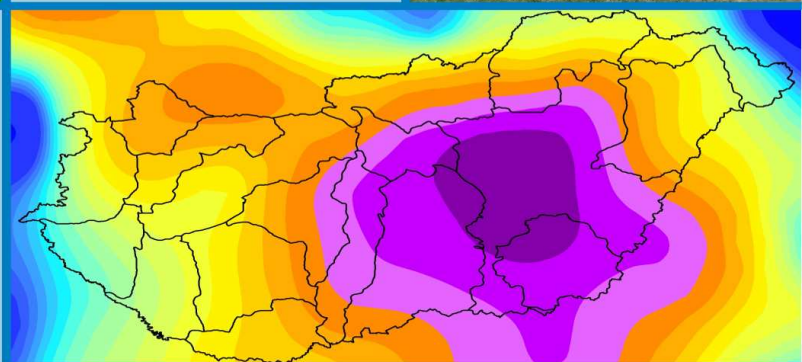
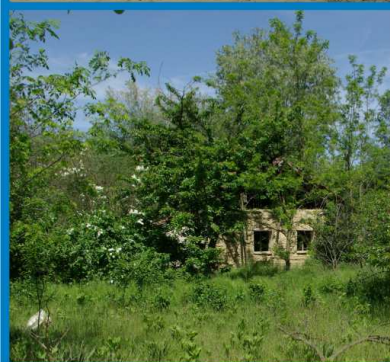


# Review of climate change research program at the University of Szeged (2010-2012)

## A klímaváltozás kutatás válogatott eredményei a Szegedi Tudományegyetemen (2010-2012)

Edited by  
János Rakonczai  
Zsuzsanna Ladányi



**REVIEW OF CLIMATE CHANGE RESEARCH PROGRAM AT THE  
UNIVERSITY OF SZEGED (2010–2012)**

**A klímaváltozás kutatás válogatott eredményei  
a Szegedi Tudományegyetemen (2010–2012)**



**SZEGED  
2012**

**Edited by**  
János Rakonczai  
Zsuzsanna Ladányi

ISBN 978–963–306–161–9

**Published by**  
Institute of Geography and Geology

**Printed by**  
Innovariant Nyomdaipari Kft.

**Cover and design**  
Zsuzsanna Ladányi

The research was funded by the Project „TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KONV-2010-0005 –  
Creating the Center of Excellence at the University of Szeged”,  
supported by the EU and co-financed by the European Regional Fund.



## CONTENTS

Foreword.....	5
<i>Pál Sümegei – Sándor Gulyás – Gergő Persaits – Zoltán Szelepcsényi</i> Long environment change in the forest steppe habitat of the Great Hungarian Plain based on paleoecological data .....	7
<i>Viktória Blanka – Gábor Mezősi – Wolfgang Loibl – Gabriella Szépszó – Péter Csorba – Burghard Meyer – Teodóra Bata – Richárd Nagy – Róbert Vass</i> Meso-region scale change of climate in the 21 <sup>th</sup> century and its potential impacts on the environment in the Carpathian Basin .....	25
<i>János Rakonczai – Zsuzsanna Ladányi – Áron József Deák – Zsolt Fehér</i> Indicators of climate change in the landscape: investigation of the soil – groundwater – vegetation connection system in the Great Hungarian Plain .....	41
<i>Márta Zalatnai – László Körmöczi</i> Vegetation boundary zone in sandy grasslands and the affecting edaphic factors .....	59
<i>Irén Puskás –Norbert Gál –Andrea Farsang</i> Impact of weather extremities (excess water, drought) caused by climate change on soils in Hungarian Great Plain (SE Hungary) .....	73
<i>Lilla Égerházi – Ágnes Gulyás – Noémi Kántor – Ilona Kevei-Bárány – Márton Kiss – László Makra – Andrea Samu – Eszter Tanács – János Unger</i> Investigations at the Department of Climatology and Landscape Ecology in the frame of the project ‘TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KONV-2010-0005’ .....	89
<i>Péter Bajmócy – Lajos Boros – Bálint Csatári – Renáta Dudás – Jenő Zsolt Farkas – Tünde Juray– Zoltán Kovács – Viktor Pál</i> Managing the socio-economic consequences of the climate change .....	105
List of publications supported by TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KONV-2010-0005.....	121

## TARTALOMJEGYZÉK

Előszó .....	6
<i>Sümegei Pál – Gulyás Sándor – Persaits Gergő – Szelepcsényi Zoltán</i> Az erdőssztyepp hosszú távú fejlődése az Alföldön paleoökológiai adatok alapján.....	7
<i>Blanka Viktória – Mezősi Gábor – Loibl Wolfgang – Szépszó Gabriella – Csorba Péter – Meyer Burghard – Bata Teodóra – Nagy Richárd – Vass Róbert</i> Az éghajlatváltozás területileg részletesebb felbontású előre vetítése és néhány következménye a Kárpát-medencében .....	25
<i>Rakonczai János – Ladányi Zsuzsanna – Deák József Áron – Fehér Zsolt</i> A klímaváltozás táji indikátorai: a talaj – talajvíz – vegetáció kapcsolatrendszer vizsgálata Alföldi mintaterületeken.....	41
<i>Zalatnai Márta – Körmöczy László</i> Homoki gyepközösségek határzónájának mintázata és az azt befolyásoló edafikus tényezők .....	59
<i>Puskás Irén – Gál Norbert – Farsang Andrea</i> A klímaváltozás okozta időjárási szélsőségek (aszály, belvíz) hatása a Nagyalföld talajaira .....	73
<i>Égerházi Lilla – Gulyás Ágnes – Kántor Noémi – Keveiné Bárány Ilona – Kiss Márton – Makra László – Samu Andrea – Tanács Eszter – Unger János</i> Az Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék vizsgálatai a ‘TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KONV-2010-0005’ projekt keretében .....	89
<i>Bajmócy Péter – Boros Lajos – Csatári Bálint – Dudás Renáta – Farkas Jenő Zsolt – Juray Tünde – Kovács Zoltán – Pál Viktor</i> A globális klímaváltozás társadalmi-gazdasági következményei és azok kezelése ...	105
A TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KONV-2010-0005 program támogatásával készült publikációk .....	121

## INVESTIGATIONS AT THE DEPARTMENT OF CLIMATOLOGY AND LANDSCAPE ECOLOGY IN THE FRAME OF THE PROJECT ‘TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KONV-2010-0005’

Lilla Égerházi – Ágnes Gulyás – Noémi Kántor – Ilona Kevei-Bárány – Márton Kiss – László Makra – Andrea Samu – Eszter Tanács – János Unger

University of Szeged, Department of Climatology and Landscape Ecology

### Assessment of thermal comfort conditions in urban public places

The urban bioclimate project of the Department of Climatology and Landscape Ecology aimed to evaluate popular public places of Szeged from the point of view of human thermal comfort (Table 1). Micro-bioclimate conditions were investigated through on-site measurements and bioclimate index calculation. Mobile stations were used to record air temperature –  $T_a$  [°C], relative humidity – RH [%], wind velocity –  $v$  [m/s], as well as short- and long wave radiation fluxes –  $K_i$  és  $L_i$  [ $W/m^2$ ] on the selected areas. Radiation fluxes were converted to the mean radiation temperature –  $T_{mrt}$  [°C] and then physiologically equivalent temperature – PET [°C] were calculated from the measured data. PET is usually used to quantify thermal stress reaching the human body and, according to the recently valid international scale, it indicates no thermal stress and neutral thermal sensation around 20°C (Fig. 1). In order to study the thermal conditions dependent human reactions (subjective assessments, behaviour), structured interviews (questionnaires) were conducted simultaneous to microclimate measurements, and observations were carried out to show the spatio-temporal patterns of attendance. During 2009 autumn and 2010 spring there was only one mobile station, and the measurements were carried out between noon and 3 p.m. on the Ady Square or on the Honvéd Square. Later the measurements covered 8 hours per day (from 10 a.m. to 6 p.m.) and the two mobile stations allowed parallel measurements. During 2011 spring the Széchenyi Square and Dugonics Square were measured simultaneously, then the two mobile stations were placed on the same area in different positions (e.g. sunny – shady points; grass – pavement). Table 1 shows the measurement days on the different study areas.

