

Ruopiškių stambios linijinės subglacialinės formos susidarymo ypatybės: glacialinių nuogulų struktūros tyrimas

Saulius Lozovskis¹,

Valentas Katinas²,

Valentinas Baltrūnas³

¹ Vilniaus universitetas,
M. K. Čiurlionio g. 21/27,
LT-03101 Vilnius

² Gamtos tyrimo centras,
Geologijos ir geografijos institutas,
Akademijos g. 2, LT-08412 Vilnius

³ Lietuvos edukologijos universitetas,
Studentų g. 39, LT-08106 Vilnius
El. paštas: saulius.lozovskis@gmail.com;
katinas@geo.lt;
valentinas.baltrunas@leu.lt

Lozovskis S., Katinas V., Baltrūnas V. Ruopiškių stambios linijinės subglacialinės formos susidarymo ypatybės: glacialinių nuogulų struktūros tyrimas. *Geologija. Geografija*. 2015. T. 1(4). ISSN 2351-7549.

Tyrimui pasirinktas Ruopiškių drumlinoidas – tipiška stambi linijinė subglacialinė forma, esanti Šiaurės Lietuvoje, Biržų–Vabalninko plote. Literatūroje tokios formos dažnai vadinamos *mega-scale subglacial lineations* (MSGL). Tiriamajame drumlinoide, be anksčiau darytų stebėjimo taškų, buvo iškasti nauji 6 kasiniai, juose pamatuota stambianuotrupinės medžiagos (žvirgždo ir gargždo) ilgųjų ašių orientacija bei polinkio kampas, paimti mėginiai granulimetrinei ir petrografinei analizei, magnetinio imlumo anizotropijai nustatyti. Darbe aptariami naudoti tyrimo metodai. Žvirgždo ir gargždo ilgųjų ašių orientacijos ir polinkio kampo matavimai buvo vizualizuoti stereogramomis, o smulkianuotrupinės, įskaitant ir molingos, medžiagos magnetinio imlumo anizotropijos nustatymo duomenys apibendrinti naudojantis Anisoft42 programine įranga. Atlikti tyrimai išilgai tyrinėto Ruopiškių drumlinoido parodė, kad bent viršutinė jo dalis nėra vienalytė. Tai leido skirti tris drumlinoido dalis, taip pat išsiskiriančias savo morfometrinėmis ypatybėmis ir paviršiuje. Manytina, kad ši stambi linijinė subglacialinė forma iš esmės susidarė slenkančio ledyno plyšyje, išsispaudus jame pagrindo moreninei medžiagai. Susidariusio poledyninio gūbrio šlaitai ir katera patyrė slenkančio ledyno šoninį glaciodinaminį poveikį, kurio požymius matome stambiųjų nuotrupų orientacijos ir polinkio bei smulkianuotrupinės medžiagos magnetinio imlumo anizotropijos (AMS) stereogramose.

Raktažodžiai: Šiaurės Lietuva, linijinė subglacialinė forma, drumlinoidas, magnetinio imlumo anizotropija (AMS)

ĮVADAS

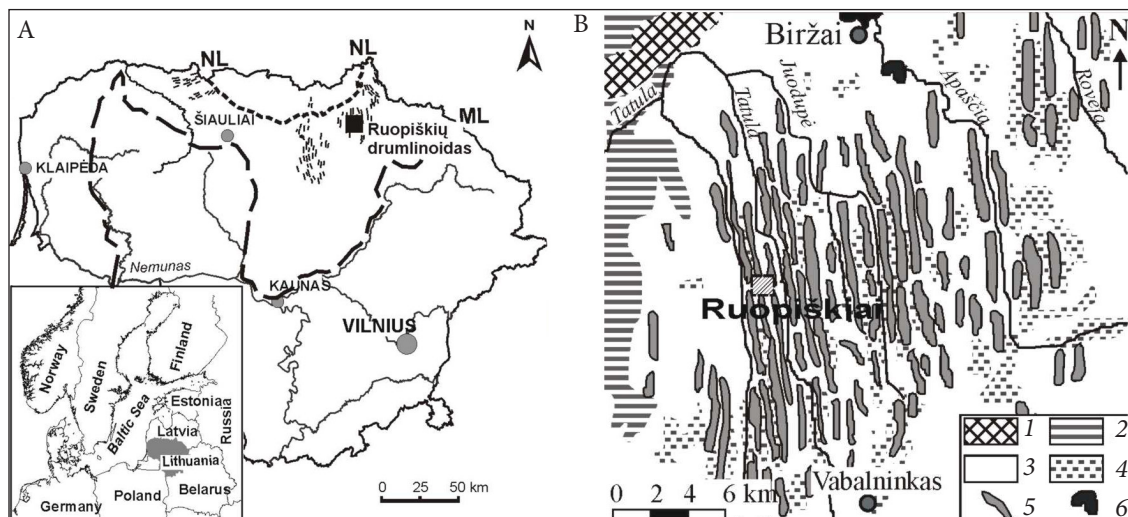
Lietuvoje, kaip ir visose buvusio kontinentinio apledėjimo srityse, tiriant subglacialinio (poledyninio) reljefo formas yra aptinkamos ovalios ir pailgos kalvos, kurių ilgoji ašis lygiagreti ledyno slinkimo kryptčiai. Tai – drumlinai, fliutingai, drumlinizuoti gūbriai ir kitos formos, apibendrintai kartais vadinamos drumlinoidais, o sudėtingas procesas, kurio metu susidaro šios for-

mos, – drumlinizacija (Brodzikowski, van Loon, 1991). Be pirmųjų geomorfologinių išvalgų XX a. pr., Lietuvoje drumlinoidiniam reljefui buvo skirta palyginti mažai dėmesio (Čepulytė, 1956; Basalykas, 1965; Mikalauskas, Mikutienė, 1971; Gaigalas, Marcinkevičius, 1982; Gaigalas, 1997). Užsienio šalyse specializuotais tyrimais subglacialinių reljefo formų pažinimas yra pažengęs toliau, taip pat ir kaimyninėje Latvijoje (Zelčs, Dreimanis, 1997; Zelčs, Markots, 2004).

Gausi užsienio šalių medžiaga yra apibendrinta tarptautinio žurnalo *Sedimentary Geology* 2010 m. Nr. 232, skirtame problemai – „Drumlinai ir poledyninės reljefo formos bei procesai“ (Knight, 2010). Plačiau šie darbai aptarti Lietuvos autorių publikacijoje (Baltrūnas ir kt., 2014). Pastaraisiais metais drumlinoidai, ypač drumlinai, pradėti tirti nustatant nuogulų magnetinio imlumo anizotropiją (angl. *anisotropy of magnetic susceptibility* – AMS). Šio straipsnio autorius ypač domino pastarųjų metų atlikti drumlinoidų smulkianuotrupinės glacialinės (moreninės) medžiagos struktūros tyrimai naudojant AMS (Gentoso ir kt., 2012; Baltrūnas ir kt., 2014; Hopkins ir kt., 2015). Tai lėmė keletas priežasčių. Vieno iš drumlinoidų tipo – stambių linijinių subglacialinių formų (angl. MSGL) genetinis interpretavimas buvo apsunkintas nesant aiškių glaciodinaminių požymių. Tai iš dalies susiję su sudėtingu šių reljefo formų susidarymo betarpišku stebėjimu dabartinių ledynų aplinkoje. Kita vertus, slenkančio ledyno priedugninėje dalyje dėl netolygaus slėgimo ar pasitaikančių kliūčių atsiradusios pailgos reljefo formos dažnai to paties besitraukiančio ledyno dinamikos ar tirpsmo vandenų dažnai yra sunaikinamos arba neatpažįstamai pakeičiamos. Būtent dėl šios priežasties aktualu ištirti ir nustatyti drumlinizacijos proce-

so ypatumus, užsifiksavirusius glacialinės medžiagos nuotrupų struktūroje.

