

*Saulius Gulbinskas, Nerijus Blažauskas, Eriks Visakavičius, Klaipėdos universitetas  
Dainius Michelevičius, UAB „Geobaltic“*

## **GEOFIZINIŲ-GEOLOGINIŲ TYRIMŲ METODŲ KOMPLEKSO TAIKYMAS TIRIANT BALTIJOS JŪROS DUGNĄ**

### **Ivadas**

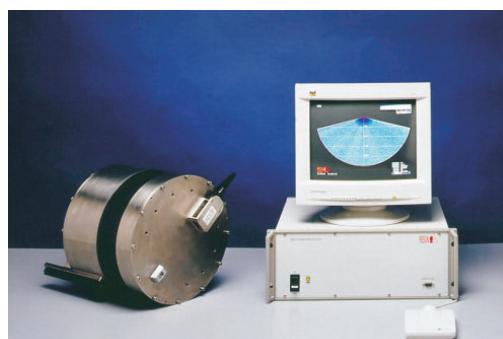
Pastaruoju metu šiuolaikiniai jūriniai tyrimai vis sunkiau įsivaizduojami be modernių geofizinių–geologinių tyrimų metodų komplekso taikymo. Glaudžiai bendradarbiaujant didelę tokų darbų patirtį turintiems Gdansko jūrinių tyrimų instituto geofizikams, Klaipėdos universiteto Baltijos pajūrio aplinkos tyrimų ir planavimo instituto geologams bei geofizinių duomenų interpretacija užsiimančios UAB „Geobaltic“ specialistams, susiformavo pajėgus mokslininkų kolektyvas, galintis tokius darbus atlikti Lietuvos Baltijos jūros akvatorijoje. Baltijos jūros dugno geofiziniai ir geologiniai tyrimai plote, esančiai už 25 km į vakarus nuo Būtingės, buvo atlikti Gdansko jūrinių tyrimų institutui priklausanti laivu „IMOR“ (1 pav.), kuriame sumontuota visa tyrimams reikalinga įranga. Toliau pateikiami preliminarūs šių tyrimų duomenys.



1 pav. Laivas „IMOR“, Gdansko jūrinių tyrimų institutas.  
Fig. 1. R/V Imor, Gdansk Maritime Research Institute.

### **Tyrimų metodai**

Siekiant detaliai ištirti minėto rajono geologinę sandarą bei dugno morfologiją, buvo pasirinktas standartinis šiuolaikinių geofizinių jūros dugno bei tradicinių geologinių metodų



2 pav. Daugiaspindulinis echolotas. "Reson SeaBat 8101".  
Fig. 2. Reson SeaBat 8101 multibeam echosounder.

kompleksas (jūros dugno morfologiniai tyrimai daugiaspinduliniu echolotu, jūros dugno paviršiaus sonarogrammos sudarymas šoninės lokacijos sonaru bei paviršinės dugno geologinės sąrangos (iki 5-10m gylio nuo dugno paviršiaus) tyrimai seismoakustiniu metodu).

*Dugno morfologijos tyrimai* buvo atlikti „Reson“ firmos daugiaspinduliniu echolotu *SeaBat 8101* (angl. *multibeam echosounder*), kurio darbinis dažnis – 455 kHz (2 pav.). Priklasomai nuo jūros gylio prie laivo korpuso pritvirtintu prietaisui buvo skenuojami 100-150 m pločio jūros dugno ruožai (visiškas padengimas). Gauti atskirų ruožų batimetriniai duomenys po papildomo apdorojimo buvo jungiami į masyvą, kurio skiriomoji geba lateralia kryptimi siekia 25-50 cm. Toks tyrimų tikslumas leidžia išskirti net mažiausius dugno morfologinius ypatumus, jau nekalbant apie įvairius ant dugno gulinčius objektus. Tyrimo tikslumas vertikalia kryptimi priklauso nuo akustinių bangų sklidimo vandenyje greičio įvertinimo tikslumo.

