

VILNIUS UNIVERSITY  
NATURE RESEARCH CENTRE

DAIVA VAITKUVIENĖ

**ABUNDANCE AND SPATIAL DISTRIBUTION,  
BREEDING HABITAT SELECTION, BREEDING  
SUCCESS AND SPRING ARRIVAL OF THE WHITE  
STORK *CICONIA CICONIA* IN THE NORTH-WESTERN  
PERIPHERY OF THE RANGE**

SUMMARY OF DOCTORAL DISSERTATION  
BIOMEDICAL SCIENCES, ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL SCIENCE (03 B)

Vilnius, 2014

The dissertation was prepared during the years 2009–2014 at the Nature Research Centre

**Scientific Supervisor:**

Dr Mindaugas Dagys (Nature Research Centre, Biomedical Sciences, Ecology and Environmental Sciences – 03 B)

**The defense of the dissertation is held at the Vilnius University Ecology and Environmental Research Council:**

**Chairman** – Prof. Dr Habil. Jonas Rimantas Stonis (Lithuanian University of Educational Sciences, Biomedical Sciences, Zoology – 05 B)

**Members:**

Prof. Dr Arūnas Bukantis (Vilnius University, Physical Sciences, Physical Geography – 06 P)

Prof. Dr Virginijus Sruoga (Lithuanian University of Educational Sciences, Biomedical Sciences, Ecology and Environmental Sciences – 03 B)

Dr Saulius Švažas (Nature Research Centre, Biomedical Sciences, Ecology and Environmental Sciences – 03 B)

Dr Habil. Mečislovas Žalakevičius (Nature Research Centre, Biomedical Sciences, Ecology and Environmental Sciences – 03 B)

**Opponents:**

Prof. Dr Gediminas Brazaitis (Aleksandras Stulginskis University, Agricultural Sciences, Forestry – 04 A)

Dr Rimgaudas Treinys (Nature Research Centre, Biomedical Sciences, Ecology and Environmental Sciences – 03 B)

Defense of the dissertation will be held at the public meeting of the Ecology and Environmental Research Council on 22 December 2014 at 2 p. m. at the Nature Research Centre.

Address: Akademijos 2, LT-08412, Vilnius, Lithuania

Phone +370 5 2729257, fax +370 5 2729352

The summary of the dissertation is distributed on 21 November 2014.

The dissertation is available at the libraries of Vilnius University and Nature Research Centre.

VILNIAUS UNIVERSITETAS  
GAMTOS TYRIMŲ CENTRAS

DAIVA VAITKUVIENĖ

**BALTOJO GANDRO *CICONIA CICONIA* GAUSUMAS IR  
ERDVINIS PASISKIRSTYMAS, PERĖJIMO BUVEINIŲ  
PASIRINKIMAS, PERĖJIMO SĖKMINGUMAS IR  
PAVASARINIS ATSKRIDIMAS AREALO ŠIAURĖS  
VAKARŲ PERIFERIJOJE**

DAKTARO DISERTACIJOS SANTRAUKA  
BIOMEDICINOS MOKSLAI, EKOLOGIJA IR APLINKOTYRA (03 B)

Vilnius, 2014

Disertacija rengta 2009–2014 metais Gamtos tyrimų centre

**Mokslinis vadovas:**

Dr. Mindaugas Dagys (Gamtos tyrimų centras, biomedicinos mokslai, ekologija ir aplinkotyra – 03 B)

**Disertacija ginama Vilniaus universiteto Ekologijos ir aplinkotyros mokslo krypties taryboje:**

**Pirmininkas** – Prof. habil. dr. Jonas Rimantas Stonis (Lietuvos edukologijos universitetas, biomedicinos mokslai, zoologija – 05 B)

**Nariai:**

Prof. dr. Arūnas Bukantis (Vilniaus universitetas, fiziniai mokslai, fizinė geografija – 06 P)

Prof. dr. Virginijus Sruoga (Lietuvos edukologijos universitetas, biomedicinos mokslai, ekologija ir aplinkotyra – 03 B)

Dr. Saulius Švažas (Gamtos tyrimų centras, biomedicinos mokslai, ekologija ir aplinkotyra – 03 B)

Habil. dr. Mečislovas Žalakevičius (Gamtos tyrimų centras, biomedicinos mokslai, ekologija ir aplinkotyra – 03 B)

**Oponentai:**

Prof. dr. Gediminas Brazaitis (Aleksandro Stulginskio universitetas, žemės ūkio mokslai, miškotyra – 04 A)

Dr. Rimgaudas Treinys (Gamtos tyrimų centras, biomedicinos mokslai, ekologija ir aplinkotyra – 03 B)

Disertacija bus ginama viešame Ekologijos ir aplinkotyros mokslo krypties tarybos posėdyje 2014 m. gruodžio 22 d. 14 val. Gamtos tyrimų centre.

Adresas: Akademijos 2, LT-08412, Vilnius, Lietuva

Tel. +370 5 2729257, fax. +370 5 2729352

Disertacijos santrauka išsiuntinėta 2014 m. lapkričio mėn. 21 d.

Disertaciją galima peržiūrėti Vilniaus universiteto ir Gamtos tyrimų centro bibliotekose.

## **Abbreviations**

NDVI – Normalized Difference Vegetation Index

FAD – first arrival data

NAO – North Atlantic Oscillation

CLC – CORINE Land Cover (Coordination of Information on the Environment Land Cover)

CLC 1xx – areas with discontinuous urban fabric (buildings, roads and artificially surfaced areas associated with vegetated areas and bare soil – villages, rarely build up suburbs)

CLC 13x – mineral extraction sites, dump sites, construction sites

CLC 211 – intensive farmland areas

CLC 231 – grassland

CLC 242 – extensive farmland areas

CLC 243 – extensive farmland areas associated with vegetated areas

CLC 3xx – broad-leaved, coniferous and mixed forests

GIS – Geographic Information Systems

AIC – Akaike Information Criterion

BIC – Bayesian Information Criterion

RIV – relative importance of variable

JZa – average number of juveniles per breeding pair

JZm – average number of juveniles per successful pair

OEL – overhead electricity lines

## INTRODUCTION

**Relevance of the study.** The White Stork, a typical bird species of agricultural landscapes settling in the neighbourhood of man, is considered to be an indicator of ecological, healthy environment and sustainable agriculture (Tryjanowski *et al.* 2005 (b), Sæther *et al.* 2006, Kosicki 2012). The part of the White Stork population breeding in Lithuania, belonging to the eastern core of the population, is perhaps the densest and one of the most abundant in the whole species range (BirdLife International 2004, Thomsen 2013).

The White Stork is a long-distance migrant (Vickery *et al.* 2014). The impact that global climate change exerts on long-distance migrants is stronger: it may lead to changes in population abundance and range shifts (Both *et al.* 2006, Žalakevičius *et al.* 2009 (b), Vickery *et al.* 2014). By their migratory route, Lithuanian breeding White Storks belong to the eastern part of the population. In the mid-1980s, the abundance of the White Stork population plummeted in the whole breeding range, in the western part of Europe in particular (Schulz 1999, Sæther *et al.* 2006). It was only in the 1990s that the population increase was observed throughout the whole range (Thomsen, Hötker 2006) and at present the White Stork population is considered to be on the increase (Thomsen 2013, Vickery *et al.* 2014). The main reason behind such changes could have been radical changes in farming practices as well as in foraging conditions on the species' wintering grounds (Tortosa *et al.* 2002, Thomsen, Hötker 2006). Different and sometimes even opposite changes in farming practices in Western and Central-Eastern Europe can differently affect farmland birds, the White Stork among them. That makes scientific research into the interaction of these bird species with the environment in different parts of the range, considering the specificity and environmental conditions of a particular country, highly relevant (Tryjanowski *et al.* 2011). Lithuania is one of the few countries where the White Stork breeds in optimal habitats. Investigations of such a population are, therefore, highly relevant both from scientific and practical standpoints. The determination of environmental factors influencing habitat selection and breeding success of the White Stork in Lithuania will enable predicting the species response to global environmental changes and, if needed, designing timely measures for this species

protection so as to ensure the preservation of the current favourable status of the White Stork.

**Objective and tasks of the study.** The objective of this study was to determine the abundance, spatial distribution and their changes, the impact of environmental factors on the breeding habitat selection, breeding success and phenology of arrival at the breeding areas of the White Stork in the north-western periphery of the range. The following tasks were set to achieve this objective:

1. To determine changes in White Stork abundance and spatial distribution.
2. To determine changes in nest-site selection by the White Stork.
3. To determine regularities in breeding habitat selection by the White Stork.
4. To investigate the dependence of White Stork breeding success on some habitat characteristics.
5. To determine the long-term effect of climate on the timing of White Stork first spring arrival.
6. To determine the major threats facing the breeding White Stork, to assess their significance and to propose measures to mitigate the adverse impact on this EU protected species.

**Defended statements:**

1. The White Stork population breeding in the north-western periphery of the range has increased considerably since 1994; this increase was accompanied by birds occupying a new nest-site – overhead electricity line poles. From the standpoint of reproduction, this change in White Stork nesting behaviour is partly non-adaptive.
2. Although White Stork abundance in the north-western periphery of the range has increased markedly, its breeding success does not depend on the density of breeding birds.
3. When selecting a breeding habitat in the north-western periphery of the range, the White Stork gives preference for areas of extensive farming and territories with higher primary production.

4. White Stork breeding success was higher in habitats with lower forest coverage and hilliness, higher primary productivity and in habitats located in close vicinity to foraging grounds.
5. In the second half of the 20<sup>th</sup> century White Stork first spring arrival at its breeding grounds significantly advanced; the first spring arrival of the White Stork is influenced by the air temperature along its migratory route in south-eastern Europe and weather conditions in the breeding grounds.

**Novelty of the study:**

1. The White Stork habitat selection study was for the first time carried out on a sample, comprising 8.4% of the total breeding population of this species, concentrated in an area covering just 1.1% of its range. At the time of the study, the exploration level of this part of the White Stork population was (estimated) 90%.
2. It was found for the first time that nesting on poles of operating overhead electricity lines, a new type of a nest-site, is partly non-adaptive for the White Stork as breeding success recorded there is significantly lower.
3. Based on long-term data, changes in the timing of the White Stork first spring arrival were for the first time established at 8 phenological stations representing the north-western periphery of the range.
4. An original GIS-based dataset containing accurate spatial and qualitative data on nest-sites located in the north-western periphery of the range was created for the first time. These data will serve as a baseline for further studies into the White Stork population breeding in the north-western periphery of the range.

**Scientific and practical significance:**

1. The relationships between land cover characteristics in the breeding habitat and the White Stork habitat selection and breeding success, revealed in this study, make it possible to predict the species' response to environmental changes induced by natural processes and anthropogenic activities.
2. The study revealed potential negative consequences of the White Stork shift to breeding on poles of OEL for its breeding success, which testifies to non-



adaptiveness of such nest-site selection; as these changes in nest-site selection are observed on the major part of the range, the results obtained are of international significance.

3. The relationship that was determined between the White Stork first spring arrival date and climatic variables enables predicting the possible effect of the global environmental change on this species.
4. Results of the conducted investigations enable setting the key criteria for the selection of areas important for the White Stork.
5. Threats facing the White Stork at different nest-sites as well as their impact on its breeding success were determined and assessed. Recommendations for the White Stork protection and improvement of its breeding conditions were prepared.

**Approbation of results and publications.** Results of the current study were published in 8 publications: 2 scientific articles, 4 scientific abstracts, the book “The White Stork in Lithuania. Atlas of nests”, an article in popular science press. Six presentations on the dissertation topic were made at the following international conferences: the 52<sup>nd</sup> International Scientific Conference at Daugavpils University (Daugavpils, Latvia), “Tree Ecosystem and Man” (Vilnius, Lithuania), „Spatial ecology & conservation” (Birmingham, England), the 1<sup>st</sup> International Conference on the White Stork (Zielona Góra, Poland). The dissertation was four times presented and approved at annual reporting seminars at the Nature Research Centre (Vilnius, Lithuania, 2010, 2011, 2012, 2013).

**Scope and structure of the dissertation.** The dissertation consists of the following chapters: *Introduction, Literature Review, Material and Methods, Results* (the chapter consists of 7 subsections), *Discussion of Results, Practical Significance of the dissertation and Recommendations, Conclusions, References, List of the Author’s Publication, Annexes* (5). The list of references includes 321 sources. The dissertation is presented in 176 pages. The text contains 34 figures and 20 tables. The dissertation is in Lithuanian with a summary in English and in Lithuanian.

**Acknowledgments.** First and foremost, I would like to wholeheartedly thank the scientific supervisor of my dissertation Dr Mindaugas Dagys for his patience, devoted time, invaluable guidance and advice as well as tremendous help in dissertation preparation. Also, I would like to take this opportunity to express my special gratitude and thanks to Dr Saulius Švažas and Dr Rimgaudas Treinys, whose help and constructive comments significantly contributed to dissertation improvement. I do deeply appreciate every assistance provided by the Head of the Laboratory of Avian Ecology, full member of the Lithuanian Academy of Sciences Dr Habil. Mečislovas Žalakevičius. I also gratefully appreciate advice, assistance and support of my colleagues Dr Galina Bartkevičienė and Dr Vitas Stanevičius. My thanks also go to Roma Jagminaitė for her tremendous help in editing the dissertation manuscript. I also thank Laima Monkienė for the translation of the summary of dissertation into English.

I am sincerely grateful to Dr Viktoras Skorniakovas, a lecturer at the Mathematical Statistics Department, Faculty of Mathematics and Informatics, Vilnius University, for his help in large-scale data processing. My thanks and appreciations also go to the whole staff of the Mathematical Statistics Department for interesting and fruitful discussions and every assistance provided.

For the assistance rendered in collecting large-scale data on the White Stork, I am sincerely grateful to V. Augustinas, D. Baronas, A. Čerkauskas, E. Duderis, G. Gražulevičius, M. Karlonas, Dr A. Kontautas, M. Mačiulis, D. Makavičius, J. Morkūnas, V. Naruševičius, D. Norkūnas, D. Norkūnienė, E. Pakštytė, A. Petraška, V. Razmus, G. Riauba, Dr J. Sorokaitė, L. Šniaukšta, D. Varkalienė.

Data on White Stork nests were collected within the framework of the project “White Stork (*Ciconia ciconia*) Conservation in Lithuania” [LIFE07 NAT/LT/000531], financed by LIFE (the EU’s financial instrument supporting environmental and conservation projects throughout the EU) and co-financed by the Ministry of Environment of the Republic of Lithuania.

My gratitude is also extended to Simona Adomaitytė and Vilija Zeleniūtė who helped to transfer data to GIS database.

And finally, no acknowledgments would be complete without giving my heartfelt thanks to my family – children and parents for their patience and tremendous support.

## LITERATURE REVIEW

This part of the dissertation presents information on the distribution, abundance and changes in the White Stork world population. Factors influencing habitat selection by this bird species are discussed. Research on habitat selection and breeding success of the White Stork is overviewed. The chapter *Literature Review* consists of four subsections.

## MATERIAL AND METHODS

**Research material.** The analysis of habitat selection by the White Stork was based on the species abundance and spatial distribution data collected on the whole territory of Lithuania during the 2009–2010 period. Data used in the breeding success analysis were collected on the whole territory of Lithuania in 2010 and the territory of Vilnius District and Vilnius City municipalities in 2010–2013. The study of the climate impact on the timing of the White Stork spring arrival at breeding grounds in Lithuania was based on the long-term phenological data collected at the Vokė branch of the Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry during the phenological monitoring conducted in 1961–2000 with a break in 1986–1989 (Romanovskaja, Bakšienė 2006).

**Methods. Collection of data on White Stork nest-sites and breeding success.** Data were collected following the methodology used in international White Stork censuses, i.e. by visually surveying the territory and registering nests found on it (Schulz 1998, Fulin *et al.* 2009, Thomsen 2013). The search for White Stork nests was carried out by systematically visiting and surveying all potential breeding habitats of the species from July through October in 2009 and from April through August in 2010. For the breeding success analysis, data on the nests with at least one fledgling recorded during July 1–20 in 2010–2013 were used (Fulin *et al.* 2009). The number of White Stork juveniles in a nest is assessed when they are at least six weeks of age (Onmuş *et al.* 2012). While still unable to fly, stork juveniles at that age are large enough to be reliably counted in a nest (Moritzi *et al.* 2001). Besides, juveniles of this age have already survived the critical first 3 weeks of their lives when their mortality is very high (Tortosa, Villafuerte 1999, Tortosa, Castro 2003, Jovani, Tella 2004).

Breeding success is expressed as the number of chicks per successful pair (JZm). A breeding pair is considered successful, if there is at least one juvenile recorded in its nest 40 days after hatching. Breeding success is defined as the number of chicks in a nest 40 days after hatching (Moritzi *et al.* 2001, Fulin *et al.* 2009). In 2009–2010, the study data were collected on the whole territory of Lithuania by 20 qualified bird observers. The author of this dissertation collected data in the following 8 municipalities of Lithuania in 2009–2010: Vilnius, Anykščiai, Švenčionys, Vilkaviškis, Marijampolė, Kalvarija, Kazlų Rūda and Trakai, as well as in Vilnius municipality in 2011–2013.

The nests found during the survey were registered following a specially devised protocol. All bird observers were equipped with identical binoculars, GPS receivers, photo cameras, compasses. Location of each nest was recorded with a GPS receiver. Each nest and its occupancy were described in detail in a nest registration card, and each nest and its surroundings were also photographed. Using the *ArcGis 10.0* software, the collected data were transferred to a specially designed GIS-based White Stork nest database, where the nest point layer was corrected by adjusting the position of each point using orthophotographs (M 1:10 000) and photos of the nest surroundings taken during the survey. Abundance and spatial distribution of the White Stork population part breeding in Lithuania were compared between 2010 and 1994. The 1994 data were obtained from Malinauskas and Vaitkus (1995), where detailed results of the 1994 White Stork census are presented. The accuracy of the 2009–2010 survey was estimated at 87%. The data of the 1994 census are also considered to be reliable (Malinauskas, Vaitkus 1995, Ivanauskas *et al.* 1997).

