

300.004

IDŐJÁRÁS

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT FOLYÓIRATA

86. ÉVF. ★ 6. SZÁM ★ 1982. NOVEMBER — DECEMBER

TARTALOM

Zahariev, V.—Spiridonov, V.: A véges elem módszer alkalmazása a mezo-meteorológiai folyamatok numerikus modellezésében (angol nyelven)	325
Várhelyi Gabriella: A légköri kénháztartás Magyarországon (angol nyelven)	333
Ács Ferenc—Mihalović T. Dragutin: A napfénytartam évi menetének harmonikus analízise	338
Szabó Éva: A hófáklyák terjedésének numerikus modellezése	343
Mika János—Boncz József: A budapesti hőmérséklet szekuláris változásainak sztochasztikus klímamodellje	354
Takács Olga: Szórt sugárzás déli irányítású függőleges felületen	366
rodalom	375
Krónika	381

CONTENTS

Zahariev, V.—Spiridonov, V.: Application of the finite element method in the numerical modelling of mesometeorological process (in English)	325
Várhelyi, G.: On the atmospheric sulfur budget over Hungary (in English).	333
Ács, F.—Mihalović T. Dragutin: Harmonic analysis of the annual variation of sunshine duration	338
Szabó, É.: Numerical modelling of the dispersion of heat-plumes	343
Mika, J.—Boncz, J.: A stochastic climate model of secular changes in the temperature of Budapest	354
Takács, O.: Diffuse radiation falling on southern vertical surfaces	366
Literature	375
Chronicle	381

JOURNAL OF THE HUNGARIAN METEOROLOGICAL SERVICE

VOL. 86. ★ NO. 6. ★ NOVEMBER—DECEMBER 1982 ★ BUDAPEST

9

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata
Journal of the Hungarian Meteorological Service

SZERKESZTŐ BIZOTTSÁG – EDITORIAL BOARD

AMBRÓZY P. (Budapest)	MESINGER, F. (Beograd)
ANTAL E. (Budapest)	PÉCZELY GY. (Szeged)
BENGTSSON, L. (Reading)	RÁKÓCZI F. (Budapest)
BÖHME, W. (Potsdam)	RENOUX, A. (Paris-Créteil)
BUDYKO, M. I. (Leningrád)	ŠAMAJ, F. (Bratislava)
FEDERER, B. (Zürich)	SPÁNKUCH, D. (Potsdam)
FISHER, B. (Leatherhead)	STELCZER K. (Budapest)
GEORGII, H. – W. (Frankfurt a. M.)	SZEPESI D. (Budapest)
GÖTZ G. (Budapest)	TAYLOR, F. W. (Oxford)
GULYÁS O. (Budapest)	TÁNCZER, T. (Budapest)
HAMAN, K. (Warsaw)	VARGA-HASZONITS Z. (Budapest)
HUSAR, R. (St. Louis, Missouri)	VITEK, V. (Praha)
LOGVINOV, K. (Kijev)	WHELPDALE, D. M. (Downsview, Ont.)
MAJOR GY. (Budapest)	WIRTH E. (Pécs)

Elnök – Chairman of the Editorial Board:

MÉSZÁROS ERNŐ (Budapest)

Szerkesztő – Editor:

LŐRINCZ ANNA (Budapest)

Szerkesztőség: Budapest, Postafiók 38. 1525

Előfizetés: 1 évre 228 Ft. Megrendelhető: Az Országos Meteorológiai Szolgálat Pénzügyi Osztályán
Budapest, Kitaibel Pál utca 1. 1024. Levélcím: Budapest, Pf. 38. 1525. Megjelenik kéthavonként
Egyes szám ára 38 Ft

Editorial Office: H-1525 Budapest P. O. B. 38 — Hungary. This journal, published bimonthly
can be purchased from the distributor: KULTURA, H-1389 Budapest P.O.B. 149 — Hungary

The actual subscription rate is determined by the distributor

Application of the Finite Element Method in the numerical modelling of mesometeorological processes

V. ZAHARIEV and V. SPIRIDONOV, *Institute of Hydrology and Meteorology, Sofia, Bulgaria*

A véges elem módszer alkalmazása a mezo-meteorológiai folyamatok numerikus modellezésében. A véges elem módszert (FEM) szabálytalan rácshálózat esetében célszerű alkalmazni, ennek az előnyeivel azonban nehézségek is járnak, amelyek a nem-lineáris tagok bonyolult közelítéséből erednek. E nehézségek megkerülhetők azzal a módszerrel, amelyet a jelen tanulmány ír le. A szabálytalan rácshálózatot gyakran elegendő szűkebb résztartományokban alkalmazni (például olyan résztartományban, ahol különböző rácestávolságú szabályos rácshálózatok vannak összeillesztve). Lehetségesnek tűnik így az FEM-et csak ezeken a területeken használni. A számítógép-idő megtakarítása érdekében célszerű ilyenkor a tartomány többi részében egy másik (egyszerűbb) sémát alkalmazni, amely vagy az itt leírt FEM módosításával, vagy a véges differencia módszerből nyerhető. Eredményül néhány feltevést adódott, amelyet a véges differencia módszernek, vagy a módosított FEM-nek ki kell elégítenie, ha azt a nem módosított FEM-mel kívánjuk kombinálni, nevezetesen: (a) a nem-lineáris tagoknak divergens típusúaknak kell lenniök; (b) a cirkulációnak az összes résztartomány határán el kell tűnnie; (c) a véges differencia séma (vagy a módosított séma) pontosságának nem szabad kisebbnek lennie, mint az FEM pontossága.

✱

Application of the Finite Element Method in the numerical modelling of mesometeorological processes. The Finite Element Method (FEM) can be conveniently used for irregular grids, but its advantages are accompanied by difficulties arising from the complicated approximation of the nonlinear terms. These difficulties can be overcome by means of the method proposed in this article. Often, it is sufficient to use an irregular grid only in narrow subdomains (for instance, the subdomain where regular grids with different grid-distances are stuck together). Thus it appears possible to apply FEM only there; with the purpose of saving computer time, it is preferable to use another, simpler scheme in the rest of the domain, which can be obtained by the modification of FEM presented here, or by the Finite Difference method. As a result, some conditions have been obtained which must be met by the finite difference scheme (or modified finite element scheme) if it is combined with a non modified finite element scheme, namely: (a) the nonlinear terms must be of divergent type; (b) the circulation at the boundary of each subdomain must be nullified; (c) the accuracy of the finite difference schemes (or "modified" scheme) must be not less than the accuracy of the finite element scheme.

✱

Introduction. The *Finite Element Method* (FEM) has many advantages, which make it suitable for the solution of meteorological problems. One of the most important advantages is the possibility of using a grid with an irregular grid distance, which automatically provides conserving numerical schemes. In addition, FEM makes possible a better approximation of domains with a complicated form. Unfortunately, these advantages are accompanied by difficulties arising from the specifics of the hydrodynamical equations. One of them shows up in the construction of solenoidal basis elements. The very complicated schemes obtained as a result of the application of this method present a

major problem, especially in the representation of the time derivatives and nonlinear terms. That leads to great losses of computer time, mainly in the case of three-dimensional problems.

In the present publication an approach is outlined for the overcoming of the mentioned difficulties in the solution of a variant of the local forecast problem; at the same time, the obtained results are valid for a wide spectrum of problems. A description of the approach is the following.

Necessarily, we divide the domain, where the system of equations is to be solved in subdomain. In every subdomain the grid is regular, but for the different subdomains the grid distance can be varied. In the present publication the conditions are discussed which secure a simplification of the scheme obtained through FEM in the interior of every subdomain. Besides, the simplified scheme is compatible with the initial one in the following sense.

The simplified scheme be applied to an arbitrary part of any subdomain which means that in one part of every subdomain the computations are carried out after the simplified scheme, and in the other according to the initial one. The resulting scheme-conglomerate is also conserving and equivalent to the scheme with finite elements in the sense of approximation order and convergence towards the continuous solution.

In this way the unsimplified (initial) scheme, obtained through FEM is applied only at the boundary of the above mentioned subdomains, while in the interior it is effective to apply simplified schemes, which means that the schemes of FEM are used for connecting the separate subdomains.

In the present work a particular realization of FEM is presented and its appropriate simplified scheme is obtained.

1. Problem formulation

A variant of the generalized form of the problem, obtained by *Zahariev* and *Spiridonov* (1978) is used in this article. Both the existence and the uniqueness of this variant result from the theorem proved by the authors mentioned:

$$\int_{\Omega} \frac{\partial u}{\partial t} \cdot v dx + \int_{\Omega} \nabla u \cdot \nabla v dx = \int_{\Omega} [(u \cdot \nabla)v] \cdot u dx + R \int_{\Omega} T v \cdot \vec{S} dx + \int_{\Omega} \nabla p \cdot v dx,$$

$$\vec{S}: (0,0,1); dx = dx_1 dx_2 dx_3, \quad (1)$$

$$\int_{\Omega} \frac{\partial T}{\partial t} Q dx + \int_{\Omega} \nabla T \cdot \nabla Q dx = \int_{\Omega} T u \cdot \nabla Q dx + \int_{\Omega} u^{(3)} Q \frac{dx}{dx_3} dx,$$

where u , T and p are dimensionless disturbances of velocity, temperature and pressure respectively, R is the Rayleigh number and the rest of the symbols are analogous to those in the work of *Zahariev* and *Spiridonov* (1978).

We shall call u , T and p a generalized solution of (1) in case the following conditions hold:

(i) u , T and p together with their derivatives are integrable up to the fourth degree.

(ii) The system (1) holds identically for all finite and differentiable $v \in \bar{W}_2^1(\Omega)$ and $Q \in W_2^1(\Omega)$, which we shall call "test functions". (The arrow

means that we deal with a space of vector functions. In the following we shall omit it).

(iii) $div u = 0$.

(iv) u and T satisfy the boundary conditions $u|_{\gamma}=0$ and $T|_{\gamma}=0$.

(v) u and T satisfy the initial conditions $u=u_0; T=T_0$

(vi) we suppose that the solution is limited: There exist constants C' and C'' , such that the following inequalities hold: $\|u\|_{L^4} \leq C'$; $\|T\|_{L^4} \leq C''$.

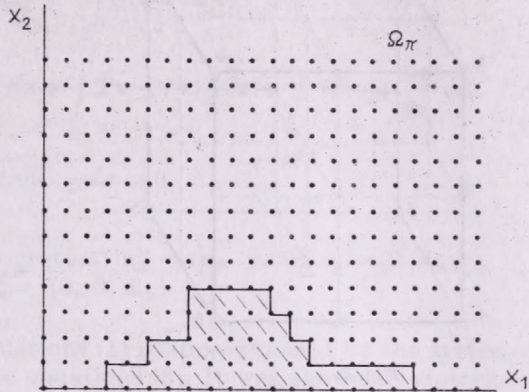


Fig. 1.

Thus, we apply FEM to the convective problems, u and T are disturbances which are nullified at the boundary of the domain Ω . This simplification does not violate the validity of the results represented here.

2. Finite Element Method

The finite element approximation applied by us to a uniform grid consists of the following. Let us assume that the bounded three-dimensional domain Ω , where the function $F(x_1, x_2, x_3; t)$ is defined, is exactly triangulated by a regular grid with a grid distance h . We shall supplement Ω to the smallest parallelepiped Ω_π which embeds Ω . With these conditions there exists a sequence of regular grids with grid distances $h_n, n=1,2,\dots$ and $h_n \rightarrow 0$ with $n \rightarrow \infty$ which exactly triangulate Ω and Ω_π . We choose such a co-ordinate system that Ω_π lies in the first quadrant and its origin coincides with one of the vertices. An illustration is given in Fig. 1. The purpose of the described procedure is to obtain a convenient system for grid-point numeration.

The grid-point at the origin of the co-ordinate system has the indices $i = 1, j = 1, k = 1$. Depending on the values of the indices, the grid-points are divided into four groups:

- G — includes the grid-points with three odd or three even indices;
- G_1 — for the grid-points with an odd first, and even second and third indices, and *vice versa*;
- G_2 — for the grid-points with an odd second and even first and third indices, and *vice versa*;
- G_3 — for the grid-points with an odd third, and even first and second indices, and *vice versa*.

At the grid points of the group G (in Fig. 2 they are marked by a circle) the basis functions λ_{ijk} are partially linear with the value 1 at the grid-point and 0 at the boundary of the cube that is restricted by the surrounding grid-points of the same group (with a side of $2h$). At the grid-points of G_1, G_2 and G_3 the basis elements $\mu_{ijk}^{(1)}, \mu_{ijk}^{(2)}$ and $\mu_{ijk}^{(3)}$ are nullified at the boundary of octahedrons, which are built on the six surrounding grid-points from group G (Fig. 3). These octahedrons have a shorter axis (with a length of $2h$), which is

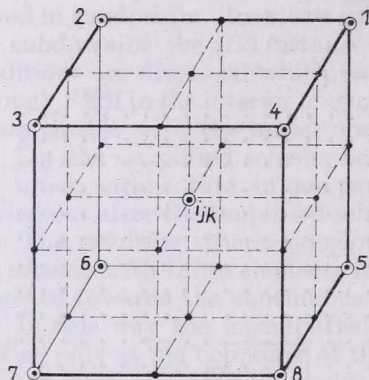


Fig. 2.

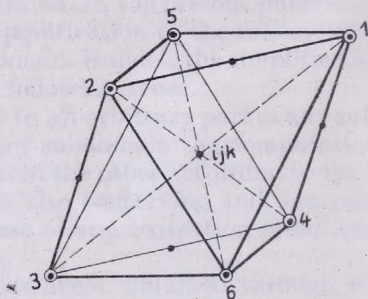


Fig. 3.

directed along x_1, x_2 or x_3 , depending on the group. The finite element approximation F of the function $\tilde{F}(x_1, x_2, x_3; t)$ in G has the following form:

$$F = \sum_{ijk \in G} \lambda_{ijk} F_{ijk}(t) + \sum_{l=1}^3 \sum_{ijk \in G_l} \mu_{ijk}^{(l)} F_{ijk}^{(l)}(t)$$

$F_{ijk}^{(l)}(t)$ denotes the mean value of the F -values at the two grid-points from G , which are neighbouring for $ijk \in G_l$ and lie on both sides of its along x_l . Thus we obtain a more homogeneous finite element approximation \tilde{F} of $F(x_1, x_2, x_3; t)$, which is to be used further on:

$$\tilde{F} = \sum_{ijk \in G} \alpha_{ijk} F_{ijk}$$

Here α_{ijk} is the superposition of λ_{ijk} and the $1/2$ multiplied basis functions $\mu_{ijk}^{(l)}$ of the surrounding grid-points of the groups $G^{(l)}$.

The following estimate of the approximation order can be obtained (Spirdonov, 1979):

$$\left(\int_{\Omega} (F - \tilde{F})^2 dx \right)^{1/2} \leq h^2 \Omega_*^{1/2} F''_{\max} / 8, \quad (2)$$

$$\left(\int_{\Omega} \left(\sum_{l=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_l} (F - \tilde{F}) \right)^2 dx \right)^{1/2} \leq \Omega_*^{1/2} F''_{\max} h,$$

where Ω_* denotes the volume of Ω , F''_{\max} denotes the maximal absolute value of the second spatial derivatives of $F(x_1, x_2, x_3; t)$; $t \in [0, t_c]$.

The finite element approximation of the considered problem is obtained by replacing all functions in (1) by their finite element representations. In this case condition (ii) is equivalent to the requirement for an identical fulfilment of (1) with only the basis being used as test functions:

$$\begin{aligned} \int_{\Omega} \frac{\partial \tilde{u}}{\partial t} \cdot v_{ijk}^{(s)} dx + \int_{\Omega} \nabla \tilde{u} \cdot \nabla v_{ijk}^{(s)} dx &= \int_{\Omega} [(\tilde{u} \cdot \nabla) v_{ijk}^{(s)}] \cdot u dx + \\ &+ R \int_{\Omega} \tilde{T} s \cdot v_{ijk}^{(s)} dx + \int_{\Omega} \nabla \tilde{p} \cdot v_{ijk}^{(s)} dx, \quad (3) \\ \int_{\Omega} \frac{\partial \tilde{T}}{\partial t} \kappa_{ijk} dx + \int_{\Omega} \nabla \tilde{T} \cdot \nabla \kappa_{ijk} dx &= \int_{\Omega} \tilde{T} \tilde{u} \cdot \nabla \kappa_{ijk} dx + \int_{\Omega} \tilde{u}^{(3)} \kappa_{ijk} \frac{d\alpha}{dx_3} dx, \\ \int_{\Omega} \operatorname{div} \tilde{u} \kappa_{ijk} dx &= 0. \end{aligned}$$

Here $v_{ijk}^{(s)}$ ($S = 1, 2, 3$) are the vectors: $v_{ijk}^{(1)} = (\kappa_{ijk}, 0, 0)$, $v_{ijk}^{(2)} = (0, \kappa_{ijk}, 0)$, $v_{ijk}^{(3)} = (0, 0, \kappa_{ijk})$

In this way the system of equations (1) is approximated by the system of ordinary differential and algebraic equations (3). It was shown by *Spiridonov* (1979) that the solution of (3) converges towards the solution of (1) in the following sense:

$$\|u - \tilde{u}\|_{L_2}^2 + \|T - \tilde{T}\|_{L_2}^2 \leq Ch \rightarrow 0 (h \rightarrow 0) \quad (4)$$

(c denotes a positive, bounded constant).

As mentioned above, FEM leads to a complicated representation of the nonlinear operators, especially for three-dimensional problems. That is valid for the proposed version of FEM too, although it is possibly one of the simplest. We aim at such a modification of the described method which results in considerable simplifications, simultaneously preserving the advantages of FEM (the possibility for grid compression and the obtaining of conserving schemes).

First we shall consider the nonlinear terms in (3). Let ' - ' and ' = ' mean arbitrary approximations (they may be nonfinite element approximations, but of the same order), such that the following holds:

$$\begin{aligned} \int_{\Omega} [(\bar{u} \cdot \nabla) \bar{v}] \cdot \tilde{v} dx &= 0, \\ \int_{\Omega} \bar{u} \cdot \nabla \bar{T} \tilde{T} dx &= 0. \end{aligned} \quad (5)$$

Here \sim denotes the representations by finite elements.

Besides, let T be finite, and v an arbitrary test function. It can be easily verified that the satisfaction of condition (5) guarantees the convergence of the approximate solution \tilde{u} , \tilde{T} , \tilde{p} towards the solution of (1) and preserves its approximation order, since the proof scheme from the publication of *Zahariev* and *Spiridonov* (1978) is not altered at all. In order to make it easier to understand, we shall describe it in brief. First, the so-called *a priori* estimate is obtained. For this purpose the approximate solution itself is used as a test func-

tion. If in (5) we replace \bar{u} , \bar{v} and \bar{T} by the corresponding finite element approximations, then it is easy to manifest its identical fulfilment. However that is exactly the form of the nonlinear terms, after using the above mentioned approximation \tilde{u} , \tilde{T} . The rest of the terms are transformed into the norms of \tilde{u} and \tilde{T} in L_2 and in the Sobolev space W^1_2 . Further, it is easy to obtain the *a priori* estimate itself:

$$\|\tilde{u}\|_{L_2}^2 + \|\tilde{T}\|_{L_2}^2 \leq C_*$$

where C_* denotes a bounded constant, which depends only on the initial conditions. In fact, this estimate manifests the limitation of the approximation solution. Further, using it and the limitation of the solution of (1) (condition (vi) in a generalized form), one can reach inequality (4). Besides, it is important that \bar{u} and \bar{T} satisfy (2) within the range of constant, which means that they should have the approximation order of \tilde{u} and \tilde{T} .

Thus the following possibility is at hand:

Let us assume for the sake of a better definition of the problem that in the subdomain Ω_1 of Ω a greater precision of the solution is necessary, which is to be achieved through grid compression. Let Ω_2 be the domain where the transition from a denser to a coarser grid takes place, the latter being used in the remaining part Ω_3 of Ω . The described regular grids (formed by the grid-points of the group G) are used in Ω_1 and Ω_3 . The identities (5) are written in the form:

$$\begin{aligned} \int_{\Omega_1} [(\bar{u} \cdot \nabla) \bar{v}] \cdot \tilde{v} dx + \int_{\Omega_2} [(\tilde{u} \cdot \nabla) \tilde{v}] \cdot \tilde{v} dx + \int_{\Omega_3} [(\bar{u} \cdot \nabla) \bar{v}] \cdot \tilde{v} dx = 0 \\ \int_{\Omega_1} \tilde{T} \bar{u} \cdot \nabla \bar{T} dx + \int_{\Omega_2} \tilde{T} \tilde{u} \cdot \nabla \tilde{T} dx + \int_{\Omega_3} \tilde{T} \bar{u} \cdot \nabla \bar{T} dx = 0. \end{aligned} \quad (5')$$

The approximations of u and T are by finite elements (indication \sim) only in the domain Ω_2 . Instead of (3) we have the system:

$$\begin{aligned} \int_{\Omega} \frac{\partial \tilde{u}}{\partial t} \cdot \nu_{ijk}^{(s)} dx + \int_{\Omega} \nabla \tilde{u} \cdot \nabla \nu_{ijk}^{(s)} dx = - \int_{\Omega/\Omega_2} [(\tilde{u} \cdot \nabla) \bar{u}] \cdot \nu_{ijk}^{(s)} dx - \\ - \int_{\Omega_2} [(\tilde{u} \cdot \nabla) \tilde{u}] \cdot \nu_{ijk}^{(s)} dx + R \int_{\Omega} \tilde{T} s \cdot \nu_{ijk}^{(s)} dx + \int_{\Omega/\Omega_2} \nabla \bar{p} \cdot \nu_{ijk}^{(s)} dx + \int_{\Omega_2} \nabla \tilde{p} \cdot \nu_{ijk}^{(s)} dx, \\ \int_{\Omega} \frac{\partial \tilde{T}}{\partial t} \cdot \kappa_{ijk} dx + \int_{\Omega} \nabla \tilde{T} \cdot \nabla \kappa_{ijk} dx = - \int_{\Omega/\Omega_2} \kappa_{ijk} \bar{u} \cdot \nabla \bar{T} dx - \int_{\Omega_2} \kappa_{ijk} \tilde{u} \cdot \nabla \tilde{T} dx + \\ + \int_{\Omega} \kappa_{ijk} \tilde{u}^{(s)} \frac{dx}{dx_3}, \\ \int_{\Omega/\Omega_2} \text{div} \tilde{u} \kappa_{ijk} dx = 0, \quad \int_{\Omega_2} \text{div} \tilde{u} \kappa_{ijk} dx = 0. \end{aligned} \quad (6)$$

The system (6) approximates the initial system (1) under the conditions (5) and (2), and its solution converges towards the solution of (1) in the sense of inequality (4), as one can see by following the method suggested by Spiridonov (1979). Let the approximations "—" and "=" be such that in a regular grid the following holds:

$$\begin{aligned}
 B_{ijk} v^{(s)} &= \frac{1}{4h^3} \int_{\Omega} \left[\left(\bar{u} \cdot \nabla \right) \bar{v} \right] \cdot v_{ijk}^{(s)} dx = \\
 \frac{1}{4h} &\left[(u_{ijk}^{(1)} + u_{i-1jk}^{(1)}) (v_{ijk}^{(s)} - v_{i-1jk}^{(s)}) + (u_{ijk}^{(1)} + u_{i+1jk}^{(1)}) (v_{i+1jk}^{(s)} - v_{ijk}^{(s)}) \right. \\
 &+ (u_{ijk}^{(2)} + u_{ij-1k}^{(2)}) (v_{ijk}^{(s)} - v_{ij-1k}^{(s)}) + (u_{ijk}^{(2)} + u_{ij+1k}^{(2)}) (v_{ij+1k}^{(s)} - v_{ijk}^{(s)}) \\
 &\left. + (u_{ijk}^{(3)} + u_{ijk-1}^{(3)}) (v_{ijk}^{(s)} - v_{ijk-1}^{(s)}) + (u_{ijk}^{(3)} + u_{ijk+1}^{(3)}) (v_{ijk+1}^{(s)} - v_{ijk}^{(s)}) \right].
 \end{aligned} \tag{7}$$

A direct verification shows that in this case (5) identically holds for the approximations \bar{u} , \bar{v} and \bar{T} of all finite functions u , v and T only if:

$$\int \text{div} \bar{u}_{ijk} dx = u_{i+1jk}^{(1)} - u_{i-1jk}^{(1)} + u_{ij+1k}^{(2)} - u_{ij-1k}^{(2)} + u_{ijk+1}^{(3)} - u_{ijk-1}^{(3)} = 0.$$

Thus, we obtain the first condition or a simplification, combined with FEM. The nonlinear terms must be of a divergent type, with the respective continuity equation representation as given above.

The representation of the pressure gradient can be simplified if the regular grids approximation satisfying the following equations is used:

$$\int_{\Omega} \nabla \bar{p} \cdot \hat{u} dx = 0 (h), \quad \int_{\Omega} \nabla \bar{p} \cdot \tilde{u} dx = 0 (h),$$

with \hat{u} denoting the finite element approximation of the solution u of (1). This is the second condition. If we use the above described finite elements then it holds; but it is easy to verify that it holds if \bar{p} is as follows:

$$\begin{aligned}
 \nabla_{ijk}^{(1)} p &= \frac{1}{4h^3} \int_{\Omega} \nabla \bar{p} \cdot v_{ijk}^{(1)} dx = \frac{1}{h} (p_{ijk} - p_{i-1jk}), \\
 \nabla_{ijk}^{(2)} p &= \frac{1}{4h^3} \int_{\Omega} \nabla \bar{p} \cdot v_{ijk}^{(2)} dx = \frac{1}{h} (p_{ijk} - p_{ij-1k}), \\
 \nabla_{ijk}^{(3)} p &= \frac{1}{4h^3} \int_{\Omega} \nabla \bar{p} \cdot v_{ijk}^{(3)} dx = \frac{1}{h} (p_{ijk} - p_{ijk-1}).
 \end{aligned} \tag{8}$$

And so in the domains with a regular grid (of a grid distance h) the following system can be used:

$$\begin{aligned}
 \frac{d \tilde{w}_{ijk}^{(s)}}{dt} &= A_{ijk} u^{(s)} + B_{ijk} u^{(s)} + \nabla_{ijk}^{(s)} p + R \bar{T}_{ijk} \bar{S}^{(s)}, \quad s = 1, 2, 3 \\
 \frac{d \bar{T}_{ijk}}{dt} &= A_{ijk} T + B_{ijk} T + \left(\frac{d\alpha}{dx_3} \right)_{ijk} \tilde{w}_{ijk}^{(3)} \\
 u_{i+1jk}^{(1)} - u_{i-1jk}^{(1)} + u_{ij+1k}^{(2)} - u_{ij-1k}^{(2)} + u_{ijk+1}^{(3)} - u_{ijk-1}^{(3)} &= 0.
 \end{aligned} \tag{9}$$

Here A_{ijk} denotes the Laplace operator representation by finite element approximation:

$$A_{ijk} u^{(s)} = \frac{1}{16 h^2} \left[2 (u_{i-1jk}^{(s)} + u_{i+1jk}^{(s)} + u_{ij-1k}^{(s)} + u_{ij+1k}^{(s)} + u_{ijk-1}^{(s)} + u_{ijk+1}^{(s)}) + \right. \\ \left. + 3 \sum_{l=1}^8 u_l^{(s)} - 36 u_{ijk}^{(s)} \right].$$

For the sake of convenience, the surrounding grid points of ijk from G are denoted by means of single indices (*Fig. 2*). The remaining operator indications are presented in (7) and (8). For values denoted by \sim the described finite element representation is used. When written in terms of T it has the following form:

$$\tilde{T}_{ijk} = \frac{1}{2} T_{ijk} + \frac{1}{20} \sum_{l=1}^8 T_l + \frac{1}{60} (T_{i+1jk} + T_{i-1jk} + T_{ij-1k} + T_{ij+1k} + T_{ijk-1} + T_{ijk+1}).$$

The simplification of the time derivatives can be realized by means of the so-called "mass concentration method" but that is an item we would not like to discuss here. The resulting system (9) is the simplification in the domains with a regular grid, that we have been looking for.

The described basis element are easy to modify by irregular grids, too. In this case λ_{ijk} are transformed from cubes into irregular hexahedrons, and $\mu_{ijk}^{(1)}$ into irregular octahedrons. Because of the complicated type of approximation of the corresponding operators, for the notation of which a considerable amount of space is needed, we should not adduce them here.

The results obtained in the present article could be applied to construct similar conglomerate-schemes joining finite difference and finite element schemes (in the case of "telescoping" procedures, for example). In this case the following conditions must be met:

- divergent form of the nonlinear terms represented by finite difference schemes;
- the circulation at the boundary of each subdomain must be nullified;
- the accuracy of the finite difference schemes must be greater than or equal to the accuracy of FE-schemes.

REFERENCES

- Spiridonov, V.*, 1979: Application of the finite element method to local meteorological problems. *Hidrologiya i Meteorologiya* No. 5., 3-11.
- Zahariev, V. and Spiridonov, V.* 1978: Generalized problem of weather local forecast. *Bulgarian Geophysical Journal*, 4., 3-13.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 86. évf. 6. szám. 1982. november – december
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 86. No 6. Nov.-Dec. 1982. Budapest

On the atmospheric sulfur budget over Hungary

G. VÁRHELYI, *Institute for Atmospheric Physics, H-1675 Budapest, P. O. B. 39, Hungary*

A légköri kénháztartás Magyarországon. Munkánk célja olyan eljárás bemutatása, amelynek segítségével adott terület, vagy ország légköri kénmérlege meghatározható. Az eljárás az anyagmegmaradási egyenleten alapul, amelyben figyelembe vesszük a kén-dioxid és szulfátrészecskék fő forrásait és nyelőit. A módszer alkalmazhatóságát Magyarország példáján mutatjuk be.

✱

On the atmospheric sulfur budget over Hungary. The aim of this work is to present a method to determine the atmospheric sulfur budget of a given region or country. The method is based on mass balance equations taking into account the most important sources and sinks of SO_2 and sulfate particles. The applicability of the model is demonstrated for the territory of Hungary.

