

## SEZONINIO IŠALO GYLIO KAITA LIETUVOJE

Julius Taminskas, Kęstutis Švedas, Irutė Švedienė

Vilniaus pedagoginis universitetas, Studentų g. 39, LT-08106, Vilnius

El. paštas: juta.geogr@vpu.lt, geogr.kat@vpu.lt

---

Taminskas J., Švedas K., Švedienė I. THE CHANGES IN SEASONALLY FROZEN GROUND DEPTH IN LITHUANIA. *Annales Geographicae* 39(1), 2006.

**Abstract.** The aim of the present work is to analyse the temporal and spatial changes in seasonally frozen ground depth from the end of the 18th century until the beginning of the 21st century. According to the data of 16 meteorological stations on the maximal values of seasonally frozen ground in 1960–2000, the depth of ground frost in different regions of the country were calculated. Based on the average air temperature of cold seasons (November–February) the variations of the depth of ground frost at the end of the 18th century through to the beginning of the 21st century were also determined. The obtained results show that the reduction of the depth of ground frost due to increasing seasonal values of air temperature has been lasting for more than 200 years. However, it is also possible to trace out a cyclical (90–100 years) character of frozen ground variations. On the other hand, the amplitudes of the depth of frozen ground have been reducing.

References 10, Figs 5, Tables 2. In Lithuanian, summary in English.

**Keywords:** seasonally frozen ground, climate change.

Received: 21 February 2006, accepted: 12 October 2006.

---

### Įvadas

Enciklopediniai ir praktikoje naudojami normatyviniai sezoninio išalo rodikliai nustatyti naudojantis 1945–1980 m. arba dar ankstesnių išalo matavimų duomenimis (Справочник..., 1965; Statybinė..., 1995). Kai kur nurodoma, kad Lietuvoje giliausias išalas susidaro Vilniaus apylinkių priesmėliuose (170 cm 2% ir 134 cm 10% tikimybės) ir Biržų apylinkių priemoliuose (154 cm 2% ir 113 cm 10% tikimybės). Tuo tarpu mažiausiai išala Šilutės apylinkių (108 cm 2% ir 79 cm 10% tikimybės) smėliniai ir pelkiniai gruntai (Statybinė..., 1995). Tačiau Lietuvos hidrometeorologijos tarnyboje atliekami išalo matavimai rodo, kad gilus išalas yra labai retas reiškinys, o gilesnio nei 150 cm išalo Lietuvoje niekada nebuvo išmatuota. Todėl praktikoje dažnai stokojama dabartinį laikotarpį reprezentuojančių išalo gylio duomenų.

Kita vertus, pastaraisiais metais vis dažniau pasitaiko žiemų, kuriomis išalas būna trumpalaikis ir labai menkas. Susidaro išpūdis, kad sezoninio išalo gylis gana sparčiai mažėja. Tačiau neturint informacijos apie išalo gylį iki jo matavimų pradžios, neįmanoma įrodyti, kad tai nėra cikliškas išalo mažėjimo laikotarpis. Norint pailginti didžiausio sezoninio išalo duomenų seką, teko jį apskaičiuoti pagal šalčio sezono temperatūros reikšmes.

Kita šiame straipsnyje nagrinėjama problema – regioniniai sezoninio išalo savitumai. Žinia, vakarinėje šalies dalyje klimatą, taip pat išalo gylį, lemia jūrinės oro masės. Tuo tarpu rytinėje ir pietrytinėje dalyse yra stipri žemyninių oro masių įtaka. Tarp šių dviejų regionų esančios teritorijos klimato rodikliai skiriasi nuo aukščiau tekste paminėtų regionų. Straipsnyje klasterine analize panagrinėtos regioninės sezoninio išalo ypatybės.

Šis darbas skirtas Lietuvos teritorijoje susidarancio didžiausio metinio išalo gylio kaitos nuo XVIII a. pabaigos iki XXI a. pradžios bei jo regioninių savitumų analizei.

Sezoninis įšalas matuojamas šaltuoju metų laikotarpiu, kuomet užšąla dirvos kapiliaruose esantis vanduo. Nors įšalo gylis labai priklauso nuo vietos fizinių sąlygų, jo kaitos trendai ir daugiamečiai statistiniai rodikliai panašaus klimato zonose mažai kinta. Šiame straipsnyje nenagrinėta įšalo priklausomybė nuo vietos fizinių sąlygų, nes tai plačiai nušviesta daugelyje mokslo darbų (Hanks, Ashroft, 1986; Гречищев, 1970; Ершов, 1971). Sezoninio įšalo trukmė jau aptarta anksčiau (Taminskas, Švedas, Konstantinova, 2005). Šiame darbe analizuojama didžiausio sezoninio įšalo gylio kaita per instrumentinių XX a. įšalo matavimų laikotarpį ir kaitos tendas nuo XVIII a. pabaigos iki XXI a. pradžios.

Darbo tikslas – sezoninio įšalo gylio kaitos ir regioninių skirtumų analizė. Darbo uždaviniai:

- didžiausio sezoninio įšalo gylio kaitos analizė instrumentinių matavimų laikotarpiu;
- didžiausio sezoninio įšalo kaitos XVIII–XXI a. analizė;
- regioninių didžiausio sezoninio įšalo gylio skirtumų 1960–2000 m. analizė.

