

IDŐJÁRÁS

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT FOLYÓIRATA
91. ÉVF. * 4. SZÁM * 1987. JÚLIUS–AUGUSZTUS

TARTALOM

<i>Škulec, Š. – Dúran, J. – Šamaj, M.:</i> Cseh-szlovák atomerőművek hűtőtornaiból kibocsátott hő- és páraszenyezés lokális éghajlati hatásai	209
<i>Horváth László – Möller, D.:</i> A „természetes” savas ülepedés, valamint az SO ₂ és NO ₂ kibocsátás csökkentésének lehetséges következményei Európában	217
<i>Geresdi István – Zoltán Csaba:</i> Cumulus állapotú zivatarfelhő egydimenziós időfüggő modellje	224
<i>Tóth Erzsébet – Szalma Jánosné – Zárbok Zsolt:</i> A Balaton és környezete csapadék-ellátottsága és párolgása 1951–1980 között	238
<i>Károssy Csaba – Nowinszky László:</i> Összefüggés a vetési bagolylepke fénycsapdával gyűjtött mennyisége és a különböző makroszintoptikus helyzetek között	246
Irodalom	253
Krónika	258

CONTENTS

<i>Škulec, Š. – Dúran, J. – Šamaj, M.:</i> Local climatic effects of heat and water emissions from cooling towers of the Czechoslovak nuclear power plants	209
<i>Horváth, L. – Möller, D.:</i> On the „natural” acid deposition and the possible consequences of decreased SO ₂ and NO ₂ emission in Europe	217
<i>Geresdi, I. – Zoltán, Cs.:</i> An one-dimensional time-dependent model of Cb in cumulus stage	224
<i>Tóth, E. – Szalma, J. – Zárbok, Zs.:</i> Degree of precipitation supply and terms of evaporation of the Lake Balaton and its surroundings, between 1951–1980	238
<i>Károssy, Cs. – Nowinszky, L.:</i> Relationship between the amount of turnip darts caught by light-traps and the different macrosynoptic situations	246
Literature	253
Chronicle	258

JOURNAL OF THE HUNGARIAN METEOROLOGICAL SERVICE

VOL. 91. * NO. 4. * JULY–AUGUST 1987 * BUDAPEST

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata
Journal of the Hungarian Meteorological Service

SZERKESZTŐ BIZOTTSÁG – EDITORIAL BOARD

AMBRÓZY P. (Budapest)	MILOSHEV, G. (Sofia)
ANTAL E. (Budapest)	PRÁGER T. (Budapest)
BENGTSSON, L. (Reading)	PRUPPACHER, H. R. (Mainz)
BÖHME, W. (Potsdam)	RÁKÓCZI F. (Budapest)
BUDYKO, M. I. (Leningrad)	RENOUX, A. (Paris-Créteil)
CZELNAI, R. (Geneva)	ŠAMAJ, F. (Bratislava)
FISHER, B. (Leatherhead)	SPÄNKUCH, D. (Potsdam)
GEORGII, H. – W. (Frankfurt a. M.)	STAROSOLSZKY Ö. (Budapest)
GÖTZ G. (Budapest)	SZEPESI D. (Budapest)
GULYÁS O. (Budapest)	TAYLOR, F. W. (Oxford)
HAMAN, K. (Warsaw)	TÄNCZER T. (Budapest)
HUSAR, R. (St. Louis, Missouri)	VARGA-HASZONITS Z. (Budapest)
KAPOVITS A. (Budapest)	VITEK, V. (Praha)
KONDRATYEV, K.YA. (Leningrad)	WHELPDALE, D. M. (Downsview, Ont.)
MAJOR GY. (Budapest)	WIRTH E. (Pécs)
MESINGER, F. (Beograd)	ZAHARIJEV, V. (Sofia)

Elnök – Chairman of the Editorial Board:

MÉSZÁROS ERNŐ (Budapest)

Szerkesztő – Editor:

SZEPESINÉ LÓRINCZ ANNA (Budapest)

Szerkesztőség: 1525 Budapest, Postafiók 38

Előfizetés: 1 évre 300 Ft. Megrendelhető: Az Országos Meteorológiai Szolgálat Pénzügyi Osztályán
1024 Budapest, Kitaibel Pál utca 1. Levélcím: 1525 Budapest, Pf. 38 Megjelenik kéthavonként.
Egyes szám ára: 50 Ft

Editorial Office: H – 1525 Budapest P. O. B. 38. This journal, published bimonthly can be purchased
from the distributor: KULTURA, H – 1389 Budapest, P. O. B. 149
The actual subscription rate is determined by the distributor

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 91. évf. 4. szám. 1987. július – augusztus
Journal of the Hungarian Meteorological Service. Vol. 91, No 4, July – August 1987. Budapest

Local climatic effects of heat and water emissions from cooling towers of the Czechoslovak nuclear power plants

ŠKULEC, Š., DÚRAN, J. and ŠAMAJ, M. *The Slovak Hydrometeorological Institute, Jeséniova 17, 833 15 Bratislava, Czechoslovakia*

Csehszlovák atomerőművek hűtőtornyjaiból kibocsátott hő- és páraszennyezés lokális éghajlat-hatásai. Atomerőművek hűtőtornyjaiból kibocsátott ún. termikus szennyezés (hő- és páraemisszió) környezeti hatását kb. 20 km távolságig matematikai modell segítségével vizsgálták. A Jaslovské Bohunice-i meteorológiai állomás adatainak segítségével megkísérelték a léghőmérséklet, légnedvesség, ködtartam, csapadékelőfordulás, jegesedéshajlam, árnyékoló hatás átlagos növekedésének kimutatását. Az árnyékoló hatást a napfénytartam csökkenésével fejezték ki. A vizsgálat eredményei azt mutatták, hogy figyelembevéve a mérések és megfigyelések pontosságát, továbbá a meteorológiai tényezők változékonyságát, nagyon nehéz, csaknem lehetetlen az atomerőművek környezetében a hűtőtornyokból kibocsátott hő- és páraszennyezés környezeti hatásának becslése.

*

Local climatic effects of heat and water emission from cooling towers of the Czechoslovak nuclear power plants. Quantitative evaluation of possible increase in average humidity, temperature, fogging, precipitation, icing and shielding effect up to about 20 km from nuclear power plants was done using mathematical models and meteorological measurements obtained at Jaslovské Bohunice meteorological station. The results indicate that regarding the accuracy of current measuring and observation methods and natural variability of meteorological phenomena it is very problematic (if not impossible) to monitor the effects of immissions of heat and water from cooling towers already in the close surroundings of nuclear power plants.

*

List of symbols

a = number of NPP cooling towers,
 A = dimensionless empirical constant in the formula (3) dependent on the weather category,
 A_1 (m²) = the area of projection of cooling tower into the vertical plane,
 $a_0(t_j)$, $a_1(T_j)$ = dimensionless constants (Von Marquardt and Ihle 1977),
 α (deg) = average height of the Sun for a given site during a given period,
 C_f = dimensionless correction factor for fogging characterising given site, e.g. C_f = (number of situations with fog for a given period/num-

ber of situations with relative humidity in the interval 90 – 100% for a given period),
 b (%) = probability of sunshine occurrence during a day in a given period,
 C_n = dimensionless correction factor for icing, characterising given site, i.e. C_n = (number of days with icing for a given period/number of days with relative humidity in the interval 90 – 100% for a given period),
 C_z (%) = probability of negative temperature occurrence in the surface layer of the atmosphere at a given site,

- p ($\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$) = average specific air heat in the surface layer of the atmosphere in a given period,
- d (m) = diameter of mouth of cooling tower,
- $d(x, y)$ (%) = empirical dependency expressing probability of exceeding the relative air humidity with value 90% caused by water immissions from cooling towers depending on the size of immission,
- g = number of air stability categories,
- $H_{1,i}$ (m) = height of source of heat and water emissions for i -th class of wind speed,
- H (m) = construction height of cooling tower,
- $h_m(x, y)$ (%) = probability of occurrence of particular phenomenon: point (x, y) is in the projection of some water vapour and droplets plume from cooling towers to ground horizontal plane,
- h_1 = number of air temperature classes,
- h_2 = number of relative air humidity classes,
- h_3 = number of wind speed classes,
- m_i, n_i (m) = coordinates of the i -th cooling tower in the basic system of coordinates,
- m (hours) = average time between sun rise and sun set for a given period and given site,
- n_s = number of wind rose directions,
- n = NPP utilization in a given period,
- P_{ijk} (%) = probability of occurrence of meteorological situation with wind speed i , wind direction j and stability category k ,
- p_j (%) = probability of occurrence of wind direction j in a given period,
- $p(x, x_i; y, y_i)$ (%) = probability that wind in blowing from the point (x_i, y_i) to the point (x, y) ,
- p ($\text{m}^3 \cdot \text{hour}^{-1}$) = discharge of water trough cooling tower,
- Q_m ($\text{g} \cdot \text{s}^{-1}$) = average efficiency of m -th cooling tower as a source of water vapour,
- Q_{mi} (kW) = thermal efficiency of a m -th cooling tower,
- q_{jk} (%) = probability of simultaneous occurrence of air temperature T_j and relative air humidity f_k for a given site and given period,
- ρ ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$) = average air density in the atmospheric surface layer in a given period,
- $\Sigma_{zk}(x_m), \Sigma_{yk}(x_m)$ (m) = effective diffusion parameters for category k ,
- T (hours) = duration of a given period for which the effect of meteorological parameter is being estimated,
- T_1 = number of days in a given period,
- u_i ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) = characteristic wind speed for the i -th class of wind speed,
- u ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) = wind speed,
- w = dimensionless constant with values of 1, for cooling towers without eliminators and 0.1 for that with eliminators,
- x_{Aj}, x_{Bj} = the x -axis coordinates of the point of intersection of the straight line $y' = y - n_i$, with edges of the plume shielding extended in the direction which is opposite to the wind direction j , defined in the natural system of coordinates with beginning situated in the centre of the i -th tower.

Introduction. All big energetic systems are accompanied by environmental impact. If one considers the full fuel cycle it can be seen that this impact is not limited only to the site of energetic system but it can be observed also over the areas which are not directly connected with the location of energetic plant. These statements are valid to the full extent also for nuclear power plants (NPP). It can be noted with in the development of nuclear energetics that the requirement for environmental protection is in a high degree accepted in design, construction and operation of NPP. It results in a trend to give a quantitative assessment and to provide simulation of interaction between NPP and its surroundings.

During the first stages in nuclear energetics development the biggest attention was paid to radioactive substances when evaluating effects of NPP on the environment. However, in 1970 the attention has moved also to waste heat and water effects that form a part of a problem known as "thermal pollution". Followings are the most significant reasons:

- relatively low efficiency of NPP in comparison with classical condensing power plants,
- cumulation of big powers of NPP in one site,
- need for a complex evaluation of environmental impacts of NPP.

Waste heat release is typical for all processes where energy conversion takes place. It is not possible to catch and liquidate heat. Practically, the only what can be influenced is the waste heat distribution. Heat cumulation within an insulated system what the Earth's atmosphere is likely to be (and under certain conditions also its smaller parts) results in local or general increase of temperature accompanied by all possible consequences. Duration and intensity of such rise of temperature is dependent on stability of conditions which caused its occurrence i.e. on emission rate of heat sources and on the degree of isolation of the system or its parts. At present when the number and power of local and wide area sources are rising and heat release to the atmosphere and hydrosphere is increased in general, the waste heat from these sources becomes a topical but at the same time perspective problem.

Recently built NPP mostly belong to condensing type where fission reaction, is a source of heat. Heat amount released in the vicinity of a NPP is associated with its efficiency. The efficiency of a light-water NPP is about 32%. During the power plant operation waste heat is released on condensers. To preserve constant conditions for a production cycle of a power plant, a continuous cooling of condensers is necessary together with heat transfer to the surroundings. For this purpose an open cycle with once-through cooling or several types of closed or partially closed cycles can be used. In Czechoslovak conditions (limited water resources and areas) we use natural-draft wet cooling towers for cooling the condensers of big power plants.

The cooling system in use influences basically also the waste heat distribution in the surroundings. Natural-draft wet cooling towers transfer the majority of waste heat to the atmosphere. Thermal load of the hydrosphere is minimal. As an example, the heat budget of one block of Temelín NPP can be mentioned. The thermal power of this reactor is about 3 200 MW. About 1 000 MW are converted to electrical energy, 2 040 MW are transferred to the atmosphere through cooling towers and losses in plant are 160 MW. Only a small part of these 160 MW penetrates through the power-plant waste water into water recipients. In wet natural-draft cooling towers, water for condenser cooling circulates in own cooling cycles based on cooling towers. Heat diffused to the atmosphere through wet cooling towers is associated with emissions of water vapour, condensate water vapour and drift water droplets to the atmosphere.

Methods of calculation

In the framework of the development of methods of estimation of climatic effects of heat and water emissions from NPP cooling towers we have focused our attention on an analysis of effects on meteorological parameters measured routinely at weather stations which are the basis for an estimation of climatic conditions of localities. Thus assumptions were formed for development of a monitoring system able to verify methods approved and to follow-up an actual development.

A more detailed analysis of the effects on individual meteorological parameters has shown that they can be divided into two groups:

- local climatic effects (effect is of local character, up to about 20 km from cooling towers),
- mesoscale (regional) climatic effects (range or extent more than 20 km).

Following local climatic effects were analysed:

1. increase in average air humidity in the surface layer – water vapour transport from a source to the surface results in average water vapour concentration increase,

2. increase in average air temperature in the surface layer – heat transport from a source to the surface results in average air temperature increase:

3. duration of ground-level fogging – due to water vapour transport towards the earth's surface an increased occurrence of conditions for fog can be recognized,

4. increased precipitation formation – carried away, nonevaporated water droplets can fall and reach the ground close to a source,

5. increased icing formation – due to water vapour transport towards the earth's surface or freezing of water droplets carried away and deposited on the ground, a more frequent occurrence of icing can be reported,

6. formation of visible plume of condensed water vapour and its shielding effect.

Mathematical models of empirical and theoretical character have been developed to estimate individual local effects. Each model evaluates:

- diffusion of water or heat emissions in the atmosphere,
- effect of water or heat immissions on a given meteorological parameter.

This analysis of effects 1, 2, 3 and partially 5 (first part) was made by using straight-line Gaussian model to describe diffusion of water and heat emissions in the atmosphere. For the analysis of effects 4, 5 (second part), 6 we assumed that a horizontal projection of condensed water vapour of water droplets plume is a circular sector with 22.5° angle.

In the following part we bring formulas for calculation of particular local effects:

The formula for calculation of the increase in the average absolute humidity $f(x, y)$ ($g \cdot m^{-3}$) for a given period in the atmospheric surface layer:

$$f(x, y) = \frac{n_s \cdot n}{10^4 \cdot \sqrt{2\pi^3}} \sum_{m=1}^a \sum_{k=1}^g \frac{Q_m}{\sum_{z_k} z_k(x_m) \cdot x_m} \sum_{i=1}^{h_3} \frac{P_{ijk}}{u_i} \cdot \exp \left[\frac{H_{1,i}^2}{2 \sum_{z_k} z_k^2(x_m)} \right] \quad (1)$$

The index j is defined by a mutual configuration between a source and a point (x, y) .

The formula for calculation of a short-term value of increase in absolute air humidity $f'(x, y)$ ($g \cdot m^{-3}$) in the atmospheric surface layer:

$$f'(x, y) = \sum_{m=1}^a \frac{Q_m}{\pi \sum_y y(x_m) \cdot \sum_z z(x_m) \cdot u} \cdot \exp \left[-\frac{y_m^2}{2 \sum_y y^2(x_m)} \right] \cdot \exp \left[-\frac{H_{efm}^2}{2 \sum_z z^2(x_m)} \right] \quad (2)$$

In the formula (2) the x -axis direction is identical with the wind speed direction and the beginning of the system of coordinates (x_m, y_m) is in the middle of the m -th cooling tower.

Effective source height H_{efm} (m) in the formula (2) is calculated with the help of the formula (3) (Carson and Moses, 1967; Wigley, 1976).

$$H_{\text{efm}} = H + 2.61 \cdot A \cdot \frac{Q_{m1}^{1/2}}{u} - 1.67 \cdot d \quad (3)$$

Values of effective diffusion parameters $\Sigma_y(m)$ and $\Sigma_z(m)$ are calculated using relations:

$$\Sigma_y(\sigma_y^2 + 0.05 \cdot A_1)^{1/2} \quad \Sigma_z = (\sigma_z^2 + 0.05 \cdot A_1)^{1/2}, \quad (4)$$

where σ_y and $\sigma_z(m)$ are values of diffusion parameters derived by Hosker (1974).

Average number of hours $P(x, y)$ with fog occurrence caused by NPP cooling towers emissions for a given period at the point (x, y) is given by the following expression:

$$P(x, y) = \frac{T \cdot n}{10^2} \cdot C_f \cdot d(x, y) \quad (5)$$

Average number of hours with icing ${}^1N(x, y)$ caused by humidity increase in the atmospheric surface layer for a given period is shown in the expression:

$${}^1N(x, y) = \frac{T \cdot n}{10^2} \cdot C_n \cdot d(x, y) \quad (6)$$

Average increase in occurrence of icing phenomena ${}^2N(x, y)$ (hours) caused by freezing of deposited droplets emitted from a cooling tower's mouth for a given period:

$${}^2N(x, y) = \frac{T \cdot n}{10^4} \cdot C_z \cdot h_m(x, y) \quad (7)$$

Decrease in the sunshine duration $S(x, y)$ (hours) for a given period is calculated using a series of the following formulas (8)–(13):

$$S(x, y) = \frac{T_1 \cdot b \cdot n}{3.6 \cdot 10^7} \cdot \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^{n_s} p_j \cdot |\Delta t_{ij}| \cdot |d_j(y_i)|, \quad (8)$$

$$\Delta t_{ij} = \frac{3600 \cdot m}{\pi} \cdot \left[\arctg \left(\frac{x_i - x_{Aj}}{H} \right) - \arctg \left(\frac{x_i - x_{Bj}}{H} \right) \right] \quad (9)$$

$$d_j(y_i) = \frac{1}{x_{Aj} - x_{Bj}} \cdot \int_{x_{Aj}}^{x_{Bj}} f(l_i) ds \quad (10)$$

$$f(l_i) = 0.101 + \frac{0.295}{l_i} - \frac{0.056}{l_i^2} + \frac{0.004}{l_i^3} \quad (11)$$

$$l_i = 10^{-3} \cdot \sqrt{s^2 + y_i^2} \quad s = x_{Aj} - x_{Bj} \quad (12)$$

$$y_i = y - n_i - \frac{H}{\text{tg } \alpha} \quad x_i = x - m_i \quad (13)$$

Equation (11) was developed using (Wessels and Wisse, 1971).

Formulas (14)–(17) are used to calculate the distribution of average intensity of artificial precipitation $R(x, y)$ (mm · hour⁻¹) for a given period caused by drift water droplets deposition:

$$R(x, y) = \frac{c \cdot n}{10^4} \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^{h_1} \sum_{k=1}^{h_2} v(x, x_i; y, y_i) \cdot p(x, x_i; y, y_i) q_{ik} \cdot r(T_j, f_k) \quad (14)$$

$$v(x, x_i; y, y_i) = 0.852 + 7.234 \cdot 10^{-4} [(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2]^{1/2} - 1.361 \cdot 10^{-6} \cdot [(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2] \quad (15)$$

$$r(T_j, f_k) = a_0(T_j) + a_1(T_j) \cdot f_k \quad (16)$$

$$c = \sqrt{\frac{113}{H}} \cdot \frac{P}{2.8 \cdot 10^4} \cdot w \quad (17)$$

Formulas (15) and (16) were developed using work von Marquardt and Ihle (1977).

The rise of average air temperature in the atmospheric surface layer for a given period $T(x, y)$ (°C) can be calculated according to:

$$T(x, y) = \frac{n_s \cdot n}{10 \cdot \sqrt{2\pi^3} \cdot c_p \cdot \rho} \cdot \sum_{m=1}^a \sum_{k=1}^g \frac{Q_{m1}}{\sum_{zk}(x_m) \cdot x_m} \cdot \sum_{i=1}^{h_3} \frac{P_{ijk}}{u_i} \cdot \exp \left[-\frac{H_{1,i}^2}{2 \sum_{zk}^2(x_m)} \right] \quad (18)$$

Index j is defined in the same way as in (1).

Possibilities of verification

At the same time with the development of mathematical models, possibilities of their verification have been studied. From the very beginning it was clear that there will be some problems with verification. Effects forecasted for power plants with electric power of several hundreds or thousands of MW were relatively small. This fact is undoubtedly in accordance with literature available but it complicates the possibility of verification.

For verification purposes we have done a statistical analysis of a set of selected meteorological measurements obtained at the Jaslovské Bohunice weather station during the period 1961–1983. The weather station is located close to the nuclear power plant operating since 1978 with initial power 440 MW and with about 1000 MW at the end of the studied period. The following climatic characteristics were studied:

- air temperature and humidity
- sunshine duration
- atmospheric precipitation
- fogging and icing duration.

Values of effects on climatic characteristics at the weather station site were calculated using the formulas mentioned above. In all cases the values are smaller than the standard deviation of natural background fluctuations and practically,

they could not be registered by existing facilities and observation methods. In the next stage statistic methods were used to control the level of effect on mentioned climatic characteristics. The method and results are presented in detail in the report Škulec et al. (1984).

The results of statistical processing did not show statistically important effect on the studied climatic characteristics. Of course, this treatment cannot be an unambiguous confirmation of correctness of results obtained with the help of mentioned formulas. However, it can be stated that calculated values are not contradictory to the results of the measured data analysis. It is clear that the results obtained represent only the first phase of work on the mathematical formulas verification.

Results of calculations

Based on the mentioned formulas, computing programs were developed for the estimation of local climatic effects over the following Czechoslovak nuclear power plants in operation or under construction: Jaslovské Bohunice (EBO 1760 MW), Mohovce (EMO - 1760 MW), Dukovany (JEDU - 1760 MW), Temelín (JETE - 4000 MW).

TABLE I.

Maximum values (Max) and distance (D) of effect on meteorological parameters caused by Czechoslovak power plants operation and the average values (Av) of effect on meteorological parameters in the vicinity of NPP with size 10 × 10 km. Average values for icing potential and rainfall are for a surrounding are of 2.1 × 2.1 km

Meteorological parameters	Nuclear power plants											
	Jaslovské Bohunice			Dukovany			Mochovce			Temelín		
	Max	D	Av	Max	D	Av	Max	D	Av	Max	D	Av
Humidity × 10 ⁻² , g · m ⁻³	15	2.8	3.7	7.5	2.8	2.3	32	0	8.5	26	2	11.9
Temperature × 10 ⁻² , °C	10	2.8	2.3	9	2.8	2.7	27	0	7.2	31	2	14.5
Fog,	28	2.8	6.6	85	2.8	25.7	66	0	17.0	79	2	40.4
Icing,	15	2.8	3.5	56	2.8	16.8	58	0	14.9	86	2	40.9
Icing potential,	635	0	61.3	552	0.6	76.8	664	0.9	85.8	702	0.4	100.1
Decrease of sunshine,	296	0	16.3	112	0	16.1	68	2	20.6	130	0	13.7
Rainfall, mm · year ⁻¹	311	0.4	19.8	24	0	2.8	22	1.2	2.1	53	0.3	5.5

Table I brings data on maximum values of effects on individual studied elements and on the distance *D* (km) of the maximum from the centre of the system of coordinates. Distance of the maximum *D* is defined with regard to the beginning of the system of coordinates, which is approximately in the middle of individual power plants. These table shows average values (*Av*) of effect on these elements in the vicinity of particular NPP. The term "icing potential" used in the table and text means the icing caused by freezing of deposited drift water droplets. Calculations were done in the rectangular coordinate system, with its beginning at the centre of a nuclear power plant area, the x-axis was directed towards the east and the y-axis towards the north.

Results of calculations show that the distribution of values of effects on particular elements in the vicinity of NPP is not homogeneous. Heterogeneity depends on climatic conditions of the site and mutual configuration of cooling towers. Maximum values can be found relatively close to a power plant. With increasing distance from a source the values are quickly decreasing. When the distance is more than 10 km the values are small and of hypothetical character. Average values of effect are substantially lower than minimum values.

Furthermore, maximum and average values of individual elements show that values are not linear with regard to the power. Regarding the variability of climatic conditions any dependency is problematic. This statement results in the need to document situation for every new NPP.

The values of effect on air humidity and temperature, fogging and icing do not exceed the level natural variability of these meteorological elements. The same is true also with atmospheric rainfall, excluding EBO. The high value of atmospheric precipitation is in this case reported due to absence of eliminators in cooling towers. But at present, cooling towers are equipped with eliminators and therefore actual values are substantially lower.

Icing potential defines the number of hours during which depositing droplets can become frozen. The values are relatively high but it will not be a serious problem since due to low intensity of artificially originated precipitation the icing intensity will be very low in the majority of cases and this phenomenon occurs only close to NPP.

Relatively high values of shielding can be found between cooling towers only, where contributions from all towers are cumulated. Already in the close surroundings the values are substantially lower.

Conclusion

In general it can be stated in accordance with estimation of local climatic effects in the vicinity of Czechoslovak NPP in operation and under construction that regarding the accuracy of measuring and observation methods and natural variability of meteorological phenomena it would be probably a problem to monitor the effects of immissions of heat and water from cooling towers already in the close surrounding of NPP. However, it will be necessary to study further this conclusion, mainly in connection with general increase of energetic powers of NPP on local and regional scale and with possible change of cooling systems. Special attention should be paid to the study of potential mesoscale climatic effects of thermal and water emissions from cooling towers of NPP.