Tyrimui pasirinktas Ruopiškių drumlinoidas, esantis Biržų–Vabalninko drumlinizuotame plote (Šiaurės Lietuva) (1 pav.) Šis objektas buvo tyrinėtas jau anksčiau (Gaigalas, Marcinkevičius, 1982; Baltrūnas ir kt., 2014). Jei pirmasis darbas bendrais bruožais nustatė šios vietovės pleistoceno storymės sandarą ir subkvarterinio paviršiaus struktūrą, o ilgąsias linijines reljefo formas įvardijo kaip „fliutingus“, tai antroji pakankamai nauja studija atskleidė drumlinoido paviršinės dalies makro- ir mikronuotrupinės medžiagos struktūrą skersiniame profilyje ties centre drumlinoido dalimi (Ruopiškių k.). Tačiau liko neaiškus nustatytų požymių kitimo pobūdis išilgai visos stambios linijinės subglacialinės formos, kas leistų geriau pažinti tokių reljefo formavimosi mechanizmą. Tad šio darbo tikslas – Ruopiškių drumlinoido pavyzdžiu nustatyti stambių linijinių subglacialinių reljefo formavimosi glaciodinamines ypatybes. Tikslui pasiekti buvo nagrinėta glacialinių nuogulų (moreninio priemolio ir priemolio) granulimetrinė ir stambianuotrupinės dalies petrografinė sudėtis, taip pat stambianuotrupinės ir smulkianuotrupinės medžiagos struktūra išilgai visos reljefo formos.



1 pav. Tyrimų objekto lokalizacija (A) ir Ruopiškių drumlinoido situacija Biržų–Vabalninko plote (B, remtasi Baltrūnas ir kt., 2014). 1 – kraštiniai dariniai; 2 – limnoglacialinė lyguma; 3 – moreninė lyguma; 4 – pelkių nuogulos; 5 – drumlinoidas; 6 – ežeras

Fig. 1. Location of the study site (A) and Ruopiškiai drumlinoid in Biržai–Vabalninkas field (B, location by Baltrūnas et al., 2014). 1 – marginal formations; 2 – glaciolacustrine plain; 3 – till plain; 4 – bog deposits; 5 – drumlinoid; 6 – lake

METODIKA

Granulimetrinės sudėties nustatymas

Naudoti du granulimetrinės analizės metodai: sijojimas ir lazerinis dalelių dydžio nustatymas. Sijojimas atliktas sausuoju būdu. Šiuo metodu buvo nustatytas intervalas nuo 2,5 iki 0,04 mm. Naudotas Fritsch Sieve Shaker „Analysette 3“, taip pat lazerinis dalelių matuoklis „Analysette 22“ (pastaruju išmatuotos dalelės nuo 0,125 iki <0,0001 mm). Prieš bandymą mėginiai buvo kruopščiai sumaišomi ir išdžiovinami, po to sijojami per sietų rinkinį naudojant mechaninį kratytuvą. Mėginių smulkiajai daliai (smulkesnei nei 2 mm) naudotas Gamtos tyrimų centro Geologijos ir geografijos instituto lazerinis dalelių matuoklis „Analysette 22“, kuris paremtas lazerio difrakcijos teorija, žinoma kaip lazerinė difrakcijos spektroskopija. Granulimetrinių frakcijų dydžiai buvo suskirstyti naudojant EN ISO 14688-1: 2004 klasifikaciją (LST, 2004).

Stambianuotrupinės medžiagos petrografinės sudėties nustatymas

Taikant šį metodą (Gaigalas, 1979) visos stambios nuotrupos (5–30 mm skersmens), rastos glacialinėse nuogulose, buvo skirstomos į šias petrografines uolienų grupes: kristalinės uolienos, smiltainis ir aleurolitas, dolomitas, pilka organogeninė (ordoviko ir silūro) klintis, kitos (permo ir devono) klintys, mergelis, kitos uolienos ir mineralai. Iš viso tirti 6 mėginiai (po 100 nuotrupų).

Stambianuotrupinės medžiagos ilgujų ašių orientacijos ir polinkio kampo matavimai

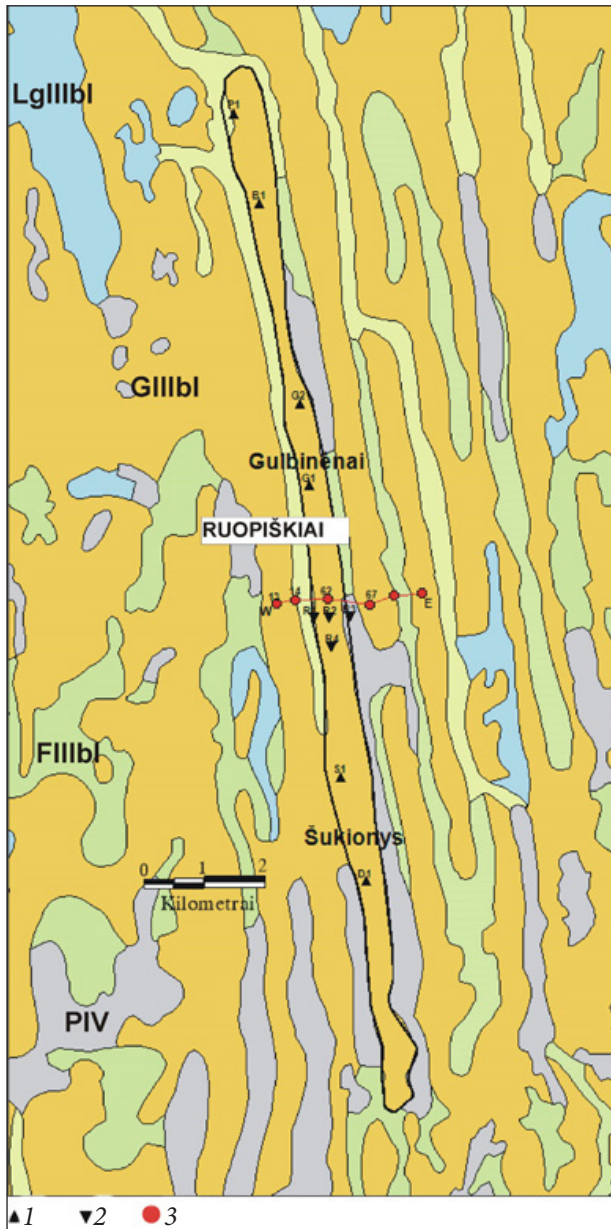
Žvirgždo ir gargždo ilgujų ašių orientacija padeda nustatyti ledyno slinkimo kryptį (Gaigalas, 1979). Nuotrupų ilgujų ašių orientacija ir polinkis priklauso nuo to, kuria kryptimi slinko ledynas ir kokioje glacialinėje aplinkoje buvo nusodintas. Lauko darbų metu kasiniuose, kiekviename stebėjimo taške, geologiniu kompasu buvo išmatuota 50 nuotrupų ilgujų ašių orientacija bei polinkio kampai. Gauti matavimo duomenys apibendrinti kartu pavaizduotomis stereogramomis ir rožės tipo diagramomis. Ledyno slinkimo kryptčiai nustatyti naudotos nuotrupos, kurių ašių polinkio kampas neviršija 20–30°. Nuotrupų ilgosios ašys, kurių polinkio kampas didesnis nei 30°, parodo, kad nuogulų sluoksniui galėjo turėti įtakos stabdymo procesai ledyno priedugninėje dalyje ar net vėlesni ledynai (Andersen, Borns, 1997).

