

IDŐJÁRÁS

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT FOLYÓIRATA
92. ÉVF. * 5. SZÁM * 1988. SZEPTEMBER—OKTÓBER

TARTALOM

<i>Georgii, H. W. – Wolz, G.:</i> Szulfát, nitrát és klorid aeroszolkok nagyság szerinti eloszlása erdős területen (angol nyelven)	249
<i>Vasilenko, V. N. – Nazarov, I. M. – Fridman, Sh. D.:</i> A szulfát és nitrát légköri ülepedése a Szovjetunióban (angol nyelven)	255
<i>Rao, A. S. – Roy, T. – Laksmanan, K.:</i> Az effektív csapadékmennyiség mérése homokos vályogtalajokban kókuszdió és manióka termesztés esetén (angol nyelven)	263
<i>Antal Emánuel – Faragó Tibor – Glantz, M. H.:</i> A szélsőséges meteorológiai és éghajlati események vizsgálatának főbb szempontjai (angol nyelven)	269
<i>Wirth Endre:</i> A jégeső-elhárítási koncepciók fizikai alapjai és a gazdasági értékelés lehetőségei	276
<i>Tóth Zoltán:</i> A Nap és egy interstelláris porfelhő találkozása és ennek lehetséges hatása a napállandóra	293
Vitafórum	304
Irodalom	306
Krónika	309

CONTENTS

<i>Georgii, H. W. – Wolz, G.:</i> Analysis of the size distribution of sulfate, nitrate and chloride aerosols in forest aereas (in English)	249
<i>Vasilenko, V. N. – Nazarov, I. M. – Fridman, Sh. D.:</i> The atmospheric deposition of sulfates and nitrates in the USSR (in English)	255
<i>Rao, A. S. – Roy, T. – Laksmanan, K.:</i> Measurement of effective rainfall in oxiosols of coconut and cassava landuses (in English)	263
<i>Antal, E. – Faragó, T. – Glantz, M. H.:</i> On the concept of extreme meteorological and climatic events (in English)	269
<i>Wirth, E.:</i> Physical bases of hail suppression concepts and some possibilities of economical evaluation	276
<i>Tóth, Z.:</i> The coincidence of the Sun and an interstellar dust cloud and its possible effect on the solar constant	293
Discussion	304
Literature	306
Chronicle	309

JOURNAL OF THE HUNGARIAN METEOROLOGICAL SERVICE

VOL. 92. * NO 5 * SEP—OCT 1988 * BUDAPEST

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata
Journal of the Hungarian Meteorological Service

Felelős szerkesztő – Editor-in-Chief

MÉSZÁROS ERNŐ

Központi Légekőrfizikai Intézet

1675 Budapest Pf. 39.

Telefon: 585-711

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG – EDITORIAL BOARD

AMBRÓZY P. (Budapest)

ANTAL E. (Budapest)

BENGTSSON, L. (Reading)

BÖHME, W. (Potsdam)

BUDYKO, M. I. (Leningrad)

CZELNAI, R. (Geneva)

FISHER, B. (Leatherhead)

GEORGII, H. – W. (Frankfurt a. M.)

GÖTZ G. (Budapest)

GULYÁS O. (Budapest)

HAMAN, K. (Warsaw)

HUSAR, R. (St. Louis, Missouri)

KAPOVITS A. (Budapest)

KONDRATYEV, K.YA. (Leningrad)

MAJOR GY. (Budapest)

MESINGER, F. (Beograd)

MILOSHEV, G. (Sofia)

PRÁGER T. (Budapest)

PRUPPACHER, H. R. (Mainz)

RÁKÓCZI F. (Budapest)

RENOUX, A. (Paris-Créteil)

ŠAMAJ, F. (Bratislava)

SPÄNKUCH, D. (Potsdam)

STAROSOLSZKY Ö. (Budapest)

SZEPESI D. (Budapest)

TAYLOR, F. W. (Oxford)

TÁNCZER T. (Budapest)

VARGA-HASZONITS Z. (Budapest)

VITEK, V. (Praha)

WHELPDALE, D. M. (Downsview, Ont.)

WIRTH E. (Pécs)

ZAHARIJEV, V. (Sofia)

Műszaki szerkesztő – Technical Editor

SZABÓ ÉVA

Szerkesztőség: 1525 Budapest, Postafiók 38

Előfizetés: 1 évre 744 Ft. Megrendelhető: Az Országos Meteorológiai Szolgálat Pénzügyi Osztályán
1024 Budapest, Kitaibel Pál utca 1. Levélcím: 1525 Budapest, Pf. 38. Megjelenik kéthavonként.
Egyes szám ára: 124 Ft

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

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata, 92. évf. 5. szám, 1988. szeptember – október
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 92 No. 5, Sep – Oct 1988, Budapest

Analysis of the size distribution of sulfate, nitrate and chloride aerosols in forest aereas

GEORGII, H. W. and WOLZ, G.

*Institute of Meteorology and Geophysics, University of Frankfurt/Main
Feldbergstr. 47, D-6000 Frankfurt a. Main 1.*

This paper deals with the measurement of atmospheric sulfate, nitrate and chloride particles in the spruce forests of the Taunus mountain ridge (F. R. G.). The results present a qualitative and quantitative statement of the filter-efficiency of a forest canopy for aerosol particles of distinct size.

*

Szulfát, nitrát és klorid aeroszokok nagyság szerinti eloszlása erdős területen. A tanulmány célja a légköri szulfát-, nitrát- és kloridrészecskék mérésének bemutatása. A méréseket a Taunusz-hegységben végezték. Az eredmények mennyiségileg és minőségileg megadják az erdők aeroszol-szűrő hatását különböző részecskénagyságok esetén.

1. Introduction

During the last years an increasing decay of forest areas was observed in mountain-regions of West Germany. This decay is generally ascribed to the deposition of acidic rain, fog and aerosols. However, there exists little information on the concentration and size distribution of aerosols in forest areas leading to acid droplets when incorporated into the liquid phase. Particularly, the filter capacity of the canopy of the trees had been hardly investigated. It was therefore decided to undertake a field study applying a five-stage cascade impactor with uncoated cellulose filters (Sartorius SM 11306). The sampling volume was 40 l/min. Sampling time had to be extended from 3 to 5 days owing to the rather unpolluted environment. A detailed description of the instrument which was also used for a study of heavy metal aerosols has been given by *Georgii and Wagner (1984)* and *Ecker and Georgii (1986)*. The impactor consists of a series of five stages. With the assumption of an average density of the aerosol of 2 g/m³ the separation intervals are as listed in *Table 1*.

The minimum particle-size collected was determined by installation of a condensation nuclei counter (TSI 3030) in the exit of the impactor permitting a continuous record of the air leaving the impactor. Each impaction plate was

covered with a filter serving as collection medium. The condensation nuclei counter permits a check for particles within the size range $0.003 \mu\text{m} < d < 1 \mu\text{m}$. It was found that no particles were recorded leaving the back-upstage of the impactor. Parallel measurements with several identical impactors showed differences below 5% of the mass of sulfate, nitrate or chloride collected.

TABLE 1
Separation intervals of the individual impactor stages
assuming a mean aerosol density of 2 g/m^3

Stage	Separation Interval	Mean Diameter
1	$15.0 \mu\text{m} - 4.3 \mu\text{m}$	$9.6 \mu\text{m}$
2	$4.3 \mu\text{m} - 3.0 \mu\text{m}$	$3.6 \mu\text{m}$
3	$3.0 \mu\text{m} - 2.1 \mu\text{m}$	$2.6 \mu\text{m}$
4	$2.1 \mu\text{m} - 1.3 \mu\text{m}$	$1.8 \mu\text{m}$
5	$1.3 \mu\text{m} - 0.6 \mu\text{m}$	$0.9 \mu\text{m}$
Back-up	$0.6 \mu\text{m} - 0.03 \mu\text{m}$	$0.3 \mu\text{m}$

2. Method of analysis

Before the sampling process, the filters were washed with 40 ml of distilled water to receive an optimal background value. After this procedure the filters were dried in a vacuum chamber at 40°C . Analysis for sulfate, nitrate and chloride was performed by ion-chromatography immediately after sampling otherwise the filters were temporarily stored in a deep freezer.

Relevant experiments showed that the collection efficiency of the uncoated filters depended on the type and size of particles with an average of $70\% \pm 10\%$. This efficiency was considered when evaluating the field measurements. The absorption of gaseous HNO_3 and of SO_2 was investigated in laboratory tests using known HNO_3 and SO_2 concentrations. In the case of HNO_3 a total absorption of 3 to 4% of the given HNO_3 concentration was found on the filter material. These results agree quite well with those found by Appel *et al.* (1979). Similar tests were performed with a defined SO_2 concentration. In this case, no sulfate formation was observed on the filters. These tests proved that the results of nitrate and sulfate analysis of the aerosol mass are not misinterpreted by the absorption of SO_2 or HNO_3 on the filters. These tests were performed at a temperature between 17°C and 21°C and a relative humidity of 30–50%. We can conclude from these tests that the application of a denuder in front of the impactor in order to prevent gaseous traces of SO_2 or HNO_3 from entering the impactor was not required.

3. Results of measurements

Between September 1985 and June 1986 aerosol sampling was performed in a forest in the Taunus-mountains about 20 kms north of Frankfurt/Main, in three sampling positions: above the spruce canopy, below the canopy and on an open space in the forest. It can generally be documented that the results of the measure-

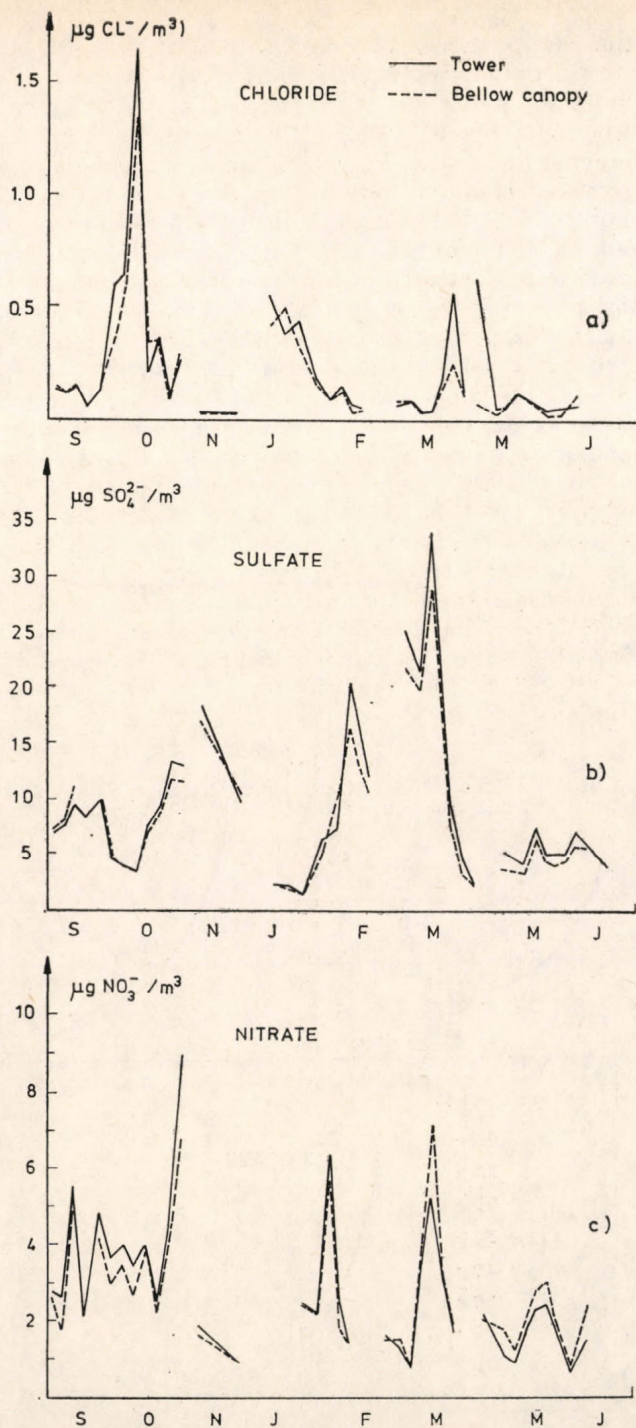


Fig. 1: Concentration of chloride, sulfate and nitrate in particles collected on a tower and below the canopy between Sep 1985 and June 1986

ments above the canopy agree very well with those gained on the open space in the forest with the only exception of higher nitrate concentration on the open space. Fig. 1 shows the particle concentration of Cl^- , $\text{SO}_4^{=}$ and NO_3^- above and below the canopy. With few exceptions, the chloride and sulfate concentration of aerosols was higher above the canopy than below the trees in contrast to the nitrate concentration which was only higher above the canopy during fall and winter. It can not be excluded that the soil of the forest constitutes a source of nitrate during spring and summer. It may also be that some nitrate may enter the forest produced from the traffic on a street about 800 meters of the measuring site. The filtration effect of the canopy of a forest was also demonstrated in earlier investigations by Höfken *et al.* (1983) and by Ecker and Georgii (1986).

The results of earlier work also showed that the filtration effect by the forest canopy depends on the particle size with high filtration efficiency for small particles with diameter below $1\ \mu\text{m}$ and coarse aerosols with diameter above $3\ \mu\text{m}$. The measurements gave evidence that there exists a filtration gap for particles with diameter around $1\ \mu\text{m}$ to $3\ \mu\text{m}$. Since the sampling period for an individual sample extended over 2 to 3 days, changes of the relative humidity and by this of the individual aerosol size distribution cannot be excluded. During dry periods the sulfate and nitrate concentrations of aerosols were elevated compared to rainy periods. Such an increase was not observed in the case of chloride particles. A trend of a decrease of the concentration of chloride accompanied by an increase of the concentration of sulfate was found in nearly all samples. It may indicate

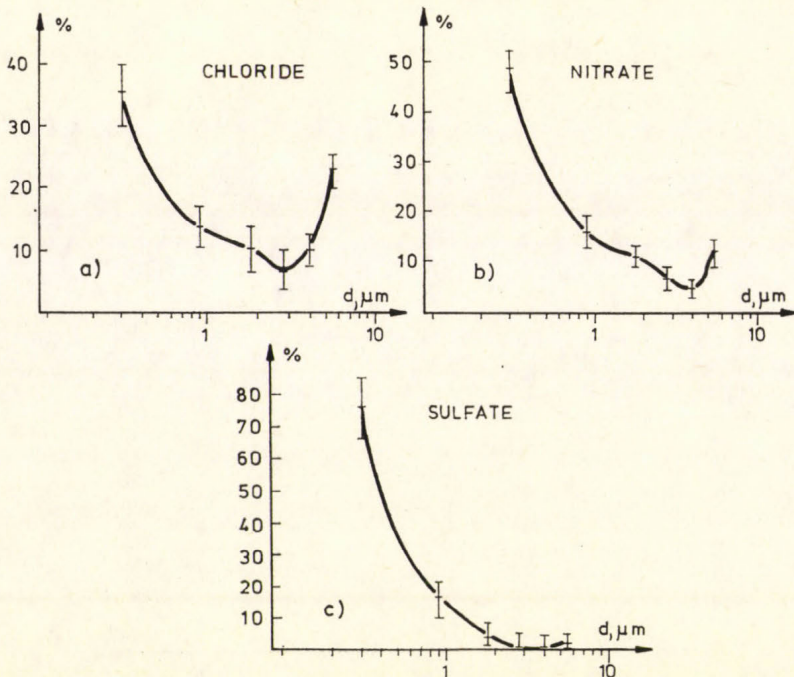


Fig. 2: Average chloride, nitrate and sulfate mass on the individual stages on the impactor related to the total mass sampled

that maritime air masses are low in sulfate, but relatively high in chloride concentration. It may also suggest the existence of chemical reactions between sea-salt particles and sulfuric acid liberating HCl. Similar findings were reported by *Öbland* and *Selin* (1986).

TABLE 2
Mean mass median diameter of the different components in μm

	Chloride	Nitrate	Sulfate
fall	3.6	2.0	0.8
winter	1.7	1.0	0.5
spring	1.4	1.3	0.6
summer	2.2	1.6	0.6

Figure 2. shows the relative mass distributions of chloride, nitrate and sulfate aerosol-particles. The sampled mass is normalized to a total of 100%, and comprises 37 measurements. It is obvious that chloride particles have a size distribution showing two maxima, one in the small particle range originating from gas-to-particle conversion and one in the coarse particle range originating from dispersion of particles by mechanical processes. Nitrate particles are mainly concentrated in the fine particle mode. Only 24% of nitrate was measured in par-

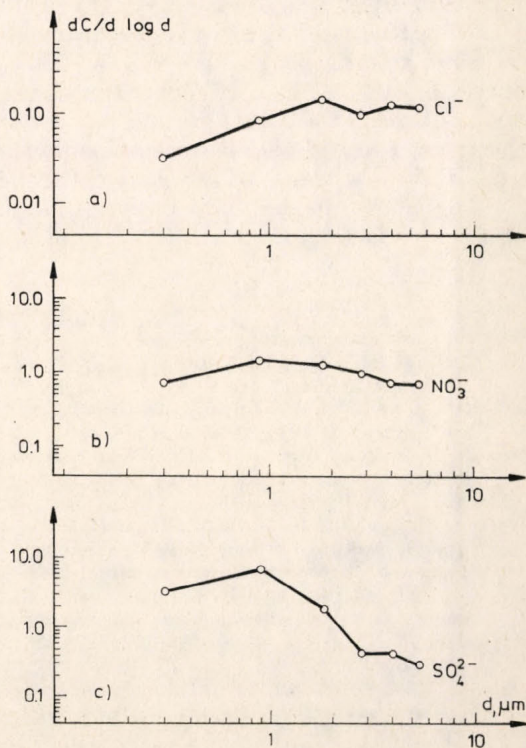


Fig. 3: Average mass-size distribution for chloride (N = 38), nitrate (N = 35) and sulfate (N = 38)

ticles with diameter above 2 μm . In contrast, sulfate particles are practically exclusively found in the small particle range with diameters below 0.5 μm . Höfken and Gravenhorst (1982) found during similar investigations of sulfate aerosols in a forest area in Northern Germany that 87% of the sulfate mass was concentrated on particles below $d < 1.8 \mu\text{m}$. Mészáros (1968) indicates for continental areas with a low level of pollution that 88% of the sulfate mass is found on particles with $d < 2 \mu\text{m}$.

All components analyzed showed a decrease of the mass concentrated on coarse particles from fall to winter. The snow cover of the forest ground may be a partial explanation for this finding preventing resuspension of particles from the ground. Table 2 shows the mean mass diameters of the particles under investigation.

The above figures show that the mean mass diameter of sulfate particles occurring mainly in the small size range and generally produced by gas-to-particle transformation is not shifted to smaller sizes during the cold season owing to a lack of coarse sulfate particles. These results agree quite well with those by Höfken et al. (1983) from the Solling forest. Fig. 3a - c shows the mean mass size distribution for the different aerosol components. Particularly in the case of sulfate, there is a decrease of sulfate mass in the particle size above 1 μm diameter in contrast to chloride. Comparison of the impactor results with those gained by bulk-sampling on filters revealed good agreement.

The filtration effect by the canopy of the spruce forest amounted to a retention of 20% for the nitrate and sulfate particles below 1 μm diameter and to 15 to 25% for the same components in particles with diameter above 3 μm . A reduced filtration effect was observed for the size range between 1 and 3 μm diameter.

The results of the field measurements suggest that the application of cascade impactors permits to reveal the filter efficiency of a forest canopy in dependence of particle size. It shows that a large fraction of fine particulate matter does not reach the forest-ground but is deposited on the branches and needles of the trees. It could also be ascertained with the method applied in this investigations that only traces of HNO_3 are absorbed by the filter media.

Acknowledgement. This research has been supported by the Umweltbundesamt which is acknowledged with thanks.

REFERENCES

- Appel, B. R., Wall, S. M., Tokiwa, Y. and Haik, M., 1979: Interference effects in sampling particulate nitrate in ambient air. *Atm. Environ.* 13, 319 - 325.
- Ecker, F. J. and Georgii, H.-W., 1986: Analysis of airborne heavy metals in forest areas by a cascade-impactor with chemical impinger. *Időjárás* 90, 257 - 266.
- Georgii, H.-W. and Wagner, H., 1984: Untersuchung von atmosphärischen Schwermetallaerosolen mittels eines neu entwickelten Fünf-Stufenimpaktors. *Staub - Reinhaltung der Luft* 44, 522 - 525.
- Höfken, K. D. and Gravenhorst, G., 1982: *Untersuchung über die Deposition atmosphärischer Aerosole und Buchen- und Fichtenwald*. Forschungsbericht im Eigenverlag des Instituts für Meteorologie und Geophysik, Univ. Frankfurt, 141.
- Höfken, K. D., Georgii, H.-W. and Gravenhorst, G., 1983: Influence of two different forests on concentration and deposition of particulate trace substances. *J. Aerosol Sci.* 14, 219 - 222.
- Mészáros, E., 1968: On the distribution of water soluble particles in the atmosphere. *Tellus* 20, 443 - 448.
- Öbländ, M. and Selin, E., 1986: Measurements of elemental composition in background aerosol on the west coast of Sweden. *Atmos. Environ.* 20, 1419 - 1432.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata, 92. évf. 5. szám, 1988. szeptember – október
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 92, No 5. Sep – Oct 1988, Budapest

The atmospheric deposition of sulfates and nitrates in the USSR

VASILENKO, V. N., NAZAROV, I. M. and FRIDMAN Sh. D.

*Fedorov Institute of Applied Geophysics, Goskomhydromet
107258 Moscow, Glebovskaya str., 20b*

The characteristics of annual means of sulfate and nitrate deposition over the USSR territory, obtained from the snow cover pollution monitoring data, are given. It is shown that the rate of nitrogen deposition in the USSR is significantly lower than the maximum permissible loading even in the vulnerable Arctic ecosystems. Based on the analysis of data on specific nitrogen depositions in the European countries a conclusion is made that sulfur emission and nitrogen emission reduction, should be differentiated. It is indicated that in the USSR though there is no regional precipitation acidification, the sulfur emission results in the reduction of the atmospheric neutralizing capacity, which in the case of the absence of the sulfur emissions could reduce natural soil acidity.

*

A szulfát és nitrát légköri ülepedése a Szovjetunióban. A tanulmány célja a hótakaró szennyezettségének monitoringja által megállapított szulfát és nitrát ülepedés évi középértékeinek bemutatása. Az adatok szerint a nitrogén-ülepedés a Szovjetunióban jóval kisebb, mint az igen érzékeny arktikus ökoszisztémákra vonatkozó maximálisan megengedhető terhelés. Az európai országokra végzett nitrogén-ülepedési analízisek alapján megállapítható, hogy a kén- és nitrogén-kibocsátás csökkentésének kérdését különböző módon kell megítélni. Az eredmények azt mutatják, hogy bár a Szovjetunióban a csapadékvíz nem savas, a kénemisszió csökkenti a légkör közömbösítő képességét, amely egyébként szükséges lenne a természetes talajok savasságának mérsékléséhez.

1. Introduction: method of investigation

The determination of the magnitude of atmospheric sulfate and nitrate depositions is of interest for the evaluation and solution of many ecological problems, including acidification of the environment. A simple possibility to estimate atmospheric depositions is to monitor the snow cover pollution as proposed by *Vasilenko et al.* (1985).

In the USSR beginning with the year 1980 the snow cover pollution monitoring system has been operating. The network consists of the Goskomhydromet meteorological stations measuring physical parameters of the snow (height, density, water content). The snow cover pollution is measured at 935 meteorological stations over an area of 18×10^6 km². The station density over the USSR Euro-

pean territory is one station per 8500 km², over the Asian part of the country it is one station per 32 500 km². All stations measure sulfate, nitrate and ammonium concentrations as well as pH values characteristic of the snow melt water acidity. Around 30% of stations provide information on heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons.

The main task of monitoring is to provide pollution characteristics of the USSR territory as a whole and of separate regions as well. Long-range and trans-boundary pollutant transport are determined from the measuring data. In accordance with these tasks the density of observation network is maximum in the densely populated industrial regions as well as along the western and northern continental border of the USSR. About 40% of stations provide information on the polluted areas around the industrial centres and cities. Other 40% of stations operate in the areas where the pollutants are transported along the prevailing wind directions from industrial centres and regions and foreign countries, while 20% of stations are established in areas characterizing the background pollution level of separate regions of the country, including the Arctic basin.

The snow for analysis was always collected along the same snow-sampling routes together with the measurements of the parameters of the snow water content once a winter season, when water content in the snow cover approaches maximum. One sample is taken from each snow-sampling route. Each sample consists of material taken several times in characteristic points of the route, typical of peculiarities of the terrain. Each sample is taken through the whole snow cover thickness.

The samples taken are melted at the stations. The water obtained is filtered out. The filter and the filtrate are sent for analysis to the central laboratory of the region in a polyethylene bag and in a glass flask, respectively.

Each sample is accompanied by form containing the following data: the time period between the formation of the snow cover and the collection of sample — T (24 hr); precipitation amount (according to the precipitation gauge) for the above period — P_0 (mm); water content of snow on the date of sampling — P_{wc} (mm); wind rose for the same period and other information which gives an idea about the snow cover formation.

The winter deposition rate U (kg/km² day) is calculated by the formula

$$U = C(P_0/T)$$

where C is the pollutant concentration in the samples (mg/l).

TABLE 1

Characteristics of mean annual sulfate depositions for 1981–1985 and nitrate depositions for 1985

Parameters	The USSR European part		The USSR Asian part		The USSR as a whole	
	SO ₄ (S)	NO ₃ (N)	SO ₄ (S)	NO ₃ (N)	SO ₄ (S)	NO ₃ (N)
Concentration, mg/l	1.85	0.70	0.84	0.36	1.11	0.42
Deposition intensity, t/km ² yr	1.0	0.22	0.39	0.13	0.54	0.15
Total deposition amount on the land with account of towns, 10 ⁶ t/yr	6.3	1.6	7.5	2.5	13.8	4.1

Based on the established regularities in the relationship between the nitrate-nitrogen deposited in cold (November – March) and warm (April – October) seasons (as determined by using data obtained at stations where rain chemistry is also available) the annual mean deposition rate is calculated by the formula

$$U_{\text{ann}} = C(P_{\text{pc}} + 0.5 P_{\text{pw}})$$

where P_{pc} and P_{pw} are the atmospheric precipitation quantities in cold and warm seasons, respectively.

2. Comparison of depositions with maximum permissible loads

The characteristics of mean sulfate and nitrate depositions over the territory of USSR obtained by the method outlined above are given in the first two rows of *Table 1*. Using these data a comparison can be made with maximum permissible depositions (loadings) proposed for the natural environment.

At present maximum permissible loadings (MPL) are set up for the nitrogen deposition in the forms of nitrates and ammonium over the European forests (*Nilsson, 1986*). The MPL value for nitrogen varies from 0.5 t/km² yr for the low productive forest ecosystem to 2 t/km² yr for the mean productive one. The MPL for the high-productive forest ecosystem amounts to 2.0–4.5 t/km² yr. If in a first approximation we assume that the ammonium contribution to the nitrogen deposition over regions under significant anthropogenic impact can be neglected, then it follows from *Table 1*, that the nitrogen deposition over the USSR territory on the regional scale is low compared with the MPL. This is observed both over the USSR territory as a whole and in its separate regions. As it follows from the map in *Fig. 1* the largest area with relatively high nitrate-nitrogen



Fig. 1: Deposition rate of nitrate ions in USSR in 1986.

deposition rates are located in Ukraine, Urals and in the central regions of the USSR European part, as well as at the western border where they are substantially controlled by the transboundary transport from the west European countries. The mean level of annual depositions of the nitrate nitrogen in these regions amounts to about 1 t/km² yr. Some maximum in these areas reach the value of 2 t/km² year. In the rest of the country the levels of the annual depositions of the nitrate-nitrogen is much lower. On an average over the USSR European part it is 0.22 t/km² yr, while in the Asian part of the USSR its value is 0.13 t/km² yr.

