

000 0041

IDŐJÁRÁS

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT FOLYÓIRATA

85. ÉVF. ★ 5. SZÁM ★ 1981. SZEPTEMBER—OKTÓBER

TARTALOM

<i>Iványi Zsuzsanna—Mersich Iván:</i> Atomerőművek által kibocsátott sugárzó anyagok terjedése a légkörben (angolul)	245
<i>Miskolczi Ferenc:</i> A légköri ózónátbocsátás direkt számításának néhány eredménye és ezek alkalmazása a távszondázásban (angolul)	256
<i>Boncz József—Mika János:</i> Budapest évközi hőmérséklet-változásainak összefüggései (angolul)	262
<i>Róth Renáta:</i> A felhőmegfigyelések és felhőstatisztikák szerepe az Éghajlati Világprogramban, II. rész: A Nemzetközi Műholdas Felhőklimatológiai Project	271
<i>Takács Olga:</i> A keleti és nyugati irányítású vertikális felületre jutó napsugárzási energia napi menete és gyakorisági eloszlása	278
<i>Szepesi Dezső:</i> A nagy távolságról származó légszennyeződés vizsgálatának eredményei	293
Tartalalom	305
Krónika	306

CONTENS

<i>Iványi, Zs.—Mersich, I.:</i> Dispersion of airborne radioactive pollutants released by nuclear power plants (in English)	245
<i>Miskolczi, F.:</i> Some results on the direct calculation of atmospheric ozone transmittances and their application for remote sensing of atmospheric profiles (in English) ..	256
<i>Boncz, J.—Mika, J.:</i> Connection of the annual variations in temperature in Budapest (in English)	262
<i>Róth, R.:</i> Cloud observations. cloud statistics and the World Climate Programme, II.: The International Satellite Cloud Climatology Project	271
<i>Takács, O.:</i> Daily variation and frequency distribution of the solar energy received by eastern and western vertical surfaces	278
<i>Szepesi, D.:</i> Results of investigations on the long-range transmission of air pollutants	293
Literature	305
Chronicle	306

JOURNAL OF THE HUNGARIAN METEOROLOGICAL SERVICE

VOL. 85. ★ NO. 5. ★ SEPT—OCT 1981. ★ BUDAPEST

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata
Journal of the Hungarian Meteorological Service

SZERKESZTŐ BIZOTTSÁG – EDITORIAL BOARD

AMBRÓZY P. (Budapest)
ANTAL E. (Budapest)
BENGTSOON, L. (Reading)
BÖHME, W. (Potsdam)
BUDYKO, M. I. (Leningrad)
FEDERER, B. (Zürich)
GEORGII, H. – W. (Frankfurt a. M.)
GÖTZ G. (Budapest)
GULYÁS O. (Budapest)
HUSAR, R. (St. Louis, Missouri)
LOGVINOV, K. (Kijev)
NGUYEN-XIEN (Hanoi)
PÉCZELY GY. (Szeged)

RADINOVIĆ, D. (Beograd)
RÁKÓCZI F. (Budapest)
RENOUX, A. (Paris-Créteil)
ŠAMAJ, F. (Bratislava)
STELCZER K. (Budapest)
SZEPESI D. (Budapest)
TAKEUCHI, K. (Tokyo)
TUVDENDORZS, D. (Ulan-Bator)
VARGA-HASZONITS Z. (Budapest)
VITEK, V. (Praha)
WHELPDALE, D. M. (Downsview, Ont.)
WIRTH E. (Pécs)

Elnök – Chairman of the Editorial Board:

MÉSZÁROS E. (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

Dispersion of airborne radioactive pollutants released by nuclear power plants

ZS. IVÁNYI and I. MERSICH, Central Institute for Meteorology, H-1525 Budapest, P.O.B. 38.

Atomerőművek által kibocsátott sugárzó anyagok terjedése a légkörben. Atomerőművek környezetszennyező hatásának vizsgálatára alkalmas modell kerül bemutatásra. A modell alapja a turbulens diffúziós egyenlet, amelyet a szerzők numerikus úton oldanak meg. A számításokhoz szükséges meteorológiai adatok egy egydimenziós planetáris határreteg modell megoldásaként állnak rendelkezésre. Előbb az atomerőművek normál üzemmódja, majd üzemzavara esetében végzett számítások eredményei kerülnek ismertetésre. A kibocsátott sugárzó anyag mennyisége, a felezési idő, a kimosási tényező és az ülepedési sebesség változtatásával, valamint változó meteorológiai helyzetek figyelembevételével esettanulmányok tapasztalatait írják le a szerzők. Az eredmények hasznos információkat szolgáltatnak egy esetleges, szükséghelyzetekre vonatkozó döntési modell kidolgozásához.

*

Dispersion of airborne radioactive pollutants released by nuclear power plants. A numerical model describing the effects of nuclear power plants is presented. The model is based on the turbulent diffusion equation, which is solved by using a finite-difference method. The meteorological input data were determined as the stationary solution of a one-dimensional planetary boundary layer model. Calculations were carried out for both the routine operation of the nuclear power plant and the case of accident. Results of case-studies are described. The following parameters were varied: release rate of activity, half-period, wet-removal, deposition velocity and meteorological condition. The results obtained by the model will provide useful information for safety guides for operating nuclear power plants.

*

Introduction. In the recent years a great number of nuclear power plants have become operational. A number of theoretical studies and experiments have been carried out in order to predict the consequences of releases of radioactive contaminants into the atmosphere.

The modelling approaches applied to the simulation of the diffusion and removal of the radioactive materials can be classified into two main categories:

1. Gaussian-models obtained by simplifying the turbulent diffusion equation and applied in either Eulerian or Lagrangian coordinate systems (Anderson, 1961; Gifford, 1967; Slade, 1968; IAEA, 1980; Karlberg et. al. 1979).

2. Gradient transfer models in which concentrations are obtained by solving the diffusion equation, either analytically or by using numerical methods (Reiter, 1978.).

Concerning the harmful effect of the nuclear power stations two important questions need to be answered:

1. The distribution of the activity of the radioactive material must be determined during routine operation near the power plant.

2. In the event of an accident where would the radioactive cloud be transported and what would be the distribution of activity?

In both cases the Gaussian-model is generally applied in routine calculations.

In the case of continuous releases the release rate can vary from less than an hour up to a year. However since the problem is to determine the activity concentration due to prolonged releases with a constant or seasonal variation of the release-rate, the use of the statistical Gaussian-formula is the less time-consuming and expensive method. However in the case of accident a big amount of activity is released within a short time. (The release time can vary from 1 to 24 hours, or several days.) For this reason a dynamical model is probably more adequate approach to the accident situation.

In this paper a general method based on the numerical solution of diffusion equation is described, from which it is possible to estimate the consequences of both routine and accidental releases of radioactive material.

1. Model equations

The diffusion equation is based on the law of conservation of mass. To estimate concentrations some simplifications are introduced. Molecular diffusion can be neglected. The turbulent flux can be expressed in terms of an eddy-diffusion coefficient. The terms containing the effect of sources and sinks are linear functions of time. Finally the following equation is obtained:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial y} + w \frac{\partial C}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \frac{\partial C}{\partial z} \right) + Q_s(X, t) - Q_d(C, t) \quad (1)$$

where: C is concentration activity; Bq/m³

x, y, z are coordinates; m

t is time; s

u, v, w are velocity components; m/s

Q_s is the source term; Bq/ (m³s)

Q_d is the sink term; Bq/ (m³s)

K_x, K_y, K_z are turbulent eddy diffusion coefficients; m²/s.

In order to save computational time a coordinate transformation was introduced. By this transformation a grid-system with upward decreasing resolution was obtained, so the number of vertical grid-points has been decreased. The new coordinate system which is orthogonal, is defined in the following way:

$$\bar{x} = x; \quad \bar{y} = y; \quad \xi = 2\pi \arcsin (H - z/H) \quad (2)$$

where: H is the depth of the air layer investigated (in this case $H = 1.000$ m).

Applying the transformation for equation (1):

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -u \frac{\partial C}{\partial \bar{x}} - v \frac{\partial C}{\partial \bar{y}} - w \frac{\partial C}{\partial \xi} + \frac{1}{H} \left\{ \frac{\partial}{\partial \bar{x}} \left[H K_x \frac{\partial C}{\partial \bar{x}} \right] + \frac{\partial}{\partial \bar{y}} \left[H K_y \frac{\partial C}{\partial \bar{y}} \right] + \frac{4}{H \pi^2 \cos(\pi/2 \cdot \xi)} \frac{\partial}{\partial \xi} \left[K_\xi \frac{1}{\cos(\pi/2 \cdot \xi)} \frac{\partial C}{\partial \xi} \right] \right\} + Q_s(\bar{x}, t) - Q_d(C, t) \quad (3)$$

where: u, v are the horizontal components of wind velocity; m/s

ω is the vertical velocity; l/s

$$w = -H \pi/2 \cos(\pi/2 \cdot \xi) \omega$$

Equation (3) can be solved, if the turbulent diffusion coefficients are known. The vertical diffusion coefficient can be determined by making use of hypothesis of Prandtl's mixing length:

$$K_v = l^2 \left| \frac{\partial \underline{V}}{\partial \xi} \right|$$

is magnitude of the horizontal velocity vector. Applying the coordinate transformation defined by equation the transformed value (2) of the vertical diffusion coefficient is received:

$$K_\xi = l^2 \frac{2}{\pi \cos(\pi/2 \cdot \xi)} \left| \frac{\partial \underline{V}}{\partial \xi} \right| \quad (4)$$

It is assumed that the turbulence is approximately isotropic, i.e. the horizontal diffusion coefficient can be parametrized in a similar way, as the vertical one and can be expressed as follows:

$$K_x = C_h K_z; \quad K_y = C_h K_z$$

where: C_h is constant (Kurz, 1977) depending on the atmospheric stability, for neutral stratification: $C_h = 2,2$ for stable stratification: $C_h = 5,0$.

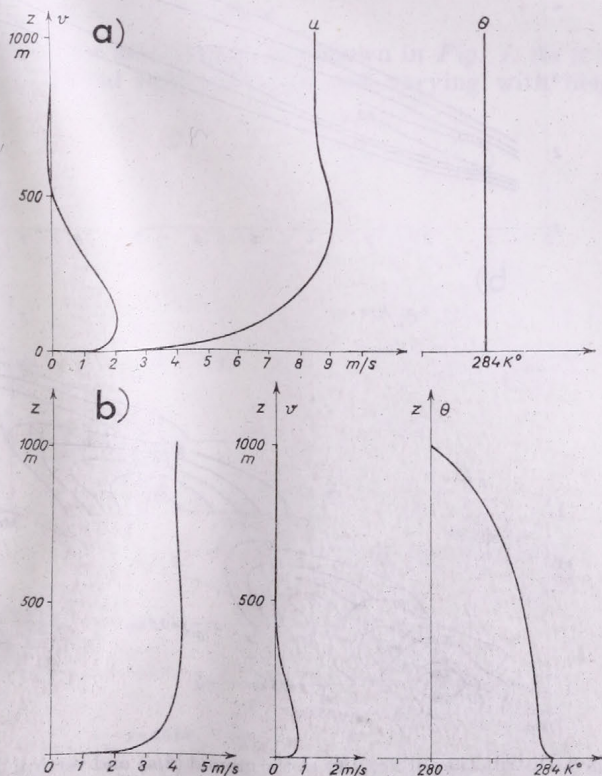


Fig. 1. Meteorological input data applied for the numerical experiments

2. Initial and Boundary Conditions

The initial meteorological input data (wind and temperature fields) were calculated by a non-hydrostatic, one-dimensional numerical PBL-model. The diurnal variation of the temperature and wind field was also determined.

The initial concentration field was assumed to be zero. During the numerical experiments the meteorological data were constant.

The sources were specified in the following way:

1. In the case of routine operation of the nuclear power station the release rate into the atmosphere is not constant.

During the calculations, the emission was gradually increased up to the given value, because the sudden change of the value of the released material might cause numerical instability.

The numerical instability can be eliminated by decreasing the time interval of the numerical integration. However it would result in a much longer computational time. Instead of this the strength of the sources was increased during 10 timesteps.

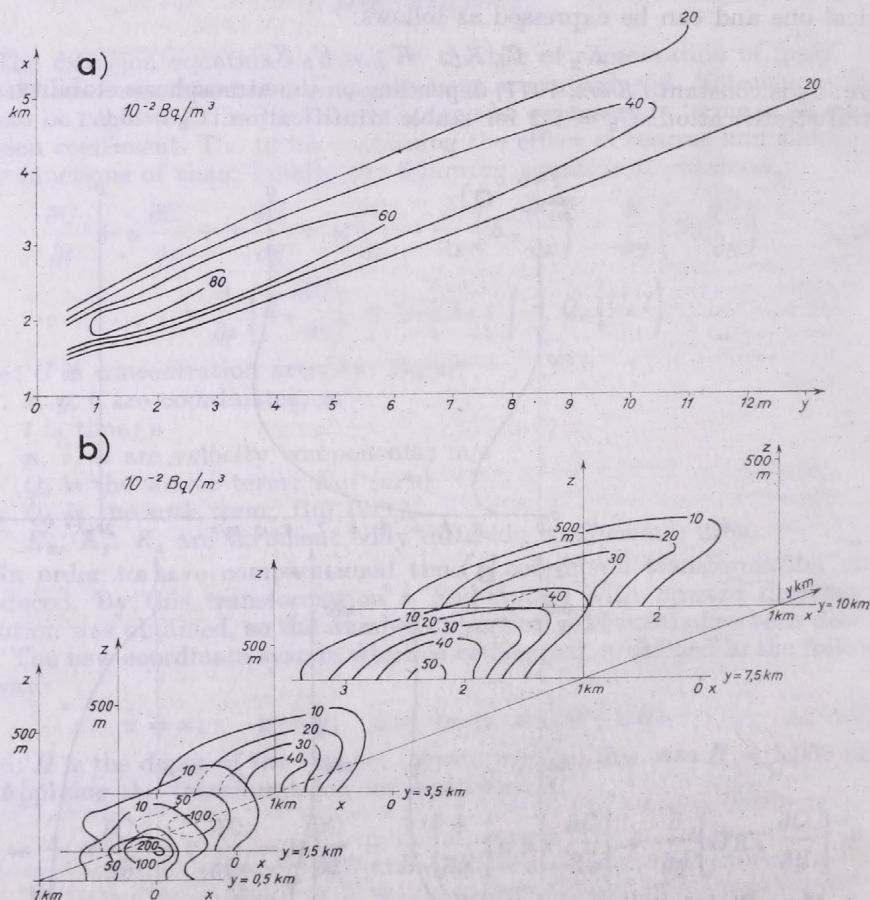


Fig. 2. Distribution of activity at the ground (2/a) and vertical distributions at various distances (2/b) for Case 1. The unit of the concentration activity is 10^{-2} Bq/m^3

2. In the case of accidental situation release rate rapidly increases to a maximum, and then slowly starts to decrease until after within half an hour it becomes approximately zero.

Boundary conditions were chosen as follows; The first derivatives of the concentration are zero at the surface and the downwind lateral boundary. The concentration always is zero at the upper boundary and the upwind lateral boundary.

During the numerical integration the time interval was chosen to be 10s. The solution became stable after the 300th time-step.

The domain of the numerical integration was $15.000\text{m} \times 6.000\text{m} \times 1.000\text{m}$. The grid-intervals were: $dx = 500\text{m}$, $dy = 200\text{m}$, $d\xi = 1/11$. The calculations were carried out using an IBM 370/155 computer.

One numerical experiment generally required 10 min CPU.

3. Simulation results

Numerical experiments were carried out for different conditions. The height of the source was assumed to be at 90m, the depth of the atmospheric layer investigated was chosen to be 1000m. No inversion was considered.

Preliminary calculations were carried out for the case of routine operation of a nuclear power plant. The strength of source was kept constant during all the experiments:

$$Q_s = 5 \times 10^7 \text{ Bq/s}$$

The meteorological input data for all the cases are shown in *Fig. 1*. As it can be seen on *Fig. 1/a* the potential temperature is not varying with height

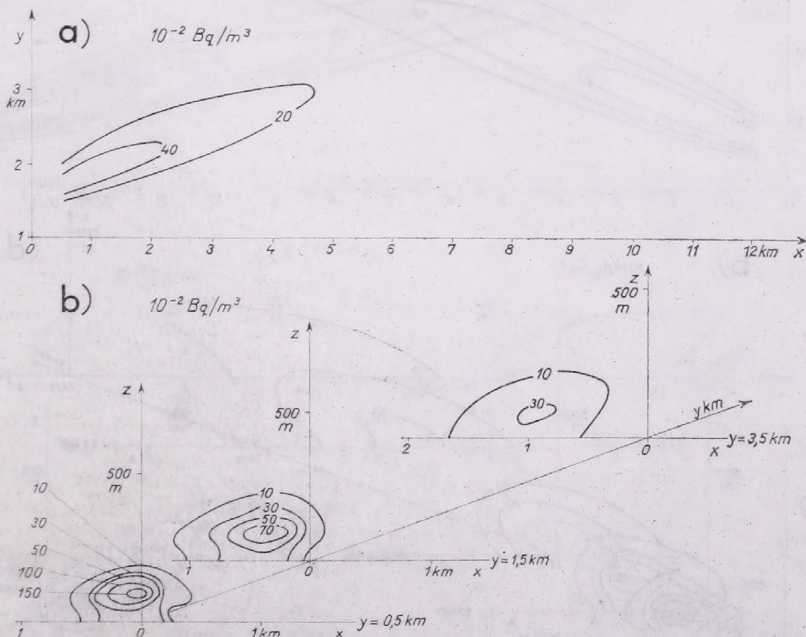


Fig. 3. Same as *Fig. 2.* except for Case 2.

TABLE I.
Parameters of numerical experiments

	Source	Meteorological condition	Deposition velocity	Wet removal	Half period
Case 1	routine	Fig. 1/a	—	—	4,48 hour
Case 2	routine	Case 1	—	—	13 min
Case 3	routine	Case 1	1 cm/s	2×10^{-4}	Case 1
Case 4	routine	Fig. 1/b	Case 3	Case 3	Case 1
Case 5	accident	Case 1	Case 3	Case 3	7 hour
Case 6	accident	Case 4	Case 3	Case 3	Case 5

and the velocity is relatively high. On *Fig. 1/b* the potential temperature is decreasing with the height and the value of wind velocity is lower.

The parameters varied during the experiments are described in *Table I*.

On the base of their half-life the radioactive contaminants can be considered as Krypton 85, for Case 1,3 and 4, and Xenon 135 for Case 2. In Case 5 and 6 the half-life can be considered as average. Daughter nuclides are neglected here.

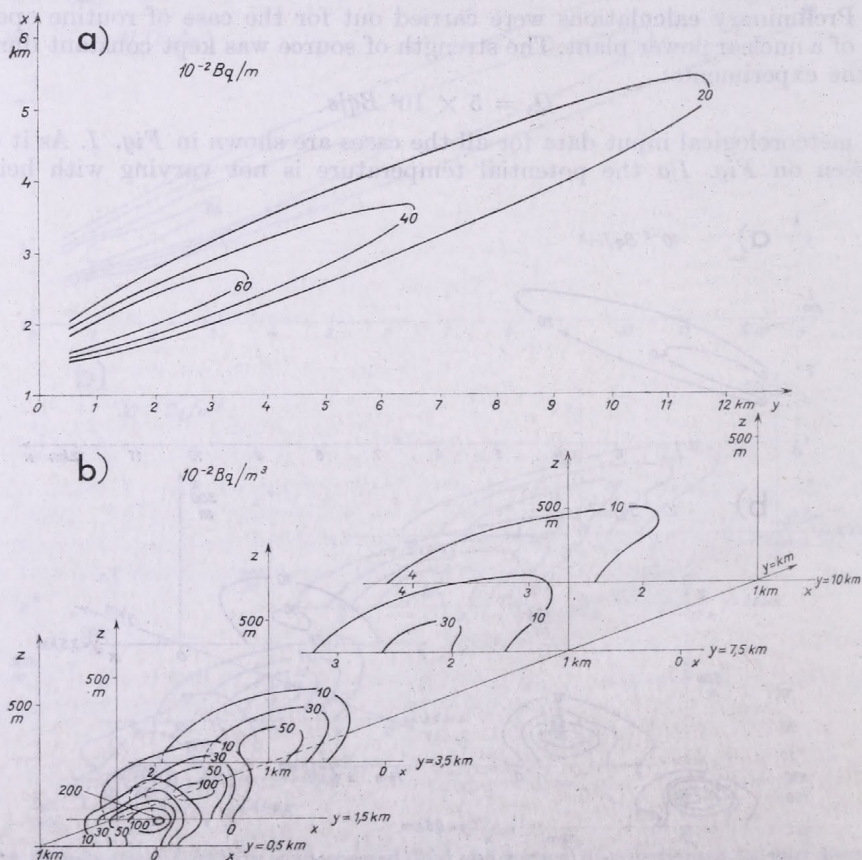


Fig. 4. Same as Fig. 2. except for Case 3.

Fig. 2 shows the results of the calculation in Case 1. At the ground the maximum of the activity occurs at distances of about $x = 2$ km and $y = 1-3$ km from the source. The radioactive cloud is spreading with increasing distance in y direction. In Fig. 2/b it can well be seen, how the shape of cloud is varying with distance.

Next the effect of the half-life on the distribution of the activity was investigated. For Case 2 the parameters used for the calculation were the same as in Case 1, except for the half-life. At the ground (Fig. 3/a) the activity concentration is much smaller than in Case 1, since the half-life has been decreased. Comparing the vertical distributions (Fig. 3/b) it can be seen that the activity decreases with y direction faster than in Case 2. In the case of $y < 3,5$ km, no activity is experienced. The effect of deposition and wet removal under routine conditions was studied in Case 3. This result had been compared to Case 1. Fig. 4/a. shows the distribution of the activity on the ground. It can be seen, that the maximum has been decreased compared to Case 1, because the removal processes have been considered. Looking at Fig. 4/b it is obvious, that the greater the distance from the source, the greater the decrease of the concentration due to the removal mechanisms.

Case 4 provides the possibility of making comparison between two different meteorological conditions. Fig. 5. reflects the well-known fact that dur-

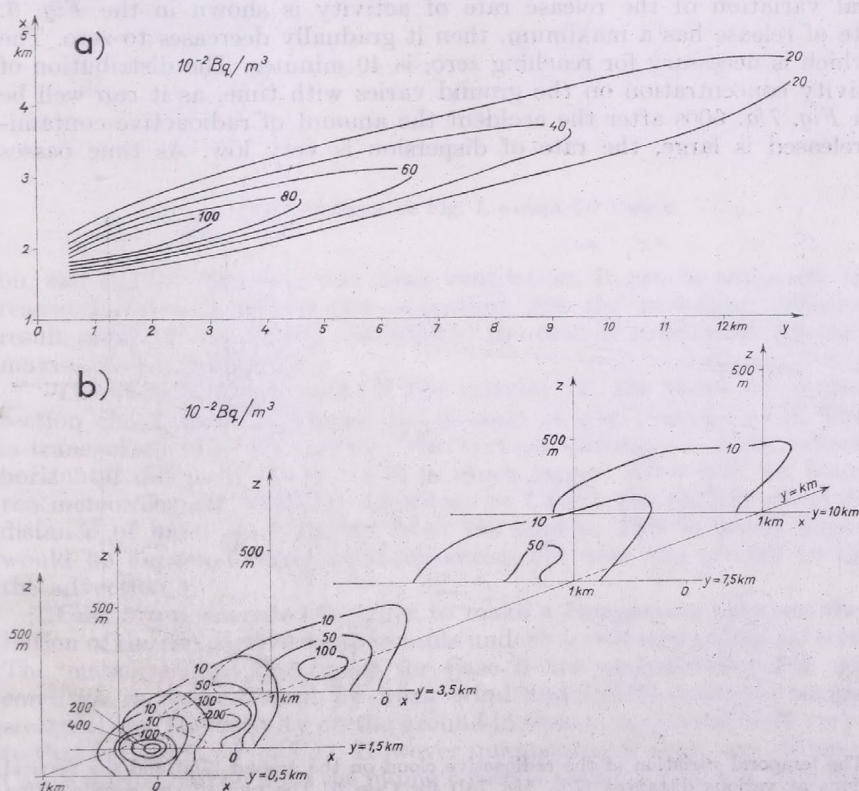


Fig. 5. Same as Fig. 2. except for Case 4.

ing unfavourable meteorological condition in this case slightly unstable stratification and low wind-speed very high concentrations occur, both at the ground and above the ground. Case 4 gives a maximum activity about twice that in Case 3.

In the following the results in accident conditions will be described. The

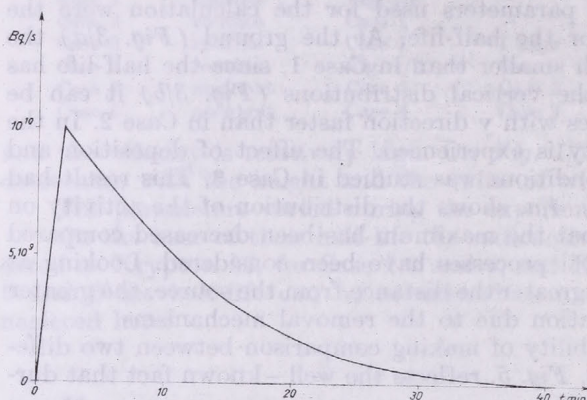


Fig. 6. The variation of release rate of activity with time in case of accident

temporal variation of the release rate of activity is shown in the Fig. 6. The rate of release has a maximum, then it gradually decreases to zero. The time, which is necessary for reaching zero, is 40 minutes. The distribution of the activity concentration on the ground varies with time, as it can well be seen on Fig. 7a. 600s after the accident the amount of radioactive contaminants released is large, the rate of dispersion is very low. As time passes

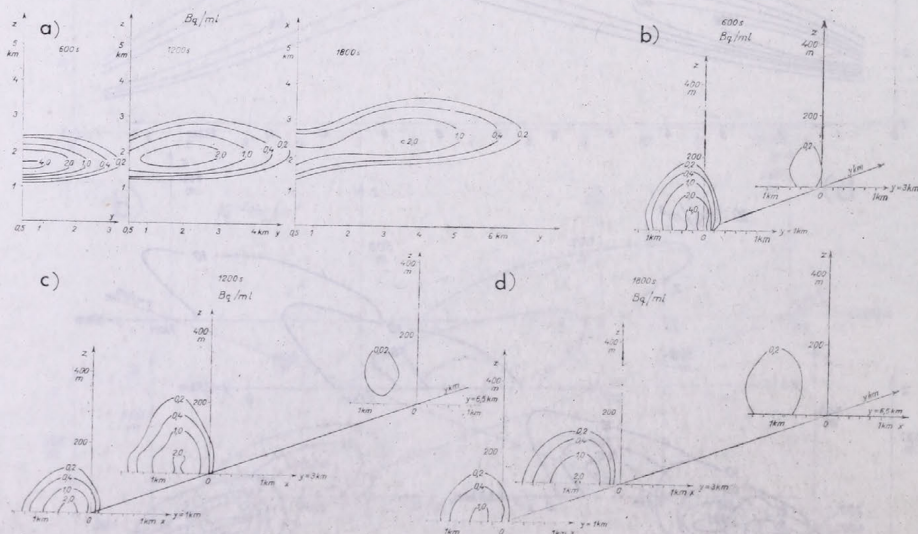


Fig. 7. The temporal variation of the radioactive cloud on the ground (7/a) and the vertical distributions at various distances (7/b, 7/c, 7/d) for Case 5. The unit of the concentration activity is Bq/ml

and the strength of source decreases, the activity significantly decreases in the neighbourhood of the source. The cloud expands and is transported downwind but still the activity can be observed on the ground. 1800 sec after the accident in the very near of the source a second maximum of activity occurs partly because of the release of the radioactive materials is still going

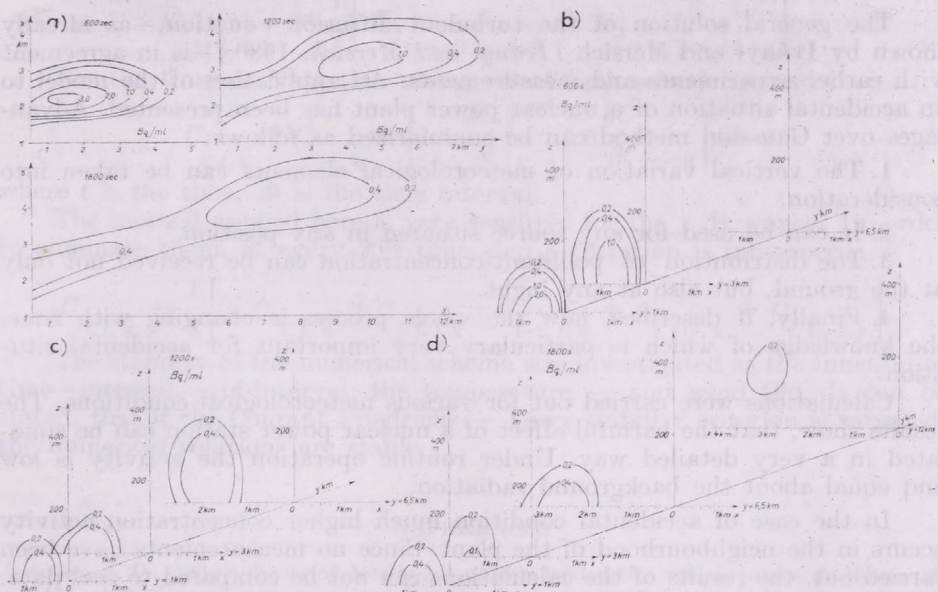


Fig. 8. Same as Fig. 7. except for Case 6.

on, and partly because of the weak ventilation. It can be supposed, that the reason for this is mostly the advection, not the turbulent diffusion. The result seems to be realistic, because in the case of continuous release second maximum never occurred.