Data on the White Stork distribution collected during the study cover the whole territory of Lithuania. However, there is no direct, national- or regional-scale, spatial information on the abundance and distribution of White Stork food items. Therefore, proxy variables that potentially reflect foraging conditions and landscape features (Radović, Tepić 2009) were derived from the information available in the following spatial databases and datasets covering the whole territory of the country: CORINE Land Cover database, Georeferential spatial dataset of the Republic of Lithuania, Digital Elevation Model of the Republic of Lithuania and the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) datasets obtained from EOSDIS (NASA's Earth Observing System Data and Information System).

**Analysis of Habitat Selection by the White Stork.** The analysis of breeding habitat selection by the White Stork was carried out using the data on 21192 nests registered on the whole territory of Lithuania in 2009–2010. It is the largest data sample ever used in White Stork studies not only in Lithuania, but in the whole Europe as well. Habitat selection investigations were conducted on more than 8% of the breeding White Stork world population. The study of the effect that some of the breeding habitat characteristics have on White Stork nest distribution was carried out in  $2 \times 2$  km grid cells covering the whole territory of Lithuania. The grid was created using the „Fishnet“ function of the *ArcGIS* software. Only grid cells completely falling within the territory of the country were used in the analysis (N = 15866). Breeding habitat characteristics used in the habitat selection study included the fraction of built-up areas (CLC 1xx), artificial land cover (CLC 13x), intensive farmland areas (CLC 211), extensive farmland areas (CLC 242), extensive farmland areas associated with vegetated areas (CLC 243), grassland (CLC 231), forest (CLC 3xx), wetland in a grid cell. Other habitat variables included in the analysis were the mean NDVI value of the breeding season (April–July), the density of hydrological and road networks, the number of fragments of different CORINE land cover classes, the diversity index of different CLC classes (the density of boundaries between fragments of different CLC classes in a grid cell  $\text{km}/\text{km}^2$ ) in a grid cell. A logistic regression was used to identify factors affecting the distribution of White Stork nests throughout the environment. The occurrence (presence/absence) of a White Stork nest in a grid cell was considered to be a dependent variable, while the aforementioned habitat characteristics independent variables. To avoid problems related to variable collinearity and zero-inflation, all independent variables were standardized.

**Analysis of the effects of habitat characteristics on White Stork breeding success.** The effect of breeding habitat characteristics on White Stork breeding success was investigated by assessing the influence of various habitat characteristics within 1 km radius around the nest and the distance from the nest to certain nearest features of the landscape (Radović, Tepić 2009). The use of the 1 km radius in this study is justified by the fact that foraging trips of breeding White Storks are most often within 1 km distance from the nest (Moritz *et al.* 2001, Nowakovski 2003, Radović, Tepić 2009). In order to assess the effect of habitat characteristics on the White Stork breeding success in high quality habitats (Tryjanowski *et al.* 2005, Krüger *et al.* 2012), we selected nests in

municipalities of Vilnius Region and Vilnius City that were successful each year during the 2010–2013 period (N = 126). The effect of the breeding habitat's characteristics on breeding success was investigated using multiple linear regression with the total number of juveniles fledged in a nest during the 2010–2013 period as a dependent variable and various habitat characteristics as independent variables. Initially, 17 different habitat characteristics were considered. However, after the assessment of their intercorrelations, only 8 were retained for further analysis: the fraction of forest and that of geomorph defining hilliness of the habitat, the mean value of NDVI of the breeding season, the distance from the nest to extensive farmland areas associated with vegetated areas (CLC 243), to grassland (CLC 231), to extensive farmland areas (CLC 242), to the nearest neighbouring occupied nest and to a water body.

Half of the Lithuanian breeding White Stork population has settled at a relatively new nest-site, i.e. on poles of overhead electricity lines (OEL). In order to assess the effect of this nest-site on White Stork breeding success, the methodology used in similar studies (Balmori 2005) was applied. The analysis included only the nests built on OEL poles on the entire territory of Lithuania with at least one successfully fledged chick in 2010 (N = 1747). These nests were divided into three groups: nests on poles of operating OEL without a nesting platform (A), nests on poles of operating OEL with a special nesting platform (B), nests on poles of non-operating OEL without a nesting platform (C) (Fig. 1). The differences in the mean breeding success among these three groups of nests were assessed by a one-way ANOVA, followed by a *post hoc* Fisher least significant difference test (LSD). The significance level (p) of these tests was chosen to be 0.05.

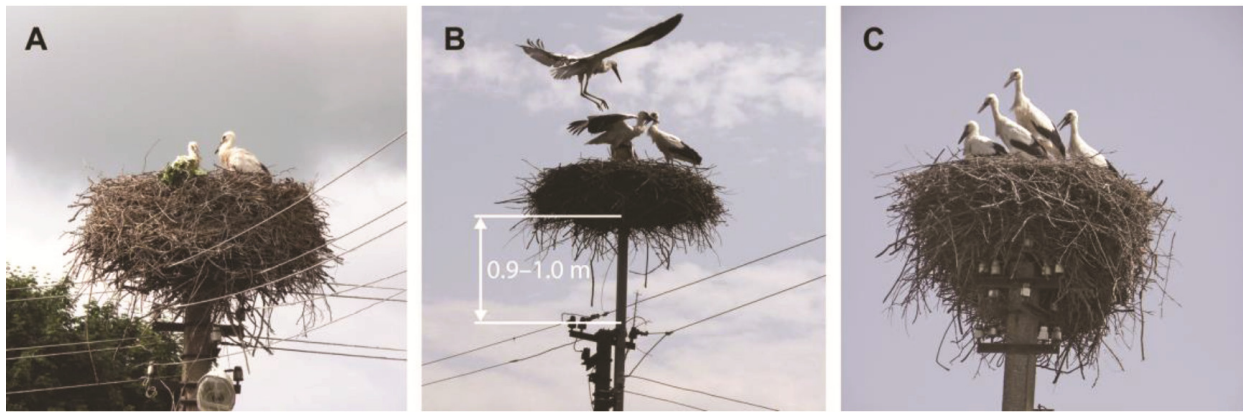


Figure 1. White Stork nests: A – on poles of operating OEL without a nesting platform, B – on poles of operating OEL with a special nesting platform, C – on poles of non-operating OEL without a nesting platform

1 pav. Baltojo gandro lizdai: A – ant eksploatuojamų elektros oro linijų atramų be platformos lizdai, B – ant eksploatuojamų elektros oro linijų atramų, su platforma lizdai, C – ant nebeeksploatuojamų elektros oro linijų atramų, be platformos lizdai

#### **Analysis of the effect of climate variables on White Stork first arrival dates.**

The data on the White Stork first arrival dates (FAD) at their breeding grounds, used in this analysis, were collected in the phenological observation network of the Vokė Branch of the Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry during 1961–2000, with a break in 1986–1989 (Romanovskaja, Bakšienė 2006).

The analysis covers a 40-year period with data available for 36 years. Systematically collected FAD data from 8 observation stations, distributed across the country (Fig. 2), were used in the study.

For the analysis, first arrival dates were converted from calendar days into the number of days from the 1<sup>st</sup> of January, taking leap years into consideration.

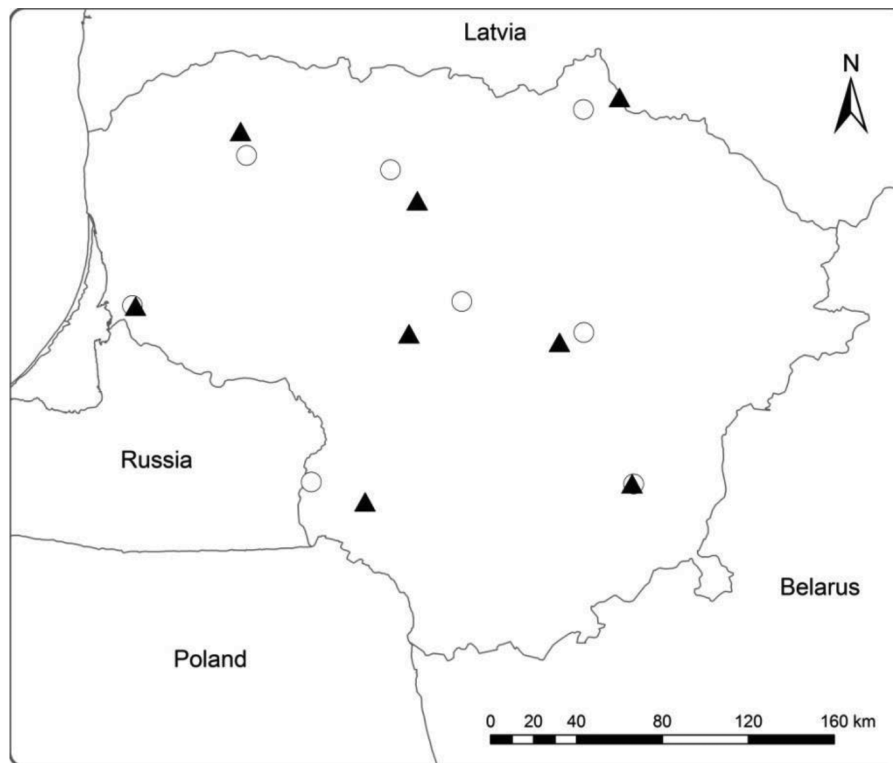


Figure 2. Location of phenological observation stations (black triangles) and meteorological stations (open circles) in Lithuania

2 pav. Fenologinių (juodi trikampiai) ir meteorologinių (apskritimai) stočių išsidėstymas Lietuvoje

The mean air temperature and the mean daily precipitation in different spring months in Lithuania were considered as weather variables potentially affecting the dates of the White Stork first arrival at the breeding grounds. In order to assess whether the White Stork arrival at the breeding grounds is related to a certain thermal season rather than to the mean temperature, we also considered the dates of the thermal season of 0 °C, 1 °C, 2 °C, 3 °C and 4 °C as potential explanatory variables. The thermal season date is expressed as the number of days from the 1<sup>st</sup> of January, when the mean daily temperature rises above a certain temperature, e.g., 3 °C, and does not drop below that temperature, or its drop is shorter than its preceding rise. Data on the air temperature (°C) and precipitation (mm) in Lithuania for 1961–2000 were obtained from the Archive of the Lithuanian Hydrometeorological Service. Data were obtained from eight meteorological stations located nearest to the eight phenological observation stations, the mean distance to them being  $14.8 \pm 10.4$  km (0.7–28.8 km, N = 8; Fig. 2).



North Atlantic Oscillation (NAO) index was used to evaluate the effect of regional weather conditions on FADs. The mean NAO index for January – March reflects the meteorological situation in Europe during this period. NAO index values were obtained from the National Center for Atmospheric Research ([www2.cgd.ucar.edu](http://www2.cgd.ucar.edu); Hurrell, National Center for Atmospheric Research Staff 2013).

Multiple regression models with the median FAD from 8 phenological observation stations as a response variable and various climatic parameters and the log-transformed White Stork population size as explanatory variables were used in this study. The log-transformed White Stork population size was included in the analysis in order to account for the possible effect of the population size on FAD (Lindén 2011). As regional population data were available from 1994 and 2010 only, annual population size estimates for the study period were obtained for the entire country by third order polynomial interpolation of national White Stork census results of 1958, 1968, 1974, 1994 and 2010 (Kisielius 1974, Kazlauskas, Paltanavičius 1985, Malinauskas, Vaitkus 1995, Vaitkuvienė, Dagys 2014).

Correlating variables (habitat characteristics) were not included in any of the above mentioned analyses. Only the variables with the correlation coefficient not exceeding 0.6 were used in multiple regression models. Of the two intercorrelating independent variables, only the more ecologically relevant one was included into the analysis.

The Akaike (AIC) and Bayesian (BIC) information criteria were used for model selection in the habitat selection analysis. The Akaike information criterion (AIC) and model averaging (Burnham, Anderson 2002) were used for model selection and inference in the analysis of the effect of some habitat characteristics on the breeding success and that of climatic factors on first arrival dates of the White Stork. AIC weights ( $\omega$ ) were used for the averaging of variable coefficients in selected models and for the evaluation of the relative importance of variables (RIV). Construction of models with all possible variable combinations, model comparison, selection and averaging were implemented through the dredge function from the MuMin (Bartoń 2013) Statistical Package version 1.9.13. in R software (R Development Core Team 2011).

Also, statistical software packages SAS 9.3 (SAS Institute Inc. 2011) and Statistica 6 (StatSoft, Inc. 2013) were used. Spatial data analysis was carried out using ArcGis 10.0 (ESRI 2011).

## RESULTS

**Abundance and distribution of the White Stork in 2010.** A total of 21192 White Stork nests were recorded during the 2009–2010 period. 18782 (88.6%) of them were occupied by birds. Thus, the nest occupancy rate was 81.4%. The overall White Stork nest density was 32 nests/100 km<sup>2</sup> of the total area of the country, while the density of occupied nests reached 29 nests/100 km<sup>2</sup>. The accuracy of the 2009–2010 nest census was 87%, therefore, the abundance of breeding White Storks in Lithuania was estimated at 19500 breeding pairs, with the breeding density of 30 pairs/100 km<sup>2</sup>. The average breeding success in 2010 was  $2.68 \pm 0.89$  young per successful pair (JZm  $\pm$  SD; N = 3603). The number of young ranged between 1 and 5, with 3 and 2 being the most commonly recorded chick numbers (73% of all successful nests).

Overall, 64.4% of the country's territory was classified as potentially suitable habitat for White Storks, with 98% of all registered nests located within it. The average density of occupied White Stork nests in the potentially suitable habitat in Lithuania was 45 nests/100 km<sup>2</sup>. The highest densities of occupied nests were recorded in western and south-western Lithuania, where they exceeded 80 nests/100 km<sup>2</sup>, with up to 160 nests/100 km<sup>2</sup> in some areas. High densities of nests (60–80 nests/100 km<sup>2</sup>) were also recorded in north-eastern Lithuania. The lowest densities of occupied White Stork nests (up to 40 nests/100 km<sup>2</sup>) were found in central and northern Lithuania, characterized by more intensive agriculture, as well as in forested eastern and south-eastern Lithuania. The median distance between two nearest neighboring White Stork nests was 524.9 m, the interquartile range – 674.0 m. It was only in 20% of cases that the distance between neighboring White Stork nests exceeded 1000 m.

The majority (61%) of all recorded White Stork nests were located on various poles. Nests on overhead electricity line poles accounted for 49% of the total number of nests; 11% of nests were placed on specially erected poles with nesting platforms, whereas only 1% of nests were on poles of non-operating communication lines. Nests in trees accounted for 21% of all nests, 9% of nests were located on water towers, 9% were atop various buildings, and only 1% of nests were located elsewhere. Overall, just over half (51.7%) of all registered nests were built on artificial nesting platforms.

**Changes in White Stork abundance and distribution in Lithuania during the 1994–2010 period.** The population of White Storks in Lithuania has considerably increased over the last 16 years. During the present study, there were 18782 occupied nests recorded out of the total of 21192 nests, whereas in 1994, the total number of recorded White Stork nests was 11204, of which 9400 (82%) were occupied (1994 data from Malinauskas, Vaitkus 1995). The breeding nest density has also increased accordingly, i.e. from 17 to 29 occupied nests/100 km<sup>2</sup>. Distances between the neighboring nests have decreased: in 2010, 79% of nests were located less than 1 km from the nearest nest, compared to 59% in 1994 ( $\chi^2 = 1682.6$ ;  $df = 2$ ;  $p < 0.0001$ ). It was in the location of White Stork nests ( $\chi^2 = 5211.6$ ;  $df = 5$ ;  $p < 0.0001$ ) that particularly prominent and significant changes took place over the 16-year period. There was a steep increase in the proportion of nests built on overhead electricity line poles, from 13% in 1994 to 49% in 2010. The opposite was true of nests built in trees: their share decreased from 52% in 1994 to 21% in 2010 (1994 data from Malinauskas, Vaitkus 1995).

**The effect of some habitat characteristics on habitat selection by the White Stork.** Out of 15866 grid cells, 8788 contained at least one White Stork nest (55.4%). No White Stork nests were recorded in 7078 grid cells (44.6%). A stepwise logistic regression selected all 13 habitat variables one-by-one into the model. ROC curves, representing the performance of each of these models, are presented in Figure 3. Good predictive ability is already achieved in the third step of the model building (step 0 represents the intercept-only model), suggesting that the first three variables will already ensure a good predictive ability (Fig. 3). In order to confirm this, an increase in the area under the ROC curve (AUC) was calculated for each modelling step. An increase in AUC in step 4 was less than 1% (Fig. 4), further supporting the conclusion that an optimal model shall contain three habitat variables.

