

L I E T U V O S

---

ARCHEO*logija* 47



Lietuvos istorijos institutas

L I E T U V O S

---

# ARCHEOlogija 47

LIETUVOS  
ISTORIJOS  
INSTITUTAS

---

VILNIUS 2021

## Leidybą finansavo

### LIETUVOS MOKSLO TARYBA

PAGAL VALSTYBINĘ LITUANISTINIŲ TYRIMŲ IR SKLAIDOS 2016–2024 METŲ PROGRAMĄ

(Finansavimo sutarties numeris S-LIP-19-4)

### Redaktorių kolegija / Editorial board:

Atsakingoji redaktorė / Editor-in-chief dr. Agnė Čivilytė  
(Lietuvos istorijos institutas, Vilnius / Lithuanian Institute of History, Vilnius)

Atsakingosios redaktorės pavaduotoja / Assistant Editor  
dr. Elena Pranckėnaitė (Lietuvos istorijos institutas,  
Vilnius / Lithuanian Institute of History, Vilnius)

Dr. Laurynas Kurila (Lietuvos istorijos institutas, Vilnius /  
Lithuanian Institute of History, Vilnius)

Dr. Valdis Bērziņš (Latvijos universitetas, Latvijos istorijos  
institutas, Ryga / University of Latvia, Institute of Latvian  
History, Riga)

Habil. dr. Anna Bitner-Wróblewska (Valstybinis  
archeologijos muziejus Varšuvoje, Lenkija / State  
Archaeological Museum in Warsaw, Poland)

Dr. Christoph Jahn (Baltijos ir Skandinavijos archeologijos  
centras, Šlėzvigas, Vokietija / Center for Baltic and  
Scandinavian Archaeology, Schleswig, Germany)

Prof. dr. Rimantas Jankauskas (Vilniaus universitetas,  
Lietuva / Vilnius University, Lithuania)

Akad. prof. dr. Eugenijus Jovaiša (Lietuvos mokslų  
akademija, Vilnius / Lithuanian Academy of Sciences,  
Vilnius)

Habil. dr. Bartosz Kontny (Varšuvos universitetas,  
Archeologijos fakultetas, Lenkija / Faculty of Archaeology,  
University of Warsaw, Poland)

Prof. dr. Valter Lang (Tartu universitetas, Estija /  
University of Tartu, Estonia)

Doc. dr. Algimantas Merkevičius (Vilniaus universitetas,  
Lietuva / Vilnius University, Lithuania)

Habil. dr. Tomasz Nowakiewicz (Varšuvos universitetas,  
Archeologijos fakultetas, Lenkija / Faculty of Archaeology,  
University of Warsaw, Poland)

Habil. dr. Grzegorz Osipowicz (Mikalojaus Koperniko  
universitetas, Torunė, Lenkija / Nicolaus Copernicus University,  
Toruń, Poland)

Dr. Gytis Piličiauskas (Lietuvos istorijos institutas, Vilnius /  
Lithuanian Institute of History, Vilnius)

Dr. Eve Rannamäe (Tartu universitetas, Estija / University of  
Tartu, Estonia)

Dr. Andra Simniškytė (Lietuvos istorijos institutas, Vilnius /  
Lithuanian Institute of History, Vilnius)

Dr. Roberts Spīrgis (Latvijos universitetas, Latvijos istorijos  
institutas, Ryga / University of Latvia, Institute of Latvian  
History, Riga)

Dr. Eugenijus Svetikas (Lietuvos istorijos institutas, Vilnius /  
Lithuanian Institute of History, Vilnius)

Dr. Andris Šnē (Latvijos universitetas, Ryga / University of  
Latvia, Riga)

Doc. dr. Gintautas Zabiela (Klaipėdos universitetas, Lietuva /  
Klaipėda University, Lithuania)

Prof. dr. Šarūnas Milišauskas (Niujorko valstijos Bafalo  
universitetas, JAV / New York State University at Buffalo, USA)

Prof. dr. Timothy Cheval (Niujorko valstijos Bafalo  
universitetas, JAV / New York State University at Buffalo, USA)

Prof. dr. Johan Ling (Goteborgo universitetas, Švedija /  
University of Gothenburg, Sweden)

Sekretorė / Secretary Dovilė Urbonavičiūtė-Jankauskienė

Redakcijos adresas / Editorial Board address:

Lietuvos istorijos institutas, Archeologijos skyrius

Tilto g. 17, LT-01101 Vilnius

Tel. (+370) 5 2614436, fax (+370) 5 2611433

e-mail: lietuvsarheologija@gmail.com;

civilytea@gmail.com

Žurnalas registruotas: EBSCO Publishing: Central and Eastern European Academic Source European  
Reference Index for the Humanities and Social Sciences (ERIH PLUS)

# TURINYS / CONTENT

Agnė Čivilytė	PRATARMĖ.....7 FOREWORD .....11
<b>MARIJA GIMBUTIENĖ KAIP ASMENYBĖ / MARIJA GIMBUTAS AS PERSONALITY</b>	
Ernestine S. Elster	MARIJA GIMBUTAS, HER EXCAVATIONS, AND THE CONCEPT OF OLD EUROPE / MARIJA GIMBUTIENĖ, ARCHEOLOGINIAI KASINĖJIMAI IR SENOJI EUROPA .....15
James Patrick Mallory	MARIJA GIMBUTAS IN THE CLASSROOM, FIELD AND OFFICE: A SHORT PERSONAL REMINISCENCE / MARIJA GIMBUTIENĖ KLASĖJE, KASINĖJIMUOSE IR KABINETE: TRUMPI ASMENINIAI PRISIMINIMAI.....31
Kornelija Jankauskaitė	MARIJA GIMBUTIENĖ: KELIAUTOJA IR TYRĖJA / MARIJA GIMBUTAS: TRAVELLER AND RESEARCHER.....43
<b>STRAIPSNIAI / ARTICLES</b>	
Šarūnas Milišauskas	MARIJA GIMBUTAS (GIMBUTIENĖ): THE BALTIC GODDESS .....55
Kathryn Hudson	MARIJA GIMBUTIENĖ: BALTŲ DEIVĖ.....88
Julia Mattes	ANTHROPOMORPHIC FIGURINES, GYNOCENTRISM AND GIMBUTAS' RECEPTION INSIDE ARCHAEOLOGY AND BEYOND .....91 ANTROPOMORFINĖS FIGŪRĖLĖS, GINOCENTRIZMAS IR MARIJOS GIMBUTIENĖS IDĖJOS ARCHEOLOGIJOJE BEI UŽ JOS RIBŲ ..... 123
Nurcan Yalman	MELLAART, GIMBUTAS, GODDESSES, AND ÇATALHÖYÜK: EARLY ASSUMPTIONS AND RECENT PERSPECTIVES ON THE ÇATALHÖYÜK FINDS ..... 125 MELLAARTAS, GIMBUTIENĖ, DEIVĖS IR ČATAL HIJUKAS: PIRMOSIOS PRIELAIIDOS IR NAUJAUSIA RADINIŲ IŠ ČATAL HIJUKO APŽVALGA .....143

Sharada Srinivasan	GODDESS WORSHIP AND THE DANCING FORM: EXPLORING RITUAL IN INDIAN PREHISTORY AND SOUTH INDIAN ANTIQUITY .....145 DEIVĖS GARBINIMAS IR ŠOKIO JUDESIO FORMA: RITUALAI INDIJOS PRIEŠISTORĖJE IR PIETŲ INDIJOS ANTIKOJE .....164
Rasa Banytė-Rowell	MARIJA GIMBUTAS' DISSERTATION AND ITS VALUE: BURIAL CUSTOMS IN THE ROMAN IRON AGE.....167 MARIJOS GIMBUTIENĖS DISERTACIJA IR JOS SVARBA: ROMĖNIŠKOJO LAIKOTARPO LAIDOSENA .....185
Florin Gogâltan	TRANSYLVANIA AND THE OF INDO-EUROPEAN MIGRATION PROBLEM. THE ROMANIAN PARADIGM .....187 TRANSILVANIJA IR INDOEUROPEIČIŲ MIGRACIJOS PROBLEMA. RUMUNIJOS PARADIGMA ..... 207
Gytis Piličiauskas Edvardas Simčenka Justina Kozakaitė Žydrūnė Miliauskienė Giedrė Piličiauskienė Harry Kenneth Robson	DONKALNIO IR SPIGINO KAPINYNŲ AKMENS AMŽIAUS ŽMONIŲ KILMĖ IR MOBILUMAS STRONCIO IZOTOPŲ ANALIZĖS DUOMENIMIS..... 209 THE ORIGINS AND MOBILITY PATTERNS OF STONE AGE HUMANS FROM THE DONKALNIS AND SPIGINAS BURIAL GROUNDS ACCORDING TO STRONTIUM ISOTOPE ANALYSIS.....232
Janusz Czebreszuk Agnė Čivilytė	PROFESSOR MARIJA GIMBUTAS' ADVENTURE WITH PREHISTORIC AMBER AND THE RESULTS FOR US.....235 MARIJOS GIMBUTIENĖS PRIEŠISTORINIO GINTARO TYRINĖJIMAI IR JŲ REIKŠMĖ ŠIANDIEN ..... 247
	<b><i>KITAIP APIE ARCHEOLOGIĄ / ALTERNATIVE PERCEPTIONS OF ARCHAEOLOGY</i></b>
Paulius Gritėnas	FILOSOFIJA KAIP ARCHEOLOGIJA..... 249
	<b><i>RECENZIJOS / REVIEWS</i></b>
Artūras Dubonis	RYTIS JONAITIS, IRMA KAPLŪNAITĖ. SENKAPIS VILNIUJE, BOKŠTO GATVĖJE. XIII-XV A. LAIDOSĖNOS LIETUVOJE BRUOŽAI.....253  AUTORIŲ DĖMESIUI..... 259  GUIDELINES FOR AUTHORS..... 263

# DONKALNIO IR SPIGINO KAPINYNŲ AKMENS AMŽIAUS ŽMONIŲ KILMĖ IR MOBILUMAS STRONCIO IZOTOPŲ ANALIZĖS DUOMENIMIS\*

GYTIS PILIČIAUSKAS<sup>1</sup>, EDVARDAS SIMČENKA<sup>2</sup>, JUSTINA KOZAKAITĖ<sup>3</sup>,  
ŽYDRŪNĖ MILIAUSKIENĖ<sup>4</sup>, GIEDRĖ PILIČIAUSKIENĖ<sup>5</sup>, HARRY KENNETH ROBSON<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Archeologijos skyrius, Lietuvos istorijos institutas, Tiltu g. 17, 01101 Vilnius, el. paštas: gytis.piliciauskas@gmail.com

<sup>2</sup> Archeologijos skyrius, Lietuvos istorijos institutas, Tiltu g. 17, 01101 Vilnius, el. paštas: edw753@gmail.com

<sup>3</sup> Medicinos fakultetas, Vilniaus universitetas, M. K. Čiurlionio g. 21, 03101 Vilnius, el. paštas: justina.kozakaite@mf.vu.lt

<sup>4</sup> Medicinos fakultetas, Vilniaus universitetas, M. K. Čiurlionio g. 21, 03101 Vilnius, el. paštas: zydrune.miliauskiene@mf.vu.lt

<sup>5</sup> Archeologijos katedra, Vilniaus universitetas, Universiteto g. 7, 01513 Vilnius, el. paštas: giedrepils@gmail.com

<sup>6</sup> BioArCh, Department of Archaeology, University of York, Heslington, York YO10 5DD, UK, el. paštas: harry.robson@york.ac.uk

*Priešistorinių žmonių palaikų stroncio izotopų santykio analizė (<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr) leidžia įvertinti jų mobilumą ir identifikuoti pirmos kartos imigrantus, tačiau jos potencialas stipriai priklauso nuo tiriamo regiono geologijos heterogeniškumo ir biologiškai prieinamo stroncio <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr santykio variacijos pažinimo. Lietuvos archeologijoje stroncio izotopų analizė pirmą kartą panaudota tik 2019–2020 m. Šiame straipsnyje aptarsime šio metodo taikymo galimybes pietryčių Baltijos regione, kurias iliustruosime Donkalnio ir Spigino akmens amžiaus kapinynų buvusiose Biržulio ežero salose tyrimu.*

**Reikšminiai žodžiai:** stroncio izotopų analizė, migracija, mobilumas, akmens amžius, Biržulio ežeras.

*Whilst the analysis of strontium isotope ratios (<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr) of human remains enables mobility patterns and migration events to be identified archaeologically, its potential is dependent on the heterogeneity of the underlying geology in the research area, and the knowledge of <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr ratio variation in the biologically available strontium. In Lithuanian archaeology, strontium isotope analysis has only been relatively recently undertaken (2019–2020). In this paper we discuss the potential of the method, and its application to materials from the Stone Age burial grounds of Donkalis and Spiginas located on former islands in the Lake Biržulis region, western Lithuania.*

**Keywords:** Strontium isotope analysis, migration, mobility, Stone Age, Lake Biržulis.

## ĮVADAS

Stroncio izotopų (<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr) analizė jau daugiau nei tris dešimtmečius sėkmingai taikoma žmonių ir gyvūnų mobilumo praeityje tyrimuose (Ericson 1985; Price *et al.* 1994; Shaw *et al.* 2010; Knudson *et al.* 2012; Gregoricka 2013). Metodo esmė glūdi gyvų organizmų gebėjime kaupti stroncij audiniuose, taip pat ir labai tvirtame ir gerai išliekančiame dantų

emalyje. Stroncis turi 4 izotopus, iš kurių <sup>87</sup>Sr yra radiogeniškas ir susidaro iš <sup>87</sup>Rb esant 48,8 milijardo metų skilimo pusperiodžiui. Skirtingos kilmės uolienos pasižymi nevienodu <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr santykiu – senesnių jis aukštesnis. Gyviems organizmams prieinamas stroncis patenka į vandenį ir dirvožemį daugiausia iš dūlančių uolienu, po to į augalus ir gyvūnus, o <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr izotopų santykis išlieka pastovus. Kadangi mineralizavęsis dantų emalis nebekinta, jis išlaiko

\* Straipsnis parengtas finansuojant Lietuvos mokslo tarybai (S-MIP-20-49).

tokį patį  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  santykį, kuris buvo įrašytas dančiui formuojantis vaikystėje. Šį santykį nustačius dantų emalyje ir, jį lyginant su biologiškai prieinamo stroncio santykiu gyvūnijoje, augalijoje, vandenyje ir dirvožemyje, įmanoma nustatyti, ar individas gyveno tam tikrame regione, ar maitinosi jo maistu tiriamam dančiui formuojantis (Bentley 2006; Montgomery 2010; Szostek *et al.* 2015; Holt *et al.* 2021). Taigi, stroncio izotopų analizė leidžia identifikuoti pirmosios kartos imigrantus, tačiau tam yra būtina sąlyga, kad biologiškai prieinamo stroncio izotopų signalai būtų skirtingi gimimo/vaikystės ir mirties/palaidojimo vietose. Daugybiniais to paties danties emalio mėginių poėmiais galima nustatyti vidinę  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  variaciją, rodančią chronologinę kelerių metų seką danties emaliui augant ir mineralizuojantis (Balasse 2002; 2003). Ši variacija padeda ne tik nustatyti, ar individas vietinis, tačiau ir sužinoti, kaip jis judėjo per tuos kelerius metus vaikystėje, kai formavosi tiriamas dantis (e. g. Glykou *et al.* 2018; Boethius *et al.* 2021).

