

KLIMATOLOGIJA

EKSTREMALIŲ ORO TEMPERATŪROS IR KRITULIŲ RODIKLIŲ KAITA BEI JUOS LEMIANTYS VEIKSNIAI LIETUVOJE XX AMŽIUJE

Arūnas Bukantis

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

El. paštas: arunas.bukantis@gf.vu.lt

Linutė Valiuškevičienė

Geologijos ir geografijos institutas, T. Ševčenkos g. 13, LT-03223, Vilnius

El. paštas: valiuskeviciene@geo.lt

Įvadas

Šiame straipsnyje pateikiami mokslinių tyrimų rezultatai, gauti vykdant tarptautinį projektą *European Climate Assessment & Dataset (Europos klimato įvertinimas ir duomenų bazės sudarymas*, tarpt. kod. pavadinimas – *ECA&D*). *ECA&D* projekto tikslai: klimato kaitos tyrimai remiantis aukštos kokybės ir didelės erdvinės skiriamosios gebos kasdieniais meteorologiniais duomenimis; geresnis Europos klimato ypatybių pažinimas; aukštos kokybės kasdinių Europos meteorologinių duomenų sekų sudarymas, homogenizavimas, analizė ir platinimas; bendros Europos klimato elektroninės duomenų bazės bei jos versijos internete sukūrimas, priežiūra bei reguliarius papildymas; mokslinio metodologinio bendradarbiavimo keičiantis meteorologijos informacija tarp įvairių šalių institucijų sustiprinimas (projekto koordinatorius ir pagrindinis vykdytojas – Olandijos *Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI)*); iš viso projekte dalyvauja 36 Europos šalys) (Bukantis et al., 2002; Europos..., 2004).

Šiame straipsnyje analizuojama 1925–2003 m. oro temperatūros bei kritulių ekstremumų Lietuvoje kaita, cirkuliacinės sąlygos. Tyrimas atliktas remiantis rodiklių paros matavimų rezultatais Vilniaus, Kauno ir Klaipėdos meteorologijos stotyse (MS).

Šį mokslo tiriamąjį darbą parėmė Lietuvos valstybinis mokslo ir studijų fondas.

1. Duomenys ir tyrimų metodika

Tyrimui naudotasi Vilniaus, Klaipėdos ir Kauno meteorologijos stočių duomenimis nuo 1925 iki 2003 metų. Tai paros maksimali ir minimali oro temperatūra (1950–2003) ir kritulių kiekis (1925–2003). Oro temperatūros tiriamasis laikotarpis trumpesnis dėl esančių spragų duomenų sekose iki 1950 m.

Meteorologinių duomenų statistinė ir klimatologinė analizė atlikta pasitelkus chronologinės analizės ir erdvinės koreliacijos metodus. Nustatytos oro temperatūros ekstremumų vidutinės metinės reikšmės ir jų kitimo amplitudė, apskaičiuoti tiesiniai trendai. Oro temperatūros ekstremumų analizei pasirinkti keli išskirtines termines sąlygas atspindintys rodikliai: 1) parų, kai maksimali oro temperatūra žemesnė už 0°C ($T_{maks} < 0^{\circ}\text{C}$), skaičius per metus (*ledo dienos*); 2) parų, kai maksimali oro temperatūra viršijo 25°C ($T_{maks} > 25^{\circ}\text{C}$),

skaičius per metus (*karštos dienos*); 3) parų, kai minimali oro temperatūra buvo aukštesnė už 20°C ($T_{min} > 20^{\circ}\text{C}$), skaičius per metus (*tropinės naktys*).

Siekiant nustatyti kritulių kaitos tendencijas Kauno MS, Klaipėdos MS ir Vilniaus MS buvo analizuojamas maksimalus per parą iškritusių kritulių kiekis (t.y. kiekvienų metų didžiausi per parą iškritę kritulių kiekiai). Be to, apskaičiuota kiekvienų metų įvairių paros kritulių kiekių (>1 , ≥ 10 bei ≥ 20 mm) pasikartojimas bei tokių atvejų tiesiniai trendai per 1925–2003 metų laikotarpį.

Oro temperatūros ($T_{maks} > 25^{\circ}\text{C}$ ir $T_{min} > 20^{\circ}\text{C}$) ir kritulių (≥ 10 ir ≥ 20 mm) ekstremumas lėmusios atmosferos cirkuliacijos sąlygos nustatytos remiantis Paul Hess ir Helmuth Brezowsky pateikta atmosferos cirkuliacijos formų klasifikacija. Cirkuliacijos formos nustatytos tais atvejais, kai bent dviejose iš meteorologijos stočių (Kauno, Klaipėdos ir Vilniaus) jos viršydavo nurodytą reikšmę.

2. Paros oro temperatūros ekstremumai

Atlikus oro temperatūros duomenų statistinę analizę paaiškėjo, kad aukščiausias maksimalių paros temperatūrų vidurkis yra Kaune ($10,6^{\circ}\text{C}$), amplitudė – $3,8^{\circ}\text{C}$ (nuo $8,7^{\circ}\text{C}$ 1956 ir 1987 m. iki $12,5^{\circ}\text{C}$ 2002 m.). Klaipėdos MS ir Vilniaus MS paros oro temperatūros maksimumų vidurkių reikšmės $0,4^{\circ}\text{C}$ mažesnės nei Kauno ($10,2^{\circ}\text{C}$). Amplitudė Klaipėdos MS – $4,3^{\circ}\text{C}$ (nuo $8,0^{\circ}\text{C}$ 1956 m. iki $12,3^{\circ}\text{C}$ 2000 m.) ir yra didžiausia iš visų trijų MS, o Vilniaus MS – $3,8^{\circ}\text{C}$ (nuo $8,0^{\circ}\text{C}$ 1980 m. iki $11,8^{\circ}\text{C}$ 1999 ir 2000 m.). Oro temperatūros paros ekstremumų skirtumus tarp tirtųjų MS lemia absoliutus MS aukštis (jis kinta nuo 10 m Klaipėdos MS iki 76 m Kauno MS ir 162 m Vilniaus MS), atstumas iki jūros (jūrinio oro advekcija) ir klimato kontinentalumas. Pavyzdžiui, kuo toliau nuo jūros ir kuo didesnis absoliutus aukštis, tuo žemesni paros oro temperatūros minimumai.