Specific nitrogen emission q in t/km²yr in the European countries can be used to evaluate the magnitude of the forest ecosystem loading. Indeed, in the case of a flat source of an infinite geometry the nitrogen amount (Q) in an atmospheric column with a base of 1 km² can be expressed as

$$dQ/dt = -Q/\tau + q \quad (1)$$

where τ is the mean residence time of nitrogen in the atmosphere; while $Q/\tau = \sigma$ in the nitrogen deposition rate.

For the stationary case

$$dQ/dt = 0 \quad \sigma = q \quad (2)$$

In accordance with (2), that is by neglecting horizontal advection, the value σ cannot exceed the emission value. So, if for all the countries of the European region q is smaller, than MPL, the critical loading will be exceeded nowhere.

In reality because of the limited area in Europe where the value of q is constant, expression (2) will be true only for the intercontinental areas remote from the region boundaries at distances x , which satisfy the requirements

$$x/V \geq K\tau \quad (3)$$

where V is the mean transport velocity and $K \approx 3$. The nitrogen oxides are practically removed from the atmosphere completely.

TABLE 2

The relation between sulfur deposition and its emission in the European countries in 1980 and 1983

Country	Relation		Country	Relation	
	1980	1983		1980	1983
Albania	1.6	1.2	Luxemburg	0.71	0.57
Austria	1.7	1.5	The Netherlands	0.71	0.83
Belgium	0.39	0.42	Norway	7.8	4.2
Bulgaria	0.58	0.41	Poland	0.68	0.64
Czechoslovakia	0.51	0.46	Portugal	0.87	0.83
Denmark	0.50	0.56	Romania	4.0	3.0
Finland	0.99	1.2	Spain	0.41	0.42
France	0.68	0.86	Sweden	1.4	1.8
GDR	0.41	0.38	Switzerland	2.0	2.3
FRG	0.66	0.62	Turkey	0.70	0.62
Greece	0.54	0.48	USSR	0.72	0.58
Hungary	0.50	0.43	United Kingdom	0.34	0.35
Iceland	3.2	3.7	Yugoslavia	1.11	0.84
Ireland	0.61	0.81	as a whole for		
Italy	0.48	0.44	the EMEP network	0.76	0.72

For countries located at the region boundaries we always have

$$\sigma < q \quad (4)$$

because of the run-off into seas outside the region (and to the eastern Soviet Union as well, which is rather little polluted).

At different levels of the emission q in the European countries the relation (4) will take place in countries with a high value of specific emission, since a portion of the emitted nitrogen is transported to other countries with low emission. Vice versa, for countries with the low specific emission

$$\sigma > q \quad (5)$$

since excessive nitrogen amount is always transported to their territory.

This is illustrated by data in *Table 2*, where the relation σ/q is calculated for the sulfur by the Meteorological Synthesizing Centre West, MSC/W, Oslo. As it follows from *Table 2* 72–76% of sulfur (of its total value) deposited over the European continent within the EMEP network.

Table 3, compiled on the basis of *Izrael et al.* (1983) and *EMEP* (1987), con-

TABLE 3

Specific nitrogen emission (EMEP 1987) and sulfur for 1980 (Izrael et al. 1983), t/km² yr

Country	Area 10 ³ km ²	Nitrogen (N)		Sulfur (S)	
		10 ³ t/yr km ²		10 ³ t/yr km ²	
Belgium	30.5	117	3.83	404	13.2
FRG	249.6	942.4	3.78	1815	7.27
The Netherlands	41	145.9	3.56	240	5.85
Czechoslovakia	127.9	340.5	2.66	1500	11.7
Luxemburg	2.6	6.69	2.57	24	9.23
Great Britain	244	513.5	2.1	2560	10.49
Denmark	44.3	88.2	1.98	288	5.12
Switzerland	41	65.1	1.59	58	1.41
Italy	301	444.5	1.48	2200	7.31
France	551	727**	1.32	1800	35.3
Portugal	76.7	100.3	1.3	84	1.09
Hungary	93	121.6	1.3	750	8.06
GDR	108.2	91.2	0.84	2000	18.5
Poland	312.7	255.4	0.82	2150	6.87
Austria	83.9	65.6	0.78	215	2.56
Bulgaria	110.9	60	0.54	500	4.51
Spain	500	243.2	0.49	1000	2.0
Greece	132	45.6	0.35	352	2.67
Ireland	68.9	22.8	0.33	87	1.26
USSR	3363	890.7*	0.26	8100	2.41
Yugoslavia	255.8	57.8	0.23	1475	5.77
Finland	337	75.3	0.22	270	0.8
Sweden	450	87.9	0.20	275	0.61
Norway	323.9	42.0	0.13	75	0.23
Albania	28.7	2.74	0.095	50	1.74
Iceland	103	3.04	0.03	6	0.013

* – The USSR European part within the framework of the EMEP network

** – With allowance for the emission from the agricultural activity

tains q values for nitrogen and sulfur. As it follows from Table 3 for nitrogen the emission value of 2 t/(km² yr), equal to MPL for mean productive forest ecosystems, is exceeded by a lot of countries. One can also see that the emission of only one CMEA member-country, Czechoslovakia, exceeds this value.

MPL values are not set up for sulfur depositions. If sulfur is supposed to deposit only in the form of sulfuric acid, then according to Nilsson, (1986) MPL of hydrogen ions in terms of sulfur weight will be 0.32 t/(km² yr). It is 1.6 times as low as the deposition intensity for the USSR as a whole, and 3 times as low as that of the USSR European territory. The above mentioned value of the MPL, as it is seen from Table 3, is exceeded in all European countries (with the exception of Norway and Iceland). This once again supports the solution adopted at the International Conference in Helsinki, 1985 on necessity to reduce sulfur emissions in all European countries by 30 per cent by 1993, using 1980 emission level as a basis.

3. Natural environment pollution — its probable ecological consequences

An other possible application of data obtained is their evaluation from ecological point of view. It should be mentioned in this respect that the anthropogenic sulfur and nitrogen compounds deposited over the USSR territory impact the neutral environment in quite a different way. This is attributed to the high ratio of sulfates to nitrates in deposition as well as to different amount of sulfur and nitrogen consumed by ecosystems.

Data in Table 1 make it possible to estimate the potential acidification of the natural environment, that is the upper level of the precipitation acidification (the minimum pH value). It is known that if there were no neutralization processes, the major portion of the anthropogenic sulfur and nitrogen emitted in the form of sulfur dioxide and nitrogen oxides would be removed from the atmosphere as sulfuric and nitric acids. (Israel *et al.*, 1983). The mean atmospheric precipitation amount for the USSR territory is 515 mm/yr. If we assume that 20 per cent of sulfur and nitrogen emissions is supposed to be removed in the form of dry deposition, the mean hydrogen ion concentration in precipitation related to sulfuric and nitric acids should be 5.5×10^{-2} mg/l and 1.8×10^{-2} mg/l, respectively. So, nitric acid contribution to the hydrogen ion concentration in precipitation is 25%, and that of the anthropogenic nitric acid is only 11%, i. e. rather low. It is noteworthy, that in Sweden, according to the data published in a publication on the acidification of the environment (Swedish Ministry of Agriculture, 1982) this value is 30%. By taking into account the effect of carbonic acid dissolved in precipitation, the hydrogen ion concentration of 7.3×10^{-2} mg/l related to sulfuric and nitric acids, gives a pH of 4.14 which means a substantial precipitation acidification. The pH value related only to the sulfuric acid is 4.24. Consequently, the available nitrate ions do not practically change the pH value (acidity indicator) due to sulfates.

The precipitation over the USSR territory is acidic only in areas near the western border of the country, while precipitation water is neutralized in the rest of the territory on a regional scale (Vasilenko *et al.*, 1985). The absence of acidification over the majority of the territory, as shown by the precipitation chemistry data of Petrenchuk and Lavrinenko (1980) is demonstrated by the bal-

ance between anions and cations. The ion balance is due to the interaction of anthropogenic emissions and natural alkaline metals of soil origin. This result indicates that the ion balance and not the absolute concentration of sulfates and nitrates is the determining factor in acidification processes. The former should be preserved when sulfur emission cannot be reduced.

The sulfuric acid neutralization in the atmosphere and in deposition over the USSR territory can produce an erroneous impression of absolute absence of negative ecological consequences of the anthropogenic acidification in the natural environment. This is not true. First, the substantial part of the USSR territory is covered by podzol soils the acidity of which is high naturally. Consequently these soils are not too fertile. For this reason the soils are limed to reduce their acidity and to make them richer. More than 10×10^6 t of limes are applied to soil when liming. The need for liming is far from being satisfied. It can be demonstrated that sulfuric acid neutralization processes in the atmosphere consume much larger amount of anthropogenic and natural neutralizing substances compared with the liming processes. Indeed, according to Table 1, the neutralized sulfate amount is an order of 40×10^6 t/yr. The amount of neutralizing sulfates in terms of lime is, correspondingly, 22×10^6 t, i. e. approximately twice as much as annual lime amount applied to soils. This means that if there were no anthropogenic sulfuric acid in the atmosphere these basic substances would be deposited on the soil and would neutralize its natural acidity. The need for liming of acid soils would be reduced, correspondingly.

Around 4×10^6 t/yr of sulfur in the form of sulfur dioxide and sulfates (poorly neutralized) are transported across the USSR western border from other European countries. According to *Izrael et al.*, (1983) the deposition of a portion of these sulfate over arable lands being limed, results in an annual loss of about 1.5×10^6 t of technical lime. The damage due only to the lime loss is 40×10^6 roubles/yr, while the subsequent crop yield reduction is 2–3 times as much.

The ecological consequences of nitrate deposition differ much from those of sulfates. Nitrates over the USSR territory do not practically affect the precipitation acidification. The mean deposition value of anthropogenic nitrates over the USSR European territory in nitrogen units is 0.14 t/(km² yr), and as a whole for the USSR it is twice as little. The recommended norms of annual application of nitrogen fertilizers in the USSR, when there are no long-term negative consequences are about 4.6 t/(km² yr) (*Narodnoje Khozjajstvo*, 1985), i. e. 30 times as much as the average deposition observed. This ratio for anthropogenic nitrates is almost two orders of magnitude. Even in industrial regions the deposition value does not practically exceed $0.6 - 0.8$ t/km² yr.

4. Conclusions

1. The necessity of the decision of the European countries to reduce sulfur emission all over the region is confirmed.

2. It is shown that the nitrogen deposition rate in the USSR is much lower than the maximum permissible loadings even for vulnerable ecosystems.

3. It is found that while specific nitrogen depositions exceed in some countries the MPL value, for most countries the deposition rate is lower than MPL. So, unlike sulfur, the nitrogen emission reduction should be differentiated among

countries: the most substantial reduction should take place first of all in countries, where permissible deposition levels per unit area are exceeded.

4. It is shown that although in different regions of the USSR the precipitation is not acidic, sulfur emissions result in a reduced atmospheric neutralizing capacity. In the absence of emissions these substances could reduce natural acidity of soils.

REFERENCES

- Izrael, Yu. A., Nazarov, I. M., Pressman, A. Y., Rovinsky, F. Y., Ryaboshapko, A. G. and Filippova, L. M., 1983: *Acid Rains* (in Russian). Gidrometeoizdat, Leningrad.
- EMEP/MSC-W, 1987: *Note I/87*, Oslo.
- Narodnoje Khozjaistvo (People's Economy), 1985: *Statistical Yearbook* (in Russian). Finansy i Statistika, Moscow.
- Nilsson, J. (ed.), 1986: *Critical Loads for Sulfur and Nitrogen*. Nordiske ministerrad milj rapport.
- Petrenchuk, O. P. and Lavrinenko, R. F., 1980: The chemical composition precipitation studies in the USSR. In *Proc. WMO Techn. Conf. on Regional and Global Observation of Atm. Poll. Spec. Env. Rep. N14*, WMO, Geneva, Switzerland.
- Swedish Ministry of Agriculture, 1982: *Acidification Today and Tomorrow*. The 1982 Stockholm Conference on the Acidification of the Environment.
- Vusilenko, V. N., Nazarov, I. M. and Fridman, Sh. D., 1985: *Monitoring of the Pollution of Snow Cover*. Gidrometeoizdat, Leningrad.
-

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata, 92. évf. 5. szám, 1988. szeptember – október
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 92, No 5. Sep – Oct 1988, Budapest

Measurement of effective rainfall in oxisols of coconut and cassava landuses

RAO, A. S.

Central Arid Zone Research Institute, Division IV,
Jodhpur—342 003, India

ROY THOMAS and LAKSMANAN, K.

Centre for Water Resources Development and Management,
Calicut—673 571, India

The amount of effective rainfall was measured in the western coast of India. The effective rainfall was considered as a part of precipitation amount which has been stored in the effective root zone and utilized by evapotranspiration. Soil tanks fabricated by 5 mm galvanised iron sheet were applied for measurements. The tanks were sunk in the soil up to the surface level. Three years old trees were planted inside the soil tanks. The results of measurements have shown that the annual effective rainfall increased from 25 to 86 percent with a decrease in annual rainfall from 4736 mm to 1131 mm. The measured effective rainfall was 41 percent of total precipitation under coconut and 26 percent under cassava during 1986 at Kottamparamba (11°15' N; 75°52' E).

*

Az effektív csapadékmennyiség mérése homokos vályogtalajokban kókuszdió és manióka termesztés esetén. A szerzők India nyugati partvidékén vizsgálták az effektív csapadékmennyiség alakulását. Effektívnek a csapadékösszegnek azt a részét tekintették, amely közvetve vagy közvetlenül kielégíti a növények csapadékszükségletét. A méréseket olyan talajba süllyesztett, vaslemezből készült liziméterekkel mérték, amelyekben 3 éves manióka (kasszava) vagy kókuszdió fákat helyeztek el. Az eredmények azt mutatták, hogy miközben az évi csapadékmennyiség 4736 millimétertől 1131 milliméterig csökkent, az effektív csapadék százalékos aránya 25 százalékról 86 százalékra emelkedett. A mért effektív csapadék kókuszdió ültetvény esetén a teljes csapadékmennyiségnek 41 százalékát, manióka ültetvény esetén pedig 26 százalékát tette ki 1986 folyamán Kottaparambában (északi szélesség 11°15'; keleti hosszúság 75°52').

1. Introduction

Kerala region on the West Coast of India receives an annual rainfall of 3000 mm in 6–8 months. The water need of the area as shown by class A pan evaporimeter is about 1850 mm year⁻¹. The intensity (up to 40 mm h⁻¹) and amount of rainfall (20 mm rainy day⁻¹) in the area normally exceeds the water requirements of crops resulting a larger portion of it going as ineffective to the

crops. The ineffectiveness of the total rainfall is further enhanced by its undulating topography and lower moisture retention capacity of soils in the area.

Effective rainfall is defined as that part of total rainfall which directly or indirectly satisfies the crop needs (*Hershfield*, 1964; *F. A. O*, 1974). It depends on rainfall intensity and its distribution, rooting depth, canopy extension, water requirements, water retention capacity and antecedent soil moisture conditions of the soil, soil slope etc. Various types of lysimeters and field apparatus have been reported for measurement of effective rainfall under field crops (*Stanhill*, 1958; *Ramdas*, 1960; *F. A. O*, 1974). Such instruments are not available for plantation crops on the coast because of the difficulty in fabrication of larger size soil tanks required and the measurements from them. Climatic analysis of rainfall in semiarid regions of India showed that the effective rainfall is about 50 to 80 percent of the total rainfall (*F. A. O.*, 1974). For upland crops like coconut and cassava, the effective rainfall can be defined as the amount of rainfall that has been stored in the effective root zone and utilized by evapotranspiration process of the crop. The present paper deals with effective rainfall studies under coconut and cassava landuses.

2. Materials and methodology

a) Experimental site conditions. The study was conducted at Meleppalakkot (Kottamparamba) ($11^{\circ} 15' N$; $75^{\circ} 52' E$; altitude 80 m MSL) which receives an average annual rainfall of 3200 mm.

Coconuts (CV *West Coast Tall*) were planted with 7×7 m spacing in one acre of land. By the time of observations commenced, the trees were 3 years old with 6–7 functional leaves. The average height of trees was 4 m and leaf area index 0.35. The measured effective root zone of these young trees was extending between 0.3 and 0.8 m vertically and up to 1 m laterally. The area was sloping < 15 per cent.

Cassava (CV *Malabar 4*) was planted under slopes (~ 20 per cent) with 0.75×0.75 m spacing following ridge method of planting. The crop root zone and tubers normally extends up to 0.5 m. Crop cuttings were planted in the first week of July and agronomic practices were carried out as per the package and practices of Kerala Agricultural University, Trichur.

Soils in the area are oxisols and texturally can be classified as sandy loam. The depth of water retained in one metre soil was between 250 mm and 100 mm. The hydraulic conductivity was $3-10 \times 10^{-5}$ cm sec⁻¹. Soils in the area have a pH from 5.2 to 6.4 and are generally found acidic in nature. Soil moisture content (% by weight) in the interspaces of coconuts was measured by gravimetric method at soil depths of 15, 30, 50 and 100 cm.

b) Instrumentation. Two soil tanks of size $3.5 \times 3.5 \times 1.7$ m were fabricated with 5 mm galvanised iron sheet. The tanks were embedded in soil up to the ground level and filled up with soil according to the original profile conditions. The three years old coconut trees were excavated and planted inside the soil tanks. The drainage and runoff from the tanks were measured from two outlets of the tanks daily at 08 30 h. The size of the drainage tank was $1.5 \times 1.0 \times 1.0$ m and runoff collector tank $1.50 \times 1.0 \times 1.0$ m. The two collector tanks were placed below the level of the main soil tanks (i. e., below 2.0 m).

The size of soil tanks used for cassava crop was $1.5 \times 1.5 \times 1.0$ m and the design was similar to the one described for coconut trees. Four cuttings were

planted in each tank following ridge method. Soil tanks were installed adjusting to the original slope of the site (~20 per cent).

c) *Analyses.* The effective rainfall under coconut and cassava was quantified by deduction of measured percolation and runoff water from rainfall per unit area.

Using the daily rainfall records (1950–80) of the area and daily potential evapotranspiration data (Rao *et al.*, 1971), a running water balance (Thornthwaite and Mather, 1957) was calculated. The total actual evapotranspiration and precedent soil moisture storage (150 cm depth) obtained from the calculations

TABLE 1
Effective rainfall measurements under coconut and cassava landuse

Period	Rainfall	Perco- lation	Effective rainfall		Rainfall	Perco- lation	Effective rainfall	
	mm	mm	mm	% of rainf.	mm	mm	mm	% of rainf.
	a) coconut				b) cassava			
1–7 June, '86	89.0	49.8	39.2	44	76.4	1.2	71.2	98
8–14	72.4	30.9	41.5	57	363.8	283.0	80.8	22
15–21	363.8	341.2	22.6	6	308.2	305.4	2.8	1
22–28	308.2	273.4	34.8	11	122.9	122.7	0.2	1
29–5 July, '86	122.9	158.3	—	—	53.8	23.2	30.6	57
6–12	53.8	14.0	39.8	74	133.2	109.0	24.2	18
13–19	133.2	60.8	72.4	54	137.6	103.9	33.7	24
20–26	137.6	97.9	39.7	29	9.8	0.0	9.8	100
27–2 Aug, '86	9.8	0.4	9.4	96	280.3	224.0	56.3	20
3–9	280.3	142.8	137.5	49	124.3	117.8	6.5	5
10–16	124.3	128.1	—	—	5.3	0.0	5.3	100
17–23	5.2	1.1	4.1	79	0.0	0.0	0.0	100
24–30	0.0	1.5	0.0	—	0.8	0.0	0.8	100
31–6 Sept, '86	0.8	0.0	0.8	100	2.4	0.0	2.4	100
7–13	2.4	0.0	2.4	100	38.0	0.0	38.0	100
14–20	38.0	0.1	37.9	100	166.4	55.0	101.4	61
21–27	166.4	77.1	89.3	54				
Total	1908.1	1377.4	571.3	41	1819.1	1355.2	463.9	26

was taken as effective rainfall. A table for estimation of effective rainfall under different storm intensities and antecedent soil moisture conditions was also constructed from water balance calculations (Thornthwaite and Mather, 1957) made for the possible range of storm rainfall and antecedent soil moisture conditions in the area. A correction in the storm rainfall was applied for the interception loss from canopies. The interception losses from tree crops like coconut were upto 10 mm for storms of about 24 hour duration (Sambasiva rao and Vamadevan, 1986). The infiltration rated ($7.2 - 18.5 \text{ cm h}^{-1}$) and the hydraulic conductivity ($3 - 10 \times 10^{-5} \text{ cm sec}^{-1}$) of oxisols are generally high (Sambasiva rao *et al.*, 1985; Varadan and Raghunath, 1985) compared to the recorded maximum rainfall intensity of 5 cm h^{-1} in the location. Therefore, the surface runoff is assumed as zero in the present calculations.

3. Results and discussion

a) *Effective rainfall under coconut landuse.* Soil moisture content in crop root zone depths determine rechargeable capacity or effective rainfall. The seasonal variations in soil moisture content (% by weight) at 15, 30, 50 and 100 cm depths measured in the interspaces of coconut trees showed that the surface soil moisture content ranges from 3.2 per cent in April and May to 17.8 per cent in June and July. The average profile moisture content was between 8 and 18 per cent in a year. This data shows that the potential recharge in a 150 cm soil pro-

TABLE 2
Relationship between effective rainfall and total rainfall in Keralacoast

Total mm	Annual rainfall		Effective Rainfall	
	No. of rainy days	rainfall/rainy day	Total mm	% of annual rainfall
4736	151	31.4	1180	25
4335	144	30.1	1320	30
4085	146	28.0	1557	38
4071	181	22.5	2143	53
3952	128	30.9	1619	41
3632	146	24.9	1755	48
3223	145	22.2	1837	57
3157	157	20.1	1777	56
2789	114	24.5	1498	54
2553	102	25.0	1602	62
2440	105	23.2	1449	59
2343	117	20.0	1733	73
2263	126	18.0	1546	68
2162	114	19.0	1585	73
2136	134	15.9	1638	77
2104	131	16.1	1702	80
2039	155	13.2	1607	79
2024	102	19.8	1249	62
2016	123	16.4	1587	79
1724	100	17.2	1181	68
1131	100	11.3	980	86

file in the area does not exceed 165 mm in any season. In summer season, soil moisture content (0–120 cm depth) depleted from 18 per cent (~ field capacity level) to 15 per cent in a day and to 8 per cent (~ permanent wilting point level) within two weeks. The depletion rates under saturated conditions were about 1.5 times that of class A pan evaporation during dry summer period.

The effective rainfall values measured during 1986 under coconut trees are presented in *Table 1*. The effective rainfall was between 6 and 100 per cent depending upon the rainfall and antecedent soil moisture conditions. Due to high porosity of the soils, drainage was rapid and runoff was low in quantity. Out of 1908 mm of rainfall received, only 571 mm of rainfall has gone to the soil for recharging and met the evapotranspiration requirement. This constitutes 41 per cent of the annual rainfall as effective rainfall.

b) *Effective rainfall under cassava landuse.* The effective rainfall gauged under cassava cultivation during 1986 was between 1 and 100 per cent of the rain-

fall (*Table 1*). The annual effective rainfall was 464 mm which was 26 per cent of the total rainfall. The effective rainfall under cassava was lower than under coconut due to lower soil depth considered and higher slope of the area.

c) Climatic analysis. To know the annual variability of effective rainfall on the West Coast, the estimated values from climatic water balance studies are presented in *Table 2* and are also shown in *Fig. 1*. The percentage of effective rainfall was decreasing from 86 to 25 with an increase in the annual rainfall from 1131 mm to 4736 mm. On the West Coast of India, rainfall in the northern parts

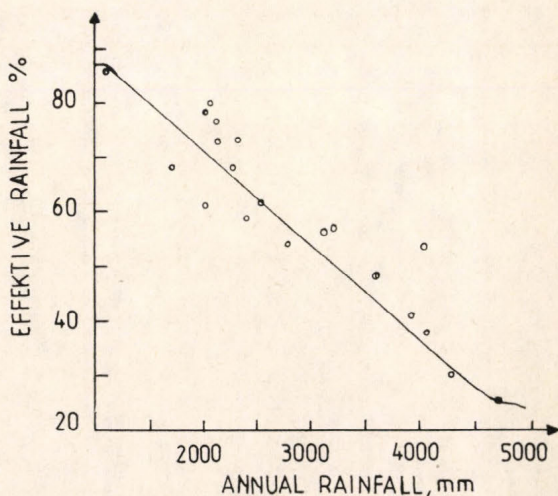


Fig. 1: Effective rainfall in oxisols of a coconut cover

is a unimodel type, whereas, in the southern parts it is a bimodel type. The southern parts receive rainfall from both south-west and north-east monsoons, whereas, the northern Coast receives only from south-west monsoon. Consequently, the number of rainy days increase from north to south on the Coast with a corresponding increase in the effective rainfall.

The estimates of effective rainfall in the 150 cm soil depths under different storm rainfall amounts and antecedent soil moisture conditions are presented in *Table 3*. The effective rainfall can be assumed from the table for a similar soil and crop conditions. Soil depth of 150 cm for the effective root zone considered in the water balance estimations is representative of many plantations as their effective root zone limits within that zone.

4. Summary and conclusions

A larger portion of the total rainfall goes ineffective to the crops in high rainfall zone. An experiment was conducted at Meleppalakkot (Kottamparamba) during 1986 on the West Coast of India to study the effectiveness of rainfall under coconut and cassava crops. Annual rainfall of the area was 3200 mm distributed in 6–8 months. The study revealed that only 41 per cent of total rainfall in the area was effective to coconut crops whereas 26 per cent to cassava crops.

From the daily climatic water balance (0–150 cm soil depth) estimates, it can be concluded that the effective rainfall ranges from 25 to 86 per cent of total rainfall in the area.

TABLE 3

Estimation of effective rainfall in oxisols of a coconut cover

Evapotranspiration rate = 5.0 mm/raining day. Available water capacity of soils = 165 mm/150 cm. Infiltration rate > Rainfall intensity. Slope ≤ 15 per cent. Canopy storage capacity = 0.4 mm. Interception rate = 10 mm/24 h storm.

Storm rainfall (mm)	Effective rainfall (mm)					
	Initial soil moisture content (%)					
	20	18	16	14	12	10
5	4	4	4	4	4	4
10	5	9	9	9	9	9
20	5	19	19	19	19	29
30	5	28	28	28	28	28
40	5	38	38	38	38	38
50	5	38	47	47	47	47
60	5	38	57	57	57	57
70	5	38	66	66	66	66
80	5	38	71	76	76	76
90	5	38	71	85	85	85
100	5	38	71	95	95	95
125	5	38	71	104	118	118
150	5	38	71	104	137	142
175	5	38	71	104	137	165
200	5	38	71	104	137	170

Acknowledgements. The financial support during the study was given by the Indian Council of Agricultural Research, New Delhi. Authors are thankful to Dr. S. Vasudev, Executive Director for providing the facilities and to Dr. V. K. Vamadevan, Head, Water Management (Ag) Division for his suggestions.