✱

Introduction. As a usual way of investigating the global atmospheric sulfur cycle, the sources (natural and anthropogenic emission) and sinks (dry and wet deposition) of sulfur compounds are assumed to balance each other on a yearly average. This assumption, however, cannot be made on regional or even continental scales. On such scales a new term must be taken into consideration, the horizontal atmospheric transport, which has a very important role by smoothing out to a certain extent the differences between various areas of the Earth's surface caused by the increased anthropogenic sulfur emission.

The aim of present paper is to investigate the atmospheric sulfur budget over Hungary by comparison of the Hungarian sulfur emission and deposition. In this way the difference of these two terms, which is characteristic of the Hungarian sulfur budget, can be estimated. On the basis of this "transport term" conclusions can be drawn on the role of Hungary in the European atmospheric sulfur budget.

1. *Atmospheric box model for SO_2 and sulfate particles over Hungary*

In this method the atmosphere over Hungary, up to the tropopause, is considered as a box with no vertical exchange with the stratosphere. No accumulation of sulfur is assumed in the box over a year's period, which means that the gains and losses of the box (included also the role of horizontal atmospheric transport) are equal on a yearly average. The mass balance equations for SO_2 and sulfate, separately, can be given as follows.

$$E_t + A_i = D_d + D_w + T + A_e \quad (1)$$

$$T + A'_i = D'_d + D'_w + A'_e \quad (2)$$

where E_t means the total SO_2 emission (anthropogenic and natural), A_i and A'_i are the import terms, while A_e and A'_e are the export terms of SO_2 and sulfate by atmospheric transport; D_d and D'_d are the dry deposition, as well as D_w and D'_w are the wet deposition of SO_2 and sulfate, respectively. T is the amount of SO_2 transformed into sulfate within the box.

Let $\Delta A = A_i - A_e$ and $\Delta A' = A'_i - A'_e$, then it follows from equations (1) and (2) that

$$\Delta A = D_d + D_w + T - E_t \quad (3)$$

$$\Delta A' = D'_d + D'_w - T \quad (4)$$

The emission, dry and wet deposition, as well as the transformation term are determined directly, on the basis of atmospheric measurements, then the transport terms for SO_2 and sulfate particles, ΔA and $\Delta A'$, characteristic of the Hungarian sulfur budget, can be inferred.

2. Sources of sulfur compounds over Hungary

The natural source strength of sulfur compounds can be estimated on the basis of a data compilation by *Várhelyi* and *Gravenhorst* (1981). By taking into account the average continental emission rate of reduced sulfur compounds of $0.01\text{--}0.03 \text{ g S m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ obtained by the above authors and the territory of Hungary, the yearly amount of natural sulfur emission is estimated to have an order of magnitude of $10^{-3} \text{ Tg S yr}^{-1}$.

The yearly anthropogenic sulfur emission which is mainly in the form of SO_2 amounts to $0.75 \text{ Tg S yr}^{-1}$ (ECE, 1978). In this value the main sources of SO_2 are included as domestic heating, power plant release, as well as industrial emission. Even if we take into consideration that the natural sulfur emission given above can be an underestimation of the real value, it is concluded that the natural sulfur source strength over Hungary can be neglected in comparison with the anthropogenic release.

The only important direct atmospheric source of sulfate particles, the oxidation of SO_2 into sulfate will be discussed later.

3. Sinks of sulfur compounds over Hungary

3.1. Wet deposition. The sulfate amount deposited by rain over the territory of Hungary was determined for the years 1968–1970 by setting up a network consisting of 8 stations (*Kozák* and *Mészáros*, 1971). The precipitation sampling was performed by open collectors. The average wet deposition for these three years is $2.4 \text{ g S m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$. By operating wet-only collector at the regional background station we get an average wet deposition rate of $1.0 \text{ g S m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ for the years 1973–1978. When the data of all these stations are regarded, the yearly wet sulfur removal is 0.2 Tg S yr^{-2} over Hungary.

Horváth (1981) has shown that the open collectors give values sometimes twice as large as the wet-only types, thus the wet sulfur deposition obtained in this way can be high probably within a factor of about 1.5. The setting up of a new network of wet-only collectors is now in progress.

Since the wet deposition of SO₂ and sulfate particles can only be measured together as the sulfate content of precipitation reaching the ground surface, an atmospheric model has been developed (Várhelyi, 1977) in order to estimate the part of SO₂ as well as of sulfate particles in the total wet sulfur deposition. This model describes the main rainout and washout processes of both SO₂ and sulfate particles, including condensation, thermal and gravitational coagulation, as well as absorption and subsequent oxidation of SO₂ in the droplets. The model calculations give a contribution ratio of the rainout and washout of sulfate particles of 41%. The corresponding figure for SO₂ in the total sulfate

TABLE I.
Estimated contribution ratios of the different wet removal processes to the total sulfur amount deposited by rain (%) over Hungary

	SO ₂	SO ₄ ²⁻	ΣS
Rainout	34	34	68
Washout	25	7	32
Σ	59	41	100

deposition is 59% (Table I). The estimations of some other authors result in quite different contribution ratios of these processes. Beilke and Georgii (1968) use higher tropospheric SO₂ concentrations and obtain in this way very high (75%) contribution ratio for SO₂. Miller and de Pena (1972) obtain also high wet removal rate for SO₂ (80–85%). Recently Gravenhorst et al. (1980) have concluded, however, that only a part of the SO₂ absorbed in the droplets can be oxidized to sulfate and the sulfate content of precipitation originating from wet removal of SO₂ is only some 7(±4)% of the total. This result would make necessary to measure also the S^{IV} content of precipitation when more precise wet removal rates are needed.

Based on our model calculations referring to average atmospheric conditions over Hungary, the wet removal of SO₂ (D_w) and of sulfate particles (D'_w) are 0.12 Tg S yr⁻¹ and 0.08 Tg S yr⁻¹, respectively.

3.2. *Dry deposition.* The dry deposition of atmospheric sulfur compounds can be estimated by multiplying the deposition velocity and average ground level concentration. The deposition velocity of SO₂ of 0.6 cm s⁻¹ used in the calculations has been measured by Várhelyi (1980) over grass surface by the so-called gradient method. The average SO₂ concentration for Hungary has been obtained as follows. By taking into account the atmospheric SO₂ concentration of 19 Hungarian towns measured in the framework of the Hungarian Immission Network (Mészáros and Várkonyi, 1979) and the regional background SO₂ concentration of 7.3 μg S m⁻³, measured by our Institute, as well as the ratio of the built-up area of Hungary, which is about 10% of the country (Statistical Yearbook, 1973) the average ground level SO₂ concentration is 10 μg S m⁻³. Thus the amount of SO₂ removed from the atmosphere by dry deposition (D_d) is 0.18 Tg S yr⁻¹.

As the atmospheric sulfate concentration has no significant geographical variation in Hungary, the dry deposition of sulfate particles has been calculated by using the ground level sulfate concentration at the background station

of $2.7 \mu\text{g S m}^{-3}$ (for the years 1973–1978). The average deposition velocity of 0.1 cm s^{-1} has been taken from *Garland* (1978). The sulfate amount deposited yearly over Hungary is thus insignificant ($<0.01 \text{ Tg S yr}^{-1}$) in comparison with the dry SO_2 deposition.

4. Amount of SO_2 transformed to sulfate within the troposphere over Hungary

The atmospheric SO_2 — SO_4 oxidation can be taken as a first order reaction, therefore the sulfate amount formed from SO_2 is given by equation (5):

$$T = k M(\text{SO}_2) \quad (5)$$

where k is the rate constant of the SO_2 — SO_4 oxidation and $M(\text{SO}_2)$ means the total SO_2 content of the box over Hungary.

Horváth and *Bónis* (1980) obtained 0.035 hr^{-1} for the value of k by modelling the atmospheric transport processes between Budapest and the regional background station. In the model the SO_2 — SO_4 oxidation and the dry deposition of SO_2 were taken into consideration.

According to the aircraft measurements made by *Várhelyi* (1978) the scale height of SO_2 is 608 m over Hungary. This gives 565 t S for $M(\text{SO}_2)$ when the average atmospheric ground surface SO_2 concentration of $10 \mu\text{g S m}^{-3}$ determined earlier is taken into account. Then the value of T equals to $0.17 \text{ Tg S yr}^{-1}$.

5. Sulfur budget over Hungary

The values of the components of the SO_2 and sulfate budgets determined in the preceding paragraphs are summarized in *Table II*. It can be seen that the different removal processes (dry and wet deposition and transformation into sulfate) are of about the same importance in the case of SO_2 . These processes

TABLE II.
The components of the atmospheric sulfur budget over Hungary (Tg S yr^{-1})

	SO_2	SO_4^{2-}	ΣS
E	0.75	—	0.75
T	0.17	0.17	—
D_d	0.18	—	0.18
D_w	0.12	0.08	0.20
ΔA	-0.28	-0.09	-0.37

are able to compensate more than 60% of the Hungarian SO_2 emission on a yearly average. About 50% of the SO_2 transformed to sulfate is removed by wet deposition of sulfate particles. The dry deposition of sulfate particles does not play any significant role in scavenging sulfur from the atmosphere over Hungary.

The values of ΔA and $\Delta A'$ are also shown in *Table II*. Their negative sign means that larger amounts of SO_2 and sulfate particles are produced over

Hungary then deposited on the ground surface. The terms of the "total" sulfur budget are given in the last column in Table II. It can be concluded that a sulfur amount corresponding to about the half of the Hungarian SO₂ emission is removed in Hungary by dry and wet deposition of SO₂ and sulfate particles, and the other half is transported out of the "box" over Hungary. 75% of this sulfur export is in the form of SO₂ and 25% in the form of sulfate. The individual budget terms for SO₂ and sulfate seem to be more uncertain than the total sulfur budget. It must be mentioned, however, that the sulfur amount deposited over Hungary does not necessarily originate from Hungarian emission. Since the atmosphere over Hungary is not a closed system, the interactions of the different air masses transporting sulfur to and away are also to be taken into consideration but it is beyond the purposes of the present paper.

6. Conclusions

It is to be noted that the reliability of our results based on the comparison of the emission and deposition of sulfur over Hungary is highly affected by the uncertainties of the data taken into consideration. This is true in particular concerning the value of the emission used. Thus our present work can only be regarded as a preliminary assessment of the Hungarian sulfur budget. The main aim of this paper has been to present a method to evaluate the sulfur budget of a region. Further research is needed in this field, firstly in order to get more precise data regarding to both the emission and deposition, on the basis of which more reliable conclusions can be drawn and, on the other hand, in order to follow the changes in time occurring in the sulfur budget.

REFERENCES

- Beilke, S. and Georgii, H. W., 1968: Investigation of the incorporation of sulfur dioxide into fog and rain droplets. *Tellus* 20, 435-442.
- ECE, 1978: ECE Special Group on Long-range Transboundary Air Pollution. Emission data of the European countries.
- Garland, J. A., 1978: Dry and wet removal of sulphur from the atmosphere. *Atmos. Environ.* 12, 349-362.
- Gravenhorst, G., Beilke, S., Betz, M. and Georgii, H.W., 1980: Sulfur dioxide absorbed in rain water, In: *Effects of acid precipitation on terrestrial ecosystems*. Ed. Hutchinson T.C. and Havas M., Plenum Publ. Corp.
- Horváth L. and Bónis K., 1980: An attempt to estimate the rate constant of sulfur dioxide-sulfate conversion in the urban plume of Budapest. *Időjárás* 84, 190-195
- Horváth L., 1981: Chemical composition of precipitation over Hungary. Dissertation. Manuscript (in Hungarian), Budapest
- Kozák M. and Mészáros E., 1971: Chemical composition of rainwater in Hungary and its agricultural importance. *Agrokémia és Talajtan* 20, 329-352 (in Hungarian)
- Mészáros E. and Várkonyi T., 1979: Air pollution in Hungary. *Magyar Tudomány* 95-102 (in Hungarian)
- Miller, J. M. and de Pena, R. G., 1972: Contribution of scavenged sulfur dioxide to the sulfate content of rain water. *J. Geophys. Res.* 77, 5905-5916.
- Statistical Yearbook, 1973: Központi Statisztikai Hivatal, Budapest (in Hungarian)
- Várhelyi, G., 1977: Wet removal of tropospheric sulfur compounds. *Időjárás* 81, 85-93.
- Várhelyi, G., 1978: On the vertical distribution of sulfur compounds in the lower troposphere. *Tellus* 30, 542-545.
- Várhelyi, G., 1980: Dry deposition of atmospheric sulfur and nitrogen oxides. *Időjárás* 84, 15-20.
- Várhelyi, G. and Gravenhorst, G., 1981: An attempt to estimate biogenic sulfur emission into the atmosphere. *Időjárás* 85, 126-133.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 86. évf. 6. szám. 1982. november–december
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 86. No. 6. Nov–Dec. 1982. Budapest

A napfénytartam évi menetének harmonikus analízise

ÁCS FERENC és MIHAILOVIĆ T. DRAGUTIN, Újvidéki Egyetem, Mezőgazdasági Kar
Meteorológiai Osztálya, Veljka Vlahovića 2, 21000 Novi-Sad, Jugoslavia

Harmonic analysis of the annual variation of sunshine duration. The monthly values of sunshine duration measured in 1948–1980 at Novi-Sad (Yugoslavia) are examined by harmonic analysis. It is shown that the annual variation of sunshine duration is well approximated by Fourier series. Thus the method can be applied for supplementing the missing monthly values. Finally, the expected and maximal errors in the supplemented data are presented (Table III).

✱

A napfénytartam évi menetének harmonikus analízise. A szerzők az 1948–1980 időszakban Újvidéken mért napfénytartam havonkénti összegeinek harmonikus analízisét végzik el. Kimutatják, hogy a napfénytartam évi menete Fourier-sorbafejtéssel jól közelíthető. Így a módszer felhasználható a napfénytartam hiányzó havi összegeinek pótlására. Végül a pótolat adatok közepes és maximális hibáit adják meg (III. táblázat).

✱

A napfénytartam értékes időjárás- és éghajlati elem. Folyamatos, gondos mérésével a globálsugárzás önálló mértékmutatójaként használható. Különösen értékes éghajlati sorozat formájában, de sokszor előfordul, hogy az adatok hiányos volta folytán a sorozat kiegészítésre szorul. Az adatkiegészítés módszereinek, különösen az éghajlatban, sok figyelmet szenteltek (Vujević, 1956). A periodikus járást mutató mérési vagy megfigyelési sorozatok megközelítése és a hiányzó adatok pótlása a harmonikus analízis módszerével oldható meg. [E módszer szélesebb körű elemzése Pollak (1926) és Bruni (1937) munkáiban található.]

Az alábbiakban az 1948–1980 időszakban Újvidéken mért napfénytartam évi járásának harmonikus analízisét mutatjuk be. Az adatokat a Vajdaság Autonóm Tartományának Tartományi Hidrometeorológiai Intézete szolgáltatta.

1. Matematikai alap

A külső hatást leíró $f(t)$ függvény Fourier-sora

$$f(t) = a_0 + \sum_{k=1}^{\infty} \left[a_k \cos \frac{2K\pi}{T}t + b_k \sin \frac{2K\pi}{T}t \right], \quad (1)$$

egyenletesen konvergens és előállítja a függvényt ha

- 1) az $f(t)$ függvény periódikus T periódussal, vagyis $f(t) = f(t + T)$,
- 2) az $f(t)$ függvény kielégíti a Dirichlet-féle feltételt.

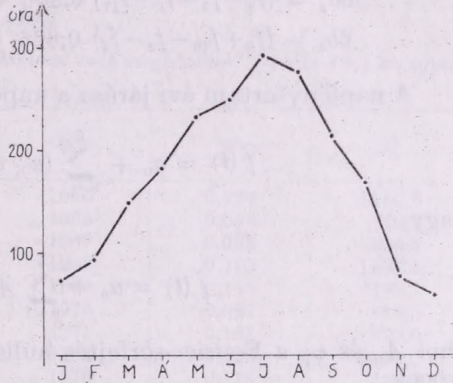
Az a_0 , a_K , b_K együtthatókat Euler – Fourier-féle együtthatóknak nevezik és a következő képletekkel adóttak:

$$a_0 = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) dt \quad (2)$$

$$a_K = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \cos \frac{2K\pi}{T} t dt \quad (3)$$

$$b_K = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \sin \frac{2K\pi}{T} t dt \quad (4)$$

A $T = 2\pi$ periódusértékre a képletek módosulnak:



1. ábra: A napfénytartam Novi-Sad területén (1948—1980)

$$a_0 = \frac{1}{2} \int_0^{2\pi} f(t) dt \quad (5)$$

$$a_K = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(t) \cos Kt dt \quad (6)$$

$$b_K = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(t) \sin Kt dt \quad (7)$$

Sokszor az $f(t)$ függvény N diszkrét pont halmazával adott, úgyhogy a Fourier-féle együttható-képletek továbbra is módosulnak:

$$a_0 = \frac{1}{2N} (f_0 + f_N) + \frac{1}{N} \sum_{n=1}^{N-1} f_n \quad (8)$$

$$a_K = \frac{2f_0}{N} + \frac{2}{N} \sum_{n=1}^{N-1} f_n \cos \frac{2\pi n}{N} K \quad (9)$$

$$b_K = \frac{2}{N} \sum_{n=1}^{N-1} f_n \sin \frac{2\pi n}{N} K \quad (10)$$

$f_0, f_1, f_2, \dots, f_{N-1}, f_N$ az $f(t)$ függvény értékei $0, 2\pi/N, 2(2\pi/N), \dots, (N-1)2(2\pi/N), \dots, (N-1)(2\pi/N), 2\pi$ pontokban.

Az elemzett esetben $N=12$, úgyhogy a Fourier-sor ötödik hullámaig tartó együtthatók végső alakja a következő:

$$12a_0 = f_0 + f_1 + f_2 + f_3 + f_4 + f_5 + f_6 + f_7 + f_8 + f_9 + f_{10} + f_{11} \quad (11)$$

$$6a_1 = (f_2 + f_{10} - f_4 - f_8) 0,5 + (f_1 + f_{11} - f_5 - f_7) 0,866 + f_0 - f_6 \quad (12)$$

$$6b_1 = (f_1 + f_5 - f_7 - f_{11}) 0,5 + (f_2 + f_4 - f_8 - f_{10}) 0,866 + f_3 - f_9 \quad (13)$$

$$6a_2 = (f_1 + f_5 + f_7 + f_{11} - f_2 - f_4 - f_8 - f_{10}) 0,5 + (f_0 + f_6 - f_3 - f_9) \quad (14)$$

$$6b_2 = (f_1 + f_2 + f_7 + f_8 - f_4 - f_5 - f_{10} - f_{11}) 0,866 \quad (15)$$

$$6a_3 = f_0 + f_4 + f_8 - f_2 - f_6 - f_{10} \quad (16)$$

$$6b_3 = f_1 + f_5 + f_9 - f_3 - f_7 - f_{11} \quad (17)$$

$$6a_4 = -(f_1 + f_2 + f_4 + f_5 + f_7 + f_8 + f_{10} + f_{11}) 0,5 + (f_0 + f_3 + f_6 + f_9) \quad (18)$$

$$6b_4 = (f_1 + f_4 + f_7 + f_{10} - f_2 - f_5 - f_8 - f_{11}) 0,866 \quad (19)$$

$$6a_5 = (f_5 + f_7 - f_1 - f_{11}) 0,866 + (f_2 + f_{10} - f_4 - f_8) 0,5 + f_0 - f_6 \quad (20)$$

$$6b_5 = (f_8 + f_{10} - f_2 - f_4) 0,866 + (f_1 + f_5 - f_7 - f_{11}) 0,5 + f_3 - f_9 \quad (21)$$

A napfénytartam évi járása a kapott állandókkal következőképpen írható

$$\widehat{f}(t) = a_0 + \sum_{K=1}^5 (a_K \cos Kt + b_K \sin kt), \quad (22)$$

vagy

$$\widehat{f}(t) = a_0 + \sum_{p=1}^5 A_p \sin(pt + \varphi_p), \quad (23)$$

ahol A_p és φ_p a Fourier-sorfejtés hullámainak megfelelő amplitúdók és fázis-szögek.

A (22) és (23) egyenlet összehasonlításából következik, hogy

$$A^0 = a_0 \quad (24)$$

$$A_p = (a_p^2 + b_p^2)^{1/2} \quad (25)$$

$$\varphi_p = \arctg \frac{a_p}{b_p} \quad (26)$$

2. Adatelemzés

A napfénytartam évi járását megközelítő $f(t)$ függvény alakja Újvidéken az 1948–1980. évi időszakban a következő:

$$f(t) = 173,82 + 110,63 \sin(t + 278,29) + 16,35 \sin(2t + 8,23) + 0,30 \sin(3t + 95,71) + 6,44 \sin(4t + 76,35) + 10,96 \sin(5t + 183,82). \quad (27)$$

I. TÁBLÁZAT

Az észlelt (f) és a számított (\widehat{f}) napfénytartam, valamint a kettő közötti különbség ($f - \widehat{f}$) órákban

	Jan.	Feb.	Márc.	Ápr.	Máj.	Jun.	Júl.	Aug.	Szept.	Okt.	Nov.	Dec.
f	72,6	95,4	150,2	182,7	235,6	253,1	292,4	278,8	214,4	172,6	78,2	59,8
\widehat{f}	72,5	95,5	150,1	182,8	235,6	253,2	292,3	278,9	214,3	172,7	78,1	59,9
$f - \widehat{f}$	0,1	-0,1	0,1	-0,1	0,0	-0,1	0,1	-0,1	0,1	-0,1	0,1	-0,1

A megközelítés mértéke az átlag S_0^2 , az egy (S_1^2), két (S_2^2), három (S_3^2), négy (S_4^2) és öt (S_5^2) hullám figyelembevétele esetén:

$$S_0^2 = \sum_{i=1}^{11} (f_i - \bar{f})^2 - a_0^2 = 6334,00; \quad S_1^2 = S_0^2 - 1/2 (a_1^2 + b_1^2) = 214,50$$

$$S_2^2 = S_1^2 - 1/2 (a_2^2 + b_2^2) = 80,84; \quad S_3^2 = S_2^2 - 1/2 (a_3^2 + b_3^2) = 80,79$$

$$S_4^2 = S_3^2 - 1/2 (a_4^2 + b_4^2) = 60,06; \quad S_5^2 = S_4^2 - 1/2 (a_5^2 + b_5^2) = 0,00058$$

Látható, hogy a megközelítés az első, második, harmadik és még a negyedik hullám esetén is túl durva. Ellenben az öt hullámmal való megközelítés pontossága már megfelelő, ezt igazolják az *I. táblázatban* levő reziduumok nagyságai is.

II. TÁBLÁZAT

A konvergencia együttható értékei (e^2) és az öt hullámmal való megközelítés mértéke (S_5^2) az egyes években

Év	e^2	S_5^2	Év	e^2	S_5^2
1948	0,064	446,2	1965	0,124	1186,3
1949	0,119	829,6	1966	0,046	410,8
1950	0,044	775,6	1967	0,083	806,4
1951	0,048	302,6	1968	0,163	1437,5
1952	0,113	1320,0	1969	0,175	1389,7
1953	0,113	1526,2	1970	0,081	818,6
1954	0,092	920,5	1971	0,101	870,0
1955	0,178	1479,3	1972	0,350	2031,0
1956	0,139	1341,3	1973	0,116	738,3
1957	0,236	1708,0	1974	0,266	2122,2
1958	0,123	1833,5	1975	0,491	2018,8
1959	0,125	640,4	1976	0,110	564,5
1960	0,090	798,0	1977	0,058	383,2
1961	0,095	1041,2	1978	0,097	1034,1
1962	0,113	1213,6	1979	0,122	725,2
1963	0,070	732,7	1980	0,096	1674,4
1964	0,100	1038,7	—	—	—

Az öt hullámmal való megközelítés pontosságára az úgynevezett konvergencia együttható is utal. A konvergencia együttható nagysága

$$e^2 = \frac{\sum_{i=0}^{11} (f_i - \hat{f}_i)^2}{\sum_{i=0}^{11} (f_i - \bar{f})^2} \quad (28)$$

mely a reziduumok és az észlelt adatok szórásnégyzetének hányadosával egyenlő, $1,4 \cdot 10^{-6}$, megközelítőleg nulla, s ezzel a megközelítési eljárás használatának megalapozottságát bizonyítja. A konvergencia együttható nagyságát és a megközelítés mértékét öt hullám esetén különböző évekre a *II. táblázat* tartalmazza. Az együtthatók nagyságaiból látni az $f(t)$ függvény használatának lehetőségét minden egyes évre, a legjobban visszaadott év az 1951., 1966. és az 1977., a legrosszabban visszaadott év pedig az 1972., 1974. és az 1975.

A kapott $\hat{f}(t)$ függvény analitikus alakja a hiányzó havi napfénytartam-összegek kiegészítésére is szolgál. Az adatpótlás várható és maximális hibáit a közepes eltérés

$$K = \frac{\sum_{j=1}^{33} |f_j - \hat{f}|}{33} \quad (29)$$

és a maximális eltérés

$$M = |f_j - \hat{f}_{\max}| \quad j = 1, 2, 3, \dots, 33 \quad (30)$$

nagyságaival becsültük. A közepes és maximális eltérés nagyságát az 1948 – 1980. évi időszakban minden hónapra a *III. táblázat* tartalmazza. Szembetűnőek a közepes eltérés kisebb értékei a téli hónapokban (december, január,

III. TÁBLÁZAT

Az észlelt és számított napfénytartamok közötti közepes (K) és maximális (M) eltérések (órákban) havonként az 1948–1980. évi időszakban

	Jan.	Febr.	Márc.	Ápr.	Máj.	Jún.	Júl.	Aug.	Szept.	Okt.	Nov.	Dec.
K	18,2	17,6	34,8	24,0	33,8	28,2	28,1	28,5	27,0	27,6	21,3	18,7
M	68,2	53,0	85,1	72,7	106,5	66,6	75,7	68,4	110,7	81,9	65,7	49,8

február), nagyobb, kiegyensúlyozottabb értékei a nyári hónapokban (június, július, augusztus, szeptember), a legnagyobb értékei pedig a tavaszi hónapokban (március, május). A maximális eltérés értékei majdnem minden hónapban 50 és 80 óra között ingadoznak, kivétel a május 106,5 és a szeptember 110,7 óra maximális eltérés.

Befejezésül megállapíthatjuk, hogy a kapott eredmények szerint, melyeket egészen röviden statisztikailag is elemeztünk, a napfénytartam évi járása Fourier-sorfejtésének lehetőségét igazoltuk. Utalunk e módszer használhatóságára az adatpótlásban, valamint az adatpótlás várható és maximális hibáira.

IRODALOM

- Bruni, D., 1937: The combination of observations. *The Meteorological Magazine*, 268
 Pollak, L. W., 1926: *Rechentafeln zur harmonischen Analyse*. Johann Ambrosius Barth, Leipzig.
 Vujevic, P., 1956: *Klimatoloska statistika*. Naucna Knjiga, Beograd.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 86. évf. 6. szám. 1982. november – december
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 86. No. 6. Nov – Dec. 1982. Budapest

A hőfáklyák terjedésének numerikus modellezése

SZABÓ ÉVA, Központi Meteorológiai Intézet, H-1525 Budapest, Pf. 38.

Numerical modelling of the dispersion of heat-plumes. Models describing the dispersion of smoke-plumes of chimneys and wet-plumes of cooling towers, furthermore empirical formulas are not suitable for characterizing those polluting processes which are accompanied by the release of high amounts of heat. In this case, when the temperature of the plume is extremely high and the emission is very rapid, a different method has to be applied. In this paper the characteristics of the heat-plume developed by combustion processes are described then a numerical model is given based on the equations of conservation (energy, mass, momentum) and one-dimensional entrainment; this model is suitable for the determination of the transport speed, radius, axis and temperature of the heat-plume. After investigating the effect of the input parameters, the results of calculations are compared with measurements carried out in a wasteyard of the Chinoin pharmaceutical factory during the combustion of waste.

✱

A hőfáklyák terjedésének numerikus modellezése. A füstfáklyák és a hűtőtornyok gőzcsóváinak terjedését leíró modellek, empirikus formulák nem alkalmasak a nagy hőfelszabadulással járó szennyezési folyamatok alkalmával kialakuló hőfáklyák terjedésének leírására. Ezért célszerűnek látszott egy olyan modellnek a kidolgozása, amely a magas hőmérsékletű, nagy kiáramlási sebességű csóvák terjedését szimulálja. Dolgozatunkban ismertetjük a nagy hőfelszabadulással járó égési folyamatok sajátosságait, megadunk egy olyan – a megmaradási egyenleteken és az egydimenziós besodródáson alapuló – numerikus modellt, amely alkalmas a hőfáklya terjedési sebességének, sugarának, tengelyének és hőmérsékletének meghatározására. A modell bemenő paramétereinek vizsgálata után a modell-számítások eredményeit összevetjük a Chinoin Gyógyszergyár hulladéktároló-telepén végzett hulladékégetés során kialakult hőfáklya terjedésével.

✱

Bevezetés. A természetben sokszor találkozunk olyan típusú légszennyezési folyamatokkal, amelyek során nemcsak szennyezőanyagok kerülnek ki a levegőbe, hanem ezzel egyidőben igen nagy mennyiségű hő is felszabadul. A szabadban lejátszódó égési folyamatok során például olyan hőfáklya keletkezik, amelyeknek hőmérséklete a környező levegő hőmérsékletéhez képest igen magas és nagy sebességgel áramlik felfelé. Ilyen alkalommal a környezetet nemcsak ez a hő szennyezi, hanem az égés során a levegőbe kerülő különböző gázok és szilárd anyagok is.

A hőfáklya terjedésének vizsgálata teljesen újszerű megközelítést igényel, mivel az eddig vizsgált szennyezőanyagok a légkör szempontjából „passzív anyagoknak” tekinthetők, ugyanakkor a hő „passzív anyagként” történő kezelése már nem fogadható el. A nagy hőfelszabadulással járó folyamatok modellezése ezért a jóval bonyolultabb termo- és hidrodinamikai egyenletek alkalmazását teszi szükségessé. Éppen ezért igen fontos feladat a légszennyeződésmeteorológia számára az ilyen nagy hőfelszabadulással járó folyamatok során

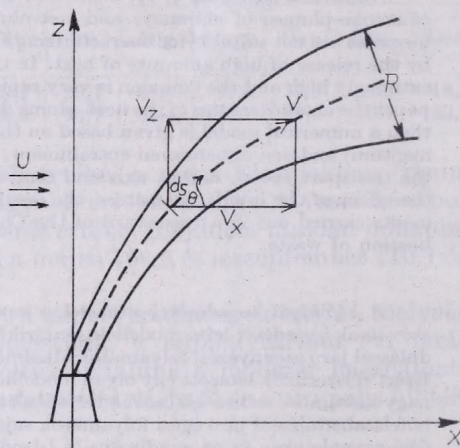
keletkező hófáklyák terjedésének leírása, s az égés folyamán a levegőbe került szennyezőanyagok koncentrációjának meghatározása.