REFERENCES

- Carson, J. E. and Moses, H., 1967: The validity of currently popular plume rise formulas. *Proceedings of USAEC Meteorological Information Meeting. Atomic Energy of Canada*, Chalk River, 1-20.
- Hosker, R. P., 1974. Estimates of dry deposition and plume depletion over forests and grassland. Physical behaviour of radioactive contaminants in the atmosphere, MAEE, Vienna, 291-309.
- Škulec, Š., Dúran, J., Glos, J. and Procházková, A., 1984: *Meteorologické zabezpečenie rozvoja jadrovej energetiky, Správa P-16-531-501 SHMÚ*, Bratislava, 230 pp.
- Von Marquardt, W. and Ihle, P., 1977: Niederschläge in der Umgebung von Nasskühltürmen. *Zeitschrift für Meteorologie* 27, 366-377.
- Wessels, M. R. A. and Wisse, J. A., 1971: A method for calculating the size of cooling tower plumes. *Atmospheric Environment* 5, 743-750.
- Wigley, T. M. L., 1976: Maximum rise of cooling tower plumes. *Journal of Applied Meteorology* 15, 1112-1113.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 91. évf. 4. szám, 1987. július – augusztus
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 91. No 4. July – August 1987. Budapest

On the „natural“ acid deposition and the possible consequences of decreased SO_2 and NO_2 emission in Europe

HORVÁTH, L., *Institute for Atmospheric Physics, 1675 Budapest, P.O. B. 39, Hungary* and
MÖLLER, D., „Heinrich Hertz“ *Institute for Atmospheric Research and Geomagnetism, Academy of Science of GDR, 1199 Berlin, Rudower Chaussee 5., GDR*

A „természetes“ savas ülepedés, valamint az SO_2 és NO_2 kibocsátás csökkentésének lehetséges következményei Európában. Az oxidált kén- és nitrogénvegyületekre vonatkozó különféle box-modell számítások eredményei alapján összefüggést találtunk az adott box ülepedés-emisszió aránya, illetve emissziósűrűsége között. Becslésünk szerint a savas anyagok száraz ülepedése, az emberi tevékenység nélkül, elhanyagolható lenne. Az oxidált kén- és nitrogénvegyületek „természetes“ nedves ülepedése pedig körülbelül harmada lenne a mostaninak. Mivel ezt a „természetes“ savasságot a légköri ammónia teljes mértékben képes semlegesíteni, az iparosítás előtt a csapadékvíz pH-ja valószínűleg semleges volt. Számításaink szerint a kén-dioxid kibocsátás 30%-os európai csökkentése nem járna a levegő- és csapadékmínőség 30%-os csökkenésével, mivel a savas vegyületek nedves és száraz ülepedése csak 8, illetve 19 százalékkal csökkenne.

*

On the „natural“ acid deposition and the possible consequences of decreased SO_2 and NO_2 emission in Europe. By means of results of different box model calculations concerning oxidized sulfur and nitrogen compounds relationships were calculated between the ratios of deposition to emission and emission densities of the boxes. It was estimated that the dry acid deposition without human activities would be negligible. The „natural“ wet deposition of oxidized S and N compounds would be approximately one third of the present level. Because the atmospheric ammonia can entirely neutralize the „natural“ acidity the pH of precipitation water was probably neutral or alkaline before industrialization. According to our calculations a decrease in SO_2 emission of 30 percent in Europe would not result in 30% improvement of air and precipitation quality since wet and dry deposition of acid materials would be lower only by 8 and 19 percent, respectively.

*

Introduction. As it is well known global and continental atmospheric budget of sulfur and nitrogen compounds is substantially modified by human activities. This is particularly true for sulfur and nitrogen cycle of heavy industrialized regions (e.g. Europe and N America). At these areas the strength of anthropogenic sources exceeds at least by one order of magnitude that of natural sources. The acidification of the environment owing to emission of sulfur and nitrogen oxides causes serious environmental damages at these territories. It is more and more necessary to reduce the emission of sulfur and nitrogen oxides by the change of the structure of energy production and industrial technologies. Having recognized this problem numerous European countries joined the program to decrease the anthropogenic sulfur emission by 30 percent up to the year 1993. The question arises, however, how the decrease of continental emission influences the air quality as well as the rate of acid deposition. There are two different ways to estimate this effect. One of them is modelling, another possibility is the use of measured historical data. In the latter case the limited amount of available in-

formation sets a limit to follow this way (e.g. there are relatively few data concerning the "natural" acidity of precipitation water, the increase of emissions since the beginning of industrialization and the trend of chemical composition of precipitation as well as the dry deposition). Therefore, in most cases the model calculation is the only possible way to calculate the relation between the change of anthropogenic sulfur and nitrogen oxide emission and acid deposition.

There is, however, an indirect method of determining the relationship between the emission and acid deposition and estimating the "natural" acid deposition for a given region. In this calculation an empirical fact is exploited namely that in various regions with different emissions the rate of wet and dry deposition differs as well (Mészáros, 1983). In practice there is an approximately linear relationship between the emission and dry deposition while wet deposition reacts less upon the change of the emission. The aim of this paper is the quantitative estimation of these relations by means of the results of several continental and regional box models.

Calculations

In the case of steady state condition, i.e. when the strength of sources and sinks is balanced, for a group of compounds (e.g. sulfur dioxide/sulfate) above a given region the following expression can be written:

$$IM + Q = EX + D_D + D_W \quad (1)$$

where IM and EX symbolizes the material advected into/from the box, Q is the emission, D_D is the dry deposition while D_W denotes the wet deposition inside the box, all expressed in g yr^{-1} units. From eq. (1) we obtain the following functions:

$$\frac{D_W}{Q} = f(Q) = 1 - \frac{EX - IM}{Q} - \frac{D_D}{Q}, \quad (2)$$

$$\frac{D_W - D_D}{Q} = \frac{D}{Q} = f(Q) = 1 - \frac{EX - IM}{Q}, \quad (3)$$

Let's suppose as a first approximation that D_W/Q and $(D_W + D_D)/Q$ ratios depend only on emission density (emission density is defined as $q = Q/A$, where A is the surface of the box). Although it is not reasonable theoretically, in practice it is a good approximation. Because D/Q or D_W/Q depends on $(EX - IM)$ (see: equations 2 and 3) and the difference between exportation and importation is proportionally increasing with the increase of q (depending on the behaviour of D also) one can say that the ratio of deposition and emission depends on emission density.

Later on we will attempt to find empirical relationships between D_W/Q and q as well as between D/Q and q , for oxidized nitrogen and sulfur compounds.

Numerous box models can be found in the literature for sulfur compounds (sulfur dioxide, sulfate) in different regions with different emission densities. These are compiled in *Table I*. By means of data in *Table I.*, D_W/Q and D/Q ratios were plotted as a function of q . Rather good correlations were found between $\log(D_W/Q)$ and $\log q$ as well as between $\log(D/Q)$ and $\log q$.

$$\log(D_W/Q) = -0.697 (\log q) - 0.137 \quad r = 0.96 \quad n = 17, \quad (4)$$

$$\log(D/Q) = -0.415 (\log q) + 0.037 \quad r = 0.92 \quad n = 14, \quad (5)$$

where r is the correlation coefficient, while n is the number of cases. In both cases the relationships are significant at a probability level of $p = 0.1$ percent.

As to the oxidized nitrogen compounds (nitrogen oxides, nitrates) the results of 8 box models can be seen in *Table II*. Regression line was calculated for the

TABLE I.

Emission densities (q) wet and dry deposition rates ($d_W = D_W/A$, $d_D = D_D/A$) calculated for different regions for oxidized sulfur compounds

Region	q	d_W	d_D	Reference
	g S m ⁻² yr ⁻¹			
E Canada	0.64	0.77	0.31	Galloway and Whelpdale (1980)
Sweden	0.90	0.45	0.38	Högström (1978)
USSR (European part)	1.60	1.40	—	Möller and Horváth (1987)
NW Europe	2.22	0.62	1.22	OECD (1977)
Europe	2.30	1.10	—	Möller and Horváth (1987)
Europe	2.40	1.14	0.95	Mészáros and Várhelyi (1982)
NE America	2.80	0.92	0.75	Galloway and Whelpdale (1980)
NW Europe	3.29	0.95	1.00	Rodhe and Granat (1983); Granat et al. (1976)
Europe (without USSR)	3.30	1.00	—	Möller and Horváth (1987)
NW Europe	4.10	0.68	1.58	Garland (1977)
E USA	6.86	1.19	1.57	Galloway and Whelpdale (1980)
FRG	7.20	2.00	3.40	Luftreinhaltung (1981); Georgii et al. (1984)
Hungary	8.10	1.10	1.10	Várhelyi (1982); Mészáros and Horváth (1984)
Middle Europe	9.00	1.40	—	Möller and Horváth (1987)
GDR	22.0	3.20	6.80	Möller (1982)
Cracow region	25.0	2.40	7.60	Kasina (1978)
Ruhr area	410	3.50	14.1	Kuttler (1983)

TABLE II.

Emission densities (q) and wet and dry deposition rates (d_W and d_D) calculated for different regions for oxidized nitrogen compounds

Region	g N m ⁻² yr ⁻¹			Reference
	q	d_W	d_D	
global	0.07	0.05	0.02	Böttger et al. (1978)
global	0.09	0.06	0.03	Möller and Kind (1986)
global	0.12	0.05	0.07	Logan (1983)
N America	0.42	0.13	0.17	Logan (1983)
Europe	0.60	0.29	0.36	Bónis et al. (1980)
Hungary	0.80	0.33	0.63	Bónis (1981); Horváth (1985); Horváth and Mészáros (1984)
GDR	2.20	0.41	1.05	Möller et al. (1985)
Czechoslovakia	2.20	0.72	1.06	Zavodský and Mitošinková (1984)

function between $\log (D_W/Q)$ and $\log q$:

$$\log (D_W/Q) = -0.256 (\log q) - 0.492 \quad r = 0.81 \quad n = 8 \quad (6)$$

This relationship is real at a probability level of $p = 1$ per cent. In contrast with S compounds no significant correlation was found between $\log D/Q$ and $\log q$ for N compounds. It means that D/Q is approximately constant on both continental and regional scale at least for the boxes having a size of more than a few 100 kilometers, compiled in Table II. In our calculations we accepted the following ratio for oxidized N containing materials:

$$D/Q = 1 \quad (7)$$

One can see from expression (3) that $D/Q = 1$ condition is valid when $EX = IM$, i.e. the exports and imports of NO_x is balanced over a given region. This hypothesis is supported by the conclusion of some box model calculations (e.g. *Bónis et al.*, 1980; *Bónis*, 1981; *Zavodský and Mitošinková*, 1984).

It follows from the inverse relationship between D/Q or D_W/Q and q that the higher the emission density the lower the ratio of deposited and emitted materials above a given area for S compounds. Theoretically the ratio of emitted and deposited materials over a box depends on the difference between the amount of exported and imported materials. Mathematically $D/Q = 1$ represents the case when $EX = IM$. If $D/Q < 1$ the rate of exportation exceeds the importation, and vice versa.

Possible consequences of the emission decrease in Europe

We have four empirical equations (4)–(7) which express the relation between the D_W/Q or D/Q ratios and the emission density for a box with continental or regional size. If we suppose that these formulae are valid for Europe as well, we can calculate the effects of an increase or decrease of S or N emission. At present the average SO_2 and NO_x emission in Europe are $2.48 \text{ g S m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ and $0.60 \text{ g N m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$, respectively (*Mészáros and Várhelyi*, 1982; *Bónis et al.*, 1980). At the same time the strength of natural sources are $0.10 \text{ g S m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ and $0.04 \text{ g N m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$, respectively. In the first 3 columns of the *Table III*, one can see the

TABLE III.

Theoretically increased or decreased emissions (q) of sulfur and nitrogen oxides and the resulting change in wet (d_W) and total (d) deposition in Europe calculated by means of equations (4)–(7)

%	Total emission (q)		Wet deposition (d_W)		Total deposition (d)	
	$\text{g S m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$	$\text{g N m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$	$\text{g S m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$	$\text{g N m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$	$\text{g S m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$	$\text{g N m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$
140	3.50	0.84	1.06	0.28	2.27	0.84
120	3.00	0.72	1.02	0.25	2.07	0.72
100	2.48	0.60	0.96	0.22	1.85	0.60
80	2.00	0.48	0.90	0.19	1.63	0.48
60	1.50	0.36	0.82	0.15	1.38	0.36
40	1.00	0.24	0.73	0.11	1.09	0.24
20	0.50	0.12	0.59	0.07	0.73	0.12
Natural	0.10	0.04	0.36	0.03	0.28	0.04

theoretically increased and decreased emissions compared to the present emission level. In the 4th and 5th columns of Table III, the average wet depositions, while in the 6th and 7th columns the average total depositions are tabulated, calculated by means of formulae (4), (6), and (5), (7), respectively. Since in this table the sulfur and nitrogen compounds are expressed in S or N content they are not comparable. For this reason they have to be converted into equivalents.

In Fig. 1, the average European dry and wet depositions are plotted in hydrogen ion equivalents (supposed that oxidized S and N compounds deposits only in acidic form) as a function of the change of emissions. This figure represents

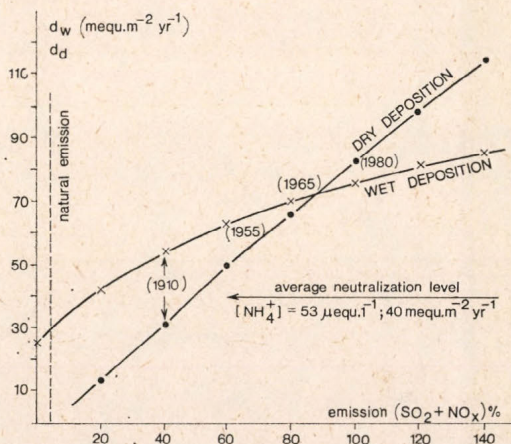


Fig. 1: Calculated dry and wet acid deposition for Europe as a function of emission. Emission of sulfur and nitrogen oxides changes (decreases or increases) proportionally. In the brackets the years can be seen when the emissions were approximately the same value as indicated by ordinates.

the case when the European emission of sulfur and nitrogen oxides changes (increases or decreases) proportionally. In this figure the dry deposition is nearly a linear function of q , while wet deposition, especially at higher emissions depends less on the emission. At lower emissions the importance of dry deposition is continuously decreasing as compared to the wet deposition. If we reduce the European S and N emission to the natural level the dry deposition becomes practically negligible. At the same time wet deposition rate remains considerable ($d_W = 25 \text{ mequ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{yr}^{-1}$). This figure corresponds to an acidity of $\text{pH} = 4.5$ taking into account the $p = 750 \text{ mm yr}^{-1}$ for the European average precipitation amount. This is the so-called minimum pH, that is the possible upper limit for acidity assuming that the sulfur and nitrogen compounds are washed out by the precipitation as acids with no neutralization and remain in such form in the precipitation water (for further details see: Horváth and Mészáros, 1986).

It is well known that ammonia – beside calcareous dust – one of the most important neutralizing compound in the atmosphere. During neutralization ammonium ion is formed, which has an average concentration in the precipitation water in Europe of $c = 53 \text{ mequ} \cdot \text{l}^{-1}$ (Söderlund and Granat, 1982). This figure corresponds to $d_W = 40 \text{ mequ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{yr}^{-1}$ of wet deposition, which is higher than the upper limit of calculated “natural” wet acid deposition. It can be seen that the atmospheric ammonia may neutralize not only the acidic nitrogen and sulfur compounds of natural origin but also at least 20 percent of the man-made emission. We have to take into consideration, of course, that during the decrease of SO_2 and NO_x emission the rate of the flux of ammonia gas remains the same,

which is supported by direct measurements (Horváth, 1983). It follows that in Europe we can not speak of the "natural" acidity of precipitation. Before industrialization the pH of the precipitation was probably alkaline controlled by ammonia and in some parts of the continent by the soil derived alkaline particles.

Fig. 2. represents the case when sulfur emission changes while NO_x emission remains constant (at the present level). From this Figure one can estimate what would happen if all European countries decreased the anthropogenic sulfur emission by 30 percent. In this case the total (anthropogenic and natural) sulfur emission would decrease by practically the same percentage. According to Fig. 2. in

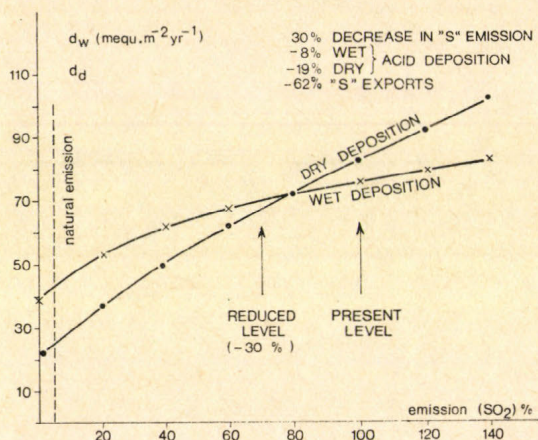


Fig. 2.: Calculated dry and wet acid deposition for Europe as a function of emission. Emission of sulfur oxide changes, while that of nitrogen oxides remains at the present level (100%).

this case the average acidity of precipitation water in Europe would decrease by 8 percent which would not solve the problems associated with acid rain (e.g. in S Scandinavia). At the same time, dry acid deposition would be about 19 percent lower on average. In the total deposition the expected decrease would be 14 percent. Therefore, for a decrease of 30 percent in emission there would be only a 14 percent decrease in acid deposition.

It should be noted that only a fraction of the S and N are deposited in the acidic form (because of neutralization by dust and ammonia). Assuming a constant neutralizing capacity reduction of emissions would affect more the acidic fraction.

The sulfur exports from Europe to other continents and to a lower extent to the seas would be substantially (62 percent) lower. A low reduction would result in a noticeable decrease only in dry deposition, reducing the environmental damages connected with high level of air pollutants (e.g. in Central Europe).

Finally it is obvious that deposition reductions are required more in some areas than in others. Selective reductions in emissions would be more effective. Reduction of 30% would not have an uniform effect on deposition.

REFERENCES

- Bónis, K., 1981: The atmospheric budget of nitrogen compounds over Hungary (in Hungarian). *Időjárás* 85, 149–156.
 Bónis, K., Mészáros, E. and Putsay, M., 1980: On the atmospheric budget of nitrogen compounds over Europe. *Időjárás* 84, 57–68.

- Böttger, A., Ehhalt, D. H. and Gravenhorst, G., 1978: Atmosphärische Kreisläufe von Stickoxiden und Ammoniak. *Berichte der Kernforschungsalange Jülich*, Nr. 1558.
- Galloway, J. N. and Whelpdale, D. M., 1980: An atmospheric sulfur budget for eastern North America. *Atmospheric Environment* 14, 409–417.
- Garland, J. A., 1977: The dry deposition of SO_2 to land and water surfaces. *Proc. R. Met. Soc.* 354 A, 245–268.
- Georgii, H. W., Perseke, C. and Rohbock, E., 1984: Deposition of acidic components and heavy metals in the Federal Republic of Germany for the period 1979–1981. *Atmospheric Environment* 18, 581–589.
- Granat, L., Rodhe, H. and Hallberg, R. O., 1976: The global sulfur cycle. *Ecological Bulletin* 22, 89–134.
- Horváth, L., 1983: Trend of the nitrate and ammonium content of precipitation water in Hungary for the last 80 years. *Tellus* 35 B, 304–308.
- Horváth, L., 1985: On the background concentration and deposition of atmospheric nitrogen compounds in Hungary (in Hungarian). *Időjárás* 89, 262–268.
- Horváth, L. and Mészáros, E., 1984: The composition and acidity of precipitation in Hungary. *Atmospheric Environment* 18, 1843–1847.
- Horváth, L. and Mészáros, E., 1986: Acid deposition in Hungary (in Hungarian). *Időjárás* 90, 143–149.
- Högström, U., 1978: An evaluation of the geographical variation of the characteristic sulfur wet fallout scale. *Atmospheric Environment* 12, 1505–1516.
- Kasina, S., 1978: Sulfur budget in the region of Cracow. *Időjárás* 82, 320–324.
- Kuttler, W., 1983: Trockene und hasse Schwefeldeposition in Mittleren Ruhrgebiet. *Verhandlungen Ges. Ökol. (Mainz)* 10, 457–472.
- Logan, J. A., 1983: Nitrogen oxides in the troposphere: global and regional budgets. *Journal of Geophysical Research* 88, 10.785–10.807.
- Luftreinhaltung*, 1981: Entwicklung-Stand-Tendenzen, (ed. S. Umweltbundesamt). E. Schmidt Verlag, Berlin (West).
- Mészáros, E., 1983: Atmospheric sulfur budgets over continental regions. In: *Ecological Effects of Acid Deposition. National Swedish Environment Protection Board-Report PM 1636*, 89–93.
- Mészáros, E. and Horváth, L., 1984: Concentration and dry deposition of atmospheric sulfur and nitrogen compounds in Hungary. *Atmospheric Environment* 18, 1725–1730.
- Mészáros, E. and Várhelyi, G., 1982: An evaluation of the possible effect of anthropogenic sulfate particles on the precipitation ability of clouds over Europe. *Időjárás* 86, 76–81.
- Möller, D., 1982: Zur Untersuchung des atmosphärischen schwefelzyklus unter anthropogenem Einfluß. *Habilitation*, Berlin (E).
- Möller, D., Zilinski, E., Graf, M. und Wieprecht, W., 1985: Zur Staffbilanz braunkohlegefeuerter Kraftwerke und dem Anteil am geökologischen Stafffluß, der DDR. *Forschungsbericht 5.06.015 Akademie der Wissenschaften der DDR, Berlin*.
- Möller, D. and Horváth, L., 1987: Estimation of "natural" acidity of precipitation on global and continental scale. In preparation.
- Möller, D. and Kind, R., 1986: *Stickstoffoxide in der Atmosphäre-Ursachen, Wirkungen und Gegenmaßnahmen*. VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig.
- OECD, 1977: The OECD programme on long range transport of air pollutants. Organization for Economic Cooperation and Development, Paris.
- Rodhe, H. and Granat, L., 1983: Summer and winter budget for sulfur over Europe; an indication of large seasonal variation of residence time. *Időjárás* 87, 1–6.
- Södertund, R. and Granat, L., 1982: Ammonium in precipitation – a presentation of data from the European air chemistry network. *Report CM-59, Dep. of Meteorology. University of Stockholm*.
- Várhelyi, G., 1982: On the atmospheric sulfur budget over Hungary. *Időjárás* 86, 333–337.
- Zavodský, D. and Mitošinková, M., 1984: Estimation of atmospheric budget of nitrogen compounds over Czechoslovakia. *Időjárás* 88, 202–209.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 91. évf. 4. szám, 1987. július – augusztus
Journal of the Hungarian Meteorological Service. Vol. 91. No 4. July – August 1987. Budapest

An one-dimensional time-dependent model of Cb in cumulus stage

GERESDI, I. and ZOLTÁN, CS., *Hungarian Meteorological Service, H-7601 Pécs, POB. 353.*

Cumulus állapotú zivatarfelhő egydimenziós időfüggő modellje. A bemutatott modell egydimenziós, időfüggő, környezetével keveredő jet modellje. A mikrofizikai folyamatok leírására bulk parametrizációt használtunk. Négyfajta hidrometeort építettünk a modellbe: felhőcseppeket, jégkristályokat, esőcseppeket és jégszemeket. A felhőcseppek esőcseppekké egyesülését a Berry-féle parametrizációval írtuk le. Az esőcseppek a Kessler által megadott koagulációs egyenletnek megfelelően gyűjtötték össze a felhőcseppeket. A jégkristályok arányát az összes felhőelemhez képest lineárisan változtattuk nulláról egyre, -35°C -tól -40°C -ig. Az esőcseppek a Bigg-féle fagyási egyenletnek megfelelően fagytak meg. A jégszemek a túlhűlt esőcseppek és felhőcseppek összegyűjtésével növekedtek nedves vagy száraz módon. Modelleztük az olvadással és párolgással kapcsolatos folyamatokat is. Eredményeink bemutatására két teszt-esetet adtunk meg (CCOPE 1981. augusztus 2. és Alberta Hail Project, 1983. július 26.)

*

An one-dimensional time-dependent model of Cb in cumulus stage. The present model is one-dimensional and time-dependent entraining jet model. The microphysical processes are described using bulk parametrization. There are four different hydrometeors in the model: cloud droplets, ice crystals (cloud ice), raindrops, and hailstones. Cloud droplets are converted to raindrops according to Berry's parametrization of the autoconversion and are accreted by the raindrops according to Kessler's formulation of the coagulation. The portion of ice crystals to total cloud elements (cloud droplets and ice crystals) is assumed to vary linearly with temperature from zero at -35°C to unity at -40°C . Raindrops are frozen at a rate consistent with Bigg's freezing equation. The hailstones are formed by accretion the supercooled raindrops and cloud droplets. Both wet and dry growth of hailstones are calculated. The melting and evaporation processes are modeled, too. To demonstrate the model results two test cases are presented (CCOPE 08. 02. 1981, and Alberta Hail Project 07. 26. 1983.).

*

1. Introduction. This study presents results of our first effort to numerically simulate the lifecycle of a thunderstorm cell. One-dimensional time dependent models have been generally used in cloud modification research (e.g. *Nelson*, 1979). The present model is planned to use in hail suppression, especially in hail danger recognition, therefore the most important aim of us is to describe the updraught region in the cumulus stage.

The model is more nearly like those of *Wisner et al.* (1972), or *Ogura and Takahasi* (1971), but has slightly more sophisticated hail microphysics than either of the above studies. There are four different hydrometeors in the model: hail, rain, cloud water and cloud ice. Bulk parametrization was used supposing the Marshall-Palmer distribution for rain and the modified Marshall-Palmer distribution for hail (*Wisner et al.*, 1972).

The microphysical processes considered in our model can be seen in *Fig. 1*.

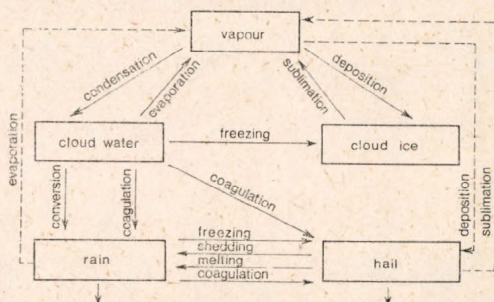


Fig. 1: Effects included in the model. Solid lines show the general effects, dotted lines show the effects acting below the condensation level.