*Table 1. Conducted measurement days and the \*planned days for the future*

*1. táblázat. A megvalósult, illetve a \*közeljövőben tervezett vizsgálati napok száma*

Place	2009	2010	2011			2012		
	autumn	spring	spring	summer	autumn	spring	summer	autumn
Ady (park-square)	9	7						
Honvéd (playground)	5	8		2			*4	
Dugonics (square)			12					
Széchenyi (park-square)							*4	*12
Szt. István (square)				2				
Kárász (pedestrian street)				2	5	5	*4	
Retek (playground)				2	6	5	*4	

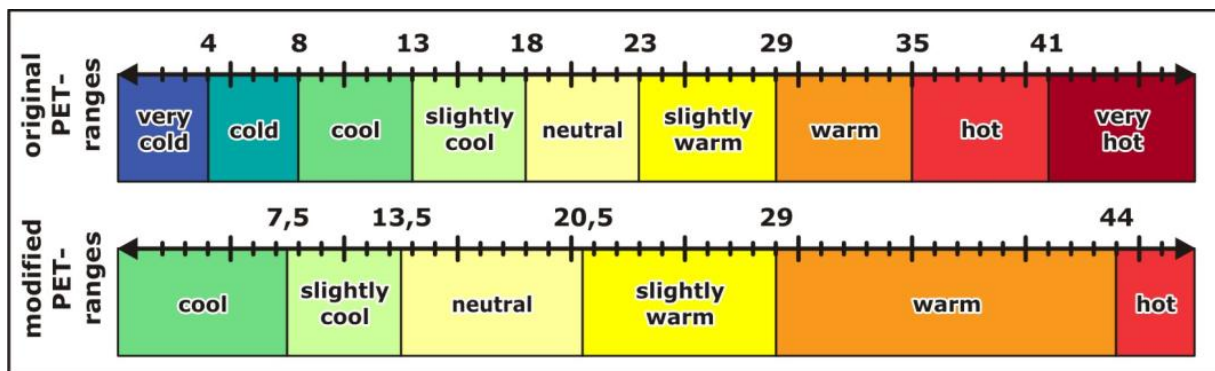


Fig. 1. Original thermal sensation ranges of PET and new domains for Hungarians  
 1. ábra. A PET index eredeti hőérzet tartományai, s a magyarokra jellemző tartományok

Based on the comparison of 1271 questionnaires with the simultaneous micro-climatological conditions (data base: 2009 autumn, 2010 spring, 2011 summer) the original PET boundaries were modified in order to reflect properly the thermal sensation ranges of Hungarians (Fig. 1) (KÁNTOR et al., 2011a). It was revealed that local people perceive well the changes of air temperature and solar radiation, while the subjective assessment of humidity caused difficulties (Fig. 2a-d). Interviewees preferred slightly warmer conditions (PET values around 27°C) to the neutral (Fig. 2e-h) (KÁNTOR et al., 2011b).

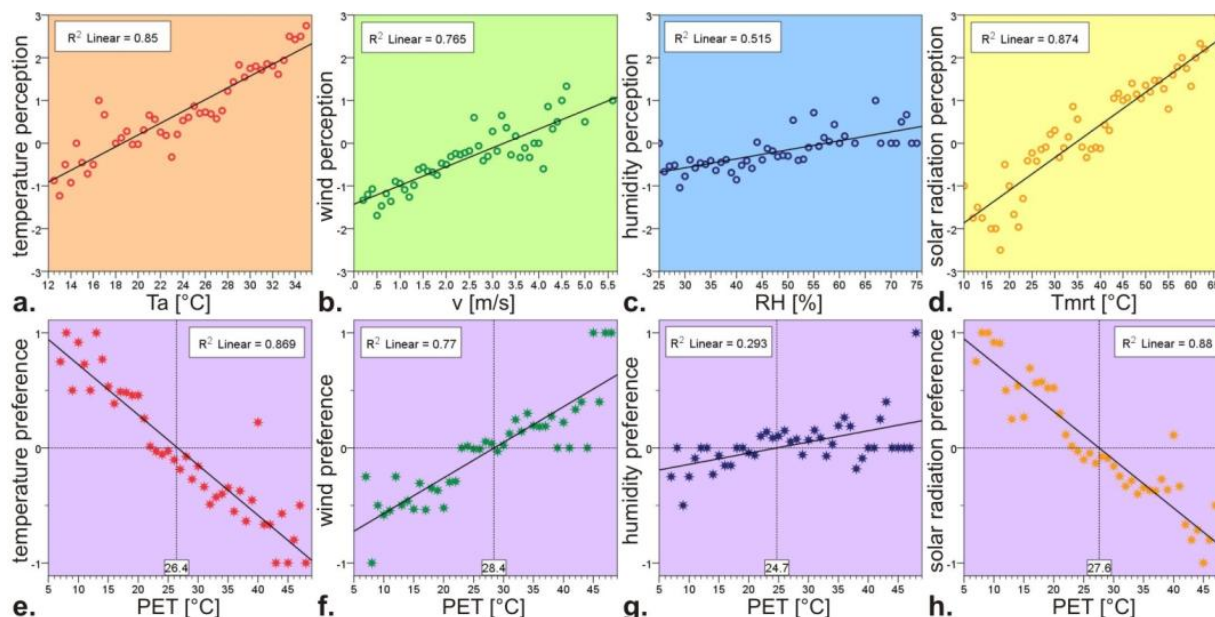


Fig. 2. Mean perception votes of the thermal factors (+3: high, strong – -3: low, weak) against the corresponding objective parameters (a-d.), as well as the mean preference votes (+1: it should be increase – -1: it should be decrease) according to the PET index (e-h.)

2. ábra. Az egyes termikus alapparaméterek átlagos érzékelése (+3: magasnak, erősnek – -3: alacsonynak, gyengének érződik) a megfelelő objektív paraméterek függvényében (a-d.), valamint a termikus alapparaméterekre vonatkozó átlagos preferencia (+1: növekedjen, erősödjön – -1: csökkenjen, gyengüljön) a PET index függvényében (e-h.)

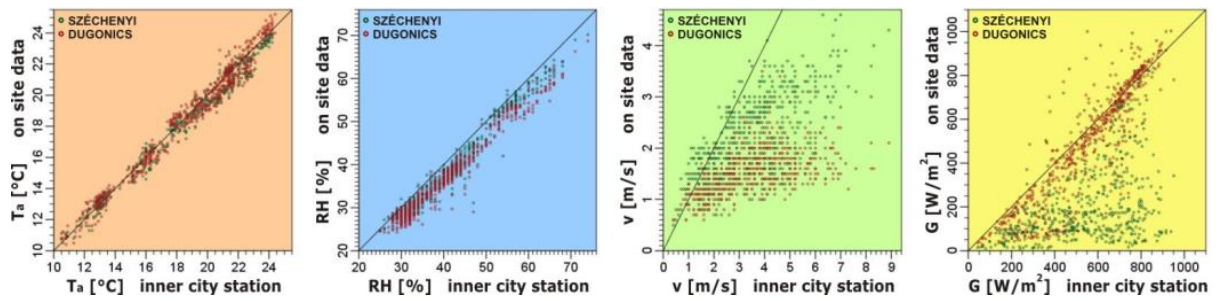


Fig. 3. Modification of thermal factors on the Széchenyi and Dugonics Squares according to the values measured at the inner city meteorological station of Szeged  
 3. ábra. A termikus alapparaméterek módosulása a Széchenyi és a Dugonics téren a Szeged belvárosi állomáson mért értékekhez képest