*Jūros dugno akustinei nuotraukai sudaryti* buvo naudojamas „EdgeTech“ firmos šoninės lokacijos sonaras „DF1000“ (angl. *side scan sonar*), kuriuo matavimai atliekami dviem darbiniais dažniais – 100 kHz ir 500 kHz (3 pav.). Šoninės lokacijos sonaro siųstuvu generuojama



3 pav. Šoninės lokacijos sonaras EdgeTech DF1000.

Fig. 3. EdgeTech DF1000 side scan sonar.



4 pav. Seismoakustinių tyrimų įranga OreTech 3010S.

Fig. 4. OreTech 3010S sub-bottom profiler.

seisminė bangą sklinda dugno paviršiumi. Nuo visų dugno nelygumų atispindėjusios bangos intensyvumas registruojamas imtuviu. Tokiu būdu užfiksuojami dugne esančių paviršinių nuosėdų pasikeitimai, nustatomi ruzgų laukai, identifikuojami nuskendę laivai, inkarai, povandeniniai kabeliai ir kt. Kai jūra rami, aukšto dažnio akustinėje dugno nuotraukoje galima identifikuoti kelesdešimties cm skersmens objektus.

*Seklieji seismoakustiniai tyrimai* buvo atliekami žemo dažnio (3,5-14 kHz) įranga „OreTech 3010S“ (angl. *sub-bottom profiler*) (4 pav.). Skirtingai nuo aukščiau minėtų metodų, taikant šį metodą, akustinė bangą siunčiama vertikaliai žemyn, ji prasiskverbia giliau dugno paviršiaus ir atispindi nuo įvairių litologinių (ar kitokios pri-gimties) ribų. Priklausomai nuo dugno nuogulų tipo maksimalus tyrimo gylis – iki 20 m nuo dugno paviršiaus. Interpretuojant profiliavimo metu sudarytus seisminius profilius, galima giliau pažvelgti į jūros dugno geologinę sandarą bei identifikuoti po paviršinėmis nuosėdomis palaidotus įvairaus dydžio objektus.

Be hidroakustinių tyrimų, siekiant patikimai rekonstruoti geologinę tiriamojo rajono sandarą, buvo taikomi ir tradiciniai geologiniai metodai. Rajone (vibraciniu gražtu VKG 3) buvo išgrežta 19 seklių grežinių, paimtos iki 3 m ilgio nuogulų kolonélės buvo detaliai aprašomos, atrinkti mėginių laboratoriniams tyrimams.

