

Sniego dangos režimas Lietuvoje

Indrė Gečaitė,

Egidijus Rimkus

Vilniaus universitetas,
M. K. Čiurlionio 21/27,
LT-03101 Vilnius
El. paštas: indre.gecaite@gf.stud.vu.lt;
egidijus.rimkus@gf.vu.lt

Gečaitė I., Rimkus E. Sniego dangos režimas Lietuvoje. *Geografija*. 2010. T. 46(1–2). ISSN 1392–1096.

Šiame straipsnyje analizuojamas sniego dangos rodiklių pasiskirstymas Lietuvos teritorijoje 1961–2010 m., nagrinėjamos jų kaitos tendencijos, ryšys su kitais meteorologiniais parametrais bei stambaus masto atmosferos cirkuliacija virš Šiaurės Atlanto. Darbe buvo naudojami 18-os Lietuvos meteorologijos stočių duomenys. Nustatyta, jog sniego dangos rodiklių erdvinis pasiskirstymas glaudžiai siejasi su oro temperatūra ir pasižymi gana stipriu meridianiškumu, kurį deformuoja aukštumos. Didžiausios sniego dangos rodiklių reikšmės užfiksuotos Rytų Lietuvoje bei Žemaičių aukštumoje. Beveik visoje Lietuvos teritorijoje analizuojamu laikotarpiu sniego dangos rodiklių reikšmės mažėjo.

Tarp AO ir NAO indeksų reikšmių bei sniego dangos rodiklių egzistuoja stipri atvirkstinė priklausomybė. Esant aukštesnei teigiamai osciliacijos indeksų reikšmei, fiksuojamas mažesnis dienų su sniego danga skaičius bei maksimalus sniego dangos storis. Apskaičiuota, jog, esant neigiamiems AO ir NAO indeksų dydžiams, susidaro mažesni dienų su sniego danga skaičiaus teritoriniai skirtumai, tuo tarpu esant aukštiesiems teigiamiems indeksų dydžiams, vidutinė amplitudė išauga.

Raktažodžiai: dienų su sniego danga skaičius, maksimalus sniego storis, Arkties osciliacija, Šiaurės Atlanto osciliacija

ĮVADAS

Sniego danga, būdama greičiausiai besikeičiančiu natūraliu paviršiumi, tampa labai svarbiu vidutinių ir poliarinių platumų klimato rodikliu. Jos buvimas bei fizinės charakteristikos gerai apibūdina šaltojo metų laikotarpio orus. Bene svarbiausi sezoninį sniego dangos režimą apibūdinantys dydžiai – dienų su sniego danga skaičius bei maksimalus sniego storis – priklauso ne tik nuo oro temperatūros, bet ir nuo kitų svarbių meteorologinių rodiklių (kritulių kiekio, vėjo greičio ir kt.). Antra vertus, sniego danga yra ne tik žiemos sąlygų produktas, bet ir vienas iš klimatą formuojančių veiksnių. Ypač svarbus didelis sniego albedas, lemiantis ryškius hidroterminių priežeminio atmosferos sluoksnio savybių pasikeitimus, todėl, analizuojant šiuolaikinius klimato pokyčius, sniego charakteristikų kaitos tyrimas tampa prioritetiniu darbo objektu.

XX a. viduryje pasaulio mokslininkai daugiausia dėmesio skyrė fizinių sniego savybių bei sniege vykstančių procesų tyrimui (*Snow...*, 1956; Kuzmin, 1961; Mellor, 1977). Vėliau, didėjant palydovinės informacijos kiekiui, vis lengviau buvo įvertinti sniegu dengiamus plotus vietovėse, kur matavimų tinklas itin retas. Labai išaugo tyrimų, kuriuose

analizuojamos globalios ar regioninės sniego dangos pokyčių tendencijos, skaičius (Brown, 2000; Bulygina ir kt., 2009). Nustatyti trendai gerai dera su kitais klimato atšilimą atspindinčiais meteorologiniais rodikliais.

Sniego dangos tyrimai Lietuvoje vykdomi nuo 1891 metų. Besiplečiančiame meteorologijos stočių tinkle pradėti kasdieniniai sniego storio matavimai. Nuo 1945 m. atliekamos sniego nuotraukos, kurių metu nustatomas sniego tankis bei vandens atsargos sniege. Pirmasis darbas, kuriame analizuojami sniego dangos rodikliai, buvo atliktas 1966 metais. Kolektyvinėje autorių monografijoje *Lietuvos klimatas* trumpai apžvelgtos svarbiausios Lietuvos sniego dangos klimatinės charakteristikos (Buz ir kt., 1966). Nagrinėtos ir kai kurios fizinės sniego savybės: albedas bei garavimas nuo sniego paviršiaus (Kasperavičienė, 1964; Matulevičienė, Vološininė, 1972). Erdvinę atsargų sklaidą sniege tyrė B. Tilickis (Tilickis, 1987), J. Pečiūrienė analizavo sinoptines stiprių snygių sąlygas (Pečiūrienė, 1973; Pečiūrienė, 1988). Kiek daugiau sniego dangos klimatinio rodiklių tyrimų atlikta XX ir XXI amžių sandūroje: analizuota vidutinių sniego dangos rodiklių erdvinė kaita, cirkuliaciniai pirmojo ir paskutiniojo sniego iškritimo bei sniego dangos susiformavimo ir išnykimo aspektai, klimatiniai sniego dangos rodiklių trendai (Bukantis 1994;

Stankūnavičius, Rimkus, 1997; Stankūnavičius, Rimkus, 1998; Rimkus, 2000; Rimkus, Stankūnavičius, 2002; Galvo-naitė ir kt., 2007). Sąsajos tarp sniego dangos rodiklių Lie-tuvoje ir šiaurės pusrutulyje, Lietuvos teritorijos sniegingu-mo prognozės XXI amžiui buvo pateiktos G. Dūdėno darbe (Dūdėnas, 2007). Pastaraisiais metais atlikta nemažai tyrimų, nagrinėjančių Šiaurės Atlanto osciliacijos (NAO) poveikį Lie-tuvos klimatui (Bartkevičienė, 2003; Stankūnavičius, 2004), kuriuose pabrėžiamas glaudus ryšys tarp NAO indekso ir žie-mos orų Lietuvoje, tačiau ryšiai su sniego dangos rodikliais dar nebuvo tirti.

Šio darbo tikslas – išanalizuoti dabartines sniego dangos rodiklių kaitos tendencijas Lietuvos teritorijoje ir įvertinti jų sąryšį su stambaus masto atmosferos cirkuliacija virš Šiaurės Atlanto.