Smulkianuotrupinės medžiagos magnetinio imlumo anizotropijos nustatymas

Lauko darbų metu mėginiai buvo imami į specialias plastmasines kubo formos įkalamas dėžutes. Stebėjimo taške visi mėginiai imti iš panašaus gylio ir tos pačios išlygintos sienelės, prieš tai nustatant jos tįsos azimutą. Dėžučių įkalimo į kasinio sienelę kampas – 90°. Šešiuose stebėjimo taškuose buvo paimta vidutiniškai po 25 tokias dėžutes. Gamtos tyrimų centro Geologijos ir geografijos instituto magnetometrinių tyrimų laboratorijoje nustatyta magnetinio imlumo anizotropija (AMS) mėginiuose naudojant MFK1-B magnetinio imlumo nustatymo prietaisą. Glacialinėse nuogulose yra daug mineralų, turinčių feromagnetinių, paramagnetinių ar diamagnetinių savybių. Analizės metu matuojama magnetinių dalelių – mikroskopinių feromagnetikų grūdelių (pvz., magnetito) ilgujų ašių orientacija. Priklausomai nuo magnetinių savybių, kiekvienas toks grūdelis prisideda prie bendro imlumo ir jo anizotropijos. Kai feromagnetiniai mineralai viršija 0,1 % uolienos tūrio, jie lemia jos magnetines savybes (Tarling, Hrounda, 1993; Evans ir kt., 2003).

TYRIMŲ OBJEKTAS

Tyrimams pasirinktas geomorfologiškai tipiškas ir anksčiau tyrinėtas drumlinoidas – stambi linijinė subglacialinė reljefo forma Biržų–Vabalninko plote ties Šukionių, Ruopiškių ir Gulbinėnų kaimais (2 pav.). Jo ilgis – 16,5 km, plotis svyruoja nuo 200 iki 700 m, o santykinis aukštis pakyla iki 3–4 m. Ketera orientuota ŠŠV kryptimi (vyraujantis azimutas 352°, šiaurinėje dalyje – 348°), palaipsniui kylanti iš šiaurinio galo (abs. a. 53 m) link pietinio (abs. a. 58,2 m). Piečiau, už gūbrį kertančio upelio, ties Ančiškiais, keteros azimutas pakrypsta labiau į rytus iki 8°, o absoliutus aukštis – iki 62,4 m. Gali būti, kad tai tyrinėto drumlinoido tęsinys. Ties Ruopiškių kaimu anksčiau buvo išgręžti 4 kartografuojantys gręžiniai profilyje, statmename linijinių reljefo formų tįsai (Gaigalas, Marcinkevičius, 1982), taip pat netoliese šiek tiek anksčiau tirtos paviršinės glacialinės nuogulos keturiuose kasiniuose (Baltrūnas ir kt., 2014). 2014 m. buvo iškasti nauji 6 kasiniai (P1, B1, G2, G1, S1, D1) išilgai drumlinoido ilgosios ašies iš šiaurės į pietus.



2 pav. Ruopiškių drumlinoidas ir pažymėtos tyrimų vietos. 1 – šio tyrimo kasinio vieta; 2 – tyrimų vieta (pagal Baltrūnas ir kt., 2014); 3 – gręžinys (pagal Gaigalas, Marcinkevičius, 1982). Geologinis pagrindas pagal Guobytė, 1998

Fig. 2. Ruopiškiai drumlinoid and marked investigated places. 1 – site of this investigation; 2 – site of investigation by Baltrūnas et al., 2014; 3 – borehole by Gaigalas, Marcinkevičius, 1982. Geological basis by Guobytė, 1998
Koordinatės / Coordinates:

P1 – N 56°07'53.48"; E 24°37'42.33"; B1 – N 56°07'11.10"; E 24°38'04.63";

G2 – N 56°05'30.10"; E 24°38'45.42"; G1 – N 56°04'46.93"; E 24°38'50.78";

S1 – N 56°02'18.86"; E 24°39'14.59"; D1 – N 56°01'24.09"; E 24°39'40.47".

Kasinių apibūdinimas

Kasiny D1 (2 pav.) yra netoli Dumblėnų kaimo, sodybos kieme, drumlinoido keteroje. Nuo 0,0 iki 1,0 m gylyje rastas moreninis priemolis, kai kur technogeniškai sujauktas. 1,0–1,3 m intervale moreninis priemolis, šviesiai rudas su žvirgždu ir gargždu, reaguojantis su 10 % HCl tirpalu. Magnetinio imlumo anizotropijos mėginiai imti iš 1,1 m gylio. Paimti 23 mėginiai, sienelės tijos azimutas – 270°. Padaryti 50 nuotrupų ilgųjų ašių orientacijos bei polinkio kampo matavimai, paimti mėginiai petrografinei ir granulimetrinei analizėms.

Kasiny S1 yra į šiaurę nuo Šukionių kaimo, drumlinoido keteroje, naujai iškastos kūdras šlaite (3 pav.). Iki 0,2 m – dirvožemis, nuo 0,2 iki 1,2 m – priemolis, perplautas su žvirgždu ir gargždu. Nuo 1,2 m – moreninis priemolis, šviesiai rudas, su žvirgždu ir gargždu, smėlingas, reaguoja su HCl. Nuotrupų ilgųjų ašių orientacija ir polinkio matavimai atlikti 1,4 m gylyje. Magnetinio imlumo anizotropijai paimti 23 mėginiai iš 1,4 m gylio. Tyrinėtos sienelės tijos azimutas – 180°. Iš to paties gylio paimti mėginiai granulimetrinei ir petrografinei analizei.

Kasiny G1 yra Gulbinėnų kaimo centre, drumlinoido keteroje. Viršutinėje dalyje dirvožemis, nuo 0,2 iki 1,0 m – sujauktas priemolis su priemeliu. 1,0–1,5 m gylyje – moreninis priemolis, šviesiai rudas, su žvirgždu ir gargždu, elastingas, reaguoja su HCl. Iš 1,2 m gylio paimti mėginiai granulimetrinei ir petrografinei analizėms, pamatuoti nuotrupų ilgųjų ašių orientacijos bei polinkio kampai, paimti 23 mėginiai magnetinio imlumo anizotropijai nustatyti. Tirtos sienelės tijos azimutas – 180°.