2. Dynamical description

Assuming that the thundercloud does not perturbate the pressure field and all hydrometeors are always falling at their terminal velocity (*Squires and Turner, 1962; Wisner et al., 1972*), the third component of the equation of motion is:

$$\frac{d}{dt}(mw) = mg \frac{\rho - \rho_e}{\rho} - mg\sigma, \quad (1)$$

where m is the mass of the air parcel, w is the third component of the velocity field in the updraught, g is the acceleration of gravity, ρ is the density of air parcel. (It is supposed that the parcel is a very thin cylindrical slice. In this way it can be taken homogeneous.) ρ_e is the density of air in the environment and σ is the total hydrometeor mixing ratio.

Beside the equation of motion we need the continuity equation to give the dynamical description. The mass of the air parcel changes due to the entraining air from the environment of the updraught. In the literature numerous different approximations can be found to give the ratio of entraining air (*Zoltán and Geresdi, 1984*). In the present study the inverse radius entrainment ratio (*Squires and Turner, 1962*) is used:

$$\mu = \frac{1}{m} \frac{dm}{dt} = \frac{2\alpha}{r} \frac{\rho_e}{\rho} |w| \quad \alpha = 0.1, \quad (2)$$

where r is the radius of the updraught.

Substituting the expression of mass and using partial derivatives in Eqs. (1) and (2) we got:

$$\frac{\partial w}{\partial t} = -\frac{\partial w}{\partial z} w - \mu w + g \frac{\rho - \rho_e}{\rho} - g\sigma \quad (3)$$

$$\frac{\partial r}{\partial t} = -\frac{\partial r}{\partial z} w + \frac{r}{2} \left\{ \mu - \frac{1}{\rho} \left[\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial z} (\rho w) \right] \right\}.$$

The updraught velocity and the jet radius can be computed by the integration of the above equations knowing the densities ρ_e , ρ and the total hydrometeor mixing ratio σ . These last two characteristics ρ and σ cause, in our model, the interaction between the cloud dynamics and microphysics.

3. Continuity of water

As it was pointed out in chapter 2 to solve the dynamic equations (3) it is necessary to know σ and ϱ .

First, let us see the conservation of total water in the parcel:

$$\frac{d}{dt}[m(q + \sigma)] = \frac{dm}{dt}q_e, \quad (4)$$

where q and q_e are the vapour mixing ratios in the jet and in its environment, respectively. It can be seen in Eq. (4) that here the only source of water is the entraining vapour.

In our model the water vapour mixing ratio is calculated as follows:

$$q = 0.622 \frac{e}{P}, \quad e = \frac{e_{sw}(\sigma_R + \sigma_{cw}) + e_{si}(\sigma_H + \sigma_{ci})}{\sigma}, \quad (5)$$

where e is the pseudo-saturation vapour pressure, e_{sw} and e_{si} are the saturation vapour pressures with respect to liquid water and ice calculated by the modified Tetens-formulas (Zollán and Geresdi, 1984), σ_R is the rain mixing ratio, σ_H is the hail mixing ratio, σ_{cw} is the cloud water mixing ratio and σ_{ci} is the cloud ice mixing ratio. In this case q depends only on the temperature. Therefore, to solve Eq. (4) all of the phase changes have to be calculated because all have an influence on the temperature.

The continuity equations for different phases and hydrometeors are:

$$\begin{aligned} \frac{\partial q}{\partial t} &= -\frac{\partial q}{\partial z}w - \mu(q - q_e) + P_V \\ \frac{\partial \sigma_R}{\partial t} &= -\frac{\partial}{\partial z} \left[\int_0^\infty \frac{D^3 \pi}{6} \varrho_w (w - v_R(D)) \frac{n_R(D)}{\varrho} dD \right] - \mu \sigma_R + P_R \\ \frac{\partial \sigma_H}{\partial t} &= -\frac{\partial}{\partial z} \left[\int_0^\infty \frac{D^3 \pi}{6} \varrho_I (w - v_H(D)) \frac{n_H(D)}{\varrho} dD \right] - \mu \sigma_H + P_H \\ \frac{\partial \sigma_{cw}}{\partial t} &= -\frac{\partial \sigma_{cw}}{\partial z}w - \mu \sigma_{cw} + P_{cw} \\ \frac{\partial \sigma_{ci}}{\partial t} &= -\frac{\partial \sigma_{ci}}{\partial z}w - \mu \sigma_{ci} + P_{ci} \end{aligned} \quad (6)$$

where P_V , P_R , P_H , P_{cw} , P_{ci} are production terms, D denotes the diameter of raindrops or hailstones, $v_R(D)$ and $v_H(D)$ are the terminal velocities of raindrops and hailstones of diameter D , $n_R(D)$ and $n_H(D)$ are the density functions of raindrops and hailstones, respectively. (See Appendix 1,2)

The first terms on the right-hand side are the advective terms, the second ones describe the decrease of mixing ratios due to the entrainment and the third terms are the production terms. These last terms involve the mass transfers among the water vapour and the different hydrometeors. On the basis of Eq. (4) the sum of these terms has to be zero.

Considering the block diagram (*Fig. 1*) in our model the production terms can be disintegrated as follows:

$$\begin{aligned}
 P_V &= -P_{CWV} - P_{CIV} + P_{VR} + P_{VH} \\
 P_R &= -P_{HR} + P_{RH} + P_{RCW} - P_{VR} \\
 P_H &= P_{HR} - P_{RH} + P_{HCW} - P_{VH} \\
 P_{CW} &= P_{CWV} - P_{HCW} - P_{RCW} - P_{CICW} \\
 P_{CI} &= P_{CIV} + P_{CICW}
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

The meaning of terms on the right-hand side are as follows:

- P_{CWV} : condensation of water vapour or evaporation of cloud water above the cloud base and at higher temperature than -40°C .
- P_{CIV} : deposition of water vapour or sublimation of cloud ice below -40°C .
- P_{HR} : freezing of raindrops and hail-rain coagulation.
- P_{RH} : melting of hailstones and shedding in the wet growth range.
- P_{HCW} : hail-cloud water coagulation.
- P_{RCW} : conversion (cloud water droplets coalesce to form rain-drops) and rain-cloud water coagulation.
- P_{CICW} : freezing of cloud water.
- P_{VR} : evaporation of rain below cloud base.
- P_{VH} : sublimation of hail or deposition of water vapour.

4. Thermodynamics

Remembering that we need to calculate the density ρ and water vapour mixing ratio q and both of them depend on temperature, we deal with the temperature of the updraught region in this chapter.

The first law of thermodynamics may be written as:

$$\frac{d}{dt}(c_p m T) = c_p \frac{dm}{dt} T_e + \frac{m}{\rho} \frac{dp}{dt} + m(Q_C + Q_D + Q_F + Q_M)
 \tag{8}$$

where c_p is the specific heat of air at constant pressure, T is the temperature of the parcel, T_e is the temperature of the environment, p is the pressure, Q_e is the rate at which the latent heat of condensation or evaporation is released, Q_D is the rate at which the latent heat of deposition or sublimation is released, Q_F is the rate at which the latent heat of freezing is released and Q_M is the rate at which the cloud air gets heat from the hail and the shed water (see Appendix 6.).

On the right-hand side the first term is the entraining enthalpy, the second one is the technical power and the third one is the heat added to the enthalpy of the parcel during unit time. Using the ideal gas law, the hydrostatic equation and keeping in mind that the isobaric surfaces crossing the jet are horizontal, we obtain:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = -\frac{\partial T}{\partial z} w - \mu(T - T_e) + \frac{g}{c_p} \frac{\rho_e}{\rho} + \frac{1}{c_p} (Q_C + Q_D + Q_F + Q_M)
 \tag{9}$$

Considering Eq. 7 the heat sources per unite mass are:

$$\begin{aligned} Q_C &= L_C(P_{CWV} - P_{VR}) \\ Q_D &= L_D(P_{CIV} - P_{VH}) \\ Q_F &= L_F(P_{HRF} + P_{CICW}) \end{aligned} \quad (10)$$

where L_C is the latent heat of condensation, L_D is the latent heat of deposition and L_F is the latent heat of fusion. P_{HRF} is the mass rate at which rain freezes in unit mass (see Appendix 4.).

5. Initial conditions

An initial perturbation is needed to start the convection because of the environment is supposed to be in hydrostatic equilibrium. In the present model the perturbation is:

$$\begin{aligned} w &= \begin{cases} 5 \sin \left(\pi \frac{z}{z_c} \right), & z < z_c \\ 0, & z \geq z_c \end{cases} \\ r &= \begin{cases} 10^4 \cos \left(\frac{\pi}{2} \frac{z}{z_c} \right), & z < z_c \\ 0, & z \geq z_c \end{cases} \end{aligned} \quad (11)$$

where z_c is the height of the condensation level above the ground surface (w , m/s; r , m). The initial value of the jet temperature is:

$$T = \begin{cases} \Theta_g \left(\frac{P}{10^5} \right)^{0.28}, & z < z_c \\ T_e, & z \geq z_c \end{cases} \quad (12)$$

where Θ_g is the potential temperature at the ground. The above temperature is just the dry adiabatic one. The water vapour mixing ratio is:

$$q = \begin{cases} q_g, & z < z_c \\ p_e, & z \geq z_c \end{cases} \quad (13)$$

where q_g is the mixing ratio at the ground.

6. Numerical solution and boundary conditions

The differential equations presented were integrated by the Eularian-method using a grid interval of 200 m. The time increment Δt was calculated for each step:

$$\begin{aligned} \Delta t &= 2/(4U/\Delta z + V + \mu) \\ U &= \max(|w|, v_H, v_R) \\ V &= \max \left(\left| \frac{1}{\rho} \frac{\Delta(\rho v_H)}{\Delta z} \right|, \left| \frac{1}{\rho} \frac{\Delta(\rho w)}{\Delta z} \right| \right). \end{aligned} \quad (14)$$

where v_H and v_R are the mass weighted mean velocities of hail and rain distributions, respectively.

Calculating the hail temperature (see Appendix 6) we used a smaller time increment ($\Delta t'$) than in the other part of the model. Using Δt the heat transfer between the hailstones and their environment would be overestimated. 0.5 sec was found to be acceptable for $\Delta t'$. The smaller time increment does not increase the accuracy very much but increases the computation time.

Let Φ be a dependent variable and Φ_k^n denotes its value at $t = n\Delta t$ and $z = k\Delta z$ (n and k are natural numbers).

The total derivative of Φ_k^n approximated by:

$$\frac{d\Phi}{dt} \cong \frac{\Phi_k^{n+1} - \Phi_k^n}{\Delta t} + X \quad X = \begin{cases} A \frac{\Phi_{k+1}^n - \Phi_k^n}{\Delta z}, & A < 0 \\ A \frac{\Phi_k^n - \Phi_{k-1}^n}{\Delta z}, & A \geq 0, \end{cases} \quad (15)$$

A is the advecting velocity. To avoid the decoupling problem A was chosen as:

$$A = 0.25w_{k+1}^n + 0.5w_k^n + 0.25w_{k-1}^n, \quad (16)$$

During the calculation $w_0^n = 0$ was held (here is no vertical velocity component at the ground), and $(\partial r / \partial t)^n = 0$ when the advecting velocity was nonnegative at the ground.

7. Case studies

To demonstrate the model results two comparative studies are shown in this chapter. We have to stress once more that our aim was to describe the updraught region of thunderclouds in cumulus stage. The data sets originate from the Catalogue of Data Sets for the International Cloud Modelling Workshop/Conference (Silverman and Matthews, 1984). The CCOPE Hailstorm of 2 August 1981 was presented by *L. Jay Miller* and the Alberta Hail Project 26 July 1983 by *M. English* at the conference.

a) CCOPE 08.02.1981: A severe storm developed over the higher terrain of Montana (USA) and moved rapidly (at about 20 m/s) east-southeastward. Large damage was caused by hailstones having typical diameter of 1–3 cm, with some as large as 8–10 cm. The storm was investigated by a 10 cm radar and by an aircraft crossing it many times. An extensive and steady weak echo region (WER) was measured that could be associated with the intense updraught of the storm. The environment of the jet in this case was determined on the basis of the 22 GMT data of four different rawinsonde stations being about 50–70 km from each other.

The more important results of computation can be seen in *Fig. 2* and a comparison between measured and calculated parameters is given in *Table I*.

Our model was run for two hours of cloud life time in this case and the value of parameters practically did not change from the 30th minute. The large updraught calculated accounts for the infinite life time and having no precipitation at the ground because the precipitation elements can not break it down. This is in accordance with the long life time of this type of storms (so called supercell) and the existence of WER in it. The relatively large differences between the measured and calculated air and vapour fluxes may be in connection with initial

TABLE I.

Parameters	Measured	Calculated
Life time	more than 5 hours	infinite
Maximum updraught velocity, m/s	40-45	55
Cloud top (AGL), km	11-16.5	13
Maximum reflectivity, dBZ	65-75	65
Height of the maximum reflectivity, km	9-10	8
Maximum liquid water content, g/m ³	6	5
Total vertical flux of air trough cloud base, kg/s	$3-4 \cdot 10^9$	$6 \cdot 10^8$
Water vapour flux trough cloud base, kg/s	$4 \cdot 10^7$	$8 \cdot 10^6$
Precipitation	very intensive rain and hail	no

radius of jet at the ground. Increasing its value we get better agreement with the measured fluxes but this would result in larger maximum vertical velocity.

It was supposed that the maximum reflectivity given in the comparative table was measured in the updraught because it was found to be rather high and over the WER. Similarly large reflectivity value was observed near the ground but it can be associated with the downdraught.

b) *Alberta Hail Project 07.26.1983.* On the afternoon of 26 July 1983 two separate clouds were measured by a 10 cm radar and an aircraft. One of them was seeded with dry-ice and the other one was not treated. Because our model does not include seeding, the results of calculation were only compared with the parameters of the latter case.

The environment of the jet in this case was given by the 22 GMT data of a rawinsonde station.

The more important results of computation can be seen in *Fig. 3*. In this case the precipitation elements broke down the updraught and there was precipitation at the ground. After the first appearance of the 20 dBZ contour it took the precipitation elements 30 minutes to reach the ground in our calculation. On

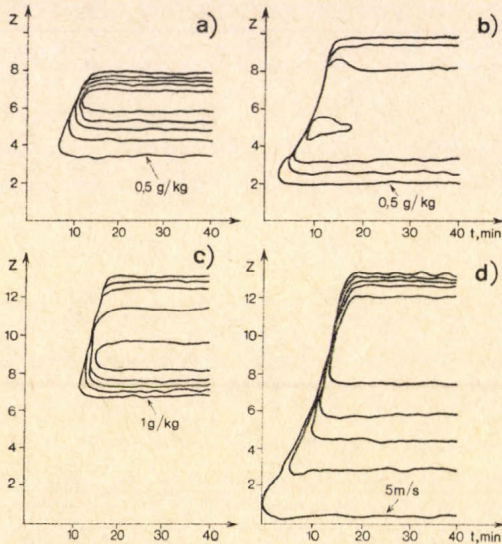


Fig. 2: (a) Rainwater. The contour interval is 1 g/kg. The first contour represents 0.5 g/kg. (b) Cloud water. The contour interval is 1 g/kg. The first contour represents 0.5 g/kg. (c) Hail. The contour interval is 2 g/kg. The first contour represents 1 g/kg. (d) Vertical velocity component. The contour interval is 10 m/s. The first contour represents 5 m/s. Altitudes in kilometers (AGL).

the basis of radar measurements it took about 10 minutes. Unfortunately no ground measurements of precipitation were available to us. Probably the precipitation intensity is too large but the values of cumulative precipitation may be real in our model. These problems are due to the one-dimensional approximation and the bulk parametrization. However, some important calculated parameters agree well with the parameters measured by aircraft (Fig. 4). The only exception is in the total ice concentrations. The calculated concentrations are by three orders of magnitude less than the measured ones at the penetration levels. This great difference must be in connection with the cloud ice formation because the calculated concentrations of hailstones agree well with measured ones (Fig. 4c, d). The liquid water content was measured by a Johnson - Williams hot wire device which begins to undersample (underestimate mass) droplets with diameters $> 30 \mu$. Thus the calculated cloud water content has to be compared with the measured liquid water in Fig. 4b. The computed maximum contour top of the 20 dBZ agree well with the measured one (7 km AGL).

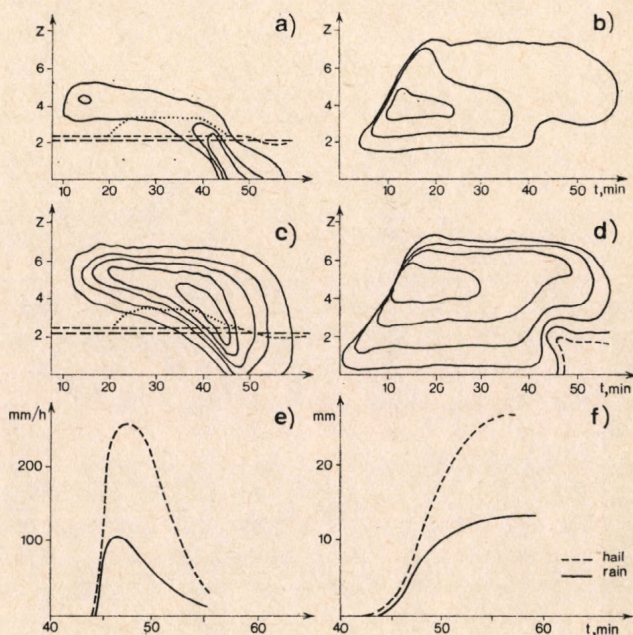
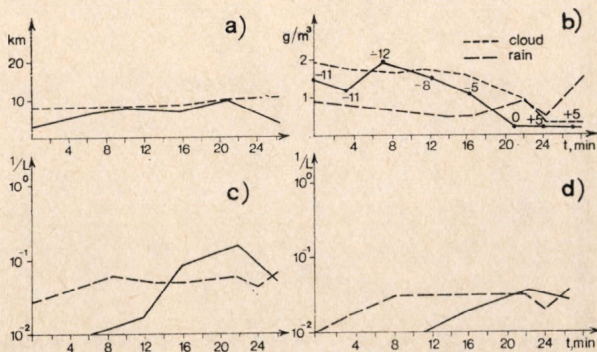


Fig. 3: (a) Rainwater. The contour interval is 1 g/kg. The first contour represents 0.5 g/kg. (b) Cloud water. The contour interval is 1 g/kg. The first contour represents 0.5 g/kg. (c) Hail. The contour interval is 2 g/kg. The first contour represents 1 g/kg. (d) Vertical velocity component. The contour interval is 5 m/s. (e) Precipitation intensity. (f) Cumulative precipitation. Altitudes in km (AGL). In figures (a) and (c) the dashed lines show the height of 0°C in the environment and in the cloud, dotted line shows the upper boundary of the wet growth range.

Fig. 4: Cloud width (a), liquid water (b), ice concentration for $D \geq 600 \mu\text{m}$ (c) and for $D \geq 2\text{mm}$ (d). The dashed lines show the calculated values the solid lines show the measured ones. We supposed that the Oth min. in the measurement was that of the 16th min. in our calculation. The temperature at the penetration level is indicated on liquid water concentration plot.



APPENDIX

A1. Size distributions of hydrometeors

a) Rain and hail: The size distribution of raindrops and hailstones are supposed to be exponential.

$$\begin{aligned} n_R(D) &= n_{RO} \exp(-\lambda_R D) & n_{RO} &= 8 \cdot 10^6 m^{-4} \\ n_H(D) &= n_{HO} \exp(-\lambda_H D) & n_{HO} &= 3 \cdot 10^4 m^{-4}, \end{aligned} \quad (1.1)$$

λ_R and λ_H parameters are calculated from the rain and hail mixing ratio, respectively.

b) Cloud water: The number concentration of cloud water droplets is kept to be constant ($5 \times 10^8 m^{-3}$) and their terminal velocities are equal to zero in the model. For the size distribution of cloud water droplets do not appear in the equations describing the autoconversion and the hail-cloud water coagulations (because of $v_{CW} = 0$), we do not need the explicit form of size distribution.

c) Cloud ice: Cloud ice (small ice particles) appears below $-35^\circ C$ in up-draught core. The terminal velocity of these particles is supposed to be equal to zero. For the cloud ice takes part only in the vapour-ice and cloud water-cloud ice transformations (see Appendix 3 and 8), it is not necessary to give the number concentration and size distribution.

A2. Terminal velocities of hydrometeors

a) Rain: Assuming that raindrops fall at their terminal velocity and because the density of water much greater than that of air the following equation can be written.

$$C_R Re^2 = \frac{4}{3} D^3 \rho_W \frac{g}{\eta^2}, \quad (2.1)$$

where Re is the Reynolds number, C_R is the drag coefficient of a raindrop of diameter D moving in a medium of density ρ and dynamic viscosity η .

On the other hand, an empirical formula for $C_R Re^2$ only as a function of Re was fitted to the measurements of *Gunn and Kinzer* (1949) by the least square methods.

$$C_R Re^2 = 5.8501 Re^{1.6667} \quad (2.2)$$

Substituting Eq. 2.1 into Eq. 2.2 and using the definition of Reynolds number we get the terminal velocity of raindrop of diameter D :

$$v_R(D) = 102.25 \frac{D^{0.8}}{\rho^{0.4} \eta^{0.2}}. \quad (2.3)$$

b) Hail: The terminal velocity of a hailstone of diameter D falling in a medium of density ρ is supposed to be:

$$v_H(D) = \left(\frac{4}{3} \frac{\rho_I}{\rho} \frac{g}{C_H} \right)^{0.5} D^{0.5}, \quad (2.4)$$

where $C_H (= 0.6)$ is the drag coefficient of the hailstone.

A3. Vaporization of cloud water P_{CWV} and cloud ice P_{CIV}

In the updraught there are always enough nuclei in the continental atmosphere and a small supersaturation can activate a lot of them. The vapour condense on the nuclei and the cloud droplets appear. Therefore the vapour pressure can not be much larger than the saturation vapour pressure. The number concentrations of cloud water droplets are about 10^5 times larger, and their sizes are 100 times smaller than those of precipitation elements. For the vaporization rate is proportional to the product of concentration and size the role of rain and hail can be neglected in the transformation of water vapour. In our model the vapour condenses on the cloud water above -40°C and below this temperature it transformes to cloud ice.

A4. Freezing of raindrops and hail-rain coagulation P_{HR}

The hail-rain transformation consists of the freezing of raindrops P_{HRF} and of the hail-rain coagulation P_{HRC} .

a) *Freezing of raindrops*: An empirical equation suggested by *Bigg* (1953) was used to calculate the freezing of raindrops:

$$\ln(1-P) = b \int_0^t \frac{D^3 \pi}{6} \left\{ \exp[a(T_0 - T)] - 1 \right\} dt, \quad (4.1)$$

where P is the probability of freezing, b , a are constants and $T_0 = 273.15$. P is defined as the number of drops N_F frozen in time interval $(0, t)$ divided by the total number of drops $N_F + N_R$ in size category $(D, D + dD)$. N_R is the number of raindrops falling into the size interval $(D, D + dD)$ at time t .

The total mass rate at which raindrops freeze per unite volume is given by:

$$P_{HRF} = 20\pi^2 b n_{RO} \lambda_R^{-7} \left\{ \exp[a(T_0 - T)] - 1 \right\} \frac{\rho_W}{\rho}. \quad (4.2)$$

b) *Hail-rain coagulation*: To calculate this term we used the following simplifying assumptions:

- I. The collection efficiency equals to one.
- II. The absolute value of the velocity difference can be approximated as the difference between the mass weighted velocities hail and rain:

$$\begin{aligned} |v_H(x) - v_R(y)| &\cong \left| \frac{1}{\delta_H} \int_0^\infty v_H(x) \frac{x^3 \pi}{6} \rho_H n_H(x) dx - \frac{1}{\delta_R} \int_0^\infty v_R(y) \frac{y^3 \pi}{6} \rho_W n_R(y) dy \right| = \\ &= |271.55(\rho \lambda_H)^{-0.5} - 303.96 \rho^{-0.4} \eta^{-0.2} \lambda_R^{-0.8}|. \end{aligned} \quad (4.3)$$

With these assumptions the effect of hail-rain coagulation is obtained as:

$$P_{HRC} = |v_H - v_R| \frac{\rho_W}{\rho} n_{HO} n_{RO} \pi^2 \left(\frac{5}{\lambda_H \lambda_R^6} + \frac{2}{\lambda_H^2 \lambda_R^5} + \frac{0.5}{\lambda_H^3 \lambda_R^4} \right). \quad (4.4)$$

A slightly more accurate formula made by *Farlay* (*Orville* and *Kopp*, 1977) was used in our model:

$$P_{HRC} = |v_H - v_R| \frac{\rho_W}{\rho} n_{HO} n_{RO} \pi^2 \left(\frac{5}{\lambda_H \lambda_R^6} + \frac{1.33}{\lambda_H^2 \lambda_R^5} + \frac{0.22}{\lambda_H^3 \lambda_R^4} \right). \quad (4.5)$$

A5. Hail-cloud water P_{HCW} and rain-cloud water coagulation P_{RCW}

To calculate the mass rate at which hail and rain collect cloud water we used the following simplifications:

- I. The collection efficiency equals to one.
- II. The size of hailstones and raindrops is much larger than that of cloud droplets.
- III. $v_{CW} = 0$ (see Appendix 2.)

Using the above simplifications the mass rates at which rain and hail collects cloud water are given by:

$$\begin{aligned} P_{HCW} &= 365.61 n_{HO} \sigma_{CW} \lambda_H^{-3.5} \\ P_{RCW} &= 119.88 n_{RO} \sigma_{CW} \varrho^{0.6} \eta^{-0.2} \lambda_R^{-3.8} \end{aligned} \quad (5.1)$$

A6. The melting of hailstones and shedding effect in the wet growth range P_{RH}

In Appendix 4 and Appendix 5, the mass rates are calculated at which hail accretes rain and cloud water, respectively. We can suppose that the accreted liquid water freezes immediately and becomes incorporated on to the hailstone (Wisner et al., 1972). This process is called dry growth. There is another way of hailstones growing. The temperatures of hailstones can reach 0 °C mainly due to the release of latent heat. In this case the growth rate depends primarily on the rate at which heat can be transferred away from stone to the environment, This process is called wet growth. It is assumed that the excess liquid water shed from the stones as raindrops.