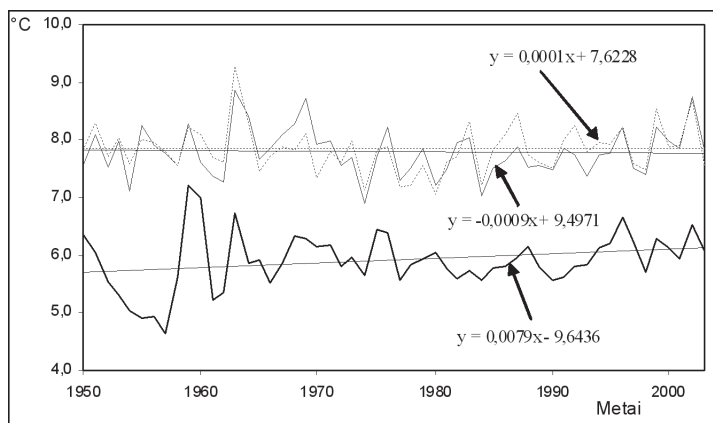
Visų trijų MS oro temperatūros maksimumų vidurkiams per visą laikotarpį būdinga augimo tendencija. Tiesinio trendo regresijos koeficientai Kaune – 0,0199, Klaipėdoje – 0,0290, o Vilniuje koeficientas mažiausias – $0,0063^{\circ}\text{C}/\text{m}$. Patikrinus tiesinio trendo statistinį patikimumą Stjudento kriterijumi, statistiškai patikimi trendai, esant 95% patikimumo lygmeniui, gauti Kaunui ir Klaipėdai.

Minimalios paros oro temperatūros metinių vidurkių kitimui Klaipėdoje ir Kaune taip pat būdingas teigiamas trendas: intensyviausias jo augimas Klaipėdoje ($0,0212^{\circ}\text{C}/\text{m}$) ir Kaune ($0,0208^{\circ}\text{C}/\text{m}$), o Vilniuje – tik $0,0063^{\circ}\text{C}/\text{m}$. Statistiškai patikimi trendai, esant 95% patikimumo lygmeniui, gauti Kaunui ir Klaipėdai.

Vidutinės metų paros oro temperatūros amplitudės mažiausios Klaipėdoje ($5,9^{\circ}\text{C}$), o Vilniuje ir Kaune vienodos ($7,8^{\circ}\text{C}$). Šių amplitudžių kitimo diapazonas Klaipėdoje nuo $7,2^{\circ}\text{C}$ (1959) iki $4,6^{\circ}\text{C}$ (1957), Kaune – nuo $8,9^{\circ}\text{C}$ (1963) iki $6,9^{\circ}\text{C}$ (1974), Vilniuje – nuo $9,3^{\circ}\text{C}$ (1963) iki $7,0^{\circ}\text{C}$ (1980). Kauno MS amplitudėms būdingas teigiamas, t.y. didėjimo, trendas, tačiau jis nėra statistiškai patikimas (1 pav.). Kitų dviejų MS amplitudžių trendai artimi neutraliems.

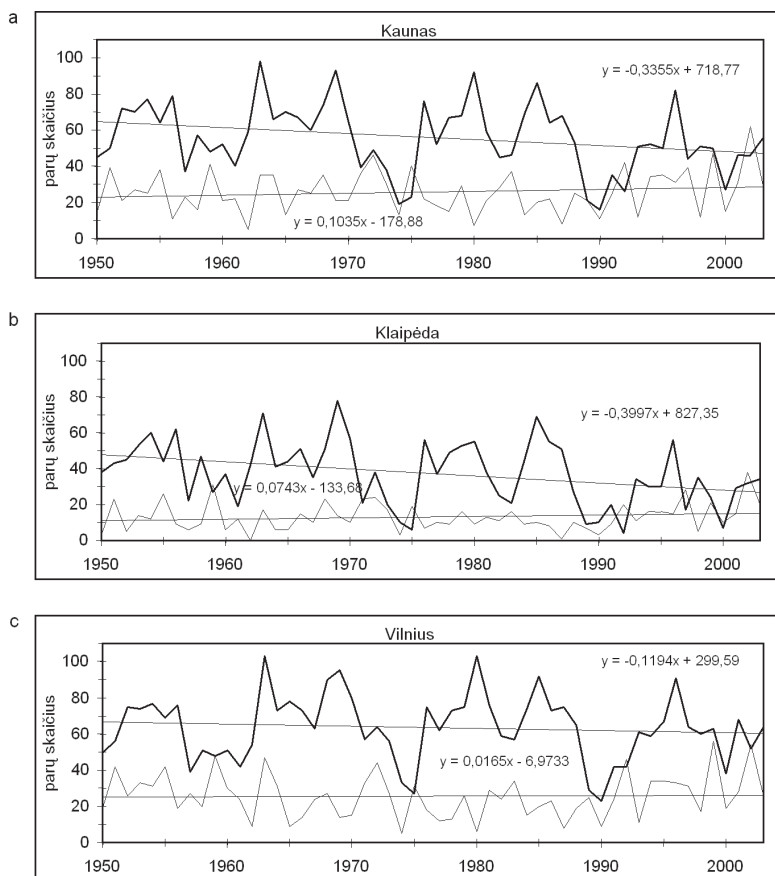
Panašūs oro temperatūros paros ekstremumų kaitos trendai nustatyti ir Lenkijos teritorijoje 1951–1998 m. laikotarpiui. Lenkijoje XX a. antroje pusėje greičiausiai kilo minimali temperatūra ($0,014$ – $0,31^{\circ}\text{C}/\text{m}$), o maksimalios temperatūros kilimas buvo lėtesnis, todėl daugelyje MS užfiksuotas oro temperatūros paros amplitudės mažėjimas (Wibig, Glowicki, 2002).

Klimato svyravimo analizei buvo pasitelkta keletas terminų sąlygų ekstremumą apibūdinančių rodiklių: *ledo dienos*, *karštos dienos* ir *tropinės naktys*. Atlikta jų tikimybinė ir chronologinė analizė (2 pav.).



1 pav. Vidutinės metų paros oro temperatūros amplitudės kaita ir jos tiesinis trendas Kauno MS (—), Klaipėdos MS (---) ir Vilniaus MS (···) 1950–2003 metais.

Fig. 1. Dynamics of the average amplitude of annual daily air temperature and its linear trend in Kaunas, Klaipėda and Vilnius MS in 1950–2003.



2 pav. Oro temperatūros ekstremumų skaičius per metus ir tiesiniai trendai 1950–2003 m.: $T_{maks} < 0^{\circ}\text{C}$ (viršutinė kreivė) ir $T_{maks} > 25^{\circ}\text{C}$ (apatinė kreivė) Kauno MS (a), Klaipėdos MS (b) ir Vilniaus MS (c); prie tiesinių trendų pateiktos jų regresijos lygtys.

Fig. 2. The annual number of daily extreme values of air temperature and their linear trends in 1950–2003: $T_{maks} < 0^{\circ}\text{C}$ (upper curve) and $T_{maks} > 25^{\circ}\text{C}$ (lower curve) in Kaunas (a), Klaipėda (b) and Vilnius (c) MS. Regression equations are given with linear trends.