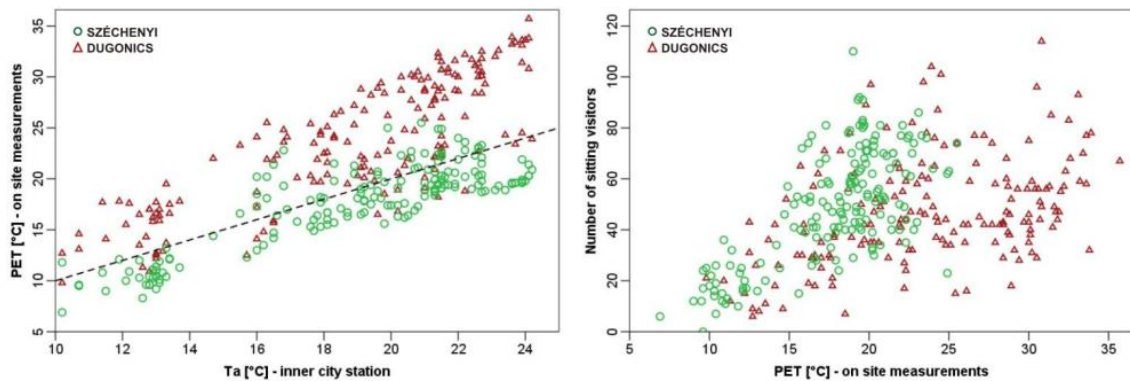


Fig.4. PET values of the Széchenyi and Dugonics squares according to the air temperature measured at the inner city meteorological station, as well as the attendance of the two squares as a function of the on-site PET values.

4. ábra. A Széchenyi és Dugonics téri mérésekből származó PET értékek a belvárosi meteorológiai állomáson mért léghőmérséklet függvényében, valamint a két tér látogatottsága a helyszínr jellemző PET értékek függvényében

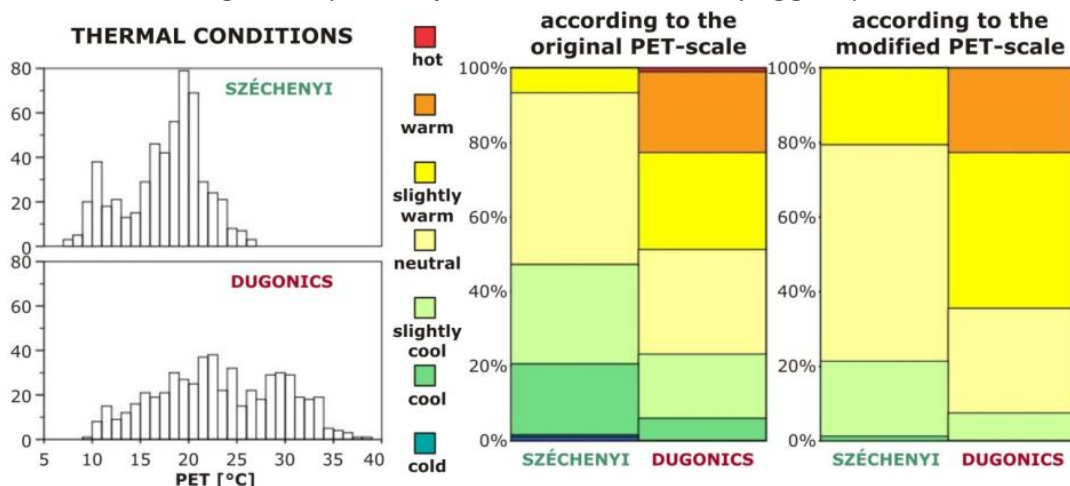


Fig. 5. Thermal conditions of the Széchenyi and Dugonics squares: frequency distribution of PET values as well as the thermal sensation categories according to the original and the new PET scales

5. ábra. A Széchenyi és a Dugonics téri mintaterületek PET indexben kifejezett termikus viszonyai, valamint az egyes hőérzet-kategóriák előfordulási gyakorisága az eredeti és az új PET-skálák szerint



Compared to the Széchenyi Square the Dugonics Square proved to be warmer, less windy, and the thermal radiation was much greater in this place (Fig. 3a,c,d). The air was drier in both places than at the inner city meteorological station (Fig. 3b). As a consequence of the above mentioned, on-site PET values at the Széchenyi Square used to be lower, and at the Dugonics Square definitely higher than the air temperature at the inner city meteorological station (Fig. 4a). Based on the frequency distribution of PET values, the Széchenyi Square can be characterized more often as neutral according to the original and the modified PET-thermal sensation scales too (Fig. 5). However, taking care about the slightly warm preference of local people, it is a reasonable that the attendance showed increasing tendency with the warmer PET values at both squares (Fig. 4b).

### **Modeling and predicting pollen and particulate matter concentrations**

The project performed includes several topics belonging to the above research area. The topics investigated and results of the analyses are as follows.

The purpose of monitoring the long-range transport effects on urban PM<sub>10</sub> levels using 3D clusters of backward trajectories is to identify long-range transport patterns that may have an important influence on PM<sub>10</sub> levels in Szeged. For Szeged, Southern Europe and Mid-eastern Europe are the most important sources of PM<sub>10</sub>. The occasional appearance of North African-origin dust over Hungary is also detected. Local PM<sub>10</sub> levels tend to be diluted when air masses arrive at the Carpathian Basin from North-western Europe, the Mid-Atlantic – Western Europe and Northern Europe. A simple approach is developed in order to separate medium- and long-range PM<sub>10</sub> transport for each city (MAKRA et al., 2011a).

In another work we aimed at identifying atmospheric circulation pathways influencing pollen levels in Szeged. Trajectories were computed using the HYSPLIT model. The 4-day, 6-hourly three-dimensional (3D) backward trajectories arriving at Szeged at 1200 UT are produced for each day over a 5 year period. The delimitation of the clusters performed by the 3D function “convhull” is a novel approach. The key pathway patterns for Ambrosia for Szeged are associated with backtrajectories coming from north-western Europe, north-eastern Europe, and northern Europe. A major pollen source identified is a cluster over Central Europe, i.e. the Carpathian basin with peak values in Hungary (Fig. 6) (MAKRA et al., 2010).

We analysed the joint effect of 2 biological (pollen) and 6 chemical air pollutants, as well as 5 meteorological variables, on the hospital admissions of respiratory diseases for the Szeged region in Southern Hungary, using a nine-year (1999-2007) database. Meteorological elements and air pollutants are clustered in order to define optimum environmental conditions of high patient numbers. ANOVA was then used to determine whether cluster-related mean patient numbers differ significantly. Furthermore, two novel procedures are applied here: factor analysis including a special transformation and a time-varying multivariate linear regression. Both techniques revealed that Ambrosia pollen is an important variable that influences hospital admissions (an increase of 10 pollen grains m<sup>-3</sup> can imply an increase of around 24% in patient numbers). For the pollen season of Ambrosia, a 10 mg·m<sup>-3</sup> increase in O<sub>3</sub> implies a patient number response from -17% to +11%. Wind speed is a surprisingly important variable, where a 1 m·s<sup>-1</sup> rise may result in a hospital admission reduction of up to 42-45% (MATYASOVSKY et al., 2011a).

Objectively defined clusters of meteorological elements and weather types described by weather fronts and precipitation occurrences are produced in order to classify Poaceae pollen levels one day ahead for each categories of days at Szeged and Győr in Hungary. The database describes an 11-year period from 1997 to 2007. For weather-front recognition purposes, the ECMWF ERA-INTERIM database was used. When estimating the Poaceae pollen level, the previous-day pollen concentration, previous-day mean temperature, and previous-day mean global solar flux for Győr were statistically significant, but for Szeged it was only the previous-day pollen concentration. Taking into account the clusters, the objective classification based on original data proved the most effective. For the subjective classification, the best estimates were obtained for days with a warm front and precipitation (MATYASOVSKY et al., 2011b).