The heat transfer between a hailstone of diameter D and its environment is (Pruppacher and Klett, 1978):

$$Q' = 2\pi Dk(T - T_H) f_H + 2\pi D \mathcal{D} (\varrho_V - \varrho_{VS}) f_V L \quad (6.1)$$

The first term on the right-hand side is the rate of heat transfer due to conduction. T_H is the temperature of the hailstone, k is the thermal conductivity of air and f_H is the ventilation coefficient for heat. The second term is the rate of heat transfer due to diffusion. The ϱ_{VS} and ϱ_V are the water vapour density at the hailstone surface and in its environment, \mathcal{D} is the coefficient of diffusion of water vapour in air and f_V is the ventilation coefficient for vaporization. L is the latent heat of vaporization and it is the latent heat of condensation if the temperature of the hailstone is equal to 0 °C and it is the latent heat of sublimation otherwise.

If a hailstone of mass M collects dM/dt liquid water of temperature T in a unit time, then:

$$c_1 M \frac{dT_H}{dt} = Q' + c_W \frac{dM}{dt} (T - T_0) + L_F \frac{dM}{dt} + c_1 \frac{dM}{dt} (T_0 - T_H) \quad (6.2)$$

where c_1 and c_W are the specific heats of water and ice, respectively, After some calculation and integrating Eq (6.2) over all hail sizes we get:

$$\begin{aligned} c_1 \sigma_H \frac{d\bar{T}_H}{dt} \bar{Q} + c_W (P_{HRC} + P_{HCW}) (T - T_0) + L_F (P_{HRC} + P_{HCW}) + \\ + c_1 (P_{HRC} + P_{HCW}) (T_0 - \bar{T}_H), \end{aligned} \quad (6.3)$$

where

$$\bar{T}_H = \int_0^{\infty} T_H \frac{D^3 \pi}{6} \frac{\rho_l}{\sigma_H} n_H(D) dD$$

is the mean temperature of hail and $\bar{Q} = \frac{1}{\rho} \int_0^{\infty} Q' n_H(D) dD$.

If \bar{T}_H calculated from Eq. 6.3 is equal to or higher than 0 °C we may suppose that all of the collected liquid water cannot be frozen, so some of it must be shed as raindrops and the mean temperature of hail remains 0 °C.

The frozen part of collected liquid water in unit time and unit mass can be given by the following equation:

$$P_{WET} = (-\bar{Q} + c_W(P_{HRC} + P_{HCW})(T_0 - T))/L_F. \quad (6.4)$$

If P_{WET} is smaller than zero the hailstones melt, The rate of shedding is:

$$P_{RH} = P_{HRC} + P_{HCW} - P_{WET}. \quad (6.5)$$

The heat transfer rate from the hailstones and shed water to the cloud air, supposing that the temperature of the shed water becomes equal to the temperature of air after shedding, is:

$$Q_M = -\bar{Q} + c_W P_{RH}(T_0 - T). \quad (6.6)$$

A7. Autoconversion P_{RCWA}

Cloud water transformed to rain by autoconversion was calculated using Berry's formula (Berry, 1968):

$$P_{RCWA} = \rho \sigma_{CW}^2 \left(\psi + \frac{\Theta}{D_0} \frac{n_{CW}}{\rho \sigma_{CW}} \right)^{-1} \quad (7.1)$$

where ψ and Θ are constants. The parameters of the cloud water distribution (total concentration (n_{CW}) and dispersion (D_0) in Eq. (7.1) were constant during the life time of the cloud. This is approximately true in the region of strong updraught where cloud water mixing ratio is large enough (1–2 g/m³) but is not in the region of weak updraught or downdraught where the cloud water mixing ratio is smaller (<0.5 g/m³). (See the results of aircraft measurements for Int. Cloud Mod. Workshop CCOPE 1 Aug 1981).

The values of cloud droplet concentration and dispersion of droplet distribution were taken from these measurements and in our model were $\bar{P}_{RCWA} = 0$ if $\sigma_{CW} < 0.5$ g/kg.

A8. Cloud droplet freezing P_{CICW}

Because the cloud droplet diameter is not larger than 150 μm the droplets begin to freeze with greater probability than 50% at about -35 °C (Wirth, 1967), and numerous measurements have given evidence of the total freezing of water droplets at about -40 °C (Mason, 1971).

Thus the mass rate at which cloud water are frozen to form cloud ice is given by:

$$P_{\text{CICW}} = \begin{cases} 0, & T > 238.15 \text{ K} \\ \left(\sigma_{\text{CW}} - (\sigma_{\text{CI}} + \sigma_{\text{CW}}) \frac{T - 233.15}{5} \right) \frac{1}{\Delta t}, & 233.15 < T \leq 238.15 \text{ K} \\ 0, & T \leq 233.15 \text{ K}. \end{cases} \quad (8.1)$$

where Δt is the time step in the numerical calculation.

A9. Vaporization of rain P_{VR} and hail P_{VH} below the cloud base

Below the cloud base the vaporization of precipitation elements cannot be neglected, because there are no cloud droplets (see Appendix 4).

The form of diffusion equations are similar for raindrops and hailstones (Pruppacher and Klett, 1978):

$$\frac{dM}{dt} = 2\pi D (\rho_v - \rho_{\text{vs}}) \mathcal{D} f_v. \quad (9.1)$$

Different ventilation coefficients f_v were used for the rain and the hail. Integrating Eq. (9.1) over all hailstone and raindrop sizes we obtain the production terms for the rain-vapour and hail-vapour transports.

$$P_{\text{VR}} = 2\pi \mathcal{D} (\rho_v - \rho_{\text{vs}}) n_{\text{RO}} \left(\frac{0.78}{\lambda_{\text{R}}^2} + 4.80 \frac{\rho^{0.3}}{\eta^{0.6} \lambda_{\text{R}}^{2.9}} \right)$$

$$P_{\text{VH}} = 2\pi \mathcal{D} (\rho_v - \rho_{\text{vs}}) n_{\text{HO}} \frac{5.69}{\eta^{0.5} \lambda_{\text{H}}^{2.75}} \quad (9.2)$$

A10. Calculation of radar reflectivity

The equivalent reflectivity factor Z_{R} for rain can be given by the following expression assuming Rayleigh scattering and Marshall – Palmer exponential rain-drop size distribution:

$$Z_{\text{R}} = \int_0^{\infty} n_{\text{RO}} \exp(-\lambda_{\text{R}} D) D^6 dD = 720 n_{\text{RO}} / \lambda_{\text{R}}^7. \quad (10.1)$$

On the basis of the suggestion of Smith et al., (1975) we calculated the radar reflectivity for hail assuming Rayleigh scattering too. They pointed out that using S band radar there is no great difference between the reflectivities calculated by Rayleigh or Mie theory of the hail content is not larger than 5 g/m^3 and the size distribution is of the Marshall – Palmer type. Therefore, in such a case the following equation was used to calculate the equivalent radar reflectivity factor for hail:

$$Z_{\text{H}} = \frac{|K_{\text{I}}|^2}{|K_{\text{W}}|^2} \int_0^{\infty} n_{\text{HO}} \exp(-\lambda_{\text{H}} D) D^6 dD = \frac{|K_{\text{I}}|^2}{|K_{\text{W}}|^2} 720 n_{\text{HO}} / \lambda_{\text{H}}^7 \quad (10.2)$$

where $|K_I|^2$ the dielectric factor for ice, is 0.176 and $|K_W|^2$ the dielectric factor for water, is 0.93.

When the hailstones have thin water layer on their surface, that is in the wet growth range, the equivalent radar reflectivity factor is given by (Smith et al., 1975):

$$Z_H = (720n_{HO}/\lambda_H^7)^{0.95}. \quad (10.3)$$

The resultant equivalent reflectivity factor is the sum of the factors described above.

REFERENCES

- Berry, E. X., 1968: A parametrization of the collection of cloud droplets. *First Conference on Weather Modification, Albany*.
- Bigg, E. K., 1953: The formation of atmospheric ice crystals by freezing droplets. *Quart. J. Roy. Met.* 79, 510–519.
- Byers, H. R., 1965: *Elements of cloud physics*. The University of Chicago Press.
- Gunn, R., and Kinzer, G. D., 1949: The terminal velocity of fall for water drops in stagnant air. *J. Meteor.* 6, 243–248.
- Mason, B. J., 1971: *The physics of clouds*. Clarendon Press, Oxford.
- Nelson, L. D., 1979: *Observations and numerical simulations of precipitation mechanisms in natural and seeded convective clouds*. University of Chicago-CPL. Technical Note No. 54.
- Ogura, Y. and Takahasi, T., 1971: Numerical simulation of the life cycle of thunderstorm cell. *Mon. Wea. Rev.* 90, 895–911.
- Orville, H. D. and Kopp, F. J., 1977: Numerical simulation of the life history of a hailstorm. *J. Atm. Sci.* 34, 1596–1618.
- Pruppacher, H. R. and Klett, J. D., 1978: *Microphysics of clouds and precipitation*. D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Holland.
- Silverman, B. A. and Matthews D. A., 1984: *Catalogue of Data Sets for the International Cloud Modelling Workshop/Conference*. Division of Atmospheric Resources Research, Bureau of Reclamation, Denver, Colorado.
- Smith, P. L. Jr., Meyers, C. G. and Orville, H. D., 1975: Radar reflectivity factor calculations in numerical cloud models using bulk parametrization of precipitation. *J. Appl. Meteor.* 34, 1156–1165.
- Squires, P. and Turner, J. S., 1962: An entraining jet model for cumulo-nimbus updraught. *Tellus* 14, 422–434.
- Wirth, E., 1967: *Temperatura zamerzania kapel obüknovennoj (H₂O); tjzseloj (D₂O) vodü. Simpozium po fizike oblakov*, Sofia, 1967.
- Wisner, C., Orville, H. D. and Meyers, C., 1972: A numerical model of a hail-bearing cloud. *J. Atm. Sci.* 29, 1160–1181.
- Zoltán, Cs. and Geresdi I., 1984: An one-dimensional steady-state jet model for thunderclouds. *Időjárás* 88, 21–31.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 91. évf. 4. szám, 1987. július – augusztus
Journal of the Hungarian Meteorological Service. Vol. 91. No 4. July – August 1987. Budapest

A Balaton és környezete csapadékellátottsága és párolgása 1951–1980 között

TÓTH ERZSÉBET—SZALMA JÁNOSNÉ—ZÁRBOK ZSOLT, Központi Meteorológiai Intézet,
H-1525 Budapest, Pf. 38

Degree of precipitation supply and terms of evaporation of the Lake Balaton and its surroundings, between 1951–1980. The water of Lake Balaton is supplied by the precipitation falling into its surface as well as by that part of the catchment's delivery which flows into the lake. Therefore the analysis of the precipitation of Balaton was extended by the authors to the full catchment, beside the lake itself and its surroundings, on the basis of observations of meteorological stations carried out in the years of between 1951–1980. The areal monthly averages of precipitation of the catchment and separately that of the lake are shown in the paper. The annual course and the variability in time of precipitation are also discussed, beside the determination of main statistical parameters of the distribution functions of monthly precipitation sums. The formation of the lake's evaporation is illustrated by monthly data, comparing these values with that of the values obtained some decades earlier and determined by different authors.

*

A Balaton és környezete csapadékellátottsága és párolgása 1951–1980 között. A Balaton vizét a felszínére hulló csapadék, valamint a vízgyűjtőjére jutó csapadéknak a tóba lefolyó része táplálja. Ezért a Balaton csapadékviszonyainak elemzését a szerzők nemcsak a tóra, illetve közvetlen környékére, hanem a teljes vízgyűjtőre elvégzik, az e területen működő meteorológiai állomások 1951–1980 között végzett megfigyelései alapján. Bemutadják a vízgyűjtőre, valamint külön a tóra hulló csapadék havi területi átlagait, majd vizsgálják a csapadék évi járását, időbeli változékonyságát, meghatározva a havi csapadékösszegek eloszlásfüggvényeinek főbb statisztikai jellemzőit. A tó párolgásának alakulását szintén havi adatok tükrében mutatják be, és eredményeiket összevetik a korábbi évtizedekből származó, és különböző szerzők által meghatározott értékekkel.

*

A Balaton vizét a felszínére hulló csapadék, valamint a vízgyűjtőjére jutó csapadéknak a tóba lefolyó része táplálja, víztömegét pedig elsősorban a párolgás folyamata fogyasztja. E két hidrometeorológiai paraméter ismerete számos gyakorlati kérdés tisztázásához szükséges, hiszen a tó vízmérlegének két jelentős komponenséről van szó. Amikor tehát arra vagyunk kíváncsiak, hogy mekkora legyen a síófoki zsilipnél leeresztett víz mennyisége, hogyan alakul a tó vízszintjének ingadozása, vagy mennyi idő alatt cserélődik ki a tó vízkészlete, mindig előtérbe kerül a csapadéknak, mint az egyik legnagyobb bevételi, és a párolgásnak, mint az egyik legjelentősebb kiadási tényezőnek a beható elemzése.

A csapadék tér- és időbeli alakulása vizsgálatának nagyobb területre, esetünkben a vízgyűjtőre való kiterjesztését indokolják még mezőgazdasági, szőlő- és gyümölcsstermesztési szempontok is, hiszen természeti adottságokat tekintve országunk egyik leggazdagabb tájegységéről van szó.

Nem véletlen tehát, hogy mind a csapadék, mind a párolgási viszonyok fel-tárását célzó kutatások már régen, lényegében a század elején elkezdődtek, így az előadásunkban elmondottak első, úttörő munkaként nem könyvelhetők el. Annyiban mégis újak az eredmények, hogy az 1951 – 1980-as periódusban végzett csapadékméréseken, tehát már nem a háború okozta csonka adatsorokon alapul-nak, meglehetősen sűrű állomáshálózatra támaszkodnak (57 állomás a vízgyűjtőn), és a területi értékek egységes metodikával, a Thiessen-féle poligon módszer-rel kerültek előállításra.

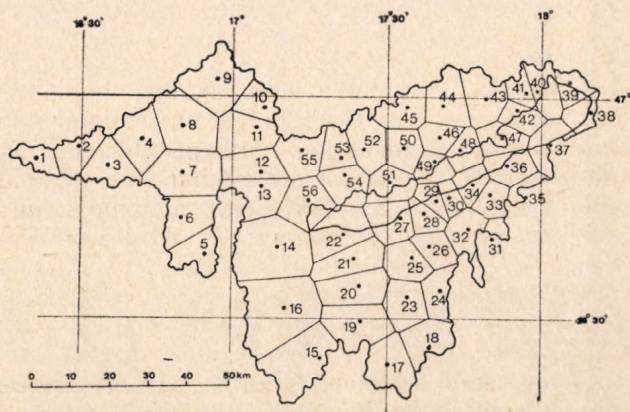
A tó párolgását illetően pedig kiegészült az általunk már korábban publi-kált 1931 – 1960 közötti időszakra vonatkozó adatbázis, ami azt jelenti, hogy végeredményben most már a Balaton 50 évi, azonos módszerrel előállított pá-rolgási adatsorának birtokában vagyunk, noha jelen esetben csak az utóbbi 30 esztendővel foglalkozunk.

1. A csapadék a Balaton és vízgyűjtőjén

A Balaton vízgyűjtője a Zalai- és a Somogyi-dombvidékre valamint a Ba-kony déli lejtőjére terjed ki, területe 5186 km²-re tehető. A tó a vízgyűjtő keleti felében helyezkedik el, 588,5 km² a felülete. A vízgyűjtő mintegy feléről, ponto-sabban 51%-áról a lefolyó vizet a Zala, 32%-áról a Somogyi-dombvidéken és 17%-áról a Bakonyban eredő kisebb-nagyobb patakok szállítják a Balatonba.

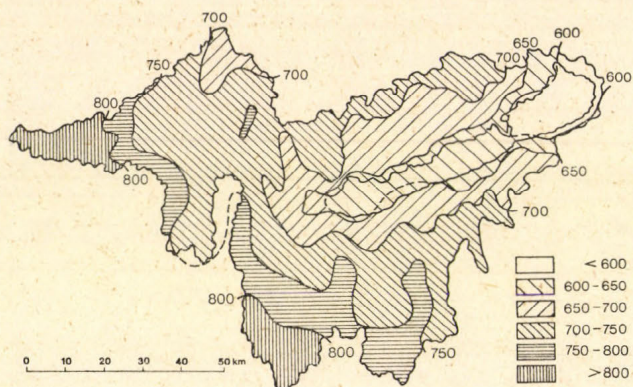
A területi csapadék kiszámításához, illetve a csapadék térbeli eloszlásának elemzéséhez 57 állomásnak az 1951 – 1980-as periódusból származó havonkénti adatai álltak rendelkezésünkre. Az állomáshálózatot, valamint az állomások köré szerkesztett és a vízgyűjtő területi csapadékának előállításához felhasznált poligon-rendszert 1. ábránkon szemléltetjük. Az ábrán feltüntetjük, hogy szá-mításaink eredményeként a csapadék évi összegének területi átlaga 708 mm-nek adódott és ebből az összegből 423 mm, tehát 60% a nyári, 285 mm azaz 40% a téli félévre esik, A 708 mm évi összeg lényegében megegyezik az 1931 – 1960 közötti időszakra Péczely (1974) által megadott 700 mm-rel, és nincs jelen-tősebb eltérés a két periódusból számított nyári és téli félévi csapadékösszegek-ben sen (Péczelynél ez 398 mm [57%] és 302 mm [43%] volt).

A Balaton felszínére hulló csapadék területi átlaga 634 mm, ebből 370 mm eső hullik le a nyári és 264 mm a téli félévben, ami 58 – 42%-os megoszlást jelent.

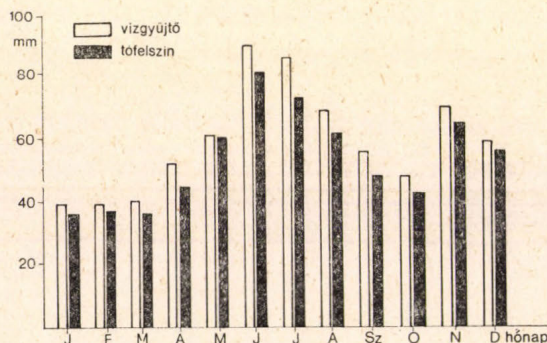


1. ábra: Csapadékmérő hálózat és poligonrendszer a Balaton vízgyűjtőjén

Már az említett néhány számadatból is sejthető, hogy a vizsgált térségben változatos képet mutat a csapadék területi eloszlása, Elsőként az átlagos évi összegek alapján megrajzolt csapadéktérképet elemezzük (2. ábra). Látható, hogy a legtöbb a csapadék (750–825 mm) a vízgyűjtő nyugati, délnyugati részén; délnyugatról északkelet felé haladva csökken úgy, hogy már az 575 mm számértékű izohiéta is kijelölhető. Ezt a csapadékeloszlást, amelyet cirkulációs okok magyaráznak, tarkítja a Balaton árkában fellelhető csapadékszegényebb terület, valamint a vízgyűjtő északi határán a Déli-Bakony orografikus csapadéktöbblete.



2. ábra: A csapadék évi átlaga (mm) a Balaton vízgyűjtőjén



3. ábra: A csapadék havonkénti területi átlagai a vízgyűjtőn és a tavon

A Balatonra területi átlagként kapott 634 mm-es, viszonylag alacsony évi csapadékösszeg a domborzat hatásának a következménye. Az uralkodó északias szelek miatt a Bakony és a Keszthelyi-hegység szélárnyékos déli oldalán, az itt létrejövő leszálló légmozgások hatására csapadékszegény területek alakulnak ki.

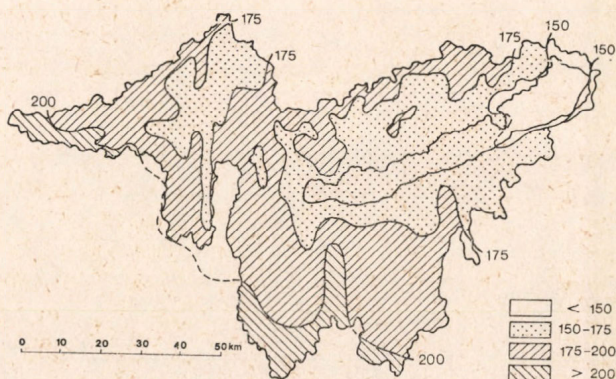
30 évi átlagban találunk a vízgyűjtőn 835 mm évi csapadékot: Szalafőn, a vízgyűjtő legnagyobb részén (1. sz. állomás), de fellelhetünk 548 mm-es értéket is, Balatonkenesén a vízgyűjtő legkeletibb részén vagyis az évi csapadékelátottságban ezen a mintegy 5200 km²-es területen közel 300 mm a különbség.]

A csapadék évi járását a vízgyűjtőre és a tóra kiszámított átlagos havi területi értékek alapján mutatjuk be a 3. ábrán. Mind a vízgyűjtő, mind a tó csapadékjárását a júniusi főmaximum jellemzi, 90 mm, illetve 81 mm-es értékkel, és a korábbi vizsgálatokhoz hasonlóan az 1951–1980 közötti periódusra végzett szá-

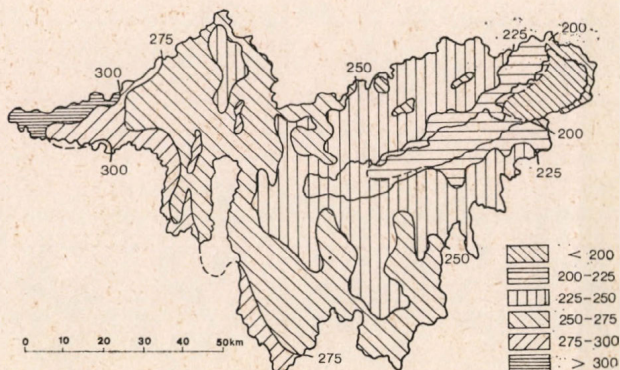
mítások alapján is fellelhető a határozott novemberi másodmaximum, amely 30 év átlagában a vízgyűjtőn 70, míg a Balatonon 60 mm-t ért el. Legkevesebb a csapadék havi összege I–III-ig, nem haladja meg a 40 mm-t.

A csapadék szeszélyes időbeli eloszlására utal az, hogy a vízgyűjtőre számított területi csapadék 1958 júniusában elérte a 197 mm-t, 1962 novemberében a 191 mm-t, nemkülönböztetve ugyanezen évek ugyanezen hónapjaiban következett be az abszolút maximum a tófelszínen is, 173, illetve 177 mm-rel; előfordult viszont az is, mégpedig 1964 januárjában, hogy csak 1 mm volt a területi csapadék mind a vízgyűjtőn, mind pedig a Balatonon.

4. ábra: A nyári átlagos csapadékmennyiség (mm) a Balaton vízgyűjtőjén



5. ábra: Az őszi átlagos csapadékmennyiség (mm) a Balaton vízgyűjtőjén

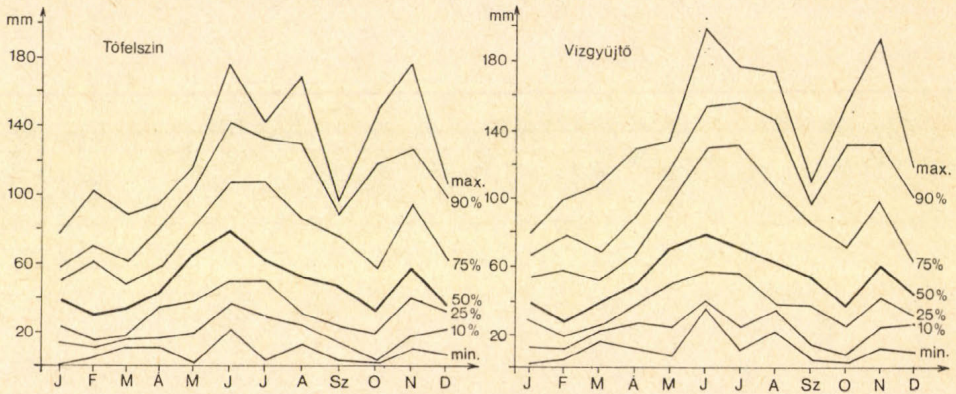


Korábban említettük már, hogy a vízgyűjtőn az évi csapadéknak 60%-a a nyári félvben hullik le, Most külön a nyárra, tehát a június, július, augusztus hónapokra, valamint az őszre, vagyis a szeptember – október – november időszakra vonatkozó csapadéktérképeket mutatjuk be (4. és 5. ábra). Azért foglalkozunk külön-külön e két periódussal, mivel a csapadékot kiváltó és az eloszlását befolyásoló időjárási körülmények merőben eltérők.

Mint ismeretes, nyári csapadékaink túlnyomó része az északnyugat felől érkező zivataros hidegfrontok áthaladásával kapcsolatos, míg az őszi esőket a délnyugat felől érkező adriai és mediterrán ciklonok felsikló frontjainak felhőzete adja. A nyári hónapok csapadékeloszlását bemutató 4. ábrán látható, hogy a Mezőföld felől csapadékszegény zóna nyúlik mélyen a Balaton fölé, s csaknem az

egész Balaton medencében 200 mm alatti a 3 havi csapadékösszeg, mely egyúttal azt is jelenti, hogy ez a vízgyűjtő legszárazabb része. Nyáron a legtöbb, 300 mm körüli csapadék a vízgyűjtő nyugati részén, a Zala felső folyásának vidékén hullik le.

Az őszi csapadékeloszlást szemléltető 5. ábrán kitűnik, hogy a legcsapadékosabb és a legszárazabb területek között mindössze 50 mm a különbség, és a lehullott csapadék mennyisége délnyugatról északkelet felé haladva egyenletesen csökken. A Balaton árkanak a nyári helyzetekre jellemző esőszegény volta kevésbé ismerhető fel, bár a tó fölött ezúttal is a csapadék délnyugatról északkelet felé haladva csökken. Míg nyáron a vízgyűjtő legcsapadékosabb és legszárazabb területe között az arány 1,5, addig ősszel csak 1,3.