PANAUDOTI DUOMENYS IR DARBO METODIKA

Darbe panaudota kasdieninė 18-os Lietuvos meteorolo-gijos stočių (MS) informacija apie sniego dangos klima-tinius rodiklius, oro temperatūrą bei kritulius. Analizei pasirinktas 1961–2010 m. laikotarpis. Apibūdinant sniego dangą naudotas dienų su sniego danga skaičius bei mak-simalus sniego storis per dekadą. Dienų su sniego dan-ga skaičius – tai šaltojo laikotarpio dienų suma, kai stotį supančios teritorijos padengimas sniegu viršija 5 balus. Konkretus šaltasis sezonas buvo priskiriamas vėlesniems kalendoriniams metams. Pavyzdžiui, 1961 m. sniego dan-gos rodikliai apima 1960 m. spalio–gruodžio ir 1961 m. sausio–balandžio mėnesių parametrų reikšmes ir t. t. Mak-simalus sniego storis (cm) – tai dydis, rodantis vidutinį sniego storį per kalendorinę dekadą, kai sniego danga buvo storiausia.

Tyrimo buvo nustatytos vidutinės parametrų reikšmės, o jų erdvinis pasiskirstymas teritorijoje atvaizduotas naudo-jant „ArcGIS ArcMap 9.3“ programą. Erdvinei interpoliacijai taikytas deterministinis polinominis *spline* metodas, kurio algoritmas grindžiamas atstumo tarp duomenų ir interpo-liuojamų taškų poveikiu. Sniego dangos rodiklių daugiame-tės sekos sklaida visose meteorologijos stotyse įvertinta vari-acijos koeficientu (C_v).

Ryšiai tarp analizuojamų kintamųjų buvo apskaičiuoti naudojant Pirsono koreliacijos koeficientą. Įvertintas jų statistinis patikimumas. Rodiklių pokyčių tendencijos 1961–2010 m. nustatytos remiantis tiesinės regresijos kryp-ties koeficiento dydžiais.

Trendų statistinis patikimumas vertintas neparametriniu Manno-Kendallio testu. Kritiniu buvo pasirinktas 0,05 statis-tinio reikšmingumo lygmuo (α), t. y. statistiškai reikšmingais buvo laikyti tie kintamųjų pokyčiai, kai Manno-Kendallio statistikos reikšmė buvo didesnė nei 1,959 arba mažesnė už –1,959. Skaičiavimai atlikti specialia Švedijoje sukurta programa *MULTMK / PARTMK* (Libiseller, 2002).

Darbe taip pat palygintos atskirų tiriamo laikotarpio trisdešimtmečių vidutinės reikšmės. Pasaulinė meteorologi-jos organizacija rekomenduoja naudoti trisdešimties metų laikotarpį apibūdinant vidutinius meteorologinių rodiklių dydžius konkrečioje vietovėje, įvardydamai tai kaip klimati-nę normą. Taigi šiame tyrime nustatyti klimatinės normos pokyčiai teritorijoje, o vidutinių reikšmių erdvinis pasiskirs-tymas pateiktas vėliausiam trisdešimties metų laikotarpiui (1981–2010).

Siekiant įvertinti atmosferos cirkuliacijos poveikį sniego dangos režimui Lietuvoje, tyrime taip pat analizuoti ryšiai tarp sniego dangos parametrų ir Arkties osciliaciją (AO) bei Šiaurės Atlanto osciliaciją (NAO) 1961–2010 m. apibūdinan-čių indeksų.

Arkties osciliacija (AO) yra bendrosios atmosferos cir-kuliacijos komponentė, rodanti nesezonines atmosferos slė-gio jūros lygyje variacijas Šiaurės pusrutulyje (į šiaurę nuo 20°š. pl.). Osciliacijos indeksas būna neigiamas, kai ties poliariniu regionu susidaro santykinai aukšto slėgio sūku-rys ir žemas slėgis ties vidutinėmis platumomis. Neigiamos Arkties osciliacijos fazės metu šaltas Arkties oras žiemą pa-siekia labiau į pietus nutolusias platumas, o vakarų krypties vėjai Šiaurės Europoje būna silpni (John ir kt., 2008). Esant teigiamai Arkties osciliacijos fazei susidariusi aukštesnio slėgio sritis vidutinėse platumose pastumia vandenyno au-drų kelią labiau į šiaurę, o pokyčiai cirkuliacinėje sistemo-jе paskatina drėgnesnio oro prietaką į Aliaską, Škotiją bei Skandinaviją. Esant teigiamam Arkties osciliacijos indeksui šaltas oras žiemą nepasklinda taip toli nuo šiaurinio ašiga-lio, kaip esant neigiamai indekso reikšmei (*The Arctic Oscillation*, 2010).

Šiaurės Atlanto osciliacijos (NAO) indeksas apibūdina-mas kaip didelio masto nereguliarios atmosferos slėgio jūros lygyje fluktuacijos Islandijos ir Azorų slėgio centrų forma-vimosi vietose. Teigiamos NAO fazės metu Islandijos depre-sija gilėja ir Azorų anticiklonas stiprėja. Didėjant atmosferos slėgio skirtumui tarp minėtųjų atmosferos veiklos centrų, zoninės oro masės pernaša Šiaurės Atlante vis stiprėja. Esant neigiamai NAO fazei – priešingai: pernaša tampa silpnė-snė, nes slėgis Islandijos depresijos centre yra aukštesnis, o Azorų anticiklono centre žemesnis nei paprastai (Wanner ir kt., 2001). Šiaurės Atlanto osciliacijos intensyvumas sti-priausiai orų sąlygas veikia šaltuoju metų laiku (Barry, Ser-reze, 2005).

Standartizuoti NAO dydžiai (pagal P. Jones) buvo paimti iš Rytų Anglijos universiteto Klimato tyrimų padalinio, o AO indeksai – iš JAV Nacionalinės orų tarnybos Klimato progno-zių centro duomenų bazių. Ryšiai tarp sniego dangos rodiklių ir atmosferos cirkuliacijos parametrų nustatyti bendrai šal-tajam sezonui (spalis–balandis) bei kiekvienam sezono mė-nesiui. Standartizuotas AO ir NAO reikšmes suskirsčius į tris gradacijas (daugiau už 0,5; nuo –0,5 iki 0,5; mažiau už –0,5), buvo įvertinta teritorinė sniego dangos rodiklių amplitudė skirtingų osciliacijų fazių metu.