## 1. Metodika

Lietuvoje sezoninio įšalo gylis pradėtas matuoti 1923–1924 metais, tačiau iki 1957 metų įšalo matavimai lapkritį–kovą buvo daromi tik kartą per mėnesį, iškertant sušalusio grunto monolitus iki neišalusio grunto ribos (Справочник..., 1965). Tokie matavimai labai sudėtingi ir jų periodiškumas neužtikrino tikslaus didžiausio įšalo gylio nustatymo. Todėl nuo 1955–1957 metų įšalo gylį pradėta matuoti A. Danilino pašalomačiu. Šie matavimai meteorologijos stotyse buvo vykdomi kiekvieną parą, o agrometeorologijos postuose – kas penktą parą. Maždaug nuo 2000 metų įšalo stebėjimai atliekami tik meteorologijos stotyse. Matavimų vietos ir metodika per stebėjimų laikotarpį šiek tiek keitėsi. Dabar įšalo matavimai atliekami 21 vietovėje: Vėžaičiuose, Šilutėje, Telšiuose, Tauragėje, Raseiniuose, Šiauliuose, Radviliškyje, Dotnuvoje, Panevėžyje, Biržuose, Rokiškyje, Utenoje, Ukmergėje, Švenčionyse, Kaune, Trakuose, Vilniuje (Trakų Vokė), Kybartuose, Marijampolėje, Lazdijuose ir Varėnoje.

Atliekant erdvėlaikinę sezoninio įšalo gylio analizę naudotasi 1960–2000 m. duomenimis, gautais matuojant A. Danilino pašalomačiu. Šiai analizei panaudoti 17 esamų ir buvusių meteorologijos stočių ir postų (Biržai, Telšiai, Šiauliai, Utena, Raseiniai, Šilutė, Ukmergė, Kaunas, Marijampolė, Varėna, Lazdijai, Tauragė, Dotnuva, Panevėžys, Trakai, Vilainiai, Vėžaičiai) įšalo matavimų duomenys (Agrometeorologiniai..., 1960...2000). Kitų stočių matavimo duomenų sekos yra labai trumpos ir nehomogeniškos, todėl jomis nesinaudota arba naudotasi tik minimaliai – atkuriant trūkstamus analizuojamų stočių duomenis. Kai kuriose analizuojamose stotyse įšalo matavimo duomenų sekos buvo pertrauktos, todėl, norint homogenizuoti lyginamąsias duomenų sekas, trūkstamus duomenis teko atkurti stočių analogų metodu. Homogenizuotos įšalo duomenų sekos analizuotos statistinės analizės metodais (Боровиков, 2001).

Kita vertus, nustatyti statistiniai 1960–1979 m. ir 1980–2000 m. įšalo gylio rodikliai buvo lyginami ir su analogiškais 1948–1957 metų rodikliais (Справочник..., 1965). Nors Lietuvoje įšalas pradėtas matuoti palyginti neseniai, tačiau kiti instrumentiniai meteorologiniai stebėjimai pradėti jau XVIII a. pabaigoje. Norint nustatyti įšalo gylio kaitos tendus per ilgesnį stebėjimų laikotarpį, buvo panaudoti Vilniaus meteorologijos stoties, veikusios su mažomis pertraukomis nuo 1780 m, vidutinių mėnesinių oro temperatūrų duomenys. Prieš tai buvo nustatomi koreliaciniai ryšiai tarp metinės arba įvairios trukmės šaltojo sezono oro temperatūros ir didžiausio įšalo gylio. Nors glaudžiausias ryšys buvo nustatytas tarp didžiausio įšalo gylio ir neigiamų šaltojo sezono temperatūros sumos, dėl turimų meteorologinių duomenų specifikos (yra tik 200 metų laikotarpio vidutinės mėnesio temperatūros), retrospektyvinei įšalo gylio analizei buvo panaudota priklausomybė tarp didžiausio įšalo gylio ir vidutinės oro temperatūros XI–II mėnesiais.

Erdvėlaikinė įšalo gylio analizė ir duomenų grupavimas atlikta Vardo (Ward's) klasterinės analizės metodu (Девис, 1977) – juo buvo lyginamas didžiausias įšalo gylio

skirtingose matavimo vietose. Vardo metodas nuo kitų klasterinės analizės metodų skiriasi tuo, kad juo nagrinėjant skirtingus priartėjimus daugiau įvertinama ne klasterių koreliacija, o atstumas tarp jų. Šis metodas yra labai veiksmingas sudarant mažos apimties klasterius.

## 2. Didžiausias įšalo gylis 1948–2000 metais

Nors kai kuriuose literatūros šaltiniuose nurodoma, kad didžiausias įšalo gylis Lietuvoje gali siekti 1,7 m (Statybinė..., 1995), tokio gylio įšalo Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba nėra nustatiusi (Agrometeorologiniai..., 1960...2000). Tai, matyt, yra skaičiuota mažos tikimybės įšalo reikšmė arba įšalas nustatytas „sujudinto“ grunto statybvietėse. Didžiausias įšalo gylis buvo išmatuotas 1966 metais Dusetose – 1,46 m. Panašaus gylio įšalas susidarė 1969 m. Lazdijuose ir Trakuose (1 lent.).