Daugiausiai *ledo dienų* užfiksuota Vilniaus MS (2pav., c). Jų skaičius per metus svyravo nuo 23 (1990) iki 103 (1963, 1980), amplitudė – 80 dienų. Vidutinis *ledo dienų* pasikartojimas tiriamuoju laikotarpiu – 63,7 d./m. Kaune *ledo dienų* svyravimo amplitudė buvo 82 d. (nuo 16 1990 m. iki 98 1963 m.) (2 pav., a). Dažniausiai *ledo dienų* skaičius per metus svyravo intervale tarp 45 ir 75. Vidutinis *ledo dienų* skaičius per metus Kauno MS analizuojamuoju laikotarpiu buvo 54,8. Klaipėdoje *ledo dienų* skaičius svyravo nuo 4 (1992) iki 78 (1969), amplitudė – 74 (2 pav., b). Klaipėda išsiskiria mažiausia *ledo dienų* tikimybe – vidutiniškai 37,5 d./m. Tokių dienų skaičius neviršijo 10 per metus, dar ir 1975, 1989, 1990 ir 2000 metais.

Taigi *ledo dienų* daugėja iš vakarų į rytus, t.y. didėjant klimatui kontinentalumui. Visose trijose tirtose MS šių dienų mažėja, tačiau ryškiausia mažėjimo tendencija Klaipėdoje: tiesinio trendo regresijos koeficientai Klaipėdos MS –0,3997, Kauno MS –0,3355, o Vilniaus MS –0,1194 d./m. Statistiškai patikimas trendas (95%) yra tik Klaipėdos. Analogiška *ledo dienų* tikimybės kaita nustatyta ir kitose vidutinių platumų šiaurinėse dalyse (IPCC..., 2001). Todėl galima daryti išvadą, kad toks *ledo dienų* pasikartojimo neigiamas trendas gali būti susijęs su visuotinio klimato šiltėjimo tendencijas sukėlusiais veiksniais.

Trumpalaikius *ledo dienų* dažnumo svyravimus lemia atmosferos cirkuliacijos ypatybės, ypač oro pernašos iš vakarų sustiprėjimas arba blokavimas cikloninių bei anticikloninių procesų metu. Nustatyta, jog šaltos dienos patikimai koreliuoja su Šiaurės Atlanto osciliacijos (NAO) rodikliais: esant teigiamai NAO fazei šaltų dienų sumažėja, o neigiamai – padaugėja (Bukantis Valiuškevičienė, 2003; Stankūnavičius, Bartkevičienė, 2003; Bukantis, Bartkevičienė, 2005).

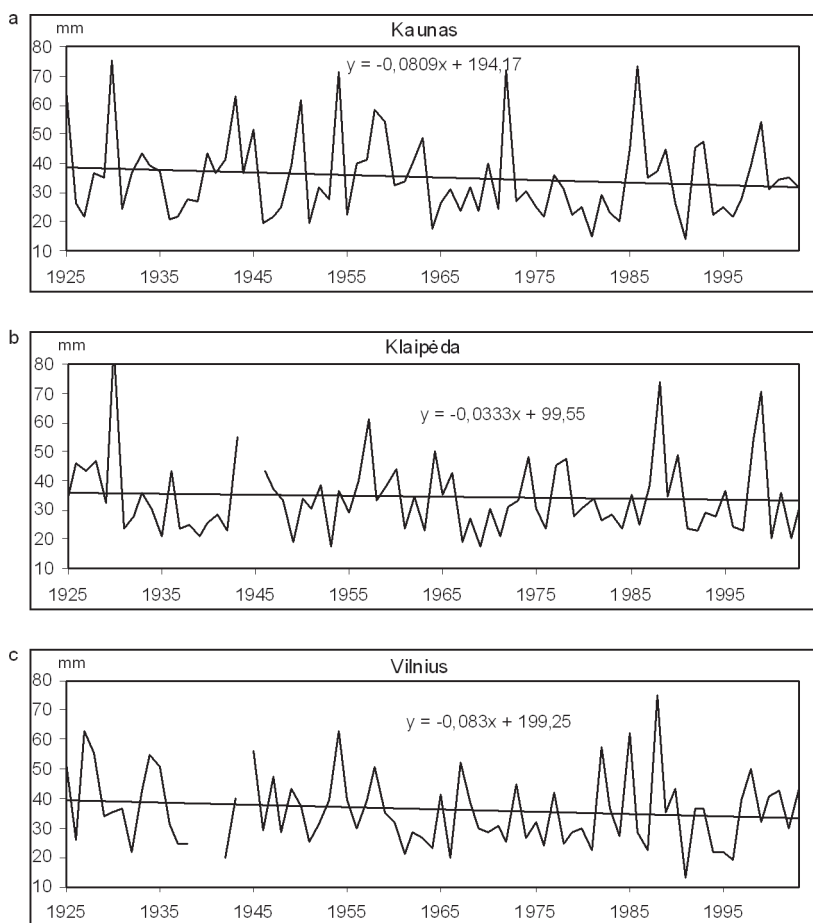
Tarp tirtųjų rodiklių gausumu antroje vietoje buvo *karštos dienos*, kai $T_{maks} > 25^{\circ}\text{C}$. Kaune (2 pav., a) jų amplitudė buvo 57 dienos (nuo 5 1962 m. iki 62 2002 m.) per metus. Vidutinis metinis *karštų dienų* skaičius Kauno MS buvo 25,6. Klaipėdoje (2 pav., b) *karštų dienų* skaičius per metus siekė 38 (amplitudė). Šie ekstremumai užfiksuoti tais pačiais metais kaip ir Kaune. *Karštų dienų* pasikartojimo vidurkis Klaipėdos MS buvo mažiausias – 12,4 d./m. Vilniuje (2 pav., c) *karštų dienų* pasikartojimo vidurkis toks pat kaip ir Kaune, bet pasikartojimo amplitudė mažesnė – nuo 5 (1974) iki 56 (1999). $T_{maks} > 25^{\circ}\text{C}$ rodiklio kaitos tendencija priešinga nei *ledo dienų* – visose MS *karštų dienų* daugėja, tačiau šie trendai statistiškai nepatikimi.

Trečias iš tirtųjų rodiklių – *tropinių naktų* ($T_{min} > 20^{\circ}\text{C}$) pasikartojimas per metus. Tokių naktų buvo mažai: per visą tiriamąjį laikotarpį Kaune *tropinių naktų* buvo tik 4, Klaipėdoje – 14, Vilniuje – 12. Maksimalus tokių parų skaičius – 4 per metus. Jis Vilniuje užfiksuotas 1973 m. rugpjūtį, Klaipėdoje – 1994 m. liepą–rugpjūtį bei 2002 m. liepą–rugpjūtį. *Tropinių naktų* pasikartojimo kaitos tendencijos dėl mažo imčių narių skaičiaus nebuvo skaičiuojamos.