DIENŲ SU SNIEGO DANGA SKAIČIUS

Dienų su sniego danga skaičius skirtingais metais gali labai svyruoti priklausomai nuo oro masių pobūdžio šaltuoju sezonu bei cikloninių ir anticikloninių darinių pasikartojimo. Svarbiausi meteorologiniai elementai, nulemiantys ne tik sniego dangos susidarymą, bet ir jos akumuliaciją, išsilikymą bei tirpimą, yra oro temperatūra, kritulių kiekis bei jų fazinis būvis.

Šiame darbe apskaičiuotos vidutinės sniego dangos charakteristikos 1981–2010 metais. Per šaltąjį sezoną sniego danga šiuo laikotarpiu Lietuvos teritoriją dengė vidutiniškai 82 dienas. Pirmame paveiksle matyti stiprus parametro vidutinių reikšmių pasiskirstymo meridianiškumas, kuris kiek deformuotas šiaurinėje Lietuvos dalyje bei vidurio žemumoje.

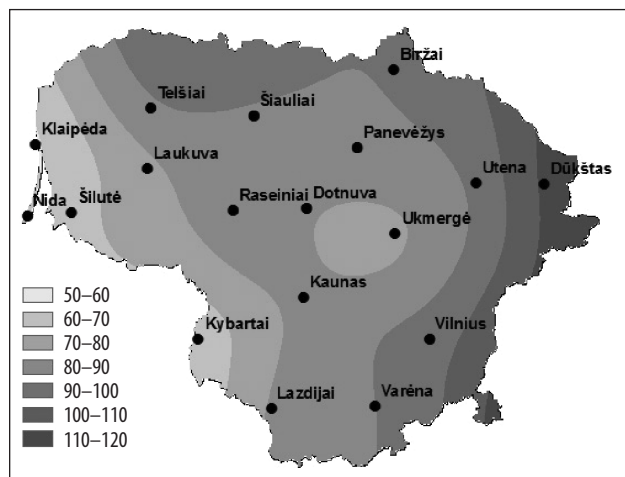
Daugiausia dienų su sniego danga yra rytinėje Lietuvos dalyje: išskirtinai aukštos reikšmės fiksuojamos Dūkšto MS (vidutiniškai 112 dienų). Pajūrio regione vidutinis dienų su sniego danga skaičius pats mažiausias: Klaipėdos apylinkėse jis siekia vos 59 dienas. Taigi tarp rytinės ir vakarinės Lietuvos dalies susidaro beveik dvigubai didesnis skirtumas. Toks dienų su sniego danga skaičiaus izolinijų išsidėstymas artimas ir šaltojo sezono oro temperatūros pasiskirstymui Lietuvoje: žemiausios reikšmės fiksuojamos rytiniuose rajonuose (Bukantis, 1994). Vakarinuose ir pietvakariniuose Lietuvos regionuose labiausiai pasireiškia neužšalanti Baltijos jūros įtaka, taip pat didesnę poveikį turi iš Šiaurės Atlanto ateinančios šiltos ir drėgnos oro masės, kurios vėliau slinkdamos virš Lietuvos teritorijos palaipsniui transformuojasi. Šioje šalies dalyje pastebima ir didžiausia analizuojamo rodiklio variacija (C_v viršija 0,40). Tolstant į rytus didelę reikšmę turi žemesnės šaltojo sezono temperatūros, leidžiančios ne tik anksčiau susidaryti sniego dangai, bet ir ilgiau jai išsilaikyti. Rodiklio variacija čia svyruoja apie 0,22–0,27.

Koreliuojant vidutinę oro temperatūrą ir dienų su sniego danga skaičių nustatytas stiprus atvirkštinis ryšys, t. y. didėjant vidutinėms oro temperatūros reikšmėms dienų su sniego danga skaičius mažėja ir atvirkščiai. Visų Lietuvos meteorologijos stočių analizuojamų parametrų koreliaciniai ryšiai labai glaudūs ir statistškai reikšmingi ($\alpha = 0,05$). Daugumos (išskyrus Dūkšto MS) koreliacijos koeficientų modulis viršija 0,8, o Nidos MS – net 0,9. Koreliacija glaudesnė, kai žiemos temperatūra yra artimesnė 0°C , nes šiltomis žiemomis labiau tikėtini atodrečiai bei kritulių fazinio būvio kaita.

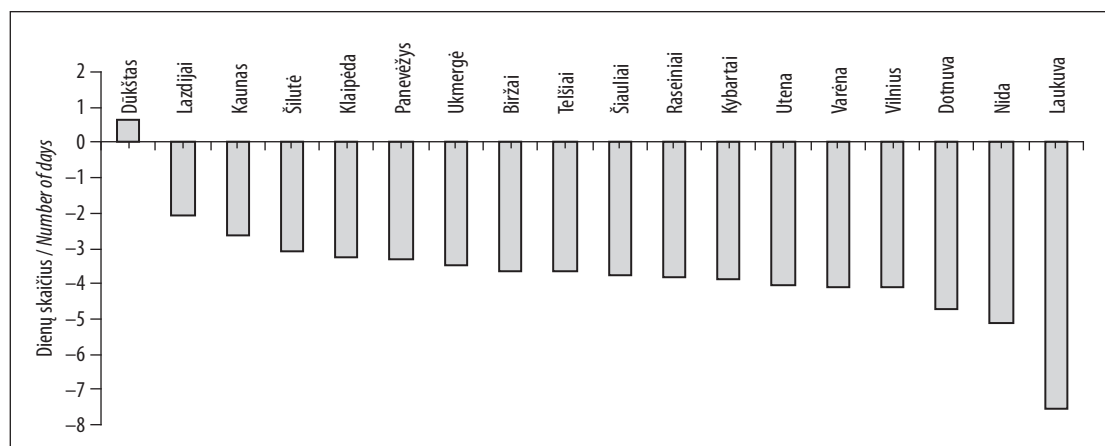
Neigiami koreliaciniai ryšiai nustatyti ir tarp dienų su sniego danga skaičiaus bei kritulių kiekio. Šie ryšiai yra silpnesni (koeficiento modulis neviršija 0,5), tačiau statistškai reikšmingi beveik visoje Lietuvos teritorijoje ($\alpha = 0,05$). Didesnis kritulių kiekis dažniausiai iškrenta esant šiltų bei drėgnų oro masių advekcijai. Tyrimo metu nustatytas statistškai reikšmingas ryšys tarp vidutinės oro temperatūros ir kritulių kiekio (ypač glaudus sausio mėnesį). Tokiai atvejais net ir žiemą neretai iškrenta skysti krituliai, kurie skatina sniego dangos abliaciją.