The vertical distribution of the activity i.e. the shape of vertical cross section cloud, with increasing can be seen in Fig. 7/b; 7/c; 7/d. The cloud is transported near the surface. The vertical diffusion is slight whereas the horizontal diffusion of the cloud is much larger. After half an hour under the meteorological condition described by Case 5 the radiant cloud covers a distance of more than 10 km from the source. This is much larger, than would be expected using wind-measurements near the ground to calculate the advection.

Case 6 was executed in order to make a comparison between the distribution of the radioactive contaminants under various meteorological conditions. The meteorological data used for Case 6 are presented in Fig. 1/b. This condition is characterised by weak wind and lightly unstable temperature-stratification. The activity on the ground in Case 6, is qualitatively very similar to that in Case 5. (Fig. 8/a). However quantitatively there are differences. In Case 6 during half an hour the plume covers a distance of 6 km. The maximum of the activity is than about five times that in the former case because of the

form of the diffusion. The horizontal and vertical size of the clouds are about the same, but in the weaker wind both the advection and diffusion are less effective in diluting the contaminant (*Fig. 8/b; 8/c; 8/d*).

4. Conclusion

The general solution of the turbulent diffusion equation,—as already shown by Iványi and Mersich (*Iványi and Mersich, 1980.*)—is in agreement with earlier experiments and measurements. An application of the model to an accidental situation of a nuclear power plant has been presented. Advantages over Gaussian method can be summarized as follows:

1. The vertical variation of meteorological elements can be taken into consideration.
2. It can be used for any source situated in any position.
3. The distribution of pollutant-concentration can be received not only at the ground, but also at any height.
4. Finally, it describes, how the whole process is changing with time, the knowledge of which is particularly very important for accidental situation.

Calculations were carried out for various meteorological conditions. The results show, that the harmful effect of a nuclear power station can be simulated in a very detailed way. Under routine operation the activity is low and equal about the background radiation.

In the case of accidental condition much higher concentration activity occurs in the neighbourhood of the plant. Since no measurements have been carried out, the results of the calculations can not be compared to real data. However the informations gained by the model might be useful for working out a safety guide for the operation of nuclear power plant.

Appendix

(Numerical scheme applied for the solution of the turbulent diffusion equation)

The values of the meteorological variables (components of wind and potential temperature) are given at the same grid-points as the concentration. The turbulent diffusion coefficient is determined at the centre of the grid-cube.

The derivatives are expressed by finite differences. For the sake of simplicity only the x components of the derivatives are defined here. Of course, the same expressions are valid for the y and z components.

The advective terms at the i, j, k grid-point are approximated by the following expression:

$$u \frac{\partial C}{\partial x} \Big|_{i, j, k} = \frac{u_{i, j, k}}{2 \cdot \Delta x} \left[C_{i+1, j, k} - C_{i-1, j, k} \right]$$

The diffusive terms are discretized as follows:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[K_x \frac{\partial C}{\partial x} \right] \Big|_{i, j, k} =$$

$$= \frac{1}{\Delta x} \left[\bar{K}_x \frac{C_{i+1, j, k} - C_{i, j, k}}{\Delta x} = \bar{K}_x \frac{C_{i, j, k} - C_{i-1, j, k}}{\Delta x} \right]$$

where: $\bar{K}_x$ is the average eddy diffusivity.

In the case of horizontally homogeneous wind and temperature, the average eddy diffusivity can easily be determined:

$$\bar{K}_x = \frac{1}{2} \left[K_x + K_x \right]$$

For the time derivate the Adams - Bashforth scheme is used:

$$C_{i, j, k}^{t+\Delta t} = C_{i, j, k}^t + \left[1.5 \frac{\partial C}{\partial t} \Big|_t - 0.5 \frac{\partial C}{\partial t} \Big|_{t-\Delta t} \right] \Delta t$$

where t is the time, Δt is the time interval.

The method applied here is very sensitive for the 2 Δx waves. In order to eliminate them, at every 20th time step a filtration is introduced:

$$C_{i, j, k} = \frac{1}{8} \left[4 \cdot C_{i, j, k} + C_{i+1, j, k} + C_{i-1, j, k} + C_{i, j+1, k} + C_{i, j-1, k} \right]$$

The stability of the numerical scheme was investigated as the function of time-interval, grid-interval, the temperature - and wind field. It can be stated, that if the Courant-Friedrichs - Lewy stability criterion is satisfied, the numerical solutions are stable.

REFERENCES

- Anderson, A. D., 1961: A theory of close-in fallout from landsurface nuclear bursts. *J. Meteor.* 18, 431 - 442.
- Gifford, F. A., 1967: The rise of strongly radioactive plumes *J. Appl. Met.* 6, 644 - 649.
- IAEA, 1980: Atmospheric dispersion in nuclear power plant siting. *Safety Guide*. Safety series. No. 50 - SG - S3 Vienna.
- Iványi, Zs. and Mersich, I., 1980: Numerical solution of diffusion equation for gaseous air-pollutants. (in Hungarian) *Időjárás* 84, 292 - 302.
- Karlberg, O., Schwartz, H., Forssén, B. H. and Marklund, J. E., 1979: UNIDUSE-A computer program for the calculation of individual collective doses from airborne radioactive pollutants. *Stadsvik Report* 79/1. NYKÖPING.
- Kurz, H., 1977: Turbulente Diffusion in einer atmosphärischen Grenzschicht mit Rossby - Zahl - Ähnlichkeit. *Dissertation, Inst. für Met. Tech. Hochschule, Darmstadt*.
- Reiter, E. R., 1978: Atmospheric transport processes. *Technical Information Center U. S. Dep. of Energy* 315 - 412.
- Slade, D. H., 1968: Meteorology and atomic energy. *USAEC Report TIO-24190, Air Resources Laboratories*.

Some results on the direct calculation of atmospheric ozone transmittances and their application for remote sensing of atmospheric ozone profiles

F. MISKOLCZI, *Institute for Atmospheric Physics, H—1675 Budapest, P.O.B. 39. Hungary*

A légköri ózonátbocsátás direkt számításának néhány eredménye és ezek alkalmazása a táv-szondázásban. Jelen tanulmány a légköri ózonátbocsátás direkt módszerrel történő meghatározását és a számítások eredményeit ismerteti. A szerző a számításokat az ózon 1042 cm^{-1} es sávjában végezte el különböző hőmérsékleteket és ózonprofilokat feltételezve. A munka folyamán a McClatchey-féle vonal paraméter gyűjteményben található adatokat használta fel. A légköri ózonprofilok fő jellemzőinek meghatározása a Meteor 25 mesterséges hold sugárázsméréseiből az átbecsátások segítségével történt. A dolgozat utolsó részében a szerző ábrákon mutatja be az ózonátbocsátás hőmérséklet- és nyomásfüggését, valamint a kapott ózonprofilokat, és táblázatban hasonlítja össze a műhold méréseiből számított és az ózonszondával mért adatokat.

*

Some results on the direct calculation of atmospheric ozone transmittances and their application for remote sensing of atmospheric ozone profiles. In this paper the atmospheric ozone transmittances in the 1042 cm^{-1} ozone band were calculated for different temperatures and ozone profiles using the line-by-line integration method. The absorption line parameters were taken from McClatchey's line parameter compilation. The transmittances were used to derive the main characteristics of the atmospheric profiles from radiation measurements by the METEOR-25 satellite.

*

Introduction. Recently, using high speed computers, the calculation of accurate transmittances of different atmospheric gas constituents has become a reality.

As is widely known, the meaning of these direct calculations is that every individual absorption line with its intensity and its dependence on temperature is taken into account in the determination of transmittances. Because of the great number of absorption lines such calculations are difficult and take a long time even in the case of a homogeneous medium. As a consequence of the variation of line shape function with the altitude, the difficulties increase if we want to calculate the transmittances of the inhomogeneous atmosphere.

Direct calculation of homogeneous transmittances for the 9.6 micron ozone band was first made by Drayson (1971), but his results differ significantly from the experimental data because the absorption lines taken into account were very few, at about 2,000 lines in the whole band. The same calculations for an inhomogeneous atmosphere were made by Russel (1973). For the reason mentioned above, his results can only be regarded as a qualitative examination. He found that the difference between the outgoing radiances calculated by the direct integration method and those calculated using the random-exponential band model can reach or exceed 10 per cent. At

present the most accurate ozone transmittances referring to homogeneous medium have been calculated by *Aida* (1975). Since he has used almost all of the individual absorption lines in the band his results show an excellent agreement with the measurements carried out in laboratory by *Galtsev* and *Osipov* (1973) as well as by *McCaa* and *Shaw* (1968).

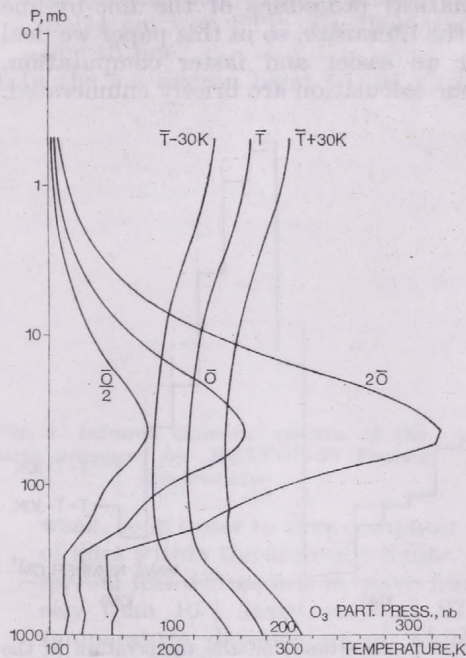


Fig. 1. The average temperature and ozone profiles used for the calculation of the atmospheric ozone transmittance

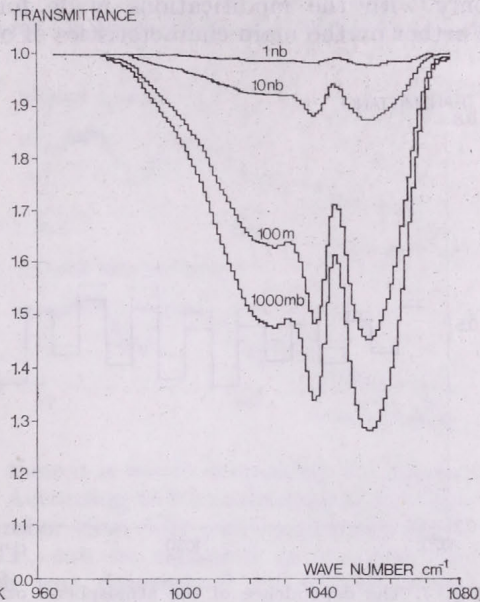


Fig. 2. Ozone transmittance from atmospheric upper boundary for different pressure levels vs. wave number. The transmittance averaged over 5 cm^{-1} width wave number interval

Since the effect of the temperature variation on the atmospheric ozone transmittances has not been made clear and since this problem has great importance in the interpretation of satellite radiation measurements, our purpose is to examine this question more exactly and finally to give temperature correction tables of atmospheric ozone for each wave number between 1,020 and 1,049 cm^{-1} .

Calculation details

The atmospheric ozone transmittances for an average mid-latitude ozone $\bar{O}_3(p)$ and temperature $\bar{T}(p)$ profile were determined by the line-by-line integration method, then varying the temperature profile by ± 30 degrees at each level we examined the variation of transmittances. The variation of ozone transmittances, when the average ozone profile was modified by multiplying factors 2 and 0.5, was also calculated. The data of the Potsdam balloon ozone and temperature sounding station, published by *Spänkuch* and *Döhler* (1975), were used. The annual average profiles have been determined

by the seasonal ones weighted with the length of the given ozone season. These annual average profiles as well as the modified profiles can be seen in Fig. 1.

Each line within the $950-1,150\text{ cm}^{-1}$ interval and included in the absorption line compilation published by McClatchey et al. (1973) has been taken into consideration. The mathematical procedure of the line-by-line integration method is well known from the literature, so in this paper we deal only with the modifications made for an easier and faster computation. Further on the main characteristics of our calculation are briefly enumerated.

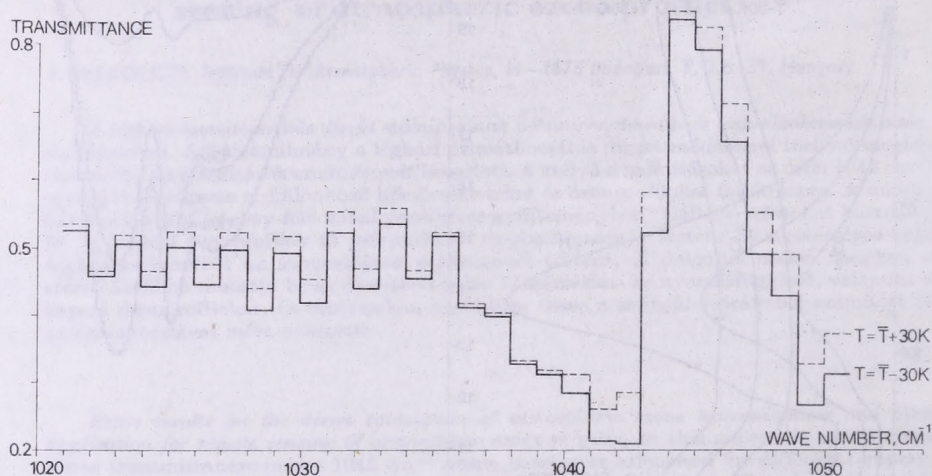


Fig. 3. The dependence of the atmospheric ozone transmittance on the temperature in the centre of the band

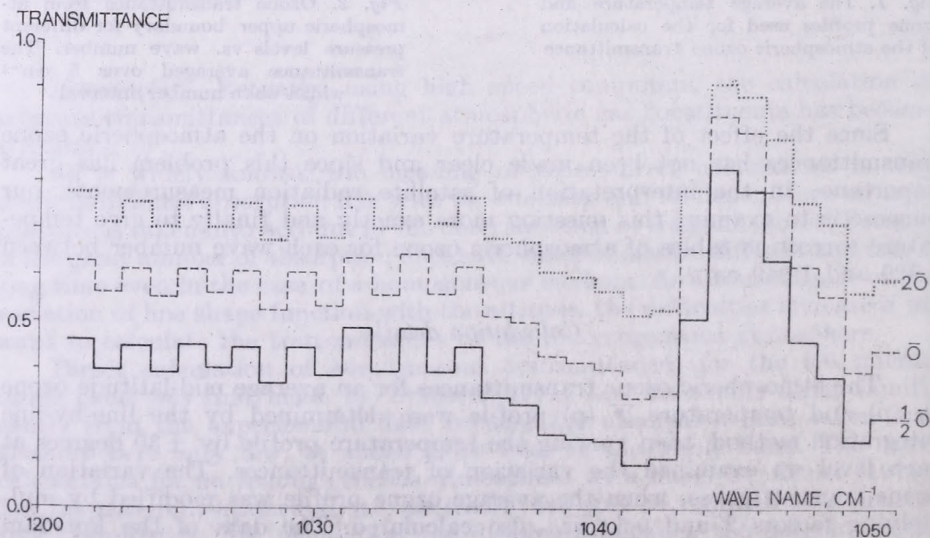


Fig. 4. The dependence of the atmospheric ozone transmittance in the centre of the band on the ozone amount

1. The atmosphere has been divided into 29 isothermal layers and the pressure levels have been chosen so that at any of the levels the ozone content would not exceed 0.01 cm at STP.
2. For pressures lower than 6 mb a constant ozone mixing ratio has been assumed.
3. The Lorentz half-width we have used was the value suggested by *Aida*, 0.074 cm^{-1} at STP. The half-width was assumed to be constant from line to line.
4. In the 9.6 micron band 10,706 absorption lines were used. Most lines are

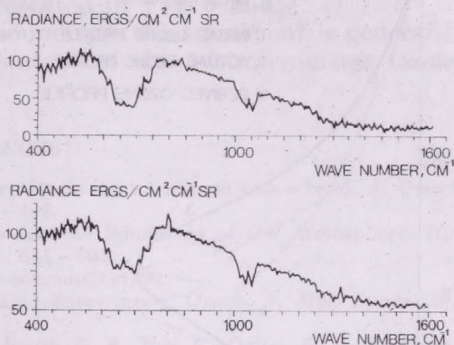


Fig. 5. Infrared emission spectra of the Earth measured by METEOR-25 Fourier spectrometer

weak, so in order to save computer time it is worth decreasing the number of lines within the accuracy limits. According to test calculations the lines having less differences in wave number than 0.01 cm^{-1} , and lower intensity than $10^{-3} \text{ atm}^{-1} \text{ cm}^{-2}$ at STP, can be regarded as one line, the temperature dependence of which was determined by weighting the intensity of the original lines. In fact, considering that the ozone content is less than 0.01 cm in each layer, the relative error, referred to the transmittances averaged over a 0.1 cm^{-1} interval, is less than 0.05 per cent. Utilizing this possibility we have managed to reduce the number of weak lines to about 3,000 lines. It is also proved that it is enough to consider the effect of these lines within the 0.1 cm^{-1} interval where they lie.

TABLE I.

Comparison of the ozone profiles measured by ozone sound and those calculated from simultaneous satellite radiance measurements

Total ozone in cm		P_m (mb)		O_3^m (mb)		H	
Dobson	Satellite	Sound	Satellite	Sound	Satellite	Sound	Satellite
0.342	0.348	55.0	50.0	154	165	0.350	0.295
0.245	0.239	30.0	25.4	125	110	0.216	0.263
1.				2.			
Station		Lindenberg		Lindenberg			
Time		8. X. 1976. 5 ^h GMT		13. VII. 1976. 17.15 ^h GMT			
Longitude		14° 07'		14° 07'			
Latitude		52° 13'		52° 13'			
Orbit number		2050 no. 22		827 No. 13			

5. The transmittances in each 0.1 cm^{-1} wide interval were calculated by four point Gaussian quadrature, and then these values averaged over 5.0 cm^{-1} interval between 950 cm^{-1} and $1,150 \text{ cm}^{-1}$.

To check our computer program the calculated homogeneous ozone transmittances for different pressure values were compared to the correspond-

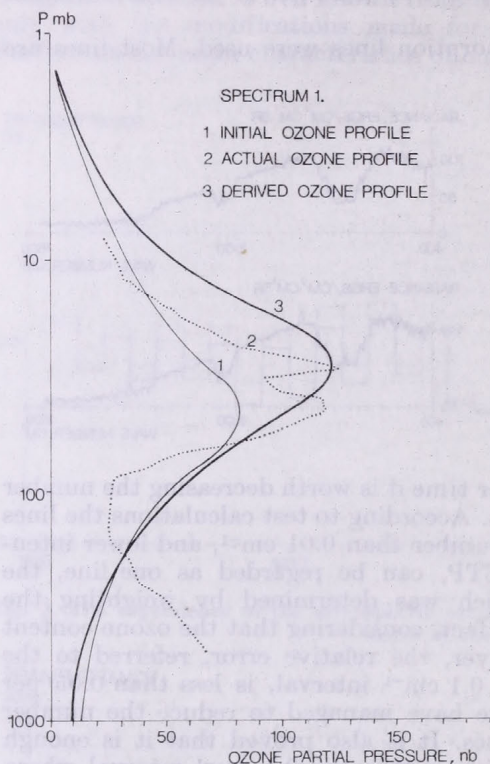


Fig. 6. A comparison of the actual (chemical round) and inferred ozone profile for the first spectrum

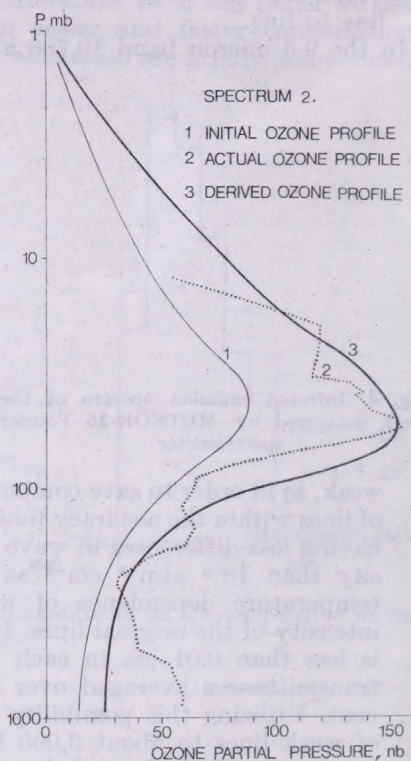


Fig. 7. A comparison of the actual (chemical round) and inferred ozone profile for the second spectrum

ing values calculated by Aida. According to our calculations the approximations made did not affect within four figures the accuracy for transmittances, so our method can be regarded as a Suitable one for calculating atmospheric ozone transmittances.

Results

An example of the pressure dependence of the atmospheric ozone transmittances corresponding to the $\bar{T}(p)$ and $\bar{O}(p)$ profiles can be seen in Fig. 2. The dependences on temperature and optical mass at the centre of the band are shown in Figs. 3 and 4.

Unfortunately, no calculations for atmospheric ozone transmittances published by other authors are available, so our results can be checked only

against indirect measurements. In Fig. 5 two emission spectra measured by the meteorological satellite METEOR-25 are presented. Using these spectra first the actual temperature profiles $T(p)$ were calculated, then the main characteristics of the ozone profiles were determined.

Since the vertical distribution of atmospheric ozone can be described by a rather complicated function and the information content of the $1,042\text{ cm}^{-1}$ band is small, we approximate the profile in terms of the maximum ozone partial pressure O_3^m , the atmospheric pressure p_m at the altitude where the maximum partial pressure occurs and a width factor H . These parameters were determined by an iterative procedure. The results are summarized in Table I, and the derived profiles are presented in Fig. 6 and 7.

As can be seen from the results of soundings, the agreement is generally satisfactory, if the small information content of the 9.6 micrometer ozone band is taken into account.

REFERENCES

- Aida, M., 1975: A theoretical examination of absorption in the 9.6 micron ozone band. *J. Quant Spectroscopy and Radiative Transfer* **15**, 389–403.
- Drayson, S. R., 1971: Transmittances for use in Remote Soundings of the Atmosphere. In: *Space-Research XI*. Akademie-Verlag, Berlin, 585–593.
- Faltsev, A. D. and Osipov, V. M., 1973: Private communication.
- McCaa, D. J. and Shaw, J. H., 1968: The infrared Spectrum of Ozone. *J. Mol. Spectr.* **25**, 374–397.
- McClatchey, R. A., Benedict, W. S., Clough, S. A., Burch, D. E., Fox, K., Calfee, R. F., Rothman, L. S. and Garing, J. S., 1973: Atmospheric Absorption Line Parameters. *Compilation AFCL-TR-73-0096*.
- Russel III, J. M. and Drayson, S. R., 1973: Inference of Atmospheric Ozone Using Satellite Nadir Measurements in the 1042 cm^{-1} Band. *NASA Technical Report. R-399*.
- Spänkuch, D. and Döhler, W., 1975: Statistische Charakteristik der Vertikalprofile von Temperatur und Ozon und ihre Kreuzkorrelation über Berlin. Serie *Geod. Geoph. Veröff.* No 19, Reihe II. Akademie GDR.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 85. évf. 5. szám. 1981. szeptember – október
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 85. No. 5. Sept – Oct 1981. Budapest

Connections of the annual variations in temperature in Budapest

J. BONCZ—J. MIKA, *Institute for Weather Forecasting, H—1675 Budapest, P.O.B. 32*

Budapest évközi hőmérséklet-változásainak összefüggései. Budapest 190 éves havi közép-hőmérsékleti sorában egymásra következő 12 hónapok alapján Fourier sorfejtéssel 5 új idősort képeztünk: az évi átlagot, az éves ill. féléves hullám amplitúdóját és fázisállandóját. Bebizonyosodott, hogy a két amplitúdó és az első fázisállandó, mint valószínűségi változók eloszlása szignifikánsan függ a kezdő- és véghónap nevétől. Az átlaggal és a két leghosszabb hullámmal való illesztés az egymásra 3 hónap késéssel következő hónapokra a legjobb. Az éves menet fő jellemzőinek megmaradási hajlama csekély, ezért extrapolációjukkal nem készíthető prognózis. Az egyidejű jellemzők között szignifikáns, a hagyományos éghajlati fogalmak körében is értelmezhető statisztikai kapcsolatok vannak. Ezek egyike, az évi átlag és az éves amplitúdó közötti összefüggés, a hőmérsékleti összeg szempontjából negatív visszacsatolást képvisel.

*

Connections of the annual variations in temperature in Budapest. Five new time-series on the basis of 12 consecutive months in the 190 year sequence of the monthly mean temperature of Budapest are formed by Fourier-resolution: the yearly mean, the two amplitudes and the two phase-constants of the 12 month and 6 month wave. It is proved that the distribution of the two amplitudes and the first phase-constant as random variables depends significantly on the initial and the last month. The fitting of the monthly mean temperatures by the mean and the two longest waves is best for months following each other by 3-month delay. The persistence tendency of the main characteristics of the yearly trend is slight, therefore no forecast can be produced by their extrapolation. Between the simultaneous characteristics there are statistically significant connections which can be explained by traditional climatic concepts as well. One of them, the relation between the yearly mean and the yearly amplitude, represents a negative feedback from the point of view of the thermal sum.

*

Introduction. It is a characteristic feature of the Budapest climate that every year each season sets in at different times, and neither their duration nor their weather characteristics are the same. The seasonal weather forecasts aim at predicting these anomalies every year. In respect of climate-theory and ecology it is most important to explore relationships among the anomalies in the variations of yearly temperature.

