

IDŐJÁRÁS

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT FOLYÓIRATA

87. ÉVF. ★ 1. SZÁM ★ 1983. JANUÁR — FEBRUÁR

TARTALOM

Rodhe, H. — Granat, L.: A kén nyári és téli mérlege Európa fölött; a tartózkodási idő évszakos változása (angolul)	1
Mészáros Ágnes — Horváth Zsuzsanna: Az ólom és kadmium koncentrációja regionális háttér levegőben Magyarország fölött (angolul)	7
Rao, G. G. S. N. — Ramana Rao, B. V. — Rama Krishna, Y. S.: Erdősávok hatása a szélrendszerre és a párolgásra (angolul)	14
Pataki Márta: A Föld UV sugárzástehatában és bioklimájában emberi tevékenység miatt várható változások	22
Tar Károly: A szélenergia statisztikai vizsgálata	29
Tutsek Endre: Szélmezőtípusok előállítása clusteranalízissel	38
Irodalom	52
Krónika	53

CONTENTS

Rodhe, H. — Granat, L.: Summer and winter budgets for sulfur over Europe; an indication of large seasonal variations of residence time (in English)	1
Mészáros, A. — Horváth, Zs.: Lead and cadmium concentrations in regional background air over Hungary (in English) ...	7
Rao, G. G. S. N. — Ramana Rao, B. V. — Rama Krishna, Y. S.: Wind regime and evaporative demand as influenced by shelterbelts (in English)	14
Pataki, M.: Possible anthropogenic variations in the Earth's UV radiation climate and bioclimate	22
Tar, K.: Statistical examination of wind energy	29
Tutsek, E.: Wind field classification by cluster analysis	38
Literature	52
Chronicle	53

JOURNAL OF THE HUNGARIAN METEOROLOGICAL SERVICE

VOL. 87. ★ NO. 1. ★ JANUARY — FEBRUARY 1983 ★ BUDAPEST

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata
Journal of the Hungarian Meteorological Service

SZERKESZTŐ BIZOTTSÁG – EDITORIAL BOARD

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

Elnök – Chairman of the Editorial Board:

MÉSZÁROS E. (Budapest)

Szerkesztő – Editor:

LŐRINCZ ANNA (Budapest)

Szerkesztőség: Budapest, Postafiók 38. 1525

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

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

The actual subscription rate is determined by the distributor

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 87. évf. 1. szám. 1983. január–február
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 87. No 1. Jan. – Feb. 1983. Budapest

Summer and winter budgets for sulfur over Europe; an indication of large seasonal variations of residence time*

H. RODHE and L. GRANAT, Department of Meteorology, University of Stockholm, Arrhenius Laboratory, S-106 91 Stockholm, Sweden

A kén nyári és téli mérlege Európa fölött; a tartózkodási idő évszakos változása. Az Európa fölötti légkörre vonatkozó évszakos kén-mérleg számítások azt mutatják, hogy a kémiai átalakulás és kihullás folyamatai különböző évszakokban különbözőek. Becslések szerint a kén-dioxid nyáron kb. kétszer olyan gyorsan alakul át szulfáttá, mint télen és a téli hónapokban az ipari eredetű kén kétszer olyan messzire jut el, mint a nyári évszakban. Ez utóbbi különbséget részben a légáramlás átlagos sebességének évszakos változása magyarázza. Jelen dolgozatban bemutatott adatok alapján azonban az is kitűnik, hogy télen a kén tartózkodási ideje kb. 60%-kal hosszabb, mint nyáron. Különösen nagy a különbség a téli és nyári tartózkodási idő között, ha a kéntartalmú levegő észak-kelet irányba mozog.

✱

Summer and winter budgets for sulfur over Europe; an indication of large seasonal variations of residence time. By establishing seasonal sulfur budgets for the European atmosphere it is shown that transformation and removal rates exhibit very significant seasonal differences. Tough calculations indicate that the rate of transformation of SO₂ to sulfate within this region is about a factor of two larger in summer than in winter and that the decay distance for the industrial sulfur is about a factor two larger in winter than in summer. Part of the seasonal difference in decay distance is due to a difference in average transport velocity. However, a seasonal difference in residence time is also implied with the winter value being larger than the summer value by about 60 percent. For that fraction of the sulfur which is transported towards north-east the seasonal difference in residence time is likely to be even more pronounced.

✱

Introduction. Several attempts have been made during recent years to estimate the budget of sulfur in the atmosphere over the industrial regions in Europe and North America (Rodhe, 1972; Granat et al., 1976; Galloway and Whelpdale, 1980; Mészáros, 1982). These budgets generally have been based on estimates of annual averages of emission, concentration and deposition. At the same time we know that the conditions affecting the various budget terms exhibit a pronounced seasonal variation. This is true both for the emission rates and for factors governing transport, chemical transformation and deposition.

The aim of this study has been to make separate estimates of the European sulfur budget for the two extreme seasons and to see whether seasonal differences in average transport distance and residence time can be inferred. The starting point of the study was the observation that in spite of a significantly larger European emission of sulfur in winter than in summer (OECD, 1977), the wet deposition and probably also the dry deposition in Scandinavia are larger in summer than in winter (Granat, 1982).

*Presented at Swedish-Hungarian Seminar on Atmospheric Chemistry, Budapest, 12 October 1982.

The data

We have used measured concentrations of SO_2 , aerosol sulfate and precipitation sulfate obtained on a daily basis at some 40 stations participating in the EMEP project (cf. *Figure 1*). Information on sampling and analysis techniques is available in *EMEP* (1977) and *Thrane* (1981). The sea salt fraction of the sulfate has been subtracted.

It is hard to judge precisely the quality of the observational data. Despite a considerable effort among the participating countries to assure high quality this has not always been completely achieved. Sources of errors include poor siting of stations leading to undue local contamination and uncertainty of analytical methods at low concentrations (for SO_2 in particular). These uncertainties have to be kept in mind at the interpretation of the data.

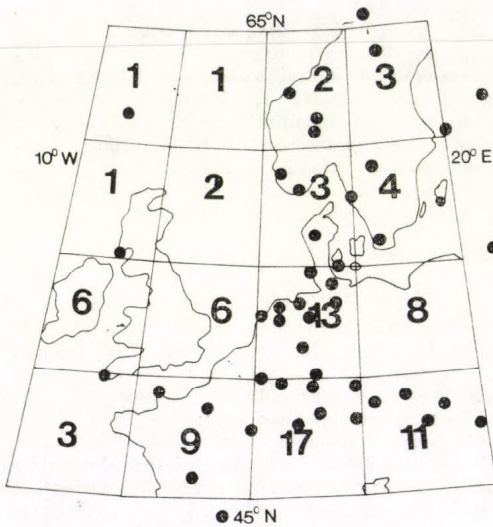


Figure 1. Locations of measurement stations and estimated grid values of average wintertime (January–March) surface concentration of SO_2 . Unit: $\mu\text{g SO}_2\text{-S m}^{-3}$.

For each station average values were calculated for winter and summer seasons separately. The winter season was taken as January through March and the summer season as July through September and averages were formed over three years (1978–1980.) Precipitation amounts were taken from climatological averages rather than from actual data for the periods considered. The uncertainty in the wet deposition figures introduced by this simplification is estimated to be less than 30%. Given all other uncertainties in this study, this is not critical. Mixing height values were taken from *Eliassen* and *Saltbones* (1982).

Data on anthropogenic emissions were taken from *Dovland* and *Saltbones* (1979). This is a slight revision and update of the emission inventory given by *Semb* (1978). Winter and summer emission rates were calculated based on the seasonal variability given in Figure 2.5 of the OECD report (*OECD*, 1977). The uncertainty associated with this estimate of seasonal variability could be appreciable.

Methods of calculation

The area used for the budget calculations is bounded by latitudes 45°N and 65°N and by longitudes 10°W and 20°E with a surface area of $4.2 \times 10^{12} \text{ m}^2$. This is the same area as the one used by *Rodhe* in *Granat et al.* (1976). Concentrations,

precipitation amounts and mixing heights were estimated in 16 evenly distributed grid squares. Figure 1 shows the estimated field of winter time SO₂ concentrations as an example. Admittedly, this procedure included a fair amount of subjective extrapolations not the least over ocean areas where no observations are available.

TABLE I.
Deposition velocity values used in the estimates of the dry deposition
Unit = cm s⁻¹.

	Summer			Winter		
	sea	land		sea	land	
		north of 55°N	south of 55°N		north of 55°N	south of 55°N
SO ₂	0.6	0.7	0.8	0.8	0.1	0.6
aerosol sulfate	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

Deposition velocities, as shown in *Table I*, were taken from recent summaries (*ISSA*, 1978) with a certain regard to the frequency of occurrence of different types of surfaces. The low value of the deposition velocity over land in winter in the northern parts of the area is motivated by the demonstrated inability of a dry snow surface to absorb SO₂ (*Dovland and Eliassen*, 1976) and the low deposition to dormant coniferous forests (*Granat and Johansson*, 1982). The high deposition velocity for sea surfaces in winter is associated with the enhanced vertical mixing due to unstable stratification in the surface air. The uncertainty in the deposition velocity values may be as large as a factor of two.

In order to make a relevant comparison between emission and deposition it was necessary to estimate the contribution to the deposition within the area of anthropogenic emissions outside the area as well as of natural emissions inside and outside the area. The former contribution was estimated with the aid of a simple dispersion model (cf. *Rodhe*, 1972) using data on anthropogenic emissions outside the area. Since we did not want to specify the average residence time *a priori*, these estimates were made using that value of the average residence time which gave the maximum contribution from the outside sources. Consequently, these estimates must be considered as upper limits. The largest part of the „foreign“ anthropogenic contributions was found to be due to emissions in East Europe. Significant parts also originate from countries to the south (Spain and Italy) and probably from North America.

The natural contribution to the deposition cannot be easily established. We made rough estimates in two independent ways. First by assuming a global annual flux of ≤ 100 Tg S (*Ivanov*, 1982) and distributing it evenly over the globe (with a certain seasonal modulation corresponding to differences in temperature). The other method was based on the assumption that the lowest of the observed (average) values in the region would be close to a natural background. Since even the most remote stations (northern Scandinavia and Faroe island) certainly to some degree are influenced by the European anthropogenic emissions, this method probably gives an overestimate. These two estimates (overestimates) turned out to agree reasonably well. If the natural sources were concentrated to the same areas as where the largest anthropogenic emissions take place, none of these methods would, of course, be quite appropriate.

Discussion

The main results of the calculations are summarized in *Table II*. The observed concentration values represent un-weighted averages over the area. Values for precipitation amounts are averages weighted approximately according to the magnitudes of the concentration of sulfate in precipitation. This means that the wet deposition is equal to the product of the average concentrations of sulfate in precipitation and the precipitation amount. A similar weighting—based on the SO_2 concentration—has been applied to the mixing height values. Thus the total inventories within the region (the “burdens”) are equal to the product of the concentration, the mixing height and the surface area. Despite the considerable uncertainties associated with most of the estimated numbers, we believe that the following features are worth mentioning.

1. The average concentration of SO_2 in surface air is two to three times higher in winter than is summer.
2. The total content of SO_2 is about twice as high in winter as in summer. This is consistent with the high rate of anthropogenic emission in winter.
3. The seasonal difference in aerosol sulfate and in precipitation sulfate is small with only a slightly higher concentration in winter.
4. The wet deposition is roughly similar during the two seasons whereas dry deposition is about two times higher in winter than in summer.
5. The fraction of the anthropogenic emission deposited inside the area is higher in summer than in winter.

TABLE II.
Observed and derived quantities referring to the whole budget area ($4.2 \times 10^{12} \text{ m}^2$).

	Unit	Summer (July – Sep)	Winter (Jan – Mar)	Summer Winter
<i>Meteorological factors</i>				
Precipitation	mm/3months	210	150	1.4
Mixing height	m	1100	800	1.4
<i>Observed concentration</i>				
SO_2 in air	$\mu\text{g S/m}^3$	2.7	7.0	0.4
sulfate in aerosol	"	1.5	2.3	0.7
sulfate in precipitation	mg S/l	1.3	1.5	0.9
<i>Atmospheric burdens</i>				
SO_2 in air	10^9 g S	12	24	0.5
sulfate in aerosol	"	7	8	0.9
total S (SO_2 + aerosol sulfate)	"	19	32	0.6
<i>Fluxes</i>				
Dry deposition of SO_2	Tg S/3months	0.6	1.3	0.5
Dry deposition of sulfate	"	0.1	0.1	—
Total dry deposition	"	0.7	1.4	0.5
Wet deposition	"	1.1	0.9	1.2
Total deposition	"	1.8	2.3	0.8
Deposition due to outside anthropogenic sources	"	≤ 0.3	≤ 0.6	—
Deposition due to natural sources	"	≤ 0.3	≤ 0.3	—
Deposition due to inside anthropogenic sources	"	1.2 – 1.8	1.4 – 2.3	~0.8
Anthropogenic emissions inside area	"	2.4	4.5	0.55
Fraction of anthropogenic emission deposited inside area		0.5 – 0.8	0.3 – 0.5	~1.6
Fraction of anthropogenic emission exported		0.2 – 0.5	0.5 – 0.7	~0.6

It is worth emphasizing that these relations all refer to averages over the region. In specific areas within the region the relations may be quite different.

The seasonal variation of the ratio between the sulfate and the SO_2 burdens (0.3 in winter and 0.55 in summer) indicates a pronounced seasonal variation in the rate of transformation of SO_2 to sulfate. To a certain degree this effect may be due to higher wind speeds in winter leading to shorter transport times between the major source regions and the more remote stations.

The seasonal difference in the fraction deposited inside the area (point 5 above) primarily indicates a seasonal difference in decay distance.

In order to see whether a difference in average residence time is also implied, a statistical analysis has been carried out of trajectories originating from western FRG (Köln) during the period of investigation. The trajectories were followed for a period of 60 hours. The analysis showed that the average transport velocity away from the point of origin was about 30% higher during the winter months than during the summer months (between 7 and 8 m/s compared to about 6 m/s). This difference is not large enough to explain the seasonal difference in the fraction deposited inside the area.

For a semiquantitative evaluation of the difference in deposited fraction we use a simplest possible type of transport/deposition model (Rodhe, 1972). Consider the major source region on the European continent to be a point source and assume that air parcels move out from this source with a constant velocity and subject to a constant rate of removal. If the transport is directionally uniform we have

$$D(r) = Q (1 - e^{-r/r_0})$$

where r is the distance from the source, $D(r)$ the deposition accumulated out to the distance r , Q the emission and r_0 a decay distance determined by the removal efficiencies and the transport velocity. Let L be the average distance between the source and the boundary of our area (≈ 1500 km). From the percentages given in Table II it follows that r_0 is roughly a factor of 2 larger in winter than in summer. The seasonal difference in average residence time is somewhat less (due to the higher transport velocities in winter), with a ratio of about 1.6 between the winter and summer values.

It should be pointed out that the seasonal difference in deposited fraction would have been even more pronounced if the area considered had been extended further to the east in over the continent where the winter time deposition velocity is likely to be small. That fraction of the sulfur from central Europe, which is transported towards east and north-east in winter, should have a considerable lower average residence time than the sulfur emitted from the same region during summer. This is consistent with the relatively high content of sulfur in the Arctic air during winter.

The average washout ratio, defined as the ratio between the average values of sulfate in precipitation and aerosol sulfate exhibits only a small seasonal variation (0.9×10^6 in summer and 0.7×10^6 in winter). If SO_2 sulfur is added to aerosol sulfur in this definition, the seasonal difference becomes more pronounced (0.3×10^6 in summer and 0.15×10^6 in winter).

Conclusions

By establishing seasonal sulfur budgets for the European atmosphere we have shown that transformation and removal rates exhibit very significant seasonal differences:

- the rate of transformation of SO₂ to sulfate within the European region is about a factor of two larger in summer than in winter;
- the decay distance for the industrial sulfur in the same region is about a factor of two larger in winter than in summer. The seasonal difference in average residence time is somewhat less pronounced (due to higher wind speeds in winter), the winter to summer ratio being about 1.6. For that fraction of the sulfur which is transported towards north-east the seasonal difference in residence time is even more pronounced.

These seasonal differences should be taken into account in modelling of long-range transport and ought to be investigated in more detail using more sophisticated models for long-range transport. For example, it would be most interesting to use the LRTAP model (OECD, 1977) in the way done by Prahm et al. (1980) to determine the optimum transformation rate (SO₂ to sulfate), separately for the different seasons.

Acknowledgement. This work has been sponsored by the Swedish Environmental Protection Board (contract No. 641-3082-81 Fp). The estimated air trajectories were kindly provided by the Norwegian Meteorological Institute in Oslo.

REFERENCES

- Dovland, H. and Eliassen, A. 1976: Dry deposition on a snow surface. *Atmospheric Environment* 10, 783-785.
- Dovland, H. and Saltbones, J. 1979: *Emissions of sulphur dioxide in Europe 1978*. Report EMEP/CCC 2/79, Norwegian Institute for Air Research, Oslo.
- Eliassen, A. and Saltbones, J. 1982: *Modelling of long range transport of sulphur over Europe: A two-year model run and some model experiments*. Report EMEP/MS-CW 1/82. The Norwegian Meteorological Institute, Oslo.
- EMEP, 1977: *Manual for sampling and chemical analysis. Cooperative programme for monitoring and evaluation of long-range transmission of air pollutants in Europe*. Report EMEP/CHEM 3/77. Norwegian Institute for Air Research, Oslo.
- Galloway, J. N. and Whelpdale, D. M. 1980: An atmospheric sulfur budget for eastern North America. *Atmospheric Environment* 14, 409-417.
- Granat, L. 1982: Measurements of surface resistance during dry deposition of SO₂ to wet and dry coniferous forest. To appear in Proceedings from Workshop on "Effects of accumulation of air pollutants in forest ecosystems". Göttingen, 16-18 May 1982.
- Granat, L., Rodhe, H. and Hallberg, R. O. 1976: The global sulphur cycle. In Svensson, B. H. and Söderlund, R. (eds.) *Nitrogen, phosphorus and sulphur - Global cycles*. SCOPE report 7. Ecol. Bull. (Stockholm) 22, 89-134.
- Granat, L. and Johansson, C. 1982: Dry deposition of SO₂ and NO_x in winter. To appear in *Atmospheric Environment*.
- Husar, R. B. and Holloway, J. M. 1982: Sulfur and nitrogen over North America. Proceedings from the conference "Acidification of the Environment" held in Stockholm, June 1982.
- ISSA, 1978: Sulfur in the atmosphere. *Proceedings of the International Symposium* held in Dubrovnik, Yugoslavia, 7-14 September 1977. *Atmospheric Environment* 12, 14-15.
- Ivanov, M. V. 1982: The global biogeochemical sulphur cycle. In Likens, G. E. (ed.): *Some perspectives of the major biogeochemical cycles*. SCOPE Report 17. J. Wiley and Sons.
- Mészáros, E. 1982: Atmospheric sulfur budgets over continental regions. Proceedings from the Conference "Acidification of the environment" held in Stockholm, June 1982.
- OECD, 1977: *The OECD programme on long range transport of air pollutants; Measurements and findings*. Organization for Economic Cooperation and Development, Paris.
- Prahm, L. P., Conradsen, K. and Nielsen, L. B. 1980: Regional source quantification model for sulphur oxides in Europe. *Atmospheric Environment* 14, 1027-1054.
- Rodhe, H. 1972: A study of the sulfur budget for the atmosphere over Northern Europe. *Tellus* 24, 128-138.
- Semb, A. 1978: Sulphur emissions in Europe. *Atmospheric Environment* 12, 455-460.
- Thrane, K. E. 1981: *The fifth intercomparison of analytical methods within the EMEP*. Report EMEP/CCC 2/81. Norwegian Institute for Air Research, Oslo.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 87. évf. 1. szám. 1983. január–február
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 87. No 1. Jan. – Feb. 1983. Budapest

Lead and cadmium concentrations in regional background air over Hungary*

A. MÉSZÁROS, *Institut for Atmospheric Physics, H-1675 Budapest, P.O.B. 39*, ZS. HORVÁTH, *Department for Analytical Chemistry of Eötvös Loránd University, H-1083 Budapest, Múzeum krt. 6-8.*

Az ólom és kadmium koncentrációja regionális háttér levegőben Magyarország fölött. A légköri aeroszol ólom és kadmium tartalmát mértük 1981 június és 1982 június között vidéki levegőben. Ezen időszak alatt az ólom koncentrációja 2,5–250 ng m⁻³ között, míg a kadmium koncentrációja 0,1–13 ng m⁻³ között változott. Az ólom koncentrációja téli maximumot és nyári minimumot mutat, míg a legmagasabb kadmium koncentrációkat szeptember–októberben mértük. Az ólom és kadmium száraz ülepedését az irodalomból átvett nagyság szerinti eloszlások és ülepedési sebesség értékek segítségével becsültük meg. A kapott értékek a következők: D_d(Pb)=1,1 mg m⁻² év⁻¹, D_d(Cd)=0.011 mg m⁻² év⁻¹.

✕

Lead and cadmium concentrations in regional background air over Hungary. The lead and cadmium contents of the atmospheric aerosol were measured under rural conditions between June 1981 and June 1982. The concentrations ranged during this time period between 2.5–250 ng m⁻³ and 0.1–13 ng m⁻³ for lead and cadmium, respectively. The annual variation of lead concentrations showed a winter maximum and summer minimum while the Cd concentrations reached their maximum values in September–October. The dry deposition of lead and cadmium was estimated on the basis of adopted mass-size distributions and deposition velocity values, and D_d(Pb)=1.1 mg m⁻² y⁻¹ and D_d(Cd)=0.011 mg m⁻² y⁻¹ have been obtained.

✕

Introduction. Lead and cadmium, like other trace elements, are present in the earth's crust in very low concentration. Both of them are known as chalcophile elements, i. e. they tend to be found in sulfide deposits. The average lead and cadmium contents of igneous rocks are about 15 ppm and 0.13 ppm, respectively, while the lead content of soils is of order of its crustal abundance but the concentration of Cd in soils is about 4.5 ppm because of its biogenic enrichment in humic material.

A part of lead and cadmium, has been deposited in rocks and soils, is released by natural and anthropogenic processes and emitted into the atmosphere where they are transported by atmospheric movements and precipitation processes to very great distances. As a consequence of these processes the relative abundance of lead and cadmium in the atmospheric aerosol is of orders of magnitude higher than in the crust. The most important natural and anthropogenic sources of lead and cadmium are shown in *Table I* according to the compilation of *Nriagu* (1979).

It can easily be concluded from the Table that lead and cadmium are emitted into the atmosphere by quite different processes and, on the other hand, a

*Presented at Swedish–Hungarian Seminar on Atmospheric Chemistry, Budapest, 12 October 1982.

comparison of the emission rates of natural and anthropogenic sources shows that the annual anthropogenic emissions both of cadmium and lead exceed the natural rates by well over an order of magnitude.

Lead and cadmium are known as ones of the most toxic elements in the atmosphere. They enter into the human and animal body through the respiratory tracts and in an indirect way through the alimentary tracts. Their poisoning effects may be increased by their ability to accumulate for long time in the living organisms. Since lead and cadmium are ubiquitous in distribution throughout the world a continuous monitoring of their concentration in the air even at slightly polluted sites is of great importance.

For the above purpose we have started the measurement of the lead and cadmium concentrations in the atmospheric aerosol at our regional background station - K-puszta - located approximately at the centre of Hungary, far from important pollution sources. The results of a one year measuring period are presented in this paper completed with an estimation about the dry deposition of these two elements.

1. Experiments

The aerosol samples were taken every second day from June 1981. The particles were collected first on Sartorius glass fibre filters (SM 34000) later on Whatman 41 paper filters. The exposed area was 6 cm². The filter holder

TABLE I

Worldwide annual emissions of lead and cadmium from natural and anthropogenic sources according to Nriagu (1979). (Anthropogenic emission rates refer to those during 1975)

	Pb	Cd
<i>Natural sources ($\times 10^6$ kg)</i>		
Windblow dusts	16 (0.19 - 35)	0.1 (0.001 - 0.22)
Forest fires	0.5 (0.04 - 2.8)	0.012 (0.001 - 0.07)
Volcanogenic particles	6.4 (4.2 - 96)	0.52 (0.3 - 7.8)
Vegetation	1.6 (1.6 - 21)	0.2 (0.2 - 2.7)
Seasalt spray	0.02 (0.01 - 0.5)	0.001
Total	24.5	0.83
<i>Anthropogenic sources ($\times 10^6$ kg)</i>		
Mining, non ferrous metals	8.2	0.002
Primary non-ferrous metal production		
Cd	-	0.11
Cu	27	1.6
Pb	31	0.20
Ni	2.5	-
Zn	16	2.8
Secondary non-ferrous metal production	0.77	0.60
Iron and steel production	50	0.07
Industrial applications	7.4	0.05
Coal combustion	14	0.06
Oil (including gasoline) combustion	273	0.003
Wood combustion	4.5	0.2
Waste incineration	8.9	1.4
Manufacture, phosphate fertilizers	0.05	0.21
Miscellaneous	5.9	-
Total	449	7.3

was situated at 1.5 m above the ground. The sampling time was 24 hours (from morning to morning) and the average volume of air sampled was about 20 m³.