3. Kritulių kiekis per parą

Krituliai tirti 1925–2003 m. laikotarpiui. Kaip keitėsi paros kritulių kiekio maksimumai, parodyta 3 paveiksle. Matyti, jog visose analizuotose MS maksimalus per parą iškritusių kritulių kiekis mažėjo. Labiausiai ši tendencija išryškėjo Vilniaus MS ir Kauno MS (3 pav., a ir c). Tačiau statistiškai patikimas trendas (95%) gautas tik Kaunui.

Kritulių iškritimą lemia sudėtinga vidutinio ir didelio masto procesų sąveika. Kritulių kiekis ir tikimybė priklauso ne tik nuo atmosferoje vykstančių procesų, bet ir nuo vietinių fizinių geografinių sąlygų, ypač reljefo, paklotinio paviršiaus dangos ypatybių. Todėl krituliai – vienas diskretiškiausių teritoriniu požiūriu klimato elementų (stiprios liūtyš kartais iškrinta



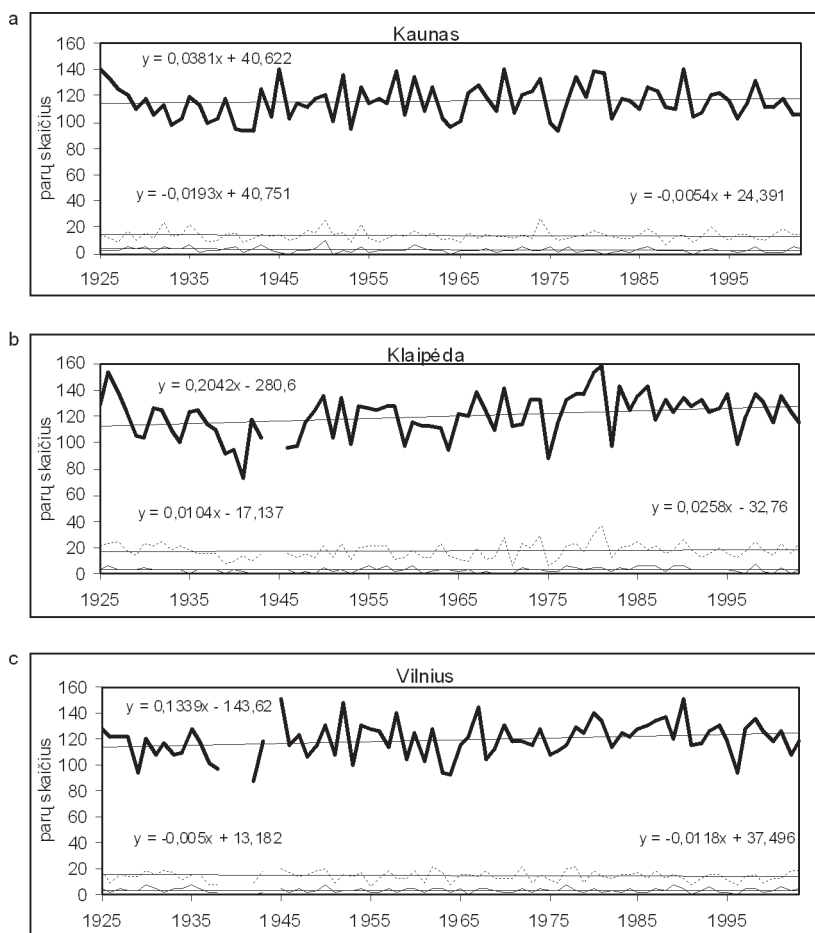
3 pav. Kritulių kiekio paros maksimumų kaita ir jos tiesinis trendas 1925–2003 m. Kauno MS (a), Klaipėdos MS (b) ir Vilniaus MS (c); prie tiesinių tendų pateiktos jų regresijos lygtys.

Fig. 3. Dynamics of daily maximal values of precipitation and its linear trend in 1925–2003 in Kaunas (a), Klaipėda (b) and Vilnius (c) MS. Regression equations are given with the linear trends.

tik nedidelėse kelių šimtų kv. kilometrų teritorijose). Tirtose MS paros kritulių kiekio maksimumai taip pat užregistruoti ne tais pačiais metais, ne tomis pačiomis dienomis, skiriasi ir maksimumų reikšmės. Absoliutūs paros kritulių kiekio maksimumai Kaune ir Klaipėdoje užregistruoti 1930 m. (75,4 ir 86,0 mm), o Vilniuje – 1988 m. (75,0 mm). Kai kuriais metais paros kritulių kiekio maksimumai neviršydavo 13–14 mm. Vidutinės paros kritulių kiekio maksimumų reikšmės visose trijose MS yra labai panašios: Klaipėdoje – 34,2 mm, Kaune – 35,2, Vilniuje – 36,2 mm.

Siekiant išsiaiškinti įvairių paros kritulių kiekių pasikartojimą ir kaitos tendencijas buvo nustatytas parų, per kurias iškrito ≥ 1 mm, ≥ 10 mm bei ≥ 20 mm kritulių, skaičius kiekvienais metais. Šių rodiklių kaita pavaizduota 4 paveiksle.

Parų, per kurias iškrito ≥ 1 mm kritulių, skaičiaus amplitudė Kaune buvo 48 (nuo 93 1976 m. iki 141 paros 1925 ir 1970 m.), Klaipėdoje – 85 (nuo 73 1941 m. iki 158 parų 1981 m.), o Vilniuje – 62 (nuo 88 1942 m. iki 150 parų 1945 ir 1990 m.). Vidutinis tokių parų pasikartojimas per metus skiriasi nedaug: 120,5 Klaipėdoje, 119,5 Vilniuje 115,4 Kaune. Visose MS tokių parų tiriamuoju laikotarpiu daugėjo. Statistiškai patikimi trendai (99%) gauti Klaipėdai ir Vilniui.



4 pav. Parų skaičius su įvairiu kritulių kiekiu kaita ir jos tiesinis trendas 1925–2003 m.: ≥ 1 mm (–), ≥ 10 (···) ir ≥ 20 mm (–), Kauno MS (a), Klaipėdos MS (b), Vilniaus MS (c); prie tiesinių trendų pateiktos jų regresijos lygtys.

Fig. 4. Dynamics of days with varying precipitation and its linear trend in 1925–2003: ≥ 1 mm (–), ≥ 10 (···) and ≥ 20 mm (–), Kaunas (a), Klaipėda (b) and Vilnius MS (c). Regression equations are given with the linear trends.

