

IDŐJÁRÁS

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT FOLYÓIRATA

88. ÉVF. ★ 3. SZÁM ★ 1984. MÁJUS—JUNIUS

TARTALOM

<i>Ambrózy Pál—Bartholy Judit—Gulyás Ottó:</i> Az atlanti-európai térség évszakos makrocirkulációs típusrendszere (angol nyelven) ..	121
<i>Dragutin, M. T.—Ács, F.:</i> A globál-sugárzás és a napfénytartam vagy felhőzet kapcsolatáról (angol nyelven)	134
<i>Hunkár Márta:</i> Egyszerű számítási módszer a fotoszintetikusan aktív sugárzás (PAR) fluxus átlagos vertikális profiljának meghatározása kukorica állományban (angol nyelven)	139
<i>Iványi Zsuzsanna—Mersich Iván:</i> 2- és 4-napos trajektóriák klimatológiai vizsgálata (angol nyelven)	145
<i>Ajtay Ágnes—Bonzc József—Horváth Sándor:</i> A csapadék és napfénytartam hatása a burgonya terméshozamára	154
<i>Gulyás Ottó—Ketskeméty László—Koráncsi Márta:</i> Többsávós digitális műholdképek számítógépes clusterezése	161
<i>Béll Béla:</i> A meteorológiai kutatás általános kérdései	174
<i>Irodalom</i>	179
<i>Krónika</i>	181

CONTENTS

<i>Ambrózy, P.—Bartholy, J.—Gulyás, O.:</i> A system of seasonal macrocirculation patterns for the Atlantic-European region (in English)	121
<i>Dragutin, M. T.—Ács, F.:</i> A contribution to the relation between global radiation and sunshine duration or cloudiness (in English)	134
<i>Hunkár, M.:</i> A simple calculation of the vertical profile of average PAR flux density within a maize stand (in English)	139
<i>Iványi, Zs.—Mersich, I.:</i> A climatological analysis of two- and four-day backward trajectories (in English)	145
<i>Ajtay, A.—Bonzc, J.—Horváth, S.:</i> Effect of the precipitation and the sunshine duration on the yield of the potato	154
<i>Gulyás, O.—Ketskeméty, L.—Koráncsi, M.:</i> Computerized clustering of multispectral digital satellite pictures	161
<i>Béll, B.:</i> Some problems of meteorological research	174
<i>Literature</i>	179
<i>Chronicle</i>	181

JOURNAL OF THE HUNGARIAN METEOROLOGICAL SERVICE

VOL. 88. ★ NO. 3. ★ MÁJ—JUN 1984. ★ 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)	PRUPPACHER, H. R. (Mainz)
BENGTSSON, L. (Reading)	RÁKÓCZI F. (Budapest)
BÖHME, W. (Potsdam)	RENOUX, A. (Paris-Créteil)
BUDYKO, M. I. (Leningrad)	ŠAMAJ, F. (Bratislava)
FISHER, B. (Leatherhead)	SPÄNKUCH, D. (Potsdam)
GEORGII, H. – W. (Frankfurt a. M.)	STELCZER K. (Budapest)
GÖTZ G. (Budapest)	SZEPESI D. (Budapest)
GULYÁS O. (Budapest)	TAYLOR F. W. (Oxford)
HAMAN, K. (Warsawa)	TÁNZER T. (Budapest)
HUSAR, R. (St. Louis, Missouri)	VARGA-HASZONITS Z. (Budapest)
KAPOVITS, A. (Budapest)	VITEK, V. (Praha)
LOGVINOV, K. (Kijev)	WHELPLEDALE, D. M. (Downsview, Ont.)
MAJOR GY. (Budapest)	WIRTH E. (Pécs)

Elnök – Chairman of the Editorial Board:

MÉSZÁROS ERNŐ (Budapest)

Szerkesztő – Editor:

LŐRINCZ ANNA (Budapest)

Szerkesztőség: Budapest, Postafiók 38. 1525

Előfizetés: 1 évre 228 Ft. Megrendelhető: Az Országos Meteorológiai Szolgálat Pénzügyi Osztályán
Budapest, Kitalbel 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. 88. évf. 3. szám, 1984. május – június
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 88. No 3. May – June, 1984. Budapest

A system of seasonal macrocirculation patterns for the Atlantic-European region

P. AMBRÓZY, J. BARTHOLY and O. GULYÁS, *Central Meteorological Institute, H-1525 Budapest, P. O. B. 38.*

Az atlanti-európai térség évszakos makrocirkulációs típusrendszere. A tanulmány olyan vizsgálatról számol be, amelynek célja az atlanti – európai térség legszignifikánsabb makrocirkulációs helyzetének kiválogatása. A helyzeteket a matematikai clusteranalízis egy dinamikus algoritmusával határozzuk meg. A vizsgált területet az 1. ábra szemlélteti. Az osztályozás alapjául a terület napi 500 mbar-os abszolút topográfia mezői szolgálnak. Az egyes napi mezők összehasonlítására az euklideszi távolságot használtuk. Az osztályozás módszere a matematikai irodalomban k-közép néven ismeretes. Az egyik clusterezési kísérletben 30 típust, a másikban évszakokra bontva 19 tavaszi, 8 nyári, 15 őszi és 17 téli típust állítottunk elő. Az összehasonlító vizsgálatok során e két típusrendszer külső és belső távolságait, scoring mátrixait, valamint a Hess – Brezowsky-féle makroszinoptikus típusok hasonló paramétereit elemeztük.

✱

A system of seasonal macrocirculation patterns for the Atlantic-European region. The paper gives a description of a study, the aim of which was to select the most significant macrocirculation situations. The situations were determined by a dynamical algorithm of mathematical cluster analysis. The territory in question is presented in Fig. 1. The classification is based on the daily 500-mbar height fields, whereby the Euclidean distance is used for comparing the daily fields. In mathematical literature the method of classification is known as the method of „k-means”. In the present paper two attempts of clustering are described. In the first approach 30 types were established while in the second one, with a seasonal distinction, 19 types were obtained for spring, 8 for summer, 15 for autumn and 17 for winter. To compare the systems their external and internal distances, their scoring matrices and the same parameters of the Hess – Brezowsky macroscale circulation classification were analyzed.

✱

Introduction. The systematization of atmospheric processes, the determination of their regularities, the establishment of the simplest possible models and, at last but not at least, the prediction of weather or climate have been the endeavour of meteorologists for a very long time. Some years after the European meteorological observation network was established some 100 years ago and the construction of daily weather charts started, Van Bebbber worked out the first synoptic climatological classification. He determined the most frequent, fairly separable trajectories of cyclones. Simultaneously Teisserenc de Bort and afterwards, in our century, Multanovski, Schinze, Baur, Vangenheim, Dzerdzevski, Hess and Brezowsky dealt with the classification, typization of weather situations occurring over the continent. These studies lead, among others to the concept of the „natural synoptic period” and „macro-synoptic types” as well as to the examination of the interactions between the large-scale atmospheric formations and the tendency of their transformation. In Hungary it was Gy. Péczely who classified the Central-European synoptic

situations with special emphasis on weather phenomena occurring in the Carpathian Basin (*Péczely*, 1961).

The authors listed above based their classification on different parameters (such as the geographical position of cyclones and anticyclones, the direction of ridges etc.). A common feature of all these classifications is that they contain considerable subjectivity and reflect the *a priori* considerations formulated by their authors before taking a decision concerning the classification. A further common characteristic of these studies is that the meteorological phenomena of the given days or periods can be ranked into the established categories only manually, by human intervention, inevitably introducing further subjective elements into the system, not to mention the very labour of preparing the catalogue. Considering these facts the experiments aiming at providing the classification with an objective basis by the aid of a mathematical-statistical apparatus, are justified. In this way the computer-based solution of the problem, i.e. the automation of the typization procedure becomes possible.

The method and the data base

The aim of the present study was to classify the 500-mbar height fields of the Atlantic-European region. Macrocirculation types were established using mathematical cluster analysis. The objects in question, i.e. weather situations, are grouped by the clustering algorithms on the basis of their similarity, according to their common properties.

Due to the great number and complexity of the objects to be studied, it is impossible to carry out the classification by subjective manual methods because they are ineffective in this case. The clustering is, therefore, done by computers. Clustering is a coding or code-shrinking procedure, by which a complex object characterized by a great number of parameters, is given by a single number, the serial number of the appropriate group (cluster). The code of a group reflects the general and common characteristics of the objects belonging to the given group, and from this point of view they are similar.

Weather can also be regarded as a sequence of complex objects. Considering a sufficiently long time series of such objects we shall find similar ones among them. In order to select the similar objects the method of cluster analysis is applied.

As an object, a characteristic of weather situation is to be considered which can be mathematically well described and contains, at the same time, the main features of the weather situation. A complete characterization would obviously encumber the classification because of the great number of components.

A generally used method of characterizing large-scale weather situations (macrosynoptic situations) is the determination of the regional pattern of a certain meteorological element. (Thus, for instance, Hess and Brezowsky based the grouping of similar situations on the fields of surface pressure and the 500 mbar geopotential fields.)

In the present study the objects are represented by the daily patterns of the 500-mbar height over the Atlantic-European region as determined by the geopotential values in 80 gridpoints. For the classification the daily 500-mbar geopotential values of the period from 1 January 1949 to 31 December 1972 were used. (The distribution of the grid-points are shown in *Fig. 1.*)

In order to classify the analyzed objects according to their similarity, they

have to be provided with a similarity factor. In meteorology this factor is called analogy index and the degree of similarity is called analogy. The index of analogy is represented quantitatively by a number, the value of which is between 0 and 1. In our case that means that if two 500-mbar height fields fully coincide the value of their analogy is 1 and if they strongly differ, this value approximates to zero. Several different analogy indices were analyzed relating to Péczely's and Hess – Brezowsky's codes (Gulyás, 1977; Gulyás et al. 1977; Bartholy and Gulyás, 1980) and the analogy index derived from the commonly known Euclidean distance was found to be suitable for this purpose. That index was used, therefore, in the present study.

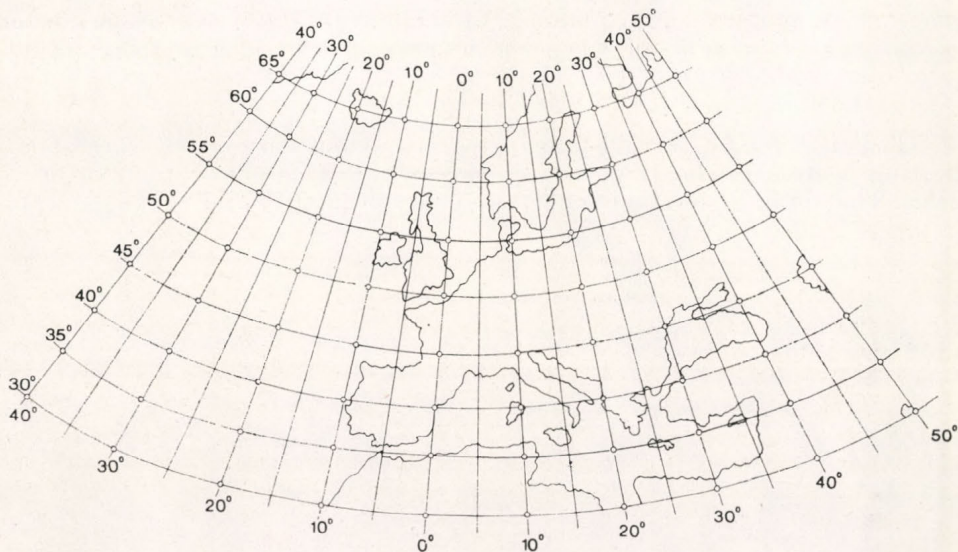


Fig. 1. The analyzed region and the grid

Due to the great number of dimensions and to the complexity of the structure, the classification can not be carried out by a mere ocular estimate. An automatic objective algorithm has to be used.

There is a great number of similar approaches. For our investigations the „k-means” procedure, classic in cluster analysis, was used which had been described by MacQueen (1967) with an appropriate mathematical accuracy. A modified version of this procedure was applied for solving the problem.