The lead and cadmium contents in the samples were determined by atomic absorption spectrophotometry. The Whatman 41 filters were leached with 2.0 ml of nitric acid (1 : 1) at 40 °C then diluted and filtered into a 25 ml volumetric flask and filled up with high purity water. 20 μl of the solution was put into the graphite tube and analysed. The glass fibre filters were digested with 10 ml of nitric acid (1 : 1) and again with 5 ml for twenty minutes. Standards were filled up with blanks.

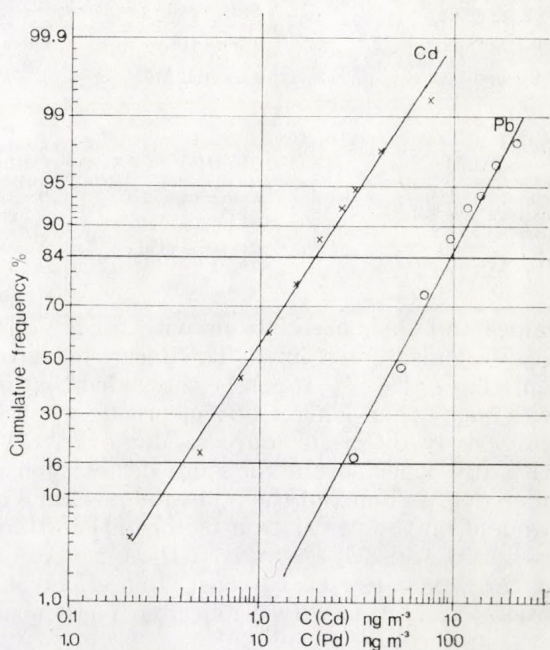


Fig. 1: Cumulative frequency distributions of the daily average lead and cadmium concentrations between June 1981 and June 1982

A Perkin Elmer Model 303 atomic absorption spectrophotometer with a HGA 74 graphite furnace and deuterium background corrector were used for the analyses. The detection limit is about 0.1 ngm⁻³ for Cd and 1.5 ngm⁻³ for Pb. The relative standard deviation of the method is 10%.

2. Results

The concentration of the lead in the air during the one year sampling period varied between 2.5 ngm⁻³ and 250 ngm⁻³ while cadmium concentrations ranged between 0.1 and 13 ngm⁻³. The cumulative frequency distributions of the concentration values are presented in *Fig. 1*. As can be seen the concentrations of both elements have an approximately logarithmic normal distribution. The median values are 0.9 ngm⁻³ and 50 ngm⁻³ for Cd and Pb, respectively.

For comparison of our concentration values with those from other sites a compilation of lead and cadmium concentration data obtained at sites of different pollution levels is presented in *Table II*. As can be seen, our results agree well with those obtained in rural air at other parts of the world.

The correlation between individual lead and cadmium concentration.

TABLE II
Cadmium and lead concentrations at sites of different pollution level

Cd			Pb		
Site	Concentration ng m ³	Reference	Site	Concentration ng m ³	Reference
<i>Remote</i>			<i>Remote</i>		
Jungfrauoch (Switzerland)	0.5	Dams and De Jonge (1976)	Jungfrauoch (Switzerland)	4.4	Dams and De Jonge (1976)
Novaya Zemlya	0.28	Egorov et al. (1970)	South Pole	0.63	Zoller et al. (1974)
Indian Ocean	0.14	Egorov et al. (1970)	Indian Ocean	1.01	Egorov et al. (1970)
<i>Rural</i>			<i>Rural</i>		
West Germany	1.7	Höfken and Gravenhorst (1982)	West Germany	120	Höfken and Gravenhorst (1982)
South Norway	0.17	Thrane (1978)	China	24	Winchester et al. (1981)
U S A	0.5-12	Liou et al. (1977)	U S A	49	Flocchini et al. (1981)
<i>Urban</i>			<i>Urban</i>		
Bombay (India)	4-48	Khandekar et al. (1980)	Perth (W. Australia)	500	O'Connor et al. (1978)
Antwerpen	} Belgium	Kretzschmar et al. (1977)	Antwerpen	} Belgium	Kretzschmar et al. (1977)
Brussel			Brussel		
Charleroi			Charleroi		
Liège			Liège		
Washington, D. C. (USA)	3.5	Kowalezik et al. (1978)	Washington, D. C. (USA)	1330	Kowalezik et al. (1978)

values and their correlations with other pollutants measured at our sampling site were also determined. The linear correlation coefficients obtained are presented in *Table III*. It can be concluded that lead and cadmium do not correlate with each other. This is not surprising when taking into account that they are emitted by different sources. Moreover, Cd concentrations do not correlate with any other parameter studied, not even with SO₂ which is generally considered as an index of the pollution level of a site. Since this latter is highly dependent on the ventilation factor in the atmosphere the lack of correlation between Cd and SO₂ shows that the Cd content of the air is independent of the vertical exchange or, at least, this effect is unimportant compared to other processes, e. g. to advection from farther sources.

TABLE III
Linear correlation coefficients between individual concentrations of lead and cadmium and some other parameters measured at the sampling site (in italic are the correlations significant at 0.01% probability level).

	Pb	SO ₄	SO ₂	NO ₂
Cd	0.11	0.12	0.06	0.06
Pb	—	0.17	0.52	0.70

There is, however, a strong correlation between Pb and NO₂ concentrations, that has been expected since both Pb and NO — the precursor of NO₂ — are emitted predominantly by motor exhaust. The correlation with SO₂ indicates that Pb and SO₂ sources are concentrated in the same areas and their pathways in the air are controlled by meteorological factors in a similar way.

In *Fig. 2* the annual variations of lead and cadmium concentrations are shown. For lead the monthly averages have their maximum values in the winter months and minimum values in summer. This picture appears to be consistent

with results reported by *Habibi* (1973) and *ter Haar et al.* (1972) which established that particulate emission from motor vehicles powered by leaded fuels increases with frequency of "cold starts". According to other studies (*Ganley and Springer*, 1974) there is an inverse relationship between particulate emission rate and exhaust stream temperature.

The annual variation of the cadmium concentrations shows a peak in September and October while in the remaining part of the year there is no significant variation in the monthly averages.

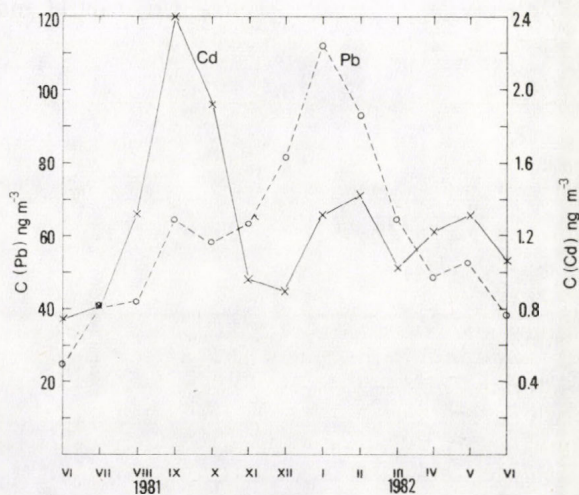


Fig. 2: Annual variations of the monthly averages of the lead and cadmium concentrations

3. Dry deposition of lead and cadmium

Since the effect of a pollutant upon the biosphere depends on its deposition onto different surfaces, we attempted to estimate the dry removal of lead and cadmium from the atmosphere.

The dry deposition rate (D_d) of the aerosol particles is controlled by their deposition velocity (v_d) and their atmospheric concentration (C_d):

$$D_d = v_d \cdot C_d [\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}].$$

The deposition velocity depends, in a first approximation, on the particle size, the roughness of the surface and on the friction velocity. For the larger particles the deposition velocity is controlled mostly by the gravitational settling while for the smaller particles ($d < 1 \mu\text{m}$) turbulent diffusion and Brownian motion are the most important controlling factors.

Because we did not determine the size distributions of lead and cadmium bearing particles we had to adopt suitable size distributions from the literature for the calculation of v_d . The mass-size distributions determined by *Höfken and Gravenhorst* (1981) seemed the most suitable because their measuring site was rather similar to our sampling site. The size distributions used for the calculations are presented in *Fig. 3*.

The corresponding deposition velocity values were obtained from the curve of deposition velocity versus particle size determined by *Chamberlain*,

Clough, Little and Wiffen (see in Garland, 1982) in wind tunnel experiments to grass surface at wind speeds of 2.3–3 m s⁻¹ (Fig. 4). The average v_d values calculated from Figs. 3 and 4 are:

$$\begin{aligned} V_d (\text{Pb}) &= 0.06 \text{ cm s}^{-1}, \\ V_d (\text{Cd}) &= 0.012 \text{ cm s}^{-1}. \end{aligned}$$

Multiplying the above values by the average Pb and Cd concentrations we obtain the following average lead and Cd deposition rates:

$$\begin{aligned} D_d (\text{Pb}) &= 1.1 \text{ mg m}^{-2} \text{ year}^{-1}, \\ D_d (\text{Cd}) &= 0.011 \text{ mg m}^{-2} \text{ year}^{-1}. \end{aligned}$$

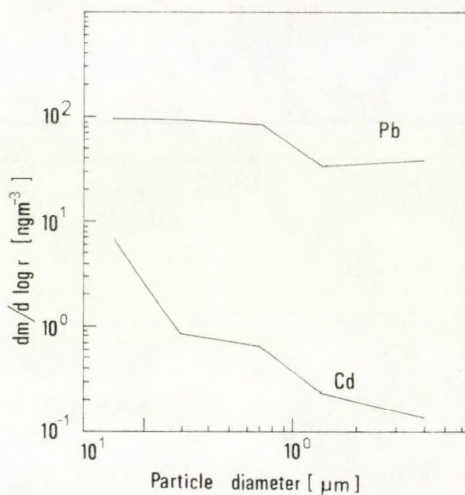


Fig. 3: Mass-size distributions of the lead and cadmium bearing particles (Höfken and Gravenhorst, 1982)

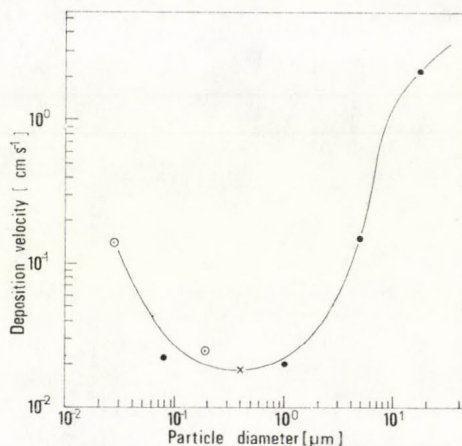


Fig. 4: Dry deposition velocity versus particle size (see in Garland, 1982)

It is to be noted that recent studies have shown some difference between measured v_d values and those calculated in the above way (see e. g. Garland, 1982). According to Garland's results, however, the field experiment results are no more than a factor of 3 higher than wind tunnel measurements suggest. Therefore our dry deposition rates may be considered as acceptable values in a first approximation.

It is obvious, however, that for obtaining a complete picture about possible effect of lead and cadmium on the biosphere at rural conditions in Hungary, the wet deposition of these two elements is also to be determined in the future, since wet deposition may exceed the dry one in an important degree (see e. g. Galloway et al, 1982). For this reason we intend to complete our measuring program with precipitation analyses at different sites of the country.

REFERENCES

- Dams, R. and De Jonge, J., 1976: Chemical compositions of Swiss aerosols from the Jungfrauoh. *Atmospheric Environment* 10, 1079–1084.
 Egorov, V. V., Zhigalovskaya, T. N. and Malakhov, S. G., 1970: Microelement content of surface air above the continent and the ocean. *Journal of Geophysical Research* 75 3650–3655.

- Flocchini, R. G., Cahill, T. A., Ashbaugh, L. L., Eldred, R. A. and Pitchford, M., 1981: Seasonal behavior of particulate matter at three rural Utah sites. *Atmospheric Environment* 15, 315-320.
- Galloway, J. N., Thornton, J. D., Norton, S. A., Volchok, H. L. and McLean, R. A. N., 1982: Trace metals in atmospheric deposition. *Atmospheric Environment* 16, 1677-1700.
- Ganley, J. T. and Springer, G. S., 1974: Physical and chemical characteristics of particulates in spark ignition engine exhaust. *Envir. Sci. Technol.* 4, 340-347.
- Garland, J. A., 1982: Field measurements of the dry deposition of small particles to grass. In *Deposition of atmospheric particles* (Ed. Georgii, H. W. and Pankrath, J.) D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Boston and London, 9-16.
- Habibi, K., 1973: Characterisation of particulate matter in vehicle exhaust. *Envir. Sci. Technol* 7, 223-234.
- Höfken, K. D. and Gravenhorst, G., 1982: *Untersuchung über die Deposition atmosphärischen Aerosols an Buchen- und Fichtenwald*. Umweltforschungsplan des Bundesministers des Innern (FRG). Luftreinhaltung Forschungsprojekt 104 02600.
- Khandekar, R. N., Kelkar, D. N. and Vohra, K. G. 1980: Lead, cadmium, zinc, copper and iron in the atmosphere of Greater Bombay. *Atmospheric Environment* 14, 457-461.
- Kowalczyk, G. S., Choquette, C. E. and Gordon, G. E., 1978: Chemical element balances and identification of air pollution sources in Washington, D. C. *Atmospheric Environment* 12, 1143-1153
- Kretzschmar, J. G., Delebspaul, I., De Rijk, Th. and Verduyn, G., 1977: The Belgian network for the determination of heavy metals. *Atmospheric Environment* 11, 263-271.
- Liouy, P. J., Wolff, G. T., Rahn, K. A., Kneip, T. J., Bernstein, D. M. and Kleinman, M., 1977: Characterisation of aerosols upwind of New York City, I. Aerosol composition. Presented at the American Industrial Hygiene Association Conference, New Orleans, La., May 22-27 1977.
- Nriagu, J. O., 1979: Global inventory of natural and anthropogenic emissions of trace metals to the atmosphere. *Nature* 279, 409-411.
- O'Connor, B. H., Kerrigan, G. C. and Nowland, C. R., 1978: Temporal variation in atmospheric particulate lead and bromine levels for Perth, Western Australia (1971-1976) *Atmospheric Environment* 12, 1907-1916.
- ter Haar, G. L., Lenane, D. L., Hu, J. N. and Brandt, M., 1972: Composition, size and control of automotive exhaust particulates. *J. Air Pollut. Control Ass.* 22, 39-46.
- Thrane, K. E., 1978: Background levels in air of lead, cadmium, mercury and some chlorinated hydrocarbons measured in South Norway. *Atmospheric Environment* 12, 1155-1161.
- Winchester, J. W., Wang Ming-xing, Ren Li-xin, Lü Wei-xiu, Hansson, H-Ch., Lannefors, H., Darzi, M. and Leslie A. C. D., 1981: Nonurban aerosol composition near Beijing, China *Nuclear Instruments and Methods* 181, 391-398.
- Zoller, W. H., Gladney, E. S. and Duce, R. A., 1974: Atmospheric concentration and sources of trace metals at the South Pole. *Science* 183, 198-200.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 87. évf. 1. szám. 1983. január – február
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 87. No 1. Jan. – Feb. 1983. Budapest

Wind regime and evaporative demand as influenced by shelterbelts

G. G. S. N. RAO, B. V. RAMANA RAO and Y. S. RAMA KRISHNA, *Central Arid Zone Research Institute, Jodhpur, India*

Erdősávok hatása a szélrendszerre és a párolgásra. Nyáron és monszun időszakokban, három különböző fajtájú erdősáv esetében (*Prosopis juliflora*, *Cassia siamea*, *Acacia tortilis*) regisztrált szélsébség megfigyeléseket elemzik abból a célból, hogy összehasonlítsák azok szerepét a szélsébség csökkentésében. Az eredmények azt mutatják, hogy 2H távolságban (H az erdősáv átlagos magassága) a *Cassia siamea* hatásos valamennyi szélsébségnél, míg nagy távolságokban (több, mint 2H) a nagyobb szélsébségeket hatékonyabban csökkenti az *Acacia tortilis*. A hatásossági index a három erdősávra azt mutatja, hogy a három közül az *Acacia tortilis*, szorosan ezután a *Cassia siamea* relatíve a leghatékonyabb a szél-erózió és a nedvesség veszteség akadályozásában, monszun időszakban. Kimutatják az erdősávok hatását a légkör párabefogadó képességének lehetséges csökkentésére is.

✕

Wind regime and evaporative demand as influenced by shelterbelts. Wind speed observations recorded during the summer and monsoon seasons in three different tree shelterbelts, viz., *Prosopis juliflora*, *Cassia siamea* and *Acacia tortilis*, have been analysed to compare their performance in wind speed reduction. The results indicate that at 2H distance, (H is the average height of shelterbelt), *Cassia siamea* was found to be efficient at all wind speeds, while at large distances (more than 2H) higher wind speeds were more effectively reduced by *Acacia tortilis*. Effectiveness indices for the three shelterbelts have indicated that *Acacia tortilis*, followed closely by *Cassia siamea* were found to be relatively more effective in checking wind erosion, and moisture depletion during the monsoon season. A possible decrease in evaporative demand of the atmosphere under the influence of the shelterbelts has been indicated.

✕

Introduction. Strong wind regime prevails during the summer (April – June) and monsoon seasons (July – September) in the arid regions of Rajasthan (Northwest part of India). Often these strong winds play havoc by causing a considerable amount of soil erosion during summer and rapid depletion of soil moisture during the monsoon season from cultivated lands, thus affecting the agricultural production. Utility of windbreaks and shelterbelts in controlling wind erosion and conservation of soil moisture are widely known throughout the world. Considerable information on various aspects of shelterbelts protection have been reported by many research workers, viz., *Stockler* (1962), *Chepil* and *Woodruff* (1963), *Bagley* (1964), *Rosenberg* (1967), *Brown* and *Rosenberg* (1972), *Blundell* (1974), *Miller* and *Rosenberg* (1975). Successful demonstration of the utility of shelterbelts was first made in the great plains of the USA for controlling wind erosion hazards. In India too, studies on various aspects of shelterbelts were carried out by *Bhimaya* et al. (1958), *Raheja* (1963), *Ganguli* and *Kaul* (1969) and *Mishra* (1971). Plantation of shelterbelts in Suratgarh Mechanised Farm and on the sides of railway tracks was initiated as early as

1960 by the scientists of the Central Arid Zone Research Institute (*Bhimaya and Chowdhari, 1961*).

In the present paper the effect of three different tree shelterbelts on wind speed reduction depending upon wind regime, with respect to magnitude and direction, are reported. The effect of these shelterbelts on the evaporative demand has also been studied.

1. Materials and methods

The experiments were conducted in eight-year old three-row shelterbelts planted across the prevailing predominant wind direction (south-west) at the Central Arid Zone Research Institute experimental farm, Jodhpur. Each shelterbelt was composed of two lines of *Prosopis juliflora*, *Cassia siamea* and *Acacia tortilis* with a central line of *Albizia lebeck* in each case. The length of each shelterbelt was 100 m. The average height of the shelterbelt (H) was about 5 m, the distance between the two outer rows being 3 m. Hourly wind speed observations were taken using cup counter anemometers (W. Lambrecht make) installed at a height of one metre above the ground at a distance 2H (10 m from the shelterbelt) on the windward side, and also at distance of 2H, 5H and 10H on the leeward side of all the shelterbelts, during the summer and monsoon seasons for the years 1977, 1978 and 1979. The anemometers were periodically calibrated in the open air each year against the standard anemometer fixed at the agrometeorological observatory situated in the experimental farm. Any corrections in the calibration values were taken into account when tabulating the data. Wind profile observations (1, 2 and 4 m height) were taken during the year 1981 in the case of *Acacia tortilis* shelterbelt at a distance 2H on the windward and at distances of 2H, 5H and 10H on the leeward side. Wind directions were recorded with a windvane installed at a distance 2H on the windward side of the shelterbelt. Pan evaporation values were measured with fixed point U. S. open pan evaporimeters at a distance 2H both on the windward and leeward sides of the *Cassia siamea* shelterbelt.

2. Results and discussion

(a) *Wind pattern.* The diurnal variations of wind direction during May to September for the study period are presented in *Table I*. It is observed that the wind were predominant from SSW, SW and WSW directions amounting to a

TABLE I

Hourly percentage frequency distribution of wind direction on the windward side of shelterbelt during the study period and the mean hourly wind direction in degrees (M°)

Time (hours)	Direction															M°	
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW		NNW
900	—	—	7	2	—	—	4	5	—	13	30	36	—	1	2	—	210
1000	—	2	1	5	—	2	5	4	—	10	25	38	—	4	3	1	214
1100	—	—	5	2	—	—	4	2	—	9	22	46	—	4	1	3	222
1200	—	1	5	—	—	—	5	4	—	8	25	43	—	5	2	—	217
1300	—	—	3	2	—	—	5	—	—	13	35	37	—	2	3	1	224
1400	—	4	1	2	—	—	3	1	—	14	38	25	—	2	6	2	218
1500	—	4	5	2	—	—	3	4	—	20	29	26	—	2	3	2	206
1600	—	2	3	2	—	2	3	1	—	13	41	27	—	1	1	2	212
1700	—	—	3	3	—	1	4	2	—	20	43	23	—	1	—	—	210
Mean	—	2	4	2	—	1	4	3	—	13	32	34	—	2	2	1	

mean frequency of 79% in the above directions and at a frequency of at least 70% of occasions at all hours from 900 to 1700 hours. There is not much variation in the diurnal trend in the wind direction.

The daily mean wind speeds calculated from the hourly wind speed observations during the summer (April – June) and monsoon seasons (July – September) at 2H on the windward and at different distances on the leeward side of the three shelterbelts for the years 1977–79 (Table II) revealed that wind speed reduction was greater during the monsoon season than in the summer season. The reduction in wind speed varied between 30 to 37% in summer and between 34 and 45% in the monsoon season in all the shelterbelts at a distance 2H on the leeward side.

