

## *Geomorfologija* *Geomorphology*

---

# **Defliacinių daubų dinamika Kuršių nerijos Didžiajame kopagūbryje**

---

**Algimantas Česnulevičius**

*Vilniaus universitetas, Geologijos ir geografijos institutas, el. paštas: algimantas.cesnulevicius@gf.vu.lt*

**Bogdana Izmailow**

*Krokuvos Jogailos universitetas, el. paštas: b.izmailow@geo.uj.edu.pl*

**Regina Morkūnaitė**

*Geologijos ir geografijos institutas, el. paštas: morkunaite@geo.lt*

---

### **IVADAS**

Kuršių nerijos Didžiojo kopagūbrio dinamikos tyrimai pradėti XIX a., kai buvo stengiamasi stabilizuoti Kuršių marių link judantį smėlį (Berendt, 1869). XX a. II pusėje Didįjį kopagūbrį išsamiai tyrė Lietuvos geografs (Gudelis, 1957, 1960, 1973, 1998; Michaliukaitė, 1967; Minkevičius, 1963–1964a, 1963–1964b, 1968, 1969, 1972, 1982; Mardosienė, 1988; Minkevičius, Žilinskas, Jarmalavičius, 1996). Nuo aštuntojo XX a. dešimtmečio labai padidėję Kuršių nerijos lankytojų srautai gerokai paveikė ir Didįjį kopagūbrį. Įsteigtas Senujų Naglių rezervatas leido kontroliuoti lankytojų srautą, tačiau neišsprendė didėjančios antropogeninės apkrovos spaudimo gamtai. 2003 m. Kuršių nerijos nacionalinio parko iniciatyva buvo pradėti Didžiojo kopagūbrio stebėjimai. 2003 m. pavasario–rudens matavimų duomenimis, dideli lankytojų srautai Parnidžio kopoje ir Naujųjų Naglių pažintiniame take lemia sustiprėjusius natūralius defliacijos procesus (Antropogeninių ir gamtinių ..., 2003; Morkūnaitė, Česnulevičius, 2005). 2004 m., gavus Lietuvos mokslo ir studijų fondo bei Kuršių nerijos nacionalinio parko finansinę paramą, buvo pratęsti antropogeninės apkrovos poveikio geodina-

minių procesų intensyvumui Didžiajame kopagūbryje stebėjimo darbai. Epizodiniai tyrimai taip pat atlikti ir 2005 metais. Jų metu pavyko išryškinti sezoninius eolinių defliacinių-akumuliacinių procesų kaitos dėsninumus, kiekybiškai įvertinti eolodinamikos mastą.

### **TYRIMO METODIKA**

Tyrimų metu atlikta pakartotinė tiksli Juodkrantės–Pervalkos ir piečiau Nidos esančių Didžiojo kopagūbrio ruožų niveliacija elektroniniu tacheometru ELTA 500, kuris matuoja kampus 5" tikslumu, o aukščio pokyčius – 1 mm tikslumu. Tyrimai atlikti penkiuose tikslios niveliacijos profiliuose: Parnidžio kopos, Naujųjų Naglių, Naglių rago, Vingiakopės, Avių rago. Pakartotinis niveliacijos profilių duomenų palyginimas leido kiekybiškai įvertinti Didžiojo kopagūbrio reljefo formų kaitą.

Taip pat buvo atlikta defliacinių daubų Didžiajame kopagūbryje kaitos analizė, paremta klimato rodiklių (vėjo greičio, drėgmės, kritulių) sugretinimu su defliacinių daubų morfometrinių rodiklių pokyčiais. Palyginti 1999–2005 m. kiekybinių pokyčių duomenys. Jie sukaupiti atliekant maršrutinius gamtinių žymeklių matavimus,

fotografuojant skaitmeniniu fotoaparatu bei matuojant daubų perimetrą GPS prietaisu. Tyrimų duomenys buvo palyginti su paviršiaus pokyčiais pietų Baltijos pakrantėse Lenkijoje – Lebos eoliniame masyve ir Helios pusiasalyje (Filipiak i in., 2003; Wróblewski, 2003 a, 2003b).

Matavimų duomenų pagrindu sudarytas Didžiojo kopagūbrio defliacinių daubų žemėlapis.

### KURŠIŲ NERIJOS DIDŽIOJO KOPAGŪBRIO RELJEFO FORMŲ POKYČIAI XIX–XX AMŽIUJE

XIX a. atlikti pietrytinės Baltijos pakrantėse tyrimai rodo, kad eolodinaminiai procesai buvo labai intensyvūs. Smėlio slinkimo greitis atskirose Didžiojo kopagūbrio dalyse siekė net 13 metrų per metus (Berendt, 1869; Michaliukaitė, 1962; Antropogeninių ..., 2003) (1 lentelė).

XIX a. pabaigoje ir XX a. pradžioje pabaigus kopų apželdinimo darbus, stabilizavosi Didžiojo kopagūbrio smėlis, nors dar ilgėjo marių ragai. 1860–1910 m. Grobšto ragas kasmet pailgėdavo po 4 metrus, Parnidžio ragas – 4 m, Arklių ragas – 5 m, o Naglių ragas stabilizavosi. XX a. II pusėje eoliniai procesai beveik visiškai sustojo, o amžiaus pabaigoje prasidėjo gana intensyvus Kuršių marių vakarinio kranto ardyimas (Povilanskas, 1998).

1910–1965 m. Didžiojo kopagūbrio slinkimas į rytus sulėtėjo (1 lentelė), ir tai susiję su beveik visu Kuršių nerijos apželdinimu. Lietuvos teritorijoje liko tik du aktyvūs Didžiojo kopagūbrio segmentai: tarp Juodkrantės bei Pervalkos ir į pietus nuo Nidos (1 pav.).