Kasiny G2 yra į šiaurę nuo Gulbinėnų kaimo, drumlinoido keteroje (4 pav.). Viršutinėje dalyje – dirvožemis, 0,1–0,9 m – priemolis su priemolio intarpais. Nuo 0,9 m – moreninis rudas priemolis su gausiu žvirgždu ir gargždu, elastingas, reaguoja su HCl. Iš 1,1 m gylio paimti mėginiai granulimetrinei ir petrografinei analizei, pamatuoti nuotrupų ašių orientacijos ir polinkio kampai, paimti 25 mėginiai magnetinio imlumo anizotropijai nustatyti. Tirtos sienelės tijos azimutas – 160°.

Kasiny B1 yra į šiaurę nuo kasinio G2 ir į vakarus nuo Bajoriškių kaimo. Dirvožemis – iki 0,3 m, nuo 0,3 iki 1,3 m – priemolis su pavieniu žvirgždu. Nuo 1,3 m – moreninis priemolis, šviesiai rudas, su žvirgždu ir gargždu, reaguoja su HCl. Iš 1,3 m paimti mėginiai granulimetrinei ir petrografinei



3 pav. Imami mėginiai nustatyti AMS Šukionių kaimo šiaurinėje dalyje (kasynys S1)
Fig. 3. Sample taking for AMS analysis in the northern side of Šukionis Village (pit S1)



4 pav. Stambios linijinės subglacialinės reljefo formos Ruopiškių kaimo apylinkėse
Fig. 4. Relief of mega-scale subglacial lineations in Ruopiškiai Village outskirts

analizei, pamatuoti nuotrupų ašių orientacijos ir polinkio kampai, 24 mėginiai – magnetinio imlumo anizotropijai nustatyti. Tirtos sienelės tšos azimutas – 220°.

Kasiny P1 yra šiaurinėje tiriamosios reljefo formos dalyje, Paringužių kaime. Viršuje – dirvožemis, nuo 0,2 iki 1,3 m – priemolis su retu žvirgždu, nuo 1,3 m – moreninis priemolis, šviesiai rudas, su žvirgždu ir gargždu, reaguoja su HCl. Iš 1,3 m gylio imti mėginiai granulimetrinei bei petrografinei analizei, pamatuoti nuotrupų ilgujų ašių orientacijos ir polinkio kampai, paimti 23 mėginiai magnetinio imlumo anizotropijai nustatyti. Tirtos sienelės tšos azimutas – 220°.

TYRIMŲ REZULTATAI

Granulimetrinių tyrimų duomenys

Iš suvestinės diagramos matyti, kad drumlinoido nuogulos yra panašaus grūdėtumo (5 pav.). Visiems mėginiams būdinga nuotrupinių dalelių 2–2,5 mm nedidelė koncentracija (iki 2 %) ir pastovus vis smulkesnių smėlio dalelių (iki 0,1 mm) gausėjimas. 0,04–0,05 mm dydžio dalelių pagausėjimas išryškėja antruoju piku, išskyrus kasinyje D1. Apskritai granulimetrinių analizų rezultatai yra labai panašūs, rodo molio, aleurito ir smėlio dalelių proporciją, būdingą glacialinėms (moreninėms) nuoguloms.

Granulimetrinės analizės rezultatai išilgai tyrineto drumlinoido parodė, kad einant iš šiaurės (kasiny P1) į pietus (kasiny D1) pastebimos kai kurios granulimetrinės sudėties kitimo ypatybės (1 lentelė). Matyti, kad moreninio priemolio molingoji dalis visoje drumlinoido tšoje yra mažai kintanti ir svyruoja tarp 18 ir 21 %. Aleuritinė dalis,

1 lentelė. Granulimetrinės sudėties (%) pagrindinių dalių kaita kasiniuose D1, S1, G1, G2, B1, P1 išilgai Ruopiškių drumlinoido

Table 1. Change of grain size composition (%) in pits D1, S1, G1, G2, B1, P1 along Ruopiškiai drumlinoid

	P1	B1	G2	G1	S1	D1
Smėlis Sand	32,15	24,49	35,51	29,58	29,14	29,76
Aleuritas Silt	46,5	56,51	45,41	49,29	52,26	49,42
Molis Clay	21,35	19,0	19,08	21,13	18,60	20,82

priešingai, gana kaiti, o kasiniuose B1 ir S1 pasiekia atitinkamai 56,51 ir 52,26 %. Priešingai aleuritinei daliai, smėlingosios dalies mažiausi kiekiai yra tuose pačiuose kasiniuose (B1 ir S1) – 24,49 ir 29,14 %. Mėginių granulimetrinė sudėtis kasiniuose B1 ir S1 gali būti laikoma santykinai skirtinga nuo kitų kasinių.

Petrografinės analizės duomenys

Ruopiškių drumlinoido glacialinių nuogulų stambianuotrupinės dalies petrografinė sudėtis nors ir nežymiai, tačiau kinta iš šiaurės (kasiny P1) į pietus (kasiny D1) (2 lentelė, 6 pav.)

Matyti, kad kristalinių uolienu grupė padidėja kasiniuose S1 ir B1. Dolomito pagausėja kasiniuose S1 ir P1. Klinčių (ordoviko, silūro) kasinyje S1, priešingai, žymiai sumažėja, o daugiausia yra kasiniuose D1, G1 ir G2. Kitų klinčių sumažėjimas pastebimas kasinyje D1, o padidėjimas – G2. Smiltainių kiekio svyravimas koreliuoja su dolomito kiekio svyravimais. Iš pateiktos medžiagos matyti, kad kasinyje S1, iš dalies G2, stambianuotrupinės dalies petrografinė sudėtis yra labiausiai besiskirianti nuo kitų.

Stambianuotrupinės dalies ilgujų ašių orientacijos ir polinkio tyrimo rezultatai

Ruopiškio drumlinoido glacialinių nuogulų stambianuotrupinės (žvirgždo ir gargždo) dalies ilgujų ašių orientacijos ir jų polinkio matavimų duomenys parodė, kad išilgai šios reljefo formos jie nėra identiškai, vietomis sunkiai sugretinami (7 pav.). Šiauriniame drumlinoido gale (kasiny P1) labai akivaizdžios dvi kryptys: rytų–pietryčių ir statmena jai – šiaurės–šiaurryčių. Einant į pietus, kasinyje B1 išlieka tos pačios kryptys, tačiau su priešingu polinkiu: į vakarų–šiaurės vakarų ir statmena jai – pietų–pietvakarių. Kasinyje G2 iš dalies pasikartoja stereogramos pobūdis kaip ir kasinyje P1 su ryškia orientacija šiaurryčių bei pietryčių kryptimis. Toliau į pietus, kasinyje G1, anksčiau minėtos dvi kryptys išsilaiko, tačiau su priešingu ašių polinkiu: į pietvakarius ir šiaurės vakarus. Kitame kasinyje S1 išlieka artimos ašių orientacijos kryptys: šiaurės vakarų–pietryčių bei jai statmena pietvakarių. Pietiniame drumlinoido gale, kasinyje D1 vyraujanti nuotrupų ilgujų ašių orientacija artima šiaurės ir šiaurės–rytų kryptims.