TABLE II

Mean wind speeds (km/h) on the windward (2H) and leeward sides of different shelterbelts during 1977, 1978, and 1979 (Figures in parenthesis indicate the percentage reduction in wind speed)

Shelterbelt	1977			1978			1979					
	Windward	Leeward			Windward	Leeward			Windward	Leeward		
		2H	5H	10H		2H	5H	10H		2H	5H	10H
Summer season												
<i>Prosopis juliflora</i>	9.1	5.7 (37)	7.7 (16)	8.6 (5)	12.4	8.4 (33)	9.3 (25)	10.7 (14)	9.1	6.2 (32)	6.5 (28)	7.6 (17)
<i>Cassia siamea</i>	11.2	7.4 (34)	8.6 (23)	10.2 (9)	12.4	8.8 (30)	9.6 (23)	10.5 (15)	9.1	5.9 (35)	6.3 (30)	7.6 (17)
<i>Acacia tortilis</i>	8.4	5.4 (36)	6.5 (23)	7.9 (16)	12.4	7.8 (37)	8.4 (33)	10.7 (14)	9.1	6.0 (34)	6.3 (30)	7.6 (17)
Monsoon season												
<i>Prosopis juliflora</i>	7.9	4.7 (40)	5.8 (27)	—	11.0	7.2 (34)	8.2 (26)	8.8 (20)	10.9	6.8 (38)	7.3 (33)	8.6 (22)
<i>Cassia siamea</i>	8.8	4.9 (44)	6.1 (31)	7.7 (12)	11.0	6.6 (40)	7.0 (36)	7.9 (28)	10.9	6.6 (40)	7.2 (34)	8.8 (20)
<i>Acacia tortilis</i>	7.5	4.1 (45)	5.6 (25)	7.2 (4)	11.0	6.6 (40)	6.5 (41)	8.8 (20)	10.9	6.8 (38)	7.2 (34)	8.8 (20)

On examining individually the performance of each shelterbelt it is observed that the wind speed reduction by *Acacia tortilis* was highest during the summer season, but *Cassia siamea* exhibited slightly higher reduction in the monsoon season during the three-year study period. As the predominant wind directions were from south-southwest (SSW), southwest (SW) and west-southwest (WSW), the percentages of wind speed reductions by the three shelterbelts at different distances on the leeward side for the windspeeds ranging from 6 to 18 km/h have been worked out, and are presented in Fig. 1. At 2H distance, the highest reduction in wind speed was obtained with *Cassia siamea* when the wind direction was between SSW and WSW. However, at distances of 5H and 10H and for wind speeds greater than 10 km/h, the percentage of wind speed reduction obtained by *Acacia tortilis* was the highest, followed by *Cassia siamea* and *Prosopis juliflora* for all the above mentioned wind directions. At lower wind speeds, less than 10 km/h, for the above mentioned distances on the leeward side, the reduction in the wind speed by *Cassia siamea* was highest as compared with the other two shelterbelts. Consistently, *Prosopis juliflora* exhibited lower reduction values at 2H and 5H distances in all wind directions, ex-

cept southwest at a distance 5H, when wind speeds were greater than 10 km/h. It can be inferred from the above results that at a distance 2H for all wind speeds, *Cassia siamea* is more effective in reducing wind speeds than the other two species; for higher wind speeds and at larger distance *Acacia tortilis* is found

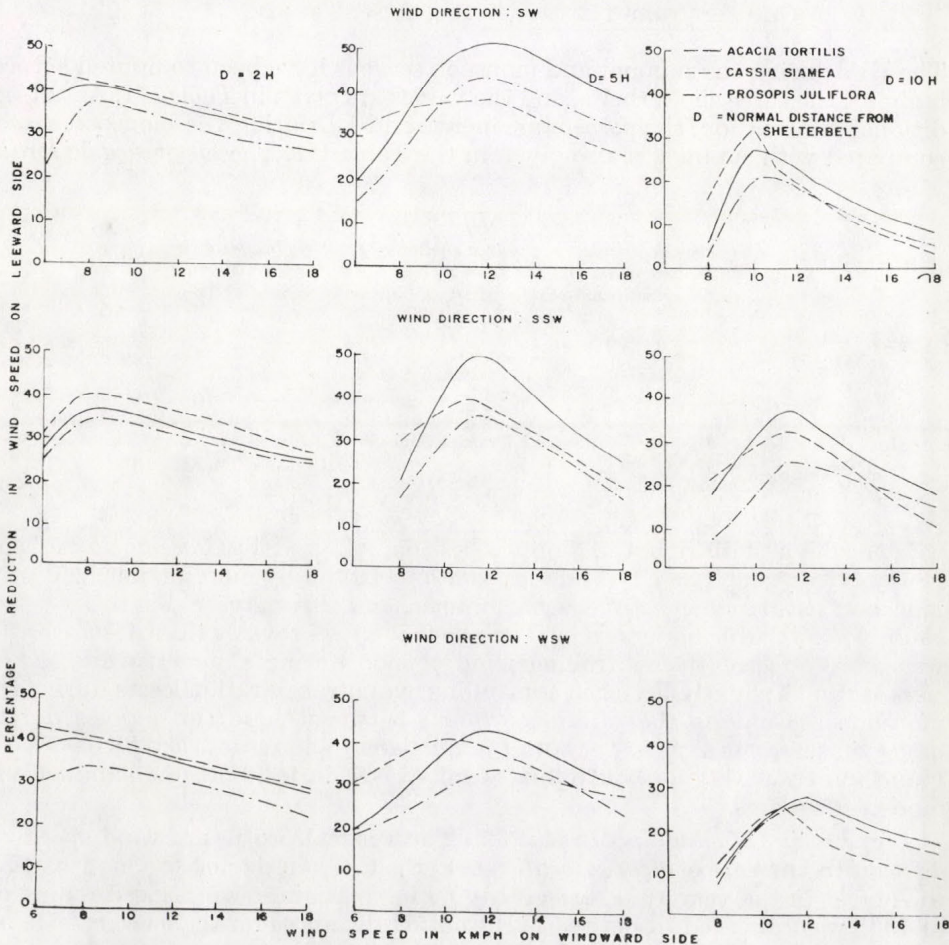


Fig. 1 : Influence of shelterbelts on wind speed reduction

to be better than, the other two shelterbelts. This may be due to the difference in the shape and structure of the plant canopies.

(b) *Effectiveness Index (EI) of shelterbelts.* The effectiveness index (EI) of shelterbelts was defined by *Chepil and Woodruff (1963)* as the sum of the products of velocity reduction ratio at a given leeward location times the distance of locations from the barrier expressed in H units. A mathematical equation for the above definition may be written as:

$$EI = \sum_{d=0}^{nH} \left(\frac{U_W - U_L}{U_W} \right)^d \quad (1)$$

where EI = effectiveness index of shelterbelt,
 d = normal distance from the shelterbelt in terms of height of the shelterbelt, H
 U_W = wind speed on the windward side,
 U_L = wind speed on the leeward side,
 n = integer from 1 to 10 in the present study.

The EI 's during the summer and monsoon seasons have been computed accordingly for the three shelterbelts, and the values are given in *Table III*. As an additional information, the percentage increase in EI during the monsoon season compared with summer is also given in the *Table III*. The EI of *Acacia tortilis*

TABLE III
Effectiveness index of the tree shelterbelts during the summer and monsoon seasons (1977-79) and the percentage increase (I) in effectiveness index during monsoon season as compared with summer

Shelterbelt	Summer	Monsoon	I (%)
<i>Prosopis juliflora</i>	8.6	13.2	53
<i>Cassia siamea</i>	9.0	17.2	91
<i>Acacia tortilis</i>	11.2	16.9	51

was the highest during the summer season followed by *Cassia siamea* and *Prosopis juliflora*. The EI of *Cassia siamea* increased by more than 90% during monsoon season as compared with summer, and this may be due to its better canopy growth during monsoon. The above analysis reveals that *Acacia tortilis* was more effective in controlling wind erosion during summer, while *Cassia siamea* can be slightly better in controlling evapotranspiration losses during the monsoon season. As the difference in EI between these two species during monsoon season is very little, both *Cassia siamea* and *Acacia tortilis* have been found more suitable for controlling wind speeds during both the summer and monsoon seasons.

(c) *Profiles of wind speed reduction.* The vertical profiles of wind speed reduction in the case of *Acacia tortilis* shelterbelt, taken during the months May to August in the year 1981, are given in *Fig. 2*. Highest wind speed reduction of 40% was observed in between $2H$ and $5H$ distances on the leeward side, at a height between 2 m to 4 m above ground level. The wind speed reduction at

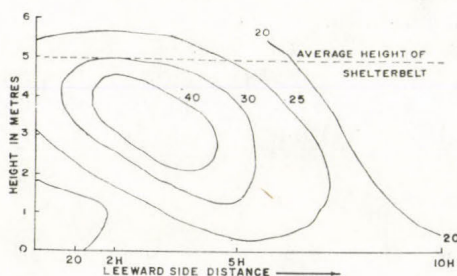


Fig. 2 : Vertical profiles of wind speed reduction of the *Acacia tortilis* shelterbelt

one meter above the ground was highest between 5H and 10H distances. This may be due to the canopy influence of the plant at these distance.

(d) *Reduction in evaporative demand.* Krishnan and Kushwaha (1971) studied the relative contribution of aerodynamic and energy balance terms to the evapotranspiration in the arid region during the growing season, and showed that correlations between the evaporation and aerodynamic and energy balance terms of the Penman equation are +0.86 and 0.36, respectively. This clearly indicates that in arid regions, where wind speeds are generally high, the evaporation is more influenced by the aerodynamic term than by the energy balance term.

The equation developed by Penman (1948) is written as

$$PE = \frac{\Delta H + \gamma E_a}{\Delta + \gamma}, \quad (2)$$

where PE = the potential evapotranspiration,

Δ = the slope of the saturation vapour curve at any temperature of air, γ = the psychrometric constant,

H = the energy balance term, and

$$H = RT(1-r) - \sigma T_a^4 (0.1 + 0.9n/N) (0.56 - 0.09\sqrt{e_a})$$

RT = the extraterrestrial radiation,

r = reflection coefficient,

n/N = the ratio of actual to possible hours of sunshine,

σ = Stefan - Boltzmann constant,

T_a = mean air temperature in °C,

e_a = actual vapour pressure of air in mm of Hg,

E_a = the aerodynamic term, $E_a = 0.35 (e_a - e_d) [(1 + U_2)/100]$,

where e_a = saturation vapour pressure of air at mean air temperature, in HG-mm, U_2 = velocity of wind at a height 2 m above ground, in miles/day.

Potential evapotranspiration values were calculated by using the above Penman-equation for the windward side and also, at different distances, for the leeward side, assuming that the energy balance term remains unchanged

TABLE IV

Mean monthly pan evaporation values and estimated PE values on the windward and leeward sides of the shelterbelts during 1978. (Figures in parentheses indicate the percentage of reduction)

Month	Pan evaporation, mm/day		Estimated values of PE (mm/day)									
	Windward	Leeward Cassia siamea 2H	Windward	Leeward								
				Cassia siamea			Prosopis juliflora			Acacia tortilis		
				2H	5H	10H	2H	5H	10H	2H	5H	10H
April	11.0	9.5 (14)	6.6	6.0 (10)	6.1 (8)	6.2 (6)	5.9 (11)	6.1 (8)	6.4 (5)	5.8 (12)	6.2 (6)	6.5 (2)
May	14.5	13.4 (8)	8.7	7.9 (10)	8.1 (7)	8.3 (5)	7.9 (10)	8.0 (8)	8.3 (5)	7.7 (11)	7.9 (10)	8.3 (5)
June	13.4	12.4 (8)	8.2	7.5 (9)	7.7 (6)	7.9 (4)	7.5 (9)	7.6 (7)	7.9 (4)	7.3 (11)	7.5 (9)	7.7 (6)
July	6.0	5.7 (5)	5.0	4.6 (8)	4.7 (6)	4.8 (4)	—	—	—	4.6 (8)	4.7 (6)	4.8 (4)

on the leeward side as no significant changes in temperature were observed under the influence of the shelterbelt. The mean monthly estimated pan evaporation (*PE*) values of the potential evapotranspiration for the year 1978 in respect of all shelterbelts are given in *Table IV*. The measured *PE* values on the windward and on the leeward sides of *Cassia siamea* shelterbelt at a distance 2H are also given in the above Table for comparison with the estimated values. As the pan evaporation values are available for 1978 only, *PE* values have also been calculated for the same year to allow comparison. By utilizing the total wind run on the windward and leeward sides separately in the aerodynamic term of Penman's equation, a decrease of 8 to 12% in evapotranspiration rate was observed on the leeward side at 2H distance. At distances 5H and 10H, the decrease is of the order of 6 to 10% and 2 to 6% respectively. However, it is generally observed that the reduction in evaporative demand as influenced by *Acacia tortilis* was slightly higher at all distances compared with the other two shelterbelts. *Konstantinov* and *Struzer* (1969) reported reduction in evaporation by 15% in a sheltered field as compared with open fallow. Higher moisture strata in the sheltered field at a distance between 2H – 5H compared with open field after seven days of irrigation was reported by *Gupta et al.* (1981). The decrease of 8 to 14% in pan evaporation at a distance 2H on the leeward side of *Cassia siamea* for the year 1978 is quite comparable with the similar magnitude of reduction in potential evapotranspiration estimated for the same distance.

Acknowledgements. The authors are grateful to Dr. *H. S. Mann*, director, Central Arid Zone Research Institute, Jodhpur for his valuable guidance and keen interest in the shelterbelt studies. The authors are also thankful to *Shri K. D. Muthana*, Junior Silviculturist, CAZRI, for the raising and maintenance of the shelterbelts.

REFERENCES

- Bagley, W. T.*, (1964): Response of tomatoes and beans to windbreak shelter. *J. Soil and Water Conserv.* 19, 71 – 73.
- Bhimaya, C. P.* and *Choudhari, M. D.*, (1961): Plantation of windbreak in the Central Mechanised Farm, Suratgarh – an appraisal of Technique and results. *Indian Farming* 87, 354 – 367.
- Bhimaya, C. P.*, *Mishra, D. K.* and *Das, R. B.*, (1958): Importance of shelterbelts in arid zone farming. In *Proc. Farm Forestry Symp. ICAR*, New Delhi, 65 – 72.
- Blundell, S. B.* (1974): Evaporation in a leeward side of a shelterbelt. *Agr. Met.* 13, 395 – 398.
- Brown, K. W.* and *Rosenberg, N. J.*, (1972): Shelter effects on microclimate, growth and water use by irrigated sugarbeet. *Agr. Met.* 9, 241 – 264.
- Chepil, W. S.* and *Woodruff, N. P.*, (1963): The physics of wind erosion and its control. In A. G. Norman (editor): *Advances in Agronomy*. 15, Academic Press, New York and London 211 – 302.
- Ganguli, J. K.* and *Kaul, R. N.*, (1969): Wind erosion control. *ICAR Techn. Bull. (Agric.)* 20, New Delhi, 50.
- Gupta, J. P.*, *Rao, GGSN, Rao, B. V. R.* and *Gupta, G. N.*, (1981): Soil drying and wind erosion as affected by different types of shelterbelts planted in the desertic region of western Rajasthan, India (*personal communication*).
- Konstantinov* and *Struzer*, (1969): Shelterbelts and crop yields (Translated from Russian, by A. Bavouch, USDA, Washington D. C.)
- Krishnan, A.* and *Kushwaha, R. S.*, (1971): A critical study of evaporation by Penman's method during the growing season of vegetation in the arid zone of India. *Arch. Met. Geoph. Biokl. Ser. B.* 19, 267 – 276.
- Miller, D. R.* and *Rosenberg, N. J.*, (1975): Wind reduction in a highly permeable shelterbelt. *Agr. Met.* 14, 321 – 334.
- Mishra, D. K.*, (1971): Agronomic investigations in arid zone. *Proc. Symp. on Problems of Indian Arid Zone* 165 – 169.

- Penman, H. L., (1948): Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proc. Roy. Soc. London A* 193, 120–145.
- Raheja, P. C., (1963): Shelterbelts in arid climates and special techniques for tree planting. *Ann. Arid Zone*, 2, 1–13.
- Rosenberg, N. J., (1967): The influence and implication of windbreaks on agriculture in dry regions. In R. A. Shaw (editor): *Ground level climatology*. Am. Assoc. Advn. Sciences, Washington D. C., 327–349.
- Stockler, J. H., (1962): Shelterbelt influence on great plains field environment and crops—a guide for determining design and orientation, *USDA, Forest Serv. Prod. Res. Rep.* 62, 25.

Közlemény

A légköri aeroszollal, illetve kondenzációs- és jégmagvakkal foglalkozó tizenegyedik nemzetközi konferencia 1984. szeptember 2. és 7. között Budapesten kerül megrendezésre. A rendezvényt a Nemzetközi Felhőfizikai Bizottság (IAMAP), valamint a Levegőkémiai és Globális Szennyeződési Bizottság (IAMAP) szervezi. A konferenciát a Magyar Tudományos Akadémia és a Meteorológiai Szolgálat látja vendégül.

A konferencia célja a felhőképződésben aktív kondenzációs- és jégmagvak, illetve általában a légköri aeroszol részecskék tulajdonságaira vonatkozó legújabb eredmények megtárgyalása. A legfontosabb témák a következők:

1. Légköri aeroszol részecskék keletkezése.
2. Az aeroszol részecskék fizikai és kémiai tulajdonságai különböző légköri viszonyok között.
3. Felhőcseppek keletkezésének elméleti és laboratóriumi vizsgálata.
4. Kondenzációs magvakra vonatkozó mérési eredmények és ezzel kapcsolatos felhőmegfigyelések.
5. Jégfázis keletkezésének elméleti és laboratóriumi kutatása.
6. Jégmagvak kimutatásának eredményei és problémái.
7. Részecskék és magvak mérési technikájának kérdései.

A konferencia hivatalos nyelve angol.

Az ülészakra jelentkezni lehet a konferencia társelnökeinél:

Mészáros Ernő, Központi Légkörfizikai Intézet, H-1675 Budapest, Pf. 39;

G. Vali, Dept. of Atmospheric Science, P.O.Box 3038, University Station Laramie, Wyoming 82071, U.S.A.

A fenti címeken további információk is kérhetők.

Announcement

The Eleventh International Conference on Atmospheric Aerosols, Condensation and Ice Nuclei will be held in Budapest, Hungary, 2–7 September 1984. The conference is organized by the Nucleation Committee of the International Commission on Cloud Physics (IAMAP). This Committee is being joined by the Commission on Atmospheric Chemistry and Global Pollution (IAMAP). The Hungarian Academy of Sciences and the Hungarian Meteorological Service are the host organizations.

The focus of this conference is on cloud active (condensation and ice) nuclei and on the properties of atmospheric aerosols in general. The main topics will be:

1. Formation of aerosols particles in the atmosphere.
2. Physical and chemical properties of aerosol particles under different atmospheric conditions.
3. The theory and laboratory investigation of cloud droplet nucleation.
4. Results of cloud condensation nuclei measurements and related observations in clouds.
5. The theory and laboratory investigation of ice nucleation.
6. Results and problems of ice nuclei detection; comparisons with observations of ice nucleation in clouds.
7. Advances in aerosol and nucleus measurement techniques. The working language of the conference will be English. Participants can be registered by writing to the Co-chairmen of the conference:

E. Mészáros, Institute for Atmospheric Physics, P.O.Box 39 H-1675 Budapest HUNGARY

G. Vali, Dept. of Atmospheric Science, P.O. Box 3038, University Station Laramie, Wyoming 82071 U.S.A.

For further details please also contact one of the Co-chairmen of the meeting.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 87. évf. 1. szám. 1983. január — február
Journal of the Hungarian Meteorological Service. Vol. 87. No. 1. Jan. — Feb. 1983, Budapest

A Föld UV sugárzáséghajlatában és bioklimájában emberi tevékenység miatt várható változások

PATAKI MÁRTA Központi Meteorológiai Intézet, H-1525 Budapest, pf. 38.

Possible anthropogenic variations in the Earth's UV radiation climate and bioclimate.
The aim of this paper is to estimate in detail the possible variations in the ultraviolet radiation and consequently in the bioclimate of the Earth owing to human activities. In the study the literature published in the field until 1981 is used. The method consists of synthesizing the results published in order to make numerical estimations concerning the possible changes in the intensity of UV - A and UV - B radiation reaching the troposphere and the surface under different pollution level of the stratosphere and troposphere (e. g. clean stratosphere and polluted troposphere, clean troposphere and polluted stratosphere). On the basis of these numerical estimations the biologic and atmospheric consequences are also discussed.

✱

A Föld UV sugárzáséghajlatában és bioklimájában emberi tevékenység miatt várható változások. A tanulmány célja az, hogy a korábbiaknál részletesebb becslést nyújtson a Föld ultraviola sugárzáséghajlatában és ezáltal az UV bioklimában emberi tevékenység miatt várható változásokról. A vizsgálathoz feldolgozott anyag az ultraviola napsugárzással és hatásaival foglalkozó szakirodalom, az 1981-es évvel bezárólag. A kutatás módszere a kutatási eredmények szintézise és az ezen alapuló következtetés. Eredménye egy számszerű becslés a sztratoszféra és a troposzféra együttes szennyezettségi szituációi (pl. a még tiszta sztratoszféra, de már szennyezett troposzféra reális szituációja, vagy a környezetvédelmi intézkedések útján már megtisztított troposzféra, de még szennyezett sztratoszféra hipotetikus szituációja) esetén a troposzférába és a talajfelszínre érkező UV - B és UV - A sugárzás intenzitásában várható %-os változásokról. A sugárzásváltozások várható biológiai és légköri következményeire vonatkozóan minőségi becslés készült.

✱

Az ultraviola sugárzáséghajlatot irányító napfizikai, légkörfizikai és levegőkémiai mechanizmusok komplex vizsgálata (*Kovácsné Pataki M.*, 1981/a és b) alapján az alábbi minőségi becslés készült a Föld UV sugárzáséghajlatában és UV bioklimájában emberi tevékenység miatt várható változásokra vonatkozóan:

I. eset: Egy végletesen elszennyezett atmoszféra (tehát szennyezett sztratoszféra és troposzféra) esetén a Föld élővilága egy glóbuszi méretű fotokémiai szmogszerű levegőkörnyezetben, általános (UV-B, UV-A és látható spektrumú) napbesugárzás-hiányban élne; ennek legsúlyosabb következményei a D₃ vitamin természetes úton, bőrben történő keletkezésének csökkent lehetősége, a baktériumflóra elburjánzása és a fotoszintézis-produkció csökkenése lennének.

II. eset: a) Ha a jövő század közepére előrejelzett ózonsökkenés egy mérsékelt szennyezett háttértroposzféra mellett következik be, az ózon csökkenése és a troposzféra szennyeződése következtében fellépő ellentétes előjelű UV-B sugárzásváltozások egymást mérsékelik ugyan, de eredőjük pozitív, azaz

sugárzásnövekedés. Ebben az esetben a bioszférában megnövekszik a DNS-sérülést (azaz mikroorganizmusmutációkat, bőrrákot stb.) okozó hatás. Ráadásul a DNS-sérülések kijavításában hatékony, fotoreaktiváló UV-A hullámhosszak intenzitását — amelyet az ózonneménység csökkenése nem befolyásol — a troposzféra szennyezettsége csökkenti.

b) Ugyanekkor a csak mérsékelten szennyezett háttértroposzférán belül, az óriásvárosok erősebben szennyezett levegőjű gócek. Szennykumulációkban a megnövekedett UV-B sugárzás a fotokémiai szmogok gyakoriságát növeli. Ezért e helyeken, a talajközben, nagymértékű általános besugárzáshiány lép fel, a megfelelő kedvezőtlen biológiai következményekkel együtt.

A II. esetben tehát fokozódik a tisztább levegőjű helyek (a) és a nagyvárosok (b) sugárzásklimáinak, azaz UV bioklimáiknak különbsége.

III. eset: Ha pedig az előrejelzett ózonsökkenés idejére a troposzféra természetes tisztasága — környezetvédő intézkedések következtében — közelítőleg helyreállna, akkor az ózonsökkenés okozta UV-B sugárzásnövekedés zavar-talanul érvényesülne ugyan, de ugyanakkor a DNS-sérülések kijavításában hatékony, fotoreaktiváló UV-A sugárzás nem csökkenne. Mivel azonban a baktériumokon kívül nem ismerjük még elég pontosan a fotoreaktiválásnak elterjedtségét és szerepét élővilágunkban, ma még felmérhetetlen, hogy hatása (vagy hatásának csökkenése) milyen irányban és milyen mértékben módosítaná az élővilág veszélyeztetettségét.

Ezek a következtetések a Föld légkörének különböző szennyezettségi szituációival kapcsolatban a jövőben várható UV sugárzáséghajlatváltozásokra, valamint ezek légköri és biológiai következményeire vonatkozó minőségi becslésnek foghatók fel.

Ebben a tanulmányban arról számolunk be, hogy megkíséreltünk egy első közelítésű számszerű becslést is végezni a légkör különböző szennyezettségi szituációi esetén várható UV sugárzáséghajlat változásokra vonatkozóan. Ennek alapja a komplex UV téma nemzetközi szakirodalmának most már hosszú időtávon keresztül folytatott tanulmányozása. Így az *I. táblázatban* az UV sugárzásváltozásokra vonatkozó számértékek a napjainkkal bezárólag publikált becslésekből a komplex szemlélet szerint legmegbízhatóbbnak tartott számszerű becslések, vagy a komplex ismereteken alapuló feltételezések. Egyszerűsítő feltételezésként az emberi tevékenységtől még nem érintett tiszta sztratoszférán és tiszta troposzférán átbocsátott sugárzást 100%-nak vettük.

Mindegyik szennyezettségi szituáció 2 alternatívában készült (A = a naptevékenység minimumának, B = a naptevékenység maximumának esete). Az UV emisszió naptevékenységgel kapcsolatos változékonyságának kérdésében, valamint e sugárzásváltozások által a sztratoszféra ózontartalmára és ezáltal a sztratoszférán átbocsátott UV-B sugárzás mennyiségére gyakorolt hatásnak mértékére vonatkozólag *Brasseur és Simon*, (1981) véleményét fogadtuk el. Ez a tanulmány a legújabb, 1980–81-es extraterresztrikus UV sugárzásméréseket is figyelembe véve, az ózont képző 200 nm körüli hullámhosszknál a 11 éves naptevékenységi ciklus során a naptevékenység minimumáról maximumára kb. 20% emissziónövekedést feltételez. Egy 2-D sztratoszferikus modell alapján, ennek megfelelően, a teljes légköri ózontartalomban a naptevékenység minimumáról maximumára 3% növekedés, azaz az átlag körül $\pm 1,5\%$ változékonyság várható. Ennek pedig az átbocsátott UV-B sugárzásban $\pm 3\%$ változékonyság felel meg a WMO I. állásfoglalásában is elfogadott becslés szerint (WMO, 1975). Táblázatunkban tehát a naptevékenység minimumának megfelelő A esetekben, a légkör felső határára érkező UV-B sugár-

zást 103%-nak, a naptevékenység maximumának megfelelő *B* esetekben pedig 97%-nak vettük.

