time and long time) using the regional model of the recent tectonic activity and the IPCC sea level changes scenarios

Solution of the main tasks has led to formulating the main *defended statements*:

- The thickness of the sediments played a minor role in the relief formation of the south-eastern Baltic Sea offshore. The amount of sediments was more important especially in the Litorina and Postlitorina stages in the Curonian Lagoon and in the near-shore zone, when the sandy bar started to form.
- The isostatic component had the major role at the beginning of Holocene, later it had suffocating character until reached the recent isostatic values;
- The development of the south-eastern Baltic Sea had synchronous character until the beginning of Litorina stage, later the transgression-

regression regime had different values if to compare the southern and the northern parts of the study area;

- The tendencies of the global warming will strongly influence the Lithuanian coast already in the nearest future.

The following **conclusions** have been made on the basis of the mentioned investigations:

1. Holocene marine and lacustrine deposits are widely spread all over the study area. The thickness varies from several centimeters in the open sea (Curonian plateau, Klaipėda bank and Gdansk depression) to 17 m in the coastal area (Curonian Spit, Curonian Lagoon, Kuršių maritime plain). The main part of the sediments sequence was deposited in the coastal area during the last phases of Litorina Sea and Postlitorina Sea. At the beginning of the Holocene, the rapid changes of the sea level had the influence on weak sedimentation rates and very changeable sedimentation/erosion conditions. The greater amount of the sediments in the nearshore zone was deposited during the Ancyclus-Litorina-Postlitorina transgressions (sandy deposits).

2. From 9310-9230 cal y BP (Ancyclus Lake), the tectonic activity in the southern part was dissimilar if to compare with central and especially with the northern parts of the area. The isostatic regime during Holocene had a suffocating character in the south-eastern Baltic Sea until the values reached the recent, which vary from 1.5 to almost -3 mm/year. In the north-eastern part of the study area the weak uplift dominates (1 mm/year). In the Klaipėda latitude, the tectonic activity is 0, whereas going south-west the subsidence rate increases to -3 mm/year. Glacioisostatic rebound in the south-eastern Baltic Sea have no influence on tectonics or it is not marked.

3. The high influence of the glacioisostatic rebound during the Yoldia Sea and Ancyclus Lake stages affected the whole region simultaneously, whereas from the first Litorina Sea transgression the regional development have an asynchronous character if to compare the southern and the central/northern parts of the area. The modeling of isostatic sea level changes broke the theory about the Litorina Sea transgression-regression phases on the whole Lithuanian coast. The phases could be divided only in descriptions of the separate regions (southern, central or northern parts) while when the southern part was under sea transgression, the central and northern parts were affected by regression. The Curonian Spit began to form at the 4th phase of Litorina Sea (5450 cal y BP). The great amount of material transported by Nemunas and Minija rivers was deposited in the shallow bay (the depth of the bay did not exceed 5 m). In the southern part islands began to form, which later (during the fifth phase of Litorina) were connected with each other. Islands were completely united during the Postlitorina Sea stage (3300 cal y BP). The sandy bar formation direction was from south to north.

4. The only scenario that did not forecast the dry-land overflowing was the “optimistic” one (IPCC 2001). All others agree that the most risky area is the southern part. The Nemunas River delta, Kuršių maritime plain and the southern part of Maritime moraine ridge will be overflowed in 100 years (water level will increase 0.5-5 m). The results about the future developing of the south-eastern Baltic can be used more theoretically as the resolution of digital elevation model in the coastal area is not high enough to represent the real situation, but using this modeling method together with more precise hypsometrical data the results can be used for practical purposes.

CURRICULUM VITAE

Vardas: Jonas.

Pavardė: Šečkus.

Gimimo data ir vieta: 1978 06 29, Vilnius.

Adresas: Geologijos ir geografijos institutas, T. Ševčenkos str. 13,
Vilnius Lietuva

Telefonas: +370 699 80365

El. paštas: jonas.seckus@geo.lt

Išsilavinimas

1984-1996 Viršuliškių vidurinė mokykla, Vilnius.

1996-2000 Vilniaus Universitetas, geologijos bakalauro laipsnis..

2000-2002 Vilniaus Universitetas, geologijos magistro laipsnis.

Karjera

1998-2002 Geologijos institutas, Biostratigrafijos laboratorija (Inžinierius)

Since 2002 Geologijos institutas, Jūros geologijos sektorius

2003 04 01- 2004 04 01, Stažuotė Baltijos jūros tyrimų institute
Varnemiundėje (Vokietija) (vadovas prof. hab. Dr. J. Harff)

2005 04 01 - 2005 09 31, Stažuotė Baltijos jūros tyrimų institute
Varnemiundėje (Vokietija) (vadovas prof. hab. Dr. J. Harff)

2006 09 01 – 2006 10 31 Stažuotė Baltijos jūros tyrimų institute
Varnemiundėje (Vokietija) (vadovas prof. hab. Dr. J. Harff)

Since 2009-05-11 Geologijos ir geografijos institutas, Geoaplinkos tyrimų skyrius
(jaunesnysis mokslo darbuotojas)

HONORS/AFFILIATIONS

Since 1998 Lietuvos Geologų Sąjungos narys

1998 – 2002 Lietuvos Geologų Sąjungos studentų sekcijos
vadovas

2000 – 2002 Amerikos Naftos Geologų Asociacijos Lietuvos studentų
sekcijos prezidentas

Since 2005 12 01 Geologijos įmonių asociacijos direktorius