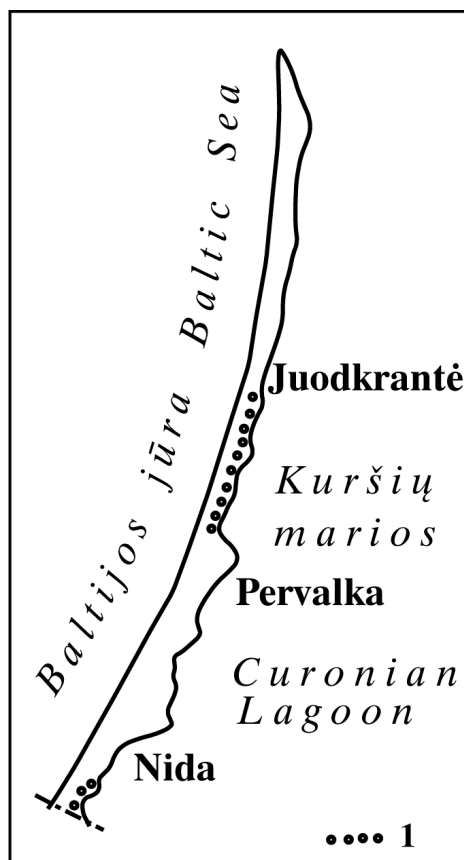
Didžiojo kopagūbrio stabilizaciją lėmė ir uždara Kuršių nerijos teritorija. Iki 6-ojo dešimtmečio pabaigos joje nebuvo plėtojama didesnė rekreacinė veikla, o praktiškai iki nepriklausomybės atstatymo buvo stipriai ribojamas ir lankymasis joje. Tuo laikotarpiu iš dalies stabilizavosi ir neapželdinti Didžiojo kopagūbrio segmentai, ypač siaurinė Juodkrantės–Pervalkos ruožo dalis.

Po 1990 m., išaugus poilsiautojų srautui, padidėjo apkrova ir Didžiajame kopagūbryje. Intensyviai lankomi

ir kartu niokojami yra pietiniai Nidos bei Juodkrantės–Pervalkos segmentai. 2003–2005 m. tyrimų rezultatai rodo, kad vasaros metu lankytojai tampa pagrindiniu kopas destabilizuojančiu veiksniu, tiesiogiai ardydami paviršių bei netiesiogiai skatindami defliaciją (išpustymą).

### VĖJŲ RĖŽIMAS

Labiausiai defliacijos procesus veikia stiprūs pasikartojantys vienos krypties vėjai. Tokių vėjų poveikis ypač akivaizdus sausųjų sezonų metu, kada smėlio masės pa-



1 pav. Pustomų kopų (1) ruožai Kuršių nerijos Didžiajame kopagūbryje

Fig. 1. Sectors of blow (1) dune in Main Ridge of Curonian Spit

1 lentelė. Pustomų kopų slinkimo greitis (Berendt, 1869; Michaliukaitė, 1967; Antropogeninių..., 2003)

Table 1. The velocity of dune movement (Berendt, 1869; Michaliukaitė, 1967; Antropogeninių..., 2003)

Vietovė Locality	Pokytis per 1837–1861 metus Changes in 1837–1861		Pokytis per 1910–1965 metus Changes in 1910–1965	
	m	m / met. m/y	m m	m / met. m/y
Smiltynė	272,2	11,3	0,0	0,0
Meškos dauba	173,4	7,3	0,0	0,0
Juodkrantė	129,5	5,4	0,0	0,0
Senieji Nagliai	272,8	11,4	124,0	2,9
Pervalka	122,9	8,2	0,0	0,0
Bulvikio ragas	197,6	8,2	0,0	0,0
Urbo kalnas	60,5	2,5	68,6	1,6
Grobšto ragas	320,5	13,4	102,9	2,3

viršius būna išdžiūvęs. Remiantis Klaipėdos ir Nidos meteorologinių stočių duomenimis, gegužės–spalio mėnesiais (tyrimų laikotarpis) buvo vėjuoti. Pavyzdžiui, 2003 m. gegužės mėnesį 15 m/s ir stipresnis vėjas pajūryje pasikartojė tris kartus, birželio – 8, liepos – 1, rugpjūčio – 7, rugsėjo – 3 ir spalio mėnesį – 12 kartų. Vadinasi, vėjuočiausi orai buvo birželio, rugpjūčio ir spalio mėnesiais, kada maksimalūs vėjo gūšiai siekė 17–19 m/s ir net 25 m/s.

Nemažas buvo ir vidutinis paros vėjo greitis, lemiantis smėlio paviršiaus džūvimą. 2003 m. birželio mėnesio dekadų vidutinis paros vėjo greitis atitinkamai siekė 4,7; 5,2 ir 5,0 m/s, o liepos mėn. – 4,5; 3,6 ir 6,9 m/s. Būtina paminėti, kad rugpjūčio pabaigoje vėjai sustiprėjo po tris savaites trukusios sausros. Rugpjūčio mėnesį vyravo vakarinių rumbų vėjai: vakarų krypties vėjai sudarė 15% atvejų, vakarų–šiaurės vakarų – 13%, šiaurės vakarų – 13% ir pietvakarių – 11%. Negausūs krituliai (4,4–15,6 mm) kiek pristabdė defliaciją. Tyrimų duomenimis, krituliai sumažina defliacijai palankių vėjų efektyvumą maždaug 20–30% (Morkūnaitė, Beconis, 1997). Tiesioginiai stebėjimai rodo, kad iškritus 11 mm kritulių, po trijų parų dirvožemio drėgmė balkšvažemiuose tesiekia tik 3%. Susidarius kritiniam vėjo greičiui (daugiau kaip 6 m/s) balkšvažemiai tampa neatsparūs išpustymui. Akivaizdu, kad nehumingi eoliniai smėliai yra dar labiau pažeidžiami.