A továbbiakban induljunk ki abból az állapotból (*I. szituáció*), hogy a Föld légköre emberi tevékenységtől még nem érintett, tehát tiszta sztratoszférájú és tiszta troposzférájú. Ez közelítőleg az iparosodás előtti állapottal

I. TÁBLÁZAT

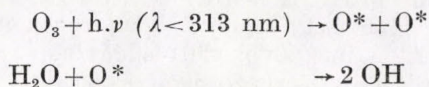
A Föld UV sugárzáséghajlatában a légkör különböző szennyezettségi szituációi esetén várható változások első közelítésű számszerűsítése és a következmények

(*A* = a naptevékenység minimumának, *B* = a naptevékenység maximumának esete)

Szituáció	Spektrum tartomány		Következmények	
	UV-B	UV-A	Légköri	Biológiai
1. A.: Tiszta sztrat. Tiszta trop. 1. B.: Tiszta sztrat. Tiszta trop.	103 103 97 97	100 100 100 100	A tiszta légkör fotokémiai-kémiai folyamatainak természetes változékonysága.	Az élővilág alkalmazkodása a természetes UV sugárzás változékonyságához.
2. A.: Tiszta sztrat. Szennyezett trop. 2. B.: Tiszta sztrat. Szennyezett trop.	103 93 97 87	100 94 100 94	A troposzférában megváltozott fotokémiai-kémiai folyamatok. Általános besugárzáshiány.	A D- vitamin természetes uton, bőrben történő keletkezése és a baktericid hatás csökkent mértékű.
3. A.: Szennyezett sztrat. Szennyezett trop. 3. B.: Szennyezett sztrat. Szennyezett trop.	133* 120 127* 114	100 94 100 94	A troposzférában megnövekedett fotokémiai-kémiai aktivitás. A fotokémiai szmog-hajlam nő.	A bőrrák esetek számának megnövekedése. Mikroorganizmusok mutációi. A fotoszintézis gátlása (az élelmiszertermelés hozamának csökkenése).
4. A.: Szennyezett sztrat. Fotokémiai szmog 4. B.: Szennyezett sztrat. Fotokémiai szmog	133* 4 127*) 4	100 30 100 30	A fotokémiai szmogok időtartama és erőssége nő. Általános besugárzáshiány. UV-B „éjszaka”.	A D ₃ vitamin képződése erősen csökken. Mikroorganizmusok elburjánzása.
5. A.: Még szennyezett sztrat. Már tisztább trop. 5. B.: Még szennyezett sztrat. Már tisztább trop.	133 126 127 121	100 97 100 97	A troposzféra kémiai aktivitása nő, de fotokémiai szmogok nem képződnek.	A DNS sérülést okozó hatás nagy, de a sértülést kijavító fotoenzimatikus hatás nem csökken.

*) A WMO III. állásfoglalása (1982) ismeretében. Magyarázata a cikk szövegében a 3. szituáció tárgyalásánál.

azonosítható. Ebben az esetben a sztratoszférán és troposzférán átbocsátott sugárzás emberi tevékenység miatt nem módosult, tiszta légkörbeli érték, amelyet az egyszerűség kedvéért 100%-nak veszünk. Módosulás csak az UV-B tartományban van, a napaktivástól függően. A természetes sugárzásváltozékonyság légköri hatása a tiszta légkör fotokémiájának bizonyos mértékű természetes változékonysága. A troposzféra UV-B besugárzásának megnövekedése idején u. i. az



reakcióegyenletek értelmében a troposzféra kémiai folyamataiban rendkívül aktív OH gyökök nagyobb reakciósebességgel keletkeznek. A természetes sugárzásváltozékonyság biológiai következménye pedig a változékonysághoz alkalmazkodni képes élő szervezetek kialakulása és egy alkalmazkodni képes élővilág fennmaradása.

A 2. *situációban*, amelyet kb az 1950–60-as évek légköréhez lehet hasonlítani, a sztratoszféra még közelítőleg tiszta, vagy legalábbis nem gyakorol szignifikáns hatást az UV-B besugárzásra, a troposzféra viszont már szennyezett. Ebben az esetben egy kb. 6%-os UV-A sugárzáscsökkenés feltételezése valószínűleg nem túlzott, mivel az emberi tevékenység eredetű aeroszolrészecskék – átlagos aeroszolozslás esetén – a rövidebb hullámhosszú UV sugárzásban nagyobb extinkciós veszteséget okoznak, mint a látható tartományú sugárzásban. Az egyik legnagyobb mennyiségben légkörbe kerülő szennyező gáz – az NO₂ – is éppen a 398 nm-nél rövidebb hullámhosszú, azaz az UV sugárzást abszorbeálja. Az UV-B sugárzás esetében a szennyezett troposzféra sugárzást csökkentő hatása még nagyobb lehet, feltételezésünk szerint 10%-ot is elérhet, mivel ebben a hullámhossztartományban a légkört szennyező emberi tevékenység eredetű gázok egy szélesebb skálája abszorbeál, és az aeroszokok által okozott sugárzásvesztés is nagyobb. Az UV-B sugárzás csökkenése miatt – mint már említettük – csökken a keletkező OH gyökök száma, sőt levegőt szennyező anyagok jelenlétében az UV-A sugárzás csökkenése is az OH gyökök számának csökkenése irányába hat, így mindkét sugárzás változása befolyásolja a troposzféra kémiai folyamatait. Biológiai következményként a D₃ vitamin természetes úton, bőrben történő keletkezésének szintje csökken; a baktericid hatás csökkenése miatt pedig a légköri mikroorganizmusok csíraszama nő.

A 3. *situációban* a háttértroposzféra továbbra is mérsékelt szennyezett, és most már a sztratoszféra sem mentes az antropogén hatástól, nevezetesen klórfluórometán, NO_x, N₂O, és H₂O molekulák fotolízis-termékeinek a jelenlététől. Ezek az anyagok befolyásolják a sztratoszférabeli ózon kémiáját. A Meteorológiai Világszervezet II. állásfoglalása (WMO, 1978) szerint, a jelenlegi kibocsátások folytatódása esetén várható állandósult (*steady-state*) ózoncsökkenés egy közepes becslés szerint 15%, bizonytalansági tartománya 4–30%. Az állásfoglalás óta eltelt időben több olyan közlemény jelent meg, amelyek miatt e becsült érték módosítására gondolhatnánk. Pl. *Isacsen et al.*, (1980) szerint a légköri CO₂ tartalom antropogén megkettőződésének a sztratoszféra hőmérsékletére gyakorolt hatása miatt – a kémiai reakciók sebességének csökkentése útján – a várható O₃ csökkenés mértéke kb. 3%-kal mérséklődik. *Pinto et al.*, (1980) viszont további 3% növekedést, azaz 15% helyett 18% ózoncsökkenést tart valószínűnek az ipari és mezőgazdasági felhasználású Br vegyületek növekvő emissziója miatt és így tovább. Ezek után táblázatunkban megmara-

dunk a II. állásfoglalásban közölt becslés, azaz 15%-os várható ózonszökkenés mellett, azzal a megjegyzéssel, hogy a WMO III. állásfoglalása (WMO, 1982) csupán a klórfluórometánok hatására tesz számszerű (közepesen 5–10% ózonszökkenést feltételező) becslést. Tétélezzük mégis fel, hogy egy hosszabb időtávon, és az ózonszökkenésben aktív összes (már ismert és még nem azonosított) nyomgáz együttes hatása eredményeképpen a sztratoszférabeli ózontartalom 15%-os csökkenése nem kizárt. Ez esetben a sztratoszféra aljára érkező UV-B sugárzás kb. 30%-kal nőne meg, amelyet a naptevékenység 33%-ra, illetve 27%-ra módosíthat. Ezt a megnövekedett sugárzást a troposzféra 10%-kal csökkentheti, így a talajközeli leérkező sugárzás a tiszta légkör esetéhez képest 120, illetve 114%. Az UV-A sugárzást a sztratoszféra ózontartalmának csökkenése nem érinti, a troposzféra viszont — a korábbi becslés szerint — kb. 6%-kal csökkenti intenzitását. Az UV-B sugárzás megnövekedésének légköri következménye az, hogy megnövekszik a troposzféra kémiai aktivitása, s a legszennyezettebb levegőjű gócekban — nagyvárosok felett — nő a fotokémiai szmogokra való hajlam. A domináns biológiai következmények ugyancsak az UV-B sugárzás megnövekedése miatt lépnek fel; a DNS-sérülést okozó hatás megnövekedése miatt a bőrrák esetek számának növekedésére, a légköri mikroorganizmusok mutációs változásaira, a hal-ikrák DNS-sérülései és a fotoszintézis gátlódása következtében az élelmiszertermelés produktivitásának csökkenésére kell számítani.

Ismerjük fel, hogy a 3. szituáció a minőségi becslés II/a. esetével szonositható.

A szennyezett sztratoszférával egyidejűleg egy mérsékelt szennyezett háttértroposzféra belül azonban meg kell különböztetnünk a nagyvárosok feletti erősebben szennyezett levegőjű gócekot, amelyekben a megnövekedett UV-B besugárzás a fotokémiai szmogok gyakoriságát, időtartamát és erősségét növeli. A 4. szituáció a szennyezett sztratoszférával egyidejű fotokémiai szmog esete. A fotokémiai szmog alján nagymértékű az általános besugárzáshiány. Mivel az UV sugárzás különösen aktív a fotokémiai szmogokon belüli — O_3 , PAN stb. keletkezéséhez vezető — kémiai folyamatokban, az UV-A sugárzás 30%-ra csökkenése nem tűnik irreális becslésnek, és az UV-B sugárzás esetén a szinte teljes mértékű elnyelődés sem kizárt. Ez a szituáció a II/b. esettel azonosítható.

Térben és időben nagyon gyakori, hosszú tartamú és erős fotokémiai szmogok esetén (a minőségi becslés I. esete), a mikroorganizmus flóra elburjánozna és a D_3 vitamin természetes keletkezésének lehetősége erősen csökkenne. A közelmúltban a nemzetközi szakirodalomban feltűnt egy olyan feltételezés (Fishman et al., 1979), hogy a felső troposzférában közlekedő szubszónikus repülőgépek okozta NO_x növekedés, az NO_x -nek CO-val és OH-val, illetve CH_4 és OH-val végbemenő reakcióláncolata útján, troposzférikus ózonszökkenéshez vezet, ami egy általános troposzférikus szmog kifejlődésének irányába hat, s ez éppen az I. esettel lenne azonos.

Vegyük észre, hogy a 3. és 4. szituáció együttesen reprezentálja a tisztább levegőjű helyek és a nagyvárosok UV-B sugárzásklimái, azaz UV bioklimái közötti különbség kiéleződését.

Végül az 5. szituáció, amely a minőségi becslés III. esetével azonosítható, a környezetvédelmi rendszabályok segítségével már jelentősen megtisztított troposzféra esete, amellyel egyidejűleg a sztratoszféra még szennyezett. Ez eléggé reális lehetőség, mivel az inert gázok a talajfelszínről több év, esetleg évtized alatt szivárognak fel a sztratoszférába, a troposzféra viszont gyorsabban reagál

a környezetvédelmi intézkedésekre. Ebben az esetben a sztratoszféra-ózon csökkenésének UV-B sugárzást növelő hatása szabadon érvényesül, s a megnövekedett UV-B sugárzás miatt megnövekedő OH gyök mennyiség emeli a troposzféra kémiai aktivitását. Fotokémiai szmogok azonban nem keletkeznek. A bioszférában a DNS-sérülést okozó hatás nagy ugyan, de ugyanakkor a DNS-sérülések kijavításában hatékony, fotoreaktiváló UV-A hullámhosszak intenzitása csak kicsiny mértékben csökken: a természet tehát reagál a szennyezésre, de a környezetvédelmi intézkedésre is.

Az ismertetett táblázatban egy egyszerű, első közelítésű számszerű becslést mutattunk be. A jövőben természetesen numerikus modellekkel végzett vizsgálatok szükségesek. Azonban jelenleg a UV sugárzáséghajlat változékonyság vizsgálatának kérdése még az extraterresztrikus UV sugárzás, a sztratoszférabeli ózontartalom csökkenése miatt várható UV-B sugárzásnövekedés, a városi levegő UV sugárzást csökkentő hatása, az UV sugárzás méréstechnikai problémái, és az UV-B sugárzás változásainak biológiai következményei stb. rész témákra tagolódik. A szintézist gátolja az az első közelítésű gondolkodásmód, amely szerint a sztratoszférabeli ózonszűkülés miatti UV-B sugárzásnövekedést a troposzféra szennyeződése okozta UV sugárzás csökkenés kedvező módon éppen kompenzálhatja. Ezért tartom hasznosnak a komplexebb szemléletű I. táblázatot, amely azt mutatja, hogy a Föld légköre és bioszférája az antropogén UV sugárzáséghajlatváltozás minden formájára érzékenyen és kedvezőtlenül reagál. Helyes tehát csak az a törekvés lehet, amely a troposzféra és sztratoszféra szennyeződésének egyaránt egyre mérsékeltebb szintre csökkentését tűzi ki célul.

A Föld ultraviola sugárzáséghajlatában emberi tevékenység miatt várható változások problémája csak egy részproblémája az antropogén éghajlatváltozások témakörének. De éppen a legbonyolultabb, és ezért ma még sok bizonytalanságot tartalmazó éghajlatváltozási kérdés. Mivel táblázatunk szerint az antropogén hatások légköri és biológiai következményei még ebben az esetben is jól nyomon követhetők, igen jó példa az ember és környezete szoros kölcsönhatására, amelyből ezért általánosabb következtetések is levonhatók.

Az ultraviola napsugárzás komplex témakörének hosszútávú tanulmányozásán alapuló szemlélet értelmében megállapíthatjuk, hogy a légköri fotokémia jelenlegi modelljei szerint a sztratoszféra ózonrétegének ritkulási folyamata eléggé reális lehetőség. Annak ellenére is, hogy a mért ózon jelenlegi trendjei *Angell* (1980) és mások szerint inkább egy kis növekedést mutatnak. Viszont *Leifer et al.* (1980) szerint az ózontörésben hatékony ClO_x mennyisége az északi félteke sztratoszférájában 8%-kal nagyobb, mint a déli félteke sztratoszférájában, és *Goldan et al.* (1980) szerint 1974-ről 1979-re szignifikánsan növekvő trendet mutat. Ezért valószínű, hogy a mért ózontrendek a naptevékenység ózommennyiségre gyakorolt hatásának, a sztratoszferikus transzportnak, a természetes és emberi tevékenység eredetű nyomgázok változásainak eredőit, ezek esetleges együttes trendjét tükrözik. Az antropogén ózonváltozás trendjének megállapítása csak a napspektrum-, ózon- és nyomgázmérések együttes analízise útján válik majd lehetővé.

A biológiai következményekkel kapcsolatban pedig megállapíthatjuk, hogy kedvezőtlen hatás akkor és ott áll be, ahol és amikor az UV (és a FAR) sugárzási szint az illető terület élővilága szempontjából optimális szint alatt vagy felett állandósul. Mivel a Föld élővilága a jelenlegi sugárzási szintekhez alkalmazkodott, nagy a valószínűsége annak, hogy az ettől eltérő szintek nem lehetnek kedvezők.

A törvényszerűségek és kapcsolataik további kutatása nyilvánvalóan e tudományterületen is lehetővé fogja tenni, hogy szükség esetén úgy tudjunk majd élni a megelőzés, ellensúlyozás és az alkalmazkodás módszereivel, hogy stratégiánk egyidejűleg lehessen gazdaságilag a lehető legoptimálisabb, környezetvédelmi szempontból pedig a legfelelősségteljesebb.

IRODALOM

- Angell, J. K., 1980: Temperature and ozone variations in the stratosphere. *PAGEOPH.*, 118, 378–386.
- Brasseur, G. and Simon, P. C., 1981: Stratospheric chemical and thermal response to long-term variability in solar UV irradiance. *J. Geoph. Res.* 86, 7343–7362.
- Fishman, J., Solomon, S. and Crutzen, P. J., 1979: Observational and theoretical evidence of a significant in situ photochemical source of tropospheric ozone. *Tellus* 31, 432–446.
- Goldan, P. D., Kuster, W. C., Albritton, D. L. and Schmeltekopf, A. L., 1980: Stratospheric CFCl_2 - CF_2Cl_2 and N_2O height profile measurements at several latitudes. *J. Geoph. Res.* 85, 413–424.
- Isacsen, I. S. A., Hestvedt, E. and Stordal, F., 1980: Influence of stratospheric cooling from CO_2 , on the ozone layer. *Nature* 283, 189–191.
- Kovácsné Pataki M., 1981/a: Az ultraviola napsugárzás és hatásai (Solar ultra-violet radiation and its effects). *Az Orsz. Met. Szolg. Kisebb Kiadványai* 50, Budapest.
- Kovácsné Pataki M., 1981/b: A Föld ultraviola sugárzásághajlatának emberi tevékenység okozta változásai és a változások hatása a bioszférában. *MTA X. Osztályának Közleményei*, 14, 307–316.
- Leifer, R., Toonkel, L., Larsen, R. and Lagomarsino, R., 1980: Trace gas concentrations in the stratosphere of the Northern Hemisphere during 1976. *J. Geoph. Res.* 85, 1069–1072.
- Pinto, J. P., Wang, W. Ch. and Yung, Y. L. 1980: Climate effects due to halogenated compounds in the Earth's atmosphere. *J. Atm. Sci.* 333–338.
- WMO, 1975: *Statement on modification of the ozone layer due to man's activities and some possible geophysical consequences.* Geneva.
- WMO, 1978: *Second statement on modification of the ozone layer due to human activity and some possible geophysical consequences.* Geneva.
- WMO, 1982: *Third statement on modification of the ozone layer due to human activities and some possible geophysical consequences.* Geneva.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 87. évf. 1. szám. 1983. január–február
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 87. No. 1. Jan. – Feb. 1983. Budapest

A szélergia statisztikai vizsgálata

TAR KÁROLY, *KLTE Meteorológiai Tanszék, Debrecen, 4010, Pf. 13.*

Statistical examination of wind energy. Correlations are given between the mean wind velocity and the frequency of wind direction, as well as the diurnal mean specific wind power for a month, a season or a year. These correlations permit the statistical estimation of the mean value of wind energy from the usual wind statistics.

✕

A szélergia statisztikai vizsgálata. A dolgozatban meghatározzuk a havi, évszakos és éves átlagos szélesebesség, illetve széliránygyakoriság és az adott időszak egy napjára eső átlagos fajlagos teljesítmény közötti korrelációs kapcsolatokat. Ezek az összefüggések lehetőségét adnak arra, hogy a szélergia átlagos értékét a szokásos szélstatisztikák felhasználásával becsülni tudjuk.

✕

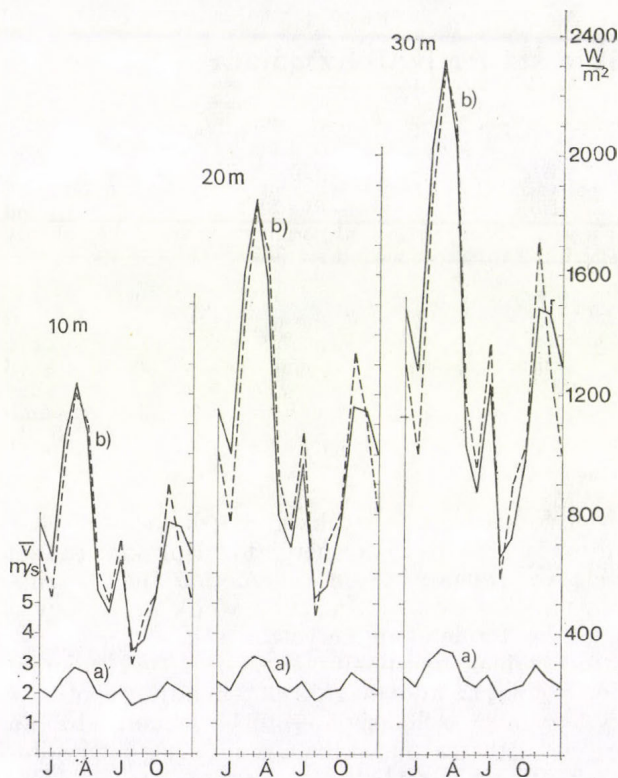
Az emberiség jelenlegi és jövőbeli energia szükségletének kielégítéséhez minden eszközt meg kell ragadni, hogy a fosszilis energiaforrások kimerülését a lehető legtávolabbra toljuk el. A napsugárzás és a szél energiájának hasznosítása – a fúziós- és víziergia mellett – alkalmasnak tűnik arra, hogy a fosszilis energiahordozókat bizonyos területeken helyettesítsék.

Hazánk éghajlati energiaforrásainak hasznosításához szükséges tudományos igényű kutatások első lépcsőfoka az adottságok, potenciáljuk pontos és sokoldalú jellemzése kell, hogy legyen. A szélergia esetében legalapvetőbb a szélesebesség területi, időbeli és vertikális változásainak, a sebesség intervallumokra képzett energia – szintek időbeli és térbeli eloszlásának ismerete. Ebben a tekintetben a meteorológia szerepe kettős: az ország szélergia viszonyainak felmérése, illetve a szélergia hasznosíthatóságának komplex (meteorológiai, műszaki, gazdasági) elemzése (*Czelnai, 1953., 1978.*).

Szélergiában gazdag országokban a hasznosítást két, nagyságrendileg különböző módon tervezik: egyrészt több megawattos szélérőművek építését és bekötését az országos villamosenergia hálózatba, másrészt a helyi igényei kielégítését, elsősorban mezőgazdasági üzemekben, néhány kilowattos szélgépekkkel.

Hazánk szélviszonyainak ismeretében főleg a második szempont figyelembevételével kell felmérnünk a rendelkezésre álló szélergiát. Erre vonatkozó szórványos kutatások már a két világháború között történtek, amelyek aztán a nem kielégítő eredmények miatt abbamaradtak. Az 1954-ben megtartott világergia konferencia után is elsősorban a kérdés műszaki vonatkozásában történt előrelépés (*Ledács-Kiss, 1955., 1956a, 1956b*). Meteorológiai szempontból az első összefoglaló tanulmány 1956-ban jelent meg (*Kakas és Mezősi, 1956*), amely a Budapest térségében felállított 5 széliró anyagát veszi részletes vizs-

gálat alá. Megállapítja, hogy hazánkban is van annyi szélenergia, hogy felkutatását a meteorológia eszközeivel, hasznosítását a műszaki feladatok megoldásával érdemes, sőt szükséges megkísérelni. A hazai szakirodalmat áttanulmányozva azonban kitűnik, hogy a magyar meteorológusok figyelme csak az utóbbi években fordult újra a megújuló energiafajta felé (Czélmai, 1978, Ambrózy és Tárkányi, 1981, Major, 1982), bár a jellemzéséhez szükséges paraméterekhez a kiinduló adatokat már hosszabb ideje gyűjtik.



1. ábra. A havi átlagsebesség (a) és az egy napra eső összes átlagos fajlagos teljesítmény (b) megfigyelési adatokból meghatározott (folytonos vonal) és a havi átlagsebességek alapján becsült értéke

E tanulmányban egy olyan módszert mutatunk be, amely az eddigi szélstatisztikákon alapszik és alkalmas a potenciális szélenergia bizonyos tulajdonságainak statisztikus elemzésére. A feldolgozott adatokat Kisvárdra 5 évi (1968–1972), óránkénti szélregisztrátumaiból nyertük.

1. A szélenergia kapcsolata a szélsébség gyakoriságokkal

A szél irányára merőleges felület 1 m²-ére eső teljesítményt, a fajlagos teljesítményt a

$$P_f(v) = \frac{1}{2} \rho v^3 \left(Wm^{-2} \right) \quad (1)$$

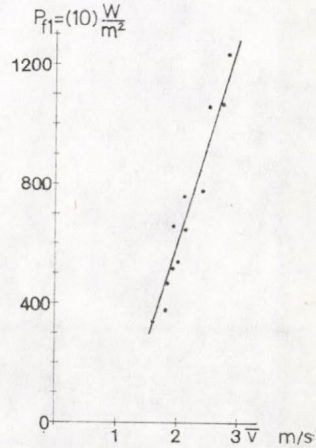
összefüggéssel lehet meghatározni, ahol ρ a levegő sűrűsége (kgm⁻³), v pedig a szélsébség (ms⁻¹) az adott időpontban.

Mivel a szélsébség gyakorisági eloszlása hazánk több pontjában ismert,

így a következőkben először az egy napra eső átlagos fajlagos teljesítményt ennek segítségével határozzuk meg.