REFERENCES

- F. A. O., 1974: Effective Rainfall. Irri. and Drain. paper No. 25, FAO of the United Nations, Rome.
- Hershfield, D. M., 1964: Effective rainfall and irrigation water requirements. *J. Irrig. and Drain. Div. ASCE*. 90: IR and 3920:33–47.
- Ramdas, L. A., 1960: Crops and Weather in India. ICAR, New Delhi.
- Rao, K. N., George, C. J. and Ramasastry, K. S., 1971: Potential Evapotranspiration (PE) over India. Pre-pub. Sci. Rep. No. 136, India Meteorol. Dept., Pune, 10 pp.
- Sambasiva rao, A., Varadan, K. M. and Vamadevan, V. K., 1985: Evaporative index for scheduling irrigation in plantation crops. *Mausam*, 36, 205–208.
- Sambasiva rao, A. and Vamadevan, V. K., 1986: Stemflow, throughfall and interception losses of rainfall from coconut (*Cocos nucifera* Linn.). *Mausam* 37, 237–240.
- Stanhill, G., 1958: An irrigation gauge for commercial use in field and glass house practice. *J. Agric. Engr. Res.* 3, 292–296.
- Thornthwaite, C. W. and Mather, J. R., 1957: Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. Pub. in climatology, X 3, Lab. of Climatology, N. J., USA.
- Varadan, K. M. and Raghunath, B., 1985: Hydrological properties of Latosols for water management in humid tropics. *J. Indian Soc. Soil Sci.* 33, 497–506.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata, 92. évf. 5. szám, 1988. szeptember – október
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 92, No 5. Sep – Oct 1988, Budapest

On the concept of extreme meteorological and climatic events

E. ANTAL and T. FARAGÓ

*Hungarian Meteorological Service
H-1525 Budapest, Pf. 38.*

M. H. GLANTZ

National Center for Atmospheric Research
P. O. Box. 3000, Boulder, CO, 80307, USA*

Analysis of and coping with the extreme phenomena and occasional extreme events of the surrounding natural environment is of great importance for societies. Different aspects of the investigation of such meteorological events are dealt with from a conceptual point of view. Among others, the relative character of the occurrence of extreme values, their relation to the climatic variability, the limitations concerning the application of theoretical methods of analysis, the role of case studies and case-scenarios are considered. Because of the complexity of these problems and the potential significant socioeconomic impacts, in the authors' opinion, further interdisciplinary research is needed on extreme meteorological events in order to improve society's ability to cope with them.

*

A szélsőséges meteorológiai és éghajlati események vizsgálatának főbb szempontjai.
A természeti környezet szélsőséges jelenségeinek, eseményeinek és lehetséges társadalmi hatásaiknak elemzése fontos feladat. E dolgozat célja a szélsőséges meteorológiai események főbb vizsgálati szempontjainak áttekintése. Ezek sorában, többek között, külön figyelmet fordítunk a szélsőértékek relatív jellegére, azoknak az éghajlati változékonysággal való kapcsolatára, az elméleti módszerek alkalmazását korlátozó egyes tényezőkre, vagy az esettanulmányok és az ún. „eset-scenáriók” jelentőségére. A problémakör bonyolultsága és a szélsőséges meteorológiai események társadalmi-gazdasági hatásainak jelentősége miatt – a szerzők véleménye szerint – az érintett tudományágak képviselőinek további kutatási együttműködése szükséges annak érdekében, hogy az említett szélsőségek negatív hatásait jelentősen csökkenthessük.

*

Climate has for a long time generally been identified by the average meteorological conditions of a region. The atmosphere, however, like other environmental elements, exhibits varying states over different time scales, and those

* The National Center for Atmospheric Research is sponsored by the National Science Foundation, USA.

variations are of great importance to ecological systems and to societies dependent on them. In searching for optimal ways of adaptation, extreme meteorological events identify some natural boundaries (i. e., thresholds), the crossing of which stimulates responses for adjustment to either established or gradually changing external conditions. Thus, climate variability in general and weather and climate extremes in particular are very important topics for scientific research in the physical and social sciences.

Extreme meteorological events refer to any kind of significant departure or deviation from normal or expected atmospheric conditions. These events often have significant ecological and socioeconomic impacts. Thus, the impacts aspects of extreme events should not be overlooked. However, "pure" meteorological extremes can also be analyzed in order to develop a more complete characterization of a region's climate. Occurrences of record or near-record values of meteorological elements gradually widen their empirical and expected ranges, but the concept of extreme is even broader. This concept encompasses all cases when certain threshold values are reached or are surpassed by particular meteorological elements. These thresholds exhibit the limits of tolerance for ecological or socioeconomic systems within which their established patterns of interactions can be maintained. It concerns elements of climate commonly viewed as "static", like temperature or precipitation on different spatial or temporal scales, their variability as well as other "dynamic" parameters such as, for example, the interdiurnal or interannual variations or even the rapidity of the changes. These are very important parameters from the point of view of environmental and societal resilience or adaptability.

The relative character of meteorological and climatic extremes

Both climatological and socioeconomic research on this topic imply the relative nature of the concept of extreme meteorological phenomena. On the one hand, the "local climate" determines what might be regarded as an "extraordinary" event; cold temperatures or droughts take on quite different meaning (and thresholds) for the Sahelian region of West Africa than for the Scandinavian peninsula. With slowly changing climates the definition of extremes and their likelihood of occurrence will also be altered. On the other hand, socioeconomic changes could be viewed in an analogous way (e. g., a society can "create" a drought situation as a result of a gradual population increase in a region in which the per capita water supply becomes increasingly insufficient (see, for example, Perkey *et al.*, 1983).

In addition, a weather or climate anomaly could have adverse impacts on some sectors of the economy while having beneficial effects for others. This relatively complex character of meteorological events (and especially extreme events) should be properly taken into account. Assessments of such extreme events must be undertaken with specific impacts in mind, because what is considered extreme with respect to one ecosystem or societal activity may not be considered extreme for other ecosystems or activities (such an event is characterized by Ambrózy and Faragó (1988) concerning some beneficial aspects of an extremely cold winter episode for agriculture). In other words, extreme meteorological events should be considered within the context of their location, timing, and impact on specific ecosystems as well as on economic and other societal activities.

Long-term variations in climate and its extremes

Long-term and large-scale changes have taken place in the climate of the past. Such changes are possibly going on today and will certainly occur in the future. Many of their causes and impacts are now being investigated. For example, a carbon dioxide/trace gases-induced global warming is currently predicted by many scientific researchers. Besides the estimates of changes in the averages of climatic parameters, the probable changes in their variability and the corresponding "threshold events" are also of paramount importance (Mearns *et al.*, 1984; Katz, 1988). Unfortunately, relevant credible inferences concerning the behavior of extreme phenomena cannot usually be made on the basis of scenarios generated by general circulation models because of certain limitations inherent within these models.

Extreme events as recurrent elements of climate

Besides the "normal" or the most probable events, extreme meteorological events are also fundamental elements of climate. They are recurrent (even for record events), although the timing of their onset may remain quite uncertain. Thus, they can be considered as inherently aperiodic phenomena. Because of this characteristic, the long-range (i. e., climatological) forecasting of extreme events is, for all practical purposes, rather difficult, if not impossible. Nevertheless, climatic information may be effectively used for the estimation of probabilities of occurrence of various extreme events.

Methods of analysis

The general methods of extreme value theory can be used for analyzing meteorological variables as well (Gumbel, 1958; Leadbetter *et al.*, 1983; Tabony, 1983; Tiago de Oliveira, 1983; Balog *et al.*, 1984). However, a basic "physical" understanding is needed in order to properly interpret the results of such an analysis.

Theoretical results allow to find the principal probability distributions for the extremes of various meteorological elements, hence the problems of exceedances, return periods or records could be solved effectively for idealized variables. Yet, there are severe limitations concerning these approximations, the most complex of which is the availability of a satisfactory sample size (Boyack, 1985; Court, 1986).

Problems related to extreme meteorological events occasionally involve more than one parameter (Cehak, 1986). Thus, some extreme value analyses must be multidimensional. For example, in relation to severe cold episodes, a consideration of the joint distribution of temperature and wind velocity is useful. The impacts of a combination of different elements are sometimes merged into a simplified indicator as, for example, in the case of the wind-chill factor, a winter severity index or a drought index. These procedures should be reflected in the treatment of the corresponding extreme value problem. (Katz and Glantz, 1986; Skaggs, 1988; Faragó *et al.*, 1988 also consider several climatological and statistical properties of some drought incidences; similarly, for instance, severity indices might be used for the analysis of extremely cold winter episodes, as discussed by Ambrózy and Faragó, 1988.)

Problems of extreme value analysis in meteorology are frequently further complicated because of the fact that the time-series or samples of the meteorological

logical variables exhibit dependence (see, e. g., *Katz*, 1977; *Faragó*, 1977; *Leadbetter et al.*, 1983).

Meteorological approaches are concerned with the causes of onset, persistence, and recurrence of extreme meteorological phenomena. Finding the relevant meteorological and statistical methods is complicated by the fact that the series of meteorological observations are sometimes disturbed by larger-scale climatic fluctuations and/or changes. Therefore, extreme meteorological events should be delineated against a slowly and perhaps significantly changing background which, among other influences, tends to distort the homogeneity of observations. Moreover, since extreme events are relatively rare in occurrence, long time series are necessary to accurately quantify their likelihood.

Case studies and case scenarios

Case studies can be extremely useful in attempts to assess society's ability to identify and cope with extreme meteorological events. These studies are not only useful for assessing our ability to deal with climate variability and extreme climatic events but are also of value for determining how well we are prepared to deal with potential climate changes. Case studies are based on the investigation of actual situations. They are focused on regional and local levels, so their findings can serve as inputs into national as well as local decision-making processes.

Case scenarios are slightly different and somewhat more speculative. They are attempts to determine whether other more appropriate decision pathways might have been taken with respect to responses to past events (e. g., an extreme meteorological event). Thus, the researchers attempt to re-enact societal responses to a previous climate extreme, seeking to identify more effective and efficient responses that might have been taken in the past with the purpose of seeing whether they could be taken in the future in the face of similar extreme events (see *Glantz*, 1982; *Glantz*, 1988a).

Case scenarios are also useful as attempts to identify how well societies are prepared to deal with future climate changes such as those that might occur as a result of a carbon dioxide/trace gases-induced global warming (*Glantz*, 1988b). Here, case scenarios can help, for example, to identify rigidities in existing systems with respect to economic and other societal responses to present-day extreme meteorological events. Once identified, such rigidities might be removed, enabling societies to make more flexible responses to an uncertain climatic future (with changes in the mean as well as in the extremes).

Extreme phenomena: the typical cases

There are many kinds of extreme meteorological events with which societies must cope. Drought, perhaps, is one that draws the most attention as it usually has an adverse impact on agricultural production. There now exist many definitions of drought (see, for example, *Wilhite and Glantz*, 1985), and these definitions are often specific to a region or to an agricultural activity. Not only a specific drought within a given year, but successive years of drought as well, can be identified as an individual extreme event (*Karl and Quayle*, 1981; *Karl*, 1983; *WMO*, 1986; see also the analysis of the recent drought episodes in Hungary by *Dunay et al.*, 1988).

Other common extreme events include floods. The timing, intensity, or duration of such floods could be what makes a particular one considered to be an extreme event. Extremely cold wintertime temperatures, as occurred in the winter of 1986–87 in Hungary provide another example as discussed by *Ambrózy* and *Faragó* (1988). The unusual recurrence for a few consecutive years of such severe winter conditions can also constitute an extreme meteorological situation (*Diaz* and *Quayle*, 1980). Repeated freezes in the citrus-growing regions of central Florida in the first half of the 1980s, and repeated frosts in the wine-growing regions of Hungary in the mid-1980s are also examples of meteorological extremes (see *Glantz*, 1988a; *Csapó* and *Kozma*, 1988, respectively). While one such year might be expected to occur relatively often, a run of such years is considered quite unusual. These examples represent just a few of the extreme meteorological events that merit further research.

Another approach to classifying extreme meteorological events is to consider them from the point of view of those weather- and climate-sensitive socioeconomic activities which are heavily influenced by them. Agriculture is the most critical sector for such an analysis (see, for example, *Varga–Haszonits*, 1987). Another field of growing importance is energy management (*Bach*, 1980; some aspects of this problem are treated by *Tárkányi* and *Ambrózy*, 1984, as well as by *Ambrózy* and *Faragó*, 1988).

Continued research on the impacts of these extreme meteorological events is likely to be of benefit to societies everywhere.

Coping with extreme meteorological events

One of the basic aims of investigations of extreme meteorological events is to develop strategies to cope more effectively with these events. Changes in the environment, especially in the climate, raise the problems of vulnerability, resilience and adaptation or, in the most direct sense, the “acclimatization” of the ecosystems and societies; extreme events can be considered as the most important indicators of such changes (*Schneider*, 1977; *Czelnai*, 1980; *Faragó*, 1981; *Parry*, 1985). The results of investigations concerning extreme meteorological events and their impacts will be of some value if they are taken into account in the formation of corresponding socioeconomic decisions.

There are different ways to cope with or prepare for the potentially adverse consequences of extreme events. As one example, these methods can be classified as follows: methods to prevent the onset of the meteorological hazard, to prevent the adverse impacts, to mitigate these impacts, or to adapt to them (*Glantz* and *Ausubel*, 1984). For example, society attempts to mitigate the impacts of drought on crop yields and crop production by adopting agricultural strategies, such as crop selection and irrigation (*Wilhite et al.*, 1986; *Wilhite* and *Hubbard*, 1988). Such actions attempt to minimize the possibility that a meteorological drought will become an agricultural one. Equipments such as heaters and wind machines are sometimes used by orchardists for protection against frost damage. In all cases, a decision should be made concerning the expected efficiency of the different actions: for instance, the probable cost-loss ratio should be assessed before using a protective equipment against frost in fruit-growing regions (*Katz et al.*, 1982). However the prediction of adverse extreme meteorological events is a complicated problem and an erroneous climate-related forecast can have con-

siderable societal implications (Glantz, 1982). Hail suppression demonstrates a method which is aimed at the prevention of the development or onset of a meteorological hazard.

Unfortunately, in many instances efforts to develop strategies and to further monitor or manage a particular severe meteorological event end immediately after the particular event and its direct impacts have seemingly ended. The best example of this would be drought. Often interest in drought is high in the midst of such an event. Once the drought ends, however, interest rapidly evaporates, even though it is known that such events can and will recur. In addition, while the physical aspects of a drought might end, its socioeconomic impacts often remain for years. Therefore, there is a need to foster multidisciplinary research on extreme meteorological events and on their direct and indirect impacts in order to improve society's ability to identify and cope with them.

REFERENCES

- Ambrózy P. and Faragó T., 1988: Recent Severe Winters in Hungary: Meteorological Approach and Some Energy Supply/Demand Aspects. *Proc. Workshop on "Identifying and coping with extreme meteorological events"*, Budapest (in print)
- Bach, W. et al. (Editors), 1980: *Interactions of Energy and Climate*. Reidel P. C., Dordrecht.
- Balog M., Gulyás O. and Szentimrey T., 1984: Meteorológiai megfigyeléssorozatok szélső értékeinek statisztikája. *Időjárás* 88, 101–108.
- Boyack, C. F., 1985: Investigation of the effect of length of record upon extreme values. *Meteor. Mag.* 114, 100–108.
- Cehak, K., 1986: Bi-variate extreme value distributions in climatology. *Third Int. Conf. on Stat. Climatology*, Vienna, 159–162.
- Court A., 1986: Misapplications of extreme value statistics. *Third Int. Conf. on Statistical Climatology*, Vienna, 218–220.
- Czelnai R., 1980: Climate and Society: Great Plain of the Danube Basin. *Proc. Workshop*, IIASA Laxenburg
- Csapó P. and Kozma F., 1988: The influence of the critical temperature, below freezing point, upon the Hungarian vineyards. *Proc. Workshop on "Identifying and coping with extreme meteorological events"*. Budapest (in print)
- Diaz, H. F. and Quayle, R. G., 1980: An analysis of the recent extreme winters in the contiguous United States. *Mon. Wea. Rev.* 108, 687–699.
- Dunay S., Faragó T., and Nemes Cs., 1988: Years of drought in Hungary, but was there a drought incidence at all? *Proc. Workshop on "Identifying and coping with extreme meteorological events"*. Budapest (in print)
- Faragó T., 1977: On the estimation of probability distribution of maximum values and the statistical analysis of a wind velocity sample. *Időjárás* 81, 27–39.
- Faragó T., 1981: Éghajlat és társadalom. *Magyar Tudomány* 26, 503–509.
- Faragó T., Kozma E., and Nemes Cs., 1988: Quantifying Droughts. *Proc. Workshop on "Identifying and coping with extreme meteorological events"*. Budapest (in print)
- Glantz, M. H., 1982: Consequences and responsibilities in drought forecasting: the case of Yakima, 1977. *Water Res.* 18, 3–13.
- Glantz, M. H., and Ausubel J. H., 1984: The Ogallala Aquifer and carbon dioxide: Comparison and Convergence. *Environmental Conservation* 11 (2), 123–131.
- Glantz, M. H., 1988a: Climate impact case studies. *Proc. Workshop on "Identifying and coping with extreme meteorological events"*. Budapest (in print)
- Glantz, M. H., 1988b: *Societal Responses to Regional Climate Change: Forecasting by Analogy*. Westview Press, Boulder, Co. USA.
- Gumbel, E. J., 1958: *Statistics of Extremes*. Columbia Univ. Press, New York.
- Karl, T. R. and Quayle, R. G., 1981: The 1980 Summer heat wave and drought in historical perspective. *Mon. Wea. Rev.* 109, 2055–2073.
- Karl, T. R., 1983: Some spatial characteristics of drought duration in the United States. *J. Clim. Appl. Meteor.* 22, 1356–1366.
- Katz, R. W., 1977: Precipitation as a chain-dependent process. *J. Appl. Meteor.* 16, 671–676.
- Katz, R. W. and Glantz, M. H., 1986: Anatomy of a rainfall index. *Mon. Wea. Rev.* 114, 77764–1.

- Katz, R. W., 1988: Statistics and decision-making for extreme meteorological events. *Proc. Workshop on "Identifying and coping with extreme meteorological events"*. Budapest (in print)
- Katz, R. W., Murphy, A. H. and Winkler, R. L., 1982: Assessing the value of frost forecasts to orchardists: a dynamic decision-making approach. *J. Appl. Meteor.* 21, 518–530.
- Leadbetter, M. R., Lindgren, G., and Rootzén H., 1983: *Extremes and related properties of random sequences and processes*. Springer, N. Y.
- Mearns, L. O., Katz, R. W. and Schneider, S. H., 1984: Extreme High-Temperature Events: Changes in their Probabilities with Changes in Mean Temperature. *J. Clim. Appl. Meteor.*, 23, 1601–1613.
- Parry, M. L. (Editor), 1985: *The Sensitivity of Natural Ecosystems and Agriculture to Climatic Change*. IIASA, RR–85–1
- Perkey, D. J., Young, K. N. and Kreitzberg, C. W., 1983: The 1980–81 drought in Eastern Pennsylvania. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 64, 140–147.
- Schneider, S. H., 1977: Climate change and the world predicament. *Clim. Change* 1, 21–43.
- Skaggs, R. H., 1988: Drought in the North Central United States. *Proc. Workshop on "Identifying and coping with extreme meteorological events"*. Budapest (in print)
- Tabony, R. C., 1983: Extreme value analysis in meteorology. *Meteor. Mag.* 112, 77–98.
- Tárkányi Zs. és Ambrózy P., 1984. A légköri erőforrások szerepe az energiagazdálkodásban. *A légköri erőforrások hasznosítása az energiagazdálkodásban Magyarországon*. OMSZ. Hiv. Kiadv. LVII, Budapest, 43–54.
- Tiago de Oliveira, J., 1983: Extreme Values and Meteorology. *Second Int. Conf. on Statistical Climatology*, Lisbon. 10. 1. 1–10. 1. 8.
- Varga-Haszonits Z., 1987: *Agrometeorológiai információk és hasznosításuk*. Mezőgazdasági Kiadó Budapest.
- Wilhite, D. A. and Glantz, M. H., 1985: Understanding the drought phenomenon: The role of definitions, *Water International*, 10, 111–120.
- Wilhite, D. A., Rosenberg, N. J. and Glantz M. H., 1986: Improving federal response to drought. *J. Clim. Appl. Meteor.* 25, 332–342.
- Wilhite, D. A., and Hubbard, K. G., 1988: Drought management: The role of near-real time weather data. *Proc. Workshop on "Identifying and coping with extreme meteorological events"*. Budapest (in print)
- WMO, 1986: *Report on Drought and Countries Affected by Drought during 1974–1985*. WCP–118.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata, 92. évf. 5. szám, 1988. szeptember – október
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 92, No 5. Sep – Oct 1988, Budapest

A jégeső-elhárítási koncepciók fizikai alapjai és a gazdasági értékelés lehetőségei*

WIRTH ENDRE

Orsz. Meteorológiai Szolgálat Központi Hivatala
H-1525 Budapest, Pf. 38.

A baranyai jégeső-elhárítás 12. évében – a mintegy 1400 km²-nyi érintett területen belül – 1987. július 25-én katasztrofális károkat okozó jégesős folyamat zajlott le. Az esemény a továbbfejlesztett szovjet védekezési technológia ugyanazon évben történt bevezetése ellenére fordult elő. Az állami szervek és a nagyközönség magyarázatot igényelt mind az alkalmazott módszer lehetőségeit és korlátait, mind pedig a védekezés összegezett gazdasági eredményeit illetően. Az alábbi tanulmány, amelyet a szerző 1987. november 11-én ismertetett az MTA X. Osztályának Tudományos Bizottsága előtt, a témakörben készített dokumentumok egyike. A jégeső-elhárítás tudományos helyzetét összegezve a dolgozat foglalkozik a jégzivatarok osztályozásával, a jégeső-embriók képződésével és növekedésével, a jégeső-elhárítás mikrofizikai koncepcióival, relatív lehetőségeikkel és a különböző zivataros szituációkban történő alkalmazási módjaival. Felvázolja továbbá a mesterséges jégképződés mechanizmusának fontosabb aspektusait: a reagens részecskéinek felhőnbélüli szétterjedését és a növekedési folyamatok időigényeit. Végül bemutatja a gazdasági hatékonyság értékelési eljárását, amelyet a védekezést 1976 óta finanszírozó Állami Biztosító is elfogadott. Végkövetkeztetésként megállapítható, hogy a rendelkezésre álló tudományos információk és biztosítási adatok alapján a pozitív gazdasági hatás, azaz a védekezés egész periódusára vonatkozó nettó megtakarítás valószínűsége nem zárható ki. Elfogadva a védekezés nélkül „várható kár” becslési módszerét, ez a megtakarítás kb. 250 millió forint (5 millió dollár), vagy évi 21 millió forint (420 ezer dollár) Baranya megyében, ami a védekezés 20%-os átlagos hatékonyságából származik.

*

Physical bases of hail suppression concepts and some possibilities of economical evaluation. After eleven years of hail suppression in Baranya county (SSW – Hungary), a catastrophic hail damage occurred on July 25, 1987, within the target area of about 1400 km². This happened in spite of the introduction of a new (improved) Soviet prevention technology in that very year. Both governmental organs and the public demanded more information about the possibilities and limits of the applied methods as well as the overall cost-benefit ratio during the 12 years of the project. The present report, which was delivered before the Meteorological Committee of the Hungarian Academy of Sciences is a part of a series of documents dealing with this topic. Summarizing the “state of art”, the report outlines the classification of hailstorms, the formation and growth

* Az MTA X. Osztály Meteorológiai Tudományos Bizottsága 1987. november 11-i ülésén elhangzott előadás kiegészített szövege.

of hail embryos in the different type of storms, the microphysical conceptions of hail suppression and their relative importance and possible application when facing the different storm situations. Further, it delineates the important aspects of the activation mechanism of artificial ice nucleation: the dissipation of reagent particles and the time requirements for growth processes. Finally, the evaluation procedure of the economical efficiency is described in some detail, which was accepted by the State Insurance Company sponsoring the project from its beginning in 1976. In conclusion, the report states that, on the bases of scientific informations and insurance data available, the probability of a positive economical effect, that is a net saving for the whole period of suppression, can not be ruled out. Accepting the method for evaluation of the "expected damage" without suppression, this saving amounts to about 250 million Forints (5 million dollars), or 21 million Forints (420 000 dollars) per year in Baranya county. It is resulted from an average efficiency of 20 percent.

I. Bevezetés

A Baranya megyében 1976 óta működő jégeső elleni védekezés (Wirth, 1984) gazdasági eredményei az 1982 – 86 közötti időszakban az Állami Biztosító értékelése szerint fokozatosan romlottak. Emiatt az Országos Meteorológiai Szolgálat 1986 őszén megvásárolta *A jégesőképződési folyamatokra történő beavatkozások tökéletesített technológiája* (TT, 1986) elnevezésű szovjet szabadalmazott eljárás használati jogát. Ez garantálja a védekezés 75%-os eredményességét. Az eljárást 1987-ben kisebb-nagyobb változtatásokkal mindkét Rakétás Jégeső-elhárító Egységnél bevezették. (A változtatásokat az eltérő személyi és technikai lehetőségek indokolták.) Az év végén összesített eredmények az Állami Biztosító statisztikái alapján a következők voltak: Bács megyében a védekezés megindítása (1985) óta a legmagasabb, Baranyában pedig az utolsó 40 évben abszolút értékben is a legnagyobb, mintegy 800 millió forintnyi jégkárt regisztráltak a mezőgazdasági nagyüzemekben.

E katasztrófális károk zöme egy napon, 1987. július 25-én keletkezett. Az esemény nemcsak a közvélemény, hanem a szakemberek figyelmét is újból a jégeső-elhárítás szakmai, szervezeti és nem utolsósorban értékelési problémáira irányította. A hivatalos szervek és a közvélemény magyarázatot igényeltek; a szakemberek viszont az egész kérdéskör újragondolására kényszerültek.

Tény, hogy ez a kényszer egyáltalán nem új. 1946-tól, a korszerű időjárás-módosítási kísérletek kezdete óta folyamatos az értékelés és „átértékelés”, a pozitív és negatív vélemények összecsapása, az optimista és pesszimista, vagy legalábbis „várakozó” időszakok váltakozása. Mindez gyakran előfordul a tudomány történetében, de különösen szoros kapcsolatban áll pillanatnyi ismereteinkkel és technikai lehetőségeinkkel e sajátos területen.

Joggal vetődött fel ismét legalább két régi kérdés:

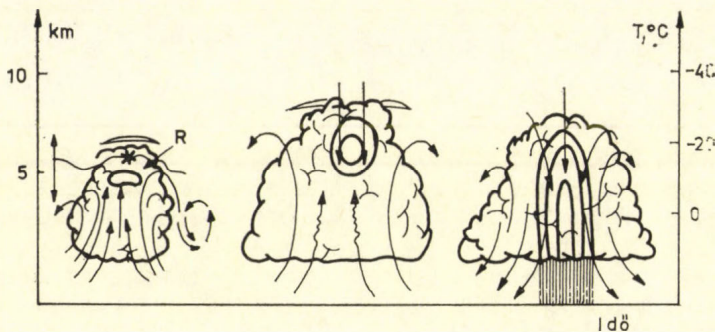
1. *Lehetséges-e a jégeső-elhárítás?* és ha igen, akkor
2. *érdemes-e a védekezéssel foglalkozni, ha ritkán ugyan, de vannak jégesők, amelyek elhárítása lehetetlennek látszik, kártételei viszont olyan nagyok, hogy többéves, átlagosan pozitív eredményeket is megkérdőjeleznek?*

Ez utóbbi kérdés elsősorban nem a meteorológia, hanem a védekezést finanszírozó Állami Biztosító kompetenciájába tartozik. A kép teljességéhez azonban hozzátartoznak az alapvető gazdasági adatok, hiszen *kimutatható* eredményesség és/vagy megtakarítás hiánya esetén ez a szakmai tevékenység nem lesz folytatható.