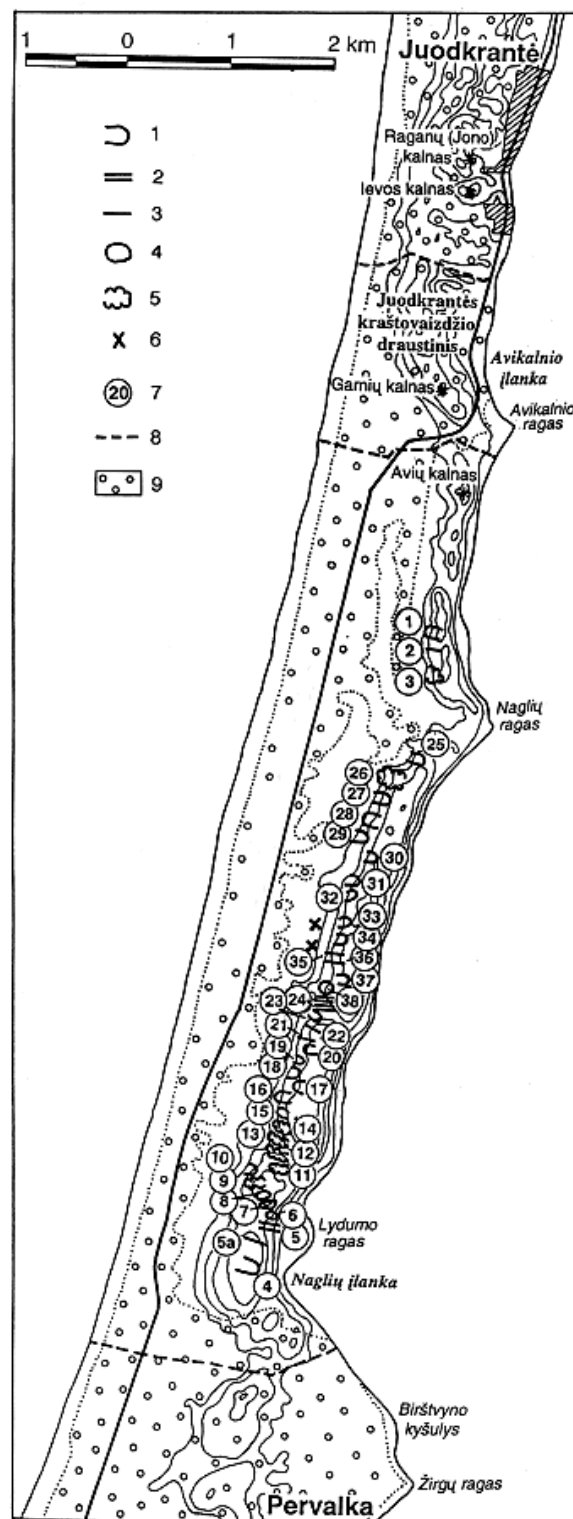
Palyginus Klaipėdos ir Nidos meteorologinių stočių tiriamo laikotarpio vėjo greičio duomenis su vidutiniais 1961–1990 m. duomenimis, nustatyta, kad 2003–2005 m. vidutinis mėnesio vėjų greitis nedaug viršijo 1961–1990 m. vidurkį. Vadinasi, 2003–2005 m. laikotarpis buvo vėjuotesnis nei įprasta.

Analogiška padėtis buvo pietinėje Baltijos jūros pakrantėje. Kolobžego, Putsko, Gdynės meteorologinių stočių duomenimis, 2003–2005 m. šiltaisiais laikotarpiais (gegužės–spalio mėnesiai) vyravo stipresni ir pastovesni vakarinių rumbų vėjai. Be to, pietų Baltijos pakrantėje, kaip ir Lietuvos pakrantėje, 2003–2005 m. šiltasis laikotarpis buvo sausesnis nei 1961–1990 metais. Išimtis – 2005 m. rugpjūčio mėnuo (Filipiak i in., 2003; Wróblewski, 2003a, 2003b).

## DEFLIACINIŲ DAUBŲ DINAMIKA

Viename ankstesnių darbų buvo tipizuotos Kuršių nerijos Didžiojo kopagūbrio defliacinės daubos, apibūdinti jų morfometriniai rodikliai bei aptarti pasiskirstymo dėsninčiai Juodkrantės–Pervalkos pustomų kopų ruože (Morkūnaitė, 2000). Buvo išskirti tokie morfologiniai defliacinių daubų tipai bei jų morfologiniai elementai: ovalinės, koridoriai, plynės, sudėtingosios, skardžiai, volai, „vartai“ ir kupstynių išgraužos. Buvo aprašyta ir kartografuota daugiau kaip 50 daubų. 2003–2005 m. pakartotinai kartografuotos 38 defliacinės daubos, įvertinti jų pokyčiai (2 pav.).

2003–2005 metų tyrimai rodo, kad defliacinių daubų dinamiką lemia keletas veiksnių: daubos plotas, jos



2 pav. Defliacinės daubos Kuršių nerijos Didžiojo kopagūbrio Juodkrantės–Pervalkos ruože: 1 – ovalinės, 2 – koridoriai, 3 – skardžiai, 4 – plynės, 5 – sudėtingos, 6 – kupstynių išgraužos; 7 – daubų numeracija, 8 – Naglių rezervato ribos, 9 – miškas

Fig. 2. Deflation hollows in Main Ridge of the Curonian Spit (Juodkrantė – Pervalka segment): 1 – oval, 2 – passages, 3 – scarps, 4 – smooths, 5 – complexes, 6 – potholes; 7 – number of hollow, 8 – boundaries of Nagliai reservation, 9 – forest

atvirumas, padėtis kopagūbrio šlaite, absoliutus aukštis, „vartų“ plotis.