Iki XXI a. pradžios archeologijoje žmonių migracijos ir mobilumas dažniausiai buvo įrodinėjami tiriant daiktus, jų formas, sudėtį, gamybos būdus, žaliavas. Tačiau daiktai gali keliauti tūkstančius kilometrų mainų būdu, gali būti kopijuojami, kaip ir jų gamybos technologijos. Tad labai svarbūs archeologijai genetinių tyrimų rezultatai, kurie visai neseniai atskleidė, kad Europoje, įskaitant ir rytinę Baltijos pakrantę, neolite ir bronzos amžiuje migracijų vaidmuo buvo itin reikšmingas (Haak *et al.* 2015; Allentoft *et al.* 2015; Olalde *et al.* 2018; Mathieson *et al.* 2018; Saag *et al.* 2021). Stroncio izotopų metodas priešistorinio mobilumo studijoms irgi gali būti itin naudingas. Jis galėtų padėti dar daugiau sužinoti apie Lietuvos akmens amžiaus žmonių kilmę, leistų identifikuoti pirmuosius migrantus ir sezoninio mobilumo atvejus, nustatyti bendrąsias mobilumo kaitos tendencijas ilgalaikėje perspektyvoje, tačiau iki pat 2019–2020 m. tai padaryti nebuvo bandoma. Lietuvos mokslo įstaigos nematuoja  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$

santykio, nes neturi tam reikalingos įrangos, tačiau tai, greičiausiai, nebuvo pagrindinė priežastis, kodėl stroncio izotopų analizė Lietuvos archeologiją pasiekė tik po 30 metų, skaičiuojant nuo pirmųjų sėkmingų jos pritaikymo archeologijoje atvejų kitose šalyse. Pavyzdžiui, C ir N izotopų analizė jau daugiau nei 10 metų yra tapusi įprastu metodu paleodietos tyrimuose Lietuvoje, nors pirmieji matavimai irgi vykdyti tik užsienio laboratorijose (Antanaitis-Jacobs *et al.* 2009; Piličiauskas *et al.* 2017a; 2017b). Spėtume, kad stroncio izotopų analizė Lietuvos archeologus ilgą laiką gąsdino didele laboratorinių tyrimų kaina ir nežinojimu, kiek metodas pasirodys veiksmingas teritorijoje, kurią visą dengia ledynų nuogulos. Be to, norint žinoti, iš kur atvyko nevietiniai individai, reikalingas  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  santykio biosferoje žemėlapis, apimantis plačias teritorijas. Deja, tokie tyrimai kol kas nevyko Baltarusijoje ir Kaliningrado srityje. ŠR Lenkijoje publikuotos tik natūralaus mineralinio vandens  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  vertės (Voerkelius *et al.* 2010); Latvijoje – tik trijų sraigčių kiautelių, o ŠV Rusijoje biosferos  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  fonas nustatytas tik Senosios Ladogos gyvenvietėje (Price *et al.* 2020). Šiek tiek daugiau duomenų apie biosferos stroncio izotopų signalus neseniai pasirodė Estijoje, kur pabandyta identifikuoti migrantus bronzos ir ankstyvojo geležies amžiaus, taip pat vikinginio laikotarpio kapuose (Oras *et al.* 2016; Price *et al.* 2020). Taigi, dar nepradėjus tyrimų stroncio izotopų studijų rezultatyvumas Lietuvoje galėjo atrodyti gana miglotas.

Lietuvoje pirmasis žingsnis, tiksliau – du žingsniai, buvo žengti 2020–2021 m. Beveik vienu metu pradėti 2 moksliniai projektai, finansuojami Lietuvos mokslo tarybos ir  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  analizę numatantys kaip pagrindinį instrumentą praeities žmonių ir gyvūnų mobilumui pažinti. Pirmasis projektas, vadovaujamas G. Piličiauskienės (2019–2022 m., *Žmonės ir žirgai Tautų kraustymosi laikotarpiu (IV–VI a.) Lietuvoje Sr ir O stabilizacijų izotopų duomenimis: kilmė ir socialinis kontekstas*), tyrė žmonių ir žirgų kilmę geležies amžiuje. Antrasis, vadovaujamas šio



straipsnio pirmojo autoriaus (2020–2022 m., *Žmonių mobilumas akmens ir bronzos amžiuje stabilųjų izotopų tyrimų duomenimis*), nusitaikė į akmens ir bronzos amžiaus žmonių mobilumą. Šis straipsnis iš esmės remiasi antrojo projekto rezultatais. Visi jie bus publikuoti moksliniuose straipsniuose anglų kalba, o šio straipsnio lietuvių kalba tikslas yra siauresnis – supažindinti Lietuvos skaitytoją su mums dar naujo metodo taikymo galimybėmis jas atskleidžiant Biržulio ežero regiono pavyzdžiu. Prie šio ežero esančiuose Spigino ir Donkalnio kapinyuose palaidoti žmonės pasirodė esantys tinkami iškeltam tikslui įgyvendinti dėl didžiulės  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  santykio variacijos ir interpretacijos įvairovės.

Taigi, šiame straipsnyje pateikiamos 13-os mezolito, subneolito ir neolito žmonių iš Donkalnio ir Spigino kapinynų  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  verčių kreivės, pristatomas iš 9 archeologinių gyvūnų sudarytas Biržulio ežero regiono biologiškai prieinamo stroncio  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  fonas, identifikuojami nevietinės kilmės individai, vertinamas atskirų individų mobilumo laipsnis ir pobūdis vaikystėje, pasiūlomos labiausiai tikėtinos nevietinių individų kilmės vietos, aptariamose metodo taikymo Lietuvoje ir kaimyniniuose kraštuose galimybės ir sunkumai.

## METODAI IR MĖGINIAI

Stroncio izotopų santykis ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) buvo matuojamas dviem metodais. Lazerine abliacija – multi-kolektoriumi – induktyviai susietos plazmos masių spektrometrija (angl. *laser ablation-multi collector-inductively coupled plasma-mass spectrometry*; toliau tekste – LA-MC-ICP-MS) iš danties emalio buvo imami daugybiniai mėginiai. Kadangi įrodyta, kad danties emalyje  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  variacija atspindi chronologinę seką, kai vyko emalio augimas ir mineralizacija (Balasse 2002; 2003; Lazzarini *et al.* 2021), siekiant ne tik identifiкуoti nevietinės kilmės individus, tačiau ir sužinoti, kaip jie judėjo vaikystėje, žmonių dantų tyrimui buvo pasirinkta būtent LA-MC-ICP-MS.

Gyvūnų dantų emalis buvo tirtas taikant izotopų praskiedimo - terminės jonizacijos masių spektrometriją (angl. *isotope dilution-thermal ionization mass spectrometry*; toliau tekste – ID-TIMS). Šis metodas tikslesnis, o daugybiniai gyvūnų vieno danties tyrimai nebuvo reikalingi. Tiek LA-MC-ICP-MS, tiek ID-TIMS buvo atliktos toje pačioje mokslinių tyrimų institucijoje – Švedijos gamtos istorijos muziejaus Stokholme Geomokslų departamente.

Žmonių dantys buvo paimti iš Vilniaus universiteto Medicinos fakulteto Anatomijos, histologijos ir antropologijos katedros saugyklų, o archeologinių gyvūnų dantys – iš Vilniaus universiteto Istorijos fakulteto zooarcheologinės medžiagos saugyklos. Iš keturių Spigino kapinyno kapų dantys buvo išlikę dviejuose – 2- ir 4-ame. Donkalnyje iš 14-os identifiкуotų individų (įskaitant suardytus kapus) 11-os dantys buvo išlikę. Tad iš viso tirta 13-os žmonių 13 dantų.

Renkantis žmonių dantis pirmenybė teikta anksčiausiai susiformuojantiems nuolatiniam krūmiams dantims M1 ir M2. Jų nesant dviem atvejais tirtas M3 ir kaplys P2. Radiografiniais ir histologiniais tyrimais nustatyta, kad žmogaus M1 danties emalis visiškai susiformuoja 0–3, M2 – 3–6, M3 – 8–11, P2 – 2–6 gyvenimo metais (Massler *et al.* 1941; Reid, Dean 2006). Taigi, mūsų tirtų dantų  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  santykio variacijos kreivės atspindi daugiausia ankstyvąją vaikystę – 0–6 gyvenimo metus.

Šiame straipsnyje naudotos  $^{14}\text{C}$  datos buvo kalibruotos OxCal 4.4 programa naudojant IntCal20 atmosferos kreivę (Bronk Ramsey 2009; Reimer *et al.* 2020), o kalibruotos datos yra pateikiamos kaip 95,4 % tikimybės intervalai.

## BIRŽULIO EŽERO GYVENVIETĖS IR KAPAI

Prie Biržulio ežero, Telšių r., yra žinomi Donkalnio ir Spigino akmens amžiaus kapinynai, taip pat

раста daug akmens ir bronzos amžių gyvenviečių. Šiuos paminklus 1980–1990 m. surado ir tyrinėjo Adomas Butrimas (Butrimas *ir kt.* 1985; Butrimas 1992; 2019; Butrimas, Ostrauskienė 2004). 2016 m. Daktariškės 5 gyvenvietę tyrė G. Piličiauskas. Ji yra pati vertingiausia, nes vienintelė turi ežero priekrantėje susidariusį stratifikuotą subneolito – ankstyvojo bronzos amžiaus archeologinį sluoksnį (Piličiauskas 2018), joje gerai išlikusi kaulinė medžiaga, kuri ir buvo panaudota šiame darbe stroncio izotopų santykio fonui Biržulio ežero apylinkėse nustatyti.

Spigino kapinynas yra keiminėje 110 × 40 m dydžio ir iki 9 m aukščio kalvoje, kuri kadaise buvo ežero sala. Keimo šlaitai labai statūs, o viršūnėje plokštumoms laidoti labai maža, tad nenuostabu, kad čia aptikti tik 4 kapai. Jie pavadinti nr. 1–4 ir datuoti atitinkamai 4442–4243, 2132–1749, 6814–6461, 6442–6227 cal BC (Piličiauskas, Heron 2015; Piličiauskas *et al.* 2017b; Antanaitis-Jacobs *et al.* 2009; Butrimas 1992). Kapų <sup>14</sup>C datos rodo, kad saloje laidota ne mažiau kaip 4500 metų – mezolite (kapai 3 ir 4), subneolite (kapas 1) ir neolite (kapas 2).

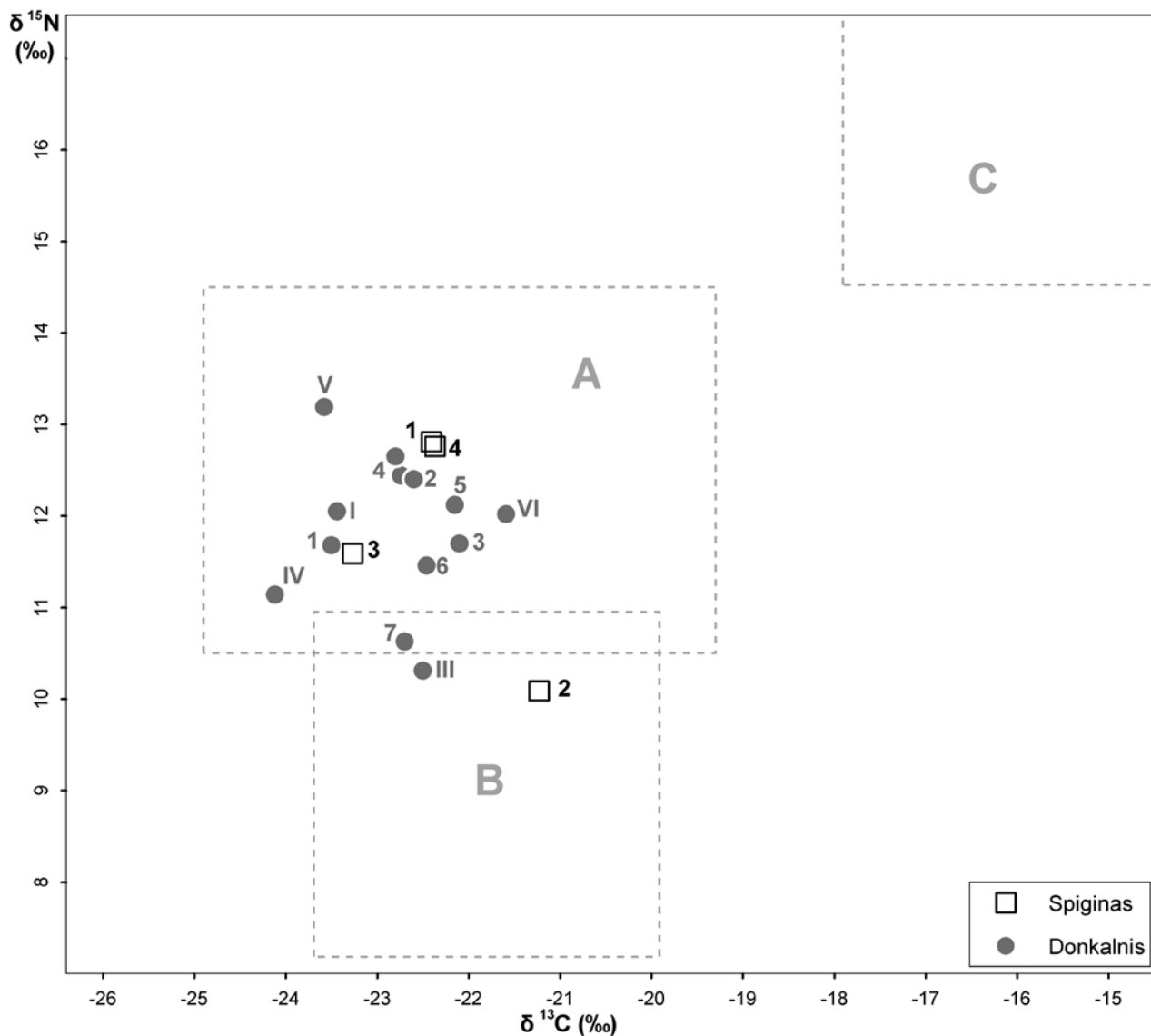
Donkalnio kapinynas, kaip ir Spigino, irgi yra keiminėje kalvoje, kadaise buvusioje sala arba pusiasaliu, 170 × 50 m dydžio ir 5 m aukščio. Donkalnis yra žemesnis už Spiginą, jo viršūnė plokštesnė ir didesnio ploto. Čia aptikta ne tik daugiau kapų, bet ir akmenis bei geležies amžiaus gyvenviečių liekanų (Butrimas *ir kt.* 1985). Buvo ištirti 7 kapai, taip pat surinkti dar 6 žmonių palaikai iš jau anksčiau kasant žvyrą suardytų kapų. Kapai pavadinti nr. 1–7, o suardytų kapų griaučiai – asmenimis I–VI. Praėjus daug metų po lauko tyrimų kape nr. 5 surinkti kaulai buvo priskirti 2 individams, maždaug 7 m. vaikui ir kūdikiui (Piličiauskas *et al.* 2017b), tad iš viso Donkalnyje palaidota ne mažiau kaip 14 žmonių. Visi jie kaip ir Spigine šiandien yra datuoti tiesiogiai <sup>14</sup>C metodu,

kai kurie – po kelis kartus (Antanaitis-Jacobs *et al.* 2009; Piličiauskas, Heron 2015; Piličiauskas *et al.* 2017b; Butrimas 2019), taip pat įskaitant rastuosius suardytuose kapuose (Simčenka *et al.*, rengiama). Kaip ir Spigine, Donkalnyje irgi buvo laidota labai ilgai, mažiausiai 3000 m., nors neolito kapų čia nebuvo rasta. Jeigu mezolito ir subneolito riba laikysime 5000 cal BC<sup>1</sup>, mezolitui skirtini kapai 2, 4, 5 ir suardytas kapas V. Subneolitu buvo datuoti kapai 1, 3, 6, 7 ir asmenys I–IV, VI iš suardytų kapų. Žmogaus šlaunikaulis iš kapo 7 visai neseniai buvo datuotas 3521–3371 cal BC (Simčenka *et al.*, rengiama), tad nei anksčiau datuotas žvėries kabutis (5374–4939 cal BC; Piličiauskas 2017b), nei lokio žandikaulis (3012–2875 cal BC; Butrimas 2019) su šiuo kapu greičiausiai nesusiję. Kape buvo palaidotas > 45 m. vyras, kurio dieta pagal C ir N izotopų signalus buvo mišri (1 pav.). Biržulio ežero gėlo vandens rezervuaro efektas galėjęs būti 250–800 m. (Piličiauskas 2018; neskelbti šiuolaikinių žuvų duomenys), tad kaulo kolageno datą teoriškai jis galėjo pasendinti 400 m. Vis dėlto genetiniai duomenys leidžia tvirtai teigti, kad kapo 7 vyras – medžiotojų-rinkėjų atstovas, nesusijęs su Virvelinės keramikos kultūra (Mittnik *et al.* 2018) ir tikriausiai gyvenęs pačioje subneolito pabaigoje.