Anksčiau atliktų tyrimų duomenys vidurinėje drumlinoido keteros dalyje (tarp kasinių G1

2 lentelė. Mėginių iš kasinių D1, S1, G1, G2, B1, P1 stambianuotrupinės dalies petrografinės analizės rezultatų (%) suvestinė

Table 2. Results of the petrographic analysis (%) of macroclast material from pits D1, S1, G1, G2, B1, P1

Uolienų grupės / Rocks	Kasiniai / Pits					
	D1	S1	G1	G2	B1	P1
Kristalinės uolienos / Crystalline rocks	21,9	24,8	18,2	22,2	25,9	22,6
Dolomitas / Dolomite	15,6	20,9	15,6	12,2	14,3	18,6
Klintys (silūro, ordoviko) Limestone (Silurian, Ordovician)	37,4	24,8	36,4	34,5	30,4	28,8
Kitos klintys (devono, permo) Other limestone (Devonian, Permian)	21,9	23,8	24,7	27,8	23,1	25,8
Smiltainis / Sandstone	3,2	5,7	5,1	3,3	6,3	4,2

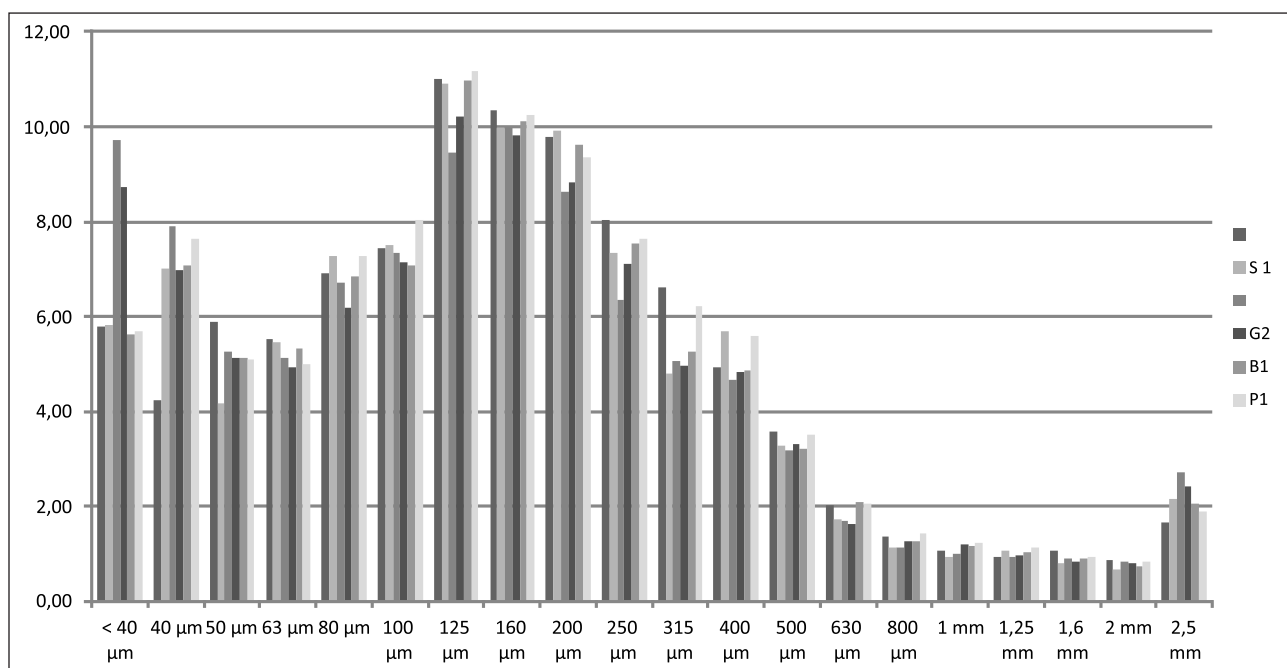
ir S1) yra labai artimi naujai gautiems. Giliausiame kasinyje R4 viršutinėje ir apatinėje glacialinių nuogulų dalyje matavimų duomenys tarpusavyje šiek tiek skiriasi (Baltrūnas ir kt., 2014). Apatinėje dalyje (gylis 1,6–1,7 m) ilgųjų ašių azimutai yra koncentruoti, beveik pusės nuotrupų ilgosios ašys orientuotos ir palinkusios šiaurės–rytų kryptimi. Taip pat pastebima nedidelės dalies ašių orientacija, statmena šiaurės–vakarų kryptimi. Viršutinėje dalyje (gylis 0,9–1,0 m) ilgųjų ašių azimutai nėra ryškiai koncentruoti, nors nedidelės dalies nuotrupų ilgosios ašys yra gana gerai išreikštos šiaurės–vakarų ir pietryčių krypties.

Apibendrinant turimus duomenis matyti, kad pagal ašių orientacijos ir polinkio pobūdį kasinių

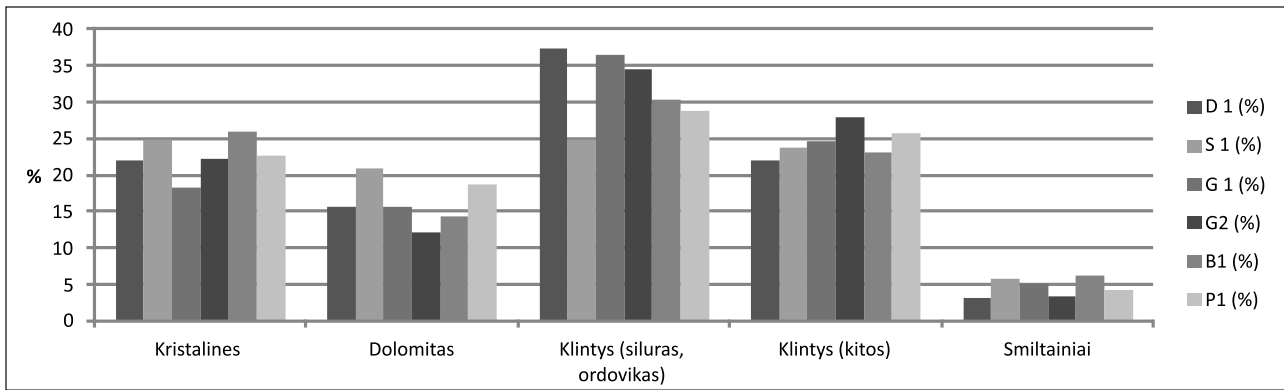
vietos gali būti grupuojamos: [P1, B1], [G2, G1, S1], [D1]. Ribos tarp B1 ir G2 bei tarp S1 ir D1 gali būti susijusios su drumlinoido formavimosi etapais.