Kaip matyti 1 lentelėje, lyginant iki 1957 metų matuotą didžiausią įšalo gylį (Справочник..., 1965) su vėlesniais matavimais (Agrometeorologiniai..., 1960...2000), didžiausias įšalo gylis beveik visoje Lietuvoje buvo nustatytas 1960–1979 metais. Ypač mažas įšalas buvo paskutinius du XX a. dešimtmečius. 1960–1979 metais, lyginant su 1948–1957 metais, didžiausias įšalo gylis vidutiniškai padidėjo apie 27 cm, o 1980–2000 metais jis sumažėjo maždaug 6 cm. Lyginant paskutinių dviejų XX a. dešimtmečių didžiausią įšalo gylį su 1960–1979 metų, matyti, kad įšalo gylis sumažėjo apie 33 cm (1 lent.). Galima teigti, kad 5–6 dešimtmečiais maksimalus įšalas buvo labai panašus į įšalo gylį, nustatytą per paskutinius du XX a. dešimtmečius, tačiau, kaip nurodyta klimato žinyne (Справочник..., 1965), 1948–1957 m. matavimų rezultatus dėl nelabai patikimos įšalo matavimų metodikos reikia vertinti kritiškai.

**1 lentelė.** Įvairiais laikotarpiais išmatuotas didžiausias įšalo gylis

**Table 1.** Maximal depth of frozen ground measured at different time spans

Vieta Location	1948–1957	1960–1979	Skirtumas Difference	1980–2000	Skirtumas Difference	Skirtumas Difference
Biržai	102	140	38	110	8	-30
Telšiai	80	113	33	98	18	-15
Šiauliai	71	130	59	105	34	-25
Dusetos	65	146	81	116	24	-30
Utena	92	116	24	101	9	-15
Raseiniai	79	141	62	78	-1	-63
Šilutė	85	94	9	106	21	12
Ukmergė	92	140	48	85	-7	-55
Kaunas	108	113	5	80	-28	-33
Marijampolė	124	113	-11	93	-31	-20
Varėna	120	138	18	90	-30	-48
Lazdijai	–	145	–	132	–	-13
Tauragė	93	117	24	81	-12	-36
Dotnuva	107	98	9	101	-6	3
Panevėžys	104	134	30	47	-57	-87
Trakai	–	145	–	100	–	-45

Analizuojant patikimesnius įšalo matavimo duomenis paaiškėjo, kad visose įšalo matavimo vietose antroje XX a. pusėje didžiausias įšalo gylis mažėjo. 1960–1979 metais šaltomis žiemomis (10% tikimybės) įšalo gylis net Šilutėje viršijo 0,78 m, o ypač šaltomis žiemomis kai kur jis siekė 1,46 m. 1980–2000 metų šaltomis žiemomis daugelyje šalies vietų įšalas buvo daug mažesnis (2 lent.).

1960–1979 metais vidutinio šaltumo (50% tikimybės) žiemomis didžiausias įšalo gylis buvo nuo 0,37 m iki 1,03 m. 1980–2000 metais jo storis sumažėjo visose šalies vietose ir buvo nuo 0,21 m iki 0,71 m (2 lent.).

1960–1979 metais šiltomis žiemomis (90% tikimybės) didžiausias įšalo gylis buvo nuo 0,16 m iki 0,4 m, o 1980–2000 metais beveik visoje šalyje jis taip pat sumažėjo (2 lent.).

**2 lentelė.** Didžiausio įšalo gylio tikimybė 1960–1979 ir 1980–2000 metais

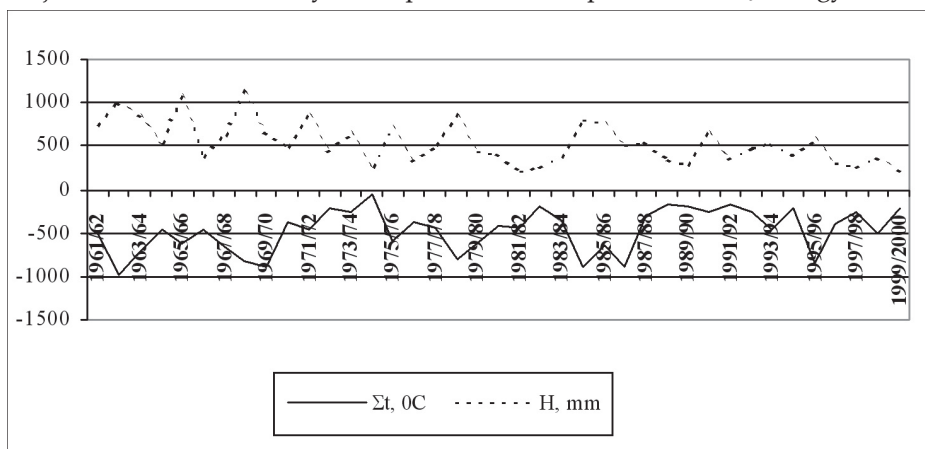
**Table 2.** Probability of maximal seasonal freeze depths in 1960–1979 and 1980–2000

Tikimybė Probability	Metai Year	Biržai	Telšiai	Šiauliai	Dusetos	Utena	Raseiniai	Šilutė	Ukmergė
10%	1960–1979	88	93	96	121	103	107	78	111
	1980–2000	87	43	40	104	88	67	55	76
50%	1960–1979	72	47	63	103	74	44	37	55
	1980–2000	38	21	22	71	47	36	28	45
90%	1960–1979	30	29	27	40	28	19	16	24
	1980–2000	24	10	12	20	16	18	9	18
Tikimybė Probability	Metai Year	Kaunas	Marijampolė	Varėna	Lazdijai	Tauragė	Dotnuva	Panevėžys	Trakai
10%	1960–1979	97	89	102	138	99	97	92	119
	1980–2000	70	65	76	77	57	70	45	74
50%	1960–1979	55	59	76	76	42	61	44	56
	1980–2000	43	38	51	55	35	41	23	37
90%	1960–1979	17	30	32	30	10	21	20	24
	1980–2000	26	11	26	23	10	28	15	25

### 3. Didžiausio įšalo gylio priklausomybė nuo oro temperatūros

Palyginus šaltojo sezono didžiausią įšalo gylį su sezono neigiamos oro temperatūros suma, buvo nustatyta gana glaudi priklausomybė. Koreliacijos koeficientas tarp šių dydžių skirtingose stovyse kito nuo 0,6 iki 0,88. Kita vertus, apskaičiavus kelių meteorologijos stočių didžiausio įšalo gylio ir šaltojo sezono neigiamos temperatūros sumos vidurkius, 1961–2000 metais išryškėjo įšalo mažėjimo trendas (1 pav.).