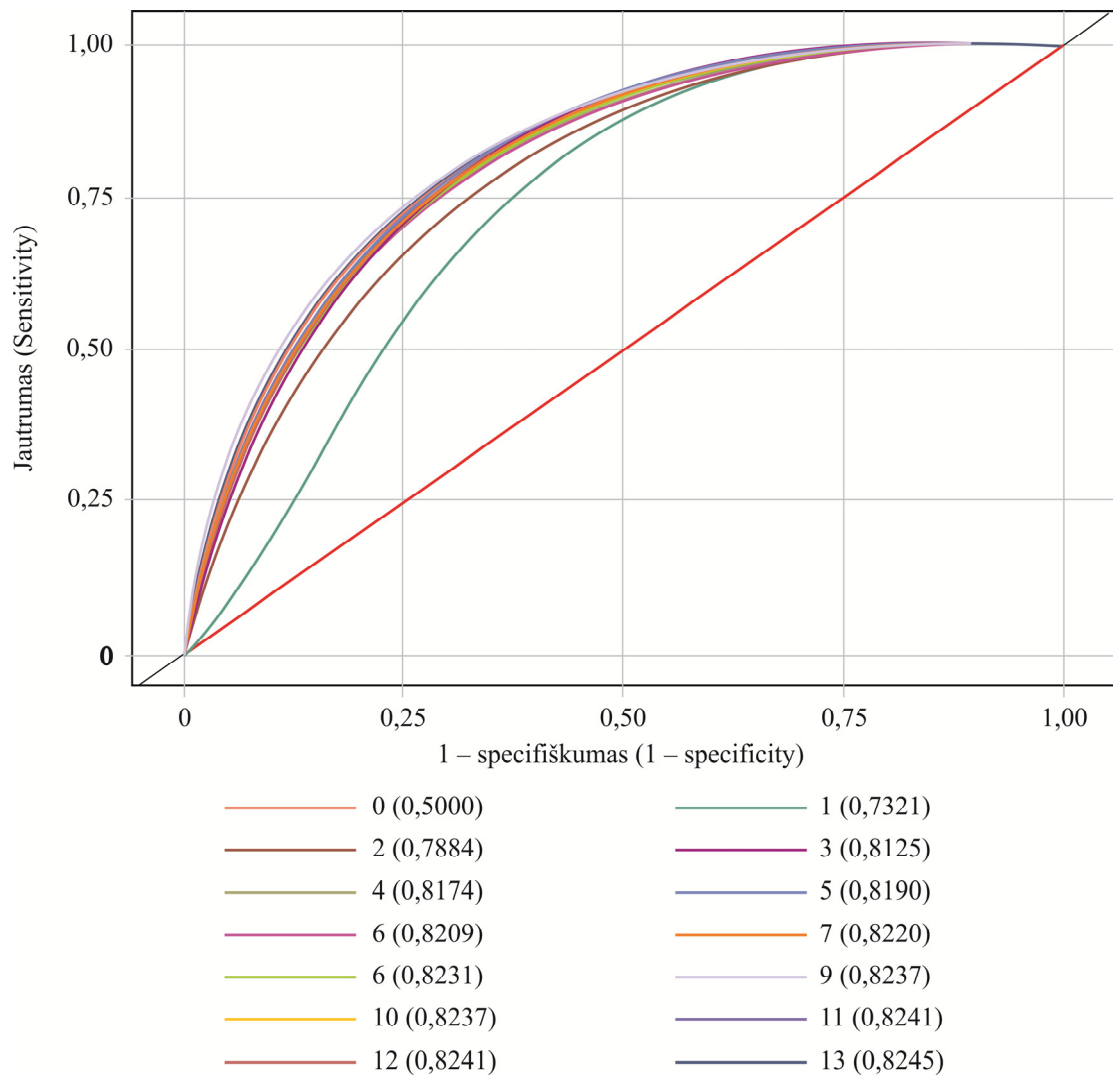


Figure 3. ROC curves representing each logistic regression model during stepwise selection. Different colour lines (1–13) represent ROC curves in each step of model construction. Red line (0) represents the intercept-only model

3 pav. ROC kreivės, atspindinčios kiekvieną, pažingsniui išbandytą modelį. Spalvotos linijos (1–13) atspindi ROC kreivę tam tikrame žingsnyje, konstruojant modelį. Raudona linija (0) – modelis tik su laisvuju nariu

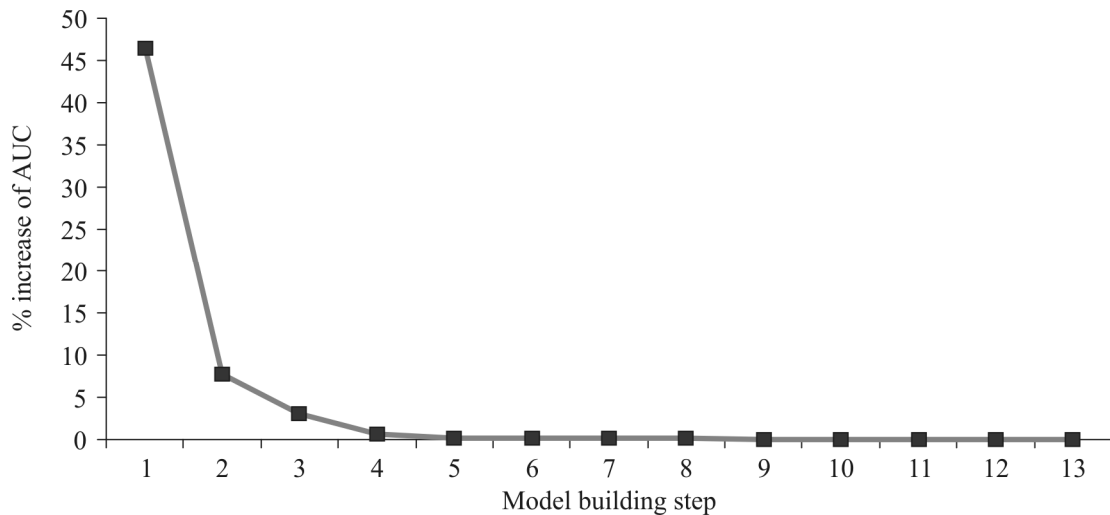


Figure 4. AUC increase in each subsequent model construction step

4 pav. AUC padidėjimas kiekviename modelio konstravimo žingsnyje

The model assessment according to the Akaike information criterion suggested that the optimal model should contain all 13 habitat variables, while the model evaluation according to the Bayesian information criterion indicated that a sufficient number of habitat variables to be used in an optimal model is 10. The comparison of the AUC of the model with 3 habitat variables with AUCs of all other models revealed that all differences were significant at  $p = 0.001$ , indicating higher predicting ability of models with a greater number of habitat variables. Although AIC and BIC supported models with a higher number of variables, it was taken into account that a very large sample size may have contributed to this. Furthermore, addition of the fourth and all subsequent habitat variables into the model improved model characteristics only slightly (Fig. 4). Therefore, the final selected model contained only the first three habitat variables: CLC\_3xx, NDVI vid and CLC\_242 (Table 1).

Table 1. Summary of the final model. OR – odds ratio, CI – confidence interval, LB – lower bound, UB – upper bound

1 lentelė. Galutinio modelio santrauka. OR – galimybių santykis, CI – pasikliautiniai intervalai, LB – žemesnioji riba, UB – aukštesnioji riba

Variable	Coefficient estimate	SE	p	OR estimates		
				Estimate	95% CI LB	95% CI UB
Intercept	0.262	0.020	< 0.0001		–	
CLC_3xx	-1.359	0.032	< 0.0001	0.257	0.241	0.273
NDVI_mean	0.884	0.039	< 0.0001	2.420	2.243	2.609
CLC_242	0.635	0.026	< 0.0001	1.888	1.795	1.985

Classification characteristics of the final model are presented in Table 2. They were obtained as a result of maximization of Youden's index. The final model correctly classified 73.5% of all the 15866 grid cells.

Table 2. Classification characteristics of the final model

2 lentelė. Galutinio modelio klasifikavimo charakteristikos

Cut-off point	Accuracy	Sensitivity	Specificity
0.560	0.735	0.747	0.720

The final model with three habitat variables was validated. Variable coefficients of this model were estimated from a random sample of 70% of grid cells (11126). Then the remaining 30% of grid cells (4760) were classified using the estimated coefficients, and the predictive properties of the model were evaluated. This procedure was repeated 10000 times. The same validation procedure was also performed on the model with 10 habitat variables as preferred by the BIC. Classification characteristics of the validated models are presented in Table 3, where Model (3) refers to the final model with 3 habitat variables and Model (10) – to model with 10 habitat variables, favoured by BIC.

Table 3. Classification characteristics of the validated models, averaged from 10000 iterations

3 lentelė. Modelių tikrinimo charakteristikos, gautos atlikus 10 000 pakartojimų, tikrinant modelius

Parameter	Average $\pm$ SD		[Min; Max]	
	Model (3)	Model (10)	Model (3)	Model (10)
Sensitivity	0.78 $\pm$ 0.03	0.78 $\pm$ 0.02	[0.71; 0.86]	[0.71; 0.83]
Specificity	0.69 $\pm$ 0.03	0.72 $\pm$ 0.02	[0.58; 0.76]	[0.64; 0.77]
Accuracy	0.74 $\pm$ 0.01	0.75 $\pm$ 0.01	[0.71; 0.76]	[0.73; 0.77]
AUC	0.81 $\pm$ 0.01	0.82 $\pm$ 0.01	[0.79; 0.83]	[0.8; 0.84]

Coefficients of Model (3) did not vary among iterations, indicating that the model was stable. The area under the ROC curve in Model (10) was always larger than in Model (3), suggesting a higher predicting ability of the former. However, AUC difference did not exceed 0.018, i.e. 2.2% of the average AUC value of Model (3). Differences in other model characteristics (sensitivity and specificity) were also small. Characteristics of the Model (3) place it into the category of excellent models (Hosmer, Lemeshov, 2000). Model (3) is preferable to Model (10), because the superiority of the latter is negligible at an expense of three times as many variables.

Thus, it was established that the most important habitat characteristics having effect on habitat selection by the White Stork are: area occupied by forests, area occupied by complex cultivation patterns and the mean NDVI value of the breeding season. Other habitat characteristics included into the analysis were also found to exert an effect, but to a much lesser extent.

**The effect of some habitat characteristics and of nest-site on White Stork breeding success.** The average number of juveniles, fledged in investigated nests over the four-year period (2010–2013) was  $13 \pm 3.05$  SD (N = 126; range 7–19). The most significant habitat characteristics affecting the White Stork breeding success in the South-East Uplands region of Lithuania were the proportion of forest, landscape hilliness and the mean NDVI value of the breeding season in the breeding habitat. The relative importance (RIV) of the first two variables was equal to 1.0 (respective averaged

variable coefficients in the confidence model set were  $b = -3.225 \pm 1.206$  SD and  $b = -5.816 \pm 2.453$  SD). The RIV of the mean NDVI value was only slightly lower – 0.95 ( $b = 20.76 \pm 10.106$  SD). The distance from the nest to the nearest extensive farmland areas associated with vegetated areas (CLC 243) was also important, with RIV of 0.88 ( $b = -0.0009 \pm 0.0005$  SD). The distance from the nest to the nearest grassland proved to be of low importance (RIV = 0.54).

The breeding success of the White Stork was lower in areas with a higher proportion of forest cover and a hillier landscape, and higher in areas with a higher NDVI value during the breeding season and in nests located closer to areas of complex cultivation patterns with significant areas of natural vegetation. Neither the proximity of another occupied White Stork nest nor the distance to the nearest water body were found to produce any significant effect on the breeding success of the White Stork.

The mean White Stork breeding success in 2010 in nests on overhead electricity line poles, a relatively new nest-site occupied by White Storks in recent years, was  $2.69 \pm 0.87$  (SD; N = 1747) young per successful pair (JZm). One-way analysis of variance (ANOVA) revealed significant differences in breeding success among different groups of nests on overhead electricity line poles (A, B, C; A – nests on poles of operating OEL without a nesting platform, B – nests on poles of operating OEL with a special nesting platform, C – nests on poles of non-operating OEL without a nesting platform; Fig. 1) of the overhead electricity line poles ( $F_{2, 1744} = 4.569$ ;  $p < 0.01$ ). *Post hoc* Fisher's Least Significant Difference (LSD) test determined that breeding success in nests on poles of operating OEL without a nesting platform (group A; JZm =  $2.63 \pm 0.83$ ) was significantly lower than both in nests on poles of operating OEL with a nesting platform (group B; JZm =  $2.74 \pm 0.91$ ) and nests on poles of non-operating OEL without a nesting platform (group C; JZm =  $2.81 \pm 0.89$ ; Table 4, Fig. 5). However, there was no significant difference found in breeding success between the latter two groups of nests (B and C).



Table 4. Results of *post hoc* Fisher's Least Significant Difference (LSD) test comparing White Stork breeding success in three groups of nests on overhead electricity line poles (A, B, C; Fig. 1). Significant differences are highlighted in bold (CI – confidence interval, LB – lower bound, UB – upper bound)

4 lentelė. Remiantis aposterioriniu Fišerio mažiausio reikšmingo skirtumo kriterijumi palygintas perėjimo sėkmingumas skirtingose lizdo sukrovimo vietose (A, B, C; 1 pav.). Reikšmingi skirtumai paryškinti (CI – pasikliautiniai intervalai, LB – žemesnioji riba, UB – aukštesnioji riba)

Compared groups	Mean difference	SE	p	95% CI	
				LB	UB
<b>A vs. B</b>	<b>-0.103</b>	<b>0.044</b>	<b>0.02</b>	<b>-0.19</b>	<b>-0.02</b>
<b>A vs. C</b>	<b>-0.175</b>	<b>0.069</b>	<b>0.011</b>	<b>-0.31</b>	<b>-0.04</b>
B vs. C	-0.071	0.07	0.308	-0.21	0.07

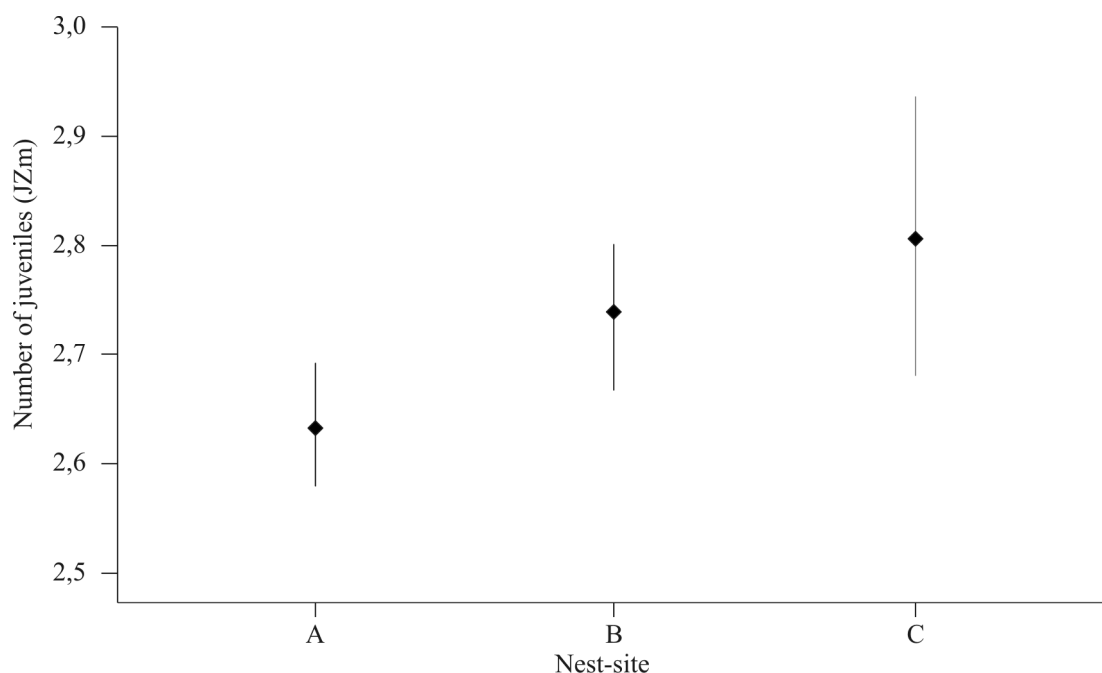


Figure 5. White Stork breeding success at different nest-sites: A– on poles of operating OEL without a nesting platform, B – on poles of operating OEL with a nesting platform, C – on poles of non-operating OEL without a nesting platform (means  $\pm$  95% CI)

5 pav. Baltojo gandro perėjimo sėkmingumas skirtingose lizdo sukrovimo vietose: A – lizdai ant eksploatuojamų elektros oro linijų atramų, B – lizdai ant eksploatuojamų elektros oro linijų atramų su specialia platforma lizdui, C – lizdai ant nebeeksploatuojamų elektros oro linijų atramų (vidurkiaai nurodyti su  $\pm$  95 % PI)

**The effect of climate variables on first arrival dates of the White Stork.** The mean first arrival date of White Storks at 8 observation stations during the period 1961–2000 was  $93.2 \pm 4.4$  SD day of the year or approximately April 3rd (March 30th – April 8th). Mean annual FADs ranged from  $85.4 \pm 6.1$  SD or March 27th (March 21st – April 2nd) in 1978 to  $104.3 \pm 1.5$  SD or April 15th (April 13th – April 17th) in 1964 (Fig. 6). Overall, during the period 1961–2000, the date of White Stork first arrival advanced significantly, by almost 5 days (linear regression:  $F_{1,34} = 4.471$ ,  $p < 0.05$ ;  $b = -0.123$ ,  $t_{36} = -2.115$ ,  $p < 0.05$ ).