Lietuvos teritorijoje analizuojamu 1961–2010 m. laikotarpiu sniego dangos trukmė vidutiniškai sutrumpėjo 17 dienų. Nustatyta, jog dienų su sniego danga skaičius labiausiai mažėjo Laukuvos MS – apie 7 dienas per dešimtmetį; ryškūs pokyčiai taip pat užfiksuoti Nidos ir Dotnuvos MS (2 pav.), tuo tarpu Dūkšto MS dienų su sniego danga skaičiaus trendas yra teigiamas. Pačioje rytinėje Lietuvos dalyje oro temperatūra nors ir artėja prie 0°C , didžiąją žiemos dalį išlieka neigiamą, o išaugęs dažniausiai kietos fazinės būklės kritulių kiekis gali lemti dienų su sniego danga skaičiaus didėjimą.

Atlikus Manno-Kendallio testą paaiškėjo, jog statistškai reikšmingi rodiklio pokyčiai vyko Laukuvoje bei rytinėje šalies dalyje (Utenoje, Vilniuje bei Varėnoje; $\alpha = 0,05$). Nors neigiami absoliutūs pokyčiai minėtose stotyse ir yra mažesni, tačiau mažesnė rodiklio variacija lėmė didesnę pasikeitimų statistinį reikšmingumą.



1 pav. Vidutinis sezoninis dienų su sniego danga skaičius Lietuvoje 1981–2010 m.
Fig. 1. Mean seasonal snow cover duration in Lithuania in 1981–2010

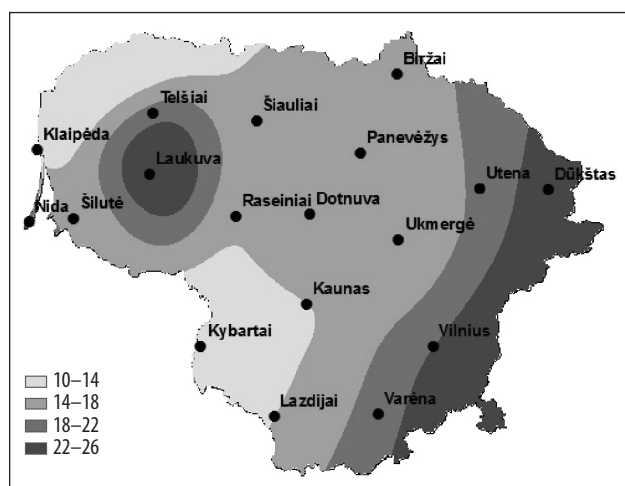


2 pav. Vidutinis dienų su sniegu dangą skaičiaus pokytis per dešimtmetį 1961–2010 m.

Fig. 2. The mean change rate of snow cover duration per decade in 1961–2010

MAKSIMALUS SNIEGO DANGOS STORIS LIETUVOJE

Didelė orų kaita žiemą Lietuvoje lemia nepastovų sniego dangos storį, skirtingą akumuliacinio laikotarpio trukmę, atodrekių dažnumą. Maksimalus sniego dangos storis skirtingais metais taip pat labai kinta. Dažniausiai maksimalus sniego dangos storis pasiekiamas vasario bei sausio mėnesiais (per analizuojamąjį laikotarpį vidutiniškai 32 ir 28 % atvejų). Gana dažnai maksimumas fiksuojamas kovą (24 % atvejų), kiek rečiau – gruodį (14 % atvejų). Kartais maksimali sniego dangą pasiekama lapkritį ar net spalį, pavyzdžiui, 1992 m. spalį Vilniuje buvo užfiksuotas maksimalus šaltojo sezono sniego dangos storis – 19 cm. Didelį šio rodiklio nepastovumą rodo ir aukštos koeficiento reikšmės, siekiančios net 0,85 (Lazdijų MS), variacijos. Didžiausiu pastovumu vėlgi išsiskiria Dūkšto MS ($C_r = 0,46$).



3 pav. Vidutinis maksimalus sniego dangos storis (cm) Lietuvoje 1981–2010 m.

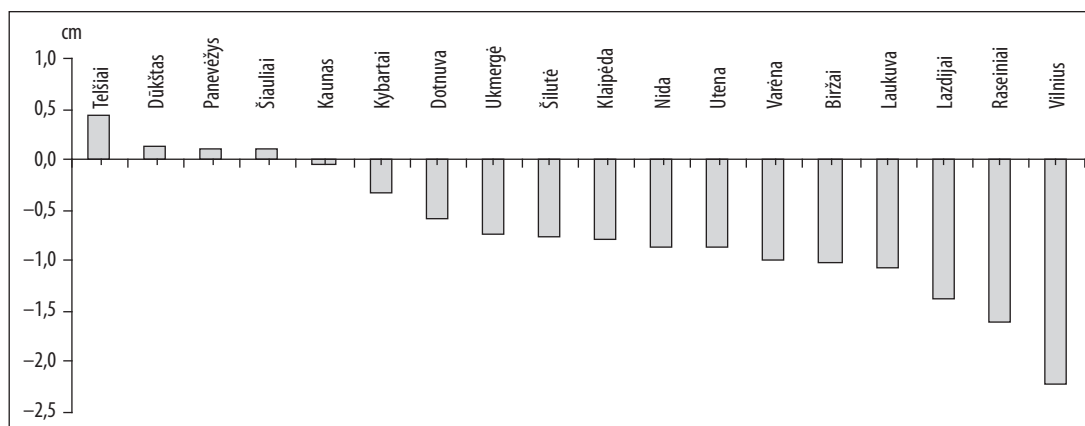
Fig. 3. Mean maximum snow depth (cm) in Lithuania in 1981–2010

Didžiausios vidutinės maksimalaus sniego dangos storio reikšmės fiksuojamos Rytų Lietuvoje (daugiausia Dūkšte – 25 cm) bei Žemaičių aukštumose (Laukuvoje – 26 cm) (3 pav.). Čia šaltojo sezono mėnesiais būna ir kiek žemesnė vidutinė oro temperatūra. Aukštos vidutinės rodiklio reikšmės nustatytos ir Nidos meteorologijos stotyje – 23 cm. Tarp dviejų stambių vandens telkinių esančioje Kuršių nerijoje susidaro labai specifinės cirkuliacijos sąlygos, tuomet pavienių sinoptinių procesų metu gali iškristi labai gausūs krituliai ir susiformuoti stora, nors ir trumpalaikė sniego dangą. Pavyzdžiui, 2008 m. lapkričio 24–25 d. iškritus itin gausiems krituliams susidarė net 45 cm sniego sluoksnis. Analizuojamais metais pačiomis mažiausiomis vidutinio maksimalaus sniego dangos storio reikšmėmis išsiskyrė Klaipėdos ir Kybartų MS (12 ir 10 cm atitinkamai).