Irodalmi adatok és saját kutatások, illetve gyakorlati tapasztalatok alapján próbálunk ezekre a kérdésekre lehetőleg kiegyensúlyozott választ adni.

Nyilvánvaló, hogy a jégeső elleni védekezés alapja a zivatarfelhő dinamikai és mikrofizikai folyamatairól rendelkezésünkre álló ismeretek összessége. Ezek expanziója ma már közhely. A triviális okok között főképpen a műszeres megfigyelések (a repülőgépes mérések, hagyományos és Doppler-radarral végzett mérések, a távérzékelés egyéb formái stb.) fejlődését, és a számítógépek biztosította növekvő lehetőségeket szokás említeni.

Leszögezhetjük, hogy ismereteink jelenlegi szintje elegendő arra, hogy fizi-



1. ábra: Egycellás zivatarfelhő fejlődési fázisai. A nyilak az áramlások irányát, a folytonos vonalak a radarecho-kontúrokat, a vonalkázott terület a csapadékot jelöli.

kailag elfogadható koncepciókat dolgozzunk ki a jégeső-elhárítás céljaira. Ugyanakkor tudatában kell lennünk annak, hogy e munkahipotézisek részletei a jégképződési folyamatokkal kapcsolatos ismereteink hiányosságai miatt gyakran mégsem teljesen világosak, és ezért mennyiségileg sem mindig fogalmazhatók meg.

Az időjárás módosítási koncepciók 1946 óta mikrofizikai alapokon nyugszanak. Ennek oka az a korai felismerés, hogy a kívánt felhőn belüli változások előidézése „energiabevittel” — a légköri képződmények tömege miatt — nemcsak gazdaságtalan, de technikailag is megvalósíthatatlan.

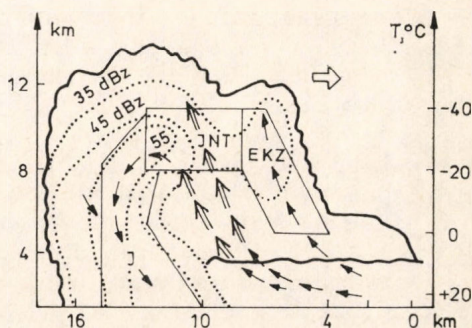
A mikrofizikai koncepciók elhelyett a zivatarfelhők szerkezetének, mozgási viszonyainak, továbbá a jég szemek felhőn belüli képződésének és növekedésének felismert sajátosságaiból indulnak ki, és a felhők saját kolloidális instabilitását használják ki, vagy növelik meg.

2. A zivatarfelhők osztályozása, a zivartípusok jellegzetességei

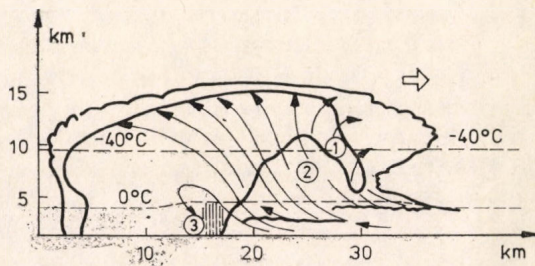
Minden osztályozási séma (Browning, 1977, Absajev, et al., 1980) felhasználja a *cella* fogalmát: a zivatarfelhőnek azt az építőelemét, amelyet a konvektív feláramlás hoz létre, és amelyben a csapadékelemek képződési folyamatai a legintenzívebbek. Ezeket az aktív zónákat a lokális víztartalom-maximumok miatt — amelyeket aránylag nagy részecskék alakítanak ki, — radarral detektálni lehet. Browning (1977) szerint lényegében kétféle, „normális” és „szupercella” létezik. A normális cellákat tartalmazó zivatarok túlnyomó többségben vannak; életciklusukat (a Cu-, a kifejlett és a feloszlási szakaszokat) először Byers és Braham (1949) írták le. Szupercella csak speciális környezeti feltételek esetén ala-

kulhat ki. Mérete és élettartama messze meghaladja a többi celláét; legfőbb jellemzője a (kvázi) stacionárius cirkuláció: a fel-, és leáramlásoknak az az egyidejű, egymáshoz közeli létezése, ami különösen kedvez a nagy jégzemek kialakulásának. Ezen *elsőrendű osztályozás* szerint tehát a zivatarfelhők egy, vagy több konvektív csapadékcellát tartalmazó jelenségek, amelyek léte a nagyobb skálájú kényszereken kívül a bennük kialakuló mozgások és az általuk létrehozott csapadék kölcsönhatásaitól is függ. (Ezt az egyszerű osztályozási sémát az a körülmény bonyolítja, hogy a normális és szupercellás esetek közötti átmenetek nem egyértelműek.)

2. ábra: Multicellás zivatarfelhő sematikus képe Young (1977) után. A nyilak az áramlások irányát, a szaggatott vonalak a radarecho-kontúrokat, a betűk pedig dBZ-ben mért értéküket jelölik: *EKZ* az embriók képződési, *JNT* a növekedési zónája, *J* a jégzemek kiesési tartománya.



3. ábra: Szupercella áramlási rendszere (folytonos nyilak) és 1: az „embriófüggöny”, 2: a „WER” (weak echo region = gyenge echo tartománya), 3: a nagy jégzemek kiesési zónája (Browning, 1977 után).



A zivatarkok külső jegyei (a cellák száma, regenerálódása, élettartama, morfológiája) alapján az utóbbi két évtizedben *másodlagos osztályozások* is születtek. Így megkülönböztethetünk egycellás (EC, 1. ábra), többcellás (MC, 2. ábra) és vonalra rendeződött zivatarkokat (Browning, 1977, Chisholm és Renick, 1972, Absajev et al., 1984), amelyeket Marwitz (1972) még kiegészített az ún. erősen szélnyírasos kategóriával. A szovjet jégeső-elhárítás gyakorlatában 1987-től kezdődően (TT, 1986) egycellás, rendezett és rendezetlen többcellás, átmeneti és szupercellás (SC, 3. ábra) zivatarkokat különböztetnek meg. (Vannak más osztályozási lehetőségek is, de ezekkel itt nem foglalkozunk.)

A „másodlagos osztályozás” alapján becslült zivatargyakoriságok – még egymáshoz közeli országokban is – jelentős eltéréseket mutatnak (WMO – Report, 1981). Az adatok az „egyéb” kategória: az átmeneti, vagy felismerhetetlen típusu zivatarkok 30 – 70%-os gyakoriságát ezzel fontosságát is jelzik. E gyenge – mérsékelt intenzitású jelenségek Baranyában kb. 40%-os valószínűséggel fordulnak elő. Megemlítjük még, hogy a különböző zivatartípusokat a cellák számával, intenzitásával és méretével, a PPI-indikátoron jelentkező formájával, élettartamával, továbbá a szélmező szerkezetével és a légköri instabilitás fokával szokták jellemezni.

3. Jégszemek képződése és növekedése az egyes zivatar-típusokban

Ismereteink e témában nem kimerítőek; ennek főbb okai a következők: Az „in situ” mérések száma kevés; a talajon összegyűjtött jégszemek vizsgálata a felhőn belüli trajektóriákra és a környezeti feltételek változásaira csak becsléseket enged meg; a radarmérések mikrofizikai szempontból túl kevés információt tartalmaznak. Mindennek ellenére ma már elfogadható *minőségi* képünk van az EC-s (*Szulakvelidze*, 1962, 1967), az MC-s (*Renick*, 1971) és az SC-s (*Browning* és *Foot*, 1976) típusok jégeső-embrióinak képződési zónájáról (EKZ), lehetséges trajektóriáiról és a jégszemek növekedési tartományairól (JNT).

Így meglehetősen biztonsággal állíthatjuk a következőket:

- Az EC-s Cb-okban az embriók az „akkumulációs zóna” (AZ) nagy cseppjeinek fagyása révén jönnek létre: így az EKZ és a JNT térbelileg nem, csak időben különül el. MC-s és SC-s esetekben viszont az E-k a zivatar gyenge feláramlású tartományában képződnek. Az EKZ a radarvisszhangok alapján a 35 dBZ-nél kisebb intenzitású, illetve a radarral nem detektálható „alzónákra” osztható, továbbá időben és térbelileg is elkülönül a növekedési tartományoktól.
- A JNT az EC-ás folyamatoknál az EKZ időbeli fejlődésével jön létre, de térbelileg változatlanul az AZ-ban található. MC-s esetekben a 30–50 dBZ intenzitásértékekkel jellemezhető erős feláramlású tartományban, SC-ban ennek periferiáján (az „echo-boltozat” mentén) jelölhető ki a növekedési tartomány. (Megjegyzendő, hogy a legnagyobb radar-reflektivitási értékek mindig a jégeső kiesési zónájában mérhetők.)

E minőségi kép sokéves, különböző típusú megfigyelések alapján vázolható fel, számszerű igazolására azonban a folyamatok bonyolultsága miatt mindmáig is csak néhány, elszigetelt próbálkozás történt (pl. *Young*, 1977). Az egyes felhőtípusokra jellemző jégszemképződés-növekedés fontosabb sajátosságait az 1. táblázatban foglaltuk össze.

1. TÁBLÁZAT

Jégszemek képződési-növekedési sajátosságai egyes Cb-típusokban

Típus	EKZ	E-típus	Hely-változás	Trajek-tória	JNT	Időtartam (min)	Jégszem-méret (cm)
Egycellás	kis, közepes feláramlás a magasban	fagyott csepp	le-fel-le	rövid, közepes	nagy feláramlás	10–15	1–1,5
Multicellás	kis, közepes feláramlás	graupel	oldalra-le	hosszú	nagy feláramlás	15–25	1–3
Szupercellás	közepes feláramlás	?	fel-oldalra-le	igen hosszú	igen erős feláramlás pereme	10–30	2–3

4. A védekezés mikrofizikai koncepciói

A 2. táblázatban felsoroljuk azokat a koncepciókat, amelyek megvalósításának lehetőségét a számítások is igazolják. Vegyük sorra ezeket:

A) E hipotézist elsőként valószínűleg Ludlam (1958) fogalmazta meg, és Iribarne és Pena (1962) vizsgálták részletesebben egyszerű, homogén feláramlási csatornát feltételező felhőmodelljükben. Kiindulásuk az volt, hogy a jégeső-embriók koncentrációjának növelésével a felhő folyékony víztartalma több jég szemre oszlik el: az embriók „versenyeznek” a víztartalomért. Emiatt a végső méret csökken, a kisebb jég szemek viszont teljesen megolvadnak, mielőtt elérik a talajfelszín. Eredményeik szerint a részecskék növekedését már $100/m^3$ -es embriókoncentráció is jelentősen korlátozza. A természetes jégképző magvak felhőn belüli repülőgépes mérései szerint azonban ilyen koncentrációk magvasítás nélkül is előfordulhatnak. Ezért modelljük alapfeltevése – miszerint minden embrióhoz bizonyos levegőtér fogat (és ezzel meghatározott víztartalom) tartozik – erősen megkérdőjelezhető. Ez ui. meggátolná a természetes jég szemek képződését is. Szulakvelidze (1967) egyszerű, egydimenziós felhőmodelljében a feláramlási sebességek vertikális eloszlásából szintén a rögzített víztartalomra következtetett. További posztulátuma volt, hogy a jégeső csírái azok a részecskék, amelyek a feláramlás maximuma környezetében kialakuló „akkumulációs zónában” levő nagy cseppek kristályosodásával jönnek létre. (Ezek ui. igen hatékonyan és gyorsan gyűjtik össze a felhőelemeket.) E zónában a hőmérséklet $-20\text{ }^\circ\text{C}$ felett van, ami viszont nem elég alacsony minden nagy csepp kifagyásához. Így a versengést mesterséges embriók létrehozásával: az összes nagy csepp átalakításával kell és lehet stimulálni; ekkor a jég szem sugarának csökkenését a már jólismert

$$R_m = R_t(N_t/mN)^{1/3}$$

összefüggés adja meg, ahol N a koncentráció, m és t pedig a mesterséges és ter-

2. TÁBLÁZAT

Jégeső-elhárítási koncepciók

A védekezés mikrofizikai koncepciói	Szerző
A) A „konkurrens embriók” hipotézise	Ludlam, 1958; Iribarne és Pena, 1962; Szulakvelidze, 1962, 1967
B) A csapadékképződés „meggyorsítása”:	
1. a jég szem-trajektória süllyesztésével	Renick, 1971 Young, 1975
2. az összeolvadási-kiesési folyamat elősegítésével (víztartalom csökkentésével)	Ludlam, 1959
3. a Bergeron-Findeisen folyamat stimulálásával az EKZ-ban	Ludlam, 1958 Absajev et al., 1978
C) A teljes eljegesítés	Weickmann, 1964
D) Leáramlás indukálása	Gajvoronszkij et al., 1968

mészetes embriókra utal. (A koncentráció két nagyságrendnyi növelése az átlagos méretet az „eredetinek” negyed-ötödrészére redukálja.)

B/1.) A koncepció *lényege*: a JNT folyékony víztartalmának jelentős csökkentése. *Módszere*: nagy cseppek létrehozása *higroszkópos* magvakkal az EKZ alsó részében. A hipotézis szerint e részecskék, ha koncentrációjuk legalább $100/m^3$ (Young, 1977), akkor a természetes jégeső-embrióknál alacsonyabb trajektóriákat fognak követni, és így kevesebb időt töltenek a JNT-ben, tehát végső méretük is kisebb lesz, mint az egyébként magasabb pályákon mozgó természetes embrióké. Ugyanakkor növekedésükhöz jelentős mennyiségű túlhűlt vizet is felhasználnak (ami máskülönben elérné a természetes jég szemek számára „kedvező” növekedési tartományokat), tehát a folyékony víztartalmat is jelentősen redukálják a JNT-ben.

B/2. A koncepció célja ebben az esetben is a JNT túlhűlt, folyékony víztartalmának csökkentése. Ez ugyancsak *higroszkópos magvakkal*, de itt a „meleg” felhőzónákba való bejuttatásával érhető el. Az így képződő, koagulációval növekvő csapadékelemek a felhő „korai” kiesésére vezetnek. (E koncepcióra alapozott – kristályosító reagenssel kombinált – jégeső-elhárítást végeznek Grúziában 1969-től kezdődően; Lominadze et al., 1974).

B/3. A B/1. koncepció másik változata (Ludlam, 1958, Absajev et al., 1978), a „korai kiesztetést” a SC-nak a fő feláramlástól távoleső EKZ-jában, a -5 , -20 °C közötti hőmérsékleti szintekben *jégképző magvakkal* igyekszik elérni. E zóna gyakorlatilag kizárólag túlhűlt felhőcseppekből áll. A reagens bevezetése tehát kolloidálisan instabilis felhőt hoz létre, amelyben a Bergeron – Findeisen-mechanizmus révén a csapadékelemek gyorsan megjelennek. A gyenge feláramlások itt nem akadályozzák a csapadék kihullását: ennek következtében a víztartalom jelentősen csökken. A folyamat leáramlást is indukálhat, ami a csapadék párolgásával együtt jelentősen lehűtheti a felhő alatti légréteget, és hozzájárulhat a feláramlás letöréséhez. (E koncepcióra a *Final Report*-ban (1957) található az első irodalmi utalások.)

C) Az eljégesítés gondolata azzal a felismeréssel kapcsolatos, hogy a (száraz) jég szemek gyűjtési hatásfoka jégkristályokra sokkal kisebb, mint túlhűlt cseppekre. Következésképpen, ha a túlhűlt felhőelemeket (vagy ezek nagy részét kifagyasztjuk, a jégeső-embriók növekedését is meggátoljuk. E koncepció alkalmazhatóságát többen felhőmodellek segítségével is értékelték. Már az első becslések irreális reagens-mennyiségekre mutattak: Weickmann (1964) szerint pl. 8 tonna CO_2 /perc szükséges (SC esetében); később English (1973) 100 kg AgI-ot ad meg egy-egy nagyobb Cb teljes eljégesítésére a -20 fokos izoterma-szintig. Young (1977) eredményei szerint viszont multicellák EKZ-iban már 20–50 g AgI/perc magvasítási sebesség elegendő a cseppek 50%-ának átalakításához. Ahhoz azonban, hogy a JNT-ben érzünk el ilyen hatást, már 50–2500 g AgI-ot kellene bejuttatni percenként a felhőbe!

D) A cél ebben az esetben a már kialakult felhő feloszlatása mesterséges leáramlások indukálásával. Ennek módja egyes szovjet kísérletekben cementpor (vagy más, nagy fajlagos sűrűségű anyag) kiszórása repülőgépről a közepes és magasabb felhőszinteken (Gajvoronszkij et al., 1986). A módszer lehetőségeinek tisztázása további kutatásokat, illetve kísérletezést igényel.

5. A mikrofizikai koncepciók alkalmazása a különböző típusú zivatarfelhőkre

Az eddigiek szerint az egyes zivatar típusokban az embriók és a jég szemek más-más környezeti feltételek között (különböző feláramlási sebességeknél és víztartalomnál) növekszenek. A képződési és növekedési tartományok elkülönülése a koncepciók átgondolt alkalmazását igényli. A *konkurrens embriók* hipotézise szigorúan véve csak az EC-s zivatarokra alkalmazható. Ezekben a folyékony víz felhalmozódási folyamata radarral nyomon követhető, és mivel a növekvő intenzitású zóna később egyben a JNT-a is lesz, a magvasítás helye és időpontja elég jól definiálható. (A tapasztalatok szerint az ilyen típusú Cb-ok akkor jégesőveszélyesek, ha az első echo „magasan” képződik.)

Jóval bonyolultabb a magvasítási koncepció megvalósítása MC-s felhők esetében. Ezeknél ui. az embriók általában a radarvisszhangon kívüli „fiatal” felhőkben keletkeznek, és nagy horizontális sebességkomponenseik ellenére is hosszabb időt, 10–13 percet tölthetnek a JNT-on kívül. További növekedési folyamataik viszont már nemcsak eredeti koncentrációiktól függenek, hanem a JNT-ba történő belépésük magasságától és pillanatnyi méretüktől is. Nagy kezdeti embrió-koncentrációnál azokból lesz jég szem amelyek nagyobbak, és alacsonyabb szinteken lépnek be a tartományba; kis koncentrációjuknál az eredmény éppen fordított lesz. E Young-féle modell (*Young*, 1977) gondolatmenetét bonyolultsága miatt nem részletezzük. Fő következtetése azonban alapvető fontosságú; eszerint létezik egy kritikus embriókoncentráció: 10–100 részecske/m³, amit hiába lépünk túl, a maximális jég szem-méretük tovább nem csökkenthető.

A koncepció alkalmazásakor emiatt azonnal két nehézséggel találjuk szemben magunkat. Az egyik, hogy az embriók aránylag kis mérete miatt a képződési régió pontos helyzete (tehát a magvasítás helye) az operatív védekezésben általában alkalmazott 10 cm-es radarral nem állapítható meg. A másik, hogy repülőgépes mérések (pl. *Knight*, et al., 1979) szerint ilyen kritikus graupel-embrió koncentrációk a valóságban is gyakran találhatóak, tehát fölösleges további járulékos embriókat létrehozni.

Ezért javasolja Young a trajektória-süllyesztést higroszkópos magvaknak az EKZ alsó részébe történő bejuttatásával. Ezúton, mint a koncepciók felsorolásakor említettük, a JNT folyékony víztartalma jelentősen csökkenthető. Mivel a feláramlás az első radarvisszhang megjelenésekor már elég erős, azaz több mm-es embriókat is lebegve tud tartani, a magvasítást már az első visszhang megjelenése előtt végre kell hajtani. Ezért javasolták *Bibliasvili* et al., (1981) a radarvisszhang elülső részétől távolabbra (3–5 km-re) eső térfogatok magvasítását. E felhőtartományok kiválasztása vizuális (pl. repülőgépes) megfigyelésekkel, vagy az áthelyeződés figyelembevételével, becslés útján lehetséges.

Jelenlegi ismereteink szerint a jég szemek folyamatos képződésének mechanizmusát a szupercellákban a legnehezebb megzavarni. Ennek fő oka a nagy vízgőz-beáramlás, ami elérheti a 10 kt/s nagyságrendet is. A felhő e vízmennyiségnek általában csak egy részét képes csapadék formájában visszajuttatni a felszínre. A felhőbe beáramló és a talajra visszajutó vízmennyiség aránya – a „csapadékhatékonyság” – 2-től 100%-ig terjedhet (*Dennis* et al. 1970), de általában fordítva arányos a zivatar intenzitásával. Az embriók a SC fő feláramlási zónáján (a gyenge echok boltozatán) kívül, az ún. „embrió-függönyben” képződnek, és, természetes méretkiválogatódással kerülnek a boltozat mentén az egyre nagyobb feláramlás zónájába. *Browning* (1977) és mások véleménye szerint közömbös,

hány mesterséges, járulékos E-t hozunk létre az E-függönyben: azok ugyanis amelyek a boltozat peremén haladnak végig, mindig találkoznak annyi túlhűlt vízcseppel, ami növekedésüket biztosítja. Ennek az ún. *unfair* versengésnek egyenes következménye, hogy mesterséges magvasítással megnöveljük a SC csapadék-hatékonyságát: vagyis az eredetnél *több jég szemet* hozunk létre.

A modell alapján nyilvánvaló, hogy mind a fő feláramlás, mind az E-függöny magvasítása inkább több, mint kevesebb jég kihullására vezet. Ezért javasolta *Absajev et al.* (1978) a gyenge echo régiójától, azaz a fő feláramlástól távolabb (5–10 km-re) levő, föltételezett EKZ-k korai magvasítását a *csapadékképződés megindítására*. Itt ui. a gyenge feláramlás nem tudja megakadályozni a kisebb (mm-es) részecskék kiesését. Ez csökkenti a folyékony víztartalmat, és negatív felhajtóerőt hoz létre, ami végül a feláramlások gyengülésére vezet. A szovjet kutatók véleménye szerint így a jégesőképződés regenerálódásának is kisebb lesz a lehetősége.

6. A magvasítás hatásmechanizmusa

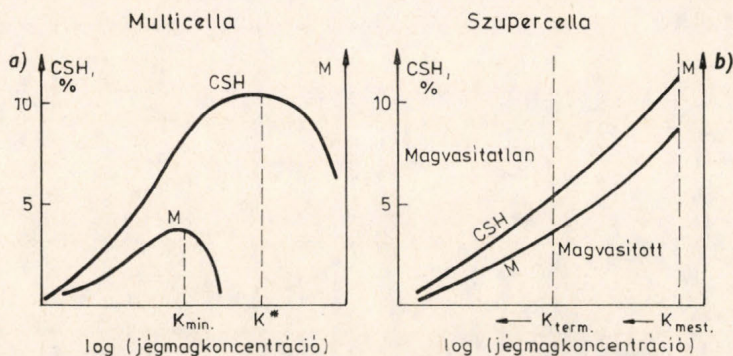
A beavatkozások túlnyomó többsége a túlhűlt felhőcseppek kristályosításán alapszik. Ehhez — a megfelelő természetes részecskék relatív hiánya miatt — mesterséges jégképző magvakat használnak fel. A jégmagvakat a „reagens” elégetése (vagy más módon történő diszpergálása) révén állítják elő.

A diszpergálás rakéták esetében a jégképző magvak felhőn belüli vonalforrását hozza létre; e „forrás”-ban a magvak koncentrációja rendkívül nagy. A kívánt hatás eléréséhez a magvak szétterjedése (transzportja és diffúziója), továbbá a felhőcseppekbe jutása és a kristályosítás bekövetkezése szükséges.

A *jégképző magvak* Cb-on belüli *szétterjedésére* nincsenek közvetlen mérések. Kis, 2,5 km-nél sekélyebb Cu-okban is csak a legutóbbi időben sikerült a feláramlásba juttatott nyomjelző anyag (SF₆) diffúzióját megbízhatóan detektálni (*Stith et al.*, 1986). Az eredmények szerint a „homogén” feláramlásban a keveredés nem jelentős; erre a kiterjedt fel-, és leáramlások közötti régiókban legkedvezőbbek a föltételek. Mivel esetünkben a forrás nagy valószínűséggel metszi az intenzív fejlődési szakaszban levő felhők nagy vertikális sebességnyírású tartományait is, várható, hogy a részecskék szétterjedése gyorsan bekövetkezik. A magkoncentrációk tér- és időbeli változásait a feláramlási sebességek függvényében ma még csak néhány elméleti munka (pl. *Szirakov et al.* 1984) alapján tudjuk számszerűen is közelíteni. Ezek szerint egyes esetekben nem látszik bizonyosnak, hogy a kívánatos magkoncentrációt az alkalmazott rakétafelhasználási normák mellett elő tudjuk állítani. Az előző fejezetben arra is utaltunk, hogy a mesterséges magkoncentrációnak felhőtípustól függő kritikus értékei léteznek. Ez másképpen azt jelenti, hogy pl. multicellás esetekben a koncentráció növelése a csapadékhatékonyság csökkentésének veszélyével járhat. Szupercelláknál éppen fordított a helyzet: több embrió létrehozása a kieső összjégtömeg növekedését eredményezheti. A situációt — *Atlas* (1976) ötletét kissé módosítva — a 4. ábrával érzékeltethetjük. A magkoncentráció növelése MC-s felhőkben (a) eleinte növelheti a csapadékhatékonyságot, egyidejűleg csökkentve a kieső jég mennyiségét; a kisebb jég szemek ugyanis elolvadva a vízmennyiséghez járulnak hozzá. Szupercellás felhőben (b) viszont a járulékos magvakon is jég szemek képződnek: így a talajra is több jég juthat vissza.