In the above method the number of clusters as well as a starting center of each of them have to be given in advance. The starting center can be given at random or on the basis of a manual classification, by the means of the fields belonging to a common group or in other ways. According to different papers dealing with this method the results do not essentially depend on the starting vectors, the method being nonsensitive to the vectors. At the same time, experience shows that a well established starting system leads to a faster convergence. Two types of starting systems were applied. In the first one the starting centers were chosen at random. In the second approach the mean fields of days with known codes (received by synoptic methods) were taken as starting mean fields.

The algorithm determining the classes (centers of the classes) operates according to the following principle: the starting centers change continuously. The computer introduces the following element of the sample (in our case the following daily 500-mbar field of the period from 1949 to 1972), ranks it into the „nearest” class where the distance of the center of the class is calculated by Euclidean metric. After this ranking a new cluster center is established as the mean of the elements contained in it. Then the next element (daily 500-mbar field) is taken. This procedure is repeated until the conditions of a defined stopping rule are realized. If the objects come to an end earlier, the procedure would be started again from the beginning of the whole data series.

Often a stopping rule is used according to which the procedure is finished when within an iteration the number of the points ranked into an other cluster exceeds a certain limit, or when the number of iterations is great enough (Ambrózy et al., 1983).

The first attempt

The first run of the clustering programme was carried out with thirty starting centers randomly chosen from the 24-year series of the 500 mbar fields. The obtained system of types, defined by thirty cluster centers and the

Table I.
Cross scoring matrix of the HB classification and the first experimental classification

HB	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
NEW	1	3	5	3	3	4	2	5	3	4	2	3	1	1	1	2	2	1	2	4	1	3	2	2	2	0	2	1	2	2
2	5	5	5	5	6	6	5	4	6	7	5	6	4	5	6	7	5	6	5	5	6	6	6	7	7	5	6	5	6	5
3	5	4	2	2	3	2	4	2	3	3	5	4	6	6	5	4	4	5	4	3	4	3	4	4	5	6	4	5	4	4
4	6	5	5	7	6	5	5	5	5	6	4	4	3	4	5	6	5	3	3	3	5	6	3	4	5	4	5	4	5	5
5	2	3	4	2	2	3	1	3	3	3	4	5	3	3	2	3	3	5	5	6	2	3	5	4	3	1	3	1	3	3
6	6	6	5	6	6	5	7	5	5	6	5	4	4	5	6	6	5	4	4	3	6	6	4	5	6	6	6	7	6	6
7	6	4	3	4	4	3	6	3	4	4	5	3	5	5	7	6	6	4	3	2	6	5	3	4	5	6	4	5	6	5
8	6	4	3	5	5	3	6	3	5	4	4	3	5	5	6	5	6	5	4	2	6	5	3	4	4	5	4	5	6	6
9	4	4	4	4	4	4	3	5	5	4	4	4	4	3	4	4	5	5	4	4	4	4	4	4	3	1	3	2	4	4
10	1	3	5	3	3	4	2	5	3	4	3	4	1	2	2	3	2	2	3	5	2	3	3	4	3	1	3	1	3	2
11	6	5	3	4	4	3	5	3	3	4	4	3	5	5	4	4	3	3	2	4	4	2	4	5	8	5	7	5	4	4
12	7	7	5	6	5	5	7	5	5	5	5	4	5	6	5	6	6	4	4	4	5	5	3	4	5	5	6	6	7	7
13	2	4	4	3	2	3	1	4	2	3	2	4	2	3	1	2	2	3	2	4	1	2	2	2	2	0	3	1	3	3
14	4	5	6	7	6	7	5	7	6	7	4	4	2	3	4	4	4	3	3	5	4	6	4	5	4	3	4	3	5	4
15	5	3	1	3	3	1	5	1	3	2	3	2	4	4	5	4	4	3	2	1	4	3	2	3	3	6	3	5	4	4
16	5	5	4	5	6	5	6	4	6	5	6	5	5	5	6	6	6	6	6	5	6	6	5	6	6	6	5	6	6	5
17	1	2	3	2	3	3	1	3	4	4	4	5	2	2	3	3	2	4	5	6	2	3	6	5	4	1	3	1	3	2
18	6	6	5	4	4	4	5	4	4	5	6	7	6	7	5	6	5	5	5	5	4	4	4	5	7	5	7	6	6	6
19	4	3	1	2	2	0	3	0	2	2	3	2	4	4	4	3	3	2	1	0	3	2	1	2	3	5	3	5	3	3
20	5	6	6	5	4	5	4	5	4	6	5	6	4	5	5	6	4	5	4	5	4	5	4	5	6	3	7	4	6	5
21	3	3	3	3	3	3	3	3	5	4	5	4	4	3	4	4	5	6	6	5	4	4	6	5	4	2	3	2	4	4
22	3	4	4	5	4	4	3	5	4	4	2	2	2	2	3	3	3	2	2	3	3	4	2	3	2	0	3	1	3	3
23	4	2	1	2	2	1	3	1	2	2	3	2	4	4	4	3	4	3	3	1	4	2	2	3	3	5	3	5	3	3
24	6	5	4	4	4	3	5	3	4	4	6	5	7	7	6	6	6	7	5	4	5	5	4	5	6	6	6	6	6	7
25	1	2	3	3	3	3	1	3	4	4	3	3	1	1	2	3	3	3	3	4	3	4	4	3	2	0	2	0	3	2
26	4	4	4	5	5	5	4	5	6	5	4	3	3	3	5	5	6	4	4	4	5	6	5	5	4	2	3	3	5	4
27	6	5	3	3	3	2	5	2	3	3	4	3	6	6	5	4	4	4	3	2	4	3	2	3	4	6	5	6	5	5
28	5	4	3	4	4	3	4	3	5	4	5	4	6	5	5	5	6	6	6	4	5	4	4	4	4	4	4	4	6	6
29	2	3	5	3	2	4	1	4	3	4	3	5	2	3	1	3	2	3	6	1	3	3	4	3	1	4	2	3	2	2
30	3	4	6	5	5	5	4	6	5	5	4	4	2	3	4	4	4	3	4	5	4	5	5	5	4	2	3	2	4	3

sohypses were plotted in charts in order to enhance the cyclone-anticyclone-ridge-trough configuration over the region, characteristic of the given type and to reveal the eventual physical relations.

When analyzing a system of classes it is important to see the relation between the classes. The so-called scoring matrix of the new system was therefore determined, i.e. the distances of each center from all the other ones were calculated and then arranged in a 30×30 matrix:

$$D = \begin{pmatrix} \Delta(z_1, z_1) \dots \Delta(z_1, z_{30}) \\ \Delta(z_{30}, z_1) \dots \Delta(z_{30}, z_{30}) \end{pmatrix}$$

z_i being the center i^{th} , and $\Delta(z_i, z_j)$ the Euclidean distance between the centers i^{th} , and j^{th} . The matrix is symmetric since the distance of type i^{th} to type j^{th} corresponds to the distance of type j^{th} to type i^{th} . There are zeros on the main diagonal of the matrix since here the distances of the centers from themselves are indicated.

Keeping certain conventions and aiming at the comparability of our matrix with the scoring matrix known from the literature, instead of D the matrix D^* , consisting of $\varphi^*(z_i, z_j)$ elements, were used where

$$\varphi^*(z_i, z_j) = 9 \cdot \left(1 - \frac{\Delta(z_i, z_j)}{d_{\max}} \right) \text{ for each } i, j = 1, \dots, 30$$

$$\text{and } \Delta(z_i, z_j) = \sqrt{\sum (z_{ik} - z_{jk})^2} \text{ and } d_{\max} = \max_{i, j} \Delta(z_i, z_j)$$

$$\text{The matrix } D^* = \{\varphi^*(z_i, z_j)\}_{i=1,30 \ j=1,30}$$

received in that way is also symmetric and along its main diagonal there are numbers 9. The elements $\varphi^*(z_i, z_j)$ vary between 0 and 9, 9 denoting the highest similarity (full analogy) and 0 the lowest.

The scoring matrix of the system of the new types permits to conclude that the centers of the types are sufficiently far off from each other (there are no 8 and 9 in the lower triangular matrix — due to the symmetry it is enough to analyze them — and the frequency of analogy 7 is also small).

The so-called cross scoring matrix of the Hess — Brezowsky (HB) system and the new one was determined. It was obtained as described above and it measures the degree of similarity of the elements in the two different systems of macrosynoptic situations. The matrix is presented in *Table I*. Here the j^{th} element of the i^{th} line reflects the analogy between the new type i^{th} and the HB type j^{th} . Of course, this matrix is not symmetric since we are concerned with the Euclidean distances of the two different systems and their transforms.

From *Table I* it can be seen that not all the classes of the new system are new as compared with the HB macrosynoptic types. For instance, the 11th type of the new system and the 26th type of the HB system (denoted henceforth 11_{NEW}, 26_{HB}) are characterized by the analogy index 8; high similarity can be seen between the types 20_{NEW} and 27_{HB}, too. That means that type 26_{HB} „Center of low pressure over the British Isles” and type 27_{HB} „Through over Central Europe” appear also in the new cluster system. At the same time in *Table I* several types can be found which do not show remarkable analogy with any of the HB classes. Types of that kind are, e.g. clusters 1_{NEW}, 18_{NEW}, 19_{NEW} and 25_{NEW}. The importance of this fact became evident especially after having prepared the absolute frequency histogram of the new types where each of the four types mentioned above appears frequently

(their absolute frequency being above 60 and the of type 19_{NEW} having even a value of 360).

Analyzing the new experimental system we can see how much the density of the isohypses vary in different clusters (they are doubled). This phenomenon was attributed to the annual variation of the 500-mbar height and it was supposed, at the same time, that the seasonal frequency of the different types was not equal. This theory proved to be true after having calculated the seasonal frequency of the system. The summer and winter frequencies are almost the complements of each other: there are no types often occurring both in summer and winter. It was decided, therefore, to continue clustering by seasons in order to improve the eventually faint types and the classes faded by the transitional seasons.

The second attempt: seasonal systems of types

Applying our clustering programme to the corresponding daily fields of the 24-year series the systems of spring, summer, autumn and winter types were determined. The number of clusters was reduced according to the results of the analysis of the occurrence of the types by seasons as follows:

	Spring	Summer	Autumn	Winter
Number of clusters	19	8	15	17

In order to increase the rate of convergence, in a given season the centers of the most frequently occurring new classes were taken as starting centers. The number of iterations varied between 8 and 12 (i.e. the number of applications of the programme until stable types were obtained).

The 500 mbar height charts of the seasonal cluster systems received in this way as well as the *catalogue* of the whole time series (1949 – 1980) were published in the paper of *Ambrózy et al.*, (1983).

At first glance there are no marked differences between the charts. This is due to the fact that in the typization of this kind too, mean fields appear which unavoidably filter off the smaller disturbances, not characteristic of the given type, leading thus to a certain smoothing of the fields.

TABLE II.

Increasing stability of the seasonal classification with increasing number of iterations

Iteratio	Spring	Summer	Autumn	Winter
1. → 2.	461	446	395	362
2. → 3.	373	120	381	214
3. → 4.	323	109	283	194
4. → 5.	331	111	271	131
5. → 6.	337	116	232	127
6. → 7.	306	7	192	114
7. → 8.	287	0	114	96
8. → 9.	243	—	—	—
9. → 10.	204	—	—	—
10. → 11.	192	—	—	—
11. → 12.	175	—	—	—

In the first column the serial number of iterations is indicated while in the other columns the number of reclusterings between the iterations are given.

In *Table II* the stability of the seasonal systems is demonstrated as a function of the number of iterations. In the course of each iteration the computer ranks each day of the whole time series among the classes of the seasonal systems. In *Table II* the regroupings made in the course of the iterations are summarized by seasons and these indices obviously give information on the stability of the given system. From the table it can be seen that the rate of convergence strongly depends on the number of clusters contained in the systems. In a single iteration the possible maximum number of regroupings is about 2200, thus it can be seen that 12 iterations were sufficient for each season to reduce the number of regroupings below 8 per cent. We note that here we are concerned with really small values since in the course of iterations the computer ranks the situations bordering on two types alternately into one or the other class and in each case this occurs as a further regrouping in the table mentioned above.