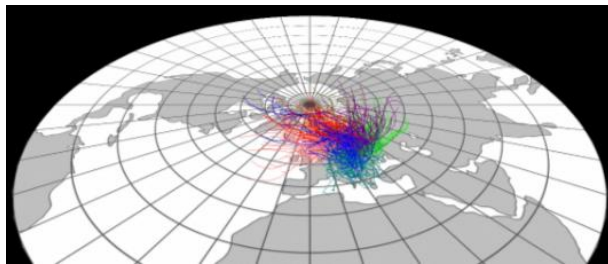
We aimed at studying trends in the characteristics of allergenic pollen circulation in Central Europe based on the example of Szeged, Hungary. We analysed trends of the pollen season with its start and end dates, as well as trends of the annual total pollen count and annual peak pollen concentration for the Szeged agglomeration for the period (1997–2007), including 19 taxa and 7 meteorological variables. After performing Mann-Kendall tests, the annual cycles of daily slopes of pollen concentration trends and annual cycles of daily slopes of climate variable trends as novel approaches are calculated. In order to represent the strength of their relationships an association measure (AM) and a multiple association measure (MAM) are introduced. Based on climate sensitivity, the individual taxa are sorted into three categories. The results obtained for the pollen quantity and phenological parameters are compared with two novel climate change related forces, i.e. risk and expansion potentials due to the climate change for each taxon. The association measure performs well compared to the climate change related forces. Furthermore, remarkable changes in pollen season characteristics are also in accordance with the risk and expansion potentials due to climate change (MAKRA et al., 2011b).

Furthermore, we analysed the associations between extreme high and low temperatures and precipitation totals on one hand and pollen characteristics on the other for Szeged, Southern Hungary. Pollen characteristics include pollen count parameters (total annual pollen amount, i.e. TPA and annual peak pollen concentration, i.e. APC) and pollen season parameters (start, end and duration of the pollen season) for Ambrosia, Poaceae and Populus. Our results suggest that Ambrosia and Populus are reversely related to temperature (negative correlations), while Poaceae exhibits a parallel relationship with precipitation (positive correlations). On the whole, pollen count characteristics (TPA and APC) indicate a decrease for Ambrosia and Poaceae, while for Populus an increase is expected.

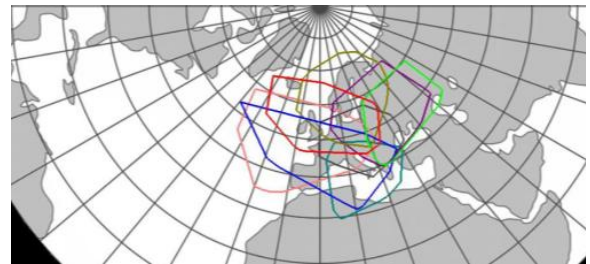
A further aim was to analyse how meteorological elements relate to extreme Ambrosia pollen load on one hand and to extreme total pollen load excluding Ambrosia pollen on the other for Szeged. The data set (1999–2007) includes previous-day means of 5 meteorological variables and actual-day values of the two pollen variables. Factor analysis with special transformation was performed on the meteorological and pollen load data in order to find out the strength and direction of the association of the meteorological and pollen variables. Finally, a nearest neighbour (NN) technique was applied to discriminate between extreme and non-extreme pollen events using meteorological elements as explaining variables. Using a nearest neighbour technique,

explaining variables in decreasing order of their influence on Ambrosia pollen load are temperature, global solar flux, relative humidity, air pressure and wind speed, while on the load of the remaining pollen are temperature, relative humidity, global solar flux, air pressure and wind speed (MATYASOVSKY – MAKRA, 2012).

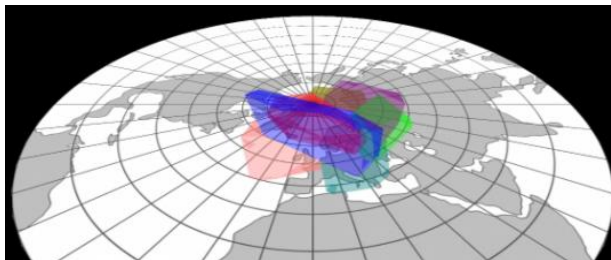
We analysed the connection between meteorological elements and the concentrations of the main air pollutants at Szeged for the extreme seasons using factor analysis. We received that in winter higher NO<sub>2</sub> concentration implies higher ozone concentration and vice versa. While, in summer, changes of O<sub>3</sub> concentrations are mostly controlled by primary pollutants and not by the total amount of irradiance, which varies very little from day to day. It is revealed that temperature is controlled by the irradiance in summer, while this is not the case in winter, when temperature depends mainly on thermal characteristics of air masses affecting the Carpathian Basin (MAKRA et al., 2011c).



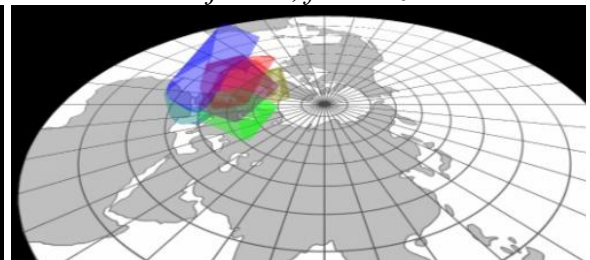
*all trajectories, colours of which indicate their different groups of clusters*  
*összes trajektória, melyek színei azok különböző clustercsoportjait jelölik*



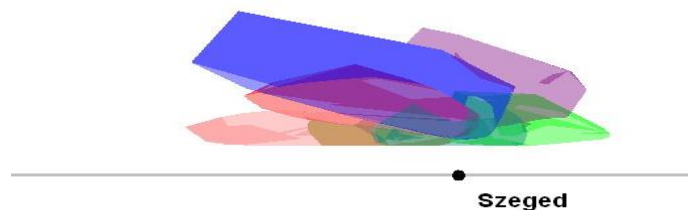
*all clusters (without the backward trajectories) marked with their 3D convex hulls of different colours, top view*  
*összes cluster (a backward trajektóriák nélkül) az eltérő színekkel jelölt 3D konvex testjeikkel, felülnézet*



*all trajectory clusters enclosed by their 3D convex hulls, transparent*  
*összes trajektória cluster, körülhatárolva azok 3D konvex testjeikkel, átlátszó*



*all trajectory clusters enclosed by their 3D convex hulls, 90° rotation, transparent*  
*összes trajektória cluster, körülhatárolva azok 3D konvex testjeikkel, 90°-os elforgatás, átlátszó*



*vertical extension of the trajectory clusters, enclosed by their 3D convex hulls, transparent*  
*a trajektória clusterok vertikális kiterjedése, körülhatárolva azok 3D konvex testjeikkel, átlátszó*

*Fig. 6. 3D clusters of the backward trajectories retained, Ambrosia, Szeged, h = 500 m*  
*6. ábra. A megtartott backward trajektóriák 3D clusterjei, Ambrosia, Szeged, h = 500 m*

## Biomass carbon sequestration in a karstic forest reserve

Climate control by carbon sequestration is a good example of regulating ecosystem services. Its quantification and the demand to compensate forest owners have already appeared after the Kyoto Protocol (1992) which provided the basis for international greenhouse gas reduction measures. During the elaboration of the carbon credit trade a number of issues arose and several investigations have been launched to examine the carbon sequestration potential of forests. The results show that management practices favoring lower harvesting frequencies and higher structural retention sequester more C than more intensive practices and that old-growth forests with a natural structure play an important role as carbon sinks. The actual greenhouse-gas emission reductions of Hungary are mainly related to forest management; quantifying the carbon sequestration function of near-natural forests is an important step in correctly evaluating their overall ecosystem services.