Tételezzük fel, hogy a szélesség N számú napon megfigyelt óránkénti értékeit Δv szélességű osztályokba soroltuk és f_i annak gyakorisága, hogy

a szélesség a $\left(v_i - \frac{1}{2} \Delta v, v_i + \frac{1}{2} \Delta v \right)$ intervallumba esik. A v_i középponttal



2. ábra. Az egy napra eső összes átlagos fajlagos teljesítmény függése a havi átlagsebességtől 10 m-en

számolva az adott sebesség-intervallumban az átlagos fajlagos teljesítmény N napra

$$P_{f,N}(v_i) = \frac{\rho}{2} f_i v_i^3, \quad (2)$$

egy napra vonatkoztatva pedig

$$P_{f,1}(v_i) = \frac{\rho f_i}{2 \cdot N} v_i^3. \quad (3)$$

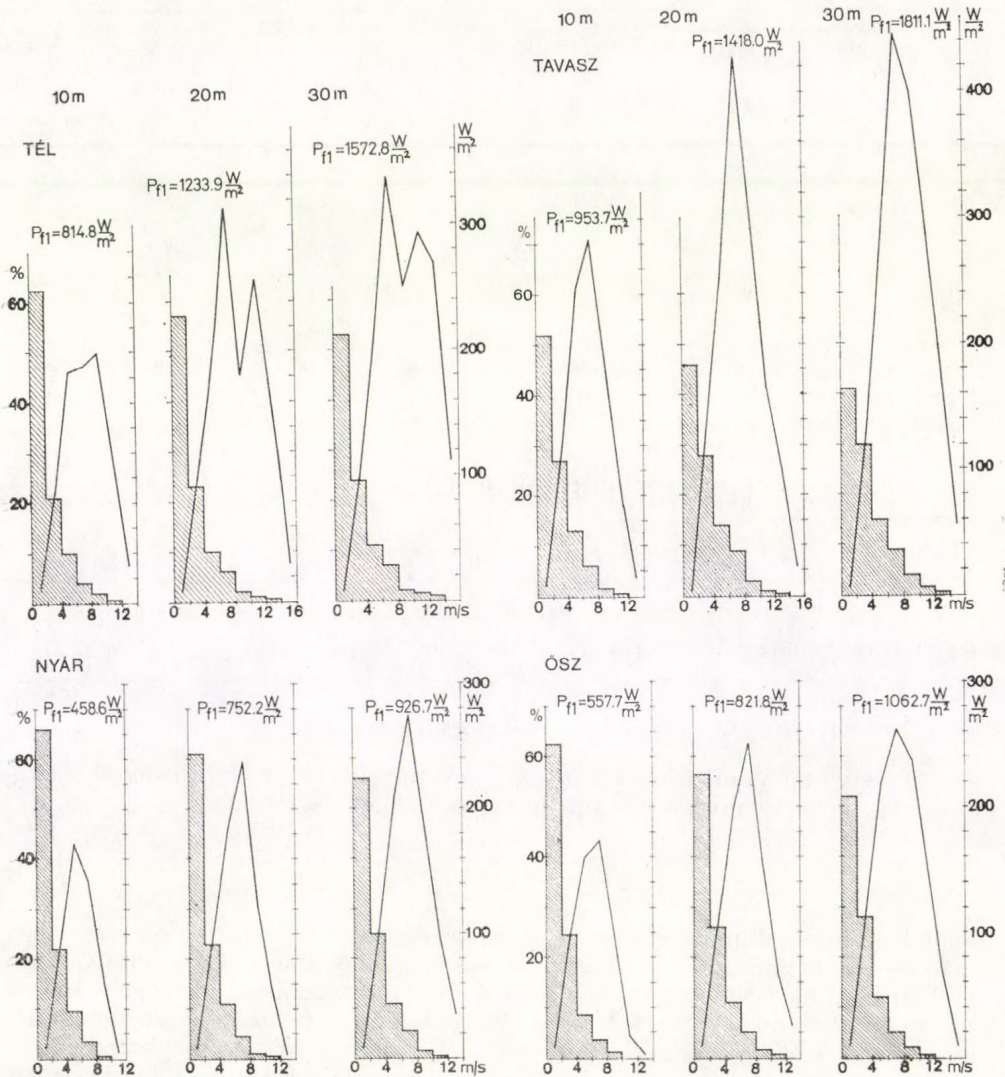
Az egy napra eső összes átlagos fajlagos teljesítményt (P_{f1}) pedig úgy kapjuk meg, hogy az intervallumok fölötti értékeket összegezzük:

$$P_{f1} = \frac{\rho}{2} \sum_{i=1}^k \frac{f_i}{N} v_i^3 \quad (4)$$

ahol k az intervallumok száma. A szélesség adatok ilyen feldolgozását egy évre és egy megfigyelő állomásra *Ledács-Kiss* (1955, 1956a, 1956b, 1963) munkáiban találjuk meg, többnyire a szélíró szabvány magassági szintjére, 10 méterre vonatkozóan. *Kakas és Mezösi* (1956) vizont — felhasználva a Meteorológiai Intézet szélírójának kényszerű magasságváltoztatását — meghatározza az évi átlagos szélesség és szélút magassággal való változását is. E fejezetben az a célunk, hogy megvizsgáljuk a fajlagos teljesítmény finomabb időbeli (hónapos, évszakos és vertikális változását is. Előbb azonban rámutatunk egy igen lényeges elvi összefüggésre. A (3)-ban és (4)-ben az f_i/N mennyiség a szélessé-

ség ($v_i - \frac{1}{2} \Delta v$, $v_i + \frac{1}{2} \Delta v$) intervallum feletti relatív gyakoriságával arányos, amely elegendő nagy N esetében a valószínűséget közelíti. Papp (1974) vizsgálatai szerint a feldolgozott időszakban a szélsőesség óraértékeinek relatív gyakorisága a 10 m-es magasságban a Pearson III. eloszlással igen jól közelíthető. Ennek paraméterei kapcsolatba hozhatók a havi átlagsebességgel, tehát elvileg ennek ismeretében az átlagos napi fajlagos teljesítmény meghatározható.

Ha a szélgenerátort nem a szélirók szabvány magasságában, hanem ennél följebb helyezzük el, akkor a logaritmikus szélprofil törvénynek megfelelően a szélsőesség, ennek következtében a potenciális szélenergia számottevő meg-



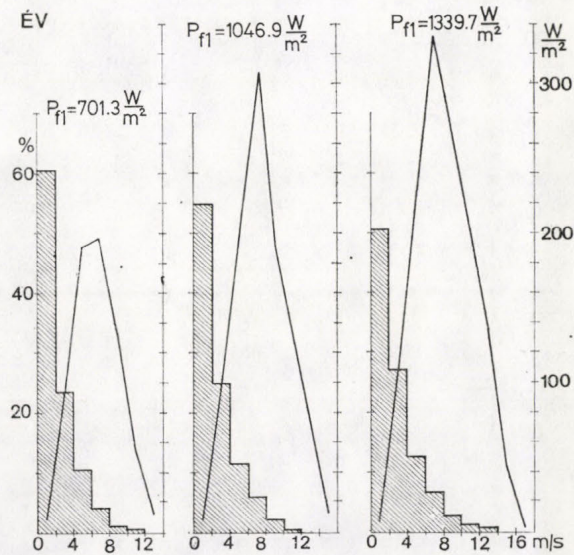
3. ábra. A szélsőesség évszakonkénti eloszlása és a sebesség-intervallumokba eső átlagos fajlagos teljesítmény évszakonkénti értékei Kisvárdán (1968–1972)

növekedése következik be. A magasabb szintek szélességeinek meghatározását nehezíti, hogy a fenti törvényben szereplő paraméterek hely-, idő-, sőt sebességfüggők. A meteorológiai gyakorlatban abban az esetben, ha a szélmérőt kényszerűségből az előírt 10 m-nél magasabbra vagy alacsonyabbra kell szelelni, magassági korrekciót kell elvégezni a

$$v_h = v_{10} Q(h) \quad (5)$$

összefüggés alapján, ahol v_h a h , v_{10} a 10 m-es szélesség egy adott időpontban, $Q(h)$ -ra pedig:

4. ábra. A szélesség évi eloszlása és a sebesség-intervallumokba eső átlagos fajlagos teljesítmény évi értékei Kisvárdán (1968–1972)



$$Q(h) = 0,233 + 0,656 \lg(h + 4,75) \quad (6)$$

(Mezősi és Simon, 1981). A 10 m-nél magasabb szintek szélességeinek és szélenergiájának kiszámítására az (5) összefüggést használjuk fel. Ez szigorúan véve csak átlagsebességekre érvényes, de mivel az óránkénti értékek is egy órai átlagot jelentenek, így valószínűleg nem követünk el nagy hibát. Mindenesetre 30 m-ig nagyságrendi összehasonlításra az (5) összefüggést alkalmasnak tartjuk, közelítve ezzel az igen költséges toronymérések eredményeit.

Az 1. ábrán a havi átlagsebesség és az egy napra eső összes átlagos fajlagos teljesítmény évi menete látható (folytonos vonal), 10 m-en közvetlenül a megfigyelési adatokból, 20 és 30 m-en pedig ezekből az (5) összefüggéssel meghatározva, $\rho = 1,23 \text{ kgm}^{-3}$ értéknél.

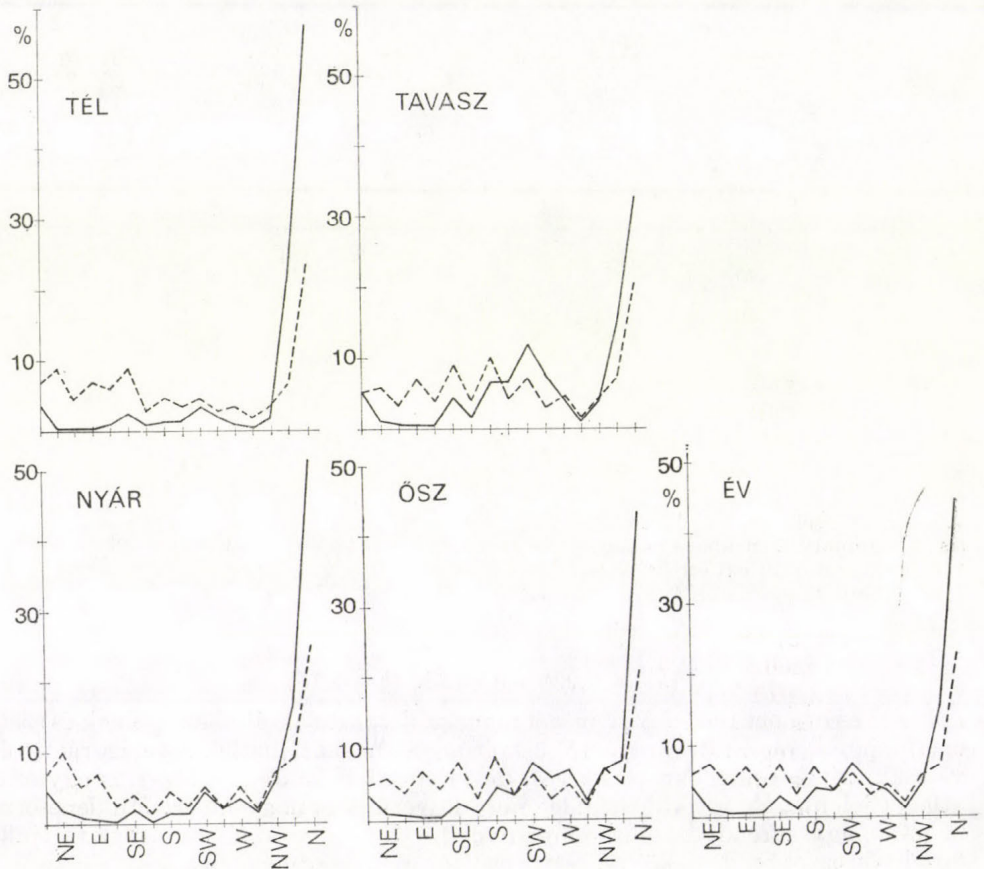
A görbék alapján a két mennyiség kapcsolata a kb. 1,5–3,0 m/s sebesség-intervallumban lineáris függvénnyel közelíthető, ezért a 2. ábrán külön ábráztoltuk a 10 m-es szint összetartozó értékpárjait, majd ezek alapján meghatároztuk a lineáris korrelációs együtthatót és az $y = a + b x$ lineáris regressziós egyenlet konstansait ebben a magasságban. Az (5) összefüggés segítségével bebizonyítható ugyanis, hogy ha 10 m-en a két mennyiség között a korrelációs együttható r_{10} , a regressziós egyenlet konstansai pedig a_{10} és b_{10} , akkor a megfelelő mennyiségek h magasságban $r_h = r_{10}$, $a_h = Q^3(h) \cdot a_{10}$, $b_h = Q^2(h) \cdot b_{10}$.

A konkrét értékek: $r_{10} = 0,9600$, $a_{10} = -790,3$, $b_{10} = 701,6$, vagyis az összes napi átlagos fajlatos teljesítmény h magasságban az adott hónapban:

$$P_{11}(h) \approx Q^3(h) (-790,3 + 701,6 \bar{v}_{10}), \quad (7)$$

ahol \bar{v}_{10} a havi átlagsebesség 10 m-en, mivel $\bar{v}_h = Q(h) \bar{v}_{10}$.

Az 1. ábrán a (7) alapján számított fajlatos teljesítményeket a szaggatott



5. ábra. A szélirányok gyakorisága (szaggatott vonal) és az általuk szállított fajlatos teljesítmény a napi összes fajlatos teljesítmény %-ában évszakonként és az egész évben

vonalú görbe jelzi, a 2. ábrán pedig az egyenes a (7)-nek 10 m-re vonatkozó alakja [$Q(h) = 1$].

A 3/a-d. és a 4. ábrán a szélesebbesség gyakorisági eloszlását és az ebből a (3) alapján számított egynapi fajlatos teljesítményeket tüntettük fel az egyes sebesség-intervallumok fölött a négy évszakban és az egész évben 10, 20 és 30 m-es magasságban. Az ábrán feltüntettük az egy napra eső összes átlagos fajlatos teljesítményeket is (P_{11}).

2. A szélenergia kapcsolata a szélirány-gyakoriságokkal

Ebben a részben röviden összefoglaljuk azokat az eredményeket, amelyeket az egyes szélirányok gyakorisága és az általuk szállított energia közötti kapcsolat vizsgálatakor kaptunk. A szél iránya a légkör alsó néhányszor 10 m-es rétegében nem változik számottevően a magassággal, tehát a szélirányok 10

I. TÁBLÁZAT

A lineáris korrelációs együttható (r_{10}), a regressziós együttható (b_{10}) és a regressziós konstans (a_{10}) értékei a szélirányok egy napra eső átlagos fajlagos teljesítménye és %-os gyakorisága esetében, 10 m-en

	r_{10}	b_{10}	a_{10}		r_{10}	b_{10}	a_{10}
Jan.	0,623	12,607	-37,715	Okt.	0,890	11,189	-37,470
Febr.	0,911	24,922	-89,299	Nov.	0,569	9,965	-13,841
Márc.	0,811	16,346	-24,775	Dec.	0,926	21,375	-86,349
Ápr.	0,825	17,044	-39,770				
Máj.	0,836	10,725	-32,962	Tél	0,883	20,508	-77,134
Jún.	0,933	9,851	-32,344	Tavaszi	0,838	14,950	-33,926
Júl.	0,916	11,211	-29,578	Nyár	0,922	9,983	-31,923
Aug.	0,885	7,942	-28,238	Ősz	0,883	11,889	-39,372
Szept.	0,944	9,169	-33,592	Év	0,903	14,745	-48,336

m-en megfigyelt gyakoriságait 20 és 30 m-en is felhasználhatjuk. Az egyes irányokra egy nap alatt jutó átlagos fajlagos teljesítményt h magasságban [$P_{f1}(I, h)$] a szél irányának és sebességének együttes eloszlásából lehet meghatározni. Ha a $P_{f1}(I, h)$ értékeket az egy napra eső összes átlagos fajlagos teljesítmény, a $P_{f1}(h)$ %-ában fejezzük ki, azaz

$$p_{f1}(I) = \frac{P_{f1}(I, h)}{P_{f1}(h)} \cdot 100 \quad (8)$$

akkor — az (5) összefüggés alapján — a $p_{f1}(I)$ független a magasságtól. Az 5a — b. ábrán 16 szélirány %-os gyakoriságát és a hozzájuk tartozó $p_{f1}(I)$ értékeket ábráztuk a 10 m-es adatok alapján évszakok, illetve az egész év szerint. A fenti ábrákból és az egyes hónapokra vonatkozó vizsgálatainkból célszerűnek látszott lineáris regressziót meghatározni a szélirányok által szállított napi átlagos fajlagos teljesítmény [$P_{f1}(I, h)$] és relatív gyakoriságuk (g_I) között. A statisztikai számításokat elegendő itt is csak a 10 m-es szintre elvégezni. Belátható ugyanis, hogy $r_h = r_{10}$, $b_h = Q^3(h) b_{10}$, $a_h = Q^3(h) a_{10}$, azaz

$$P_{f1}(I, h) = Q^3(h) (a_{10} + b_{10} g_I) \quad (9)$$

A (9) egyenlet konstansait és az r_{10} korrelációs együtthatókat az I. táblázatban adjuk meg havonta, évszakosan és egész évre. Mivel az r_{10} értéke minden esetben nagyobb, mint az 5%-os valószínűséghez tartozó 0.4821 kritikus érték, így a (9) egyenlet segítségével az egy napra eső átlagos fajlagos teljesítmény jó közelítéssel meghatározható:

$$P_{f1}(h) \approx \sum_I P_{f1}(I, h) \quad (10)$$

A II. táblázatban megadjuk a $P_{f1}(h)$ értékeit a különböző időszakokban egyrészt közvetlenül a megfigyelési adatokból meghatározva (M), másrészt a (7)

összefüggéssel az időszakok átlagsebességéből, illetve az (10) összefüggéssel az adott időszakban megfigyelt szélirány gyakoriságokból becsülve (B_V , ill. B_I). A %-ban kifejezett relatív hibák (H_V , ill. H_I) értékeit összehasonlítva láthatjuk, hogy a szélirányok %-os gyakoriságából a fajlagos teljesítmény értéke lényegesen pontosabban kiszámítható.

A fentiekben ismertetett két módszer tehát alkalmas arra, hogy a szokásos szélstatisztikákból elsődlegesen tájékozódjunk a széliró közvetlen környezetéhez tartozó terület átlagos szélenergia viszonyairól. Földrajzi elhelyezkedésében különböző, több széliró adatait felhasználva országosan is meghatározhatjuk az átlagos értékeket, kiválaszthatjuk a szélenergia felhasználása szempontjából legkedvezőbb területeket. A továbbiakban azonban részletesebb vizsgálatokat is kell végezni, amelyekkel nemcsak az átlagokat, hanem a szélenergia finomabb statisztikai szerkezete is feltárható.

II. TÁBLÁZAT

Az egy napra eső átlagos fajlagos teljesítménynek a megfigyelési adatokból meghatározott (M) és a két módszer alapján becsült (B_V és B_I), valamint a relatív hibák (H_V és H_I , %) értékei

	10 m					20 m					30 m				
	M	B_V	H_V	B_I	H_I	M	B_V	H_V	B_I	H_I	M	B_V	H_V	B_I	H_I
	Január	658,3	521,3	21	658,0	0	1003,0	787,6	21	994,2	1	1280,4	1004,0	22	1207,3
Február	1063,4	955,9	10	1062,5	0	1603,1	1444,3	10	1605,5	0	2021,4	1841,2	9	2046,6	-1
Március	1235,0	1201,3	3	1233,9	0	1850,2	1815,1	2	1864,4	-1	2323,7	2313,7	0	2376,6	-2
Április	1070,0	1103,1	-3	1068,9	0	1580,2	1666,8	-5	1615,1	-2	2053,0	2124,7	3	2058,8	0
Május	544,0	612,4	-13	543,5	0	805,0	925,3	-15	821,2	-2	1034,2	1179,5	-14	1046,8	-1
Június	466,7	500,2	-7	464,3	1	688,6	755,8	-10	701,5	-2	884,7	963,5	-9	894,2	-1
Július	648,0	710,5	-10	647,3	0	972,0	1073,6	-10	978,1	-1	1239,0	1368,6	-10	1246,8	-1
Augusztus	343,0	203,9	11	342,9	0	516,4	459,3	11	518,1	0	658,6	585,4	11	660,5	0
Szeptember	379,3	465,2	-23	379,1	0	558,8	702,9	-26	572,8	-3	733,7	896,0	-22	730,2	0
Október	523,6	528,3	-1	517,8	1	756,1	798,2	-6	782,4	-3	970,8	1017,5	-5	997,4	-3
November	775,1	885,8	-14	774,4	0	1157,4	1338,4	-16	1170,1	-1	1491,1	1706,1	-14	1491,6	0
December	756,1	668,5	12	755,3	0	1145,7	1010,1	12	1141,1	0	1475,6	1287,6	13	1454,8	1
Tél	814,8	704,1	14	813,9	0	1233,9	1063,2	14	1229,8	0	1572,8	1351,9	14	1507,7	0
Tavaszi	953,7	977,7	-3	952,9	0	1418,0	1476,4	-4	1439,8	-2	1811,1	1877,2	-4	1835,4	-1
Nyár	458,7	500,6	-9	485,1	-6	725,2	755,9	-4	733,0	-1	926,7	961,2	-4	934,4	-1
Ősz	557,7	626,9	-12	557,3	0	821,8	946,7	-15	842,2	-2	1062,7	1203,7	-13	1073,4	-1
Éves	701,3	713,7	-2	700,6	0	1046,1	1084,8	-4	1058,5	-1	1339,7	1370,3	-2	1349,3	-1
Átlag hiba			-3		0			-3		-1			-2		-1

IRODALOM

- Ambrózy, P. és Tárkányi, Zs.*, 1981: Az energiagazdálkodással összefüggő meteorológiai kérdések. Kézirat. MTA Meteorológiai Tudományos Bizottsága.
- Czelnai, R.*, 1953: A szélenergia felhasználásának néhány elméleti kérdése és lehetőségei hazánkban. *Időjárás* 57, 221–227.
- Czelnai, R.*, 1978: A légköri és szoláris erőforrások kutatása és feltárása. *Időjárás* 82, 185–191.
- Kakas, J. és Mezősi, M.*, 1956: Szélviszonyaink vizsgálata és az országos energiagazdálkodás. *Időjárás* 60, 350–364.
- Ledács-Kiss A.*, 1955: A szélenergia hasznosításának kérdései a Rio de Janeiro-i világenergia konferencián és a hazai vonatkozásai. *Magyar Energiagazdaság* 8, 121–130.
- Ledács-Kiss A.*, 1956a: A szélenergia nagyüzemi hasznosítása. *Magyar Energiagazdaság* 9, 127–132.
- Ledács-Kiss A.*, 1956b: Szélenergia – a mezőgazdaság olcsó energiaellátása. *Magyar Energiagazdaság* 9, 273–278.
- Ledács-Kiss A.*, 1963: A szélenergia hasznosítása. Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1963.
- Major, Gy.*, 1982: A napsugárzás és a szél energiájának, mint éghajlati erőforrásnak a hasznosítása. Kézirat. MTA Meteorológiai Tudományos Bizottsága.
- Mezősi, M. és Simon, A.*, 1981: A meteorológiai szélméreés elmélete és gyakorlata. *Meteorológiai Tanulmányok* 36. OMSZ, Budapest.
- Papp, É.*, 1974: A szélesség-óraátlagok gyakorisági eloszlásának sajátosságai. *Időjárás* 78, 342–347.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 87. évf. 1. szám. 1983. január — február
Journal of the Hungarian Meteorological Service. Vol. 87. No. 1. Jan. — Feb. 1983, Budapest

Szélmezőtípusok előállításuk clusteranalízissel

TUTSEK ENDRE, Központi Meteorológiai Intézet, H-1525 Budapest, Pf. 38.

Wind field classification by cluster analysis. A cluster analysis procedure presented in this paper is applied for classifying wind field patterns mostly for the purpose of environmental protection. The types are formed by a dynamical and centroidal cluster analysis algorithm. Since most of the similarity functions are suitable only for the comparison of scalar fields, a special function is constructed, which can be used in the case of vector fields. A numerical characterization of wind fields is chosen, by which the averaging of similar wind fields most easily can be carried out. The method has been applied for the determination of two-dimensional wind field types near the surface for two industrial towns (Miskolc and Tatabánya). For both cases the wind field types, gained by the classifying algorithm were checked and the most important statistical parameters: the frequency of occurrence, the spreading and the measure of analogy of the types were determined.