Pietiniame Didžiojo kopagūbrio segmente (Parnidžio–Sklandytojų kopos) dėl intensyvaus lankytojų srauto kopagūbrio ketera yra visiškai nutrypta. Nedidelių natūralių defliacinių daubų yra išlikę į marias atgręžtame (distaliniame) šlaite. Šias daubas intensyviausiai veikia pietų pietryčių rumbų vėjai, vyraujantys gegužės–birželio mėnesiais. Be to, panašią kryptį 2003–2005 m. liepos–rugpjūčio mėnesiais turėjo nuo Kuršių marių pučiantys brizai. Jų greitis nebuvo didelis, tačiau jie pūtė užsitęsusių sausrų metu, ženkliai pakeisdami defliacinių daubų formą ir gylį. Pastarojo pokyčiai siekė 5–20 cm per parą.

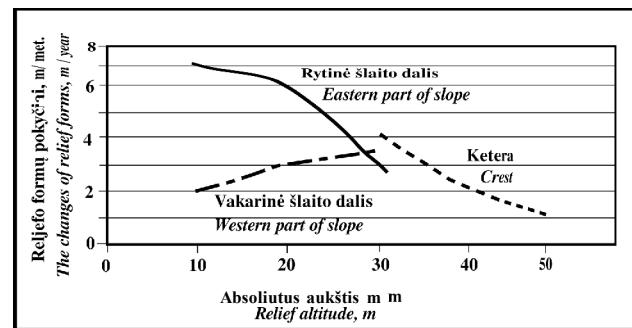
Beveik visos tirtos defliacinės daubos turėjo mikroformas, iš kurių matyti, kaip vyko defliacijos ir akumuliacijos procesai. Daubos buvo morfografiškai ir morfologiškai tipizuotos: ovalios, plynės, koridoriai, sudėtingos. Jose išskirtos šios mikroformos: skardžiai, kupstynių išgraužos, pakopos, volai. Atlikus defliacinių daubų kartografavimą, paaiškėjo, kad daugiausia jų yra tarp Lydumo ir Naglių ragų. Šiauriau Lydumo rago esančių defliacinių daubų absoliutus aukštis siekia 35–40 m virš jūros lygio, o Naglių rago apylinkėse – 25–30 metrų.

Lydumo rago–Vinkio kopos atkarpoje defliacinės daubos susiformavo kiekviename reljefo pažemėjime, kuris yra atvertas į jūros ar marių pusę. Palyginus kelerių metų matavimo rezultatus matyti, kad labiausiai kaitūs yra daubų ilgis ir plotis. Be to, labai dinamiškas yra koridorių plotis, kuris per metus gali pakisti 4–17 metrų (2 lentelė). Kuršių nerijos Didžiojo kopagūbrio Juodkrantės–Pervalkos atkarpoje išpustymą daubose lemia ne tik stiprūs pasikartojantys vėjai, bet ir daubų padėtis kopų šlaituose. Intensyviausiai defliacijos procesai vyksta pavėjinių rytinių Didžiojo kopagūbrio šlaitų

daubose. Kiek mažiau pustomos daubos vakariniame kopagūbrio šlaite ir jo keteroje. Didelės įtakos pustomai turi daubų uždarymas ar atvirumas. Greičiausiai transformuojasi tos daubos, kurios turi „vartus“ vyraujančių vėjų kryptimi. Tokios daubos labai greitai transformuojasi į koridorius ar net jardaganų pavidalo darinius.

Panašios eolinės formos kuriasi ir ten, kur kopų paviršius visiškai neapaugęs. Ėbos kopų masyve, kur jūra išmeta daug smėlio, defliacinės daubos iškilusios 30–40 m virš jūros lygio. Jų plotis siekia 30–60 m, ilgis – iki 90 m, o gylis – 5–12 m. Be to, paplūdimyje susidaro 1–1,5 m aukščio bei keliasdešimt metrų ilgio barchanai (Wróblewski, 2003b). Tuo tarpu augalija apaugusioje žemoje teritorijoje, Helios pusiasalyje, defliacinės daubos visiškai nesiformuoja.

Kuršių nerijos Didžiajame kopagūbryje 2003–2005 m. atlikti tyrimai rodo, kad defliacinių daubų transformacijai didžiausios įtakos turi trys veiksniai: vėjų kryptis, daubų padėtis ir daubų absoliutus aukštis (3 pav.).



3 pav. Defliacinių daubų absoliutaus aukščio ir jų transformacijos intensyvumo sąveika

Fig. 3. Interaction between the altitude of deflation hollows and their transformation intensity

2 lentelė. Defliacinių daubų transformacija 1999–2003 metais

Table 2. Transformation of deflation hollows in 1999–2003

Daubos Nr. / Hollow No.	Defliacinės daubos morfologija / Morphology of deflation hollow	Defliacinės daubos plotis ir ilgis m / Width and length of deflation hollow, m			
		1999 m. / 1999	2001 m. / 2001	2002 m. / 2002	2003 m. / 2003
1	Ovalinė / Oval	-	11,50	11,60	-
		-	85,0	70,0	-
2	Skardis / Scarp	6,60	-	6,60	-
		2,0	-	1,70	-
3	Sudėtinga / Complex	8,30	18,20	17,50	-
4	Ovalinė su skardžiukais / Oval with scarps				
	I eroduojamas skardžiukas / I eroded scarp	30,30	-	-	-
	II eroduojamas skardžiukas / II eroded scarp	13,20	-	-	18,40
	III eroduojamas skardžiukas / III eroded scarp	25,30	-	-	28,0
	IV eroduojamas skardžiukas / IV eroded scarp	-	-	-	18,0
5	Koridorius / Passage				
	Plotis marių kryptimi / Width in lagoon direction	-	18,0	27,0	10,5