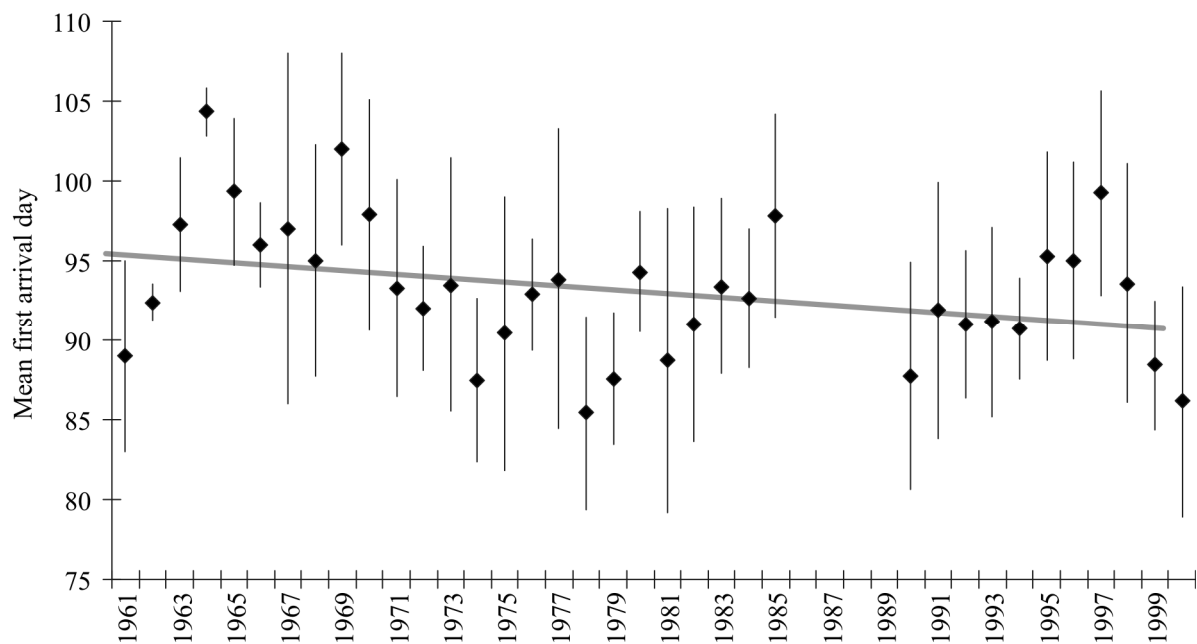


Figure 6. Long-term changes in White Stork first arrival dates ( $\pm$  SD) at the breeding grounds. Line represents a linear trend

6 pav. Baltojo gandro pirmo pavasarinio atskridimo datos į perimvietes ilgamečiai pokyčiai. Linija – linijinė krypties linija

The mean March air temperature in south-eastern Romania - north-eastern Bulgaria was the most important explanatory variable, present in all the confidence set of models and hence their relative importance equalled 1. It had a significant negative relationship with the median FAD (mean  $b = -0.820 \pm 0.249$ ,  $p < 0.01$ ).

The relation of the 3 °C thermal season date with the median FAD was positive. Its relative importance in the confidence set of models was 0.86 (mean  $b = 0.158 \pm 0.069$  SD,  $p < 0.05$ ). NAO effect, although negative, was not important (RIV = 0.56). All other

weather variables as well as the White Stork population size in Lithuania did not have a pronounced effect on White Stork first arrival date either.

## DISCUSSION

**Changes in White Stork population abundance and spatial distribution over the 1994–2010 period in Lithuania.** Changes in White Stork population abundance and spatial distribution over the above-mentioned period were assessed by comparing results of White Stork surveys conducted in 1994 and in 2009–2010. The accuracy of these two surveys may have been different, resulting in some bias when comparing their results. The accuracy of the 2009–2010 survey was estimated at 87%. Although the accuracy estimate of the 1994 survey is not available. Results of this survey are considered to be reliable (Malinauskas, Vaitkus 1995, Ivanauskas *et al.* 1997).

Over the 1994–2010 period, White Stork abundance in Lithuania has considerably increased, reaching 19500 breeding pairs. Such a prominent increase in abundance may be attributed to improved foraging conditions, brought about by significant changes in agriculture after the country regained its independence in 1990: a decrease in farming intensity resulted in increased grassland areas. Disintegration of land drainage system led to the recovery of small wetlands (Aleknavičius 2007, Poviliūnas 2007, Ribokas, Milius 2008). All that had a positive effect on White Stork foraging conditions and, probably, on its population abundance (Higuchi *et al.* 2006, Janiszewski *et al.* 2013).

During the 16-year period considered, the White Stork adapted to nesting on poles of low voltage (0.4 kV) overhead electricity lines. By 2010, almost half (49%) of Lithuanian White Storks were breeding at this nest-site, compared to 13% in 1994. Over this period, the number of nests on OEL poles grew from 1436 to 10654. Thus, it may be concluded that the expanding White Stork population settled primarily on overhead electricity line poles. As the number of OEL poles in the country has not changed considerably since the mid-1970s, the increased breeding on OEL poles was most likely a result of a gradual change in White Stork breeding behaviour, brought about by its population growth and shortage of traditional nest-sites, and not by the emergence of a new nest-site.

Breeding on OEL poles may have both positive and negative effects on the White Stork population. On the one hand, due to inaccessibility for mammalian predators, OEL poles are safer nest-sites and, therefore, ensure greater breeding success (Tryjanowski *et al.* 2009). On the other hand, in this study breeding success in nests placed directly on electricity lines was found to be significantly lower than in those located on poles of non-operating OEL. Therefore, it may be argued that the observed change in White Stork nest-site selection was non-adaptive as it had negative consequences for the reproduction parameters of birds breeding in nests on operating overhead electricity line poles. The relocation of nests onto special nesting platforms installed on poles of operating OEL significantly increases the breeding success of the White Stork.

Numerous studies have proved that reproductive parameters of birds breeding on poles of high voltage OEL experience a negative impact (Doherty, Grubb 1998, Fernie, Bird 1999, Fernie *et al.* 2000, Fernie, Reynolds 2005). White Stork nests built on poles of OEL suffer an exposure to greater electromagnetic pollution. As White Storks exhibit high nest-site fidelity, they receive the potential EMF exposure every breeding season repeatedly, so long as they return to the same nest located on electricity lines (Frey 1993, Fernie *et al.* 2000, Balmori 2005, 2009, Lai 2005). Such prolonged exposure to EMF can negatively affect the developing embryo as well as the hatching success, and, consequently, the breeding success of the White Stork (Balmori 2005, Fernie, Reynolds 2005).

**Habitat characteristics affecting habitat selection by the White Stork.** A positive relationship was revealed between the probability of occurrence of White Stork nest occurrence and the area of extensive farming, which shows that this bird species favours such territories. Areas of extensive farming in Lithuania are characterized by great structural heterogeneity of landscape and small-scale diversified farming. Conditions for White Stork foraging in such areas are favourable because of higher prey diversity, abundance and accessibility. Therefore such territories prevail among those selected by the White Stork (Pinowski *et al.* 1991, Ożgo, Bogucki 1999, Moritzi *et al.* 2001). Lower densities of White Stork nests were recorded in areas with lower fraction of meadows and pastures. Such territories, many of which lie in the northern and central parts of Lithuania, are dominated by large monoculture fields, which deteriorate White Stork foraging conditions. A smaller abundance of the White Stork in territories with

fewer meadows and pastures was also reported by Massemin-Challet *et al.* (2006) and Ptaszyk (1994).

The study revealed that when selecting a breeding habitat, the White Stork gives preference for territories with a higher NDVI value, indicating higher primary production. The higher value of NDVI indirectly indicates a greater amount of available food (Kosicki 2010, Sardà-Palomera *et al.* 2012), and, consequently, is related to a larger clutch and higher breeding success (Kosicki, Indykiewicz 2011).

White Storks avoid forests and scrub as the presence of any size of forest in a breeding habitat decreases the area of potential foraging grounds. Such a result of our study is in agreement with that obtained by Onmuş *et al.* (2012).

**Factors affecting the breeding success of the White Stork.** In the South-East Uplands region of Lithuania, White Stork breeding success was found to be lower in a hillier landscape, which may be related with nest protection. About 40% of all clutch losses result from fights with conspecifics or other predators. Therefore, nest visibility is of vital importance for breeding storks while they are foraging, particularly when young are still small (Radović, Tepić 2009). Furthermore, as conditions for farming in a hilly and more fragmented landscape are not so favourable, abandoned grasslands overgrow with scrub. A resultant decrease in their area leads to the deterioration of White Stork foraging conditions (Ries *et al.* 2004, Cerezo *et al.* 2011).

A positive relationship established between breeding success and NDVI value during the breeding period indirectly indicates the importance of higher quality foraging habitats for the White Stork (Schaub *et al.* 2005): higher breeding success was recorded in habitats richer in food resources (Tucker *et al.* 1991, Schaub *et al.* 2005, Kosicki 2010, Kosicki, Indykiewicz 2011).

The negative relationship established between White Stork breeding success and the distance from the nest to foraging grounds – complex cultivation patterns with natural vegetation patches and meadows – shows that it is extremely important for breeding birds to balance their own energy needs and those of their young. The larger the distance to foraging grounds is, the more energy adult storks expend flying (Moritzi *et al.* 2001).

It was found White Stork breeding success is inversely related to the area of forests in their breeding habitat: the larger the area of forest in a habitat is, the lower the

breeding success of the birds is. Forest area decreases the area of foraging grounds in a breeding habitat. Results reported by Onmuş *et al.* (2012), Tryjanowski and Kuźniak (2002), Tortosa *et al.* (2003), Denac (2006 (a)) support the above conclusion: the area of forest in a breeding habitat has a negative impact on White Stork foraging conditions, and the amount of food is a very important environmental variable affecting breeding success.

Results of the current study revealed that although the density of the Lithuanian breeding White Stork population is one of the highest in its entire range, the distance to the nearest occupied White Stork nest had no significant effect on its breeding success. Therefore, there is no evidence of intraspecific competition for food resources at present.

In Lithuania, more than 70% of White Stork pairs breed less than 1 km from one another, but breeding success still remains high. This suggests that foraging conditions for these farmland birds in the country are good and meet the energy needs of breeding birds.

This once again confirms that breeding habitats in Lithuania are optimal for this species. White Stork pairs, breeding up to 1.5 km from one another, may be considered potential competitors for food resources (Denac 2006 (b)). High population density leads to intraspecific competition with an adverse effect on breeding success (Tortosa *et al.* 2002, Tryjanowski, Kuźniak 2002, Denac 2006 (b)). Thus, although both breeding density and breeding success are high, the density of breeding birds has not reached the carrying capacity of the environment to trigger the density-dependent population regulation mechanisms.

**The effect of climate variables on the White Stork first arrival date.** During the period 1961–2000, the White Stork first arrival date advanced significantly, by almost 5 days. A very strong positive relationship was found to exist between air temperature in south-eastern Europe in March and the arrival time of White Storks at the breeding grounds in Lithuania.

Our findings are in line with those of a number of earlier conducted studies that provided substantial evidence for the influence of local weather variables (local air temperature) on spring migration of birds in different parts of Europe: birds tend to arrive at their breeding grounds earlier in years with warmer spring temperatures (Gienapp *et al.* 2007, Gordo 2007).

A strong relationship between White Stork FADs and the onset of 3 °C thermal season in Lithuania indicates that the timing of bird arrival at the breeding grounds is strongly influenced by weather conditions not only along the migration route, but also in the breeding grounds, by limiting the advance of migrating birds.

Furthermore, it appears that environmental conditions in Lithuania become suitable for the return of White Storks when the mean air temperature permanently exceeds 3 °C.

The study did not find any significant evidence for the influence of NAO and prevailing winds along the migratory route on the White Stork return date.

No pronounced effect of the White Stork population size on observed first arrival date was found in the study either.

In conclusion, local weather conditions on the last leg of spring migration route and in the breeding grounds strongly influenced the arrival timing of White Storks. These local weather parameters were far better predictors of spring arrival time than regional climatic phenomena – North Atlantic Oscillation.

## **THREATS FACING TO THE WHITE STORK AT DIFFERENT NEST-SITES. RECOMMENDATIONS FOR THEIR ADVERSE IMPACT MITIGATION**

The White Stork has adapted to breeding and foraging in human neighbourhood. However, this close relationship has made these birds partly dependent on human care, especially in terms of suitable nest building sites. The White Stork is a large soaring bird with a wingspan of 1.55–1.65 m (del Hoyo *et al.* 1992), therefore it needs an open, strong and secure nest for breeding and raising young. White Storks often settle and breed on man-made nesting platforms. The current study revealed that over half (52%) of all White Stork nests (N = 21192) were built on special nesting platforms. ANOVA results showed significant differences between breeding success in nests built on nesting platforms and those built without them ( $F_{1, 3601} = 4.981$ ;  $p < 0.05$ ). The mean White Stork breeding success in nests on nesting platforms was  $2.72 \pm 0.91$  SD (JZm) (N = 1866), while that in nests not placed on nesting platforms was  $2.65 \pm 0.87$  SD (JZm) (N = 1737).

Nests built at different nest-sites differ in their condition. A tendency was revealed that the breeding success of the White Stork was higher in nests in better condition (ANOVA,  $F_{2, 3585} = 2.601$ ;  $p = 0.074$ ). The mean breeding success in nests in good condition was  $2.71 \pm 0.91$  SD (JZm) (N = 2164), in nests in satisfactory condition –  $2.66 \pm 0.91$  SD (JZm) (N = 492), while in nests in poor condition it was  $2.64 \pm 0.84$  SD (JZm) (N = 932). Tortosa and Villafuerte (1999), Tryjanowski *et al.* (2005 (a), 2009), Vergara *et al.* (2010) also found that White Stork breeding success is higher in nests that are in better condition.

Depending on their location, nests and birds breeding therein face various threats. Nests built on poles of operating OEL are in the worst condition: even 54% of such nests are in poor condition. Although the growing White Stork population in Lithuania is increasingly settling at this type of nest-sites, birds nesting there face the greatest threats. Such nests rather often fall down or even catch fire as a result of short circuit. Birds often get injured as a result of collision with electricity lines or poles or are killed by electrocution. These problems are mitigated by relocating White Stork nests to special nesting platforms, the number of which in the country already exceeds 4500.

There are still significant numbers of White Storks breeding on roofs of buildings, which rather often causes problems to home-owners. If a nest is built directly on the roof, moisture accumulating under the nest may speed up the destruction of roof material. 40% of the nests on roofs of buildings are in poor or satisfactory condition. Installation of nesting platforms of appropriate design, ensuring good air circulation under the nest, protects the roof of a building as well as the White Stork nest from destruction.

Even 44% of the nests in trees are in poor or satisfactory condition. The most common cause of their condition deterioration is nest overgrowth with tree branches. If trees branches around nests are not regularly pruned, such nests eventually get overgrown, which impedes access of storks to a nest, and birds eventually abandon the nest. The above problems could be avoided if nest-bearing trees were appropriately pruned in early spring before the arrival of White Storks.

The data collected during the study on the White Stork distribution in the country, its breeding success and nest densities in different regions of the country, condition of nests, threats to birds and their nests were used for the preparation of the “Species Action



Plan for the White Stork (*Ciconia ciconia*)". Results of this study also enable proposing the criteria for the selection of areas important for the White Stork.

The implementation of management and protection measures in the identified key territories, important to White Storks would contribute to the conservation of these long-lived long-distance migrants (Kanyamibwa *et al.* 1993, Schaubet *et al.* 2004, Olsson, Rogers 2009, Janiszewski *et al.* 2013).

## CONCLUSIONS

1. In the study area, covering 1.1% of the White Stork distribution range, the abundance of this species has considerably increased since 1994. In 2010, there were 19500 pairs nesting there, which constitutes 8.4% of the world's population. The mean density of breeding White Storks (30 pairs/100 km<sup>2</sup>) was one of the highest throughout the whole range.
2. The recorded breeding success of the White Stork of  $2.68 \pm 0.89$  SD juveniles per successful pair, was one of the highest in the north-western periphery of the range.
3. The breeding success in the considerably increased White Stork population in the study area remained high. Density of breeding birds had no effect on breeding success.
4. In recent decades, the White Stork has adapted to breeding at new nest-site – on poles of overhead electricity lines (from 13% in 1994 to 49% in 2010). However, from the standpoint of reproduction, this change in the White Stork nesting behaviour was partly non-adaptive due to significantly lower breeding success in nests built on poles of operating overhead electricity lines.
5. When selecting a breeding habitat, the White Stork gives preference for areas of extensive farming and territories with higher primary productivity.
6. Proximity of suitable foraging grounds has a positive effect on White Stork breeding success in the South-East Uplands region, while forest coverage and hilliness affect it negatively.
7. The timing of White Stork first spring arrival at its breeding grounds in the north-western periphery of the range advanced by 5 days in the second half of the 20<sup>th</sup>

century. The first arrival date is significantly affected by the air temperature on the European leg of the White Stork migratory route and the onset of the 3 °C thermal season in the breeding grounds.

8. White Stork nests on poles of overhead electricity lines and in trees were in the worst condition. White Stork breeding success was positively related with the condition of a nest. Mitigation measures of negative impacts on this species of the EU conservation concern are proposed.

## SANTRAUKA

### ĮVADAS

**Darbo aktualumas.** Baltasis gandra – agrarinio kraštovaizdžio paukštis, įsikuriantis žmogaus kaimynystėje, laikomas ekologiškos, gyventi sveikos aplinkos ir tausojančio žemės ūkio indikatoriumi (Tryjanowski *ir kt.* 2005 (b), Sæther *ir kt.* 2006, Kosicki 2012). Lietuvoje perinti baltojo gandro populiacijos dalis, esanti arealo šiaurės vakarų periferijoje, yra bene tankiausia ir viena gausiausių visame rūšies areale (BirdLife International 2004, Thomsen 2013).