Kylant oro temperatūrai, akumuliacinio laikotarpio trukmė mažėja, todėl mažėja ir maksimalios sniego dangos reikšmės. Koreliaciniai ryšiai tarp šių rodiklių yra statistškai patikimi ($\alpha = 0,05$), tačiau ne tokie glaudūs (r kinta nuo $-0,53$ iki $-0,69$) kaip dienų su sniegu dangą skaičiaus atveju. Kiek glaudesnis ryšys nustatytas rytinėje šalies dalyje, kur dėl pastovesnės sniego dangos maksimalus sniego storis labiau apibūdina visos žiemos sąlygas.

Tik Biržų, Raseinių ir Šiaulių MS nustatytas statistškai reikšmingas ($\alpha = 0,05$) neigiamas koreliacinis ryšys tarp maksimalaus sniego dangos storio ir bendro kritulių kiekio gruodžio–kovo mėnesiais. Kaip jau minėta, gausesni krituliai žiemą dažnai siejami su šiltomis oro masėmis bei skystais jų atnešamais krituliais.

Vidutinis maksimalus sniego dangos storis 1961–2010 m. Lietuvos teritorijoje sumažėjo 3,5 cm. Mažėjimo tendencija išryškėjo daugelyje stočių, nors visi pokyčiai nebuvo statistškai reikšmingi pagal Manno-Kendallio testo rezultatus. Labiausiai sniego dangą plonėjo Vilniuje bei Raseiniuose (4 pav.), o Telšiuose ji kiek pastorėjo.



4 pav. Vidutinis maksimalaus sniego dangos storio pokytis per dešimtmetį (1961–2010)

Fig. 4. The mean change rate of maximum snow cover depth per decade in 1961–2010

SNIEGO DANGOS RODIKLIŲ IR ATMOSFEROS CIRKULIACIJOS RYŠYS

Atmosferos cirkuliacija yra vienas pagrindinių veiksnių, nulemiančių žiemos sniegingumą. Cirkuliacija ir su ja susijusios oro masės lemia ir kritulių parametrus, ir oro temperatūrą įvairiuose troposferos aukščiuose, ir bendras, ne fizinių geografinių veiksnių nulemtas, sniego akumuliacines sąlygas. Lietuva yra Šiaurės Atlanto (NAO) bei Arkties (AO) osciliacijų įtakos zonoje, todėl remiantis koreliacijos koeficientais buvo nustatyti ryšiai tarp sniego dangos rodiklių Lietuvos teritorijoje ir minėtų atmosferos cirkuliacijos indeksų reikšmių. Gauti rezultatai rodo, jog tarp šių parametru egzistuoja stipri atvirkštinė priklausomybė. Esant aukštesnei teigiamai osciliacijos indekso reikšmei, fiksuojamas mažesnis dienų su sniegu danga skaičius ir maksimalus sniego dangos storis.

Arkties osciliacijos reikšmės ypač glaudžiai neigiamai koreliuoja su dienų su sniegu danga skaičiumi (daugelio meteorologijos stočių koreliacijos koeficientų modulis viršija 0,6, o ryšiai yra statistiškai reikšmingi; $\alpha = 0,05$) (5 pav., a). Silpniausias koreliacinis ryšys užfiksuotas pajūrio regiono stotyse – Nidos ir Klaipėdos, taip pat rytinėje Sūduvos aukštumos pusėje (Lazdijų MS) bei labiausiai į rytus nutolusioje Dūkšto MS. Galima teigti, jog šiuose regionuose, be atmosferos cirkuliacijos, sezoniniam dienų su sniegu danga skaičiui turi įtakos ir fiziniai geografiniai veiksniai – orografija bei atstumas nuo Baltijos jūros.

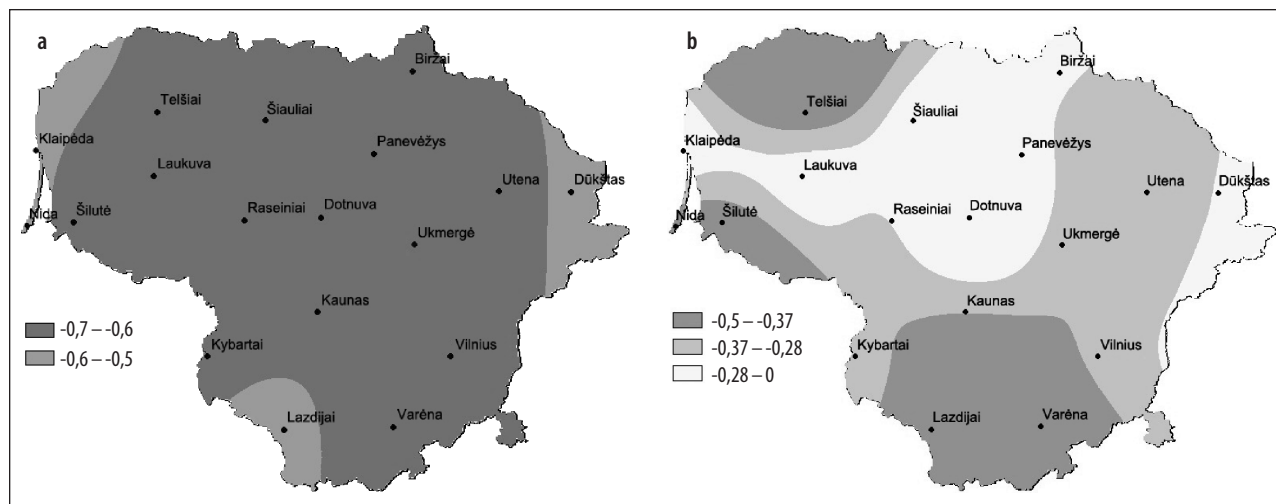
Didžiojoje Lietuvos dalyje sniego danga 40–50 % analizuojamo laikotarpio žiemų išsilaikė visą sausį ir vasarį. Tai patys sniegingiausi šaltojo sezono mėnesiai. Koreliaciniai ryšiai tarp Arkties osciliacijos reikšmės ir dienų su sniegu danga skaičiaus šiais mėnesiais buvo patys aukščiausi ($r > -0,5$). Gruodį nustatyti silpniausi parametru tarpusavio ryšiai. Šiuo metų laiku sniego dangos formavimuisi didelę įtaką turi vietinės sąlygos, o neigiamos AO fazės metu vyraujant meridianiniams oro srautams Lietuvą pasiekiančios oro masės temperatūra gali labai svyruoti.