	Plotis jūros kryptimi / <i>Width in sea direction</i>	30	30,0	42,4	34,0
	Centrinės dalies plotis / <i>Width of central part</i>	4,0	20,0	19,9	30,0
6	Plynė / <i>Smooth</i>				
	Plotis jūros kryptimi / <i>Width in sea direction</i>	-	-	31,5	-
	Plotis marių kryptimi / <i>Width in lagoon direction</i>	-	-	60,0	38,0
8	Plynė / <i>Smooth</i>				
	Atbraila jūros kryptimi / <i>Ledge in sea direction</i>	-	9,60	-	6,0
	Atbraila marių kryptimi / <i>Ledge in lagoon direction</i>	-	-	17,10	21,0
9	Plynė / <i>Smooth</i>				
	Pakopa / <i>Terrace</i>	-	-	25,0	24,0
	Volas / <i>Roll</i>	-	17,60	25,50	32,0
14	Sudėtinga / <i>Complex</i>				
	Volas / <i>Roll</i>	-	-	43,0	-
	Naujas volas / <i>New roll</i>	-	-	29,0	-
16	Ovalinė / <i>Oval</i>	-	-	21,5	-
20	Ovalinė / <i>Oval</i>	-	-	52,0	-
23	Skardis / <i>Scarp</i>				
	Koridorius / <i>Passage</i>	30,0	-	21,0	-
	Volas / <i>Roll</i>	-	20,0	-	-
24	Ovalinė / <i>Oval</i>				
	Volas / <i>Roll</i>	-	-	31,0	34,0;
	Mažasis volas / <i>Small roll</i>	-	-	29,0	35,0
	Atbraila / <i>Ledge</i>	-	-	5,0	11,5
25 a	Ovalinė / <i>Oval</i>				
	Atbraila / <i>Ledge</i>	4,0	-	-	5,5
	Volas marių kryptimi / <i>Roll in lagoon direction</i>	-	-	-	54,0
25	Sudėtinga / <i>Complex</i>				
	Vakarinė atbraila / <i>Western ledge</i>	-	7,0	-	-
	Volas jūros kryptimi / <i>Roll in sea direction</i>	-	-	-	37,0
	Volas marių kryptimi / <i>Roll in lagoon direction</i>	-	-	30,40	66,0
26	Sudėtinga / <i>Complex</i>				
	Vakarinė niša / <i>Western niche</i>	4	-	9	7
	Laiptas žemesnės daubos kryptimi / <i>Step in lower hollow direction</i>	-	-	20,5	30,5
	Laiptas jūros kryptimi / <i>Step in sea direction</i>	-	-	8,70	12,50
	Volas jūros kryptimi / <i>Roll in sea direction</i>	-	-	19,90	35,0
	Volas marių kryptimi / <i>Roll in lagoon direction</i>	-	-	-	62,0
27	Ovalinė / <i>Oval</i>				
	Atbraila jūros kryptimi / <i>Ledge in sea direction</i>	-	-	8,5	11,5
	Volas jūros kryptimi / <i>Roll in sea direction</i>	-	-	46,0	29,0
	Volas marių kryptimi / <i>Roll in lagoon direction</i>	-	-	-	51,0
28	Ovalinė / <i>Oval</i>				
	Atbraila marių kryptimi / <i>Ledge in lagoon direction</i>				
	šiaurinė dalis / <i>Northern part</i>	4,0	-	5,40	8,0
	pietinė dalis / <i>southern part</i>	-	-	4,0	8,5
	Volas jūros kryptimi / <i>Roll in sea direction</i>				
	aukštesnis / <i>higher</i>	-	-	-	15,0
	žemesnis / <i>lower</i>	-	-	-	11,0
29	Ovalinė / <i>Oval</i>				
	Atbraila jūros kryptimi / <i>Ledge in sea direction</i>				

2 lentelės tęsinys

Table 2 continued

	šiaurinė dalis / <i>northern part</i>	5,0	-	9,0	7,0
	pietinė dalis / <i>southern part</i>	-	-	5,5	5,0
	Volas jūros kryptimi / <i>Roll in sea direction</i>	-	-	-	35,5
	Volas marių kryptimi / <i>Roll in lagoon direction</i>	-	-	1,8	7,0
31	Ovalinė / <i>Oval</i>	-	-	44,0	-
33	Kupstynės išgrauža / <i>Pothole</i>	25,0	-	39,9	36,0
34	Kupstynės išgrauža / <i>Pothole</i>	25,0	-	29,0	31,0
36	Skardis / <i>Pothole</i>				
	Atbraila marių kryptimi / <i>Ledge in lagoon direction</i>	-	-	11,30	12,0
	Volas / <i>Roll</i>	-	-	-	62,0
37	Ovalinė / <i>Oval</i>				
	Volas marių kryptimi / <i>Roll in lagoon direction</i>	80,0	-	-	-
38	Ovalinė / <i>Oval</i>				
	Centrinis volas / <i>Central roll</i>	-	-	70,0	63,0
	Atbraila marių kryptimi / <i>Ledge in lagoon direction</i>	-	-	4,0	5,0

Rytinėje šlaito dalyje ryškiai matoma absoliutaus aukščio ir reljefo performavimo atvirkštinė koreliacija, kurią lemia nuo Kuršių marių pučiantys brizai. Vakariename Didžiojo kopagūbrio šlaite matyti tiesioginė reljefo pokyčių priklausomybė nuo defliacinių daubų absoliutaus aukščio. Žemose priešvėjinėse šlaitų dalyse ryški miško įtaka, mažinanti vėjo greitį. Didžiojo kopagūbrio keteroje stipriausi vėjai pučia tarpukopių koridoriuose, todėl čia intensyviausiai performuojamas reljefas.