Palyginus šaltojo sezono maksimalų įšalo gylį su įvairių laikotarpių vidutine oro temperatūra ir skaičiavimui naudojant 40 porų imtis, gautos skirtingo glaudumo priklausomybės. Koreliacijos koeficientas nustatytas tarp metinės temperatūros ir įšalo gylio siekė 0,6.



**1 pav.** Šaltojo sezono maksimalaus įšalo gylio ir neigiamos temperatūros sumos vidurkių kaita; vidurkis apskaičiuotas Biržų, Dotnuvos, Dūkšto, Kybartų, Lazdijų, Šilutės, Telšių, Utenos ir Varėnos meteorologijos stočių stebėjimų duomenimis

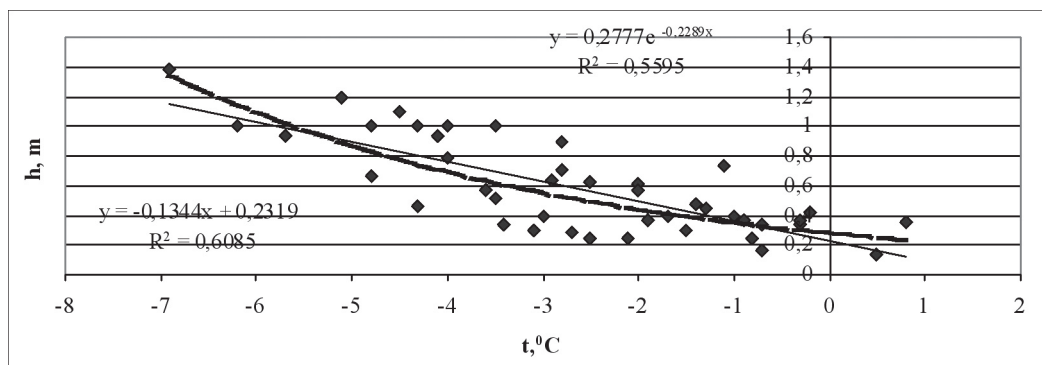
**Fig. 1.** Variations of the sum of maximal seasonal freeze depths and negative air temperatures in cold season. The average value was calculated based on the data of Biržai, Dotnuva, Dūkštas, Kybartai, Lazdijai, Šilutė, Telšiai, Utena and Varėna meteorological stations

Šiek tiek glaudesnis ryšys ir aukštesnis koreliacijos koeficientas (0,67) gautas lyginant didžiausią įšalo gylį ne su kalendorinių, o su hidrologinių metų (XI–X mėn.) vidutine oro temperatūra. Dar didesnis koreliacijos koeficientas nustatytas tarp didžiausio įšalo gylio ir įvairių šalčio sezono laikotarpių vidutinės temperatūros. Pats didžiausias koreliacijos koeficientas (0,75) nustatytas tarp vidutinės XI–II mėnesių oro temperatūros ir didžiausio įšalo gylio. Toks aukštas koreliacijos koeficientas rodo, kad ryšio patikimumas yra didesnis nei 95% (Смирнов, 1981). Taigi skaičiuojant didžiausią metų įšalo gylį pagal XI–II mėnesių vidutinę oro temperatūrą, šio laikotarpio vidutinė temperatūra didžiausią įšalo gylį atspindi panašiai kaip ir šalčio sezono neigiamos temperatūros suma.

#### 4. Didžiausio įšalo gylio kaita XVIII– XXI a.

Lietuvoje sistemingi įšalo matavimai pradėti tik trečiame XX a. dešimtmetyje, mažo, iki septinto dešimtmečio pradžios matavimų metodika neužtikrino reikiamo matavimų tikslumo. Todėl geriausiai įšalo gylį atspindi nuo 1960 metų atliekami matavimai. Analizuojant juos visose matavimų vietose matyti labai aiškus didžiausio įšalo gylio mažėjimo trendas. Norint išsiaiškinti, ar įšalo gylio mažėjimas per šį trumpą laikotarpį nėra natūralus ir santykinai trumpalaikis procesas, reikėjo atlikti įšalo gylio retrospektyvinę analizę.