In this paper the 190 year time series of monthly average temperature in Budapest between 1781 and 1970 is analysed in order to find connections among the statistical characteristics of the 12 month means, the 12 month and the 6 month waves calculated for each year. In section 1 the method of calculating the main harmonics is expounded. In section 2 we analyse the statistical characteristics of the main harmonics and we point out their consequences in longrange forecast. In section 3 the accuracy of the approximation by the two main harmonics is examined. We consider the effectivity

of the extrapolation of the two main harmonics and their persistence tendency. Section 4 includes the most important results in the form of significant, linear regressions among the characteristics of the main harmonics. We apply these regressions as hypotheses for the possible climate changes and present the effect of one relation on the stability of the temperature component of the ecological potential.

1. Derivation of the characteristics of the annual temperature variations

The wave of 12 months in temperature variation, caused by the apparent yearly movement of the sun, and the so-called monsoon wave of circulation origin lasting 6 months are dominant characteristics of the yearly variations in several meteorological elements (Jordán, 1949; Péczely, 1951; Berkes, 1964; Orbán and Papp, 1968; Pletser, 1973). If these waves are derived not from the many years' normal values but from the 12 consecutive months characteristic of each year, the new time-series obtained in this way will provide new information about the so-called interannual variability of climate. The yearly mean value, the 12 month and the 6 month wave—amplitudes and the phase—constant were calculated as follows (Korn and Korn, 1975).

Let's take first of all generally the m number of $y = y(x_k)$ function value belonging to $x_k = kT/m$ argument value ($k = 0, 1, 2, \dots, m-1$). Let's approximate the $y(x)$ function by the

$$Y(x) = \frac{1}{2}a_0 + \sum_{j=1}^n \left(a_j \cos j \frac{2\pi x}{T} + b_j \sin j \frac{2\pi x}{T} \right) \quad (1)$$

trigonometric polynomial in the $(0, T)$ interval, where $n < m/2$. If the coefficients a_j and b_j are calculated by the formulae

$$\begin{aligned} a_j &= \frac{2}{m} \sum_{k=0}^{m-1} y_k \cos j \frac{2\pi k}{m} \\ b_j &= \frac{2}{m} \sum_{k=0}^{m-1} y_k \sin j \frac{2\pi k}{m} \end{aligned} \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

these so-called Fourier-coefficients minimize the quadratic mean error of the approximation

$$\frac{1}{m} \sum_{k=0}^{m-1} \left[Y(x_k) - y_k \right]^2$$

for any n .

In order to bring (1), including the sine and cosine harmonics, to the form

$$Y(x) = A_0 + \sum_{j=1}^n A_j \sin \left(j \frac{2\pi x}{T} - \varphi_j \right) \quad (3)$$

we calculate the new coefficients according to the following formulae:

$$A_0 = \frac{a_0}{2}; \quad A_j = \sqrt{a_j^2 + b_j^2}; \quad \varphi_j = \arctg \frac{a_j}{b_j}; \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

where A_0 is the mean value, A_j is the j^{th} harmonic amplitude and φ_j is the phase-constant.

In our study we analyse the 12 and the 6 month waves of the monthly mean temperatures, consequently in this case $m = 12$ and $n = 2$. Making use of the periodicity of the values of trigonometric functions, the so-called Runge method or the 12-ordinate system makes it possible to quickly obtain the coefficients belonging to $j = 1, 2$ by the following simple operations:

$$\begin{aligned} a_0 &= \frac{1}{6} (y_0 + y_1 + \dots + y_{11}) \\ a_1 &= \frac{1}{2} (y_0 - y_6) + \frac{1}{6} (y_0 - y_2 + y_4 - y_6 + y_0 - y_{10}) \\ b_1 &= \frac{1}{2} (y_3 - y_9) + \frac{1}{6} (y_1 - y_3 + y_5 - y_7 + y_9 - y_{11}) \\ a_2 &= \frac{1}{4} (y_0 - y_3 + y_6 - y_9) \\ b_2 &= \frac{1}{4} \left[y \left(\frac{T}{8} \right) - y \left(\frac{3T}{8} \right) + y \left(\frac{5T}{8} \right) - y \left(\frac{7T}{8} \right) \right] \end{aligned} \quad (5)$$

As a first step according to (4) we calculate the mean temperature (A_0), the amplitude and phase-constant (A_1 and φ_1) of the 12 month wave and those of (A_2 , y_2) the 6 month wave, for the periods of each 12 consecutive month.

Thus we get 5 new time-series in 12 different versions according to the names of the first and last month of the 12 consecutive months from which the above quantities are calculated. From the 12 times 5 new stochastic processes we have realizations consisting of 189 observations and 190 in the version which begins in January and ends December. First of all we shall show the mean values and standard deviation of these realizations.

2. Characteristics of the main harmonics

The average and the standard deviation of the yearly mean values (A_0) calculated from the 12 consecutive months do not depend significantly on the first and the last month. In case of the average of the yearly mean values this is obvious, still in case of the standard deviation it is not, and it proves that the relative stability of the yearly mean value is not a result of an equalization between certain conjugated pairs of months or seasons. In the average of the 12 variants the yearly mean temperature is 10.95 °C, the standard deviation of the mean temperature is 0.75 °C on an average.

As opposed to the yearly mean values the means and the standard deviation of the 12 month and 6 month wave amplitudes depend significantly on the first and the last month they are counted from. The greatest values are marked by bold-faced setting, the least values are printed in italics in Table I. The differences between the greatest and the least values are significant at a 5% probability level in the case of S_{A_2} and at a 1% level in the other 3 columns (A_1 , A_2 , S_{A_2}). The 12 month component shows a double-, the 6 month component a quadruple wave as a function of the initial month of the deviation.

TABLE I.

The means (A_1 , A_2) and standard deviations (S_{A_1} , S_{A_2}) of amplitude-realizations as a function of the initial and the final month ($^{\circ}C$)

	A_1	A_2	S_{A_1}	S_{A_2}
I—XII	11.7	1.19	2.2	0.62
II—I	12.2	1.15	1.8	0.57
III—II	11.8	1.14	1.5	0.61
IV—III	11.9	1.21	1.3	0.63
V—IV	11.9	1.18	1.4	0.58
VI—V	11.3	1.14	2.0	0.58
VII—VI	11.7	1.23	2.0	0.68
VIII—VII	12.2	1.16	1.9	0.60
IX—VIII	11.8	1.15	1.6	0.59
X—IX	11.9	1.21	1.2	0.64
XI—X	11.9	1.91	1.5	0.62
XII—IX	11.3	1.14	1.9	0.64

Table II includes the phase-constants of the 12- and 6-month wave as well as the standard deviation of the phase-constants. A deviation of one degree is equal to about one day in the case of the first phase-constant and to about half a day in the case of the second phase-constant according to (3). A shift of one month as compared to the starting point of 15th January is equal to 30 and 60 degrees, respectively. In the first and second phase-constant as well as in the standard deviation of the first phase-constant the differences of the extreme values according to the initial and the final months are significant at a 1% probability level, while the differences in the standard deviation of the second phase-constant do not show a characteristic deviation.

The above observation, i.e. the amplitudes and phase-constants of the 12 and 6 month wave depend significantly on the 12 consecutive months which they are gained from, can be explained as follows. The harmonics are the first and second components of a Fourier's series fitted on 12

TABLE II.

The means (φ_1 , φ_2) and standard deviations ($S\varphi_1$, $S\varphi_2$) of the phase-constant-realizations as a function of the initial and the final month (degrees)

	φ_1	φ_2	$S\varphi_1$	$S\varphi_2$
I—XII	90.1	63.5	5.3	78.6
II—I	92.0	94.5	7.0	79.0
III—II	89.7	64.9	8.6	81.1
IV—III	88.1	70.7	8.5	78.5
V—IV	89.5	58.7	7.8	77.6
VI—V	91.4	78.2	7.1	80.1
VII—VI	90.1	70.2	5.7	76.8
VIII—VII	90.1	56.5	6.8	78.0
IX—VIII	89.7	74.9	8.2	79.4
X—IX	88.1	70.3	8.4	78.8
XI—X	89.7	61.7	8.5	79.9
XII—XI	91.4	64.5	6.8	84.9

equidistant base points, consequently the anomalous value of each base point can considerably change the amplitudes and phase angles. Thus, the values of the harmonics calculated for each year are sensitive first of all not to the secular changes of the climate, but to the partly transient, several-month-duration characteristic processes of the climatic system. These processes manifest themselves in the monthly mean temperature of Budapest, in the form of anomalies without space relationships, among which stochastic relations can be found. If the intensities of these climate system processes — namely the numerical characteristics of the relationships appearing in the sequence of the anomalies — are independent of the phase of the yearly wave, the amplitudes and phase-constants of the principal waves would be equal independently of the initial month.

Since we have not found them equal, presumably the coefficients of the relations among the anomalies of the consecutive months — for example those formulated in the form of multiple linear regression — change depending on the month to be prognosticated. In other terms, the time series of the temperature anomalies compared to the monthly means is not a stationary stochastic process.

3. *The effect of extrapolation and the accuracy of the approximation*

In the next step we examine that averagely how accurately the yearly mean and the two longest waves approximate the monthly mean temperatures which the waves are derived from. Choosing the average quadratic deviation as the measure of fitting in the 1st, 4th, 7th and 10th months, there are essentially better fittings than the standard deviations, while in half of the months the average quadratic deviation exceed the standard deviation. The best fitting alternate between 0.8 and 1.3 °C, which are 45–89% of the standard deviations changing seasonally. We do not know the reason of this fitting improving in every 3rd month, we can only refer to the similar result concluded by *Koppány* (1975), to the tendency to return in every 3rd month found in the persistence index of the temperature anomalies.

In following we try to extrapolate the first two harmonics over the 12th month hoping to get better approximations than the standard deviation of the monthly mean temperature even in the 13rd, 16th etc. months, that is to gain a simple forecasting method on the basis of the temperature of the last 12 months. However, the result has been found to be disappointing. Over one year we do not get better average quadratic deviation for a single month on the basis of the 189 years, than the respective monthly standard deviation. Therefore the extrapolation of the yearly mean and the first two harmonics is not suitable for forecasting. (Nevertheless the comparatively better fitting of every quarter was found over one year.)

No forecast method can be based on the extrapolation of the main harmonics because they change too quickly. To prove this fact we calculated the autocorrelation function of the 5 parameters gained from the consecutive years for the months ranging from December to November, as the measure of persistence: ($\tau = 1$ year)

$$\begin{aligned} A_0(1 \text{ year}) &= 0.155 \\ A_1(1 \text{ year}) &= 0.025 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_2 (1 \text{ year}) &= 0.046 \\ \varphi_1 (1 \text{ year}) &= 0.049 \\ \varphi_2 (1 \text{ year}) &= 0.034\end{aligned}$$

None of the 5 correlation coefficients reaches the 5% significance level ($r = 0.191$). The relative persistence tendency of the yearly mean value is mainly a result of the secular changes within the complete period.

4. Stochastic relationships, interpretations on theory of climate and ecology

We examined whether there is a relationship between two random variables chosen from five. We determined the $\binom{5}{2} = 10$ correlation coefficient between the A_i -s and the φ_i s respectively, according to all of the 12 initial months, where φ_i^* is a phase-constant compared not to the 15th of January but to the mean value of the initial month. We calculated with sines instead of angles because the numerical value of the angles does not reflect the periodicity in conformity with 360 degrees. (For example 1 and 359 are very different quantities on the linear scale). We found significant relationships to all of the 10 variable-pairs according to at least one initial month. In Table III the figures above the main diagonal line show the number

TABLE III.

The number and sign of the significant relationships between the main wave-components

	A_0	A_1	A_2	$\sin \varphi_1^*$	$\sin \varphi_2^*$
A_0	×	10	8	1	3
A_1	—	×	9	8	10
A_2	—	+	×	1	7
$\sin \varphi_1^*$		+		×	7
$\sin \varphi_2^*$		+			×

of the initial months from the possible 12 according to which the correlation of the variable-pair in question is significant at a level of 1%. The five signs under the main diagonal line refer to the correlations which are significant according to at least 8 initial months and at the same time their signs are the same — considering the dependence of the sign of $\sin \varphi_i^*$ on the initial month. (Owing to the equivocal signs we neglected variable pairs which had significant correlation in 7 cases from the 12.)

In case of the following linear regression equations, derived for the 5 unequivocal variable-pairs for the 12 months, the correlation coefficients have the greatest absolute value.

$$A_1 = -0.4887 A_0 + 17.197 \quad (r = -0.293) \\ \text{(months X — IX)}$$

$$A_2 = -0.247 A_0 + 3.855 \quad (r = -0.317) \\ \text{(months IX — VIII)}$$

$$\begin{aligned}
 A_3 &= 0.1331 A_1 - 0.352 & (r = 0.400) \\
 &\quad \text{(months XII - XI)} \\
 \varphi_1 &= 1.7625 A_1 - 141.36 & (r = 0.484) \\
 &\quad \text{(months VIII - VII)} \\
 \varphi_2 &= 15.074 A_1 - 182.71 & (r = 0.361) \\
 &\quad \text{(months VIII - VII)}
 \end{aligned}$$

By the help of our traditional climatic notions the above relationships are to be understood as follows:

- (A_0, A_1): In a year when the mean temperature is higher than the average the yearly fluctuation (continentality) is less than the average, and vice-versa.
- (A_0, A_1): In warm years the second amplitude is smaller than the average, and vice-versa.
- (A_1, A_2): In continental years of great yearly fluctuation the 6 month (monsoon) component is strong, too, and vice-versa.
- (A_1, φ_1): In continental years of great yearly fluctuation the first phase-constant is greater, namely the seasons are shifted, and vice-versa.
- (A_1, φ_2): In continental years of great yearly fluctuation the second phase-constant is greater, namely the beginning of the so-called double monsoon wave is shifted owing to the contrast between the ocean and the continent.

These statistical relations were found among the main harmonics of the anomalistic years that can be considered independent on the basis of the slight autocorrelation (see item 3). Regarding that year by year, the parameters alternate between the limits which took place in the past on the centuries-long time scale of climate-fluctuations, the above relations can be regarded as true in respect of future climate-fluctuations as well. In the form of a

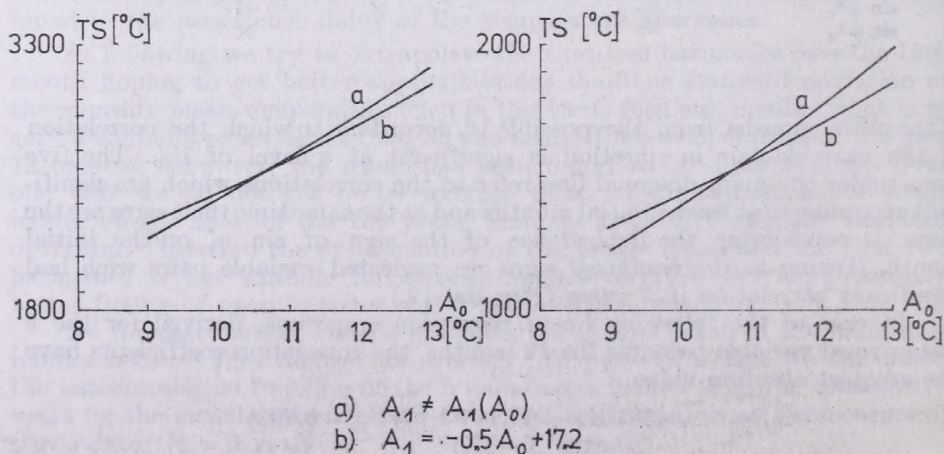


Figure 1. Dependence of the temperature sum on the yearly mean without feedback (a) and with feedback (b) for $T_0 = 5^\circ\text{C}$ (on the left) and $T_0 = 10^\circ\text{C}$ (on the right) respectively

hypothesis we can consider the 5 unequivocal relationships as stochastic regularities existing in the changing climate of Budapest.

Most of the second kind forecasts made with climatic models simulate only the changes of the yearly mean. Using the above relations, the results calculated for the hypothetical global climate changes can be further specified in time. The importance of this will be pointed out in relation to the essential component of the ecological potential, the temperature sum above a certain threshold temperature.

Let's approximate the yearly temperature trend with the yearly mean and the first amplitude, which approximation gives the most characteristic feature of the yearly fluctuation owing to the ratio of 10:1 between the first and second amplitudes:

$$T(x) \approx A_0 + A_1 \sin \frac{2\pi}{365} x$$

Our aim is to estimate the variability of the temperature sum above the T_0 threshold value. The TS temperature sum is obtained by integrating $T(x)$ above the threshold value between x points of time (days) for which $T \geq T_0$:

$$TS = \int_M^{182.5-M} (T - T_0) dx = \frac{365}{\pi} \sqrt{A_1^2 - (A_0 - T_0)^2} +$$

$$+ 365 (A_0 - T_0) \left(0.5 - \frac{1}{\pi} \arcsin \frac{T_0 - A_0}{A_1}\right)$$

$$\text{where } M = \frac{365}{2\pi} \arcsin \frac{T_0 - A_0}{A_1}$$

We examine the dependence of the right-hand term on A_0 in case if there is no relationship between A_0 and A_1 (case *a*) and if the linear regressive relationship obtained above prevails (case *b*).

In *Figure 1 a* and *b* the dependence of the temperature sum above $T_0 = 10^\circ\text{C}$ and $T_0 = 5^\circ\text{C}$ on A_0 as a main climate characteristic is plotted for the rounded numerical values characterizing the present climate ($A_0 = 11^\circ\text{C}$, $A_1 = 12^\circ\text{C}$). In both figures the steeper curve shows the function

without feedback. The values of the slope $\frac{dT_S}{dA_0}$ in the point $A_0 = 11^\circ\text{C}$ are numerically shown in *Table IV*.

TABLE IV.

The differential quotient of the function of the yearly mean of the temperature sum at the point
 $A_0 = 11^\circ\text{C}$

$\frac{dT_S}{dA_0}$	$A_1 \approx A_1(A_0)$	$A_0 = -0.5 A_0 + 17.2$
$T_0 = 5^\circ\text{C}$	171.4	128.8
$T_0 = 10^\circ\text{C}$	158.6	123.1

Utilizing the numerical values of this table a change equal to the dispersion (0.75°C) of the yearly mean temperature brings about a change of $80-130^{\circ}\text{C}$ of the same sign in the temperature sum.

In case *b* the unit change of the yearly mean causes a 25% smaller change in the temperature sum above 5°C and a 22% smaller change above 10°C , than in the case *a* when there is no relationship between A_0 and A_1 .

Thus we can conclude that a negative feedback between the yearly fluctuation and the yearly mean temperature increases the stability of the temperature sum. This conclusion is of great importance from ecological point of view.

REFERENCES

- Berkes, Z., 1964: Egyszerű periódus-elemző módszer. *Időjárás* 68, 139–144.
Jordán, K., 1949: Periodikus menetet mutató észlelések megközelítése trigonometrikus függvényvel. *Időjárás* 53, 226–231.
Koppány, Gy., 1975: Az analógiák hosszútartamú extrapolációja. *Időjárás* 79, 17–27.
Korn, G. A. and Korn, T. M., 1975: *Matematikai kézikönyv műszakiaknak*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
Orbán, L. and Pap, G., 1968: Kísérlet az évi csapadék előrejelzésére harmonikus analízissel. *Időjárás* 72, 363–369.
Péczeley, Gy., 1951: A passzáttrendszer hatása Magyarország csapadékjárásában. *Időjárás* 55, 274–284.
Pletser, J., 1973: Climatic modell for phytotron studies. *Acta Agronomica Acad. Sci. Hung.* 1973. Tom. 22., 67–80.
-

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 85. évf. 5. szám. 1981. szeptember – október
Journal of the Hungarian Meteorological Service. Vol. 85. No. 5. Sept – Oct 1981. Budapest

A felhőmegfigyelések és felhőstatisztikák szerepe az Éghajlati Világprogramban

II. rész: A Nemzetközi Műholdas Felhőklimatológiai Project¹

RÓTH RENÁTA, Központi Légekfizikai Intézet, H—1675 Budapest, Pf. 39.

Cloud observations, cloud statistics and the World Climate Programme. Part II: The International Satellite Cloud Climatology Project. The efforts made during five year period for developing an exact and global cloud climatology are reviewed. Details concerning the observational programme, instrumentation, sampling, together with the definition of the data set and the methods for data compression and archiving are presented. Problems relating to the cloud parameters reduction are also discussed.

*

A felhőmegfigyelések és felhőstatisztikák szerepe az Éghajlati Világprogramban. II. rész: A Nemzetközi Műholdas Felhőklimatológiai Project. A pontos és globális felhőklimatológia létrehozására irányuló ötéves műholdas project terve foglalkozik a mérési program, a műszerezettség, a mintavételezés kérdéseivel, az adatbázis definiálásával, a kompressziós és archiválási módszerekkel és a felhőparaméterek meghatározásának problémájával.

*

Bevezetés. A felhőzettel és annak sugárzási hatásaival foglalkozó oxfordi konferencia (WMO and ICSU, 1978) megfogalmazta mindazokat a szempontokat, amelyeket a korszerű felhőklimatológia megteremtésére irányuló tervekben figyelembe kell venni. Leszögezte, hogy a tervezett felhőklimatológiában mind a földfelszíni és repülőgépes, mindpedig az űrbázisú megfigyeléseknek egymást nem pótoló szerepük van. A konvencionális megfigyelések a felhők fajtájára és a felhőalap magasságára vonatkozóan szolgáltatnak információt, míg a műholdas mérések a gomolyos, illetve a réteges felhőzet mennyiségéről, ezek tetejének átlagos magasságáról, a felhőméret gyakorisági eloszlásáról, valamint a 10-nél kisebb, illetve nagyobb optikai vastagságú felhők mennyiségéről és tetejük közepes magasságáról tájékoztatnak. A különböző felhőtípusokra vonatkozó felhőfedettség származtatásához műholdas és földfelszíni adatok egyaránt szükségesek.

Megkülönböztetett fontossága van a műholdas megfigyeléseknek a felhő-tető-magasság eloszlás és ezen keresztül az infravörös kisugárzási fluxusok meghatározásában. Ezek a mérések tehát a légkör energiaháztartásának pontosabb megismerése és modellezhetősége szempontjából is nagyjelentőségűek. Másrészt, mivel a felhők elsősorban a sugárzási fluxusok módosítása révén hatnak az éghajlatra, ennek a visszacsatolási folyamatnak a modellezéséhez elengedhetetlen, hogy a tervezett felhőklimatológia korrekt módon tartalmazza a felhők sugárzási tulajdonságait.

¹ A tanulmány első része az *Időjárás* 1981. évi 4. számában jelent meg.

Műholdas megfigyelések szükségesek továbbá, hogy információt szerezzünk a felhőzet óceánok feletti eloszlásáról. A felhőzet napi változása szintén csak megfelelően gyakori műholdas mérések segítségével deríthető fel.

Mivel a végső cél az — állapította meg az oxfordi konferencia —, hogy a földfelszíni és a műholdas megfigyelésekből származtatott adathalmazokat egy felhőklimatológiai adatbázisba ötvözzük, ezeknek az adathalmazoknak összevethetőeknek és egymásnak megfeleltethetőeknek kell lenniük.

A műholdakkal nyert felhőstatistikák verifikálására, valamint a felhők sugárzási tulajdonságainak a meghatározására speciális földfelszíni és repülőgépes mérések, továbbá felhőfizikai vizsgálatok szükségesek. Ezek segíthetnek áthidalni a felhő láthatósága és sugárzásmérési detektálhatósága közötti különbséget.

1. A project előkészítése

Az ismertetett célok elérésére a Nemzetközi Meteorológiai és Légkörfizikai Társulat (IAMAP) sugárzási bizottsága *Nemzetközi Felhőklimatológiai Project* szervezését határozta el (WMO and ICSU, 1980). A project az Éghajlatkutató Világprogram (WCRP) keretében elsőbbséget élvez. 1982-ben két rendszer-teszt időszakot terveznek és a project 1983-ban indul.

A nyolcvanas években 3–6 geoszinkron és 2–4 kvázipoláris műhold működésére lehet számítani. A project-et azonban nem lehet függővé tenni attól, hogy folyamatosan rendelkezésre állnak-e megfelelő geoszinkron műholdak: gondoskodni kell arról, hogy áthidalják az adathiányt azokon a területeken és azokban az időszakokban, amelyek nem lesznek lefedve az egyik vagy másik műholdas rendszerrel. Az áthidalás lehetőségeit gondosan tanulmányozni kell, mivel tudvalevően a két műholdas rendszer mintavételezési időpontjai és periódusai, valamint sugárzásmérési karakterisztikái különbözőek.

A szakértők véleménye szerint az adatbecslés, előfeldolgozás és archiválás a jelenlegi technikákkal elvégezhető. A sugárzási adatok felhőparaméterekké történő konvertálására gondos mérlegeléssel kell kiválasztani a legmegbízhatóbb, operatív módon használható algoritmusokat.

Van néhány olyan specifikus, például a hóval fedett területekkel és a szivatagokkal kapcsolatos probléma, amelynek megoldása további kutatásokat igényel. Fontos és jelenleg nem teljesen megoldott kérdés még a felhők víz/jég halmazállapotának és a csapadékot adó felhőknek a detektálása sem. E kérdések megoldására minden erőfeszítést meg kell kísérelni.

Az alkalmazott módszerek nyitottak, az új eredmények adaptálási lehetőségei a project folyamán biztosítottak. Vonatkozik ez a project adatkezelésére is. Az archivált adatbázis terjedelmét azonban a real-time adatvisszanyerés, a tárolási lehetőségek és költségek korlátozzák.

2. A Nemzetközi Műholdas Felhőklimatológia terv

Azok a felhőparaméterek, amelyekre a project folyamán méréseket terveznek (WMO and ICSU, 1981), az

- összfelhőzet mennyisége,
- cirrus felhő mennyisége,
- középszintű felhő mennyisége,
- alacsonyszintű felhő mennyisége,
- magas konvektív felhő mennyisége,

- cirrus felhőtető magasság,
- középszintű felhőtető magasság,
- alacsonyszintű felhőtető magasság,
- magas konvektív felhőtető magasság,

valamint

- minden felhőosztályra az effektív sugárzási hőmérséklet.

Kíváncsú kiegészítő információként szerepel

- a felhő optikai vastagsága a megfigyelt hullámhossz tartományban, és
- a felhőalap magassága.

Az információt horizontálisan 250×250 km-es területelemekre átlagolják. A mintavételezést optimális esetben három óránként, a szinoptikus észlelések időpontjának figyelembe vételével végzik. A globális felhőklimatológia 15 napos átlagértékeket tartalmaz a napi 8 megfigyelési időpont mindegyikére. Kiegészítésképpen a 8 megfigyelési időpont horizontális átlagainak napi középértékeit tartalmazó adathalmaz is rendelkezésre fog állni. A felhőklimatológia az egyes paramétereknek a területelemekre vonatkozó átlagaiból és varianciáiból (vagy az időbeli eloszlás menetének más statisztikai mértékéből) épül fel.

Bár az éghajlati adatok megbízhatóságának fokozására a WMO 30 éves adatsort tart kívánatosnak, a Nap-Föld kapcsolat kutatása pedig a 11 éves naptevékenységi ciklushoz igazodó adatsort igényelne, a project tervezésénél csak a minimális igényeket lehetett figyelembe venni. A néhány évnél hosszabb időre szóló tervezés a változó műholdas rendszerek miatt ugyanis nem valószínűsíthető meg. Az idősor hosszát illetően tehát a szakértők egy 5 éves kezdeti időszakban állapodtak meg. Ez a felhőzet átlagos évi változásának meghatározásához a minimális követelmény és némi információt nyújt az évközlben fellépő változások természetéről is.

Ami az adatbázis terjedelmét illeti, szükséges a 15 napos átlagok tárolásához évente egy (1600 bpi-es) mágnesszalag, a napi értékek tárolásához pedig havonta egy mágnesszalag.