Baltasis gandra yra tolimasis migrantas. Globali klimato kaita didesnę poveikį turi tolimiesiems migrantams: gali kisti populiacijos gausumas, arealo ribos (Both *ir kt.* 2006, Žalakevičius *ir kt.* 2009 (b), Vickery *ir kt.* 2014). Pagal migracijos kelią, Lietuvoje perintys gandrai priklauso rytinei populiacijos daliai. XX a. 9-ojo dešimtmečio viduryje baltojo gandro populiacija buvo pasiekusi žemiausią gausumo lygį visame perėjimo areale, ypač vakarinėje Europos dalyje (Schulz 1999, Sæther *ir kt.* 2006). Tik XX a. paskutiniame dešimtmetyje stebėtas populiacijos augimas visame areale (Thomsen, Hötter 2006) ir šiuo metu baltojo gandro populiacija laikoma auganti (Thomsen 2013, Vickery *ir kt.* 2014). Tokių pokyčių pagrindinė priežastis galėjo būti ženklūs pokyčiai žemės ūkyje bei mitybos sąlygų pokyčiai žiemavietėse (Tortosa *ir kt.* 2002, Thomsen, Hötter 2006). Skirtingi, o kartais net priešingi pokyčiai vakarų bei centrinės–rytų Europos žemės ūkyje gali skirtingai paveikti agrokraštovaizdžio paukščius, tarp jų ir baltąjį gandrą. Todėl tokių rūšių sąveikos su aplinka moksliniai tyrimai skirtingose arealo dalyse, atsižvelgiant į konkrečios šalies specifiką bei aplinkos sąlygas, yra itin aktualūs (Tryjanowski *ir kt.* 2011). Lietuva yra viena iš nedaugelio šalių, kurioje baltasis gandra peri optimaliose buveinėse, todėl tokios populiacijos dalies tyrimai yra labai aktualūs ir moksliniu, ir praktiniu aspektais. Nustačius baltojo gandro perėjimo buveinės pasirinkimui bei perėjimo sėkmingumui įtakos turinčius aplinkos veiksnius, bus galima prognozuoti rūšies gausumo bei erdvinio pasiskirstymo pokyčius, veikiant globaliems aplinkos pokyčiams. Taip pat, esant poreikiui, bus galima numatyti savalaikes šios rūšies apsaugos priemones, kad būtų užtikrintas baltojo gandro populiacijos dalies, perinčios Lietuvoje, esamos būklės išsaugojimas.

**Darbo tikslas ir uždaviniai.** Šio darbo tikslas buvo nustatyti baltojo gandro gausumą, erdvinį pasiskirstymą, jų pokytį, aplinkos veiksnių įtaką perėjimo buveinių pasirinkimui, perėjimo sėkmingumui bei atskridimo į perimvietes fenologijai arealo šiaurės vakarų periferijoje. Darbo tikslui pasiekti buvo išskelti šie uždaviniai:

1. Nustatyti baltojo gandro gausumo ir erdvinio pasiskirstymo pokyčius.
2. Nustatyti baltojo gandro lizdavičių pasirinkimo pokyčius.
3. Nustatyti baltojo gandro perėjimo buveinės pasirinkimo dėsningumus.
4. Ištirti baltojo gandro perėjimo sėkmingumo priklausomybę nuo kai kurių buveinės charakteristikų.
5. Nustatyti ilgalaikį klimato poveikį baltojo gandro pirmo pavasarinio atskridimo datai.
6. Nustatyti pagrindinius perinčiam baltajam gandrui grėsmę keliančius veiksnius, įvertinti jų reikšmingumą ir pasiūlyti neigiamo poveikio šiai Europos Sąjungoje saugomai rūšiai sumažinimo priemones.

#### **Ginamieji teiginiai:**

1. Baltojo gandro populiacijos dalis, perinti arealo šiaurės vakarų periferijoje, nuo 1994 metų ženkliai išaugo; didėjant gausumui paukščiai prisitaikė perėti naujoje lizdavietyje – ant elektros oro linijų atramų. Toks prisitaikymas rūšiai iš dalies nėra adaptyvus reprodukcinio požiūriu.
2. Arealo šiaurės vakarų periferijoje ženkliai išaugus baltojo gandro gausumui, perėjimo sėkmingumas nepriklauso nuo perinčių paukščių tankio.
3. Rinkdamasis perėjimo buveinę arealo šiaurės vakarų periferijoje, baltasis gandras teikia pirmenybę ekstensyvosios žemdirbystės plotams bei teritorijoms su didesne pirmine produkcija.
4. Baltojo gandro perėjimo sėkmingumas buvo didesnis mažesnio miškingumo ir kalvotumo bei didesnio pirminio produktyvumo perėjimo buveinėse, esančiose netoli mitybos teritorijų.
5. XX a. antroje pusėje baltojo gandro pirmo pavasarinio atskridimo į perimvietes data reikšmingai paankstėjo; pirmajam pavasariniam atskridimui įtakos turėjo oro temperatūra migracijos kelyje pietryčių Europoje bei orų sąlygos perimvietėse.

### **Darbo naujumas:**

1. Pirmą kartą baltojo gandro perėjimo buveinės pasirinkimo tyrimai atlikti su 8,4 % pasaulinės perinčios baltojo gandro populiacijos, esančios arealo šiaurės vakarų periferijoje, susitelkusios teritorijoje, užimančioje 1,1 % arealo ploto. Darbo metu šios populiacijos dalies iširtumas siekė beveik 90 %.
2. Pirmą kartą nustatyta, kad baltojo gandro kūrimasis naujo tipo lizdavietyje – ant eksploatuojamų elektros oro linijų atramų – yra iš dalies neadaptivus, nes šioje lizdavietyje stebimas reikšmingai mažesnis perėjimo sėkmingumas.
3. Įvertinus daugiamečius duomenis, pirmą kartą nustatyti baltojo gandro pirmo pavasarinio atskridimo datos pokyčiai 8-iose fenologinėse stotyse, reprezentuojančiose arealo šiaurės vakarų periferiją.
4. Pirmą kartą sukurtas originalus duomenų rinkinys GIS aplinkoje, kuriame įkelti arealo šiaurės vakarų periferijoje esančių lizdavičių tikslūs erdviniai ir kokybiniai duomenys. Šie duomenys išliks geras atspirties taškas vykdant tolesnius baltojo gandro populiacijos dalies, perinčios arealo šiaurės vakarų periferijoje, tyrimus.

### **Mokslinė ir praktinė darbo reikšmė:**

1. Nustatytas ryšys tarp perėjimo buveinių pasirinkimo bei perėjimo sėkmingumo ir žemės dangos charakteristikų perėjimo buveinėje leidžia prognozuoti galimą rūšies gausumo pokytį, nulemtą natūralių procesų bei ūkinės žmogaus veiklos.
2. Tyrimai atskleidė baltojo gandro prisitaikymo perėti ant elektros oro linijų atramų galimas neigiamas pasekmes perėjimo sėkmingumui, kas parodo tokio lizdavietyje pasirinkimo neadaptivumą; kadangi tokie lizdavietyje pasirinkimo pokyčiai stebimi didžiojoje rūšies arealo dalyje, gauti rezultatai yra reikšmingi tarptautiniu mastu.
3. Nustatytas ryšys tarp baltojo gandro pirmo pavasarinio atskridimo datos ir klimato parametrų leidžia prognozuoti globalios kaitos galimą poveikį šiai rūšiai.
4. Atliktų tyrimų rezultatai leidžia nustatyti kriterijus baltajam gandrui svarbių teritorijų atrankai.

5. Nustatytos baltajam gandrui skirtingose lizdavietėse kylančios grėsmės, įvertintas jų poveikis perėjimo sėkmingumui ir pateiktos rekomendacijos baltojo gandro apsaugai bei perėjimo sąlygoms pagerinti.

**Darbo aprobavimas ir publikacijos.** Darbo rezultatai paskelbti 8 publikacijose: 2 moksliniai straipsniai, 4 mokslinių pranešimų tezės, išleista 1 knyga „Baltasis gandras Lietuvoje. Lizdų atlasas“, 1 straipsnis populiarioje spaudoje. Disertacijos tema pateikti 6 pranešimai tarptautinėse konferencijose: 52-oji tarptautinė mokslinė Daugpilio universiteto konferencija (Daugpilis, Latvija), „Medžio ekosistema ir žmogus“ (Vilnius, Lietuva), „Spatial ecology & conservation“ (Birmingemas, Anglija), 1-a tarptautinė baltojo gandro konferencija (Zielona Gura, Lenkija).

Darbas keturis kartus pristatytas ir aprobuotas Gamtos tyrimų centro kasmetiniuose ataskaitiniuose seminaruose (Vilnius, Lietuva, 2010, 2011, 2012, 2013).

**Disertacijos struktūra ir apimtis.** Disertacijos rankraštį sudaro šie skyriai: *Įvadas, Literatūros apžvalga, Medžiaga ir metodai, Rezultatai* (skyrius susideda iš 7 dalių), *Rezultatų aptarimas, Darbo praktinė reikšmė ir rekomendacijos, Išvados, Literatūros sąrašas* (321 šaltinis), *autorės paskelbtų publikacijų sąrašas, Priedai* (5). Disertacijos apimtis 176 puslapiai. Tekste pateikti 34 paveikslai ir 20 lentelių. Disertacija parašyta lietuvių kalba su santrauka anglų ir lietuvių kalbomis.

**Padėkos.** Nuoširdžiai dėkoju savo darbo vadovui dr. Mindaugui Dagiui už kantrybę, skirtą laiką, vertingus patarimus bei didžiulę pagalbą rengiant disertaciją. Esu labai dėkinga dr. Sauliui Švažui ir dr. Rimgaudui Treiniui už pagalbą bei konstruktyvias pastabas, kurios ženkliai pagerino šį darbą. Už visokeriopą pagalbą dėkoju Paukščių ekologijos laboratorijos vadovui, Lietuvos MA tikrajam nariui habil. dr. Mečislovui Žalakevičiui. Už patarimus, pagalbą ir palaikymą dėkoju kolegoms dr. Galinai Bartkevičienei ir dr. Vitui Stanevičiui. Dėkoju Romai Jagminaitei už didžiulę pagalbą redaguojant darbą. Taip pat dėkoju Laimai Monkienei už disertacijos santraukos vertimą į anglų kalbą.

Nuoširdžiai dėkoju dr. Viktorui Skorniakovui, VU Matematikos ir informatikos fakulteto, Matematinės statistikos katedros lektoriui, už pagalbą apdorojant didžiulės

apimties duomenis. Taip pat esu labai dėkinga visam Matematinės statistikos katedros kolektyvui už įdomias ir naudingas diskusijas bei visokeriopą pagalbą.

Už pagalbą renkant didžiulės apimties duomenis apie baltąjį gandrą nuoširdžiai dėkoju: V. Augustinui, D. Baronui, A. Čerkauskui, E. Duderui, G. Gražulevičiui, M. Karlonui, dr. A. Kontautui, M. Mačiuliui, D. Makavičiui, J. Morkūnui, V. Naruševičiui, D. Norkūnui, D. Norkūnienei, E. Pakštytei, A. Petraškai, V. Razmui, G. Riaubai, dr. J. Sorokaitei, L. Šniaukštai, D. Varkalienei.

Duomenys apie baltojo gandro lizdus buvo surinkti vykdant projektą „Baltųjų gandrų (*Ciconia ciconia*) apsauga Lietuvoje“ [LIFE07 NAT/LT/000531], finansuotą pagal Europos Bendrijos LIFE programos finansinę priemonę, skirtą aplinkai, bei kofinansuotą Lietuvos Respublikos aplinkos ministerijos.

Už pagalbą perkeliant duomenis į GIS duomenų bazę dėkoju Simonai Adomaitytei ir Vilijai Zeleniūtei.

Už kantrybę bei didžiulį palaikymą rašant darbą dėkoju savo šeimai – vaikams ir tėvams.

## LITERATŪROS APŽVALGA

Šioje disertacinio darbo dalyje yra pateiktas baltojo gandro pasaulinės populiacijos paplitimas, gausumas ir pokyčiai. Aptarti veiksniai, turintys įtakos paukščių buveinių pasirinkimui. Apžvelgti baltojo gandro buveinių pasirinkimo, perėjimo sėkmingumo ir migracijos bei pirmo pavasarinio atskridimo tyrimai. Skyrius *Literatūros apžvalga* susideda iš keturių poskyrių.

## MEDŽIAGA IR TYRIMO METODAI

**Tyrimų medžiaga.** Baltojo gandro buveinių pasirinkimo analizei buvo naudojami baltojo gandro gausumo ir erdvinio pasiskirstymo duomenys, surinkti 2009–2010 metais visoje Lietuvos teritorijoje. Perėjimo sėkmingumo analizei duomenys buvo surinkti 2010 metais visoje Lietuvos teritorijoje ir 2010–2013 metais Vilniaus rajono bei Vilniaus miesto savivaldybių teritorijose. Analizuojant klimato poveikį gandrų pavasarinio atskridimo datai į perimvietes Lietuvoje buvo panaudoti ilgalaikiai fenologiniai

duomenys, rinkti 1961–2000 metais su 1986–1989 metų pertrauka (Romanovskaja, Bakšienė 2006).

**Metodai. Duomenų apie baltojo gandro lizdavietes bei perėjimo sėkmingumą rinkimo bei apdorojimo metodai.** Duomenys apie baltojo gandro lizdus, jų erdvinį pasiskirstymą buvo renkami pagal metodiką, naudojamą vykdant tarptautines baltojo gandro apskaitas, tai yra, apžiūrint teritoriją ir registruojant lizdus (Schulz 1998, Fulin *ir kt.* 2009, Thomsen 2013). Baltojo gandro lizdų paieška buvo vykdoma sistemingai apvažiuojant ir apžiūrint visas potencialiai baltajam gandrui tinkamas teritorijas liepos–spalio mėnesiais 2009 metais ir balandžio–rugpjūčio mėnesiais 2010 metais. Perėjimo sėkmingumo analizei buvo naudojami duomenys apie lizdus, kuriuose 2010–2013 metais liepos 1–20 d. laikotarpiu buvo registruotas mažiausiai vienas jauniklis (Fulin *ir kt.* 2009). Sėkmingai užaugusių baltojo gandro jauniklių skaičius nustatomas jiems esant apie 6 savaitių amžiaus (Onmuš *ir kt.* 2012). Tokio amžiaus jaunikliai jau yra pakankamai dideli, tačiau dar neskraido, taigi, galima patikimai įvertinti jų skaičių lizde (Moritzi *ir kt.* 2001). Be to, tokio amžiaus jaunikliai jau yra pergyvenę kritinį 3 savaitių laikotarpį, kada jų mirtingumas yra labai didelis (Tortosa, Villafuerte 1999, Tortosa, Castro 2003, Jovani, Tella 2004). Perėjimo sėkmingumas darbe išreikštas jauniklių skaičiumi perinčiai porai (JZm). Perinti pora laikoma sėkminga pora, kai lizde yra mažiausiai 1 jauniklis praėjus 40 dienų po išsiritimo. Perėjimo sėkmingumas yra jauniklių skaičius lizde 40 dienų po išsiritimo (Moritzi *ir kt.* 2001, Fulin *ir kt.* 2009).

2009–2010 metais duomenis visoje Lietuvos teritorijoje rinko 20 kvalifikuotų paukščių stebėtojų. Darbo autorė duomenis rinko 2009–2010 metais 8-iose Lietuvos savivaldybėse: Vilniaus, Anykščių, Švenčionių, Vilkaviškio, Marijampolės, Kalvarijos, Kazlų Rūdos ir Trakų bei 2011–2013 metais Vilniaus savivaldybėse.

Apskaitos metu surasti lizdai buvo registruojami pagal specialiai sukurtą metodiką. Visi stebėtojai buvo aprūpinti vienodais žiūronais, GPS imtuvais, foto aparatais, kompasais. Kiekvieno registruojamo lizdo vieta buvo fiksuojama GPS imtuvu. Buvo pildoma lizdo registracijos forma, kurioje buvo detalčiai aprašomas kiekvienas lizdas. Taip pat buvo daromos lizdo ir jo aplinkos nuotraukos.

Surinkti duomenys buvo perkelti į specialiai sukurtą Baltojo gandro lizdų GIS duomenų bazę (naudota *ArcGis 10.0* programinė įranga), kurioje lizdų taškų sluoksnis buvo koreguojamas, tai yra, kiekvieno taško padėtis erdvėje buvo tikslinama naudojant



ortofotografinį žemėlapi (M 1:10 000) bei lizdo aplinkos nuotraukas, padarytas apskaitų metu.

Buvo palygintas baltojo gandro populiacijos dalies, perinčios Lietuvoje, gausumas ir erdvinis pasiskirstymas 1994–2010 metais. 1994 metų duomenys apie baltojo gandro gausumą ir erdvinį pasiskirstymą Lietuvoje buvo paimti iš Malinausko ir Vaitkaus publikacijos, kurioje išsamiai pateikti 1994 metų baltojo gandro apskaitos rezultatai (Malinauskas, Vaitkus 1995). Kadangi šių dviejų apskaitų detalumas buvo skirtingas, lyginant duomenis įmanomos paklaidos. Tačiau 1994 metų apskaitos metu gauti duomenys yra laikomi patikimais (Malinauskas, Vaitkus 1995, Ivanauskas *ir kt.* 1997).

Darbe surinkti duomenys apie baltojo gandro pasiskirstymą apima visą Lietuvos teritoriją. Tuo tarpu tiesioginės erdvinės informacijos apie gandro mitybos objektų gausumą ir erdvinį pasiskirstymą nei šalies, nei atskirų rajonų mastu nėra. Todėl veiksniai, tikėtina, atspindintys mitybos sąlygas bei kraštovaizdžio ypatumus, buvo apskaičiuoti iš įvairių erdvinio duomenų bazių ir duomenų rinkinių, apimančių visą šalies teritoriją: CORINE žemės dangos duomenų bazės, Lietuvos Respublikos teritorijos georeferencinio pagrindo duomenų bazės, Lietuvos Respublikos teritorijos erdvinis reljefo modelis, bei NDVI, gauta iš EOSDIS (NASA's Earth Observing System Data and Information System; <https://earthdata.nasa.gov>). Iš šių bazių apskaičiuoti perėjimo buveinę charakterizuojantys veiksniai (Radović, Tepić 2009) baltojo gandro mitybos sąlygas bei kraštovaizdžio ypatumus atspindi netiesiogiai (angl. *Proxy variables*).

**Baltojo gandro perėjimo buveinių pasirinkimo analizės metodai.** Baltojo gandro buveinių pasirinkimo analizei buvo naudota informacija apie 21 192 gandrų lizdus, užregistruotus visoje Lietuvos teritorijoje 2009–2010 metais. Lietuva užima tik 1,1 % viso rūšies arealo ploto, o baltojo gandro populiacijos dalis, perinti šalyje, sudaro net 8,4 % pasaulinės perinčios baltojo gandro populiacijos. Tai didžiausia duomenų imtis, kada nors panaudota baltojo gandro tyrimams ne tik Lietuvoje, bet ir visoje Europoje.