1. A hófáklyák jellemzése

A hófáklyákat eredetük szerint három csoportba sorolhatjuk. Megkülönböztetünk

- természetes körülmények között,
- ipari tevékenység következményeként és
- balesetek során

keletkező hófáklyákat. A természetes körülmények között kialakuló hófáklyák közé sorolhatjuk pl. az erdőtüzek során, tarlók égetésekor fellépő csóvákat.



1. ábra. A kéményből kiáramló hófáklya. Jelölések: U = szélssebesség, V = a fáklya tengelyének sebessége, V_x , V_z = a fáklya-tengely függőleges és vízszintes sebesség-összetevői, R = a fáklya sugara, θ = a fáklya-tengely és a vízszintes által bezárt szög

Az olajfinomítóknak, hulladékégetőkben, bizonyos ipari tevékenységek során, az üzemelés elengedhetetlen feltételeként is keletkezik hófáklya. Épületek kigyulladásakor, gázkitöréskor, vegyipari balesetek során, esetleg robbanások következtében is kialakulhatnak nagykiterjedésű veszélyes tüzek.

Egy hófáklyának a feláramlási sebessége 20–30 m/s-ra hőmérséklete több száz, vagy akár ezer celsius fokra is tehető (Spangenberg, 1980, Golibrzuch 1980).

Az 1. ábrán egy kéményből kiáramló hófáklya sematikus rajza látható. Az ábrán U -val jelölt szél vertikális irányú változásától eltekintünk, a szél sebességén és irányán ezentúl a kémény magasságában uralkodó szelet értjük.

A fáklya mozgása két részre bontható:

1. Az első szakasz – viszonylag rövid időtartamú: a forró fáklya kezdetben nagy sebességgel függőleges irányban emelkedik. A nagy függőleges feláramlási sebesség dominál az erős kiáramlás, valamint a levegő és a fáklya közötti nagy hőmérséklet-különbség következtében. Ekkor a szélnek kevés befolyása van a fáklyára.

2. A második szakaszban – a feláramlás helyétől távolabb – a fáklya mozgása lelassul. A csóva a szél hatására már oldalirányban elhajlik, s nemcsak felemelkedik, hanem vízszintes irányban is halad. Sebességének függőleges irányú összetevője egyre csökken. A fáklya lassan kiterjed, vagyis sugara megnő és jelentős mértékben lehül. Ebben a szakaszban a turbulens szél hatása az

uralkodó. A hófáklya állapotjelzői lassan megközelítik a környező levegő állapotát, vagyis sebességét és hőmérsékletét.

A hófáklyák viszonylag nagy magasságba és ugyanakkor nagy távolságokra juthatnak el. A terjedést elsősorban az égési folyamat intenzitása (égési hőmérséklet, feláramlási sebesség, az égési terület nagysága) határozza meg, de nagy mértékben befolyásolhatja az uralkodó szélesebbesség, valamint a környező levegő hőmérsékleti rétegződése is. Így a csóva több száz, akár ezer méterig is emelkedhet, és több kilométert haladva veszi fel a környező levegő hőmérsékletét, s a sugara pedig a terjedés közben jelentős mértékben megnövekedhet.

2. A hófáklyák emelkedési magassága

A fáklya emelkedési magasságának leírására több empirikus összefüggést ismerünk. Ezek az empirikus képletek általában kísérleteken, megfigyeléseken alapulnak, s a hűtőtornyok gőzcsóvainak, ill. a pontforrásból származó füstfáklyáknak az emelkedését leíró képletekhez hasonlók. *Lucas* (1958) egy igen egyszerű formulát javasolt:

$$z_m = 11,5 \cdot H^{1/4} / u,$$

ahol z_m – az emelkedés, vagyis a fáklya tengelyének a forrás feletti magassága; m, u – szélesebbesség; m/s, H – a kibocsátott hó mennyisége; cal/s.

Concarve (1966) szintén kísérleti eredményekre alapozva jutott az előbbtől egy kissé eltérő formulához:

$$z_m = 0,047 H^{0,58} / u^{0,7}.$$

Holland (1953) a hideg és a meleg fáklyák tulajdonságainak összehasonlításából a következő összefüggésre jutott:

$$z_m = (3w r_s + 0,04 H) / u,$$

ahol w – a kiáramlás átlagos sebessége; m/s, r_s – a kémény sugara; m, H – a kibocsátott hó mennyisége; kcal/s.

Pristley (1956) már figyelembe vette a környező levegő állapotát is:

$$z_m - z_1 = \left(kw_1 - \frac{g \cdot \Delta T}{T_a} \right) / \left(\frac{g}{T_a} \frac{\partial T_a}{\partial z} + k^2 \right),$$

ahol T_a – a környező levegő hőmérséklete; °K, ΔT – a fáklya és a levegő közötti hőmérsékletkülönbség; °K, g – a gravitációs állandó; m/s², k – a keveredési együttható; 1/s, az 1-es index a referencia pontból mért értékekre vonatkozik.

Bosanquet és munkatársai (1950) jó empirikus közelítést adtak z_m -re, figyelembe véve a kéményből kiáramló levegő térfogatát és a környező levegő hőmérsékleti rétegződését:

$$z_m = \frac{4,77}{1 + 0,43(u/w)} \frac{(Q \cdot w)^{1/2}}{u} + 6,37 g \frac{Q \Delta T}{u^3 T_1} \left(\ln j^2 + \frac{2}{j} - 2 \right),$$

ahol

$$j = \frac{u^2}{(Qw)^{1/2}} \left[0,43 \left(\frac{T_1}{g \alpha_p} \right)^{1/2} - 0,28 \frac{w}{g} \cdot \frac{T_1}{\alpha_p} \right] + 1,$$

α_p – a levegő hőmérsékleti gradiense; °C/m, Q – a kéményből kiáramló levegő mennyisége; m³/s, T_1 – a referencia pontban mért hőmérséklet, °C.

Hewett és munkatársai (1971) Batchelor bekeveredésre alapozott modelljének tapasztalatai alapján kis Reynolds-számok esetén adták meg a következő összefüggést, amely a szélcsatornában végzett mérésekkel jó egyezést mutatott:

$$z_m = L_B S^{2/3} \left(\frac{6}{\beta^2} \right)^{1/3} \left(\frac{1}{1-2\beta\gamma} \right)^{1/3},$$

ahol L_B – a felhajtó erő, S – a levegőre vonatkozó stabilitási paraméter, B , γ – besodródási paraméterek, értékük 0,71, ill. 0,20.

Briggs (1969) stabilis légrétegződés esetén két különböző képlet alapján határozta meg a száraz fáklyák maximális emelkedését. Szélcsendes esetben a következő empirikus formulát alkalmazta:

$$z_{\max} = 5,0 F^{1/4} S^{-3/8}$$

A másik empirikus képlete a szeles időre vonatkozik:

$$z_{\max} = 2,9 \cdot [F_0/(u \cdot s)^{1/3}],$$

ahol F_0 – a felhajtó erő kezdeti fluxusa [$F_0 = (g/T_p) w_0 R_0^2 (T_{p0} - T_{e0})$], F – a felhajtó erő, S – a stabilitási paraméter [$S = (g/T_p) (\partial\theta_e/\partial z)$], amelyben $\partial\theta_e/\partial z$ a környező levegő potenciális hőmérsékleti gradiense, R – a fáklya sugara; m , a p , e és 0 indexek a fáklyára, a környező levegőre, illetve a kezdeti állapotra vonatkoznak.

3. A modell leírása

A fáklya maximális emelkedési magasságát megadó ismertebb empirikus képletek folyadék- és szélcsatornában végzett kísérleteken, valamint a megfigyeléseken alapulnak. Ezek a formulák csak adott, magas kéményből kiáramló fáklya maximális emelkedésének a becslésére alkalmasak, s a fáklya terjedéséről, lehüléséről semmilyen információt sem adnak. Továbbá problémát jelent még az is, hogy az égési folyamatok általában a talaj közelében, nagyobb területen zajlanak le, vagyis a folyamat ekkor már nem tekinthető pontszerűnek. Ezért célszerűnek látszott egy olyan modell készítése, amely figyelembe veszi a felszálló fáklyában végbemenő termodinamikai folyamatokat, a fáklya és a levegő kölcsönhatását, s amely modell akár térben, akár időben leírja a fáklya viselkedését, ugyanakkor alkalmas arra is, hogy egy nagyobb területről, a talajszintről feláramló szennyezett levegő terjedését írja le.

A cumulus felhők vizsgálatai, valamint a száraz csóvák terjedésének elméleti alapján Wigley és munkatársai (1975) olyan modellt dolgoztak ki, amely a megmaradási egyenletek segítségével és az egydimenziós besodródás figyelembevételével különböző légköri állapotok esetén jól megadja a hűtőtornyok nagy nedvességtartalmú csóvájának terjedését. Hasonló utat választottunk mi is a nagy hőtartalmú hófáklyák terjedésének írására.

3.1. *Meghatározó egyenletek.* A fáklya kiterjedésére, hőmérsékletére, függőleges emelkedésére és vízszintes haladására a következő megmaradási egyenleteket írtuk fel:

$$\frac{d}{dt} (VR^2) = \frac{2v_e}{R} VR^2 \quad (1)$$

$$\frac{d}{dt} \left(VR^2 g \frac{\Delta T}{T_a} \right) = -N^2 VR^2 V_z \quad (2)$$

$$\frac{d}{dt}(VR^2V_z) = g VR^2 \frac{\Delta T}{T_a} \quad (3)$$

$$\frac{d}{dt}(VR^2V_x) = U \frac{d}{dt}(VR^2) \quad (4)$$

ahol V – a fáklya sebessége a fáklya tengelye mentén; m/s, V_x , V_z – a horizontális és vertikális sebességösszetevő; m/s, R – a csóva sugara; m, v_e – a besodródás sebessége; m/s, U – a szélesebesség; m/s, g – a nehézségi gyorsulás; m/s², T_p – a fáklya hőmérséklete; °K, T_a – a környező levegő hőmérséklete; °K, $\Delta T = T_p - T_a$, N^2 – a Väisälä-frekvencia, amelynek értéke $N^2 = (g/T_a) \cdot (d\Theta_a/dz)$.

Az (1) tömegmegmaradás, a (2) energiamegmaradás, a (3) függőleges-, és a (4) vízszintes impulzusmomentum megmaradási egyenletek segítségével megadható a csóva tengelye és tengelyének sebessége, sugara, valamint a hőmérséklete.

Az (1)–(4) differenciálegyenlet-rendszert numerikus úton, számítógép segítségével oldottuk meg. Számításainkhoz a viszonylag gyors és pontos negyedrendű Runge–Kutta módszert használtuk fel. A számítás során az időlépcsőt 0,1-nek, majd 100 lépés után 1,0-nek választottuk meg, mivel ez a lépésköz már elég ahhoz, hogy az eljárás még elegendően pontos és gyors legyen.

3.2. *A besodródás megadásának módjai.* A modell (1) egyenletében szereplő besodródás sebesség (v_e) mutatja a kéményből, vagy a talajról felszálló hófáklya és a környező levegő közötti turbulens bekeveredés mértékét. A levegőbe kikerülő fáklya a környező levegővel keveredik, vagyis a sokkal hidegebb levegőrészek beáramlanak a forró fáklyába. Ennek a hatásnak a leírása az egyik legnehezebb probléma a fáklya terjedésének szimulálásában. A keveredés alapvetően meghatározza a fáklya emelkedését és hűlését, ezért ennek a paraméternek a megadására különösen nagy figyelmet fordítottunk.

Kezdetben a besodródás értékét csak a kiáramlás sebességével arányosnak tekintették. A folyadékcsatornában végzett mérések alapján *Hanna, Slawson és Wigley* (1975) az arányossági tényezőt 0,3–0,5-nek vette.

$$v_e = \alpha |w|, \quad (1)$$

ahol α – arányossági tényező, w – a kiáramlás sebessége; m/s.

Fan (1967) szerint, ha a fáklya vízszintes irányú terjedése közelítőleg megegyezik a szél sebességével, akkor

$$v_e = \alpha (v - u), \quad (2)$$

alakú, ahol v – a fáklya sebessége a tengely mentén; m/s, u – a szél sebessége; m/s.

Chan és Kennedy (1972) a hűtőtornyok gőzcsóvajának terjedését tanulmányozva v_e értékét a következőképpen állapította meg:

$$v_e = \alpha (|v| - |u| \cos \Theta) + \beta |u| \sin \Theta, \quad (3)$$

ahol Θ – a csóva tengelyének és a csóva vízszintes sebességösszetevőjének a szöge, α , β – állandók.

Hasonló következtetésre jutott *Wu és Koh* (1977) is:

$$v_e = \alpha (|v| - |u| \cos \Theta) + \beta |u| \sin \Theta \cdot \cos \Theta. \quad (4)$$

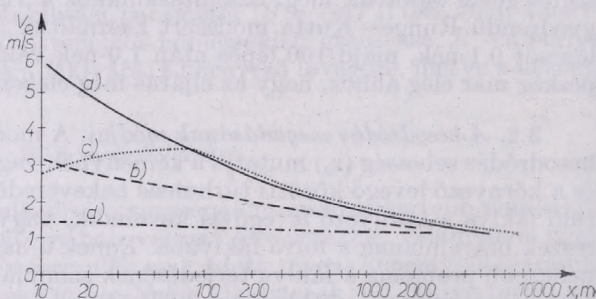
Ebben a két utóbbi egyenletben a jobb oldalon levő első tag a szélnyírásnak a fáklya-tengely és a környezet közötti sebességkülönbség következtében kifejtett hatását adja meg. α értéke $0,082 \cdot \sqrt{2}$, amelyeket kis értékű Froude-számra adtak meg stacionárius környezet esetén. A jobb oldal második tagjában $B |u| \sin \theta$ a tengelyre merőleges szélkomponenst, s az áramlásra merőleges irányban fellépő besodródás adja meg. β értéke 0,4 és 0,6 közé esik.

Briggs (1969) a besodródási paraméter meghatározásakor is megkülönböztette a szeles és szélcsendes eseteket. Szél esetén v_e értékét konstansnak (0,5 értékűnek) tekintette, szélcsendben pedig a

$$v_e = 0,2 - \frac{R \cdot b}{2w^2} \quad (5)$$

formulát alkalmazta, ahol b – értékét a $(g/T_p) (T_p - T_a)$ mennyiség határozza meg, T_p, T_a – a csóva ill. a levegő hőmérséklete; $^{\circ}\text{K}$, R – a csóva sugara; m , w – a kiáramlás sebessége; m/s .

2. ábra. A besodródási sebességek különböző szélesebességek esetén: a) Chan és Kennedy ($U = 10$ m/s), b) Chan és Kennedy ($U = 5$ m/s), c) Ooms ($U = 10$ m/s), d) Ooms ($U = 5$ m/s) egyenlete alapján



Albertson, Abraham és Briggs eredményei alapján Ooms (1972) a következőképpen határozta meg a besodródást:

$$v_e = \alpha_1 \cdot u^* + \alpha_2 u |\sin \theta| \cos \theta + \alpha_3 v, \quad (6)$$

ahol $\alpha_1 = 1,0$, $\alpha_2 = 0,5$, $\alpha_3 = 0,057$, u^* = a légköri turbulenciát jellemző tényező, amely függ a szélesebességtől, s a hőmérsékleti légrétegződéstől.

Az egyenlet első tagja a légköri turbulenciára utal, a harmadik tag azt a szakaszt írja le, amikor a nagy sebességgel feláramló fáklya keveredik a hozzá viszonyítva lassan mozgó levegővel, a középső tag pedig a már viszonylag nyugodtan áramló fáklya keveredését adja meg, vagyis amikor a fáklya közelítőleg a környező levegő sebességével mozog.

4. A számítások eredményei

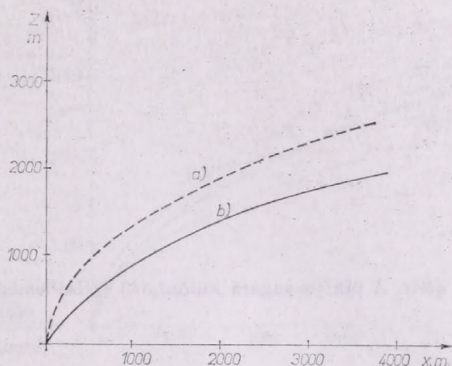
Először a modell bemenő paramétereit közül a terjedés szempontjából egyik legfontosabb paramétert, a besodródási sebesség értékeit határoztuk meg különböző szélesebességek esetén. A kiáramlási sebességet számításaink során nem változtattuk.

Az Ooms által megadott – (6) egyenlet – besodródási sebességet, valamint a szél- és folyadékcsatornában végzett kísérletek szerint a legjobbnak bizonyult Chan és Kennedy egyenletét – (3) formula – által megadott besodródást a 2. ábrán hasonlíthatjuk össze.

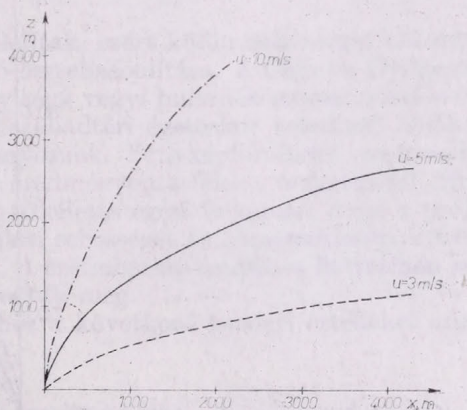
A szélsébség növekedésekor a besodródási sebesség értéke jelentős mértékben megnő, vagyis a fáklya és a levegő közötti kölcsönhatás erősödik. Erős szél esetén a fáklyába jobban beáramlik a környező hideg levegő.

A két egyenlet segítségével kiszámított besodródási sebességek értékei – ugyanazon szél- és kiáramlási sebességek esetén például $u=10$ m/s, $V_{z0} = 20$ m/s – a szennyezőforrás közelében nagymértékben eltérnek. A (3) egyenlet alapján számított értékeket az jellemzi, hogy a besodródás kezdetben igen nagy, példánkban a 6 m/s-ot is eléri, majd a forrástól mért távolsággal hirtelen lecsökken. A (6) egyenlet alkalmazása más képet mutat. Kezdetben a beáramlás

3. ábra. A különböző típusú besodródások hatása a fáklya emelkedésére: a) Ooms, b) Chan és Kennedy egyenlete alapján



4. ábra. A hófáklya tengelye különböző szélsébségek esetén



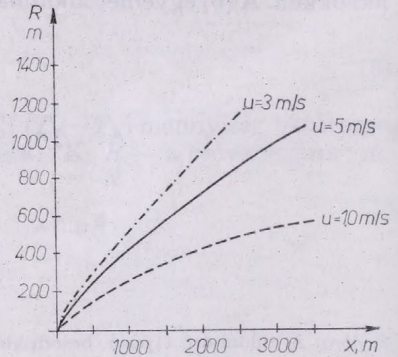
kisebb, ezután egy rövid ideig növekedik a besodródási sebesség értéke, s a forrástól távolodva 100–200 méternyi távolságtól kezdve ismét csökken a távolsággal. Kb. 1 km-es távolságban a két egyenlet segítségével meghatározott besodródási értékek közel egyenlők. Így látható, hogy a szennyezőforrás közelében alapvető fontosságú az hogy melyik besodródást használjuk számításaink során.

A besodródásnak a fáklya emelkedésére gyakorolt hatását a 3. ábrán mutatjuk be. Ugyanazon feltételek esetén az Ooms által megadott besodródást felhasználva a fáklya magasabbra emelkedik, mint Chan és Kennedy besodródása esetén. Ez a következő módon magyarázható: A szennyezőforrás közelében sokkal nagyobb a besodródás értéke Chan és Kennedy egyenlete alapján szá-

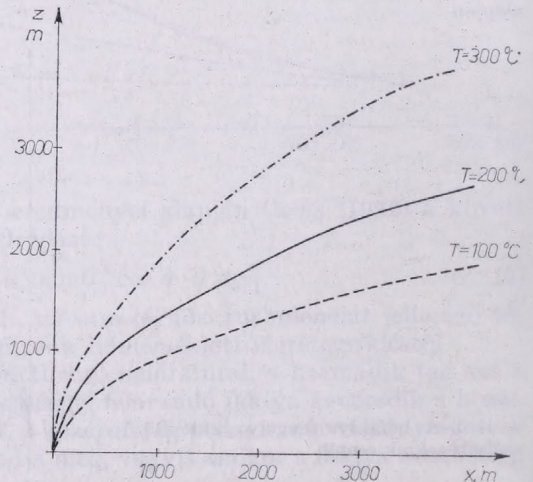
mítva, vagyis a fáklya jobban lehül és így kevésbé emelkedik fel, mint *Ooms* esetében.

Vizsgálatokat végeztünk arra vonatkozóan, hogy a különböző bemenő paraméterek megváltoztatása esetén hogyan viselkedik a fáklya. A fáklya és a környező levegő közötti hőmérséklet-különbségnek, a horizontális szélességnek, valamint a feláramlási sebességnek megváltozása jelentős mértékben befolyásolja az emelkedést és kiterjedést.

5. ábra. A fáklya sugara különböző szélességek esetén



6. ábra. A fáklya tengelye különböző kibocsátási hőmérsékletek esetén



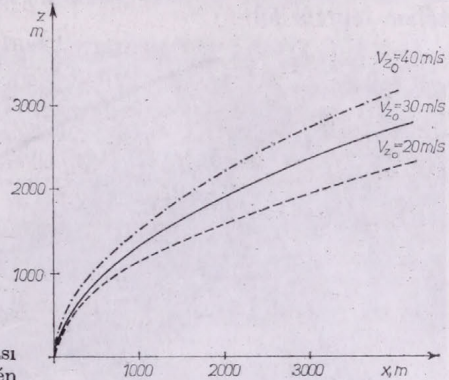
A 4. ábrán a szélesség változásának az emelkedésre gyakorolt hatását mutatjuk be. Gyenge szél esetén a magasabbra emelkedő fáklya a környező levegő hőmérsékletét a forráshoz közelebb veszi fel, és kevésbé hajlik el. A környező levegő áramlási sebességének változása a kialakuló csóva sugarát is befolyásolja. Az 5. ábrán látható a fáklyasugár változása a szélességtől függően. Az erős szél, amely a talaj közelébe szorítja le, mintegy összetartja a csóvát. Gyengébb szelek esetén a csóva sugara megnő, jobban szétterjed.

A magasabb hőmérsékletű fáklya ugyanazon körülmények között magasabbra és messzebbre jut el (6. ábra). Ennek az oka az, hogy a nagyobb hőmérsékletkülönbség miatt fellépő nagyobb felhajtóerő hatására a hófáklya intenzi-

vebben emelkedik. Ezzel egyidőben a csóva sugara is megnő. Mivel a feláramlás erősödött, ezért a besodródás is intenzívebb lett.

Mivel a hófáklya igen nagy sebességgel áramlik felfelé, ezért a fáklya emelkedését a kiáramlási sebesség függvényében is megvizsgáltuk. A 7. ábrán látható, hogy a sebesség növelésével a fáklya tengelye egyre magasabbra emelkedik.

A hófáklya terjedésével kapcsolatos mérések, megfigyelések és adatok a



7. ábra. A fáklya tengelye különböző kibocsátási sebességek esetén

hozzáférhető irodalomban nem publikáltak, ezért külön nehézséget okozott a szimulált csóvának a valósággal való összehasonlítása. A Chinoin Gyógyszer-gyár váci telephelyén egy nagymennyiségű vegyi hulladék megsemmisítésekor lehetőségünk nyílt arra, hogy egy szabadtéri égetéskor keletkező hófáklya terjedését megtekintsük és tanulmányozzuk. Fényképfelvételek segítségével hasonlítottuk össze a modellszámítás eredményeit a fáklya terjedésével. Mivel az égés szemmel láthatóan nem volt tökéletes égési folyamat, ezért a próbaszámításainkhoz alacsonyabb kiáramlási sebességet és hőmérsékletet vettünk, mint a bevezetőben említett értékek. A szélesebbség értékét a helyszínen végzett ballonos mérések alapján határoztuk meg.

A számítógépes program futásához a következő kezdeti értékeket adtuk meg:

- szél sebessége: 10 m/s,
- a környező levegő hőmérséklete: 20 °C,
- a fáklya hőmérséklete: 300 °C,
- a fáklya kiáramlási sebessége: 2 m/s,
- a fáklya kezdeti sugara: 15 m,

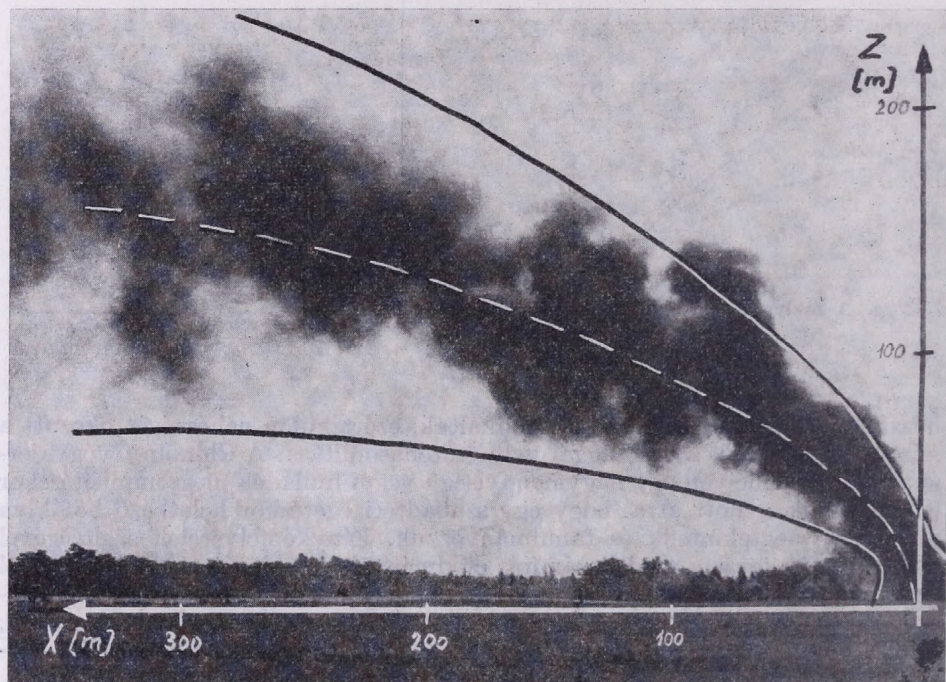
A számítás eredményeként megkaptuk a szimulált csóva tengelyét, sugarát, valamint hőmérsékletét a forrástól mért távolság függvényében. A számított csóvát a valósággal fényképünk (8. ábra) alapján vethetjük össze, ahol a fényképfelvétellel az általunk számított csóvát rámentíroztuk. (A felvételeket távolról, a terjedési irányra merőleges irányból készítettük, hogy a torzításokat elkerüljük.)

Az olyan nyugodtabb időszakokban, amikor a szél iránya és sebessége nem változik jelentős mértékben, a csóva terjedését a modell viszonylag jól szimulálja. A fáklya – ebben az esetben nyilvánvalóan az erős szél következtében –

a valóságnak megfelelően a földfelszín közelében maradt, s a fáklya emelkedését és sugarát is sikerült jól meghatározni. Ez azt jelenti, hogy a modell a feltételeinknek megfelelő állapotban kielégítően működik.

5. Következtetések

A leírt modell segítségével lehetőség nyílik olyan folyamatok leírására, amelyek nagyobb területen, nagy hőfelszabadulással lezajló égések következtében lépnek fel.



8. ábra. A szimulált fáklya és a Chinoin-telepen kialakult fáklya terjedésének összehasonlítása (Szerző felvétele)

A modell tesztelése során külön vizsgáltuk, hogy az egyes meteorológiai és az egyes technikai paraméterek változása milyen mértékben befolyásolja a csóva terjedését. A feláramló hófáklya hőmérsékletének, kiáramlási sebességének, valamint az égési terület nagyságának növelése a fáklya tengelyének további emelkedését és a fáklyában levő szennyezőanyagok nagyobb távolságra történő eljutását idézi elő. A modell érzékenységi vizsgálata alapján megállapíthatjuk, hogy alapvető fontosságú a csóva terjedésének leírásában a besodródási sebesség meghatározása. A környező levegő állapota (a szél sebessége, a hőmérsékleti légrétegződés) jelentős mértékben befolyásolja a csóva emelkedését és lehülését.

Az eljárás jól szimulálja a hófáklya terjedését, amit a megfigyelések, valamint a fényképfelvételek segítségével elvégzett összehasonlítások is alátámasztanak.

A fáklya és a levegő közötti turbulens kölcsönhatás további vizsgálata

során szükséges a fáklyában levő inhomogenitások figyelembevétele. A fáklya terjedésének leírásakor igen fontos feladata légszennyeződés-meteorológia számára a csóvában található szennyezőanyagok koncentrációjának meghatározása. E szempontok alapján célunk a modell továbbfejlesztése, s a környezeti hatások jobb figyelembe vétele.