3. Gyakorlati kérdések

3.1. *Műszerezettség.* Az alapléműszerek a látható színekptartományban és a $11 \mu\text{m}$ -es hullámhosszú infravörös csatornán működő sugárzásmérők. Ezek révén minden felhő felderítése biztosított, kivéve

- a vékony cirrust,
- az alacsonyszintű felhőket hófelszín felett, és
- az alacsonyszintű felhőket éjszaka.

A cirrus felhőkre vonatkozóan kiegészítő sugárzásmérések szerepelnek a tervezetben. A cirrus-klimatológia számára szükséges információkat a $3,7 \mu\text{m}$ -es és a CO_2 ablak kiegészítő sugárzásmérési csatornák tartománya nyújtja majd.

Az alacsonyszintű felhő felderítésének problémája nem igényel járulékos sugárzásméréseket, az inkább az elsődleges sugárzásmérési adatok „szűrését” kívánja meg. Egy vagy több mikrohullámú csatorna kiegészítő mérései teszik viszont majd lehetővé, hogy legalább durván különbséget tudjunk tenni a csapadékok adó és a csapadékok nem adó felhők között.

A konzisztens globális adatbázis megszervezése érdekében, a sugárzásmérőket kölcsönösen egymásra vonatkoztatni, normalizálni kell. Ez vagy

nagyon pontos individuális kalibrálás, vagy egy napszinkron pályájú műholdon elhelyezett műszerrel történő összehasonlítás segítségével történik, igen körültekintő, sok gyakorlati szempontot figyelembe vevő módon.

3.2. *Műholdak és mintavételezés.* A szakemberek megítélése szerint jó esély van arra, hogy az 1983–1988-as időszaknak legalább egy részében öt geostacionárius és legalább két kvázipoláris hold működni fog.

Bár a Nemzetközi Felhőklimatológiai Project törekvése az, hogy gyakori mintavételezésű globális fedettséget érjen el, nyilvánvaló, hogy értékes adatokat nyerünk akkor is, ha egy vagy két geostacionárius hold adatai bizonyos (esetleg hosszú) időszakokra hiányoznak. A regionális felhőklimatológia ugyanis önmagában is értékes, globális adatok pedig a kvázipoláris holdakról (bár sokkal kisebb gyakorisággal) természetesen ebben az esetben is lesznek.

3.3. *Az adatbázis definiálása.* Az átfogó adatelőkészítési és feldolgozási séma különböző szintű adatbázisok létrejöttét eredményezi. Ezeknek az adatbázis-szinteknek az osztályozásánál nem a Globális Időjárási Kísérlet (FGGE) adatkezelési rendszeréhez igazodó meghatározásokat fogadták el, hanem egy új sémát definiáltak, amely szerint

A – szintű adatok: Eredeti műholdkép adatok (digitális) eredeti felbontásban.

B – szintű adatok: Mintákká, átlagokká vagy hisztogramokká tömörített kép-, sugárzási vagy hőmérsékleti adatok (digitális).

C – szintű adatok: Felhőparaméterek és a hozzájuk rendelhető sugárzási adatok szabályos földrajzi rácshálózatra vonatkoztatva.

A gondosan megtervezett feldolgozási eljárás itt nem részletezett fokozatai közül csak példaként megemlíjtük, hogy az A3 – szint tartalmazza a teljes felbontású szektorok speciális képeit. A B1 – szint adatait ≥ 1000 képpontot tartalmazó, 250×250 km-es területet lefedő derékszögű elemek adataiból képezik

– 32 km-ként (esetleg 16 km-ként) individuálisan mintavételezett képpontok (B1. – 1), vagy

– IR és VIS egydimenziós hisztogramok (B1. – 2), vagy

– egydimenziós sor-szegmens hisztogramok (B1. – 3)

felhasználásával. A területelemek által tartalmazott képpontok száma adekvát statisztikai analízist tesz lehetővé. Minden elem centrális helye rögzített, és képről-képre konstans. A B3 szint foglalja magában a globális adatbázist olyan rögzített földrajzi rácshálózatra vonatkoztatva, hogy a felbontás a pólus felé közelítőleg 250×250 km maradjon.

3.4. *Adatgyűjtés.* A műholdas operációs központokra vár a nyers digitális adatok fogadása és a megfelelő szektorokra az A – szintű adatok előállítása, de várhatóan a B – szintű adatok előállításában is részt vesznek.

4. Tömörített adatbázisok (Jenne, 1981)

4.1. *Tömörítési módszerek.* Foltszerű mintavételezéssel olyan adathalmazt állíthatunk elő, amelynek a fizikai sajátosságai hasonlóak a nyers adatbáziséhoz, de az eredményekben fellépő degradációt jelenleg nem tudjuk pontosan

felbecsülni. Feltételezzük, hogy a minták közötti 32 km-es (esetleg 16 km-es) közepes távolság esetén az adatbázis jó statisztikákat szolgáltat és a mérete is elfogadható.

Kétdimenziós hisztogramok ($IR \times VIS$ értékek) segítségével történő tömörítés esetén a nyert adatbázis a nyers adatok által tartalmazott minden információt megőriz (kivéve a felhőméret eloszlására vonatkozó információt). A teljes felbontású kétdimenziós hisztogramok azonban igen nagy tárolási teret igényelnek, így tovább kellene mintavételezni azokat, ami a már említett bizonytalansággal jár. Az $IR \times VIS$ hisztogramok ugyanakkor nyilvánvalóan csak nappali adatoknál alkalmazhatók.

Az *egydimenziós hisztogram-párok* ($IR + VIS$ értékek) nem őrzik meg a VIS és IR értékek közötti korrelációt, ami a felhőparaméterek előállításához nem nélkülözhető, az adathalmaz terjedelme viszont elfogadható.

Sor-szegmens hisztogramok alkalmazása szintén célszerű. Ennél a módszernél valamelyik (például egy IR) csatorna numerikus adataiban választunk egy küszöbértéket, s a képsor azon pontjainak szekvenciája, amelyeknek a numerikus értékei magasabbak a küszöbnél, egy „felhő sor=szegmenst” ad, a küszöbnél alacsonyabb értékű pontok szekvenciája pedig egy „felhőnélküli sor-szegmenst” jelöl ki. A felhő sor-szegmens hosszúságok hisztogramjai könnyen megszerkeszthetők, és ezek a felhő szerkezetéről értékes információt szolgáltatnak.

Számos egyéb kompressziós módszer kidolgozása – mint például az *ortogonális függvények* alkalmazása – ugyancsak folyamatban van.

4.2. *Műhold archívumok.* A műholdas adat-archívum várható terjedelméről a részletek mellőzésével annyit érdemes elmondani, hogy öt geoszinkron holdhoz a teljes B1 archívum évente 152 (1600 bpi-es) mágnesszalag terjedelmű. A napszinkron holdaknál ez 108 szalag/év holdanként. Ugyanilyen méretű a B2 archívum. A B3 archívum a különböző holdakról érkező összeépített (globális) és feldolgozott adatokat tartalmazza, terjedelmét 200 szalag/év-re lehet becsülni.

A Globális Időjárási Kísérlet folyamán bebizonyosodott, hogy a nyers adatok teljes mennyiségének tárolása nem megoldhatatlan. Ajánlatos lenne, hogy a projekt folyamán ez is megvalósuljon.

5. A felhőparaméterek meghatározása (Smith, 1981)

5.1. *Felhőklimatológiai paraméterek előállítása.* A felhő fedettség eloszlásáról megfelelő információt szolgáltat a már ismertetett küszöb-technika alkalmazása a különböző spektrális intervallumokban a felhős és felhőtlen területek szétválasztásával.

Az egydimenziós hisztogramok a *felhő-szintek*, illetve a *felszíni sajátosságok* megkülönböztetését teszik lehetővé, vagyis az egyes spektrális tartományokban mért sugárzások hisztogramjai.

A kétdimenziós hisztogramok (amelyek csak a Föld napsütötte részén állnak rendelkezésre) a felhők vertikális kiterjedésének változásairól és a felszíni sajátosságok horizontális változásairól tájékoztatnak.

A *réteges és gomolyos felhőformák szétválasztását* az alakfelismerő módszerek alkalmazásától várhatjuk.

A *felhők magasságáról* független adatokat szolgáltat a sztereoszkóp technika, így ennek alkalmazása rendkívül hasznos, ahol csak lehetséges.

A magasság-osztályok közötti disztinckciót, különösen a magas konvektív felhőtetők és más vastag felhők tetején a cirrus mezők azonosítását szolgálják:

- A 6,3 μm -es vízgőz sávban végzett kisugárzás mérések. Ebben a spektrális tartományban a felhők optikai vastagsága sokkal nagyobb.
- A 3,7 μm -es csatornán a kisugárzás és a napsütötte területek felett az albedo mérése. E mérések tökéletesíthetik a felhők víz/jég halmazállapota közötti különbségtételt és a szélsőségesen alacsony szinteken a felhők jobb azonosítása válik lehetővé (tengeri köd, stb.).
- A nagykiterjedésű és sűrű cirrusok és középszintű felhők alatt elhelyezkedő, csapadékot adó, elsősorban konvektív felhők felderíthetők szimultán kisugárzás mérésekkel a mikrohullámú tartományban.

5.2. *A felhő/sugárzás visszacsatolás meghatározására szolgáló kiegészítő paraméterek.* A látható és infravörös tartományban végzett sugárzásmérések lehetővé teszik a sugárzásháztartási paraméterek durva becslését a légkör felső határán. A felhőzeti mező hisztogramjai alapján pedig hozzávetőleges becslés adható az albedóra és a kilépő hosszúhullámú sugárzásra. A mért sugárzás a felszíni sajátosságokra vonatkozóan tartalmaz információt, a légkör hatásait (a hőmérsékleti profilt, a vízgőz és az ózon által okozott abszorpciót és emissziót) az algoritmusoknak kell szimulálniuk. Az így előállított sugárzásháztartás adatok szisztematikus hibákat tartalmaznak és sohasem helyettesíthetik a speciális sugárzásháztartás célú programokkal nyerhető adatokat (ERBE, ERBS).

A felszíni albedo és hőmérséklet direkt módon számítható a felhőtlen területek feletti mérésekből, a mikrohullámú tartományban végzett kiegészítő emisszió mérések pedig lehetővé teszik a felszíni hőmérséklet meghatározását a felhő alatt.

Kiegészítésképpen a hosszúhullámú sugárzásmérések információt szolgáltatnak a felhők cseppfolyós víztartalmáról, ami más úton származtatott felhőparaméterekkel együtt tökéletesítheti a felhőréteg átlagos optikai vastagságának meghatározását.

5.3. *További problémák.* Zárt felső fedettség esetén a felhőalap és a felhőmező többszörös rétegei sohasem lesznek felderíthetők pusztán műholdas adatok alapján. A felhőrétegek magasságának meghatározásához a hiányzó információt a kiegészítő földfelszíni mérések adatai (kondenzációs szint, inverziók, nedvesség) szolgáltatják.

6. Speciális szempontok

A felhőklimatológiai archívumnak a komprimált adatokon kívül bizonyos területekre teljes felbontású adatokat is tartalmaznia kell. Ezek kiválasztásához a javasolt szempontok:

1. Sűrű hagyományos adatokkal (rawin szonda, radar, földfelszíni és repülőgépes megfigyelések, lidar) ellátott területek.
2. Olyan területek, ahol két geoszinkron hold átfedésben van. Így a különböző műholdak adatbázisaiból származtatott eredmények egymással tesztelhetők. A felhőtető-magasság meghatározásához a szetero-technikát lehet használni.
3. Vékony cirrus gyakori előfordulási területei, kettős trópusi konvergencia zóna, felhők sivatagok felett, felhők hó és jég fölött, trópusi viharok, monszun cirkulációs térsége.

4. 15 naponként véletlenszerűen kiválasztott területek. Ezek a függetlenségi vizsgálatokhoz és a teszteléshez hasznosak.

A terv készítői 17 ilyen konkrét földrajzi körzetet jelöltek meg, ezek közül az Alpok térsége esik Magyarországhoz legközelebb, és itt a hegyek feletti felhők tanulmányozása a cél.

7. Kísérleti vizsgálatok

Az adatkompressziós eljárások és a felhőparaméterek származtatására szolgáló algoritmusok az operatív felhasználás céljára még nem kellően kidolgozottak. A tervezet készítői által további javasolt problémák:

1. A mintavétel megfelelő méretének vizsgálata.
2. A sor-szegmens hisztogramoknál a küszöbértékek megválasztásának kérdése.
3. A műhold-adatokból a felhőparaméterek származtatására szolgáló algoritmusok tesztje.
4. Felhő tanulmányok
 - cirrus
 - felhők sivatagok felett, ahol az erős felszíni kisugárzás mellett gyakran lehetetlen meghatározni az alacsony felhőzetet, vagy a felhő magasságát.
 - felhők hó és jég felett, ahol a magas albedo megzavarja az általánosan alkalmazott analízist.
5. Alakfelismerési módszer alkalmazási lehetőségei. Kérdés, hogy az adatok mintavételezése milyen rombolást okoz a struktúrában.
6. Ortogonális függvények alkalmazása. Vizsgálatra szorul, hogy hány koefficiens alkalmazása lenne szükséges.
7. Mérlegelni kell, hogy ha a műholdak egyike felmondja a szolgálatot, ennek milyen kihatásai lesznek a project-re.
8. Módszereket kell kidolgozni, amelyek segítségével különbséget tudunk tenni a csapadékot adó és csapadékot nem adó felhők között. Tesztelni kell, hogy a mikrohullámú megfigyelések szolgáltatnak-e eleget adó információt a probléma megoldásához.
9. Meg kell vizsgálni, hogy milyen sugárzásháztartási komponenseket lehet az archivált adatokból előállítani.

Összefoglalva a korszerű felhőmegfigyelésekkel és felhőstatisztikákkal kapcsolatban elmondottakat, látható, hogy a Globális Időjárási Kísérlet során kiépített műholdas megfigyelési rendszer következő öt évre szóló mérési programja, az adatelőkészítési és feldolgozási módszerek megtervezése az éghajlat és az éghajlat-változás kutatásában felmerülő igények gondos felmérése után, azok maximális figyelembevételével történt. Remélhető, hogy az így létrejövő pontos és globális felhőklimatológia jelentősen hozzájárul az éghajlati diagnosztika és prognosztika javulásához.

IRODALOM

- Jenne, R. L., 1981: *Projected cloud data archives and 3-D neph statistics. Cloud and climate: Modelling and satellite observational studies.* 180–191. NASA, New York.
- Smith, E. A., 1981: *Review of cloud climatologies. Cloud in climate: Modelling and satellite observational studies,* 113–149. NASA, New York.
- WMO and ICSU, 1978: *Report of the JOC Study Conference on Parameterization of Extended Cloudiness and Radiation for Climate Models.*
- WMO and ICSU, 1980: *The International Satellite Cloud Climatology Project.* WCP, Geneva.
- WMO and ICSU, 1981: *The International Satellite Cloud Climatology Project.* WCP-6, Geneva.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 85. évf. 5. szám. 1981. szeptember – október
Journal of the Hungarian Meteorological Service. Vol. 85. No. 5. Sept – Oct 1981. Budapest

A keleti és nyugati irányítású vertikális felületre jutó napsugárzási energia napi menete és gyakorisági eloszlása

TAKÁCS OLGA, Központi Légekfizikai Intézet, Budapest, Pf. 39. 1675

Daily variation and frequency distribution of the solar energy received by eastern and western vertical surfaces. This paper is a part of a complex study aiming to determine the solar energy reaching the vertical surfaces. The daily variation of the insolation of the eastern and western surfaces and the frequency distribution of the hourly values are examined. Further, the hourly sums of global radiation reaching the vertical and horizontal surfaces are compared. The dependence of their ratio on the relative sunshine duration is also determined.

*

A keleti és nyugati irányítású vertikális felületre jutó napsugárzási energia napi menete és gyakorisági eloszlása. A tanulmány – mint a napenergia-hasznosítás programjának része – szorosan kapcsolódik ahhoz a komplex feldolgozáshoz, amely a KLFI Sugárzási Osztályán évek óta folyik. Bemutatja a keleti és nyugati irányítású függőleges felületre jutó globálsugárzás napi menetét és óraértékeinek gyakorisági eloszlását. Meghatározza a gyakorisági eloszlás adatsorának torzulását, vagyis a módusz és medián eltérését. Végül összehasonlítja a vertikális és horizontális felületre eső globálsugárzás óraösszegeit, és egy matematikai összefüggéssel leírja az arány változásának mértékét más meteorológiai paraméterek függvényében.

*

Bevezetés. A Központi Légekfizikai Intézet Sugárzási Osztályán évek óta folyó munka célja, hogy a rendelkezésünkre álló adatokat feldolgozva megismerjük a napsugárzási energia törvényszerűségeit, s ezzel hozzájáruljunk az energiafelhasználás megoldásához. Dolgozatunk, mint a „napenergia-program” része, szorosan kapcsolódik előző munkáinkhoz (Takács, 1979. és 1981.), melyekben az északi és déli irányítású függőleges felület sugárzás-bevételének óraösszegeit tanulmányozzuk. Ezt a feldolgozást egészítjük ki a keleti és nyugati irányítású felület óraösszegeinek vizsgálatával.

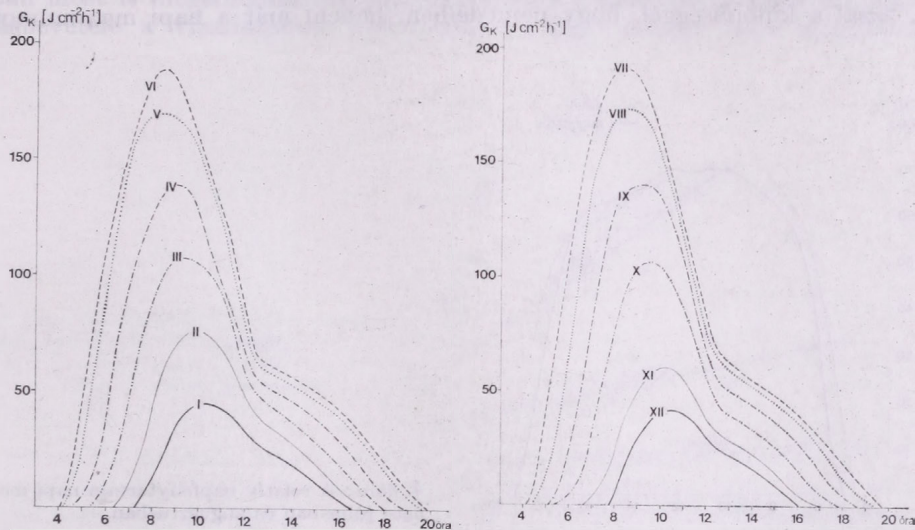
1. A globálsugárzás napi menete a vizsgált felületeken

A keleti és nyugati irányítású felület besugárzásának napi menete a falra jutó szórt-, és direkt sugárzási energiahozamot tükrözi: míg a keleti irányítású felületre érkező globálsugárzást délelőtt a szórt és direkt sugárzás összege, délután csak a szórt sugárzás értéke határozza meg, ezzel szemben a nyugati felé néző sugárzásérzékelő délelőtt kapja a szórt sugárzást, délután pedig a két komponens összegét (1, 2, 3, 4. ábra). Az egyes hónapok görbéi jól elkülönülnek egymástól, csak egy szabálytalanságot figyelhetünk meg: A nyugati falon július–augusztus kora délutáni óráiban nagyon kicsiny az eltérés a két hónap sugárzásbevétele között; júliusban a nyugati fal az évi menetnek megfelelő sugárzásbevételnél kevesebbet kap. E jelenség megértéséhez elkészítettük az adott periódusra (1969–76) a relatív napfénytartam

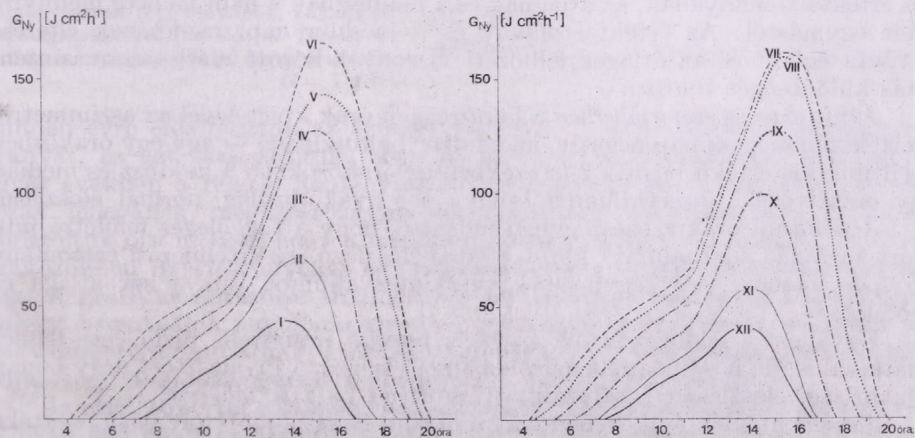
havi átlagos napi meneteit, és azt tapasztaltuk (5. ábra), hogy júliusban 10 és 16 óra között kevesebb napsütés éri a talajt, mint augusztusban a megfelelő órákban — ez megmagyarázza a nyugati felület júliusi sugárzásbevé-telének csökkenését.

2. Gyakorisági eloszlás

Az átlagosan felhős viszonyokat megadó napi menetek nem adnak jellem-zést a sugárzásintenzitás változékonyságáról. E célból elkészítettük minden hónapra az órákban mért intenzitás relatív gyakorisági értékeit, (10 J cm^{-2} osztályozási intervallumot alkalmazva) és az adatok szórását. Az előző dolgo-



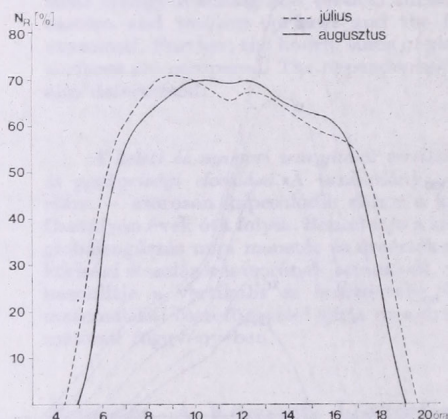
1.-2. ábra : A keleti irányítású függőleges felületre jutó napsugárzási energia napi menete januártól júniusig és júliustól decemberig



3.-4. ábra : A nyugati irányítású függőleges felületre jutó napsugárzási energia napi menete januártól júniusig és júliustól decemberig

zatunkhoz hasonlóan 4 hónap: január, március, június és szeptember gyakorisági táblázatait tárgyaljuk. (Az I–IV. táblázatot folytatólagosan, tanulmányunk végén, a 284–292. oldalon közöljük.)

A keleti irányítású függőleges felület gyakorisági eloszlásának értéktartománya (I. táblázat) követi a napi menet jellegét: *Január*ra jellemző, hogy mind az átlag, mind a módusz (a legnagyobb gyakorisággal előforduló osztályozási intervallum) alacsony értékeknél jelentkezik, viszont a sugárzás-bevétel szempontjából legkedvezőbb órákban az átlagnál mintegy négyszer erősebb besugárzás is előfordult. Az eloszlás jellemzésére meghatároztuk a torzulás mértékszámát (a táblázat alján τ -val jelzett sor). τ délelőtt nagy pozitív, délután csökkenő negatív értéket vesz föl. Ezt a jellegét megtartja *márciusban* is, azzal a különbséggel, hogy nem délben, hanem már a napi maximumot



5. ábra : A relatív napfénytartam napi menete júliusban és augusztusban

követő órákban előjelet vált. Érdekes megfigyelni, hogy a sugárzásintenzitás értéktartományának, az átlagnak és a módusznak a napi menete mennyire eltér egymástól: Az értéktartomány és a módusz napi menetének eltérése a tiszta égbolt és az átlagos felhőzeti viszonyok között mért sugárzásintenzitás különbségét tükrözi.

Júniusban és *szeptemberben* a kora reggeli órák kivételével az aszimmetria mértékszámára egész nap negatív, az adatsor baltorzulású – egy-egy órákban találtunk kis értékű pozitív τ -t: ezekben az órákban a módusz és medián egy osztályozási intervallumba esik, a sor gyakorlatilag normál eloszlású.

A délutáni órákra egész évben jellemző, hogy a függőleges felületre jutó szórt sugárzás adathalmazára közel normál-eloszlású, az értelmezési tartomány közepén azonos, vagy egymást követő intervallumba esik a sor átlaga és módusza.

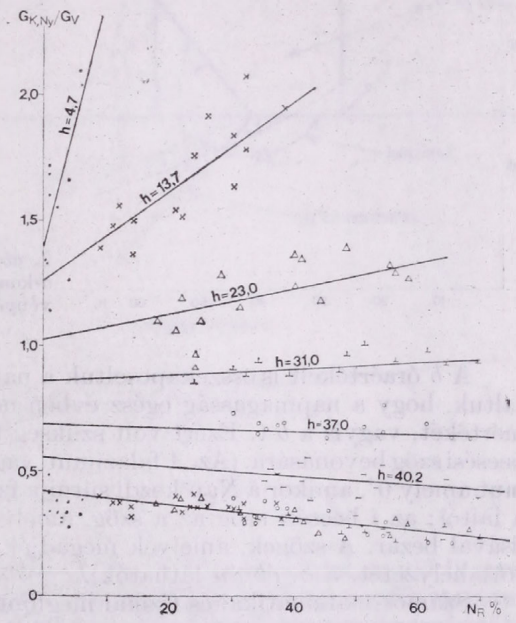
Ugyanezt a feldolgozást végeztük a nyugati irányítású függőleges felület adataival is, de hasonlóan az előzőhöz, most is csak a kiválasztott négy hónap gyakorisági eloszlásának táblázatait mutatjuk be (II. táblázat).

Január minden órákban a gyakorisági eloszlás jobb torzulású, τ -értéke pozitív. A kora délutáni órákban (13–15 óra között) az esetek 50%-ban 30 J cm^{-2} -nél kevesebb besugárzás éri a nyugati felületet, bár az átlag 40 J cm^{-2} felett van; a vizsgált időszakban abszolút maximumként ennek az érték-

nek négyszeresét mértük. A beérkező sugárzásintenzitás skálájának még erősebb széthúzódását figyelhetjük meg március, június és szeptember délutáni óráiban (15 óra után), amikor a módusz és medián közötti különbség meghaladja a 70 J cm^{-2} értéket, és $\tau = 1,02; 1,41$ ill. szeptemberben $1,38$.

3. Kapcsolat a függőleges és vízszintes felületre eső globálisugárzás között

Az északi és déli irányítású felület adataival végzett vizsgálathoz hasonlóan most is megállapítottuk, hogyan változik a keleti és nyugati fal sugárzásbevétele a vízszinteshez viszonyítva. A havi átlagos napi menetekből

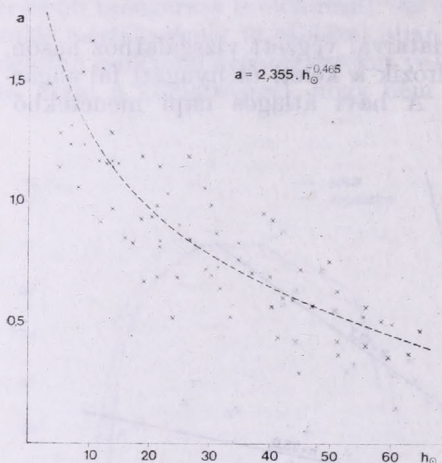


5. ábra: G_{KNy}/G_V változása a relatív napfénytartam függvényében, különböző napmagasságoknál, ha $G_V =$ Direkt + Diffúz, és napmagasságtól függetlenül, ha $G =$ Diffúz

minden évre előállítottuk az azonos órákzökben mért sugárzás-intenzitások arányát, és azt tapasztaltuk, hogy az egy órákzökre vonatkozó arányok az egyes években a relatív napfénytartamtól függően erősen változnak. A változás jellegének meghatározására az összefüggő értékpárokat grafikusán ábrázoltuk oly módon, hogy a megfelelő keleti, délelőtti, és nyugati, délutáni órákzökben nyert arányokat egy adathalmaznak vettük, és együtt tárgyaltuk. A grafikus ábrázolás eredményéül lineáris összefüggéseket kaptunk (példaként bemutatjuk a 6. ábrán március óraértékeinek eloszlását), melyeket két nagy csoportra oszthatunk: a globálisugárzást a diffúz és direkt sugárzás összege adja, vagy a globálisugárzás megegyezik a diffúz sugárzással.