Statistical analysis of the seasonal systems

a) *The external and internal distances and scoring matrices.* The reliability of a cluster system is often characterized by its external and internal distances. By external distances we mean the distances of the cluster centers from each other. The internal distance of a certain type is defined as the average distance between the fields belonging to the class and the center. In the matrix of Euclidean distances, the distances of each cluster center from all the other are contained.

The maximum and minimum distances between the cluster centers are indicated in the following table as taken from the corresponding scoring matrices.

Cluster systems	Minimum	Maximum
	distances in gpm	
1. Hess – Brezowsky	316	1423
2. System without division into seasons	480	2775
3. Spring	650	2090
4. Summer	501	1218
5. Autumn	682	2060
6. Winter	302	2038

The following conclusions can be made:

1. The minimum distances increased by 52 per cent in the new system (without division into seasons) and by 69 per cent on the average in the seasonal systems. This indicates a better separation of the types.
2. The maximum distances also increased, by 23 per cent on the average, better filling in the 80-dimensional space.

All the daily fields of the available whole time series (32 years) were grouped into the new system and after having determined the population of each class it could be noticed that clustering did not establish classes with very low occurrence.

The internal distances of the classes of the cluster systems were also determined (as shown in *Table III*). The decrease of the average internal distances justifies the clustering by seasons resulting in the concentration of the classes as well as in their more pronounced separation from each other. In *Fig. 2*, the internal distances of the four cluster systems are indicated (the classes being arranged according to the increase of the internal distances instead

TABLE III.
Average internal distances of different systems of large-scale weather types

	A		B		C		D							
							Winter		Spring		Summer		Autumn	
	d	n	d	n	d	n	d	n	d	n	d	n	d	n
1.	1052	141	832	195	807	97	831	94	842	57	621	163	795	88
2.	1252	482	900	48	853	7	843	40	731	158	652	104	860	30
3.	1247	116	1159	241	788	108	902	54	810	52	588	191	732	23
4.	1116	110	937	93	823	68	923	81	851	19	607	93	811	109
5.	1049	75	861	45	903	119	851	107	707	58	653	10	732	34
6.	1082	46	957	87	754	151	872	48	832	71	725	69	754	42
7.	1089	95	759	102	832	124	873	75	742	98	624	125	862	32
8.	1166	180	1136	348	784	136	807	35	803	28	640	39	678	111
9.	1106	80	1034	76	888	116	722	33	826	9			694	58
10.	1148	54	923	50	847	130	914	29	740	85			717	70
11.	905	30	808	40	725	191	967	58	811	18			667	88
12.	1128	81	1079	88	782	102	894	51	823	10			716	35
13.	1161	52	915	94	883	124	903	10	708	15			809	72
14.	1253	204	865	75	829	126	877	22	752	53			744	48
15.	1178	66	879	96	763	98	912	41	811	31			909	67
16.	1110	55	881	27	837	124	854	25	749	41				
17.	1201	388	940	147	854	74	844	50	852	26				
18.	1192	126	980	83	876	98			711	25				
19.	1155	125	1010	59	636	340			776	46				
20.	1311	80	1130	250	831	78								
21.	1224	101	879	37	893	63								
22.	1051	46	996	68	824	99								
23.	1134	60	1062	93	669	211								
24.	1226	99	797	25	795	107								
25.	1246	44	775	36	879	68								
26.	1007	59	928	821	869	125								
27.	1158	144	810	69	659	265								
28.	1086	119	784	92	748	119								
29.	1214	31	759	21	872	42								
30.	1187	252	1057	35	809	31								
Mean:	1148		928		810		825		745		639		765	

of the numeration of clusters used previously). This proves very expressively that it was necessary to make a seasonal differentiation. The curves of winter and summer are completely separated from each other while those of the transition seasons run closely. The significant separation of the winter and summer curves is due not to the differences between the absolute values of the 500 mbar fields but first of all to the fact that in summer the pressure gradients are much smaller, consequently the standard deviation around the cluster centers is also small.

In Table III the average internal distances of the different systems of the macrosynoptic types are presented by classes. In columns d the values of the internal distances, in columns „ n ” the absolute frequency of days ranked into the given class are indicated.

In columns A and B the internal distances of the HB types are contained as calculated in two different ways:

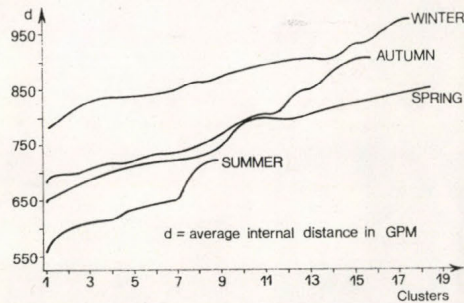


Fig. 2. The internal distances (radii) of the new classes by seasons

- A: Each day was clustered into the corresponding type of the HB catalogue and the average distance of these daily 500-mbar height fields from the center of the type were calculated.
- B: Each 500-mbar height field was clustered into the HB type having the smallest Euclidean distance from it.

In column C the average internal distances of the new system classified without seasonal distinction, in column D those of the four seasonal macrosynoptic types as well as the absolute frequencies of the types are indicated.

From Table III it can be seen that the internal distances are significantly greater as compared with those of the HB classification. They are by 42 per cent greater in version A and by 15 per cent greater in version B than in the system not divided into seasons (column C). We see that in the seasonal analysis the types become finer, they are more separated and their internal distances continue to decrease.

Let us consider now the values of frequencies indicated in columns A and B . In version B the occurrence of certain types (e.g. 2 and 26) decreased to a tenth or increased to the tenfold, respectively, i.e. a very significant regrouping took place. This also shows that the principle of the above classification essentially differs from that of the HB classification. It should be noted that between the same code numbers of the different systems there is no physical relation (columns A and B excepted) thus it is useless to compare the values of the table horizontally.

b) *Cross scoring matrices and the common scoring matrix of the four systems.* Clustering by seasons was started using the new centers of classes having the highest absolute frequency in the given season. Then cross scoring matrices were developed for the systems with and without seasonal distinction, respectively. The results were used for checking the shift of the centers as a result of reclustering. Among the similarity indices values of 2 and 3 can also be found and that means that due to the introduction of the seasonal distinction very significant changes took place. In Fig. 3 a similar shift is shown and it

can be seen that the starting type 19_{NEW} changed into types 4_{SUMMER} and 11_{AUTUMN} as a consequence of seasonal classification.

The relation between the seasonal systems of classes was also examined. It was intended hereby to reveal how the particular features and the different

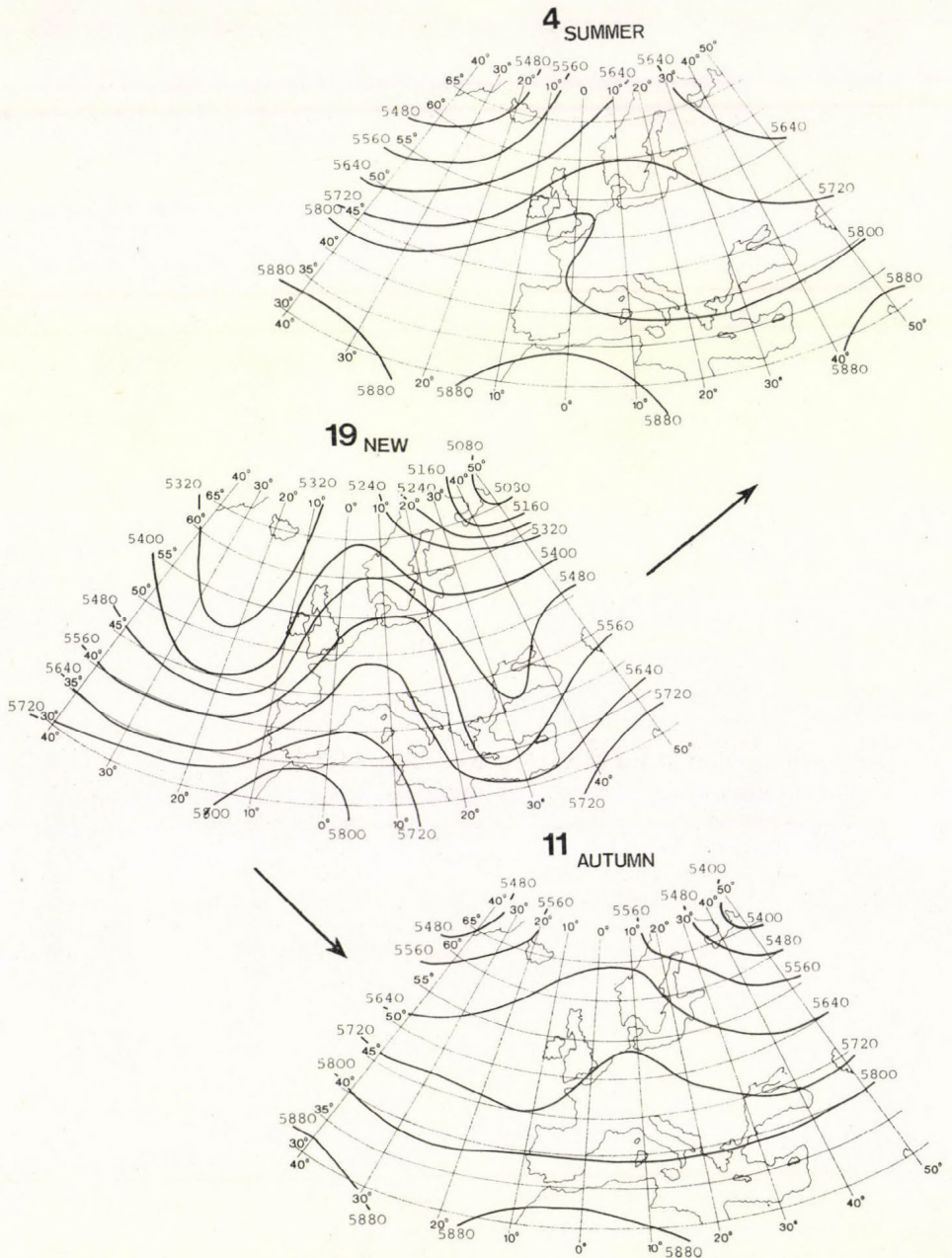


Fig. 3. The repartition of type 19_{NEW} received without seasonal distinction into classes 4_{SUMMER} and 11_{AUTUMN} as a result of clustering by seasons

character of the four seasons would be expressed in the 500-mbar typization. We prepared the common scoring matrix of the four seasons represented by a 59×59 matrix (since $19 + 8 + 15 + 17 = 59$). The scoring matrix consists of 16 smaller matrices. Along the main diagonal the scoring matrices of the four