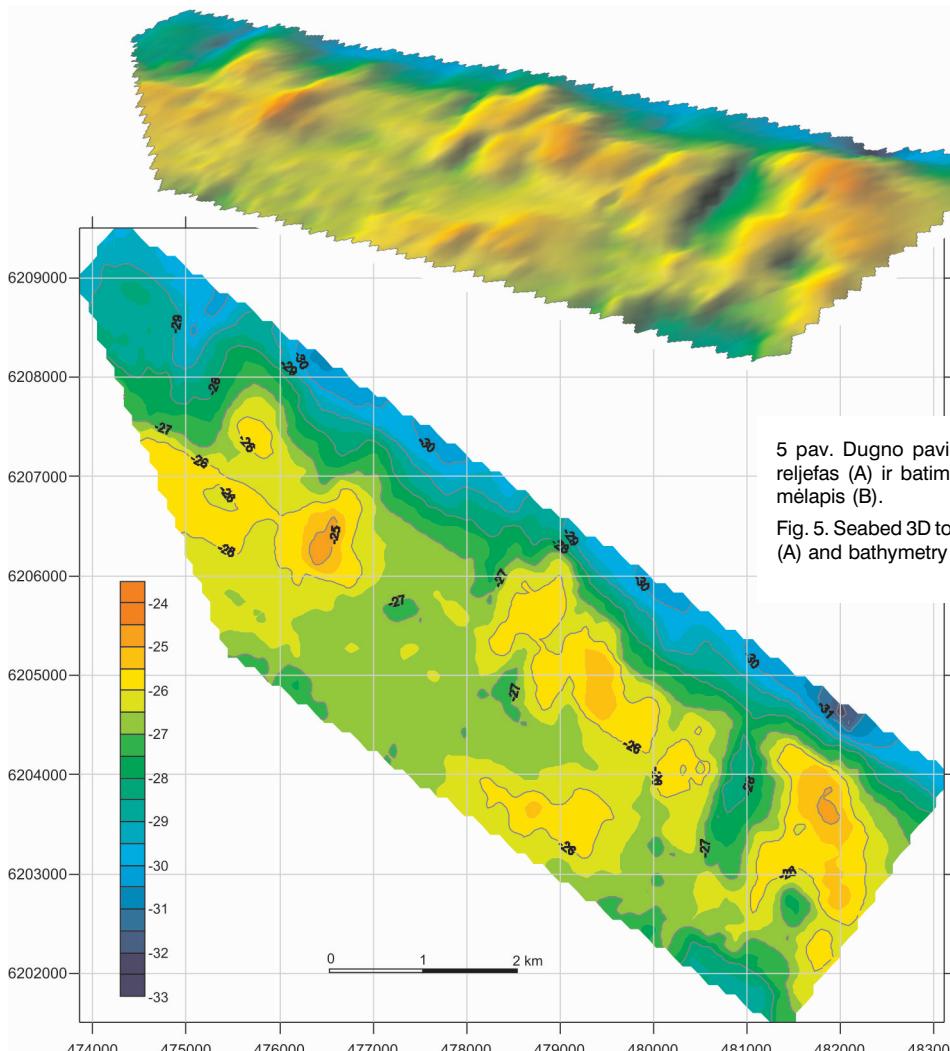
### Rezultatai

Daugiaspinduliniu echolotu gautas dugno paviršiaus 3D reljefas ir batimetrinis žemėlapis pa-

teikti 5 pav. Tiriamajame plote matyti nedidelės amplitudės morfologinės formos – gūbriai, kurių aukštis siekia 1-2 m, o plotas – 0,5-2 km<sup>2</sup>. Be to, išryškėjo bendras dugno reljefo žemėjimas (nuo 26 iki 31 m gylio) šiaurės-rytų kryptimi.

Pagal šoninės lokacijos sonaru atliktą tyrimų duomenis buvo sudaryta jūros dugno paviršiaus sonarogramma (6 pav.). Sonarogramoje aiškiai atsiskiria skirtingo litologinio tipo dugno plotai, fiksuojami paviršiuje esantys objektai ir kt. Pateiktame pavyzdyme matyti, jog tiriamojo rajono šiaurės rytinėje dalyje vyrauja šviesūs tolygūs tonai (silpnas akustinis signalas), būdingi santykinių smulkioms, poringoms nuoguloms (įvairaus rupumo smėliui, rupiam aleuritui). Akustinis signalas labai gerai atispindi nuo kieto grunto, todėl tiriamajame rajone tamsūs tonai rodo tankias kompaktiškas nuogulias (moreninių arba limnoglacialinių molij, itin tankų aleuritų ir pan.). Dugne esantys rieduliai, rupaus žvirgždo ir gargždo nuogulos, ruzgų žymės bei kiti reljefo pobūdžio pasikeitimai sonarogramoje taip pat gerai matomi.

Seismoakustiniu metodu užrašytas seisminis pjūvis bei jo interpretacija pateikti 7 pav. Seisminiame pjūvyje išsiskiria dvi ryškios litologinės ribos. Gilesnė riba siejama su smėlingų-žvirgždingų nuogulų slūgsojimu ant moreninio priemolio. Profilio pradžioje 2,5 m storio smėlingos-žvirgždingos nuogulos dengia moreninius priemolius, toliau smėlingų nuogulų storis po truputį mažėja, kol profilio antroje pusėje morena išeina į paviršių. Be to, profilyje aukščiau esanti stipri atspindinti riba atitinka



5 pav. Dugno paviršiaus 3D reljefas (A) ir batimetrinis žemėlapis (B).