Az első csoportot részletezve az alábbi eredményeket kaptuk: Ha a felület a „Nap felé néz”, az összefüggést leíró lineáris egyenlet konstansainak erősen változó havi és napi menete van (III. táblázat), emiatt kézenfekvő a napmagasság bevonása a vizsgálatba. Először az a értékeit kapcsoltuk össze az órákzözt meghatározó napmagassággal, és egy jó korrelációs indexszel ($\eta = 0,821$)

jellemzett logaritmikus összefüggést kaptunk (7. ábra). A pontok szórását, vagyis a borult időben a falra jutó napsugárzás értékének különbözőségét, véleményünk szerint, az égbolt szennyezettségének változása okozza. Ezt számszerű adatokkal nem tudtuk alátámasztani, mivel olyan méréseink, amelyekkel a légszennyezettség napi menetének sokéves átlagát jellemezhetnénk, nincsenek.



7. ábra: A $G_{K, Ny}/G_V = a + b \cdot N_R$ összefüggés a -konstansának változása a napmagasság függvényében; a korrelációs index, $= 0.821$

A b óraértékeit is összekapcsoltuk a napmagassággal, azonban azt tapasztaltuk, hogy a napmagasság egész évben nem jellemzi egyértelműen a függés mértékét, vagyis a b -t. Ezért volt szükség további változók: a falazimut és a beesési szög bevonására. (Az A falazimut, vagyis a falhoz viszonyított A napazimut amely 0° , amikor a Nap kezd sütni a falat, és 180° , amikor a Nap elfordul a faltól; az i beesési szög az a szög, amelyet a napsugár iránya a fal normálisával bezár. A szögek, amelyek megadják a Nap és fal egymáshoz viszonyított helyzetét, a 8. ábrán láthatók).

Számos matematikai és fizikai megfontolás után azt tapasztaltuk, hogy a beesési szög, falazimut és napmagasság ismeretében előállítható egy olyan paraméter, nevezzük Q -nak, amely egész évben kapcsolatba hozható a b értékével. Ezt a paramétert a

$$Q = \frac{\cos^2 i \sin A}{\sinh} \quad (1)$$

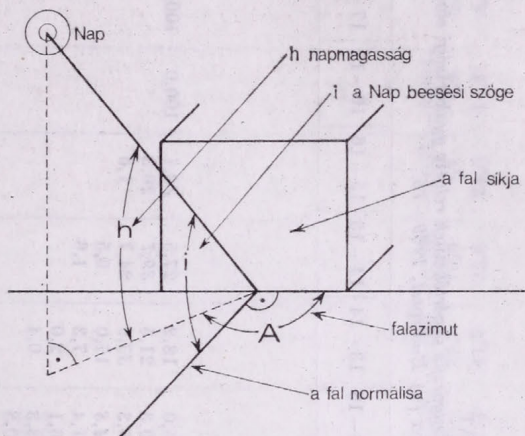
összefüggés írja le. Nagyságát meghatároztuk minden órákőzre, s az azonos órákőzökhöz tartozó b - Q értékpárokat grafikusan ábrázolva (9. ábra) azt tapasztaltuk, hogy a pontok egy lineáris egyenes körül helyezkednek el, korrelációs koefficiensük 0,866.

Miután az arány és a relatív napfénytartam közötti összefüggés konstansait előállítottuk, az alábbi (2) képlet segítségével meghatározhatjuk a keleti és nyugati irányítású függőleges és vízszintes felszínre jutó globálsugárzás óraértékeinek arányát:

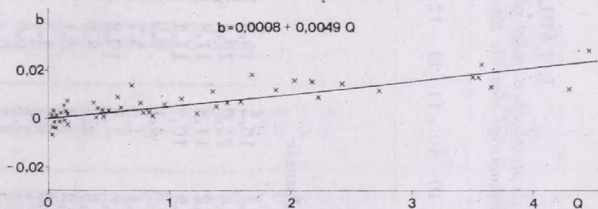
$$G_{K, Ny}/G_V = (2,355 - 0,465 \cdot \ln h_0) + (0,0008 + 0,0049 Q) N_R \quad (2)$$

amely függ a napmagasságtól, a fal és Nap egymáshoz viszonyított helyzetétől és a relatív napfénytartamtól.

Abban az esetben, ha a Nap a „fal háta mögött van”, a függőleges felület csak szórt sugárzást kap. Mint a 6. ábrán láttuk, az egyes órákzök nem válnak szét, a pontthalmazt havonként egy-egy összefüggéssel írhatjuk le – viszonylag gyenge korrelációs koefficienssel, amelyet az egyenes kis lejtés-



8. ábra: A feldolgozásban alkalmazott szögek sematikus ábrázolása



9. ábra: $\Delta G_{KN_y}/G_A = a + b$
 N_R összefüggés irányteng-
 sének függése a Nap és fal re-
 latív helyzetét meghatározó Q
 paramétértől; a korrelációs
 együttható, $r = 0.866$

szöge okoz. Mind az a , mind a b értéke gyenge változást mutat az idő függvé-
 nyében (IV. táblázat). Az a tény, hogy az arány függ a relatív napfénytartam-
 tól, részben azt mutatja, hogy az arányban szereplő szórt sugárzás (számláló)
 anizotróp jellegű, részben arra utal, hogy a vízszintes felszínre érkező globál-
 sugárzás (nevező) nagymértékben változik a relatív napfénytartam változásá-
 val. Emiatt nem célszerű tovább haladni ebben az irányban, helyette a követ-
 kezőkben a keleti és nyugati irányítású függőleges felületre jutó szórt sugár-
 zást a vízszintes felületre eső diffúz sugárzással fogjuk összehasonlítani. És
 ezzel eljutunk feldolgozásunk utolsó fejezetéhez.

IRODALOM

- Takács, O., 1979: Vertikális felületekre jutó napsugárzási energia. *Időjárás* 83, 137–144.
 Takács, O., 1981: A vertikális felületre jutó napsugárzási energia napi menete és gyakorisági
 eloszlása. *Időjárás* 85, 33–42.

FÜGGELÉK:

I. TÁBLÁZAT

A keleti felületen januárban, márciusban, júniusban és szeptemberben mért globálsugárzás óraértékeinek relatív gyakorisági eloszlása, átlaga ($\bar{X}$), szórása (σ) és a gyakorisági eloszlás tozrulása (τ) Budapest, 1969–76

Óraköz	4–5	5–6	6–7	7–8	8–9	9–10	10–11	11–12	12–13	13–14	14–15	15–16	16–17	17–18	18–19	19–20
Osztlá- lyozási inter- vallum	Január															
0–10	100,0	100,0	100,0	94,7	57,3	26,8	16,3	15,9	15,0	18,2	27,5	72,1	100,0	100,0	100,0	100,0
10–20				2,0	12,6	25,6	26,0	19,6	20,3	21,5	39,7	26,3				
20–30				2,0	6,5	12,2	11,8	11,8	18,3	33,6	24,7	1,6				
30–40				1,2	3,3	4,9	10,2	11,4	24,8	17,0	6,5					
40–50					3,3	1,6	4,1	6,9	11,4	7,3	1,6					
50–60					2,4	2,4	1,6	3,7	6,1	2,0						
60–70					2,8	1,6	3,3	10,2	3,3	0,4						
70–80					2,4	3,3	2,8	8,2	0,8							
80–90					4,5	1,2	3,7	6,1								
90–100					1,2	1,6	3,7	4,5								
100–110					1,6	4,1	3,3	0,8								
110–120					0,8	3,3	3,7	0,4								
120–130					0,0	3,7	5,3	0,0								
130–140					0,0	4,9	2,8	0,4								
140–150					0,8	0,8	1,6									
150–160					0,4	0,8										
160–170						0,0										
170–180						0,4										
180–190						0,8										
τ					0,569	0,787	0,710	0,832	–0,446	–0,187	0,102					
σ				5,4	31,1	46,1	41,7	29,2	15,9	12,3	8,8	4,1	1,3	0,1		
$\bar{X}$				2,4	22,7	41,3	44,6	39,3	27,9	22,7	15,9	7,3	0,9			

Órákőz	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20
Március																
0-10	100,0	99,6	56,5	24,6	5,2	1,7	1,3	0,9	0,4	1,7	1,7	6,5	22,8	94,4	100,0	100,0
10-20		0,4	12,1	10,3	17,2	8,2	6,5	6,0	6,9	6,9	10,3	16,4	52,6	9,6		
20-30			4,7	9,9	9,9	8,2	5,2	6,9	7,7	9,9	18,1	48,3	24,1			
30-40			8,2	6,0	4,7	9,1	8,2	5,6	10,3	18,5	40,9	25,9	0,4			
40-50			2,2	5,6	5,2	7,8	8,2	7,3	21,9	39,1	23,3	2,6				
50-60			3,4	3,0	3,9	2,6	4,7	3,9	31,3	16,3	4,3	0,4				
60-70			2,6	2,2	1,7	4,3	4,3	8,2	12,0	3,9	1,3					
70-80			1,3	3,9	0,9	3,4	4,7	6,5	4,3	3,0						
80-90			1,7	3,9	1,7	2,6	0,9	10,8	2,6	0,4						
90-100			2,6	3,4	0,9	1,7	3,4	11,6	0,9	0,4						
100-110			1,7	2,2	3,4	2,2	5,2	14,7	1,3							
110-120			1,3	1,7	3,0	2,6	0,4	11,6	0,0							
120-130			0,9	2,2	2,2	1,7	4,3	4,3	0,4							
130-140			0,4	2,2	2,2	2,6	5,6	1,3								
140-150			0,0	1,3	3,9	3,0	8,2	0,0								
150-160			0,0	1,7	4,7	4,7	9,9	0,0								
160-170			0,0	1,3	4,7	7,8	7,8	0,0								
170-180			0,0	1,3	1,7	4,3	6,5	0,4								
180-190			0,4	3,4	3,4	3,4	3,4									
190-200				3,0	2,6	3,0	0,4									
200-210				1,7	3,9	7,3	0,4									
210-220				1,7	2,2	3,9	0,4									
220-230				1,7	4,3	2,6										
230-240				0,9	2,6	1,3										
240-250				0,4	2,2											
250-260				0,0	0,4											
260-270				0,4	1,3											
τ			0,537	0,904	1,064	0,867	-0,946	-0,817	-0,306	-0,226	-0,130	-0,057	-0,094			
σ		1,6	32,4	70,1	80,9	72,4	57,3	34,5	18,6	14,6	10,8	8,7	6,4	3,2		
X		0,4	22,4	68,4	101,1	107,8	100,8	76,8	49,3	41,7	33,6	24,5	14,4	4,0		

I. TÁBLÁZAT folytatása

Órakerék	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20
Június																
0-10	46,1	17,2	7,4	2,5	1,9	1,0	0,0	0,0	1,0	0,5	0,5	1,4	1,9	5,8	17,8	97,6
10-20	26,5	8,8	8,3	4,9	2,4	3,0	2,0	3,4	2,0	2,4	3,4	2,9	6,8	18,8	59,6	2,4
20-30	17,2	6,4	3,9	3,4	4,8	3,9	4,4	2,5	2,4	2,4	3,4	8,2	12,6	33,7	22,1	
30-40	6,4	3,9	3,9	2,9	2,9	3,4	1,5	3,0	2,0	2,4	6,8	11,1	29,5	38,0	0,5	
40-50	3,4	3,9	4,4	3,9	3,9	3,0	3,4	1,5	9,8	7,8	15,0	31,4	35,7	3,4		
50-60	0,5	2,9	2,0	4,4	1,9	3,4	1,5	2,0	13,7	29,6	41,5	23,2	11,6	0,5		
60-70		2,0	2,9	1,0	1,4	2,0	4,4	3,0	28,8	32,5	18,4	15,5	1,0			
70-80		2,5	1,5	2,0	0,5	0,5	1,5	4,9	23,4	16,5	9,7	3,9	0,5			
80-90		2,9	3,4	3,0	1,9	3,0	2,5	4,4	13,2	5,8	1,4	2,4	0,5			
90-100		7,4	1,5	3,9	2,4	1,5	2,9	4,9	3,4							
100-110		5,4	2,9	1,0	1,9	0,5	2,5	11,3	0,5							
110-120		6,4	1,5	1,0	1,0	1,5	1,0	18,7								
120-130		6,9	2,0	0,5	1,4	0,5	4,9	14,8								
130-140		5,4	0,5	2,0	1,4	1,0	3,4	17,7								
140-150		3,9	2,5	2,0	0,5	2,0	3,4	5,9								
150-160		5,4	3,4	2,0	2,4	3,4	9,3	2,0								
160-170		3,4	2,5	2,5	1,9	2,5	9,8									
170-180		3,9	5,9	1,0	0,5	3,4	16,2									
180-190		1,5	3,9	1,5	2,4	4,9	17,6									
190-200			5,4	3,4	3,9	5,9	6,4									
200-210			3,4	4,4	2,4	8,4	1,5									
210-220			5,9	6,9	5,8	8,9										
220-230			4,9	3,4	6,3	9,9										
230-240			5,4	7,4	4,3	7,4										
240-250			5,4	5,4	7,7	3,0										
250-260			4,4	8,3	9,7	5,9										
260-270			0,0	3,9	4,3	6,4										
270-280			1,0	4,9	4,3											
280-290				2,5	2,4											
290-300				2,0	1,9											
300-310				0,5	3,4											
310-320				1,0	2,9											
320-330				1,5	2,4											
330-340				0,5	0,5											
τ		1,270	1,361	-0,886	-0,708	-0,711	-0,860	-0,291	-0,057	-0,372	-0,111	0,192	-0,577	-0,946	-0,05	
σ	11,6	58,2	86,9	94,7	94,6	78,5	53,5	34,4	17,5	14,5	14,4	15,1	12,3	9,3	6,0	2,3
$\bar{X}$	13,6	78,9	133,3	171,1	188,0	169,2	139,0	105,0	64,0	59,6	53,4	47,9	37,9	26,2	14,7	3,6

Órákőz	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20
Szeptember																
0-10	100,0	92,9	23,8	10,9	5,0	3,8	2,5	1,3	2,1	1,3	0,8	3,8	13,0	63,4	100,0	100,0
10-20		3,8	13,8	7,9	6,7	3,3	4,2	4,2	3,8	6,3	7,1	9,6	23,1	34,0		
20-30		2,5	7,5	8,4	6,3	4,6	4,2	4,2	6,7	5,4	6,7	16,7	47,1	2,1		
30-40		0,4	2,9	3,3	3,3	5,0	1,7	6,3	3,3	5,4	18,8	45,2	15,5	0,4		
40-50		0,4	10,9	2,9	4,2	2,5	3,8	1,3	9,2	33,5	46,9	22,2	0,8			
50-60			6,3	2,5	2,5	2,5	2,1	0,4	37,2	31,8	17,6	1,7				
60-70			4,6	4,6	2,1	2,9	1,3	3,8	26,4	12,6	1,7	0,4				
70-80			7,1	1,7	1,3	2,9	3,8	5,0	6,7	2,9						
80-90			3,8	2,1	2,5	2,5	2,5	5,4	2,9	0,4						
90-100			3,8	2,1	1,7	1,7	4,2	14,6	1,7	0,0						
100-110			3,8	2,5	2,9	2,9	2,9	20,1	0,0	0,4						
110-120			2,1	4,2	1,3	2,5	1,7	17,6								
120-130			1,3	1,3	2,5	0,8	4,6	10,5								
130-140			2,1	2,9	1,3	4,6	5,4	2,9								
140-150			1,3	3,3	3,3	1,7	7,1	1,3								
150-160			2,9	6,3	3,8	2,5	11,3	1,3								
160-170			0,8	3,3	2,1	5,9	18,0									
170-180			0,0	5,4	3,3	4,6	10,9									
180-190			0,4	1,3	3,8	6,7	5,0									
190-200			0,0	5,0	7,1	8,8	2,9									
200-210			0,8	3,3	7,1	9,6										
210-220				5,4	5,4	7,1										
220-230				3,3	6,7	7,1										
230-240				2,5	5,4	2,9										
240-250				1,7	3,3	0,4										
250-260				0,4	3,3											
260-270				0,4	0,8											
270-280				0,4	0,4											
280-290				0,0	0,4											
290-300				0,0												
300-310				0,4												
Σ			0,966	1,309	-0,672	-0,901	-0,742	-0,401	-0,052	0,151	-0,273	-0,173	-0,32	0,692		
σ		5,8	46,5	80,8	84,4	73,0	55,0	34,4	17,4	14,6	13,2	12,7	10,0	5,2	1,2	
X		3,2	49,9	110,8	139,3	138,2	124,2	91,2	54,1	47,2	41,4	32,8	21,8	8,6	0,6	

II. TÁBLÁZAT

A nyugati felületen január, március, június és szeptemberben mért globálsugárzás óraértékeinek relatív gyakorisági eloszlása, átlaga ($\bar{x}$), szórása (σ) és a gyakorisági eloszlás torzulása (τ). Budapest, 1969–76

Óraköz	4–5	5–6	6–7	7–8	8–9	9–10	10–11	11–12	12–13	13–14	14–15	15–16	16–17	17–18	18–19	19–20
Osztályozási intervallum	Január															
0–10	100,0	100,0	100,0	100,0	66,7	28,0	15,9	13,5	13,8	17,4	27,5	53,8	96,4	100,0	100,0	100,0
10–20					32,1	37,0	30,1	24,1	21,1	21,1	23,9	16,6	2,8			
20–30					1,2	26,4	28,5	16,7	15,9	13,8	7,3	4,9	0,4			
30–40						7,3	16,3	20,4	6,9	8,1	8,5	3,2	0,0			
40–50						0,8	4,9	13,9	8,5	4,5	3,6	7,7	0,0			
50–60						0,4	4,1	5,7	10,6	6,9	4,0	3,2	0,4			
60–70							0,4	3,7	13,4	4,5	2,0	0,8				
70–80								2,0	3,7	2,8	2,8	3,2				
80–90									3,3	2,8	3,2	2,0				
90–100									1,2	4,9	4,0	1,2				
100–110									1,2	3,6	2,8	2,4				
110–120									0,4	5,7	2,0	0,0				
120–130										2,8	2,8	0,4				
130–14										0,4	1,2	0,0				
140–150										0,8	2,4	0,0				
150–160											1,2	0,4				
160–170											0,4					
τ						0,122	0,603	0,791	0,840	0,754	0,831	0,591				
σ				1,3	4,6	9,0	12,6	17,2	25,7	37,4	42,1	28,1	4,6			
$\bar{X}$				0,9	7,5	16,1	22,7	28,6	36,6	43,2	40,0	21,6	2,2			

Órákőz	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20
--------	-----	-----	-----	-----	-----	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Március

0-10	100,0	100,0	86,3	27,4	6,8	2,7	1,8	1,8	0,5	2,3	1,8	5,9	19,2	59,8	100,0	100,0
10-20			13,7	45,7	18,3	9,1	6,4	5,5	7,3	8,2	9,1	14,2	16,9	15,1		
20-30				24,7	42,5	16,0	8,6	6,8	7,3	6,4	9,6	10,5	7,8	4,1		
30-40				2,3	28,3	52,1	32,7	8,2	5,9	8,2	6,4	5,5	8,7	4,1		
40-50					2,7	15,1	29,1	30,5	8,2	5,0	9,1	5,0	4,1	4,6		
50-60					1,4	2,7	13,6	25,5	8,2	4,1	3,2	3,2	3,2	2,3		
60-70						0,9	4,1	11,8	5,5	8,6	3,2	3,7	4,1	3,2		
70-80						0,9	1,8	3,6	18,6	1,4	2,7	6,4	2,7	3,2		
80-90						0,0	0,5	2,7	20,9	4,5	4,6	3,7	2,3	2,3		
90-100						0,5	0,5	0,5	10,0	5,0	4,1	4,1	4,1	0,5		
100-110							0,5	1,4	3,6	7,3	3,7	3,2	3,2	0,0		
110-120							0,0	1,8	1,8	6,8	5,0	3,2	1,8	0,0		
120-130							0,5	0,0	1,4	9,1	4,6	3,7	3,2	0,0		
130-140								0,0	6,4	3,2	2,3	1,8	0,5			
140-150								0,9	5,0	2,7	3,7	4,6	0,5			
150-160									7,7	4,1	2,7	1,8				
160-170									2,3	5,0	3,2	1,8				
160-180									1,4	2,3	1,8	2,3				
180-190									0,0	3,2	2,3	0,9				
190-200									0,5	3,7	1,4	0,9				
200-210										1,8	2,3	0,5				
210-220										4,1	1,8	0,9				
220-230										1,4	0,5	1,4				
230-240										0,9	2,7	0,9				
240-250										0,0	1,4	0,5				
250-260										0,5	1,4	0,5				
260-270											0,5					
τ				-0,04	0,0	-0,149	0,391	0,223	-0,641	-0,782	1,087	1,017	0,928	0,498		
σ		0,4	3,9	7,5	9,4	11,4	15,6	19,7	28,7	49,0	66,5	72,0	64,0	25,5	0,5	
$\bar{X}$		0,1	4,6	14,7	25,0	33,3	41,1	49,4	66,6	86,7	97,3	88,2	64,4	17,7	0,1	

A II. TÁBLÁZAT folytatása

Órako	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20
Június																
0-10	98,0	22,2	7,4	2,5	2,5	1,0	0,0	0,0	0,5	0,5	0,5	1,5	2,9	6,8	13,5	51,4
10-20	2,0	51,7	11,9	5,0	3,0	3,0	2,0	2,5	2,5	3,0	3,4	3,5	7,3	10,1	12,0	24,0
20-30		26,1	35,1	10,0	4,0	4,4	4,0	2,9	2,5	1,5	3,9	4,5	5,4	4,8	8,7	10,6
30-40			44,1	38,8	5,9	5,9	4,0	1,5	2,5	3,0	2,4	7,4	3,9	3,9	8,2	7,7
40-50			1,5	37,8	42,1	19,2	6,5	3,9	2,5	4,5	2,9	2,5	2,0	2,9	3,8	4,3
50-60			5,5	5,5	34,2	44,3	32,5	12,3	3,4	3,0	2,4	4,5	2,4	3,9	4,3	1,4
60-70					7,9	17,7	28,5	27,0	5,4	2,0	2,9	1,5	2,9	2,4	2,9	0,5
70-80					0,5	4,4	15,5	26,5	5,4	4,5	2,9	1,0	3,9	3,9	5,8	
80-90							5,0	14,2	10,3	5,9	3,4	1,5	2,4	5,3	7,7	
90-100							2,0	5,9	12,8	4,0	1,9	1,5	3,4	3,4	4,8	
100-110								1,5	24,7	2,5	3,9	1,0	2,0	1,9	3,4	
110-120								1,0	14,3	4,5	1,4	3,0	1,0	1,9	6,2	
120-130								0,5	9,4	5,9	4,3	2,5	2,4	2,9	3,8	
130-140								0,0	3,0	9,4	3,9	2,5	1,5	4,3	1,9	
140-150								0,5	1,0	7,9	4,3	1,5	1,0	3,9	3,4	
150-160										11,4	4,3	3,0	2,4	2,4	3,4	
160-170										11,4	3,9	1,0	4,9	4,3	1,0	
170-180										9,4	3,9	4,5	4,4	7,7	2,4	
180-190										4,0	3,9	2,5	5,9	1,9	1,4	
190-200										1,5	4,3	2,5	4,4	3,9	0,0	
200-210										0,5	9,2	3,0	2,9	3,9	1,0	
210-220											4,8	6,4	3,9	3,4	0,0	
220-230											9,7	4,5	4,4	1,9	0,0	
230-240											4,8	5,9	2,4	1,9	0,0	
240-250											5,3	4,0	4,9	2,4	0,5	
250-260											1,0	5,9	2,0	2,4		
260-270											0,5	5,9	3,9	0,0		
270-280												3,5	4,9	1,4		
280-290												4,5	1,0			
290-300												2,0	1,0			
300-310												1,0	1,5			
310-320												0,5	0,0			
320-330													0,5			
330-340													0,5			
τ		0,016	-0,988	0,206	0,116	-0,311	0,283	0,208	-0,394	-0,672	-1,049	1,413	1,463	1,259	1,163	0,636
σ	2,3	6,4	8,7	12,6	12,1	13,2	15,2	19,2	31,0	48,8	71,2	92,3	91,2	79,0	54,5	13,2
$\bar{X}$	4,0	15,1	26,4	37,6	46,4	50,9	59,3	69,0	92,8	122,2	150,3	165,4	148,4	114,5	68,4	13,4

Óraker	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20
--------	-----	-----	-----	-----	-----	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Szeptember

0-10	100,0	100,0	50,8	12,1	5,0	3,3	3,3	2,1	2,1	1,7	2,1	4,6	11,7	28,0	96,7	100,0
10-20			45,8	20,5	8,4	3,3	4,2	4,2	7,1	6,7	5,0	7,5	7,5	13,4	3,3	
20-30			3,4	44,8	11,3	6,7	3,3	5,9	2,9	3,3	6,3	5,9	7,1	12,1		
30-40				21,3	56,9	21,8	7,1	4,2	2,9	5,4	5,0	2,9	2,9	5,9		
40-50				0,8	15,5	51,9	36,8	11,7	4,2	3,8	1,7	3,3	4,2	7,9		
50-60				0,0	2,5	10,0	33,5	29,3	2,9	2,5	5,4	3,3	3,3	7,9		
60-70				0,4	0,4	2,5	8,4	26,4	6,7	5,0	1,7	4,6	6,3	3,3		
70-80						0,4	2,9	10,0	8,8	4,2	2,5	4,6	2,1	2,9		
80-90							0,4	5,0	20,5	2,9	2,5	2,5	1,3	5,0		
90-100								1,3	17,6	3,3	4,6	2,9	4,2	2,5		
100-110									10,5	5,9	2,9	2,9	2,9	2,9		
110-120									4,2	7,1	5,0	2,9	2,9	3,3		
120-130									5,4	8,4	3,8	2,9	5,0	0,8		
130-140									2,5	6,3	4,6	0,8	1,7	0,8		
140-150									1,7	8,4	4,6	3,8	6,3	0,8		
150-160										8,8	2,9	4,2	3,8	1,7		
160-170										9,6	4,2	5,4	3,3	0,4		
170-180										2,1	7,5	1,3	5,0			
180-190										4,2	6,3	2,5	2,1			
190-200										0,4	5,0	3,8	2,5			
200-210											5,4	5,9	2,5			
210-220											5,0	5,4	4,2			
220-230											5,0	4,6	2,1			
230-240											0,4	5,4	2,9			
240-250											0,4	3,3	1,3			
250-260												2,1	0,0			
260-270												0,4	0,8			
τ				-0,261	-0,264	-0,435	0,122	-0,006	-0,180	-1,134	-0,734	1,385	1,295	0,903		
σ		1,5	5,1	9,2	10,6	11,5	13,9	17,6	32,2	52,2	68,5	80,1	75,3	39,1	2,8	
X		1,0	9,8	22,6	32,2	40,0	46,7	54,9	79,2	105,8	124,7	125,9	102,5	40,3	1,7	

III. TÁBLÁZAT

$A_{G_{K, NY}/G_V}$ arány és a relatív napfénytartam közötti összefüggést leíró egyenes metszéspontja (a) és iránytangense (b), ha $G_{K, NY} = \text{Diffúz} + \text{Direkt}$

Órakerék	K: 5-6 Ny: 18-19	6-7 17-18	7-8 16-17	8-9 15-16	9-10 14-15	10-11 13-14	11-12 12-13
Január	a. b.			1,311 0,0220	1,155 0,0028	0,928 -0,0019	0,818 -0,0066
Február	a. b.		1,281 0,0806	1,169 0,0158	0,982 0,0041	0,840 -0,0009	0,7221 -0,0039
Március	a. b.	1,428 0,0994	1,282 0,0177	1,040 0,0053	0,872 0,0014	0,700 -0,0014	0,569 -0,0019
Április	a. 1,486 b. 0,0397	1,167 0,0280	0,832 0,0158	0,726 0,0080	0,694 0,0030	0,571 0,0005	0,424 -0,0002
Május	a. 1,536 b. 0,0170	1,181 0,0114	1,057 0,0071	0,950 0,0016	0,720 0,0012	0,569 0,0001	0,494 -0,0013
Június	a. 1,552 b. 0,0131	1,145 0,0092	0,642 0,0112	0,601 0,0068	0,371 0,0066	0,356 0,0034	0,470 -0,0009
Július	a. 1,670 b. 0,0127	0,940 0,0148	0,983 0,0078	0,928 0,0028	0,758 0,0011	0,509 0,0015	0,376 0,0009
Augusztus	a. b.	1,155 0,0172	0,900 0,0122	0,825 0,0060	0,595 0,0044	0,630 0,0000	0,524 -0,0012
Szeptem- ber	a. b.	1,904 0,0169	1,748 0,0029	1,185 0,0027	0,763 0,0033	0,440 0,0039	0,292 0,0025
Október	a. b.		1,058 0,0715	0,828 0,0180	0,688 0,0084	0,698 0,0016	0,520 -0,00004
November	a. b.			1,169 0,0405	0,842 0,0138	0,691 0,0051	0,514 0,0019
December	a. b.			1,134 0,1283	0,918 0,0229	0,753 0,0074	0,673 -0,0002

IV. TÁBLÁZAT

$A_{G_{K, NY}/G_V}$ arány és a relatív napfénytartam közötti összefüggést leíró egyenes metszéspontja (a) és iránytangense (b), ha a falra csak szórt sugárzás jut

	a	b	n		a	b	n
Január	0,545	-0,0046	48	Július	0,478	-0,0028	98
Február	0,595	-0,0060	56	Augusztus	0,444	-0,0021	98
Március	0,438	-0,0026	70	Szeptember	0,458	-0,0024	84
Április	0,407	-0,0022	84	Október	0,405	-0,0014	55
Május	0,403	-0,0019	84	November	0,422	-0,0009	56
Június	0,496	-0,0034	84	December	0,506	-0,0023	56

A nagy távolságról származó légszennyeződés vizsgálatának eredményei¹

SZEPESI DEZSŐ, Országos Meteorológiai Szolgálat Budapest, Pf. 38. 1525

Results of investigations on the long-range transmission of air pollutants. 3 years have passed since most of the member countries of ECE officially started cooperation in the framework of the European Air Pollution Monitoring and Evaluation Program. During this period many results have been gained, however, the necessity to continue the investigations on some other issues have been clarified. Because of the investigations on these problems are interconnected it is timely to promote the level of collaboration among the fields concerned (atmosphere, water, soil, vegetation, nature etc).