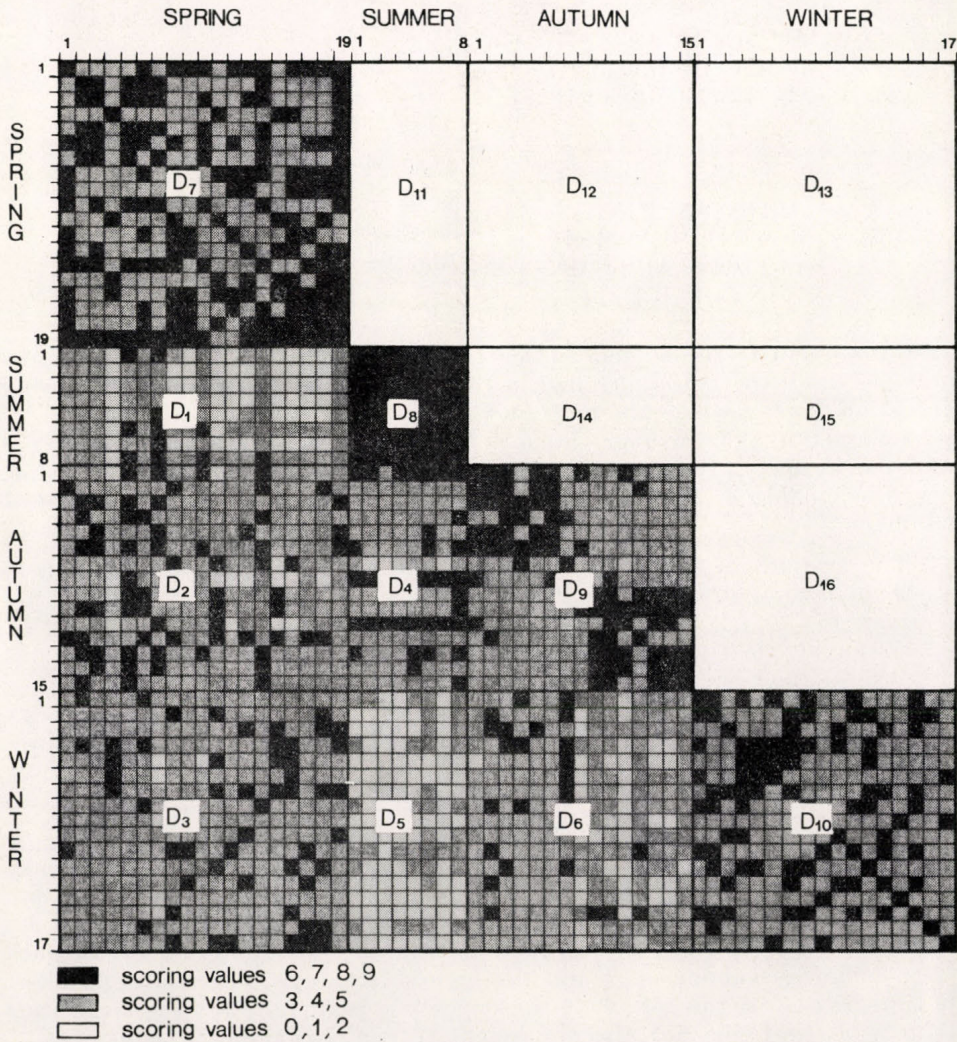


Fig. 4. Common scoring matrix of the four systems of types with differentiated strong, medium and weak interactions

seasons, above and below the main diagonal the cross scoring matrices of the seasons (6 on each side) are to be found. Since the complete matrix is symmetrical the 6 cross scoring matrices above the main diagonal (denoted by $D_{11}, D_{21}, \dots, D_{16}$ in Fig. 4) can be left out of consideration in further examination.

The partial matrices are as follows:

a)

$$\left. \begin{array}{l} D_1 = (\text{SPRING-SUMMER}) \\ D_2 = (\text{SPRING-AUTUMN}) \\ D_3 = (\text{SPRING-WINTER}) \\ D_4 = (\text{SUMMER-AUTUMN}) \\ D_5 = (\text{SUMMER-WINTER}) \\ D_6 = (\text{AUTUMN-WINTER}) \end{array} \right\} \text{cross scoring matrices}$$

b)

$$\left. \begin{array}{l} D_7 = (\text{SPRING-SPRING}) \\ D_8 = (\text{SUMMER-SUMMER}) \\ D_9 = (\text{AUTUMN-AUTUMN}) \\ D_{10} = (\text{WINTER-WINTER}) \end{array} \right\} \text{scoring matrices}$$

Consequently, the system of matrices presented in Fig. 4 contains the analogies of all the types included in the four systems of classes. Fig. 4 is an expressive display where the high, medium and low analogies are marked by different colours. The scoring values 6, 7, 8 and 9 (showing high analogy) are indicated by black, the values 3, 4, 5 by grey and the types with 0, 1, 2 (i.e. very low) analogies, by white. The following remarks can be made in this connexion:

1. The systems of seasonal types are quite closed in general, i.e. each of them is similar mostly to itself. (But the most striking is the summer system!)
2. Arranging the seasons by decreasing cohesion, their sequence is the following: summer, spring, autumn, winter.
3. The elements of the winter system are characterized by a low analogy not only relating to each other but also to the elements of the other three systems.
4. The smallest similarity is between summer and winter.

c) *The life-time of the types.* If a classification of any kind, for any purpose is undertaken for the elements of a time series, in practical application it may be important to know how long the different types persist. In our case that means: for how many days can we reckon with the persistence of a type? After the seasonal classification the average life-time was determined for each type: the lowest value was 1.6 and the highest 4.4 days. The relatively short life-time is due to the fact that the types represent not only the large-scale features of the fields but also the heights of the geopotential fields.

The sequence of the seasons according to the average life-time of the types is:

SEASONS	DAYS
Winter	2.4
Spring	2.5
Autumn	2.7
Summer	3.5

A quite inverted sequence is characteristic of the seasons when arranged according to the number of types contained in them (i.e. the smallest number of types occurs in summer and the greatest in winter).

In spring and in winter (in the seasons with a great number of types) the internal distances of the types with a life-time below average (i.e. in winter the types, the life-time of which does not reach 2.4 days — see Table II) are greater as compared with the average, while those of the longpersisting types are smaller than average. This can be due to the fact that the types persisting for a short time, 2 days at an average, represent rather a sort of transition between the more stable types, thus they don't have as many common internal features as the more stable situations have. The reason of the relatively short life-time of some types may also be that in the case of closed types, the type number can jump over to another for one or two days and then return.

REFERENCES

- Ambrózy, P., Bartholy, J. and Gulyás, O.*, 1983: Évszakos bontású makroszinoptikus típusok kialakítása clusteranalízissel az atlanti-európai térségre. OMSZ Meteorológiai Tanulmányok No 39, 80, Budapest.
- Bartholy, J. and Gulyás, O.*, 1980: A method of analysing types using analogy indices. *Acta Climatologica* XV—XVI, 11—17.
- Gulyás, O.*, 1977: Az analógia fogalma és felhasználása típusok képzésére I. *Időjárás* 81, 11—18.
- Gulyás, O., Légrády, G. and Bartholy, J.*, 1977: Az analógia fogalma és felhasználása típusok képzésére II. *Időjárás* 81, 346—351.
- MacQueen, J.*, 1967: Some methods for classification and analysis of multivariate observations. *Proc. of Fifth Berkeley Symp. on Prob. and Stat.*
- Péczely Gy.*, 1961: Magyarország makroszinoptikus helyzeteinek éghajlati jellemzése. OMSZ Kiseb Kiadványai, No 32, Budapest.

IDÓJÁRÁS

Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 88. évf. 3. szám, 1984. május – június
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 88. No. 3. May – June. 1984. Budapest

A contribution to the relation between global radiation and sunshine duration or cloudiness

M. T. DRAGUTIN and F. ÁCS, *Department of Meteorology,
University of Novi Sad, Veljka Vlahovića 2, 21000 Novi Sad Yugoslavia*

A globál-sugárzás és a napfénytartam vagy felhőzet kapcsolatáról. A cikk áttekinti a témával kapcsolatos szakirodalmat. A Prescott-formula felhasználásával a szerzők meghatározzák a globál-sugárzás és a relatív napfénytartam vagy felhőzet közötti korrelációt Novi Sad-ra vonatkozóan. A számításokat különböző évszakokra végzik el. Az 1958–70 közötti időszakra átlagolt globál-sugárzás adatokat veszik figyelembe a számítások elvégzéséhez.

✱

A contribution to the relation between global radiation and sunshine duration or cloudiness. The survey of references on this subject is presented. Using Prescott's formula the correlations between global radiation and relative sunshine duration or cloudiness are calculated for Novi Sad. The calculations are performed for different seasons in the year. For the calculations data of the global radiation, averaged over 1958–1970 period, are taken into account.

✱

Introduction. For estimating the flux of global (direct plus diffuse) radiation from records of sunshine duration a number of studies have been dealing with attempts to supplement the measurements obtained from the radiation measuring stations of the observation network. The method, first suggested by *Kimball* (1919), was placed on a mathematical basis by *Angström* (1924). It has been used in its original form and with variations by many authors over several decades since that time. *Angström* (1924) derived a linear relation between the total daily global flux Q and relative sunshine duration n/N which may be written in the following form:

$$Q = Q_0 \left[\alpha + (1 - \alpha) \frac{n}{N} \right], \quad (1)$$

where Q_0 is the flux for a perfectly cloudless day and α is an empirically determined constant. Because Q_0 varies with atmospheric transmission from day to day, many workers followed *Prescott* (1910) using the relation

$$Q = Q_A (a + b) \frac{n}{N} \quad (2)$$

where Q_A is the solar flux on a horizontal surface at the top of the atmosphere, a and b are constants to be determined from measurements. Let us mention that in formula (2) instead n/N cloudiness C (in a scale 0–10) can be used. The values of Q_A (somewhere called as Angot value) depending on the time of the year and the latitude, can be found in the Smithsonian Meteorological Tables and in a great number of other papers, viz. *Shaw* (1928), *Milankovitch* (1930), *Schulze* (1963), *Page* (1964) and *Robinson* (1966).

1. The survey of some results using Prescott's formula

Prescott analysed data on radiation and sunshine duration of the weather station Mount Weather in the USA and found the following values: $a=0.22$ and $b=0.54$. For the Mount Stromlo Station in Australia he calculated: $a=0.25$ and $b=0.54$. Penman (1948 and 1956), via Prescott's formula, found for Rothamstead (England) in the growing season (March–October), that $a=0.18$ and $b=0.55$. Black, Bonython and Prescott (1954), based on data of 32 stations located throughout the earth, found the following average values: $a=0.23$ and $b=0.48$. For various stations, however, these values deviated widely and no distinct relation was found with the latitude. Glover and Mc. Cullock (1958) thought that a better relation could be established, when the latitude was taken into account, as well. They determined the following values, based on data of 12 stations: $a=0.29 \cos \varphi$ and $b=0.52$, where φ is the latitude in degrees. Scholte Ubing (1959) found approximately the same.

Lincare (1967) published data on a and b of 34 stations, which he arranged in order of latitude. These data showed that the effect of latitude is not distinct and is predominated by other factors, as water content and pollution of the air and type of clouds.

TABLE I
Values of a and b at the various stations and seasons in Yugoslavia
(in accordance to Baars [1973])

Place	Oct. – March.		Apr. – Sept.		Apr. – June		Jul. – Sept.	
	a	b	a	b	a	b	a	b
Ljubljana	0.14	0.53	0.21	0.47	0.21	0.47	0.22	0.46
Belgrade			0.26	0.49	0.26	0.53	0.23	0.53
Skoplje	0.18	0.42	0.30	0.42	0.27	0.50	0.26	0.45
Ulcinj			0.35	0.43	0.31	0.53	0.25	0.53

Löf, Duffie and Smith (1966) arranged the data according to climatic zones and vegetation types, but no a distinctly better results were gained. The number of data available probably was insufficient. Furthermore, it should be kept in mind that at the observation stations no uniform equipment was used and the data were not treated in the same way.

De Jong (1972) made a detailed study of the literature on investigations carried out in this field and he published his findings in a paper with many tables and maps.

In a detailed study Baars (1973) showed results of his investigation about global radiation and sunshine duration or cloudiness in several places in Yugoslavia. He has obtained, using Prescott's formula and an averaging period of seven years the results summarized in Table I.

For Belgrade Baars (1973) calculated values of a and b taking into account cloudiness and he has obtained:

Apr – June	July – Sept	Apr – Sept
a 0.79	0.73	0.74
b -0.049	-0.04	-0.041

In the past ten years a number of papers were published and these are concerned with this subject. The paper written by *Rietveld* (1978) includes a lot of references in this subject. Finally, in his very instructive book, *Coulson* (1975) summarized results of the investigation in this field.

2. Radiation formula for Novi Sad

Novi Sad is located at $45^{\circ} 20'$ north latitude. This region, the Socialist Automatic Province Vojvodina as a whole, is concerned with agricultural production of different plants. From that reason to know the global radiation is of great interest. Further, in order to obtain a better correlation between global radiation and sunshine duration or cloudiness, we decided to calculate coefficients for different periods of the year: October–March, April–June, July–September and April–September (growing season).