Donkalnio ir Spigino kapinyuose palaidotų žmonių dieta yra ištirta. C ir N izotopų kaulo kolagene tyrimai parodė, kad daugumos akmenis amžiaus žmonių dietoje vyravo gėlavandenis maistas (Antanaitis-Jacobs *et al.* 2009; Piličiauskas *et al.* 2017b; Simčenka *et al.*, rengiama). Išskirtiniai yra subneolitui skiriami Donkalnio individai 7 ir III bei neolitinis Spigino individas 2, kurių baltyminėje dietoje vyravo arba lygiavertę gėlavandeniam maistui dalį sudarė sausumos produktai (1 pav.).

Buvo publikuoti Donkalnio kapuose 1, 4, 6, 7 ir Spigino kapuose 1, 2, 4 palaidotų žmonių genomo

<sup>1</sup> Šiame darbe naudota tokia Lietuvos akmenis ir bronzos amžių periodizacija: mezolitas (9000–5000 cal BC), subneolitas (5000–900 cal BC), neolitas (2900–1800 cal BC), ankstyvasis bronzos amžius (1800–1100 cal BC), vėlyvasis bronzos amžius (1100–500 cal BC)



1 pav. Spigino ir Donkalis žmonių dieta pagal  $\delta^{13}\text{C}$  ir  $\delta^{15}\text{N}$  vertes kaulo kolagene pagal Antanaitis-Jacobs *et al.* (2009), Piličiauskas *et al.* (2017b), Simčienka *et al.* (rengiama). Tikėtinos maisto grupių vartotojų zonos apibrėžtos punktyru: A – gėlavandenių žuvų, B – žolėdžių ir šernų, C – jūrinių žuvų ir ruonių. G. Piličiausko brėž.

Fig. 1. Stable isotope data ( $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$ ) obtained from human bone collagen from the burial grounds of Donkalis and Spiginas. Data from Antanaitis-Jacobs *et al.* (2009), Piličiauskas *et al.* (2017b), Simčienka *et al.* (in prep). The expected ranges for the consumers of freshwater fish (A), herbivores and boars (B), and marine fish and seals (C) are shown. Drawing by G. Piličiauskas

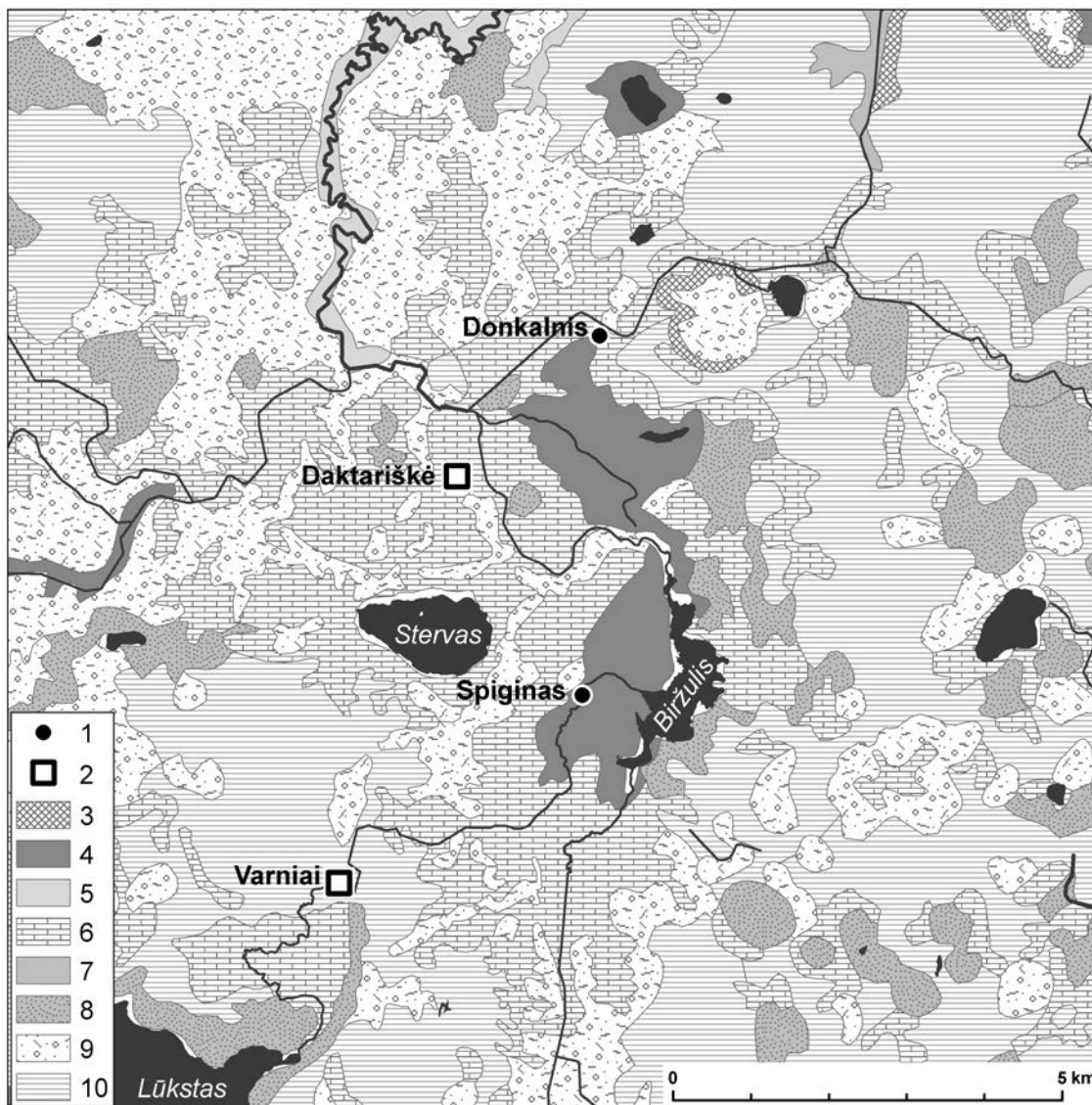
duomenys (Bramanti *et al.* 2009; Mittnik *et al.* 2018). Biržulio ežero mezolito ir subneolito medžiotojai, palaidoti Spigino 1, 4 ir Donkalnio 1, 6 kapuose, pasirodė esantys labai artimi vakarų medžiotojams-rinkėjams, o su rytų medžiotojais-rinkėjais yra siejama 5–30 % jų genomo. Išsiskiria Donkalnio kapas 4, kuriame mezolite palaidotas vyras neturėjo jokios giminystės su rytų medžiotojais-rinkėjais (Mittnik *et al.* 2018, fig. 3).

### BIRŽULIO EŽERO APYLINKIŲ GEOLOGIJA IR BIOLOGIŠKAI PRIEINAMO STRONCIO IZOTOPINIS FONAS

Biržulio ežero apylinkių reljefas ir paviršiniai nuosėdų sluoksniai kaip ir beveik visoje Lietuvoje susidarė per paskutinį ledynmetį ir holocene. Ežeras slūgso Tverų moreniniame kalvyne. Į rytus nuo ežero aptinkami fluvio-glacialiniai smėliai ir žvyrai – tai Biržulio fluvio-glacialinis duburys. Pietuose ir rytuose vyrauja moreniniai priemoliai (2 pav.). Nuosėdinės prekartero uolienos Lietuvos aukštumose slūgso labai giliai, 100 ar net daugiau metrų gylyje (Aleksa 2007). Biržulio ežero apylinkėse nesant gilių slėnių ir atodangų prekartero uolienų įtaka biosferos stronciui negali būti žymi. Pagrindinis stroncio dirvožemyje ir paviršiniame vandenyje šaltinis yra ledyninėse nuogulose. Šios susidarė iš įvairių periodų jūrinių nuogulų, dažnai karbonatingų, nugremžtų slenkančių ledynų dabartinės Lietuvos ir Latvijos teritorijose, taip pat iš eroduotų prekambro magminių ir metamorfinių uolienų, ledyno atvilkčių iš vidurio Švedijos (Boulton *et al.* 2001). Šių sudėtinių dalių proporcijos nevienodos. Kartais minima, kad į Lietuvą iš Skandinavijos atvilkta nuosėda gali sudaryti apie 25 % moreninio priemolio (Kudaba 1983). Prekambro uolienų stroncis vidurio ir šiaurės Švedijoje yra labai radiogeniškas ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,72\text{--}0,74$ ), o įvairaus laiko jūrinių nuosėdų stroncis, priešingai, yra mažai radiogeniškas ( $0,7073\text{--}0,7093$ ) (Löfvendahl *et al.* 1990; Boethius *et al.* 2021; McArthur *et al.* 2001;

Veizer *et al.* 1997; Diener *et al.* 1996; Cramer *et al.* 2011; Edwards *et al.* 2015). Taigi, nors biologiškai prieinamo stroncio  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  labiausiai priklauso nuo pamatinės uolienos, Biržulio ežero apylinkėse, kaip ir visoje Lietuvoje, jis negali būti nuspėjamas tik iš geologinės informacijos.  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  priklauso nuo dviejų skirtingo radiogeniškumo stroncio šaltinių indėlio ir gali svyruoti dideleje amplitudėje.

Norint identifikuoti nevietinius individus taikant stroncio izotopų analizę, buvo būtina sužinoti Biržulio ežero apylinkių biologiškai prieinamo stroncio  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  variaciją. Šiam uždaviniui pasirinkome archeologinius gyvūnus. Gyvūnai gerai niveliuoja anomalines, labai aukštas arba žemas  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  vertes, nes jie maitinasi skirtingose regiono vietose (Bentley 2006).  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  archeologinių gyvūnų dantų emalyje nėra paveiktas nei užteršto lietaus ar nuotekų, nei iš nevietinių medžiagų pagamintų trašų, kurios į Lietuvos laukus imtos masiškai pilti tik XX a. 2-oje pusėje. Todėl projekte buvo numatyta  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  aplinkos fonus skirtingiems regionams kurti būtent iš archeologinių gyvūnų, jeigu įmanoma, mažiau migruojančių. Biržulio ežero regionui parinkome zooarcheologinius mėginius iš Daktariškės 5 gyvenvietės ( $n = 5$ ; subneolitas ir ankstyvasis bronzos amžius) ir Varnių senamiesčio ( $n = 4$ ; XVI–XVIII a.) (1 lent.). Daktariškės 5 gyvenvietė nuo Donkalnio ir Spigino kapinynų nutolusi atitinkamai 2,5 ir 3,2, nuo Varnių miestelio – 7,8 ir 4 km (2 pav.). Taigi, abi zooarcheologinės medžiagos radimvietės yra nutolusios nuo kapinynų ne daugiau kaip vienos dienos kelionės su sugrįžimu atstumu. Jos turėtų atspindėti tiek fluvio-glacialinių, tiek moreninių ledyninių nuogulų  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  reikšmes, kurios gali skirtis dėl fluvio-glacialiniuose smėliuose ir žvyruose lengviau negu moreniniame priemolyje išplaunamų karbonatų. Plati tirtų gyvūnų rūšių įvairovė (bebras, elnias, ožka, avis/ožka, kiaulė) turėjo prisidėti prie stroncio izotopinio fono patikimumo (1 lent.).



2 pav. Biržulio ežero apylinkių geologinis kvartero žemėlapis 1:200 000 (pagal Lietuvos geologijos tarnyba 2021). 1 – tirti žmonių dantys, 2 – tirti gyvūnų dantys, 3 – holoceno deliuvis, 4 – holoceno limninės nuosėdos, 5 – holoceno aliuvis, 6 – holoceno pelkių nuogulos, 7 – vėlyvojo pleistoceno aliuvis, 8 – vėlyvojo pleistoceno limnoglacialinės nuogulos, 9 – vėlyvojo pleistoceno fluvio-glacialinės nuogulos, 10 – vėlyvojo pleistoceno moreninės nuogulos. *G. Piličiausko brėž.*

Fig. 2. Quaternary geological map 1:200 000 of the Lake Biržulis region according to Lietuvos geologijos tarnyba 2021. 1 – analysed human teeth, 2 – analysed animal teeth, 3 – Holocene colluvium, 4 – Holocene limnic sediments, 5 – Holocene alluvium, 6 – Holocene bog sediments, 7 – Late Pleistocene alluvium, 8 – Late Pleistocene glaciolacustrine sediments, 9 – Late Pleistocene glaciofluvial sediments, 10 – Late Pleistocene moraine sediments. *Drawing by G. Piličiauskas*

Eil. nr.	Gyvenvietė	Tyrėjas, tyrimų metai	Datavimas	Rūšis	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	SD
1	Daktariškė 5	Piličiauskas 2016	subneolitas, ankstyvasis bronzos amžius	bebras	0,713292	0,000013
2	Daktariškė 5	Piličiauskas, 2016	subneolitas – ankstyvasis bronzos amžius	bebras	0,714841	0,000013
3	Daktariškė 5	Piličiauskas, 2016	ankstyvasis bronzos amžius	ožka	0,71425	0,000013
4	Daktariškė 5	Piličiauskas, 2016	ankstyvasis bronzos amžius	avis/ožka	0,713485	0,000013
5	Daktariškė 5	Piličiauskas, 2016	subneolitas – ankstyvasis bronzos amžius	elnias	0,71495	0,000013
6	Varniai, Daukanto g. 8	Kontrimas, 2013	ankstyvieji naujieji laikai	kiaulė	0,714592	0,000013
7	Varniai, Daukanto g. 8	Kontrimas, 2013	ankstyvieji naujieji laikai	kiaulė	0,716614	0,000013
8	Varniai, Daukanto g. 8	Kontrimas, 2013	ankstyvieji naujieji laikai	kiaulė	0,7155*	0,0002*
9	Varniai, Daukanto g. 8	Kontrimas, 2013	ankstyvieji naujieji laikai	avis/ožka	0,7138*	0,0005*

1 lent. Tirtų gyvūnų dantų iš Daktariškės 5 gyvenvietės ir Varnių miestelio sąrašas ir  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  matavimų rezultatai.