6. ábra: A csapadékmennyiség valószínűségi- és szélső értékeinek évi menete a tó felszínén és vízgyűjtőjén

Hazánk éghajlati viszonyai között a csapadékot gyakran emlegetjük együtt a „szeszélyes” jelzővel, s e jelző nemcsak a területi eloszlás, hanem az időbeli változékonyság esetében is helytálló. Egy hosszú száraz, vagy hosszantartó csapadékos időszak természetesen másként érinti a mezőgazdaságot és másként a Balaton partján üdulőket, de mindkét szempontból használható tájékoztatást jelentenek a kérdéses területre hulló csapadék valószínűségi értékei. Ezeket az ada-

I. TÁBLÁZAT

A Balatonra és vízgyűjtőjére hullott évi, nyári félévi és nyári átlagos, legkisebb és legnagyobb csapadékösszegek

Időszak	Átlag mm	Szórás mm	Minimum		Maximum	
			mm	éve	mm	éve
Vízgyűjtő						
Év	708	110	486	1971	993	1965
Ápr. – Szept.	423	84	274	1952	667	1965
Jún. – Aug.	245	65	102	1952	359	1965
Balaton						
Év	634	107	424	1953	881	1965
Ápr. – Szept.	370	74	250	1961	580	1965
Jún. – Aug.	216	56	83	1952	310	1965

tokat mutatjuk be a 6. ábrán, a vízgyűjtőre és a tóra, a 30 évi csapadékmegfigyelések alapján, az egyes hónapokra.

A vízgyűjtő egészére a legcsapadékosabb június hónapban pl. az évek 90%-ában számíthatunk a 40 mm-t meghaladó csapadéokra, minden második évben pedig 80 mm-re. A júliusok egynegyedében, tehát 25%-ában 120 mm-t meghaladó eső hullik le. A bőséges őszi csapadékelátottságot jellemzi a novemberi 190 mm-es maximális havi összeg.

A Balaton felszínére hulló csapadék valószínűségi értékeinek menete hasonló a vízgyűjtőre megrajzolthoz, mindössze az egyes bekövetkezési százalékokhoz néhány mm-rel alacsonyabb csapadékösszegek tartoznak és mind a júniusi, mind a novemberi maximumok 180 mm alatt maradnak.

Az 1951–80-as periódusban előfordult legnagyobb és legkisebb évi, nyári félévi és nyári csapadékösszegeket az átlaggal és a szórással együtt az I. táblázat tartalmazza.

Természetesen más hálózatsűrűség alkalmazásával, vagy hosszabb időszak vizsgálatakor az I. táblázat jellemző számértékei, elsősorban a szélsőértékek kissé változhatnak, de a csapadék tér- és időbeli eloszlásáról az előzőkben megrajzolt helyzetkép alapjaiban nem módosul.

2. A Balaton párolgása

A Balaton párolgásának ismerete, mint már a bevezetésben említettük, elősegíti a tóval kapcsolatos hidrológiai kutatásokat, illetve a tó vízmérlegének minél pontosabb feltárását, és számos gyakorlati probléma megoldásához járul hozzá.

Meteorológiai szempontból azért fontos a párolgás tanulmányozása, mert ez a folyamat tetemes hőlekötéssel és jelentékeny vízgőzkibocsátással jár, és így közvetlenül befolyásolja az időjárási elemek alakulását, a parti üdülősvá éghajlatát.

A mintegy 600 km²-es vízfelszín párolgása elsősorban környezetének hőmérsékletét és nedvességtartalmát módosítja, de különleges helyzetet teremt – amint már rámutattunk, – a Balaton és térsége sugárzásforgalmában is.

A csapadékvizonyok vizsgálatához hasonlóan, a párolgás becslésére tett kísérletek is a múlt század végére, illetve e század elejére nyúlnak vissza. Lóczy (1894) akkor 1500 mm-re tette a Balaton évi párolgását, Havalda (1930) pedig 2000 mm körüli évi átlagos párolgásról beszélt.

Berkes (1946) a 40-es évek közepén hőháztartási módszerrel végzett számításai alapján 1350 mm-re becsülte a tó felszínéről elpárolgó víz mennyiségének átlagos évi összegét, míg az 50-es évek végén a Balaton vízháztartási összetevőinek számbavételével Szesztay határozta meg a tó sokévi átlagos párolgását, ami 870 mm-nek adódott.

A Balaton egyre fokozódó népgazdasági jelentősége, nemkülönben a megmentésének érdekében tett és teendő erőfeszítések arra ösztönöznek bennünket is, immár két és fél évtizede, hogy a Balaton meteorológiai kutatása során megfelelő és alkalmas módszereket dolgozzunk ki a tó párolgási rendszerének tüzetesebb feltárására, illetve, hogy ilyen módszerek birtokában napról-napra, vagy hónapról-hónapra kövessük nyomon a tó párolgását a legkönnyebben hozzáférhető meteorológiai adatok alapján.

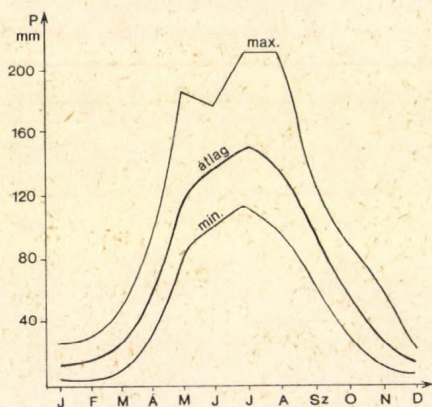
Emlékeztetőként megadjuk azt a Dalton-típusú empirikus formulát, amelyet a turbulens diffúziós és a hőháztartás vizsgálatok alapján dolgoztunk ki (Antal,

1974) a Balatonra, és az eredményeket a vízmérleggel ellenőriztük. E formula szerint a Balaton napi párolgását jól becsülhetjük a

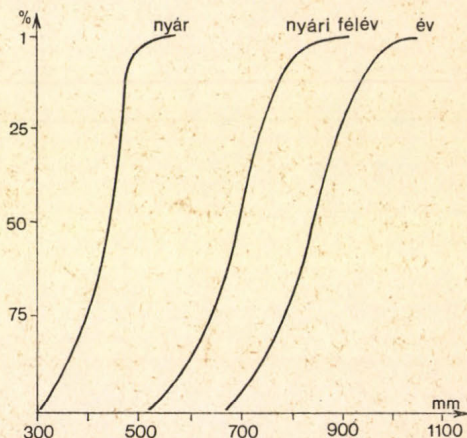
$$P = 0,75 \cdot (E_0 - e) \cdot (0,33 + 0,1 u) \quad \text{mm/nap} \quad (1)$$

képlettel, ahol E_0 a vízfelszín hőmérsékletéhez tartozó telítési párányomás napi közepe mb-ban, e a levegő párányomásának (mb), u a szélsébségnek területi átlaga a Balaton felett.

A formula jól használható havi párolgás értékek számítására is, a benne szereplő meteorológiai elemek havi közepeinek behelyettesítésével, és természetesen a kapott eredményt meg kell szoroznunk a hónap napjainak a számával.



7. ábra: A párolgás átlagos- és szélső értékeinek évi menete a Balatonon



8. ábra: A párolgás empirikus eloszlásgörbéi; nyár, nyári félév, év

Korábbi vizsgálataink szerint a vízhőmérséklet több helyen végzett reprezentatív mérésének adatai mellett (melyek a telítési párányomás előállításához szükségesek), a konzervatív elemként ismert párányomás területi értékének meghatározásához elegendő Keszthely és Siófok adata, míg a szélsébség területi értékéhez Keszthely, Siófok, Balatonszemes és Balatonakali szélregisztrátumai szükségesek.

Az (1) formulával és az említett meteorológiai elemek figyelembevételével számítottuk ki a Balaton párolgását az 1951 – 1980 közötti 30 év minden hónapjára. Átlagos évi összegként erre az időszakra 848 mm-t kaptunk, az évi menetet pedig a 7. ábrán szemléltetjük. Erre az ábrára felrajzoltuk az egyes hónapokban előfordult maximumokat és minimumokat is.

Az évi járásban, mint látható, júliusban a legnagyobb a párolgási veszteség, átlagosan 152 mm, de előfordult ennek a 30 évnek a során 210 mm-es júliusi párolgás is, 1952-ben, s ez az abszolút maximumot jelenti még az 1931 – 1980 közötti időszak 50 júliusának sorában is. Legkevesebbet párolgat a Balaton december, január és február folyamán, 13 – 15 mm közötti értékekkel.

Volt olyan év, szintén az 1952-es, amikor a párolgás évi összege meghaladta az 1000 mm-t, pontosabban 1006 mm-t adott formulánk, nagyon jól megegyezve a hidrológusok által a vízmérleg figyelembevételével elfogadott 1012 mm-rel.

A nyári félév az évi összegben belül 697 mm-rel, a téli félév pedig 151 mm-rel szerepel, ami 82–18%-os megoszlást jelent. A nyár három hónapja folyamán a párolgás átlagosan 426 mm-t ér el, ami azt évi párolgási veszteségnek éppen a fele.

A 8. ábrán az év, a nyári félév és a nyár során lezajló párolgás intenzitásának változékonyságára utaló empirikus eloszlásgörbét mutatjuk be. Segítségükkel többek között megállapítható, hogy 1000 mm vagy ezt meghaladó évi párolgási veszteségre eddigi vizsgálataink alapján legfeljebb 10 évenként egyszer lehet számítani, a 900 mm-es összeg viszont az esetek 25%-ában is előfordulhat. Az biztos, hogy a Balaton párolgása 100 évből 75 évben a 800 mm-t meghaladja.

A Balaton évi vízháztartását a

$$\Delta K = C_s + H - L - P, \quad \text{mm/év} \quad (2)$$

egyenlet foglalja össze, amelyben ΔK a tóban tározódott vízkészlet megváltozása, C_s a Balatonra hulló csapadék, H a felszíni és a felszín alatti hozzáfolyás, L a leeresztett víz mennyisége és P a párolgás. Ennek az egyenletnek a megoldásához járulnak hozzá az 1951–1980. évi időszakra kiszámított és az előbbieken részletezett eredményeink azon túl, hogy adalékul szolgálnak a Balaton és környezete éghajlati adottságainak teljesebb megismeréséhez, különös tekintettel a meteorológiai gyakorlatunkban már több helyen is alkalmazott legújabb 30 évi, vagyis az 1951–1980 közötti periódusra.

IRODALOM

- Péczeley, Gy.*, 1974: A csapadék eloszlása a Balaton térségében. (In: A Balaton éghajlata, Szerk.: Béll B. és Takács L.) OMSZ Hív. kiadv. XL. kötet 122–132.
- Lóczy, L.*, 1894: A Magyar Földrajzi Társaság Balaton-bizottságának jelentése az 1892–1893. évi működésről. Budapest.
- Havaldá, E.*, 1930: A Balaton párolgása. *Vízügyi Közlemények*, 1. sz. 87–93.
- Berkes, Z.*, 1946: A Kárpát-medence vízháztartása. *Időjárás*, 50. évf. 1–8. füzet, 5–13.
- Szesztay, K.*, 1962: Adalékok a Balaton hidrológiai viszonyaihoz. Beszámoló a VITUKI 1958. évi munkájáról. 96–107. o.
- Antal, E.*, 1974: A tó párolgása és vízháztartása. (In: A Balaton éghajlata. Szerk.: Béll B. és Takács L.) OMSZ Hív. kiadv. XL. kötet, 220–234.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 91. évf. 4. szám, 1987. július – augusztus
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 91. No 4. July – August 1987. Budapest

Összefüggés a vetési bagolylepke fénycsapdával gyűjtött mennyisége és a különböző makroszinoptikus helyzetek között

KÁROSSY CSABA—NOWINSZKY LÁSZLÓ, *Berzseny Dániel Tanárképző Főiskola, H-9701 Szombathely, Pf. 170*

Relationship between the amount of turnip darts caught by light-traps and the different macrosynoptic situations. The authors have investigated the 20-year series of observations of the catch of turnip darts (*Scotia segetum* Schiff., Lepidoptera: Noctuidae) made by the Jermy-type insect-traps. The light-trap measurements were carried out at different places and in different times, where meteorological measurements from that time were not available. In order to make the data comparable to each other, the average of the relative values of insects' amount caught in those different macrosynoptic situations, which are typical to Hungary, were determined by the authors and the results analysed. The amount of catch by light-trap found low in zC (zonal cyclonal) and AB (anticyclone in the area of British Islands), while it was high in AF (anticyclone in the area of the Massiv of Fennoscandinavia) as well as in C (cyclonal) situations. In other weather situations no significant deviation of the data has been found.

*

Összefüggés a vetési bagolylepke fénycsapdával gyűjtött mennyisége és a különböző makroszinoptikus helyzetek között. Szerzők az országos fénycsapda hálózatban 47 helyen működte-tett Jermy típusú rovarecsapdák 1957–1976 közötti, 20 évi anyagát dolgozták föl, a vetési bagolylepkére (*Scotia segetum* Schiff., Lepidoptera: Noctuidae) vonatkozóan. A fénycsapdák adatai különböző helyekről és időpontokból származnak, s a gyűjtés helyén és idején meteorológiai mérések nem folytak. Szerzők az adatok összehasonlíthatóvá tétele érdekében meghatározták a Magyarországra jellemző tipikus makroszinoptikus időjárási helyzetekre a befogott rovarmennyiség relatív értékeinek átlagát és elemezték az eredményeket. A fénycsapdázás eredménye zC (zonális ciklonális) és AB (anticiklon a Britszigetek térségében) helyzetben kicsi, AF (anticiklon Fennoskandinávia térségében) és C (ciklonális) helyzetben nagy, a többi helyzetben az adatok között nincs szignifikáns eltérés.

*

Bevezetés és irodalmi áttekintés. Termesztett növényeink potenciális termőképességének maximális kihasználását egyéb tényezők mellett számos kártevő és kórokozó is akadályozza. Az ellenük felhasználható hatékony, de környezetkímélő védekezési eljárások kidolgozását és alkalmazását csakis a megbízható növényvédelmi előrejelzés teszi lehetővé. A prognózisok elkészítéséhez viszont nélkülözhetetlen az egyes kórokozók és kártevők megjelenési idejének és tömeges jelenlétének rendszeres figyelése, amely az adott célnak megfelelően eltérő módszerek és mintavételi eszközök segítségével történik. A megfigyelések adataiból kiindulva a károsítók életmódjának ismeretében készülnek a növényvédelmi prognózisok, amelyek alapján a termelők dönthetnek a beavatkozás szükségességéről, időpontjáról és megválaszthatják a legcélravezetőbb védekezési technológiát.

Az éjjel repülő rovarok tömegének és rajzási idejének megállapítására az egyik legáltalánosabban használt mintavételi eszköz a *fénycsapda*. Magyarországon mintegy 25 éve épült ki az egységesen Jermy-típusú csapdákat üzemeltető országos mezőgazdasági és erdészeti fénycsapda-hálózat, amely már eddig is hatalmas mennyiségű és felbecsülhetetlen tudományos értékű adatot szolgáltatott mind az entomológiai alapkutatóknak, mind a növényvédelmi gyakorlat számára.

A fénycsapdával gyűjtött rovarmennyiség számos környezeti tényező függvénye. A környezeti megvilágítás pl. a gyűjtési távolságot és a rovarok fényérzékenységét befolyásolja (Nowinszky és Tóth, 1984; Tóth és Nowinszky, 1985), az időjárás pedig a repülési aktivitásra van hatással. A változó környezeti hatások azt eredményezik, hogy a különböző megfigyelőhelyeken és eltérő időpontokban befogott példányok száma közvetlenül nem hasonlítható össze egymással. A megbízható előrejelzések készítésének alapvető feltétele a fogást módosító környezeti tényezők hatásának megismerése. Ez lehetőséget adna a mindenkori rovargyűjtési adat korrekciójára, amelynek elvégzése után a korrigált adat mindig azonosan arányos lenne a populáció mindenkori tényleges mennyiségével. A korrigált adatokból tehát mód nyílna a jelenleginél pontosabb növényvédelmi előrejelzések készítésére.

Az elmúlt évtizedek során a kutatók nagy figyelmet szenteltek a legkülönbözőbb környezeti tényezők gyűjtést módosító hatásának megállapítására. Hazánkban az egyes időjárási tényezők és a befogott rovarmennyiség összefüggésének vizsgálata a fénycsapda hálózat kiépülésének kezdetétől megindult. Ezen a területen *Wéber* (1959a, 1959c, 1960) és munkatársai (*Balogh*, 1962; *Sebestyén* és *Wéber*, 1959) végeztek alapvető kutatásokat. Munkásságuk a különböző rovarrendek repülési aktivitása szempontjából kedvező és kedvezőtlen hőmérséklet, szélereősség, relatív nedvesség, légnyomás és csapadék értéktartományainak megismerésére irányult. *Wéber* (1957, 1959b) vizsgálatai iránymutatók az egyes időjárási elemek komplex hatásának feltárására vonatkozóan is. Megállapítása szerint a melegfrontok átvonulása előtt, valamint a szubtrópusi meleg légtömegek tartózkodási idején a fénycsapda nagy mennyiségű rovarot fog. A későbbiekben *Járfás* (1979) és munkatársai (*Járfás*, *Szabó* és *Sohajda*, 1974, 1975) meghatározták a különböző időjárási elemeknek azokat az értéktartományait, amelyekben belül a legfontosabb kártevő rovarfajok repülési aktivitása és ennek megfelelően fénycsapdával gyűjtött mennyisége maximális, illetve többé-kevésbé gátolt. Eredményei hozzájárultak a legveszélyesebb lepke-kártevők előrejelzési rendszerének tökéletesítéséhez.

Az országos fénycsapda hálózat megfigyelőhelyeinek nagy többsége sajnos távol esik a meteorológiai megfigyelőállomásoktól és a fénycsapdák közelében az üzemeltetők nem végeztek meteorológiai méréseket. Ezek a következtében a fénycsapdákkal történő mérésekből összegyűlt óriási adathalmaz mindmáig nem volt alkalmas az esetenként begyűjtött rovarmennyiségnek az időjárási elemek függvényében történő elemzésére.

Jelenlegi tanulmányunkban ezért nem az egyes időjárási elemekkel, hanem az ország szinte egész területén egyidejűleg fennálló időjárási helyzetekkel kapcsolatosan vizsgáltuk a rovargyűjtés adatsorát.

A makroszinkoptikus időjárási helyzetekre vonatkozó adatokat *Péczeley* (1983) katalógusából vettük át, a helyzettípusok jellemzése szintén *Péczeley* (1957, 1983) munkáiban található meg.

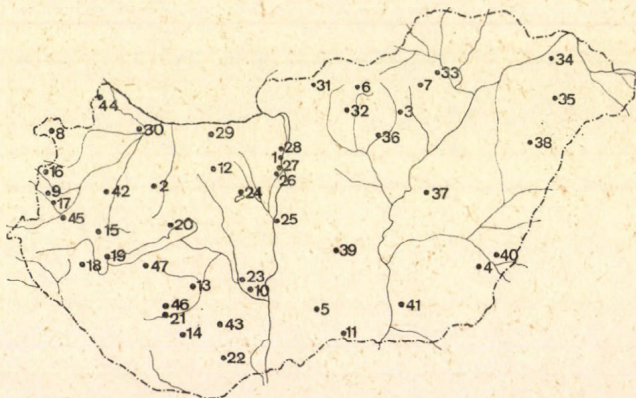
Az országos fénycsapda hálózatot a növényvédő állomások, az Erdészeti Tudományos Intézet és más kutatóintézetek működtetik. Az adat-anyagot a Ter-

mészettudományi Múzeumban Kovács Lajos identifikációs csoportja határozta meg. Az adatokat Vojnits András bocsátotta rendelkezésünkre, amiért ezúton is köszönetünket fejezzük ki.

A fénycsapdák az 1. ábrán feltüntetett városokban, illetve községekben működtek.

A Jermy-típusú fénycsapda fényforrása 2 m magasságban elhelyezett 100 W-os normál izzólámpa, Ölőanyaga kloroform.

A fénycsapda hálózattal gyűjtött anyagból a vetési bagolylepkére (*Scotia segetum* Schiff.) vonatkozóan az ország 47 megfigyelőhelyéről, az 1957–1976 közötti 20 évből, összesen 249 rajzás, 1953 éjszaka és 10 325 megfigyelési adat anyagát dolgoztuk föl. A vizsgált időszakban a faj imágóiból 28 936 egyedet fogtak a csapdák. Munkánk során mind az első, mind a második nemzedék gyűjtési adatát figyelembe vettük.



1. ábra: A fénycsapda-hálózat Magyarországon. 1. Budakeszi, 2. Farkasgyepű, 3. Felsőtárkány, 4. Gerla, 5. Kunfehértó, 6. Mátraháza, 7. Répáshuta, 8. Sopron, 9. Szombathely, 10. Tolna, 11. Tompa, 12. Várgesztes, 13. Gyulaj, 14. Bakóca, 15. Zalaerdőd, 16. Sopronhorpács, 17. Tanakajd, 18. Pacsa, 19. Keszthely, 20. Csapok, 21. Kaposvár, 22. Szederkény, 23. Fácánkert, 24. Velence, 25. Tass, 26. Nagytétény, 27. Budatétény, 28. Budapest – Rókushegy, 29. Baj, 30. Győr – Kismegyer, 31. Mohora, 32. Gyöngyös, 33. Miskolc, 34. Kisvárd, 35. Kállósején, 36. Kompolt, 37. Kenderes, 38. Mikepércs, 39. Kecskemét, 40. Tarhos, 41. Hódmezővásárhely, 42. Celdömölk, 43. Kisvaszar, 44. Hegyeshalom, 45. Vasvár, 46. Toponár, 47. Lengyeltóti.

Rajzáson általában a rovar tömeges megjelenését, dolgozatunkban egy adott nemzedék fogásának időszakát értjük valamely helyen, megfigyelési adaton pedig az adott helyen a rovargyűjtés egy éjszakájára vonatkozó eredményét.

A vetési bagolylepké két nemzedékes, sok tápnövényű kártevő. Az első nemzedék általában május elejétől június közepéig, a második július közepétől szeptemberig rajzik; a kultúrnövények közül a zöldségféléket, a kapás- és ipari növényeket, gabonaféléket, kukoricát, pillangósokat és a disznóvövényeket egyaránt súlyosan veszélyezteti.

Módszer

A különböző megfigyelőhelyeken eltérő időpontokban mért adatok egymással összehasonlíthatóvá tétele érdekében rajzásonként minden egyes éjszakához kiszámítottuk az ún. relatív fogás (RF) értékeket. A relatív fogás a mintavételi időegység (egy éjszaka) befogott egyedszámának és a nemzedék mintavételi időegységre vonatkoztatott átlagos egyedszámának a hányadosa.

I. TÁBLÁZAT

A relatív fogás (RF) adatok átlagértékei, a megfigyelési adatok száma (n), és a szignifikancia szintek (%) a különböző makroszinoptikus helyzetekben

Este		Hajnalban												
		mCc	AB	CMc	mCw	Ae	CMw	zC	Aw	As	An	AF	A	C
mCc	RF	1,072	0,705	0,275	1,097	—	1,425	0,599	0,816	0,218	0,973	0,428	0,330	1,669
	n	205	48	2	62	—	31	20	216	18	19	12	4	8
	%	—	99,54	61,31	55,92	—	87,10	93,12	97,57	99,98	56,99	95,52	81,97	84,99
AB	RF	0,617	0,873	—	0	—	1,010	1,437	0,823	—	0,840	1,081	0,416	—
	n	21	393	—	1	—	4	3	67	—	116	42	45	—
	%	82,01	—	—	—	—	67,40	80,59	60,50	—	59,04	84,36	99,83	—
CMc	RF	—	1,238	0,981	0,642	—	1,329	0,602	1,202	—	0,627	0,388	0	—
	n	—	51	136	10	—	44	29	38	—	9	6	1	—
	%	—	85,17	—	74,86	—	90,24	93,37	79,84	—	74,37	85,12	—	—
mCw	RF	1,034	1,261	—	1,012	3,090	1,178	0,931	1,063	0,550	1,895	0,134	0,038	0,893
	n	325	21	—	250	4	64	86	254	1	2	8	58	39
	%	56,68	78,27	—	—	97,09	79,14	66,87	65,12	—	82,76	99,58	100	66,95
Ae	RF	1,683	0,697	—	0,982	0,965	0,855	1,140	0,980	0,419	1,731	3,000	1,161	0
	n	16	25	—	163	369	82	24	219	22	49	1	51	1
	%	95,89	82,93	—	55,89	—	74,22	74,21	55,48	98,72	99,84	—	82,65	—
CMw	RF	1,492	—	0,797	1,405	0,925	0,898	—	0,277	—	0,757	1,017	1,040	1,001
	n	32	—	142	4	13	110	—	39	—	46	6	26	67
	%	97,05	—	74,84	79,79	57,30	—	—	99,99	—	73,77	65,24	70,50	69,53
zC	RF	0,857	1,907	—	0,874	—	1,287	0,619	0,741	0,822	1,504	—	1,109	0,427
	n	45	12	—	30	—	41	217	99	39	5	—	17	21
	%	93,17	99,93	—	91,24	—	99,95	—	85,89	89,12	95,13	—	96,64	83,43
Aw	RF	0,882	0,895	0,458	1,314	1,066	1,302	1,030	0,935	0,724	1,404	0,831	1,048	—
	n	52	59	12	129	60	36	103	849	77	194	19	502	—
	%	58,82	56,76	91,03	99,63	77,52	93,34	75,79	—	92,06	99,99	59,27	90,02	—
As	RF	0,210	0,327	—	1,286	1,196	1,743	4,450	0,579	1,077	—	—	0,455	—
	n	3	26	—	55	16	3	43	71	—	—	—	45	—
	%	82,33	99,93	—	75,89	63,63	79,45	—	98,40	—	—	—	99,86	—
An	RF	0,596	1,223	—	1,289	0,923	1,021	—	1,855	—	0,986	0,795	1,088	2,025
	n	19	14	—	162	179	12	—	139	—	851	37	79	2
	%	89,80	75,50	—	98,92	70,42	58,76	—	99,99	—	—	78,54	73,96	84,78
AF	RF	0	0,369	0,697	0,320	0,424	0	—	0,893	—	1,030	1,284	—	1,770
	n	1	8	9	1	23	2	—	4	—	83	255	—	1
	%	—	95,85	81,13	—	99,84	—	—	55,56	—	87,92	—	—	—
A	RF	0,145	0,828	—	1,252	1,135	1,021	0,809	0,865	1,126	1,010	1,950	0,999	—
	n	2	36	—	116	332	26	25	126	32	60	1	457	—
	%	70,34	74,67	—	94,42	89,59	56,43	72,55	83,31	70,52	54,23	—	—	—
C	RF	0,498	0,987	1,235	1,173	—	0,353	1,018	0,798	—	0,579	—	—	1,695
	n	35	6	32	16	—	24	4	10	—	9	—	—	19
	%	99,90	71,32	78,64	76,18	—	99,97	62,29	87,55	—	93,77	—	—	—

A makroszinoptikus helyzetek egy teljes naptári napot jellemeznek annak megfelelően, hogy melyiknek a hatása érvényesül a kérdéses napon a leghosszabb ideig és az ország legnagyobb részén. Nem ismerjük azonban a változások tényleges idejét és azt sem, hogy a rovarok az éjszaka mely időszakában kerültek a csapdába. Annak érdekében, hogy az egyes makroszinoptikus helyzetekhez a jellemző fénycsapdázási adatokat hozzárendelhesük, első lépésben összegeztük, majd átlagoltuk azon éjszakáknak az összes megfigyelőhelyről származó RF értékeit, amikor az este és hajnal naptári dátumához azonos makroszinoptikus helyzet tartozott. Így a 13 makroszinoptikus helyzet típus mindegyikére megkaptuk az RF átlagértékét és a különböző helyzetek között minden relációban F próbával kiszámítottuk a szignifikancia szinteket is. Ilyen módon választ kaptunk arra, hogy mely változatlan makroszinoptikus helyzetekhez tartozik szignifikánsan magasabb vagy alacsonyabb csapdázási eredmény. A továbbiakban azt is megvizsgáltuk, hogy a változatlan időjárás állapothoz képest milyen lesz a fogás eredménye akkor, ha az este megfigyelhető makroszinoptikus helyzetet hajnalra másik helyzet váltja fel. Összegeztük és átlagoltuk a relatív fogás értékeit valamennyi előforduló kombinációban. A szignifikancia szinteket a változatlan makroszinoptikus helyzetekhez viszonyítva számítottuk ki.