*

A nagy távolságról származó légszennyeződés vizsgálatának eredményei. Három év telt el azóta, hogy az Európai Gazdasági Bizottság munkájában részt vevő országok nagy része hivatalosan bekapcsolódott a nagytávolságról származó légszennyező anyagok Európai Monitoring és Értékelési Programjába (EMEP). Ezen időszak folyamán számos kérdés tisztázódott, illetve egyes problémák további vizsgálatának szükségessége körvonalozódott. Mivel ezen kérdések további tanulmányozása számos környezetvédelmi szakterületet (levegő, víz, talaj, természet stb.) érint, időszerű a szükséges együttműködés kialakítása.

*

Bevezetés. Célunk a témával kapcsolatos gyakran ellentmondó nézetek ismertetése és a reális hazai szemlélet kialakítása a környezetvédelmi prioritások megállapításának tudományos színvonalú előkészítése érdekében.

A légkörben nagy távolságra terjedő különböző savas vegyületek, oxidálódó

anyagok, nehéz fémek, szintetikus szerves anyagok és más hosszú tartózkodási idejű nyomelemek ökoszisztémára ill. különböző tárgyakra gyakorolt káros hatása már hosszabb ideje vizsgálatok tárgyát képezi. A figyelem középpontjába ezzel kapcsolatban elsősorban az ún. savas depozíció került, mely magában foglalja a szulfátok, a nitrátok és a kloridok savas vegyületeinek a légkörből való kikerülését száraz ülepedés, illetve csapadék kimosódás útján.

A kellően nem semlegesítő hatású tavak és a potenciálisan érzékeny ökoszisztémák, ill. tárgyak számára a savas vegyületek légkörből kikerült, ill. lerakódott teljes mennyisége a döntő tényező.

1. Szennyező anyagok a légkörben

Az Északi Féltekén az antropogén kén-dioxid emisszió Friend (1973) szerint 130 Tg év⁻¹, a Déli Féltekén 6 Tg év⁻¹. 1970 – 80 közötti időszakban a kén-dioxid emisszió 50%-kal nőtt. Az antropogén kénemisszió 20%-a a Föld felületének 1%-át kitevő európai kontinensen kerül kibocsátásra.

Európa antropogén kén-emissziója az utóbbi 20 év alatt (1950 – 70) megkétszereződött (Munn, 1981). Barnes (1979) szerint 1973-ban az EGB országok területéről kerekén 100 millió tonna SO₂ került kibocsátásra, mely a Föld antropogén kibocsátásának kb. 75%-a. Előrejelzések szerint a kén emisszió 1985-re 20 – 25%-kal, 2000-re 15 – 60%-kal fog növekedni. Ezen előrejelzések megbízhatósága jelentős mértékben függ az energiahelyzet alakulásától is.

A nitrogén oxidok emissziója 1978-ban az EGB országok területén 50 – 60 millió tonna év⁻¹, azaz kb. a kén-dioxid kibocsátás fele volt. 1960 – 75 között a nitrogén-oxid kibocsátások az észak-amerikai kontinensen 75%-kal, Európában 100%-kal

¹ Elhangzott a MTESZ Környezetvédelmi Bizottsága és a Magyar Meteorológiai Társaság 1981. május 21-én rendezett ankétján.

nőttek. 1975 – 85 között mindkét területen további 40%-os NO_x növekedés várható, melyet a jelenlegi energia ellátási gondok miatt esetleg nem fognak elérni (Barnes, 1979).

Bár nem valószínű, hogy az NO_x emisszió 2000-re eléri a kén-dioxid kibocsátás mértékét, az bizonyos, hogy hatása a csapadék savasság-növekedése szempontjából jelentősebb lesz. Ezt elősegíti, hogy a nitrogén-oxid légköri tartózkodási ideje a kén-dioxidénál nagyobb és a salétromsav a kénsavhoz hasonló mértékű savasító hatással rendelkezik.

A kén kibocsátás jelentős része – pl. Angliában a fele – erőművekből származik. Átlagban egy 200 MW-os erőmű kéménymagassága 200 m, kibocsátási hőmérséklete 120°C , emissziója 1300 ppm SO_2 és a füstfáklya effektív magassága a tényleges kémény magasság 1–1,5-szerese (Robson, 1979).

Korábbi vizsgálatok azt mutatják, hogy megfelelő magasból kibocsátó erőmű csak kis mértékben járul hozzá a lokális méretű szennyeződési folyamatok hatásához. 24 óra átlagában az erőmű hatását már nem lehet a háttérkoncentráció ingadozásaitól megkülönböztetni. Mérhető hozzájárulásokat csak erős szél és erősen turbulens helyzetben rövid időtartamú mérések adnak. Ilyen helyzetben viszont az alacsonyabb forrásokból származó háttérszennyezettséget a megnövekedett átkeveredés csökkenti.

Külön is érdemes foglalkozni az egyik legnagyobb szennyező forrással a Sudbury olvasztóval, mely 375 m magas kéménnyel 90%-os leválasztás mellett is naponta 2500 tS, azaz évente 1,8.10⁶t kén-dioxidot bocsát ki (Munn, 1981).

2. Rendszeres monitoring és együttműködési programok

A levegő-minőségi és csapadék kémiai mérések rendszeres végzése lényeges a szennyezőanyag koncentrációk ill. az üledék mértékének meghatározása, a nagy távolságra történő elszállítás, a savas csapadék jelenségének megértése, hatásának vizsgálata és tisztázása szempontjából. A modellezés sikerességének ellenőrzéséhez a rendszeres monitoring a megfelelő hosszúságú adatsor forrása. A hatásmechanizmusok tisztázásához a rendszeres terepmérések biztosítják a felhasználható levegőminőségi és csapadékkémiai információt. Ezért a talajra, vízrendszerekre, természet, erdőségekre a nagytávolságú légszennyezettség által okozott hatás tisztázásához megfelelő tér- és időbeli analízist biztosító állomás hálózat telepítése és működtetése szükséges.

A csapadék, mint a légkör öntisztulását előidéző egyik legfontosabb tényező, továbbá mint a hidrológiai körforgalom egyik fő eleme biztosítja a vizet és a benne oldott nyomelemeket a bioszféra számára. Ezért a tervezés és a szabályozás számára megfelelő részletességű monitoringja alapvető. Ilyen hálózatnak legalább egy évtizedig kell működnie ahhoz, hogy a trendek azonosíthatók legyenek.

A csapadék kémiai vizsgálatokat Európában Rossby professzor kezdeményezte az 50-es évek közepén. Csak a 60-as években merült fel annak lehetősége, hogy antropogén szennyezőhatások következtében megváltozhat a légkör összetétele, mely globális méretben kihathat az egész bioszférára.

A nagy távolságú légszennyezettség vizsgálatával a KGST környezetvédelmi kutatásait koordináló témák is foglalkoznak. Ennek keretében folyamatosan van országos méretű transzmissziós modell és input rendszer kidolgozása, mérőállomások kiválasztási és elhelyezési elvének tisztázása, mérési módszerek meghatározása, információ rendszer kidolgozása, a környezetállapot elemzése, értékelési és előrejelzési módszerének kidolgozása.

Az ún. Regionális és Globális Háttér Szennyezettségmérés Programját a WMO 1972-ben indította meg. Ez a program lényeges részeit képezi az UNEP Globális Környezet Monitoring Rendszerének (GKMR, angol rövidítése GEMS).

Ennek keretében földgömbi méretben kb. 100 ún. BAPMoN állomáson végzett levegőminőség és csapadék-kémiai mérések adatai alapján kívánják meghatározni a növekvő urbanizálódási folyamat hatását a légkörre.

Hazánkban a Regionális Háttérszennyezettség méréseket már 1973-ban megindítottuk a VITUKI Kecskemét közelében fekvő Komlói telepén. 1981. április 1-től a hazai Regionális Háttérszennyezettség-mérő Állomás a közeli Erdőgazdaság területére lett telepítve. A mérések kiterjednek a csapadék vezetőképességre, pH, erős savak, kálium, magnézium, kalcium, klorid, ammonium, nitrát és szulfát tartalmának, továbbá a levegő szén-dioxid, kén-dioxid, nitrogén-dioxid, aeroszol és homályossági tényezőjének vizsgálatára.

1972 – 77 között az OECD országok közös vizsgálatokat végeztek Nyugat-Európa térségében az antropogén kén kibocsátás nagy távolságú szennyezőhatásának tisztázására.

Ennek folytatásaként egész Európára kiterjedő Légszennyeződés Monitoring és Értékelési Program (angol rövidítése EMEP) indult 1978-ban az Európai Gazdasági Bizottság keretében, melynek első

fázisa 1980-ban fejeződött be. Az EMEP keretében monitoring a kontinentális méretű szennyezőhatás mérésére ill. számítására vonatkozik. Ehhez 24 órás levegőminőségi és csapadékkémiai méréseket végeznek Európa közel 50 állomásán, elsősorban a kén és a nitrogén vegyületek koncentrációinak, ill. ülepedési mértékének meghatározására. Az EMEP program keretében a hazai méréseket is a Regionális Háttér-szennyezettségmérő állomáson végezzük.

3. A légkör öntisztuló képessége. Kikerülési mechanizmusok (száraz ülepedés, nedves ülepedés, átalakulás)

A légkör öntisztuló képességének jelentőségét a következőkkel világíthatjuk meg. Friend (1973) szerint globális méretben a természetes ($152 \cdot 10^6$ t S/év) és az antropogén ($65 \cdot 10^6$ tS/év) kén emisszió $2,17 \cdot 10^8$ tS/év. Összevetve ezt a troposzféra $3 \cdot 10^{18}$ m³ becsült térfogatával azt kapjuk, hogy száraz és nedves kikerülési mechanizmusok nélkül az egész troposzférában $70 \mu\text{g S/m}^3$ -rel növekedne évente a kénszennyezettség. Ezzel szemben a hazai Regionális Háttér-szennyezettség-mérő Állomáson a környezeti levegő átlagos évi kénszennyezettsége $12 \mu\text{g S/m}^3$. Ez nyilvánvalóan mutatja a légkör öntisztulási képességének hatékonyságát, másrészt felhívja a figyelmet arra, hogy diszperziós illetve szennyezőanyag átalakulási vizsgálatnál milyen mértékű hibát követünk el, ha a kikerülési mechanizmusok hatását figyelmen kívül hagyjuk (Mészáros 1977; Fekete et al. 1981).

A száraz ülepedés folyamatosan ható kikerülési mechanizmus, melyet a növényzet, a talaj és az épületek felületén történő adszorpció és kémiai reakciók idéznek elő. Mivel folyamatosan hat a száraz ülepedés, kb. 1–2-szer annyi kén-dioxid kikerüléséért felelős, mint a jóval effektívebb, de csak rövid idejű nedves ülepedés.

Magas kémények füstfáklyája néhány 10 km-ig nem éri el a talajt, ezért a száraz ülepedés a kikerülést nem befolyásolja. Ezzel szemben, a füstfáklya felső részéből a középtroposzféra felé irányuló fluxus jelentős. Emiatt a magas kémények emisszióinak hozzájárulása a nagytávolságra terjedő szennyezettséghez jelentősebb.

A nedves ülepedést a felhő alatti ún. kimosódás ill. a felhőben végbemenő ún. kiesőzés okozza. Csapadékhullás idején ez a legeffektívebb kikerülési mechanizmus.

Elszállítódás és hígulás során a szennyezőanyagok átalakulnak. Számos átalakulási folyamat van, melyek relatív fontossága elsősorban más szennyezőanyagok egyidejű jelenlététől függ.

A troposzféra magasabb rétegeibe került

szennyezőanyagok nagyobb távolságra elszállítódnak és a kisebb méretű szennyeződési folyamatok hatásához globális ill. kontinentális háttér-szennyezettségként adódnak hozzá. Nyberg (1977) vizsgálatai szerint az észak-amerikai kontinens emissziói is hozzájárulnak az európai csapadé savasságához. Az Európa felett lehullott csapadék globális háttér-szennyezettségből származó szulfát komponensét például $0,2 \text{ mg (SO}_4\text{—S)} \cdot 1^{-1}$ értékkel lehet figyelembe venni, mely 600 mm/év csapadékmennyiséget figyelembe véve $0,12 \text{ g(SO}_4\text{—S)} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{év}^{-1}$ ülepedési értéket ad. Ez a hazai átlagos $1,1 \text{ g(SO}_4\text{—S)} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{év}^{-1}$ kén ülepedésnek kb. $1/10$ -e.

A légszennyezőanyagok transzmissziójának modellezése viszonylag újkeletű, de máris jelentős eredményeket hozott. Bár a nagytávolságú modellek jelenlegi korlátai ismertek, hasznos és talán az egyetlen segédeszköz biztosítják a forrás-receptor összefüggések megállapítására olyan területen, ahol sok forrás ill. receptor van. A jelenlegi módszerek meglehetősen sikeresek a környezeti levegő kén-dioxid, szulfát aeroszol és csapadék szulfát évi átlagos koncentrációinak leírására. A savas csapadék két fontos komponense, a hidrogén-ion és a nitrogén-ion depozíciója a jelenlegi transzmissziós modellekkel még nem szimulálható (Altshuler és McBean, 1980; Young és Niemann 1981).

A modell az adat interpretáció lényeges része. Például a kén-dioxidnak szulfát-részcsekké váló átalakulási sebességét meghatározhatjuk a számított és mért adatoknak összevetésével.

A modell felhasználható a monitoring állomások közötti területekre számítások alapján információ biztosítására. Ez fontos alkalmazási terület, például az ülepedés mértékének meghatározására olyan területeken, ahol csak korlátozott számú monitor állomás van.

A modell felbecsülhetetlen segédeszköz nagyobb terepmérés programjának tervezéséhez. Érzékenységi vizsgálatok végezhetők a mérendő fizikai változások hatásának relatív fontosságára. Hasonlóképpen szimulációk alapján állapítható meg a monitoring állomások optimális helye.

A modell szimuláció az egyetlen mód arra, hogy meghatározható legyen nagyszámú, különféle forrás relatív hozzájárulása a kérdéses receptor területen várható lerakódás mértékéhez. Ez az információ használható fel emisszió csökkentési alternatívák hatékonyságának értékeléséhez.

A jelen nagy távolságú transzmissziós modellekben az egyik legfontosabb egyszerűsítő feltevés, hogy a savas ülepedés számításánál a hidrogén iont a szulfát-ion figyelembevételével helyettesítik. Ezen egy-

szerűsítő feltétel helyessége nagy mértékben a légkör semlegesítő kapacitásától függ. A légkör semlegesítő kapacitását természetes és mesterséges emissziók befolyásolják. A finom méretű, szél által szállított bázikus talajrészecskék fontos semlegesítő anyagok főként arid viszonyok esetében. Ehhez járul még számos természetes és mesterséges forrás által kibocsátott ammónia. A légkör természetes semlegesítő kapacitása kritikus tényező a kén-dioxid emisszió és a csapadék pH trendek összefüggéseinek értelmezésénél.

A transzmisszió modellezés három alap-típusát kell megkülönböztetni. Az egyes típusok sajátosságai a következőkben foglalhatók össze (Eliassen, 1980):

A Lagrange-féle vagy trajektória módszer a levegőtér fogat trajektóriája mentén a száraz és nedves ülepedést direkt módszerrel veszi figyelembe és alkalmas a forrás és a receptor közötti kapcsolat leírására.

Az Euler-féle vagy rács-módszer alkalmas nagyszámú és különböző magasságú emisszió forrás figyelembevételére, a fizikai és kémiai folyamatokat realisabban kezeli és helyességének igazolása könnyebben végrehajtható.

A statisztikus modellezésnél (harmadik típus) az advekción és kémiai folyamatok parametrizációja csökkenti az input adatok és a gépi idő iránti igényt. Elméletileg a nagytávolságú modellek mindhárom típusa alkalmazható rövid időtartamra (többnapos epizódok) és hosszabb időszakra (havi, évszakos, évi) vonatkozó számítások végzésére. A gyakorlatban azonban a Lagrange-féle és a statisztikai módszerek alkalmasabbak a hosszabb időszakra, az Euler típusú módszerek a rövidebb időtartamra vonatkozó vizsgálatok végzésére. A jelenlegi tapasztalat azt mutatja, hogy a forrás-receptor összefüggés és a fluxusok vizsgálatához az éves időtartam a legmegfelelőbb.

Az USA-ban és Kanadában például ez ideig 13 aktív modellező csoport alakult ki. A többség Lagrange-féle trajektória módszert alkalmaz és a vizsgálatok időtartama 1 hónaptól 1 évig terjed. Az Euler-féle rács-módszer és a rövid időtartamú epizód módszer száma az utóbbi években növekedett, így a modellezés kiegyenlítettnek tekinthető. Ez a kiegyenlítés jelentős, mivel a rács típusú modellek az epizódok szimulálására a trajektória módszerekkel szemben több előnnyel rendelkeznek.

Célszerű külön említést tenni a leggyakrabban alkalmazott egyszerű egyréteges modellekről. Ezeknél feltételezik, hogy a kibocsátott szennyezőanyag a keveredési rétegben azonnal egyenletesen átkeveredik.

Ennek teljesülése elsősorban a 100 km-nél nagyobb távolságoknál várható. A horizontális diffúziót elhanyagolják, mivel a területi forrás felbontása 100 km, s így az emisszió finomabb eloszlását már kisimítja. A felfelé irányuló fluxust elhanyagolják, mely a tömegmérleg elvének korrekt alkalmazása esetén a kvázi-száraz ülepedés fogalmának bevezetését igényli.

A nagy távolságú transzmissziót szimuláló modellek jelenlegi alkalmazásának főbb korlátjait a következő csoportokba sorolhatjuk.

A „tökéletes” modellel velejáró korlátot a fizikai és kémiai folyamatok jelenlegi nem kielégítő megértése okozza. Vonatkozik ez például a H^+ ion és az azt létrehozó kén vegyületek összefüggéseire, a modellekben a nitrogén és hidrogén ionokkal kapcsolatos levegő- és csapadékkémiai folyamatok figyelembevételének hiányára, a nedves ülepedés mechanizmusának túlságosan egyszerűsített parametrizációjára.

A rendelkezésre álló adatok hiányossága, pontatlansága és nem kielégítő időbeli és területi felbontása szintén korlátot jelent. Ezt az okozza, hogy

- a magaslégköri adatok idő- és térbeli felbontása erősen korlátozott,
- a teljes nedves és száraz ülepedés modellszimulációját nehéz ellenőrizni, mivel a száraz ülepedést megbízhatóan nem lehet mérni,
- a nedves ülepedést különböző módszerekkel mérik.

A modell verifikációjánál, illetve optimalizációjánál korlátot jelent:

- a szükséges komplett adatsor hiánya,
- az azonos adatsort alkalmazó modell-összehasonlítás hiánya,
- a bemenő adatok nem kielégítő volta következtében a modellek által lehetővé tett tér- és időbeli felbontás korlátozott volta,
- a modellek megbízhatóságának és pontosságának felbecsléséhez útmutató hiánya.

A nagy távolságú transzmissziót szimuláló különböző modellek összehasonlítására például a következő kritérium adható meg (Young és Niemann, 1981):

- Átlagos eltérés; a számított és a mért adatpárok eltéréseinek értékelése 95%-os konfidencia tartományban,
- Adatok szórása; a számított és a mért adatpárok eltéréseinek átlagos négyzetes szórásának meghatározása 95%-os konfidencia tartományban.

– A nagy értékek eloszlása; azon észlelési pontoknál, ahol a légmagasabb értékeket mérték az 5 legmagasabb mért ill. számított érték összevetése.

– A koncentráció mező szerkezete; meghatározandó a térbeli korrelációs koefficiens négyzete.

4. *Hatásmechanizmusok az ember egészségére, a talajra, a felszíni vizekre, a növényzetre, a sugárzási viszonyokra és a korrózióra*

A légszennyeződés hatásmechanizmusáról röviden a következők állapíthatók meg.

A légszennyeződés rövid idő alatt jelentkező hatásai feltűnőbbek, azonban a nagyobb veszélyt feltehetően a hosszú idejű hatások jelentik.

Ha a légkör szennyeződése állandósul, vagyis megváltozik a természetes légkör összetétele, ez minden élőlényre, valamennyi fajra generációk során hat. Genetikai, populációgenetikai és ökológiai változások sorát válthatja ki, eredménye az élőlények és társulásaik megváltozása lehet.

Legjelentősebb rövid idejű kárhatás az ún. epizód helyzetekben keletkezik. Epizód helyzetek úgy alakulnak ki, ha hegygerincek által kikényszerített feláramlás jelentős ill. tartós csapadéktöbbletet eredményez. Ha eredetileg tartósan szennyezett anticiklonális rendszer levegője kerül ilyen feláramlásba, pl. Dél-Skandinávia felett fekete hó néven ismert epizód helyzet alakul ki. Ezen helyzetben rövid idő alatt nagy mennyiségű sav rakódik le csapadékkal a talajra.

4.1. *Egészségkárosító hatás.* A különböző légszennyező anyagok és az egészségkárosító hatás közötti kvantitatív kapcsolat a legtöbb esetben definiálatlan. A kísérleti állatok reakciói jól ismertek és ezeket igyekeznek az emberre vonatkoztatni. Alig ismert viszont a természetes állatvilág reagálása a légszennyeződésre.

Mivel a kén-dioxid által okozott káros hatás az ember egészségére, a termésre, anyagokra és a műemlékekre a szóban forgó szennyezőanyag koncentrációjával függ össze, maximális hatás városokban és ipari területeken várható, melyhez a nagytávolságról származó kén-dioxid hozzájárulása elhanyagolható.

A szulfát aeroszol koncentrációval más a helyzet, mivel maximális koncentrációi inkább regionális léptékben jelentkeznek. A szulfát aeroszol egészségkárosító hatásának tisztázására kutatásokat folytatnak. Az emberi egészség károsodására tett korábbi feltételezéseket az eddigi vizsgálatok még nem igazolták, azonban az ezirányú kutatások még nem zárultak le (Barnes 1979).

4.2. *Talajkárosodás.* A savanyúság növekedésével párhuzamosan romlik a talaj tápanyagszolgáltató képessége. A savanyúság növekedésével csökken az oldható ká-

lium, kalcium, magnézium, foszfor és molibdén mennyisége és a szervesetlen kénvegyületek oldhatósága. Viszont jelentősen fokozódik a vas, alumínium, mangán, réz, cink és a bór oldhatósága.

A talaj savanyúsága közvetlenül és közvetve hatással van a növények táplálkozására és anyagcseréjére. A közvetett hatás a talaj-mikroorganizmusokon keresztül érvényesül. A mikroorganizmusok többsége számára a semleges talajban jönnek létre az optimális életfeltételek. A baktériumok többsége a 4,5–5,0 pH-nál kisebb kémhatásnál már nem fejlődik. A savanyú talajokban a gombák túlsúlya lép fel. Mindezek károsan hatnak a talaj termőképeségére. A talaj savanyúsága nemcsak a termés csökkenésével, hanem minőségi romlásával is jár (Stefanovits, 1977).

Kérdés, hogy milyen mértékben befolyásolja a savas csapadék a talaj pH értékét, illetve milyen mértékben fedi el ezt a hatást a folyamatban levő talajmeliorizációs és műtrágyázási tevékenység.

Mivel az erdőségek talaját meszezéssel, vagy műtrágyázással nem javítják, ez a savas csapadék hatására hosszabb távon érzékenyebb a mezőgazdasági területek talajához viszonyítva.

A hazai talajokat pH értékük (I. táblázat), illetve fontosabb gazdasági növényeinket pH igényük (II. táblázat) szerint Stefanovits (1977) osztályozta. Felmérése szerint az ország talajainak kb. egyharmada gyengén savanyú, illetve savanyú.

Stefanovits (1977) munkája, illetve több éves saját mérésadatai alapján a kérdés következő összefoglalását adja Szabó (1978):

– A savanyú talajokon a savas csapadék károsan befolyásolhatja a talajszerkezet alakulását, a tápanyag szolgáltató képességét és a növények anyagcseréjét.