A másik alapvető kérdés a *magvasító hatás* kifejlődéséhez szükséges *időtartam*. Általában elfogadják, hogy elegendően nagy, $10^5 - 10^6/m^3$ -es magkoncentrá-

ció esetén ez 10 perc nagyságrendű. (A magvak a cseppekbe különböző, itt nem részletezett mechanizmusok révén jutnak be; lásd pl. *Mason*, 1971.) A halmazállapotváltozás után a depozíciós kritálynövekedés eleinte gyorsan, majd relatíve egyre lassabban történik. A számítások szerint (*Pruppacher és Klett*, 1978; *Geresdi*, 1987) a kérdéses hőmérsékleti intervallumban, azaz -5 és -20 °C között a kristályok 5–10 perc alatt növekszenek meg mm-es nagyságúra. A koagulációs növekedés azonban már jóval kisebb méreteknél megkezdődhet. Ez utóbbi



4. ábra: a) A csapadékhatékonyság (CSH) és a kieső összjégtömeg (M) változása multicellás esetben a légköri jégmag-koncentrációval (K_{min} = hatékony mesterséges magkoncentráció minimuma, K^* = kritikus mesterséges magkoncentráció, *Atlas*, 1976 után).
b) Ugyanez szupercella esetében. (A skálák beosztása önkényes)

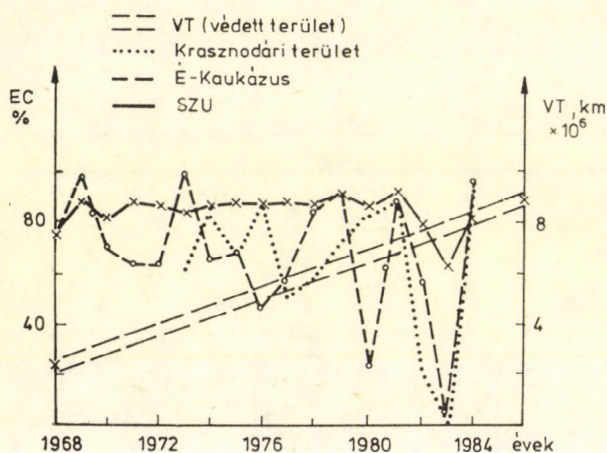
folyamat modellezése és kísérleti vizsgálata a befolyásoló tényezők nagy száma miatt igen bonyolult. A depozícióval ellentétben ekkor a tömegnövekedés sebessége relatíve egyre gyorsabb. A mesterséges „graupel-embriók” becslések szerint 10–20 perc alatt fejlődhetnek ki, ha a környezeti feltételek kedvezők. Ez szintén jelzi, hogy a magvasítást – elsősorban egyes fejlődő multicellák esetében – már igen korán, még a radarvisszhang megjelenése előtt meg kell kezdeni.

7. Az eredményesség és a gazdasági megtakarítás

A jégesőelhárítás hatásfokának értékelése semmivel nem könnyebb feladat, mint maga a végrehajtás. A magvasítás elsődleges, *fizikai hatásainak* detektálását a jégesők nagy természetes változékonysága, a megbízható prediktorok hiánya, továbbá a „válaszváltozók” mérése nehezíti. A másodlagos, *gazdasági effektusok* alapján történő értékelés főleg a védekezés nélkül várható kár becslésének bizonytalansága miatt kritizálható. Tudományos szempontból a különböző értékelési módszereknek csak akkor van igazi súlya, ha 1. a kísérlet randomizált; 2. fizikai és statisztikai tervét előre meghatározzák; 3. az eljárást pontosan e séma alapján folytatják; 4. a kísérlet adatait részleteiben közzéteszik.

Ilyen kísérlet világszerte is csak egy-kettő létezik. Ez, továbbá az adatok hozzáférhetetlensége a fő oka annak is, hogy a szovjet jégesőelhárítás eredményeit az elismert újítások ellenére komoly fenntartásokkal fogadta a tudományos közvélemény. E fenntartások több, nagyskálájú nemzeti és nemzetközi „ellenőrző” kísérletre is vezettek (*National Hail Research Experiment*, USA, 1972–74; *Grossversuch IV.*, Svájc, 1976–82). Valószínű, hogy ezek konklúziói is hozzá-

járultak a „hivatalos” szovjet álláspont lassú módosulásához. Ez vált fokozatosan érzékelhetővé a koncepció és a néki megfelelő módszer (Absajev, et al., 1978, 1980, 1984, 1985), valamint a publikált (Burcev, et al. 1974, 1976, 1980, 1985 stb.) eleinte feltűnően jó eredmények változásaiban. Például 1983-ban már három nagy körzetben is (Krasznodár: 7500 km², Észak-Kaukázus: 7020 km², Grúzia: 10 850 km² védett terület) rendre 0, 5, és 0 százalékos „hatékonysági koefficiens”-t állapítottak meg (5. ábra). Ez a koefficiens – definíciójuk szerint – a védekezés évében károsodott terület aránya a védekezés előtti évek sokévi átlagához. Ilyen eset (év) azonban csak egyszer fordult elő a két évtized folyamán.



5. ábra: A védett terület (VT) méretének növekedése 1962–86 között a Szovjetunióban (jobboldali ordináta), az EC „hatékonysági koefficiens” változása évről-évre három nagy jégese-elhárítási központban.

A magyarországi (baranyai) jégese-elhárítás gazdasági hatásainak értékeléséhez az Állami Biztosítónál 1962-től kezdődően pontos, ellenőrzött adatok állnak rendelkezésre. Így lehetséges ezek védekezés előtti és utáni értékeinek statisztikai, „történeti” összehasonlítása. A vizsgálatok során föltettük, hogy

- a beavatkozásoknak létezik fizikai hatása, és ez a hatás a kívánt irányú: tehát a jégseme koncentrációjának mesterséges növelésével a talajra jutó részecskék teljes kinetikus energiája, így kárt okozó képessége is csökken. Ez a jégkárok mérséklődére vezet, ami a kárstatisztikák alapján kimutatható, ha
- az adatok reprezentatívak,
- azonos területre vonatkoznak (a védekezés előtt és folyamán),
- az adatsorok „legendően” hosszúak, és a segítségükkel
- a védekezés nélkül a területen várható kár becslése „elfogadhatóan” pontos.

(E kritériumokat nehéz számszerűen megadni a védekezés ismeretlen és valószínűleg változó fizikai hatékonysága, továbbá az elsődleges és másodlagos hatások földérintetlen kapcsolatai miatt, ezért csak a felsorolásukra korlátozódhatunk.)

A védekezés másodlagos hatásai többféleképpen jellemezhetők. Mi a gazdasági hatékonyságot a

$$H = \frac{V - T}{V} 100 (\%),$$

a jövedelmezőséget pedig a

$$J = \frac{V - T - K}{K} 100 (\%)$$

összefüggéssel definiáltuk (Wirth et al., 1984), ahol T a ténylegesen bekövetkezett és V a védekezés nélkül várható jégkár, K a védekezésre fordított teljes költség. H tehát azt adja meg, hogy a jégesőelhárítás nélkül bekövetkező jégkárnak hányad részét sikerült meggátolni, illetve megelőzni; J pedig azt mutatja, hogyan aránylik a kiadásokkal csökkentett, „megelőzött” kár a költségekhez. (A $V - T - K$ kifejezést *gazdasági megtakarításként* (GM) definiáltuk.)

Megjegyezzük, hogy a H -t *közgazdasági értelemben* nem lehet hatékonyságnak nevezni, mégis mind az angol, mind az orosz szakirodalomban használatos rá ez az elnevezés. Sőt néha J -t is hatékonyságnak nevezik, pedig e fogalmak megkülönböztetése igen fontos. Könnyen elképzelhető ui. olyan kísérlet, amelynek gazdasági hatása kimutatható, de költségei a hasznát meghaladják.

E definíciók szükségképpen fölvetik a kár mérésének és a várható kár becslésének problémáját.

A károkat sokféleképpen jellemezhetjük; mi a továbbiakban a kártérítési összeget használjuk. A várható kár becslésére gyakran a kontroll területek ismert módszerét alkalmazzák. Olyan közetet azonban, amelynek adatai elég szoros korrelációba hozhatók a védett terület káraival, nehéz találni. Megyénk 13 éves kárstatisztikái alapján például Gulyás és Légrádi (1978) sem tudtak kimutatni használható összefüggést. Ezért is maradtunk a már említett történeti összehasonlítás módszerénél.

A biztosítási adatok közül a tényleges kárral a biztosított érték (E) mutat jó kapcsolatot. Az 1962–75 közötti időszakra a regressziós egyenes $V = 0,08 \cdot E - 59\,477$ (a szórásnégyzet $S^2 = 0,106$). Ezt alkalmazzuk a várható kár védekezés utáni értékeinek becslésére. (E becslés ugyan több szempontból kritizálható; pl. azért, mert nem veszi figyelembe az adott év időjárásai viszonyainak a jégesők gyakoriságára és intenzitására gyakorolt hatását – Gulyás, 1986) –, de jelenleg ennél jobb módszer nem áll rendelkezésünkre.) Az így kapott és különböző statisztikai próbákkal ellenőrzött eredmények szerint (Markó et al., 1985) az *átlagos gazdasági hatékonyság* (99%-os szignifikanciával) legalább 50% az 1976–82 közötti időszakban. Meteorológiai prediktorok beépítése várhatóan tovább javítja az ilyen típusú értékelés megbízhatóságát.

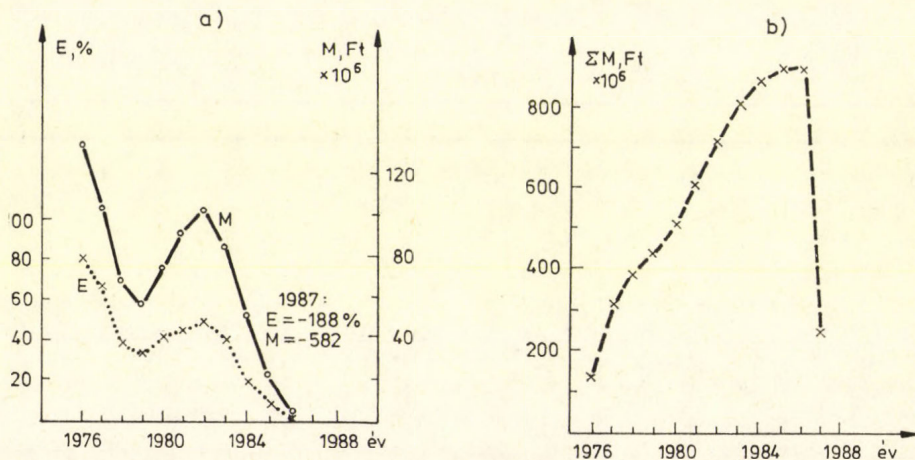
A hatékonyság, illetve a várható kár *évenkénti* meghatározására a vázolt módszer fizikai és statisztikai okok miatt elvileg nem alkalmas. Fizikai okok pl. a folyamatok eleve változó intenzitása, a hatékonyság különböző tényezők miatt föltételezhető változása stb. Statisztikai ok pl. az, hogy megfelelő meteorológiai prediktorok hiánya miatt a várható éves károkra túl széles konfidencia intervallumokat kapunk s i.t.

A jégeső elleni védekezést finanszírozó Állami Biztosító azonban érthetően ragaszkodik az évenkénti megtakarítás (vagy veszteség) pénzügyi kimutatásához. Ennek legegyszerűbb módja (egyed szakembereik szerint) a jégkárbiztosítási díjak összehasonlítása a jégkártérítések és védekezési költségek összegével: $M = D - (T + K)$. Ez a megközelítés vállalati szempontból kielégítő lehet, de nem reális. A biztosítási díjak változása, azaz növekedése ugyanis elmarad a termelési érték, illetve az ezzel potenciálisan arányos jégkárok növekedési üte-

métől. (Az okokat itt nem elemezhetjük.) Ezért helyesebb nem tekinteni a díjakat, hanem az eredményességet a fenti célra a következőképpen definiálni:

$$E(\%) = 100 - \frac{T + K}{VK} \cdot 100,$$

ahol most a várható kárt (a megkülönböztetés céljából) VK -val jelöltük. Itt $VK = E_i \cdot \overline{KA}_{(1971-75)}$, ahol E_i az i -ik évben biztosított érték és az átlagos kárárány: $KA_{(1971-75)} = 6,33$ az 1971–75-ös években (Baranyában). (A kárárány a tényleges kártérítés és a biztosított érték %-ban kifejezett aránya.) Legyen



6. ábra: a) a baranyai jégeső-elhárítás eredményességének (E) és a megtakarításnak (M) az évi változása 1976–87 között. (Definíciók a szövegben.) b) A baranyai jégeső-elhárításból származó összegezt megtakarítás (ΣM) 1976–87 között.

továbbá a megtakarítás: $M = VK - T - K$. A rendelkezésre álló biztosítási adatok alapján így összeállítható az 3. táblázat és a 6a–b. ábra. (A 6b ábrán a fenti képlettel számított M összegezett értékeit tüntettük fel 1976-tól kezdődően. Megjegyezzük, hogy az E , D és $T + K$ időben folyamatosan növekvő értékei miatt az átlagokat csak a rend kedvéért adtuk meg.)

A következtetések triviálisak. Az így számított, évi átlagban 20%-os eredményesség (hatékonyság) évi 21 millió forint (a 12 év alatt összesen 249 millió forint) megtakarítást eredményezett*. Ez az összeg elvileg az Állami Biztosítónál, „az elhárított kár haszná” formájában jelentkezett. Nyilvánvaló azonban, hogy a haszon értéke a várható kár számítási módszerétől függ. Az eredmény mindig csak közelítés lehet, mivel nem ismeretes, hogy mi történt volna védekezés nélkül. Ezért a várható kár becslését pontosító, akár többféle prediktor alkalmazása, illetve a jelenleginél szorosabb korrelációk földedezése gazdasági szempontból is alapvető fontosságú lenne. Ilyen kapcsolatok kutatására – pl. amelyek a védekezés fizikai hatásai és a másodlagos következmények (károsodott

* Egyes vizsgálatok szerint (pl. Rónai, 1986) a tényleges népgazdasági megtakarítás ennél akár egy nagyságrenddel is nagyobb lehet!

terület mérete, kárösszeg stb.) között fennállnak – az operatív projectek esetében különösen nagy szükség van.

A rendelkezésre álló adatok alapján mégis az a legrealisabb következtetés, hogy a védekezés gazdasági hatása pozitív és kimutatható. Ez a megállapítás különösen akkor tűnik erősnek, ha elfogadjuk, hogy vannak olyan meteorológiai szituációk, amelyekben az ismert módszerek alkalmazása eleve reménytelen. Ekkor a rentabilitás kérdése marad nyitott, ami viszont már csak az ilyen események gyakoriságától függ. A védekezés elmúlt 12 éve azonban Baranyában még az 1987-es katasztrófális jégkárok ellenére is a jégesőelhárítás rentabilitását látszik igazolni.

3. TÁBLÁZAT !

A biztosítási adatok és a várható kár (VK), a megtakarítás (M) és az eredményesség (E) számított értékei a baranyai jégeső-elhárítás 12 évében (millió Ft, ill. %-ban)

Év	E	D	T+K	VK	M	E %
1971 – 75-ös évek átlaga	2,035	81	T = 129	–	–	–
„Kísérleti évek”:						
1976	2,673	130	33	169	136	80
1977	2,793	130	59	177	118	67
1978	2,826	122	109	179	70	39
1979	2,841	120	121	180	59	33
1980	3,010	125	113	191	78	41
1981	3,331	133	115	211	96	45
1982	3,423	126	111	217	106	49
1983	3,518	131	135	223	88	39
1984	4,109	144	207	260	53	20
1985	4,078	157	233	258	25	10
1986	4,475	172	281	283	2	1
Összesen:	37,212	1.490	1.517	2.348	831	–
Átlag:	(3,383)	(135)	(138)	213	76	39
1987	4,900 (becsült)	190 (becsült)	892	310	–582	–188
Mindösszesen:	42,112	1.680	2.409	2.658	249	–
Átlag:	(3,509)	(140)	(201)	222	21	20

8. Összefoglalás és következtetések

Szolgálatunk 1986-ban megvásárolta, a következő évben pedig bevezette az újabb, korszerűsített szovjet jégesőelhárítási technológiát. Ennek ellenére a baranyai védett területen ugyanabban az évben minden eddigi rekordot felülmúló, katasztrófális jégkárok keletkeztek. A közvélemény és a finanszírozó Állami Biztosító magyarázatot igényelt; a szakemberek pedig az operatív lebonyolítás szokásosnál is részletesebb elemzésére, továbbá a védekezés fizikai alapjainak és koncepcióinak, továbbá a gazdasági értékelés lehetőségeinek újbóli áttekintésére kényszerültek. Tanulmányunk ez utóbbi, tudományos problémák összefoglalására vállalkozott.

A legnagyobb károkat okozó 1987. július 25-i jégzivatarok magvasítása során elkövetett hibák feltárása nagyrészt megtörtént. Ezek közül a legfontosabbak minden bizonnyal a magvasítási normák be nem tartása, illetve a beavatkozások késése. Az okok csak kis részben személyi jellegűek: főképp a szervezeti fölépítéssel és a technikai adottságokkal kapcsolatosak. Ugyanakkor mindmáig folyik e nap időjárásai eseményeinek komplex meteorológiai vizsgálata a szinoptikus skálától az individuális jég szem-spektrumokig.

Az eddig elmondottakban felvázoltuk a különböző típusú felhőknek azon dinamikai és mikrofizikai sajátosságait, amelyek döntők a védekezés végrehajtása szempontjából. Ilyenek

- a jégeső embriók képződési és növekedési zónáinak elhelyezkedése,
- a növekedési trajektóriák kapcsolata az embrió-koncentrációkkal és a jég szemek végső méretével.

Ismertettük továbbá azokat a számításokkal is alátámasztott mikrofizikai hipotéziseket, amelyek megvalósításával az egycellás, többcellás és szupercellás zivatarfelhőkben kialakuló, és a talajra jutó jégesők összömege elvileg csökkenthető. Ezek közül legsokatigérőbbek a konkurens-embriók és a trajektóriasüllyesztés koncepciói, illetve újabban a szupercellás zivatarokra ajánlott gyorsított csapadékkeltés a fő feláramlástól távoli embrióképződési zónákban. Az áttekintésből adódó fontos következtetés az, hogy a jég szemek képződésének sokféle lehetősége miatt a magvasítási eljárások átgondolt, a zivatarfelhő típusától függő alkalmazása elsőrendű követelmény.

Ráműtattunk arra is, hogy a fizikailag megalapozott elképzelések ellenére a védekezés *elsődleges* hatásait tudományosan elfogadható módon mindeddig nem sikerült igazolni. A számos lehetséges ok közül az alábbiakat tartjuk fontosnak:

1. A beavatkozási koncepciók sok részletkérdése tisztázatlan.
2. A jégeső képződésére vezető, különböző skálájú folyamatok igen bonyolultak. Emiatt ma még nincs olyan modellünk, amely megoldaná a jelenség megbízható előrejelzését.
3. A jégesők természetes változékonysága nagy; ez rendkívül megnehezíti a magvasítás hatásainak statisztikai kimutatását.
4. A természetes és mesterséges jégképző magvak koncentrációjának és hatásmechanizmusának több kérdése megoldatlan.

Természetesen a legtöbb operatív jégeső-elhárítási projekt törekszik a magvasítás másodlagos, gazdasági hatásainak kimutatására. Ezzel kapcsolatosan részleteztük itt azokat az eredményeket, amelyeket az Állami Biztosító független adatainak felhasználásával kidolgozott módszerek segítségével kaptunk. Eszerint a baranyai védekezés átlagos eredményessége a védekezés 12 éve folyamán 20%, az átlagos megtakarítás pedig ugyannerre az időszakra 21 millió forint volt. Az érdekesség kedvéért megjegyezzük, hogy az értékelésből az 1987-es év közel 1 milliárd forintnyi kártérítését kizárva, az átlagos eredményesség megközelíti a 40%-ot, az évi megtakarítás pedig a 80 millió forintot.

Valószínű, hogy a hasonló típusú számításokkal indokolható az a tény, hogy jelenleg a világ tucatnyi országában, több tízmillió hektáron folyik a jégeső elleni operatív védekezés. A megválaszolatlan tudományos problémákon láthatólag át lép az abból a gazdasági hajtóerőből származó nézet, miszerint „tennünk kell va-

lamit, még akkor is, ha nem tudunk mindent". A nehézségek e pragmatikus megkerülését nemcsak azoknak a laboratóriumi kísérleteknek az eredményei magyarázzák, amelyek a jégképző anyagok kisléptékű mikrofizikai hatását kétséget kizáróan demonstrálják. Emellett szól az a több tucat randomizált csapadékkeltési kísérlet is, amelyekben a magvasításra a Cu-típusú felhők intenzív csapadékképződéssel reagáltak (*Howell és Todd*, 1985). E kísérletek fontos tanulsága volt az, hogy a beavatkozásoknál a környezeti feltételeknek esetenként nagyobb a hatása a csapadék képződésére, mint a magvasítás módszerének, sőt a mesterséges magvak koncentrációjának! (Nem szabad elfelejtenünk, hogy az idézett kísérletek elsősorban kis és közepes vastagságú konvektív felhőkre vonatkoznak.) A szerzők következtetése új megközelítést jelez: eszerint azoknak az erőfeszítéseknek, amelyek a magvasítás hatásait jelző paraméterek megfigyelésére és mérésére irányulnak, nem kell föltétlenül kapcsolódnuk a folyamatok magyarázatának komplex fizikai elméletéhez, amint azt *Braham* (1981) hangsúlyozza. Jelenlegi szűkös kutatási lehetőségeink és kifejezetten operatív feladataink keretei között ez egyértelmű üzenet lehet számunkra is a megoldás gyakorlatiasabb megközelítésére.

IRODALOM

- Absajev, M. T. – Akba, Ya. A. – Bibilaszvili, N. S. – Burcev, I. I. – Pometyelnikov, V. A. – Stulman, N. G.*, 1980: On the possibility of hail suppression in supercell convective storms. Papers presented at the Third WMO Scientific Conference on WM. Vol. II. 649 – 653.
- Absajev, M. T. – Burcev, I. I. – Bakszenburg, Sz. I. és Sevele, G. F.*, 1980: Rukavodstvo po primenyeniju radiolokatorov MRL-4, MRL-5 i MRL-6 v sziszteme gradozascitü. Gidrometeorizdat, Leningrad, 230 old.
- Absajev, M. T. – Burcev, I. I. – Dadali, J. A. és Fedcsenko, L. M.*, 1985: Prospects for improving hail suppression methods. WMO/TD – No. 53, 663 – 667.
- Absajev, M. T. – Burcev, I. I. és Fedcsenko, L. M.*, 1984. Szosztójaniye naucsnuh i proizvodstvennuh rabot po probleme grada v SZSZSZR. Papers presented at the IInd International Conf. on Hailstorms and Hail Prevention, Sofia, 1982. 23 – 26.
- Absajev, M. T. – Burcev, I. I. – Pometyelnikov, B. A. és Stulman, N. G.*, 1984: Szuperjacsejkovüje gradavüje oblaka i vozgyejsztvija na nyih szcelju prerüvanyija vüpagyenyije grada. Ibid, 169 – 178.
- Absajev, M. T. és Zsbojev, M. M.*, 1978: Seeding principles for singlecell multicell and supercell hailstorms. Trudü VGI, 39. 106 – 129 (oroszul)
- Atlas, D.*, 1976: The present and future of hail suppression. Papers presented at the Second WMO Scientific Conference on Weather Modification. WMO-No. 443. Geneva, 207 – 216.
- Bibilaszvili, N. S. – Burcev, I. I. és Szerjogin, Ju. A.*, 1981: Rukavodstvo po organizacii i provegyenyiju protyvogradovüh rabot. Gidrometeorizdat, Leningrad, 168 old.
- Bibilaszvili, N. S. és Karcivadze, A. I.*, 1985: The principal basises and principles of hail process modification. WMO/TD – No. 53. Vol. I. 281 – 284.
- Braham, R. R. Jr.*, 1981: Designing cloud seeding experiments for physical understanding. Bull. Am. Met. Soc. 62. 52 – 62.
- Browning, K. A.*, 1977: The structure and mechanism of hailstorms. Met. Monographs, Vol. 16. No. 38. 1 – 43.
- Browning, K. A. és Foot, G. B.*, 1976: Airflow and hail growth in supercell storms and some implications for hail suppression. Quart. J. Roy. Met. Soc., 102. 499 – 533.
- Burcev, I. I.*, 1976: Hail suppression. WMO – No. 443. 217 – 222.
- Burcev, I. I.*, 1980: Hail suppression activities in the Soviet Union. Papers presented at the Third WMO Scientific Conference on WM. Vol. II. 547 – 554.
- Burcev, I. I.*, 1985: Crop protection against hail damage in the USSR. WMO/TD – No. 53. Vol. II. 613 – 623.
- Burcev, I. I. – Gajvoronszkij, I. I. és Karcivadze, A. I.*, 1974: Hail process investigation and hail suppression activities in the USSR. WMO – No. 399. 189 – 196.
- Byers, H. R. és Braham, R. R.*, 1949: The Thunderstorm. US Dept. of Commerce, Washington D. C.

- Chisholm, A. J. és Renick, J. H.*, 1972: The kinematics of multicell and supercell Alberta hailstorms. Alberta Hail Studies Rep. No. 72 - 2. 24 - 31.
- Dennis, A. S., Schock, C. A. és Koscielski, A.*, 1970: Characteristics of hailstorms of Western South Dakota. J. Appl. Met. 9. 127 - 135.
- English, M.*, 1973: Alberta hailstorms, Part II. Met. Monographs, No. 36. 37 - 98.
- Final Report of the ACWC*, 1957. Vol. II. 97 - 209. Washington.
- Gajwonszkij, I. I. - Szerjogin, J. A. - Zacepina, L. P. és Zimin, V. I.*, of the Int. Conf. on Cloud Physics, Toronto, Canada. 815 - 819.
- Geresdi, I.*, 1987: Kézirat.
- Gulyás, O. és Légrádi, G.*, 1978: Kézirat.
- Gulyás, O.*: 1986. Szóbeli közlés.
- Howell, W. E. és Todd, C. J.*, 1985: Strong responses of selected cloud classes across many seeding projects. WMO/TD - No. 53. 669 - 673.
- Iribarne, J. V. és Pena, R. G.*, 1962: The influence of particle concentration on the evolution of hailstones. Nubila, V. 1. 7 - 30.
- Knight, C. A. - Foote, G. B. és Summers, P. W.*, 1979: Result of a randomized hail suppression experiment in NE - Colorado. (Part. IX.) J. Appl. Met. 18. 12. 1629 - 1639.
- Lominadze, V. P. - Bartisvili, I. T. és Gudusauri, S. L.*, 1974: On the results of practical protection of valuable agricultural crops from hail by the THRI method. WMO - No. 399. 225 - 230.
- Ludlam, F. H.*, 1958: The hail problem. Nubila, I. 1. 12 - 96.
- Ludlam, F. H.*, 1959: Hailstorm studies, 1958. Nubila II. 1. 7 - 27.
- Markó, T., Sövér, F. és Wirth, E.*, 1985: Economical efficiency of a hail prevention project in Hungary. WMO/TD - No. 53. 593 - 596.
- Marwitz, J. D.*, 1972: The structure and motion of severe hailstorms. Part I.: Supercell storms. J. Appl. Met., 11. 166 - 179.
- Mason, B. J.*, 1971: The Physics of Clouds. Pergamon Press, London.
- Pruppacher, H. R. és Klett, J. D.*, 1978: Microphysics of Clouds and Precipitation. D. Reidel Publ. Co. Dordrecht.
- Renick, I. H.*, 1971: Radar reflectivity profiles of individual cells. Preprints Seventh Conf. on Severe Local Storms, 63 - 70. Am. Met. Soc.
- Rónai, G.*, 1986: Szakdolgozat. Kézirat.
- Stiith, J. L. - Griffith, D. A. - Lynn Rose, R. - Flueck, J. A. - Müller, J. R. és Smith, Pl. L.*, 1986: Aircraft observations of transport and diffusion in cumulus clouds. J. Climate Appl. Met. Vol. 25. No. 12. 1959 - 1970.
- Szirakov, E. - Ganev, K. - Jordanov, D.*, 1984: On the ice forming nuclei agent propagation and convective cloud seeding optimisation. Papers presented at the II. International Conference on Hailstorms and Hail Prevention. Sofia, 513 - 527.
- Szulakvelidze, G. K.*, 1962: Fiziceszkie asznóvü vozgyejsztvija na oblacsnoszty szcelju predotvrascsenyija gradovüh javlenyij. DAN SZSZSZR. T. 144. No. 4.
- Szulakvelidze, G. K.*, 1967: Livnyevüje oszadki i grad. Gidrometeoizdat, Leningrád, 412. old.
- TT*, 1986: A jégeső-képződési folyamatokba való beavatkozás tökéletesített technológiája. (Orosz nyelvből fordították a BRJE és BÄRJE munkatársai). VGI., Nalcsik, 41 oldal.
- Weickmann, H.*, 1964: The Language of Hailstorms and Hailstones. Nubila, VI. 1. 7 - 51.
- Wirth, E.*, 1984: Jégeső-elhárítás Magyarországon *Időjárás*, 88. 2. 57 - 85.
- Wirth, E. - Markó, T. és Sövér, F.*, 1984: A jégeső-elhárítás értékelése: fizikai hatások és gazdasági következmények. *Időjárás*, 88. évf. 1. 3 - 20.
- WMO - Hail Report* No. 3. WMP 1981. Geneva.
- Young, K. C.*, 1985: Growth of the ice phase in strong cumulonimbus updrafts. Pageoph. 113. 1005 - 1017.
- Young, K. C.*, 1977: A numerical examination of some hail suppression concepts. Met. Monographs. Vol. 16. No. 38. 195 - 214.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata, 92. évf. 5. szám, 1988. szeptember – október
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 92, No. 5. Sep – Oct 1988, Budapest

A Nap és egy interstelláris porfelhő találkozása és ennek lehetséges hatása a napállandóra

TÓTH ZOLTÁN

Központi Légtérfizikai Intézet
H-1675 Budapest, Pf. 39.