Smulkianuotrupinės medžiagos magnetinio imlumo anizotropijos (AMS) nustatymo duomenys

Ruopiškių drumlinoido smulkianuotrupinės dalies magnetinio imlumo anizotropijos (AMS) nustatymo duomenų palyginimas išilgai šios reljefo formos tįsą atskleidė jų nepastovumą (7 pav.). Šiauriniame drumlinoido gale (kasinyje P1) turimi duomenys rodo, kad vyraujantis dinaminis poveikis buvo iš rytų–pietryčių, t. y. į kur



5 pav. Mėginių iš kasinių D1, S1, G1, G2, B1 ir P1 granulometrinės analizės rezultatų suvestinė
Fig. 5. Results of grain size analysis from pits D1, S1, G1, G2, B1 and P1



6 pav. Mėginių iš kasinių D1, S1, G1, G2, B1, P1 stambianuotrupinės dalies petrografinės analizės rezultatų diagrama
Fig. 6. Diagram of the macroclast petrographic composition of till from pits D1, S1, G1, G2, B1, P1

konstatuotas dalelių polinkis. Einant į pietus, kasinyje B1 šis poveikis pasislinko rytų–vakarų kryptimi. Dar piečiau, kasinyje G2, smulkianuotrupinės dalelės patyrė tos pačios krypties, kaip ir P1 kasinyje, tik labiau koncentruotą poveikį iš pietryčių pusės. Vidurinėje drumlinoido dalyje (kasinyje G1) AMS nustatymo grafinis rezultatas ypač akivaizdus – dinaminis poveikis iš vakarų–pietvakarių pusės. Ankstesnių tyrimų metu netoliese tiriamajame kasinyje R4 AMS duomenys parodė dvi ryškias statmenas poveikio kryptis: iš šiaurės–vakarų ir šiaurės–rytų (Baltrūnas ir kt., 2014). Einant toliau į pietus (kasinyje S1) dinaminio poveikio kryptis artima prieš tai aptartame kasinyje – vakarų–šiaurės vakarų, tačiau ne tokia koncentruota. Pietiniame drumlinoido gale (kasinyje D1) AMS matavimo duomenys koncentruotos krypties nerodo. Iš gautų duomenų apie dinaminio poveikio kryptį ir jų polinkio krypties kaitą matyti, kad AMS nustatymas leidžia grupuoti gretimus kasinius: [P1, B1, G2], [G1, S1], [D1].

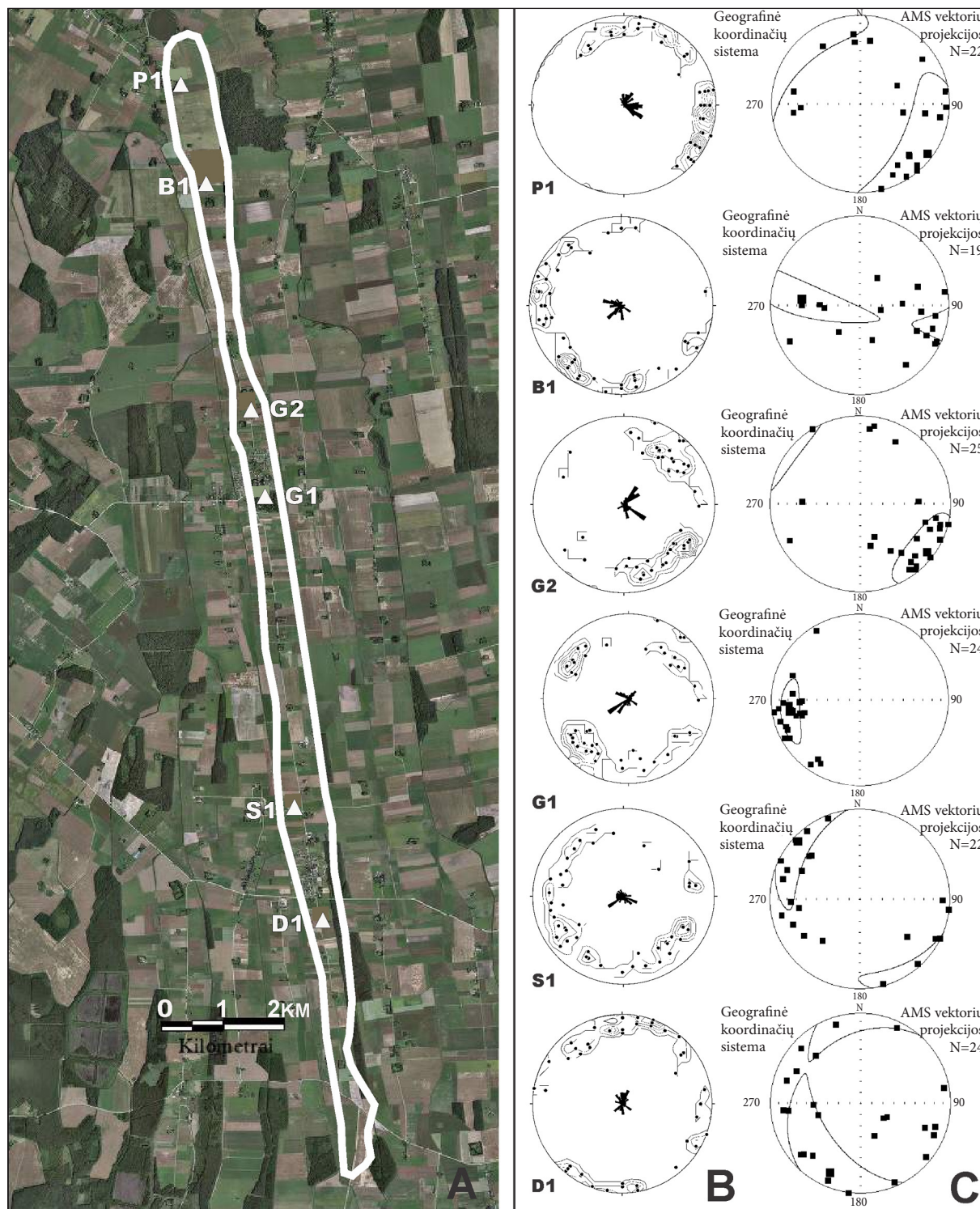
DISKUSIJA: RUOPIŠKIŲ DRUMLINOIDO FORMAVIMOSI YPATUMAI

Šiame straipsnyje pateikta Ruopiškių stambios linijinės subglacialinės formos glacialinių nuogulų tyrimų duomenys per visą šios reljefo formos tįsą iš šiaurės į pietus. Akivaizdu, kad granuliometrinių ir petrografinių tyrimų rezultatai patvirtina paskutiniojo (Nemuno) apledėjimo Baltijos stadijos glacialinių nuogulų (pagrindinės morenos) regionines ypatybes (Gaigalas, 1979; Gaigalas, Marcinkevičius, 1982; Baltrūnas ir kt., 2005). Taip

pat pastebėtas gana ryškus sudėties kitimas išilgai vieno ir to paties drumlinoido tįsos. Glacialinių nuogulų granuliometrinė sudėtis kasiniuose B1 ir S1 labai skiriasi nuo gretimų kasinių. Stambianuotrupinės dalies petrografinė analizė taip pat liudija petrografinės sudėties nevienalytiškumą išilgai šios reljefo formos. Matyti, kad kasinyje S1, iš dalies kasinyje G2, petrografinė sudėtis yra labiausiai besiskirianti, palyginti su duomenimis iš kitų kasinių.