A minimum irányába tolják el a növények számára kedvező pH miliót, romlik a termés minőségi értéke, megnövekszik a

I. TÁBLÁZAT

Talajok pH érték szerinti osztályozása (Stefanovits, 1977)

Talajfajta	pH érték
erősen savanyú	< 4,5
savanyú	4,5–5,5
gyengén savanyú	5,5–6,8
semleges	6,8–7,2
gyengén lúgos	7,2–8,5
lúgos	8,5–9,0
erősen lúgos	> 9,0

II. TÁBLÁZAT

Fontosabb gazdasági növényeink pH igénye
(Stefanovits, 1977)

A növény neve	pH		
	Minimum	Optimum	Maximum
búza	5	6,5	8,3
kukorica	5	6 – 8,3	8,6
lucerna	6,3	6,8 – 8,3	8,7
borsó	5	6,5 – 8,3	8,5
burgonya	4,5	5,5 – 7,7	8,5
cukorrépa	5	6,8 – 8,3	8,5
napraforgó	5,5	6 – 8,3	9
paprika	5,5	6,5 – 8,3	9
paradicsom	5	5,7 – 8,2	8,6

herbicide és műtrágya felhasználás költsége.

A meglevő kedvezőtlen talajtulajdonságok további romlásával a termelési költségek növekedése mellett romlik a visszaterülés lehetősége.

4.3. Felszíni vízrendszerek károsodása. Édesvízi rendszerek károsodását észlelték Dél-Skandinávia és Észak-Amerika egyes részein. Eddigi vizsgálatok szerint ez elsősorban a nagy távolságról származó légszennyeződés hatásának tulajdonítható, mely során savas vegyületek szállítódhatnak olyan receptor területekre, ahol kalcium és más bázikus anyagok kellő mennyiségben nem állnak rendelkezésre. Bizonyos területeken a helyzetet súlyosbítják az erdők talajában végbemenő folyamatok.

Egészséges tó pH-ja valamivel 7 felett van. A tiszta csapadékvíz pH-ja, mely a levegő szén-dioxid tartalmával egyensúlyban van 5,6, azaz enyhén savas kémhatású. Az egyre nagyobb mennyiségben kibocsátott SO_2 és az NO_x elnyelése csökkenteni fogja a pH értékét, azaz a savasság tovább fog növekedni. Ahol a pH 5 érték alá süllyed, a vízi élőlények egyes fajtainak száma lecsökken, 4 alatt pl. a lazac kipusztul.

A Dél-Skandináviában tapasztalható károsodást geográfiai, topográfiai és pedológiai okok is elősegítik, ezért nem várható, hogy Európa jelentős területein is elő fog fordulni.

A svédországi tavak savassága 5 éven keresztül növekedett, majd a rákövetkező 5 évben a korábbi évek értéke alá csökkent. Ezért hosszabb időszak szükséges reális trend kimutatására.

A nagy távolságról származó légszennye-

zés hatásának értékelése az édesvízi rendszerekre alapvető kérdés. Általánosan elfogadott tény, hogy a csapadék antropogén szennyező hatás következtében megnövekedett savassága három területen a vízi ökoszisztéma károsodásához vezetett. Dél-Skandináviában, az USA-ban az Adirondack hegységben és Kanadában az Ontario állambeli Sudbury olvasztó 150 km-es körzetében.

A nagy távolságról származó légszennyezés által előidézett károsodás mértéke még vita tárgyát képezi. Bár ezen tavak pH értéke a korábbi 30–40 év alatt 6 feletti értékről 5 alá csökkent.

Mindhárom terület hasonló tulajdonságokkal rendelkezik a talaj vékonyságát, kismértékű semlegesítő hatását, a tömeder át-nem-eresztő tulajdonsága és a csapadék orográfia által megnövekedett mértékét illetően.

A csapadék savassága és a tavak vízeinek pH értéke között kapcsolatot csak úgy lehet kimutatni, ha figyelembe vesszük az erdők talaját fedő alom biodegradációjából származó gyenge savak mennyiségét is.

A savas tavakat szintén jellemzik az alumínium és a mangán magasabb koncentrációi, különösképpen pH=5 érték alatt.

A vízi ökoszisztémára gyakorolt hatás a semlegesítő kapacitás elvesztése, a pH érték csökkenése és ezzel járó bioszisztéma-károsodás és az érzékeny hal-populációk kipusztulása.

A kutatásoknak a vízi rendszerek savasodásának a mértékére, a savasodást befolyásoló geokémiai folyamatok mértékére és a bioszisztéma reagálási folyamatainak definiálására kell irányulni. A fentiek alapján állapítható meg a megengedhető terhelési kapacitás megközelítő mértéke.

A vízrendszerek savasodásának mértéke hozzájárulhat toxikus hatású fémek nyom-elemeinek nagyobb mértékű mobilizációjához, melyet a szokásos víztisztítási módszerek kellőképpen nem csökkentve az ivóvízben koncentrációjuk növekedhet. Hasonlóképpen hozzájárulhatnak a csővezeték rendszer fokozott mértékű korróziójához. Ilyen irányú kutatások egyes országokban már megindultak.

4.4. Növényzet károsodása. Tapasztalati tény, hogy a növények, mivel helyhez kötöttek, sokkal érzékenyebbek a légszennyezettségre, mint az emberek. A légszennyeződés okozta tünetek a következők: növénypusztulás, szövetek elhalása (foltosodás, levélhullás), színanyag károsodás, növényi rendellenességek, sejtanyag zavarok, terméshozam csökkenés, genetikai elváltozások, degeneráció, populációgenetikai, ökológiai következmények. A fentiek-

ben részletezett káros tüneteket az ország-határokon átáramló szennyezőanyag koncentrációk önmagukban, a vizsgált terület lokális forrásainak szennyező hatása nélkül – jelenlegi ismereteink szerint – még nem idézik elő.

A nagy távolságról származó légszennyezésnek az erdők produktivitására gyakorolt kiterjedt kutatásai Norvégiában káros hatást nem mutattak. *Brække* (1976) szerint a kén és a nitrogén lerakódás egyes esetekben a fák magasságának az átlagos feletti (néhány százalék) növekedéséhez vezetett. Ez azonban nem biztosíték arra, hogy az alacsony pH értékű csapadék hosszú távon nem vezet-e az erdők talajában a tápanyag kilúgozásához és a produktivitás csökkenéséhez. Ez a hatás csak hosszabb távon lesz kimutatható. Ehhez mindenesetre más tényezők, pl. az éghajlat hatásának komplex figyelembevétele szükséges.

Mind a hosszú, mind a rövidtartamú hatások a talajra, növényzetre, vadgazdaságra és vízi rendszerekre csak az ökoszisztéma keretében vizsgálhatók megfelelőképpen.

Bár a savas csapadéknak a mezőgazdasági növényekre és a fák szövetekre gyakorolt káros hatását kellőképpen még nem igazolták, feltételezik, hogy tápanyagban szegény talajok jelentős mértékben tovább degradálódhatnak. Ez a termőképesség csökkenéséhez vezethet, mely amellett, hogy jelentős gazdasági veszteséggel járna, orvoslása nem keresztülvíthető.

4.5. Hatás a légkör optikai viszonyaira. Újabb kutatások arra mutatnak, hogy a szulfát aeroszol nagy távolságra történő szállítódása jelentős mértékben csökkenti a látástávolságot regionális és kontinentális léptékben.

A szulfát aeroszol által okozott száraz-homály nem tévesztendő össze a városokban a helyi forrásokból származó szmoggal.

Dél Anglia vidéki területein nyáron gyakoriak a magas szulfát és a nitrát koncentrációk. A szulfát szintje bizonyos esetben eléri a $70 \mu\text{g SO}_4/\text{m}^3$ -t is. Az USA-ban a keleti parton előforduló szulfát aeroszol koncentrációk, melyek jelentős látástávolság-csökkentést idéznek elő, az ország középnyugati részén keletkeznek. A Los Angeles-i szmognak, bárcsak 10–15%-a szulfát aeroszol, mégis ezek a részecskék a fényszóróképesség 1/3-át teszi ki és koncentrációjuk a látástávolság változásával szoros ($r = 0,77$) kapcsolatban van (*Altshuller és McBean*, 1980).

A kénkomponensek tekinthetők Európában is a nagy területek felett bekövetkező látástávolság-csökkenés fő okának. Bár a kén-dioxid emisszió nagymértékű

csökkentése feltételezhetően hasznos hatást gyakorolna ennek költség kihatása igen magas lenne (*Barnes*, 1979).

A látástávolságot a légköri aeroszol lentős mértékben csökkenti, mivel szórja és elnyeli a fény sugarakat. A látástávolság csökkenésének legfontosabb oka a fénynek a finom részecskék által történő szórása. A fény elnyelés szintén hozzájárul a látástávolság csökkenéséhez, különösképpen városi területeken. A fényelnyelés szempontjából az $1 \mu\text{m}$ átmérőnél kisebb korom részecskék különösen jelentősek, melyek koncentrációját a folyékony tüzelőanyagok égetése is jelentős mértékben növeli.

A gázok optikai szerepe kevésbé jelentős. A $0,1$ – $1,0 \mu\text{m}$ átmérő tartományban található szulfát, szén, szerves anyagok és ólom aeroszol kb. 50%-át a szulfát részecskék teszik ki. Ennek következtében városi és regionális léptékben a légköri szulfát jelentősebb látástávolság-csökkentést okoz, mint bármely más kémiai összetételű anyag.

A korábbi 20 év vizsgálatai alapján megállapítható, hogy városokban a földgáz tüzelésre való átállás télen a nap sugárzás intenzitás és a látástávolság jelentős mértékű növekedésével járt. Ezzel szemben, a városokon kívüli területeken elsősorban az erőművek és az ipar által kibocsátott kén-emisszió növekedése a nyári hónapokban a látástávolság csökkenését eredményezte (*Munn*, 1981).

A légköri aeroszol befolyásolja a légkör sugárzás és hőhőztartását is. Erősen szennyezett légkör a felszínre jutó direkt nap-sugárzás erősségét felére képes csökkenteni, a tiszta levegő sugárzási viszonyaihoz képest.

4.6. Korrozíónövelő hatás. A kénszennyeződés különböző anyagokra ill. tárgyakra való hatása az anyag külső megjelenésén észrevehető. Kén-dioxid hatására épületek felületi részei rétegesen leválnak, papírok törékennyé válnak, bőrök, textíliák elvékonyodnak. Savképző szennyeződések a légkör víztartalmával kapcsolódva savas kémhatású oldatokat alkotnak és ezek a fémek felületén elektrokémiai folyamatokat indítanak meg.

A művészeti alkotásokban, a műemlékekben, a könyvtárak anyagaiban bekövetkező károk elsősorban a szennyezett levegő-jű területeken jelentősek.

5. Dózis-hatás összefüggés, levegő- és csapadékmínőségi követelmények

A levegő minőségének javítása során el kell érni azt is, hogy a nagy távolságról származó szennyezés lokálisan és időszako-

san se emelkedjék olyan szintre, amely az ember egészségében és általában az élővilágban, illetőleg a műszaki létesítményekben károsodást idéz elő.

Ehhez a nagy távolságról származó légszennyezés ökológiai normáinak meghatározása, általános elfogadása, majd betartásának fokozatos mértékű megvalósítása ill. ellenőrzése szükséges.

Ennek egyik alapfeltétele egy megfelelő és összehangolt, tervezésre és szabályozásra orientált mérőhálózat kiépítése, az emisszió kataszter felmérése és a mérések ill. adatgyűjtések területi és időbeli rendjének, szervezeti alapjainak meghatározása. A legfontosabb ható tényezők vizsgálatának olymértékű területi részletezése szükséges, mely lehetővé teszi a félrevezető általánosítás elkerülését.

A nyert vizsgálatok eredményei alapján (területi megoszlás, tartamgyakorosság stb.) ökológusoknak, szociológusoknak és közgazdászoknak célszerű megállapítani azokat az ökológiai normákat, melyek az életbevágóan fontos ökológiai rendszerek károsításának kockázatát nélkül, szükségtelenül nem korlátozzák a gazdasági fejlődést.

A kutatásoknak a nagytávolságú légszennyeződés által befolyásolt geográfiai területek körvonalazására, a növények, talajok és vízrendszerek károsodás szempontjából való érzékenységre kell, hogy koncentrálnodjanak. Továbbá tisztázni kell annak mechanizmusát, ahogyan a szennyezőanyagok az ökoszisztémát befolyásolják mint pl. a savas csapadék – növényi sejtszövet kölcsönhatása.

Ezen vizsgálatok nagyban elő fogják segíteni, hogy a kontinentális méretű savas csapadék problémát jobban megérthessük, továbbá tisztázzuk azon mechanizmusokat, amelyekeken keresztül hatások keletkeznek és az ökoszisztéma minősége degradálódik.

6. Megoldások lehetőségei illetve azok gazdasági kihatásai

Barnes (1979) véleménye szerint a nagy távolságra jutó légszennyeződés csökkentésére a lehetőségek a következők:

Egyes országokban szigorú előírásokkal akadályozzák meg a szennyezőforrások gondatlan vagy hanyag üzemeltetését, mely az emisszió jelentős mértékű forrása.

A „szennyező fizet” elv alkalmazása az üzem tevékenységét környezeti szempontból tudatosabbá teszi.

Az emisszió csökkentés egy alternatív lehetősége az, amikor lakóházak jobb szigeteléséhez való hozzájárulással segítik elő a kisebb emisszióval együtt járó csökkent mértékű energiafelhasználást.

A felhasználható tüzelőanyag kéntartalmanak előírása szintén a szabályozás egyik formája. Ennél magasabb kéntartalmú szén felhasználása esetén a füstgáz kéntelenítése a másik lehetőség.

Az emisszió szabályozás országos stratégiáját célszerű levegőminőség szabályozási régiókra, illetve ezen belül egyes légszennyező üzemekig, illetve forrásokig lebontani.

6.1. Energiatakarékosság. Az energiafelhasználás jelentős része (max. 50%) egyes országokban fűtésre szolgál. Az épületek szigetelése gyakran nem kielégítő. A probléma kielégítő orvoslása a felhasznált tüzelőanyag és ezzel együtt a kibocsátott SO_2 csökkenéséhez vezetne.

A fűtéshez szükséges tüzelőanyag 20–40%-os megtakarítását eredményezi a tömbfűtés bevezetése (ahelyett, hogy minden egyes lakást külön fűtenének) a legújabb Finnországi tapasztalatok szerint.

Az elkövetkezendő években az energia-takarékosság mindenképpen éreztetni fogja hatását az emisszió korábbiakban kialakult növekedési mértékének mérséklésére. A kén-emisszió csökkenésére jelentősen hat az, ha pl. rendezési terveknél a legkisebb emisszióval járó megoldásokat választják és az energiatakarékosság számos lehetőségére jelentős súlyt helyeznek.

6.2. Magas kémények. A kibocsátás magassága a forrás közeli körzetében kialakuló talajközeli koncentrációt meghatározó legfontosabb tényező. A magas kémények alkalmazása teszi lehetővé, hogy pontforráson keresztül jelentős mértékű környezetkárosodás nélkül, nagy mennyiségű szennyezőanyagot lehessen kibocsátani. A magas kémények ezzel szemben az alacsony kéményeken történő azonos mennyiségű emisszió hatásánál nagyobb mértékben járulnak hozzá a nagy távolságra terjedő légszennyeződéshez.

6.3. Füstgázok kéntelenítése. Londonban már 1933-ban megkezdődött a füstgázok kéntelenítése (3 db 225 MW-os egység), 95%-os határfokkal. Problémát a vele járó vízszennyezés és füstfáklya lehajlás okozott. Jelenleg a következő számú erőműben alkalmazznak füstgáz kéntelenítést: Japán 58, USA 26, NSZK 3, Svédország 1 és Norvégia 1. A visszamaradt anyag lerakására 25 ha/m/GW/év nagyságú terület szükséges. A füstgáz újramelegítése 5% többlet tüzelőanyag fogyasztással jár (Barnes, 1979).

Robson (1979) szerint a füstgáz kéntelenítés az erőmű költségét 15–40%-kal növeli. Részben emiatt az elektromos áram költsége 25–30%-kal növekedne.

6.4. *Kárhatás csökkentése meszezéssel.* A nagy távolságról származó légszennyezett-ség káros hatása ott alakul ki, ahol a természetes semlegesítő képesség gyenge és jelentős mértékű csapadék hullik. Ezen probléma megoldásának egyik lehetősége a folyók és a tavak savasságának mesze-zéssel való csökkentése. Barnes (1979) sze-rint ennek költsége egész Dél-Skandiná-viára vonatkozóan kb. 75 millió angol font/év lenne.

6.5. *Szabályozás költsége.* A kén emisszió jelentős mértékű csökkentésének programja európai mérethez számos csökkentési al-ternatíva alkalmazását igényli. Ezen al-ternatívák optimális megválasztása mellett a következő költségekkel kell számolni. Euró-pa OECD országaiban az 1985-re elő-rejelzett 25 millió t/év SO_2 emissziójának 60%-kal való csökkentése 5000 millió \$/év költséggel járna.

Egy kevésbé ambíciós program, mely 6 millió t SO_2 csökkentését irányozná elő 1985-ben 1600–1800 millió \$/év műkö-detési költséggel járna.

Az Egyesült Királyság Energia Minisz-teriumának becslése szerint az 1990-ben várható SO_2 emisszió 25–30%-kal való csökkentése kb. 1000–1200 millió \$/évbe kerülne.

A fő kérdés az, hogy a nagy távolságról származó kén-szennyeződések káros hatása olyan mértékű-e, mely indokolja-e ezt a ráfordítást.

Egyedül a vízi ökoszisztéma lokális ki-terjedésű károsodása Barnes véleménye sze-rint ezt nem indokolja. Ez kb. 100-szor kisebb költséget kitevő meszezéssel megva-lósítható. Azonban a meszezés módszeré-nek egyértelmű sikerességét további vizs-galatok során kell tisztázni.

A vízi ökoszisztéma károsodása mellett a látástávolság csökkenése tulajdonítható egyértelműen a nagy távolságról származó légszennyezésnek. Azzal, hogy a jelentősen jobb látástávolság elérése Európában $10 \cdot 10^9$ \$/év költségkihatással járna, Bar-nes véleménye szerint sokan nem értenének egyet. Továbbá nincs kizárva annak lehe-tősége, hogy egy más közelítés, pl. az oxidáló anyagok és szénhidrogén emissziók szabályozása a látástávolság növelés szem-pontjából hatékonyabb lenne.

7. A levegő- és csapadékmínőség helyzete Európában

Az Európai Kontinens felett lehullott csapadék minőségét Wallén (1980), illetve Georgii (1981) vizsgálatai alapján értékel-hetjük.

1955–75 között a csapadék szulfát tar-talma a Skandináv-félsziget északi részén

nem változott, Dél-Skandináviában 50 %-kal ($1-2 \mu\text{g S l}^{-1}$) nőtt, Közép-Európá-ban ($2,5-5,0 \mu\text{g S l}^{-1}$) és Dél-Európában ($1-2 \mu\text{g S l}^{-1}$), 100%-kal emelkedett. Egész Európa átlagában a növekedés 50% ($1,3-1,9 \mu\text{g S l}^{-1}$). A szulfát adatok rész-letes vizsgálata az évi értékek jelentős in-gadozását fedi fel, a növekedés egyáltalán nem lineáris.

A csapadék nitrát koncentrációja ezzel szemben jóval egyenletesebb növekedést mutat. Ennek jelentőségét korábbi évek-ben általában alábecsülték.

A csapadék pH értékének területi és időbeli megoszlását Georgii (1981) vizsgá-lta. Megállapítja, hogy Közép-Európában a pH görbék területi megoszlása világosan mutatja az antropogén eredetű légszeny-nyezés hatását. 1972–78 közötti időszak-ban az adatok inkább a pH érték növeke-dését, mint csökkenését mutatják.

A pH értékek időbeli sorának vizsgálata azt is mutatja, hogy az évről-évre történő változás jelentős, melyet valószínűleg a csapadékmennyiség illetve cirkulációs té-nyezők változásai befolyásolnak elsősorban. A 7 éves idősor rövid általánosan érvényes trend megállapítására.

Petrencsik (1980) véleménye szerint a Szovjetunió európai területén a csapadék szulfát koncentrációjának növekedésével együtt nőtt az ammónium és kalcium ion koncentráció is. Ez indokolja azt, hogy a pH érték nem változott.

8. A levegő- és csapadékmínőség helyzete hazánkban

A légszennyező anyagok kibocsátása Magyarországon jelenleg elsősorban a fű-tési folyamatokból, a még kellőképpen nem korszerűsített gyártási folyamatokból és az egyre növekvő mértékű gépjármű forgalomból ered.

Adott helyen mérhető légszennyezettség általában különböző méretű szennyeződé-si folyamatok hatásából tevődik össze. Olyan területen – mint például Magyarország – ahol a levegő minőségét a helyi forrásokon kívül a nagy távolságról származó légszeny-nyezettség is bizonyos mértékben befolyá-solja, a szabályozási programok ezeket sem hagyhatják figyelmen kívül. Ebből következik, hogy a háttérszennyezettség illetve az alapterhelés meghatározása a korrekt levegőminőségi vizsgálat egyik kö-vetelménye.

Korábbi vizsgálatok alapján a háttér-szennyezettségre vonatkozóan a következő helyzet állapítható meg (Fekete et al., 1981):

a) Városainkban tapasztalható jelentős mértékű légszennyezettség több mint 95

%-a a városokon belüli forrásokból ered. Nagyobb távolságról származó háttér-szennyezettség ehhez csak néhány százalékkal járul hozzá.

b) Városokon kívüli területeken az ún. „vidéki” levegő minősége általában jó, pl. kén-szennyezettsége alacsony, melynek viszont kb. 50%-a országhatárokon túlról származik (III. táblázat).

III. TÁBLÁZAT

Az átlagos „vidéki” levegő minőségét kialakító légszennyező folyamatok hatása Magyarországon

Légszennyező források	SO ₂		SO ₄	
	%	µgm ⁻³	%	µgm ⁻³
Évi átlag koncentráció	100	14,3	100	14,5
Kontinentális	46	6,3	52	7,5
Regionális alacsony	43	5,9	30	4,3
Regionális magas	11	1,5	18	2,6

A nagy távolságról származó 5–10 µg/m³ kén-dioxid illetve szulfát részecske koncentrációnak az emberi egészségre gyakorolt hatása, a városainkban gyakran előforduló 1–2 nagyságrenddel nagyobb lokális ere-

IV. TÁBLÁZAT

A környezeti levegő kén-dioxid és nitrogén-dioxid koncentrációjának évi átlaga (1974–78) Magyarországon és Angliában

	SO ₂ µgm ⁻³		NO ₂ µgm ⁻³
	Magyar-ország Reg. Hátt. Átl. 14	Anglia orsz. érték 14–35	Magyar-ország Reg. Hátt. Átl. 6
Vidéki levegő			
Város kül-területe	Budapest kül-területe 74	Anglia városi átl. 72	Budapest kül-területe 16
Belváros	Budapest 171	London 160	Budapest 28

detű szennyezettséghez képest, elhanyagolható.

A levegőminőség helyzetét hazánkban Popovics (1975), valamint Mészáros és Horváth (1980) értékelték. Vizsgálataik eredményei szerint Budapest belvárosában a kén-dioxid koncentráció 5 éves átlaga 12-szer, a nitrogén-dioxid koncentráció 5-ször magasabb a „vidéki” levegőben mérhető koncentrációknál. A IV. táblázat tanúsága szerint hazánkban a „vidéki” levegő kén-szennyezettsége valamivel alacsonyabb, városi külterületeken megegyezik, illetve Budapest belvárosában valamivel magasabb mint az angliai, ill. londoni levegőé.

A kibocsátott kén- és nitrogén-oxidok a levegőben és a csapadékvízben kén-savvá és salétomsavvá oxidálódnak, melyek a csapadékvízzel a talajra jutnak.

V. TÁBLÁZAT

A csapadékvíz átlagos nyomelem tartalma Magyarországon, 1973–1979 (Horváth, 1981)

	Koncentráció mg.l ⁻¹	Üledés mértéke mg.m ² év ⁻¹
Csapadék mm	—	573
Fajl. vez. kép. µs cm ⁻¹	31	—
H ⁺	—	18
pH	4,5	—
NH ₄ ⁺ - H	1,14	652
Na ⁺	0,54	308
K ⁺	0,34	197
Mg ²⁺	0,42	244
Ca ²⁺	1,66	958
Cl ⁻	1,02	587
NO ₂ ⁻ - N	0,02	14
NO ₃ ⁻ - N	0,58	344
SO ₄ ²⁻ - S	1,85	1058
PO ₄ ³⁻ - P	0,01	8
Össz-ion	13,9	7970

Az ország különböző pontjain felállított 6 automatikus csapadék mintavevő 2–7 évi adatsorából Horváth (1981) számított átlagokat. Az adatok nem mutatnak jellegzetes területi eloszlást. Ezért Magyarország területén véleménye szerint 1–2 helyen végzett csapadékkémiai mérés elegendő évi átlagértékek meghatározásához. Az automatikusan nyíló csapadékmérő hálózat jelenlegi 2–7 évi adatsora alapján a csapadékkémiai komponensek országos átlagkoncentrációit az V. táblázat szemlélteti.

A hazai mérések alapján Horváth (1981) megállapítja, hogy a csapadék szulfát koncentrációja Magyarországon megegyezik Dél-Skandinávia, illetve Nagy-Britannia

nyugati részén fekvő értékekkel. A maximális (5 mg Sl^{-1}) szulfátkoncentráció mezeje Észak-Franciaország és az NDK területe között húzódik. A koncentráció Közép-Európától délre, és északra haladva 1 mg Sl^{-1} minimális értékre csökken.

A Regionális Hátterszennyezettség-mérő Állomás adatai szerint az utóbbi 8 évben (1973–80) a csapadékkalcium, klorid és nitrát koncentrációja állandó növekedést mutatott. A szulfát az első négy évben csökkent, az utóbbi 4 évben nőtt. A csapadék pH értéke is kis mértékben nőtt (Horváth, 1981).

A rendelkezésre álló 8–16 éves adatsor alapján megállapítható, hogy regionális léptékben a legtöbb csapadékkémiai komponens növekvő trendet mutat. Ugyanakkor a csapadékvíz savassága kis mértékben csökken. Hazai vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a pH-t, melynek éves országos átlaga 4,5 elsősorban talaj eredetű kalcium tartalmú bázikus részecskék befolyásolják (Horváth, 1981).

Megbízhatóbb következtetések levonásához a csapadékkémiai mérések folytatása és a mintavételnél ill. a minták analizésénél felferülhető hibaforrások további kiküszöbölésére van szükség. Így érhető el, hogy a monitoring program információ-tartalma, másszóval jel/zaj hányadosának értéke tovább növekedjen.

A légköri homályosság definíció szerint a légkörön áthaladó napugárzás gyengülése a légeszlopban levő aeroszol részecskéken való szóródás, illetve elnyelődés következtében. Mészáros és Horváth (1980) vizsgálatai szerint a hazai Regionális Hátterszennyezettség-mérő Állomáson végzett mérések alapján nyáron a légkörben több aeroszol részecske van. A homályossági tényező évi átlagértéke 0,17, amely az USA keleti partvidéke felett mért 0,14 értékkel jól összevethető.

Az össz aeroszol részecskék tömegkoncentrációja nem mutat jellegzetes évi menetet. Télen az antropogén, nyáron a természetes talaj eredetű részecskék forrásai intenzívebbek. Évi átlagértékük 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mely az USA vidéki levegőjére publikált 20–80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ értékekkel vethető össze.

9. Összefoglalás

Az eddigi eredmények alapján megállapíthatjuk a következőket:

– Bár a modellek hasznos segédeszközök a savasodást előidéző szennyező anyagok légköri transzmissziójának és ülepedésének meghatározására, a savas csapadéokra vonatkozó ismereteink jelenleg még nem tekinthetők teljesnek.