TABLE II

Values of a and b in the Prescott's formula and correlation coefficient r for Novi Sad for different seasons calculated on the basis of the relative sunshine duration and cloudiness

October–March			April–September			April–June			July–September		
a	b	r	a	b	r	a	b	r	a	b	r
0.23	0.61	0.76	0.29	0.46	^{a)} 0.76	0.26	0.53	0.85	0.32	0.40	0.66
0.78	-0.054	-0.75	0.74	-0.040	^{b)} -0.71	0.79	-0.048	-0.74	-0.73	-0.025	-0.45

Prescott's method was employed with decade averages of global radiation (Q), sunshine duration (n) and cloudiness (C). Let us say that decade is a ten days period (the first and the second decade in the month have 10 days). Data were taken from Bulletin of Provincial Hydrometeorological Institute of SAP Vojvodina from 1957 till 1970. The Angot-values (Q_A) were taken from the Smithsonian Meteorological Tables (*List*, 1968), Table 132, calculated according to *Milankovitch* (1930) for a solar constant of $I_0 = 1.94 \text{ cal cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$. This table gives radiation figures in various latitudes at intervals of 10° and for different days of the year at intervals of 22–23 days. By interpolation the radiation was determined for Novi Sad, on different days of the year and results are presented in a graph from which the average radiation in the various decades of the year could be read. Day length (N) was taken from the Smithsonian Meteorological Tables, (*List*, 1968) Table 171, 199.

By the method of the smallest squares the coefficient a and b were calculated in accordance with formula (2). The results are presented in *Table II* (a and b).

3. Discussion and conclusions

First of all it was checked whether there is any difference between April–September, April–June and July–September season in relation Q/Q_A and n/N . *Table II/a* shows the differences clearly between winter (October–March) and summer (April–September) half-year. The fact, that the value of

constant a in the summer half-year ($a=0.29$) is higher than in the winter half-year ($a=0.23$) indicates that in winter a smaller part of the radiation reaches the earth's surface than in summer. Further it can also be seen, the coefficient b is greater in the winter half-year ($b=0.61$) than in the summer half-year ($b=0.46$). It may be explained by the fact that in winter a greater part of the radiation is absorbed than in summer. If the analysis is applied to growing season (April–September), summer part (July–September) and spring part (April–June) we can see differences, too. Namely, if we want to estimate evapotranspiration of crops using global radiation, growing season has to be divided into two parts (spring and summer).

The relation, between relative radiation Q/Q_A and cloudiness C , was analysed. The results are shown in Table II/b. The comparison of the results for relative radiation, obtained by taking into account cloudiness and sunshine duration, is presented in Table III.

TABLE III
Relative radiation Q/Q_A calculated on the basis of relative sunshine duration and cloudiness for Novi Sad for extreme cases

Period	Completely clear sky		Completely overcast sky	
	$n/N=1$	$C=0$	$n/N=0$	$C=10$
April–September	0.75	0.74	0.29	0.34
April–June	0.78	0.79	0.26	0.31
July–September	0.72	0.73	0.32	0.48

Table III. clearly shows, that in the case of completely clear sky, relative radiation is practically the same in both cases. However, when the sky is completely overcast by clouds, the relative radiation calculated from cloudiness is higher than that one obtained from relative sunshine duration, the difference is higher in summer.

REFERENCES

- Angström, A., 1924: Solar and terrestrial radiation. *Quart. J. Roy. Met. Soc.* 50, 121–125.
 Baars, I. C., 1973: Relation between total global radiation, relative, duration of sunshine and cloudiness. *Zbor. Met. i Hid. Rad.* 4, 43–53.
 Black, J. N., Bonython, C. W. and Prescott, J. A., 1914: Solar radiation and the duration of sunshine. *Quart. J. Roy. Met. Soc.* 80, 231–235.
 Coulson, K. L., 1975: *Solar and terrestrial radiation*. Academic Press, New York, San Francisco, 5 London.
 De Jong, B., 1973: *Net radiation received by a horizontal surface at the Earth*. Delft University Press, Delft.
 Glover, J. and Mc. Cullock, J. S., 1958: The empirical relation between solar radiation and hours of sunshine. *Quart. J. Roy. Met. Soc.* 84, 172–175.
 Kimball, H. H., 1919: Variations in the total and luminous solar radiation with geographical position in the United States. *Mon. Weat. Rev.* 47, 769–793.
 Lincare, E. T., 1967: Climate and the evaporation from crops. *J. Irrigation and Drain* 93, 61–79.
 List, R. J., 1968: *Smithsonian Meteorological Tables*. Smithsonian Inst. Press, Washington.
 Löf, G. O., Duffie, J. A. and Smith, C. O., 1966: World distribution of solar radiation. *Solar Energy* 10, 27–37.

- Milankovitch, M., 1930: Mathematische Klimalehre. *Handbuch des Klimatologie*. Band I, Teil A, Berlin.
- Page, J. K., 1964: The estimation of monthly values of daily total short wave radiation on vertical and inclined surfaces from sunshine records for latitudes 40°N–40°S. *Solar Energy* 4, 368–382.
- Penman, H. L., 1948: Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proceedings of the Royal Society, London A* 193, 120–145.
- Penman, H. L., 1956: Estimating evaporation. *Transactions American Geophysical Union* 37, 43–49.
- Prescott, J. A., 1940: Evaporation from a water surface in relation to solar radiation. *Trans. Roy. Soc. Aust.* 64, 114–125.
- Rietveld, M. R., 1978: A new method for estimating the regression coefficients in the formula solar radiation to sunshine. *Agric. Meteor.* 19, 243–253.
- Robinson, N., 1966: *Solar radiation*. Elsevier, Amsterdam.
- Schulze, R., 1963: Zum Strahlungsklima der Erde. *Archiv für Meteor., Geophys. und Bioklim.* 12, 185–195.
- Scholte Ubing, D. W., 1959: Over stralingsmeingen, de wartebalans en de verdamping van gras (with summary in English). *Mededelingen van de Landbouwhogeschool Wageningen* 59, 19–20.
- Shaw, N., 1928: In *Manual of meteorology*. Vol. II: Comparative meteorology. University Press, Cambridge.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 88. évf. 3. szám, 1984. május – június
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 88. No 3. May – June, 1984. Budapest

A simple calculation of the vertical profile of average PAR flux density within a maize stand

M. HUNKÁR, *Central Institute for Meteorology, H-1525 Budapest, P. O. B. 38.*

A simple calculation of the vertical profile of average PAR flux density within a maize stand. In studies of photosynthetic plant production it is important to determine the interceptable photosynthetically active radiation (PAR) within a canopy. This paper describes a simple method of calculation of the average PAR flux density for any horizontal plane within the canopy. The PAR flux density is to be measured in shade and also in sunflecks with LI-COR 190SB quantum sensors. The effect of penumbras can be neglected. In this way, the vertical change of the ratio of shaded areas on horizontal planes within a plant stand can be determined.

✕

Egyszerű számítási módszer a fotoszintetikusán aktív sugárzás (PAR) fluxus átlagos vertikális profiljának meghatározására kukorica állományban. A fotoszintetikus növényi produkció tanulmányozásában igen fontos a növényállományon belüli interceptálható fotoszintetikusán aktív sugárzás meghatározása. A cikk egyszerű számítási eljárást mutat be, mellyel derült égbolt esetén meghatározható az állományon belüli bármely horizontális felszínen az átlagos PAR fluxus. A számításhoz szükséges kiindulási adatokat az adott horizontális síkon árnyékban, ill. napos helyen mért PAR fluxus értékei képezik, mely a LI-COR 190SB kvantum szenzorral mérhető. Ezenkívül szükséges a növényállományon belül az árnyékoltság szintenkénti meghatározása, melyet a szerző a talajfelszín árnyékoltságának mért értékéből számítással állított elő.

✕

Introduction. Solar radiation is the most important environmental condition for photosynthetic plant production. Photosynthetically active radiation (PAR) is defined mainly as radiation in the spectral region between 400–700 nm, but sometimes 380–710 nm (*Monteith*, 1969). This part of solar radiation can be measured with quantum sensor or quantum flux meters, whose sensitivity within the PAR wavelength range is proportional to the number of quanta per unit wavelength (*McCree*, 1972).

Above the crop canopy solar irradiance depends on the elevation of the sun, the transparency of the atmosphere and the type and amount of clouds. Within the canopy the irradiance of PAR is more complicated. A part of PAR is absorbed by green leaves, another part is scattered and reflected, and there is a third part of PAR that penetrates through the canopy without interception. The quantity of interceptable PAR in a plant stand, so the characterization of the stand is very important.

Since the penetration of direct and diffuse radiation into the plant stand is different, in theoretical discussions one has to distinguish between direct and diffuse radiation. Calculations relating to these kinds of solar radiation are complicated. For practice, in ecological and plant production studies, a simpler theory for the calculation of the average radiant flux within the canopy would be appropriate.

1. Survey of theories

Attenuation of radiant flux density inside the plant canopy is expressed by the penetration function τ . The penetration function is defined by the ratio of the mean total PAR flux density on a horizontal plane inside the canopy (S_{tp}) and above the canopy (S_t).

$$\tau = \frac{S_{tp}}{S_t} \quad (1)$$

τ depends on the height (z) or in plant production studies $L(z)$, where z is the height between the soil surface and the total height of plant stand (h), $L(z)$ is named the downward cumulative leaf area index.

For a random spatial distribution of crop elements the penetration function $\tau(z)$ is given by an exponential function, i.e. by Beer's law (Monsi and Saeki, 1953).

$$\tau [L(z)] = \exp [-\kappa L(z)] \quad (2)$$

where κ —the extinction coefficient—is determined experimentally.

The theory of radiative transfer in stands is based on the treatment of a stand as a turbid medium in which leaves act as elements of the medium which scatter radiation. The radiative transfer theory for turbid medium was originally evolved in astrophysics and has been modified to describe the main features of radiation in horizontally homogeneous well-developed stands (Ross, 1964; Ross and Nilson, 1968).

The total PAR above the canopy consists of direct (S_b) and diffuse (S_d) PAR; within the canopy in addition to direct and diffuse PAR a so called complementary radiation due to the scattering of direct and diffuse radiation on the foliage and the ground surface has to be taken into account.

On a cloudless day the large variation in radiation as a result of the alternation of sunflecks and shaded areas is determined by the canopy architecture. The irradiance in sunflecks may exceed that in shaded areas by one or two orders of magnitude. If the effect of penumbras is neglected, the irradiance and the spectral composition of direct radiation do not alter and the mean irradiance in the region of PAR can be deduced from the extension of the sunlit areas.

Ross (1975) derived penetration functions for direct PAR (τ_s) and diffuse PAR (τ_d) and κ extinction coefficient; all of these are determined by the canopy architecture and the elevation of sun (β). He gave a theoretical formula for the average PAR flux density on a horizontal plane within the canopy. In that formula—Eq (3) — the scattered radiation also has been taken into consideration.

$$S_{tp}[L(z),\beta] = S_b\tau_s[L(z),\beta] + S_d\tau_d[L(z)] + \frac{S_t\omega^*\kappa(\beta)[(\exp-L(z))-\exp L(z)]}{1-\kappa}$$

where ω^* is an optical characteristic of the plant stand.

Methods and materials

Instead of applying the complicated formula (3) it would be simpler to measure the average flux density on a horizontal plane. Some authors solved this problem by placing several sensors inside the canopy in the same height. The sensors were parallel connected, so the average flux density was recorded directly (Campbell et al. 1981).

There was another approach to solve the problem, when the sensor was moved along a stick. The scanning speed was uniform over a path. The signals from the sensors above and in the canopy were fed simultaneously into an analog-to-digital converter interfaced with an on-line digital computer. The light distributions were printed out at the end of each run (Norman et al., 1971). Similar moving systems were applied by Soviet authors (Laisk, 1969).

In the present study only two sensor heads of LI-COR 190SB quantum sensor were available without any kind of on-line computer technique. Therefore a simple approximate method had to be found to determine the average PAR flux density on horizontal planes at different heights.