IRODALOM

- Briggs, G. A., 1969: Plume rise. AEC. Critical Review. Series, TID-25075, Nat'R, Techn. Information Science Springfield, Va.
- Bosanquet, C., Carey, W. F., Halton, E. M., 1950: Dust Desposition from Chimney Stacks, Proc. Inst. Mech. Engrs. 162. 355.
- Chan, T. L., Kennedy, J. F., 1972: Turbulent Nonbuoyant or Buoyant Jets Discharged into Flowing or Quiescent Fluids. Iowa Institute of Hidraulic Research Report No. 140.
- Concawe Publication 1966: The Calculation of Atmospheric Dispersion from a Stack. Le Hauge.
- Fan, L. N., 1967: Turbulent Buoyant Jets into Stratified of Flowing Ambient Fields. Report No KH-R-15. W. M. Keck Laboratory of Hydraulics and Water Resources California Institute of Technology.
- Golibrzuch, W., 1980 - Thermische Verfahren zur Abgasreinigung und Beseitigung flüssiger Abfälle. *Umwelt*, 3. 321-328.
- Holland J. Z. 1953: A Meteorological Surrey of the Oka Ridge Area. USAEC. REP. OR 99. Oak Ridge National Laboratory.
- Lucas, D. H., 1958: The Atmospheric Pollution of Cities, *Int. J. Air Pollution*, 1. 71.
- Ooms, G., 1972: Calculation of the Plume Path of Gases Emitted by a Stack. *Atm. Env.* 899-909.
- Pristley, C. H. B., 1956: A Working Theory of the Bent-over Plume of Hot Gas. *Quart. Meteorol. Soc.*, 82. 1965.
- Spangenberg, W., 1980: Die Müllverbrennungs -Anlage Hameln. VGB. *Kraftwerkstechnik*, 60. 633-644.
- Wigley, T. M. L., 1975: A numerical analyzis of the Effect of Condensation on Plume Rise. *J. Appl. Met.*, 14. 1106-1109.
- Wigley, T. M. L., Slawson, P. R., 1975: The Effect of Atmospheric Conditions on the Lenght of Visible Cooling Tower Plumes. *Atm. Env.*, 9. 437-447.
- Wu, F., Koh, R., 1977: Matematical Model for Multiple Cooling Tower Plumes. W. M. Keck Laboratory of Hydraulics and Water Resources. Report No. KH-R-37. California Institute of Technology.
-

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 86. évf. 6. szám. 1982. november – december
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 86. No. 6. Nov – Dec. 1982. Budapest

A budapesti hőmérséklet szekuláris változásainak sztochasztikus klímamodellje

MIKA JÁNOS—BONCZ JÓZSEF, Központi Előrejelző Intézet, H-1675 Budapest, Postafiók 32.

A stochastic climate model of secular changes in the temperature of Budapest. On the basis of functional analogy between meteorological elements averaged for longer periods of time and the Brownian motion, a stochastic climate model has been constructed in order to simulate the changes in the annual mean temperature of Budapest. The internal parameters of the model, based on the Einstein–Kolmogorov equation, can be determined from the time-series of the past, making possible the determination of the feedbacks, which can be parametrized with restricted accuracy in deterministic energy-balance models, as one single parameter defined by locally valid actual data. The basic equation is decomposed to four ordinary linear differential equations regarding the first four moments. By the solution of these equations it can be seen that the influence of the initial conditions vanishes exponentially in time, i. e. the model is transitive on its interval of acceptance as wide as (-5K , $+2\text{K}$) of anomalies. The changes in the annual mean temperature from 1883 to 1976 in Budapest can be simulated either by taking into consideration alone the increasing concentration of CO_2 or by considering two or three external factors: the CO_2 concentration variations completed, on the one hand, with changes in turbidity and, on the other hand, with changes in turbidity and in solar constant. It is also shown that the model produces a useful signal on a time scale of temperature fluctuations being shorter than 10 years. Those anomalies, which cannot be explained by the three global factors, have been shown to have no connection with other causes affecting the global and local space-scales synchronously. In the difference between the actual and model-generated temperatures a linear trend as steep as $+0.34\text{K}/100$ years can be found, which may be explained by the increasing effect of the city. At the same time no significant periodicities can be observed in the difference between the actual sequence and the model run. The third momentum generated in the model shows changes parallel to the expected values, the second and fourth momentums run contrary to this. By assuming only an unchanged rate of increase of the CO_2 concentration, for the year 2000 an increase of temperature as high as 0.67K can be forecasted; to this $+0.08\text{K}$ will be added due to the trend of the city-effect of Budapest.

✕

A budapesti hőmérséklet szekuláris változásainak sztochasztikus klímamodellje. A hosszabb időre átlagolt meteorológiai elemek és a Brown-mozgás közötti funkcionális analógia alapján Budapest évi középhőmérsékletének változásait szimuláló sztochasztikus klímamodellt konstruáltunk. Az Einstein–Kolmogorov egyenleten alapuló modell belső paramétereit előállíthatók a múltbeli idősből, ami lehetővé teszi, hogy a determinisztikus energia-egyensúlyi modellekben korlátozott pontossággal parametrizálható visszacsatolásokat egyetlen paraméterként a tényleges, lokálisan érvényes adatokból határozzuk meg. Az alapegyenlet az 1–4. momentumokra nézve négy közöséges lineáris differenciál-egyenletre esik szét, amelyek megoldásából kitűnik, hogy a kezdeti feltételek hatása az idővel exponenciálisan lecseng, vagyis a modell a belső paraméterek által korlátozott, -5 és $+2$ fok között. értelmezési tartományán tranzitív. Budapest évi középhőmérsékletének változásait a CO_2 -koncentráció növekedése az 1883 és 1976 közötti időszakban ugyanolyan mértékben reprodukálja, mint a homályossággal, illetve a homályossággal és az elméleti napállandóval kiegészített két, illetve három globális külső tényező együttesen. Kimutattuk, hogy modellünk a tényleges hőmérséklet 10 évnél rövidebb ingadozásainak időtartományán is hasznos jelet produkál. A három globális külső tényező által meg nem magyarázott anomáliákról kimu-

tattuk, hogy nincs kapcsolatuk további olyan tényezőkkel, amelyek a globális és a lokális térskálán szinkronban hatnának. A valóságos és a modellben generált hőmérsékletek eltéréseben kimutatható egy $+0,34\text{K}/100$ év meredekségű lineáris trend, amely a növekvő város-hatással magyarázható. A tényleges idősor és a modell-futás közötti eltérésben ugyanakkor szignifikáns periodicitás nem mutatható ki. A modellben generált harmadik momentum a várható értékkel párhuzamos, a második és a negyedik pedig azzal ellentétes változásokat mutat. Csupán a CO_2 -koncentráció változatlan ütemű növekedése alapján, a modell segítségével 2000-re $0,67\text{K}$ hőmérséklet-emelkedés jelezhető előre Budapestre, amelyhez a város-hatás trendjéből $0,08\text{K}$ további emelkedés járul.

×

Bevezetés. Az elmúlt években számos kísérlet történt arra, hogy a Föld globális középhőmérsékletének a múlt század végétől napjainkig tapasztalt változásait numerikus klímamodellben szimulálják (Schneider és Mass 1975, Baldwin és mások 1976; Bryson és Dittberner 1976; Robock 1978, Budüko 1980; Vinnyikov és Grojszman 1981). E modellekben a változások külső okaiként a CO_2 -koncentráció exponenciális növekedését, a sztratoszférikus aeroszol-rétegnek a vulkáni tevékenység ingadozásaival összefüggő változásait és – a modellek egy részében – a nap állandó ingadozását vették figyelembe. E tényezők a lassú (simított) változásokat jó közelítéssel leírják, vagyis a globális középhőmérséklet szekuláris menete e három tényezővel lényegében megmagyarázható. Azok az energia-egyensúlyi típusú modellek pedig, amelyek a reprodukció eszközei voltak, a hőmérsékletváltozások hasonlóan kicsiny ($|\Delta t| < 1^\circ\text{C}$) tartományán alkalmasnak látszanak a globális éghajlat előrejelzésére is, feltéve, hogy a külső tényezők időbeli változását és ennek hatását a sugárzási energiaforgalomra valamilyen módon szintén előre tudjuk jelezni.

Valamely fizikai-földrajzi körzetben – így konkrétan a Kárpát-medencében is – a klímaváltozások döntően a globális folyamatok által meghatározott módon zajlanak. Ugyanakkor a változások mértéke függ a felszín-légkör rendszer termikus tehetetlenségének konkrét értékétől, az általános légkörzés módosulásának az adott körzetben fellépő szinoptikus folyamatok gyakorisági eloszlásában okozott anomáliától, valamint azoktól az antropogén tényezőktől, amelyek ma még csak a nagyvárosok és az ipartelek közelében, az éghajlati mezoskálán jutnak érvényre (pl. troposzférikus aeroszol-szennyezés, antropogén hőtermelés, mesterséges felszín-kialakítás). Ezen lokális tényezők a globális éghajlat fentebb említett modelljeiben, sokkal durvább térbeli felbontásuk miatt, nem vehetők figyelembe. A szükségést megközelítő felbontású általános cirkulációs modellekben pedig a rendkívül nagy számítógép-ido igény miatt ma még az egyenletek több évtizedre történő integrálására nincs lehetőség. Amennyiben tehát egy korlátozott földrajzi térség klímaváltozásainak másodfajú, ill. a jövőben elsőfajú előrejelzése a cél, akkor az erre a térségre érvényes klímamodelleket kell kidolgozni, amelyek paraméterei a lokális sajátosságok mellett természetesen értelemszerűen a globális változások külső tényezőit is magukban foglalják. Dolgozatunkban egy ilyen lokálisan értelmezett klímamodelt mutatunk be.

1. A Brown-mozgás, mint a hőmérsékletváltozások modellje

Első ízben Hasselmann (1976), majd később további szerzők (Lemke 1977; Volocsuk 1979; Nicolis és Nicolis 1979; Sutura 1981.) használták fel a globális éghajlat modellezésére azt a funkcionális analógiát, amely a Brown-mozgás és a hosszabb időre átlagolt meteorológiai elemek időbeli változásai között fennáll. Az analógia teljessége érdekében tekintsük az egydimenziós Brown-moz-

gást, vagyis azt a jelenséget, amikor egy nagy tömegű, de azért pontszerűnek tekinthető kolloid részecske egyenes menti helyváltoztatása a részecskére ható külső erők és a rendszertelen hőmozgást végző oldószer véletlenszerű impulzusközléseinek hatására megy végbe. Az oldószer molekuláinak nagy száma és egyenkénti mozgásállapotuk megmérhetetlensége miatt a rendszer mozgása nem jelezhető előre a mozgásegyenletek tömegpontonkénti felírása és együttes megoldása útján. Az oldószer és a kolloid részecske közötti ütközések ezért véletlen jelenségként kezelendők, és így a részecske pontos helyének időbeli változása helyett az x pont $\Delta x/2$ sugarú környezetén belüli előfordulás

$$P = \varphi(x, t; x_0, t_0) \cdot \Delta x \quad (1)$$

valószínűségét tudjuk megadni, mint az (x_0, t_0) kezdeti állapot függvényét.

A hosszabb időre átlagolt meteorológiai elemekkel hasonló a helyzet. A légkör állapotainak időbeli egymásutánisága bizonyos idő (1–3 hét) után a hely- és időkoordináták pontszerű függvényeként ugyancsak nem jelezhető előre. Valamely meteorológiai elem időbeli átlaga tehát ezen időn túl már nem kapható meg úgy, mint a minden időpillanatban ismert értékek számtani közepe. Amire az időátlagok megadása során elvileg lehetőség van, az a Brown-mozgáshoz hasonlóan az egyes értéktartományokba esés valószínűsége a kiindulási érték függvényében (Ez természetesen nem csak az időátlagokra, de az előrejelezhetőség határán túl az egyes időpontokhoz tartozó értékekre is vonatkozik.)

A meteorológiai elemek időbeli átlagaiban elkülöníthető egy viszonylag lassú és egyenletes változás, amit az éghajlati rendszer külső tényezőinek változásai, valamint a belső tényezők oszcillációs mechanizmusai, illetve egymáshoz való termikus igazodása vált ki; továbbá egy véletlenszerű fluktuáció, amely az időjárás anomáliák összegeződéséből ered, mint a légkör belső, transziens tulajdonságának a következménye. A valamely meteorológiai elem időbeli átlagértékét és a kolloid részecske tartózkodási helyét meghatározó folyamatok közötti analógia keretében a lassú éghajlati jellegű változást kiváltó tényezők a kolloid részecskére ható külső erőknek, az időjárás fluktuációk pedig az oldószer és a részecske közötti véletlenszerű ütközéseknek felel meg.

Az x koordinátákat tartalmazó I intervallumon végbemenő Brown-mozgást az ún. Einstein–Kolmogorov féle differenciál-egyenlet írja le (pl. *Tyihonov és Szamarszkij* 1956):

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} = - \frac{\partial (a\varphi)}{\partial x} + \frac{\partial^2 (D\varphi)}{\partial x^2} \quad (2)$$

A $\varphi(x, t; x_0, t_0)$ valószínűségi eloszlást meghatározó $a(x, t)$ és $D(x, t)$ függvényeket az alábbi két határérték definiálja:

$$a(x_0, t_0) = \lim_{\tau \rightarrow 0} \frac{\overline{x - x_0}}{\tau} = \lim_{\tau \rightarrow 0} \frac{1}{\tau} \int_I (x - x_0) \varphi(x, t_0 + \tau; x_0, t_0) dx \quad (3)$$

és

$$2D(x_0, t_0) = \lim_{\tau \rightarrow 0} \frac{\overline{(x - x_0)^2}}{\tau} = \lim_{\tau \rightarrow 0} \frac{1}{\tau} \int_I (x - x_0)^2 \varphi(x, t_0 + \tau; x_0, t_0) dx \quad (4)$$

A két határérték létezése a független növekményű stacionárius sztochaszti-

kus folyamatok elméletének keretében bizonyítható (Gihman és Szkorohod 1977). Az $a(x, t)$ függvény (3) szerint a kolloid részecske valószínűségi értelemben vett átlagos sebessége, más néven a rendezett mozgás sebessége, a $D(x, t)$ pozitív értékű függvény pedig a mozgás szabálytalanságának a mértéke.

A (2) parabolikus típusú parciális differenciál-egyenlet szerkezetét tekintve hasonlatos a hővezetést és a molekuláris diffúziót leíró egyenletekhez, ezért a $D(x, t)$ -t gyakran diffúziós együtthatónak nevezik. Az Einstein – Kolmogorov egyenlettel kapcsolatban meg kell említenünk, hogy a sztochasztikus klíma-modellt bemutató dolgozatok többségében a (2) Fokker – Planck egyenlet néven szerepel, annak ellenére, hogy a Fokker – Planck egyenlet az Einstein – Kolmogorov egyenletnek csupán speciális esete (Horváth, 1960.), amely nem egyezik meg a klíma-modellekben szereplő konkrét alakokkal sem.

Alkalmazzuk ezek után a Brown-mozgást Budapest évi középhőmérsékletének modelljeként. Ekkor a (2) egyenlet által meghatározott eloszlásfüggvény az $\Omega = T - T_N$ hőmérsékleti anomáliák valószínűségeit fogja megadni, ahol T_N valamilyen stabilis egyensúlyi hőmérséklet, amely a tapasztalat szerint létezik, mert az elmúlt évszázadok nem mutattak a teljes időszakban egyirányú klímaváltozást. A (2) egyenletet, illetve az alábbiakban ismertetendő sztochasztikus klíma-modellt Ω azon értékeinek intervallumára értelmezzük, amely még nem vezet T_N -től különböző, új egyensúlyhoz. Arról, hogy ez a hőmérsékleti intervallum milyen széles, sajnos nem rendelkezünk tapasztalati ismeretekkel, sőt azt sem tudjuk, hogy valóban létezik-e több egyensúlyi klíma ugyanazon külső feltételek mellett úgy, ahogyan ennek lehetősége az egyszerű energia-egyensúlyi modellek viselkedése alapján megfogalmazódott (pl. Budyko 1969, Drazin és Griffel 1977).

A (2) egyenlet a független változó átjelölése után a

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} = - \frac{\partial}{\partial T} a(T, t) \varphi + \frac{\partial^2}{\partial T^2} D(T, t) \varphi \quad (2')$$

alakot ölti. Fejtsük Taylor-sorban az $a(T, t)$ és $D(T, t)$ függvényeket a T_N egyensúly környezetében:

$$a(T, t) = a(T_N, t) - \beta \Omega + \dots \quad (5)$$

$$D(T, t) = D(T_N, t) + \frac{\partial D}{\partial T} \Big|_{T=T_N} \Omega + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 D}{\partial T^2} \Big|_{T=T_N} \Omega^2 + \dots = D_0 + \alpha \Omega + \Omega^2 + \dots \quad (6)$$

Az előállított tagok és tényezők fizikai tartalma a következő:

- $a(T_N, t) = R(t)$ foglalja magába a Budapest évi középhőmérsékletének változásai szempontjából külső tényezőket. Ide tartoznak a globális éghajlatban is változásokat kiváltó természetes és antropogén hatások (vulkánosság, napállandó CO_2 , stb.) és az antropogén tevékenység lokálisan megmutatkozó következményei, amelyeket együttesen városhatásnak nevezhetünk, és végül az általános légkörzés azon periodikus és aperiodikus változásai, amelyek eredményeképpen megváltoznak az advektív hőfelvétel és a sugárzási energiával való gazdálkodás feltételei (pl. a felhőzet, a nedvességtartalom stb.). Ez a tag a hőmérsékleti idősről *a priori* nem határozható meg.
- $\beta > 0$ a pozitív és negatív visszacsatolási mechanizmusokat foglalja össze egyetlen számban, pozitív előjellel biztosítva a modell stabilitását.

– D_0 , α és γ az időjárási fluktuáció erősségét szabályozza, mivel joggal feltételezhető, hogy a hőmérséklet változásaival a fluktuáció intenzitása sem marad állandó. Ha ugyanis a globális változásokkal összhangban emelkedik a hőmérséklet, akkor a Budapeستől északra elhelyezkedő frontálzóna még északabbra tolódik, és így az e frontálzónán képződő ciklonok még ritkábban okoznak erős lehűlést. Ha pedig az évi középhőmérséklet csökken, akkor a frontálzóna tengelye délebbre húzódik, gyakrabban vonva hatása alá a Kárpát-medencét. A frontálzóna helyzete és az időjárási fluktuáció közötti összefüggés megfigyelhető a havi középhőmérsékletek szórásának övezetes eloszlásában is (Péczeley, 1974).

Az időjárási fluktuáció és a hőmérséklet közötti kapcsolat másodfokú alakja megengedi, hogy igen erős lehűlés után, amikor a frontálzóna tengelyéhez képest Budapest már északra helyezkedik el, a fluktuáció ismét csökkenjen.

A β , D_0 , α és γ együtthatók a sorfejtés formalizmusa szerint függenek az időtől, de mivel értékeiket Budapest hőmérsékleti idősorából, mint egyetlen tealizációból kell megbecsülnünk, e paraméterek időbeli változásaitól el kell tekintenünk.

Beírva (2')-be a sorfejtés után megmaradt tagokat, a

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial \Omega} (-\beta \Omega + R) \varphi + \frac{\partial^2}{\partial \Omega^2} (D_0 + \alpha \Omega + \gamma \Omega^2) \varphi \quad (7)$$

egyenlethez jutunk, amely megadja a $\varphi(\Omega, t)$ eloszlásfüggvény időbeli változásait. Az eloszlásfüggvények kezelése és a valóságos idősorokból való becslése azonban általában nehézkes, ezért célszerű (7)-ből az eloszlás momentumaira vonatkozó összefüggések levezetése. Ha ennek érdekében Voloscuk (1979) nyomán (7)-et rendre megszorozzuk Ω^n -nel, ahol $n = 1, 2, 3, 4, \dots$ és integráljuk Ω szerint a $(-\infty, +\infty)$ intervallumra, akkor a φ eloszlás momentumaira az

$$\frac{1}{b} \frac{d}{dt} \langle \Omega^n \rangle = -[\beta - (n-1)\gamma] \langle \Omega^n \rangle + [R + (n-1)\alpha] \langle \Omega^{n-1} \rangle + (n-1) D_0 \langle \Omega^{n-2} \rangle \quad (8)$$

közönséges lineáris differenciál-egyenletekhez jutunk. Mivel az eloszlásfüggvények szokásos jellemzői közül a negyedik momentum a legmagasabb, és a modell paramétereinek meghatározásakor (ld. 2. fejezet) ezt fel is használjuk, (8)-at $n = 1, 2, 3$ és 4 értékek mellett oldottuk meg:

$$\frac{d\langle \Omega \rangle}{dt} = -\beta \langle \Omega \rangle + R, \quad (9)$$

$$\frac{d\langle \Omega^2 \rangle}{dt} = -2(\beta - \gamma) \langle \Omega^2 \rangle + 2(R + \alpha) \langle \Omega \rangle + 2D_0, \quad (10)$$

$$\frac{d\langle \Omega^3 \rangle}{dt} = -3(\beta - 2\gamma) \langle \Omega^3 \rangle + 3(R + 2\alpha) \langle \Omega^2 \rangle + 6 D_0 \langle \Omega \rangle, \quad (11)$$

$$\frac{d\langle \Omega^4 \rangle}{dt} = -4(\beta - 3\gamma) \langle \Omega^4 \rangle + 4(R + 3\alpha) \langle \Omega^3 \rangle + 12 D_0 \langle \Omega^2 \rangle. \quad (12)$$

Figyelmet érdemel, hogy (9) értelmében a várható érték változásait az időjárási fluktuációk nem befolyásolják. A (9)–(12) egyenletek megoldását megkönnyíti, hogy minden momentum időegység alatti megváltozásához csak az alacsonyabb momentumok értékeire van szükség.

2. A paraméterek meghatározása

A (9)–(12) egyenletekben szereplő D_0 , α és γ paramétereket Budapest évi középhőmérsékleteinek idősorából határozhatjuk meg, ismételten felhasználva Voloscsuk (1979) levezetését. Alkalmazzuk a (9)–(12) egyenleteket az $\langle \Omega \rangle = 0$ stacionárius egyensúlyra, amely egyben föltételezi, hogy $R = 0$. A bal oldalak zérussá válása után osszuk végig az egyenleteket β -val. (10)–(12) ekkor három lineáris egyenletet szolgáltat D_0^* , α^* és γ^* értékekre, ahol

$$D_0^* = D_0/\beta, \quad \alpha^* = \alpha/\beta \quad \text{és} \quad \gamma^* = \gamma/\beta.$$

A kérdés csak az, hogy az idősor melyik szeletéből becsüljük meg a „stacionárius egyensúly”-t jellemző második, harmadik és negyedik momentumokat.

A műszeres mérések alapján 1781-től rendelkezésre álló, teljes 200 évet átfogó idősor nem megfelelő, mert minden valószínűség szerint nem elégíti ki az $R = 0$ követelményt. Ugyanez a követelmény kizárja az idősor hosszabb, száz évnyi szeleteit is, s csak azok a 20–30 év hosszúságú időszakok jönnek számításba, amelyeken belül nem mutatható ki egyenletes (trendszerű) változás. Ezen időszakok megtalálása érdekében 1781-től minden évből kiindulva 10, 15, 20, 25 és 30 egymást követő évre meghatároztuk a lineáris trendek iránytangenseit. Ezek közül a stacionárius egyensúly követelményét leginkább megközelítőnek azon időszakokat tekintettük, amelyekre a 30 évre vonatkozó trend nagy pontossággal zérus, és a 30 éven belüli rövidebb szakaszok trendje is a zérushoz közeli. A 200 évi időorból közös éveket nem tartalmazó három trendmentes 30 évet választottunk ki: az 1832–61, az 1870–99 és az 1914–43 közötti időszakokat. Mindhárom időszakra kiszámítottuk a D_0^* , α^* és γ^* értékeket; azt tapasztaltuk, hogy míg $D_0^* \pm 10\%$ pontossággal, γ^* pedig előjelben és nagyságrendben azonosnak mutatkozott, addig α^* értékei előjelben sem egyeztek. Mivel az időjárási fluktuáció és a hőmérséklet közötti kapcsolat jellegét csak az 1914 és 1943 közötti időszak adta vissza előjel-helyesen, a D_0^* , α^* és γ^* paraméterek megállapításához a továbbiakban csak ezt a 30 évet használtuk fel.

Hátra volt még β értékének meghatározása; ehhez felhasználtuk, hogy D_0 nemcsak a stacionárius megoldásból, hanem a (4) definíciós egyenlet alapján is becsülhető. A $\tau \rightarrow 0$ esetén fellépő határértéket az egymást követő évekből számított átlagos négyzetes megváltozással helyettesítve, az eredmény $D_0 = 0,580 \text{ K}^2 \text{ év}^{-1}$, amellyel a (10)–(12) egyenletekből számított $D_0 = 0,565 \text{ K}^2 \text{ év}^{-1}$ et elosztva $\beta = 0,97 \text{ év}^{-1}$ adódott. Behelyettesítve ezt az értéket α^* és γ^* -ba, $\alpha = -0,17 \text{ K év}^{-1}$ és $\gamma = -0,060 \text{ év}^{-1}$ eredményt kapjuk.

A D_0 , α és γ paraméterek ismeretében meghatározható az a hőmérsékleti intervallum, amelyen belül teljesül a $D > 0$ feltétel, vagyis amelyre a modell egyáltalán értelmezhető. A $D = D_0 + \alpha\Omega + \gamma\Omega^2$ egyenlet gyökei $-4,8$ és $+2,0^\circ\text{C}$, e tartományon kívül D negatívvá válik. Nem zárható ki, hogy véletlen egybeesésről van szó, de mindenesetre tény, hogy a Budüko (1974) által szerkesztett energia-egyensúlyi modellben egész fok pontossággal ugyanezek az értékek adódtak a globális évi középhőmérséklet ún. kritikus értékeire. A napállandó fokozatos változtatásával kapcsolatban kísérletben ezen értékek elérése után további napállandó-változásra a modell-klimában ugrásszerűen teljes eljegesedés, ill. az Északi-félteke jégtakarójának teljes elolvadása következett be. Ezek a kritikus értékek kijelölik a stabilis egyensúly határait, amelyeken belül – értelmezéseinknek megfelelően – modellünk érvényesnek tekinthető.

Az $R(t)$ külső tényező meghatározása érdekében tekintsük az egység alapú vertikális légoszlop és az aktív felszín együttes energia-egyensúlyi egyenletét:

$$\frac{dT}{dt} = \frac{1}{q} [S(Q_0(t), P(t), T) - L(g(t), T) + V(t) + A(T, t)], \quad (13)$$

ahol S a légoszlop rövidhullámú sugárzási mérlege, Q_0 az évi átlagban a légoszlop külső határára érkező napsugárzás, P a légkör optikai vastagsága, L a légoszlop hosszú hullámú sugárzási mérlege, $g = C/C_0$ a légkör CO_2 -koncentrációjának relatív értéke, V a városhatás, A az advekcio útján a légoszlop közölt hőmennyiség, q a felszín-légkör rendszer W év $m^{-2} K^{-1}$ dimenziójú, ún. termikus tehetetlensége.

A (13) jobb oldalán szereplő függvényeket fejtsük Taylor-sorba valamenynyi, az időtől különböző változó szerint, és az elsőfokú tagokkal bezáróan írjuk fel a jobb oldalt a T_N egyensúlyi állapot környezetében:

$$\frac{dT}{dt} = \frac{1}{q} \left[Q_0 \left\{ (1 - \alpha_0) - \frac{\partial \alpha}{\partial P} P' - \frac{\partial \alpha}{\partial T} T' \right\} + (1 - \alpha_0) Q_0 - L(T_N) (1 + k'(g)) - bT' + V + V'(t) + A(T_N) + A'(T) + A''(t) \right]. \quad (14)$$

A T_N egyensúly fennállásakor az energiataagok egyensúlyt tartanak, vagyis

$$Q_0(1 - \alpha_0) - (a + bT_N) + V + A(T_N) = 0, \quad (15)$$

amivel (14)-et egyszerűsítve a

$$\frac{dT}{dt} = \frac{1}{q} \left[Q_0 \left(-\frac{\partial \alpha}{\partial P} P' - \frac{\partial \alpha}{\partial T} T' \right) + (1 - \alpha_0) Q_0' - k'(g) (a + bT_N) - bT' + V'(t) + A'(T) + A''(t) \right] \quad (16)$$

egyenlethez jutunk.

Hasonlítsuk össze (16)-ot a sztochasztikus modell által generált várható érték változásait leíró (9) egyenlettel. Mindkét egyenlet jobb oldala a hőmérséklet időegység alatti megváltozását tartalmazza, így ennek alapján szétválaszthatók a hőmérsékleten keresztül érvényre jutó visszacsatolások, mint $-\beta \langle \Omega \rangle$ összetevői és az R -ben összefoglalt külső tényezők:

$$-\beta \langle \Omega \rangle = \frac{1}{q} \left[Q_0 \frac{\partial \alpha}{\partial T} T' + bT' - A'(T) \right], \quad (17)$$

$$R = \frac{1}{q} \left[-Q_0 \frac{\partial \alpha}{\partial P} P' + (1 - \alpha_0) Q_0' - k'(g) (a + bT_N) + V'(t) + A''(t) \right]. \quad (18)$$

A (17) jobb oldalán szereplő visszacsatolások parametrizálása az energiaegyensúlyi klíma-modellezés legnagyobb nehézsége, különösen ami az albedó és a hőmérséklet, ill. az advektív hőszállítás és a hőmérséklet közötti kapcsolatot illeti. Azzal, hogy a β értékét az empirikus idősből számítottuk ki, sikerült megkerülnünk ezt a nehézséget.

Az $R(t)$ -ben szereplő sugárzási energiafelvételi tagokat mintegy 10%-os pontossággal az alábbiakban ismertetett források felhasználásával vettük számításba, míg $V'(t)$ és $A''(t)$ explicit figyelembevételére nem találtunk lehetőséget. Amennyiben föltételezhetnénk, hogy a felsorolt éghajlatalkító tényező-kön kívül más már nincs befolyással Budapest évi középhőmérsékletére, akkor $V'(t)$ és $A''(t)$ úgy interpretálhatók, mint a valóság és a modell eltéréseinek okai.

A (18)-ban szereplő Q_0 , $a + bT_N = L(T_N)$ és α_0 mennyiségeket *Ellis* és *Vonder Haar* műholdas méréseken alapuló adataiból számítottuk ki (*Kondratyev*, 1980),

a 48. északi szélességre interpolálva a 10 fokenként megadott évi középértékeket.

A $\partial x/\partial P$ mennyiséget *Ohring* (1979) nyomán 0,057-nek vesszük. A $k'(g)$ függvényt *Ramanathan* (1980) nyomán a

$$k'(g) = k_0 \ln g \quad (19)$$

alakban keressük. *Ramanathan* és mások (1979) számításai szerint a CO₂-koncentráció megduplázódása ($g = 2$) a légkör hosszá hullámú mérlegének 4 Wm^{-2} nagyságú emelkedéséhez vezet, amelyből — figyelembe véve, hogy az egész Föld hosszúhullámú mérlege $\bar{L} = S_0(1 - \alpha_0)4$ — az eredmény $k_0 = 0,025$.