✱

Szélmezőtípusok előállításuk clusteranalízissel. Dolgozatunkban — elsősorban környezetvédelmi alkalmazásokra készült — szélmezőtípusok clusteranalízis eljárást mutatunk be. A szélmezőtípusokat dinamikus és centroid elvű clusteranalízis algoritmusokkal állítjuk elő. Mivel az általában használt hasonlósági függvények többnyire csak skalármezők összehasonlítására alkalmasak, a vektormezők összehasonlítására speciális hasonlósági függvényt állítottunk elő. A szélmezők numerikus jellemzésének módját úgy választottuk meg, hogy a hasonló szélmezők típusok átlagolása a legkönnyebben végrehajtható legyen. Módszerünket két iparváros, Miskolc és Tatabánya felszínközeli, két-dimenziós szélmezőtípusainak meghatározására alkalmaztuk. Mindkét esetben ellenőriztük a tipizálás helyességét, továbbá kiszámítottuk a típusok fontosabb statisztikai jellemzőit: a típusok előfordulási gyakoriságát, szóródását és egymáshoz való hasonlóságát.

✱

Bevezetés. A sok paramétertől függő meteorológiai mezők és folyamatok tanulmányozásának egyik lehetséges módja a típusalkotás. Pontosabban az az eljárás, amelyben a gyakran előforduló, hasonló paraméterekkel jellemzett helyzeteket típusoknak tekintjük és a továbbiakban ezeket egy kóddal (például a típus sorszámával) jelöljük. Ezzel a lépéssel lényegében egyre redukáljuk a figyelembe vett változók számát. A tipizálás módszerét már régóta alkalmazzák a meteorológiában, pl. makroszinoptikus típusok, éghajlati körzetek stb. meghatározására (Hess és Brezowsky, 1952; Lamb, 1972; Péczely, 1957, és 1961).

Valamely terület fölött kialakuló szélmező vizsgálata is olyan összetett probléma, melyhez célszerű a tipizálás módszerét alkalmazni. Különösen akkor, ha a vizsgált területen jelentősebb mechanikai (pl. domborzat) és termikus (pl. városi hősziget) inhomogenitás is van. Erre a következtetésre jutott Wendell (1972) egy 21 toronyból álló szélmérőhálózat adatainak feldolgozása során. Tapasztalatai alapján Szepesi et al. (1977) Pécs felszínközeli szélmezőit típusokba sorolták. Probáld (1980) — a Pécsnél használt módszer némileg továbbfej-

lesztett változatával — Budapest felszínközeli szélmezőtípusait is meghatározta. Az utóbbi két munkában a szélmezőtípusok Gauss-féle szennyezőanyag-terjedést szimuláló modellhez készültek. A szélmezőtípusok előállítására a Gauss-modellek használatakor a légszennyeződési vizsgálatok egyik fontos lépése, ugyanis a felszínközeli szélmező a Gauss-modellek egyik bemenő paramétere. Az alsóbb légrétegek áramlási viszonyainak tanulmányozása azért is különösen fontos, mivel ebben a rétegben érvényesül legerősebben a domborzat áramlásmódosító hatása, a sűrűlódás és a városi hősziget jelenség. Ugyanakkor itt szállítódnak el a felszínközeli szennyezőforrásokból kibocsátott anyagok, és az itt felhalmozódó szennyeződés közvetlenül hat az emberi környezetre.

Az említett munkákban a szélmezőtípusok kialakítása a vizuális analógia-keresés módszerével történt. A típusmezők megszerkesztésénél csak a szél irányát vettük figyelembe, s a típusmezők térbeli sebességeloszlását nem adták meg (a típusmezőket egy átlagos szélesebséggel jellemezték).

A fenti munkák ismeretében tűztük ki célul olyan gyors, objektív és kevésbé munkaigényes, számítógépes szélmezőtípusjelölő eljárás kidolgozását, amely már a típusmezők helyről-helyre változó szélesebségét is megadja. Az eljárást elsősorban városi légszennyeződési vizsgálatokhoz készítettük, de véleményünk szerint nagyobb területekre és szélklíma kutatásokra is jól használható.

1. A szélmezőtípusjelölő clusteranalízis eljárás

Előzetes vizsgálataink alapján (Gulyás, 1977 és 1981; Duran és Odell, 1974) a típusok előállítására a statisztikus osztályalkotás gyakran alkalmazott módszerét, a clusteranalízist találtuk a legmegfelelőbbnek. Mivel a clusteranalízisnek számos meteorológiai alkalmazása ismeretes (Nyikolajev, 1976; Gulyás et al., 1977; Bartholy és Gulyás, 1980; Bartholy et al., 1980; Kruizinga, 1979; Légrády, 1980; Hunkár és Rimek, 1980; Gadgil és Iyengar, 1980) és már a magyar nyelvű meteorológia szakirodalom is részletesen tárgyalta (Gulyás, 1977 és 1981), ebben a dolgozatban nem térünk ki külön az eljárás ismertetésére, azonban — a továbbiakban használt fogalmak egységes értelmezése végett — röviden összefoglaljuk annak lényegét.

A clusteranalízis olyan matematikai eljárás, amely a számokkal jellemzett objektumok halmazából (a tananyagból) a hasonlósági függvény vagy az analógia index segítségével a hasonló objektumokat csoportosítja, azaz egy cluster-rendszert állít elő. Az egy csoportba tartozó objektumok átlagos tulajdonságai-val meghatározott objektumot nevezük típusnak. A matematikai szakirodalomban nagyon sokféle clusteranalízis eljárás ismeretes. Ezek közül a konkrét feladat jellegének megfelelően választhatunk. A clusteranalízis adott feladatra való alkalmazásakor először meg kell oldanunk az objektumok számokkal való jellemzésének problémáját, majd meg kell adnunk a hasonlósági függvényt és végül ki kell választanunk a feladathoz adekvát clusteranalízis eljárást, amivel a tipizálást elvégezzük.

2. A szélmezők numerikus jellemzése

A meteorológiai szolgálatok a széljellemzőket térben közelítőleg egyenletes sűrűségben telepített szélmérő állomásokon mérik. Ezek mérési adataiból lehet meghatározni azokat a jellemzőket, melyekkel a szélmezők a számítógépben tárolhatók, illetve később rekonstruálhatók. Ebben a cikkben a kétdimenziós szélmezővel foglalkozunk, de megállapításaink egyszerűen általánosíthatók a háromdimenziós esetre is.

Síkbeli mezők megadásának egyik lehetséges módja, hogy a vizsgált területen egyenletes sűrűségben elhelyezkedő pontokban megadjuk a mezőt jellemző paramétereket, esetünkben a szélvektor jellemzőit. N pont esetén $2N$ számadattal, azaz egy $2N$ elemű vektorral jellemezhetjük a horizontális szélmezőt, mivel egy síkbeli vektor megadásához két adat szükséges:

$$X = (x_1, \dots, x_{2N}).$$

A clusteranalízis eljárások nagy része ún. centroid elvű, azaz az egy clusterba került objektumok jellemzőinek, az objektumvektorok elemeinek átlagolásával határozzák meg a cluster középpontját. Ezért olyan szélvektor jellemzőket célszerű választani, melyek átlagolásakor valóban átlagos tulajdonságú szélvektort, ill. szélmezőt kapunk. Ezt a követelményt a szélvektoroknak pl. a (v_x, v_y) derékszögű komponensekkel való megadása teljesíti, ezért mi is ilyen módon jártunk el. A szélvektorok szokásos polárkoordinátás alakja nyilvánvalóan nem megfelelő. Minthogy azonban a mérési eredmények csak polárkoordinátákban álltak rendelkezésünkre, ezek derékszögű komponensekké való transzformálását is be kellett építenünk az eljárásba. Így a szélmezőt megadó $2N$ elemű vektor a következő alakot vette fel:

$$X = (v_{1x}, v_{1y}, \dots, v_{Nx}, v_{Ny}).$$

A mezőt jellemző pontok megválasztásában mindig gyakorlati körülmények a meghatározók. Általános probléma a szélmérő hálózatok viszonylag kis sűrűsége (4–5 állomás/100 km²). A kis állomássűrűség és a mezőt jellemző adatok pontossága iránt támasztott követelmények miatt – feltéve, hogy a vizsgált területen a mérőállomások különben elég egyenletes sűrűségben helyezkednek el – nem célszerű a szabályos rácshálózatra való interpolálás. Ilyen esetekben kézenfekvő magukat a mérőpontokat tekinteni a mezőt jellemző pontoknak. Ekkor a mérési pontosságból és sűrűségből származó hibát nem haladja meg a szélmező reprodukálásának hibája. Hasonló okokból a mezők ortogonális sorfejtési együtthatókkal való jellemzése (Czelnai és Rákóczi, 1971) feltehetően növeli a mezők jellemzőinek és összehasonlításának hibáját ilyen kis állomássűrűség esetén. Az említett okokból a szélmezőket, a clusteranalízis objektumait az N mérőállomás horizontális szélvektorának derékszögű komponenseivel (v_x, v_y) , egy $2N$ elemű vektorral adtuk meg. Ilyen $2N$ elemű vektorokban tároltuk a számítógépben a vizsgált időszak szélmezőit, a tananyagot.

3. A hasonlósági függvény

A clusteranalízis eljárásokkal nyert típusok a hasonlósági függvény megválasztására a legérzékenyebbek, hiszen ez határozza meg, hogy az egy osztályba került objektumok mely jellemzői milyen mértékben hasonlítanak egymáshoz.

Esetünkben a hasonlósági függvény megválasztása különösen problematikus volt, mivel a gyakran használt hasonlósági függvények (mint pl. az euklideszi, a Minkowsky-, a Camberra-, a Mahalanobis-, a Bagrov-féle stb.) vektormezők összehasonlítására alkalmatlanok. Ezen hasonlósági függvények többsége a két objektumvektor különbségének komponenseiből határozza meg a hasonlóság mértékét, ami esetünkben a két szélmező ugyanazon pontjában lévő szélvektorok különbségének x és y komponenseit jelentené. Az emiatt keletkező hibákat az euklideszi metrikán szemléltetjük (1. ábra). Elsősorban ilyen hibák miatt az említett hasonlósági függvényeket nem használhatjuk. Olyan, lehetőleg egyszerű hasonlósági függvényre lenne szükségünk, mely az említett hibától

mentes és értéke közelítőleg arányos a szélmezők fizikai (vizuális) hasonlóságával. Ilyen hasonlósági függvény előállítását kíséreljük meg a következőkben.

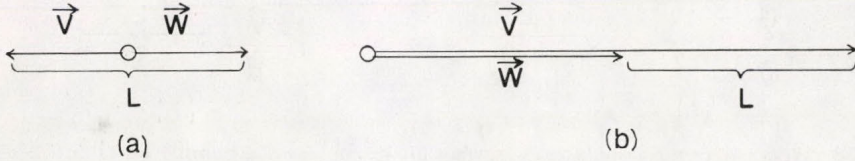
Mindenek előtt leszögezzük, hogy hasonlósági függvény csak az a $D(X, Y)$: $A \times A \rightarrow R$ valós értékű vektor-skalár függvény lehet, mely

nem negatív értékű: $\forall X, Y \in A$ -ra $D(X, Y) \geq 0$,

szimmetrikus: $D(X, Y) = D(Y, X)$ és

reflexív: $D(X, Y) = 0$ akkor és csak akkor, ha $X = Y$,

ahol $A (\subset R^N)$ a tananyagot, X és Y pedig az objektumokat jelöli.



1. ábra: Az euklideszi metrika hibája: Az euklideszi metrika (két vektor különbségének hossza) szerint az (a) és a (b) vektorpár ugyanolyan hasonló, pedig a (b) vektorok nyilvánvalóan jóval hasonlóbbak

A hasonlósági függvény szoros kapcsolatban van a meteorológiában gyakran használt analógiaindexszel. Ugyanis például a

$$\delta(X, Y) = \frac{1}{1 + D(X, Y)}; \text{ ha } 0 \leq D(X, Y) \leq \infty \text{ vagy}$$

$$\delta(X, Y) = 1 - \frac{D(X, Y)}{D_{\max}}; \text{ ha } 0 \leq D(X, Y) \leq D_{\max} < \infty$$

összefüggések alkalmazásával analógiaindexet kapunk. Mi a szemléletesebb jelentése miatt használjuk a hasonlósági függvényt. Ez felfogható egy objektumtérbeli távolságnak is, és a $D \approx 0$ eset az objektumok közelségének, hasonlóságának, pontthalmazba, pontfelhőbe rendeződésének felel meg.

Mivel a mérőpontok eloszlása a vizsgált területen általában közelítőleg egyenletes, ezek súlya azonosnak vehető két szélmező hasonlóságának meghatározásában. Azaz a hasonlósági függvényt a következő módon írhatjuk fel:

$$D(\mathbf{v}, \mathbf{w}) = \sum_{i=1}^N d(\mathbf{v}_i, \mathbf{w}_i),$$

ahol \mathbf{v} és \mathbf{w} a két szélmezőt jelöli, $d(\mathbf{v}_i, \mathbf{w}_i)$ pedig az i -edik mérőpontban a két szélmező hasonlósága, ami nyilván az i -edik mérőpontbeli szélsébségek (\mathbf{v}_i és \mathbf{w}_i) függvénye. Nem egyenletes mérőponteloszlás esetén a $d(\mathbf{v}_i, \mathbf{w}_i)$ értékek súlyozott összege képezendő. Ezáltal a probléma a két szélvektor hasonlóságát mérő $d(\mathbf{v}, \mathbf{w})$ függvény meghatározására redukálódik. Természetesen ennek is szimmetrikusnak reflexívnek és nem-negatívnak kell lennie, másszóval ez is hasonlósági függvény.

Véleményünk szerint két vektor hasonlóságát legegyszerűbben a $\Delta \varphi$ (a kisebb bezárt szög) és a $|v-w|$ vagy a v/w paraméterekkel jellemezhetjük. A két vektor azonosságakor $\Delta \varphi = 0$, $|v-w|=0$ és $v/w=1$. Ezekből a paraméterekből olyan hasonlósági függvényt szeretnénk előállítani, melynek értéke lehetőleg arányos a két vektor szemléletes hasonlóságával.

Ilyen függvény pl. a következő:

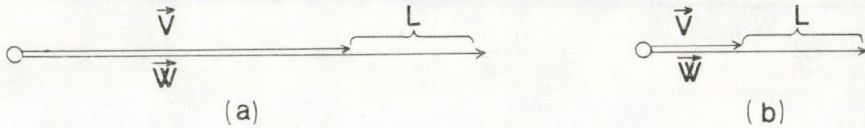
$$d(\mathbf{v}, \mathbf{w}) = A \Delta \varphi + B |v-w|, \text{ ahol } A, B > 0, \text{ állandó.}$$

Ennek a kifejezésnek csak az a hibája, hogy a második tagja miatt ugyanolyan

hasonlóknak tekinti például a 2. ábrán látható két vektorpárt, pedig az (a) pár hasonlóbb. Ez arra utal, hogy a második tagnak inkább (v/w) -vel kellene arányosnak lennie, viszont a kifejezés $\Delta\varphi$ -tól való függése jónak mondható. Ezt a hibát gyakorlatilag kiküszöböli a következő függvény alak:

$$d(\mathbf{v}, \mathbf{w}) = A \Delta\varphi + B \left| \frac{v}{w} - \frac{w}{v} \right|$$

Ez nem-negatív, szimmetrikus, reflexív és mindkét tagjában közelítőleg „ará-



2. ábra: $d = A\Delta\varphi + B(v-w)$ hasonlósági függvény hibája: egyformán hasonlóknak tekinti e két vektorpárt, noha az (a) vektorok szemmel láthatóan hasonlóbbak

nyos” a szemléletes hasonlósággal, $\Delta\varphi$ -vel és (v/w) -vel. Ugyanis, ha $v/w \gg 1$ (vagy $\ll 1$), a második tag

$$\left| \frac{v}{w} - \frac{w}{v} \right| \approx \frac{v}{w} \quad \left(\text{vagy} \approx \frac{w}{v} \right) \text{ lesz.}$$

További előnye a kifejezésnek, hogy a második tagja a két vektor hosszánakközeli azonossága esetén, $v/w = 1$ körül kissé gyorsabban változik, mint máshol, azaz itt érzékenyebb. Ez a kifejezés már megfelel célunknak, azonban a környezetvédelemben fontosabb szélirány szerepét kissé kiemelve végül a következő kifejezés használata mellett döntöttünk:

$$d(\mathbf{v}, \mathbf{w}) = A \Delta\varphi + (B - C \Delta\varphi) \left| \frac{v}{w} - \frac{w}{v} \right|, \quad \text{ahol } A, B, C > 0, \text{ állandók.}$$

Ezáltal olyan szélmezőtípusokhoz jutunk, melyek a szélirányokat adják meg pontosabban, de azért a sebességeloszlást is jól leírják. A típusok szélirányainak szórása kisebb lesz, mint a szélesebségeiké, hiszen az utóbbiak így kevésbé hasonló értékek átlagolásával keletkeznek. Az A, B, C együtthatókat úgy választottuk meg, hogy $\Delta\varphi \approx 0^\circ$ esetén az első szögfüggő és a második sebességfüggő tag súlyaránya közelítőleg 0,6 : 0,4, míg $\Delta\varphi = 180^\circ$ esetén 0,8 : 0,2 legyen.

A $v = 0$ illetve $w = 0$ esetén fellépő szingularitást úgy küszöböltük ki, hogy a $[0; 0,1)$ m/s sebességtartományban a d függvény értékét külön határoztuk meg.

$$d(\mathbf{0}, \mathbf{0}) = 0 \quad \text{és} \quad d(\mathbf{0}; \neq \mathbf{0}) = a > 0, \text{ átlagos érték.}$$

A 0,1 m/s-os határt a legjobb mérőműszerek pontossága indokolja. A számítógépre való alkalmazáskor a második nem korlátos tag értékét egy gyakorlati nagy számtól állandónak vettük. Végül a $d(\mathbf{v}_i, \mathbf{w}_i)$ értékek összegeként előálló D függvényt normáltuk:

$$D_n = \frac{D}{D_{\max}}; \quad 0 \leq D_n \leq 1.$$

D_n -ből a $\delta = 1 - D_n$ átalakítással közvetlenül analógia indexet kaphatunk. A fenti gondolatmenet háromdimenzióban változatlanul érvényes, ezért a választott hasonlósági függvény térbeli szélmezők összehasonlítására is alkalmas.

4. Clusterező algoritmus

A szélmező tipizálásánál elsősorban a memória- és a számítógépidő-igény alapján kell kiválasztanunk a megfelelő clusterező eljárást. Esetünkben a tananyag kb. 1000 darab 8–10 elemű objektumvektorból áll. Ilyen nagy tananyagok esetén csak a viszonylag kis memóriaigényű dinamikus clusteranalízis eljárások kerülhetnek szóba. Ezeknek a módszereknek további előnyük, hogy viszonylag kevés számítógépidőt igényelnek. A clusteranalízis eljárások másik nagy csoportjába tartozó hierarchikus módszerek nagy memória és számítógépidő igényük miatt nem alkalmasak ilyen feladatokhoz.

A dinamikus módszerek az objektumokat iterációval választják szét előre megadott számú osztályba úgy, hogy a hasonlósági függvény által egy osztályba a leghasonlóbbak kerüljenek. Az osztályok (típusok) számának és az iterációhoz szükséges kezdő clustermagoknak a meghatározása általában problémát jelent ennél a clusterezési módszernél. Ezt a szélmező tipizálásánál korábbi tapasztalatok felhasználásával és gyakorlati megfontolások figyelembevételével lehet hidalni. Ezekről a továbbiakban még szó esik. Léteznek ugyan olyan dinamikus clusteranalízis eljárások is, melyek a clusterszám meghatározást az eljárás bonyolultabb felépítése árán könnyebbé teszik, ezeket azonban a várható igen nagy számítógépidő miatt nem használhattuk. Mindezek figyelembevételével egy *Anderberg* (1973) által publikált dinamikus és centroidelví eljárást választottunk a szélmezőtípusok előállítására. Ez az eljárás a jól ismert K-közép, vagy Mac-Queen módszer módosított változatának tekinthető. A centroid jelző azt jelenti, hogy az objektum abba a clusterba kerül, amelynek a centrumához (elemeinek átlagához) a legközelebb van, melyhez a leghasonlóbb. Az osztályközpont különben az osztályok (típusok) jellemzésére is jól használható, ugyanis az egy osztályba sorolt, hasonló objektumok átlagos jellemzőit tartalmazza.

Az említett eljárást az OMSZ KMI Módszertani Csoportja adaptálta és az intézet programkönyvtárában megtalálható. A programot a szélmező tipizáláshoz továbbfejlesztettük. Beépítettük speciális hasonlósági függvényünket, az adatok ortogonális transzformációját, a típusok szóródásának kiszámítását és praktikusabbá tettük az adatkezelést is.

A clusterezéshez mindenképp előtte meg kell adnunk a clusterek számát és az ezzel egyenlő számú kezdő osztályközpontot (a kezdő típusokat).

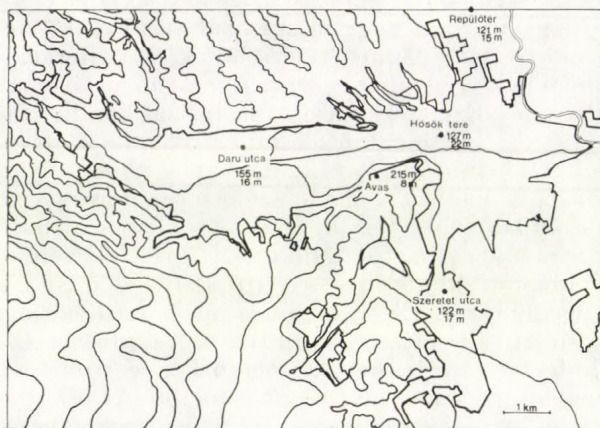
A program – röviden összefoglalva – a következőképpen működik:

1. először minden szélmezőt hozzásorol ahhoz a típushoz, amelyhez a leghasonlóbb; majd
2. az egy típusba került szélmezőket átlagolja, kiszámítja az új, pontosabb osztályközpontokat, és végül
3. megvizsgálja a konvergenciát és ettől függően visszatér 1.-hez, vagy megáll.

Az euklideszi hasonlósági függvényre már bizonyított, hogy ez az iteráció a clusterrendszer jóságát mérő veszteség-függvénynek, mint a clusterrendszer funkcionáljának valamelyik stacionárius pontjához tart (*Révész és Fritz*, 1974). (Veszteségfüggvénynek az objektumoknak a hozzájuk legközelebb lévő clustercentrumtól való távolságaik összegét vettük.) Ahhoz azonban, hogy az iteráció tényleg minimum szélsőértékhez, jó clusterrendszerhez vezessen, az is szükséges, hogy elég jó kezdő-clusterközpontokat válasszunk. A kezdő-clusterközpontoknak nem szabad túl távol lenniük a tényleges középpontoktól.

5. Az eljárás gyakorlati alkalmazása

Módszerünkkel először Miskolc, majd Tatabánya felszínközeli szélmező-típusait határoztuk meg. A kapott eredmények hasonló jellege miatt itt csak a miskolci eredményeket tárgyaljuk részletesen, de mindkét vizsgálat eredményei hozzáférhetők (Tutsek, 1981). A tatabányai vizsgálat során, a Miskolc-nál szerzett tapasztalatokat felhasználva, a program bemenő adatait: a tananyagot és a kezdő clusterközéppontokat kissé módosítottuk. Ezekre a változtatásokra a továbbiakban mindenütt külön kitérünk.



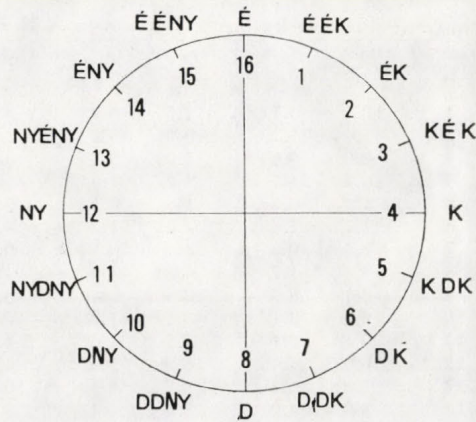
3. ábra: A miskolci szélmérő-hálózat. Az észlelőhely neve mellett fent az állomás talponti magasságát, lent pedig a műszer érzékelőjének talajszint feletti magasságát tüntettük fel

5.1 A vizsgálat adatbázisa. Miskolcon 1978. október 1-től 1979. szeptember 30-ig és Tatabányán 1979. október 5-től 1980. szeptember 30-ig — légszennyeződési vizsgálatok keretében — a Központi Meteorológiai Intézet részletesebb felszínközeli szélméréseket végzett. Ezek eredményeit használtuk fel a tipizáláshoz. A két városban 5–5 Fuess típusú szélregisztráló műszer működött, közelítőleg egyenletes területi eloszlásban. A miskolci mérőhelyek a 3. ábrán láthatók. A kétóránkénti (páros órákra vonatkozó) mérési eredményeket: az öt mérőpontban a szélirányt és a szélességet használtuk fel a tipizáláshoz. Ezekből állítottuk össze a vizsgált év kétóránkénti szélmezőit jellemző 4380 (10 elemű) objektumvektort. A szél irányát 22,5 fokonként (a 4. ábra szerinti kódolással), a sebességét pedig 0,1 m/s-os pontossággal adtuk meg. Széliránynak a leolvasási időpontot megelőző tíz perc átlag szélirányát, szélességnek pedig a megelőző egy óra időtartam átlag sebességét vettük.