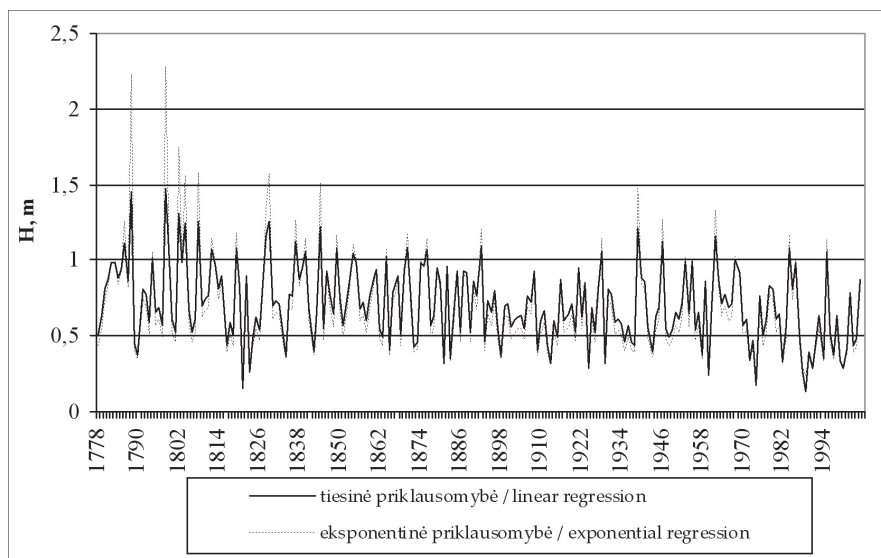
Remiantis nustatyta tiesine priklausomybe tarp Trakų Vokės meteorologijos stotyje išmatuoto didžiausio įšalo gylio ir XI–II mėnesių vidutinės oro temperatūros (2 pav.), buvo nustatyta didžiausio įšalo gylio kaita Vilniuje nuo 1779 iki 2005 metų (3 pav.). Analizės rezultatai rodo gana aiškų didžiausio įšalo gylio mažėjimo trendą per visą instrumentinių oro temperatūros matavimų laikotarpį. Paskutinių XVIII a. dešimtmečių didžiausio įšalo gylio vidurkis atitinkamai buvo 0,9 ir 0,8 m, o paskutinį XX a. dešimtmetį ir XXI a. pradžioje jis sumažėjo iki 0,5 m (3 pav.). Kaip matyti 3 pav., pats mažiausias įšalo gylis buvo paskutinį praėjusio amžiaus dešimtmetį ir šio amžiaus pradžioje. Tai patvirtina ir visų Lietuvos meteorologijos stočių stebėjimai. Panašus įšalo gylis buvo ir XIX a. pabaigoje bei pirmais XX a. dešimtmečiais – apie 0,6 m. Tačiau įdomiausia yra tai, kad gana staigiai įšalo gylis sumažėjo XVIII, XIX ir XX amžių pabaigoje (3 pav.). Tyrimo rezultatai rodo maždaug 100 metų įšalo kaitos ciklus, tačiau kiekvieno ciklo įšalo kaitos amplitudė yra mažesnė už prieš tai buvusiojo.



**2 pav.** Priklausomybė tarp 1960–2000 metais Trakų Vokės stotyje išmatuoto didžiausio įšalo gylio ir vidutinės XI–II mėnesių oro temperatūros

**Fig. 2.** Dependence between the depth of ground frost in the Trakų Vokė meteorological station and the average air temperature in November–February, 1960–2000

Kaip matyti 2 paveiksle, skaičiuojant didžiausią įšalo gylį tiesine priklausomybe, gaunamos didelės ekstremalių reikšmių paklaidos. Joms nustatyti geriau tiktų naudoti eksponentinę priklausomybę, nors jos koreliacijos koeficientas yra šiek tiek mažesnis nei nustatytosios tiesine priklausomybe (2 pav.). Eksponentine priklausomybe nustatytas didžiausias įšalo gylis XVIII a. pabaigoje galėjo būti virš dviejų metrų (3 pav.). Mažiausias įšalo gylis, nustatytas tiesine priklausomybe, per instrumentinių matavimų laikotarpį buvo 0,15 m (1821) ir 0,13 m (1989), tuo tarpu eksponentine priklausomybe – 0,24 m (3 pav.).

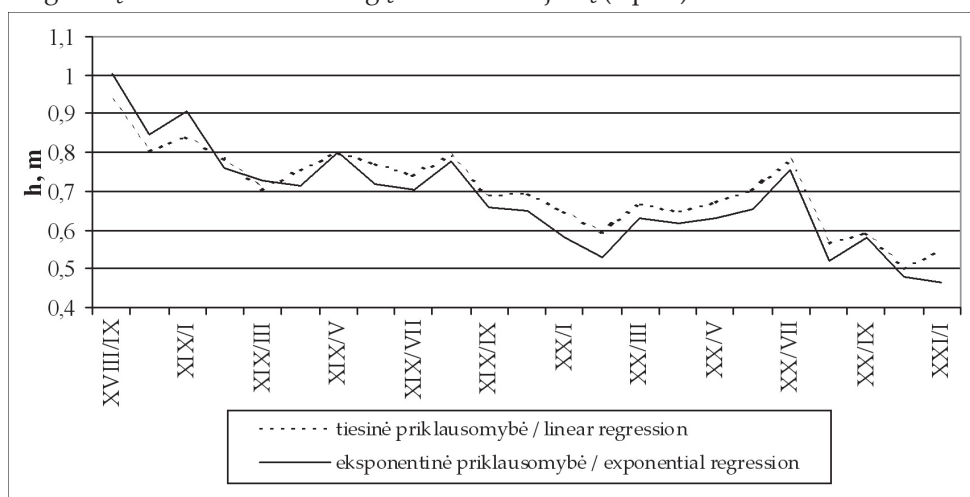


3 pav. Didžiausio įšalo gylio kaita Vilniuje (XI–II mėn. vidutinės temperatūros duomenimis)

**Fig. 3.** Variations of the depth of ground frost in Vilnius (calculated according to the average values of air temperature in November–February).