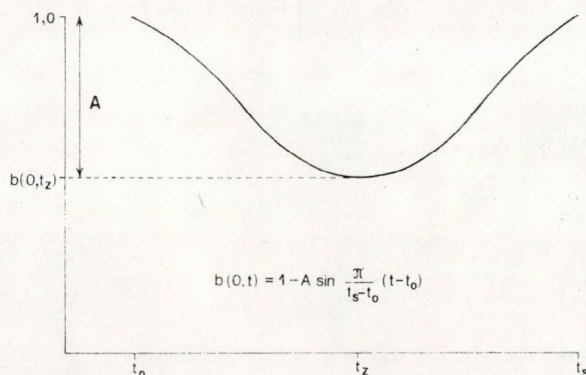


Fig. 1: The daily course of the ratio of shade at the ground surface on a cloudless day - 1. ábra: Az árnyékoltsági arány napi menete a talajfelszínen felhőtlen idő esetén

The method is based on the following calculation:

$$I(z, t) = b(z, t) I_{sh}(z, t) + [1 - b(z, t)] I_s(z, t) \quad (4)$$

where $I(z, t)$ - the average PAR flux density on a horizontal plane at z height at time t ,

$b(z, t)$ - the ratio of shaded area on a horizontal plane at z height at time t ,

$I_{sh}(z, t)$ - the PAR flux density in shade at z height at time t ,

$I_s(z, t)$ - the PAR flux density in sunflecks at z height at time t .

I_{sh} and I_s can be measured directly by LI-COR 190SB. To give the function $b(z, t)$ one has to make some assumptions:

(1) Below a developed stand the ratio of shade at the ground surface depends on the elevation of sun. The least value of this ratio occurs at noon and, obviously, the ratio is equal to 1 at sunrise and sunset. The daily course of the ratio of shaded areas is the inverse of the elevation of the sun. Fig. 1 shows the daily course of the ratio of shade at the ground surface on a cloudless day. A - is the fraction of sunflecks at ground surface a noon. This fraction is defined by

$$A = 1 - b(0, t_z) \quad (5)$$

Function $b(0, t)$ can be expressed by a sine function of time, where t_z is the time of zenith, t_0 is the time of sunrise and t_s is the time of sunset.

$$b(0, t) = 1 - A \sin\left(\frac{\pi}{(t_s - t_0)} (t - t_0)\right) \quad (6)$$

(2) The next assumption refers to the change of the ratio of shade with height within the canopy. At ground surface $z=0$, $b(z, t)=b(0, t)$; above the canopy $z=h$, $L(h)=0$, $L(z)$ is the downward cumulative leaf area index, and $b(h, t)=0$. At any height z , where $h \geq z \geq 0$, $b(z, t)$ is proportional to the relative cumulative leaf area index expressed by the quotient $L(z): \text{LAI}$ (LAI being the total leaf area index).

$$b(z, t) = b(0, t) \frac{L(z)}{\text{LAI}} \quad (7)$$

Substitute $b(0, t)$ (Eq. 6) into Eq. 7.:

$$b(z, t) = \left[1 - A \sin \left(\frac{\pi}{(t_s - t_0)} (t - t_0) \right) \right] \frac{L(z)}{\text{LAI}} \quad (8)$$

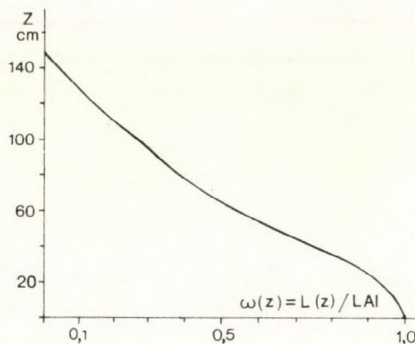


Fig. 2: The vertical distribution of leaf area index; z =height, cm - 2. ábra: A levélfelület index függőleges eloszlása, z =magasság, cm

The sunfleck sizes at the ground surface was determined with a sufficiently large white piece of paper, on which the shaded area was darkened and then the sunlit areas [A in Eq. (8)] were calculated. The times of zenith and sunrise (t_z and t_0) were given by astronomy. Besides A , t_z and t_0 , the leaf area index and its vertical distribution have to be determined. The vertical distribution of leaf area was determined by the following procedure: the stems of harvested plants were divided into sections of chosen lengths and the levels of the point of insertion of petioles were taken as the criterion for including them into a canopy layer. The area of a single leaf was determined with a method of approaches: measuring l , the length of the leaf, and d , the width at the one-third of the length, the leaf area being $F=ld$. To get the total leaf area, or the leaf area in a canopy layer, one has to sum up the areas of the single leaves.

Measurements were effected at the experimental station of Keszthely, Hungary ($17^\circ 14' W$; $46^\circ 46' N$) in a maize (*Zea mays*) stand. Maize was an

TABLE I

Calculated ratio of shade on 29th of July in 1982
 z = height; $b(0, 8^\circ)$, $b(0, 12^\circ)$ - the ratio of shade at the ground surface at 8° and 12° LMT

z	cm	20	40	60	80	100	120	140	160
b	($0, 8^\circ$) = 0.99	0.98	0.77	0.56	0.37	0.25	0.12	0.02	0.00
b	($0, 12^\circ$) = 0.56	0.56	0.44	0.32	0.21	0.14	0.06	0.02	0.00

early subspecies, namely SZTC-255. The spacing of the rows was 70×20 cm. The leaf area index of the developed stand was 2.3, it is relatively small.

PAR measurements were made with LI-COR 190SB quantum sensors. One of the sensors was placed above the canopy and the other one was moved vertically within the canopy. The irradiance of PAR was measured both in shade and sunflecks on clear days twice a day, at 8⁰⁰ LMT in the morning and at noon.

3. An example for the calculation of the vertical profile of average PAR flux density

The 29th of July 1982 at Keszthely was a clear sunny day. The height of the maize stand was 172 cm, LAI = 2.3, $b(0, t_2) = 0.55$.

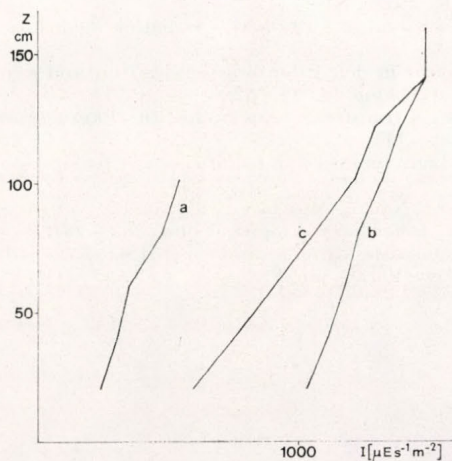


Fig. 3: PAR flux density profiles. (a) in shade (b) in sunflecks - (c) calculated average - 3. ábra: PAR fluxus sűrűség-profilok a) árnyékban, b) napos foltokon, c) számított közép

Fig. 2. shows the vertical distribution of leaf area, where $\omega(z)$ is $L(z):LAI$. The length of a layer was 20 cm.

The vertical profile of PAR flux density was measured at 8⁰⁰ and 12⁰⁰ LMT both in shade and in sunny places in $\mu E/sm^2$. The calculated ratio of shaded area is given in Table I. The PAR flux density profile is shown in Fig. 3., where curve a is the profile in shade curve b is the profile in sunny places and curve c is the calculated average PAR profile [Eq. (4)].

Summary

This paper gives a simple method of calculating the mean total PAR flux density on a horizontal plane within a plant stand.

Previous authors solved this problem theoretically or experimentally with complicated measurements or equipment.

An available instrument the LI-COR 190SB quantum sensor measures the quantum flux density at a small area, less than 1 cm². In this way the vertical profile of PAR was measured in shade (I_{sh}) and in sunflecks (I_s). The average PAR interceptable on a horizontal plane within a canopy was calculated using the vertical profile of ratio of shade, while making the following assumptions:

- (1) the daily course of the ratio of shade at the ground surface is the inverse of the elevation of the sun, expressed by a sine function of time;
- (2) the vertical change of the ratio of shade is proportional to the relative cumulative leaf area index. Therefore one has to measure the least value of the ratio of shade a day — at noon, and the vertical distribution of leaf area. From these the vertical profile of the ratio of shade can be calculated (Eq. (8)). Using this profile the mean PAR flux density on a horizontal plane can be determined by means of Eq. (4).

REFERENCES

- Campbell, R. B., Reicosky, D. T. and Doty, C. V., 1981: Net radiation within a canopy of sweet corn drought. *Agric. Met.* 23, 65–72.
- Laisk, A., 1969: Izmerenie prozrachnosti rastitelnogo pakrova. In: *Rezim solnechnoi radiatsii v rastitel'nom pakrove*. Int. Fiz. i Ast. AN ESSR. Tartu, 81–111.
- McCree, K. J., 1972: Test current definitions of photosynthetically active radiation against leaf photosynthesis data. *Agric. Met.* 10, 443–453.
- Monsi, M. and Saeki, T., 1953: Über den Lichtfaktor in den Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion. *Jap. J. of Botany* 14, 22–52.
- Monteith, J. L., 1969: Light interception and radiative transfer in crop stands. In: *Physiological Aspects of Crop Yield*. Madison Wisc. USA, 89–111.
- Norman, J. M., Müller, E. ad Tanner, C. B., 1971: Light intensity and sunfleck size distribution: in plant canopies. *Agron. J.* 63, 743–748.
- Ross, J. K., 1964: *Aktinometrija i optika atmosfery*. Nauka, Moscow, 251–256.
- Ross, J. K. and Nilson, T. e 1968: *Aktinometrija i Atmosfery*. Valgus, Tallin, 263–281.
- Ross, J. K., 1975: Radiative transfer in plant communities. In: *Vegetation and Atmosphere* (ed.: J. L. Monteith). Academic Press, London–New York–San Francisco, 13–55.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 88. évf. 3. szám, 1984. május–június
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 88. No 3. May–June, 1984. Budapest

A climatological analysis of two- and four-day backward trajectories

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

2- és 4 napos trajektóriák klimatológiai vizsgálata. A szerzők a Magyarországon működő három háttérszennyezettséget mérő állomásra nagy távolságról érkező szennyezőanyagok lehetséges útvonalainak meghatározására készített egyszerű, objektív, számítógépes trajektória modellt mutatnak be. A trajektóriák felrajzolását is számítógép végzi. Két- és négy napra vonatkozó trajektóriákat határoztak meg. A modell bemenő adatai 70 rádiószonda állomáson a naponta kétszer mért széladatokat. A 850 mb-os nyomásmező szintjére végrehajtott trajektória számítások egy évre vonatkoznak. A nyert eredmények lehetővé teszik a legvalószínűbb forrásterületek megjelölését.

✱

A climatological analysis of two- and four-day back-ward trajectories. A simple, objective, computer-based calculation method is presented for the determination of two- and four-day backward trajectories from three Hungarian background stations; also the trajectories are drawn by the computer. As input data wind-observations made twice a day by 70 radiosounding stations were used. The calculations were carried out by using the wind data at the isobaric level of 850 mb for one year. By making use of these results and extending the calculations for a longer period, the most probable source areas can be identified.

✱

Introduction. Most of the pollutants released into the atmosphere have an average residence time of a few days or more. Therefore, air pollutants can travel quite a long distance from the source. For a realistic modelling of the transport, i.e. to relate emission-dilutionremoval-immission, it is necessary to know the actual path followed by an air parcel. It is obvious that during the transport over a long range, both the advection and dispersion are determined by the synoptic scale wind pattern. For this purpose several trajectory models based on large-scale motion have recently been developed. Originally, the trajectories were evaluated by hand, based on successive weather charts (e.g. Szepesi, 1978). In order to treat a great number of data, trajectory calculations are not only faster, but at the same time they offer more objective results (Van der Auwera and De Sadeleer, 1982). The way show the trajectories are generated in the various air quality models are different. Some models use wind data measured near the surface (Rao et al., 1983); others apply the wind field determined at a given pressure level, e.g. 900 mbar or 850 mbar (Dagaputy et al., 1979; Szepesi, 1978; Bartnicki et al., 1979; Pack et al., 1978; Patterson and Husar, 1981). In some other models wind averaged through a layer of, e.g., 100–1500 m depth above the surface is considered (Wrigley et al., 1979; Henmi, 1979; Niemann and Smith, 1979; Miller, 1979; 1981; Van der Auwera and De Sadeleer, 1982).