Gandrų lizdų pasiskirstymo priklausomybės nuo kai kurių perėjimo buveinės charakteristikų analizė buvo atliekama vertinant aplinką  $2 \times 2$  km gardelėse, dengiančiose visą Lietuvos teritoriją. Gardelių tinklėlis sukurtas pasinaudojus *ArcGIS*

„Fishnet“ funkcija. Analizei naudotos visos pilnai patenkančios į šalies teritoriją tinklelio gardelės (N = 15 866).

Perėjimo buveinės charakteristikos, naudotos baltojo gandro buveinių pasirinkimo analizei: užstatytų teritorijų (CLC 1xx), dirbtinių dangų (CLC 13x), intensyvosios žemdirbystės ploto (CLC 211), ekstensyvosios žemdirbystės ploto (CLC 242), ekstensyvosios žemdirbystės ploto su natūralios augalijos tarpais (CLC 243), pievos (CLC 231), miško (CLC 3xx), pelkių dalis gardelėje. Taip pat NDVI indekso vidutinė reikšmė (balandžio–liepos mėnesių), hidrologinio ir kelių tinklo tankis, CORINE įvairių klasių fragmentų skaičius, CORINE įvairių klasių įvairovės indeksas (ribų tarp skirtingų CLC klasių fragmentų tankis gardelėje  $\text{km}/\text{km}^2$ ) gardelėje.

Siekiant nustatyti veiksnius, lemiančius baltojo gandro pasiskirstymą aplinkoje, buvo atlikta logistinė regresija. Lizdo buvimas gardelėje buvo priklausomas kintamasis, o įvairios buveinės charakteristikos – nepriklausomi kintamieji. Norint išvengti problemų, atsirandančių dėl veiksnių kolinearumo bei daugybės nulinių reikšmių, esančių duomenų imtyje, visi duomenys buvo standartizuoti.

**Baltojo gandro perėjimo sėkmingumo priklausomybės nuo kai kurių perėjimo buveinės charakteristikų analizės metodai.** Baltojo gandro perėjimo sėkmingumo priklausomybės nuo kai kurių perėjimo buveinės charakteristikų analizė buvo atliekama vertinant aplinką 1 km spinduliu aplink lizdą bei atstumą nuo lizdo iki kai kurių kraštovaizdžio objektų (Radović, Tepić 2009). Perėjimo sėkmingumo analizei 1 km spindulys aplink lizdą pasirinktas todėl, kad perinčių gandrų kelionės iki mitybos plotų dažniausiai yra 1 km atstumu nuo lizdo (Moritzi *ir kt.* 2001, Nowakowski 2003, Radović, Tepić 2009). Siekiant įvertinti buveinės charakteristikų įtaką perėjimo sėkmingumui lizduose, esančiuose aukštos kokybės buveinėse (Tryjanowski *ir kt.* 2005, Krüger *ir kt.* 2012), analizei atrinkti lizdai, kurie buvo sėkmingi Vilniaus rajono ir Vilniaus miesto savivaldybėse kiekvienais metais per 2010–2013 metų laikotarpį (N = 126).

Perėjimo buveinės charakteristikų įtaka perėjimo sėkmingumui buvo analizuojama naudojant daugialypės tiesinės regresijos modelį. Pirminės analizės metu buvo panaudota 17 buveinės charakteristikų. Sudarius koreliacijų matricą, tolimesnei analizei buvo atrinktos 8 buveinės charakteristikos, potencialiai galinčios turėti įtakos baltojo gandro perėjimo sėkmingumui. Modelyje priklausomas kintamasis buvo jaunikių, užaugusių konkrečiame lizde per 2010–2013 metų laikotarpį, skaičius, o nepriklausomi

kintamieji – perėjimo buveinės charakteristikos: miško dalis, geomorfo, nusakančio kalvotumą, dalis ir NDVI indekso vidutinė reikšmė perėjimo buveinėje bei atstumas nuo lizdo iki ekstensyviosios žemdirbystės ploto su natūralios augalijos intarpais (CLC 243), pievos (CLC 231), ekstensyviosios žemdirbystės ploto (CLC 242), artimiausio kaimyninio užimto lizdo bei vandens telkinio.

Pusė Lietuvoje perinčių baltųjų gandrų yra įsikūrę palyginti naujoje lizdavietyje – ant elektros oro linijų atramų. Norint nustatyti, kaip įsikūrimas šioje lizdavietyje veikia baltojo gandro perėjimo sėkmingumą, buvo naudojama metodika, taikyta panašiuose tyrimuose (Balmori 2005). Analizei buvo atrinkti lizdai, kurie buvo susukti ant elektros oro linijų atramų ir kuriuose 2010 m. liepos 1–20 d. laikotarpiu visoje šalies teritorijoje buvo registruotas mažiausiai vienas jauniklis ( $N = 1\,747$ ). Lizdai buvo suskirstyti į 3 grupes: lizdai, susukti ant eksploatuojamos elektros oro linijų atramos be platformos lizdai (A), lizdai, susukti ant eksploatuojamos elektros oro linijų atramos su platforma lizdai (B), lizdai, susukti ant nebeeksploatuojamos elektros oro linijų atramos (atjungta nuo elektros tiekimo) be platformos lizdai (C) (1 pav.). Buvo palyginti perėjimo sėkmingumo skirtumai tarp skirtingų lizdų grupių (A, B, C). Tam buvo naudojamas vienfaktorinės dispersinės analizės (angl. *ANOVA*) su aposterioriniu Fišerio kriterijumi (angl. *Post hoc Fisher least significant difference test* (LSD)) statistinis metodas. Perėjimo sėkmingumo skirtumai buvo laikomi reikšmingais prie  $p < 0,05$ .

**Klimato parametrų poveikio baltojo gandro pirmo pavasarinio atskridimo datai analizės metodai.** Analizei naudotos baltojo gandro pirmo atskridimo datos (PAD) į perimvietes Lietuvoje, rinktos 1961–2000 metais su 1986–1989 metų pertrauka Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro Vokės filiale (Romanovskaja, Bakšienė 2006). Tyrimų laikotarpis apima 40 metų (1961–2000 m), iš kurių turimi duomenys apima 36 metus. Analizei buvo naudojami duomenys, surinkti 8-iose fenologinėse stotyse, išsidėsčiusiose skirtingose šalies vietose (2 pav.).

Analizei PAD buvo perskaičiuotas iš kalendorinių dienų į dienos numerį metuose nuo sausio 1 dienos, atsižvelgiant į keliamuosius metus. PAD priklausomybei nuo vietinių orų sąlygų migracijos kelyje nustatyti buvo naudojama vidutinė oro temperatūra ir vėjo sąlygos kovo mėnesį pietryčių Rumunijoje ir šiaurės rytų Bulgarijoje ( $43^{\circ} - 45^{\circ}$  Š,  $26^{\circ} - 28^{\circ}$  R) – teritorijoje, kurią kerta baltieji gandrai, skrendantys rytiniu migracijos keliu pavasarinės migracijos metu. Oro temperatūros duomenys pietryčių Rumunijoje ir

šiaurės rytų Bulgarijoje ( $43^{\circ} - 45^{\circ}$  Š,  $26^{\circ} - 28^{\circ}$  R) buvo paimti iš duomenų bazės „Europos klimato įvertinimas ir duomenų rinkinys“ (<http://www.ecad.eu> (Klein Tank *ir kt.* 2002). Vėjo duomenys – vidutinė mėnesio zoninė (u) ir meridianinė (v) vėjo greičio vektoriaus dedamoji (m/s) 925 hPa izobariniame paviršiuje kovo mėnesiui buvo paimta iš „Nacionalinio aplinkos prognozavimo centro“ duomenų archyvo (NCEP, <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/timeseries> (Kalnay *ir kt.* 1996).

PAD priklausomybei nuo orų sąlygų perimvietėse nustatyti buvo naudojami oro temperatūros bei kritulių duomenys Lietuvoje skirtingais pavasario mėnesiais. Siekiant įvertinti, ar baltojo gandro atskridimas yra susijęs su tam tikra temperatūra, buvo analizuojamas PAD ryšys su terminiais sezonais Lietuvoje. Datos išreikštos dienos skaičiumi nuo sausio 1-os dienos, kai vidutinė paros temperatūra pakyla virš tam tikro laipsnio:  $0^{\circ}\text{C}$ ,  $1^{\circ}\text{C}$ ,  $2^{\circ}\text{C}$ ,  $3^{\circ}\text{C}$ ,  $4^{\circ}\text{C}$  ir nebenukrinta žemiau. Oro temperatūros duomenys 1961–2000 metų laikotarpiui buvo gauti iš Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos archyvo. Duomenys buvo paimti iš 8 meteorologinių stočių, esančių arčiausiai fenologinių stočių, tarp kurių vidutinis atstumas buvo  $14,8 \pm 10,4$  km ( $0,7$ – $28,8$  km,  $N = 8$ ; 2 pav.).

PAD priklausomybei nuo regioninių oro sąlygų buvo analizuojamas sausio–kovo mėnesių NAO (angl. *North Atlantic Oscillation*) indeksas. NAO indeksas atspindi meteorologinę situaciją Europoje sausio–kovo mėnesiais. NAO indekso reikšmės paimtos iš Nacionalinio atmosferos tyrimų centro ([www2.cgd.ucar.edu](http://www2.cgd.ucar.edu) (Hurrell, National Center for Atmospheric Research Staff 2013).

Analizei buvo naudojamas daugialypės tiesinės regresijos modelis, kur priklausomas kintamasis buvo 8 fenologinių stočių PAD mediana, o nepriklausomi kintamieji – įvairūs klimato rodikliai. Norint įvertinti galimą Lietuvoje perinčios baltojo gandro populiacijos dalies dydžio įtaką PAD, į analizę, kaip vienas iš nepriklausomų kintamųjų, buvo įtrauktas populiacijos dalies, perinčios Lietuvoje, dydis (Lindén 2011). Baltojo gandro populiacijos dalies, perinčios Lietuvoje, dydis kiekvieniems metams buvo apskaičiuotas iš 5 Lietuvos teritorijoje atliktų baltojo gandro apskaitų (1958, 1968, 1974, 1994 ir 2010 metų), juos interpoliuojant kiekvieniems metams (Kisielius 1974, Kazlauskas, Paltanavičius 1985, Malinauskas, Vaitkus 1995, Vaitkuvienė, Dagys 2014). Interpoliacijai atlikti pritaikytas 3-čios eilės polinomas.

Į aukščiau minėtas analizes nebuvo įtraukti tarpusavyje koreliuojantys veiksniai. Naudoti tik tie, kurių tarpusavio koreliacijos koeficientas buvo ne didesnis nei 0,6. Iš tarpusavyje koreliuojančių veiksnių porų paliktas tas, kuris, tikėtina, galėjo turėti didesnę ekologinę prasmę su analizuojamu priklausomu veiksmiu.

Baltojo gandro buveinių pasirinkimo analizėje geriausio modelio atrinkimui buvo naudoti Akaike (angl. *Akaike Information Criterion* (AIC)) ir Bajeso (angl. *Bayesian Information Criterion* (BIC)) informaciniai kriterijai.

Baltojo gandro perėjimo sėkmingumo priklausomybės nuo kai kurių perėjimo buveinės charakteristikų ir klimato parametrų poveikio baltojo gandro pirmo pavasarinio atskridimo datai analizėse, modelių atrankai buvo naudotas Akaike informacinis kriterijus bei modelių vidurkinimas (Burnham, Anderson 2002). AIC svoriai ( $\omega$ ) buvo naudojami atrinktų modelių nepriklausomų kintamųjų koeficientų reikšmių vidurkinimui bei nepriklausomų kintamųjų santykiniam reikšmingumui (angl. *Relative importance of variable* (RIV)) įvertinti. Modelių konstravimas su visomis įmanomomis nepriklausomų kintamųjų kombinacijomis, modelių palyginimas, jų atranka ir vidurkinimas atlikti naudojant R statistinės programinės įrangos (R Development Core Team 2011) MuMin paketo 1.9.13 versijos „dredge“ funkciją (Bartoń 2013).

Atliekant duomenų analizę taip pat buvo naudoti: *SAS 9.3* (SAS Institute Inc. 2011) statistinis paketas bei *Statistica 6* (StatSoft, Inc. 2013) programinė įranga. Atliekant erdvinę duomenų analizę buvo naudojama *ArcGis 10.0* programinė įranga (ESRI 2011).

## REZULTATAI

**Baltojo gandro gausumas bei erdvinis pasiskirstymas 2010 metais.** 2009–2010 metais, visoje šalies teritorijoje, buvo užregistruoti ir aprašyti 21 192 baltojo gandro lizdai. Užimti buvo 18 782 (88,6 %) lizdai. Baltieji gandrai perėjo 81,4 % visų užregistruotų lizdų. Baltojo gandro lizdų tankis buvo 32 lizdai/100 km<sup>2</sup>, o užimtų lizdų tankis – 29 lizdai/100 km<sup>2</sup>. 2009–2010 metais atliktos apskaitos tikslumas buvo 87 %, todėl Lietuvoje perinčio baltojo gandro gausumas įvertintas apie 19 500 porų. Perinčių porų tankis buvo įvertintas 30 porų/100 km<sup>2</sup>. Vidutinis perėjimo sėkmingumas 2010 metais buvo  $2,68 \pm 0,89$  SD jauniklio sėkmingai porai (N = 3 603). Lizduose buvo rasta

nuo 1 iki 5 jauniklių. Lizdų su 2 ir 3 jaunikliais buvo rasta daugiausia (73 % visų sėkmingų lizdų).

Net 64,4 % visos šalies teritorijos buvo klasifikuota kaip baltajam gandrui potencialiai tinkama teritorija, kurioje buvo išsidėstę 98 % visų registruotų lizdų. Vidutinis baltojo gandro lizdų tankis tinkamoje teritorijoje buvo 45 lizdai/100 km<sup>2</sup>. Potencialiai gandrums tinkamose teritorijose didžiausias lizdų tankis užregistruotas vakarų ir pietvakarių Lietuvoje, kur lizdų tankis siekia 80 lizdų/100 km<sup>2</sup>, o kai kuriose teritorijose daugiau nei 160 lizdų/100 km<sup>2</sup>. Dideli lizdų tankiai užregistruoti šiaurės rytų Lietuvoje – 60–80 lizdų/100 km<sup>2</sup>. Mažiausias baltojo gandro lizdų tankis yra centrinėje ir šiaurės Lietuvoje, kur intensyvesnis žemės ūkis bei miškingoje pietryčių ir rytų Lietuvos dalyje – lizdų tankis nesiekia 40 lizdų/100 km<sup>2</sup>. 2009–2010 metais atstumo nuo lizdo iki artimiausio kito užimto lizdo mediana buvo 524,9 m (tarpkvartilinis plotis 674 m). Tik 20 % visų porų įsikuria toliau nei 1 000 m nuo kaimyninės poros.

2009–2010 metais daugiausia baltojo gandro lizdų rasta ant įvairių stulpų – 61 % visų lizdų. Gausiausiai jų buvo ant elektros oro linijų atramų – 49 %, ant specialių stulpų su platformomis – 11 %, ant dažniausiai nenaudojamų ryšių linijų atramų – tik 1 %. Medžiuose buvo 21 % visų lizdų, ant vandens bokštų ir pastatų – po 9 %, o įvairiose kitose vietose – 1 %. Daugiau negu pusė (51,7 %) lizdų buvo ant specialių platformų.

**Baltojo gandro gausumo ir erdvinio pasiskirstymo pokyčiai Lietuvoje 1994–2010 metais.** Lietuvoje perinčios baltojo gandro populiacijos dalies gausumas per 1994–2010 metų laikotarpį išaugo labai ženkliai. 2010 m. buvo užregistruoti 21 192 baltojo gandro lizdai, iš kurių užimti buvo 18 782 lizdai, kai tuo tarpu 1994 m. – atitinkamai 11 204 ir 9 400 lizdų (1994 m. apskaitos duomenys iš: Malinauskas, Vaitkus 1995). Užimtų lizdų tankis taip pat padidėjo: nuo 17 užimtų lizdų/100 km<sup>2</sup> 1994 m. iki 29 užimtų lizdų/100 km<sup>2</sup> 2010 m. Atstumai tarp kaimyninių užimtų lizdų sumažėjo: 2010 m. 79 % lizdų buvo arčiau nei 1 km iki kaimyninio lizdo, lyginant su 59 % lizdų 1994 m. (chi kvadrato kriterijus,  $\chi^2 = 1\,682,6$ ;  $df = 2$ ;  $p < 0,0001$ ). Ypač ryškus ir reikšmingas pokytis per šiuos 16 metų įvyko baltojo gandro lizdų sukrovimo vietos pasirinkime (chi kvadrato kriterijus,  $\chi^2 = 5\,211,6$ ;  $df = 5$ ;  $p < 0,0001$ ). Ženkliai išaugo lizdų, susuktų ant elektros oro linijų atramų dalis: nuo 13 % lizdų 1994 m. iki 49 % lizdų 2010 m. Atvirkštinė tendencija stebėta medžiuose: lizdų dalis šiose lizdavietyse sumažėjo nuo 52 % 1994 m. iki 21 % 2010 m. (1994 duomenys iš Malinauskas, Vaitkus 1995).