Nuo XVIII a. pabaigos trunkantį įšalo gylio mažėjimą lėmė vis šiltėjančios žiemos. Nors didžiausio įšalo gylio mažėjimas tęsiasi ne mažiau kaip 200 metų, šis procesas ypač suintensyvėjo nuo 7-tojo praėjusio amžiaus dešimtmečio. Tai gali būti susiję su natūralaus žiemos pašiltėjimo ciklo, panašaus į buvusį XIX a. pabaigoje ir XX a. pradžioje, sutapimu su ilgalaikiu įšalo gylio mažėjimu. Tokiu atveju artimiausiu laiku lauktinas įšalo gylio didėjimas, tačiau jis neturėtų būti didesnis nei 5–8 dešimtmečiais buvęs įšalo gylis.

Taigi, lyginant su įšalo kaita XVIII–XIX a., galima teigti, kad 1948–1957, 1960–1979 ir 1980–2000 metais nustatyti įšalo gylio rodikliai atspindi skirtingas šaltojo sezono klimato sąlygas. Pirmajam laikotarpiui būdingos gana šiltos žiemos su mažesniu įšalu, dar šiltesnės žiemos ir mažesnis įšalas būdingas trečiajam laikotarpiui. Tuo tarpu antrajam laikotarpiui būdingos šaltos žiemos su giliu įšalu. Panašios klimatinės situacijos yra buvusios ir anksčiau, tačiau paskutinius keturis dešimtmečius besitęsiantis labai mažo įšalo laikotarpis rodo ilgalaikį ir anksčiau nebūdingą klimato šiltėjimą (4 pav.).



4 pav. Didžiausio įšalo gylio dešimtmečių vidurkių kaita Vilniuje nuo XVIII a. devinto dešimtmečio iki XXI a. pradžios šaltojo sezono oro temperatūros duomenimis

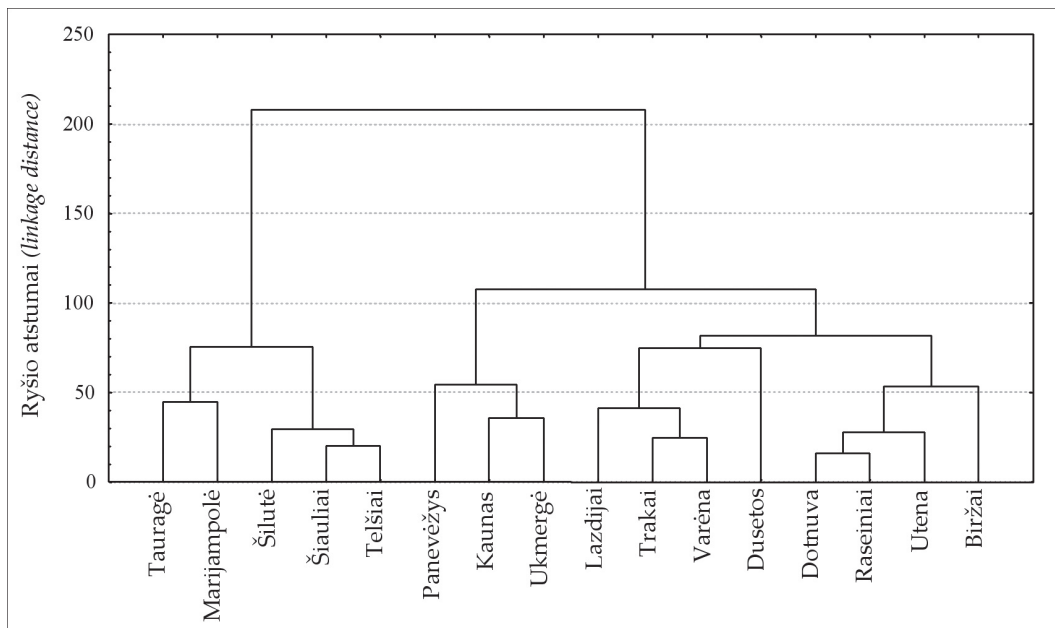
**Fig. 4.** Variation of the ten-year averages of the depth of ground frost in Vilnius from the 80ties of the 18th century until the beginning of the 21st century calculated according to air temperatures of cold season

## 5. Įšalo gylio regioninės sklaidos analizė

Vardo metodu atlikus didžiausio sezoninio įšalo gylio klasterinę analizę, visas įšalo matavimo vietas galima suskirstyti į dvi grupes. Pirmai grupei priklauso Tauragė, Marijampolė, Šilutė, Šiauliai ir Telšiai. Šioje grupėje, kurioje įšalo gylį lemia jūrinis klimatas, būtų skiriami du pogrupiai (5 pav.). Panaši jūrinio klimato veikiama vietovių grupė išsiskiria ir analizuojant įšalo susidarymo ir trukmės laikotarpius (Taminskas ir kt., 2005). Antrą grupę sudarytų kitos analizuotos teritorijos, kur ryškesnė žemyninio klimato įtaka. Šioje grupėje galima išskirti tris pogrupius (5 pav.). Pirmąjį pogrupį sudarytų teritorijos, kur didžiausia žemyninio klimato įtaka (Dusetos, Varėna, Trakai, Lazdijai), antrą – teritorijos, kur žemyninio klimato įtaka mažesnė (Utena, Biržai, Dotnuva ir Raseiniai), trečią – teritorijos, kur mažiausia kontinentinio klimato įtaka (Panevėžys, Kaunas ir Ukmergė).