Az eredmények értékelése

Az I. táblázatban mind a 13 makroszinoptikus helyzet típusra megadtuk az RF átlagértékeit, a megfigyelési adatok számát, valamint a változatlan makroszinoptikus helyzetekhez viszonyított szignifikancia szinteket is. A II. táblázatban az este és hajnalban azonos makroszinoptikus helyzetekre adtuk meg az átlagos relatív fogás egymáshoz viszonyított szignifikancia szintjeit.

II. TÁBLÁZAT

A különböző, de este és hajnalban azonos makroszinoptikus helyzetekhez tartozó átlagos RF-ek szignifikancia szintjei (%)

Este	Hajnalban												
	mCe	AB	CMc	mCw	Ae	CMw	zC	Aw	As	An	AF	A	C
mCe	—	95,72	71,00	66,84	80,74	84,84	99,99	89,97	52,18	78,51	91,10	73,01	93,26
AB	—	—	80,53	90,53	83,75	58,49	99,75	75,62	88,82	91,49	99,97	91,69	98,80
CMc	—	—	—	57,61	55,46	68,39	99,87	65,52	68,13	50,26	95,95	54,14	95,85
mCw	—	—	—	—	66,25	76,14	99,99	78,86	64,11	60,93	97,02	55,22	95,57
Ae	—	—	—	—	—	66,90	99,98	64,41	74,01	59,13	99,38	63,41	97,11
CMw	—	—	—	—	—	—	98,90	59,65	80,48	72,77	98,35	74,79	97,60
zC	—	—	—	—	—	—	—	99,99	99,86	99,99	99,99	99,99	99,97
Aw	—	—	—	—	—	—	—	—	80,75	74,99	99,94	77,89	97,98
As	—	—	—	—	—	—	—	—	—	71,16	80,77	67,84	90,84
An	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	99,65	56,15	96,87
AF	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	98,94	82,47
A	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	96,33

A táblázatok adataiból látható, hogy a 13 időjárás helyzet típusból mindössze 4 helyzetben mutatkozott egymástól szignifikánsan eltérő eredmény. Az RF legalacsonyabb értéke a zC (zonális ciklon) és AB (anticiklon a Brit-szigetek térségében) helyzetekhez tartozik, míg a legmagasabb a C (ciklonális) és AF (anticiklon Fennoskandinávia térségében) helyzetekben figyelhető meg, ha este és hajnalban az időjárás helyzet változatlan.

Az RF alacsony értékei minden esetben olyan időjárás helyzetre utalnak, amelyben csökken a rovar repülési aktivitása, Mind a zC, mind az AB helyzetben

tapasztalt alacsony érték megmagyarázható eddigi ismereteink alapján. *Járfás* (1979) is kimutatta, hogy a vetési bagolylepke gyűjtése szempontjából kedvezőtlen a hideg éjszaka és az erős szél. Nem értelmezhető ilyen egyszerűen a magas értékek. Az erős repülési aktivitás ugyanis magyarázható a rovar számára kedvező időjárási helyzettel, de éppen úgy kedvezőtlennek is. A jelentős környezeti változások ugyanis a rovarok szervezetében élettani módosulásokat okozhatnak, amelyek az élettevékenység felgyorsulásával járnak. Ez megnyilvánulhat pl. a peterakás és a fényrerepülés intenzitásának növekedésében is. Az élettevékenység felgyorsulása feltétlen reflex, amely a faj fennmaradását célozza. Az imágó élete többnyire rövid, minden olyan hatás tehát, amely akadályozza funkciói normális végzésében, fokozott tevékenységre ösztönzi, hiszen funkciói elmaradása a faj egészét is veszélyezteti. Fentiek értelmében tehát mai ismereteink alapján nem dönthető el egyértelműen, hogy a magas értékek milyen időjárási helyzettel függnek össze.

Az AF helyzetben pl. az éjszakák időjárása kedvező lehet a repülés szempontjából, a C esetben pedig a magas légköri elektromosság miatt lehet nagy a fogás. Korábbi tanulmányunkban (*Tóth és Nowinszky*, 1986) már kimutattuk, hogy ha a légköri elektromosság értéke magas, a vizsgált faj egyedei intenzívebben repülnek a fényre.

Az eddig nem említett makroszoptikus helyzetekhez tartozó RF értékek egymástól nem különböznek szignifikánsan.

Nehezebb megítélni az esti és hajnali időszakban eltérő makroszoptikus helyzetek értékeiben tapasztalt eltéréseket, hiszen mind a változás, mind a fogás ideje ismeretlen. Az I. táblázatból ennek ellenére megállapítható néhány figyelemre méltó tény. Feltűnő, hogy amennyiben az esti zC helyzetet bármilyen más helyzet – a C helyzetet kivéve – követ hajnalban, szignifikánsan emelkedik a fogás, ami természetes is, ha a zonális ciklonális időjárási helyzetet jellemző tényezőket ismerjük: szeles, csapadékos időjárással jár. Ha azonban az esti AF és C helyzeteket hajnalban bármely más helyzet váltja fel, az RF értékek minden esetben csökkennek. Meg kell azonban jegyeznünk, hogy ezekben az esetekben – valószínűleg a kevés megfigyelési adat miatt – több relációban nem szignifikáns az eltérés.

Eredményeink alapján szükségesnek tartjuk a rovarok életjelenségeinek és az időjárási elemek komplex hatását kifejező további olyan összefüggések és törvényszerűségek feltárását, amelyekre az ilyen jellegű kutatások kezdetét jelentő jelenlegi munkánk még nem adhatott lehetőséget.

Alkalmazott módszerünk közelítés a rovarok életjelenségeinek az időjárás függvényében történő komplex vizsgálatához mindazokban az esetekben, amikor az egyes időjárási elemek mérése a rovaresapda közeli környezetében bármely okból nehézségekbe ütközik. Megkíséreltük az országos fénycsapda hálózat tudományos értékű gyűjtési adatait is felhasználhatóvá tenni az időjárási helyzetekkel, éghajlati adottságokkal kapcsolatos kutatások céljára.

IRODALOM

- Balogh, I.* (1962): A pécsi fénycsapda lepkeanyagának ökológiai és faunisztikai vizsgálata. Pécsi Pedagógiai Főiskola Évkönyve. 397 – 415.
- Járfás, J.* (1979): Kártevő lepkéfajok előrejelzése fénycsapdával. Kandidátusi értekezés. Kecskemét.
- Járfás, J., Szabó, E. és Sohajda, I.* (1974): A vetési badolylepke (*Scotia segetum* Den. et Schiff.) repülésének vizsgálata speciális fénycsapdarendszerekkel az 1965 – 71. években. *Növényvédelem.* 10. 3. 104 – 109.

- Járfás, J., Szabó, E. és Sohajda, I. (1975): A gamma bagolylepke (*Autographa gamma* L.) szignalizációját befolyásoló meteorológiai tényezők értékelése fénycsapdaadatok alapján. *Kertészeti Egyetem Közleményei*. 39. 167 – 175.
- Nowinszky, L. és Tóth, Gy. (1984): A vetési bagolylepke (*Scotia segetum* Den. et Schiff.) fénycsapdás fogásának alakulása a Hold horizont feletti tartózkodásának, fényváltozásának és polarizált fényének függvényében. *Kertgazdaság*. 16. 2. 83 – 91.
- Péczeley, Gy. (1957): Grosswetterlagen in Ungarn (Macrosynoptic types for Hungary) Kleinere Veröffentlich. Zentralanst. Meteorol. Budapest.
- Péczeley, Gy. (1983): Magyarország makroszinoptikus helyzeteinek katalógusa 1881 – 1983. Országos Meteorológiai Szolgálat Kisebb Kiadványai. 53.
- Sebestyén, Z. és Wéber, M. (1959): A páratartalom szerepe az éjjel repülő Dipterák mennyiségi ingadozásában. Pécsi Pedagógiai Főiskola Évkönyve. 299 – 302.
- Tóth, Gy. és Nowinszky, L. (1985): A környezeti megvilágítás hosszú időtartamú változásainak összefüggése a fénycsapdás rovargyűjtéssel. *Növényvédelem*. 21. 10. 433 – 438.
- Tóth, Gy. és Nowinszky, L. (1986): A fénycsapdás rovargyűjtés eredményessége a légköri elektromosság eltérő értékein. *Növényvédelem*. 22. 4. 161 – 166.
- Wéber, M. (1957): A légtömegfajták és a fényre repülő rovarok mennyisége közti összefüggés. Pécsi Pedagógiai Főiskola Évkönyve. 295 – 301.
- Wéber, M. (1959a): 1957-ben fénycsapdával gyűjtött rovarok mennyiségi értékelése a klimatikus viszonyok figyelembevételével. *Allattani Közlemények*. 47. 1 – 2. 165 – 175.
- Wéber, M. (1959b): Frontváltozások hatása a fényre repülő rovarokra. Pécsi Pedagógiai Főiskola Évkönyve. 259 – 275.
- Wéber, M. (1959c): Automatikus fénycsapdával gyűjtött rovaranyag felhasználása ökológiai vizsgálatokra, Pécsi Pedagógiai Főiskola Évkönyve 277 – 289.
- Wéber, M. (1960): Biometeorológiai problémák a rovarok körében. Pécsi Pedagógiai Főiskola Évkönyve. 278 – 289.
-

ESSENWANGER, O. M.: *Elements of Statistical Analysis (A statisztikai analízis elemei)*. General Climatology, World Survey of Climatology, Vol. 1B. Elsevier; Amsterdam, London, New York, Tokyo, 1986. XVII+424 oldal, 13. ábra, 89 táblázat, 820 irodalmi hivatkozás.

A holland Elsevier Kiadó 1969-ben indította *World Survey of Climatology* néven azt a páratlan könyvsorozatot, amely az éghajlatban minél teljesebb áttekintését tűzte ki célul. Szerkesztésében a szakma világszerte ismert, kiváló képviselői vettek részt, mint H. Flohn, W. Schwerdtfeger, D. F. Rex, H. E. Landsberg, P. E. Lydolph, M. I. Budiko, H. P. Pogoszjan, B. L. Dzerdzejevskij, K. Takahashi, H. Arakava és sokan mások. Eddig 15 számozott kötet jelent meg a sorozatban, ezek közül az 1A, 1B, a 2. és 3. kötet a klímatológia általános kérdéseivel, a további kötetek az éghajlat regionális leírásával foglalkoznak. A számozás nem jelenti a megjelenés sorrendjét, hiszen az 1986-ban kiadott 1B kötet a legutolsó a sorozatban, a 2. és 8. kötet pedig már 1969-ben megjelent, viszont az 1C kötet még előkészület alatt áll.

A statisztikai analízissel foglalkozó 1B kötet szerzője, Oskar M. Essenwanger a danzigai, bécsi, majd wüzburgi egyetemeken végezte tanulmányait. 1957-ig a német meteorológiai szolgálatnál volt kutató, majd az USA különböző intézményeiben, illetve egyetemeken kapott megbízásokat. A szerző F. Baur nyomdokain járva olyan összefoglaló munka írására vállalkozik, amely a *Linkes Meteorologisches Taschenbuch*-hoz hasonlóan áttekintést nyújt az éghajlati adatok feldolgozásában alkalmazott legfontosabb matematikai-statisztikai módszerekről. A Baur által szerkesztett *Taschenbuch* első kiadása 1953-ban jelent meg. Azóta a számítástechnika óriási lehetőségeket tárt fel az egyre gyarapodó meteorológiai mérésadatok statisztikai feldolgozása számára. Lehetetlen egyetlen kötetben valamennyi statisztikai elméletet összefoglalni – vallja a szerző, ezért itt csupán néhány ismert és modernebb matematikai eljárás összegyűjtésére és tárgyalására vállalkozik. Fontosnak tartja mindenekelőtt az adatok minőségének ellenőrzését, mert a műszerek rossz kalibrálásából, hiányos mérésekből, hibás mértékegységek használatából eredő hibák megbosszulják magukat a statisztikai feldolgozásokban, és téves következtetésekhez vezetnek. Ezért külön alfejezetben foglalkozik az adatok ellenőrzésével.

Az első fejezet a halmazelmélet leggyakrabban használt szimbolikájának bemutatásával kezdődik. Egyszerű, világos leírást ad ez a rész a valószínűség, a kumulatív eloszlás és az osztályok fogalmairól, a kontingencia táblázatokról és a matematikai-statisztikában használatos más elemi fogalmakról.

A második fejezet a „Gyakorisági eloszlások” címet viseli. Itt megtalálhatjuk a klímatológiában gyakran használt binomiális-, Poisson-, negatív binomiális-, Gauss-féle eloszlások matematikai leírását, valamint példákkal történő illusztrálásukat. Számos olyan eloszlásfüggvényt és eljárást is megismerhet az olvasó, amit a meteorológiai adatok feldolgozásakor ritkábban használnak, mint pl. a cirkuláris normál eloszlást. Ezt akkor alkalmazzák, ha ciklikusan ismétlődő mennyiségeket vizsgálnak, pl. a szélirányok gyakoriságát.

A harmadik fejezet a korreláció- és lineáris regresszió-számítással foglalkozik. Ezek a matematikai eszközök régóta elterjedtek, és általánosan használatosak a meteorológiában, itt azonban a számításoknak sokféle alkalmazása ismerhető meg, pl. állkorreláció, rank-, többszörös, kanonikus-, vektor-korreláció, polinom analízis, görbe illesztés stb.

Természetesen a Fourier- és spektrum-analízis tárgyalása sem maradhat ki egy olyan munkából, amely a matematika meteorológiai alkalmazásáról ad összefoglalót. Ez a témája a negyedik fejezetnek. A Fourier-analízist a meteorológiában elterjedt harmónikus analízis néven is említi a szerző. Ez egyúttal egy ortogonális polinom, amelyet illeszkedő függvényként használnak. A periodogram-analízis, az energiaspektrum, a turbulenciaspektrum, a vörös zajspektrum vizsgálata gyakran nélkülözhetetlen a meteorológiában, nemkülönben a periódusok szignifikancia próbái. Mindezek elméletének részletes leírása megtalálható ebben a részben.

Az éghajlati adatsorok simítása, szűrése, interpolációja és extrapolációja gyakori feladata a meteorológiai kutatásoknak. Az ötödik fejezetet ennek a csaknem önálló tudományágnak szenteli a szerző. Aligha szükséges felsorolni, hogy a meteorológiában e matematikai eljárásoknak milyen sokrétű alkalmazása ismeretes. Ebben a fejezetben 7 gyakorlati példa és 9 táblázat illusztrálja az említett eljárások konkrét alkalmazását.

Az előző fejezetekben bemutatott statisztikai elemzések eszközül szolgálnak egy adathalmaz szerkezetének jellemzésére. Minden ilyen elemzéskor fölmerül azonban az alapvető kérdés, hogy a kapott eredmények mennyire reprezentatívak, vagy milyen mértékben reálisak a statisztikai hipotézisek. A hatodik fejezetben a statisztikai próbák, szignifikancia vizsgálatok elméleteit ismerteti a szerző. Különleges figyelmet érdemel a 3. fejezetben már említett álkorreláció, amely akkor képződik, ha olyan paramétereket használunk, amelyek közül az egyik implicite tartalmazza a másikat, pl. az évszakos átlag a havi átlagot. Itt is számos példa és táblázat segít megérteni a statisztikai próbák használatát. A kontingencia-táblázatok szerkesztését és gyakorlati hasznát is ez a fejezet mutatja be. Ugyancsak ez a fejezet foglalkozik az adatok ellenőrzésének módszereivel. Az adatok hibái számos forrásból eredhetnek: műszerek pontatlansága, hibás leolvasás, rossz adattovábbítás vagy -kezelés. A statisztikai feldolgozásokat ezért meg kell előznie az adatok minőségellenőrzésének. Erre az eljárásra találunk itt módszereket.

A hetedik fejezet tárgya: a meteorológiai elemek karakterisztikái. Sajátságos problémát jelent az átlagos szélirány, valamint a szélirányok szórásának korrekt és egyértelmű meghatározása. A felhőzet gyakorisága többnyire U eloszlást mutat, ez különbözik mindazoktól az eloszlás-típusoktól, amelyek a 2. fejezetben szerepelnek, ezért szükséges egy új, közelítő formula előállítás. A csapadék gyakorisági eloszlása exponenciális csökkenést mutat a nagyobb értékek felé, leírása negatív binomiális eloszlással, vagy logaritmikusz transzformációval kísérhető meg. A száraz vagy nedves időszakok tartamgyakoriságának, a cseppnagyság gyakorisági eloszlásának matematikai modellezése további feladatot jelent.

Az éghajlati adatok statisztikai elemzése olyan sokoldalú, és olyan sok különböző módszerrel végezhető el, hogy e kötet szerzője a 8. fejezetben bőséges szakirodalmat kínál azok számára, akik alaposabban el akarnak mélyülni egy-egy matematikai elmélet tanulmányozásában.

Koppány György

WMO Global Ozone Research and Monitoring Project NO. 16. **Atmospheric Ozone 1985.** Assessment of our understanding of the processes controlling its present distribution and change. Co-sponsored by NASA - FAA - NOAA - UNEP - WMO - CEC - BMFT. (*Légköri ózon 1985.* A jelenlegi eloszlására és változására vonatkozó ismereteink felmérése. Készült a NASA - FAA - NOAA - UNEP - WMO - CEC - BMFT támogatásával.) 3 kötet, 1095 oldal + 86 oldal irodalmi hivatkozás, 497 ábra.

A támogató szervezetek felkérésére 11 ország 150 kutatójának közreműködésével készült a terjedelmes mű, amely globális és részletes áttekintést ad a címadó témában 1985-ig elért eredményekről. A téma nagyon szerteágazó, a mű 14. önmagában is hatalmas kutatási területet ölel fel a bevezető és összefoglaló jellegű 1. fejezetét követő további 14 fejezetében. Ezek: a sztratoszféra kémiaja - a troposzféra nyomgázai - O_x és HO_x a troposzféra - a sztratoszféra és troposzféra közötti kicserélődés - dinamikus folyamatok - sugárzási folyamatok - az O_x , a HO_x , az NO_x és a halogénvegyületek (külön-külön fejezetek) mérései és ezek interpretálása - légköri modellek - az ózonváltozások előrejelzése modellszámítások segítségével - ózon- és hőmérsékleti trendek - a nyomgázok hatása az éghajlatra c. tématerületek. A szerkesztők nagyon gondos előkészítőmunkával érték el azt, hogy a témakörök átfedés nélküli, egységes egészet alkossanak. Az előkészítés 1984 novemberében kezdődött el, amikor a felsorolt tématerületek nemzetközi élvonalba tartozó szakértelmeit felkérték az egyes fejezetek megírásának irányítására, 1985 májusig 30 kisebb munkaértekezletet tartottak, amelyek a kéziratok készítésével és összehangolásával foglalkoztak, végül 1985 júliusában Svájcban tartott közös munkaértekezlet végezte el a kéziratok kritikai felülvizsgálatát. Ezt követően a mű végső, ellenőrzött formájában 1985 decemberében került nyomdába.

A légköri ózon kutatásában az utóbbi években elért eredményekről akkor alkothatunk leg-hűbb képet, ha a mű tartalmát a WMO „Globális ózonkutatási és megfigyelési terve” 11. sz. beszámolójával hasonlítjuk össze. Ez a kötet a *The Stratosphere 1981* címet viseli, 502 oldal terjedelmű és 66 oldalnyi szakirodalmi hivatkozást foglal magában. Három fő fejezete (1. a nyomgázok, 2. az ózon, a hőmérséklet és a légközi átvitel együttese, 3. előrejelzési modellek és trendanalízisek) már akkor is nagyon sok alfejezetre tagolódó komplex témakört képviselt. Mégis 1981-ben a kutatások

még elsősorban csak a sztratoszférabeli ózonra irányultak, mégha a beszámolóban 23+3 oldal terjedelemben már helyet kaptak az ózonkémiai szerepet játszó troposzférabeli nyomgázokra és a sztratoszféra-troposzféra közötti kicserélődésre vonatkozó ismeretek is. 1985-ben viszont a kutatások már közelednek a bonyolult természeti jelenségek megismeréséhez vezető egyedül helyes úthoz: a részjelenségeknek a jelentőségüknek megfelelő arányban és több módszerrel (pl. laboratóriumi és különböző technikájú in situ mérésekkel és elméleti kutatások útján) történő vizsgálatához és ezek különböző módszerekkel (többdimenziós és sokszempontú modellszámításokkal vagy az eredmények legvalószínűbbjeinek összegzése útján) történő szintéziséhez. A terjedelmi fejlődés és az arányok javulása nem jelenti azt, hogy az 1981-es összefoglalás nem tartalmazna még ma is nagyon értékes ismereteket, sőt az előbbi tartalmazza az elévülhetetlennek látszó alapismereteket, míg az utóbbi inkább az 1981 óta elért eredmények ismertetését helyezi előtérbe. Mivel egy könyvismertetés keretében lehetetlen a 14 komplex résztéma eredményeinek még a legrövidebb összefoglalása is (ezt a mű 1. fejezete is mindössze 26 oldal terjedelemben képes csak teljesíteni), helyesebb a két beszámoló eltérő jellegének – azaz az 1981–85 közötti fejlődésnek – néhány példa segítségével történő szemléltetése.

Az 1981. évi beszámoló pl. a HO_x kémia területén az O_3 kémiai jelentős 4 katalitikus ciklus 9 reakcióját, az NO_x kémia területén 2 ciklus 5 reakcióját, a ClO_x kémiai 3 ciklus 11 reakcióját tárgyalja, továbbá 154 másodrendű reakció + 23 három-test reakció aránykonstansait közli, az 1985-ös kiadás viszont 273+31 reakcióból álló reakció-kinetikai adatbázist nyújt, és a szövegben főként az időközben felismert változásokra, illetve finomabb részletekre irányítja a figyelmet, mint pl. az $\text{OH} + \text{HNO}_3$ reakció új, a régítől nagyon eltérő hőmérsékletfüggésére, az ion-kémia, a Na-kémia és a heterogénreakciók szerepére és az azokra vonatkozó jelenlegi ismeretekre, a szokatlan (komplex) hőmérséklet- és nyomásfüggést mutató reakciókra. További példa, hogy az 1985-ös beszámoló a napsugárzás irradianciájának legújabb műholdas mérésein alapuló referenciaértékeken kívül a hullámhossz-tartományokra vonatkozó O_2 és O_3 abszorpciós-, valamint Rayleigh-szórási koefficienseket is közli. Vagy, hogy az 1985-ös beszámoló a mérés technika magasabb szintjét tükrözi, több mérési módszert – pl. lidar méréseket – ismertet, és több nyomanyagra kiterjedő, részletesebb mérési eredményeket közöl – pl. becslést ad arra vonatkozólag, hogy a HCl vertikális profil jelenlegi mérési technikáival milyen pontosságot lehet elérni, vagy hogy milyen diszkrpanciák vannak a HNO_3 különböző technikájú mérési eredményei között. A magas technikai színvonalat tükrözik az egyes fejezetek címlapját képező és a szövegben elhelyezett gyönyörű kivitelű színes táblák is, pl. a NIMBUS-7 TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer) mérései alapján készített totál ózon térképek, a LIMS (Limb Infrared Monitor of the Stratosphere) H_2O méréseinek északi féltekére vonatkozó poláris sztereografikus térképe, a SAMS (Stratospheric and Mesospheric Sounder) adatokból leszármaztatott N_2O és CH_4 zonális középértékek földrajzi hosszúság- és magasságfüggését ábrázoló metszerek, valamint egy tropopauzaáttörési eseménynek a relatív légköri visszaszórás értékei segítségével történő szemléltetése stb.