A modellünkben figyelembe vett fenti számértékekkel (18)

$$R = \frac{1}{q} (-20 P' + 0,63 Q_0' + 5,3 \ln g') \quad (20)$$

alakú lesz. A q termikus tehetetlenség mértéke az éghajlati modellben, illetve empirikus számítások alapján globális átlagban 1 és 20W év $\text{m}^{-2}\text{K}^{-1}$ értékek között változik, a szárazföldek felett q a globális átlagnál alacsonyabb. E két ok miatt nincs mód arra, hogy a külső tényezőket meghatározó többi paraméterhez hasonlóan q értékét is irodalmi forrásokból vegyük át. Ezért a Budapest földrajzi koordinátáihoz tartozó termikus tehetetlenséget a két leggyakrabban elvégzett modellkísérlet, az 1%-os napállandó-változás, illetve a CO₂ duplázódás legvalószínűbb hőmérsékleti követelménye alapján számítottuk ki. Modellünk (9) egyenletének megoldása

$$\langle \Omega \rangle (t) = e^{-\beta t} \left[\langle \Omega \rangle_0 + \int_0^t Re^{\beta t'} dt' \right] \quad (21)$$

A mondott tipikus modell-kísérletekben R értéke állandó, és a modellek az ehhez tartozó aszimptotikus megoldásokat állítják elő ($t \rightarrow \infty$).

Ekkor R kivihető az idő szerinti integrál elé és (21) az

$$\langle \Omega \rangle (t) = e^{-\beta t} \left[\langle \Omega \rangle_0 + \frac{R}{\beta} (e^{\beta t} - 1) \right] \quad (22)$$

alakot ölti, amelyeknek aszimptotikus megoldása $\langle \Omega \rangle (\infty) = R/\beta$. A különböző típusú modellek alapján a *Molnár* és *Mika* (1981) által ismertett fizikai-statisztikai becslés szerint az 1%-os napállandó-emelkedés $+2,2\text{K}$; a CO₂ duplázódás pedig $+2,3\text{K}$ melegedést vált ki a globális középhőmérsékletben.

Manabe és *Stouffer* (1980) reális kontinens-óceán eloszlást szimuláló általános cirkulációs modelljének eredményei szerint a Budapest földrajzi koordinátáinak megfelelő pontban a hőmérséklet érzékenysége 1,2-szerese a globális érzékenységnak. Ezt figyelembe véve $\langle \Omega \rangle (\infty)$ értékében, q értékére 0,7, illetve 1,4 W év $\text{m}^{-2}\text{K}^{-1}$ adódott. A q termikus tehetetlenség mértékére ezek számtani közepét, 1,0 W év $\text{m}^{-2}\text{K}^{-1}$ értéket választottuk.

Az együtthatók meghatározása után rátérünk a P' , Q_0' és g' „független változók” reprodukálására. A légkör optikai vastagságának az aeroszol-koncentrációval összefüggő évenkénti P értékeit *Bryson* és *Goodman* (1980) munkájából vettük át, akik a 20. és 65. északi szélesség között elhelyezkedő 42 aktinometriai állomás 1883 és 1976 közötti méréseit használták fel. A ppm dimenziójú CO₂-koncentráció időbeli változásait *Bjntner*

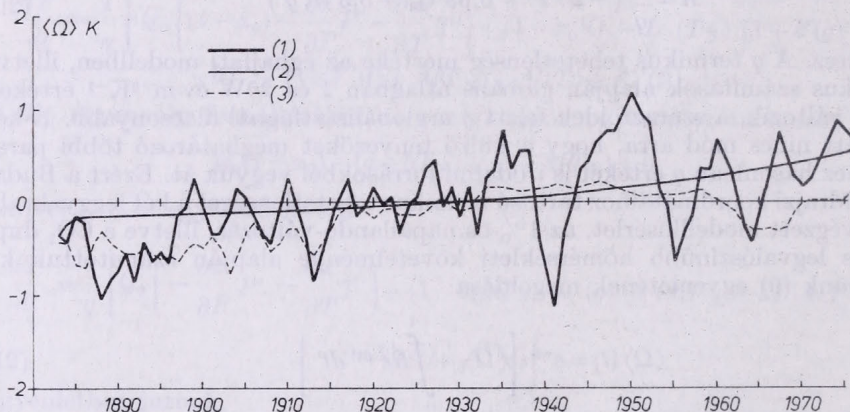
$$C(t) = 290 + 1,533 \exp \{0,0287(t - 1860)\} \quad (23)$$

approximációs képlete alapján vettük figyelembe (Vinnyikov és Grojszman 1981.).

A Q_0 rövidhullámú fluxus változásait a Wolf-féle W relatív napfoltszámok függvényében (Eddy, 1977) a

$$Q_0 = k(\varphi) S_0 + S_1 \sqrt{W} - S_2 W \quad (24)$$

alakban kerestük Schneider és Mass (1975) nyomán, ahol a $k(\varphi)$ a földrajzi szélességet és a nappalok átlagos hosszát veszi figyelembe. Az S_i együtthatókat két forrásmunka adataira is meghatároztuk: Kondratyev és Nyikolszkij (1978) a közép-sztratoszférában mérhető ún. „meteorológiai napállandó”, Hoyt (1978) pedig a légkörön kívül mérendő „elméleti napállandó” értékeit ábrázolta a relatív napfoltszám függvényében. A meteorológiai napállandó változásainak érték



1. ábra. A 3 évre simított évi középhőmérséklet (1), a CO_2 koncentráció (2), illetve a CO_2 koncentráció + homályosság változása (3) alapján

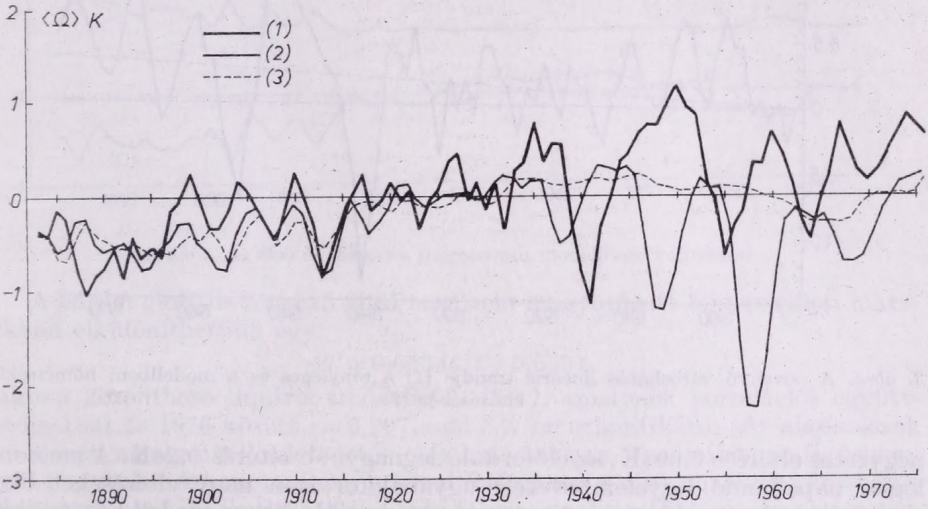
tartománya meghaladta az 1%-ot, míg az elméleti napállandó csak ennek mintegy 1/10-ed részét tette ki. A meteorológiai napállandó nagyfokú változékonyságát Kondratyev és Nyikolszkij a sztratoszféra kémiai összetételének változásaival magyarázza, ami a Nap kemény elektromágneses sugarainak hatása alatt áll. A Q_0 fluxust Wm^{-2} -ben mérve a meteorológiai napállandó esetén $S_0 = 1362,0$; $S_1 = 3,846$; $S_2 = 0,332$, míg az elméleti napállandóra $S_0 = 1366,9$; $S_1 = 0,0581$; $S_2 = 0,00774$ értéket kapunk.

3. Eredmények

Az előző két pontban ismertetett sztochasztikus klímamodell megoldása a (9)–(12) közönséges differenciál-egyenletek időbeli integrálását jelenti az $R(t)$ -ben megadott időfüggő külső feltételek mellett. A véges különbségek alakjában előállított megoldás numerikus stabilitását a $\tau = 1/3$ éves időlépcső alkalmazásával érjük el. Kezdeti t_0 időpontként az 1883-as évet választottuk, mivel a P' homályossági mutató ettől az évtől állt rendelkezésünkre. A kezdeti feltételeket a hőmérsékleti idősorból az 1870 és 1896 közötti időszak trendmentes 30 éve alapján számítottuk ki, ahonnan $\langle \Omega \rangle (t_0) = -0,503$; $\langle \Omega^2 \rangle (t_0) = 0,483$; $\langle \Omega^3 \rangle (t_0) = 0,207$ és $\langle \Omega^4 \rangle (t_0) = 0,741$.

A modellel végzett első kísérlet célja annak megismerése volt, hogy az egyenletek megoldása milyen mértékben függ a kezdeti értékek megválasztá-

sától. Annak érdekében, hogy a modellt meghatározó egyenletek szerint egymással konzisztens kezdeti feltételeket állítsunk elő, a mesterséges $R(t)$ kényszer-függvény alkalmazásával generáltunk változásokat a modellben, és a -1°C ill. $+1^\circ\text{C}$ változáshoz tartozó momentum-négyesről mint az 1883-hoz tartozó kezdeti értéktől újra indítottuk a modellt. Eközben $R(t)$ már a CO_2 -koncentrációtól, a homályosságtól és a napállandótól függő, időben változó értékeket vette föl. Azt tapasztaltuk, hogy a valódi $(\langle\Omega\rangle_0 = -0,5)$, ill. a mesterséges kezdeti állapotokról induló megoldás 7–8 év elteltével $\pm 10^{-3} (\text{K})^n$ pontossággal megegyezik mind a négy kiszámított momentum értékeiben. A modell viselkedését tehát a kezdeti értékek megválasztása 7–8 év után már nem befolyásolja, ezen időn túl a külső tényezők válnak egyértelműen meghatározóvá. Ez egyben azt is jelenti, hogy a modell tranzitív.

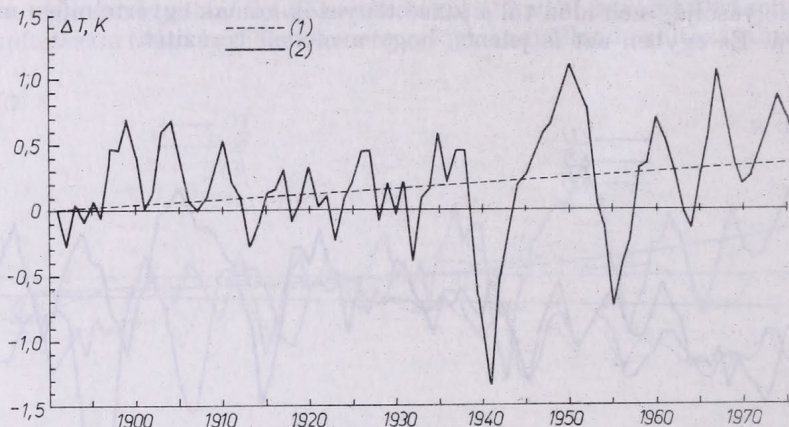


2. ábra. A 3 évre simított évi középhőmérséklet (1) az elméleti (3), illetve a meteorológiai napállandó (2) alapján, $\text{CO}_2 + P$ változásai mellett

A következő kísérlet-sorozatban megkíséreltük reprodukálni Budapest évi középhőmérsékleteinek változásait 1883 és 1976 között, vagyis arra az időszakra, amelyre a globális átlagban meghatározott külső tényezők rendelkezésünkre álltak. Mivel a $V'(t)$ városhatást és az $A''(t)$ cirkulációs tényezőt explicite nem ismerjük, a számítások egyben arra is alkalmasak, hogy szétválasszuk a lokális és a globális tényezőket.

Elsőként $R(t)$ -ben csupán az CO_2 -koncentráció növekedését vettük figyelembe, amelyre az $\langle\Omega\rangle$ egyenletes emelkedéssel reagált (1. ábra). A következő kísérletben a múltbeli változásokat a CO_2 -koncentráció és a vulkánossággal összefüggésben változó P homályosság együttes hatásaként közelítettük. Az egy, illetve két külső tényező hatása alatt kialakult modell-idősorok az aktív vulkánosság időszakában jelentősen eltérnek egymástól (1. ábra). A modell-eredmények és az ábrázolt, 3 évi átkaroló közepeléssel simított tényleges hőmérsékletek közötti korreláció a CO_2 -koncentráció változásait tartalmazó változatban 0,54; a két tényező együttes figyelembe vétele után csak 0,53. Az újabb tényező bevonása tehát nem javította a tényleges idősor reprodukálásának minőségét.

A CO_2 -koncentráció és a homályosság mellett harmadik éghajlat-alakító külső tényezőként a napállandó változásait is bevontuk a múltbeli változások reprodukálásába. A 2. ábrán az „elméleti” napállandó Hoyt (1978), illetve a „meteorológiai” napállandó Kondratyev és Nyikolszkij (1978) adatai alapján kiszámított értékeivel reprodukált modell-hőmérsékleteket ábrázoltuk a tényleges hőmérséklet 3 évi átkaroló közepeléssel számított értékeivel együtt. A Hoyt nyomán számított napállandó, mint harmadik tényező a modell-hőmérséklet alakulását az előző két tényezőnél lényegesen kevésbé befolyásolja. A napállandó változásaival, illetve anélkül előállított hőmérsékleti menetek átlagos



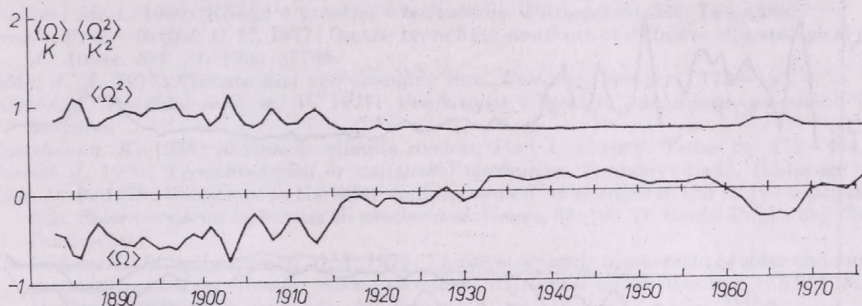
3. ábra. A növekvő városhatás lineáris trendje (1) a tényleges és a modellbeni hőmérséklet eltérésében (2)

négyzetes eltérése $0,094\text{K}$, az előforduló legnagyobb eltérés $0,24\text{K}$. A meteorológiai napállandó figyelembevétele ugyanakkor igen nagy eltéréseket okoz a modell-eredményekben. A 18. 19. és 20. napciklusban a modell-hőmérséklet 2–3 fokkal eltér a valóságostól és az ingadozás fázisa is ellentétes, emiatt a meteorológiai napállandó és a Wolf-féle napfoltszám Kondratyev és Nyikolszkij által közölt összefüggése valószínűleg felülvizsgálatra szorul.

A következőkben megvizsgáltuk, hogy a mindhárom külső tényező változásait figyelembe vevő modell-eredmények a valódi idősor milyen hosszúságú ingadozásairól tartalmaznak hasznos jelet. Ennek érdekében meghatároztuk a 3 évi átkaroló közepelés, illetve a közelítően 5 és 10 évi közepelést biztosító konvolúciós szűrő (Boncz, 1981) alkalmazása után kialakított, simított valódi hőmérsékleti menet és a modell-eredmények közötti korrelációs együtthatókat. A korrelációs együtthatók értékeire simítás nélkül $+0,34$; 3 évi simítással $+0,49$; az 5 illetve 10 évi simítással $+0,62$, illetve $+0,32$ adódott, vagyis a modell a 10 évnél rövidebb hőmérsékleti fluktuációk tartományán is hasznos jeleket produkál.

Elemeztük a valódi hőmérséklet 3 évi simított értékeit és a 3 külső tényezőn alapuló modell-futtatás közötti eltérést is, megkísérelve feltárni az eltérés okait. Elsőként a napállandó nélkül kapott eltérés évenkénti értékeit összehasonlítottuk a Vinnyikov és Grojszman (1981) által alkotott nulla-dimenziós globális energia-egyensúlyi modellben reprodukált hőmérséklet és az Északi-félgömb évi középhőmérsékleteinek különbségével. Modellünkben a CO_2 -kon-

centrációt és a homályosságot azonos módon parametrizáltuk, ezért feltételezhetjük hogy ha e két tényezőn kívül végbementek olyan éghajlatalakító folyamatok, amelyek a globális és a lokális skálán egyaránt hatottak, akkor ennek meg kellene mutatkoznia a két modell által reprodukált hőmérséklet és a két térskálát jellemző valódi értékek közötti eltérések párhuzamos futásában. A két hőmérsékleti maradék-idősor korrelációja azonban jelentéktelennek adódott, amelyből azt a következtetést vontuk le, hogy Budapest hőmérsékleti idősorában a modell által megmagyarázott anomáliák már nem globálisan ható éghajlatalakító tényezők következményei.



4. ábra. Az első és második momentum modellbeni változásai

A három globális tényező által meg nem magyarázott hőmérsékleti maradványban elkülöníthetünk egy

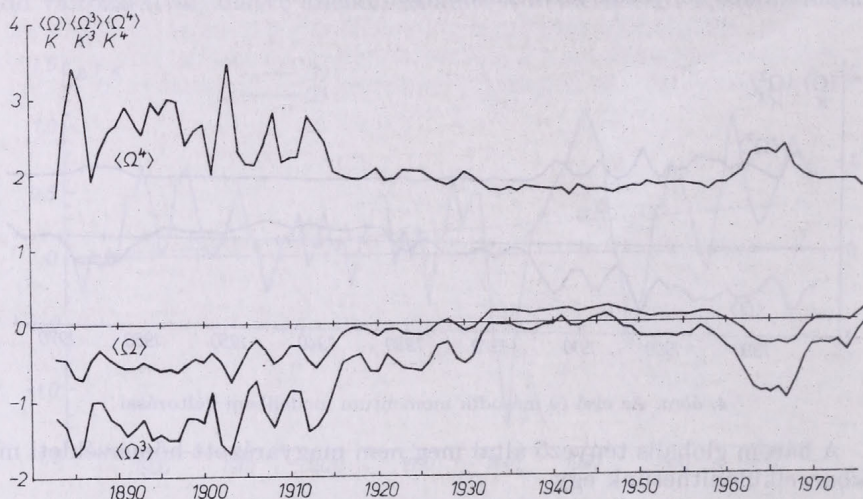
$$\Delta T = 0,00344 \cdot t + 0,0591$$

alakban közelíthető lineáris trendet (3. ábra), amelynek korrelációs együtthatója 1891 és 1976 között $r = 0,207$, ami 5% -on szignifikáns. (Az alapidőszak első 8 évét, amelyre a kezdeti érték még hatással van, e számításban figyelmen kívül hagytuk.) A kapott lineáris trend felfogható a $V(t)$ növekvő város hatás következményének, amely két alapvető folyamatra vezethető vissza: a mesterseges városi felszín növekvő részarányára és a fokozódó antropogén tevékenység következtében lokális klímaalakító tényezővé vált gáz, aeroszol és hőkioldás (Probáld, 1974).

Kivonva a kapott trendet a hőmérséklet meg nem magyarázott maradványból, új idősort kapunk, amely az általános cirkuláció változékonyságából eredő, (18)-ban $A''(t)$ -vel jelölt klímaalakító tényezővel magyarázható. Megvizsgáltuk, hogy a maradványban kimutatható-e valamilyen szignifikáns periódus. Péczely és Makra (1980) nyomán, az általuk Budapest hőmérsékleti idősorában jellemzőnek talált 5 – 8, illetve 13 és 14 éves hullámok amplitúdóját kiszámítva, a maradvány-idősorban csupán a 13 éves hullám mutatkozott gyengén szignifikánsnak ($P = 15\%$). Megállapíthatjuk tehát, hogy az általános cirkuláció anomáliái jelentős, aperiodikus változékonyságot okoznak Budapest évi középhőmérsékletében.

Az eddigiekben csupán a várható érték változásait elemeztük, amelyben a D_0 , α és γ paraméterek nem jutnak szerephez. Amennyiben a modell-eredmények elemzését az első momentummal lezárnánk, akkor a modell sztochasztikus természetét egyedül a β visszacsatolás kiszámításában használnánk fel. A 4. ábrán a CO_2 -koncentráció és a homályosság változásainak következményeit mutatjuk be az első, illetve a második momentumban. A két görbe futása alap-

ján megállapítható, hogy a modellbeli szórásnégyzet a külső tényezők változásai-
saival ellentétesen és valamivel kisebb mértékben reagál, mint az első momen-
tum. Az 5. ábrán a harmadik és a negyedik momentumok modellbeni futását
ábrázoltuk a várható értékkel párhuzamosan. Megfigyelhető, hogy a harmadik
momentum az elsőtől párhuzamos, a negyedik pedig ellentétes futású. (A mo-
dellbeni magasabb momentumokat nem hasonlítottuk össze a véges időszakok
tényleges adataiból becslhető változásokkal, mert megítélésünk szerint az idő-
sor nem ergodikus volta a magasabb hatványok becslését pontatlanná teszi.)



5. ábra. Az első, a harmadik és a negyedik momentum változásai

A hőmérséklet múltbeli értékeinek reprodukálásával kapcsolatos eredmé-
nyek alapján megállapíthatjuk, hogy előrejelzésre csak a CO_2 -koncentráció nö-
vekedése és a városhatás lineáris trendje használható. Elvégezve a kizárólag a
 CO_2 -koncentráció exponenciális növekedésén alapuló előrejelzési kísérletet, azt
az eredményt kaptuk, hogy 2000-re az évi középhőmérséklet 1976-hoz képest
 $0,67\text{K}$ fokkal emelkedik. Ha ehhez hozzáadjuk a városhatás lineáris trendjéből
erre az időszakra eső $0,08\text{K}$ fokos melegedést, akkor eredőként $0,75\text{K}$ fokot
kapunk. A modell által figyelmen kívül hagyott, illetve az előre nem jelezhető
tényezők hatása és a fenti érték összegeződve alakítja majd ki Budapest évi
közep hőmérsékletének 2000-re bekövetkező változását.

4. A modell és az eredmények érvényessége

Az ismertett modell, a globális klímára már több ízben alkalmazott
megközelítés lokális változata, amelynek levezetése és a belső paraméterek
becslése során nagymértékben felhasználtuk Voloscuk (1979) gondolatmenetét.
Modellünk a fizikai dedukció eszközeivel nem igazolható, ezért a megközelítés
sikere kizárólag a nyert eredmények újszerűségén és igaz voltán mérhető le.
Az ismertett eredmények újszerűsége viszonylagos, amennyiben zömmel a
globális klíma széles körben vizsgált jellemzőinek Budapestre vonatkozó meg-
határozását jelenti. Az eredmények egy részének igaz volta valószínűsíthető a
globális értékekkel való közelítő egyezés miatt, míg más részük a modelltől
független igazolásra vár.

- Baldvin, B. - Pollack, J. B. - Summers, A. - Toon, O. B. - Sagan, C. - Van Camp, W. 1976: Stratospheric aerosols and climatic change. *Nature* 263
- Boncz J. 1981: Digitális szűrők alkalmazása meteorológiai adatsorok elemzésére. *Beszámoló a 1981-ben végzett tudományos kutatásokról* (Megjelenés alatt)
- Bryson, R. A. - Dittberner, G. J. 1976: A non-equilibrium model of hemispheric mean surface temperature. *J. Atmos. Sci.* 33, 2094 - 2106.
- Bryson, R. A. - Goodman, B. M. 1980: Volcanic activity and climatic changes. *Science* 207, 1041 - 1044.
- Budyko, M. I. 1969: The effect of solar radiation variations on the climate of the Earth. *Tellus* 21, 611 - 619.
- Budüko, M. I. 1974: *Izmenenyija klimata*. Gidrometeoizdat, Leningrád.
- Budüko, M. I. 1980: *Klimat v prošlom i buducsem*. Gidrometeoizdat, Leningrád
- Drazin, P. G. - Griffel, D. H. 1977: On the branching structure of diffusive climatological models. *J. Atmos. Sci.* 34, 1696 - 1706.
- Eddy, J. A. 1977: Climate and the changing Sun. *Climatic Change* 1, 173 - 190.
- Gihman, I. I. - Szkorohod, A. V. 1977: *Vvegyenyije v tyeoriju szlucsajnuh processzov*. Nauka, Moszkva
- Hasselmann, K. 1976: Stochastic climate models, Part 1. Theory. *Tellus* 28, 473 - 484.
- Horváth J. 1960: *Termodinamika és statisztikai mechanika*. Tankönyvkiadó, Budapest
- Hoyt, D. V. 1978: Variations in the solar constants caused by changes in the active features on the Sun. *Solar-terrestrial influences on weather and climate*, 65 - 68. D. Reidel Publishing Company Dordrecht
- Kondratyev, K. Ja. - Nyikolszkij, G. A. 1978: The stratospheric mechanism of solar and anthropogenic influences on climate. *Solar-terrestrial influences on weather and climate*, 317 - 322 D. Reidel Publishing Company, Dordrecht
- Kondratyev, K. Ja. 1980: *Radiacionnüle faktorü szovremennüle izmenenyij globalnogo klimata*. Gidrometeoizdat, Leningrád
- Lenke, P. 1977: Stochastic climate models, Part 3. Application to zonally averaged energy models. *Tellus* 29, 385 - 392.
- Manabe, S. - Stouffer, R. J. 1980: Sensitivity of a global climate model to an increase of CO₂ concentration in the atmosphere. *J. Geophys. Res.* 85, C10, 5529 - 5554.
- Molnár G. - Mika J. 1981: Combined physical-statistical estimate of global changes due to solar constant variations, based on model results. IRC/IAMAP Symposium on the Solar Constant and the Spectral Distribution of Solar Irradiance, Hamburg (Megjelenés alatt)
- Nicolis, C. - Nicolis, G. 1979: Environmental fluctuation effects on the global energy balance. *Nature*, 281, 132 - 134.
- Ohring, G. 1979: The effect of aerosols on the temperatures of a zonal average climate model. *Pageoph.* 117.
- Péczezy G. 1974: Variability of monthly and annual mean temperatures on the Earth. *Időjárás* 78, 202 - 209.
- Péczezy G. - Makra L. 1980: Winter and summer temperature periodicities in Budapest. *Acta Climatologica Universitatis Szegedinas* 16 - 17, 89 - 93.
- Probáld F. 1971: *Budapest városklimája*. Akadémiai Kiadó, Budapest
- Ramanathan, V. - Lian, M. S. - Cess, R. D. 1979: Increased CO₂: Zonal and seasonal estimates of the effect on the radiation energy balance and surface temperature. *J. Geophys. Res.* 84 4949 - 4958.
- Ramanathan, V. 1980: Climatic effects of anthropogenic trace gases. *Interactions of energy and climate*. 269 - 280. D. Reidel Publishing Company, Dordrecht
- Robock, A. 1978: Internally and externally caused climate change. *J. Atmos. Sci.* 35, 1111 - 1122
- Schneider, S. H. - Mass, C. 1975: Volcanic dust, sunspots and long-term climate trends: Theories in search of verification. *Proceedings of the WMO/IAMAP Symposium on Long-term Climatic Fluctuations*, 365 - 372. WMO No. 421, Geneva
- Sutera, A. 1981: On stochastic perturbation and long-term climate behavior. *Quart. J. R. Met. Soc.* 107, 137 - 171.
- Tyihonov A. N. - Szamarszkij A. A. 1956: *A matematikai fizika differenciálegyenletei*. Akadémiai Kiadó, Budapest
- Vinnikov, K. Ja. - Grojszman, P. Ja. 1981: Empiricszkij analiz vlijanyija CO₂ na szovremennüle izmenenyija szrednej godovoj prizemnoj tyemperaturü vozduha Szevernogo polusarija. *Meteorologija i gidrologija*. No. 11. 30 - 43.
- Volocsuk, V. M. 1979: Prosztaja sztatiszticszkaja model szovremnogo klimata. *Meteorologija i gidrologija*, No. 3. 15 - 24.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 86. évf. 6. szám. 1982. november – december
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 86. No. 6. Nov – Dec. 1982. Budapest

Szórt sugárzás a déli irányítású függőleges felületen

FARKASNÉ TAKÁCS OLGA, Központi Légekörfizikai Intézet, H-1675 Budapest, Pf. 39.

Diffuse radiation falling on southern vertical surfaces. The daily sums of diffuse radiation on southern vertical surfaces are studied. After a short review of the current literature, the annual variation of the daily sums measured in Budapest is presented and the parameters influencing the variation of diffuse radiation are examined. The diffuse radiation on southern vertical surfaces is related to horizontal ones, and the dependence of their ratio on the relative sunshine duration is determined. The influence of atmospheric turbidity is also analyzed.

✱

Szórt sugárzás a déli irányítású függőleges felületen. Szerző jelen dolgozatában a déli irányítású vertikális felületre jutó szórt sugárzás Budapesten, egy éven át mért napi összegeivel foglalkozik. A legújabb irodalom rövid áttekintése után bemutatja a napi összegek évi menetét, s elemzi a szórt sugárzás változására ható tényezőket. Összefüggést keres a déli irányítású vertikális és horizontális felület szórt sugárzás bevétele között. Megállapítja, hogy télen a levegőben levő szennyezőanyagok mennyiségének figyelembevétele nagymértékben növeli a meghatározás pontosságát.

✱

A Központi Légekörfizikai Intézet Sugárzási Osztályán folyó kutatómunka keretén belül (kapcsolódva az ország energia-programjához) az előző években a vertikális felületekre jutó össz sugárzás törvényszerűségeivel foglalkoztunk (Takács, 1979, 1981a, 1981b). Munkánk során a következő lépést az adott felületek szórt sugárzás bevételeinek vizsgálata jelenti.

1. A vertikális felületre jutó szórt sugárzás meghatározása

A nemzetközi sugárzásmérő hálózatban nagyon kevés helyen mérik a vertikális felületre jutó napsugárzási energiát. Valkó (1980) készített összeállítást az utóbbi évek Európában és az Egyesült Államokban észlelt anyagáról, s az összeállítás szerint csupán három állomásban mérték hosszabb (3 év) – rövidebb (1 hónap) ideig a déli irányítású függőleges vagy ferde felületre jutó szórt sugárzást (a 3 állomás: Carpentras, Odeillo, Norrköping).