Fig. 5. Seabed 3D topography (A) and bathymetry map (B).

smulkų smėlingų bei žvirgždingų nuogulų ribą. Seisminio pjūvio interpretaciją patvirtino ir vibracinių grėžimo duomenys.

Atlikus įvairiaus metodais surinktų duomenų interpretaciją ir apibendrinus seisminiu-akustinių, dugno reljefo bei geologinių tyrimų medžiagą, buvo sudarytas paviršinių nuogulų litologinis žemėlapis (8 pav.). Kompleksinių tyrimų tai- kymo privalumas – geologinės interpretacijos tikslumas. Sonarogramose išryškintos litologinės ribos atitinka realias, gamtoje egzistuojančias skirtingų nuogulų išplėtimo ribas, o grėžinių medžiagos tyrimai leidžia tiksliai apibrėžti kiekvieno lauko nuogulų tipą.

Remiantis sudaryta tikslia paviršinių nuogulų išplėtimo schema (žr. 8 pav.) ir seisminio-akustinio profiliavimo metu sudarytais geologiniais

pjūviais (7 pav.) galima ivertinti erdinę tiriamojo ploto geologinę sandarą, sudaryti įvairių sluoksnių storijų bei tūrių schemas, prognozuoti potencialių naudingųjų iškasenų kiekius, ivertinti gavybos galimybes.

#### Apibendrinimai ir taikymo galimybės

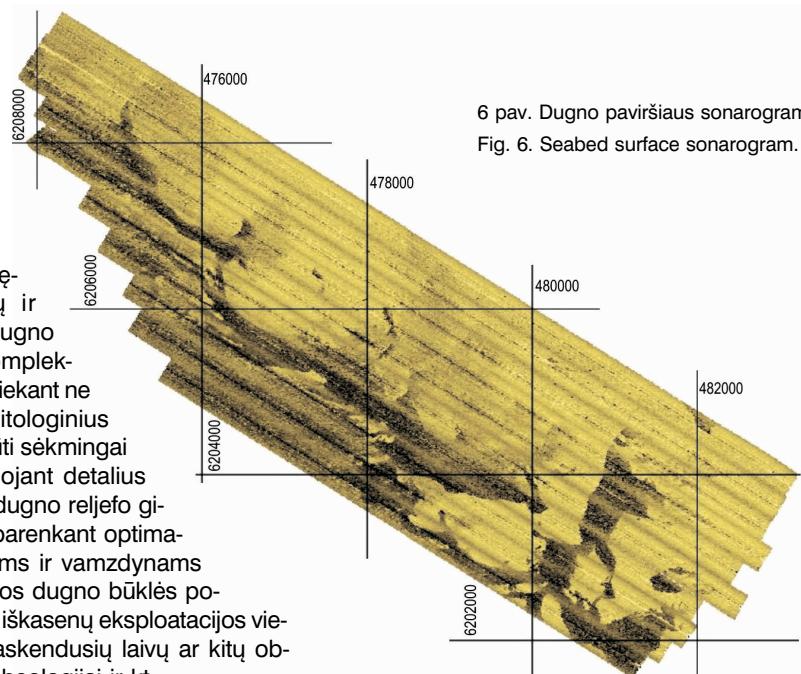
Tyrimams pasirinkto šiuolaikinių geofizinių-geologinių tyrimų komplekso privalumai ypač akivaizdūs atliekant itin detalius litologinius bei batimetrinius jūros dugno paviršiaus tyrimus. Kai atliekant darbus duomenys visiškai „persidengia“, pasiekiamama skiriama geba neviršija kelių dešimčių centimetrų. Be to, per parą tokio detalumo tyrimus galima atlikti beveik  $20 \text{ km}^2$  plote. Neabejotinas seismoakustinio metodo taikomumas ir

tiriant dagnines nuogulias, nes galima atsisakyti gana brangaus tradicinio geologinio grėžimo. Geofizinių ir geologinių jūros dugno tyrimo metodų kompleksą galima taikyti atliekant ne tik morfologinius-litologinius tyrimus. Jis gali būti sėkmingai taikomas \*