\* – LA-MC-ICP-MS matavimai,

kiti – ID-TIMS matavimai

Table 1.  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ratios of analysed animal teeth from the sites of Daktariškė 5 and Varniai.

\* denotes analyses by LA-MC-ICP-MS,

other are by ID-TIMS

Tokiu būdu iš 9 gyvūnų apskaičiuotas biologiškai prieinamo stroncio izotopų fonas Biržulio ežero regione yra  $0,7146 \pm 0,0021$  (2 SD), arba 0,7125–0,7167.

## DONKALNIO IR SPIGINO ŽMONIŲ KILMĖ IR MOBILUMAS

Trylikai Donkalnio ir Spigino žmonių dantų buvo atlikti 193  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  matavimai taikant LA-MC-ICP-MS. Vienam dančiui daryta 10–20 matavimo įpjovų (linijų), vidutiniškai – po 15. Visi rezultatai, įskaitant 2 SD paklaidas, pateikiami suapvalinti iki 4 skaitmens po kablelio (2 lent.). Pagal šiuos matavimus visiems individams nubraižytos  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  santykio vidinės variacijos kreivės, atspindinčios tirtų danties emalio formavimosi chronologiją (3 pav.). Toliau jos naudotos tiek nevietiniams individams identifikuoti, tiek atskirų individų mobilumo pobūdžiui įvertinti.

Kapinynas	Kapas	Linija	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	2SD
Donkalis	1	1	0,7133	0,0005
Donkalis	1	2	0,7145	0,0006
Donkalis	1	3	0,7145	0,0006
Donkalis	1	4	0,7118	0,0005
Donkalis	1	5	0,7126	0,0006
Donkalis	1	6	0,7134	0,0007
Donkalis	1	7	0,7133	0,0006
Donkalis	1	8	0,7132	0,0006
Donkalis	1	9	0,7139	0,0006
Donkalis	1	10	0,7132	0,0005
Donkalis	1	11	0,7131	0,0005
Donkalis	1	12	0,7147	0,0006
Donkalis	1	13	0,7144	0,0006
Donkalis	1	14	0,7154	0,0005
Donkalis	1	15	0,7153	0,0006
Donkalis	1	16	0,7147	0,0005
Donkalis	2	1	0,7186	0,0005
Donkalis	2	2	0,7199	0,0005
Donkalis	2	3	0,7189	0,0005

Kapinynas	Kapas	Linija	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	2SD
Donkalis	2	4	0,7202	0,0007
Donkalis	2	5	0,7163	0,0005
Donkalis	2	6	0,7164	0,0004
Donkalis	2	7	0,7174	0,0005
Donkalis	2	8	0,7170	0,0004
Donkalis	2	9	0,7183	0,0006
Donkalis	2	10	0,7193	0,0008
Donkalis	2	11	0,7190	0,0005
Donkalis	2	12	0,7170	0,0003
Donkalis	2	13	0,7162	0,0003
Donkalis	2	14	0,7159	0,0003
Donkalis	2	15	0,7156	0,0002
Donkalis	2	16	0,7128	0,0002
Donkalis	3	1	0,7126	0,0005
Donkalis	3	2	0,7126	0,0005
Donkalis	3	3	0,7120	0,0005
Donkalis	3	4	0,7122	0,0005
Donkalis	3	5	0,7122	0,0006
Donkalis	3	6	0,7116	0,0006
Donkalis	3	7	0,7121	0,0006
Donkalis	3	8	0,7112	0,0005
Donkalis	3	9	0,7119	0,0004
Donkalis	3	10	0,7113	0,0004
Donkalis	3	11	0,7117	0,0005
Donkalis	3	12	0,7121	0,0004
Donkalis	3	13	0,7116	0,0004
Donkalis	3	14	0,7113	0,0004
Donkalis	3	15	0,7121	0,0004
Donkalis	3	16	0,7117	0,0004
Donkalis	5	1	0,7138	0,0006
Donkalis	5	2	0,7136	0,0005
Donkalis	5	3	0,7121	0,0006
Donkalis	5	4	0,7116	0,0005
Donkalis	5	5	0,7124	0,0006
Donkalis	5	6	0,7120	0,0008
Donkalis	5	7	0,7116	0,0005
Donkalis	5	8	0,7118	0,0009
Donkalis	5	9	0,7119	0,0006
Donkalis	5	10	0,7115	0,0006
Donkalis	5	11	0,7105	0,0007
Donkalis	5	12	0,7118	0,0005

Kapinynas	Kapas	Linija	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	2SD
Donkalis	5	13	0,7114	0,0006
Donkalis	5	14	0,7106	0,0006
Donkalis	5	15	0,7111	0,0005
Donkalis	5	16	0,7120	0,0005
Donkalis	6	1	0,7155	0,0005
Donkalis	6	2	0,7163	0,0004
Donkalis	6	3	0,7142	0,0005
Donkalis	6	4	0,7148	0,0005
Donkalis	6	5	0,7162	0,0005
Donkalis	6	6	0,7158	0,0005
Donkalis	6	7	0,7150	0,0005
Donkalis	6	8	0,7142	0,0005
Donkalis	6	9	0,7135	0,0004
Donkalis	7	1	0,7196	0,0006
Donkalis	7	2	0,7197	0,0005
Donkalis	7	3	0,7207	0,0005
Donkalis	7	4	0,7190	0,0006
Donkalis	7	5	0,7195	0,0006
Donkalis	7	6	0,7192	0,0005
Donkalis	7	7	0,7178	0,0005
Donkalis	7	8	0,7144	0,0005
Donkalis	7	9	0,7138	0,0005
Donkalis	7	10	0,7154	0,0005
Donkalis	7	11	0,7156	0,0005
Donkalis	7	12	0,7159	0,0005
Donkalis	7	13	0,7150	0,0004
Donkalis	7	14	0,7156	0,0005
Donkalis	7	15	0,7149	0,0004
Donkalis	I	1	0,7155	0,0006
Donkalis	I	2	0,7154	0,0006
Donkalis	I	3	0,7145	0,0006
Donkalis	I	4	0,7150	0,0007
Donkalis	I	5	0,7142	0,0005
Donkalis	I	6	0,7163	0,0005
Donkalis	I	7	0,7160	0,0007
Donkalis	I	8	0,7170	0,0007
Donkalis	I	9	0,7175	0,0007
Donkalis	I	10	0,7158	0,0006
Donkalis	I	11	0,7164	0,0007
Donkalis	I	12	0,7155	0,0005
Donkalis	I	13	0,7156	0,0005

Kapinynas	Kapas	Linija	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	2SD
Donkalis	I	14	0,7146	0,0004
Donkalis	III	1	0,7162	0,0006
Donkalis	III	2	0,7157	0,0007
Donkalis	III	3	0,7149	0,0005
Donkalis	III	4	0,7156	0,0005
Donkalis	III	5	0,7156	0,0006
Donkalis	III	6	0,7155	0,0007
Donkalis	III	7	0,7146	0,0007
Donkalis	III	8	0,7156	0,0006
Donkalis	III	9	0,7155	0,0007
Donkalis	III	10	0,7138	0,0005
Donkalis	III	11	0,7136	0,0005
Donkalis	III	12	0,7149	0,0005
Donkalis	IV	1	0,7167	0,0006
Donkalis	IV	2	0,7165	0,0006
Donkalis	IV	3	0,7154	0,0007
Donkalis	IV	4	0,7160	0,0006
Donkalis	IV	5	0,7164	0,0006
Donkalis	IV	6	0,7157	0,0006
Donkalis	IV	7	0,7154	0,0006
Donkalis	IV	8	0,7162	0,0007
Donkalis	IV	9	0,7160	0,0007
Donkalis	IV	10	0,7148	0,0006
Donkalis	IV	11	0,7143	0,0006
Donkalis	IV	12	0,7147	0,0007
Donkalis	IV	13	0,7149	0,0006
Donkalis	IV	14	0,7140	0,0006
Donkalis	IV	15	0,7139	0,0007
Donkalis	IV	16	0,7150	0,0009
Donkalis	IV	17	0,7146	0,0006
Donkalis	IV	18	0,7142	0,0005
Donkalis	IV	19	0,7148	0,0005
Donkalis	IV	20	0,7155	0,0005
Donkalis	V	1	0,7144	0,0006
Donkalis	V	2	0,7136	0,0006
Donkalis	V	3	0,7134	0,0006
Donkalis	V	4	0,7141	0,0006
Donkalis	V	5	0,7141	0,0005
Donkalis	V	6	0,7136	0,0006
Donkalis	V	7	0,7137	0,0005

Kapinynas	Kapas	Linija	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	2SD
Donkalis	V	8	0,7138	0,0005
Donkalis	V	9	0,7152	0,0005
Donkalis	V	10	0,7143	0,0005
Donkalis	V	11	0,7137	0,0005
Donkalis	V	12	0,7134	0,0005
Donkalis	V	13	0,7137	0,0004
Donkalis	V	14	0,7146	0,0005
Donkalis	V	15	0,7138	0,0005
Donkalis	VI	1	0,7237	0,0012
Donkalis	VI	2	0,7262	0,0017
Donkalis	VI	3	0,7213	0,0008
Donkalis	VI	4	0,7210	0,0009
Donkalis	VI	5	0,7217	0,001
Donkalis	VI	6	0,7230	0,0008
Donkalis	VI	7	0,7193	0,0006
Donkalis	VI	8	0,7204	0,0008
Donkalis	VI	9	0,7201	0,0008
Donkalis	VI	10	0,7205	0,0006
Donkalis	VI	11	0,7202	0,0007
Donkalis	VI	12	0,7199	0,0009
Donkalis	VI	13	0,7204	0,0006
Donkalis	VI	14	0,7177	0,0006
Donkalis	VI	15	0,7186	0,0006
Donkalis	VI	16	0,7210	0,0008
Donkalis	VI	17	0,7202	0,0007
Donkalis	VI	18	0,7211	0,0009
Spiginas	2	1	0,7168	0,0005
Spiginas	2	2	0,7170	0,0006
Spiginas	2	3	0,7160	0,0005
Spiginas	2	4	0,7158	0,0005
Spiginas	2	5	0,7151	0,0005
Spiginas	2	6	0,7153	0,0004
Spiginas	2	7	0,7153	0,0004
Spiginas	2	8	0,7150	0,0004
Spiginas	2	9	0,7151	0,0004
Spiginas	2	10	0,7147	0,0004
Spiginas	4	1	0,7134	0,0006
Spiginas	4	2	0,7137	0,0005
Spiginas	4	3	0,7122	0,0005
Spiginas	4	4	0,7124	0,0005



Kapinynas	Kapas	Linija	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	2SD
Spiginas	4	5	0,7132	0,0006
Spiginas	4	6	0,7132	0,0005
Spiginas	4	7	0,7125	0,0004
Spiginas	4	8	0,7133	0,0005
Spiginas	4	9	0,7127	0,0004
Spiginas	4	10	0,7130	0,0005

Kapinynas	Kapas	Linija	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	2SD
Spiginas	4	11	0,7129	0,0004
Spiginas	4	12	0,7127	0,0004
Spiginas	4	13	0,7130	0,0005
Spiginas	4	14	0,7138	0,0006
Spiginas	4	15	0,7156	0,0007
Spiginas	4	16	0,7132	0,0005

2 lent. Tirtų žmonių iš Donkalnio ir Spigino kapinynų dantų emalio  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  matavimų rezultatai  
Table 2.  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ratios of analysed human teeth from the burial grounds of Donkalnis and Spiginas

Eil. nr.	Kapinynas	Kapas	Lytis	Amžius	Dantis	Datavimas	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ vidurkis	SD	Interpretacija
1	Donkalnis	1	m	18–20	M1	subneolitas	0,7138	0,001	pusiau vietinis
2	Donkalnis	2	v	20–25	M1	mezolitas	0,7174	0,0019	nevietinis
3	Donkalnis	3	m	25–30	M3	subneolitas	0,7119	0,0004	nevietinis
4	Donkalnis	5	?	5–9	M1	mezolitas	0,7119	0,0009	pusiau vietinis
5	Donkalnis	6	m	> 30	M2	subneolitas	0,7151	0,001	vietinis
6	Donkalnis	7	v	~50	P2	subneolitas	0,7171	0,0023	nevietinis
7	Donkalnis	suardytas I	v	>30	M2	subneolitas	0,7157	0,0009	pusiau vietinis
8	Donkalnis	suardytas III	v	20–30	M1	subneolitas	0,7151	0,0008	vietinis
9	Donkalnis	suardytas IV	?	suaukęs	M1	subneolitas	0,7153	0,0008	vietinis
10	Donkalnis	suardytas V	?	20–30	M1	mezolitas	0,7139	0,0005	vietinis
11	Donkalnis	suardytas VI	?	6–8	M1	subneolitas	0,7209	0,0019	nevietinis
12	Spiginas	2	v	50–55	M2	neolitas	0,7156	0,0008	vietinis
13	Spiginas	4	m	30–35	M1	mezolitas	0,7132	0,0008	vietinis

3 lent. Tirtų žmonių iš Donkalnio ir Spigino kapinynų  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  vidurkiai ir interpretacija  
Table 3. Mean  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ratios of analysed human teeth from the burial grounds of Donkalnis and Spiginas, and interpretation

Pagal danties vidinės  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  variacijos kreives ir jų santykį su regiono biosferinio  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  fonu tirti individai iš Donkalnio ir Spigino kapinynų buvo suskirstyti į 3 grupes: vietinius, nevietinius ir pusiau vietinius (3 lent.). Vietiniais vadinami individai, kurių vidinė  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  santykio variacija neviršija regiono fono (0,7125–0,7167). Tikėtina, jie gimė Biržulio ežero regione ir praleido čia bent kelerius metus iš jo neišvykdami. Vis dėlto iš  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  matavimų kitose Lietuvos vietose žinome, kad daugelio Lietuvos regionų  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  fonai yra panašūs ir stipriai persidengia (Piličiauskas *et al.*, rengiama), tad visuomet išlieka tikimybė, kad kai kurie individai su vietinėmis  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  vertėmis iš tiesų yra nevietiniai. Nevietiniais individais laikysime tuos, kurių visa  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  santykio kreivė arba bent pirmieji matavimai yra už regiono fono (0,7125–0,7167) ribų. Šie turėjo gimi toliau nuo Biržulio. Pusiau vietiniais laikysime tuos, kurių  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  kreivės pradžioje yra tarp Biržulio regiono fono (0,7125–0,7167) ribų, tačiau vėlesnį danties emalio formavimosi metą atitinkančiuose matavimuose jau išeina už šių ribų. Tokie individai greičiausiai gimė kažkur prie Biržulio, vėliau išvyko ir sugrįžo. Be to, neatmestina galimybė, kad jie gimė ne prie Biržulio, o kitame regione, kuriame stroncio fonas panašus, o Biržulį iš ten pasiekė prieš tai pagyvenę kitokio  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  fono aplinkoje.