Pirmos grupės vietovės rodo teritoriją, kur yra stipri jūrinio klimato įtaka: 1960–2000 metų didžiausio įšalo gylio duomenimis, 95% tikimybės įšalas čia kinta nuo 6 cm iki 11 cm, vidurkis – 9 cm. 50% tikimybės įšalas kinta nuo 34 cm iki 52 cm, vidurkis – 43 cm. Tuo tarpu 5% tikimybės įšalas yra labai panašus į antros grupės antro pogrupio ir kinta nuo 95 cm iki 113 cm, vidurkis – 104 cm.

Nors pagal klasterinę analizę kita šalies dalis priklausytų vienam klasteriui, čia galima išskirti tris pogrupius. Pirmam pogrupiui priklauso teritorija, kur yra didžiausia žemyninio klimato įtaka. Čia išryškėja šaltų žiemų įšalo gylis. 5% tikimybės įšalas kinta nuo 120 cm iki 146 cm, vidurkis – 134 cm. Gana skirtingas ir 50% tikimybės įšalas. Jis kinta nuo 39 cm iki 76 cm, vidurkis – 59 cm. Kiek mažiau skiriasi 95% tikimybės įšalas, kuris kinta nuo 11 cm iki 27 cm, vidurkis – 20 cm. Pirmos grupės antram pogrupiui artimiausias antros grupės antras pogrupis, kuriame 5% tikimybės įšalas kinta nuo 98 cm iki 114 cm, vidurkis – 106 cm. 50% tikimybės įšalas čia kinta nuo 40 cm iki 58 cm, vidurkis – 50 cm. 95% tikimybės įšalas šiame pogrupyje kinta nuo 15 cm iki 23 cm, vidurkis – 18 cm. Labiausiai antroje grupėje išsiskiria trečias pogrupis. Jo 50% tikimybės įšalas panašesnis į pirmos grupės ir kinta nuo 33 cm iki 52 cm, vidurkis – 43 cm. Tuo tarpu 5% tikimybės įšalas čia labai mažai skiriasi nuo antros grupės antro pogrupio ir kinta nuo 100 cm iki 118 cm, vidurkis – 112 cm. Nuo antros grupės antro pogrupio mažai skiriasi ir 95% tikimybės įšalas, kuris kinta nuo 14 cm iki 18 cm, vidurkis – 16 cm. Taigi šios teritorijos išskirtinumas išryškėja vidutinio šaltumo žiemomis. Tai gali lemti arti esančios didelės (Nevežio, Šventosios, Nemuno) upės.



5 pav. Didžiausio sezoninio įšalo gylio klasterinė diagrama

Fig. 5. Cluster diagram of depth of ground frost

## Apibendrinimas

Nors kai kuriuose literatūros šaltiniuose nurodytas galimas didžiausias 2% tikimybės įšalo gylis Lietuvoje yra 1,7 m, nuo 1948 m. Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba tokio didelio įšalo gylio nėra išmatavusi. Didžiausias Dusetose išmatuotas įšalo gylis 1966 m. – 1,46 m.

Turimais duomenimis, penktame ir šeštame XX a. dešimtmečiais didžiausias išmatuotas įšalo gylis buvo labai panašus į išmatuotą per paskutinius du XX a. dešimtmečius, tačiau ankstesnius matavimus dėl nelabai patikimos metodikos reikia vertinti kritiškai. Tuo tarpu 7–8 dešimtmečiais sezoninio įšalo gylis buvo didžiausias per visą įšalo matavimo laikotarpį. Apibendrinus 1948–2000 metų didžiausio įšalo gylio duomenis, matyti labai aiškus įšalo gylio mažėjimo trendas.

Norint nustatyti įšalo gylį, neturint tiesioginių jo matavimo duomenų, naudojami kiti meteorologiniai rodikliai – dažniausiai oro temperatūra. Iš šių duomenų koreliacijos matyti, kad skaičiuojant didžiausią metų įšalo gylį pagal oro temperatūrą, geriausia naudotis šalčio sezono neigiamos temperatūros suma arba XI–II mėnesių vidutine oro temperatūra.

Pagal XI–II mėnesių vidutinę oro temperatūrą apskaičiuotasis įšalo gylis parodė, kad įšalo gylis mažėja jau ne mažiau kaip 200 metų, tačiau per šį laikotarpį buvo bent trys esminiai proceso pokyčiai – ketvirtame ir devintame XIX a. dešimtmetyje bei devintame XX a. dešimtmetyje. Nuo XIX a. ketvirto dešimtmečio matyti didžiausio įšalo gylio ir jo amplitudės sumažėjimas. Nuo devinto dešimtmečio didžiausias įšalo gylis sumažėja dar labiau ir, nors XX a. 5–8 dešimtmečiais jis šiek tiek padidėja, jau nepasiekia XVIII a. pabaigoje ir XIX a. pradžioje buvusio dydžio. Ypač staigiai įšalo gylis ėmė mažėti devintame XX a. dešimtmetyje. Tai gali būti susiję su natūralaus žiemos pašiltėjimo ciklo, panašaus į buvusį XIX a. pabaigoje ir XX a. pradžioje, sutapimu. Tokiu atveju artimiausiu laiku lauktinas įšalo gylio didėjimas, tačiau jis neturėtų viršyti 7–8 dešimtmečių įšalo gylio. Taigi tyrimai rodo, kad sezoninio įšalo mažėjimo trendas sutampa su jo svyravimo ciklais, kurių periodas yra apie 90–100 metų.