Kuršių nerijos Didžiajame kopagūbryje tarp Juodkrantės ir Pervalkos galima išskirti keturis defliacijos ir akumuliacijos procesų vyksmo arealus. Pirmasis arealas tęsiasi nuo Garbės rago per Naglių ir Vingiakopės kopas. Čia vyrauja sudėtingos defliacinės daubos, nemažai plynių. Šiame areale užfiksuoti didžiausi akumuliacinių volų, kurie formuojasi sudėtingose daubose, pokyčiai. Per tiriamąjį laikotarpį Didžiojo kopagūbrio rytinio šlaito volai trumpėjo, vakariniai ilgėjo (apie 10–15 m). Antrasis arealas pasižymi paviršiaus raižytumu. Akumuliacinių volų ilgis kinta nuo 3 iki 6 metrų. Ryškiausias šio arealo požymis – atbrailos defliacinių daubų vakariniuose šlaituose. Trečiasis arealas apima Didžiojo kopagūbrio plotus, vidutiniškai paveiktus defliacijos ir akumuliacijos procesų. Čia nėra plynių ir sudėtingų daubų, maža volų, o kupstynių išgraužos vidutiniškai pakito 3–4 metrais. Ketvirtas arealas – tarp Naglių ir Avikalnio rago esanti Didžiojo kopagūbrio atkarpa. Čia mažiausiai defliacinių daubų, jos „neaktyvios“. Smarkiausiai šiame areale kito daubose esantys volai, tačiau ir jų pokyčiai tesiekė iki 0,5 metro.

## IŠVADOS

1. Didysis Kuršių nerijos kopagūbris per 150 metų pergyveno kelis dinaminis raidos etapus. Pirmojo dinami-

nio etapo metu (XIX a. I pusė) kopos slinko į rytus vidutiniškai 8,5 m/met. greičiu. Antrojo dinaminio etapo metu (XX a. pirmasis–šeštasis dešimtmečiai) vidutinis kopų slinkimo greitis siekė 2,3 m/met. Trečiojo etapo metu (XX a. 7-asis dešimtmetis – XXI a. pradžia) kopų slinkimo greitis siekė 0,9 m/met. Slinkimo greičio mažėjimas susijęs su Kuršių nerijos apželdinimu. Apželdinusi palvę, Didysis kopagūbris neteko smėlio prietakos iš jūros, ir šiuo metu slenkant eikvojami tik kopagūbryje esančio smėlio resursai. Dabartinis kopų slinkimas rytų kryptimi lemia kopagūbrio žemėjimą.

2. Didžiausių poveikį defliacijos procesams turėjo stiprūs pasikartojantys vienos krypties vėjai. Remiantis Klaipėdos ir Nidos meteorologinių stočių duomenimis, tyrimų laikotarpiu gegužės–spalio mėnesiai pasižymėjo vėjuotais orais. 2003 metų gegužės mėnesį 15 m/s ir stipresnis vėjas pajūryje pasikartojė tris kartus, birželio – 8, liepos – 1, rugpjūčio – 7, rugsėjo – 3 ir spalio mėnesį 12 kartų. Vėjuočiausi orai buvo birželio, rugpjūčio ir spalio mėnesiai, kada maksimalūs vėjo gūsiai siekė 17–19 ir net 25 m/s.

3. Paviršiaus kaitą skirtingose Didžiojo kopagūbrio dalyse nulemia vyraujančių vėjų kryptis, šlaitų ekspozicija ir absoliutus reljefo aukštis. Šis veiksnių kompleksas skirtingai veikia atskirose kopų masių dalyse. Vakariinėse šlaitų dalyse vyrauja defliacijos ir akumuliacijos procesai, lemiantys pastovią teigiamų ir neigiamų reljefo formų kaitą. Vakarinio šlaito dinamikos tendencija – lėtas viršutinės šlaito briaunos judėjimas rytų kryptimi (0,4–1,0 m/met.). Didžiojo kopagūbrio keterose vyrauja defliacijos procesai, kurių metu nupustomas keturų paviršius. Per 2003–2004 m. nupustymai siekė iki metro. Rytinio kopagūbrio šlaito papėdėje vyrauja akumuliacijos procesai. Ties rytinio šlaito briauna susikauptus kritinei smėlio masei formuojasi nuoslindos. Nuos-

linkų padas pasiekia Kuršių marias, o dalis smėlio nu-  
plaunama per pavasarinį potvynį. Smėlio kaupimasis ry-  
tinio šlaito papėdėje siekia iki 7 m/met.

4. Didžiąjame kopagūbryje išskirti keturi arealai, ku-  
riuose skirtingai vyksta defliacijos ir akumuliacijos pro-  
cesai. Pirmajame areale (Garbės ragas–Vingiakopė) vy-  
rauja sudėtingos defliacinės daubos. Šiame areale užfik-  
suoti didžiausi akumuliacinių volų pokyčiai. Per tiri-  
majį laikotarpį Didžiojo kopagūbrio rytinio šlaito volai  
trumpėjo, vakariniai ilgėjo (apie 10–15 m). Antrajame  
areale akumuliacinių volų ilgis kinta nuo 3 iki 6 metrų.  
Ryškiausias šio arealo požymis – atbrailos defliacinių  
daubų vakariniuose šlaituose. Trečiasis arealas apima Di-  
džiojo kopagūbrio plotus, vidutiniškai paveiktus deflia-  
cijos ir akumuliacijos procesų. Čia mažai volų, o kups-  
tynių išgraužos vidutiniškai pakito 3–4 metrais. Ketvir-  
tas arealas – tarp Naglių ir Avikalnio rago esanti Di-  
džiojo kopagūbrio atkarpa. Jame mažiausiai defliacinių  
daubų. Smarkiausiai šiame areale kito daubose esantys  
volai, tačiau ir jų pokyčiai tesiekė iki 0,5 metro.