Parų, per kurias iškrisdavo ne mažiau kaip 10 mm kritulių, skaičius Kauno MS svyravo nuo 7 (1988) iki 27 (1974), Klaipėdoje – nuo 7 (1971 ir 1975) iki 37 (1981), Vilniuje – nuo 6 (1955) iki 22 (1978). Vidutinis šių parų skaičius didžiausias buvo Klaipėdoje – 17,8, Vilniuje – 14,4, o Kaune – 13,9 per metus. Kaune ir Vilniuje nustatyta tokių parų mažėjimo, o Klaipėdoje – daugėjimo tendencija. Statistiškai patikimas trendas (90%) yra tik Klaipėdai.

Parų, kai kritulių kiekis viršijo arba buvo lygus 20 mm, MS pasitaikė ne kasmet. Kaune jų neužfiksuota 1946, 1951, 1964, 1981, 1991 metais, o didžiausias skaičius – 10 parų (1950), Klaipėdoje – jų neužfiksuota 1953, 1967, 1969 metais, o maksimumas – 8 paros (1998), Vilniuje – jų neužfiksuota 1942, 1966, 1991, 1996 metais, o maksimumas – taip pat 8 paros (1977). Vidutinis tokių parų skaičius per metus svyruoja apie 3: Kaune – 2,9, Klaipėdoje – 3,2, Vilniuje – 3,3. Šio rodiklio kaitos tendencijos skiriasi: tiesinio trendo regresijos koeficientai būdingi Kaunui, Klaipėdai ir Vilniui: $-0,0193$, $0,0104$ ir $-0,005$ paros/m. Statistiškai patikimas trendas (95%) yra tik Kaunui.

4. Meteorologinių elementų erdvinė koreliacija ir klimatinius ekstremumus lėmusios cirkuliacinės sąlygos

Klaipėdos MS, Kauno MS ir Vilniaus MS reprezentuoja skirtingus Lietuvos teritorijos regionus, įvairiai nutolusius nuo jūros, kuriuose skiriasi klimato kontinentalumas bei jo poveikis nagrinėtoms meteorologinėms charakteristikoms. S. Chromovo kontinentalumo indekso reikšmės: Klaipėdai – 78, Kaunui – 79, Vilniui – 80 (Bukantis, 1994, 2002). Todėl erdvinės sklaidos ypatybes tikslinga įvertinti erdvinės porinės koreliacinės analizės būdu. Temperatūros rodiklių koreliacijos koeficientai pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė. Erdvinės koreliacijos koeficientai r 1950–2003 m. (oro temperatūra); 95% patikimumo lygmens kritinė r reikšmė – 0,26.

Table 1. Spatial correlation coefficients r for 1950–2003 (air temperature). The critical value of r (statistical significance 95%) is 0.26.

MS	Vidutiniai maksimumai <i>Average maximal values</i>	Vidutiniai minimumai <i>Average minimal values</i>	$T_{maks} > 25^{\circ}\text{C}$	$T_{maks} < 0^{\circ}\text{C}$	Temperatūros amplitudė, $^{\circ}\text{C}$ <i>Amplitude of temperature</i>
Kaunas–Klaipėda	0,95	0,93	0,87	0,95	0,41
Kaunas–Vilnius	0,91	0,93	0,90	0,94	0,77
Klaipėda–Vilnius	0,83	0,88	0,76	0,86	0,36

Remiantis pateiktais skaičiais galima teigti, kad erdvinio koreliacinio ryšio glaudumą lemiančios priežastys yra atstumas tarp MS ir skirtingas klimato kontinentalumas. Dėl to žemiausios koreliacijos koeficientų r reikšmės (visų koreliuojamų rodiklių) būdingos ryšiams tarp Klaipėdos MS ir Vilniaus MS. Glaudesni ryšiai gauti koreliuojant tik šių stočių minimalios paros oro temperatūros metinius vidurkius ($r = 0,88$). Mažėjant atstumui ir kontinentalumo skirtumams tarp MS rodiklių koreliacija darosi glaudesnė. Temperatūros amplitudžių didžiausiomis r reikšmėmis pasižymi ryšiai tarp Kauno ir Vilniaus MS. *Tropinių naktų* užfiksuota per mažai, kad būtų galima atlikti koreliacinę analizę.

Analogiškos priežastys lėmė ir ryšių tarp kritulius apibūdinančių charakteristikų glaudumą (2 lent.). Tačiau dėl kritulių diskretiškumo r reikšmės čia žymiai mažesnės, nei koreliuojant oro temperatūros parametrus (daugumos pastarųjų r buvo apie 0,9). Didžiausi r apibūdina ryšį tarp parų skaičiaus per metus, kai kritulių iškrisdavo daugiau kaip po 1 mm.

Taip pat buvo atlikta meteorologijos stočių metinės bei įvairių sezonų vidutinės oro temperatūros erdvinė koreliacija. Šios analizės metu gauti koeficientai pateikti 3 lentelėje. Glaudžiausias ryšys tarp visų MS būdingas pavasario sezonui (koreliacijos koeficiento r vidurkis maždaug 0,95). Neblogai tarpusavyje koreliuoja ir vidutinės metinės oro temperatūros reikšmės ($r \approx 0,94$). Kiek silpnesnis ryšys būdingas tarp atskirose MS išmatuotos rudens ir vasaros oro temperatūros (r lygus 0,90 ir 0,91). Kalbant apie ryšio glaudumą tarp MS išmatuotos oro temperatūros pastebėtina, jog jis priklauso nuo atstumo tarp miestų. Tiek vidutinė metinė, tiek sezonų oro temperatūra labiausiai susijusi Vilniuje ir Kaune (mažiausia r reikšmė žiemą – 0,95; didžiausia – vasarą – 0,98). Kiek silpniau susijusi oro temperatūra Kaune ir Klaipėdoje: r svyruoja nuo 0,87 (rudeni) iki 0,94 (per metus). Silpniausias ryšys, kaip ir buvo tikėtasi, sieja oro temperatūrą Vilniuje ir Klaipėdoje (atokiausiai viena nuo kitos esančios MS). Čia porinės koreliacijos koeficiento r reikšmės svyruoja nuo 0,85 (vasarą) iki 0,94 (pavasari).

2 lentelė. Kritulių rodiklių erdvinės koreliacijos koeficientai r 1950–2003 m.; 95% patikimumo lygmens kritinė r reikšmė – 0,26.

Table 2. Spatial correlation coefficients r of precipitation in 1950–2003. The critical value of r (statistical significance 95%) is 0.26.