Az irodalomban nem találtunk utalást arra, hogy a mért adatokat feldolgozva az egyes állomásokon milyen következtetésekre jutottak. Valkó említett munkájában Locarno állomásán 1961–66 között mért adatokkal foglalkozik. A szórt sugárzást derült időszakokra a vertikálisra jutó globál és direkt sugárzás különbségeként állította elő: $D_V = G_V - I_V$. Felhős égbolt esetében általános formulával jelzi a szórt sugárzás mennyiségére ható paramétereket:

$$D_V = f[h, a, s, B, p, \rho, C_1, C_2, \dots, C_N], \quad (1)$$

ahol h = napmagasság, a = a fal irányultsága és a Nap-azimut közötti szög-eltérés, s = lejtőszög, B = homályosság, p = légnyomás, ρ = albedó; a felhőzet jellemzőit a $C_1 \dots C_N$ konstansokkal adja meg.

Franciaországban (Bedel et al., 1977) a különböző irányú és lejtésszögű felületekre jutó össz sugárzás havi átlagértékeit a direkt és diffúz sugárzás összegeként állították elő oly módon, hogy a vízszintes felszínre eső direkt sugárzásból a megfelelő trigonometriai összefüggéssel számították a direkt komponenszt, a szórt sugárzást pedig a *Brichambaut* (lásd Bedel et al., 1977) által javasolt összefüggéssel határozták meg, mely a következő:

$$D_V = D_H \cdot \cos^2 \alpha / 2 + a \cdot G_H \cdot \sin^2 \alpha / 2 \quad (2)$$

ahol α a felület lejtőszöge. A számításhoz szükséges a vízszintes felületre jutó globál (G_H) diffúz (D_H) sugárzásnak valamint a talaj albedójának (a) ismerete. Ez az összefüggés tehát figyelembe veszi a talaj reflexióját is, azonban feltételezi, hogy az égbolt szórt sugárzása izotróp.

Ugyanezzel a feltételezéssel élt *Liu és Jordan* (1960) is. Tetszőleges lejtésű és irányítású felületre érvényes egyenletükből az következik, hogy a függőleges felület a vízszintesre jutó szórt sugárzásnak és a talaj által visszavert sugárzásnak a felét kapja. A mért adatok hiánya miatt ez a közelítő becslés általánosan elfogadott és használt (*Bruno*, 1978; *Iqbal*, 1978; *Klein*, 1977; *Norris*, 1966).

Az égbolt szórt sugárzása azonban nem izotróp. Maximuma van a Nap közvetlen közelében levő égboltrészen, gyenge növekedés figyelhető meg a horizont-közeli égboltrészen, és minimuma van a közvetlen sugárzás irányán keresztül fektetett függőleges síkban, a horizonttól számított $h_0 + 90^\circ$ magassági szögnél (h_0 = napmagasság). Mérésekkel kimutatható, hogy a falakra jutó szórt sugárzás elérheti, sőt meghaladhatja a vízszintes felületre jutó szórt sugárzás értékét.

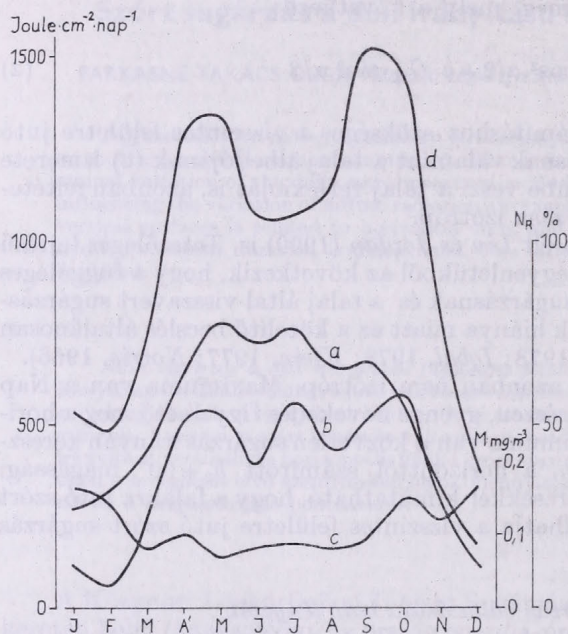
2. A szórt sugárzás változására ható tényezők

Takács (1978) részletesen elemezte, hogy derült időben hogyan befolyásolja a napmagasság, a felszín albedója és a homályossági tényező a vízszintes felületre jutó szórt sugárzás értékét. Felhős, vagy borult napokon a ható tényezők közé kell sorolni a felhőzetet is, azonban a gyakorlatban azt tapasztaltuk, hogy a felhőzet hatását nem jellemezhetjük egyértelműen annak mennyiségével, ezért célszerűbb helyette a relatív napfénytartam értékét figyelembe venni.

A levegő homályosságának jellemzésére az előző vizsgálatokban a direkt sugárzásmérésekből számított Linke-féle homályossági tényezőt használtuk fel. Ezt a paramétert jelen feldolgozásunkhoz nem alkalmazhatjuk, mivel derült időre vonatkozik, és nem jellemzi az átlagosan felhős égbolt sugárzását. Helyette keresnünk kellett egy olyan paramétert, amelyet folyamatosan mértek, és a felhőzettől függetlenül jellemző a légkör szennyezettségére. A Levegőkémiai Osztályon 1965 óta merik a levegőben levő aeroszol részecskék tömegkoncentrációját, azonban ez a paraméter nem jellemzi tökéletesen a levegő szóróképességét. A tömegkoncentráció ugyanis a szennyező részecskék átmérőjétől függetlenül, az 1 m^3 -ben levő anyag mennyiségét adja meg, amelynek nagyrészt az $r > 1 \mu\text{m}$ sugarú aeroszol részecskék alkotják. A légkörön áthaladó napsugárzás szóródását pedig elsősorban azon részecskék határozzák meg, melyeknek sugara $0,1 - 1,0 \mu\text{m}$ közé esik. A légoszlopban levő vízgőz hatását – adatok hiánya miatt – nem tudtuk figyelembe venni.

3. Az adatok értelmezése

A Központi Léggörfizikai Intézet Sugárzási Osztályán 1968 decemberében kezdődött az a mérési program, amelynek célja a vertikális felületekre eső nap-sugárzási energia meghatározása. A szórt sugárzást óraművel mozgatott árnyékoló ernyő segítségével választottuk külön. A sugárzásérzékelő Moll-típusú



1. ábra. Az 1969-ben mért meteorológiai paraméterek évi menete. *a* görbe: szórt sugárzás a déli irányítású felületen, *b* görbe: relatív napfénytartam *c* görbe: az aeroszol tömegkoncentrációja, *d* görbe: globálsugárzás a déli irányítású felületen

termooszlop volt, amely 2 m magas állványon állt, a talajt fűtakaró borította. Műszerhiány miatt a déli irányítású felületre jutó szórt sugárzást csak egy éven keresztül, 1968 decemberétől 1969 decemberéig regisztráltattuk, a mért adatok iránti jelentős felhasználói igény miatt mégis szükségesnek tartjuk eredményeink ismertetését.

A regisztrátumokból előállított átlagos napi összegeket havonkénti bontásban mutatjuk be az 1. ábrán (*a* görbe). A görbe menete némileg eltér a sugárzás megszokott évi menetétől, ezért bemutatjuk az adott évben észlelt relatív napfénytartam (*b* görbe) és az aeroszol-tömegkoncentráció (*c* görbe) évi menetét is. Láthatjuk, hogy a szórt sugárzás nyáron pontosan követi a napfénytartam változását, októberben viszont a napfénytartam erős növekedése nem tudja ellensúlyozni a szórt sugárzás csökkenését, de nagymértékben megnöveli a déli felületre jutó közvetlen sugárzást, ami a mért össz-sugárzás hirtelen megnövekedésében mutatkozik (*d* görbe).

A tömegkoncentráció havi átlagértékei a szórt sugárzás megfelelő adataival nem mutatnak szoros kapcsolatot, mivel a paraméternek a sugárzás változására gyakorolt hatása, mint ezt a későbbiekben látni fogjuk, a napi adatokban mutatkozik.

januári adatok eloszlását. A pontok erős szórása ellenére megállapíthatjuk, hogy az albedó növekedésével az arány is növekszik. Az ábrán látható szórás értelmezéséhez a pontok mellé beírt számokkal megadtuk a relatív napfénytartam értékét, s ezáltal láthatóvá vált, hogy a növekedés mértékét befolyásolja a napfénytartam. Az albedó és napfénytartam hatása azonban nem teljesen egyértelmű: az $N_R = 0$ napfénytartamú pontok közé két egyenes húzható, és a napsütéses napokhoz tartozó relatív napfénytartam növekedését nem követi szabályosan az arány változása.

Esős napokon az albedó nem változik olyan mértékben, hogy annak hatása az arány változására kimutatható lenne.

Mivel kevés adatunk van ahhoz, hogy az albedó változásának hatását

I. TÁBLÁZAT

$A D_{VD}/D_H = a_0 + b_0 \cdot N_R$ egyenlet konstansai korrelációs koefficiense és az esetek száma

	a_0	b_0	r	n		a_0	b_0	r	n
Jan.	0,637	0,0146	0,887	13	Júl.	0,531	0,0021	0,833	11
Febr.	—	—	—	—	Aug.	0,509	0,0050	0,918	28
Márc.	0,482	0,0099	0,979	25	Szept.	0,530	0,0061	0,875	20
Ápr.	0,460	0,0064	0,942	26	Okt.	0,514	0,0101	0,968	29
Máj.	0,503	0,0048	0,909	28	Nov.	0,679	0,0093	0,934	30
Jún.	0,500	0,0035	0,971	23	Dec.	0,588	0,0178	0,847	22

számszerűen meghatározzuk, a továbbiakban, az albedó hatását kiküszöbölve, az $\alpha < 30\%$ -ú napok adataival foglalkoztunk.

A relatív napfénytartam szoros kapcsolatban van D_{VD}/D_H értékével. A kapcsolat szemléltetéséhez grafikusán ábrázoltuk az arány és relatív napfénytartam összetartozó, havonkénti adatait (3. ábra). A pontok szórása, különösen télen, amikor az esetek többségében $N_R = 0$ volt, s az arány 0,43 és 1,37 között változott, szükségessé tette a levegő szennyezettségének bevonását a vizsgálatba, amelyet jelen esetben a levegőben levő aeroszol részecskék tömegkoncentrációjával (M) jellemeztünk. Megvizsgáltuk a három paraméter (D_{VD}/D_H , N_R , M) közötti kapcsolatot, oly módon, hogy először M hatását elhanyagoltuk és csak a napfénytartam hatását vizsgálva, meghatároztuk a

$$D_{VD}/D_H = a_0 + b_0 \cdot N_R \quad (3)$$

egyenlet konstansait (I. táblázat), ezután többszörös regresszióanalízissel előállítottuk a három változó kapcsolatát leíró egyenlet

$$D_{VD}/D_H = a_1 + b_1 \cdot N_R + c_1 \cdot M \quad (4)$$

konstansait (II. táblázat).

II. TÁBLÁZAT

$A D_{VD}/D_H = a_1 + b_1 \cdot N_R + c_1 \cdot M$ egyenlet konstansai, többszörös korrelációs együtthatója és az esetek száma

	a_1	b_1	c_1	η	n		a_1	b_1	c_1	η	n
Jan.	0,369	0,0139	2,235	0,905	13	Júl.	0,561	0,0023	-0,462	0,878	11
Febr.	—	—	—	—	—	Aug.	0,486	0,0049	0,311	0,931	28
Márc.	0,440	0,0095	0,649	0,982	25	Szept.	0,494	0,0059	0,536	0,942	20
Ápr.	0,413	0,0065	0,398	0,951	26	Okt.	0,442	0,0100	0,509	0,980	29
Máj.	0,513	0,0049	-0,167	0,910	28	Nov.	0,675	0,0092	0,554	0,933	30
Jún.	0,479	0,0035	0,241	0,984	23	Dec.	0,361	0,0149	1,737	0,956	22

Februárra nincs eredményünk, mivel a téli hónapokban csak a hómentes napok adataival dolgoztunk, s ebben a hónapban mindössze 3 napon nem borította hó a talajt. A táblázatokban közöljük az egyenletek konstansait, az esetek számát (n), a korrelációs koefficiens (r) és a többszörös korrelációs együtthatót (η).

5. Eredmények

Az I. táblázatban levő adatok mutatják az arány és relatív napfénytartam közötti kapcsolat jellemzőit. Megfigyelhetjük, hogy a $D_{VD}/D_H = 0,5$ feltételezés a téli hónapok kivételével, borult napokon teljesül (a_0 évi menete).

III. TÁBLÁZAT

A levegőben levő szárazanyag-tömegkoncentráció 1969-ben mért adatainak statisztikai jellemzői: átlaga (M), szórása (σ) és százalékos szórása ($\sigma\%$)

	M	σ	$\sigma\%$		M	σ	$\sigma\%$
Jan.	0,154	0,095	61,4	Júl.	0,083	0,025	30,1
Febr.	0,128	0,062	48,8	Aug.	0,080	0,047	58,6
Márc.	0,078	0,046	58,6	Szept.	0,091	0,056	61,9
Ápr.	0,093	0,048	51,7	Okt.	0,148	0,081	55,1
Máj.	0,064	0,023	35,8	Nov.	0,116	0,059	50,7
Jún.	0,069	0,025	35,4	Dec.	0,169	0,096	56,7

A napfénytartam növekedésének hatása az év folyamán különböző: télen a legnagyobb ($b_0 = 0,0178$), nyár felé fokozatosan csökken (júniusban $b_0 = 0,0035$). A b_0 értékének évi menete arra utal, hogy télen, alacsony napállásnál jelentősebb mértékben érvényesül az égbolt inhomogenitása, azaz a szórt sugárzásnak a Nap körüli égbolttrészen tapasztalt maximuma. A két elem közötti kapcsolat korrelációs koefficiense minden hónapban 0,84 felett van.

A tömegkoncentráció bevonása tovább javította az arány meghatározásának pontosságát (II. táblázat η -értékei). Az eredmények (C_1) szerint M növekedése az arány növekedését okozza, az év folyamán különböző mértékben. Ellentétes kapcsolatot találtunk májusban és júliusban, mindkét hónapban c_1 értéke negatív. Ha azonban számszerű példán megnézzük a májusi $c_1 = -0,167$ hatását, azt tapasztaljuk, hogy $N_R = 10\%$ esetében az észlelt M -intervallum szélső értékeinek hatása az arány értékében 4%-os eltérést okoz ($M = 0,025$, $D_{VD}/D_H = 0,545$ és $M = 0,1$, $D_{VD}/D_H = 0,566$), viszont a napfénytartam növekedésével ez a hatás csökken, $N_R = 40\%$ -nál már csak 2%-os az arány változása. Tehát gyakorlatilag azt mondhatjuk, hogy ebben a hónapban az arány független M változásától.

Júliusban szintén negatív c_1 -értéket kaptunk, s az adatokat átvizsgálva azt tapasztaltuk, hogy 1–2 kiugróan magas M -adat okozza ezt az összefüggést. Az esetek kis száma miatt azonban nem mertük ezeket az adatokat hibásnak értékelni.

A c_1 évi menetének értelmezéséhez elkészítettük a tömegkoncentráció napi adatainak statisztikai feldolgozását; a III táblázatban közöljük M átlagát (M), szórását (σ) és a százalékos szórását ($\sigma\%$). Látjuk, hogy mindhárom statisztikai jellemzőnek határozott évi menete van.

6. Következtetések

A százalékos szórás havi értékeit összevetve az I. és II. táblázatban közölt r és η megfelelő értékeivel, a következőket állapíthatjuk meg:

a) Azokban a hónapokban, amikor M százalékos szórása kiugróan magas, r és η értéke észrevehetően eltér egymástól. Ezekben a hónapokban célszerű és ajánlott az arány meghatározásakor a levegő szennyezettségét jellemző tömegkoncentráció figyelembevétele. Látjuk, hogy szeptemberben a 61,9%-os szórással jellemzett tömegkoncentrációt felhasználva, a számított arány megbízhatósága $r=0,875$ -ről $\eta=0,942$ -re nőtt.

b) A kis szórású, alacsony tömegkoncentrációjú hónapokban az arány meghatározásához elegendő a relatív napfénytartam figyelembevétele, mivel ezekben a hónapokban nagyon kis különbség adódott r és η között.

Dolgozatunkban, a rendelkezésünkre álló adatok alapján megvizsgáltuk a déli irányítású vertikális felületre jutó szórt sugárzás sajátosságait. Olyan módszer kidolgozására törekedtünk, amellyel a jövőben, a keleti és nyugati vertikális felület lényegesen több adatát feldolgozva, a most felvetődött, de megválaszolatlan kérdésekre is feleletet kapunk.

IRODALOM

- Bedel, J., Ceron, J. P., Jan, J., 1977: *Le rayonnement solaire à Carpentras*. Meteorologie Nationale kiadványa, Paris.
- Bruno, R. 1978: A correction procedure for reparating direct and diffuse insolation on a horizontal surface. *Solar Energy* 20, 97–100.
- Iqbal, M. 1978: Hourly versus daily method of computing insolation on inclined planes. *Solar Energy* 21, 485–489.
- Klein, S. A. 1977: Calculation of monthly average insolation on tilted surfaces. *Solar Energy*, 19, 325–329.
- Liu, B. H. Y. and Jordan, R. C. 1960: The interrelationship and characteristic distribution of direct, diffuse and total solar radiation. *Solar Energy*, 4, 1–19.
- Norris, D. J. 1966: Solar radiation on inclined surfaces. *Solar Energy* 10, 72–77.
- Takács, O. 1978: A szórt sugárzás törvényszerűségei, és területi eloszlása Magyarországon. *Beszámoló* az 1974-ben végzett kutatásokról. OMSZ Hiv. Kiadv. XLIV. kötet, 180–187.
- Takács, O. 1979: Vertikális felületre jutó napsugárzási energia. *Időjárás* 83, 137–144.
- Takács, O. 1981a: Vertikális felületre jutó napsugárzási energia napi menete és gyakorisági eloszlása. *Időjárás* 85, 33–42.
- Takács, O. 1981b: A keleti és nyugati irányítású vertikális felületre jutó napsugárzási energia napi menete és gyakorisági eloszlása. *Időjárás* 85, 278–292.
- Valkó, P. 1980: *Some empirical properties of solar radiation and related parameters*. Swiss Meteorological Institute kiadványa, Zürich.

WMO, NASA, FAA and NOAA: The stratosphere 1981; Theory and measurements (*Sztratoszféra 1981; Elmélet és mérési eredmények*). WMO Global Ozone Research and Monitoring Project, Report No. 11, Genf 1981. 340 oldal + 9 melléklet, számos ábra, táblázat és irodalmi hivatkozás.

Az utóbbi húsz-huszonöt évben a sztratoszféra kutatása a meteorológia egyik legérdekesebb területévé vált. Légkörfizikai és levegőkémiai szempontból ennek három oka van. Először is kiderült, hogy a nukleáris robbantásokból származó radioaktív izotópok a sztratoszférában gyűlnek össze. Másodsor, a mérések kimutatták, hogy az alsó sztratoszférában szulfát részecskékből álló aeroszol réteg helyezkedik el, amelynek koncentrációját jelentős mértékben a vulkánkitörések szabályozzák. Harmadszor, és talán ez a legfontosabb, korszerű laboratóriumi kísérletek bebizonyították, hogy a Chapman-féle ózon ciklusban (a négy reakcióval leírható keletkezési és bomlási folyamatban csak oxigén atomok, illetve molekulák vesznek részt) szereplő bomlási egyenletek reakció állandói sokkal kisebbek, mint ezt régebben gondolták. Ez más szavakkal azt jelenti, hogy az ózon felbontásában az oxigénen kívül egyéb elemek, illetve vegyületek is részt vesznek. A későbbi kutatások szerint ilyen anyagok a vízből származó szabad gyökök, a nitrogén-oxidok és a különböző halogének, elsősorban a klór.

Az utóbbi, közel tíz évben a sztratoszferikus ózon keletkezését és felbomlását leíró matematikai modellek egyre bonyolultabbá és – remélhetőleg – pontosabbá váltak. A jelenlegi modellekben több mint 35 kémiai anyagot vesznek figyelembe, a fotokémiai és termikus reakciók száma pedig kb. 130. Az is nyilvánvalóvá vált, hogy a sztratoszféra kémiai folyamatainak modellezése elképzelhetetlen a troposzféra kémiájának ismerete nélkül. A troposzféra ugyanis forrása, illetve nyelője számos sztratoszferikus nyomanyagnak. Így az ózonbomlásban fontos szerepet játszó nitrogén-oxidok a bioszféra által a talajon kibocsátott dinitrogén-oxidból, míg a halogének tengeri eredetű komponensekből (pl. metil-klorid) származnak. Modell-számítások eredményei szerint 20–25 km magasan az O_3 molekulák közel 70%-át nitrogén-oxidok, 5–5%-át szabad gyökök, illetve halogének vonják ki a levegőből, míg a „klasszikus” reakciókra csupán kb. 10% jut.

Az ózonnal kapcsolatos vizsgálatok különösen azért kerültek az érdeklődés középpontjába, mivel az említett anyagok sztratoszferikus ciklusának alakításában az emberi tevékenység is szerepet játszik. Az emberi tevékenység (pl. sztratoszferikus repülések, műtrágyázás, freonok használata) hatásának számszerű meghatározása a témakör legvitatottabb, gyakorlati szempontból legfontosabb kérdése. 1980 decemberében ezért a Meteorológiai Világszervezet (WMO) három amerikai kormányzattal (National Aeronautics and Space Administration: NASA, Federal Aviation Administration: FAA és National Oceanic and Atmospheric Administration: NOAA) együtt elhatározta, hogy olyan tudományos ülést (*workshop*) szerveznek, amelynek keretében a legismertebb szakemberek összefoglalják a téma jelenlegi (1981-es) állását. Megfelelő, de igen rövid előkészítés után a szakértői ülésre 1981. május 18 és 22 között Hamptonban (Virginia, USA) került sor az ENSZ Környezetvédelmi Programjával közös rendezésben. Jelen kötet a több mint száz szakértő által közösen elkészített anyagot tartalmazza.

A mellékleteket nem tekintve az összefoglaló munka három részből áll. Az első (*Trace species*) a nyomanyagok kémiájával és eloszlásával foglalkozik. A fejezetet összeállító munkacsoport elnöke D. Ehhalt (Jülich, NSZK) volt. A második rész (*Multidimensional aspects: ozone, temperature and transport*) alapvető célja a két és háromdimenziós modellek bemutatása (elnök: J. Holton; Washington, USA). Végül a harmadik fejezet (*Model predictions and trend analysis*) az elméleti előrejelzések és az időbeli ózon-trendek összehasonlítását tartalmazza (elnök: J. Chang; California, USA).

Annak ellenére, hogy levegőkémikusok, illetve a sztratoszféra cirkulációjának kutatásában járatos dinamikus meteorológusok számára az első két rész igen élvezetes olvasmányt nyújt,

e sorok írója úgy véli, hogy általános érdeklődésre elsősorban a harmadik részben bemutatott eredmények tarthatnak számot. Ebben a fejezetben találhatjuk meg ugyanis az antropogén hatások jelenlegi és várható értékeire vonatkozó becsléseket, illetve előrejelzéseket. Ezek összefoglalása röviden a következő.

A legújabb reakciókinetikai együttthatókat figyelembe vevő modellek szerint egyedül a freon kibocsátás miatt néhány évtized múlva várhatóan egyensúlyi ózonszökkenés értéke 5–10%-ra tehető. Az 1980-ig bekövetkezett változások átlagosan nem haladják meg a –1%-ot. A sztratoszferikus repülőgépek által kibocsátott nitrogén-oxidok hatása erősen függ a repülési magasságtól. Kb. 17 km alatti emisszióknál (jelenleg a gépek többsége 17 km alatt repül) ózonkoncentráció növekedés, nagyobb magasságoknál ózonszökkenés várható. Ha a kibocsátás a kritikus 17 km-en ($\pm 0,5$ km) történik, akkor az összegzett hatás viszonylag kicsiny ($\sim 1\%$) negatív érték. Növekvő magassággal az ózonszökkenés mértéke is növekszik. Így 20 km-esn ($\pm 0,5$ km) 10^8 nitrogén-oxid molekula/cm²·s nagyságú emissziót feltételezve a teljes ózonszökkenés kerekén 70%-kal egyenlő. Másrészt, ha a jelenlegi, döntően természetes dinitrogén-oxid kibocsátás – pl. a műtrágyázás – miatt kétszeresére növekedne, akkor az ózonréteg vastagsága 10%-kal csökkenne. Meglehetősen nehéz feladat annak megbecslése, hogy ez az emisszió mikor következik be. Az azonban kétségtelen, hogy a dinitrogén-oxid koncentrációja a mérések szerint a troposzférában lassan, de egyenletesen emelkedik.

Érdekes módon a sztratoszferikus kémiai folyamatokat a szén-dioxid légköri szintje is befolyásolja, mivel számos reakció sebessége a hőmérséklet függvénye. A szén-dioxid mennyiségének (pl. antropogén) növekedése az ózon koncentráció emelkedéséhez vezet. Így várható, hogy ez a hatás a freonok miatti ózonbomlást kétharmadára, esetleg felére csökkenti.

Tekintve, hogy a freonok és a nitrogén-oxidok kémiai egymással is kapcsolatban van, igen fontosak azok a modellek, amelyek az összes antropogén hatást (freonok, nitrogén-oxidok, szén-dioxid) együttesen veszik figyelembe. Elfogadhatónak tűnő emissziókkal végzett ilyen jellegű számítások eredményei szerint az együttes hatás 1970 és 1980 között –0,13 és +0,13% közé tehető. Hangsúlyoznunk kell azonban, hogy ez az érték a teljes ózontartalomra vonatkozik. 40 km-es magasság környezetében az említett tíz év alatt az elméleti antropogén módosulás közel –3%.

Különböző szerzők szerint a teljes ózontartalom mért trendje a hetvenes években kb. +1% volt az egész Földre vonatkoztatva. Így azt mondhatjuk, hogy a tényleges tízévi változás ellentétes a csak a freonok hatását figyelembe vevő modell-számítások eredményeivel. Ez természetesen nem azt jelenti, hogy ez a hatás nem érvényesült. Egyszerűen arra utal, hogy az ózonszint alakításában egyéb antropogén és természetes tényezők is szerepet játszottak.

Talán ebből a vázlatos ismertetésből is kitűnik, hogy jelen kötet értékes információkat, illetve megfontolásokat tartalmaz. Elkészítése és publikálása igen időszűrű volt, hiszen segítségével a legjobb szakemberek közös véleményét ismerhetjük meg anélkül, hogy a kérdés iradalmát részletesen áttanulmányoznánk. A kiadvány értékét, véleményünk szerint, tovább emelné, ha némelyik részletét még egyszerűbben és rövidebben fogalmazták volna meg. Különösen vonatkozik ez a megállapítás a viszonylag hosszú első részre. Ez a 185 oldal levegőkémikusok számára igen tanulságos olvasmány. Az átlagos meteorológus olvasó számára azonban követése némi nehézséget jelenthet. Ennek ellenére a kötet forgatását mindazoknak ajánlhatjuk, akik korunk (és szakmánk) egyik nagy kérdése, az emberi tevékenység és a légkör kölcsönhatásai iránt érdeklődnek.

Mészáros Ernő

ZSUKOVSKIJ, E. E.: **Метеорологическая информация и экономические решения** (*A meteorológiai információ és a gazdasági döntések*). Гидрометеоздат, Ленинград, 1981. 287 oldal, 75 ábra, 52 táblázat, 240 irodalmi hivatkozás. Ára: 3,20 Rbl.

Ez a könyv a szerző meghatározása szerint a meteorológiai információ népgazdasági hasznosításának elméleti alapjait és potenciális gazdasági hatékonyságának becslési módszereit ismerteti. E kérdéskör beható vizsgálatát két tényező indokolja: egyrészt a meteorológiai szolgáltatásokkal szembeni elvárások növekedése, másrészt pedig az a körülmény, hogy a kibocsátott információ nem hasznosul teljes mértékben, sőt előfordul, hogy a felhasználói oldalon hibásan értelmezve, nem hasznot, hanem kárt okoz.

A könyv 9 fejezetre, elő- és utószóra tagolódik. Az első, bevezető fejezet áttekinti a nemzetgazdaság azon ágazatait, ahol meteorológiai (klimatológiai és prognosztikai) információt használnak fel a döntésekben. A szerző példákkal támasztja alá, hogy a termelési folyamatok a mennyiségi növekedéssel párhuzamosan érzékenyebbé váltak az időjárás anomáliákkal szemben. Az itt szereplő, többségükben a szovjet és amerikai gazdasági becslések külön, a döntési modellek tanulmányozása nélkül is hasznosak a meteorológiai szolgáltatások fejlesztésével foglalkozó szakember

számára. Figyelemre méltó például az a számítás, amely szerint a még meglevő különféle előrejelzések felhasználási módjának tökéletesítése közel akkora potenciális haszonnal bír, mint maguknak a prognózisoknak a tökéletessége tétele.

A második fejezet a „meteorológiai-gazdasági” döntési modellek módszertani alapvetése. A felhasználók stratégia választó szempontjai közül e fejezet a minimax szempontot, vagyis az esetleges nagy veszteségek minimalizálására törekvést, illetve a nyereség várható értékét maximalizáló Bayes-féle szempontot elemzi részletesebben.

A harmadik és a negyedik fejezet az éghajlati információra támaszkodó döntési modelleket ismerteti diszkrét, illetve folytonos rendszerek esetén. E megkülönböztetés aszerint történik, hogy a felhasználó egymástól elhatárolható időjárási típusokban, illetve érték-intervallumokban gondolkodik-e, vagy igényli a meteorológiai elemek számszerű értékét is. A diszkrét modellek közül a szerző az alternatív események és a hozzájuk rendelhető két vagy három intézkedés esetének szentel megkülönböztetett figyelmet, amíg a folytonos modellek közül annak, amikor a meteorológiai veszteség csak a tényleges, illetve a tervezésben figyelembe vett legvalószínűbb elem-érték különbségétől függ.