**Baltojo gandro perėjimo buveinės pasirinkimo priklausomybė nuo kai kurių buveinės charakteristikų arealo šiaurės vakarų periferijoje.** Iš analizei naudotų 15 866 tinklelio gardelių, 8 788 (55,4 %) gardelėse buvo bent vienas gandro lizdas. Nė vieno lizdo nebuvo 7 078 (44,6 %) gardelėse. Naudojant pažingsninę logistinę regresiją, į modelį buvo po vieną įtraukiami 13 buveinę charakterizuojančių parametrų. ROC kreivės, pateikiamos 3 paveiksle, atitinka kiekvieną, pažingsniui išbandytą modelį. Iš 3 paveikslo matyti, kad jau trečiame žingsnyje yra pasiekama gera prognozavimo geba, apie kurią sprendžiama iš ploto po ROC kreive (angl. *Area under curve*, AUC; 0 žingsnis – modelio laisvasis narys, angl. *Intercept*). Taigi, trys pirmieji veiksniai gali užtikrinti gerą prognozavimo gebą. Kad tai būtų pagrįsta, buvo apskaičiuotas AUC padidėjimas kiekviename modelio sudarymo žingsnyje. Ketvirtame žingsnyje AUC padidėja mažiau nei 1 % (4 pav.). Pagal AUC padidėjimą galima daryti išvadą, kad trys pirmieji veiksniai jau užtikrina gerą prognozavimo gebą ir modelis su šiais veiksniais būtų optimalus.

Remiantis Akaike informacinio kriterijaus rezultatais, optimalus modelis turėtų turėti visus 13 veiksmių, o Bajeso informacinio kriterijaus rezultatais – 10 veiksmių. Buvo palyginti modelio, turinčio tris veiksmius, AUC su likusių modelių AUC. Visi skirtumai buvo patikimi prie  $p = 0,001$ , vadinasi, didesnis veiksmių kiekis užtikrina geresnę prognozavimo gebą. Nors pagal AIC ir BIC rezultatus, optimalūs modeliai turėtų turėti daug veiksmių, tačiau buvo atsižvelgta į tai, kad šiems rezultatams įtakos galėjo turėti labai didelė duomenų imtis. Be to, įtraukti ketvirtas ir likusieji veiksniai modelio savybes gerino labai nežymiai (4 pav.), todėl galutinis modelis buvo sukonstruotas su trimis pirmiausia įtrauktais veiksniais: CLC\_3xx, NDVI vid ir CLC\_242 (1 lentelė).

Galutinio modelio charakteristikos, atspindinčios modelio veikimą, pateiktos 2 lentelėje. Charakteristikų vertės yra Judeno indekso (angl. *Youden Index*) maksimizavimo rezultatas. Modelis teisingai klasifikavo 73,5 % visų (15 866) turimų gardelių.

Gautas modelis su trimis veiksniais buvo tikrinamas (angl. *Validation*). Tuo tikslu buvo imama 70 % (11 126 gardelės) atsitiktinai atrinktų gardelių iš visos duomenų imties. Iš šios atsitiktinai atrinktos imties, naudojant tikrinamą modelį, buvo išskaičiuojami koeficientų įverčiai, tai yra, vertinami modelio parametrai (modelis „apmokomas“ klasifikuoti). Gauti koeficientų įverčiai buvo tikrinami (modelis

klasifikuoja) su likusia 30 % (4 760 gardelių) imties dalimi ir nustatomos modelio prognostinės charakteristikos. Tokia procedūra buvo kartojama 10 000 kartų. Taip pat buvo patikrintas ir modelis su 10 veiksniais, rekomenduotas Bajeso informacinio kriterijaus kaip geriausias. Modelių tikrinimo analizės rezultatai pateikiami 3 lentelėje, kur „Modelis (3)“ – modelis su 3 veiksniais, o „Modelis (10)“ – modelis su 10 veiksniais.

„Modelio (3)“ charakteristikos imtyse labai nesikeitė, vadinasi, modelis yra stabilus. „Modelio (10)“ plotas po ROC kreivėmis visada buvo didesnis nei „Modelio (3)“, kitaip tariant, „Modelis (10)“ turi didesnę klasifikavimo gebą. AUC skirtumas neviršijo 0,018, kas sudaro 2,2 % „Modelio (3)“ vidutinės AUC reikšmės. Kitų charakteristikų (jautrumo ir tikslumo) skirtumai taip pat buvo nedideli. „Modelio (3)“ charakteristikos leidžia teigti, kad šis modelis patenka į puikių modelių kategoriją (Hosmer, Lemeshov, 2000). „Modelis (3)“ yra tinkamesnis negu „Modelis (10)“, kurio pranašumas nėra didelis, o papildomų veiksnų modelyje yra daugiau nei dvigubai.

Taigi, buvo nustatyta, kad svarbiausios aplinkos charakteristikos, turinčios įtaką baltojo gandro buveinės pasirinkimui yra: miškų užimamas plotas, ekstensyvosios žemdirbystės plotas ir balandžio–liepos mėnesių NDVI indekso reikšmė. Buvo rasta, kad ir kiti, į analizę atrinkti aplinkos veiksniai, taip pat turi įtakos baltojo gandro pasirinkimui ieškant perėti tinkamos buveinės, visgi jų poveikis yra gana mažas.

**Baltojo gandro perėjimo sėkmingumo priklausomybė nuo kai kurių perėjimo buveinės charakteristikų bei lizdo sukrovimo vietos.** Per 2010–2013 metų laikotarpį tiriamuose lizduose (N = 126) viename lizde vidutiniškai užaugo  $13,0 \pm 3,05$  SD jauniklių. Per keturis metus lizde užaugusių jauniklių skaičius kito nuo 7 iki 19. Reikšmingiausios buveinės charakteristikos, darančios įtaką baltojo gandro perėjimo sėkmingumui Pietryčių aukštumų rajone, yra miško dalis perėjimo buveinėje, kraštovaizdžio kalvotumas bei vidutinė NDVI reikšmė. Dviejų pirmųjų parametru santykinis reikšmingumas modelių rinkinyje buvo toks pat – 1 (RIV) (atitinkamai vidurkis  $b = -3,225 \pm 1,206$  SD ir vidurkis  $b = -5,816 \pm 2,453$  SD). Vidutinės NDVI reikšmės santykinis reikšmingumas (RIV) modelių rinkinyje buvo tik šiek tiek mažesnis – 0,95 (vidurkis  $b = 20,76 \pm 10,106$  SD). Labai svarbus parametras taip pat buvo ir atstumas nuo lizdo iki ekstensyvosios žemdirbystės plotų su natūralios augalijos intarpais. Šio parametro santykinis reikšmingumas buvo 0,88 (RIV; (vidurkis  $b = -0,0009 \pm 0,0005$  SD)). Mažai reikšmingas buvo atstumas nuo lizdo iki pievos (RIV 0,54).



Buvo nustatyta, kad perėjimo sėkmingumas yra mažesnis, esant didesniam miško plotui ir didesniam kraštovaizdžio kalvotumui perėjimo buveinėje. Perėjimo sėkmingumas yra didesnis esant didesnei vidutinei NDVI indekso reikšmei perėjimo buveinėje bei mažesniai atstumui nuo lizdo iki ekstensyvosios žemdirbystės plotų su natūralios augalijos tarpais. Nebuvo nustatyta, kad perėjimo buveinėje ar šalia jos nedideliu atstumu esantis užimtas kito baltojo gandro lizdas turėtų kokios nors įtakos perėjimo sėkmingumui. Taip pat nebuvo nustatyta, kad atstumas iki artimiausio vandens telkinio turėtų reikšmingos įtakos perėjimo sėkmingumui.

Baltojo gandro vidutinis perėjimo sėkmingumas 2010 metais lizduose ant elektros oro linijų atramų, sąlyginai naujoje lizdavietėje, kurią baltieji gandrai sparčiai įsisavino pastaraisiais metais, buvo  $2,69 \pm 0,87$  (SD; N = 1 747) JZm. Dispersinės analizės (angl. *ANOVA*) rezultatai parodė, kad yra patikimi skirtumai tarp perėjimo sėkmingumo skirtingose lizdų grupėse (A, B, C),  $F_{(2, 1744)} = 4,569$ ;  $p < 0,01$ . Remiantis aposterioriniu Fišerio mažiausiai reikšmingo skirtumo kriterijumi (angl. *Post hoc Fisher least significant difference* (LSD)) buvo palyginti perėjimo sėkmingumo skirtumai skirtingose lizdų, susuktų ant elektros oro linijų atramų, grupėse (A, B, C: A – lizdai ant eksploatuojamos elektros oro linijų atramos be platformos lizdai; B – lizdai ant eksploatuojamos elektros oro linijų atramos su platforma lizdai; C – lizdai ant nebeeksploatuojamos elektros oro linijų atramos (atjungta nuo elektros tiekimo) be platformos lizdai; 1 pav.). Rezultatai parodė, kad lizduose, susuktuose ant eksploatuojamų elektros oro linijų atramų be lizdinės platformos (JZm =  $2,63 \pm 0,83$ ), perėjimo sėkmingumas yra reikšmingai mažesnis negu lizduose ant eksploatuojamų elektros oro linijų atramų su platforma (JZm =  $2,74 \pm 0,91$ ) ir ant nebeeksploatuojamų elektros oro linijų atramų (JZm =  $2,81 \pm 0,89$ , 4 lentelė, 5 pav.). Tačiau perėjimo sėkmingumo skirtumas lizduose ant eksploatuojamų elektros oro linijų atramų su platforma ir lizduose ant nebeeksploatuojamų elektros oro linijų atramų jau nebuvo statistiškai reikšmingas (B ir C).

**Klimato parametrų poveikis baltojo gandro pirmo pavasarinio atskridimo datai.** Baltojo gandro vidutinė pirmoji pavasarinio atskridimo į perimvietes data (PAD) 8-iose fenologinėse stotyse 1961–2000 metais buvo  $93,2 \pm 4,4$  SD metų diena, arba apytiksliai balandžio 3 d. (kovo 30 d. – balandžio 8 d.; SD). Vidutinė metinė PAD svyruoja nuo  $85,4 \pm 6,1$  SD (kovo 27 d.) 1978 metais iki  $104,3 \pm 1,5$  SD (balandžio 15

d.) 1964 metais (6 pav.). Baltojo gandro pirma atskridimo data į perimvietes per 1961–2000 metų laikotarpį statistiškai reikšmingai paankstėjo 5 dienomis (tiesinė regresija  $F_{1,34} = 4,471$ ,  $p < 0,05$ ;  $b = -0,123$ ,  $t_{36} = -2,115$ ,  $r^2 = 0,34$ ,  $p < 0,05$ ).

Vidutinė oro temperatūra kovo mėnesį pietryčių Rumunijoje ir šiaurės rytų Bulgarijoje buvo svarbiausias kintamasis, esantis visuose modelių rinkinio modeliuose ir turintis reikšmingą neigiamą ryšį su pavasarinio atskridimo data. Šio parametro santykinis reikšmingumas modelių rinkinyje buvo lygus 1 (vidurkis  $b = -0,82 \pm 0,249$  SD,  $p < 0,01$ ). 3 °C terminio sezono data Lietuvoje taip pat turėjo reikšmingą teigiamą ryšį su PAD – santykinis reikšmingumas (RIV) buvo lygus 0,86 (vidurkis  $b = 0,158 \pm 0,069$  SD,  $p < 0,05$ ). NAO poveikis PAD buvo nereikšmingas, jo santykinis reikšmingumas modelių rinkinyje buvo 0,56. Kiti du priklausomi kintamieji – migracijos kelio europinėje dalyje kovo mėnesio vidutinė mėnesio zoninė ir meridianinė vėjo greičio vektoriaus dedamoji (m/s) 925 hPa izobariniame paviršiuje ir baltojo gandro populiacijos dalies, perinčios Lietuvoje, dydis – modelių rinkinyje nebuvo reikšmingi. Taigi, šių parametrų poveikis baltojo gandro atskridimui į perimvietes nenustatytas.

## REZULTATŲ APTARIMAS

**Baltojo gandro gausumo ir erdvinio pasiskirstymo pokyčiai Lietuvoje 1994–2010 metais.** Šie pokyčiai vertinti lyginant 1994 ir 2009–2010 metais atliktų apskaitų rezultatus. Šių dviejų apskaitų detalumas galėjo būti skirtingas. Lyginant nevienodai detaliai ištirtas teritorijas skirtingais laikotarpiais, gali būti gaunamos paklaidos. 2009–2010 metais atliktos apskaitos detalumas vertinamas 87 %. 1994 metų apskaitos detalumo dabar įvertinti neįmanoma, tačiau šios apskaitos duomenys vertinami kaip patikimi (Malinauskas, Vaitkus 1995, Ivanauskas *ir kt.* 1997).

Per 1994–2010 metų laikotarpį baltojo gandro gausumas Lietuvoje išaugo labai ženkliai – iki 19 500 perinčių porų. Toks ryškus baltojo gandro gausumo išaugimas gali būti susijęs su pagerėjusiomis mitybos sąlygomis, kurias lėmė ženklūs žemės ūkio pokyčiai po šalies nepriklausomybės atgavimo 1990 metais. Sumažėjus intensyviosios žemdirbystės plotams ir padidėjus pievų plotui, pagerėjo baltojo gandro mitybos sąlygos, gandrų gausumas išaugo. Pradėjo irti laukų drenavimo sistemos, kas sąlygojo smulkių šlapžemių atsistatymą (Aleknavičius 2007, Poviliūnas 2007, Ribokas, Milius 2008). Visa

tai teigiamai paveikė gandrų mitybos sąlygas ir, tikėtina, paukščių gausumą (Higuchi *ir kt.* 2006, Janiszewski *ir kt.* 2013).

Per tiriamąjį 16 metų laikotarpį baltasis gandras įsisavino naują lizdavietę – ėmė kurtis ant žemos įtampos (0,4 kV) elektros oro linijų atramų. 2010 metais šioje lizdavietėje jau perėjo beveik pusė (49 %) Lietuvos baltųjų gandrų, o 1994 metais – tik 13 %. Lizdų skaičius ant elektros oro linijų atramų per šį laikotarpį išaugo nuo 1 436 iki 10 654 lizdų. Taigi, galima teigti, kad baltasis gandras, didėjant jo gausumui, kūrėsi ant elektros oro linijų atramų. Kadangi elektros oro linijų atramų kiekis šalyje ženkliai nesikeitė nuo 1970-ųjų metų vidurio, prisitaikymas perėti ant stulpų greičiausiai buvo sąlygotas laipsniško baltojo gandro perėjimo elgsenos pokyčio didėjant jo gausumui bei stingant tradicinių lizdo krovimo vietų.

Perėjimas ant elektros oro linijų atramų baltąjį gandrą veikia ir teigiamai, ir neigiamai. Tai yra saugesnė lizdavietė, kadangi neprieinama žinduoliams, plėšiantiems lizdus, todėl padidėja paukščių perėjimo sėkmingumas (Tryjanowski *ir kt.* 2009). Tačiau tyrimo metu buvo nustatyta, kad lizduose, susuktuose tiesiai ant elektros laidų, perėjimo sėkmingumas yra reikšmingai mažesnis, negu ant nebeeksploatuojamų elektros oro linijų atramų. Taigi, remiantis šiais rezultatais galima teigti, kad baltojo gandro lizdaviečių pasirinkimo kaitos procesas turėjo neigiamų pasekmių reprodukciniams parametrams dėl patikimai mažesnio produktyvumo lizduose, susuktuose ant eksploatuojamų elektros oro linijų atramų. Lizdus perkėlus ant specialių platformų, įrengiamų ant eksploatuojamų elektros oro linijų atramų, perėjimo sėkmingumas reikšmingai pagerėja.

Daugelyje tyrimų buvo nustatyta, kad paukščių, perinčių ant aukštos įtampos elektros oro linijų atramų, reprodukciniai parametrai yra paveikiami neigiamai (Doherty, Grubb 1998, Fernie, Bird 1999, Fernie *ir kt.* 2000, Fernie, Reynolds 2005). Gandrų lizdai, susukti ant elektros oro linijų atramų, atsiduria ten, kur elektromagnetinis užterštumas yra didesnis. Turint omenyje gandrų lizdinį konservatyvizmą, jie patiria neigiamą elektromagnetinio lauko poveikį pakartotinai kiekvieną perėjimo sezoną (Frey 1993, Fernie *ir kt.* 2000, Balmori 2005, 2009, Lai 2005). Toks užsitęsęs elektromagnetinio lauko poveikis gali neigiamai paveikti besivystantį embrioną, jauniklių ritimosi sėkmingumą, taip pat perėjimo sėkmingumą (Balmori 2005, Fernie, Reynolds 2005).

**Baltojo gandro perėjimo buveinės pasirinkimą lemiančios buveinės charakteristikos.** Nustatytas teigiamas ryšys tarp baltojo gandro lizdo buvimo tikimybės teritorijoje ir ekstensyviosios žemdirbystės teritorijų ploto rodo, kad tokioms teritorijoms ši rūšis teikia pirmenybę. Lietuvoje ekstensyviosios žemdirbystės plotams būdingas didelis kraštovaizdžio struktūrinis heterogeniškumas, vykdoma įvairi, smulkaus masto žemės ūkio veikla. Visa tai sukuria palankias mitybos sąlygas baltajam gandrui – padidėja grobio įvairovė, gausumas bei prieinamumas. Todėl tokios teritorijos dominuoja baltajam gandrui pasirenkant perėjimo buveines (Pinowski *ir kt.* 1991, Ožgo, Bogucki 1999, Moritzi *ir kt.* 2001). Mažesni gandrų lizdų tankiai buvo rasti teritorijose, kuriose pievų ir ganyklų proporcija yra maža. Tokiose teritorijose, kurių nemažai yra šiaurinėje ir centrinėje Lietuvos dalyje, labiau dominuoja dideli monokultūrų laukai, o tai pablogina mitybos sąlygas baltajam gandrui. Mažesni baltojo gandro gausumą teritorijose su maža dalimi pievų bei ganyklų nustatė ir Massemin-Challet *ir kt.* (2006) bei Ptaszyk (1994).

Tyrimo rezultatai parodė, kad baltasis gandras, rinkdamasis perėjimo buveinę, pirmenybę teikia teritorijoms su didesne NDVI indekso reikšme, atspindinčia didesnę pirminę produkciją. Aukštesnis aplinkos NDVI indeksas netiesiogiai atspindi didesnę maisto kiekį (Kosicki 2010, Sardà-Palomera *ir kt.* 2012), taip pat būsimą didesnę dėtį bei geresnę perėjimo sėkmingumą (Kosicki, Indykiewicz 2011).