Trajectory models generally have uncertainties because of the lack of sufficient wind data. For calculating trajectories, interpolation is mostly ne-

cessary, as the observed data are sparse in both space and time (Raynor and Hayes, 1983). Another disadvantage of most trajectory models, the neglect of the vertical component of velocity, might cause significant error in the case of light wind conditions, which are potential air pollution episodes. Scale analyses have shown that the vertical component is of the same order of magnitude as the horizontal components are, when the wind is weak (Vander Auwera and De Sadeleer, 1982). There are a few isentropic models which do include the vertical term Davies (1979) utilized isentropic considerations.

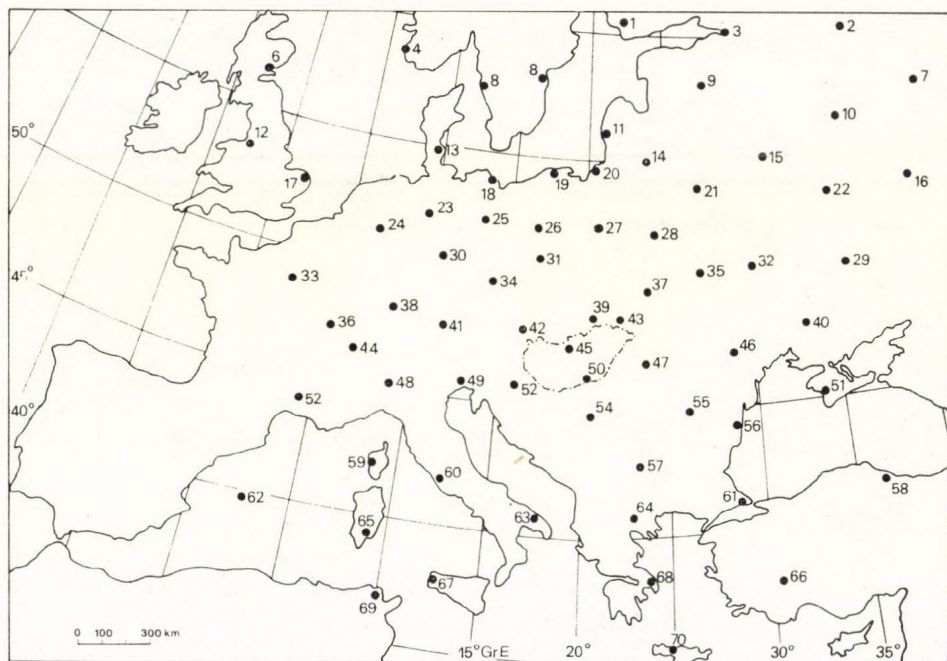


Fig. 1. Location of the radiosounding stations
 1. ábra: A rádiószondázó állomások elhelyezkedése

The three components of velocity appearing in the trajectory models are not determined by observed wind data, but calculated by means of theoretical models, so they are rather complicated. For statistical purposes such sophisticated models are not necessary, because the statistical character does not require such an accuracy. For statistical characterization of either backward or forward trajectories over a given area two-dimensional approximation is satisfactory, because the errors owing to the insufficient resolution of the wind data in space and time tend to average out (Rao et al., 1983).

Based on the arguments mentioned above, a simple, horizontal trajectory model was applied to calculate backward trajectories from three sites in Hungary, where regional air pollution stations are being operated. The statistical analysis of the backward trajectories can potentially identify source areas from where the pollutants are likely transported to a given place. Further, the trajectories calculated can be used for modelling the long-range transport of pollutants.

1. Method and data

The basic concepts and algorithm to compute the displacement of an air parcel are well known. Each trajectory is constructed of successive segments, each lasting for a fixed unit of time. The necessary wind data at the isobaric level of 850 mb were determined from two daily aerological soundings for one year. The distribution of the radiosounding stations considered is shown in *Fig. 1*. For the calculation of an individual segment, only the part of the whole area located within a circle of 400 km radius centered on the actual trajectory endpoint was considered. The duration of the timestep was chosen to be one hour. For the intermediates time of no observation, a linear interpolation was carried out. Since the radiosounding stations are sparsely located, spatial interpolation is also necessary. The spatial interpolation was executed by using the following formulas:

$$v = \frac{\sum(v_i/r_i^2)}{\sum(1/r_i^2)} \quad u = \frac{\sum(u_i/r_i^2)}{\sum(1/r_i^2)}$$

where u, v are the horizontal components of velocity interpolated for the endpoint of a trajectory segment;

u_i, v_i are the horizontal components of velocity at various points within a circle of 400 km radius centered at the actual endpoint of the trajectory;

r_i is the distance between the endpoint of the segment and the various points, where wind data are available.

Two-day and four-day backward trajectories were calculated for one year (1. 2. 1982–31.1. 1983) from three sites in Hungary. The locations of the background-stations are shown in *Fig. 2*. Farkasfa is situated in the western, Szarvas in the southern part of Hungary, K-puszta is located in the middle of the country. The calculation of the two-day backward trajectories for one month requires 80 s CPU; computational time for four-day trajectories for the same period is 140 s CPU when using an IBM 370/155 computer. This time includes drawing of the trajectories, as well. The trajectories were drawn in four different scale depending on the velocity. Two examples are presented in *Fig. 3*.

2. Data analysis and results

Two- and four-day backward trajectories from three stations were calculated for one year. In order to treat this great amount of data, categories were defined, according to which the trajectories were classified. By means of the trajectories the possible source areas can be identified. For this purpose the most important thing to know is, where the pollutants come from. This means, that not only the direction, but also the distance covered by the pollutants have to be considered. First a classification depending only on the direction was carried out, then the analysis was extended by taking into consideration the distance.



Fig. 2. Location of the background stations
2. ábra: A háttérszennyezettség-mérő állomások elhelyezkedése

For the sake of simplicity, 360° was divided into four equal sectors. The area between the north and east directions was marked by 1, the sector bordered by south and east by 2, the area between south and west by 3, and the last sector bounded by west and north was marked by 4. If a trajectory is characterized by the mean direction of the sector from where it approaches the measuring point, it does not characterize exactly where the pollutants derive from, since during the transport the trajectories might cross the borders of the main sectors. It also occurred sometimes that the starting and ending point of the trajectory were located in the same quarter-sphere, but the trajectory, having the shape of a spiral, touched other sectors, too.

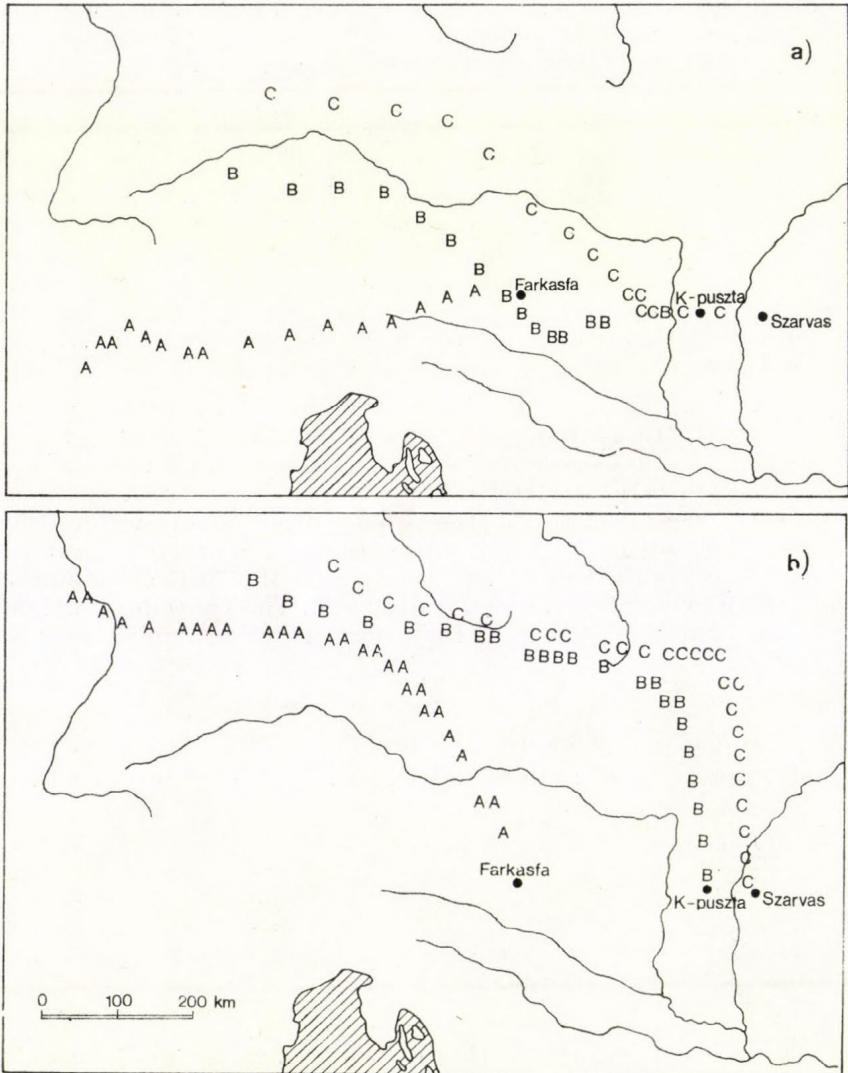


Fig. 3. Computer mapped trajectories in two different sizes
 3. ábra : Számítógépes trajektóriák két számítási pontra

Therefore, in addition to the four main classes characterized by the numbers 1 to 4, some other categories had to be introduced. The classes were marked in the following way: a trajectory which remains in one sector defined above is characterized by a single number identifying that quarter. The trajectory which touched two sectors is marked by a double number. If the trajectory touched three or four sectors, the identifying mark is constituted by three or four marks. The order of the numbers corresponds to the order of

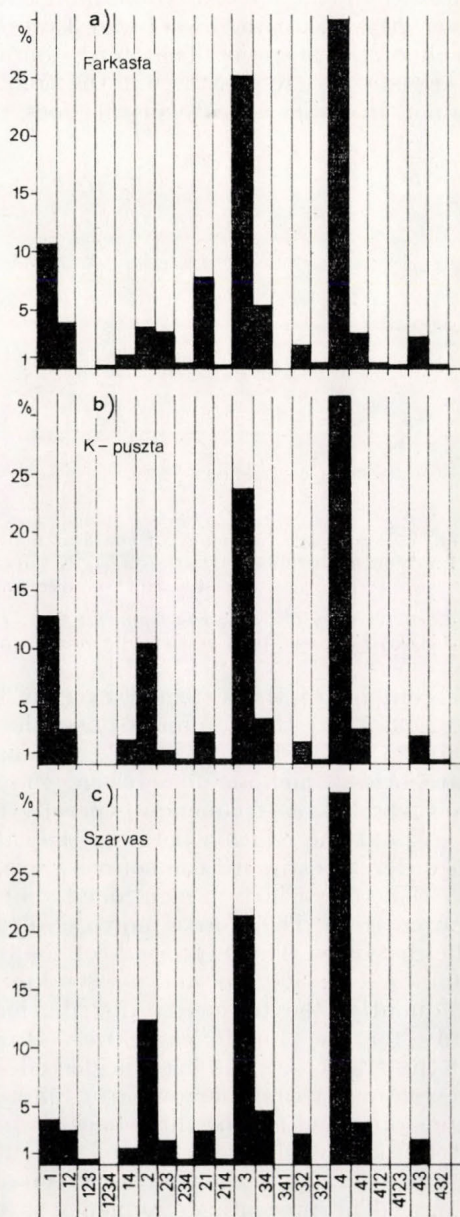


Fig. 4. Frequency distribution of the various 2-day back trajectory types for a) Farkasfa, b) K-pusztá, c) Szarvas.

4. ábra: A kétnapos trajektóriák gyakorisága
a) Farkasfa, b) K-pusztá, c) Szarvas

the sectors touched by the trajectory. For example, mark 123 means that the trajectory starts in sector 1, and after crossing sector 2 it ends in sector 3.