Gauta 2006 09 30  
Parengta 2006 10 16

#### Literatūra

1. *Antropogeninių ir gamtinių veiksnių įtaka Kuršių nerijos nacionalinio parko eolinių formų degradacijai.* (2003). Mokslinio darbo ataskaita. Vilnius, Geologijos ir geografijos institutas.
2. Berendt G. (1869). *Geologie des Kurischen Haffes un seiner Umgebung.* Königsberg.
3. Česnulevičius A., Morkūnaitė R. (1998). Kai kurie Kuršių nerijos senosios ir naujosios generacijos kopų palyginamųjų charakteristikų aspektai. *Geografijos metraštis.* 31: 199–210.
4. Filipiak J., Miętus M., Owczarek M. (2003). Warunki meteorologiczne. *Warunki środowiskowe polskiej strefy południowego Bałtyku w 2000 roku. Materiały Oddziału Morskiego IMGW.* 10–33.
5. Gudelis V. (1957). Diuny Kuršskoj koso i nekotoryje metodičeskie voprosy izučeniya sovremennoj eolodinamiki. *Smėlynų sutvirtinimo ir apmiškinimo klausimai.* Vilnius, 185–198.
6. Gudelis V. (1960). Geologija i istorija razvitija primorskich diun na kosie Kuršiu nerija. *Trudy instituta akademii nauk EST SSR.* 5: 305–316.
7. Gudelis V. (1973). *Reljef i četvertičnyje otloženija Pribaltiki.* Vilnius: Mintis.
8. Gudelis V. (1998). *Lietuvos įjūris ir pajūris.* Vilnius.
9. Mardosienė D. (1988). Kuršių nerijos aukštųjų kopų dinamikos analizė. *Geografijos metraštis.* 24: 114–119.
10. Michaliukaitė E. (1967). Kuršių nerijos krantų ir kopų dinamika per pastaruosius 100 metų. *Geografinis metraštis.* 8: 97–115.
11. Minkevičius V. (1963–1964a). Vėjo-smėlio srauto struktūra pažemio (0–10 cm) sluoksnyje Kuršių nerijos pustomoje kopose. *Geografinis metraštis.* 6–7: 409–423.
12. Minkevičius V. (1963–1964b). Smėlio ruzgos, jų susidarymas ir judėjimas Kuršių nerijos pustomose kopose. *Geografinis metraštis.* 6–7: 425–437.
13. Minkevičius V. (1968). Kuršių nerijos pustomų kopų mikro- ir mezoformos. *Geografinis metraštis.* 9: 97–102.
14. Minkevičius V. (1969). Pernešamo smėlio priklausomybė nuo meteorologinių sąlygų Kuršių nerijos pustomose kopose. *Geografinis metraštis.* 10: 187–195.
15. Minkevičius V. (1972). K voprosu o dinamike pesčanogo materiala na podvižnych diunach koso Kuršiu-Niarija v zimne-vesennij period. *Trudy AN LitSSR. Ser. B. 4(71):* 169–174.
16. Minkevičius V. (1982). Baltijos pakrantės eolinis reljefas, *Geografijos metraštis.* 20: 156–160.
17. Minkevičius V., Žilinskas G., Jarmalavičius D. (1996). Kuršių nerijos apsauginio paplūdimio kopagūbrio morfodinaminis vertinimas. *Geografijos metraštis.* 29: 63–74.
18. Morkūnaitė R. (2000). Vėjo veiklos pasėkmės Kuršių nerijos Juodkrantės–Pervalkos kopų ruože. *Geografijos metraštis.* 33: 244–256.
19. Morkūnaitė R., Beconis M. (1997). Dirvožemio drėgmės dinamika supiltinėse aikštelėse. *Geografijos metraštis.* 30: 352–360.
20. Morkūnaitė R., Česnulevičius A. (2005). Changes in blow-out segments of the Main Ridge in the Curonian Spit in 1999–2003. *Acta Zoologica Lithuanica. Acta Zoologica Lituanica.* 15(2): 145–150.
21. Povilanskas R. (1998). Kuršių nerijos marių kranto linijos ir priekrantės morfologiniai pokyčiai 1955–1994 m. laikotarpiu. *Geografijos metraštis.* 31: 224–233.
22. Wróblewski R. (2003a). Facje bariery piaszczystej na przykładzie Półwyspu Helskiego. *Ewolucja Pojezierzy i Pobrzeży Południowobałtyckich.* Gdańsk. 141–149.
23. Wróblewski R. (2003b) Wały eoliczno-przybojowe. Budowa, rozpoznawanie i znaczenie w rozwoju bariery piaszczystej. *Geologia i geomorfologia pobraża i południowego Bałtyku.* 5. 149–154.

Algimantas Česnulevičius, Bogdana Izmailov,  
Regina Morkūnaitė

#### DYNAMICS OF DEFLATION HOLLOW OF THE MAIN RIDGE IN THE CURONIAN SPIT

##### Summary

According to investigations of the south-eastern Baltic Sea coasts carried out in the 19th century, eolodynamic processes at that time were very intensive. The rates of sand movement in some parts of the Main Dune Ridge of the Curonian Spit reached even 13 metres per year. After afforestation of the dunes in the late 19th – early 20th century, the sands of the Main Dune Ridge stabilized. Accretion processes continued only in the capes. In 1910–1965, after afforestation of almost the whole spit, the rates of dune ridge migration to the east slowed down. Only two active segments of the Main Dune Ridge in the territory of Lithuania remained. These were the sector between Juodkrantė and Pervalka and the area south of Nida.