Donkalnio ir Spigino žmonės pasižymi labai įvairia  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  variacija viename dantyje standartinei deviacijai esant nuo 0,0004 (Donkalnio kapas 3) iki 0,0023 (Donkalnio kapas 7). Daugumos individų (7 iš 13)  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  SD yra 0,0008–0,0009 (4 pav.). Tokią vidinę variaciją vadinsime vidutine. Dviejų individų vidinė variacija žema (SD = 0,0004–0,0005), trijų – labai aukšta (SD = 0,0019–0,0023).

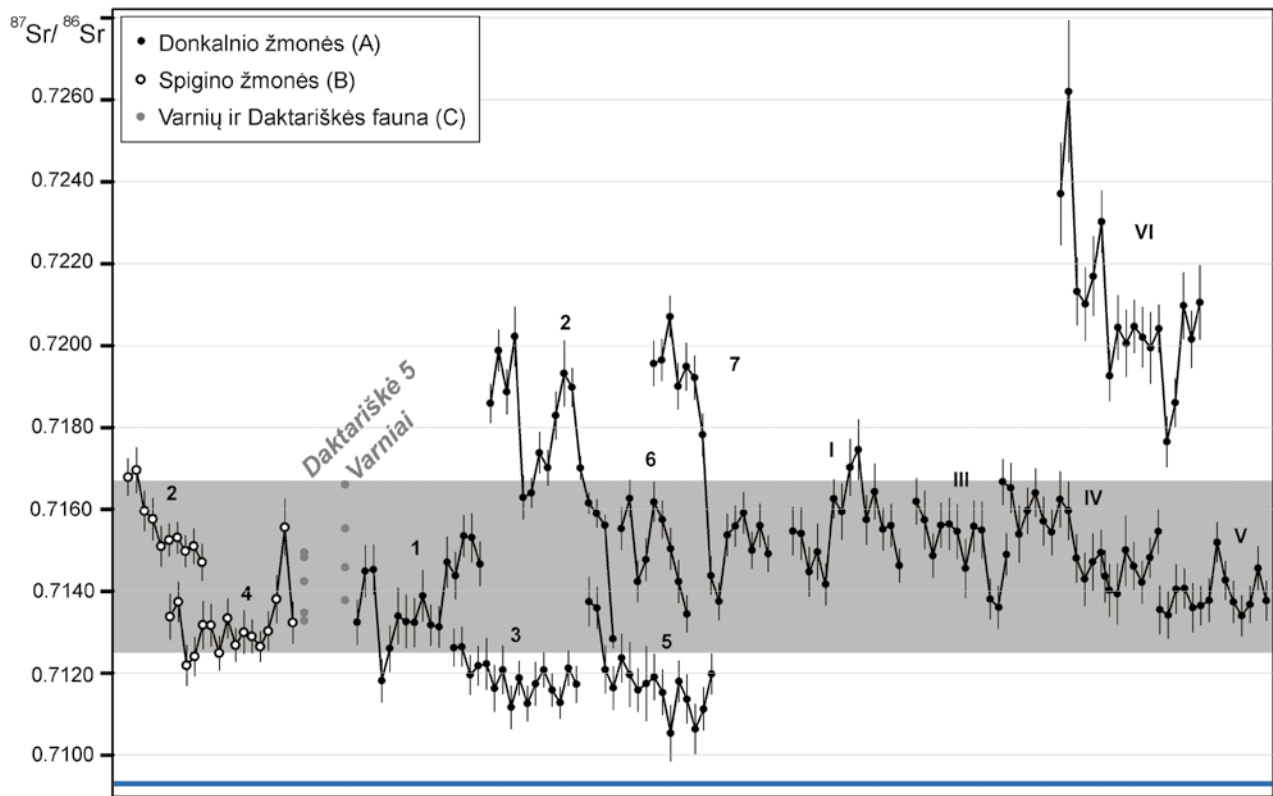
Vidinė  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  variacija rodo individo mobilumo laipsnį. Sėsliai gyvenusių žvejų vidinė variacija turėtų būti žema, nors tokia pati gali būti tų, kurių sezoninės gyvenvietės buvo vietovėse, kur stroncio radiogeniškumas panašus. Vidutinę vidinę variaciją turinčių individų  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  kreivėse galima

tikėtis aptikti sezoninio mobilumo požymių. Tai turėtų rodyti  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  vidinės variacijos cikliškumas, sukuriamas individui pakartotinai judant tarp tų pačių vietovių, pasižyminčių nevienodu stroncio radiogeniškumu. Tačiau iš variacijos ciklų skaičiaus neįmanoma tiksliai nustatyti, kiek kartų per danties emalio formavimosi laikotarpį sezoniskai judantis individas pakeitė gyvenamąją vietą, nes stroncio izotopų analizė neleidžia identifikuoti persikėlimo tarp vietovių, kuriose biosferos stroncio radiogeniškumas yra vienodas. Ciklinę vidinę  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  variaciją gali sukelti ir sezoniniai dietos pokyčiai, tačiau ne visuose regionuose. Sausumos ir vandens maisto produktuose  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  santykis gali reikšmingai skirtis, jeigu upės plukdo vandenį iš kito regiono, kur geologija kitokia, arba surenka gruntinį vandenį iš gilių geologinių sluoksnių (Bentley 2006). Vis dėlto Biržulio atveju tai neįmanoma, nes jis yra aukštumoje, jį vagoja tik nedidelių upių aukštupiai, neturintys gilių slėnių.

Aukštą vidinę variaciją prie Biržulio turi nevietinės kilmės individai. Jų mobilumo pobūdį ir laipsnį prieš persikėlimą ir/arba po jo taip pat galima vertinti pagal  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  vidinės variacijos kreives.

Toliau, remdamiesi aukščiau apibūdintais stroncio izotopų analizės duomenų interpretacijos principais, vidines visų tirtų Donkalnio ir Spigino žmonių  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  variacijas aptarsime individualiai, atsižvelgdami ir į kitokių tyrimų duomenis.

Pradėsime nuo Spigino kape 2 neolite palaidoto apie 50 m. vyro. Tirtas nuolatinis krūminis dantis M2, tad  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  vidinės variacijos kreivė atitinka 3–6 gyvenimo metus (Massler *et al.* 1941; Reid, Dean 2006). Vaikystėje šis vyras mažiausiai vieną kartą keitė gyvenamąją vietą persikeldamas iš aplinkos, kurioje stroncis radiogeniškesnis ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} \sim 0,717$ ), į aplinką, kuris mažiau radiogeniškas ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} \sim 0,715$ ), tačiau tai vyko Biržulio ežero apylinkių  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  fono ribose (0,7125 – 0,7167). Vidinėje šio individo variacijoje nėra cikliškumo, tad negalime joje įžiūrėti sezoninės migracijos požymių (3 pav.). Tikėtina, kad po persikėlimo jis gyveno gana sėsliai arba judėjo



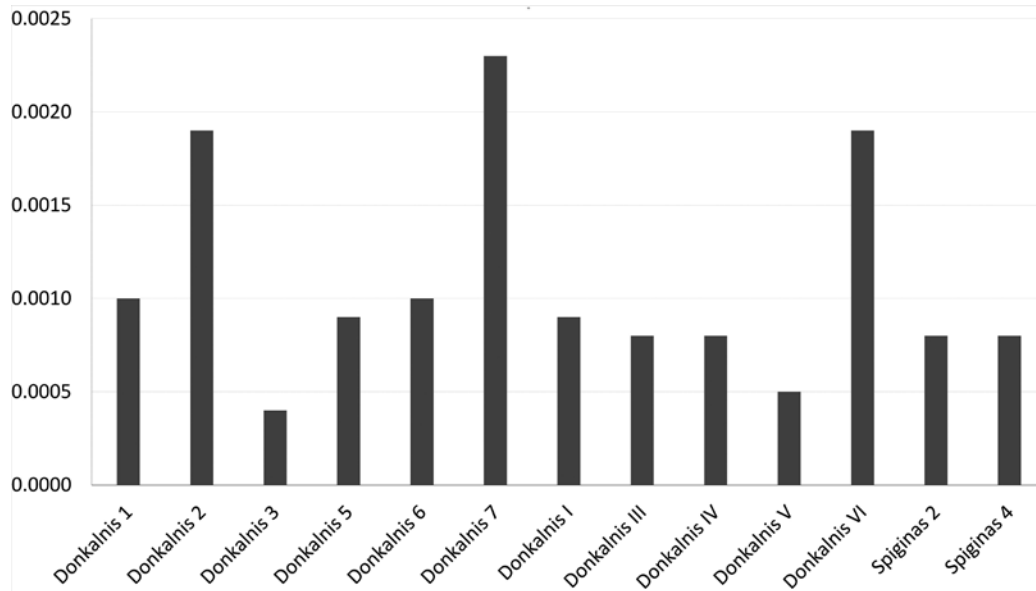
3 pav. Donkalinio ir Spigino mezolito-neolito gyventojų dantų emalio  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  vidinės variacijos kreivės gyvūnų iš Daktariškės 5 gyvenvietės ir Varnių miestelio  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  fone (2 SD). Kiekvienam žmogaus danties matavimui pavaizduota ir 2 SD paklaida. Mėlyna linija grafiko apačioje vaizduoja Baltijos jūrai būdingą  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  (0,7093 pagal Andersson *et al.* 1992). G. Piličiausko brėž. Fig. 3. Intra-tooth  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ratio variation curves of the sampled Mesolithic-Neolithic individuals from the burial grounds of Donkalinis (A) and Spiginas (B). The baseline was established through the analyses of faunal remains from the sites of Daktariškės 5 and Varniai (C). These data are plotted at 2 SD as defined by the whiskers. The blue line at the bottom of the plot shows the  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ratio of Baltic seawater according to Andersson *et al.* (1992). Drawing by G. Piličiauskas

tarp vietovių, kur Sr... santykis panašus. Šio individo C ir N izotopų signalai skiriasi nuo mezolito ir subneolito žmonių ir rodo, kad šis neolito pabaigos gyventojas tikrai nebuvo žvejys, o maitinosi daugiausia sausuminiu maistu, galbūt naminių gyvulių produktais (1 pav.).

Spigino kape 4 mezolite palaidota 30–35 m. moteris. Tirtas nuolatinis krūminis dantis M1, kurio emalis formuojasi 0–3 metais (Massler *et al.* 1941; Reid, Dean 2006). Šis individas irgi vertintinas kaip vietinis, tačiau vidinės  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  variacijos kreivėje matomi du  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  santykio kritimai, galbūt rodantys sezoninį mobilumą (3 pav.). Tai gana tipiškas

mezolito ir subneolito individas, mobilus medžiotojas-rankiotojas, kurio baltymų dietoje vyravo gėlavandenės žuvis (1 pav.).

Donkalinio kape 1 subneolite palaidota apie 18–20 m. moteris. Tirtas nuolatinis krūminis dantis M1, kurio emalis formuojasi 0–3 metais (Massler *et al.* 1941; Reid, Dean 2006). Vidinėje  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  variacijos kreivėje matomi pasikartojantys  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  santykio kritimai ir kilimai, iš kurių tik vienas matavimas išeina už vietinio  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  fono ribų. Tokia variacija interpretuotina kaip sezoninio mobilumo, daugiausia – Biržulio ežero apylinkėse, požymis (3 pav.).



4 pav. Donkalis ir Spiginos žmonių  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  matavimų viename dantyje standartinės deviacijos. G. Piličiausko brėž.

Fig. 4. Standard deviations of the intra-tooth measurements of the individuals from Donkalis and Spiginas. Drawing by G. Piličiauskas

Donkalis kape 2 mezolite palaidotas apie 20–25 m. vyras. Tirtas nuolatinis krūminis dantis M1, kurio emalis formuojasi 0–3 metais (Massler *et al.* 1941; Reid, Dean 2006). Tai neabejotinai nevietinis individas. Jis gimė regione, kurio  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  fonas buvo apie 7,2. Ši vertė viršija bendrą Lietuvos biologiškai prieinamo stroncio foną (Piličiauskas *et al.*, rengiama; Piličiauskienė *et al.*, rengiama). Artimiausias regionas, kuriame buvo fiksuotos 0,72 ir aukštesnės  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  vertės, yra pietų Suomija ir Karelija (5 pav.). Taigi, tikėtina, kad šis vyras prie Biržulio atsikėlė dar ankstyvoje vaikystėje ir iš labai toli. Vidinės variacijos kreivėje matomas cikliškumas (3 pav.) gali būti interpretuojamas dvejopai. Arba kelionė truko ilgai, kelerius metus su tarpiniais punktais, pasižyminčiais įvairaus radiogeniškumo stroncio fonais, arba individas pirmaisiais gyvenimo metais tarp gimtinės ir Biržulio judėjo kelis kartus.

Donkalis kape 3 subneolite palaidota apie 25–30 m. moteris. Tirtas nuolatinis krūminis dantis M3,

kurio emalis formuojasi 8–11 metais (Massler *et al.* 1941; Reid, Dean 2006). Šis individas išskirtinis tuo, kad vidinė  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  variacija yra pati žemiausia (SD = 0,0004) tarp Donkalis ir Spiginos žmonių (4 pav.). Pirmieji 2 matavimai iš anksčiausiai besiformuojančios emalio vietos ties danties viršūne davė vienodus rezultatus –  $0,7126 \pm 0,0005$  (2SD) (3 pav.). Formaliai žiūrint jie patenka į Biržulio ežero apylinkių biosferos  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  foną (0,7125–0,7167), tačiau yra žemesni už pačią žemiausią gyvūno  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  vertę (Daktariškės 5 bebras, 0,7133). Kiti to paties danties matavimai jau davė žemesnes už Biržulio foną vertes, apie 0,711–0,712, kurių artimiausia vieta – tik pajūryje (Šventoji). Pajūryje biologiškai prieinamam stronciui didžiulę įtaką dėl vadinamojo jūros purlų efekto daro jūros vanduo, kurio  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ties Gotlandu yra 0,7093 (Snoeck 2014; Alonzi *et al.* 2020; Andersson *et al.* 1992). Turint omenyje Daktariškėje surastus gintaro radinius ir todėl labai tikėtinus glaudžius Biržulio ežero žmonių ryšius su pajūriu,

Donkalnio 3 individo atvykimas iš pajūrio atrodo tikėtinas. Tad Donkalnio 3 moteris greičiausiai gimė kažkur pajūryje, ten gyveno sėsliai – tai rodo itin maža vidinė  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  variacija, o prie Biržulio atvyko būdama 12–20/25 m. Lagūninę-jūrinę dietą rodančių C ir N izotopų signalų kaule neiškilo, nes, kaului persiformuojant, juos pakeitė mišri gėlavandenė dieta Biržulio regione (1 pav.).

Donkalnio kape 5 mezolite palaidoti kūdikis ir 5–9 m. vaikas, kurio ištirtas nuolatinis krūminis dantis M1. Jo emalis formuojasi 0–3 metais (Massler *et al.* 1941; Reid, Dean 2006), tad vidinės  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  variacijos kreivė atitinka šį arba kiek trumpesnę laikotarpį (3 pav.). Ji labai panaši į kapo 3 moters. Pirmi 2 matavimai duoda  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  vertes Biržulio ežero apylinkių fono ribose, tačiau vėlesnį danties emalio laikotarpį atitinkančios  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  vertės jau yra už Biržulio fono ribų. Galimos dvi šio individo kilmės interpretacijos. Kadangi Biržulio  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  fonas persidengia su Lietuvos pajūrio (Šventosios) fonu intervale 0,7125–0,7163 (Piličiauskas *et al.*, rengiama), vaikas galėjo gimti pajūryje ir persikelti prie Biržulio būdamas 4–5/9 m. Kita vertus, jis galėjo gimti prie Biržulio, netrukus persikelti į pajūrį, o tuomet būdamas 3–5/9 m., grįžti į Biržulį, kur netrukus ir numirė. Abiem atvejais prie jūros jis turėjo gyventi gana sėsliai, kaip ir subneolitinio kapo 3 moteris.