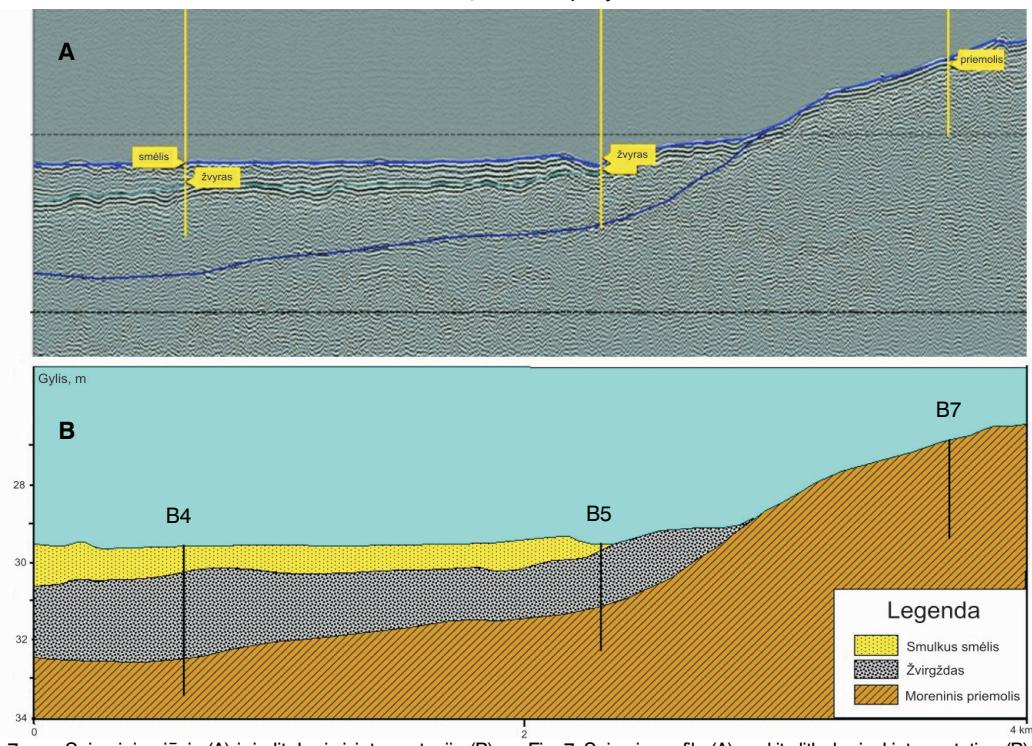
- \* planuojant detalius uostų akvatorijos dugno reljefo gilinimo darbus;
- \* parenkant optimalias vietas kabeliams ir vamzdynams tiesi;
- \* stebint jūros dugno būklės pokyčius naudingųjų išskasenų eksploatacijos vietose;
- \* ieškant paskendusių laivų ar kitų objektų;
- \* jūrinei archeologijai ir kt.

Klaipėdos universiteto Baltijos pajūrio ap linkos tyrimų ir planavimo institutui pasirinkus jūrinių geologinių tyrimų kryptį, 2006 m. buvo pradėta komplektuoti aukščiau aprašyta