1960–2000 metų didžiausio įšalo klasterinė analizė parodė, kad visą Lietuvos teritoriją pagal šį rodiklį galima skirstyti į dvi dalis. Pirmojoje įšalo formavimuisi didžiausią įtaką turi jūrinės, antrojoje – žemyninės oro masės. Tačiau pagal žemyninių oro masių poveikį antrojoje teritorijos dalyje (vietovių grupėje) galima išskirti tris pogrupius. Pirmajame šios grupės pogrupyje jūrinio oro masių įtaka yra minimali. Tuo tarpu antrame ir trečiame pogrupiuose šiltomis žiemomis įšalo gylį, matyt, lemia toli į šalies teritoriją prasiskverbianti jūrinio oro masė. Tokie atvejai paskutinius du dešimtmečius buvo ypač dažni.

## Padėka

Straipsnio autoriai nuoširdžiai dėkoja Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos vyriausiajai meteorologei Daliai Skeivelienei ir kitiems darbuotojams už suteiktą galimybę pasinaudoti meteorologinių matavimų duomenimis ir patarimus bei konsultacijas rengiant šį straipsnį.



## Literatūra

- Agrometeorologiniai metraščiai** (1960...2000)/Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba, Vilnius.
- Hanks R. J., Ashroft G. L.** (1986). Applied Soil Physics: 2ed Printing. Berlin: Springer.
- Statybinė klimatologija** (1995). *Respublikinės statybos normos.* / LR Statybos ir urbanistikos ministerija, p. 120–121.
- Taminskas J., Švedas K., Konstantinova J.** (2005). Sezoninio išalo trukmė Lietuvoje, *Geografijos metraštis*, t. 38, p. 19–29.
- Боровиков В.** (2001). STATISTICA искусство анализа данных на компьютере для профессионалов. С–ПБ: Питер, 656 с.
- Девис Д.** (1977). Анализ многомерных данных. *Статистика и анализ геологических данных*, Москва, с. 485–520.
- Гречищев С. Е.** (1970). К основам методики прогноза температурных напряжений и деформаций в мерзлых грунтах, Москва: Изд-во ВСЕГИНГЕО.
- Ершов Э. Д.** (1971). Приближенная количественная оценка влияния различных факторов природной обстановки на температурный режим пород. *Мерзлотные исследования*, вып. XI, Москва: Изд-во МГУ.
- Справочник** по климату СССР, вып. 6. Температура воздуха и почвы (1965).
- Смирнов Б. И.** (1981). Корреляционные методы при парагенетическом анализе, Москва: Недра, 176 с.

## **The Changes in Seasonally Frozen Ground Depth in Lithuania**

### **Summary**

The aim of the present work is to analyse the changes in seasonally frozen ground depth and regional differences. The tasks are:

- to analyse the changes in seasonally frozen ground depth at the time of instrumental measuring;
- to analyse the changes in seasonally frozen ground depth in the 18th–21st centuries;
- to analyse the regional differences in seasonally frozen ground depth in 1960–2000.

The seasonally frozen ground depth is measured in cold season when the capillary soil water gets frozen. Though the depth of frozen ground depends on the local physical conditions its change trends and long-term statistical indices in climatically comparable zones are almost similar. The present article does not go deeper into the frozen ground dependence on the local physical conditions. It is focused on analysis of the depth of seasonally frozen ground at the time of instrumental measuring and on the trend of its depth changes from the 18th through to the beginning of the 21st century.

Measuring of the depth of seasonally frozen ground in Lithuania were started in Lithuania in 1923–1924 but until 1957 they had been performed only once a month in November–March by hewing out monoliths of frozen ground till the boundary of unfrozen soil. This measuring technique is very complicated therefore periodicity of measuring did not ensure the determining of precise depth of frozen ground. Since 1955–1957, the depth of frozen ground has been measured by the aid of A. Danilin's frozen ground gauge. The measuring in meteorological stations were done every day or every fifth day. Most reliable data on frozen ground depth have been obtained since 1960. Therefore the present work is based on the frozen ground measuring data obtained in 1960–2005.

Frozen ground observations showed that deep seasonal ground freeze has become a rare phenomenon in Lithuania. Since 1948, frozen ground depth has never reached more than 150 cm though according to literary data, in earlier years this depth of ground frost would occur from time to time.

Recently, winters with short-lasting and small depth frozen ground have become more frequent. Comparison of the data obtained in the last decades with the data from the 60ties–70ties of the 20th century (when the seasonal frozen ground depths were greatest during the history of measuring) shows that depth of ground frost is markedly reducing. This can be explained by the impacts of global climate warming. In order to test the presumption that the reducing depth of seasonally frozen ground is related with the cycles of warm years and is a periodically recurring phenomenon we analysed the changes of the seasonally frozen ground depth since the end of the 18th until the beginning of the 21st century.

According to the obtained results, the reduction of the depth of seasonally frozen ground has been lasting for more than 200 years. The data also prove a cyclical character of depth variations of seasonally frozen ground (cycles of 90–100 years). However, the amplitudes of these variations have been slackening. The greatest reduction of the frozen ground depth was taking place at the end of the 20th–the beginning of the 21st centuries. We assume that this trend is related with global warming which is evident from the temperature variations in cold season.

It was determined that the maximal depth of seasonally frozen ground varies from region to region of the country. The cluster analysis of the measuring data of 1960–2000 was further used for analysis of the regional patterns of frozen ground. The localities where seasonally frozen ground depth was measured can be divided into two groups. The first group includes the western part of Lithuania (dominant impact of marine climate) and the second includes the central and eastern parts of Lithuania (dominant impact of continental climate).