Stabilization of the Main Dune Ridge was also predetermined by the closed character of the territory of the Curonian Spit. Recreational activity was not intensive till the end of the sixth decade and visits to the spit were restricted till the restoration of Lithuania's independence in 1990. Partial stabilization could also be observed in the bare segments of the Main Dune Ridge, the northern part of the Juodkrantė–Pervalka sector in particular.

Today, strong recurring winds of the same direction are the main driving force of deflation processes. The influence of these winds is especially evident in dry seasons when the surface of sand mass dries up. According to data of the Klaipėda and Nida meteorological stations, the dry time span lasts from May till October. In these months, the mean daily values of wind velocity (responsible for sand drying) are also higher. Comparison of available data (from the Klaipėda and Nida meteorological stations) showed that in 2003–2005 the mean monthly values of wind velocity were slightly higher than in 1961–1990, implying that the period 2003–2005 was more windy than usual.

A similar situation was characteristic of the southern coast of the Baltic Sea. According to data of the Kolobrzeg, Putsk and Gdynia meteorological stations, weaker and more stable western winds were dominant in the warm seasons (May–October) of 2003–2005. Moreover, the warm season in 2003–2005 was more arid than in 1961–1990 both in the Lithuanian and southern coasts of the Baltic Sea. August of 2005 was the only exception.

Investigation results obtained in 2003–2005 revealed the dynamics of deflation basins to depend on a few factors: the width of a basin, its exposition, position in the slope, absolute altitude, and the width of “gates”. Almost all deflation basins studied had microforms created by wind erosion and accumulation processes. The basins were morphographically and morphologically typical: oval, with smooth areas, corridors, and of complicated forms. The following microforms were distinguished: scarps, washouts in blown-out remnant areas, terraces, and swells. Most of the deflation basins are concentrated between the Lydumas and Nagliai capes. The absolute altitude of deflation basins north of the Lydumas Cape reaches 35–40 m above sea level and 25–30 m in the area surrounding the Nagliai Cape.

Wind erosion in deflation basins of the Juodkrantė–Pervalka sector is predetermined by strong recurring winds and position in the slopes. Most intensive processes of wind erosion take place in deflation basins in the downwind slopes of the Main Dune Ridge. The deflation basins in the western slope and in the crest of the ridge are less intensively eroded. Deflation basins exposed to the dominant winds are transformed at highest rates.

Similar eolian forms develop in bare dunes. The absolute altitude of deflation basins in the Leba dune massif, which is abundantly supplied with sand by the sea, is 30–40 m above sea level. Their width reaches 30–90 m, length up to 90 m and depth 5–12 m. A few tens of metres long and 1–1.5 m high barchan dunes develop in the beach. Deflation basins do not form in lower areas covered with plants.

The obtained results allow drawing the following conclusions:

1. During 150 years, the Main Dune Ridge of the Curonian Spit underwent several dynamic stages of evolution. In the first stage (the first half of the 19th century), the dunes were moving eastward at an average rate of 8.5 m/y. In the second dynamic stage (the first through sixth decades of the 20th century), the average rate of dune migration was 2.3 m/y. In the third stage (the seventh decade of the 20th century – the beginning of the 21st century), the dune migration rates reached 0.9 m/y. The lowering of migration rates is related with the afforestation of the spit. After afforestation of the blown sand plain, the Main Dune Ridge lost its sand source from the sea. Dune migration is now related only with the sand resources of the dune itself; this leads to a lowering of the ridge.

2. Recurring winds are the main driving forces of deflation. According to data of the Klaipėda and Nida meteorological stations, the dry seasons (May–October) were marked by windy weather. In 2003, 15 m/s winds occurred three times in May, eight times in June, once in July, seven times in August, three times in September, and twelve times in October. The most windy weather occurred in June, August and October when the maximal wind velocity in gusts reached 17–19 and even 25 m/s.

3. Transformation of the dune surface in different sectors of the Main Dune Ridge varies depending on dominant winds, slope exposition and the absolute altitude of relief. Deflation–accumulation processes dominate in the western parts of slopes. They are responsible for a stable alternation of the positive and negative forms of the relief. Slow migration of the upper edge of the slope eastwards (0.4–1.0 m/y) is the main trend of the western slope dynamics. Wind erosion processes are dominant in the dune crest. In 2003–2005, the eroded layer reached 1 m in thickness. Accumulation processes were dominant at the bottom of the eastern slope. When a critical sand mass accumulates at the edge of the eastern slope, slumps develop. Their base reaches the Curonian Lagoon. Some sand is washed away by spring tides. Sand accumulation rates at the bottom of the eastern slope reach 7 m/y.

4. The Main Dune Ridge has four areas of different accumulation–deflation processes. The first area (Garbės Cape – Vingiakopė Dune) is predominated by complex deflation basins. The greatest changes of accumulation swells occur in this area. During the period of investigation, swells of the eastern slope shortened whereas swells of the western slope lengthened (by about 100–115 m). The length of accumulation swells in the second area ranges from 3 to 6 m. Benches on the western slopes of deflation basins are a typical feature of this area. The third area includes the sectors of the ridge moderately affected by deflation–accumulation processes. This area has few swells and washouts in blown-out remnants areas transformed by 3–4 m on the average. The fourth area is represented by the Main Dune Ridge sector between the Nagliai Cape and the Avikalnis Cape. It has fewest deflation basins. Swells in this area were most strongly transformed. Yet their transformations can only be measured up to 0.5 m.