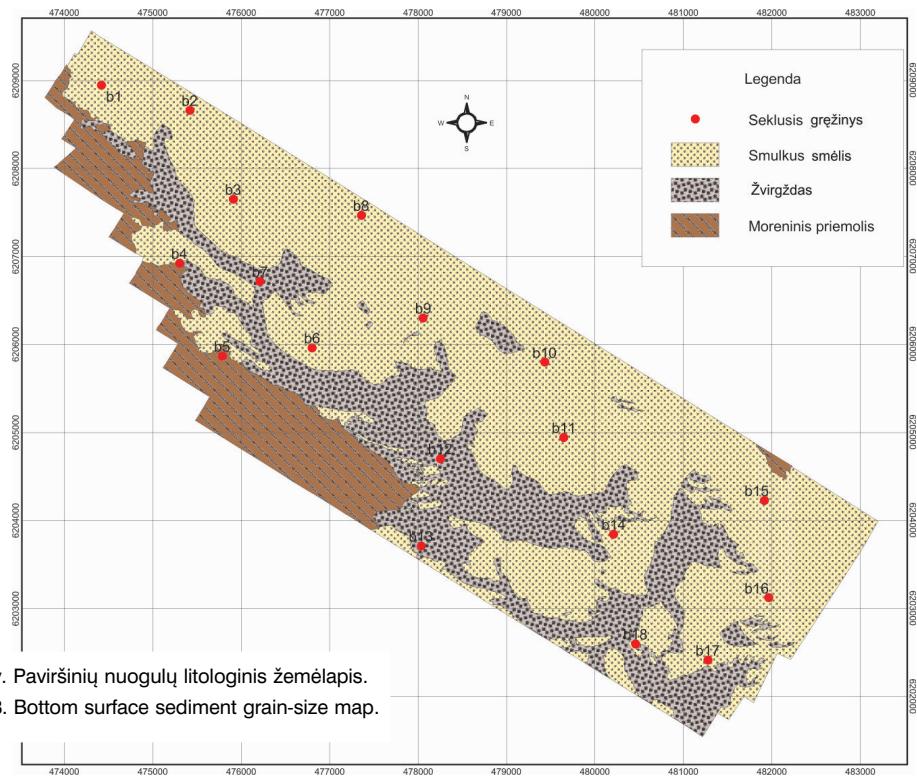
6 pav. Dugno paviršiaus sonarogramma.  
Fig. 6. Seabed surface sonarogram.



geofizinių tyrimų įranga. Tai ateityje leis pradėti detalius Lietuvos akvatorijos dugno tyrimus, aktyviai dalyvauti jūairiuose inžineriniuose projektuose.



7 pav. Seisminis pjūvis (A) ir jo litologinė interpretacija (B). Fig. 7. Seismic profile (A) and its lithological interpretation (B).



8 pav. Pavaršinių nuogulų litologinis žemėlapis.

Fig. 8. Bottom surface sediment grain-size map.

## Summary

### **Application of Geophysical/ Geological Methods for Investigation of the Baltic Sea Bottom**

The preliminary results of complex geological-geophysical investigations in the Baltic Sea area near Butinge have been presented in the article.

There is no single method guaranteeing accurate and complete sea floor recognition. The integrated system of various methods is required. The main geophysical methods routinely used in the coastal and inland marine environment include bathymetry (seafloor elevation mapping), sub-bottom profiling, seismic reflection and side-scan sonar.

Bathymetric survey was carried out using multi-beam echo sounder (working frequency of 455 kHz) and single beam echo sounder (210 kHz transducer) together with an integrated navigation system, which provides a depth contour map of the sea-bottom.

Sub-bottom profiling using lower frequency

(3.5-14 kHz) allows deeper penetration (up to 20 m) into the sea floor – that gives a possibility to reconstruct the geological structure of the seabed as well as identify the buried objects of the various scale.

Side Scan Sonar provides a sonic “photograph” of the sea floor. A sound source is transmitted from a towed “fish” in a manner which results in a chart printout. Such features as bedrock, ripple marks, depressions, rocky bottoms, smooth bottoms, boulders, and sunken ships, are well displayed on the printout.

Data obtained using hydro-acoustic methods will be validated using traditional geological methods – vibrocoring and grab sampling. The advantage of such approach is that the amount of the cores to be taken is optimized on the basis of geophysical data.

The described approach can be used in various fields of interest, such as: \* harbour bathymetry; \* pre-construction dam, bridge, and dock surveys; \* marine pipeline and cable routing; \* pre- and post-dredging surveys; \* marine geologic studies; \* downed aircraft and sunken vessel searches; \* marine archaeology.