A mű nagy értéke, hogy a legkorszerűbb kézikönyve lehet a légköri ózon témakörének szerteágazó részterületein dolgozó kutatóknak. Hiányosságaként kell viszont megemlíteni azt, hogy a globális szemléletre olyan értelemben lemondott, hogy csupán az ózonváltozások klímahatásainak becslését tűzte ki céljaul, és az ózonváltozások miatt várható UV sugárzásváltozásokról a bevezető szavakon kívül alig tesz említést. Legalább egy alfejezetet kellett volna szentelnie az e területen folyó kutatások 1985. évi helyzetének is, hiszen a sugárzási mező módosulása az ózoneloszlás további átrendeződését okozná.

Kovácsné Pataki Márta

SCHÖNWEISE, CH, D. (1985): *Praktische Statistik für Meteorologen und Geowissenschaftler (Gyakorlati statisztika meteorológusok és földtudományi szakemberek számára)* Gebrüder Borntraeger Berlin-Stuttgart, 66. ábra. 62 táblázat, pp 231.

A modern statisztikai módszerek klimatológiai-meteorológiai alkalmazása nagyon fontos, mert a meteorológiai-klimatológiai folyamatok stochasztikus jellegük miatt csak statisztikai módszerekkel magyarázhatók és értelmezhetők. Mivel a statisztika nyelvezetével nemcsak a meteorológiai jelenségek, hanem a földtudományoknak számos jelensége írható le, nem meglepő, hogy a könyv szerzője művét e szélesebb körnek ajánlja.

A 231 oldalas mű 11 fejezetre tagozódik és a matematikai statisztika alapfogalmaiból kiindulva végeredményben minden fontos fogalmat tárgyal. Az első négy fejezetben alapfogalmakról ol-

vashatunk: az egy- és a több-dimenziós mintavétel problémáiról és a nevezetes eloszlás-típusokról, egyenletes, binomiális, Poisson, normál, lognormál, χ^2 , Fisher, Weibull eloszlásokról.

Az 5. fejezet a becslési eljárások, a 6. a hibaszámítások módszereivel foglalkozik. A 7. fejezetben Schönwiese – röviden – a pontszerű, az idő- és térbeli reprezentatívítás kérdéseit tárgyalja, míg a 8. fejezetet a hipotézisvizsgálatnak szánta. A 9. fejezet tartalmazza a variancia-analízis leírását, a 10. a korreláció és regresszió kérdéseivel foglalkozik, beleértve a többdimenziós és a nem-lineáris korreláció és regressziószámítás problémáit is.

Könyvének tételes részét a szerző az idősorok analízise módszerének az ismertetésével zárja le, végül gazdag irodalmi útmutató, szimbólumlista és -függelék egészíti ki a könyvet.

A mű mind az elméleti, mind a gyakorlati szakemberek számára egyaránt hasznos, de világos példái miatt különösen a mindennapi feladatok megoldásához nyújt nagy segítséget. Olyan könyvről van szó, amely címében a „praktische” szó valós tartalmat takar. Az elméleti fejtegetések megértését és könnyű alkalmazhatóságát a szerző azzal segíti elő, hogy ahol csak lehetséges, numerikus példát mutat be. Hasonló módon a gyakorlati alkalmazhatóságot segíti elő a mindvégig nagyon szemléletes és világos ábrák sora.

A könyv nyelvezete világos és nem német anyanyelvűek számára is könnyen érthető. Végeredményben örülhetünk, hogy a meteorológiai statisztikával foglalkozó művek sora egy újabb „praktikus” munkával gyarapodott.

A mű forgatását a meteorológus egyetemi hallgatók mellett a már gyakorlott szakembereknek is ajánljuk.

Rákóczi Ferenc

CZELNAI RUDOLF és SZEPESI DEZSŐNÉ (szerk.): *Meteorológia. Műszaki Értelmező Szótár* 56. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1986. 596 (A/5) oldal. Ára: 175, — Ft

A szerzők fáradságos munkája nyomán egy régi hiányt pótló mű jutott a meteorológusok és a meteorológiával foglalkozók kezébe. A légkör sajátosságaival foglalkozó tudomány területe az elmúlt évtizedekben óriási ütemben növekedett, s ez természetesen szükségessé tette új fogalmak bevezetését és ezek elnevezését. A több mint 40 évvel ezelőtt nem önálló műként megjelent — a csillagászatral összefüggő — meteorológiai lexikon ma már inkább tudománytörténeti érdekesség, de a mindennapi munkában már alig hasznosítható. A szakemberek eddig az angol, orosz, német stb. szerkesztésű, egy vagy több nyelvű szótárak használatára voltak utalva, melyek természetesen a megfelelő magyar nyelvű nevezéktan problémáit nem oldották meg. A szakszótár értelmező jellegű, röviden definiálja a nevezett fogalmakat, szükség esetén közli a fizikai, matematikai-statisztikai alapösszefüggést is. Az említett szerkezetkialakítás lehetővé teszi a szótár sokoldalú hasznosítását mind a szakemberek, mind a meteorológiát tanulók vagy használók körében.

A meteorológiai értelmező szakszótár 3087 fogalmat sorol fel magyar nyelv szerint alfabetikus rendben, s közli angol, francia, német és orosz nyelvű megnevezéseiket is. A szakszótárban a szinonimák is fellelhetők, ami igen nagy segítséget jelent idegen nyelvű szöveg olvasásában, fordításában. A fogalomtár rendkívül széles, mivel nem csak a szűkebb értelemben vett légkörfizikai fogalmak említett módon történő rendszerezésére szorítkozik. Dicsérendő az a törekvés, hogy a közel 600 oldalas szakszógyűjteménybe olyan interdiszciplináris fogalmak is bekerültek, amelyek a meteorológia és egyéb érintkező tudományok határzónáiban használatosak. A szakszótár igen gazdag a matematikai-statisztikai fogalmak magyarázatában, de jól felismerhetők más speciális irányok is, pl. agrometeorológia, mikrometeorológia, környezetvédelem, levegőkémia stb., — bár eltérő arányban.

A fogalomgyűjteményt angol, francia, német és orosz nyelvű szójegyzék-katalógus követi 95 oldal terjedelemben, amely a szakszótár igen értékes része használhatósága szempontjából. A szakszótár különlegessége a Függelék anyaga, amely kifejezetten a szakemberek számára nyújt biztos alapot a tájékozódáshoz. Az időjárás térképeken nemzetközileg használatos jelzések és fogalmaknak pontos értelmezése a szakszótár elterjedt használatát teszi lehetővé. A távirati kódszám, nemzetközi jelzése és a jelenség leírása együttesen a szakszótár értékes kiegészítő fejezetének tekintendő.

Egy értelmező szakszótár összeállítása hosszú időt, rendkívül körültekintő munkát igényel; ezeknek a követelményeknek a mű munkatársai eleget tettek. Elismerést érdemelnek a szótár szerkesztői, mivel egyrészt magukra vállalták egy csaknem előzmény nélküli szakszótár fogalomgyűjteményének elvi kidolgozását, másrészt kielégítették azt a társadalmi igényt, mely ezen a téren felmerült. Elismerés illeti az Akadémiai Kiadó és Nyomda munkatársait, akik az ismertetett munka tetszetős és könnyen kezelhető megjelenésében közreműködtek.

Szász Gábor

A könyv matematikusokból álló szerzőcsoport munkája, korunk korszerű idősor-analízis problémáit tárgyalja. Megjelenése rendkívül időszerű, hiszen az itt bemutatott széles körű ismeretanyag csak nagyszámú, döntően idegennyelvű publikáció útján volt elérhető.

A kötet tíz, lényegében független fejezetből áll. Az első a továbbiak megértéséhez szükséges matematikai alapfogalmakat tekinti át.

A második fejezet az egydimenziós idősorok vizsgálatánál legelterjedtebben használt ún. ARMA modell ismertetése. A szerző bemutatja az ARMA folyamatok konstrukcióját és tulajdonságait, majd – a szükségesnél talán kisebb terjedelemben – vizsgálja a modell idősorhoz történő illesztésének kérdéseit. (Megjegyezzük, hogy e modell meteorológiai alkalmazásai az utóbbi időben jelentősen megszaporodtak.)

A harmadik fejezet a Gauss – Markov-folyamatokat tanulmányozza. Első része a legegyszerűbb ARMA folyamat, az elsőrendű autoregresszív folyamat maximum-likelihood becslését elemzi, majd az időben folytonos esettel foglalkozik. E szakasz gyakorlati szempontból azért hasznos, mert az idősor-vizsgálatok jelentős részében jól alkalmazható az egyszerű Markov-modell is.

A negyedik fejezetben olyan témakörrel olvashatunk, amely gyakran nem részesül kellő figyelemben. A folytonos paraméterű folyamatok diskretizálásának módszerei köréből a sávkorlátos stacionárius folyamatok mintavételi tételei és a Karhunen – Loève-féle sorfejtés tárgyalása történik.

A ötödik fejezet a könyv egyik legérdekesebb és legújyszerűbb része. A vektor valószínűségi változókra már régóta ismert faktoranalízis eljárásnak a vektor értékű sztochasztikus folyamatokra történő kiterjesztéséről van szó. A módszer elnevezése dinamikus faktoranalízis. Aligha vitatható, hogy az eljárás megismerése meteorológusok számára is nagy haszonnal jár.

A hatodik fejezet a stacionárius folyamatok spektrumának becslését vizsgálja. Bár a folyamatok spektrális felbontása elméleti szempontból nem újkeletű megközelítés, a becsléssel kapcsolatos eredmények viszont a legutóbbi időben is szüntelenül gyarapodnak. Ennek jól rendszerezett összefoglalása található itt.

A hetedik fejezet az ún. Kalman – Bucy-féle szűrési eljárást mutatja be. Ez az utóbbi években gyorsan tért hódító állapotterez leírási mód egyik leghasznosabb eredménye. Értelmezése eléggé általános, ugyanis azt is lehetővé teszi, ha a becsléni kívánt vektorfolyamat komponensei helyett, azoknak csupán zajjal terhelt lineáris kombinációját figyelhetjük meg. A számításgéni szempontjából előnyös, hogy rekurzív becslést tesz lehetővé.

A nyolcadik fejezet a vektor értékű ARMA folyamatok értelmezése és az ARMA folyamatok állapotterez kezelése során felvetődő nehézségeket tárgyalja.

A kilencedik fejezet az ARMA folyamatok rekurzív becslését taglalja, továbbá részletesebben ismét foglalkozik a Kalman-szűrővel.

A tizedik fejezet az idősorok analízisének numerikus módszereit mutatja be, és szól a becslési algoritmusok számítástechnikai háttéréről is. A fejezet néhány példa bemutatásával válik teljessé.

A mű mindvégig nagy matematikai igényességgel íródott, így az első, alapozó jellegű fejezet elolvasása ellenére számottevő előképzettség szükséges áttanulmányozásához. Ugyanakkor az absztrakt tárgyalási mód nem szorítja ki a gyakorlati szempontokat sem, számos példa segíti a közzölt ismeretek megértését és hasznosítását. Az egyes témák iránt mélyebben érdeklődők számára gazdag irodalmi hivatkozás könnyíti meg a további tájékozódást.

A könyv időszerű volta meteorológiai szempontból is jelentős, mivel a meteorológia különböző területein gyakori feladat idősorok statisztikai szerkezetének kutatása. Azzal ajánlhatjuk a könyvet tanulmányozásra, hogy az olvasó igen korszerű matematikai ismeretek birtokába jut.

Matyasovszky István

A SZÉN-DIOXID ÉS MÁS NYOMGÁZOK HATÁSA AZ ÉGHAJLATRA, ÉS AZ EZZEL ÖSSZEFÜGGŐ KÖVETKEZMÉNYEK

Huszonkilenc fejlett és fejlődő ország tudósainak részvételével 1985. október 9. és 15. között UNEP/WMO/ICSU közös konferenciára került sor Villachban (Ausztria) a növekvő szén-dioxid, továbbá más, sugárzásilag aktív légköri összetevők (együttesen üvegház-gázok és aeroszolok) éghajlatmódosító szerepének és a változás következményeinek áttekintése céljából. Ezek a járulékos üvegház-gázok fokozzák és gyorsítják a CO₂ által önmagában okozott hatást. Az üvegház-gázok koncentrációjának növekedése miatt vélhetően a jövő század első felében a globális átlaghőmérséklet magasabbra emelkedhet, mint az az emberi történelem során valaha előfordult.

A konferencia az alábbi következtetésekre jutott: 1. Számos fontos gazdasági és társadalmi döntés, vízkészlet-gazdálkodási tevékenység, ezen belül az öntözés és a vízi-erőművek létesítése, továbbá aszály-kompenzáció, mezőgazdasági földhasználat, épülettervezés, partvédelmi elképzelések, energiatervezés — napjainkban olyan hosszútávú tervek alapján születik, amelyek azon a feltételezésen alapulnak, hogy a múlt éghajlati adatai változtatás nélkül irányadók a jövőre nézve is. Ez azonban a jövőben már nem jó közelítés, minthogy az üvegház-gázok koncentrációjának növekedése várhatóan szignifikáns globális felmelegedést okoz a következő évszázadban. E döntések javítása érdekében sürgős feladat a jövőbeni éghajlati feltételek becslésének finomítása.

2. Az üvegház-gázok okozta klímaváltozás és a tengerszint emelkedése szorosan összefügg olyan fő környezeti problémákkal, mint a savas ülepedés és a földi ózonpajzs fenyegetettsége a légkör összetételének döntően az emberi tevékenységből eredő megváltozásának a következményeiként. A savas ülepedés csökkentése érdekében a szén- és olajfelhasználás mérséklése, valamint az energiatakarékosság lassítja az üvegház-gázok kibocsátását is, míg a klór-fluor-karbonok felszabadulásának korlátozása segít megóvni az ózonerőteget, és egyúttal lassítja a klímaváltozás ütemét.

3. Noha a múltbeli tevékenység miatt az éghajlat bizonyos mértékű melegedése ma már elkerülhetetlennek tűnik, a további melegedés ütemét és mértékét a kormányoknak az energiatakarékosságra, a fosszilis tüzelőanyagok felhasználására és bizonyos üvegház-gázok kibocsátására vonatkozó politikája nagymértékben befolyásolhatja.

Ezek a következtetések az alapvető tudományos ismeretek mai szintjének alábbi konszenzusán alapulnak: — Néhány légköri nyomgáz, nevezetesen a szén-dioxid (CO₂), a dinitrogén-oxid (N₂O), a metán (CH₄), az ózon (O₃) és a klór-fluor-karbonok mennyisége a troposzférában növekszik. E gázok a beérkező rövidhullámú napsugárzással szemben lényegében átlátszóak, ugyanakkor elnyelnek és maguk is kibocsátanak hosszuhullámú sugárzást, s ezáltal befolyásolják a Föld éghajlatát.

— A szén-dioxidtól különböző további üvegház-gázok szerepe a klímaváltozásban körülbelül ugyanolyan fontos, mint magáé a szén-dioxidé. Ha a jelenlegi trendek folytatódnak, a CO₂ és más nyomgázok koncentrációjának együttes hatása sugárzási szempontból már a 2030-as években megfelelhet az ipari kor előtti CO₂ szint megkétszereződésének.

— Az éghajlati rendszer általános cirkulációs modelljeivel végzett legmondosabb kísérletek a szén-dioxid koncentráció megkétszereződésére, vagy egy ezzel egyenértékű változásra a globális egyensúlyi átlaghőmérséklet a felszín közelében 1,5–4,5 °C mértékű melegedéssel válaszol. Az éghajlati rendszer bonyolultsága és a modelleknek különösen az óceán-légkör kölcsönhatások és a felhők vonatkozásában fennálló tökéletlensége miatt az e tartományon kívül eső értékek sem zárhatók ki. E változások tényleges érvényre jutását az óceánok tehetetlensége lassítja; a késleltetés az üvegház-gázok megkétszereződésének megfelelő egyensúly hőmérsékletek elérésében valószínűleg több évtized nagyságrendű.

— Noha az éghajlatot más tényezők is befolyásolhatják (így az aeroszolok koncentrációja, a

Nap energia-kibocsátása és a vegetáció változásai), a jövő század klímaváltozásainak fő tényezői valószínűleg az üvegház-gázok lesznek.

— Az éghajlat regionális változásait eddig még nem sikerült megbízhatóan modellezni. A globális átlagoktól való regionális eltérések azonban azt mutatják, hogy a felmelegedés későbbésszel és télen a magas földrajzi szélességeken nagyobb, mint a trópusokon, az átlagos évi lefolyás növekedhet a magas szélességeken, az Északi félgömb mérsékelt övi kontinensein pedig gyakoribbá válhat a szárazság. A trópusi övben a hőmérséklet-növekedés feltehetően kisebb, mint az átlagos globális hőmérséklet-emelkedés, de az ökoszisztémákat és az embereket érő hatás ott is messzemenő következményekkel járhat. A potenciális evapotranspiráció a trópusokon valószínűleg mindenütt növekszik, míg a nedves trópusi régiókban fokozódhat a konvektív csapadék.

— Az e század kezdete óta megfigyelt változások alapján az 1,5–4,5 °C mértékű globális felmelegedés a tengerszint 20–140 cm-es emelkedését okozhatja. Az e tartomány felső részébe eső mértékű tengerszint-emelkedésnek fontos direkt következményei lehetnek a tengerparti térségekben és a folyó-torkolatoknál. A tengerszint ennél lényegesen nagyobb emelkedéséhez vezető szignifikáns olvadás a Nyugat-Anktarctiszi jéghátságban a jövő században még nem valószínű, de egy későbbi időpontban bekövetkezhet.

— A globális átlaghőmérsékletnek az elmúlt száz évre jellemző, a megfigyelések analízise szerint 0,3–0,7 °C közötti emelkedése konzisztens a szén-dioxidnak és más nyomgázoknak tulajdonítható, számított változással, de tudományosan szigorúsággal nem tekinthető e tényező egyedüli következményének.

— A múltbeli klímaváltozások következményeinek tanúsága szerint aligha kétséges, hogy a légköri CO₂ megkésztározódése modellekkel számított következményeinek megfelelő nagyságrendű jövőbeni klímaváltozás lényeges hatással lehet a globális ökoszisztémákra, a mezőgazdaságra, a vízkészletekre és a tengeri jégre.

Ajánlott tennivalók:

1. A kormányok és a kormányközi szervezetek politikájukban vegyék figyelembe e becslés eredményeit a szociális és gazdasági fejlődés, a környezet programok és a sugárzásilag aktív gázok kibocsátásának ellenőrzése terén.

2. A nemzetközi szervezetek és a kormányok fokozzák erőfeszítéseiket az üvegház-gázokkal, a klímaváltozással és a tenger szintjével kapcsolatos eredmények közérthető ismertetésére, ide értve e konferencia dokumentumainak széles körű terjesztését is.

3. Számottevő bizonytalanság mutatkozik a csapadék és a hőmérséklet globális és regionális

eloszlásában. Az ökoszisztémák reakciója szintén nem ismert tökéletesen. Ennek ellenére az üvegház-probléma megértése eléggé fejlett ahhoz, hogy a tudósok és a politikai döntéshozók aktív együttműködésbe kezdjenek az alternatív politikák és az ellensúlyozás hatékonyságának felmérése terén. Erőfeszítéseket kell tenni az ezen együttműködés szükséges módszereinek megtalálására.

a) A kormányok és a finanszírozó intézmények növeljék a kutatási támogatást, és koncentrálják erőiket az üvegház-gázokkal és a klímaváltozással kapcsolatos legfontosabb megoldatlan problémákra. Prioritást kell adni az olyan nemzeti és nemzetközi tudományos kezdeményezéseknek, mint amilyenek (1) az Éghajlatkutatási Világprogram (WMO—ICSU), (2) a jelenlegi és tervezett erőfeszítések a bio-geokémiai körforgás és a troposzférikus kémia terén az ICSU által javasolt Globális Változások Program keretében, (3) a nemzeti éghajlatkutatási programok. Különös hangsúlyt érdemel az óceán, a felhőzet-sugárzás kölcsönhatás és a szárazföldi felszíni folyamatok tökéletesített modellezése.

b) Növelni kell a kormányok és a finanszírozó intézmények által a lehetséges politikai irányok és gazdasági opciók elemzésére szánt támogatást. E becslésekben fel kell ismerni, elemezni és értékelni kell a klímaváltozás megelőzésével, illetve az alkalmazkodással összefüggő szociális változások lehetséges legszélesebb tartományát. E becsléseket a rendelkezésre álló módszerekkel azonnal meg kell kezdeni. Ezen elemzések egy része regionális szinten teremtsen kapcsolatot a gazdasági döntéshozás és a rendelkezésre álló ismeretek között, valamint jellemezze a klímaváltozással szembeni regionális érzékenységet és alkalmazkodó képességet. Minta-regiók lehetnek az Amazonas-medence, az Indiai-szubkontinens, Európa, az Északi sarkvidék, a Zambezi-medence és az észak-amerikai Nagy-tavak.

4. A kormányok és finanszírozó intézmények kiemelten támogassák:

a) (1) a szén-dioxidon kívüli sugárzásilag aktív légköri összetevőknek, beleértve az aeroszoloknak, (2) a Nap sugárzásának, (3) a tenger szintjének hosszú távú megfigyelését és interpretálását a legfejlettebb modellek segítségével.

b) Az éghajlat és a környezet múltjának tanulmányozását és interpretálásait, különös tekintettel a légkör, az óceánok és az ökoszisztémák közötti kölcsönhatásokra.

c) A légkör összetételének, a változó éghajlatnak és az éghajlati szélsőségeknek a szubtrópusi ökoszisztémákra, a boreális erdőkre és a vízrendszerekre gyakorolt hatásáról szóló tanulmányokat.

d) A globális mezőgazdasági készletek érzékenységének vizsgálatait: (1) a légköri szén-dioxid és más üvegház-gázok direkt hatásaival, (2) a klímaváltozások hatásával és (3) ezek valószínű kombinációjával összefüggésben.

e) A tengerszint emelkedéséhez kapcsolódó szociális és gazdasági következmények felmérését. Végül (1) a szignifikáns felmelegedéssel járó különféle kockázatok hatása alatt álló politikai döntéshozatali mechanizmusok elemzését.

5. A UNEP, a WMO és az ICSU az üvegházgázokkal kapcsolatban alakítson kislétszámú külön csoportot, vagy hozzon más intézkedéseket, hogy az

a) segítse a megfelelő szervezeteket és testületeket a fenti ajánlások feldolgozásában,

b) biztosítsa, hogy sor kerüljön a tudományos megértés és a gyakorlati vonatkozások időszakonkénti áttekintésére,

c) elégítse ki a nemzeti és nemzetközi szinten megjelenő igényeket a további mechanizmusokkal és tennivalókkal kapcsolatos tanácsok iránt,

d) támogassa a fejlődő országokban az energia-hatékonysággal és takarékossággal kapcsolatos kutatásokat, valamint

e) szükség esetén kezdeményezze globális megállapodás kidolgozását.

Mészáros E.

(Megjelent a WCP News Letter 1986. évi 8. számában.)

*

CZELNAI RUDOLF A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA RENDES TAGJA

Czelnai Rudolfot a Meteorológiai Világszervezet főtitkárhelyettesét, az Országos Meteorológiai Szolgálat volt elnökét, folyóiratunk Szerkesztő Bizottságának tagját a Magyar Tudományos Akadémia idei közgyűlésén, 1987. május 8-án az akadémia rendes tagjává választották. Az Időjárás Szerkesztő Bizottsága nevében Czelnai Rudolfnak szívből gratulálunk és felelősségteljes munkájához jó egészséget és további sikereket kívánunk.

Az alábbiakban közöljük azt az ajánlást, amelynek alapján Czelnai Rudolfot megválasztották.

*

Czelnai Rudolf meteorológus az elmúlt tíz évben, az MTA levelező tagjává választása óta kiemelkedő tudományos és tudományos-szervezési tevékenységet fejtett ki.

Szakirodalmi munkásságából két mű emelhető ki. Az első a „Bevezetés a meteorológiába” c. háromkötetes könyv megírása, a második a „Meteorológia” c. értelmező szótár szerkesztése. Túlás nélkül állítható, hogy a „Bevezetés a meteo-

rológiába” nemcsak a magyar, hanem a nemzetközi irodalomban is egyedülálló. Korszzerű, rövid, de ugyanakkor érthető formában, nagyszerű stílusban összefoglalja mindazt, amit a légkörről tudnunk kell, amit a meteorológia tudománya eddig elért, illetve a jövőben feladatként maga elé tűzött. A mű külön érdeme, hogy nem csak a meteorológia elméleti eredményeiről, hanem azokról az eszközökről is áttekintést kaphat az olvasó, amelyekkel ezeket az eredményeket elérték. A háromkötetes könyv nem csak a már dolgozó szakemberek, hanem a meteorológus hallgatók körében is igen népszerű, a jelenlegi meteorológusképzés egyik alappillére.

A „Meteorológia” c. értelmező szótár hazai vonatkozásban szintén hézagpótló, úttörő jelentőségű munka. Czelnai aki a szótár szerkesztésében is részt vett, számos címszó megírásával gazdagította a kötet anyagát.

Czelnai Rudolf kiemelkedő tudományos-szervezési tevékenysége két részre osztható. 1981-ig, mint az Országos Meteorológiai Szolgálat elnöke a szolgálat operatív és tudományos munkájának korszerűsítésében, a szolgálat jelenlegi életének kialakításában meghatározó szerepet játszott. Különösen jelentősek a meteorológia gazdasági hatékonyságának elősegítése céljából végzett erőfeszítései és az ezt megalapozó kutatásai. Tudományos és szervezőtevékenységének köszönhető, hogy a meteorológia részt vállalt a megújuló erőforrások felhasználási lehetőségeinek kimunkálásában. Tevékenységéért az Elnöki Tanács 1981-ben a Munka Érdemrend arany fokozatával tüntette ki.