MS	Paros maksimumai <i>Daily maximal values</i>	Dienų su įvairiu paros kritulių kiekiu skaičius per metus <i>Number of days with varying precipitation</i>		
		≥1 mm	≥10 mm	≥20 mm
		Kaunas–Klaipėda	0,19	0,68
Kaunas–Vilnius	0,29	0,79	0,36	0,48
Klaipėda–Vilnius	0,26	0,69	0,32	0,38

3 lentelė. Vidutinės metinės bei sezoninės oro temperatūros erdvinės koreliacijos koeficientai (r); 95% patikimumo lygmens kritinė r reikšmė – 0,22.

Table 3. Spatial correlation coefficients (r) of mean annual and seasonal air temperature. The critical value of r (statistical significance 95%) is 0.22.

MS	Per metus <i>Annual</i>	Pavasaris <i>Spring</i>	Vasara <i>Summer</i>	Ruduo <i>Autumn</i>	Žiema <i>Winter</i>
		(03–05 mėn.)	(06–08 mėn.)	(09–11 mėn.)	(12–02 mėn.)
	1925–2002	1925–2002	1925–2002	1925–2002	1926–2003
Vilnius–Kaunas	0,97	0,97	0,98	0,97	0,95
Vilnius–Klaipėda	0,92	0,94	0,85	0,86	0,88
Kaunas–Klaipėda	0,94	0,93	0,89	0,87	0,93

Krituliai – didesnio diskretiškumo klimato elementas. Todėl ir koreliacija tarp skirtinguose punktuose išmatuoto kritulių kiekio (4 lent.) – silpnesnė. Glaudžiausiai tarpusavyje susijusios šalčio laikotarpio kritulių sumos, nes tuomet yra mažiausia lokalių konvekcinių kilmės kritulių tikimybė. Silpniausias ryšys sieja metines kritulių sumas: r reikšmė svyruoja nuo 0,50 (tarp Vilniaus ir Klaipėdos) iki 0,63 (tarp Vilniaus ir Kauno), vidutinis $r \approx 0,57$. Tokia kritulių kiekio koreliacija rodo, kad krituliodara įvairiose Lietuvos dalyse turi ryškių genetinių savitumų, kuriuos generuoja atmosferos cirkuliacijos bei paklotinio paviršiaus sąveika. Geriausiai tarpusavyje koreliuoja Vilniaus ir Kauno kritulių rodikliai ($r \approx 0,70$), blogiausiai – Vilniaus ir Klaipėdos ($r \approx 0,52$).

Siekiant išsiaiškinti, su kokiomis specifinėmis atmosferos cirkuliacijos sąlygomis gali būti susiję oro temperatūros ar kritulių kiekio ekstremumai, buvo išanalizuotos atmosferos cirkuliacijos formos pagal P. Hess ir H. Brezowsky klasifikaciją (Katalog..., 1993).

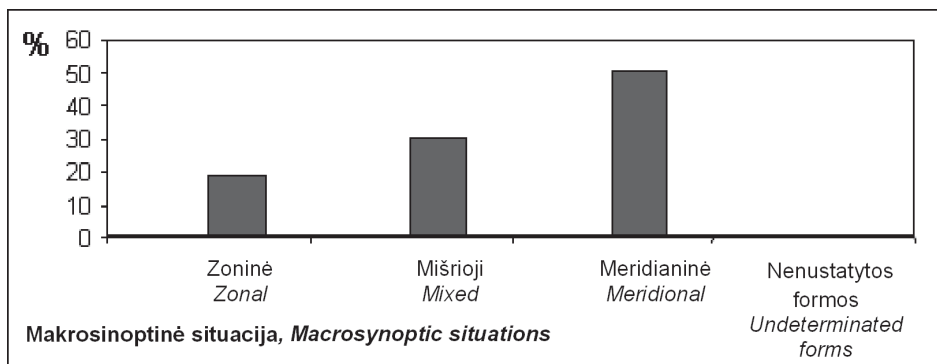
4 lentelė. Kritulių kiekio erdvinės koreliacijos koeficientai (r); 95% patikimumo lygmens kritinė r reikšmė – 0,22.

Table 4. Spatial correlation coefficients (r) of precipitation. The critical value of r (statistical significance 95%) is 0.22.

MS	Per metus <i>Annual</i>	Šiltasis laikotarpis <i>Warm season</i>	Šaltasis laikotarpis <i>Cold season</i>
		(04–09 mėn.)	(11–03 mėn.)
	1925–2002	1925–2002	1926–2003
Vilnius–Kaunas	0,63	0,72	0,75
Vilnius–Klaipėda	0,5	0,53	0,52
Kaunas–Klaipėda	0,58	0,63	0,66

Pagal šią klasifikaciją išskiriamos trys makrosinoptinės situacijos (zoninė, mišrioji ir meridianinė) ir 29 cirkuliacijos formos (Bukantis, Paulauskaitė, 2001).

Tyrimų rezultatai parodė, kad aukštą dienos temperatūrą ($>25^{\circ}\text{C}$) tiriamuoju laikotarpiu dažniausiai lėmė meridianinės makrosinoptinės situacijos atmosferos cirkuliacijos formos – 50,6% atvejų (5 pav.). Iš jų dažniausios buvo šios: TRW (stipri oro advekcija iš pietų tarp Vakarų Europos ciklono ir Rytų Europos anticiklono), TB, HNFA, HFA ir HFZ (Fenoskandijos anticiklono pietų arba pietvakarių gūbrys).



5 pav. Atmosferos makrosinoptinių situacijų (pagal P. Hess ir H. Brezowsky klasifikaciją) pasikartojimas (%) 1950–2000 m., kai paros maksimali oro temperatūra $T_{maks} > 25^{\circ}\text{C}$.