Donkalnio kape 6 subneolite palaidota > 30 m. moteris. Tirtas nuolatinis krūminis dantis M2, tad  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  vidinės variacijos kreivė rodo 3–6 metus (Massler *et al.* 1941; Reid, Dean 2006). Ji greičiausiai vietinės kilmės, ankstyvąją vaikystę irgi leido prie Biržulio, tačiau sezoninį mobilumą rodo vidutinė (SD = 0,001) ir ciklinė (2 pakilimai ir 2 nusileidimai) vidinė  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  variacija Biržulio ežero apylinkių biosferos  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  fono ribose (3 pav.).

Donkalnio kape 7 subneolite palaidotas apie 50 m. vyras. Tirtas kaplys P2, kurio  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  vidinės variacijos kreivė atitinka 2–6 gyvenimo metus (Massler *et al.* 1941; Reid, Dean 2006). Ji labai panaši į mezolitinio kapo 2 moters kreivę (3 pav.).  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  santykis nuo

aiškiai nevietinės reikšmės 0,72 emalio formavimosi viduryje staiga leidžiasi iki 0,715, t. y. į Biržulio apylinkių  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  fono diapazoną (0,7125–0,7167). Taigi, galime manyti, kad asmuo gimė galbūt pietų Karelijoje arba Suomijoje, o prie Biržulio atvyko maždaug 4 m., nors ir čia negyveno sėsliai. Šio individo maisto racione vyravo sausumos produktai, ne žuvis (1 pav.). Be to, šio individo genomas rodo 30 % paveldimumo iš rytų medžiotojų-rinkėjų, ir tai yra didžiausia proporcija tarp visų genetiškai tirtų Donkalnio ir Spigino individų. Spigino 4 ir Donkalnio 1, 6 kapų žmonės, kuriuos stroncio izotopų tyrimas parodė kaip gimusius prie Biržulio, genetiškai pasirodė esantys žymiai artimesni vakarų medžiotojams-rinkėjams, o su rytų medžiotojais-rinkėjais yra siejama vos 0–10 % jų genomo (Mittnik *et al.* 2018, fig. 3). Tad genetiniai duomenys dar labiau sustiprina išvadą, kad Donkalnio 7 kapo vyras yra nevietinis, kilęs iš mišrios šeimos ir atvykęs iš toli.

Donkalnio suardytame kape I subneolite palaidotas > 30 m. vyras. Tirtas nuolatinis krūminis dantis M2, tad  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  vidinės variacijos kreivė atitinka 3–6 gyvenimo metus (Massler *et al.* 1941; Reid, Dean 2006). Šiovietinio individo Sr... variacija yra vidutinė ir ciklinė vidinė (3 pav.), kuri rodo sezoninį mobilumą. Lygiai tą pačią interpretaciją galima taikyti suardytų kapų III–V mezolito ir subneolito individams. Nors kapo V individo  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  vidinė variacija vertintina kaip maža (SD = 0,0004), tačiau ji didesnė už atskirų matavimų paklaidas (3 pav.), tad tikėtina, kad ir šis individas gyvenvietes keitė sezoniskai.

Donkalnio suardytame kape VI subneolite palaidotas 6–8 m. vaikas, kurio ištirtas nuolatinis krūminis dantis M1. Jo emalis formuojasi 0–3 metais (Massler *et al.* 1941; Reid, Dean 2006), tad šį arba kiek trumpesnę laikotarpį rodo  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  vidinės variacijos kreivė (3 pav.). Daugumos jo danties matavimo linijų rezultatai buvo daugiau kaip 0,72, t. y. aukštesni už visų tirtų Lietuvos regionų (Piličiauskas *et al.*, rengiama; Piličiauskienė *et al.*, rengiama). Kaip ir kapų

2 ir 7 atvejais, labiausiai tikėtinas kilmės regionas – pietų Suomija ir Karelija su į paviršių išeinančiomis senomis prekambro uolienomis (5 pav.). Biržulio ežero apylinkės šis vaikas pasiekė 4–6/8-ais gyvenimo metais.

## DISKUSIJA IR IŠVADOS

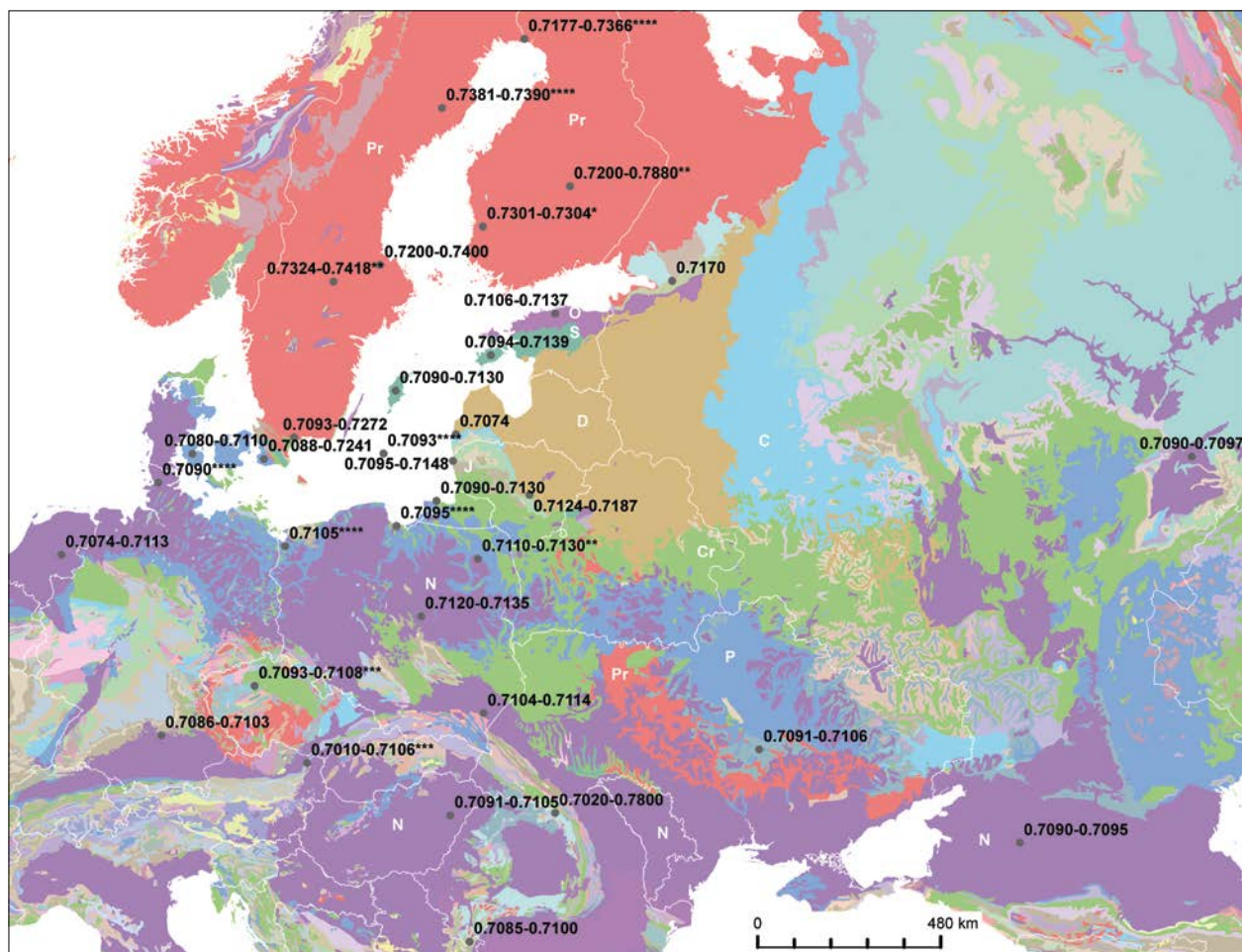
Vienas iš pirmųjų bandymų Lietuvos archeologijoje panaudoti stroncio izotopų analizę buvo rezultatyvus: nepalieka vietos skepticizmui ir skatina naujus stroncio izotopų tyrimus. Dėl tolimų migracijų priešistorėje, taip pat dėl reikšmingos biologiškai prieinamo stroncio  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  santykio variacijos erdvėje metodas pasirodė esantis tinkamas identifikuoti pirmosios kartos migrantus net ir beveik ištisai ledynmečio nuogulomis padengtoje teritorijoje, kaip yra Lietuvoje. Donkalnio kapinyne 4 arba 5 žmonės iš 11 tirtų pasirodė esantys nevietiniai: 3 – galbūt gimę pietų Karelijoje arba Suomijoje, 1 arba 2 – Baltijos pajūryje.

LA-MC-ICP-MS metodas su daugybiniais vieno danties  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  matavimais, nepaisant mažesnio jų tikslumo, pasirodė esantis pranašesnis už ID-TIMS, kuriam reikalingi didesni medžiagos kiekiai ir kuris matuoja  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  santykį tik viename bendrajame danties emalio mėginyje. LA-MC-ICP-MS leidžia identifikuoti ir tuos nevietinius individus, kurie persikėlė į savo mirties ar palaidojimo vietą praėjus vos keliems mėnesiams po jų gimimo (Donkalnio kapo 7 atvejis). Taikant ID-TIMS, jie greičiausiai būtų priskirti prie vietinių žmonių. Be to, LA-MC-ICP-MS fiksuoja  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  variaciją viename dantyje, kuri leidžia įvertinti atskirų individų mobilumo laipsnį ir pobūdį, kurie tarp medžiotojų-rinkėjų pasirodė esantys itin nevienodi. Didelė arba vidutinė Biržulio ežero žmonių  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  vidinė variacija rodo, kad mezolite ir subneolite net ir prie tokių didelių ir žuvingų vandens telkinių, kaip Biržulio ežeras, nebuvo pastovių, visus metus naudotų gyvenviečių. Žmonės buvo itin mobilūs, o sezoniškai kraustėsi ir

žvejai.  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  analizė rodo didesnę sėslumą tik pajūryje gyvenusių individų. LA-MC-ICP-MS metodu tiriant daugiau įvairių laikotarpių individų, būtų galima įvertinti mobilumo laipsnį ir pobūdį bei jų pokyčius ne tik atskirų individų, bet ir skirtingose epochose, pavyzdžiui, atsirandant keramikai arba paplįtant žemdirbystei. Tai ir turėtų būti atlikta būsimoje studijoje.

Donkalnio kapo 7 atvejis atskleidė, kaip reikšmingai genetika gali sustiprinti  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  santykio interpretacijas. Stroncio izotopų analizė rodo, kad kape palaidotas maždaug 50 m. vyras (cal BC 3521–3371) yra nevietinis, atvykęs tikriausiai iš pietų Suomijos arba Karelijos. Šio individo genomo duomenys rodo gerokai daugiau paveldimumo iš rytų medžiotojų-rinkėjų, palyginti su kitais Donkalnio ir Spigino žmonėmis (Mittnik *et al.* 2018). Rytų medžiotojų-rinkėjų genomo šaltiniu yra laikoma rytų Baltijoje buvusi Šukinės-duobelinės keramikos kultūra, kurios ekspansija datuojama 3900–3500 cal BC (Nordqvist 2018). Archeologinė medžiaga liudija buvus aktyvius ryšius tarp ŠV Rusijos ir PR Baltijos IV tūkstantm. cal BC. Tuomet vyko prekyba gintaro, skalūno, titnago žaliava ir dirbiniais dideliais atstumais. Lietuvoje yra randama pavienių grynų Šukinės-duobelinės keramikos kompleksų; jos formos ir puošybos elementai buvo kopijuojami ir perkelti į vietinę porėtąją keramiką (Piličiauskas *et al.* 2019). Taigi, stroncio izotopų ir ankstesni genetiniai tyrimai patvirtina, kad tarp Karelijos ir PR Baltijos daiktai ir technologijos nekeliauvo be žmonių. Migravo žmonės, jie kūrė mišrias šeimas, o vėliau palaikė ryšius su gimtine.

Vis dėlto stroncio izotopų metodas turi ir klystkelių. Juo paremtos išvalgos apie žmonių kilmę labai priklauso nuo to, kaip gerai yra pažįstama biologiškai prieinamo stroncio  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  variacija tiriamame regione. Jeigu ateityje paaiškėtų, kad Latvijoje ir Baltarusijoje, o galbūt net ir Lietuvoje, yra didesnių „salų“, kur Sr... santykio vertės daugiau kaip 0,72, tuomet imtų klibėti šiame straipsnyje



5 pav.  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  santykio vertės rytų ir vidurio Europos geologiniame žemėlapyje. Geologinis pagrindas paimtas iš IGME5000 (2005). N – Neogenas, P – Paleogenas, Cr – Kreida, J – Jura, T – Triasas, C – Karbonas, D – Devonas, S – Silūras, O – Ordovikas, Pr – Prekambras.  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  vertės be žvaigždučių yra gautos iš archeologinių gyvūnų, \* – iš žmonių emalio, \*\* – iš gruntinio vandens, \*\*\* – iš žmonių dantino, \*\*\*\* – iš paviršinio vandens (Åberg, Wickman 1987; Ahlström, Price 2021; Andersson *et al.* 1992; Bäckström, Price 2016; Bentley, Knipper 2005; Bergerbrant *et al.* 2017; Bläuer *et al.* 2013; Boric, Price 2013; Fraser *et al.* 2018; Frei *et al.* 2019; Frei, Frei 2011; Gerling 2015; Kootker *et al.* 2019; Löfvendahl *et al.* 1990; Oras *et al.* 2016; Piličiauskas *et al.*, rengiama; Piličiauskienė *et al.*, rengiama; Pospieszny *et al.* 2015; Price *et al.* 2004; 2018; 2020; Szczepanek *et al.* 2018; Voerkelius *et al.* 2010). *G. Piličiausko brėž.*

Fig. 5.  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ratios plotted onto a Pre-Quaternary geological map of Eastern and Central Europe. Geological layers have been taken from IGME5000 (2005). N – Neogene, P – Paleogene, Cr – Cretaceous, J – Jurassic, T – Triassic, C – Carboniferous, D – Devonian, S – Silurian, O – Ordovician, Pr – Precambrian.  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ratios without a symbol are measured from archaeological fauna, \* denotes ratios from archaeological human enamel, \*\* from ground water, \*\*\* from archaeological human dentine, \*\*\*\* from surface water (Åberg and Wickman 1987; Ahlström and Price 2021; Andersson *et al.* 1992; Bäckström and Price 2016; Bentley and Knipper 2005; Bergerbrant *et al.* 2017; Bläuer *et al.* 2013; Boric and Price 2013; Fraser *et al.* 2018; Frei and Frei 2011; Frei *et al.* 2019; Gerling 2015; Kootker *et al.* 2019; Löfvendahl *et al.* 1990; Oras *et al.* 2016; Piličiauskas *et al.* in prep; Piličiauskienė *et al.* in prep; Pospieszny *et al.* 2015; Price *et al.* 2004; 2018; 2020; Szczepanek *et al.* 2018; Voerkelius *et al.* 2010). *Drawing by G. Piličiauskas*

pasiūlyta Donkarnio 2 ir 7 kapuose palaidotų žmonių interpretacija, kildinanti minėtus individus iš pietų Suomijos arba Karelijos. Šiandien yra labai mažai  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  duomenų iš Kaliningrado srities, Latvijos, Baltarusijos, ŠV Rusijos (5 pav.). Nors  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  santykį labai apytiksliai galima nuspėti iš geologijos, tačiau tai netikslu ir gerokai apsunkina nevietinių Lietuvos akmens amžiaus individų kilmės paiešką. Netrukus dviejų Lietuvoje vykdytų mokslinių projektų, kurie rėmėsi stroncio izotopų analize, rezultatai bus paskelbti tarptautiniuose leidiniuose anglų kalba. Tai galėtų kaimyninių kraštų archeologams atverti akis, kokį didžiulį potencialą turi šis metodas, ypač taikant daugybinius vieno danties  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  santykio matavimus (LA-MC-ICP-MS). Archeologiniai ir genetiniai tyrimai, taip pat pirmieji stroncio izotopų tyrimai Lietuvoje rodo, kad priešistorėje žmonės judėjo daug ir toli, tad, norint tiksliau ir patikimiau nustatyti nevietinių individų kilmę, dabar yra reikalingi stroncio izotopų tyrimai kaimyninėse šalyse.