Az ötödik – kilencedik fejezet az előrejelzések felhasználásával foglalkozik. Maguk a modellek sok hasonlóságot mutatnak a két előző fejezetben szereplőkkel, mivel a felhasználó szempontjából a prognózis csupán pontosítása annak, amit sokévi tapasztalata (ti. a klíma ismerete) alapján addig is tudott. A diszkrét modellekkel három fejezet is foglalkozik, a között paraméteres levezetések lényegében kimerítik az ezzel kapcsolatos kérdéseket. (Csak sajnálhatjuk, hogy a hazai előrejelzési gyakorlatban az időjárás sztochasztikus természete miatt – helyesen – lényegesen kisebb a kategorikus prognózisok aránya, mint a velük foglalkozó modelleké.)

A folytonos elemek prognózisán alapuló modelleket ismertető nyolcadik fejezetben egyebek mellett a következő módszertani kérdés vizsgálata szerepel: Mekkora veszteséget okoz, ha a prognózist nem egyetlen érték vagy intervallum formájában adjuk meg, hanem két, három, vagy öt egyenlően valószínű osztály egyikének kijelölésével. Számítások nyomán a szerző arra a következtetésre jut, hogy a veszteség mérsékelt, két kategória (pl. sok vagy kevés) használata esetén 64, öt kategória mellett már 92%-os a hasznosulás a pontszerű előrejelzéshez képest.

Az utolsó, kilencedik fejezet a különböző módszerekkel, illetve különböző előretartással készülő prognózisok gazdaságilag optimális együttes felhasználásának módszertani megalapozásával foglalkozik. Különösen fontos ez a viszonylag kis beválású hosszútávú előrejelzések elkészítése és az ezt követő, rövidebb távú pontosítás összehangolt felhasználásában.

E. E. Zsukovszkij munkája első ízben tekintti át a gazdasági döntések matematikai elméletét a meteorológiai információknak, mint bizonytalansági tényezőknek a szemszögéből. A modellek levezetésének követése nem kíván az elemi valószínűségszámítást meghaladó előképzettséget, s a végkövetkeztetéseket számos nomogram teszi szemléletessé. Valamennyi modellhez egy vagy több gyakorlati példa is kapcsolódik, csekély kivétellel a mezőgazdaság területéről. A modellek átfogják az éghajlati és prognosztikai információknak a gyakorlatban elterjedt formáit, s így ez a könyv hézagpótló jelentőségű a gyakorló meteorológusok és az információkat szakszerűen értelmezni kívánó gazdasági szakemberek számára egyaránt.

Mika János

SEPEESI DEZSŐ (szerk.): A levegőkörnyezet (levegőminőség és humánkomfort) tervezése. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1981. 201. old.

A „Környezetvédelem” könyvsorozat a Műszaki Könyvkiadó korunk problémáira igen érzékenyen, de főleg hatásosan reagáló sorozata. Számos olyan kérdést helyez objektív megvilágításba, amelyeknek sokszor feleltelen, demagóg kezelése az emberiség szempontjából inkább árt, mint használ. A környezetvédelem egyik – a fenti megjegyzésnek igen megfelelő – lényeges problémája a tények rögzítése, illetve az adott helyzet további romlásának megakadályozása, netalán javítása. Emellett még a várható állapotok tervezése is mindig fontos (ha nem a legfontosabb) területe kell, hogy legyen az emberi környezet kialakításán fáradozóknak.

Szepesi Dezső és szerzőtársai: Fekete Józsefné, Popovics Ivánné, Probáld Ferenc, Várkonyi Tibor könyve, a *Levegőkörnyezet tervezése a Környezetvédelem* könyvsorozat egyik igen jólsikerült alkotása. A továbbiakban a művet ismertetjük – itt-ott vitatkozva is a szerzőkkel – mindvégig a könyvsorozat eddigi köteteiből kiolvasható általános koncepciót véve figyelembe. Az ötszerzős mű ugyanis irodalmunkban több szempontból is hiánypótló.

Mielőtt azonban erre röviden kitérnénk, álljon itt a könyv tartalma sűrített formában; légszennyező források, az emissziós értékek becslése, illetve megállapítása, az emissziókataszter kidolgozása; a szennyezőanyag transzmissziós kérdései, a transzmisszió matematikai modellezésének a hétköznapi gyakorlatban is alkalmazható eljárásai; az immisszió adatok értelmezése és felolgozása; a levegőkészlet gazdálkodási alapjai; a gyakorlatban előforduló számításokra vonatkozó – konkrét – példák (és tanácsok); a levegőkörnyezeti vizsgálat módszerei és néhány jelleg-

zetes esetre a levegőminőség tervezésének eljárására javaslat (városi levegőminőség; több forrás esetén alkalmazható módszer); végül a könyv a városi levegőkörnyezet humánkomfortjának néhány kérdésével zárul.

A könyv fontossága a fenti felsorolásból is kitűnik. Olyan kérdések tárgyalását adja, egyszerű, érthető, könnyen alkalmazható formában, amelyre vonatkozóan hazai szakirodalmunk – néhány egyetemi jegyzet kivéve – nem adott eddig választ. Úgy véljük, a könyv használata számos gyakorlati levegőkörnyezet-védelmi kérdés konkrét megoldásában nyújthat eligazítást. Éppen emiatt teszünk néhány kritikai észrevételt is:

Az emissziókarakter kérdéseivel foglalkozó fejezetben (1.2) helyes lett volna a közölt fajlagos emisszióadatok bizonytalanságának kiemelése (4–6. táblázat), illetve a meglévő hazai adatok alapján való elemzésük.

A fűtési eredetű emisszióknak a foknap fogalom segítségével való tárgyalása a foknap fogalom szerencsétlen értelmezése miatt ([5] összefüggés, ill. 1.10 fejezet) nem túl jó. Más kérdés, hogy itt a szerzők egy nem egészen korrekt mérnöki definíciót vettek át, de legalább kételyeiket ki kellett volna hangsúlyozniuk.

A levegőkészlet-gazdálkodás terminológiája a környezetvédelmi szabványok ismeretében ismétlésnek tűnik. (egyébként is szerencsésebb lett volna függelékként, esetleg a könyv elején elhelyezni, mint a közepén).

Az 1.13. fejezetben közölt példák jobb hatással lehetnek volna az 1.7 fejezetben közöltekkel együtt bemutatva (de itt súlyos hibának véljük a *magleolvadás, reaktorburrok* – 24. példa – kifejezések használatát; jó lenne a hazánkban elterjedten használt atomenergetikai szakkifejezések alkalmazása).

Az 1.14. fejezetben a hazai meteorológiai mérőhálózatról szinte minden kommentár nélkül közölt adatsor csak szakembereknek ad információt. (Viszont ők ezt úgyis tudják, akkor minek közölni?)

Célszerű lett volna – szerintünk – a Briggs formula mellett más elterjedten használt összefüggéseket is ismertetni a járulékos forrásmagasság számítására (1.6 fejezet) és felhívni a figyelmet a bizonytalanságra.

A 2.71. fejezetben a kritikus szélesebbég, illetve a „hősziget maximális intenzitása” (sic!) a népességszám függvényében – (104) és (107) egyenlet – hazánkra bizonyosan nem alkalmazható összefüggések; itt hangsúlyozni kellett volna, hogy ezek az USA-ban végzett vizsgálatok eredményei, azaz az ottani várostípusok jellegzetességeit, méginkább pedig az ott igen elterjedt klimatizálás (azaz az épületen belüli mikroklíma-igények kielégítését megoldó eljárások) következményeit tartalmazzák. Európai viszonyokra a gondolatmenet igen sok fenntartással alkalmazható csak!

És végül általánosabban: a kénoxid-szennyezés egész könyvön végigvonuló gondolata mellett éppen a *tervezés* miatt jó lett volna egyéb vegyi légszennyezők (pl. nitrogénoxidok, szerves vegyületek – freonok – stb.), vagy a szilárd szennyezők kérdéseire, ha csak érintőlegesen is, kitérni. Úgy véljük, a könyv nem veszített volna értékéből, ha egy-két olyan területtel is foglalkozik, amely ma még inkább a kutatásé. (Hátha egy-egy olvasó innen kapna indítást vizsgálataira pl. a porleválasztás számos kérdése, vagy a gázmosások problémája közül egynek a megválasztására.)

Szepesi Dezső és szerzőtársai nagy feladatra vállalkoztak a könyv megírásakor és a feladatot, úgy véljük, jól teljesítették. Megjegyzéseinkkel inkább egy második – átdolgozott – kiadás javításának irányait szerettük volna kitűzni.

Bede Gábor – Gács Iván

GÖTZ G. és RÁKÓCZI F.: *A dinamikus meteorológia alapjai*. Tankönyvkiadó. Budapest, 1981. 484 B/5 oldal. 111 ábra, 5 táblázat, 34 irodalmi utalás.

A szerzők munkájukat elsősorban meteorológus szakos hallgatók számára tankönyvnek szánták. A mű megírása két szempontból is időszerűvé vált: egyrészt az előző légkördinamikai tankönyv (*Désti – Rákóczi: A légkör dinamikája*, 1970.) immár egy évtizede jelent meg, másrészt a könyv bizonyos fejezetei (numerikus előrejelzés, műholdmeteorológia stb.) az azóta bekövetkezett fejlődésnél fogva már elavultnak tekinthetők és önálló könyv igényével léptek fel. Ezért Götz és Rákóczi fő célkitűzése a dinamikus meteorológia klasszikusnak nevezhető részének ismertetése volt. Ezt a nem könnyű feladatot olyan szinten sikerült megoldaniuk, hogy a mű nem csupán tankönyvként szolgálhat, hanem a légkörrrel foglalkozó szakemberek számára is hasznos kézikönyv.

Az előző kötethez képest végrehajtott tartalmi szűkítés lehetővé tette, hogy a szerzők egyes fejezeteket bővebben és mélyebben tárgyaljanak. Különösen elmondható ez a termodinamikáról és a turbulenciáról szóló fejezetekről. Új fejezetként jelennek meg viszont a hullámmozgások a légkörben, valamint a szinoptikus skálájú mozgásrendszerek c. témák.

A mű a bevezetéssel együtt 14 fejezetre tagolódik, amely még kiegészül a fizikai konstansokat tartalmazó táblázattal és az irodalmi utalással. Az 1–6. és 14. fejezet szerzője Götz Gusztáv, míg a 7–11. és 13. fejezet Rákóczi Ferenc munkája (a 12. fejezetet Práger Tamás írta). A bevezetés a légkör összetételét, felépítését, viselkedésének fő meghatározóit és a dinamikus meteorológia célkitűzéseit írja le. A 2. fejezet a gázok termodinamikájával általánosságban ismerteti meg az olvasót, különösen ügyelve az alapfogalmak korrektt és könnyen érthető definiálására. A fejezet felosztása logikus és megnyerő. A 3. fejezet már a légkör termodinamikájával foglalkozik. Ezen belül a nedves levegő adiabatikus folyamatairól szóló rész külön figyelmet érdemel, amely szinte teljeségében az entrópia fogalomra épül fel. Ezek után kerül sor a légköri sztatika kérdéskörének tárgyalására (4. fejezet). Itt találhatjuk meg a barotropitás, a baroklinitás és a geopotenciál definícióját. Olvashatunk a modell-légkörökről, továbbá a függőleges mozgásokat kísérő adiabatikus állapotváltozásokról.

A könyv további részei elsősorban a mozgások különböző formáival kapcsolatosak. Az 5. fejezet az áramlási mező kinematikájának összefoglalása. A 6. fejezetben Götz a hidrosztatikai egyensúly feltételeit elemzi a részecske- és rétegmódszer alapján. Kimutatja a nagytérségű vertikális mozgások szerepét, valamint a konvektív elemekbe a környezetből történő besodródás hatását. A 7. fejezetben Rákóczi számbaveszi a légkörben ható erőket, majd ezen keresztül felállítja a légköri mozgásegyenleteket. Csak dicsérettel szólhatunk a mozgásegyenletek sokféle formában való felírásáról. E fejezetet a légköri energetika alapjainak a kifejtése zárja. A 8. fejezet a légköri egyensúlyi mozgások (geosztrofikus szél, gradiens szél, ageosztrofikus mozgás, termikus szél) elméletének áttekintése. A 9. fejezetben a szerző a cirkuláció és örvényesség fogalmát, valamint légköri vonatkozásait tárja fel. Külön hangsúlyt kap a légköri folyamatok analízisében széles körben alkalmazott örvényességi egyenlet. A 10. fejezet a diszkontinuitási felületek (főleg a frontfelületek) kérdéseivel foglalkozik. Ezen belül ki kell emelnünk a függőleges cirkuláció a frontálzónában c. részt, amely Bodolai István e téren kifejtett munkásságának összegezése, továbbá a hidegbetörések dinamikai sajátosságairól összeállított szemelvényt.

A sűrűlódás és a turbulencia témaköre egy fejezetben (11. fejezet) kapott helyet. Külön beszél Rákóczi a mikro-, mezo- és makroskálájú turbulenciáról. Megadja a turbulens mozgásokat és a turbulens átvitelt leíró egyenleteket. Itt kerül ismertetésre a planetáris határreteg problematikája, különös tekintettel a függőleges szélprofil modellekre. A fejezet részletesen bemutatja a turbulens hőáram és diffúzió elméletét is, amely a légszennyeződés szempontjából fontos. A hullámmozgásokról készült fejezet (12. fejezet) a légköri hang-, gravitációs- és Rossby-hullámok sajátosságaira mutat rá. Minthogy e hullámokkal a légköri folyamatoknál állandóan számolnunk kell, e fejezetnek a tematikába történő felvételét csak helyeselni lehet. A szinoptikus skálájú mozgásrendszernek c. fejezetben (13. fejezet) a Sutcliffe-féle fejlődési elméletnek és olyan alapvető egyenleteknek az interpretálására kerül sor, mint a tendencia-egyenlet és az ω -egyenlet. Betekintést kapunk a hidrodinamikai és a baroklin instabilitás fogalmába is. A könyv a légkör általános cirkulációjáról írt fejezettel zárul. Ebben a téma modern szemléletével találkozunk. A problémát Götz a légköri energetika oldaláról közelíti meg és nagy jelentőséget tulajdonít a légkör impulzusmomentum háztartásának. Figyelmet fordít a sztratoszféra általános cirkulációjára is.

A szerzők e gazdag témakör rendszerbe foglalását és kidolgozását sikeresen oldották meg. Stílusuk világos, a levezetések követhetők, az ábrák kifejezők. A könyv szerkesztése elismerésre méltó, tipográfiailag is kifogástalan, ami a Tankönyvkiadó, illetve a Szegedi Nyomda jó munkáját dicséri.

Tánczer Tibor

OKE, T. R.: *Boundary Layer Climates (A talajközeli határreteg klímái)*. Methuen & CO LTD. London, 1981. 372 old. 129 ábra, 32 táblázat.

A planetáris határretegben lejátszódó fizikai folyamatok iránt megindult és egyre fokozódó érdeklődés miatt mind több és több munka jelenik meg e témakörből. A bemutatást, az összefoglalást és elemzést kitűző eddig megjelent művek közös jellemvonása az, hogy a turbulens folyamatokat teljes bonyolultságukban, minden matematikai aspektusukkal igyekeznek tárgyalni. Bármennyire is dicséretes az ilyen szemlélet- és tárgyalásmód, a matematika alapképzés nélküli érdeklődők számára elriasztó a hatása, pedig a téma agro- és bioklimatológiai, valamint környezetvédelmi vonatkozásai miatt szépszámu, nem matematikus képzettségű érdeklődőre is számot tarthat.

Oke könyve éppen azt tűzi ki célul, hogy úgy tárgyalja a határretegben föllépő jelenségeket, hogy ezeknek fizikai lényegét emelje ki, és a matematikai formalizmusból csak annyit tartson meg, amennyi a tárgy egzakt kifejezéséhez óhatatlanul szükséges. Ez azonban nem leszűkítést jelent, hiszen Oke az alapvető megmaradási elveket messzemenően figyelembe veszi, és a legtöbb esetben az adekvát energiamérleghől indul ki. Könyve nem egyszerűen a leíró, hanem a magyarázó-kifejező módszert követi és az egyszerű fizikai elvek alkalmazásán alapul.

A könyv három, egymáshoz kapcsolódó, de egymástól mégis tematikában és módszerben eltérő részre tagolódik. Az első rész, amely a légköri rendszerek alcímet viseli, megadja a planétáris határrétegben lezajló légköri folyamatok egyszerű, de tudományos igényű leírását. Ezekben a fejezetekben tárgyalja a Szerző az energia – és tömegátalakulások lényegét, a főhángsúlyt az energia- és a vízmérleg koncepciójára téve.

A természetes légköri környezet alcímű második rész az olyan természetes felületek felett kialakuló mikroklímákkal foglalkozik, mint a homok sivatagok, a hó- és jégfelszínek, valamint a víz felületek. A növényzettel nem borított felületek mellett tárgyalja a Szerző a növénytakaró szerepét is: a hó- és vízháztartáson kívül a fotoszintézisről és a szén-dioxid háztartásról is olvashatunk.

„Az állatok klímája” című 6. fejezet – amelyben a humán klimatológia egyes problémái is szerepelnek – olvasását mindenekelőtt a bio- és agroklimatológusoknak ajánljuk. Bizonyára érdeklődésre tarthat számot körükben az inhomogén talajok mikroklímáját leíró 5. fejezet is.

A harmadik rész az emberi beavatkozások hatásait tárgyalja. A klímára való befolyást pozitív és negatív értelemben is értelmezi a könyv. Az e témának szentelt mintegy 140 oldal a fagyvédelem és a ködfeloszlatás módszereivel, az üvegházak és belső terek mikroklimatológiájával éppen úgy foglalkozik, mint a káros hatásokkal. Az épületek, épületesoportok és a városok klíma módosító hatását nem megfontolt (inadvertent) hatásoknak minősíti a Szerző, de több példával bizonyítja, hogy ezek az effektusok nem elhanyagolható tényezők.

Az utolsó fejezet a légköri szennyeződés és a határréteg problémáival foglalkozik. Dicséretes, hogy a mérsékelt terjedelem (33 old.) ellenére milyen komplex módon sikerült összefoglalni a tárgykör lényegét.

A könyv megértését nagymértékben elősegíti a gondosan és nagy szakértelemmel összeválogatott ábraanyag s a bizonyító erejű táblázatok. A könyvet kiegészítő függelékek pedig – többnyire – gyakorlati útmutatásoknak tekintendők. A könyvben szereplő fizikai mennyiségek dimenzióit SI rendszerben adja meg Oke.

Azzal a jó érzéssel ajánljuk a mű forgatását, hogy nagyon széles körű olvasótábor található benne nemcsak szakmai újdonságot, de új, szintetizáló szemléletmódot mindenképpen. Legszívesebben látnánk a könyv magyarra fordítását.

Rákóczi Ferenc

RNDr. MIKUKÁŠ KONČEK DrSc., 1900–1982.

Immáron negyvedizben emlékeznek meg folyóiratunk *Konček* professzor személyéről. 1970-ben, 70 éves korában, majd 1975-ben, a 75. év elérésekor köszöntöttük a nemzetközileg elismert tudóst, a magyar meteorológusok önzetlen, segítő jóbarátját; mindkét alkalommal azal a kívánsággal, hogy fiatalos lendületét, tudományos lelkesedését megőrizve még hosszú ideig gazdagítsa jó egészségben a meteorológia tudományát.

1980-ban nyolcvanadik születésnapján a tiszteletére Pozsonyban rendezett emlékülésen a Magyar Meteorológiai Társaság és a Magyar Meteorológiai Szolgálat képviseletében többtagú magyar delegáció is köszöntötte Konček professzort, mint a Társaság tiszteletbeli tagját, s az *Időjárás* 1958–1979. közötti huszonkét éven át aktív szerkesztőbizottsági tagját, tolmácsolva a magyar meteorológusok üdvözlését és jó kívánságait.

Sajnos, ez a most már negyvedizben történő megemlékezésünk szomorú alkalomhoz fűződik. Búcsúznunk kell végleg egy nagy tudóstól, jó barátunktól, mindenekelőtt egy teljes, értékes életet betöltött igaz embertől: Huzamosabb betegeskedés után 1982. augusztus 13-án elköltözött az élők sorából.

M. *Konček* professzor röviddel az ezredforduló után (1900. április 12-én) született. Korának, a XX. századnak a múlt eredményeit megbecsülő és továbbadó tudósa volt. Az aktív tudományos munkában eltöltött, ritka hosszú 67 évével (a meteorológiával az akkori Szentpétervár, a mai Leningrád melletti nagy hírű pavlovszki obszervatóriumban már 15 éves korában megismerkedett) századunkban a meteorológia „nagy öregjei” közé tartozott.

Felkészültsége, széles nyelvtudása alkalmassá tette arra, hogy mind szűkebb hazájában, mind nemzetközi szinten átsegítse tudományunkat azokon a nehézségeken, amelyek a század háborúk dúlta szakaszaiban és a kibontakozás, újjáépítés éveiben részben az újjászervezés, részben a tudományos utánpótlás tekintetében Európa-szerte felmerültek.

A nehézségeket felismerő Konček professzor gazdag életművében különösen értékelhetjük a hazájában a meteorológiai szolgálat megszerzésében kifejtett munkáját, a szolgálat magas szintre emelését, oktató munkáját; nemzetközi téren pedig széleskörű tudományos kutató és tudományt irányító tevékenységét, valamint az általa irányított kutatógárda értékes eredményeinek bekapcsolását az egyetemes meteorológia tudományos vérkeringésébe.

Egyetemi tanulmányainak befejezése után éveken át különböző egyetemi tanszékeken (Prága, Brünn) foglalkozott a meteorológia felsőszintű oktatásának kérdéseivel. A hiányosságokat pótlandó számos tankönyvet írt és szerkesztett. Kiemelendőnek tartjuk, hogy ezen munkássága során *D. Svoboda*-val, a WMO későbbi főtákarával orosz eredetiből cseh és német nyelvre fordította és kiegészítette *Sz. P. Hromov*nak a *Szinoptikus Meteorológia (1940)*, akkoriban legkorszerűbb, alapvető művét. Ezzel kettős célt ért el. Egyrésztől kitérő tankönyvet adott hazájának meteorológus-képzése számára, másrésztől megismertette a német szakirodalmi nyelvtérlet kutatóival, oktatóival az akkoriban meglehetősen elzárt szovjet szakirodalom egyik legkiválóbb, didaktikailag is nagyon értékes szakkönyvét.

Konček professzor életműve a harmincas években – miután előzőleg résztvett a fiatal csehszlovák meteorológiai szolgálat szervező és operatív munkájában – a szlovák meteorológiai szolgálat megszerzésével folytatódott. Felsőfokú oktatói tevékenységét – időközben végleg Pozsonyban telepedve le – az ottani *Komensky Egyetem* meteorológiai és klimatológiai tanszékén, mint ennek első professzora folytatta. Itt és az általa alapított szlovák tudományos akadémiai kutató intézetben, majd mint a Szlovák Hidrometeorológiai Intézet vezetője gondoskodott a szolgálati és a tudományos utánpótlásról. A mai magas színvonalon működő és kutató szlovák szakembergárda majd minden tagja Konček professzor tanítványa, akik haláláig szeretettel és tisztelettel vették körül a.



nyugalomba vonulása után is velük mindvégig szoros kapcsolatot tartó tanárukat.

A szomszéd baráti országból elismeréssel követtük kezdeményező és szervező munkáját, amelynek eredményeképpen megépült a Tátra második legmagasabb pontján, a 2634 m magas Lomnici-csúcsra a nemzetközileg is jelentős hegyi obszervatórium. A magas hegység meteorológiai jelenségei, éghajlati jellegzetességei mindvégig lekötötték a természet szépségei iránt különösképpen fogékony Konček professzor érdeklődését. Az Osztrák Meteorológiai és Geodinamikai Intézet vezetőivel, munkatársaival szoros szakmai barátságban együttműködve előadóként, majd szívesen látott és tisztelettel fogadott vendégként gyakran vett részt az 5 közép-európai ország által rendezett Alpi Meteorológiai Konferenciákon. Abban a meggyőződésben, hogy a Kárpátok térségének meteorológiai jellegzetességei hasonlóképpen indokolják és igénylik az érdekelt országok tudományos együttműködését, a szlovákiai Smolenice-ben 1959-ben nemzetközi Kárpát-meteorológiai Konferenciát rendezett. Az azóta is sikeresen folytatódó együttműködésben részt vesznek a csehszlovák, jugoszláv, lengyel, magyar, román, szovjet kutatóintézetek és meghívott vendégként látogatják német és osztrák meteorológusok is. A konferenciákat felváltva a résztvevő országok rendezik az Alpi Meteorológiai Konferenciákhoz hasonlóan.

Ugyancsak Konček professzor szervező munkáját dicséri az a szoros, baráti együttműködés, amely a Szlovák és a Magyar Meteorológiai Társaság között alakult ki az általa kezdeményezett közös vándorgyűléseken (az első közös vándorgyűlést Mosonmagyaróváron tartották 1968-ban, a hetediket Kecskeméten 1981-ben).

Konček professzor tudományos munkásságának jelentős hányadát éghajlattani kutatásai képezik. Hazája éghajlati atlaszának szerkesztői feladatai alkalmat adtak arra is, hogy a szomszéd Ausztria és Magyarország Csehszlovákiával határos zónáiban az éghajlati elemek értékeit különböző metodikai megfontolások figyelembevételével egyeztessék. Ennek érdekében gyakran került sor kölcsönös látogatásra, tapasztalatcserére. Állásfoglalásait, általában látogatásai során tartott előadásait, folyóiratunkban megjelent cikkeit mindig nagy érdeklődés és elismerés kísérte. Gazdag irodalmi munkásságát – melynek részletezése meghaladná ennek a megemlékezésnek kereteit – a magyar meteorológusok jól ismerik, eredményeiből sokat hasznosítottunk. Baráti látogatásaira, tapasztalataiból merített tanácsaira mindig szeretettel emlékezünk vissza.

Nyugalomba vonulása után is megőrzött munkakedvét és szervező képességét bizonyítják az utóbbi években végzett pozsonyi város-klimatológiai kutatásai, feldolgozásai és a lengyel munkatársakkal szerkesztett Tátra-monográfiája (Klima Tatier, Bratislava, SAV 1975), amelynek érdekes részlete (a Magas-

Tátra déli lejtőjének hőmérsékleti viszonyairól) az *Iddőjárás* 64. évfolyamában megjelent.

Tudományos érdemeinek elismeréséről a Csehszlovák és a Szlovák Tudományos Akadémia egyaránt tagjává választotta, számos külföldi tudományos társaság, bizottság tagja volt. Augusztus 18-án, a Komenský Egyetem aulájában felállított ravatalánál tisztelőinek és barátainak nagy száma jelent meg végső tiszteletadásul.

Konček professzor életművének végső értékelésekor, abban a meggyőződésben, hogy maradandó emlékét hazája és a nemzetközi tudományos világ tisztelettel őrzi, mi magyar meteorológusok – különösen személyes barátai – mélyszélesen fáljaljuk hazáján messze túlsugárzó személyiségének elvesztését. Aktivitását, baráti segítségét, bölcs tanácsait – emlékét megőrizve – sokáig nélkülözni fogjuk.

Béll B.

✱

OSZTRÁK—MAGYAR FERTŐ TAVI SZIMPÓZION SOPRONBAN

A Magyar Meteorológiai Társaság az Osztrák Meteorológiai Társaság közreműködésével a szokásos évi vándorgyűlés helyett a Fertő tavi kutatásokat értékelő szakmai napokat rendezett Sopronban, 1982. szeptember 6-án és 7-én. Társaságunk régi törekvése, hogy kapcsolatait a Műszaki és Természettudományi Egyesületek Szövetségének más társaságaival, valamint külföldi, elsősorban a szomszédos országok meteorológiai társaságaival bővítsék. Ez a törekvés fejeződött ki a soproni tudományos ülés alkalmával is, amelynek keretében magyar és osztrák meteorológusok a *Fertő tó hidro-meteorológiai kérdéseit* vitatták meg.

A Fertő tó Magyarország és Ausztria közös, s egyúttal Közép-Európa legnagyobb sztyepp-jellegű tava, amely az előregedés stádiumában van, és különleges természeti adottságaival egyedülálló jelenség.

A tó hosszúsága 35 km, legnagyobb szélessége 15 km, legkisebb szélessége 7 km. Partvonalának hossza mintegy 100 km, amelyből a magyarországi tórészé 25 km. A tófenék nagyon lapos, így az átlagos tómélység a partmenti részekben 50 – 60 cm, a belső nyílt vízterületeken 1,0 – 1,2 m, a legmélyebb helyeken 1,6 – 1,8 m, az utóbbi évek aránylag magasabb víz-állásait tekintve. A tavat változó szélességben nádas övezi, mely legszélesebb a déli magyar tórészen, ahol helyenként eléri a 4 km-t is.

A Fertő tó vízjárása a múltban igen szélsőséges volt; többször fordult elő kiszáradás, máskor pedig igen magas vízállás alakult ki.

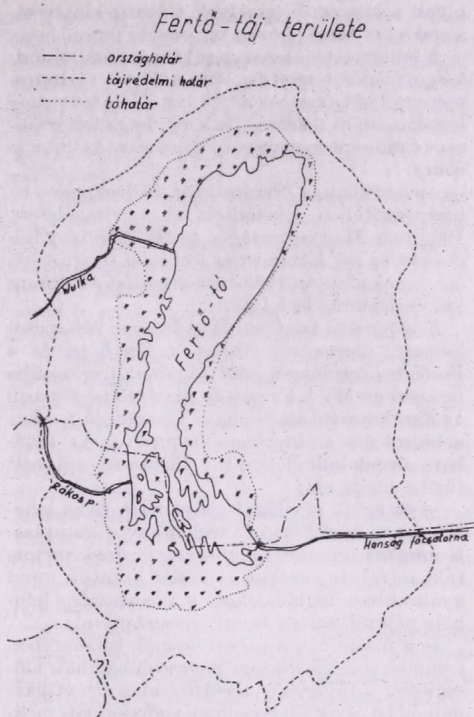
Pontos adatokat a tóról csak az 1963-ban (osztrák tórészen) és az 1967-ben (magyar tórészen) elvégzett mérések óta tudunk, a korábbi adatok igen hiányosak és bizonytalanok voltak. A tónak az említett felmérések szerinti

jellemző adataiból (lásd a táblázatot) megállapítható, hogy az eddigi gyakorlatban optimálisnak elfogadott vízszintnél mintegy 300 km² a tó vízfelülete, amivel manapság számolni lehet. Ennek az aránya az osztrák és magyar részére n: 76 – 24%.