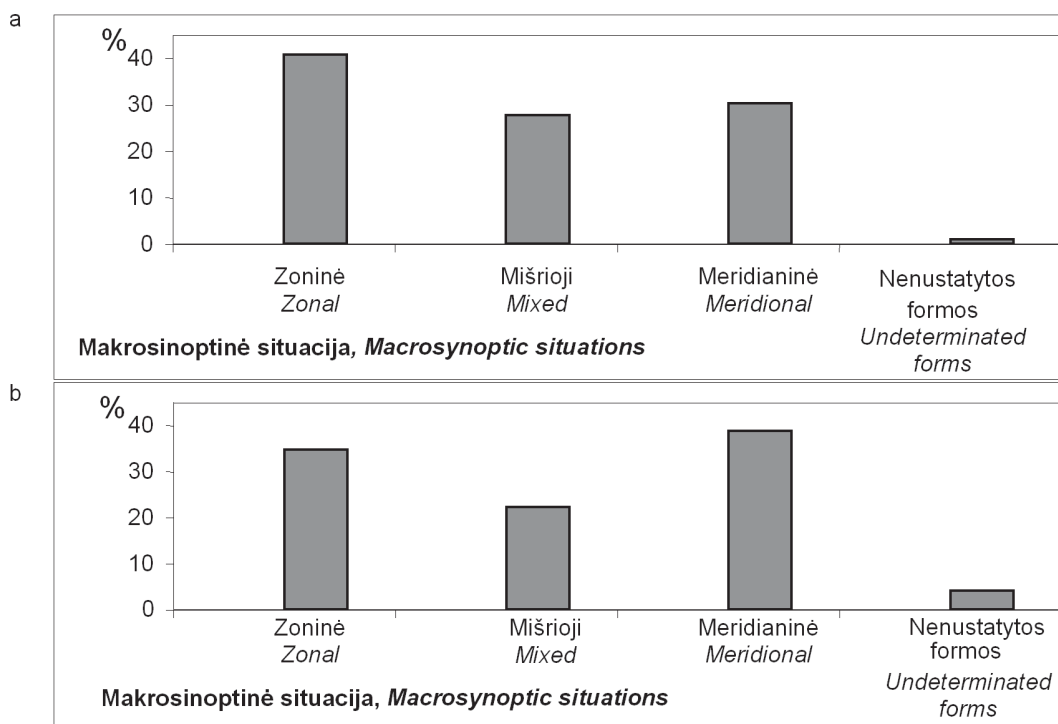
Fig. 5. Recurrence (%) of macrosynoptic situations of the atmosphere (according to P. Hess and H. Brezowsky classification) when the daily maximum was $T_{maks} > 25^{\circ}\text{C}$ in 1950–2000.

Mišriosios makrosinoptinės situacijos atmosferos cirkuliacijos formos lėmė 30,1% karštų dienų. Dažniausiai tai buvo BM forma (aukšto slėgio sąsmauka tarp Azorų subtropikų anticiklono ir Rytų Europos anticiklono), HM (Vidurio Europos anticiklonas), SWA (virš Lietuvos – Fenoskandijos ciklonų pietinė periferija, o virš Pietų ir Vidurio Europos – anticiklonas) ir SWZ (Ukrainos anticiklono gūbrys) formos. 18,6% atvejų lėmė zoninės makrosinoptinės situacijos, kurių metu priežemio ir aukštuminių ciklonų centrai išsidėstydavo šiauriau $60\text{--}65^{\circ}$ š. pl., o Lietuva dažniausiai patekdavo į ciklonų pietrytinę periferiją (WZ forma), į Vidurio Europos anticiklono šiaurinę dalį (WA) arba į Sibiro anticiklono vakarinę gūbrį (WW forma).

Gausūs krituliai dažniausiai užfiksuoti vyraujant zoninei makrosinoptinei situacijai (iš viso 40,8% ir 34,7% atvejų, kai jų iškrisdavo atitinkamai ≥ 10 mm ir ≥ 20 mm per parą) ir ypač jos vakarų cikloninei formai WZ, kuomet aukštuminė frontinė zona nusidriekdavo nuo Britų salų per Pietų Skandinaviją, Baltijos regioną Rytų Europos link, o Lietuva patekdavo į pietinę ciklonų periferiją (6 pav.).

Meridianinė makrosinoptinė situacija lėmė 30,3% (≥ 10 mm) ir 38,9% (≥ 20 mm) gausių kritulių atvejų. Tipiška šios situacijos cirkuliacijos forma TRM, kurios metu virš Baltijos regiono ir Vidurio Europos susidarydavo gilus aukštuminis slėnis su frontinėmis sistemomis, o Vakarų ir Rytų Europoje – aukšto slėgio sritys. Palanki itin gausių kritulių (≥ 20 mm per parą) iškritimui buvo ir NEZ forma, kai Azorų anticiklono gūbrys pasiekdavo Skandinaviją, o Vidurio Europoje vyraudavo ciklonai. Lietuva patekdavo į jų šiaurinę periferiją.

Mišrioji makrosinoptinė situacija buvo palanki 27,8% (≥ 10 mm) ir 22,2% (≥ 20 mm) gausių kritulių atvejų. Dažniausiai tai būdavo NWZ arba TM formos. Esant NWZ formai Skandinavijos žemo slėgio sistemoje ciklonai slinkdavo iš Norvegų jūros per Lietuvą į pietryčius. Esant TM formai aktyvi cikloninė veikla būdinga visai Vidurio Europai, o ciklonų trajektorija – iš Šiaurės jūros per Pietų Baltiją į rytus. Gausių kritulių pasitaikydavo ir esant BM formai, t.y. aukšto slėgio sąsmaukoje, vykstant intensyviai terminiai konvekcijai.



6 pav. Atmosferos makrosinoptinių situacijų (pagal P. Hess ir H. Brezowsky klasifikaciją) pasikartojimas (%) 1925–2000 m., esant kritulių kiekiui ≥ 10 mm (a) ir ≥ 20 mm (b).

Fig. 6. Recurrence (%) of macrosynoptic situations of the atmosphere (according to P. Hess and H. Brezowsky classification) when precipitation was ≥ 10 mm (a) and ≥ 20 mm (b) in 1925–2000.

Išvados

1. Kauno, Klaipėdos ir Vilniaus meteorologijos stočių (MS) oro temperatūros maksimumų ir minimumų vidurkiams per 1950–2003 m. būdinga augimo tendencija. Statistiškai patikimi tiesiniai trendai, esant 95% patikimumo lygmeniui, gauti Kaunui ir Klaipėdai. Visose trijose MS *ledo dienų* skaičius nuo tiriamojo laikotarpio pradžios mažėja, tačiau statistiškai patikima (95%) mažėjimo tendencija būdinga tik Klaipėdai. Per tiriamąjį laikotarpį Kaune *tropinių naktų* buvo tik 4, Klaipėdoje – 14, Vilniuje – 12. Jų dažnumas ėmė augti 1991–2003 metais.

2. Visose trijose analizuotose MS paros kritulių maksimumai turi tendenciją mažėti. Labiausiai ji išryškėjo Vilniaus MS ir Kauno MS, tačiau statistiškai patikimas trendas (95%) gautas tik Kaunui.

3. Parų, kuriomis iškrisdavo 10 mm kritulių, tiriamuoju laikotarpiu daugėjo. Statistiškai patikimi trendai, esant 99% patikimumo lygmeniui, gauti Klaipėdai ir Vilniui.

4. Parų, per kurias iškrisdavo ne mažiau kaip 10 mm kritulių, Kaunui ir Vilniui nustatyta mažėjimo, o Klaipėdai – didėjimo tendencija. Statistiškai patikimas trendas (90%) yra tik Klaipėdai.

5. Parų, kai kritulių kiekis viršijo arba buvo lygus 20 mm, statistiškai patikimas neigiamas trendas (95%) nustatytas Kauno MS.