The carbon cycle is part of an extremely complicated biogeochemical cycle in natural ecosystems. Several models have been designed to characterize these complex processes. In the present case study we present a short summary of an investigation of the carbon sequestration potential of a forest reserve,

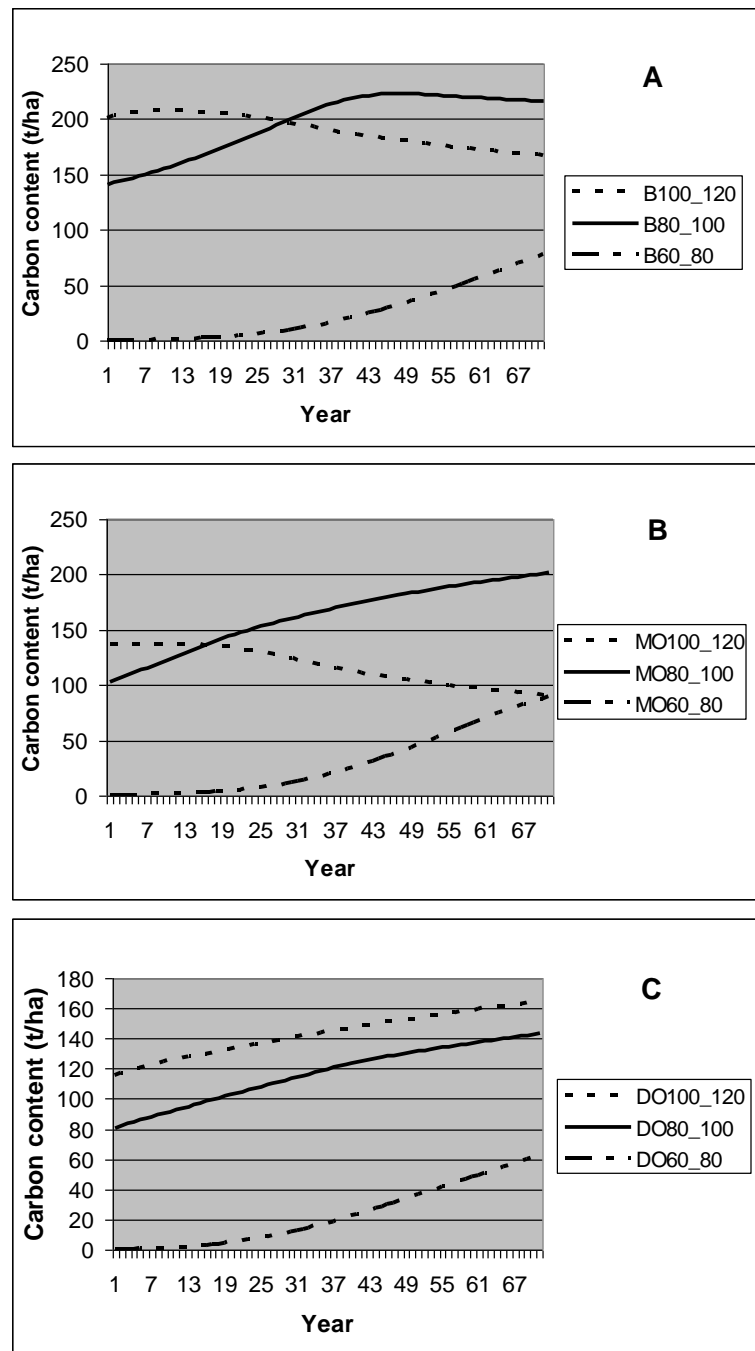


Fig. 7. Carbon content of the woody biomass in the cohorts (A: beech stands, B: mesophilous oak forests, C: dry oak forests)

7. ábra. A fásszárú biomassza széntartalma az egyes állományrészekben (A: bükkösök, B: üde tölgyesek, C: száraz tölgyesek)

using the CO2Fix 2.3 model. This software has been successfully applied in other similar studies in Hungary.

Haragistya-Lófej forest reserve (Aggtelek Karst) is situated at 400–600 m asl, on an open karstic plateau, where the variety of the micro-elevation results in a very high spatial variability of vegetation. For the analysis we used data from our earlier forest structure measurements, carried out in 2006–2007 (TANÁCS – KEVEINÉ, 2012).

According to the model, carbon is stored in 3 main containers in the system: in the biomass, the soil and the wood products. In this analysis we only examined the temporal changes of carbon in the biomass (soil carbon content was calculated using the default settings and wood products were omitted since it is a reserve with no management activity). The model was originally created for the assessment of homogeneous production forests; modelling near-natural forests is possible by defining cohorts with similar age and composition and consequently similar growth. The cohorts in this case were defined according to forest type (beech forests, mesophilic oak-hornbeam forests and dry oak forests) with 3 age groups for each (60–80, 80–100 and 100–120 years old stands), thus we received a total of nine cohorts. The model implements an annual cycle simulation for a user-defined time span. In this study, the results of a 70-year simulation launched from 1950 are described briefly.

The results of the carbon stocks simulation are presented for the cohorts (Fig. 7.) and the whole area (Fig. 8).

Our results suggest that the quantity of carbon and biomass varies according to site, the maximum in the beech stands is 215 t C/ha, 200 t C/ha in the mesophilic oak-hornbeam forests and 165 t C/ha in the dry oak stands.

In the case of the beech and mesophilic oak forests there is a perceptible decline at the age of 70 (Fig. 7) which sets the trend for the whole study area (Fig. 8). This is consistent with international findings, and it can be considered the consequence of growth-related self-thinning. Considering the total carbon stocks a virtually uninterrupted growth can be seen, confirming that older

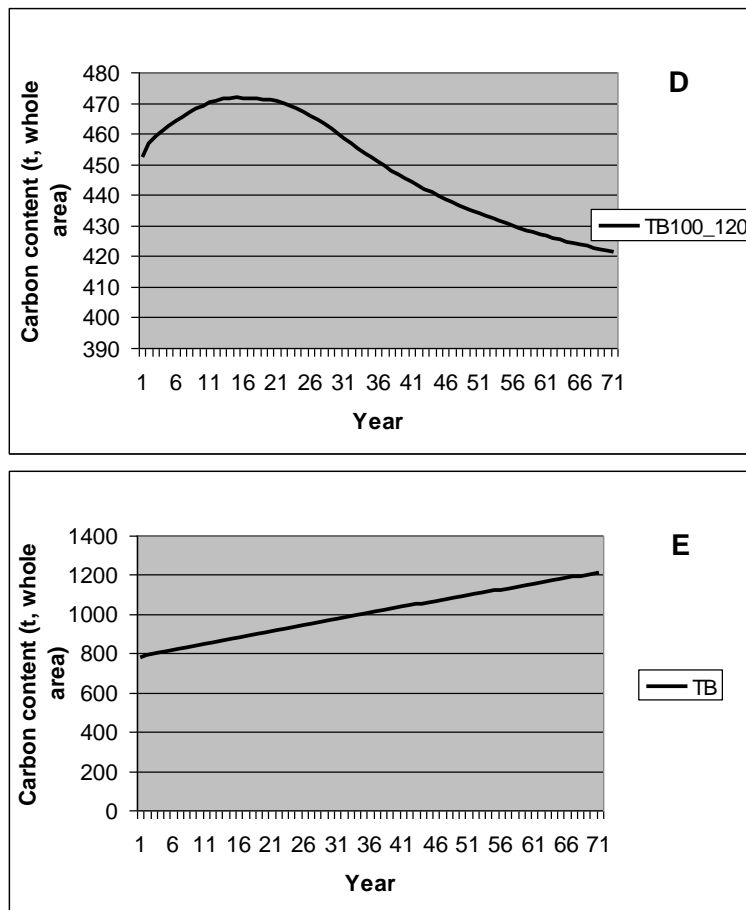


Fig. 8. Carbon content of the woody biomass of the age class of 100–120 years (D) and of the whole stand (E) in the whole study area

8. ábra. A fásszárú biomassza széntartalma a teljes vizsgálati területen a 100–120 éves korosztály (D) és a teljes állomány (E) esetében

mixed forests can still be considered carbon sinks, despite a decline in productivity. The results show temporal shifts in the changes of the carbon content between the different-aged representatives of the same forest types presumably occurring due to slight differences in the species composition. The model was found to be highly sensitive to mortality rates, which need to be further investigated.