Czelnai tudományos-szervezési munkájának másik ága a világméretű meteorológiai kutatások szervezéséhez kapcsolódik. Mint a Meteorológiai Világszervezet főtitkárhelyettese, vezető szerepet játszott a Világszervezet 2000-ig szóló tudományos és technikai programjának kidolgozásában, különös tekintettel a megfigyelési és éghajlati világprogramra, a meteorológiai előrejelzések javítására és a hidrológiai erőforrások feltárására irányuló kutatásokra. Különös említést érdemel az oktatási ügyek és környezetvédelmi kutatások terén a Világszervezetben kifejtett tevékenysége, amelyekhez Czelnai előkészítő munkájának köszönhetően, Magyarország is aktívan csatlakozott. Számos országban tartott tudományos előadásokat, nem csak a Meteorológiai Világszervezet, hanem más nemzetközi szervezetek (pl. IIASA, Laxenburg) felkérésére is. A világméretű meteorológiai kutatások szervezésében, a nemzetközi tudományos együttműködés kiépítésében végzett munkájáért a párizsi „Académie Européenne des Sciences, des Arts et des Lettres” levelező tagjává választotta.

Béll B. és Mészáros E.

AZ IDŐJÁRÁS KÖZÉPTÁVÚ ELŐREJELZÉSÉNEK EURÓPAI KÖZPONTJA READINGBEN

Ismeretes, hogy az ECMWF (European Centre for Medium Range Weather Forecasts) normálisan 1975. november 1-jén került megalapításra, azonban az alapító „Egyezmény” érvénybe lépését hosszú és alapos előkészítő munka előzte meg, amelynek megindítása 1967-re datálható, amikor a Közös Piac vezető testülete, (European Council of Ministers) ajánlást fogadott el a tudományos és technológiai együttműködésről. Ezen ajánlás egyik pontja volt a középtávú meteorológiai előrejelzések fejlesztésében történő együttműködés. Az együttműködés részleteinek kidolgozására létrehozott meteorológiai szakértői csoport 1969-ben tett javaslatot egy közös meteorológiai számítástechnikai és kutatási központ létrehozására. 1971-ben készült el a „European Meteorological Computing Centre” című jelentés, amely már részletes költségvetési és beruházási adatokat tartalmazott. Magát az „Egyezményt” 1973-ban írták alá és az 1975-ben lépett érvénybe. 1979-re befejeződött a Reading melletti Shinfield Parkban a központ épületének (alapterülete valamivel több, mint 6000 m²) felépítése és az első számítógépes rendszer, (CRAY 1—A mainframe, CYBER front end, RC telecommunication) *installálása*. Ugyanebben az évben megindult az N48 jelű operatív (véges differencia sémát alkalmazó, 1,875 fok felbontású) globális modell alkalmazása 5 napos érvényességi idejű előrejelzések készítésére, amelyet 1980-ban 10 napra terjesztettek ki. 1983-ban modellesere történt, az N48 modellt felváltotta a 16 szintes T63 jelű spektrális modell. Ugyanebben az évben egy CRAY X—MP/22-es típusú számítógépet is *installáltak*. 1984-ben IBM gépi bázisú adatarchiváló és visszakereső rendszert alakítottak ki. 1985-ben újabb gépcserét történt: egy CRAY X—MP/48 típusú gépet és egy DEC (VAX) telekommunikációs rendszert *installáltak*. Ugyanebben az évben a spektrális modellben a csonkítási hullámszámot 106-ra növelték, amely a rácsponos modellekre vonatkoztatva közelítőleg 100 km térbeli felbontásnak felel meg. Hasonló gyors fejlődésen ment keresztül a modell futtatásához szükséges adatokat biztosító adatasszimilációs rendszer is.

Feladatainak ellátásához az ECMWF-nek megfelelő számítógépek és szoftverek vannak birtokában. Jelenleg a központ gépparkja (természetesen hálózatba szervezve) az alábbi gépekből áll: 1 db CRAY X—MP/48 (mainframe), 1 db CYBER 855 és 1 db CYBER 835 (front end), 1 db CYBER 825 (gateway), 1 db IBM 4341/M12 (adatkezelés), 1 db VAX—11/750 (grafika és megjelenítés) és 3 db VAX—11/750 (telekommunikáció).

A központ fenntartásában jelenleg 17 tagállam Belgium, Dánia, NSZK, Spanyolország,

Franciaország, Görögország, Írország, Olaszország, Jugoszlávia, Hollandia, Ausztria, Portugália, Svájc, Finnország, Svédország, Törökország, Egyesült Királyság vesz részt, s speciális szerződések révén kapcsolatban van Izlanddal, illetve Szaud-Arábiával. A költségvetési hozzájárulást a tagországok nemzeti jövedelmük arányában fizetik. Ennek megfelelően legnagyobb az NSZK hozzájárulása, a költségvetés 22,41%-a, a legkisebb Írorszáé, 0,53%. Ausztria 2,17%-ot, Jugoszlávia 2,16%-ot, Portugália 0,72%-ot, Finnország pedig 1,51%-ot fizet. A költségvetés, döntő részét (cca. 95%) a személyzet fizetése és a számítástechnikai költségek teszik ki.

A fentiekben ismertetett nevezetes intézmény munkáját 1986. december 16—20 között *Dévényi Dezső*, a Központi Előrejelző Intézet munkatársa, e sorok írója a helyszínen (Reading, Nagy-Britannia) tanulmányozhatta. Látogatása a magyar fél kezdeményezésére, az ECMWF igazgatója *L. Bengtsson* és a magyar szolgálat elnöke *Barát József* közötti megegyezés alapján jöhetett létre.

A látogatás során szerzett tapasztalatok

Az ECMWF-ben tapasztalatgyűjtésre összesen három teljes nap volt, 1986. december 17, 18 és 19. Az első napon az operatív főosztály (Finnország) munkájáról annak vezetője *D. Söderman* adott átfogó ismertetést, majd *J. K. Gibson* és munkatársai részletes tájékoztatást (és sok esetben dokumentációkat) adtak a meteorológiai adatok fogadásáról, előzetes feldolgozásáról (különös tekintettel az ellenőrzési algoritmusokra), az objektív analízis sémáról (ECMWF specialitás az *E. N. Lorenc* által kidolgozott boxletapogatású interpolációs eljárás), a modell futtatásának ütemezéséről (a 10 napos integrálásra naponta egyszer, a 12 GMT-re vonatkozó adatok alapján kerül sor), a grafikus megjelenítési módszerekről, a produktumoknak a GTS-ben, illetve a tagországok részére történő speciális továbbításáról, valamint a MARS (Meteorological Archival and Retrieval System) rendszerről. Külön kiemelték a WMO CBS (Commission for Basic Systems)-ben a GRIB és BUFR kódok kidolgozásában, illetve bevezetésében kifejtett ECMWF aktivitást. A magyar meteorológus közösség számára is felhasználható tapasztalat, hogy a MARS rendszer alapvetően ezen kódok felhasználásán alapul.

Az operatív részleg munkáját összefoglalva kiemelendő, hogy emberi beavatkozás csak az *adatellenőrzés* fázisában van, amikor az ügyeletes szakember az adatellenőrző rendszer által hibásnak, illetve kétes pontosságúnak értékelt észlelési adatokra vonatkozó döntést hozza meg.

Az operatív főosztályon felhívták a figyelmet arra, hogy az ECMWF *nem* előrejelző központ a szokásos értelemben, azaz maga *nem*

bocsát ki előrejelzéseket, csupán tagországaihoz, illetve a GRID kódoknál megfelelő lebontott formátumban a GTS-en keresztül forgalmazza numerikus előrejelzési produktumait. Ennek megfelelően a központban a produktumok semmilyen javítására, illetve interpretálására nem kerül sor. A további részletes feldolgozást a 17 tagországban végzik. Ezek közül mindegyik végez szinoptikus interpretációt, 14 statisztikai interpretációt; 7 a közvetlen modell output-ot is továbbadja végső felhasználóinak; 8 az ECMWF termékeit a nagy felbontású nemzeti numerikus modellekben használja fel és 3 speciális alkalmazási modelleket is futtat ezen termékek alapján. Ugyanakkor a tagországoknak a standard numerikus modell produktumok mellett rendelkezésre állnak a kísérleti jelleggel kapott kvázi-operatív eredmények is (pl. felhőzet mennyisége, 10 m-es magasságon a szél, a 2 m-es szintre interpolált hőmérséklet, kis skálájú mező-jellegzetességek, különböző statisztikák stb.).

A főosztályon bemutatták és átadták a két magyar aerológiai állomásra (12 843 és 12 982) készített hibastatisztikákat. Kiemelendő, hogy a magyar állomások által szolgáltatott adatokat jónak minősítették, ugyanakkor a statisztikákban egy trend-átváltást mutattak ki 1986 augusztusa és szeptembere között.

A következő két napon a Kutatási Főosztályon (vezetője *D. Burridge*, Egyesült Királyság) elsősorban az ECMWF-ben alkalmazott adattaszimulációs sémát a nedvességi mező analízisét, a műholdas adatoknak az objektív analízisben történő felhasználását és a hazai szempontból érdeklődésre számotartó rácsponthoz tartó modell sikerült megismerni. *J. Pailleux* emellett részletes információkat adott a francia nemzeti numerikus prognosztikai programról (PERIDOT), illetve az ECMWF-en belül a nemzeti numerikus modellek fejlesztésével foglalkozó csoport munkájáról. *G. Kelly* (Ausztrália) üdvözölte, hogy a magyar szolgálat 1984-ben képviseltette magát a TOVS Study Conference munkájában és további értékes információkat szolgáltatott a műholdas radiancia-adatoknak a meteorológiai mezők objektív analízisében történő felhasználásáról. *Dell'Osso* a Föld különböző térségeire végzett ciklogenezis modellezési kísérleteinek eredményeit ismertette. Hasonlóan fontos megbeszéléseket sikerült folytatni *Per Undén*-nel, aki az ECMWF rácsponthoz adaptálásával nagy szerepet játszott a svéd nemzeti modell kidolgozásában. *Antti A. Lange* az egyes megfigyelési rendszerek lehetséges pontosságának becslésére az optimális interpoláció eljárásának továbbfejlesztésével kidolgozott módszerét mutatta be.

A látogatás során lehetőség volt a szabadpolcos rendszerű könyvtár használatára, amely elsősorban a numerikus prognosztikai szakirodalomra specializálódott. Jó volt látni a témakör vezető folyóiratait mellett az „Időjárás” példányaikat is – a forgatás nyomaival.

A látogatás alatt érdekes beszélgetésre nyílt mód *L. Bengtsson*-nal, az ECMWF igazgatójával a specializált előrejelző központok szerepéről és fejlődéséről. Ismeretes, hogy az ECMWF-hez hasonló központok létrehozásán fáradoznak Ázsia egy részén, Afrikában és Dél-Amerikában.

Végezetül szeretném kiemelni, hogy ezen rövid látogatás során az ECMWF, illetve személy szerint *Bengtsson* egy rendkívül intenzív, jól megszervezett programmal a Központ operatív és kutatói munkájának alapos megismerését tette lehetővé.

Dévényi D.

*

FARAGÓ TIBOR KANDIDÁTUSI ÉRTEKEZÉSE

Faragó Tibornak, a Központi Meteorológiai Intézet munkatársának, az MTA levelező aspiránsának „A távérzékeléssel mért spektrális radiancia és a hidrológiai paraméterek közötti összefüggés fizikai-statisztikai vizsgálata” címmel benyújtott kandidátusi értekezését a Szovjetunió Hidrometeorológiai és Környezetvédelmi Állami Bizottsága Geofizikai Főobszervatóriumának (GGO) Geofizikai Tudományos Tanácsa 1986. november 12-én vitára bocsátotta és a sikeres védés után a jelöltnek a fizikai-matematikai tudományok kandidátusa (geofizikai szak) minősítést teljes szavazatszámával (17) odaítélte.

A két tudományos témavezető *I. N. Minin* professzor, a fiz.-mat. tudományok doktora és *O. B. Vaszújev*, a fiz.-mat. tudományok kandidátusa volt. A tézisekre öt tudományos intézet küldött hivatalos értékelő véleményt, az eredmények alkalmazását *K. J. Kondratyev* akadémikus igazolta.

Az értekezés az aerokozmikus távérzékelés egy szakterületével, a vízfelszínekből kilépő, diffúzan visszavert (visszaszórt) rövidhullámú sugárzás és az optikailag aktív komponensek kapcsolatával foglalkozik. Ez utóbbiak koncentrációjának becülhetőségét vizsgálta a szerző nem-paraméteres statisztikai közelítésekkel, egyszerű és szekvenciális (lépésenkénti) regresszióval, informatív spektrális hullámhosszak (sávok) kiválasztásával, kolorimetrikus koordináták alkalmazásával, főkomponens-módszerezés és sugárzásátviteli egyenlet „kétirányú” közelítő megoldására egy iteratív eljárás bevezetésével.

A jelölt részletesen összefoglalta a spektrális radiancia mérését befolyásoló tényezőket (légi köri torzítás, Fresnel-komponens, beeső sugárzás spektrális összetétele és a napmagasság stb.), a szakirodalomban alkalmazott módszereket és ezek felhasználásának korlátait, valamint a téma kidolgozásához szükséges főbb sugárzási, optikai, hidrológiai és matematikai fogalmakat és összefüggéseket.

Az egyes eljárások számítógépes programjainak alkalmazásával, konkrét mérési eredmények feldolgozásával lehetővé vált a vizsgált felszíni objektumok osztályozása, a leghatékonyabb modellek és az optimális spektrális jellemzők kiválasztása, a független spektrális sávok meghatározása a látható tartományban.

Ambrózy P.

*

WMO KONFERENCIA A HOSSZÚTÁVÚ ELŐREJELZÉSEKRŐL

1986. szeptember 29 – október 3 között rendezték meg Szófiában az első olyan WMO konferenciát, amely a hosszútávú előrejelzések gyakorlati problémáit és távlati fejlesztési irányait elemezte. A konferencián 26 ország, valamint a nyugat-európai országok Középtávú Előrejelző Központja (ECMWF) és a Meteorológiai Világszervezet (WMO) képviseltette magát. *D. L. Gilman* (USA) vezetésével Nemzetközi Program Bizottság határozta meg a témaköröket, intézte az előadások kiválasztását és a szervezési feladatokat.

Az ötnapos rendezvény hivatalos nyelve az angol volt. Abból a célból, hogy a szocialista országok képviselői aktívabban vehessenek részt a konferencián, a bolgár szolgálat orosz nyelvre szinkron tolmácsolást is rendszeresített.

A konferencián számos előadás hangzott el a távelőrejelzés problémáiról, módszereiről és kutatási irányairól. Az előadások az alábbi témák köré csoportosultak:

1. Jelenlegi módszerek és kutatások.
2. Alkalmazható dinamikai modellek.
3. Verifikációs- és tesztmódszerek.
4. Valószínűségi előrejelzések.
5. Előrejelzések és gazdasági döntések.

Az első témakörben, 4 félnapos ülészek alatt hangzott el a legtöbb előadás – összesen 18 –, amelyekből számos ország távelőrejelzési módszereit és kutatási terveit ismerhettük meg. Az 1. témában 2 magyar előadó is részt vett: *Kaba M.* a jelenlegi hosszútávú előrejelzési módszereinket ismertette, (szerzőtársa *Bartholy J.*), és *Tóth Z.* pedig az analógias előrejelzéseknek az adatbázis kiterjesztésével összefüggő javulásával kapcsolatos munkájáról számolt be.

Az *alkalmazható dinamikai modellek* című téma 3 félnapos ülészeket töltött ki, 15 előadásal. Ebben a témakörben főleg meghívott előadókat hallhattunk. A szervezők célja az volt, hogy a jelenlevő, s az operatív hosszútávú előrejelzésekért felelős szakemberek képet kapjanak a numerikus modellekkel folytatott olyan kísérletekről, melyek ígéretesek a hosszútávú előrejelzésben történő jövőbeli alkalmazás szempontjából.

A *verifikációs és tesztmódszerek* című témáva egy félnapos ülészek foglalkozott, melyen 5 előadás hangzott el. Ezt követően került sor a tengerfelszín hőmérsékleti analízisek összehasonlításáról szóló meghívott előadásra, majd a távelőrejelzések adatigényével kapcsolatos vitára. A valószínűségi előrejelzések című témakörben 6 előadás hangzott el, szintén egy félnapos ülészek keretében.

Az *előrejelzések és döntések* című témában mindössze 3 előadás volt, köztük egy magyar is; *Maller A.* a 30 napos előrejelzések gazdasági hasznáról tartott előadást.

Maga az a tény, hogy a Meteorológiai Világszervezet ilyen jellegű konferenciát szervezett, és még inkább az elhangzott előadások, illetve hozzászólások azt bizonyították, hogy a hosszútávú előrejelzés kinőtt a gyerekkorából. A világ különböző tájain szerény, de megbízható eredményességű, a gazdaság egyes területein sikeresen hasznosítható módszerek léteznek és a szakemberek készen állnak az újabb eszközök, például a numerikus előrejelzések alkotó felhasználására is.

Kaba M. – Maller A. – Tóth Z.

*

A 27. METEOROLÓGIAI VILÁGNAP

A Magyar Meteorológiai Társaság 1987. március 26-án a MTESZ székházban ünnepi ülést tartott a Meteorológiai Világnap alkalmából, amelynek ezévi témája: „A meteorológia – a nemzetközi együttműködés modellje.”

A Meteorológiai Világszervezet Végrehajtó Tanácsának 1987. évi témaválasztását a világ politikai-gazdasági szférájában zajló események is indokolták. Az előadó – *Kapovits Albert* a KEI igazgatója – kifejezte meggyőződését azzal kapcsolatban, hogy a meteorológusok valóban jó példáját szolgáltatják a nemzetközi együttműködésnek. Ezt tanúsítja a Meteorológiai Világszervezet működése is, különösen ennek operatív rendszere az Időjárás Világszolgálat, amely példája a békés, kölcsönös érdekeket szolgáló együttműködésnek.

Az előadó a meteorológia területén megvalósuló nemzetközi együttműködést a Meteorológiai Világszervezet utóbbi két évtizedben kifejtett tevékenységének ismertetésével mutatta be. Az előadó érintette a magyar meteorológusok szerepét is a nemzetközi együttműködésben.

A meteorológiai tevékenységben az a vonzó, hogy „nyílt, szabad és demokratikusan működő, a kölcsönös érdekek tiszteletbentartását, az elmaradókat felzárkózáshoz segítő szellemben dolgozunk, nemcsak mi magyar meteorológusok, hanem az egész meteorológus közösség, szerte a világon.”

A nagy érdeklődéssel kísért előadást két videofilm bemutatása követte. Az egyik film egy amerikai nowcasting rendszert mutatott be működés közben, a másik pedig a magaslégköri megfigyelések jövőbeli eszközéről szólt.

Az idei Meteorológiai Világnapon elhangzott ünnepi előadást a téma érdekessége és hasznossága miatt teljes terjedelemben közli a Légkör.

Maller A.

*

TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA EGERBEN

A felsőoktatási intézetek XVIII. Országos Tudományos Diákköri Konferenciájának Természettudományi szekciója 1987. április 6–8. között Egerben, a Ho Si Minh Tanárképző Főiskolán ülésezett. A meteorológiai alszekcióban 17 dolgozat került előadásra az ELTE, KLTE, JATE meteorológus, biológus, földrajz szakos hallgatói részéről. Minden előadást élénk vita és értékelés követte. A dolgozatok elbírálásában a három említett egyetem és az OMSZ képviselői vettek részt.

Az OMSZ külön díját kapta *Bozó László* (ELTE): „A kénvegyületek vertikális eloszlásának modellezése globális térszkálán” c. dolgozatáért, a Magyar Meteorológiai Társaság „Hille Alfréd” ifjúsági díját *Bottyán Zsolt* (JATE) „A tengerszinti légnyomás térbeli változékonysága a trópusi övben és kapcsolata az ENSO-jelenséggel” c. dolgozatáért.

Első díjat kapott *Wantuchné Dobi Ildikó* (ELTE): „Csapadéksorok analízise Markov láncok segítségével” és *Papp Éva* (JATE): „Ciklusok és kváziperiodusok a tengerszinti légnyomás földgömbi eloszlásában”.

Második díjas *Csordás László* (KLTE): „Az óránkénti csapadék statisztikai szerkezetének vizsgálata Debrecenben” és *Almádi István* (ELTE): „Kvázipoláris műholdak képeinek földrajzi azonosítása.”

Harmadik díjat kapott *Matavovszky György* (ELTE): „A planetáris határréteg magasságának napi menete” és *Sajtos Attila – Sándor József* (JATE): „A hócsapadék magassági rendszere a Bükkben”.

A meteorológiai alszekció – mint azt az ünnepélyes díjkiosztáskor a főiskola főigazgatója is kiemelte – egyike volt a legaktívabb és legeredményesebb munkacsoportoknak.

Ambrózy P.

SZERZŐINK FIGYELMÉBE

Az IDŐJÁRÁS célja az elméleti és alkalmazott meteorológia tárgykörébe tartozó tanulmányok publikálása. A tanulmányok új kutatási eredményeket tartalmazó beszámolók, illetve adott szakterület időszerű kérdéseit összefoglaló kritikai szemlecikkek lehetnek. A közlés nyelve: magyar vagy angol. A kettős sortávolsággal gépelt kéziratok két példányban küldendők be a következő címre: **Időjárás Szerkesztősége 1525 Budapest, Pf. 38.**

A kéziratokat a szerkesztő bizottság lektorál-tatja. A lektor nevét a szerzővel nem közöljük. A kéziratnak a következő formai igényeket kell kielégítenie:

Címzés: Tartalmazza a tanulmány címét, a szerző(k) nevét, munkahelyét és ez utóbbi pontos címét.

Összefoglalás: Külön oldalakon, magyar és angol nyelven, tartalmazza a kutatás célját, módszerét és a kapott eredményeket.

Szövegrész: Alcímekkel értelemszerűen fejezetekre tagolandó.

Irodalmi hivatkozások: Szövegben a hivatkozás tartalmazza a szerző(k) nevét aláhúzza és a publikálás évét. Pl. egyetlen szerző esetén: *Róna* (1909), vagy ha a szerző neve a szövegbe nem illeszthető be: (*Róna*, 1909); két szerző esetén: *Gamow és Cleveland* (1973); több szerző esetén: *Bacsó et al.*, (1953). Ha adott szerzők ugyanazon évben publikált több cikkére hivatkozunk, akkor az évszámhoz *a*, *b* stb. betűket frünk. Az irodalom felsorolása a cikk végén a szerző(k) neve szerinti betűrendben történik. Folyóirat esetén: szerző(k) neve, évszám, a cikk címe, a folyóirat neve, kötettség, kezdő és befejező oldalszám. Pl.: *Dési, F.*, 1955: A meteorológiai kutatás időszerű kérdései. *Időjárás* 57, 65–70. Könyv esetén: Szerző(k) neve, évszám, könyvcím, kiadó, megjelenés helye. Pl. *Junge, C. E.*, 1963: *Air chemistry and radioactivity*. Academic Press, New York and London.

Ábrák: A kézirat első példányához az ábrákat pausz- vagy mm-papíron, a másodikhoz az eredeti ábrák másolatát kell csatolni. Az ábrák aláírásait külön lapon kell mellékelni. Fényképek fekete-fehér színben, fényes, kontrasztos minőségben nyújthatók be.

Táblázatok: A táblázatokat római számozással, szövegükkel együtt, külön lapon kell mellékelni.

Matematikai formulák és jelölések: A nem latin betűket és kézzel írott jeleket a margón ceruzával írt magyarázattal kell ellátni.

A szerzők megjelent tanulmányukért tiszteletdíjat és térítésmentesen 30 db különlenyomatot kapnak. Több különlenyomat a szerző költségére a kézirat elküldésével egyidejűleg rendelhető.

NOTES TO THE AUTHORS

The purpose of IDŐJÁRÁS is to publish papers in the field of theoretical and applied meteorology. These may be reports on new results of scientific investigations or critical review articles summarizing current problems in certain subject. Authors may be of any nationality but papers are published only in Hungarian or English. Two copies of the manuscripts, typed with double space, should be sent to the Editorial Office of Időjárás. Address: **Budapest, P. O. B. 38. H-1525, Hungary.**

Papers will be subjected to constructive criticism by unidentified referees.

The manuscript should meet the following formal requirements:

Title: Should contain the title of the paper, the name(s) of the author(s) with indication of the name and address of employment.

Abstract: Should contain the aim, method and conclusions of the scientific investigation on a separate page.

References: The text citation should contain the name(s) of the author(s) underlined and the year of publication. In case of one author: *Róna* (1909), or of the name of the author cannot be fitted into the text: (*Róna*, 1909); in case of two authors: *Gamow and Cleveland* (1973); there are more than two authors: *Bacsó et al.* (1953). When referring to several papers published in the same year by the same author, the year of publication should be followed by letters, *a*, *b* etc. At the end of the paper the list of references should be arranged alphabetically. For an article: the name(s) of author(s), year, title of article, name of journal, volume number, pages. E. g. *Dési, F.* 1955: Current problems of meteorological research. *Időjárás* 57, 65–70. For a book: the name(s) of author(s), year, title of book, publisher, place of publication. E. g. *Junge, C. E.*, 1963: *Air chemistry and radioactivity*. Academic Press, New York and London.

Figures: Should be prepared entirely in black India ink upon transparent paper and be attached to the first copy of the manuscript; a copy of the original figures should be attached to the second manuscript copy. The legends of figures should be given on a separate sheet. Photographs of good quality may be provided in black and white.

Tables: Should be marked by Roman numbers and provided on separate sheets together with relevant captions.

Mathematical formulas and symbols: Non-Latin letters and hand-written marks should be explained by making marginal notes in pencil.

Authors are receiving 30 reprints free of charge. Additional reprints may be ordered at the authors expense when submitting the manuscript.

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT FOLYÓIRATA

A szerkesztésért felel: dr. Szepesiné Lőrincz Anna

Szerkesztőség: 1024 Budapest, Kitaibel Pál utca 1.

Levél cím: 1525 Budapest, Pf. 38. tel.: 353-500

Kiadja a Lapkiadó Vállalat, Budapest VII., Lenin körút 9—11. Telefon: 221-285

Levél cím: 1906 Budapest, Pf. 223

Felelős kiadó: Siklósi Norbert vezérigazgató

87.767., Állami Nyomda, Budapest

Felelős vezető: Mihalek Sándor igazgató

INDEX: 26 361

HU ISSN 0324—6329