Hosszabb időtartamra érvényes szélmezőtípusok meghatározásához egyévi mérési adatsor nem elegendő, nagyobb időszakra, megfelelő területi sűrűségű mérésekhez azonban jelenleg lehetetlen hozzájutni. Ugyanakkor már az egyéves adatállomány clusterézése is igen nagy számítógépidőt és memóriát igényel. A korábbi vizsgálatok (Szepesi et al., 1977 és Probáld, 1980) eredményei arra utalnak, hogy egyévi időszakból a vizsgált terület jellegzetes szélmezői már megállapíthatók de a típusok egy év alatti előfordulási gyakoriságai feltehetően nem egyeznek meg a sokévi értékekkel.

5.2 A tipizálási minta — a tananyag. A program várhatóan nagy számítógépidő igénye miatt a típusképzéshez ebben a munkában csak két hónapot (1979. márciust és júniust; 732 szélmezőt) használtunk fel. Probáld (1980) ko-

rábbi tapasztalatai alapján várható volt, hogy ez a rövidebb időszak is elég jól meghatározza a típusokat, de ennek igazolása jelen vizsgálat célkitűzései közé is tartozott. A kisebb tananyag miatt viszont a kapott típusok érvényességi idejét alaposabban meg kell majd vizsgálnunk. A két hónap kiválasztásánál azt tartottuk szem előtt, hogy mind a téli, mind a nyári félévből legyenek adataink és minél hiánytalanabb legyen az adatsor. Az adathiány e két hónapban 1,9%, az egész évben 6% volt. A kéthónapos tananyaggal Miskolcnál szerzett kedvező tapasztalatok után Tatabányánál is két hónapot használtunk, de itt azt egyenletesebben választottuk ki az éves adatsorból. Tatabányánál a két hónap négy



4. ábra: A szélirányok kódolása

félhónapos részletből állt össze, melyek egymástól másfél hónap távolságra voltak. Ezzel a típusok érvényességi idejének növelése volt a célunk.

5.3 *A típusok számának meghatározása és a kezdő clusterközpontok.* A típusok számát több, különböző típuszámmal végrehajtott próba-clusterezés eredményeképpen Miskolcnál 30-nak Tatabányánál 24-nek választottuk. A korábbi munkákhoz viszonyítva – a városok méretét és domborzatát figyelembe véve – ezek a típusszámok elég reálisnak látszottak. (Pécsnél 29, Budapestnél 36 típust állapítottak meg.) A próba-clusterezések alatt az egy típusba tartozó szélmezők száma, a típusok szóródása (R^N -beli kiterjedése) és egymáshoz való hasonlósága alapján változtattuk a típusok számát. Az egymáshoz közeli típusokat összevontuk, és a kis elemszámú, más típushoz nem hasonlító típusokat megszüntettük.

Kezdő clusterközpontoknak az objektumtérnek tananyagunk által elfoglalt részében közelítőleg egyenletes eloszlásban (szabályosan) elhelyezkedő pontokat választottunk. Miskolcnál a végleges clusterezés kezdőpontjai a 16 fő széliránnyal meghatározott homogén szélmezők voltak, két gyakori szélsébséggel: 0,5 és 2 m/s-mal. (Két ritka esetet hagytunk ki a 32-ből.) Ezt a kezdőközpont választást az is indokolja, hogy a tényleges típusok feltehetően ezen homogén mezők kis perturbációi, vagyis ezekhez valószínűleg közel vannak az objektumtérben. Feltevésünket a viszonylag alacsony iterációs szám feltétlenül igazolta. Tatabányánál – az iterációs szám további csökkentése céljából – a 16 fő széliránnyal megadott kezdőtípusokat nem állandó, hanem helyről-helyre változó szélsébséggel jellemeztük.

5.4 *Eredmények.* Szélmező clusterező programunk végső futásához Miskolc esetében (732, 10 elemű objektumvektorral és 30 típusossal) 20 iterációs lépés,

21 perc 6 másodperc CPU-idő és 232 Kbyte memória volt szükséges egy IBM 370/155 típusú (körülbelül 10^6 művelet/másodperc sebességű) számítógépen.

Az iteráció befejeztével megkaptuk a clusterközpontok adatait, a 30 típusmezőt jellemző átlagos szélirány és szélsősebesség értékeket minden egyes mérőhelyre. Ezeket az *I. táblázat* tartalmazza. A táblázat adataiból előállítottuk a típusok áramvonal képeit is. A nagy terjedelem miatt itt csak a 8 leg-

I. TÁBLÁZAT

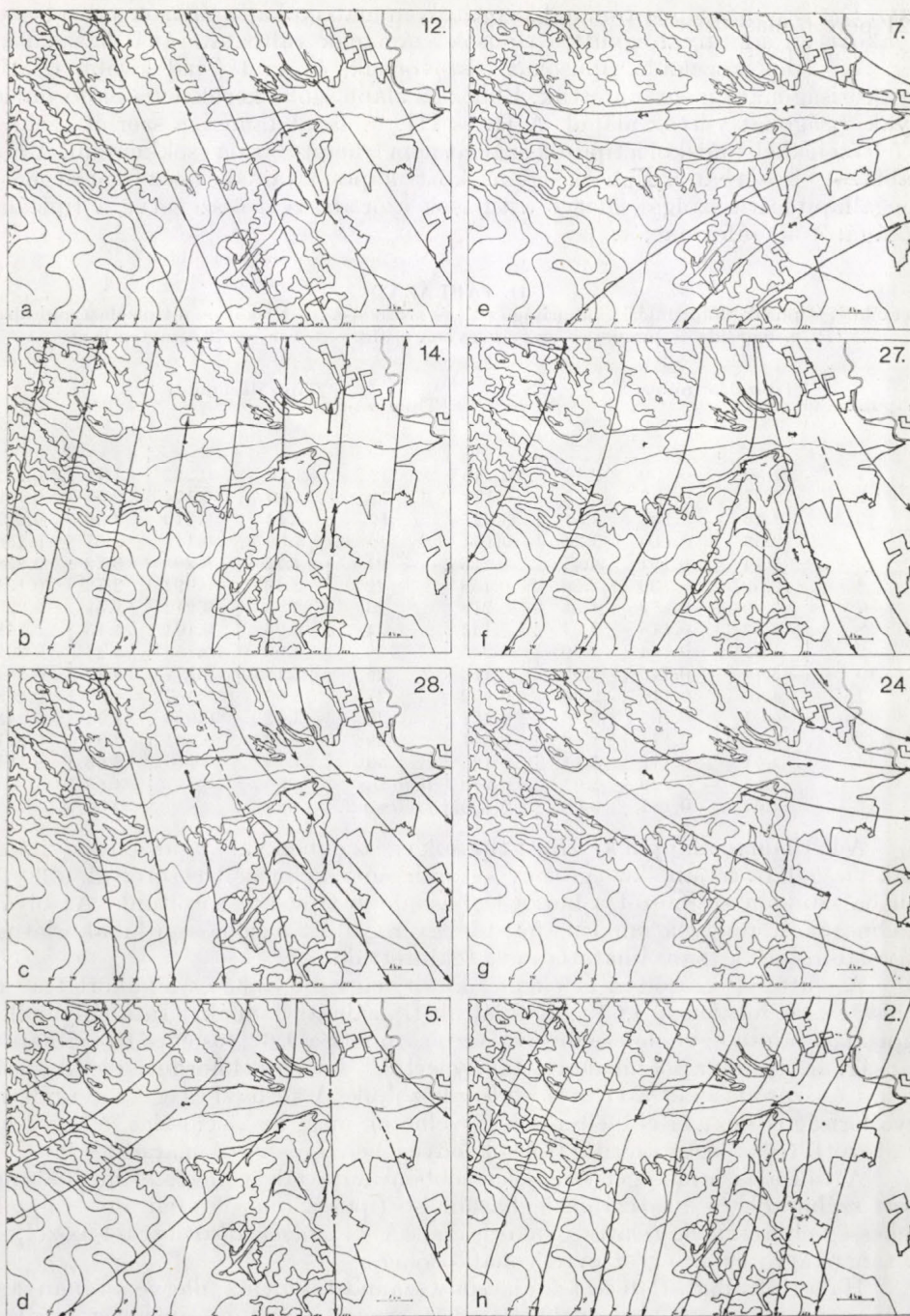
A miskolci szélmezőtípusok közepes szélirány (Θ , széliránykódban (4. ábra)) és szélsősebesség (u, m/s-ban) értékei a mérőpontokban

Típus- szám	Avas		Daru u.		Hősök t.		Szeretet u.		Repülőtér	
	Θ	u	Θ	u	Θ	u	Θ	u	Θ	u
1	13.7	0.7	2.5	0.3	3.6	0.3	1.6	0.6	0.5	0.6
2	1.0	1.7	0.9	1.2	2.4	1.4	0.5	2.0	1.1	1.4
3	2.9	0.8	3.0	0.4	3.0	0.4	1.9	0.4	1.8	0.4
4	15.3	1.7	2.2	1.5	1.9	1.5	2.4	2.0	1.7	1.4
5	1.5	0.3	1.8	0.1	0.1	0.0	15.8	0.5	14.8	0.3
6	1.7	1.6	4.4	1.5	3.0	2.1	2.4	1.7	3.6	1.3
7	4.5	0.9	3.7	0.5	3.5	0.5	2.7	0.4	6.3	0.6
8	4.3	1.7	4.5	1.4	4.5	1.6	2.7	1.3	3.9	1.5
9	6.1	2.3	3.8	0.4	6.1	0.4	5.5	0.2	6.5	0.9
10	6.4	2.1	3.1	1.3	5.2	1.5	5.6	1.4	5.5	1.8
11	6.1	2.1	7.2	1.6	4.7	1.8	5.2	1.4	5.4	1.9
12	6.9	3.4	6.9	2.0	6.5	1.8	6.4	1.8	7.0	2.6
13	7.3	1.3	8.7	0.4	10.3	0.8	8.0	1.0	8.1	0.4
14	8.0	4.0	8.4	1.4	8.1	1.7	8.1	2.7	8.1	1.9
15	6.6	0.5	10.9	0.2	12.0	0.2	11.0	0.3	9.1	0.3
16	8.2	1.6	9.1	0.4	11.1	0.7	10.0	1.2	9.4	0.7
17	5.8	0.5	6.6	0.2	13.8	0.5	10.6	0.6	15.8	0.4
18	9.2	2.5	10.8	0.8	9.4	1.0	8.7	1.9	10.3	1.1
19	11.2	0.5	13.2	0.3	11.6	0.7	9.4	0.6	11.1	0.5
20	11.0	4.3	11.1	2.3	11.0	3.2	10.3	3.8	11.4	4.0
21	11.4	0.3	14.4	0.1	12.5	0.3	12.1	0.3	15.1	0.2
22	13.7	4.6	12.5	2.2	11.8	3.1	12.4	3.2	13.1	3.7
23	0.4	0.7	10.0	0.3	11.7	0.5	13.4	0.5	13.4	0.5
24	12.7	1.9	13.8	0.6	12.1	1.3	12.9	2.4	14.5	1.3
25	11.1	0.7	12.9	0.3	12.1	0.8	13.0	0.8	15.1	0.5
26	15.7	1.1	13.9	0.5	12.4	0.9	13.7	0.7	15.6	0.7
27	0.6	0.6	0.7	0.2	11.9	0.3	14.8	0.7	14.6	0.6
28	13.9	2.6	15.1	1.7	14.1	1.9	14.2	3.0	15.5	2.3
29	3.5	0.4	0.2	0.3	15.6	0.6	15.9	0.7	0.2	0.6
30	14.3	0.9	1.1	0.5	15.4	0.8	14.6	1.4	15.6	0.6

gyakrabban előforduló típust tudjuk bemutatni. (5. a-h ábrák). Az áramvonalak megrajzolásakor elsősorban a mérőpontok szélvektoraira támaszkodtunk, de a domborzat hatását is megpróbáltuk figyelembe venni.

A típusokkal együtt megkaptuk, hogy mely pillanatnyi szélmezők tartoznak az egyes clusterekbe, hogy milyen relatív gyakorisággal fordulnak elő a típusok a tananyagban és, hogy mekkora az egyes típusok kiterjedése, szóródása (azaz, hogy az egy clusterba tartozó szélmezők átlagosan mennyire hasonlítanak a cluster középpontjához). Ez utóbbi típusjellemzőket a *II. táblázatban* mutatjuk be.

5.5 A clusterezés eredményeinek vizsgálata. Legelőször a típusok egymáshoz való hasonlóságát tartalmazó hasonlósági mátrixot számítottuk ki (*III. táblá-*



5 a – h. ábra : A nyolc leggyakoribb miskolci szélmezőtípus, csökkenő gyakoriságuk sorrendjében, a típuszámok az ábrák jobb felső sarkában találhatóak

zat). Ezt és a más típuszámmal készült ilyen mátrixokat a típusok szóródási és gyakorisági adataival együtt a típusok számának változtatásánál használtuk fel. A 0,1-nél közelebbi típusokat összevontuk, és az 1%-nál kisebb relatív gyakoriságúakat megszüntettük. Ehhez az alább szóba kerülő éves előfordulási gyakoriságokat vettük alapul. A II. és III. táblázat tanúsága szerint ezekkel a feltételekkel a miskolci típusok számát nem lehetett 30 alá csökkenteni. A III. táblázat elsősorban a típusok egymásközi kapcsolatainak, összefüggőségének megállapítására szolgál, illetve a típusok szóródásával összevetve a tipizálás jóságáról ad információt.

II. TÁBLÁZAT

A szélmezőtípusok előfordulási gyakorisága (%) és szóródása (σ) Miskolcon a tipizálási mintában (1979. március és június) és vizsgált évben (1978. október – 1979. szeptember)

Típuszám	Tipizálási minta		Év		Típuszám	Tipizálási minta		Év	
	%	σ	%	σ		%	σ	%	σ
1	1.50	0.199	2.17	0.249	17	2.19	0.222	1.76	0.252
2	2.87	0.103	3.65	0.137	18	4.10	0.174	2.58	0.189
3	2.46	0.191	3.54	0.207	19	3.42	0.210	2.03	0.227
4	2.59	0.110	3.24	0.164	20	3.69	0.111	2.67	0.136
5	3.14	0.191	4.47	0.225	21	4.23	0.205	3.22	0.238
6	2.59	0.130	2.53	0.158	22	2.46	0.094	2.72	0.131
7	3.69	0.179	4.36	0.218	23	2.59	0.212	1.58	0.220
8	3.83	0.118	2.97	0.144	24	5.05	0.104	4.13	0.148
9	1.09	0.164	1.99	0.246	25	3.96	0.158	3.47	0.202
10	3.14	0.140	2.92	0.166	26	2.19	0.177	3.49	0.184
11	4.10	0.118	2.65	0.152	27	5.60	0.167	4.32	0.208
12	6.01	0.103	5.46	0.121	28	3.42	0.096	4.91	0.143
13	1.64	0.171	1.32	0.241	29	2.32	0.201	3.01	0.221
14	4.51	0.119	5.11	0.125	30	4.10	0.140	2.95	0.181
15	2.87	0.229	3.01	0.249	nem típ.	0	—	4.63	—
16	4.64	0.181	3.08	0.196	szélcsend	0	—	0.05	—

A két hónap alapján készített típusok egész évben való reprezentativitásának vizsgálata céljából az egész év kétóránkénti szélmezőit besoroltuk a 30 típusba. Minden szélmezőt a hozzá leghasonlóbb típushoz soroltunk. Az olyan szélmezőket, amelyek minden típustól egy rögzített hasonlósági hibakorlátnál távolabb voltak, tipizálhatatlannak tekintettük.

A clusterek szóródási értékeinél kicsit nagyobb, 0,35-ös hibakorláttal az egész év szélmezőinek 4,63%-át találtuk tipizálhatatlannak. (Tatabányánál a tipizálási minta egyenletesebb kiválasztása miatt a 4,6%-os éves tipizálhatatlansági arányt már 0,3 hibakorláttal is elértük.) Az éves előfordulási gyakoriságokat és szóródásokat a II. táblázatban közöljük. A kéthavi és egész évi relatív gyakoriságok közt kisebb eltérések figyelhetők meg, de az eloszlás jellege nem változott. (Pl. a leggyakoribb típusok lényegében ugyanazok maradtak.)

A tipizálás minőségét szemléletesebben mutatják a mérésel meghatározott szélmezők és a hozzájuk leghasonlóbb típusszélmezők szélirány- és sebesség-eltéréseinek relatív gyakoriságai. A IV. táblázatban ezeket közöljük a tananyagra és az egész évre vonatkozólag.

Ha a tipizálhatatlan esetek alacsony számát tekintjük, illetve a tananyagbeli és az egész évi típusgyakoriságokat, szóródásokat és tipizálási hibákat összehasonlítjuk, megállapíthatjuk, hogy a két hónapnyi időszak clusterezésével előállított típusaink az 1978. okt. – 1979. szept. időszakra is elég jellemzőek és meghatározott korlátokon belül meteorológiai (pl. környezetvédelmi) kö-

gek arányai viszont feltehetően pontosabban tükrözik a valóságot.

A szélirányokat vizsgálva megállapíthatjuk, hogy a leggyakrabban előforduló típusok szélirányai jó egyezésben vannak a szélklíma vizsgálatok eredményeivel (Bacsó et. al., 1953; Péczely, 1979). (Az egyes mérőpontokban a szélirányok gyakoriságai megkaphatók az adott helyen, adott szélirányt mutató típusok gyakoriságának összegezésével.)

IV. TÁBLÁZAT

A méréssel meghatározott szélmezők és a hozzájuk leghasonlóbb típus-szélmezők szélirány és szélesség eltéréseinek relatív gyakorisága Miskolcon az egyes mérőpontokban, a tipizáláshoz felhasznált mintában (M): 1979. március és júniusba; valamint az egész vizsgált évben (É): 1978. októbertől – 1979. szeptemberig

Intervalumok	Avas		Daru u.		Hősök tere		Szeretet u.		Repülőtér	
	M	É	M	É	M	É	M	É	M	É
Szélirány, fok	Szélirány-eltérések relatív gyakorisága, %									
[0; 22,5)	55.9	49.7	59.7	51.0	67.4	57.1	60.3	49.5	66.7	55.7
[22,5; 45)	29.5	28.6	27.5	28.6	21.4	24.5	25.8	28.5	20.1	25.9
[45; 67,5)	8.3	12.3	6.1	11.3	6.6	9.2	9.4	11.1	6.1	8.5
[67,5; 90)	4.5	4.9	3.6	4.7	2.0	3.5	3.1	5.9	2.9	4.2
[90; 180]	1.8	4.5	3.1	4.4	2.6	5.7	1.4	5.0	4.2	5.7
Szélesség, m/s	Szélesség-eltérések relatív gyakorisága, %									
[0; 0,5)	55.9	47.5	72.0	69.8	65.0	62.6	56.1	55.0	65.8	61.8
[0,5; 1,0)	22.0	25.4	19.2	19.3	23.0	24.3	27.1	25.8	20.4	22.4
[1,0; 1,5)	11.7	12.2	6.0	6.9	6.5	8.1	10.1	10.1	6.4	8.5
[1,5; 2,0)	5.5	7.1	1.4	2.0	3.7	3.0	3.6	4.5	3.4	4.1
[2,0; ∞)	4.9	7.8	1.4	2.0	1.8	2.0	3.1	4.6	4.0	3.2

Annak ellenére, hogy szélmezőink térbeli felbontása (részletpontossága) — az ilyen vizsgálatokhoz alacsony állomássűrűség miatt — nem túl nagy, a domborzat áramlásmódosító hatása jól látszik a típusokon.

6. Összefoglaló következtetések

Tapasztalataink alapján megállapíthatjuk, hogy szélmezők tipizálására a clusteranalízis gyorsabb és objektívebb módszer mint a vizuális analógiakeresés, amely nemcsak a típusok szélirányeloszlásának hanem azok szélesség eloszlásának meghatározását is lehetővé teszi. A módszer a tipizálás és a típusok minőségének számszerű jellemzőit is megadja.

Szélmező-clusterező eljárásunkat jelen munkában körülbelül 10 km átmérőjű városokra alkalmaztuk, de a módszer nagyobb területekre (iparvidékekre, országokra), sőt háromdimenziós szélmezők, illetve tetszőleges vektormezők vizsgálatára is alkalmas.

A típusok minőségét a felhasznált mérési adatok határozzák meg, és ez tovább javítható lenne egyrészt az alapul vett időszak hosszának és a típusok számának növelésével — bár az utóbbi a használhatóságot csökkenti — másrészt a mérőhálózat sűrűségének és a mérőműszerek pontosságának növelésével. Az általunk használnál jóval nagyobb tananyagok clusterezésével a vizsgált terület klimatológiailag jellemző szélmezőtípusai is meghatározhatók.

Természetesen a típusszám, a tananyag és a mérőpontoszám növelése arányosan növeli a clusterezéshez szükséges számítási időt és memóriaigényt is.

Az általunk előállított szelmezőtípusok a légszennyező anyagok terjedésének tanulmányozásához már jól használhatók, és -rövid érvényességű idejük ellenére – sok új információt szolgáltatnak a városklíma kutatásokhoz is.

Végül megemlíttjük, hogy a cikkben ismertetett módszer felhasználásával jelentős előrelépést lehetne tenni a környezetvédelmi és városklíma kutatások területén, további városok szelmezőtípusainak meghatározásával.

IRODALOM

- Anderberg, M. R., 1973: *Cluster Analysis for Applications*. Academic Press, New York, London.
- Bacsó N., Kakas J., és Takács L., 1953: *Magyarország Éghajlata*. Az OMI Hivatalos Kiadványa XVII. kötet.
- Bartholy J. and Gulyás O., 1980: A Method of Analysing Macrosynoptic Types Using Analogy Indices. *Acta Climatologica XVI–XVII*, 11–17.
- Bartholy J., Ambrózy P. és Gulyás O., 1980: Makroszinoptikus típusok kialakítása clusteranalízissel. Kézirat.
- Czelnai R. and Rákóczi F., 1971: Expansions of certain meteorological fields in Chebyshev polinomials. *Annales Universitatis Scientiarum Budapestinensis de Rolando Eötvös nomine, Sectio Geologica, XV*, 17–28.
- Duran, B. S. and Odell, P. L., 1974: *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems: Cluster Analysis, A Survey*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- Gadgil, S. and Iyengar, R. N., 1980: Cluster analysis of rainfall stations of the Indian peninsula. *Quart. J. R. Met. Soc. 106*. 873–886.
- Gulyás O., 1977: Az analógia fogalma és felhasználása típusok képzésére I. *Időjárás, 81*, 11–18.
- Gulyás O., Légrády G. és Bartholy J., 1977: Az analógia fogalma és felhasználása típusok képzésére II. *Időjárás, 81*, 346–351.
- Gulyás O., 1981: Fejezetek a matematikai statisztika meteorológiai alkalmazásaiból, 5. rész: A clusteranalízis elemei. *Meteorológiai Tanulmányok No. 34*. OMSZ Budapest.
- Hess, P. und Brezowsky, H., 1952: Katalog der Grösswetterlagen Europas. *Berichte des Deutschen Wetterdienstes in der US Zone Nr. 33*. Bad Kissingen.
- Hunkár M. és Rimék I., 1980: Pentád csapadékösszegek szinoptikus-statisztikus előrejelzési módszere. Kézirat.
- Kruzinga, S., 1979: Objective classification of daily 500 mb patterns. *Bull. of sixth Conference on Probability and Statistics in Atmospheric Science of the Amer. Met. Soc.* 1979. Oct. Banff, Alta, Canada.
- Lamb, H. H., 1972: British Isles weather types and a register of the daily sequence of circulation – circulation patterns 1861–1971. *Geophysical Memoires, 16*, No. 116, London.
- Légrády G., 1980: Módszer többdimenziós ponthalmazok struktúrájának felismerésére. OMSZ Kiváló Ifjú Szakember Pályázatára benyújtott dolgozat.
- Nyikolajev, Ju. V., 1976: *Klasszifikacija gidrometeorologiceszkih processzov sz pomosju EVM*. Gidrometeoizdat, Leningrád.
- Péczely Gy., 1957: Grosswetterlagen in Ungarn. *Kleinere Veröffentlichungen der Zentralanstalt für Meteorologie, Nr. 30*, Budapest.
- Péczely Gy., 1961: Magyarország makroszinoptikus helyzeteinek éghajlati jellemzése. OMSZ Kisebbségi Kiadványai 32.sz. Budapest.
- Péczely Gy., 1979: *Éghajlattan*. Tankönyvkiadó, Budapest.
- Probáld F., 1980: A felszinközeli áramlási mező típusai Budapesten. *Földrajzi Értesítő, XXIX*, 171–192.
- Révész P. és Firtz J., 1974: Az alakfelismerés statisztikus módszerei. *Az MTA Matematikai Kutató Intézetének jegyzete*. Budapest.
- Szepesi D., Popovics M., Nárai K., Iványi Zs. és Mersich I., 1977: A városi légszennyeződések meteorológiai szimulálása 2. rész: A transzmisszió szimulálásának diffúzióklímológiai alapjai. *Időjárás, 81*, 129–146.
- Tutsek E., 1981: Szelmezőtípusok előállítása clusteranalízissel. Egyetemi doktori értekezés, ELTE TTK Meteorológiai Tanszék, Budapest.
- Wendell, L. L., 1972: Mesoscale Wind Fields and Transport Estimates Determined From a Network of Wind Towers. *Monthly Weather Review, 100*, 565–578.