## ŠALTINIŲ IR LITERATŪROS SĄRAŠAS

- Åberg, G., Wickman, F. E., 1987. Variations of  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  in water from streams discharging into the Bothnian Bay, Baltic Sea. *Nordic Hydrology*, 18, 33–42.
- Ahlström, T., Price, D. T., 2021. Mobile or stationary? An analysis of strontium and carbon isotopes from Västerbjers, Gotland, Sweden. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 36, 102902. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2021.102902>.
- Aleksa, P., 2007. Kvartero nuogulų storis Lietuvoje. *Geologijos akiračiai*, 1, 64–68.
- Allentoft, M. E., Sikora, M., Sjögren *et al.* 2015. Population genomics of Bronze Age Eurasia. *Nature*, 522, 167–172.
- Alonzi, E., Pacheco-Forés, S., Gordon, G. W., *et al.* 2020. New understandings of the Sea Spray Effect and its impact on bioavailable radiogenic strontium isotope ratios in coastal environments. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 33, 102–452.
- Andersson, P. S., Wasserburg, G. J., Ingri, J., 1992. The sources and transport of Sr and Nd isotopes in the Baltic Sea. *Earth and Planetary Science Letters*, 113, 459–472.
- Antanaitis-Jacobs, I., Richards, M., Daugnora, L., *et al.* 2009. Diet in early Lithuanian prehistory and the new stable isotope evidence. *Archaeologia Baltica*, 12, 12–30.
- Bäckström, Y., Price, D., 2016. Social identity and mobility at a preindustrial mining complex, Sweden. *Journal of Archaeological Science*, 66, 154–168.
- Balasse, M., 2002. Reconstructing dietary and environmental history from enamel isotopic analysis: Time resolution of intra-tooth sequential sampling. *International Journal of Osteoarchaeology*, 12, 155–165.
- Balasse, M., 2003. Potential biases in sampling design and interpretation of intra-tooth isotope analysis. *International Journal of Osteoarchaeology*, 13, 3–10.
- Bentley, R. A., 2006. Strontium isotopes from the earth to the archaeological skeleton: a review. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 13(3), 135–187.
- Bentley, R. A., Knipper, C., 2005. Geographic patterns in biologically-available strontium, carbon and oxygen isotopes signatures in prehistoric SW Germany. *Archaeometry*, 47, 629–644.
- Bergerbrant, S., Kristiansen, K., Allentoft, M. E., *et al.* 2017. Identifying commoners in the Early Bronze Age: burials outside barrows. In: Bergerbrant, S., Wessman A., (eds). *New Perspectives on the Bronze Age*. Oxford: Archaeopress Publishing, 37–64.
- Bläuer, A., Korkeakoski-Väisänen, K., Arppe, L., Kantanen, J., 2013. Bronze Age cattle teeth and cremations from a monumental burial cairn in Selkäkangas, Finland: new radiocarbon dates and isotopic analysis. *Estonian Journal of Archaeology*, 17, 3–23.
- Boethius, A., Kjällquist, M., Kielman-Schmitt, M., *et al.* 2021. Early Holocene Scandinavian foragers on



a journey to affluence: Mesolithic fish exploitation, seasonal abundance and storage investigated through strontium isotope ratios by laser ablation (LA-MC-ICP-MS). *PLoS ONE*, 16(1), e0245222.

Boric, D., Price, T. D., 2013. Strontium isotopes document greater human mobility at the start of the Balkan Neolithic. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110, 3298–3303.

Boulton, G. S., Dongelmans, P., Punkari, M., Broadgate, M., 2001. Palaeoglaciology of an ice sheet through a glacial cycle: the European ice sheet through the Weichselian. *Quaternary Science Reviews*, 20, 591–625.

Bramanti, B., Thomas, M. G., Haak, W., *et al.* 2009. Genetic discontinuity between local hunter-gatherers and central Europe's first farmers. *Science*, 326(5949), 137–140.

Bronk Ramsey, C., 2009. Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon*, 51(1), 337–360.

Butrimas, A., 1992. Spigino mezolito kapai. *Lietuvos archeologija*, 8, 4–9.

Butrimas, A., 2019. *Biržulis. Medžiotojai, žvejai ir senieji žemdirbiai X–II tūkstantmetyje pr. Kr. I. Paminklų tyrinėjimai*. Vilnius: Vilniaus dailės akademijos leidykla.

Butrimas, A., Kunskas, R., Česnys, G., *et al.* 1985. Duonkalnis: vėlyvojo neolito gyvenvietė, alkas ir kapinynas. *Lietuvos archeologija*, 4, 25–66.

Butrimas, A., Ostrauskienė, D., 2004. Biržulio apyžerio neolito gyvenviečių virvelinė keramika. *Acta Academiae Artium Vilnensis*, 34, 121–144.

Cramer, B. D., Munnecke, A., Schofield, D. I., *et al.* 2011. A revised  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  curve for the Silurian: Implications for global ocean chemistry and the Silurian timescale. *The Journal of Geology*, 119(4), 335–349.

Diener, A., Ebner, S., Veizer, J., Buhl, D., 1996. Strontium isotope stratigraphy of the Middle Devonian: brachiopods and conodonts. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 60(4), 639–652.

Edwards, C. T., Saltzman, M. R., Leslie, S. A., *et al.* 2015. Strontium isotope ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) stratigraphy of Ordovician bulk carbonate: Implications for preservation of primary seawater values. *Bulletin*, 127(9–10), 1275–1289.

Ericson, J. E., 1985. Strontium isotope characterization in the study of prehistoric human ecology. *Journal of Human Evolution*, 14(5), 503–514.

Fraser, M., Sjödin, P., Sanchez-Quinto, F., *et al.* 2018. The stone cist conundrum: A multidisciplinary approach to investigate Late Neolithic / Early Bronze Age population demography on the island of Gotland. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 20, 324–337.

Frei, K. M., Frei, R., 2011. The geographic distribution of strontium isotopes in Danish surface waters – A base for provenance studies in archaeology, hydrology and agriculture. *Applied geochemistry*, 26(3), 326–340.

Frei, K. M., Bergerbrant, S., Sjögren, K. G., *et al.* 2019. Mapping human mobility during the third and second millennia BC in present-day Denmark. *PLoS ONE*, 14, e0219850.

Gerling, C., 2015. *Prehistoric mobility and diet in the West Eurasian steppes 3500 to 300 BC: An isotopic approach*. Berlin: Walter de Gruyter GmbH.

Glykou, A., Eriksson, G., Storå, J., *et al.* 2018. Intra- and inter-tooth variation in strontium isotope ratios from prehistoric seals by laser ablation multi-collector inductively coupled plasma mass spectrometry. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 32(15), 1215–1224.

Gregoricka, L. A., 2013. Residential mobility and social identity in the periphery: strontium isotope analysis of archaeological tooth enamel from southeastern Arabia. *Journal of Archaeological Science*, 40(1), 452–464.

Haak, W., Lazaridis, I., Patterson, N., *et al.* 2015. Massive migration from the steppe was a source for Indo-European languages in Europe. *Nature*, 518, 284–285.

- Holt, E., Evans, J. A., Madgwick, R., 2021. Strontium ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) mapping: a critical review of methods and approaches. *Earth-Science Reviews*, 216, 103–593.
- IGME5000, 2005. *International Geological Map of Europe 1:5 Million and Adjacent Areas (IGME5000)*. Prieiga per: <http://www.europe-geology.eu/onshore-geology/geological-map/igme5000/> [Žiūrėta 2021 0614].
- Knudson, K. J., Pestle, W. J., Torres-Rouff, C., Pimentel, G., 2012. Assessing the life history of an Andean traveller through biogeochemistry: stable and radiogenic isotope analyses of archaeological human remains from Northern Chile. *International Journal of Osteoarchaeology*, 22(4), 435–451.
- Kootker, L., van Lanen, R., Groenewoudt, B., et al. 2019. Beyond isolation: Understanding past human-population variability in the Dutch town of Oldenzaal through the origin of its inhabitants and its infrastructural connections. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 11, 755–775.
- Kudaba, Č., 1983. *Lietuvos aukštumos*. Vilnius: Mokslas.
- Lazzerini, N., Balter, V., Coulon, A., et al. 2021. Monthly mobility inferred from isoscapes and laser ablation strontium isotope ratios in caprine tooth enamel. *Scientific Reports*, 11, 2277. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-81923-z>.
- Lietuvos geologijos tarnyba, 2021. *Geomorfologinis žemėlapis M 1 : 200 000*. Prieiga per: <https://www.lgt.lt/zemelap/main.php?sesName=lgt1623915933> [Žiūrėta 2021 06 14].
- Löfvendahl, R., Åberg, G., Hamilton, P. J., 1990. Strontium in rivers of the Baltic Basin. *Aquatic Sciences*, 52(4), 315–329.
- Massler, M., Schour, I., Poncher, H. G., 1941. Developmental pattern of the child as reflected in the calcification pattern of the teeth. *American Journal of Diseases of Children*, 62(1), 33–67.
- Mathieson, I., Alpaslan-Roodenberg, S., Posth, C., et al. 2018. The genomic history of southeastern Europe. *Nature*, 555, 197–203.
- McArthur, J. M., Howarth, R. J., Bailey, T. R., 2001. Strontium isotope stratigraphy: LOWESS version 3: best fit to the marine Sr-isotope curve for 0–509 Ma and accompanying look-up table for deriving numerical age. *The Journal of Geology*, 109(2), 155–170.
- Mittnik, A., Wang, C.-C., Pfrenkle, S., et al. 2018. The genetic prehistory of the Baltic Sea region. *Nature Communication*, 9 (442), doi:10.1038/s41467-018-02825-9.
- Montgomery, J., 2010. Passports from the past: Investigating human dispersals using strontium isotope analysis of tooth enamel. *Annals of human biology*, 37(3), 325–346.
- Nordqvist, K., 2018. *The Stone Age of north-eastern Europe 5500–1800 cal BC. Bridging the gap between the East and the West (=Acta Universitatis Ouluensis, B Humaniora 160)*. Oulu: University of Oulu.
- Olalde, I., Brace, S., Allentoft, M. E., et al. 2018. The Beaker phenomenon and the genomic transformation of northwest Europe. *Nature*, 555, 190–196.
- Oras, E., Lang, V., Rannamäe, E., et al. 2016. Tracing prehistoric migration: Isotope analysis of Bronze and Pre-Roman Iron Age coastal burials in Estonia. *Estonian Journal of Archaeology*, 20(1), 3–32.
- Piličiauskas, G., 2018. *Virvelinės keramikos kultūra Lietuvoje 2800–2400 cal BC*. Vilnius: Lietuvos istorijos institutas.
- Piličiauskas, G., Heron, C., 2015. Aquatic radiocarbon reservoir offsets in the southeastern Baltic. *Radiocarbon*, 57(4), 539–556.
- Piličiauskas, G., Jankauskas, R., Piličiauskienė, G., Dupras, T., 2017a. Reconstructing Subneolithic and Neolithic diets of the inhabitants of the SE Baltic coast (3100–2500 cal BC) using stable isotope analysis. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 9(7), 1421–1437.
- Piličiauskas, G., Jankauskas, R., Piličiauskienė, G., et al. 2017b. The transition from foraging to farming (7000–500 cal BC) in the SE Baltic: A re-evaluation of chronological and palaeodietary evidence from

human remains. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 14, 530–542.

Piličiauskas, G., Kisielienė, D., Piličiauskienė, G., *et al.* 2019. Comb Ware culture in Lithuania: new evidence from Šventoji 43. *Lietuvos archeologija*, 45, 43–96.

Pospieszny, Ł., Sobkowiak-Tabaka, I., Price, T. D., *et al.* 2015. Remains of a late Neolithic barrow at Kruszyn. A glimpse of ritual and everyday life in early Corded Ware societies of the Polish Lowland. *Præhistorische Zeitschrift*, 90(1–2), 185–213.

Price, T. D., Grupe, G., Schröter, P., 1994. Reconstruction of migration patterns in the Bell Beaker period by stable strontium isotope analysis. *Applied Geochemistry*, 9(4), 413–417.

Price, T. D., Knipper, C., Grupe, G., Smrcka, V., 2004. Strontium isotopes and prehistoric human migration: the Bell Beaker period in central Europe. *European Journal of Archaeology*, 7(1), 9–40.

Price, T. D., Arcini, C., Gustin, I., *et al.* 2018. Isotopes and human burials at Viking Age Birka and the Mälaren region, east central Sweden. *Journal of Anthropological Archaeology*, 49, 19–38.

Price D. T., Peets J., Allmää R., *et al.* 2020. Human remains, context, and place of origin for the Salme, Estonia, boat burials. *Journal of Anthropological Archaeology*. Vol. 58, 101–149.

Reid, D. J., Dean, M. C., 2006. Variation in modern human enamel formation times. *Journal of Human Evolution*, 50, 329–346.

Reimer, P. J., Austin, W. E., Bard, E., *et al.* 2020. The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon

age calibration curve (0–55 cal kBP). *Radiocarbon*, 62(4), 725–757.

Saag, L., Vasilyev, S. V., Varul, L., *et al.* 2021. Genetic ancestry changes in Stone to Bronze Age transition in the East European plain. *Science Advances*, 7(4), p.eabd6535.

Shaw, B., Buckley, H., Summerhayes, G., A., *et al.* 2010. Migration and mobility at the Late Lapita site of Reber-Rakival (SAC), Watom Island using isotope and trace element analysis: a new insight into Lapita interaction in the Bismarck Archipelago. *Journal of Archaeological Science*, 37(3), 605–613.

Snoeck, C., 2014. Impact of strontium sea spray effect on the isotopic ratio ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) of plants in coastal Ireland. *Quaternary Newsletter*, 134, 37–39.

Szczepanek, A., Belka, Z., Jarosz, P., *et al.* 2018. Understanding Final Neolithic communities in south-eastern Poland: New insights on diet and mobility from isotopic data. *PLoS ONE*, 13(12), e0207748.