Rendkívül kicsi a valószínűsége annak, hogy a Nap interstelláris porfelhőn haladjon át. Ha azonban ez megtörténne, akkor nagy valószínűséggel mérhető napállandó csökkenést okozna. Jelen cikkben egy egyszerű, tisztán mechanikai modellel kívánunk demonstrálni egy ilyen esetet. Megvizsgáljuk, hogy a kiválasztott éghajlati modell szerint a kapott napállandó csökkenése esetén mekkora hemiszférikus átlaghőmérséklet csökkenés adódik. A probléma természetének és tárgyalásmódjának következménye, hogy nem egy konkrét napállandó csökkenési értéket, hanem csak egy legvalószínűbb intervallumot kapunk, s az ebből adódó legkisebb effektust vizsgáljuk. Az ebből kapott érték a napállandó csökkenésére 6%. A kiválasztott éghajlati modell szerint ez 5 °C csökkenést okoz a hemiszférikus átlaghőmérsékletben, amely igen jelentős változás, és számottevő változásokat indukálhat az ökoszférában.

*

The coincidence of the Sun and an interstellar dust cloud and its possible effect on the solar constant. The probability that the Sun passes through an interstellar dust cloud is extremely little. If it happened it would cause measurable decrease in the solar constant. In this study the case mentioned above is demonstrated by a simple mechanical model. It is examined that according to the climatic model chosen what is the value of the hemispheric average temperature decrease for the solar constant decrease obtained. As a consequence of the way of discussion of the problem, no concrete value for the solar constant decrease is obtained, only a most probable interval for it, and the slightest effect caused by this is studied. The value for the solar constant decrease obtained from this is 6%. According to the climatic model this causes a 5°C decrease of the hemispheric average temperature which is very significant change and can induce considerable changes in the ecosphere.

*

A Föld történetében a klímaváltozásokat sokféle tényező indukálta. A legfontosabb tényező, amelyet ma általában a jégkorszak-elméletek is legelfogadottabbnak tartanak, a Nap – Föld távolság megváltozása a Föld pályaelemeinek módosulása következtében.

Általában kevés szó esik arról a lehetőségről, amelynek ugyan rendkívül csekély a bekövetkezési valószínűsége, azonban ha mégis előáll, igen jelentős napállandó változást okozhat. Ez az az eset, amikor a Nap és a Föld közé fényelnyelő

közeg kerül. Nem szabad figyelmen kívül hagyni azt sem, hogy bizonyos időszakokban ezen helyzet valószínűsége jelentősen megnövekszik.

Egy esetleg bekövetkező ilyen helyzet komplex tárgyalása rendkívül bonyolult, s annyiféle tényezőt és létrejövő folyamatot kellene vizsgálni, hogy a részletekbe menő vizsgálat majdhogynem kivitelezhetetlen.

Talbot és Neuman (1977) foglalkoztak a problémával korábban; ők – a miénktől teljesen eltérő módszerrel – az általunk kapottakkal ellentétes eredményre jutottak.

Jelen cikkben szeretnénk bemutatni egy módszert arra, hogyan lehet igen egyszerű eszközökkel, szinte kizárólag a klasszikus elméleti mechanika eszközeivel demonstrálni egy ilyen szituációt és következtetéseket leszűrni a napállandó-változásra vonatkozóan. Látni fogjuk, hogy előállhat olyan helyzet, amikor a Nap, a Tejútrendszer tömegközéppontja körüli mozgása során galaktikus por-sűrűsödésen halad át. Célunk az ekkor létrejövő, a Naptól mért távolság szerinti sűrűségeloszlás meghatározása, majd ebből a napállandó csökkenésének megadása, ebből pedig, a földi klíma reagálására vonatkozóan valamiféle becslést adni. Mivel a modell rendkívül egyszerű, nem kívánhatjuk, hogy az általa produkált napállandó csökkenési érték megbízható legyen, sőt valószínűleg nagy hibaszázalékon belül lesz csak igaz. Inkább úgy kellene fogalmazni, hogy a cél egy, a megadott feltételek melletti reálisnak tűnő napállandó csökkenési intervallum kiválasztása. Az azonban látható lesz, hogy reális feltételek mellett mindenképp mérhető napállandó csökkenést kapunk. Először is szóljunk néhány szükséges csillagászati ismeretről, alapgogalomról.

Az intersztelláris anyagról

Már régóta közismert, hogy a csillagok közti tér nem „üres”, hanem ún. intersztelláris (csillagközi) anyag tölti ki. Ez két komponensből áll: gázból, illetve porszerű összetevőből. Az esetek túlnyomó többségében e két összetevő együtt van jelen. Ezen közeg sűrűsége rendkívül kicsi, az intersztelláris gáz átlagosan kb. $1,2 \cdot 10^{-24}$ g/cm³, a porszerű komponensé ennek csak százada, hozzávetőleg 10^{-26} g/cm³. Szemléletesen ez azt jelenti, hogy az intersztelláris tér egy cm³-ében átlagosan egyetlen gázatom van, s egy körülbelül 100 méter élhosszúságú kockában mindössze 2 darab kis porszem található. A galaxisokban az intersztelláris anyag százalékos tömege a csillagok anyaga által képviselt tömeghez képest nagyon kicsi, és függ a galaxis fajtájától is, mindeneserre az ilyen spirálgalaxisokban, mint a mi tejútrendszerünk, az össztömegnek körülbelül 2–10%-át képviseli. A Tejútrendszerben és az összes „éléről” látszó spirálgalaxisban (s nyilván a többiekben is) igen erős koncentrációt mutat a fősíkhöz. Jellemző sajátossága, hogy hajlamos jól elkülöníthető csomókba, ún. felhőkbe vagy ködökbe sűrűsödni. Itt átlagos sűrűsége 2–3 nagyságrenddel is meghaladja a normál értéket, (Woltjer, 1962; Wickramasinghe, 1967; McDonnell, 1978). A gáz túlnyomórészt hidrogénből áll, amely mellett 10–20% hélium van jelen, s lényegesen kisebb koncentrációban fellépnek oxigén, nitrogén és más elemek is. Számunkra a por érdekes, hisz túlnyomórészt ez okozza az elnyelést. Hozzávetőlegesen 10^{-6} – 10^{-3} cm sugarú szilárd részecskék alkotják, amelyek lehetnek közel szférikusak, de akár túszerűen elnyúlt alakúak is, amelynek következtében szórási mechanizmusuk egzaktul csak igen bonyolultan tárgyalható, de nekünk ezt most nem kell megtennünk. Anyaguk elsősorban grafit, szilícium-karbid, kvarc és néhány

más szilikát lehet. Mint tudjuk, a Tejútrendszer nem merev testként rotál, így tehát a benne levő objektumok, ha igen lassan is, de elmozdulnak egymáshoz képest. Ezért elképzelhető, hogy a Nap, a Tejútrendszer tömegközéppontja körüli keringése során áthalad ilyen porfelhőn, s ennek anyagának egy részét maga köré gyűjti. Azonban a Tejútrendszerben az objektumok közötti igen nagy átlagos távolságok ismeretében az ilyen „találkozások” valószínűsége nagyon kicsi.

A Nap kb. 250 km/s pályamenti sebességgel hozzávetőleg 250 millió év alatt végez egy keringést. A Nap sebességvektorának létezik galaktovertikális összetevője is, s mivel a Tejútrendszer tömegének tekintélyes hányada a fősík mentén koncentrálódik, fellép egy, a fősík felé ható erő. Ez így, a rugómozgásban ismert direkción erőként funkcionál, s a Napot, mintegy oszcillációra kényszeríti, azaz a Nap mozgása során többször áthalad a fősíkon. Az oszcilláció periódusa durván 60 millió év. A fősíkban való áthaladáskor már lényegesen nagyobb valószínűséggel találkozhat a Nap porsűrűsődéssel.

A porfelhő sűrűségeloszlása a Nap környezetében

A következő alaphelyzetből indulunk ki. Legyen egy nagyszámú tömegpontból álló pontsokaságunk, amely a porfelhőt reprezentálja. Ebben nagy tömegű, adott intenzitással sugárzó objektumot helyezünk, melynek hatására a közeg elkezd koncentrálni ehhez a testhez, s a kialakult sűrűségeloszlást szeretnénk meghatározni. Ha ezt megkaptuk, a benne szereplő paramétereknek reális értékeket adunk, s kiszámoljuk a Nap–Föld távolságon bekövetkező sugárzásgyengülést. A részecskeszámot végig állandónak tekintjük.

A mechanikában a pontsokaság állapotánál leírására gyakran használják a fázistér fogalmát. Ennek koordináta-tengelyeire a rendszer objektumok általános koordinátáinak és impulzusainak értékeit „mérjük fel”. Ezen térnek minden egyes pontja a rendszer állapotának felel meg. Ha q_i és p_i ($i = 1, 2, \dots, s$) a változók, a differenciálok

$$dq_1 \dots dq_s dp_1 \dots dp_s \quad (1)$$

szorzatát úgy lehet tekinteni, mint a fázistér „elemi térfogatát”
Legyen a t időpillanatbeli fáziseloszlás:

$$f(q_1(t), \dots, q_s(t), p_1(t), \dots, p_s(t)) \quad (2)$$

a $t + dt$ -beli pedig:

$$f'(q_1(t+dt), \dots, q_s(t+dt), p_1(t+dt), \dots, p_s(t+dt)) \quad (3)$$

Liouville tétele kimondja, hogy a fázistér „elemi térfogata” invariáns, ha az erőter konzervatív.

A változók között áttérést megvalósító transzformáció Jacobi-determinánsával kifejezve a fenti megmaradási tétel a

$$J(t+dt, t) = \frac{\partial(q_1(t+dt), \dots, q_s(t+dt), p_1(t+dt), \dots, p_s(t+dt))}{\partial(q_1(t), \dots, q_s(t), p_1(t), \dots, p_s(t))} \quad (4)$$

alakot ölti.

Gömbi koordinátarendszert (r, ϑ, φ) használunk, a fázisváltozók az r rádiuszvektor, a hozzá tartozó impulzus, illetőleg a ϑ és φ szögek és a hozzájuk tartozó

impulzusmomentumok lesznek. Ezeket a rendszer $L = K - U$ Lagrange-függvényéből kapjuk (K a kinetikus energia, U a potenciális energia) az ismert módon

$$\begin{aligned} p_r &= \frac{\partial L}{\partial \dot{r}} = \dot{r} \\ p_\vartheta &= \frac{\partial L}{\partial \dot{\vartheta}} = r^2 \dot{\vartheta} \\ p_\varphi &= \frac{\partial L}{\partial \dot{\varphi}} = r^2 \sin \vartheta \dot{\varphi} \end{aligned} \quad (5)$$

Feltételezzük, hogy a központi objektumtól távol a részecskék Kepler-mozgást végeznek. A központi objektum sugározzon I_0 intenzitással, s csak egyszeres szórást veszünk figyelembe. Nyilvánvalóan a valóságban a többszörös szórások általi effektusok is fellépnek, de ezek lényegesen kisebbek az elsőrendűnél, így ezek elhanyagolása nem okoz számottevő eltérést. Feltesszük még, hogy minden egyes részecske alakjára, méretére és anyagára nézve teljesen megegyezik. Ezek figyelembevételével legyen a részecskékre jellemző szórási koefficiens a . A fentiekből következik, hogy a mozgásegyenletben két perturbációs tag lép föl. A perturbáció radiális komponense:

$$R_{\text{rad}} = \frac{aI_0}{r^3} \underline{r} \quad (6)$$

Nem tekinthetünk el az aberráció jelenségétől sem, ez a tangenciális perturbációban jelentkezik:

$$R_t = -\frac{aI_0}{cr^2} \dot{\underline{r}} \quad (7)$$

ahol c a fénysebesség.

Így a részecskék perturbációkat tartalmazó mozgásegyenlete:

$$\ddot{\underline{r}} = -\frac{M}{r^3} \underline{r} + \frac{aI_0}{r^3} \underline{r} - \frac{aI_0}{cr^2} \dot{\underline{r}} \quad (8)$$

Vizsgáljuk meg, mi történik az összimpulzusmomentummal. Az impulzusmomentum definíció szerint:

$$\underline{P} = \underline{r} \times \dot{\underline{r}} \quad (9)$$

megváltozása:

$$\dot{\underline{P}} = \underline{r} \times \ddot{\underline{r}} \quad (10)$$

Írjuk be $\ddot{\underline{r}}$ helyébe a kapott kifejezésünket:

$$\dot{\underline{P}} = \underline{r} \times \left(-\frac{M}{r^3} \underline{r} + \frac{aI_0}{r^3} \underline{r} - \frac{aI_0}{cr^2} \dot{\underline{r}} \right) \quad (11)$$

A két első tag r -rel való keresztszorzata nyilván nulla, így:

$$\underline{\dot{P}} = \underline{r} \times \left(-\frac{aI_0}{cr^2} \dot{\underline{r}} \right) \quad (12)$$

Ezért, (9) miatt:

$$\underline{\dot{P}} = -\frac{aI_0}{cr^2} \underline{P} \quad (13)$$

Azt kaptuk tehát, hogy az összipulzusmomentumnak csak a nagysága változik, iránya nem, s nagyságának változását is ismerjük. A pályasík tehát perturbált esetben is állandó marad. Ezért, valamint az egycentrum-problémából ismeretes okok miatt, amelyeket itt nem részletezünk, lehetőség nyílik a fázisváltozók számának csökkentésére. Így fázisváltozóink az r , a p_r impulzus és a P összipulzusmomentumok lesznek. A transzformációs kifejezések:

$$\begin{aligned} r' &= r + \dot{r} dt \\ p_r' &= p_r + \dot{p}_r dt \\ P' &= P + \dot{P} dt \end{aligned} \quad (14)$$

azaz:

$$\begin{aligned} r' &= r + p_r dt \\ p_r' &= p_r + \left(\frac{p^2}{r^3} - \frac{M}{r^2} + \frac{aI_0}{r^2} \right) dt \\ p' &= p - \frac{aI_0}{cr^2} dt \end{aligned} \quad (15)$$

A Jacobi-determináns:

$$J(t+dt, t) = 1 - \frac{aI_0}{cr^2} dt \quad (16)$$

Látható, hogy, ha az I_0 mennyiséget nullává tesszük, akkor

$$J(t+dt, t) = 1,$$

tehát az erőtér konzervatívítását a sugárnyomás zavarja meg.

A t -beli fáziseloszlás:

$$f(t, r, p_r, P)$$

A $t' = t + dt$ -beli:

$$f'(t', r', p_r', P')$$

Az előzőek miatt fennáll az

$$f = f' J(t+dt, t) \quad (17)$$

kapcsolat.

A két fáziseloszlásra felírjuk a Boltzmann-egyenletet, a könnyebb átláthatóság kedvéért az argumentumok elhagyásával:

$$f' = f + \frac{\partial f}{\partial t} dt + \dot{r} \frac{\partial f}{\partial r} dt + \dot{p}_r \frac{\partial f}{\partial p_r} dt + \dot{P} \frac{\partial f}{\partial P} dt \quad (18)$$

ezt beírjuk a (17)-be, és (16) figyelembevételével kapjuk:

$$f = \left[f + \frac{\partial f}{\partial t} dt + \dot{r} \frac{\partial f}{\partial r} dt + \dot{p}_r \frac{\partial f}{\partial p_r} dt + \dot{P} \frac{\partial f}{\partial P} dt \right] \left(1 - \frac{aI_0}{cr^2} dt \right). \quad (19)$$

A beszorzást elvégezve:

$$f = f + \left(\frac{\partial f}{\partial t} + \dot{r} \frac{\partial f}{\partial r} + \dot{p}_r \frac{\partial f}{\partial p_r} + \dot{P} \frac{\partial f}{\partial P} \right) dt - \frac{aI_0}{cr^2} f dt + \left(\frac{\partial f}{\partial t} + \dot{r} \frac{\partial f}{\partial r} + \dot{p}_r \frac{\partial f}{\partial p_r} + \dot{P} \frac{\partial f}{\partial P} \right) \frac{aI_0}{cr^2} (dt)^2 \quad (20)$$

Vegyük figyelembe, hogy dt mennyiség nagyon kicsi, így önmagával vett szorzata zérus. Ekkor egyenletünk a következő alakot ölti:

$$\frac{aI_0}{cr^2} f = \frac{\partial f}{\partial t} + \dot{r} \frac{\partial f}{\partial r} + \dot{p}_r \frac{\partial f}{\partial p_r} + \dot{P} \frac{\partial f}{\partial P} \quad (21)$$

Írjuk be most az egyenletbe \dot{r} , \dot{p}_r és \dot{P} mennyiségeket. A következőt kapjuk:

$$\frac{aI_0}{cr^2} f = \frac{\partial f}{\partial t} + p_r \frac{\partial f}{\partial r} + \left(\frac{P^2}{r^3} - \frac{M}{r^2} + \frac{aI_0}{r^2} \right) \frac{\partial f}{\partial p_r} - \frac{aI_0}{cr^2} P \frac{\partial f}{\partial P} \quad (22)$$

Nyilvánvalóan feltehetjük, hogy rendszerünkben az egyes részecskék pályasíkjai teljesen véletlenszerűen helyezkednek el. A p_r impulzust, és a P összimpulzusmomentumot valószínűségi változókként foghatjuk föl. Az ún. momentum-módszert alkalmazzuk, azaz (22) összefüggésből a fáziseloszlás momentumaira keresünk összefüggéseket. (22)-t az egyik esetben p_r -rel, a másik esetben P -vel végigszorozzuk, majd p_r és P szerint $-\infty$ -tól $+\infty$ -ig integráljuk, s mindkét esetben kapunk egy-egy ún. momentumegyenletet, ugyanis p_r és P várható értékei megjelennek az integrálás után.

$$\langle p_r \rangle = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} p_r dp_r dP, \quad (23)$$

$$\langle P \rangle = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} P dp_r dP. \quad (24)$$

Ezt nem részletezzük, mert nagyon hosszadalmas, sok helyet igényel, és végül is triviális lépésekből áll. Azt kapjuk, hogy az egyik momentum-egyenlet használható csak, mert a másikban fellép az integrálás után egy $\langle P p_r \rangle$ kovarianciajellegű mennyiség, s ezzel nem tudunk mit kezdeni. A használható momentum-egyenlet:

$$\frac{\partial \langle p_r \rangle}{\partial t} + \frac{\partial \langle p_r^2 \rangle}{\partial r} - \left(\frac{\langle P^2 \rangle}{r^3} + \frac{M}{r^2} - \frac{aI_0}{r^2} \right) \langle p_r \rangle = 0 \quad (25)$$

Az $\int_{-\infty}^{+\infty} f dp_r dP$ kettős integrál azt fejezi ki, hogy adott irányból nézve a közép-pont felé, mekkora részecske-tömeg esik adott távolságra. Jelöljük ezt $\varrho(r)$ -rel. Ha $v(r)$ a normál térfogati sűrűség, akkor:

$$\varrho(r) = r^2 v(r) \quad (26)$$

További átalakításokkal, közben a kinetikus energia izotrópiájának feltételezésével, végül is a keresett sűrűségeloszlást a következő alakban kapjuk meg:

$$v(r) = v_0 e^{-\frac{3(M-aI_0)}{r\langle K \rangle}} \quad (27)$$

ahol $M = fm_0$ (f a gravitációs állandó, m_0 pedig a Nap tömege), $\langle K \rangle$ a kinetikus energia várható értéke, amely a részecskék tálagebességének négyzetével egyenlő

$$\langle K \rangle = \bar{v}^2$$

1. TÁBLÁZAT

A kapott sűrűségeloszlás mellett különböző r távolságokban előálló porsűrűség

$r = \{ \text{cm} \}$	$v(r) = \{ \text{gcm}^{-3} \}$
$1,5 \cdot 10^{12}$	4,20
$1,6 \cdot 10^{12}$	1,40
$1,7 \cdot 10^{12}$	$3,83 \cdot 10^{-2}$
$1,8 \cdot 10^{12}$	$2,84 \cdot 10^{-3}$
$1,9 \cdot 10^{12}$	$2,11 \cdot 10^{-4}$
$2,0 \cdot 10^{12}$	$2,12 \cdot 10^{-5}$
$3,0 \cdot 10^{12}$	$7,92 \cdot 10^{-12}$
$4,0 \cdot 10^{12}$	$4,84 \cdot 10^{-15}$
$5,0 \cdot 10^{12}$	$5,38 \cdot 10^{-17}$
$6,0 \cdot 10^{12}$	$2,68 \cdot 10^{-18}$
$7,0 \cdot 10^{12}$	$3,28 \cdot 10^{-19}$
$8,0 \cdot 10^{12}$	$6,62 \cdot 10^{-20}$
$9,0 \cdot 10^{12}$	$1,97 \cdot 10^{-20}$
$1,0 \cdot 10^{13}$	$7,3 \cdot 310^{-21}$
$2,0 \cdot 10^{13}$	$8,5 \cdot 610^{-23}$
$3,0 \cdot 10^{13}$	$1,9 \cdot 410^{-23}$

v_0 a kiindulási porsűrűsödés sűrűsége. Az 1. táblázatban látható, hogy ezen sűrűségeloszlás mellett, a Naptól különböző r távolságokra mekkora a por $v(r)$ sűrűsége. Célszerű azonban a $v(r)$ normál térfogati sűrűségről áttérni a (26)-ban definiált $\varrho(r)$ mennyiségre. Így végső formulának tekintsük a

$$\varrho(r) = v_0 e^{-\frac{3(M-aI_0)}{r\langle K \rangle}} \quad (28)$$

eloszlást. Ez a függvény az $r = 0$ -tól távolodva, kis r -ekre rohamosan csökken, majd laposabbá válik, s egy minimum elérése után, ahol a sűrűség már konstans, viszonylag kisebb meredekséggel emelkedik.

Empirikusan ismert az átlagos intersztelláris abszorpció nagysága, azaz, hogy

átlagos anyagsűrűség esetén adott távolságon mekkora mértékben csökken egy objektum sugárzásának intenzitása.

A porfelhő sugárzásgyengítésének meghatározásához tehát nem kell más tennünk, mint meghatározni a Nap – Föld távolságon létrejött sűrűségeloszlás melletti optikai mélység és az empirikusan ismert intenzitáscsökkenéshez tartozó optikai mélység arányát.

Nagyszámú csillagon végzett statisztikai vizsgálatok eredményeiből megállapított érték az átlagos intersztelláris abszorpció nagysága, amely 1 kpc távolságon 1 magnitudoval egyenlő, azaz a csillag sugárzása 1 kpc távolságon 2,512-re csökken (ez ugyan csak a látható tartományban igaz, de a Nap sugárzásának igen jelentős részét itt sugározza ki, így nem követünk el nagy hibát, ha ezzel az értékkel számolunk). Ezenfelül megjegyezzük, hogy a számításokban teljesen elegendő 2,5-del számolni, így a gyengítési arányt $1/2,5 = 0,4$ -nek vehetjük.

Az átlagos intersztelláris abszorpcióhoz tartozó optikai mélység:

$$\tau_0 = \int_0^{1 \text{ kpc}} r^2 \nu_0 dr \quad (29)$$

a Nap köré koncentráldott porfelhőben pedig:

$$\tau = \int_R^{1 \text{ CsE}} r^2 \nu_0 e^{-\frac{3(M-aI_0)}{r(K)}} dr \quad (30)$$

ahol 1 CsE (Csillagászati Egység) a Nap – Föld távolság, R integrálási alsó határ megválasztása pedig a következőkben tárgyalásra kerül.

τ kiszámításánál az első számú kérdés az integrál alsó határának megválasztása. A Nap „felszínéhez” közel, illetve annak egy környezetében, nyilván az általunk tett feltételek jelentős része érvényét veszti, pl. rögtön az első, amelyre tulajdonképpen gondolatmenetünket alapoztuk, a részecskeszám állandósága. Ugyanis a Nap „felszínének” közelében a részecskék egyszerűen elpárolognak. Ezenfelül e régióban olyan más kölcsönhatások is jelentőssé válhatnak, amelyeket az alapséma megkonstruálásakor még egy bonyolultabb modell esetén se vettünk volna figyelembe. Sajnos még azt sem állíthatjuk biztosan, hogy az elhanyagolások nélkül nőne a megoldás pontossága, azon egyszerű oknál fogva, hogy az intersztelláris por tulajdonságait nem ismerjük ilyen extrém körülmények között, mint amilyeneket a Nap közelsége biztosít. A kapott eloszlásfüggvény pont e belső régióban rendkívül rohamosan csökken, s egészen is távolságon óriásit csökken a függvény értéke. Következésképpen az eredményül kapott intenzitáscsökkenés rendkívül érzékeny lesz az alsó határ választására, olyannyira, hogy feltétlen megkérdőjelezhető lesz végső eredményünk hitelessége. Ezért célunk nem egy egészen pontos napállandó-csökkenés érték meghatározása, hanem inkább a megadott feltételek melletti ésszerű, reálisnak tűnő napállandó-csökkenési intervallum kiválasztása. Mindent összevetve arra a következtetésre jutottunk, hogy semmiképp sem érdemes mérvadónak tekinteni a kapott eloszlást 0,1 CsE távolságon belül. Az is, bizonyított ugyanakkor (pl. a HELIOS űrszondák méréseiből), hogy a Merkúr bolygó pályáján belül kb. 0,1 CsE-gel még létezik a normál állapotában található bolygóközi por, s mivel a Merkúr közepes naptávolsága 0,39 CsE, így az integrálási intervallum alsó határát semmiképp sem cél-

szerű 0,3 CsE-nél nagyobbra választani. Érdemes tehát az integrál értékét több R alsó határra megvizsgálni.

Ezenfelül még felvetődik egy lényeges probléma. Nyilvánvaló, hogy a koncentráció következtében jelentősen megnövekszik a Nap közvetlen környezetében a por össztömege. Ez az össztömeg azonban a földpálya által súrolt gömbön belül semmiképpen sem közelítheti meg a naptömeg értékét, hiszen akkor az ott jelenlevő por is jelentős részt képviselne a gravitációból, nem csak a Nap, s ez elentmondana a megadott feltételeknek. Kiszámítva a koncentrálódtott por tömegét, azt kaptuk, hogy az alsó határ reális értékeire nem számottevő ez a tömeg a Napéhoz képest.