### **Investigations on Hungarian karst areas (climate change, water quality)**

Karsts are Hungary's richest areas in natural resources, but also some of the most fragile landscapes. Due to the good drainage, water storage and water supply capacities the karstic rocks (limestone, dolomite) specific surface and subsurface forms are created. The increased geodiversity results in a high abundance of the natural values. The high solubility of rocks and the three-dimensional surface of the processes represent also a major hazard, because adverse effects can trigger rapid changes also in other parts of the system'.

A more thorough knowledge of the complex karst system behaviour, the effects of climate change on the individual elements of the system (water quantity and quality, soil, vegetation, human impact) is very important for those who are dependent on the ecosystem services of the area – 14–16% of the groundwater use of Hungary comes from karst waters. There are very few comprehensive studies about the effects of climate change on karst areas even at the international level.

One aim of the study was to show the effects of weather events on water quality and quantity. The impacts of weather events were analyzed with two approaches, with a whole area-wide large-scale analysis, in which the lake data were merged, and this was compared to the different climatic parameters, to show which parameters and weather events have greater influence on the water quality changes. In the other approach I analyzed the climate extreme indices of each individual lake separately, so that the diversity and influence coming from their unique environment could be emphasized (SAMU et al., 2012).

The amount of precipitation decreased after 1980 compared to the previous years, and according to the SPI drought index the number of drought periods was also higher than the number of wet periods.

A strong, significant correlation was found between the water quality parameters and the different drought indices, which, depending on the lake's state and position, affect them in different ways. Where the inflow is more significant or the catchment area is larger, with more rainfall events the concentration of especially the inorganic components will be higher (eg.  $\text{NO}_3^-$ ), while the organic pollution is going to be diluted (eg.  $\text{COD}_{\text{ps}}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ), the trophic and saprobity degree is lower (Lakes Aggteleki, Kender, Vörös).

Based on a larger scale perspective, both positive and negative extreme values of water quality parameters can be associated with weak or breaking-up warm fronts passing over the region. On the contrary, the role of anticyclones or anticyclone ridge weather situations is supposed to be irrelevant. According to the average ranks of importance of the meteorological variables in determining the factors temperature and relative humidity are the most significant, while air pressure and global solar flux are the least relevant explanatory variables in determining the five factors overall.

Based on the analysis of the lake sediments, the following results can be concluded: except for Lake Kender, the nickel content exceeded the threshold limit in every lake's sediment. At Lake Vörös the cadmium content was above the limit. There are changes in the heavy metal content in sediments of Lake Aggteleki in comparison with the year 2000: the nickel content of the silt has doubled, the lead and chromium content as well – but these two do not exceed the limit. The cadmium and zinc content decreased, the cobalt had roughly similar values. This may be due to the previously larger nickel, chromium and lead accumulation which dropped in the 1990's, and the layers from which the samples were taken were less loaded with these elements. The dredging, however, could resurface the previously polluted layer. In addition, since the dredging there might have been a greater amount of accumulation as well. A higher heavy metal content can be bound to the carbonates too and in deeper layers there could be higher amount of carbonates but sedimentological tests were not carried out in 2000. The difference can also come from the result of the different measurement methods in 2000 and now.

The tested soils had no heavy metal concentration values above the threshold limit. In contrast, in the case of sediments the concentrations are above the limits; in the case of the Lakes Farárova jama, Vörös, Aggteleki, Jašteričie the Ni concentrations, in the sediment of the Lakes Vörös and Aggteleki the Cr-, and at Lake Vörös, the Cd concentrations exceed the limit.

The mobility of these heavy metals was also measured with sequential extraction. It showed that in most cases the heavy metals are not mobile under natural conditions. The highest rates of mobility were observed at the Lakes Gyökérréti, Kender and Aggteleki, and the most mobile metals are Cd, Co and the Cr. From the mobile fractions of the mentioned three lakes and in the case of Lake Tengersizem the fraction binding to the oxidizable fraction, (thus the organic material) is greater and it is also greater in the case of the exchangeable and carbonate bound fractions. In the case of the other two lakes the mobility of the heavy metals is around 50% and this amount is divided between the three mobile fractions. The Cr can be problematic, since it is relatively mobile and sometimes exceeds the background concentration.

The initial results of both areas are characterized by a greater nitrate load which in the Mecsek mountains and in the Slovakian part of the Gömör–Torna karst is higher – for the latter the buffer zone of the Silica Gombasecká-hydrological system which was designated last year may have a mitigating effect. In the Mecsek Mts. probably the earlier (abandoned cattle site) and current land use (agriculture) play an important role in the constantly higher nitrate content; in order to explore the possible reasons a land use map will be created.

A complex analysis of the Gömör-Torna karstic waters was carried out to assess their state and the influences affecting them (Table 2) (SAMU, 2011). Each of the studied water bodies bears the hallmark of human activity and the shallow lakes with no continuous water supply show the impact of more frequent drought periods in the last few decades. Due to their various geological and geomorphological situation, as well as the human activity characteristic in their surroundings different problems occur in their development; these circumstances should be taken into account when planning the management tasks. In one group of the waters mainly the higher nitrate load leads to the deterioration of the water quality, in the other the higher content of dissolved organic matter. The periodically enriching pollutants (depending on season and weather) also contribute to this. The effects of extreme weather events in a one-year

time period make significant changes in water quality, but in some cases they also occur in a shorter period. This means that unstable and extreme weather conditions (drought and wet periods as well) act in the direction of breaking up the balance that would support good water quality. This process does not benefit stable water use, or the sensitive karst hydrogeological system.

*Table 2. Sources of pollution and possible actions*

*2. táblázat. A kockázatot kiváltó, valószínűsíthető szennyezési okok és a lehetséges intézkedések*

Water body	Pollution sources (reason of the risk)	Pollution type	Pollution reflecting parameters	Suggested action	Influence of extreme weather events on the water chemistry
Lake Farárova jama	Liquid manure Urban runoff Fishing Highway	point source, diffuse	Oxygen-establishment (O <sub>2</sub> %, COD <sub>ps</sub> ) P-N-establishment (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> : summer, TP, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> : autumn, spring, rainy periods, NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , chlorophyl-a ) other (Fe, (pH,G))	Wastewater treatment Monitoring Regulation of animal husbandry Good fishing practices	lack or plenty of water: 0,5-1 year, 1,5-2 years
Lake Aggteleki	Internal and external loads from the sediment Urban runoff	diffuse	Oxygen-establishment (O <sub>2</sub> %, COD <sub>ps</sub> ) P-N-establishment (TP, PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , chlorophyl-a)) other (pH, G, Fe, Mn)	Removal of the sediment deposited around the lake Coastal protection zone establishment Handling of the plants Phosphorus inactivation Monitoring	lack or plenty of water: 0,5-1 year

## References

Kántor, N. – Gulyás, Á. – Égerházi, L. – Unger, J. 2011a: Assessment of the Outdoor Thermal Conditions in Szeged, Hungary: Thermal Sensation Ranges for Local Residents. In Gerdes, A. – Kottmeier, C. – Wagner, A. (eds): Climate and Construction (Int. Conf., October 24–25, 2011, Karlsruhe, Germany), 181–190.