Szostek, K., Mądryk, K., Cienkosz-Stepańczak, B., 2015. Strontium isotopes as an indicator of human migration-easy questions, difficult answers. *Anthropological Review*, 78(2), 133–156.

Veizer, J., Buhl, D., Diener, A., *et al.* 1997. Strontium isotope stratigraphy: potential resolution and event correlation. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 132, 65–77.

Voerkelius, S., Lorenz, G. D., Rummel, S., *et al.* 2010. Strontium isotopic signatures of natural mineral waters, the reference to a simple geological map and its potential for authentication of food. *Food Chemistry*, 118(4), 933–940.

## DONKALNIO IR SPIGINO KAPINYNŲ AKMENS AMŽIAUS ŽMONIŲ KILMĖ IR MOBILUMAS STRONCIO IZOTOPŲ ANALIZĖS DUOMENIMIS

Gytis Piličiauskas, Edvardas Simčenka, Justina Kozakaitė, Žydrūnė Miliauskienė,  
Giedrė Piličiauskienė, Harry Kenneth Robson

### Santrauka

Stroncio izotopų ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) analizė jau daugiau nei 3 dešimtmečius sėkmingai taikoma tirti žmonių ir gyvūnų mobilumui praeityje. Metodo esmė – kad gyvi organizmai stronciją kaupia audiniuose, taip pat labai tvirtame dantų emalyje. Gyviems organizmams prieinamas stroncis iš vandeni ir dirvožemį patenka daugiausia iš dūlančių uolienu per augalus ir gyvūnus, o  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotopų santykis išlieka pastovus. Analizuojant izotopų santykį žmogaus dantų emalyje ir lyginant su biologiškai prieinamo stroncio santykiu aplinkoje, įmanoma nustatyti, ar individas gyveno tam tikrame regione, ar naudojo jo maistą tiriamam dančiui formuojantis. Be to, daugybinių vieno danties tyrimai leidžia pažinti vidinę  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  variaciją, kuri atspindi chronologinę seką ir gali padėti sužinoti, kaip žmonės ar gyvūnai judėjo formuojantis dantų emaliui.

Naujausi genetiniai tyrimai įrodė, kad neolite ir bronzos amžiuje daugelyje Europos dalių, įskaitant Lietuvą, vyko tolimos ir didelio masto žmonių migracijos. Stroncio izotopų metodas priešistorinio mobilumo studijoms irgi gali būti itin naudingas. Todėl 2020–2021 m. pradėtas vykdyti mokslinis projektas *Žmonių mobilumas akmenis ir bronzos amžiuje stabilizacijų izotopų tyrimų duomenimis*. Šiame straipsnyje pristatomi preliminarūs projekto rezultatai, aptariamas mezolito ir neolito individų iš Donkalnio ir Spigino kapinynų mobilumas ir galima kilmė.

$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  santykis žmonių ir gyvūnų dantų emalyje buvo išmatuotas Švedijos gamtos istorijos muziejaus Stokholme Geomokslų departamente. Taikyti 2 metodai: lazerinė abliacija – multikolektorius – induktyviai

susietos plazmos masių spektrometrija (LA-MC-ICP-MS) ir izotopų praskiedimas – terminės jonizacijos masių spektrometrija (ID-TIMS). Šiame straipsnyje pateikiamos 13-os mezolito žmonių ir 9 gyvūnų  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  vertės. Pirmenybė teikta anksčiausiai susiformuojantiems nuolatiniais krūminiams dantims M1 ir M2, jų nesant, tirti krūminis M3 ir kaplys P2. Kadangi daugumos šių dantų emalis visiškai mineralizuojasi per pirmuosius 6 gyvenimo metus, emalio  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  gali padėti nustatyti mobilumą ankstyvoje vaikystėje.

Donkalnio ir Spigino kapinynai buvo įkurti kadaise didžiulio Biržulio ežero salose. Spigine ištirti 4 kapai, o Donkalnyje aptikta 14 individų. Visų individų mityba anksčiau buvo tirta C ir N izotopų kaulo kolagene metodu (1 pav.). Biržulio regiono kraštovaizdis susiformavo per paskutinį apledėjimą ir ankstyvajame holocene (2 pav.).  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ledyninėse nuogulose yra įvairus ir daugiausia priklauso nuo labai radiogenišku, iš vidurio Švedijos ledyno atvilktų prekambro uolienu ir mažai radiogenišku, vietinių jūrinių karbonatų santykio. Vis dėlto tik iš geologinės informacijos biosferos stroncio izotopų santykis yra nenuspėjamas, todėl reikėjo tirti aplinkos mėginius. Ištyrėme 9 archeologinių gyvūnų, aptiktų dviejose archeologinėse vietovėse, esančiose ne didesniu kaip 7,8 km atstumu nuo laidojimo vietų, dantų emalį (2 pav.; 1 lent.) ir nustatėme Biržulio regiono biologiškai prieinamo stroncio  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ , kuris yra  $0,7146 \pm 0,0021$  (2 SD).

Išmatavome  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  santykį 13-os žmonių 193-ose dantų linijose, vidutiniškai 15 vieno danties linijų

(2 lent.). Nustatėme, kad vidinę variaciją parodanti standartinė deviacija (SD) skirtingų individų svyruoja tarp 0,0004 ir 0,0023 (4 pav.). Manome,  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  variacijos viename dantyje SD rodo individo mobilumą, o ciklinė variacija – sezoninį judėjimą. Vidutinė ir didelė variacija dantyje (0,0008–0,0023) rodo, kad mezolito ir subneolito individai greičiausiai negyveno sėsliai net ir didelio, seklaus ir labai žuvingo Biržulio ežero pakrantėse. Visi žemyne gyvenę medžiotojai-rankiotojai buvo mobilūs, įskaitant ir tuos, kurie vertėsi žvejyba. Mažiausia  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  variacija (SD = 0,0004) išmatuota moters, palaidotos Donkalnio kape nr. 3, dantyje. Tikėtina, kad ji gimė ir vaikystę praleido Baltijos pakrantėje.

Pagal danties vidinės  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  variacijos kreives ir jų santykį su regiono biosferinio  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  fonu Donkalnio ir Spigino kapinyuose palaidotus žmones suskirstėme į 3 grupes: vietinius, nevietinius ir pusiau vietinius (3 lent.). Vietiniais vadinami individai, kurių vidinė  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  santykio variacija neviršija regiono fono (0,7125–0,7167). Visa nevietinių individų  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  santykio kreivė arba bent pirmieji matavimai yra už regiono fono (0,7125–0,7167), o pusiau vietinių pirmieji  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  matavimai yra tarp Biržulio regiono fono (0,7125–0,7167) ribų, tačiau kiti jau išeina už šių ribų. Spigine tiek mezolito (kapas nr. 4), tiek neolito (kapas nr. 2) individų  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  santykiai buvo vietiniai. Tačiau žymi vidinė variacija (SD = 0,0008; 3 pav.; 3 lent.) rodo gan didelį mobilumą ankstyvoje vaikystėje. Tikėtina, kad jie visą gyvenimą nugyveno Biržulio regione arba gretimose teritorijose, kuriose biologiškai prieinamo stroncio  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  yra panašus.

Donkalnyje 3 iš 11 tirtų žmonių (kapai nr. 2, 7 ir VI) pasirodė esantys nevietiniai. Šių asmenų  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  santykis viršijo 0,72, ir jie gali būti kilę iš pietų Suomijos arba Karelijos (5 pav.). Įdomu, kad anksčiau atlikti genetiniai vieno nevietinio individo (kapas nr. 7; 3521–3371 cal BC) tyrimai nustatė 30 % paveldimumo iš rytų medžiotojų-rankiotojų, ir tai yra didžiausia proporcija tarp visų genetiškai tirtų Donkalnio ir Spigino individų. Rytų medžiotojų-rankiotojų genomo šaltiniu yra laikoma Šukinės-duobelinės keramikos kultūra, kurios keramika ir akmens dirbiniai Baltijos rytiniame pakraštyje paplito 3900–3500 cal BC. Taigi, stroncio izotopų ir genetiniai tyrimai patvirtina, kad šios kultūros ekspansija neapsiėjo be migracijos.

Dviejų Donkalnio individų (kapai nr. 3 ir 5)  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  santykis buvo apie 0,711–0,712. Jie prie Biržulio galėjo atkelti iš Baltijos pakrantės, kurioje dėl vadinamojo jūros purslų efekto biologiškai prieinamo stroncio  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  yra mažai radiogeniškas. Šią interpretaciją paremia gintaro radiniai, rasti Biržulio ežero subneolito gyvenvietėse.

Dėl tolimų migracijų priešistorėje, taip pat dėl reikšmingos biologiškai prieinamo stroncio  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  santykio variacijos erdvėje metodas pasirodė esantis tinkamas identifikuoti pirmosios kartos migrantus net ir beveik ištisai ledynmečio nuogulomis padengtoje teritorijoje, kaip yra Lietuvoje. Tačiau jo galimybes riboja tai, kad yra labai mažai  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  duomenų iš Kaliningrado srities, Latvijos, Baltarusijos, ŠV Rusijos (5 pav.).

## THE ORIGINS AND MOBILITY PATTERNS OF STONE AGE HUMANS FROM THE DONKALNIS AND SPIGINAS BURIAL GROUNDS ACCORDING TO STRONTIUM ISOTOPE ANALYSIS

Gytis Piličiauskas, Edvardas Simčenka, Justina Kozakaitė, Žydrūnė Miliauskienė,  
Giedrė Piličiauskienė, Harry Kenneth Robson

### Summary

Strontium ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) isotope analysis during the course of the last three decades has proved itself as a useful tool for assessing human and animal mobility in the past. The essence of the method lies in the ability of living organisms to incorporate trace element Sr into their tissues, including highly durable tooth enamel. Biologically available Sr originates mainly from eroded rocks, and the  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ratio does not change during transfer from bedrock to plants to humans. By analysing the isotopic ratios in human tooth enamel, and through comparison with data obtained from fauna, flora, water and soils, it is possible to identify mobility patterns and potential migration events. Moreover, high-resolution micro-sampling of a single tooth allows us to measure intra-tooth  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ratio variation which reflects a chronological sequence, and which can provide further insights in how humans or animals moved during tooth enamel formation.

Recent ancient DNA (aDNA) studies have demonstrated that large-scale and long-distance human migrations were commonplace throughout many parts of Europe, including Lithuania, during the Neolithic and the Bronze Age. A similarly useful method to identify past mobility patterns and migration events is strontium isotope analysis. Therefore, between 2020 and 2021 a research project was launched, *Exploring human mobility during the Stone and Bronze ages using the analysis of stable isotopes*, to explore prehistoric mobility in Lithuania. This paper presents the preliminary results

of the project, and discusses the mobility patterns of Mesolithic and Neolithic individuals from the Donkalis and Spiginas burial grounds in western Lithuania.

$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ratios in human and animal tooth enamel were measured at the Swedish Museum of Natural History in Stockholm by laser ablation-multi collector-inductively coupled plasma-mass spectrometry (LA-MC-ICP-MS) and isotope dilution-thermal ionization mass spectrometry ID-TIMS. Here, we present the measurements obtained from 13 human and nine animal teeth. M1 and M2 human teeth were preferentially selected, whilst M3 and P2 were infrequently sampled. Since the enamel of the majority of these teeth mineralises completely during first 6 years of life, the results obtained from analysis by LA-MC-ICP-MS may help to identify the potential movement of individuals during early childhood.

During prehistory, the Donkalis and Spiginas burial grounds were situated on islands in Lake Biržulis. At Spiginas four graves have been excavated, whilst 14 individuals are known from Donkalis. The diet of all individuals has been previously investigated through the application of carbon and nitrogen stable isotope analysis (Fig. 1). The landscape of the Lake Biržulis region was formed during the last glaciation and Early Holocene (Fig. 2). The  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ratios in the glacial deposits vary, and mostly depend on the proportion between Precambrian rocks with high radiogenic Sr transported by ice sheets from

middle Sweden, and local marine carbonates with low radiogenic Sr eroded by glaciers from pre-Quaternary deposits. Based on these data alone, the strontium baseline is unpredictable, and had to be ascertained by environmental samples. To do so, we analysed tooth enamel from nine archaeological animals from two sites situated up to a maximum distance of 7.8 km away from the burial grounds (Fig. 2; Table 1), and reconstructed the baseline for the Lake Biržulis region in the order of  $0.7146 \pm 0.0021$  (2 SD).

For 13 human teeth we measured the  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ratios of 193 lines with an average of 15 lines per tooth (Table 2). We noted intra-tooth variation between 0.0004 and 0.0023 (Fig. 4). We suggest that this intra-tooth variation indicates a degree of mobility while cyclic variation reflects seasonal mobility. The evidenced moderate and high intra-tooth variation (0.0008–0.0023) shows that the Mesolithic and Subneolithic individuals probably did not live out their lives in sedentary settlements along the shoreline of the large, shallow and likely highly productive Lake Biržulis. Indeed, all inland hunters-gatherers were mobile, including those who engaged in fishing. The lowest intra-tooth variation (0.0004) was measured from an individual from the Donkalis burial ground (Grave No. 3). It is likely that this individual probably spent their late childhood on the Baltic Sea coastline. It is expected that future research of individuals from the Baltic Sea coastline may exhibit ‘more sedentary’  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ratios given the highly productive and rich marine and lagoonal foodstuffs readily available.

Based on the aforementioned measurements we compiled curves of intra-tooth  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ratio variation for every human individual (Fig. 3). According to the curves and their relationship with the local baseline we divided the humans into three groups: locals, non-locals and semi-locals (Table 3). We classified the locals based on little variation of their  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ratios that were within the range of the local baseline (0.7125–0.7167). Non-locals had all or their first

$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ratios outside the local baseline, whilst semi-locals had their first  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ratios within the local range but at some point their intra-tooth variation curves exceeded the lower or upper boundaries of the local baseline.

At Spiginas, both the Mesolithic (Grave No. 4) and Neolithic (Grave No. 2) individuals demonstrated local  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ratios. However, remarkable intra-individual variations (SD = 0.0008; Fig. 3; Table 3) indicate a rather mobile lifestyle during early childhood for both individuals. Despite this, it is likely that they lived out their lives within the Lake Biržulis region or adjacent areas with similar  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ratios of bioavailable strontium.

At Donkalis, 3/11 humans (Grave Nos. 2, 7, and VI) appear to be non-local. Indeed, these individuals had  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ratios above 0.72 and may be derived from southern Finland or Karelia (Fig. 5). Intriguingly, aDNA analysis of one of the individuals (Grave No. 7; 3521–3371 cal BC) has previously demonstrated that the individual had a substantial part of their ancestry from Eastern Hunter-Gatherers (30%), which markedly differs compared with the other Donkalis and Spiginas individuals (0–10%). The source of Eastern Hunter-Gatherers ancestry in the Eastern Baltic likely derives from the Comb Ware culture in which similar ceramics and stone tools were spread widely throughout the region between 3900–3500 cal BC. Building on the aDNA data, the strontium isotope analysis demonstrates that this spread also included long-distance mobility patterns.

Two individuals from Donkalis (Grave Nos. 3 and 5) had  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ratios of between *ca.* 0.711 and 0.712, and may have arrived at Lake Biržulis from the Baltic Sea coastline, which has a lower radiogenic strontium ratio due to the “sea spray effect”. Numerous amber finds from the Lake Biržulis region are in line with this interpretation suggesting contacts and movement between the two areas during the Subneolithic period.