– A hosszabb időszakra vonatkozó nagy távolságról származó légszennyeződés modellezése a jelenlegi adatsorok alapján csak nagy vonalakban tekinthető igazoltnak.

– A rövid távú lokális modellek jobban megalapozottak szabályozási célokra.

– A légkörből kikerülő savas anyagok elsősorban kén- és nitrogén-oxidokból származnak. A savas csapadékokban a fő kationok és anionok a hidrogén, az ammónium, a szulfát és a nitrát.

– A savas ülepedést okozó szennyező anyagok több ezer kilométer távolságig transzportálódhatnak a légkörben:

– A közeli emisszió források azonos kibocsátású távoli forrásnál nyilvánvalóan jelentősebb mértékű légszennyező hatást okoznak, azonban az összes távoli forrás teljes hozzájárulása a közeli forrásokét meghaladhatja (elsősorban csapadéki nyomelem koncentrációjára vonatkozóan).

– Az SO_2 száraz ülepedéssel kikerülő része a nedves ülepedéssel kb. megegyezik. Ennek ellenére a savasodással való kapcsolata kellőképpen nem tisztázott.

– Az utóbbi 10 évben hazai, ill. európai viszonylatban a csapadék nyomelemtartalma növekedett, ezzel szemben pH értéke jelentős mértékben nem változott.

– Jelentős mennyiségű savas csapadékkal járó epizódhelyzetek inkább lokális, mint regionális kiterjedésűek és akkor fordulnak elő, ha gyenge csapadékhullás és jelentős szulfát aeroszol, ill. oxidáló anyag koncentrációval rendelkező légtömegek egyidejűleg vannak jelen.

– A savas csapadék sem az egészségre, sem az erdők növekedésére káros hatást jelenleg nem gyakorol; ezzel szemben teljesen egyértelmű hatást gyakorol regionális léptékben azokra a felszíni vizekre, melyek gyenge semlegesítő kapacitással rendelkeznek;

– A kén-dioxid maximális károsodást az ember egészségére, anyagokra, épületekre, műemlékekre, növényekre a szennyezőforrás közelében okoz, ahol a talajközeli koncentrációk a legmagasabbak. A károsodás mértékének csökkenése elsősorban az alacsony források kénemissziójának szabályozásától várható;

– A nagy távolságról származó légszennyező anyagok olyan mértékben felhigulnak, hogy azok egészségkárosító hatása nem valószínű, illetve azt elhomályosítja a lokális légszennyező források hatásai, ill. más tényezők, melyeknek a humán egészségre gyakorolt hatása sokkal jelentősebb.

Nyári hónapokban a látástávolság csökkenése regionális skálán jelentkezik, melyet elsősorban a nagy távolságról származó

mazó kén és nitrogén vegyületek aeroszoljai okoznak.

– A magas kémények csökkentik a lokális mértékű szennyezettséget, ezzel szemben a kibocsátott SO_2 és NO_2 messzebbre szállítódik, és hosszabb idő áll rendelkezésre ahhoz, hogy a gázalmazállapotú kén- és nitrogén-oxidok savasodást előidéző szulfáttá ill. nitráttá alakuljanak.

– Magas forrásokból származó azonos mennyiségű kénemisszióból nagy távolságra az alacsony forrásokéhoz képest kb. 10%-kal több légszennyező anyag szállítódik.

– Az erőművi SO_2 emisszió országos távlati immissziós hatását célszerű lenne megvizsgálni az egyéb emissziós források háttérterhelésének figyelembevételével. A fentiek alapján javasolandó a jelenlegi „kémménycentrikus” szemlélet helyett az „optimális kéménymagasság” elvének kialakítása a hazai ill. a külföldi levegő- és csapadékmínőségre gyakorolt várható minimális hatás érdekében.

– További kutatások szükségesek annak igazolására, hogy alkalmazandó kénválasztás ténylegesen mennyire lesz hatékony a környezeti levegőminőség javulása szempontjából.

– Területi megoszlásban elkészítendő az ország talajfajtáinak, növényzetének, felszíni vízi ökoszisztémájának érzékenységi vizsgálata ill. rangsorolása a nagy távolságról származó légszennyezés jelenlegi és várható hatása szempontjából.

– Figyelembe véve a hazai és a külföldi légszennyező anyag kibocsátás jelenlegi mértékét ill. annak reális tendenciáit, a transzmissziós mechanizmusokat és tudományosan megalapozott dózis/hatás összefüggéseket, hazai ill. nemzetközi vonatkozásokban megállapítandó a területegységenként megengedhető emisszió mértéke. Ennek megállapításánál lényeges, hogy szükségtelenül ne korlátozza a technikai fejlődést, viszont akadályozza meg, hogy részben a szennyező forrás közeli körzetében egészséggkárosító magas koncentrációk alakuljanak ki, másrészt nagyobb léptékben az ország ill. Európa jelentősebb területein az ökoszisztéma számottevő károsodást szenvedjen.

– Környezetvédelmi prioritások kialakításához az előkészítő vizsgálatok iránti követelmények (trend-analízis, a vizsgálat megbízhatósága, ráfordítás, várható eredmény aránya) tisztázása szükséges. A prioritások reális megállapítása igen fontos, mivel ellenkező esetben fennáll annak lehetősége, hogy a rendelkezésre álló gazdasági

lehetőségeket esetleg fontosabb környezeti problémák megoldása előtt vesszük el.

IRODALOM

- Altshuller, A. P. and McBean G. A. 1980: Second report of the U.S.-Canada Research Consultation Group on the long-range transport of air pollutants.
- Barnes, R. A. 1979: The long-range transport of air pollution. A Review of European Experience. *J. Air Pollution Control Ass.* 29, 1219–1235.
- Braekke, F. H. 1976: Impact of acid precipitation on forest and freshwater ecosystems in Norway. *SNSF Project*, Oslo.
- Eliassen, A. 1980: A review of long-range transport modeling. *J. Applied Meteorology* 19, 231–240.
- Fekete K., Popovics M. és Szepesi D. 1981: A légköri kén nagytávolságú transzmissziója. *Az Országos Meteorológiai Szolgálat hivatalos kiadványa*, Budapest (Nyomtatásban).
- Friend, J. P. 1973: The global sulfur cycle. In *“Chemistry of the lower atmosphere”*, (ed. S.I. Rasool) 177–201. Plenum Press, New York.
- Georgii, H. W. 1981: Review of the acidity of precipitation according to the WMO-network. *Időjárás* 85, 1–9.
- Horváth L. 1981: A csapadékvíz kémiai összetétele Magyarországon. Egyetemi doktori disszertáció. Budapest, ELTE.
- Mészáros E. 1977: A levegőkémia alapjai. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Mészáros E. és Horváth L. 1980: A levegő regionális háttérszennyezettsége Magyarországon. *Időjárás* 84, 135–142.
- Nyberg, A. 1977: On air-borne transport of sulfur over the North-Atlantic. *Quart. J. Royal Meteorol. Soc.* 103, 607–615.
- Munn, T. 1981: State of the Global Environment. Chapter Atmosphere. UNEP, In. manuscript.
- Popovics M. 1975: Regionális, kül- és belterületi levegőminőség Magyarországon. *Időjárás* 79, 153–165.
- Robson, A. 1979: Public health and environmental implications of fossil fired power stations. *Royal Soc. for Promotion of Health*. Eastbourne. U. K.
- Stefanovits P. 1977: Talajcédlem, környezetvédelem. Mezőgazdasági kiadó, Budapest.
- Szabó L. 1978: A csapadékvizek pH-értékének területi és időbeli alakulása Baranyában. *Az Országos Immisszió-mérő Hálózat módszertani levelei*. OKI. Budapest.
- Wallén, C. C. 1980: A preliminary evaluation of “BAP-MoN” precipitation chemistry data for Europe and North America during 1972–76. In manuscript.
- Petrenchuk, O. P. 1980: Investigation of the chemical composition of precipitation at background stations (in Russian). In *“Complex global monitoring of pollution of environmental natural media”* (in Russian) 209–212. Gidrometeoizdat Leningrad.
- Young, J. and Niemann, B. 1981: Status report on LRTAP modeling activity by the ASA WG, No 2. Reading, U. K.

IRIBARNE, J. V. and CHO, H.-W.: Atmospheric physics (*Légkörfizika*). D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Boston, London 1980. 212 old., számos ábra, fénykép és táblázat.

Mikor e sorok írója Iribarne és Cho könyvének megjelenéséről a „Reidel Publishing Company” hirdetéséből tudomást szerzett, a könyv terjedelmét illetően sajtóhibára gyanakodott. Hihetetlennek tartotta, hogy egy, a meteorológia minden területére kiterjedő (tan)könyvet 212 oldalon meg lehessen elfogadhatóan írni. A tetszetős kiállítású kötet azonban vitathatatlanul bizonyítja, hogy a feladat megoldható. A szerzőknek „csupán” a leglényegesebb eredményeket kell papírra vetniük és el kell tekinteniük attól, hogy bonyolult képletekkel és eszmefuttatásokkal saját tudásukat bizonygassák.

A művet külön értékessé teszi az a tény, hogy minden fejezet után kérdések és problémák találhatók, melyek megválaszolása, illetve megoldása gondolkodásra készteti az olvasót és tovább csiszolja tudását. A kötetet végül válogatott irodalomjegyzék, valamint gondosan összeállított tárgymutató teszi teljessé.

Arra a kérdésre, hogy mit tartalmaz ez a vékony könyv, igen egyszerű válaszolni: lényegében mindent, amit a Föld (és a bolygók) légköréről tudni kell. A szerzőknek még arra is volt gondjuk (és helyük), hogy a legfontosabb alkalmazási területeket is megemlítsék. Így az olvasó olyan területekről is tudomást szerezhet, mint a mesterséges esőkeltés, vagy akár a fagyvédelem. A kötet a következő fejezetekből áll:

I.: A légkör általános leírása; II.: Levegőkémia; III.: Sugárzás; IV.: Légköri termodinamika és vertikális stabilitás; V.: Felhőfizika; VI.: Lélegektromosság; VII.: Légköri dinamika.

A fentiek alapján Iribarne és Cho könyvének forgatását meteorológiát tanuló minden magyar egyetemi hallgatónak, illetve meteorológiát oktatóknak ajánlhatjuk. A mű azonban arra is alkalmas, hogy adott területeken dolgozó specialisták más területek legfontosabb eredményeivel korszerű szinten megismerkedhessenek.

Mészáros Ernő

HRGIAN, A. H. – KOKIN, G.A.: Szovremennoje szosztojanije isszledovanyij ozonoszferii v. SZSZSZR (*Az ozonoszféra kutatásának jelenlegi helyzete a Szovjetunióban*). 14×21 cm alak, 267 oldal. Hidrometeorológiai Kiadó Moszkva, 1980.

1977. november 22 és 24 között Dolgoprudnij központi aerológiai obszervatóriumában a légköri ózonnal foglalkozó Összszövetségi Konferenciát tartottak. A 74 résztvevő 26 akadémiai intézményt és egyetemet képviselt. Összesen 48 előadás hangzott el az ózonkutatás legkülönbözőbb területeiről. Hrgian és Kokin szerkesztésében megjelent könyv ezen előadásoknak a válogatása. A gyűjtemény 34 előadást tartalmaz, mely az ózonkutatás három főbb problémakörét öleli fel.

Az első csoportban 11 előadás foglalkozik az ózon felszíni, szondás és rakétás mérés technikájával, a Nap ibolyántúli sugárzásával, az ozonoszférára ható légköri nyomgázokkal és végül a mérési eredményekkel.

Az előadások második nagy csoportja (11 előadás) lényegében az ozonkémiaiával foglalkozik. Ennek kapcsán olyan érdekes és modern problémákkal foglalkozó előadásokat is találunk, amelyek a freon származékok globális légköri transzportjának numerikus modellezésével foglalkoznak, vagy a galaktikus kozmikus sugárzás, illetve a Napból származó proton sugárzás ózonrétegre gyakorolt hatását vizsgálják. Szintén találunk előadásokat, melyek a légköri aeroszol és az ózonréteg kapcsolatát elemzik.

A cikkek utolsó nagy csoportja (12 cikk) az ózonszférában lejátszódó különböző folyamatok és meteorológiai jelenségek kapcsolatával foglalkozik.

Külön említést érdemel néhány cikk, amely a villámlások, a futóáramlások, a rádióaktivitás és az ozonoszféra kapcsolataát tárgyalja. A mű használhatóságát nagymértékben növeli, hogy a könyv végén mindegyik előadás meglehetősen részletes összefoglalása is megtalálható. E kitűnő válogatást nyugodtan ajánlhatjuk az ózonkutatással foglalkozó szakembereknek, mert az előadásokat áttanulmányozva betekintést nyerhetünk a modern ózonkutatás Szovjetunióban elért magas színvonaláról.

Miskolczi Ferenc

HILLE ALFRÉD 1891—1981

Augusztus 14-én lett volna 90 éves. Pályatársai, barátai, tisztelői, valamint a tudományos és a szolgálati apparátus (MMT, OMSZ, egyetemi tanszékek) felkészültek 90. születésnapjának megünneplésére. Ismert szerénységével most is — immáron már véglegesen — kitért az ünnepség elől: születésnapját egy hónappal megelőzve 1981. július 15-én örökre eltávozott a magyar meteorológusok táborából.

Már csak néhányan maradtunk, akik pályájának delén ismertük, de kevesen vannak azok is, akik szakmai vagy szolgálati kapcsolatban voltak az 1957-ben, 66 éves korában nyugállományba vonult Hille Alfréddel. Félő, hogy — ha úttörő munkája, számos megvalósult kezdeményezése, életműve a tudománytörténet megfelelő fejezetében fenn is marad — a maga korában kiemelkedő egyénisége, emberséges magatartása, katonai, polgári, tudományos életében követett korrekt etikai felfogása az idő múltával feledésbe merül. Emlékezzünk hát Hille Alfrédre, tanuljunk életéből addig, amíg emléke friss és módunk van néhányunknak közvetlen élmények alapján beszámolni egy lezárult korszak utolsóinak maradt tanújáról, szorgalmas munkásáról, mondhatnánk ezredesi rangban eltávozott közlegényéről,

Iskoláit Szegeden, szülővárosában végezte. A szegedi Tudományegyetem — amelynek később magántanára lett — akkor még nem lévén, a budapesti egyetemen szerezte meg 1913-ban kozmográfia és földrajz tárgyakból középszintű tanári oklevelét; 1914-ben pedig, néhány héttel a világháború kitörése előtt, doktori diplomáját.

A fiatal doktor a német nyelv birtokában angolul és franciául kezdett tanulni, de ez a tudományos célok felé vezető, látszólag már egyenes út a történelem viharaihoz torkollott: besorozták katonának s még 1914 decemberében orosz fogságba esett.

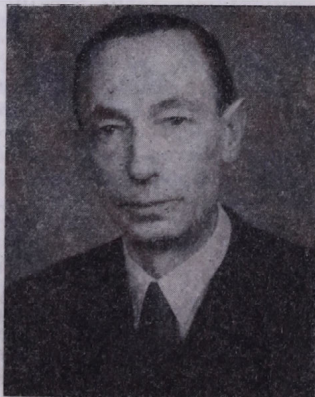
A szibériai fogságból csak 1922-ben térhetett haza. A fogság éveit jól megtanult oroszul, megismerte a

szibériai orosz nép életét, sajátos költészetét, dalait, filozófiáját. A felszabadulás után szeretettel tanította kollégáinak az orosz nyelvet. A nyelvleckékbe beleszótt a fogság alatt megtanult orosz dalokat, verseket, közmondásokat. Ezeket nyilván nem könyvből hanem személyes érintkezés során sajátította el. Mikor ezekre az epizódokra visszaemlékezem, a természet és a környező világ impulzusait befogadó, figyelő, érdeklődő embertípus elevenedik meg előttem Hille Alfréd törékeny, halkszavú, s nehéz sorsba belenyugvó, de a körülményeket éles szemmel megfigyelő alakjában.

Abban a megállapításban, hogy „fogsága alatt ébredt fel érdeklődése a meteorológia iránt” (Rajkay, 1957) benne rejlik Hille Alfréd szibériai szélsőséges időjárását, a zord teleket, a forró nyarakat megfigyelő, impulzív érdeklődése a természet jelenségei iránt, voltaképpen a geográfia-csillagászat emlőin nevelkedett, izzig-vérig rátermett észlelő tudatos és rendszerező szemlélődése is.

A fogságból mindenesetre a meteorológia iránti nyitott érdeklődéssel tért haza. Itt rendelkezésére állt korának gazdagodó angol, francia, német, orosz irodalma s kezdő lépéseiben segítségére volt az a néhány nagytudású magyar szakember (Marcell, Róna, Steiner), akiknek környezetébe került. Sorsa úgy alakult, hogy a 20-as évek végén meginduló magyar repülés már igényelte, de még nélkülözötte az időjelző szolgálatot. Ennek megszervezésére Hille Alfrédet kérték fel. Vele kezdődött a magyar repülés meteorológia.

Ez idő tájt vált lehetővé a felszíni megfigyelések kiterjesztése a magasabb légkörre, s ezzel megkezdődött az ún. 3 dimenziós időjárás-analízis, a rendszeres mérések megindulása után pedig az aerológiai szinoptika (Béll, 1954). Mindezekhez rendszeres, nagy magasságig nyúló mérésekre s az adatok gyors továbbítására volt szükség. A nemzetközi napokon végzett műszeres léggömb-felvételek ezt az igényt nem



elégíthették ki, a repülőgép volt az az eszköz, amely mérsékelt magasságból ugyan, de azonnal felhasználható adatokat szolgáltatott.

Magyarországon *Hille* javaslatára a polgári szervezetű, de mindinkább katonai jellegű Légügyi Hivatal, majd a Honvéd Repülő Időjelző Központ (RIK) keretében Szegeden és Szombathelyen (1925–1931), ezt követően Budapestben (1935–1943) repülőgépes felszállásokat végeztek. A mintegy 1380 felszállásban *Hille* és munkatársai mint megfigyelők és kiértékelők személyesen vettek részt. Az utolsó ilyen felszállás Budapestben 1943 december 16-án volt; a második világháború után a repülőgépeket a léggömbös rádiószonda-mérések váltották fel.

A negyvenes évek második felében *Hille* Alfréd már az Országos Meteorológiai Intézet (majd Szolgálat) keretében megszervezte, majd vezette az újjáalakult polgári légiközlekedési időjelző szolgálatát. Kezdetben ez a szolgálat látta el a *Hille* kezdeményezésére (*Hille*, 1932) megindult balatoni viharjelző szolgálatot, amely hamarosan a Dunára, napjainkban a Velencei-tóra is kiterjedt (részletesen lásd: OMSZ, 1970). Ebből az ultrarövid előrejelzéseket adó tevékenységből fejlődött ki a síófoki obszervatóriumban folyó korszerű viharjelző szolgálat (*Götz*, 1966; *Bójtó*, 1979).

*Hille*nek a magyar repülésmeteorológiát megszervező, úttörő munkáját teljessé tette a tudományág szakirodalmát létrehozó munkássága. Ebben a tudományágban az egyébként is szegény hazai szakirodalom *Hille* előtt semmi-féle írott terméket nem tartalmazott, pedig enélkül a repülésmeteorológia egyáltalán nem fejlődhetett. *Hille* 1926-ban kiadott 95 oldalas könyve (*Hille*, 1926) volt az első repülésmeteorológiai kézikönyv Magyarországon.

A szerzőnek nagy nehézségekkel kellett megküzdenie. Hiányoztak a magyar szakkifejezések; nem alapozhatott általános meteorológiai alapismeretekre, mivel a könyvet repülők számára írta; a meteorológiai forradalmi fejlődése miatt az ismeretek rögzítése nemcsak nehéz, de hálátlan feladat is volt (amit újabb és újabb kiadásokkal lehetett később megoldani).

Hille első kis könyve remek didaktikai érzékkel összeállított, a maga korában modern munka volt. Jó tulajdonságait a felsőfokú oktatásban egyre gyakorlottabb szerző (éveken át oktatta a meteorológiát a Kertészeti Főiskolán és mint magántanár a szegedi egyetemen) átvitte a későbbi kiadásokra is. Ezért tanulságos az első könyv részletesebb ismertetése.

A fogalmak magyar átültetésével több-kevesebb sikerrel megbirkózott a szerző. A „légkörtan” kifejezés meghonosodott, a „légkörész” nem került be a szaknyelv szótárába, a „futó áramlás” (*jet stream*) sok vitát váltott ki, végül is közismertté vált. Magyarosító törekvése, új tudományágról lévén szó, mindenképpen

elismerésre méltó. Könyveiben ezt a dicsérendő törekvést számos helyen megtaláljuk.

A meteorológiai alapismeretekben szükséges célszerű válogatást jó érzékkel hajtotta végre: a részletesen tárgyalt *légnyomás* (magasság-mérés), az *áramlási tér szerkezete* (hullámrepülés, hát- és ellenszelelek, lökésesség, átrepülés légköri határfelületen), a *légkör átlátszósága* (látástávolság), *jégesedés*, *kódoszlás*, *felhőfajták* stb. a repülésmeteorológiának elismerten legfontosabb fogalmai.

Első könyvében a légkörtani ismereteket „Az időjárás elemei” (hőmérséklet, légnyomás, páratartalom, légsűrűség, légáramlás, felhőzet, csapadék, átlátszóság, légköri fénytűnemények és „Az időjárás” (térképes ábrázolás, légnyomási képződmények, ún. képletek, akciócentrumok) című főfejezetekben mutatja be, kiemelve a repülés számára fontos részleteket.

Nagyon tanulságos „Az időjárás tényezői” című zárófejezet, amely korának klasszikusai által világosan megfogalmazott, de számunkra egyszerűnek tűnő felfogását tükrözi. Az időjárás tényezői közül, repülésmeteorológiai szemléletre korlátozódva, kiemeli a nap sugarzást, a földfelszín és a légkör tömegeloszlását és az ebből keletkező légáramlásokat. A nap sugarzás létrehozna egy egyszerű földmodellel a szoláris klíma planetáris éghajlati öveit. Ezek ingadozásaiban a nap sugarzás változása (naptevékenység), a légkör átbocsátó képességének változása (vulkánkitörések) és az ezek következtében fellépő tömegeloszlás-változások nyilvánulnak meg. (Ennek, a mai szóval planetáris-globális kapcsolatrendszernek részleteit világméretű kutatási programok – IGY, IQSY, GARP – keresik azóta is.) Idézzünk a könyvből a szerző világos gondolatmenetét kifejező részletet: „A főtényezők által létrehozott tömegeloszlás a planetáris szélrendszert eredményezte, amelynek a mérsékelt övre eső szakasza képezi az aequatori és pólusi meleg és hideg légtömegek kicserélődésének színhelyét. A helyi felmelegedési folyamatokon kívül itt ez a folyamat szab irányt az időjárás alakulásának.”

Az időjárás előrejelzésének *Hille* első könyvében leírt módszere lényegében az izobárképen és a „légnyomási képletek” időbeli megváltozásán (ciklonok, anticiklonok áthelyeződése) nyugszik. A frontok a légtömegek mellett az egyszerű ciklon-modellben sematikusan jelennek meg (viharvonal és menetvonal). Könyve végén, mint a jövő globális módszere (amelytől „még messze vagyunk”) megjelenik a „világidő” térképeinek igénye. „Ha ez megvalósul, a világidő-térképek a transzkontinentális légutak elengedhetetlen segédeszközei lesznek.” Még megérte kívánságának teljesülését.

Hille első könyvét 1940-ben a nagyobb terjedelmű és címében is igényesebb „Légkörtan repülők számára” (*Hille*, 1940), majd ennek változatlan című és terjedelmű második kiadása

(Hille, 1943) követte. Végül 1955-ben megjelent az Akadémiai Kiadó gondozásában főműve, a *Repülési meteorológia* (Hille, 1955), amely a szakterületnek ma is alapvető, korszerű kézikönyve.

Az a körülmény, hogy Hille felsorolt 4 könyve az 1926–1955 közötti forradalmi fejlődés időszakában jól követte a légkörre vonatkozó ismeretek bővülését, az életkorral nem csökkenő érdeklődését, olvasottságát, változatlan didaktikai tehetséget tanúsítja. Könyveinek nagy értéke a világos látásmódban, a lényeg felismerésében, egyszerű, sallangmentes előadásmódjában tűnik ki.

Szervező és kutató munkájának elismerésül több magas kitüntetésben (Magyar Vöröskereszt Érdemkereszt, A Munka Érdemrend ezüst fokozata) részesült. A TMB 1951-ben a *földrajztudományok kandidátusa* minősítési fokozattal tüntette ki, a Magyar Meteorológiai Társaság alapító és tiszteleti tagja, több éven át elnöke volt.

Az aktív szolgálattól történt visszavonulása után még 23 évet töltött el megérdemelt nyugalomban. A meteorológia iránti érdeklődését mindvégig megtartotta, sokat olvasott, kedvenc időtöltése a kertápolás volt. Tanítványai, munkatársai, tisztelői, minden születésnapján

felkeresték jókívánságaikkal. Élete utolsó éveiben, közvetlen hozzátartozóinak családtagjainak elvesztése után, vigasztalást, otthont, gondos ápolást talált barátainak szerető családi körében.

Viszontagságos, de etikai elveihez hű, teljes élete volt. Emlékét kegyelettel őrizzük.

IRODALOM

- Béll B., 1954: Az aerológiai szinoptika időszerű kérdései. *Időjárás*: 58, 115–119.
 Bóji B., 1979: Útmutatás a viharjelző szolgálat részére. OMSZ-KEI Kiadvány, Budapest. 1–50.
 Götz G., 1966: Sturmwarnung am Balatonsee. OMI Hiv. Kiadv. XXX. 1–154.
 Hille A., 1926: A repülés eleme. Hornyánszky Viktor RT. Budapest. 1–95.
 Hille A., 1940: Léggörten repülők számára. Athenaeum, Budapest. 1–280.
 Hille A., 1943: Léggörten repülők számára. Második kiadás. Athenaeum, Budapest. 1–284.
 Hille A., 1955: Repülési meteorológia. Akadémiai Kiadó, Budapest. 1–297 + 10.
 Hille A., 1932: Viharjelzést a Balaton számára! *Aviatika*, No. 5–6, 1–3.
 OMSZ 1970: Fejezetek a magyar meteorológia történetéből. OMSZ kiadvány, Budapest. 1–520.
 Rajkay Ö., 1957: Hille Alfréd nyugalomba vonult. *Időjárás* 61, 460–461.

Béll Béla

SZERZŐINK FIGYELMÉBE

Az IDŐJÁRÁS célja az elméleti és alkalmazott meteorológia tárgykörébe tartozó tanulmányok publikálása. A tanulmányok új kutatási eredményeket tartalmazó beszámolók, illetve adott szakterület időszerű kérdéseit összefoglaló kritikái szemlecikkek lehetnek. A közlés nyelve: magyar vagy angol. A kettes sortávolsággal gépelt kéziratok két példányban küldendők 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:

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

Összefoglalás: Külön oldalon, 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 írunk. 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, kontrasztos minőségben nyújthatók be.

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

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

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

NOTES TO THE AUTHORS

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

Papers will be subjected to constructive criticism by unidentified referees.

The manuscript should meet the following formal requirements:

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

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

References: The text citation should contain the name(s) of the author(s) underlined and the year of publication. In case of one author: *Róna* (1909), or 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.

Levélcím: 1525. Budapest, Pf. 38. Tel.: 353-500

Kiadja a Lapkiadó Vállalat, Budapest VII., Lenin körút 9—11. Telefon: 221-285. Levélcím: 1906 Budapest, Pf. 223.

Felelős kiadó: Siklósi Norbert igazgató



81.2133 Athenaeum Nyomda, Budapest — Íves magasnyomás
Felelős vezető: Soproni Béla vezérigazgató

INDEX: 26 361

HU ISSN 0324—6329