- Kántor, N. – Égerházi, L. – Gulyás, Á. 2011b: Assessment of the Outdoor Thermal Conditions in Szeged, Hungary: Perceptions and Preferences of Local Individuals. In Gerdes, A. – Kottmeier, C., – Wagner, A. (eds): *Climate and Construction* (Int. Conf., October 24–25, 2011, Karlsruhe, Germany), 307–314.
- Makra, L. – Sánta, T. – Matyasovszky, I. – Damialis, A. – Karatzas, K. – Bergmann, KC. – Vokou, D. 2010: Airborne pollen in three European cities: Detection of atmospheric circulation pathways by applying three-dimensional clustering of backward trajectories. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, 115, D24220, doi:10.1029/2010JD014743
- Makra, L. – Matyasovszky, I. – Guba, Z. – Karatzas, K. – Anttila, P. 2011a: Monitoring the long-range transport effects on urban PM10 levels using 3D clusters of backward trajectories. *Atmospheric Environment*, 45(16), 2630–2641.
- Makra, L. – Matyasovszky, I. – Deák, JÁ. 2011b: Trends in the characteristics of allergenic pollen circulation in Central Europe based on the example of Szeged, Hungary. *Atmospheric Environment*, 45(33), 6010–6018.
- Makra, L. – Matyasovszky, I. – Ionel, I. – Popescu, F. – Sümeghy, Z. 2011c: Connection between meteorological elements and pollutants concentrations at Szeged, Hungary. *Acta Climatologica et Chorologica. Universitatis Szegediensis*, 44–45, 127–134.
- Matyasovszky, I. – Makra, L. – Bálint, B. – Guba, Z. – Sümeghy, Z. 2011a: Multivariate analysis of respiratory problems and their connection with meteorological parameters and the main biological and chemical air pollutants. *Atmospheric Environment*, 45(25), 4152–4159.
- Matyasovszky, I. – Makra, L. – Guba, Z. – Pátkai, Zs. – Páldy, A. – Sümeghy, Z. 2011b: Estimating the daily Poaceae pollen concentration in Hungary by linear regression conditioning on weather types. *Grana*, 50(3), 208–216.
- Matyasovszky, I. – Makra, L. 2012: Estimating extreme daily pollen loads for Szeged, Hungary using previous-day meteorological variables. *Aerobiologia*, DOI: 10.1007/s10453-011-9238-7
- Samu, A. 2011: A Gömör-Tornai-karszt állóvizeinek vízminőség-értékelése különös tekintettel a tápanyagterhelésre. PhD értekezés. SZTE TTIK FDI, Szeged.
- Samu, A. – Kiss, M. – Tanács, E. – Bárány-Kevei, I. (2012): Multifaceted approach of the state of shallow karstic lakes on the ggtelek and Slovak karst (Hungary–Slovakia). Abstracts of the Forum Carpathicum 2012 From data to knowledge, from knowledge to action. [http://uke.sav.sk/fc/fc\\_2012/Download/FC2012\\_Conference\\_Abstracts.pdf](http://uke.sav.sk/fc/fc_2012/Download/FC2012_Conference_Abstracts.pdf)
- Tanács, E. – Keveiné Bárány, I. 2012: Az erdőszerkezet tér- és időbeli mintázatainak vizsgálata a Haragistya-Lófej erdőrezervátum (Aggteleki-karszt) területén. In: Unger, J. – Pál-Molnár, E. (eds.) *Geoszférák 2011*. GeoLitera, Szeged, 171–202.

# AZ ÉGHAJLATTANI ÉS TÁJFÖLDRAJZI TANSZÉK VIZSGÁLATAI A 'TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KONV-2010-0005' PROJEKT KERETÉBEN

## Városi terek termikus komfortviszonyainak értékelése

Népszerű szegedi közterületeken (1. táblázat) folytattunk vizsgálatokat, melyek célja egyrészt a mirko-bioklimatikus viszonyok kimutatása volt, másrészt az ezekre adott humán reakciók (viselkedési reakciók és szubjektív értékelések) felmérése. Ennek megvalósítása érdekében mobil állomással rögzítettük a termikus komfortérzetet meghatározó ún. termikus alapparamétereket (hőmérséklet –  $T_a$  [°C], relatív nedveség – RH [%], szélesség –  $v$  [m/s], rövid- és hosszuhullámú sugárzási fluxusok –  $K_i$  és  $L_i$  [W/m<sup>2</sup>]). Ezekből a tényezőkből bioklimatológiai mérőszámokat számítottunk: a sugárzási viszonyokat °C egységben kifejező átlagos sugárzási hőmérsékletet –  $T_{mrt}$  [°C], valamint a szervezetet érő komplett termikus terhelést számszerűsítő fiziológiailag ekvivalens hőmérsékletet – PET [°C]. Utóbbi értékei – a jelenleg érvényben lévő nemzetközi skála szerint – 20°C körül jeleznek stresszmentes, neutrális hőérzethez köthető viszonyokat (1. ábra). A műszeres mérések mellett folyamatosan zajlottak a látogatókkal folytatott interjúk, valamint a területhasználat térbeli és időbeli mintázatának rögzítésére irányuló megfigyelések. 2009 ősze és 2010 tavasza során csupán egy mobil állomással rendelkezünk; ekkor a 12:00–15:00 közti felméréseinket vagy az Ady téren, vagy a Honvéd téren végeztük. 2011 tavaszától a napi vizsgálati idő 8 órára bővült (10:00–18:00), s két mobil állomás lehetővé tette a szimultán méréseket; 2011 tavaszán például két tér párhuzamos felmérését, később pedig ugyanannak a területnek két karakterisztikusan eltérő pontján (pl. napon – árnyékban; fűvön – térkő borításon) kivitelezett méréseket. A különböző mintaterületekhez köthető felmérési napokat az 1. táblázat tekinti át.

Az eddig feldolgozott 1271 kérdőív (adatbázis: 2009 őszi, 2010 tavaszi, 2011 nyári) és a szimultán műszeres mérési adatok összevetése alapján módosítottuk a PET index kategóriahatárait, hogy azok jobban tükrözzék a magyarok termikus viszonyokra adott reakcióit (1. ábra). Ráműtöttünk továbbá, hogy a helyiek a léghőmérséklet és a sugárzási viszonyok változásait meglehetősen jól, míg a légnedvességét kevésbé érzékelik (2.a-d ábra), s hogy a neutrálisnál melegebb viszonyokat (27°C körüli PET értékeket) preferálják leginkább (2.e,h ábra).

A 2011 tavaszi felmérésekbe bevont terek közül a Dugonics tér némiképp magasabb hőmérséklettel, s gyengébb légmozgással jellemezhető, valamint sokkal erősebb sugárzásnak van kitéve az ott tartózkodók szervezete, mint a Széchenyi téren (3.a,c,d ábra). A belvárosi meteorológiai állomáson mért értékekhez képest mindkét területen szárazabb a levegő (3.b ábra). A helyszíni mikrometeorológiai paraméterek kombinációjaként adódó PET értékek a Széchenyi téren általában némiképp alacsonyabbak, míg a Dugonics téren határozottan magasabbak, mint a belvárosi állomáson mért léghőmérséklet (4.a ábra). Gyakorisági eloszlásukat tekintve a Széchenyi tér PET értékei gyakrabban jeleztek terhelésmentes időszakot, s a módosított PET tartományok alapján is itt fordult elő többször a helyiek számára semlegesnek érződő mikroklíma (5. ábra). Figyelembe véve azonban, hogy a magyar lakosság a neutrálisnál melegebb (enyhén melegnek érződő) termikus viszonyokat preferálja, nem meglepő, hogy mind a két tér látogatottsága megnövekszik a PET értékek emelkedésével (4.b ábra).

## Pollenek és részecske koncentrációk modellezése és előrejelzése

A végrehajtott projekt a fenti kutatási terület számos fejezetét érinti. A vizsgált fejezetekkel kapcsolatos eredmények a következők.

Megvizsgáltuk a nagy távolságú transzport szerepét a városi PM<sub>10</sub> koncentrációk alakulására oly módon, hogy backtrajektóriák 3D clustereinek a segítségével azonosítottuk azon nagy távolságú backtrajektória rendszereket, melyek lényegesen befolyásolhatják a PM<sub>10</sub> koncentrációkat Szegeden. A város számára Dél-Európa és Közép-Kelet-Európa a PM<sub>10</sub> legfontosabb forrásai. Időszakosan észak-afrikai eredetű por is eljut Magyarország fölé.