Apskaičiuota, jog 83 % atvejais Arkties osciliacijos ir dienų su sniegu danga skaičiaus nuokrypis nuo daugiametės reikšmės verčių (suvidurkinta visai Lietuvos teritorijai) yra priešingo ženklo, t. y. esant neigiamai Arkties osciliacijos fazei, sezoninis dienų su sniegu danga skaičius yra didesnis nei vidutinis ir atvirkščiai. Taigi AO reikšmių ženklo kaita stipriai veikia dienų su sniegu danga šaltuoju sezonu skaičių.

Nagrinėjant Arkties osciliacijos ir dekados maksimalaus sniego dangos storio tarpusavio priklausomybę (5 pav., b), statistiškai patikimi neigiami koreliaciniai ryšiai nustatyti ne visoje analizuojamojoje teritorijoje. Glaudžiausias ryšys ($r = -0,45 - -0,48$) užfiksuotas pietinėje Lietuvos dalyje bei šalies šiaurės vakaruose ir pietvakariuose. Šiaurinėje Vidurio Lietuvos dalyje, taip pat Klaipėdos, Laukuvos ir Dūkšto MS statistiškai reikšmingų ryšių nenustatyta. Silpnesni ryšiai nei dienų su sniegu danga skaičiaus atveju gali būti aiškinaimi tuo, jog maksimalus sniego storis neretai fiksuojamas po atskirų trumpalaikių, tačiau intensyvių snygių ir nebūtinai apibūdina viso šaltojo sezono sąlygas.

Glaudžiausias ryšys tarp Arkties osciliacijos fazės ženklo ir mėnesinio maksimalaus sniego dangos storio užfiksuotas sausio mėnesį. Atkreiptinas dėmesys, jog ir sausio, ir vasario mėnesiais didžiausia AO įtaka pasireiškia Lietuvos rytiniuose ir šiauriniuose regionuose. Čia vėlgi pastovesnė sniego danga ir maksimalus sniego storis labiau nei kitur atskleidžia visos žiemos sąlygas. Gruodžio ir kovo mėnesiais Arkties osciliacijos ir maksimalaus sniego storio koreliacija yra statistiškai nereikšminga.

Maksimalaus sniego storio ir vidutinės šaltojo sezono Arkties osciliacijos indekso reikšmės svyravimai dažniausiai yra priešingo ženklo: esant teigiamai AO fazei, maksimalus sniego storis būna mažesnis už vidutinę reikšmę ir atvirkščiai. Tai sudaro 69 % visų analizuotų atvejų. Stiprus vakarų krypties srautas (teigiamas AO ir NAO), nuo Atlanto atnešdamas šiltesnį ir drėgnesnį orą, pablogina sniego dangos akumuliacijos sąlygas, neretai fiksuojama aukštesnė oro temperatūra ir dažnesni skysto fazinio būvio krituliai.



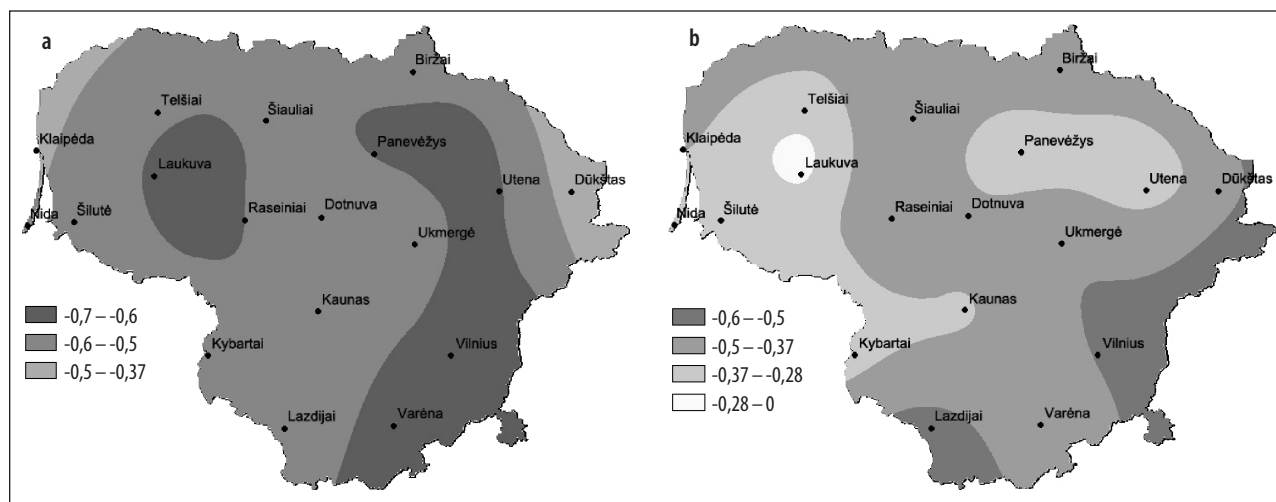
5 pav. Arkties osciliacijos indekso ir dienų su sniego danga skaičiaus (a) bei vidutinio maksimalaus sniego dangos storio (b) koreliacija 1961–2010 m. Gradacija žemėlapių legendose sudaryta atsižvelgiant į koreliacijos koeficientų statistinį reikšmingumą: koreliacijos koeficientas $-0,28$ atitinka 0,05, o $-0,37$ – 0,01 statistinio reikšmingumo lygmenį

Fig. 5. Correlation between the Arctic Oscillation Index and snow cover duration (a) and mean maximum snow depth (b) in 1961–2010. Structure of legends was constructed taking into account statistical significance of correlation coefficients: $-0,28$ correspond to 0.05 and $-0,37$ to the 0.01 significance level

Apskaičiavus Šiaurės Atlanto osciliacijos (NAO) ir dienų su sniego danga skaičiaus šaltuoju sezonu koreliaciją 1961–2010 m., užfiksuoti glaudūs statistiškai reikšmingi atvirkštiniai ryšiai visoje Lietuvos teritorijoje (6 pav., a). Pati stipriausia priklausomybė nustatyta pietinėje Žemaičių aukštumos dalyje bei šalies rytuose. Čia koreliacijos koeficientų reikšmės yra $-0,6$. Antra vertus, kaip ir AO atveju, silpniausias ryšys nustatytas ant Baltijos jūros kranto esančioje Klaipėdos MS ir labiausiai į rytus nutolusioje Dūkšto MS. Vėlgi geriausiai su NAO indekso reikšme siejasi sausio ir vasario mėnesiai, tuo tarpu gruodžio ir kovo mėnesiais ryšiai yra silpnesni.