Mindezeket összegezve kaptunk tehát egy kisebb, és egy nagyobb értéket az integrálás alsó határára.

A kisebb:

$$R_1 = 1,6 \cdot 10^{12} \text{ cm}$$

A nagyobb:

$$R_2 = 1,9 \cdot 10^{12} \text{ cm}$$

A gravitációs állandó:

$$f = 6,67 \cdot 10^{-8} \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1} \text{ s}^{-2}$$

A Nap tömege:

$$m_0 = 1,99 \cdot 10^{33} \text{ g}$$

$$\langle K \rangle = \bar{v}^2 = 4 \cdot 10^{12} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-2}$$

Az exponensben szereplő $M - aI_0$ mennyiség előállítására elég nehézkes, mivel a szórási koefficiens becslése nagyon nehéz. Viszont Schwem méréseiből (Martin, 1978) ismert különböző nagyságú részecskékre a sugárnyomás és gravitáció aránya. Az exponensben tulajdonképpen ezen két erő különbsége szerepel.

A sugárnyomás:

$$F_s = \frac{aI_0}{r^2},$$

a gravitáció:

$$F_G = \frac{M}{r^2},$$

ebből:

$$\frac{F_s}{F_G} = \frac{aI_0}{M} = \mu.$$

Így:

$$M - aI_0 = M - M\mu = M(1 - \mu) \quad (31)$$

Schwem vizsgálatai szerint az intersztelláris por mérettartományába eső részecskékre:

$$\mu = 10^{-1}$$

Ha τ_1 az R_1 alsó határ esetén adódó optikai mélység, τ_2 pedig az R_2 esetén adódó, és $(dI)_1$ az első esetben az intenzitáscsökkenés, $(dI)_2$ pedig a másodikban, akkor:

$$\frac{\tau_1}{\tau_0} = \frac{(dI)_1}{0,4} \quad (32)$$

és

$$\frac{\tau_2}{\tau_0} = \frac{(dI)_2}{0,4} \quad (33)$$

ahol

$$\tau_1 = 1,5 \cdot 10^{31}$$

és

$$\tau_2 = 5 \cdot 10^{30}$$

Ezekből megkaptuk, mekkora a két esetben az intenzitáscsökkenés a Föld távolságában. Ezen értékek:

$$(dI_1) = 20\% \quad (dI_2) = 6\%$$

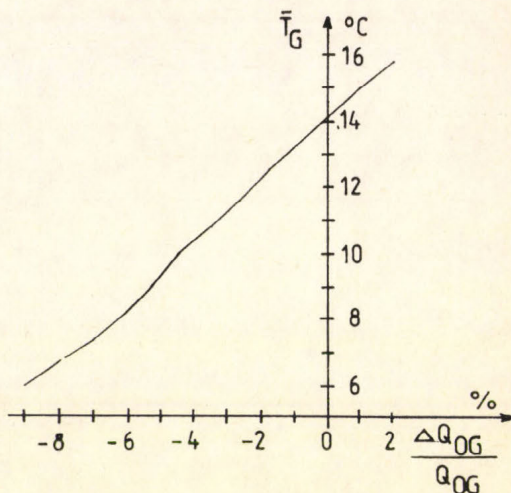
Az elején azt mondtuk, hogy a legkisebb effektust vizsgáljuk, így tehát a 6%-ot vesszük alapul, amikor megvizsgáljuk, hogy egy ilyen szituációra hogyan reagál a földi klíma.

A földi klíma reagálása

A sugárzás gyengülése mellett még más hatások is fellépnek egy ilyen szituációban, de jelen cikkben nem célunk számbavételük.

A földi klíma reagálásának első közelítésben való vizsgálatához megnézzük, hogy egy megfelelő energia-egyensúlyi éghajlati modellben az általunk kapott napállandó-csökkenés mekkora hemiszférikus átlaghőmérséklet-csökkenést indukálna.

Az energia-egyensúlyi modellek, az ún. statisztikai-dinamikai modellek közé tartoznak, amelyek a havonként átlagolt kormányzó-egyenletekből indulnak ki. Bennük a lényeges visszacsatolási mechanizmusok lehetővé teszik a külső tényezők változásai által kiváltott elsődleges következmények reális módosításait. Félig önkényesen, félig tudatosan kiválasztottunk egy ilyen modellt. A legcélszerűbb lenne, ha igen nagyszámú modellre megvizsgálnánk a problémát. Ennek azonban akkor lenne értelme, ha időbeli lefolyást illetően is kaptunk volna információkat. Választásunk *Pálvölgyi* modelljére (1985) esett, amely egy



1. ábra: a napállandó változás hatására bekövetkező hőmérsékleti változás (*Pálvölgyi* nyomán)

havi bontású nulla-dimenziós modell. A horizontális átlagolások következtében itt bármely éghajlati karakterisztika, mint hemiszférikus átlag értendő. A modell az Északi félgömb átlaghőmérsékletének változásait adja meg és tartalmazza az éghajlati rendszer alapvető visszacsatolásait, különös tekintettel az óceán-légkör közötti hőtranszport parametrizálására. Érzékenysége a napállandó megváltozására közelítőleg megegyezik a hasonló modellosztályba tartozó éghajlatmodellek érzékenységével.

Tekintsük az *I. ábrát*. Ezen a napállandó változás hatására bekövetkező hőmérséklet változás (ebben az esetben a hőmérséklet stacionárius évi átlagának megváltozása) követhető nyomon. A vízszintes tengelyen a %-os napállandó változás, a függőleges tengelyen pedig a kialakuló egyensúlyi évi átlaghőmérsékletek vannak feltüntetve. Látható, hogy az általunk kapott 6%-os napállandó csökkenésre több mint 5 °C-szal zuhanna a hemiszférikus átlaghőmérséklet. Tegyük fel, hogy a csökkenést modellünk egyszerűsége miatt egy 2-es faktorralfelülbecsültük, *Pálvölgyi* modellje szerint még az is 3 °C-os csökkenést okoz a hemiszférikus átlagról van szó, igen tekintélyes változásokat kell takarnia.

Következtetések

Állíthatjuk tehát, hogy ha a Nap Tejútrendszerbeli mozgás során áthaladna egy intersztelláris porsűrűsödésen, ez nagy valószínűséggel igen karakterisztikus következményekkel járna a klímát illetően, amelyek nyilván kihatnának pl. az élővilágra is.

Közvetlenül úgy tűnik, sokáig nem tanulmányozhat ilyen jelenséget az emberiség, mivel a Nap a Tejútrendszer középpontja körüli pályájának jelenleg olyan szakaszán van, ahol távolodik a fősíktól, és így egy jó darabig csak csökken a valószínűsége, hogy a tárgyalt szituációhoz hasonló előálljon. Ráadásul a megfigyelések szerint a Nap apexének (az égbolton az a pont, amelyre a Nap térbeli sebességvektora mutat) közelében igen „tisztá” a csillagközi tér, nincs számottevő intersztelláris anyagsűrűsödés.

Mindenesetre kapott eredményünk arra figyelmeztet, még ha talán felülbecslésről is van szó, hogy hasonló szituáció esetén mindenképp detektálható napállandó-csökkenés jön létre, és ez igen lényeges klimatikus változásokat is teljes bizonyossággal okoz. A probléma pontosabb tárgyalása feltétlenül megköveteli jelen modell finomítását, vagy esetleg magának a problémának más oldalról való megközelítését.

IRODALOM

- Martin, P. G., 1978: *Cosmic Dust*. Oxford University, Oxford.
- McDonnell, I. A. M., 1979 *Cosmic Dust*. John Wiley & Sons, Chichester, New York, Brisbane, Toronto.
- Pálvölgyi T.*, 1985: Havi bontású nulladimenziós energia-egyensúlyi éghajlati modell. *Időjárás* 89, 228 – 241.
- Talbot, R. J. and Neuman, M. J Jr., 1977: Encounters between stars and dense interstellar clouds. *Astrophysical Journal Supplement Series* 34, 295 – 308.
- Wickramasinghe, N. C., 1967: *Interstellar Grains*. *The International Astrophysics Series*. Butler & Tanner Ltd., London.
- Woltjer, L., 1962: *Interstellar Matter In Galaxies*. W. A. Benjamin Inc., New York.

HOZZÁSZÓLÁS

Gács Iván és Krämer László: A levegőtisztaság-védelmi előírások összhangjának vizsgálata c. közleményhez (Időjárás 92. évf. 1. szám).

Örömmel olvastam a hivatkozott tanulmányt, mely a szó szoros értelmében hiánypótló munka: a jogszabályok megalkotóinak még a rendeletek kiadása előtt el kellett volna ezeket a számításokat végezniük.

Osztom a szerző véleményét, mely szerint célszerű lenne, ha az emisszió-határértékek és a levegőminőségi határértékek között jobb összhangot biztosítanának az előírások. Erre feltétlenül törekednünk is kell.

Mégis, bizonyos elvi, szemléletbeli, de következőkben gyakorlati kérdésekre szeretném felhívni a figyelmet.

A levegőminőségi határértékeket alapvetően toxikológiai-epidemiológiai szempontok alapján határozzák meg, az emisszió határértékek viszont technológiai, környezeti paraméterek függvényei.

A két különböző kiindulási alap miatt a teljes összhang megvalósítása egyes esetekben elvileg sem lehetséges. Az immisszió határérték esetleges kényszerű túllépése azonban mit sem változtat azon, hogy az adott szennyezőanyag-koncentráció a környezetre és az egészségre káros.

Bár a transzmisszió-számítások adnak bizonyos tájékoztatást az emisszió-immisszió kapcsolatáról, közvetlen összefüggést megkövetelni minden konkrét, egyedi esetre, pusztán az alkalmazott képletekre alapozva nem lehet.

A tanulmány közli, hogy az emisszió határértékek jelentős része 2–10-szeresen szigorúbb a szükségesnél. Ez igaz az adott szennyező forrás immisszióban megjelenő hatására vonatkozóan. A légzési zónában azonban az ipari eredetű szennyeződés mellett azonos nagyságrendben van jelen mind a közlekedési, mind a háztartási tüzelésből származó immisszió is. Ráadásul ezek gyakorlatilag nem is szabályozhatók, egyelőre nem csökkenthetők. A koncentrált paraméterű források emissziói viszonylag hatékonyan befolyásolhatók, az esetek jelentős részében.

A transzmissziós képletek tartalmazzák a szennyező anyag légköri átalakulását, kihullá-

sát jellemző tényezőket is, amelyek a végeredmény tekintetében csökkentően hatnak. Az átalakult szennyezőanyag azonban nem tűnik el a környezetből. Esetünkben a kén-dioxid szulfát-részecskék formájában, a nitrozus gázok nitrátok formájában a talajfelszínre ülepednek, száraz és nedves kihullás formájában. Közismert, hogy ezt a két anyagot tartjuk felelősnek a kontinentális méretekben (és hazánkban is) jelentkező fokozódó környezetsavasodásért.

Az emisszió határértékeknek tehát nem egyedüli célja a levegőminőségi határértékek betartatása. Az aktív védelem, vagyis a szennyező anyagok visszatartása az általános környezeti szennyezettség eltűrhető szinten tartása szempontjából igen fontos. Nem véletlen, hogy nemzetközi kötelezettségeink a kén-dioxidra (és várhatóan rövidesen a nitrogén-oxidokra is) jelentős emisszió-csökkentést írnak elő. Jellemző és figyelemre méltó, hogy az erdő- víz, és talajkárosodást okozó kén és nitrogén koncentrációk jóval az immisszió határérték alatt vannak.

Úgy gondolom, végzetes hiba lenne, ha kén-dioxid és nitrogén-oxid emisszió határértékeinket 2–10-szeres enyhítéssel az immisszió határértékekhez „igazítanánk”. Ezzel legalizálnánk azt a hatalmas mennyiségű szennyezőanyag kibocsátást, ami európai viszonylatban igen „előkelő” 4-ik helyet biztosít számunkra az egy főre, illetve területegységre eső szennyezést tekintve. Ez a „helyezés” is azt mutatja, hogy engedményeknek semmi helye: más országokban a szigorítás irányába haladnak.

Mіндеzeket azért tartottam szükségesnek megjegyezni, mivel napjainkban gazdasági okok miatt az üzemek amúgy is megragadnak minden lehetőséget a környezetvédelmi beruházások csökkentésére. Ennek egyik „elvi” alapja éppen az, miszerint a környezet tűrőképessége nagy, nyugodtan lehet enyhíteni a rendszabályokat. Ez tévedés: a környezet túlterhelt. Ezt mutatja hazánk lakosságának környezeti ártalmakból származó veszélyeztetettsége is: a magas rákhalálozás, a légutak és keringési rendszer meg-

betegedéseinek világviszonylatban is magas aránya.

Tudom, hogy a tanulmány szerzői a környezetvédelem érdekében munkálkodnak, és e tevékenységüknek sokakkal együtt régi tisztelője vagyok. Félő azonban, hogy mások felhasznál-

hatják a tanulmány konklúzióit a környezetvédelem szempontjából veszélyes célok érdekében.

Várkonyi Tibor
Országos Közegészségügyi Intézet
1966 Budapest, Pf. 64

VÁLASZ VÁRKONYI TIBOR HOZZÁSZÓLÁSÁRA

Mint a hozzászólásból is kiderült, az alapvető kérdésekben egyetértünk Várkonyi Tiborral. Egyetértünk abban, hogy az emisszió- és immiszió-előírásoknak összhangban kéne lenniük egymással, de nincsenek. Egyetértünk abban is, hogy tökéletes összhang elvileg sem lehetséges, de közelíteni kell felé. És mindenek előtt egyetértünk abban, hogy hasznosan, céltudatosan kell cselekedni a levegő-tisztaságvédelem érdekében.

Mit kell tennünk, ha a célunk az immiszió-normák betartása, illetve az immisziók csökkentése? Miután az immisziók jelentős részét – városokban többségét – a közlekedés és az alacsony források okozzák, komoly eredményt csak ezek kibocsátásának csökkentésével lehet elérni. Ennek nem feltétlenül katalizátoros autók és villanyfűtést kell jelentenie, hanem pl. jobb közlekedésszervezést, járműkarbantartást, a távhőellátás szélesebb körű elterjesztését, preferálását stb. Sajnos a magas (50...100 m feletti) pontforrások kibocsátásának csökkentése a legjobban terhelte területek levegőminőségét nem képes javítani. Ennek ellenére csak a valószínűleg nem elég gondos fogalmazásunkból fakad, ha a cikkünkben az tűnik ki, hogy az emisszió normák 2–10-szeres lazítását tartanánk helyesnek. Csupán azt állapítottuk meg, hogy a jelenlegi emissziósabályozás betartása bizonyos kéménymagasság tartományokban akár 2–10-szer szigorúbb emisszió korlátok betartását is lehetővé teszi, míg más kéménymagasságok esetén (pl. a 120...150 m tartományban) az immiszió norma túllépését is eredményezheti. Ebben a megállapításban a hangsúly azon van, hogy az emissziónorma helytelenül követi a hígulási viszonyok magasságfüggését.

Rámutatunk arra is, hogy a normának figyelembe kéne vennie olyan hígulást befolyásoló tényezőket is, mint pl. a széliránygyakoriság, a felszíni érdesség és különösen alacsonyabb kémények esetén a környezet beépítési magassága. A kibocsátás csökkentésre ösztönzésnek és az alacsony források figyelembevételének az eszköze pedig a „terhelési index” lehet (persze szerencsésebb megnevezéssel). Egyébként a legmagasabb kémények (kb. $h \approx 100$ m) esetén egyáltalán nem tartom szükségesnek a normatív szabályozást, hiszen kis számuk lehetővé, nagy kibocsátásuk pedig szükségessé teszi az egyedi vizsgálatokat és korlátozásokat. Rendkívül fontosnak tartanám, azt hogy a vonatkozó ren-

deletben és a hozzászólásban is említett technológiai normák (természetesen műszakilag meg-alapozott, hazai adottságainkat figyelembe vevő módon) megszülessenek, de félek, erre éppúgy nem fog sor kerülni, mint az 1975–86. között érvényben volt rendeletben előírt egyedi elbírálás módszerének kidolgozására.

Alapvetően más a teendő, ha az ország összes kibocsátását akarjuk csökkenteni pl. a kén-dioxidra vállalt kötelezettségünk teljesítése érdekében. Ekkor nem az immisziók közvetlen csökkentése a cél! Ezesetben a célkitűzés megvalósításának a leggyorsabb módját kell kiválasztani, hiszen ehhez minimálisan milliárd forint nagyságrendű beruházási költségű és 100 millió forint nagyságrendű évi üzemeltetési költségű létesítmények szükségesek és ekkora összegek hatékony felhasználását a mainál kedvezőbb gazdasági helyzetben is alapos gazdaságossági vizsgálatnak kell megelőznie. Azt kell vizsgálni, hogy egységnyi (pl. 1 tonna) kén ki-nem-bocsátásának mekkora a költsége, ha ezt energiatakarékosan, ha az olajfeldolgozás során végzett kéntelenítéssel, ha füstgázkéntelenítéssel érjük el (a felsorolás korántsem teljes). A költségek között természetesen figyelembe kell venni az esetleges melléktermékek, hulladékok elhelyezésének költségét, az általuk okozott kárt, vagy netán értékesítésük árbevételét. Döntést az országot terhelő összes költségek minimalizálása alapján kell hozni. Meggyőződésem egyébként, hogy elsősorban az energiatakarékos technológiák elterjesztése, másodsorban a szélesen terített, jórészt alacsony kibocsátókhoz kerülő olajlejárású termékek kénmentesítésének csökkentése az a módszer, amely mind a gazdaságos kibocsátáscsökkentés, mind az immiszióscsökkentés céljainak megfelel.

Végül megköszönöm Várkonyi Tibornak, hogy hozzászólása alkalmat adott arra, hogy néhány cikkel kapcsolatos és néhány azon túlmenő gondolatot kifejtsek olyan kérdésekben, amelyeknek ma hazánkban nincs igazán kialakult vitaforum. Csak remélni merem, hogy kezdeményezésünk – e lap hasábjain vagy más formában – követőkre talál.

Gács Iván
Budapesti Műszaki Egyetem
Hő- és Rendszertechnikai Intézete
1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3/9

SOMOGYI SÁNDOR: Magyarország természeti adottságainak idegenforgalmi szempontú értékelése. MTA Földrajztudományi Kutató Intézet, Budapest, 1987. 151 oldal, 1 ábra, 5 táblázat, németnyelvű összefoglalás.

Az „Elmélet—Módszer—Gyakorlat” sorozat-címet viselő kiadvány (40. szám) jelzi, hogy az MTA Földrajztudományi Kutató Intézete felelősnek érzi magát hazánk XX. század végi időszakára, a tudomány műveléséből folyóan reá háruló feladatok megoldásáért. Ezért az intézetben folyó sokoldalú kutatómunka eredményeit részben mélyreható elemzés, részben gondos, sokszempontú szintetizáló tevékenység s végül száraznak tűnő, de szigorú belső logikájú adatközlés formájában bocsátja a népgazdaság irányítóinak, a természet- és környezetvédelem felelősének, a területfejlesztés tervezőinek, az idegenforgalom szervezőinek és lebonyolítóinak rendelkezésére.

Somogyi Sándor munkája az utóbb említett, egyre nagyobb jelentőségű népgazdasági ágazat: az idegenforgalom számára ad sokoldalú, de jól átgondoltan megszerkesztett, világos, könnyen áttekinthető szöveges és táblázatos anyagot.

A 151 oldal terjedelmű kötet 68 oldalnyi jól tagolt szövegrészt tartalmaz. Ennek valamivel több mint egyharmadát (26 oldalt) a természeti földrajzi leírás és értékelés adja, nagytájaink (Alföld, Kisalföld, Nyugat-Magyarországi peremvidék, Dunántúli-dombság, Dunántúli-középhegység, Északi-középhegység) szerint részletezve. Meteorológiai — közelebről: éghajlati — szempontból ez az egyik érdekes, értékes és sok újat tartalmazó része a munkának. Az éghajlati adatanyagot beépítette a fenti nagytájak természeti földrajzi jellemzésébe (forrásul az 1960—67 között megjelent *Magyarország Éghajlati Atlasza I—II.* szolgált), nyilvánvalóan nagy és elmélyült munkával formálva a szinte csak adatokból és térképekből álló éghajlati alpanyagot, lehetőség szerint rövid, szöveges, csak a legszükségesebb számokat tartalmazó nagytáj jellemzésbe. Jelentősen segíti ezzel az éghajlati jellemzők és térképek értékelésében kevésbé járatos gyakorlati szakembereket az anyag helyes alkalmazásában.

A mű második része (41—68. oldal) tájegységenként adja a hat nagytájon belül elkülöníthető középtájak (összesen 35) idegenforgalmi szempontú jellemzését, kiegészítve a nagytájokról elmondottakat számtalan területfejlesztési, üdülési, közlekedési stb. szempontból jelentős és hasznos megállapítással. Ebben a részben érdekes módon több éghajlati adatot közöl, mint azt a nagytájakkal kapcsolatban tette. Ott a rendelkezésre álló viszonylag sok adatot szöveggel általánosította, itt pedig — mivel egyik-másik középtáj jellemzését nem egy esetben számszerű adattal nem is tudta alátámasztani (pl. Tokaj—Zempléni-hegyvidék) — az éghajlati atlasz térképeit „szóltatta” meg, nem egy esetben olyan számokat is közölve, amelyeket interpolálással nyert. De ez nem szokványos számtani, hanem a szerző személyes ismereteire támaszkodó szubjektív (de pillanatnyilag a legobjektívebb) interpolálás volt.

A kötet harmadik részét az 5 táblázat alkotja 73 oldalon. Vagyis egy-egy táblázatra átlag 15 oldal jut (1. Magyarország tájai; 2. Magassági övezetek; 3. Vízgazdálkodási jellemzők; 4. Védett természeti területek és értékek; 5. Gyógy- és hévizek). Ez az anyag sok, más kutatási területen működő szakemberek számára minden bizonnyal gazdag adat-bánya lesz.

Világosan, magyarosan, szinte azt mondhatjuk: a téma természete ellenére olvasmányosan megírt mű. Ez a megállapítás akkor is igaz, ha itt-ott elvétve a manapság divatos jelzők, vonatok, szófordulatok bukkannak fel a szövegben (pl. „rendelkezik vele” a „van” helyett, vagy: „A medencehelyzet . . . cenripetális vízhálózatot előfeltételez”, „A medencében a vizek a központ felé tartanak” helyett). A szerzői—lektori—szerkesztői—nyomdatechnikai munka nem kellő összehangoltságának rovására írható néhány nem jellemző és nem is jelentős hiba, mint pl. Bódva, megüledés, paleozóos (vagy paleozoos), zonális, turista, turisztika, Isten háta megetti — Bódva, megüledés, paleozóos (vagy paleozoos), zonális, turista, turisztika, Isten háta mögötti helyett. De nem szabad szó nélkül hagyni az olyan részleteket sem, amilyenek a szakmailag (közelebről: éghajlatkutatással) kellően még nem bizonyított megállapítások, kitérő magyarsággal megfogalmazott bekezdések, mint pl. a Nyugat-Magyarországi peremvidék idegenforgalmi-turisztikai értékeit taglaló mondat:

„... a mélységes csend, a kitűnő szubalpin levegő, a vadregényes, erdős környezet rabul ejti mind azokat, akik a tájat megismerik” (44—45. old.). Ha a szerző ezt írja, akkor ez így is van, mert ha van valaki, aki ismeri az országot, hát Somogyi Sándor ismeri! Nyilván nagyon közel járunk az igazsághoz akkor is, ha szóvá tesszük a könyv legnagyobb hiányosságát: tájértékelő műből nem hiányozhat a tájak azonosítását, pontos tartalmi meghatározását lehetővé tevő térkép, legalább 1:1 500 000 méretarányban. Ez a hiba csakis rosszul felfogott takarékossgal magyarázható s ha ezt szakmailag hiányolja valaki, akkor az elsősorban csak a szerző lehet (a mű egyetlen, erre a feladatra hivatott ábrája — ha nem geográfusok használják, már pedig ilyenek sokan lesznek — semmiképp sem felel meg).

Befejezésül — a Városépítési Tudományos és Tervező Intézet megbízásából készült mű jelentőségét érintve — azt kell hangsúlyoznunk, hogy az ösztönzést ad az eddig végzett éghajlati publikációk folytatására: az éghajlati atlaszra nézve éppen úgy, mint az adatközlések bővítésére is, sőt elodázhatatlan feladatává teszi az Országos Meteorológiai Szolgálatnak éghajlati komplex értékek számítását és közreadását. De ugyanilyen jelentősége van Somogyi Sándor munkájának az idegenforgalom, a területrendezés stb. tekintetében is: ösztönzi a különböző országrészek nagy-, közép- és kistájak természeti adottságait kutató szakágak képviselőit együtt végzendő elemző, majd általánosító munkára.

Kéri Menyhért

GÖTZ G. és KABA M.: A havi és évszakos éghajlati előrejelzések elméleti alapjai és gyakorlati módszerei (*Theoretical principles and operational methods of the monthly and seasonal climatic prediction*). OMSZ Kisebb Kiadványai 59. sz. Budapest, 1986. 270 oldal, 74 ábra, 4 táblázat, 313 irodalmi hivatkozás, angol nyelvű összefoglalás és ábraaláírások.

Neumann János 1955-ben a légköri előrejelzések problémáit az időskáláktól és a nehézségi fokozatoktól függően 3 kategóriába sorolta. Eszerint: az első kategóriába azok a légköri mozgások tartoznak, amelyeket főként a kezdeti feltételek határoznak meg, előrejelzésük aránylag a legkönnyebb feladat (kb. 72 óra időtartamig); a másodikba azok a mozgások sorolhatók, amelyek gyakorlatilag függetlenek a kezdeti feltételektől, és a hosszútávon kialakuló kvázi egyensúlyi állapothoz való közeledés jellemzi őket, előrejelzésük valamivel nehezebb (2—3 hétnél hosszabb tartam). Legnehezebb a közbülső időtartamra történő előrejelzés (3—4 naptól 2—3 hétig), mivel itt mind a kezdeti feltételeket, mind a kvázi egyensúlyi állapotot figyelembe kell venni.

Ha kisebb módosításokkal, de alapjában elfogadjuk ezt a felosztást, akkor indokolt a szerzőpárosnak az a törekvése, hogy az egy hónapnál hosszabb tartamú meteorológiai előrejelzéseket az éghajlati rendszer sajátos problémájaként önállóan — a középtávú előrejelzésektől elválasztva — kezelje. A könyvnek már a célkitűzése, és probléma fölvetése is érdekes, és továbbgondolkodásra készteti az olvasót. Megfontolandó ugyanis, hogy bármelyik időskálán lejátszódó légköri változások következetesen és minden esetben előrejelezhető-e kronológikus sorrendben. Gondoljunk pl. a köd-, felhő- és konvektív csapadékképződésre vagy a szélrohamok kitörésére. Ezeket még rövidtávon is csak statisztikai kategóriák formájában szokták előrejelezni. Ezért az időjárás (kronológikus) és éghajlati (statisztikai) előrejelzések helyett sokan egyszerűen légköri vagy meteorológiai előrejelzésekről beszélnek.