Apibendrinant turimus duomenis akivaizdu, kad pagal žvirgždo ir gargždo ilgųjų ašių orientacijos ir polinkio pobūdį kasinių vietas gali būti grupuojamos: [P1, B1], [G2, G1, S1], [D1]. Gali būti, kad ribos tarp B1 ir G2 bei tarp S1 ir D1 susijusios su drumlinoido formavimosi atskirais etapais. Iš gautų duomenų apie dinaminio poveikio kryptį ir jų polinkio krypties kaitą matyti, kad AMS nustatymas taip pat leidžia grupuoti gretimus kasinius: [P1, B1, G2], [G1, S1], [D1].

Tokiu būdu akivaizdus Ruopiškių drumlinoido nevienalytiškumas pagal tįsą. Kompleksinis gautų duomenų vertinimas leidžia šioje linijinėje reljefo formoje preliminariai fiksuoti tris gana skirtingas dalis: šiaurinę (kasiniai P1, B1, G2), vidurinę (kasiniai G1, S1) ir pietinę (kasinyje D1). Pastarosios dalies skyrimas sąlygiškas, nors tam neprieštaruoja drumlinoido pietinio galo šiek tiek kitokia granuliometrinė ir stambiųjų nuotrupų petrografinė sudėtis, taip pat AMS nustatymo rezultatas, kurio priežastimi galėjo būti tirtųjų nuogulų postgenetinis performavimas arba technogeninis poveikis. Šios reljefo formos hipsometrinės ypatybės patvirtina šių dviejų ar trijų dalių buvimą išilgai Ruopiškių drumlinoido.



7 pav. Ruopiškių drumlinoido (A) glacialinių nuogulų stambianuotrupinės dalies ilgųjų ašių orientacijos ir jų polinkio (B), taip pat magnetinio imlumo anizotropijos (AMS) (C) stereogramos
 Fig. 7. The dip direction and angle of macrofabric long axes (B) and AMS directional results (C) in the investigated till of Ruopiškiai drumlinoid (A)

Atskirai reikia aptarti priežastis, kodėl ši stambi linijinė forma savo ąsioje nėra vienalytė ir kokie procesai lėmė glaciodinaminio poveikio skirtumus atskirose drumlinoido dalyse.

Šiek tiek skirtinga glacialinių nuogulų granuliometrinė ir stambiųjų nuotrupų petrografinė sudėtis gali liudyti apie nevienalaikį glacialinių nuogulų atskirų dalių susidarymą. Matyt, Baltijos

stadijos Vidurio Lietuvos fazės Nevėžio plaštakos pagrindinė (dugninė) morena susidarė „priauginimo“ būdu: prie ankstesnės šiaurinės dalies po trumpalaikio stabtelėjimo formavo viduriniąją, dar vėliau – ir kitas piečiau esančias dalis. Ledyno slinkimo kryptis artima šiaurės–pietų kryptčiai, kuri pagal stambiųjų nuotrupų ašių orientacijos azimutą ir polinkio kampą yra geriausiai išlikusi kasiniuose P1 ir D1, rečiau smulkianuotrupinėje nuogulų dalyje. Tolesnis pirminės pagrindinės (dugninės) morenos performavimas sietinas su Mūšos–Lėvens ledyninės plaštakos įslinkimu pietų kryptimi ir vėlesniu jos rytinio pakraščio degradavimu vakarų link (Basalykas, 1965; Guobytė, 1998). Manome, kad įslinkimo būta palyginti staigus ir greito, būdingo „ledyno bangai“ (angl. *glacier surge*), pasižyminčiai ledyno sueižėjimu (suskeldėjimu) išilgai slinkimo krypties (Waller ir kt., 2008; Jónsson ir kt., 2014). Ruopiškių, kaip ir visi Biržų–Valkininkų ploto, drumlinoidai greičiausiai yra susidarę naujai užslinkusio ledyno plačiame plyšyje (tunelyje), kurio erdvėje išsispaudė po ledynu buvusi ankstesnio antslinkio palikta neconsoliduota pagrindinė (dugninė) morena. Ši pylimo formos išsispaudusi moreninė medžiaga šlaituose ir keteroje patyrė intensyvių slenkančio ledyno glaciodinaminį poveikį, kurio požymius matome stambiųjų nuotrupų orientacijos ir polinkio bei smulkianuotrupinės medžiagos magnetinio imlumo anizotropijos (AMS) stereogramose (7 pav.). Jose esantys duomenys fiksuoja „atstojamuosius“ požymius, atsiradusius šiaurės–pietų pirminės krypties nuotrupas glaciodinamiškai paveikus šoninio poveikio jėga, kartais net statmena iš rytų ar vakarų. Baigiamoji šios stambios subglacialinės linijinės formos formavimosi fazė sietina su Mūšos–Lėvens greitai užslinkusio sueižėjusio ledyno pasitraukimu vakarų kryptimi. Šios fazės metu tirtoji reljefo forma, kaip ir kitos lygiagrečios panašios linijinės formos, taip pat galėjo būti glaciodinamiškai veikiamą degraduojančio ledyno kraštu bei gausių tirpsmo vandenų. Tai patvirtina bendra rajono topografija, kuri nuožulnėja šiaurės vakarų link, kol susilieja su lyguma. Šių reljefo formų keteros yra šiek tiek asimetriškos, jų vakarinis šlaitas ilgesnis ir nuožulnesnis nei status ir trumpas rytinis (Baltrūnas ir kt., 2014).

Iš K. Brodzkowskio ir A. J. van Loon (1991) pateikto subglacialinių formų priklausomybės nuo ledo storio ir ledyno slinkimo greičio grafiko, taip

pat glacialinių reljefo formų raidos schemos matyti, kad Ruopiškių drumlinoidas priskirtinas prie aktyviosios ledyno zonos, kur vyksta pagrindo morenos bei stambiųjų linijinių formų, konkrečiai – drumlinizuotų gūbrių (angl. *drumlinised ridges*), susidarymas.

IŠVADOS

1. Glacialinių nuogulų granulimetrinės sudėties ir stambianuotrupinės medžiagos petrografinės analizės rezultatai išilgai tyrinėto Ruopiškių drumlinoido parodė, kad šios stambios linijinės reljefo formos bent viršutinė dalis nėra vienalytė. Tai leidžia skirti bent tris drumlinoido dalis, paviršiuje išsiskiriančias savo morfometriniemis ypatybėmis.

2. Turimi stambianuotrupinės medžiagos ilgųjų ašių krypties ir polinkio matavimo duomenys rodo, kad pagal juos išilgai šios reljefo formos kasinių (mėginių) vietos gali būti grupuojamos pagal panašumą. Tai liudija apie drumlinoido formavimąsi keliais etapais, pasižyminčiais skirtingomis glaciodinaminėmis sąlygomis.

3. Ruopiškių drumlinoido smulkianuotrupinės dalies magnetinio imlumo anizotropijos (AMS) nustatymo duomenų palyginimas taip pat rodo jų nepastovumą išilgai šios reljefo formos, tačiau įgalinantį gretimus kasinius (mėginius) grupuoti į tris grupes. Šie AMS duomenys taip pat patvirtina, kad atskiros drumlinoido atkarpos buvo formuojamos skirtingos krypties glaciodinaminėmis jėgų.