Sutampančių parametrais priešingo ženklo fazių šiuo laikotarpiu užfiksuota 69 % (kiek mažiau nei AO atveju). Ypač aukštos teigiamos NAO reikšmės buvo fiksuotos 1988–1995 m., kai Lietuvoje vyravo mažai sniegingos žiemos.

Maksimalaus sniego dangos storio Lietuvos teritorijoje ir NAO reikšmių koreliacija rodo, jog glaudžiausia rodiklių tarpusavio priklausomybė egzistuoja pietrytinėje Aukštaičių aukštumos dalyje (Vilniaus MS) ir rytinėje Sūduvos aukštumos dalyje (Lazdijų MS) (6 pav., b). Pietvakarių Lietuvoje, Panevėžio ir Utenos MS ryšys yra silpnesnis. Priešvėjiniuose Žemaičių aukštumos šlaituose (Laukuvos MS) statistiškai



6 pav. Šiaurės Atlanto osciliacijos indekso ir dienų su sniego danga skaičiaus (a) bei vidutinio maksimalaus sniego dangos storio (b) koreliacija 1961–2010 m. Gradacija žemėlapių legendose sudaryta atsižvelgiant į koreliacijos koeficientų statistinį reikšmingumą: koreliacijos koeficientas $-0,28$ atitinka 0,05, o $-0,37$ – 0,01 statistinio reikšmingumo lygmenį

Fig. 6. Correlation between the North Atlantic Oscillation Index and snow cover duration (a) and mean maximum snow depth (b) in 1961–2010. Structure of legends was constructed taking into account statistical significance of correlation coefficients: $-0,28$ correspond to 0.05 and $-0,37$ to the 0.01 significance level

reikšmingo ryšio neužfiksuota. Šioje šalies dalyje dėl šlaitų orientacijos vyraujančių oro srautų atžvilgiu bei absoliutaus aukščio poveikio (žemesnė vidutinė oro temperatūra) vidutinės sniego dangos storio reikšmės yra didesnės nei aplinkinėse teritorijose. Net ir stipriai teigiamos NAO fazės metu čia yra didesnė kietų kritulių iškritimo tikimybė, be to, gali būti itin gausaus sniego atvejai. Taigi NAO fazės įtaka sniego storiui nėra tokia vienareikšmė. Nustatyta, jog glaudžiausia NAO indekso reikšmių ir maksimalaus sniego dangos storio priklausomybė yra sausio mėnesį, t. y. intensyviausio sniego dangos augimo laikotarpiu. Tiriamuoju laikotarpiu užfiksuota 63 % atvejų, kai NAO ir maksimalaus sniego dangos storio reikšmės buvo priešingos fazės. Vėlgi nuo 1988 m. vis dažniau fiksuojamos neigiamos sniego dangos storio anomalijos.

Tyrimo metu nustatyta, jog, esant neigiamoms standartizuotoms AO ir NAO indeksų reikšmėms ($z < -0,5$), susidaro mažesni dienų su sniego danga skaičiaus teritoriniai skirtumai (vidutinė amplitudė siekia 44 dienas AO ir 46 dienas NAO atveju). Esant aukštiesiems teigiamiesiems indeksų dydžiams ($z > -0,5$), vidutinė amplitudė atitinkamai išauga iki 61 ir 62 dienų. Esant aukštiesiems AO ir NAO indeksų reikšmėms ir intensyviai zoninei cirkuliacijai, šiltų jūrinių oro masių poveikis ypač stipriai juntamas vakaruose, susidaro didesni teritoriniai kontrastai. Susilpnėjus zoninei cirkuliacijai (žemos indeksų reikšmės), šildantis jūros poveikis susilpnėja ir Lietuvos teritorijoje sniego dangos rodikliai tampa tolygesni.

APIBENDRINIMAS

Sniego dangos rodikliai Lietuvoje gerai koreliuoja su vidutine oro temperatūra ir sudaro statistiškai reikšmingus neigiamus ryšius visoje šalies teritorijoje. Oro temperatūrą su sniego dangos trukme sieja kiek glaudesnis ryšys nei su maksimaliu jos storium. Kritulių kiekio koreliacija su sniego dangos rodikliais yra silpnesnė. Neigiamą koreliacijos ženklą lemia didesni ir dažnesni skysto fazinio būvio krituliai šiltomis žiemomis.

Lietuvos teritorijoje analizuojamu 1961–2010 m. laikotarpiu sniego dangos trukmė vidutiniškai sutrumpėjo 17 dienų, o maksimalus sniego storis sumažėjo 3,5 cm. Nustatyta, jog dienų su sniego danga skaičius labiausiai mažėja Laukuvos MS, o sniego storis – Vilniuje bei Raseiniuose. Antra vertus, Dūkšto MS sniego dangos rodiklių tendas yra teigiamas (tačiau statistiškai nereikšmingas).

Tarp AO ir NAO indeksų reikšmių bei sniego dangos rodiklių egzistuoja stipri atvirkštinė priklausomybė. Esant aukštesnei teigiamai osciliacijos indeksų reikšmei, fiksuojamas mažesnis dienų su sniego danga skaičius bei maksimalus sniego dangos storis. Nustatyta, jog net 83 % atvejais Arkties osciliacijos ir dienų su sniego danga skaičiaus nuokrypis nuo daugiametės reikšmės yra priešingo ženklo.

Apskaičiuota, jog, esant neigiamoms AO ir NAO indeksų reikšmėms, susidaro mažesni dienų su sniego danga

skaičiaus teritoriniai skirtumai (vidutinė amplitudė siekia 44 dienas AO ir 46 dienas NAO atveju), o esant aukštiesiems teigiamiesiems indeksų dydžiams, vidutinė amplitudė atitinkamai išauga iki 61 ir 62 dienų. Pastaraisiais metais (nuo 1988 m.) šaltuoju sezonu fiksuojamos didesnės absoliučios AO ir NAO reikšmės, o tai lemia ir mažesnio sniegingumo tendencijas Lietuvoje.