Célkitűzésüknek megfelelően a szerzők megkülönböztetett figyelmet fordítanak a Föld-légkör rendszer úgynevezett lassú változásaira, mint amilyenek a tengerfelszín hőmérséklete, a talaj nedvességtartalma, a krioszféra kiterjedése, a déli, az északi és a kvázikétes oszcilláció, csillagászati kényszerek, hosszabb periodicitások stb. A könyv első fejezete igen alapos és széles körű összefoglalást ad ezekről a tényezőkről, mint a hosszútávú előrejelzések fizikai alapjairól.

A 2. és 3., terjedelmes rész a különböző éghajlatprognosztikai módszerek áttekintésével foglalkozik. Az egyváltozós idősorokra alapozott módszerek sorában említés történik a perzisztenciáról, illetve ennek prognosztikai értékéről, az autoprojektív módszerekről és a légköri ciklusokról, illetve kvázipériódusokról. Kissé szokatlan az a priori és empirikus periódusok megkülönböztetése, hiszen akár van föltételezett ok, akár nincs: a periódikus ismétlődések kimutatása mindig empirikusan történik.

A többváltozós statisztikai és fizikai módszerekkel foglalkozó 3. fejezet a legterjedelmesebb rész, ami önmagában is jelzi, hogy a szerzők a lehető legnagyobb teljességre törekedtek. A könyvismertetés terjedelmének korlátai miatt itt csupán címszavak felsorolására szorítkozhatom: analógias módszerek, regressziós módszerek, szinoptikus és kinematikai megmondásokon alapuló módszerek. Különösen két dolog érdemel figyelmet ebben a fejezetben: 1. A matematikai-statisztika

elveinek korszerű alkalmazása a meteorológiai előrejelzésekben, 2. a hazai szolgálatban készített hosszútávú előrejelzések verifikációja. Úgy tűnik, a szerzők a legújabb és legkorszerűbbnek tartott módszerek ismertetésére törekedtek, mellőzve a megemlékezést a távprognosztika korai időszakának eredményeiről. Így pl. nem említik a lipseai, vagy másnéven *Weickmann-féle* iskolát, amely a légköri periódusokat nemcsak időbeli, hanem térbeli hullámokként is elemezte. Talán említést érdemelt volna *Groissmayr* tevékenysége is, aki a világhorrelációs módszer alkalmazásával évszakos csapadék- és hőmérséklet-előrejelzéseket készített Magyarország egyes körzeteire.

Az utolsó, 4. fejezet az éghajlatprognosztika kérdésének hidrodinamikai megközelítésével foglalkozik. A könyvnek terjedelemben ez a második leghosszabb része elsősorban a hidrodinamikával, numerikus prognosztikával, az éghajlat elméleti modelljeivel foglalkozó szakemberek számára ad értékes áttekintést. Az általános légkörzés, illetve az éghajlati rendszer elméletének kifejlesztése jórészt a legutolsó 2—3 évtized során kapott lendületet, elsősorban az elektronikus számítógépek elterjedésének és fejlődésének köszönhetően. A szerzők érdeme, hogy a meteorológiának erről az igen korszerű elméletéről nyújtanak szemléletes összefoglalást.

Végül érdemes a könyv összefoglaló értékelésére még egyszer visszatérnünk. Amikor *Bemporad* kiszámította a napsugár úthosszát a légkörön át a napmagasság függvényében, vagy amikor *Milankovics* közzétette a szoláris klímára vonatkozó számításainak eredményét, olyan értékes adatokat közölt, amelyeket azóta is ezrek vagy tízezrek használnak. De lényegében egy tudományos feladatot megoldottak, és ezzel munkájuk lezárult. Jelen könyv fő értéke egészen másban kereshető: a szerzők probléma-fölvetése ötleteket ad további kutatásra; gondolkodásra, újraértékelésre, és ezzel együtt némely kérdésben vitára készítet. Mindez együttvéve a tudomány egészséges fejlődését szolgálja.

Koppány György

BARÁT JÓZSEF — A MAGYAR FÖLDRAJZI TÁRSASÁG TISZTELETI TAGJA

Veszprémben 1988. június 26–29-ig tartotta a Magyar Földrajzi Társaság 41. vándorgyűlését, amelyen jelentős természeti-, gazdaságföldrajzi és oktatásmódszertani kutatási és vizsgálati eredményeket bemutató és szemléltető előadások, valamint a több mint 200 résztvevővel együtt megrendezett tanulmányutak keretében került sor a 116 éves Társaság 112. közgyűlésére. Ennek szokásos, de mindig nagy érdeklődést kiváltó programpontja volt ezidén is *dr. Mészáros József* főiskolai tanár, kandidátus választmányi tag által kitérítetésekre, jutalmazásokra beajánlott javaslata.

Nagy tetszéssel egyhangúlag fogadta el a közgyűlés — többek között — *Barát József*nek, a Magyar Meteorológiai Szolgálatot 1981 óta elnökként irányító szakmeteorológusnak, a Déli-Sarkon egy évet eltöltött kutatónak a Társaság „tisztelési tag”-jává választását. A javaslat szerint — idézzük — „... mint az OMSZ elnöke segítette a magyar földrajzkutatás eredményeinek közkinccsé tételét, támogatta a felsőfokú földrajzkutatás sikeresebbé tételét tanszéki könyvtárak meteorológiai szakkönyvekkel való gazdagításával, a gyakorló méréseket műszerek juttatásával.”

Mindezeket úgy értékelte a javaslat, hogy a tisztelési tagsággal történt kitérítéssel *Barát József* folytatja azok sorát, akik a magyar meteorológusok közül a földrajzi és meteorológiai kutatás közös területein személyesen és irányító tevékenységük révén előbbre vitték közös ügyünket: a magyar föld és éghajlat minél részletesebb, mélyebb és korszerűbb szemléletből fakadó megismerését.

*

Kéri M.

SAJTÓTÁJÉKOZTATÓ AZ ÚJ VIHARJELZŐ RENDSZERŐL

1988. április 29-én az OMSZ sajtótájékoztatót rendezett Siófokon, a Viharjelző Obszervatóriumban, az új jelzőrendszer bemutatására. A sajtó munkatársait, valamint a beruházást finanszírozó, illetve lebonyolító intézmények képviselőit *dr. Antal Emánuel* elnökhelyettes köszöntötte. Bevezető előadásában tájékoztatta a résztvevőket, hogy a Balatonon 1934 júliusá-

ban bevezetett rakétás viharjelzés megszűnt, átadva helyét a távvezérléssel kezelt fényjelzőknek. Az utolsó jelzőrakétát 1987. szeptember 27-én lőtték fel a Balatonon; az 1988-as szezonban már a fényjelzés számít hatósági jelzésnek.

Antal Emánuel rövid történeti áttekintést adott a viharjelző tevékenységről: A kezdetben 15 riasztó állomással működő „vízbőlmentő szolgálat” meteorológiai irányítását az akkori Légügyi Hivatal munkatársai látták el, kezdetben Mátyásföldről, majd Budaörsről. A II. világháború utolsó éveiben szünetelt a szolgálat, majd 1951 nyarán — ismételt vízbalesetek nyomán — újból megindult a viharok jelzése, előbb 24, majd 34 rakétakilövő állomásról. A meteorológiai kiszolgálást átvette az Országos Meteorológiai Intézet, s ezt követően a viharjelzés személyi és tárgyi feltételeit is megteremtette: 1956-ban épült fel Siófokon a Viharjelző Obszervatórium, amely azóta is impozáns otthona a Balatonra vigyázó meteorológusoknak. A 60-as évektől kezdve a viharjelzés tudományos háttere és technikai felszerelése egyaránt gyors fejlődésnek indult, éppúgy, mint a Belügyminisztérium felügyelete alá tartozó vízrendészet: gyorsjárású mentőhajók mellett motorcsónakos vízirendőrök is segítenek a mentésben. Évente átlagosan 200–600 személyt mentenek ki a háborgó Balatonból, vagyis évente ennyien köszönhetik az életüket a vízirendőröknek (meg a viharjelző szolgálatnak...).

A rakétás jelzés fölött azonban eljárt az idő: a töltet pukkanását sokan összetévesztették a tő fölött gyakorlatozó repülőgépek okozta hangrobbanással, az éjszakai riasztás hiánya miatt igen magas volt a viharjelzések időtartama (a szezon 66%-ában valamilyen korlátozás volt érvényben, a jelzés nem volt folyamatos stb.) A 70-es években a Belügyminisztérium, az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság, valamint a Balatoni Intéző Bizottság vezetői kormányzati lépéseket tettek a viharjelzés korszerűsítése érdekében: A „Balaton regionális rendezési tervéről” intézkedő 1013/1979 sz. Mt. határozat az OMSZ-ot bízta meg a jelzőrendszer korszerűsítésével. Az Mt. határozat nyomán lehetőség nyílt arra, hogy 1982/83-ban a tó keleti medencéjében — kísérleti jelleggel — felállítsuk és üzemeltessük a teljesen hazai gyártású, új viharjelzési technikát. Ennek sikere nyomán az Országos Tervhivatal, az Állami Biztosító és a Balatoni Intéző Bizottság teremtette meg a

munka folytatásának anyagi fedezetét; 1987-ben kiépült a teljes balatoni jelzőrendszer, sőt a Velencei-tó is kapott egy fényjelzőt — mondotta tájékoztatójában Antal Ernő.

Ezután Bőjti Béla, a Viharjelző Observatórium vezetője ismertette a jelenlevőkkel az új jelzőrendszert, amely Siófokról URH távvezérléssel irányított 24 darab fényjelzőből áll. A fényjelzőkben 2 db, egyenként 400 W-os, sárga-fényű nátriumlámpa világít, amelyeknek fényteltjesítménye megfelel 5 kilowattnyi hagyományos fényforrásnak. A fényhatást fokozza a lámpák körül forgó tükör, amely pásztázó, villogó hatást kelt. A villogás gyakoriság fontos információit hordoz: a fényjelző ugyanis nem színel, hanem a villanások frekvenciájával jelzi a riasztás fokozatát. Percenkénti 30 villanás felel meg a „rég” sárga jelzésnek (amit most „I. fokú viharjelzés”-nek minősít az új jogszabály), míg a percnkénti 60-as villogás a régi „piros” jelzésre, vagyis a „II. fokú viharjelzés”-re figyelmeztet. Bőjti Béla emlékeztette a résztvevőket a „tavakban való firdésre” vonatkozó belügyminiszteri rendeletre, amely szerint:

„— az I. fokú viharjelzés percnként 30-szor felvillanó fényjelzés — esetén a parttól 500 méternél nagyobb távolságra tilos fürdeni;
— a II. fokú viharjelzés — percnként 60-szor felvillanó fényjelzés — esetén a parttól legfeljebb 100 méter távolságra szabad fürdeni.”

Az Observatórium vezetője elmondotta még, hogy Siófokon folyamatos szinoptikus szolgálat lesz a viharjelzési idényben, így a jelzőrendszer bármikor, akár a hajnali órákban is, bekapcsolható, ha az időjárás helyzet úgy kívánja. Ezáltal várható a riasztások időtartamának, a fürdőzők és vízisportolók korpóztatásának jelentős csökkentése. A viharjelzés új módjáról a haza vendégeket a tömegkommunikáció révén fogják tájékoztatni, a külföldiekre gondolva pedig hamarosan négynyelvű szóróanyag jelenik meg.

A sajtótájékoztató résztvevői ezután megtekintették az új jelzőrendszer vezérlő központját és a siófoki fényjelzőt, valamint a meteorológiai kiszolgálás technikai eszközeit.

Mezősi M.

*

A KAPG TEVÉKENYSÉGE, A METEOROLÓGIAI KUTATÁSOK A KAPG KERETÉBEN

A KAPG a szocialista országok Tudományos Akadémiáinak együttműködési szervezete, amelyet a „planetáris geofizikai kutatások” összehangolására hoztak létre közel négy évtizede. A „geofizikai kutatások” elnevezésbe nem csak a szilárd Föld, hanem a felsőlégkör, illetve a troposféra dinamikai és klimatológiai vizsgálatait is beleértik.

A szervezet elnöke *Bulanze* akadémikus, szovjet geofizikus. A hazai KAPG-bizottság vezetője *Ádám Antal* a Soproni Geodéziai és Geofizikai Intézet igazgatója, a meteorológiát *Rákóczi Ferenc* az ELTE tszv. egyet. helyettes tanára képviseli.

A szervezet két évente tartja konferenciáját. A legutóbbit 1987. április 20 és 30 között rendezték Neubrandenburghban (NDK). A KAPG bizottsági ülése mellett három szimpózium és két szeminárium megtartására került sor. A „C” szimpóziumnak „Légkörfizika és a geofizika hozzájárulása a környezet tanulmányozásához” volt a témája, míg az I. szemináriumon a légköri határreteg kutatásában elért eredményekről számoltak be. Mindkét rendezvénynek voltak magyar előadói. *Bence Pál* a lélegektromos és ionoszféra kutatásokról számolt be. *Rákóczi Ferenc* „A szélességnek a planetáris határretegben mutatkozó csökkenéséről” címmel tartott előadást, *Weidinger Tamás* a talajközeli réteg turbulens kiserélődési folyamatait elemezte a szarvasi toronymérések alapján.

A KAPG öt témakör (project) kutatásait fogja össze, közülük három a földkéreg kutatásával foglalkozik. Ide tartozik a szeizmológia (I. témakör), a geodinamika (II. témakör), valamint a geofizikai adatfeldolgozás és matematikai modellezés problémaköre (V. téma). A bizottsági ülés különösen fontos kutatási irányként jelölte meg a nemzetközi szeizmológiai mérőhálózat kialakítását, valamint a Föld alakjának, forgásának és a nehézségi erőter szerkezetének a megadását.

A IV. témakör a „Nap–Föld kapcsolatok” címet viseli. Ez a felső légkör (ionoszféra-magnetoszféra) kutatását foglalja magába. A meteorológusok számára különösen a 15–100 km-es réteg tanulmányozása érdekes, mivel ez a légköri tartomány fontos indikátora a globális klímaváltozásoknak. E rétegben már lényeges a napsugárzás ionizációs hatása, s itt helyezkedik el az ozon jelentős része is.

A III. témakör „Az atmoszféra és a hidroszféra komplex kutatása-t” foglalja magába; felelőse *Vitek*, professzor, a prágai Légkörfizikai Intézet vezetője. A témakör négy altémára oszlik, ebből kettő meteorológiai kérdéssel foglalkozik. Az egyik a heterogén felszín feletti nem-stacionárius planetáris határreteg (PHR) folyamatait vizsgálja. Ide tartozik a mérőműszerek fejlesztése, az expedíciós mérések szervezése, a mérési adatok feldolgozása s a PHR numerikus modellezése. A másik meteorológiai téma a „Légköri cirkuláció és az éghajlat kutatása, a légkör és a hidroszféra kölcsönhatása”. E témában 8 irányban folyik kutatás, nevezetesen a meteorológiai idősorok klimatológiai feldolgozásával, az általános cirkuláció külső kényszerfeltételeivel, a felszín áramlásmódosító hatásával (termikus és mechanikus kényszer, valamint a párolgás), illetve a lokális cirkulációs rendszerek modellezésével számos hazai kutató is foglalkozik.

zik. A KAPG az elkövetkező évek fő kutatási feladatának az antropogén tevékenység hatására bekövetkező esetleges klímaváltozások modellezését tekinti.

A KAPG szoros kapcsolatban áll a Meteorológiai Szolgálatok vezetőinek konferenciájával. A Neubrandenburi ülésen e szervezetet *Dévényi Dezső* a Közp. Előrejelző Intézet osztályvezetője képviselte. A KAPG vezetősége szorgalmazta többek között a spektroszkópikus mérőműszerek elterjesztését a légszennyeződések meghatározásában. Kiemelték az akadémiai intézetek, illetve a meteorológiai szolgálatok és a KAPG-bizottság közötti jobb információcsere szükségességét is.

A KAPG az elkövetkező években be kíván kapcsolódni a Nemzetközi Geoszféra – Bioszféra Programba (IEBP). A részletes együttműködési programot a következő konferenciára dolgozzák ki.

A hazai meteorológiai kutatóhelyek közül csak az ELTE meteorológiai tanszéke vesz részt a KAPG munkájában. A tanszék a III. témakör egyik altémájában dolgozik több mint tíz éve. A talajközeli réteg és a teljes planetáris határréteg (PHR) parametritzációjával, illetve a toronymérések feldolgozásával foglalkozik. A tanszék kezdeményezésére alakult meg 1987-ben a planetáris határréteg-seminárium, amely fórumot teremt a hazai PHR kutatásoknak.

Az OMSZ – sajnálatosan – kivált a KAPG-ből. E szervezet pedig kiváló fóruma a kutatók közötti kapcsolattartásnak, a kutatási eredmények ismertetésének. A KAPG által koordinált témák azonban az esetek nagy részében csak az egyes országokban folyó párhuzamos kutatásokat jelentik, nem pedig az egyes témákban szerveződő nemzetközi kutatócsoportokat. Így a munkába sok formális elem is vegyül. Nehézségekbe ütközik az együttműködési programok finanszírozása is.

A hazai PHR-kutatásokhoz kapcsolódva e tudományterület KAPG-beli szerepével részletesebben is foglalkozunk. A planetáris határréteg kutatásában – különösen ami a méréseket és az adatfeldolgozást illeti – hagyományosan jó kapcsolatok alakultak ki a különböző intézetek között. Az elmúlt években több nemzetközi expedíciós mérést szerveztek. 1981-ben a Címjlanszki-sztyepen a homogén és izotróp turbulens áramlás karakterisztikáit elemezték mérőtornyok, akusztikus anemométerek és sodarok segítségével. E kutatásban szovjet, csehszlovák lengyel, és NDK-beli meteorológusok vettek részt. 1986 nyarán az észak-csehországi Kopistyben szerveztek kéthónapos expedíciót a nem homogén PHR szerkezetének kimérésére. Itt már megjelentek a nedvességfluktuáció-mérők, s komplex sugárzáshatártartási méréseket is végeztek. A programban – megfigyelőként – részt vett az ELTE meteorológiai tanszéke is. A kutatási eredményeket Neubrandenburgban a KAPG-konferencián ismertették.

1988 nyarán rendezik a KUREX – 88 expedíciót Kurszk környékén, 100×100 km²-es területen. A kutatás célja a lokális, mezo- és nagyszkalájú folyamatok vizsgálata, a hidrológiai ciklus elemzése, valamint a felszín-légkör kölcsönhatások kutatása. Ez a mérési sorozat a Nemzetközi Geoszféra – Bioszféra Program része.

A most folyó kutatási szakasz eredményeit az 1989 tavaszán Sopronban megrendezésre kerülő XX. KAPG-ülésen foglalják össze. Itt készítik el a szervezet 1990 – 1995 közötti programtervezését is.

A konferencián – előzetes elképzelések szerint – két meteorológiai szekcióban lesznek előadások. A tervezett program közreadásával szeretnénk felkeltani az érdeklődést e fontos tanácskozási iránt:

I. szekció: A légköri planetáris határréteg folyamatainak modellezése. a) A szél-, hőmérséklet- és nedvességmentő turbulens rezsimjének karakterisztikái a PHR-ben. b) A szennyanyag terjedésének parametritzálása. c) A nem-stacionárius PHR folyamatainak matematikai modellezése.

II. szekció: A légköri cirkuláció, az éghajlat és kapcsolatuk a hidroszférával. a) Az általános cirkuláció klimatológiai és dinamikai leírása. b) A PHR és az általános cirkuláció kapcsolata. c) Az esetleges klímaváltozások modellezése. d) A légköri – felszíni vízciklus.

Remélhetőleg, a KAPG keretében végzett kutatások jobb összehangolása, – a már meglévő – szervezeti keretek ésszerűbb kihasználása elősegíti a hazai KAPG-tevékenység kiszélesedését is.

Weidinger T.

*

AZ ALAPRENDSZEREK BIZOTTSÁGÁNAK (CBS) IX. ÜLÉSE GENFEN

A Meteorológiai Világszervezet X. Kongresszusa után a világszervezet technikai bizottságai közül elsőként az Alaprendszerek Bizottságának IX. ülésére került sor Genfben 1988. január 25. és február 5. között. Következésképpen a bizottság munkájában már a kongresszus eredményeire és az 1988 – 1997-es időszakra ott elfoglalt hosszútávú terv irányelveire támaszkodhatott.

Megtették a kezdő lépéseket az Időjárás Világszolgálat (WWW) legfontosabb elemét képező adatfeldolgozó alaprendszer szerkezeti felépítésének megváltoztatására. A földrajzilag meghatározott világ és regionális meteorológiai központok mellett növekvő számban megjelennek a konkrét igényeket, korszerű felszereltséggel, magas színvonalon kielégítő specializált regionális központok, amelyek például közép-

és hosszútávú előrejelzéseket készítenek az egész Földre (ECMWF), illetve monszun és trópusi ciklon előrejelzéseket meghatározott körzetekre (ASEAN Centre), vagy egyéb, az adott régióban szükséges (alap) előrejelzésekkel és veszélyjelzésekkel látják el a körzet tagországait, mint például a Bolongnában létesítendő Földközi-tengeri Meteorológiai Veszélyjelző Központ. Ez utóbbi magyar szempontból különösen figyelemre méltó, minthogy tevékenysége nagymértékben segítheti a magyar meteorológusok munkáját a földközi-tengeri hatások által determinált időjárási helyzetekben.

Nem lehet eléggé hangsúlyozni, hogy az előrejelző munkához nélkülözhetetlen megfigyelő alapszerberben még a jelenleginél is nagyobb fontossága lesz a magaslégköri megfigyeléseknek, azok minőségének. Jóleső érzéssel tapasztalhattuk, hogy a magyarországi magaslégköri felszállások színvonala igen előkelő helyet foglal el a ECMWF értékelésében. A hagyományos megfigyelő rendszerek mellett tovább nő a jelentősége az automatizált és az intenzív megfigyelő rendszereknek, mint például az időjárási radarhálózatoknak (COST 72 és a szocialista országok időjárási radarhálózata) és a meteorológiai műhold rendszereknek. Különösképpen az utóbbiak által szolgáltatott légköri szondázások jelentősége fokozódik. E tekintetben az Országos Meteorológiai Szolgálat helyes úton járt, amennyiben lehetőségeihez képest résztvesz az *International TOVS Study Conference* munkájában és eredményeinek hazai adaptálására, operatív bevezetésére törekszik.

A távközlés vonatkozásában a meteorológiai adatok szüntelenül növekvő mennyisége mellett a szeizmikus adatcsere is igénybe vett globális távközlési alapszerberben a csernobili események kapcsán egy esetleges nukleáris baleset következményeinek csökkentésére, a szükséges intézkedésekhez nélkülözhetetlen radiológiai adatok is meg fognak jelenni a jövőben, valamint a nukleáris szennyezőanyagok terjedésének meghatározására szolgáló produktumok, A globális távközlési alapszerber csak úgy tehet eleget a szüntelen növekvő követelményeknek, ha tovább növeli az adatátviteli sebességet, annak biztonságát és a távközlés automatizálását. Kedvező hazai eredménynek számít, hogy ennek érdekében Magyarországon ez év elején bevezettük a saját fejlesztéssel realizált X. 25. protokoll elnevezésű hibavédelmi eljárást Budapest és Prága között.

A megfigyelési adatok gyorsabb, megbízhatóbb továbbítása és könnyebb felhasználhatósága érdekében kerül sor az adat management koncepció gyakorlati megvalósítására, valamint a hagyományos kódolási eljárásoktól gyökeres módon különböző BUFRR kód bevezetésére az Időjárási Világszolgálatban. A bizottság erre

vonatkozó döntéseinek messzemenő és kedvező kihatása lesz a jövőt illetően. Az adat management koncepcióból kiindulva a közelmúltban jelentős lépést tettünk Magyarországon is azzal, hogy az adatátvitel feladatkörét kibővítettük az előzetes adatfeldolgozással; a meteorológiai táviratok egy részét (TEMP, GRID) nem távirati formában, hanem térképesen ábrázolva juttatják el az elsődleges hazai felhasználóhoz, az operatív előrejelző szakemberekhez. A BUFRR kód bevezetése, ami bármely meteorológiai jelentés bináris kódolását, továbbítását és tesztszerű felhasználó orientált megjelenítését teszi lehetővé, teljesen új távlatokat nyit. Bevezetésének természetesen megvannak a feltételei, szerencsére azonban párhuzamosan használható a hagyományos kódokkal, a globális távközlési rendszer arra alkalmas szakaszain, a megfelelő számítástechnika megléte esetén, s a technikai fejlődés függvényében válik majd fokozatosan egyeduralgolóvá.

Az Alapszerber Bizottsága történetében először fordult elő, hogy programjába iktatott egy háromnapos technikai konferenciát az operatív időjárás előrejelzés kérdéseiről (TECOFOR). Az ennek során elhangzott előadások és az azokat követő vita jó áttekintést nyújtott az időjárás előrejelzés terén elért eredményekről, a folyamatban levő fejlődésről és a probléma területekről, az időjárás előrejelzések teljes idősikáláján. Meggyőződhetünk arról, hogy a hazai időjárási előrejelzések felhasználó orientált gyakorlata jól beleilleszkedik a fejlődés nemzetközi irányvonalába és a szerény eszközökre alapozott, de intelligens interaktív rendszer fejlesztésünk érdeklődésre tarthat számot más országok részéről. Ezt bizonyította a magyar előadás kedvező fogadtatása (GROG — *An inexpensive interactive system for tailoring and distributing weather forecasts on all scales*).

Az ülészak fontos eseménye volt az új tisztviselők megválasztása. A következő négyéves időszakra az Alapszerber Bizottsága elnökvé választották a népszerű *Dr. A. A. Vasziljvet*, a moszkvai Meteorológiai Világközpont igazgatóját, elnökhelyettesé pedig a nagy nemzetközi gyakorlatáról ismert *Dr. T. Mohr-t*, az NSZK Meteorológiai Szolgálatának elnökhelyettesét.

Az Alapszerber Bizottságának ezen IX. ülésén hazánkat és a Magyar Meteorológiai Szolgálatot kormánymegbízóval *Kapovits Albert* képviselte, aki az ülészak során a Jelölő Bizottság elnökeként is tevékenykedett. A technikai konferencián magyar részről résztvett még *Atgner Szilárd*, aki a már említett és érdeklődésel fogadott előadásunkat prezentálta.

Kapovits A.

SZERZŐINK FIGYELMÉBE

NOTES TO THE AUTHORS

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

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

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

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

Szövegrész: Alcímekkel értelemszerűen fejezetekre tagolandó.

Irodalmi hivatkozások: Szövegben a hivatkozás tartalmazza a szerző(k) nevét 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 publikáltak 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, szöveggel együtt, külön lapon kell mellékelni.

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

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

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

Papers will be subjected to constructive criticism by unidentified referees.

The manuscript should meet the following formal requirements:

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

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

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

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

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

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

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

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT FOLYÓIRATA

A szerkesztésért felel: dr. Mészáros Ernő
Szerkesztőség: 1024 Budapest, Kitaibel Pál utca 1.
Levél cím: 1525 Budapest, Pf. 38. Tel.: 353-500
Kiadja a Pallas Lap- és Könyvkiadó Vállalat, Budapest VII., Lenin körút 9–11. Telefon: 221-285
Levél cím: 1906 Budapest, Pf. 223
Felelős kiadó: Siklósi Norbert vezérigazgató
88.4486., Állami Nyomda, Budapest
Felelős vezető: Mihalek Sándor igazgató

INDEX: 26 361

HU ISSN 0324—6329