MÉSZÁROS, E.: Atmospheric chemistry — Fundamental aspects (*A levegőkémia alapjai*). Akadémiai kiadó, Budapest — Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 1981. 201 oldal, 60 ábra, 30 táblázat.

A hazai kutatók által elért és nemzetközileg is elismert eredmények tették lehetővé, hogy hazánkban a levegőkémia témaköréből négy éven belül másodszer jelenjen meg összefoglaló mű. Ez szakterületen több, mint egy évtizede vezető szerepet játszó szerző azonos című, magyar nyelvű könyvét 1977-ben publikálta.

Ez az új mű már az Akadémiai Kiadó és egy nagytekintélyű külföldi kiadó közös vállalkozása, amire a magyar meteorológiai szakirodalomban *Berényi Dénes* 1967-ben megjelent *Mikroklimatologie* c. könyve óta nem volt példa.

Szerző könyve eredeti szövegét nagymértékben átdolgozta, egyes fejezeit ki is egészítette, adatait korszerűsítette az újabb kutatási eredmények alapján. Most is, mint korábban a művet hat fejezetre tagolja, amelyek a következők (zárójelben: az egyes fejezetek terjedelme): 1. Bevezetés. A légkör összetétele és szerkezete (3 oldal); 2. A Föld légkörének kialakulása. A fő alkotórészek kémiája (9 oldal); 3. Légköri nyomelemek légköri körforgalma (60 oldal); 4. Légköri aeroszol (39 oldal); 5. Nyomelemek kikerülése a légkörből (27 oldal); 6. A légkör kémiai összetételének kapcsolata a klímaváltozásokkal (21 oldal). A művet 328 irodalmi utalás és hét oldal terjedelmű tárgymutató zárja le.

A könyv gerincét a 3., 4. és 5. fejezetek képezik, ezekben a korábbi kiadáshoz képest lényeges változtatásokat találunk. A 3. fejezetet szerző kibővítette a szerves eredetű szén-vegyületek, és a szén körforgalom leírásával. Jelentősen gazdagította a kénvegyületek légköri körforgalmáról szóló alfejezetet is. A felhőkben és felhő alatti kimosódást tárgyaló 5. 3. 2 és 5. 3. 3. alfejezetek a folyamatok átfogóbb megismerését teszik lehetővé. A klímaváltozásokkal foglalkozó 6. fejezet — újabb kutatások eredményeinek bevonása által — alkalmas arra, hogy a probléma jelenlegi állásáról áttekintést nyerjünk.

Ebből az összefoglaló műből a levegőkémiai alapismeretek korszerű szinten, könnyen megszerezhetők. Egyaránt használható az egyetemi oktatásban és mindazok számára, akik vizsgálataik során a levegőkémiai ismereteket felhasználják.

Szepesi Dezső

A SZOCIALISTA ORSZÁGOK METEOROLÓGIAI SZOLGÁLATAINAK VEZETŐI KONFERENCIÁJA TASKENTBEN

A szocialista országok meteorológiai (hidrometeorológiai) szolgálatai 1955. óta általában 2 évenként tartanak vezetői konferenciákat (a továbbiakban VK), amelyeken megbeszélik a szolgálatok tevékenységének minden lényeges kérdését, kialakítják együttműködésük formáit, és legfontosabb döntéseiket ajánlások formájában rögzítik. Kezdetben csak az európai szocialista országok voltak képviselve, de 1967 óta Európán kívüli országok képviselői is részt vesznek az üléseken. Ez év szeptember 16–25 között immár 17-ik alkalommal került sor ilyen összejövetelre.

A konferencián 11 ország (Bulgária, Csehszlovákia, KNDK, Kuba, Lengyelország, Magyarország, Mongólia, NDK, Románia, Szovjetunió, Vietnám) képviselőjében 50 küldött vett részt. A Magyar Népköztársaság öt tagú delegációját *Barát József* az OMSZ elnöke vezette, a küldöttség további tagjai: *Dévényi Dezső* és *Elek Beáta* (OMSZ), *Ambrózy Pál* (Központi Meteorológiai Intézet), *Kassai Béla* (Központi Előrejelző Intézet).

A VK két részből tevődött össze. Az első ún. előkészítő ülésen a szolgálatok vezetői még nem vettek részt. Ezen az ülésen (szeptember 16-tól 19-ig) a beérkezett 68 munkadokumentum feldolgozásával a VK napirendi pontjainak megfelelő felosztásban ún. információs dokumentumok készültek, amelyek a VK második szakasza számára megkönnyítették a vitát és a határozathozatalt.

Az előkészítő ülés három munkacsoportban dolgozott. A tudományos kutatások koordinálásával foglalkozó csoport elnöki tisztét *Dévényi Dezső* töltötte be. A másik két munkacsoport a távközlési kérdésekkel, illetve az összes többi témával foglalkozott.

A szeptember 20-tól 24-ig tartó második szakasz (a tulajdonképpeni vezetői konferencia) plenáris ülések formájában zajlott le. Az elnöki tisztséget *Ju. A. Izrael* a Szovjetunió Hidrometeorológiai és Környezetvédelmi Állami Bizottsága elnöke töltötte be. Az ülés alelnöke – mint az előző VK rendező országának delegáció vezetője – *Barát József* volt.

Szakmai tanácskozások és ajánlások

A VK tizenkét napirendi pontba sűrítve a szolgálatok szinte minden nemzeti és nemzet-

közi tevékenységét áttekintette és a legfontosabb kérdésekben ajánlásokat dolgozott ki (összesen 19-et). Ezek közül a jelen beszámolóban csak a legfontosabbakra térünk ki.

Veszélyes időjárási jelenségek nemzetközi gyorsasereje. Az egymással szomszédos országok közötti gyorsasereőről a VK 1976-ban hozta az első ajánlást. Ennek hasznosságát felmérve, az NDK javaslatára most olyan ajánlás született, hogy ezt az együttműködést ki kellene terjeszteni nem-szocialista országokra is. Ennek érdekében a VK kérte az egyes szolgálatok vezetőit, hogy a WMO európai régiójának római ülésére beterveztendő NDK javaslatot támogassák.

Mérések, műszerek. A VK ismételten megállapította, hogy nincs megnyugtatóan megoldva a KGST-n belül a meteorológiai műszerek sorozatgyártása. Ezért az érintett KGST szervekkel a jövőben is folytatni kell a tárgyalásokat. Törekedni kell az automata mérőműszerek egységesítésére, a mikroprocesszor technika bevezetésére, valamint mérési, adatfeldolgozási folyamatok komplex automatizálására.

Klimatológia. A VK rámutatott az éghajlati információk egyre nagyobb szerepére a társadalmi tevékenység minden területén. Ezért egyrészt egységességre kell törekedni (pl. KGST szabványokban), másrészt elő kell segíteni, hogy az éghajlati információk optimálisan hasznosuljanak a népgazdasági döntésekben és a termelési tevékenységben.

Környezetvédelem. Bár a szolgálatok mindegyike aktív kutató és operatív munkát folytat a környezetvédelem területén, e kérdésekről ajánlás nem született, mivel az együttműködést a KGST koordinálja.

Távközlés. A meteorológiai távközlési hálózat struktúrája megfelel az igényeknek, de az átviteli sebesség sok vonalon nem elégséges. A fejlesztések sok esetben túlzottan elhúzódnak. Az elmaradások felszámolását sürgeti a VK.

Kívánatos, hogy a távközlési központok automatizálása egységes elv alapján menjen végbe, a felhasznált számítógép pedig lehetőleg SZM-4 legyen.

Kívánatos továbbá, hogy a szocialista országok meteorológiai távközlési szakemberei aktívabban vegyenek részt a WMO ilyen tevé-

kenységében, a technikai és szervezeti döntések meghozatalában.

Fel kell készülnünk arra, hogy 1986 után sor kerül a repülésmeteorológiai hírközlési rendszer gyökéres átszervezésére. A megvalósításhoz szükséges eszközöket a KGST-n belül kell létrehozni.

A tudományos kutatómunka koordinációja. A VK megvizsgálta a mintegy húsz témában folyó közös kutatások helyzetét. Megállapította, hogy a jelenleginél szigorúbban ellenőrizni kell a kutatási eredmények gyakorlati bevezetését, valamint, hogy jobban meg kell osztani az országok között a szellemi és anyagi ráfordításokat.

A KGST XXXV. ülészakának döntése alapján a Szovjetunió hidrometeorológiai szolgálata előterjesztette a szerződéses alapon végzendő kutatások javaslatát. A javaslat részletes megvitatására 1983-ban kerül sor.

Állandó munkacsoportok és szakértői csoportok A VK továbbra is fenntartja valamennyi munkacsoportját, amelyek a VK ülései közötti időszakban részben levelezés, részben ülések útján folytatják speciális tevékenységüket. Ezek az alábbiak:

- Tudományos konzultatív bizottság
- Meteorológiai távközlés

- Szinoptikus és repülési meteorológia
- Klimatológia
- Mérési módszerek és műszerek egységesítése
- Agrometeorológia
- Számítástechnika.

A felsoroltakon kívül további hat szakértői csoport tevékenykedik, amelyek valamelyik munkacsoport, vagy közvetlenül a VK felügyelete alatt állnak.

A VK kapcsolata más nemzetközi szervezetekkel. Az ülés megtárgyalta és sikeresnek találta a meteorológiai szolgálatok tevékenységét az INTERKOZMOSZ együttműködésben. Ennek eredményeként látott napvilágot a „Műholdadatok felhasználása az időjárás analízisében és előrejelzésében” c. sokszoros kézikönyv.

A taskenti VK ülés közvetlenül megelőzte a WMO európai területi bizottságának (RA-VI.) római ülését, így sikerült megbeszélni és összehangolni mindazokat a javaslatokat, amelyeket a szocialista országok kívántak Rómában benyújtani.

A hivatalos tanácskozáson túl lehetőség nyílt a Közép-Ázsiai Regionális Meteorológiai Központ megtekintésére, valamint Szamarkand és Buhara kulturális és építészeti emlékeinek megismerésére.

Ambrózy P.

A WMO EURÓPAI TERÜLETI BIZOTTSÁGÁNAK VIII. ÜLÉSE

Az európai területi bizottság (RA-VI) előző ülése 1978 októberében Prágában zajlott le. A bizottság elnöke akkor, és egészen 1981-ig *Czelnai Rudolf* volt, aki 1981. februárjától a Világszervezet tudományos és technikai programjainak igazgatója. Azóta az elnöki feladatokat *A. W. Kabakibo* (SzírIA) töltötte be.

Az RA-VI 1982. október 5–12 között, Rómában rendezett, nyolcadik ülésén a 36 tagállam közül 32 képviseltette magát. Megfigyelői minőségben a WMO további öt tagállama, valamint a Vatikán és 12 nemzetközi szervezet vett részt.

A megnyitó ülésen megjelent és felszólalt *R. Gaspari* postaügyi miniszter, *O. Tortosa* Róma polgármesterének képviselője, *A. C. Wiin-Nielsen* a WMO főtitkára, *L. Arezzo* tábornok, légügyi főfelügyelő, valamint *A. W. Kabakibo* az RA-VI. elnöke.

A tárgyalás kezdetben két munkabizottságban folyt, az egyiknek NDK, a másiknak ír elnöke volt. A munkabizottságokban szerkesztett írásos anyag vitájára és jegyzőkönyvbe vételére plenáris üléseken került sor.

Határozatok és ajánlások

A WMO alapokmánya szerint a területi bizottságok fő funkciója az, hogy koordinálják a területükön folyó meteorológiai tevékenysé-

get a WMO kongresszusa és Végrehajtó Bizottsága határozatainak szellemében. Régióon belül elvégzendő feladatokra határozatot hozhatnak, más régiókat és egyéb szervezeteket (UNESCO, ICAO, stb) érintő témákban ajánlásokat fogadhatnak el.

Az RA-VI római ülése a régiót érintő valamennyi fontosabb kérdést megtárgyal és 34 határozatot, valamint egy ajánlást fogadott el. A határozatok közül 16 az elkövetkező négy évben működő speciális feladatokkal megbízott munkacsoportok, ill. rapportőrök tevékenységét írja elő.

A legfontosabb és a hazai szolgálatot érintő kérdések, ill. határozatok az alábbiak voltak:

a) A földfelszíni és magaslégköri regionális megfigyelő alaphálózat az úrbázisú megfigyelőrendszerek térhódítása ellenére alapvető fontosságú, változatlanul fenntartandó.

b) Fokozni kell az együttműködést az időjárási radarmegfigyelések egységesítésében, és az adatok cseréjében.

c) Jobban ki kell használni a tömegtájékoztatóra szolgáló eszközöket a meteorológiai jelentések hatékonyságának fokozása céljából. Ebben a tekintetben nagy jövője lesz a televíziós képűságnak, hiszen abban sokkal több információ és sokkal gyorsabban közreadható.

d) Az NKD javaslatára a bizottság fontos határozatot fogadott el a két, vagy többoldalú

megállapodásokon alapuló gyors adateserére vonatkozóan. A határozat szerint a rendszeres meteorológiai adateserén kívül a nemzetközi távközlési vonalak a jövőben használhatók lesznek bilaterális vagy multilaterális alapon történő időjárás-veszély jelzések továbbítására.

e) Az RA-VI ezúttal is sürgette a területi bizottság minden tagállamát, hogy a lehető legnagyobb mértékben támogassa az Atlanti-óceánon rögzített helyeken üzemelő megfigyelő hajók rendszerének (NAOS) fenntartását. A bizottság szerint kívánatos, hogy minél több ország írja alá ezt az egyezményt és vállaljon kötelező hozzájárulást. Magyarország önkéntes hozzájárulás formájában támogatja a NAOS rendszert. Véleményünk szerint ennél nagyobb teher vállalása Magyarország részéről a jövőben sem indokolt.

f) A bizottság határozatot fogadott el arra vonatkozóan, hogy folytatni kell Európa éghajlati atlasza második térképsorozatának szerkesztését, amelyet az Országos Meteorológiai Szolgálat a WMO-val kötött szerződés alapján végez. Az atlasz korábbi térképei az OMSZ szerkesztésében és a Kartográfiai Vállalat kiadásában jelentek meg. Az a célunk, hogy Magyarországnak ezt a szerepet a jövőben is fenntartsuk.

g) A légköri „háttér-szennyeződés” megfigyelésével foglalkozó napirendi pont tárgyalásánál a bizottság külön kiemelte az Országos Meteorológiai Szolgálat tevékenységét. Az ülés jegyzőkönyvben rögzítette, hogy a UNEP pénzügyi támogatásával évente kétszer Budapesten megrendezésre kerülő légszennyeződési szeminárium hozzájárul a megfigyelési adatok minőségének javulásához. E tevékenységet más régiók tagállamai is – különösen a fejlődő országok – nagyra értékelik.

h) A kutatás és fejlesztés regionális aspektusait tárgyaló napirendi ponthoz az Országos Meteorológiai Szolgálat munkadokumentumot nyújtott be arra vonatkozóan, hogy 1983-ban 6 hónapon keresztül vállaljuk a régió tagállamai által Budapestre küldött sugármérő műszerek összehasonlítását. Ilyen jellegű nemzetközi összehasonlításra igen ritkán kerül sor, így fordulhat elő az, hogy két piranométernél 10%-os eltérés is adódhat a mért adatok között. A napenergiát hasznosító rendszerek tervezésénél azonban a gazdasági követelmények ennél sokkal megbízhatóbb sugármérési adatokat kíván meg a meteorológus szakembertől. Ezért vállalta el szolgálatunk a műszerek összehasonlítását a budapesti regionális sugármérési központban. A bizottság örömmel elfogadta a magyar javaslatot és felkérte a régió tagállamait, hogy küldjék el műszereiket 1983-ban Magyarországra.

i) Bár határozat nem született róla, de több napirendi ponttal kapcsolatban foglalkozott az ülészak a nem ingyenes meteorológiai adateserére fenyegető veszélyével. Több megfigyelési rendszerrel azonban, ahol a jövőben távközlési

műholdak végzik az adattovábbítást (pl. IN-MARSAT), az a veszély áll fenn, hogy az adattovábbítást esetenként meg kell fizetni. Még nagyobb veszélyt jelenthet, ha a meteorológiai műholdakat üzemeltető országok (USA, Szovjetunió, Japán) vagy szervezetek (ESA) anyagi hozzájárulást kérnének a műholdas adatok használatáért. A bizottság úgy foglalt állást, hogy kívánatos lenne az adatesere jelenlegi ingyenes rendszerét fenntartani.

Tisztségviselők megválasztása

Az RA-VI elnöki teendőit az elkövetkezendő 4 éves periódusban A. W. Kobakibo, a szíriai szolgálat vezetője látja el. Alelnökké szavazás nélkül újra választották L. A. Mendes Victor-t, a portugál szolgálat vezetőjét.

Az ülés munkáját értékelve meg kell állapítanunk, hogy az európai régió meteorológiai szolgálatai közötti elengedhetetlenül szükséges kapcsolatok továbbfejlesztését hatékonyan elősegítette. Emellett, a hivatalos hozzászólásokon kívüli megbeszélések is nagyban hozzájárultak az egységes álláspont kialakulásához.

Ambrózy P.*



METEOROLÓGIAI TUDOMÁNYOS NAPOK '82

Az MTA X. Osztályának Meteorológiai Tudományos Bizottsága és az Országos Meteorológiai Szolgálat 1982-ben december 2-án és 3-án rendezte meg a meteorológiai tudományos napokat. Az első ilyen ülésszakot – *Czelnai Rudolf*, az OMSZ akkori elnöke kezdeményezésére – 1975-ben rendezték, már akkor azzal a gondolattal (idézve *Czelnai R.* megnyitói beszédét) „A meteorológiai tudományos napokat szeretnénk rendszeressé tenni, s ezáltal lehetőséget teremteni tudományágunk művelői számára, hogy legbecsesebb eredményeiket a legmagasabb hazai tudományos fórumon, önálló meteorológiai tablóba rendezve mutathassák be”. Ez a gondolat és terv megvalósult, azóta minden év őszén, más-más időszertű téma köré csoportosítva a meteorológusok a Magyar Tudományos Akadémián mutatják be eredményeiket. 1982-ben – jól alkalmazkodva az országos elkitűzéshez – a légköri erőforrások feltárásának és hasznosításának kérdéseivel foglalkozó kutatások voltak napirenden.

Az előadássorozatot *Fülöp József* akadémikus, a Központi Földhivatal elnöke nyitotta meg, aki mint „A természeti erőforrások átfogó tudományos vizsgálata” országos szintű kutatási főirány tudományos tanácsának elnöke, a leg-hivatottabban elemezte az ezirányú kutatások időszerezését, jelentőségét, célját.

Az ülészakon a főtémához szorosan kapcsolódó, de jól elkülöníthető három témakörbe csoportosítva tizenkilenc, egyenként 20–25 perces előadás hangzott el, rendre az alábbiak szerint:

1. Az energiagazdálkodás meteorológiai kérdései

Ambrózy Pál – Dévényi Dezső – Tárkányi Zsuzsanna: A légköri erőforrások értékelésének elvi kérdései, *Ambrózy Pál – Tárkányi Zsuzsanna:* A légköri erőforrások szerepe az energiagazdálkodásban, *Maller Aranka – Kmettykó Katalin – Koppány György – Vissz Károly:* A meteorológiai előrejelzések felhasználásával elérhető energiatakarékosság lehetőségei a népgazdaság különböző ágazataiban, *Tókos Ervin:* A közép- és hosszútávú időjárás előrejelzések szerepe az energiatakarékos talajművelési technológiai kidolgozásában, *Homonnay Györgyné:* Meteorológiai adatok hasznosítása az energiatakarékos hőellátásban.

2. A napsugárzás és a szél, mint légköri erőforrás

Major György: A nap- és szélenergia hasznosításának általános kérdései, *Tömörly Tibor:* A napenergia közvetlen hőhasznosítása az épületenergetikában, *Farkasné Takács Olga:* A felszíni napsugárzás néhány statisztikai jellemzője Magyarországon, *Rimócziné Pádl Anikó:* A felszíni napsugárzás becslése műholdképek alapján, *Rákóczi Ferencné:* Meteorológiai információk szélenergia átalakító rendszerek kialakításához, *Tar Károly:* Az Aldöld szélenergia-készletének statisztikai vizsgálata, *Szabó Emílné – Rákóczi Ferencné:* A szél néhány statisztikai jellemzője Magyarországon.

3. A légköri erőforrások mezőgazdasági hasznosítása

Antal Emánuel: A légköri erőforrás fogalmának mezőgazdasági vonatkozásai, *Boncz Jó-*

zsef – Mika János: A hazai növénytermesztés éghajlati feltételeinek alakulása a globális klímaváltozásokkal összefüggésben, *Szász Gábor:* A szoláris energia hasznosulása a hazai szántóföldi növénytermesztésben, *Kozma Ferenc – Polónyi Béla – Stollár András – Timon Béla:* A légköri erőforrások termikus tényezői a lejtős területek szőlő- és gyümölcstüvelvényeiben, *Kozmáné Tóth Erzsébet – Posza István – Zárbok Zsolt:* A légköri erőforrások higrikus tényezőinek szerepe a mezőgazdasági termelésben, *Fekete László – Szilágyi Tibor – Zakócs József:* A fagy okozta károk és az ellenük való védekezés lehetőségei kertészeti kultúrákban, különös tekintettel a Duna – Tisza közti területre, *Dunkel Zoltán – Metz András – Mikecz Tamás:* Példa a meteorológiai információk hasznosítására a zöldségtermesztésben.

Az előadásorozat befejeztével – időhiány miatt – a helyszínen összefoglaló értékelés, zárzó elmaradt. Ha lett volna ilyen, mindenképpen ki kellett volna emelnie, hogy az 1982. évi meteorológiai tudományos napok a korábbiaknál sokkal nyitottabbak, közérdeklődésre számoltartóbbak voltak. Az elmélet és gyakorlat kapcsolódása, a konkrét feladatok megoldására irányuló törekvések és eredmények, a kutatások népgazdasági hasznosításának elődlegessége most először mutatkozott meg és került előtérbe a meteorológiai tudományos napokon. A felhasználók és a társtudományok művelőinek részvétele és érdeklődése minden eddiginél nagyobb volt, így méltán mondhatjuk az előadásorozatot sikeresnek, figyelemreméltónak és követendő példának is.

Lőrincz A.

SZERZŐINK FIGYELMÉBE

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

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

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

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

Szövegrész: Alóimékkel értelem szerűen fejezetekre tagolandó.

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

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

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

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

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

NOTES TO THE AUTHORS

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

Papers will be subjected to constructive criticism by unidentified referees.

The manuscript should meet the following formal requirements:

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

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

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

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

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

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

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

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT FOLYÓIRATA

A szerkesztésért felel: dr. Szepesiné Lőrincz Anna

Szerkesztőség: 1024 Budapest, Kitaibel Pál utca 1

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

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

Felelős kiadó: Siklósi Norbert igazgató



82.3016 Athenaeum Nyomda, Budapest — Íves magasnyomás

Felelős vezető: Szlávik András vezérigazgató

INDEX: 26 361

HU ISSN 0324—6329