Baltieji gandrai vengia miškų ir krūmynų. Bet kokio dydžio miško plotas perėjimo buveinėje sumažina potencialių mitybos teritorijų plotą. Toks šio tyrimo rezultatas neprieštaruja Onmuš *ir kt.* (2012) gautiems rezultatams.

**Baltojo gandro perėjimo sėkmingumą lemiantys veiksniai.** Lietuvos Pietryčių aukštumų rajone baltojo gandro perėjimo sėkmingumas buvo mažesnis kalvotiesio kraštovaizdžio vietovėse. Tai gali būti susiję su lizdo apsauga. Apie 40 % visų vados praradimo atvejų yra susiję su gandrų kovomis su įsibrovėliais, tai yra, kitais gandrais ir plėšrūnais, plėšiančiais lizdus (Bocheński, Jerzak 2006). Todėl perintys gandrai turi poreikį matyti lizdą maitindamiesi, ypač kada jaunikliai dar yra maži (Radović, Tepić 2009). Be to, kalvotame, labiau fragmentuotame kraštovaizdyje sudėtingiau vykdyti žemės ūkio veiklą, todėl užkrūmijant nebenaudojamoms pievoms ir ganykloms mažėja jų plotas, taip pat prastėja baltojo gandro mitybos sąlygos (Ries *ir kt.* 2004, Cerezo *ir kt.* 2011).

Nustatytas teigiamas ryšys tarp perėjimo sėkmingumo ir NDVI reikšmės jauniklių auginimo laikotarpiu netiesiogiai nurodo kokybiškesnių mitybos buveinių svarbą baltajam gandriui. Buveinėse, kuriose maisto išteklių gausesni, perėjimo sėkmingumas yra didesnis (Tucker *ir kt.* 1991, Schaub *ir kt.* 2005, Kosicki 2010, Kosicki, Indykiewicz 2011).

Nustatytas neigiamas ryšys tarp baltojo gandro perėjimo sėkmingumo ir atstumo nuo lizdo iki mitybos teritorijų: ekstensyvosios žemdirbystės plotų su natūralios augalijos intarpais bei pievos. Perintiems paukščiams labai svarbus tinkamas balansas tarp asmeninių ir jauniklių energijos poreikių patenkinimo. Kuo didesnis atstumas iki mitybos plotų, tuo daugiau energijos suaugę gandrai išleikvoja skraidydami (Moritzi *ir kt.* 2001).

Nustatyta, kad kuo didesnę perėjimo buveinės dalį užima miškai, tuo baltojo gandro perėjimo sėkmingumas yra mažesnis. Miško plotas sumažina mitybos plotų dalį perėjimo buveinėje. Tą patvirtina ir Onmuš *ir kt.* (2012) gauti rezultatai, kurie parodo, kad miško plotas perėjimo buveinėje turi neigiamą įtaką baltojo gandro mitybos sąlygoms, o maisto kiekis yra labai svarbus aplinkos kintamasis, turintis įtakos perėjimo sėkmingumui (Tryjanowski, Kuźniak 2002, Tortosa *ir kt.* 2003, Denac 2006 (a)).

Tyrimo rezultatai atskleidė, kad nors baltojo gandro populiacijos dalies, perinčios Lietuvoje, tankis yra vienas didžiausių visame baltojo gandro areale, tačiau atstumas iki artimiausio užimto kaimyninio lizdo reikšmingos įtakos perėjimo sėkmingumui neturėjo. Taigi, galima teigti, kad vidurūšinės konkurencijos dėl maisto resursų kol kas nėra. Lietuvoje daugiau nei 70 % perinčių gandrų porų yra išsidėsčiusios mažesniu nei 1 km atstumu viena nuo kitos, o perėjimo rodikliai yra aukšti, vadinasi, kol kas mitybos sąlygos yra geros ir iš esmės patenkina perinčių paukščių energinius poreikius. Tai dar kartą patvirtina, kad perėjimo buveinės gandrai mūsų šalyje yra optimalios. Gandrų poros, perinčios iki 1,5 km atstumu viena nuo kitos, jau gali būti laikomos potencialiais konkurentais dėl maisto resursų (Denac 2006 (b)). Esant dideliame populiacijos tankiui, kyla vidurūšinė konkurencija, nukenčia perėjimo sėkmingumas (Tortosa *ir kt.* 2002, Tryjanowski, Kuźniak 2002, Denac 2006 (b)). Taigi, nors Lietuvoje baltųjų gandrų tankis ir jų perėjimo sėkmingumas yra aukšti, tačiau perinčių paukščių tankis kol kas dar nepasiekė tokio lygio, kad pradėtų veikti tankio sąlygojami, populiacijos gausumą reguliuojantys mechanizmai.

**Klimato parametrų poveikis baltojo gandro pirmo pavasarinio atskridimo datai.** Baltojo gandro pirmo atskridimo data 1961–2000 metų laikotarpiu paankstyvėjo 5 dienomis. Oro temperatūra pietryčių Europoje kovo mėnesį turėjo didžiausią teigiamą poveikį baltojo gandro pirmo atskridimo datai į perimvietes Lietuvoje. Daugelyje tyrimų taip pat nustatyta, kad esant aukštesnei vietinei oro temperatūrai migracijos kelio europinėje dalyje paukščiai į perimvietes atskrenda anksčiau (Gienapp *et al.* 2007, Gordo 2007). Nustatytas stiprus ryšys tarp PAD ir 3 °C terminio sezono pradžios datos Lietuvoje rodo, kad paukščių pirmo pavasarinio atskridimo data labai priklauso nuo oro temperatūros ne tik migracijos kelyje, bet ir perimvietėse, ir yra stiprus ankstesnį atskridimą ribojantis veiksnys. Šis ryšys parodo, kad orų sąlygos perimvietėse tampa tinkamos, kada vidutinė oro temperatūra perkopia 3 °C. Tyrimo metu nebuvo nustatytas reikšmingas NAO bei migracijos kelyje vyraujančių vėjų poveikis baltojo gandro pavasarinio atskridimo datai. Taigi, galima teigti, kad baltojo gandro pavasarinio atskridimo datai didesnę poveikį turi vietinės sąlygos, nei regioniniai klimato veiksniai. Baltojo gandro gausumo įtaka pirmojo atskridimo datai į perimvietes taip pat nebuvo nustatyta.

## **BALTAJAM GANDRUI SKIRTINGOSE LIZDAVIETĖSE KYLANČIOS GRĖSMĖS. REKOMENDACIJOS, KAIP SUMAŽINTI JŲ NEIGIAMĄ POVEIKĮ**

Baltasis gandas prisitaikė perėti ir maitintis žmogaus kaimynystėje. Tačiau šis artimas ryšys padarė šiuos paukščius iš dalies priklausomus nuo žmogaus globos, ypač dėl lizdams sukurti tinkamų vietų. Baltasis gandas – stambus sklandantis paukštis, kurio sparnų mojis yra 1,55–1,65 m (del Hoyo *ir kt.* 1992), todėl jam perėti ir užauginti jauniklius reikalinga atvira, tvirta ir saugi lizdavietė. Gandrai dažnai įsikuria ir peri ant jiems iškeltų specialių dirbtinių lizdavičių. Tyrimų metu buvo nustatyta, kad daugiau nei pusė (52 %) visų baltojo gandro lizdų (N = 21 192) buvo susukta ant specialių lizdinių platformų. Dispersinės analizės (angl. *ANOVA*) rezultatai parodė, kad yra patikimi skirtumai tarp perėjimo sėkmingumo lizduose, susuktuose ant specialių platformų ir ne ant platformų ( $F_{1, 3601} = 4,981$ ;  $p < 0,05$ ). Perėjimo sėkmingumas lizduose, susuktuose ant specialių platformų buvo  $2,72 \pm 0,91$  SD (JZm) (N = 1 866), o lizduose ne ant platformų –  $2,65 \pm 0,87$  SD (JZm) (N = 1 737).

Lizdų, susuktų skirtingose lizdavietėse, būklė nėra vienoda. Nustatyta tendencija, kad kuo geresnė lizdo būklė, tuo didesnis baltojo gandro perėjimo sėkmingumas. Geros būklės lizduose perėjimo sėkmingumas buvo  $2,71 \pm 0,91$  SD (JZm) (N = 2 164), patenkinamos būklės lizduose –  $2,66 \pm 0,91$  SD (JZm) (N = 492), o blogos būklės lizduose –  $2,64 \pm 0,84$  SD (JZm) (N = 932). Dispersinės analizės (angl. *ANOVA*) rezultatai reikšmingų skirtumų neparodė ( $F_{2, 3585} = 2,601$ ;  $p = 0,074$ ). Kad baltojo gandro perėjimo sėkmingumas yra didesnis geresnės būklės lizduose, savo tyrimuose nustatė Tortosa ir Villafuerte (1999), Tryjanowski *ir kt.* (2005 (a), 2009), Vergara *ir kt.* (2010).

Priklausomai nuo lizdo sukrovimo vietos, lizdams ir juose perintiems paukščiams iškyla įvairių grėsmių. Nustatyta, kad blogiausia būklė yra lizdų, susuktų ant naudojamų elektros oro linijų atramų – 54 % tokių lizdų yra blogos būklės. Nors būtent į tokio tipo lizdavietes pastaraisiais metais plito ženkliai išaugusi baltojo gandro populiacijos dalis, perinti Lietuvoje, tačiau paukščiams šioje lizdavietėje kyla daugiausiai pavojų. Tokie lizdai neretai iškrinta, kartais užsidega dėl trumpo elektros jungimo, paukščiai neretai susižaloja atsitrenkę į elektros laidus ar atramas, taip pat gana dažnai pasitaiko žūčių nutrenkus elektros srovę. Minėtos problemos yra sprendžiamos perkeliant baltųjų gandrų lizdus ant specialių lizdinių platformų, kurių šalyje jau yra įrengta virš 4 500.

Vis dar nemažai baltųjų gandrų peri ant pastatų stogų, kas neretai sukelia problemų pastatų savininkams. Jei lizdas susuktas tiesiai ant pastato stogo, apačioje besikaupianti drėgmė gali paspartinti stogo konstrukcijų irimą. 40 % lizdų, susuktų ant pastatų, yra blogos arba patenkinamos būklės. Įrengus ant pastato stogo tinkamos konstrukcijos lizdinę platformą, kuri užtikrina oro cirkuliaciją tarp stogo ir lizdo, apsaugomas pastato stogas, taip pat baltojo gandro lizdas nuo sunaikinimo.

Net 44 % lizdų, susuktų medžiuose yra blogos arba patenkinamos būklės. Dažniausiai lizdų, susuktų medžiuose, būklę blogina jų apaugimas medžių šakomis. Jeigu šakos aplink lizdus nėra periodiškai apgenimos, tokie lizdai ilgainiui apauga, kas apsunkina priskridimą prie lizdo, todėl paukščiai lizdavietę apleidžia. Anksti pavasarį, prieš parsikrendant gandrams, apgenėjus lizdinius medžius (medžius, kuriuose yra lizdas) minėtų problemų būtų galima išvengti.

Darbo metu surinkti duomenys apie baltojo gandro pasiskirstymą šalyje, perėjimo sėkmingumą ir lizdų tankius atskiruose šalies regionuose, lizdų būklę, paukščiams ir jų lizdams iškylančias grėsmes buvo panaudoti ruošiant „Baltojo gandro (*Ciconia ciconia*)

apsaugos planą“, kuris buvo skirtas užtikrinti baltojo gandro populiacijos dalies, perinčios Lietuvoje, esamos būklės išsaugojimą. Atliktų tyrimų rezultatai leidžia nustatyti kriterijus baltajam gandrui svarbių teritorijų atrankai.

Identifikavus raktines, gandrums patrauklias teritorijas, jų tvarkymo ir apsaugos priemonės padėtų išsaugoti šiuos ilgaamžius tolimuosius migrantus (Kanyamibwa *ir kt.* 1993, Schaub *ir kt.* 2004, Olsson, Rogers 2009, Janiszewski *ir kt.* 2013).

## IŠVADOS

1. Tyrimų teritorijoje, užimančioje 1,1 % viso rūšies arealo ploto, baltojo gandro gausumas nuo 1994 metų išaugo labai ženkliai – 2010 metais perėjo 19 500 baltojo gandro porų, kas sudaro 8,4 % pasaulinės populiacijos. Vidutinis tankis (30 perinčių porų/100 km<sup>2</sup>) buvo vienas didžiausių visame areale.
2. Nustatytas baltojo gandro perėjimo sėkmingumas –  $2,68 \pm 0,89$  SD jauniklio sėkmingai porai – buvo vienas aukščiausių arealo šiaurės vakarų periferijoje.
3. Tyrimų teritorijoje ženkliai išaugus baltojo gandro gausumui, perėjimo sėkmingumas išliko aukštas. Perinčių paukščių tankis neturėjo įtakos perėjimo sėkmingumui.
4. Pastaraisiais dešimtmečiais baltasis gandras prisitaikė perėti naujo tipo lizdavietėse – ant elektros oro linijų atramų (nuo 13 % 1994 m. iki 49 % 2010 m.). Prisitaikymas pasirenkant lizdavietę reprodukcinio požiūriu buvo iš dalies neadaptivus dėl patikimai mažesnio perėjimo sėkmingumo lizduose, susuktuose ant eksploatuojamų elektros oro linijų atramų.
5. Rinkdamasis perėjimo buveinę baltasis gandras teikia pirmenybę ekstensyviojo ūkininkavimo bei didesnio pirminio produktyvumo teritorijoms.
6. Baltojo gandro perėjimo sėkmingumą Pietryčių aukštumų rajone teigiamai veikia tinkamų mitybos buveinių artumas ir neigiamai – perėjimo buveinės miškingumas bei kalvotumas.
7. XX a. antroje pusėje baltojo gandro pirmo pavasarinio atskridimo data į perimvietes arealo šiaurės vakarų periferijoje paankstėjo 5-iomis dienomis. Pavasarinio atskridimo datą reikšmingai veikia oro temperatūra europinėje migracijos kelio dalyje bei 3 °C terminio sezono pradžia perimvietėse.



8. Blogiausias būklės baltojo gandro lizdai yra ant oro linijų atramų bei medžiuose. Baltojo gandro perėjimo sėkmingumas yra mažesnis blogesnės būklės lizduose. Pasiūlytos neigiamo poveikio šiai Europos Sąjungoje saugomai rūšiai sumažinimo priemonės.

## LIST OF PUBLICATIONS ON THE DISSERTATION TOPIC

### MOKSLINIŲ PUBLIKACIJŲ SĄRAŠAS

**Vaitkuvienė, D.**, Dagys, M. 2014. Two-fold increase in White Stork (*Ciconia ciconia*) population in Lithuania: a consequence of changing agriculture? *Turkish Journal of Zoology* 38, DOI:10.3906/zoo-1402-44.

**Vaitkuvienė, D.**, Dagys, M. 2014. Possible effects of electromagnetic field on White Storks *Ciconia ciconia* breeding on low-voltage electricity line poles. *Zoology and Ecology*, DOI: 10.1080/21658005.2014.962783.

**Vaitkuvienė, D.**, Dagys, M., Bartkevičienė, G., Romanovskaja, D. The effect of weather variables on the White Stork (*Ciconia ciconia*) spring migration phenology. *Ornis Fennica* (Conditionally accepted).

## LIST OF POPULAR PUBLICATIONS ON THE DISSERTATION TOPIC

### POPULIARIŲ PUBLIKACIJŲ SĄRAŠAS

Dagys, M., **Vaitkuvienė, D.** 2013. Baltasis gandras Lietuvoje. Lizdų atlasas. Vilnius, 144 P.

**Vaitkuvienė, D.**, Dagys, M. 2013. Baltojo gandro gausumas ir apsauga Lietuvoje. *Žurnalas apie gamtą* 2(56), 22–26.

## ABSTRACTS OF SCIENTIFIC CONFERENCES

### KONFERENCIJŲ TEZĖS

**Vaitkuvienė, D.**, Dagys, M. 2010. Land cover changes in the Lithuanian coastal zone in 1975–2006. Abstracts of the 52nd international scientific conference of Daugavpils University. Daugavpils: Daugavpils University. P. 11.

Bartkevičienė, G., **Vaitkuvienė, D.**, Dagys, M. 2014. Does climate influence first arrival dates of White Storks in Lithuania? In: L. Jerzak, P. Tryjanowski (Eds). Abstracts of the 1st International White Stork Conference, Zielona Góra, Poland, 4–6 September 2014. P. 10.

Dagys, M., **Vaitkuviėnė, D.**, Skorniakov, V. 2014. Factors affecting the distribution of breeding White Storks *Ciconia ciconia* in Lithuania. In: L. Jerzak, P. Tryjanowski (Eds). Abstracts of the 1st International White Stork Conference, Zielona Góra, Poland, 4–6 September 2014. P. 15.

**Vaitkuviėnė, D.**, Dagys, M. 2014. Changes in White Stork (*Ciconia Ciconia*) population in Lithuania between 1994–2010. In: L. Jerzak, P. Tryjanowski (Eds). Abstracts of the 1st International White Stork Conference, Zielona Góra, Poland, 4–6 September 2014. P. 62.

## CURRICULUM VITAE

**Name:** Daiva Vaitkuvienė

**Date and place of birth:**

03 April 1967, Rokiškis, Lithuania

**Education:**

2009–2013 PhD studies at the Nature Research Centre.

1998–1994 Master's Degree in Biology, Faculty of Natural Sciences, Vilnius University.

**Contacts:**

Nature Research Centre, Laboratory of Avian Ecology, Akademijos 2, LT-08412, Vilnius, Lithuania.

e-mail: [daiva@ekoi.lt](mailto:daiva@ekoi.lt)