Gauta 2010 09 24

Priimta 2010 10 27

Literatūra

1. Barry R., Serreze M. 2005. *The Arctic Climate System*. New York: Springer.
2. Bartkevičienė G. 2003. *Šiaurės Atlanto osciliacijos poveikis Lietuvos klimatui*. Daktaro disertacija. Vilnius.
3. Brown R. D. 2000. Northern hemisphere snow cover variability and change, 1915–1997. *Journal of Climate*. 13(13): 2339–2355.
4. Bukantis A. 1994. *Lietuvos klimatas*. Vilnius: Vilniaus universiteto leidykla.
5. Bulygina O. N., Razuvaev V. N., Korshunova N. N. 2009. Changes in snow cover over Northern Eurasia in the last few decades. *Environmental Research Letters*. 4: 045026 (6 pp).
6. Buzas A., Dorfman C., Garbaliuskas Č., Gričiūtė A., Kavaliauskas B., Styra B., Ščemeliovas V. 1966. *Lietuvos klimatas*. Vilnius.
7. Dūdėnas G. 2007. *Globali sniego dangos kaita ir pokyčių Lietuvoje prognozė*. Magistrinis darbas. Vilnius: Vilniaus universitetas.
8. Galvonaitė A., Misiūnienė M., Valiukas D., Buitkuvienė M. S. 2007. *Lietuvos klimatas*. Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba.
9. John N., Scott S., Suim T., Wittoya K. 2008. *North Atlantic Oscillation (NAO) / Arctic Oscillation (AO)*. Department Of Meteorology SJSU.
10. Kasperavičienė G. 1964. Kai kurios sniego dangos albedo savybės. *Geografija ir geologija*. III: 65–72.
11. Kuzmin P. 1961. *Process tayaniya snezhnogo pokrova*. Leningrad: Gidrometeoizdat.
12. Libiseller C. 2002. *A Program for the Computation of Multivariate and Partial Mann-Kendall Test*. Linköping University, Department of Mathematics.
13. Matulevičienė V., Vološinienė A. 1972. K voprosu ob ispareniji s poverkhnosti snega v uslovijakh Litovskoy SSR. *Geografija ir geologija*. IX: 9–12.
14. Mellor M. 1977. Engineering properties of snow. *Journal of Glaciology*. 19(81): 15–66.
15. Pečiūrienė J. 1973. Analiz usloviy vypadeniya znachitelnogo snega na teritorii Juzhnoy Pribaltiki. *Hidrometeorologiniai straipsniai*. 6: 109–115.
16. Pečiūrienė J. 1988. Silnye snegopady i meteli. *Pogodoobrazuyushchie processy i opasnye javleniya pogody nad Litvoy i Kaliningradskoy oblasti*. Leningrad. 108–113.

17. Rimkus E. 2000. Sniego dangos rodiklių anomalijos ir jų formavimasis Vilniuje. *Geografijos metraštis*. XXXIII: 50–60.
18. Rimkus E., Stankūnavičius G. 2002. Snow water equivalent variability and forecast in Lithuania. *Boreal Environment Research*. 7(4): 457–462.
19. *Snow hydrology*. 1956. U. S. Army Corps of Engineers. Summary report of investigations. Portland.
20. Stankūnavičius G. 2004. North Atlantic influence on Lithuanian climate: effects of large-scale atmospheric circulation. *Jan Mayen Island in Scientific Focus*. 41–54.
21. Stankūnavičius G., Rimkus E. 1997. Sniego dangos dinamika Vilniaus mieste. *Geografijos metraštis*. XXX: 162–169.
22. Stankūnavičius G., Rimkus E. 1998. Pirmas ir paskutinis sniegas Lietuvoje. *Geografijos metraštis*. XXXI: 34–45.
23. *The Arctic Oscillation*. 2010. National Snow and Ice Data Center. Prieiga per internetą: <http://nsidc.org>
24. Tilickis B. 1987. K voprosu prostranstvennoy izmenchivosti maksimalnykh zapasov vody v snege. *Regioninė hidro-meteorologija*. 13: 34–40.
25. Wanner H. ir kt. 2001. North Atlantic Oscillation. Concepts and studies. *Surveys in Geophysics*. 22: 321–382.

Indrė Gečaitė, Egidijus Rimkus

SNOW COVER REGIME IN LITHUANIA

Summary

An analysis of snow cover parameters in Lithuania for 1961–2010 is presented. Their spatial distribution, changes in the study period, as well as their relationship with air temperature and precipitation were determined. The statistical significance of the observed trends was examined using the Mann–Kendall test. Relationships between snow cover parameters and large-scale atmospheric circulation patterns over

the North Atlantic were also investigated. Data of 18 Lithuanian meteorological stations for the period 1961–2010 were used.

The mean annual snow cover duration in 1981–2010 in Lithuania was 82 days (Fig. 1). The spatial mean of the maximum snow depth was 18 centimeters (Fig. 3). The distribution of snow cover indices had very clear meridional features, with some disturbances around highlands. The highest values of both snow cover parameters were determined in the Žemaičiai Highland as well as in Eastern Lithuania. Western Lithuania can be characterized as having the largest annual variation of snow cover indices.

A correlation between air temperature and snow cover parameters was negative and statistically significant in the whole Lithuanian territory. The relationship of air temperature with snow cover duration was closer than with the maximum snow depth. The correlation between snow cover indices and precipitation was weaker. Larger amounts and more often a liquid state of precipitation are typical of warmer winters and explain the negative sign of the correlation.

The mean snow cover duration decreased by 17 days during the study period, whereas the maximal snow depth lowered by 3.5 cm (Figs. 2 and 4). The largest negative changes of snow cover duration were identified in Laukuva, meanwhile the most significant decrease of maximal snow depth was observed in Vilnius and Raseiniai. Only in the most eastern part of Lithuania (Dūkštas MS) the tendencies of snow cover indices were positive.

A strong negative correlation between large-scale circulation in the North Atlantic and snow cover patterns in Lithuania was identified. During the positive phase of the Arctic Oscillation (AO) and the North Atlantic Oscillation (NAO), a shorter snow cover duration and a thicker snow cover were observed. The sign of anomalies of snow cover indices and AO values was opposite during 83% of the investigated winters. Smaller spatial differences in snow cover duration in the Lithuanian territory were determined during phases of strong negative oscillations.

Key words: snow cover duration, maximal snow depth, Arctic oscillation, North Atlantic oscillation