4. Manytina, kad ši stambi linijinė subglacialinė forma iš esmės susidarė slenkančio ledyno plyšyje, išsispaudus jame pagrindo moreninei medžiagai. Susidariusio poledyninio gūbrio šlaitai bei ketera patyrė slenkančio ledyno šoninį glaciodinaminį poveikį, kurio požymius matome stambiųjų nuotrupų orientacijos ir polinkio bei smulkianuotrupinės medžiagos magnetinio imlumo anizotropijos (AMS) stereogramose.

Padėka. Už paramą atliekant lauko darbus ir laboratorinius tyrimus autoriai dėkoja dr. S. Paškauskui ir doktorantui M. Kazbariui. Šie tyrimai buvo įgyvendinti pasinaudojus Gamtos tyrimų centro atviros prieigos mokslinės tiriamosios ir eksperimentinės plėtros infrastruktūra.

LITERATŪRA

- Andersen G., Borns W. 1997. *The Ice Age World: An Introduction to Quaternary History and Research*. Oslo: Scandinavian University Press. 208 p.
- Baltrūnas V., Karmaza B., Karmazienė D. 2005. Pleistoceno nuogulų sandaros ir formavimosi ypatybės Šiaurės Lietuvoje. *Geologija*. 52: 22–33 [in Lithuanian, with English summary].
- Baltrūnas V., Waller R. I., Kazakauskas V., Paškauskas S., Katinas V. 2014. A comparative case study of subglacial bedforms in northern Lithuania and south-eastern Iceland. *Baltica*. 27(2): 75–92.
- Basalykas A. 1965. *Lietuvos TSR fizinė geografi- ja* (Physical Geography of the Lithuanian SSR), II. Mintis: Vilnius. 492 p. [in Lithuanian, with Germany summary].
- Brodzikowski K., van Loon A. J. 1991. *Glacigenic Sediments*. Amsterdam: Elsevier. 674 p.
- Čepulytė V. 1956. On the problem of relief morp- hogenesis in Lithuanian SSR. *Proceedings of the Academy of Sciences of Lithuanian SSR*, B, I. 77–93 [in Lithuanian, with Russian summary].
- Gaigalas A. 1979. *Glaciosedimentation Cycles of the Lithuanian Pleistocene*. Vilnius: Mokslas. 98 p. [in Russian, with English summary].
- Gaigalas A. 1997. Drumlins and flutings in Lithuania. *Geografija*. 33: 18–23 [in Lithuanian, with English summary].
- Gaigalas A., Marcinkevičius V. 1982. Šiaurės Lietuvos klonių ir gūbrių sluoksniuota sandara ir kilmė. *Geologija*. 3: 69–79 [in Lithuanian, with English summary].
- Gentoso M. J., Evenson M. J., Kodama E. B., Iverson K. P., Alley N. R., Berti R. B. C., Kozliwski A. 2012. Exploring till bed kinematics using AMS magnetic fabrics and pebble fabrics: the Weedsport drumlin field. *Boreas*. 41: 31–41.
- Guobytė R. 1998. *Kvartero geologinio žemėlapiu 1:200000 masteliu revizija, nauja redakcija ir pa- ruošimas išleidimui*. Lietuvos geologijos tarnybos Geologijos fondas (Nr. 4700). <http://www.lgt.lt/zemelap/main.php?sesName=lgt1446710258>
- Evans M. A., Lewchuk M. T., Elmore R. D. 2003. Strain partitioning of deformation mechanism in limestones: Examining the relationship of strain and anisotropy of magnetic susceptibility (AMS). *Journal of Structural Geology*. 25(9): 1525–1549.
- Hopkins N. R., Evenson E. B., Kodama K. P., Kozłowski A. 2015. An anisotropy of magnetic susceptibility (AMS) investigation of the till fabric of drumlins: support for an accretionary origin. *Boreas*, doi 10.1111/bor.12138.
- Jónsson S. A., Schomacker A., Benediktsson Í. Ö., Ingólfsson Ó., Johnson M. D. 2014. The drumlin field and the geomorphology of the Múlajökull surge-type glacier, central Iceland. *Geomorphology*. 207: 213–220.
- Knight J. 2010. Drumlins and the dynamics of the subglacial environment. *Sedimentary Geology*. 232: 91–97.
- LST EN ISO 14688-1: 2004. *Geotechniniai tyri- nėjimai ir bandymai. Gruntų atpažintis ir kla- sifikavimas*. 1 dalis: *Atpažintis ir aprašymas* [in Lithuanian].
- Mikalauskas A., Mikutienė L. 1971. *Fliuviogla- cialiniai dariniai (Glaciofluvial Deposits)*. Iš: V. Gudelis (red.). *Vidurio Lietuvos moreninės ly- gumos sandara ir morfogeneze*. Vilnius: Mintis. 92–124 [in Russian, with Lithuanian summary].
- Tarling D. H., Hrouda F. 1993. *The Magnetic Anisotropy of Rocks*. London: Chapman & Hall. 217 p.
- Waller R. I., van Dijk T. A. G. P., Knudsen O. 2008. Subglacial bedforms and conditions associated with the 1991 surge of Skeidararjökull, Iceland. *Boreas*. 37(2): 179–194.
- Zelčs V., Dreimanis A. 1997. Morphology, inter- nal structure and genesis of the Burtnieks drum- lin field, Northern Vidzeme, Latvia. *Sedimentary Geology*. Special Issue 111(1–4): 73–90.
- Zelčs V., Markots A. 2004. Deglaciation histo- ry of Latvia. In: J. Ehlers, P. L. Gibbard (eds.). *Quaternary Glaciations – Extent and Chronology. Part I: Europe*. Amsterdam: Elsevier. 225–243.

Saulius Lozovskis, Valentas Katinas, Valentinas Baltrūnas

FORMATION PECULIARITIES OF RUOPIŠKIAI MEGA-SCALE SUBGLACIAL LINEATION ON THE BASIS OF GLACIAL DEPOSITS STRUCTURE INVESTIGATION

S u m m a r y

Ruopiškiai drumlinoid – a typical large linear sub-glacial form located in North Lithuania, Biržai–Vabalninkas area – was selected for the study. In the literature such forms are often referred to as “mega-scale subglacial lineations” (MSGL). In the investigated drumlinoid, besides previous points of investigation, 6 new pits were made, in which macroclast material long axis orientation and inclination were measured and samples were taken for grain size and petrographic analysis, anisotropy of magnetic susceptibility. In the paper the methods used during the investigation are discussed. Gravel and pebble long axis orientation and

inclination measurements were visualized in stereograms, data gathered from the microfabric anisotropy of the magnetic susceptibility analysis were visualized using the Anisoft42 software. Investigations along the Ruopiškiai drumlinoid showed that its upper part is not homogeneous. This allowed to distinguish at least three different parts of the drumlinoid that are also exceptional in their surface. It is assumed that the large linear subglacial form was mainly formed in a moving glacier slot, after squeezing out of ground moraine material. The authors consider that MSGL Ruopiškiai has only experienced a few glacier surges. The formation of the ridge slopes and the ridge experienced moving glacier glaciodynamic side effects, which signs are seen in the stereograms of macroclast material orientation and inclination and anisotropy of magnetic susceptibility (AMS) of microclast material.

Key words: North Lithuania, drumlinoid, MSGL, anisotropy of magnetic susceptibility (AMS)