Vízmagasság osztrák alapszint	Víztér-fogat (millió m ³)	Térfo-gat-arány osztrák-magyar (%)	Víz-felület (millió m ²)	Területi arány osztrák-magyar (%)
114,98	128	93 – 7	205	85 – 15
115,50	263	85 – 15	292	76 – 24
116,0	413	82 – 18	309	76 – 24

A Magyarországhoz tartozó kerekén 75 km² tóterület 83%-a, tehát 62 km² a nádas, míg a szabad vízfelület 13 km². Jellemző a vízfelület csökkenésére az, hogy a századforduló óta egyharmadára, tehát 39 km-ről 13 km²-re zsugorodott.

A fentiek alapján belátható, hogy a Fertő tó állapotának megóvása, illetve javítása érdekében az illetékes hatóságoknak lépést kellett tenniük. Az első átfogó, céltudatos fejlesztési koncepció 1965-ben alakult ki, majd a fejlesztési tervet az 1030/1967. (IX. 17.) számú Kormányhatározat hagyta jóvá. A tervek az egész Fertő-tájra vonatkoznak; a Fertő-táj fogalmába a Fertő tó és az azt övező tájvédelmi terület tartozik, amelynek határvonala nem igazodik szorosan a közigazgatási határokhoz és vízválasztókhoz (I. ábra).



Természetesen a magyar tórésszel és a tóhoz kapcsolódó partszakasszal olyan jellegű fejlesztését, ahogyan azt Ausztriában teszik, nem lehetett célul kitűzni. Nálunk is vannak azonban



Az ülés elnöksége: Gál János rektor köszönti a résztvevőket

olyan adottságok, amelyek ésszerű kiaknázásával a két tóréz között egyensúly teremthető.

A fejlesztések nagyságától függetlenül mindkét országban szükség volt a Fertő tó hidrometeorológiai rendszerének, a tó és környezete meteorológiai viszonyainak részletes feltárására, s e munkát megalapozó mérésekre és kutatásokra.

Ausztriában a Nemzetközi Hidrológiai Dekád keretében kezdődtek el a vizsgálatok, 1966-ban, Magyarországon pedig 1968-ban dolgoztuk ki azt a mérési és kutatási programot, amelynek alapján 1969-ben elkezdődött a munka, és jelenleg is folyik.

A Központi Légkörfizikai Intézet bekapcsolódását, illetve részvételét a Fertő tó és a Fertő-táj természeti adottságainak kutatásába részben az MTA Fertő-táj Bizottsága, részben az Északdunántúli Vízügyi Igazgatóság, tehát a hidrológia szakterülete inspirálta. Az 1968-ban megalakult Fertő-táj Bizottság két célt tűzött maga elé;

– az egyik a világviszonylatban ritka lehetőséget nyújtó Fertő tó tudományos kutatása. E munkát annál is inkább időszerűnek tartották, mivel az európai és ázsiai kutatók mind gyakrabban foglalkoznak a természetes lefolyás nélküli, szikes tavak vizsgálatával;

– a másik cél, a táj értékeinek ismeretében természeti és gazdasági hasznosításuknak elősegítése, a tájegység területrendezési, vízgazdálkodási és egyéb terveinek tudományos megalapozása.

A Vízügyi Igazgatóság részéről felmerült fő kérdés a Fertő tó szabad vízfelszínének és a nádas evapotranspirációjának a meghatározása volt, tőszabályozási, vízgazdálkodási terveik megalapozásához.

Kétségtelen, hogy a felsorolt célok, feladatok megoldásában a meteorológiai, hidrometeorológiai paraméterek komplex vizsgálata, számszerű értékeiknek megadása alapvetően fontos információt jelentett.

A rendezvényen, amelynek a Soproni Erdészeti és Faipari Egyetem adott otthont, mintegy 60 magyar és 20 osztrák szakember vett részt. *Szász Gábornak*, a Magyar Meteorológiai Társaság elnökének megnyitó beszéde szeptember 6-án reggel 9 órakor hangzott el, majd *Gál János*, az Erdészeti és Faipari Egyetem rektora üdvözölte az egybegyűlteket. Ezután *H. Reuter*, az Osztrák Meteorológiai és Geodinamikai Intézet igazgatója mondott köszönetet a meghívásért, és hangsúlyozta a tudományos együttműködés jelentőségét.

A megnyitó és a kölesönös üdvözlések után a Fertő tavi kutatási eredményeket bemutató előadásokra került sor. Számszerint tíz előadás hangzott el, öt magyar és öt osztrák szakemberek részéről.

Az első két bevezető előadás átfogó képet adott a tó két szakaszán végzett munkáról. Így *Kozma Ferenc* és *Tóth Erzsébet* „A Fertő tavi hidrometeorológiai kutatások célja és főbb

eredményei” címen foglalta össze a magyarországi vizsgálatokat. Az előadás három részből állt. Az első rész, a „Fertő-táj éghajlata” részletes információt adott a legfontosabb meteorológiai elemek alakulásáról a vizsgált térségben, az 1970 – 1979. közötti speciális mérések, valamint Sopron és Magyaróvár 1901 – 1970. közötti adataira alapján. A második rész a Fertő tó sugárzás- és hőháztartásával foglalkozott; a sugárzási komponensek víz- és nádfelszínre vonatkozó értékeit mutatta be, majd a Fertő tó hőháztartási rendszerét elemezte, különös tekintettel a párolgásra fordított hőre. A harmadik rész, „A Fertő tó párolgása”, rövid módszertani leírás után a párolgás számértékeit elemezte külön bemutatva a vízfelszín evaporációját és a nádas evapotranspirációját.

F. Neuwirth „Az IHD (Nemzetközi Hidrológiai Dekád) keretében a Fertő tavon végzett hidrometeorológiai vizsgálatok eredményei”-t ismertette. E kutatási program során a Fertő tó osztrák szakaszán átfogó hidrometeorológiai vizsgálatok folytak 1966-tól 1974-ig. A legfontosabb cél a párolgásnak a meghatározása volt. Ennek érdekében a tó közepén, májustól októberig automata mérőállomást üzemeltettek, s az itt mért adatok, valamint a podersdorfi és a rusti meteorológiai állomásoknak az adatai alapján határozták meg a párolgást, mégpedig a hőháztartási és az aerodinamikum profil módszerrel, párolgásmérő kádak segítségével és empirikus párolgási formulákkal. Az átfogó és részletes adatahalmaz lehetővé tette a Fertő tó és környéke klimatológiai és hidrometeorológiai viszonyainak a leírását is.

A fenti két bevezető előadás után *Kalmár István*, az Északdunántúli Vízügyi Igazgatóság munkatársa beszámolt arról, hogy hogyan hasznosítják a meteorológiai kutatások eredményeit a Fertő tó vízháztartásának szabályozásában. Elmondta, hogy az elmúlt 12 év széleskörű meteorológiai megfigyelései és kutatási eredményei jelentősen segítették a vízháztartásban mutatkozó törvényszerűségek feltárását. A meteorológusok meghatározták a tó és a vízgyűjtő jellemző csapadékait, a tó nyíltvizének és nádasának párolgását, azok éven belüli és hosszú idejű eloszlásait. Elsősorban ezek az eredmények tették lehetővé a többi vízháztartási tényező pontosabb becslését is, a vízháztartási szélsőségek előrejelzését, a vízszintszabályozás pontosítását.

A következőkben *H. Dobesch* előadása hangzott el, aki a Fertő tó nádövezetében végzett meteorológiai kutatások eredményeit ismertette. A Fertő tó Munkaközösség keretében dolgozó kutatócsoport a nádövezetben a nád vágása következtében létrejött víz- és hőháztartásbeli változásokat tanulmányozta.

Osztrák előadások foglalkoztak még az állóvizek felszínhőmérsékletének meghatározásával, valamint a vízfelületeknek a környezet éghajlatára gyakorolt hatásaival.

Horváth László és *Mészáros Ágnes* a „Légköri

nyomanyagok nedves ülepedése a Fertő tóra” c. tanulmánya a fertőrákosi csapadékmintavévo állomás mérései alapján a különböző nyomanyagok ülepedésének évi menetével foglalkozott. Eredményeik jól megegyeznek az illmízi állomáson mért értékekkel.

A tudományos ülés résztvevői hallhattak még azon klimatológiai segédletekről, amelyeket a Velencei tó vízszintszabályozásához dolgoztak ki (*Rákóczi Ferenc és Kóris Kálmán*), valamint a balatoni viharjelzésnél használatos módszerekről, az előrejelzések és riasztások eredményességéről (*Böjti Béla*).

Az előadások értékes kiegészítése volt *F. Lauscher* tájékoztatása az osztrák meteorológia történetéről, különös tekintettel a Fertő tó vidékére.

A késő délutánba nyúló előadás sorozat *Szász Gábor* és *Friedrich Lauscher* társasági elnökök zárszavával fejeződött be.

Szeptember 7-én reggel a Központi Meteorológiai Intézet soproni Főállomásán meglátogatására került sor, ahol rövid tájékoztató hangzott el az állomás munkájáról, feladatairól.

Ezután a népes társaságot autóbuszok vitték Fertőrákosra. Itt az első megálló a Vízügyi Igazgatóság Observatóriuma volt, ahol *Takács Tamás*, az Observatórium vezetője fogadta a vendégeket, s tájékoztatta őket az ott folyó tevékenységről. A szakmai kirándulás utolsó állomása, a Fertő tavi hidrometeorológiai kutatóállomás megtekintése közben az elhangzott hidrobiológiai témájú előadás egészzé tette a Fertő tavi kutatásokról eddig szerzett ismereteket.

A szakmai programban gazdag rendezvényhez tartozik az a szűkebb körű megbeszélés, amely a Társaságok és a Szolgálatok vezetői között zajlott le, s amelynek célja a további társasági együttműködés formájának, tartalmának kialakítása volt.

Toth Erzsébet

✱

A 17. NEMZETKÖZI ALPI METEOROLÓGIAI KONFERENCIA

Ausztria, Franciaország, Jugoszlávia, NSZK, Olaszország és Svájc meteorológiai szolgálatai 17-edszer rendezték meg hagyományos alpi meteorológiai konferenciájukat (ITAM '82, *Internationale Tagung für Alpine Meteorologie*).

Az 1982. évi konferenciát szeptember 21 – 25 között az NSZK Meteorológiai Szolgálata rendezte. Színhelye a Watzmann 2713 m, a Hoher Göll 2513 m és az Untersberg 1972 m magas hegyei által közrefogott, az Ache folyó festői völgyében fekvő Berchtesgaden volt. A Salzkammergutba beékelődött kis tartomány 1270 – 1803 között még önálló hercegség volt, s

csak a múlt században csatolták Bajorországhoz. A tengerszint felett 573 m-en fekvő kisvárosnak és környékének kiváló alpi klímája, valamint gyógyfürdői egész évben vonzzák a pihenni és sportolni vágyókat. Nyáron az alpinisták és turisták lepik el a környék zord sziklafalait és szelid lejtőit, télen pedig a sízők paradicsoma e vidék.

A modern kongresszusi palota, remek kilátással a hegyekre, igen alkalmas volt ilyen nagyszabású nemzetközi rendezvény lebonyolítására. Az alpi országok meteorológusain kívül az USA-ból és Európa más országaiból, így hazánkból is a szakemberek élénk érdeklődést tanúsítottak a tudományos találkozó iránt.

A konferenciát Prof. Dr. *E. Lingelbach*, az NSZK Meteorológiai Szolgálatának elnöke nyitotta meg, aki ismételten hangsúlyozta az Alpok szerepét Európa időjárásában, valamint azt a tényt, hogy a modern technika lehetővé tett olyan vizsgálatokat, amelyek a jelenségek dinamikájának a megismerését segítik elő. A Meteorológiai Világszervezet és a Tudományos Uniók Nemzetközi Tanácsa által koordinált GARP egyik alprogramjának, az ALPEX-nek színhelyeül sem véletlenül választották az Alpok térségét.

E bevezető szavak után Felsőbajorország kormányelnöke, *R. Eberle*, valamint Berchtesgaden polgármestere, *A. Plenk* üdvözölte a megjelenteket, méltatva a tudományos konferencia jelentőségét és az eredmények sokoldalú felhasználásának jelentőségét.

A konferencia tudományos programja az ALPEX, a szinoptikus jelenségek, a regionális és mezoszkálájú problémák, a lokális jelenségek, a közép-, és magashegységi klimatológia, végül a hidrológia és glaciológia témacsoportjait tartalmazta. A négynapos ülésszakon több mint 60 előadás hangzott el. Ezt a különböző témákhoz kapcsolódó, nagyon jól rendezett, és ezáltal sikert aratott poszter-szekciók tették színessé és érdekessé.

Az első és talán a legnagyobb érdeklődéssel várt előadást, az ALPEX-program áttekintését és előzetes értékelését, *J. P. Kuetner*, a WMO jelenlegi munkatársa tartotta. Bevezetőjében röviden ismertette az ALPEX tudományos programját s részfeladatait, hangsúlyozva, hogy a választás azért esett a viszonylag kis kiterjedésű Alpokra, mivel e térségben a hegyek okozta jelenségek közül szinte mindegyik előfordul, sőt az északi féltekén a ciklogenezis itt a leggyakoribb. Ismertette a megfigyelő rendszert, a központok munkáját, majd részletesen foglalkozott a speciális megfigyelési periódus (SOP) alatt előfordult időjárásjelenségekkel, értékelésükkel, valamint a közben felmerült problémákkal. Ezek után az „előzetes tudományos benyomásokat” mondotta el a lee-oldali ciklogenezisről, az Alpok körüláramlásának kettéválásáról, valamint a bóráról és a fön három megjelenési formájáról. Befejezésül az ALPEX-szel foglalkozó publikációkról, tudományos ülés-

sekről és szimpózionokról szolt. Végül is azt a következtetést vonta le, hogy az ALPEX a tudományos kutatók figyelmét sok olyan speciális probléma megoldására hívta fel, amely az időjárás numerikus előrejelzésében jelentős helyet fog kapni. Véleménye szerint az összegyűjtött, értékes adathalmaz a világ tudósait még hosszú ideig foglalkoztatja majd.

A második témacsoportban több érdekes előadás hangzott el az orografikus hatások szerepéről az objektív analízisben, a közép- és rövidtávú előrejelzési modellekben. *F. Mesinger* (Belgrád) rámutatott a jelenlegi modellek „gyengéire”, mivel azok nem képesek a hegységek háromdimenziójú geometriáját megfelelően magukba foglalni. *P. Wendling* (Oberpfaffenhofen) háromdimenziós mezoskálájú numerikus modellel igazolta az Alpok északi lejtőinek csapadékok keltő, csapadékok növelő és ennek földrajzi eloszlását befolyásoló hatását. Az előadók foglalkoztak még a numerikus modellekben szereplő paraméterek összefüggéseivel, a szinoptikus jelenségeknek, mint pl. a szélnek, az Alpok felett kialakult nyári alacsonynyomású területnek hagyományos módon történő vizsgálatával, valamint a felhőrendszerek műholdképeken történő azonosításával. E témakör poszter-szekcióján mintegy 16, igen szemléletes ismertetés hangzott el, amelyek között több esettanulmány is szerepelt.

A regionális és mezoskálájú jelenségek az Alpok környezetében a nagytérségű és kistérségű folyamatokba vannak beleágyazva, így vizsgálatuk igen nehéz, mondtatta bevezető szavaiban *H. Pichler* (Innsbruck). Ezért az NSZK szolgálatának kezdeményezésére a MERKUR nevezett, mezoskálájú alprogramot szervezték az Inn völgyében és ennek előterében. Az említett időszakban és területen a termikus cirkulációt egy nem hidrosztatikus, mezoskálájú modell kétdimenziós verziójának segítségével vizsgálták, valamint egy sekély földre vonatkozó esettanulmányt is elvégeztek. E témakörben hangzottak el a radarmegfigyelések és ballonfelszállások adatai alapján végzett vizsgálatok eredményei is, különös tekintettel az Alpokon átvonuló hidegfront felhőzeti- és csapadékviszonyaira, valamint a bórára. Az ezt kiegészítő poszter-szekción a legérdekesebb a Zugspitzen megfigyelt fönfelhőzet bemutatása és fizikai értelmezése volt.

A lokális jelenségekkel, amelyek lehetővé teszik a betekintést a légkörben lejátszódó fizikai folyamatokba, mintegy 15 előadás és közel ugyanannyi poszter-szekció foglalkozott. Ezek a tanulmányok értékes adatokat nyújtanak a szubszkálájú folyamatoknak a numerikus modellekben történő parametrizálásához. Mindamellett – *H. Richner* (Zürich) szavai szerint – ezeknek a szubszkálájú lokális jelenségeknek a szinoptikus skálájú modellekbe történő beépítése még eléggé problematikus.

A fentiek szellemében többen számoltak be a hegy-völgyi szelek dinamikájára, időjárás-

módosító hatásukra, valamint az Alpok déli lejtőinek felhőzetére és napfénytartamára vonatkozó vizsgálatokról.

A közép- és magashegység klimatológiáját tárgyoló előadásokat *K. Cehak* (Wien) az Alpok éghajlatának kutatásait áttekintő tanulmánya vezette be. Ennek keretében a dinamikus klimatológia új, a kutatásokban már jelentkező, elméletét ismertette. Az ALPEX során vált nyilvánvalóvá, hogy az Alpokban és környezetében is ún. klíma-háttérállomásokot kell kijelölni, valamint a szabad légkörben olyan megfigyeléseket kell végezni, amelyek elősegítik a térség korszerű, dinamikus alapokra helyezett klímakutatását.

F. Fliri (Tirol) az új szinoptikus klimatográfia-riartott előadást, *B. Primault* (Zürich) pedig a modern klímakutatás néhány új alapfogulatát ismertette, majd a magas hegységek bioklimájáról, a szoláris UV-sugárzásról, valamint klimatológiai összehasonlító vizsgálatokról hangzottak el előadások. *G. Enders* (München) itt ismertette a berchtesgadeneri nemzeti parkban végzett klímatanulmányokat, amelyek szorosan összekapcsolódnak az UNESCO *Man and biosphere* programjához.

A témához tartozó poszter-szekción az Osztrák Alpokban felállított félautomata meteorológiai állomás, valamint az első német–kínai tibeti expedíció (1981) által végzett hóhatármegfigyelések eredményeit mutatták be.

Az utolsó témakör hidrológiai és glaciológia kérdésekkel foglalkozott. *O. Reinwarth* (München) átfogóan ismertette az utolsó évtized kutatási eredményeit. Kitért a jég jelentős víz-, és információtároló szerepére, valamint a gleccser-megfigyelésekből levonható következtetésekre. Ezt követte az energiaháztartásnak a magasságtól való függőségéről, a hó vastagságának és víztartalmának meghatározására szolgáló statisztikai modellről, valamint az 1981/1982 telén a Mt. Capellinön megfigyelt jégfelhalmozódás sebességének értékeléséről szóló előadás. Érdekesekek voltak az Alpok térségéről készült hidrológiai térképek.

Az előadásokat, egy-két kivétellel, nem követte a megszokott élénk vita, talán azért nem, mert a témák nagyon speciálisak voltak.

Az ülésszakon elhangzottakat *W. Buschner*, az NSZK Meteorológiai Szolgálatának tudományos igazgatója, valamint *H. Reuter*, az Osztrák Meteorológiai Szolgálat elnöke értékelte, vázolvva azokat a tudományos területeket, ahol az alpi országok szakembereinek közös erőfeszítésére van szükség ahhoz, hogy további eredményeket érjenek el a problémák megoldásában.

Végül, az eddigi hagyományokat követve, *F. Mesinger* (Belgrád) bejelentette, hogy a 18. Alpi Meteorológiai Konferenciát 1984-ben a Horvát Meteorológiai Szolgálat kívánja megrendezni.

A gazdag szakmai programot talán még gazdagabb keretprogram egészítette ki, amelyre

Berchtesgaden környéke korlátlan lehetőségeket kínált. Különösen maradandó élményt nyújtott a közös kirándulás a berchtesgadeneri nemzeti parkba, amely méltó befejezése volt egy nagyon jól szervezett, meleg baráti légkörben lezajlott tudományos konferenciának.

Lépp I.

✱

FÖLDTUDOMÁNYI ÉVFORDULÓ 1982-BEN

A folyó, 1982. évben több nevezetes történeti szakasz kezdetének – a földtudományok „korszakváltásainak” – évfordulóit ünnepljük.

Száz évvel ezelőtt, 1882. augusztus 1-én kezdődött az osztrák–magyar haditengerészet sorhajóhadnagyának *Karl Weyprecht*nek kezdeményezésére rendezett és kereken 1 évig tartó *Első Nemzetközi Poláris (Sarki) Év*. Ezt 50 évvel később, 1932-ben a *Második Nemzetközi Poláris Év* követte. Mindkét együttműködés az északi-sarki térségben szervezett geofizikai (ennek keretében meteorológiai) kutatásokra irányult. Ugyancsak 1982-ben emlékezünk meg a 25 évvel ezelőtt, 1957. július 1-én megkezdett *Nemzetközi Geofizikai Évről*.

Miután a hármas évforduló nemcsak a szorosan vett geofizika, hanem több természettudomány (csillagászat, geológia, geodézia, geofizika, oceanológia, glaciológia, meteorológia, hidrológia) érdeklődési körébe tartozik, azért 1982-ben és a rákövetkező 1983. évben széleskörű megemlékezésekre kerül sor.

A *Tudományos Uniók Nemzetközi Tanácsa* (ICSU) 1978-ban felkérte a belga *M. Nicolet* professzort egy „ad hoc” szervező bizottság vezetésére a megemlékezések tervszerű lebonyolítása céljából. A bizottság felhívására az ICSU-ban tömörült tudományos uniók és ezek nemzeti bizottságai bejelentették, hogy 1982-ben és 1983-ban szimpóziumokat, emléküléseket terveznek a hármas évforduló alkalmából. Hasonló megemlékezéseket terveznek a Nemzetközi Geofizikai Év nyomán megalakult szervezőbizottságok (*COSPAR*, *SCOR*, *SCAR* etc.) is. Szóba került kiállítások rendezése, könyvek, emlékbélyegyek kiadása, különleges postabélyegzők alkalmazása. Ausztriában megemlékeznek az osztrák–magyar sarki expedíciókról, *Karl Weyprecht* sarkkutatóról és az expedíciókat anyagilag támogató *Wilczek* osztrák főúrról.

Az ICSU 1982. szeptemberében Cambridgeben tartott kongresszusán *V. V. Belousov* akadémikus, a szovjet Geofizikai Bizottság elnöke emlékezett meg összefoglaló előadásban a hármas évforduló kapcsán a XIX. és a XX. század nagy nemzetközi együttműködéseiről, amelyekben Oroszország, majd a Szovjetunió kiemelkedő eredményekkel vett részt. Ugyanakkor a *Scott* kapitányról elnevezett Cambridge-i *Poláris Kutatóintézetben* kiállítást ren-

deztek a 3 nagy geofizikai együttműködés emlékeiből.

Magyarországon az *MTA*, a *MTESZ*, az *ICSU* magyar nemzeti bizottsága és az együttműködésben annak idején résztvevő akadémiai tudományos bizottságok *Tigyi József* akadémikusnak, az *ICSU* magyar nemzeti bizottsága elnökének irányításával készül a hármas évforduló megünneplésére. Terveikben szerepel 1983. februárjában egész napos ünnepi ülés keretében az együttműködés eredményeinek bemutatása, valamint széleskörű ismertetésük a sajtó, a rádió és a televízió útján.

Folyóiratunkban az ünnepi ülésszak befejezése után bővebben is beszámolunk a poláris évek és a Nemzetközi Geofizikai Év eredményeiről, közöttük természetesen a magyar meteorológusok részvételéről a közös munkában.

Béll B.

✱

SVÉD—MAGYAR LEVEGŐKÉMIAI SEMINÁRIUM

Az utóbbi 25 év alatt a meteorológia jelentősen fejlődött. A fejlődés egyik eredménye a levegőkémia kialakulása volt. Ez a tudományág a légkör összetételével, a légköri gázok és aeroszol részecskék forrásaival és nyelőivel, valamint átalakulásával foglalkozik. A vizsgálatok gyakorlati jelentőségét az emberi tevékenység és a kémiai folyamatok kölcsönhatása indokolja. A levegő elszennyezésével ugyanis nagy léptékben megváltoztatjuk a kémiai összetételt, befolyásolva így módon az éghajlat alakulását, illetve a légkörből az ökoszisztémákba jutó elemek mennyiségét.

A levegőkémia művelésében a svéd kutatók mindig élen jártak. Az ötvenes években svéd meteorológusok, hidrológusok és talajkémikusok szervezték meg az első európai levegőkémiai hálózatot. Az elmúlt két évtizedben első sorban a szén-, kén- és nitrogénvegyületek légköri körforgalmának tanulmányozása területén végeztek jelentős munkát. Svéd kollégáink hívták fel a figyelmet a légszennyeződés nagyléptékű terjedésére, valamint a levegő és a csapadék savasodására is.

Az ilyen irányú svéd és magyar vizsgálatok megvitatása, illetve összehangolása céljából a Magyar Meteorológiai Társaság az OMSZ Központi Légkörfizikai Intézetével együttműködve svéd–magyar levegőkémiai szemináriumot szervezett. A tudományos előadásokra 1982. október 12-én került sor a MTESZ Kossuth téri székházában. Az angol nyelvű szemináriumon két svéd, illetve négy magyar előadás hangzott el.

Az első előadást *H. Rodhe* tartotta „A kén téli és nyári mérlege Európa fölött; a tartózkodási idő évszakos változása” címmel (társzervező: *L. Granat*). *Rodhe* előadásában európai adatok alapján kimutatta, hogy a kénvegyületek nyá-

ron gyorsabban ülepednek, mint télen. Ez más szavakkal azt jelenti, hogy télen – amikor az emisszió igen jelentős – a kénvegyületek hosszabb légköri tartózkodási idővel rendelkeznek, mint nyáron, így a forrásoktól jóval nagyobb távolságokra juthatnak el. A svéd kutató véleménye szerint a hosszabb tartózkodási idő a magyarázata az Arktisz fölött télen kialakuló jelentős légszennyezettségnek, amely elsősorban szulfát részecskékből áll. Magyar részről ehhez a beszámolóhoz *Várhelyi Gabriella* „A kén körforgalma a szárazföldre feletti levegőben” c. előadása kapcsolódott. Munkája legérdekesebb eredménye annak kimutatása, hogy Afrika, Ausztrália és Dél-Amerika fölött az ülepedés jelentősebb, mint az antropogén emisszió. A különbségből megítélhetjük a biológiai források, illetve az iparosítottabb szárazföldről érkező kén-szállítás erősségét.

R. Söderlund kutatási eredményeiről „A légköri ammónia tanulmányozása csapadékkémiai adatok alapján” címmel számolt be. Az ammónia abszorpció fizikai-kémiai feltételeinek vizsgálata alapján azt a következtetést vonta le, hogy a csapadékvíz ammónium-iontartalma elsősorban aeroszol részecskékből származik. Az ammónium részecskék tömegkoncentrációja a levegőben a tavaszi időszakban, míg az ammónia gázé a nyári hónapokban maximális. Ezután került sor *Horváth László* „A nitrogénvegyületek száraz légköri ülepedése” c. előadására. *Horváth* a gradiens módszerrel végzett mérésekkel kimutatta, hogy fűfelszín fölött az ammónia fluxus az esetek többségében a talaj felé irányul. Előjele és intenzitása a légköri koncentráció függvénye. Amennyiben ez a koncentráció nagyobb, mint a felszínre vonatkozó egyensúlyi érték, akkor ülepedés, ellenkező esetben amisszió figyelhető meg. Az említett

eljárással végzett mérések nitrát részecskéknel, illetve salétromsav gőznel sajnos nem vezettek eredményre. A két szinten mért koncentrációk különbsége ugyanis kisebb volt mint a mérések pontossága. Ezen a területen további vizsgálatok szükségesek.

Mészáros Ágnes „A légköri ólom és kadmium koncentrációja és ülepedése Magyarországon” címmel az ilyen irányú első magyar vizsgálatok eredményeit foglalta össze (társ szerző: *Horváth Zsuzsa*). Ezek szerint az ország háttér levegőjében az ólom átlagos koncentrációja $62 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$ nagyságú. Kadmium esetén $1,2 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$ a megfelelő érték. Ennek megfelelően a kadmium száraz ülepedése gyakorlatilag elhanyagolható. A száraz és nedves ülepedés összege Pb és Cd esetén rendre $2,3 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{év}^{-1}$, illetve $0,68 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{év}^{-1}$ értékű.

A tudományos ülészakot *Haszpra László* „Csapadékkémiai hálózatok tervezése” c. előadása zárta. Szerző a csapadékkémiai hálózatok sűrűségének statisztikus megbecslésére kidolgozott módszerét nitrát- és ammóniumionokra alkalmazta. Kiszámította, hogy az éves nitrát ülepedés, illetve a havi koncentráció 10%-os, illetve 30%-os hibával való meghatározásához milyen állomássűrűség szükséges. Azt is megvizsgálta, hogy a kapott állomássűrűséggel az ammónium koncentrációja és ülepedése milyen hibával mérhető.

A szemináriumot követő napon a svéd vendégek meglátogatták a Központi Légtérfizikai Intézetet, valamint a K-pusztai háttérállomást. Itt-tartózkodásuk utolsó napja budapesti és szentendrei városnézéssel telt el. Ezen a napon *T. Palme*, a budapesti Svéd Nagykövetség első titkára a szeminárium résztvevőit ebéden látta vendégül.

Mészáros E.

SZERZŐINK FIGYELMÉBE

NOTES TO THE AUTHORS

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

A kéziratokat a szerkesztőbizottság lektoráltatja. A lektor nevét a szerzővel nem közöljük. A kéziratnak a következő formai igényeket kell kielégítenie:

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

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 aláhúzva 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 rünk. 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, kötetszám, 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, kontasztos minőségben nyújthatók be.

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

Matematikai formulák és jelölések: A nem latin betűket és kézzel írott jeleket a margóin eruzával 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.

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 if 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. 7

Felelős kiadó: Siklósi Norbert igazgató



82.0814 Athenaeum Nyomda, Budapest — Íves magasnyomás

Felelős vezető: Szlávik András vezérigazgató

INDEX: 26 361

HU ISSN 0324—6329