6. Aukštą dienos temperatūrą ($>25^{\circ}\text{C}$) tiriamuoju laikotarpiu dažniausiai lėmė meridianinės makrosinoptinės situacijos atmosferos cirkuliacijos formos – 50,6% atvejų (dažniausiai esant TRW, TB, HNFA, HFA ir HFZ cirkuliacijos formoms). Mišriosios makrosinoptinės situacijos atmosferos cirkuliacijos formos lėmė 30,1% *karštų dienų* (esant BM, HM, SWA ir SWZ formoms). 18,6% atvejų lėmė zoninės makrosinoptinės situacijos, kurių metu priežeminių ir aukštuminių ciklonų centrai išsidėstydavo šiauriau $60\text{--}65^{\circ}$ š. pl. (esant WZ, WA ir WW formoms).

7. Gausūs krituliai (≥ 10 mm ir ≥ 20 mm per parą) dažniausiai užfiksuoti vyraujant zoninei makrosinoptinei situacijai (iš viso 40,8% ir 34,7% atvejų, kai iškrisdavo atitinkamai) ir ypač jos vakarų cikloninei formai WZ, kuomet aukštuminė frontinė zona nusidriekdavo nuo Britų salų per Pietų Skandinaviją, Baltijos regioną Rytų Europos link, o Lietuva patekdavo į pietinę ciklonų periferiją. Meridianinė makrosinoptinė situacija lėmė 30,3% (≥ 10 mm) ir 38,9% (≥ 20 mm) gausių kritulių atvejų (dažniausiai esant TRM ir NEZ formoms). Mišrioji makrosinoptinė situacija buvo palanki 27,8% (≥ 10 mm) ir 22,2% (≥ 20 mm) gausių kritulių atvejų. Dažniausiai tai būdavo esant NWZ, TM ir BM formoms.

Gauta 2005-03-05

Literatūra

- Bukantis A.** (1994). Lietuvos klimatas, Vilnius.
- Bukantis A.** (2002). Application of Factor Analysis for Quantification of Climate-Forming Processes in the Eastern Part of Baltic Sea Region, *Climate Research*, Vol. 20, p. 135–140.
- Bukantis A.** et al. (2002). Daily Dataset of 20th Century Surface Air Temperature and Precipitation Series for the European Climate Assessment, *Int. J. of Climatology*, Vol. 22, Is. 12, p. 1441–1453.
- Bukantis A., Bartkevičiene G.** (2005). Thermal Effects of the North Atlantic Oscillation on the Cold Period of the Year in Lithuania, *Climate Research*, Vol. 28, p. 221–228.
- Bukantis A., Paulauskaitė S.** (2001). Oro temperatūros kaitos metinio ciklo ypatybės Klaipėdoje ir jas lemiančios atmosferos cirkuliacijos formos, *Geografijos metraštis*, t. 34(2), p. 5–14.
- Bukantis A., Valiuškevičienė L.** (2003). Paros oro temperatūros svyravimai apie 0°C Lietuvoje. 1. Statistinė klimatinė analizė, *Geografijos metraštis*, t.34(1), p. 5–17.
- Europos klimato įvertinimas ir duomenų bazės sudarymas (2004):** VMSF ataskaita (vad. A. Bukantis).
- IPCC Third Assessment Report – Climate Change (2001).** *The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*; <http://www.ipcc.ch/>
- Katalog** der Großwetterlagen Europas nach Paul Hess und Helmuth Brezowski 1881–2000 (1993). *Berichte des Deutschen Wetterdienstes*.
- Stankūnavičius G., Bartkevičienė G.** (2003). Ekstremalios atmosferos cirkuliacijos sąlygos Šiaurės Atlante: Oro temperatūros ir kritulių anomalijos Europoje, *Geografijos metraštis*, t. 36(1), p.18–33.
- Wibig J., Glowicki B.** (2002). Trends of Minimum and Maximum Temperature in Poland, *Climate Research*, Vol. 20, p. 123–133.

Arūnas Bukantis

Vilnius University

LinutėValiuškevičienė

Institute of Geology and Geography, Vilnius

Dynamics of extreme air temperature and precipitation and determining factors in Lithuania in the 20th century

Summary

The present article is an overview of research results obtained within the international project “European Climate Assessment and Dataset” (ECA&D). Dynamics of extreme air temperature and precipitation and their circulation conditions in Lithuania in 1925–2003 are analysed. The analysis is based on daily measuring results at Vilnius, Kaunas and Klaipėda meteorological stations (MS).

The average maximal and minimal values of air temperature followed a rising pattern in 1950–2003. Statistically significant linear trends (95%) were obtained in Kaunas and Klaipėda. The number of ‘ice days’ has been reducing in all three MS yet only in Klaipėda a statistically significant (95%) falling trend was observed. There were only 4 ‘tropical nights’ in Kaunas, 14 in Klaipėda and 12 in Vilnius. They occurred more frequently in 1991–2003.

Maximal values of precipitation tended to fall in all three MS. The fall was most pronounced in the Vilnius and Kaunas MS, yet a statistically significant trend (95%) was observed only in Kaunas.

The number of days with precipitation not less than 10 mm was reducing in Kaunas and Vilnius and increasing in Klaipėda. A statistically significant trend (90%) was observed only in Klaipėda.

A statistically significant negative trend of days when precipitation exceeded or equalled 20 mm (95%) was determined only in the Kaunas MS.

The high air temperatures at days ($>25^{\circ}\text{C}$) were predetermined by meridional macrosynoptic forms of atmospheric circulation (in 50.6% of cases TRW, TB, HNFA, HFA, and HFZ). Mixed macrosynoptic forms of atmospheric circulation were responsible for 30.1% of hot days (BM, HM, SWA, and SWZ forms). Zonal macrosynoptic situations when the centres of the low and high cyclones were situated north of latitude $60\text{--}65^{\circ}\text{N}$ (WZ, WA and WW) accounted for 18.6% of the cases.

Abundant precipitation (≥ 10 mm and ≥ 20 mm per day) was most frequently recorded under dominance of zonal macrosynoptic situation (the total of 40% and 34.7% of cases respectively), its western cyclonic form WZ in particular, when the altitudinal frontal zone trended from the British Isles across Southern Scandinavia and Baltic Region toward Eastern Europe. Lithuania would then be included in the southern periphery. The meridional macrosynoptic situation was responsible for 30.3% ≥ 10 mm and 38.9% ≥ 20 mm events of heavy precipitation (in most cases TRM and NEZ forms). The mixed macrosynoptic situation was favourable in 27.8% ≥ 10 mm and 22.2% ≥ 20 mm of cases (mostly NWZ, TM and BM forms).