A parlagfűpollen transzport szempontjából legfontosabb forrásterületek Szeged térségére a Kárpát-medence, ÉK-Európa, É-Európa és ÉNy-Európa a mért átlagos pollenkoncentrációk csökkenő sorrendjében. Az utóbbi három származási területen igen alacsonyak a parlagfű pollenszámok, mégis, azok a Kárpát-medence fölött áthaladva számottevő mennyiségű Ambrosia pollent vesznek föl, s ily módon jelentős mértékben hozzájárulhatnak Szeged helyi parlagfűpollen koncentrációihoz.

Megállapítottuk, hogy mind a szubjektív, mind pedig az objektív osztályozás esetében az anticiklon peremhelyzetek elősegítik a magas átlagos Poaceae pollenszámok kialakulását. A szubjektív osztályozás esetében a legjobb becslést a „melegfront esővel” kategória napjaira kaptuk, míg a leggyengébb becslés a „hidegfront eső nélkül” kategória napjaira született.

A légúti megbetegedések többváltozós analízise a légúti betegségeket előidéző magyarázó változók (5 meteorológiai, 6 kémiai és 2 biológiai változó) három kategóriáját elemzi. Az Ambrosia pollenszezonjában a faktoranalízis és a speciális transzformáció végrehajtásával feltártuk, hogy a légúti betegségeket előidéző legfontosabb paraméterek csökkenő sorrendben az Ambrosia, PM<sub>10</sub>, CO, O<sub>3</sub> és a szélsébség a felnőtt betegekre, továbbá az O<sub>3</sub>, szélsébség, NO<sub>2</sub>, globálsugárzás és PM<sub>10</sub> az idős betegekre, valamint az Ambrosia, PM<sub>10</sub>, O<sub>3</sub>, CO és a szélsébség az összes korcsoportra. Egyrészt a faktoranalízis, másrészt a lépésenkénti regresszió és a regressziós együtthatók eltérő eredményeket adnak a magyarázó változóknak a betegségek előfordulásában játszott fontossági sorrendjére, ami a változók közötti multikollinearitásnak tulajdonítható. Az időfüggő regresszió a faktoranalízis révén nyert átfogó képnek egy finomítását adja. A magyarázó változóknak az összes betegszámhoz való relatív hozzájárulása az év során a következő arányokon belül változik: -1,5% – +1,5% a globálsugárzásra, 0% – +8% az O<sub>3</sub>-ra, -10% – +5% a relatív nedvességre, -9% – +6% az NO<sub>2</sub>-re és -3% – +6% az NO-ra, a fenti változók rendre 10 W·m<sup>-2</sup>, 10 µg·m<sup>-3</sup>, 10% és 10 µg·m<sup>-3</sup> növekedése esetén.

Az allergén pollenek jellemzőinek trendvizsgálatával a regionális pollenflóra egyik legnagyobb spektrumát elemezzük a szakirodalomban, továbbá e kutatás egyedi a tekintetben, hogy a vizsgált taxonok pollenszámainak és 7 éghajlati változónak a napi trendjeit határozza meg. Ez a fajta trendanalízis információt nyújt a trendek napi meredekségeinek évi ciklusairól. Bevezettünk egy kapcsolati mérőszámot (AM), valamint egy többszörös kapcsolati mérőszámot (MAM) egyrészt a pollenkoncentrációk, másrészt az éghajlati változók trendjei napi meredekségeinek évi ciklusai közötti kapcsolat erősségének a jellemzésére, majd az AM értékei alapján az egyes taxonokat a többszörös AM (MAM) értékek segítségével három kategóriába soroltuk. Bevezettünk továbbá

két új fogalmat a klímaváltozással kapcsolatos kényszerekre, nevezetesen a klímaváltozás miatti kockázati potenciált (RP), illetve terjeszkedési potenciált (EP), melyeket összehasonlítottuk a MAM értékekkel minden egyes taxonra.

### **A biomassa szén-megkötésének alakulása egy karsztos erdőrezervátumban**

A szénmegkötés által történő klímaszabályozás jó példája a szabályozó ökoszisztéma szolgáltatásoknak. Kutatásunk során a faállomány szénmegkötésének időbeli alakulását vizsgáltuk a CO2Fix 3.2 modell segítségével egy 70 éves időszakban a Haragistya-Lófej erdőrezervátumban (Aggteleki-karszt). Az elemzéshez a területen 2006–2007-ben folytatott faállomány-szerkezeti felmérésünk adatait használtuk fel. A mintaterületen megtalálható három fő típus (száraz tölgyesek, üde gyertyános-tölgyesek és bükkösök) mindegyikére idősort állítottunk fel (60–80 éves, 80–100 éves és 100–120 éves állományok), így összesen 9 állományrészsel modelleztük az erdőt.

Eredményeink alapján (1. ábra) a bükkösöknél és az üde tölgyeseknél is megfigyelhető egy visszaesés 70 éves kor körül, ami a teljes vizsgálati terület tendenciáját meghatározza (2. ábra). A teljes állomány széntartalmában azonban gyakorlatilag töretlen növekedést láthatunk, ami alátámasztja, hogy az idős és változatos korösszetételű erdők a produktivitás visszaesése ellenére is széndioxid-nyelőnek tekinthetők. Az ugyanolyan típusú állományrészek különböző korú képviselői között időbeni eltolódások tapasztalhatók a széntartalom alakulásában, feltehetően a fajösszetételben jelentkező eltérések miatt. Fontos tapasztalat, hogy a modell rendkívül érzékeny a mortalitás értékeire, amelynek meghatározása természetközeli állományok esetében komoly kihívás.

### **Vízminőség és éghajlatváltozás magyarországi karsztterületek példáján**

A Gömör–Tornai-karszt egyes állóvizeinek állapotfelmérését célzó, több szempontú, komplex elemzést készítettük el (1. táblázat). Ennek során a karszt állóvizeinek, illetve az ezekhez esetlegesen kapcsolódó hidrológiai rendszereknek a vizsgálata valósult meg. Célunk volt a Gömör–Tornai-karszt tavainak, időbeli, történeti változékonyságának áttekintése, az emberi beavatkozás, kezelés, illetve természetes behatások következtében végbement állapotváltozásának értékelése, a tavak és szűkebb környezetük összehasonlítása, illetve a klímának a vízminőség alakításában betöltött szerepének vizsgálata.

A területen található vizsgált víztestek közül mindegyik magán viseli az emberi tevékenység befolyását, illetve sekély mivoltuk és a nem folyamatos vízutánpótlás következtében az utóbbi néhány évtized aszályokban bővelkedő időszakainak klimatikus hatását is. A kis területen is változatos geológiai és geomorfológiai helyzetükből adódóan, valamint a környezetükben jellemző emberi tevékenységtől függően, különböző problémák mutatkoznak fejlődésükben, ezért a megmentésükre irányuló menedzsment feladatokat is ennek megfelelően kell alakítani. A víztestek egyik csoportjában főként a nagyobb nitrát-terheltség, a másikban a magasabb oldott szervesanyag-tartalom okoz vízminőség-romlást. Ehhez időszakosan (évszaktól és időjárástól függően) egyéb szennyezőanyagok feldúsulása is hozzájárul. Az extrém időjárási események hatása egy év időtartamban jelentős vízminőségbeli változásokhoz vezet, de néhány esetben ennél rövidebb idő alatt is jelentkezik a vízkémia alakulásában.

A Papverme-tó (Farárova jama) esetében viszont hathatós intézkedéseket kell tenni, mivel vízminőség romlását főként pontszerű szennyezőforrás okozza. A tó és a hozzátartozó barlangrendszer védelméhez jelentősen hozzájárul a 2011-ben kijelölt védőzóna. A heves csapadékesemények révén bekövetkező nagyobb szennyezőanyag-bemosódásra is fel lehet készülni növény-védősávok kialakításával, a partmenti zóna helyreállításával és a pontszerű szennyezőforrások megszüntetésével. A hosszabb aszályos periódusokra készülve nagyobb területeket lehetne bevonni a vízgyűjtőbe. A fenti javaslatoknak, a karsztterületek természetessége, az emberi vízfelhasználás, a rekreáció és az ökoszisztémák integritásának megőrzése szempontjából is nagy jelentősége lehet.