Frequency distribution of the classes occurring during the analysis was determined for the three stations. Theoretically, other classes may also exist, but not all of them did occur in the cases considered. Results for the two-day back trajectories are presented in *Fig. 4(a, b, c)*. No remarkable difference is found between the three distributions. Sector 4 (mean wind direction is NW) is the most frequent category for each of the cases, its percent is equal to or more than 30. The other dominant category is sector 3 (SW), its occurrence is over 20%, i.e. categories 4 and 3 represent more than half of all the cases for each of the stations. The third dominant category is 1 (NE) in the case of Farkasfa and K-puszta, but the frequency of category 2 (SE) is almost the same. In Szarvas, category 1 does not occur so frequently, however, the

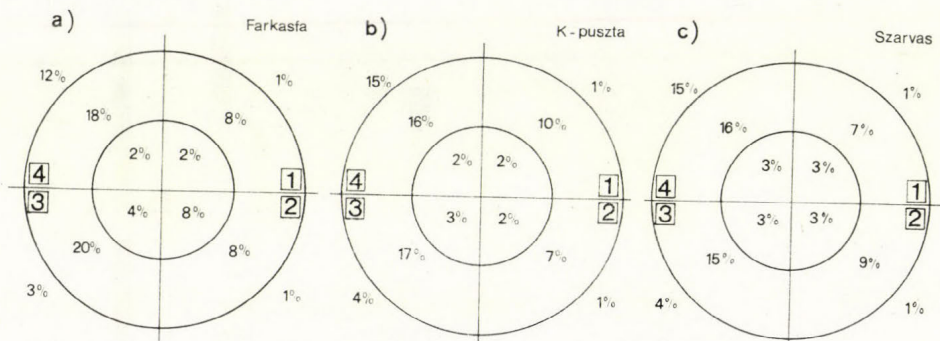


Fig. 5. Percentage frequency of the four main (2-day back) trajectory types (1, 2, 3, 4) as a function of distance a) Farkasfa, b) K-puszta, c) Szarvas; The radius of the inner circle 400 km, the radius of the outer circle is 800 km

5. ábra: A négy fő trajektória típus (1, 2, 3, 4) távolság szerinti eloszlása (kétnapos trajektóriák esetén) a) Farkasfa, b) K-puszta, c) Szarvas a belső kör sugara 400 km, a külső kör sugara 800 km

percentage of this category exceeds 10%. It can well be seen that categories 1, 2, 3, 4 are the dominant ones, the relative frequency of these four classes being 78% in K-puszta, 76% in Farkasfa and 76% in Szarvas. The other categories, which include crossing the borders of the main sectors, occur relatively rarely, the frequency generally being below 5%.

Next the relation between the categories and the distance were analyzed in order to estimate the source areas.

The classification mentioned above is too rough for identifying the possible source areas. Therefore a more detailed classification was carried out including the distances. Three intervals of the distance were distinguished: $x < 400$ km, $400 \text{ km} \leq x \leq 800$ km, and $x > 800$ km. Since categories 1, 2, 3, 4 occur most frequently, the frequency distribution as a function of distance was drawn only for these main categories. However, in this case—though the curve of the trajectory has been neglected—the distances from the stations can be determined within narrow error limits. *Figure 5(a, b, c)* present the distributions obtained for the three background stations. The inner circle has a radius of 400 km, while the radius of the outer circle is 800 km. The numbers show the percentages of the trajectory-types 1, 2, 3, 4 as a function of the originating point. (The percentage frequency is the occurrence relative to all the cases.

Since classes crossing the borders are excluded, the sum of the numbers is not equal to 100%.) Figure 5(a), b), c) show that – except in the case of category 4 – the trajectories generally cover a distance of less than 800 km. This means that if the life-time of the pollutants is longer than two days, in most of the cases the trajectories originate from an area situated maximum 800 km away from the background stations. The area located farther than 800 km means an essential source only in those cases when the trajectories approach the measuring points from the NW sector (category 4). Beside this category, sector 3 can be considered an important source area. In a more detailed way the following statement can be made:

32% of the trajectories reaching Farkasfa originate from sector 4. Within this category, in 30% of the cases the distance is longer than 400 km. 27% of the trajectories come from sector 3 (within this 23%, if $x > 400$ km). Trajecto-

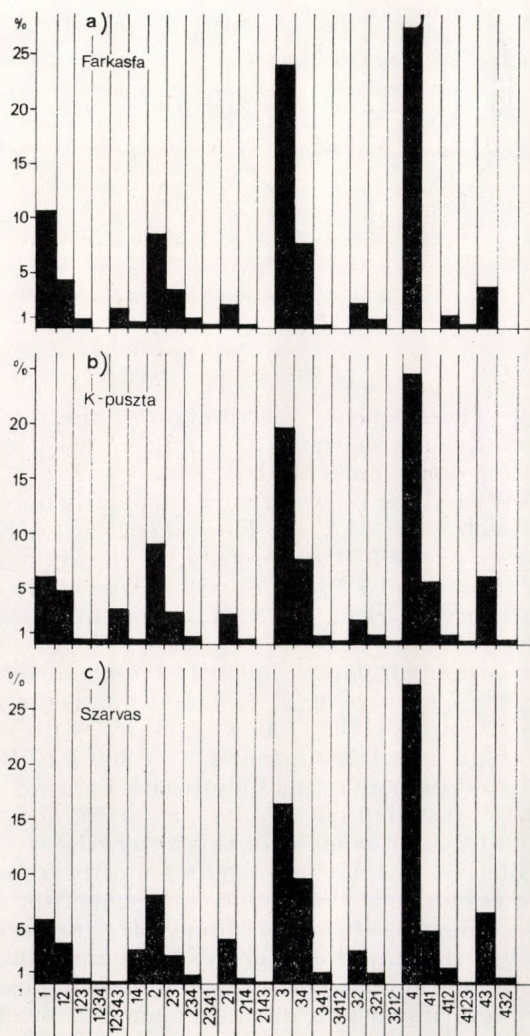


Fig. 6. The same as Fig. 4, except for 4-day back trajectories
6. ábra: Azonos a 4. ábrával, de 4 napos trajektóriákra

ries ending at K-puszta mostly derive from sector 4 (33%) and from sector 3 (24%); within these the occurrence is 31% and 21%, if the distance is longer than 400 km. Regarding Szarvas, again the former two classes are the most frequent ones: 34% for NW (31%, if $x > 400$ km) and 22% for SW (19%, if $x > 400$ km). This means that the most probable sources affecting these stations are situated in Czechoslovakia, the southern part of FRG and GDR, as well as Belgium and the Netherlands. It should also be mentioned that from the areas located in sectors 1 and 2 at a distance less than 800 km, pollutants might sometimes be transported to Hungary. These source areas might be located in Czechoslovakia, Poland, Yugoslavia and Romania.

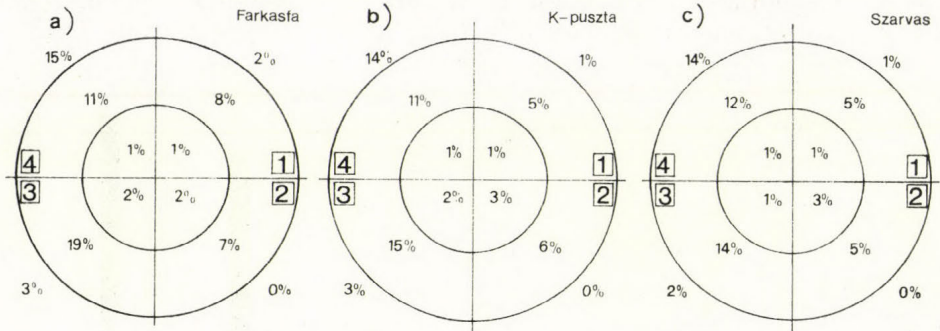


Fig. 7. The same as Fig. 5, except for 4-day back trajectories
The radius of the inner circle is 600 km, while the radius of the outer circle is 1200 km

7. ábra: Azonos az 5. ábrával, de 4 napos trajektóriákra
A belső kör sugara 600 km, a külső kör sugara 1200 km

The frequency distribution of the categories for the four-day back trajectories are shown in Fig. 6(a), b), c). It can again be stated that categories which do not cross borders (sectors 1, 2, 3, 4) are the dominant classes. Sectors 4 (NW) and 3 (SW) occur most frequently for each of the stations. The occurrence of sector 4 is 27% for Farkasfa, 26% for K-puszta and 27% for Szarvas. As regards sector 3, the percentages are as follows: 24% for Farkasfa, 19% for K-puszta and 17% for Szarvas. Among the border-crossing trajectory-classes, category marked by 3, 4 occurs quite frequently at each of the stations (7–10%).

In an attempt to identify the possible source areas, trajectories belonging to the classes of 1, 2, 3, 4 were further classified according to the distance. In this case the following three categories were defined: $x < 600$ km, $600 \text{ km} \leq x \leq 1200$ km and $x > 1200$ km. Results are presented in Fig. 7(a), b), c). Comparing this Figure with Figure 5, it can be stated that the character of the distribution is quite similar for the two-day back trajectories. Sectors 4 and 3 are dominant in this latter case, too. It means that pollutants having a lifetime of 4-day or longer are mostly transported from NW and SW. Trajectories ending at Farkasfa mostly come from sector 4 and sector 3, the percentage frequencies being 27% and 24%, respectively. Among them only 1% and 2% of the trajectories derive from a distance which is less than 600 km; 26% and 20% of the trajectories approach K-puszta from NW and SW. Most of the trajectories cover a distance longer than 600 km. In the case of Szarvas, the percentage frequency of sector 4 and sector 3 is 27% and 17%; of this only

1% each comes from the area located within 600 km. So in this case the possible source areas are extending to a longer distance. Pollutant sources located in countries which are about 1 000 km far from Hungary (e.g. North-FRG, U.K., France, North-Italy) might also have an effect on the Hungarian measuring points.

3. Summary

A simple trajectory model was used to calculate trajectories reaching three measuring points in Hungary. Calculations were carried out for two-day and four-day backward trajectories. The results have shown that both two- and four-day backward trajectories come mainly from north-west (sector 4) and south-west (sector 3) to each of the stations, i.e. concerning the main trajectory types no essential difference can be found between the three stations located in different parts of Hungary. In the case of two-day trajectories, the percentage frequency of sector 4 and sector 3 is over 50% of the cases. At the same time, for the four-day trajectories the occurrence of sector 4 and sector 3 is equal to or less than 50%. Thus in this latter case the percentage frequency of the remaining categories – including border-crossing ones – has increased. As regards distances run by the air parcels, the following statements can be made: two-day backward trajectories deriving from north-west cover mostly a distance of greater than 800 km, while trajectories reaching the measuring points from south-west come mostly from territories located nearer ($800 \text{ km} \leq x \leq 400 \text{ km}$). Results for the four-day backward trajectories have shown that trajectories from north-west come from areas located far away ($x > 1\,200 \text{ km}$), while trajectories from south-west originate in areas located nearer to Hungary ($1\,200 \text{ km} \geq x \geq 600 \text{ km}$).

REFERENCES

- Bartniczki, J., Druchnicki, I. and Pudykiewicz, I., 1979: Sensitivity of uni-level trajectory mode to random errors in initial fields. *WMO No. 538*.
- Daggaputy, S. M., Misra, P. K. and Munn, R. E., 1979: Numerical experiment in trajectory modelling for the transport of air pollution over the Great Lakes region. *WMO No. 538*.
- Davies, W. E., 1979: Comparison of the results of an eight layer regional model versus a single layer regional model for a short term assessment. *WMO No. 538*.
- Henmi, T., 1979: Long-range transport model of SO₂ and sulfate and its application to the Eastern United States. *WMO No. 538*.
- Miller, J. M., 1979: The acidity of Hawaiian precipitation as evidence of long-range transport of pollutants. *WMO No. 538*.
- Miller, J. M., 1981: A five-year climatology of five-day back trajectories from Barrow Alaska. *Atmos. Environ.* 15, 1401–1405.
- Niemann, B. L. and Smith, L. F., 1979: Application of regional transport model to the simulation of multi-scale episodes over the Eastern United States and Canada. *WMO No. 538*.
- Pack, D. K., Ferber, G. J., Heffter, J. L., Telegades, K., Angell, J. K., Hoecker, W. H. and Machta, L., 1978: Meteorology of long-range transport. *Atmos. Environ.* 12, 425–444.
- Patterson, D. E. and Husar, R. B., 1981: A direct simulation of hemispherical transport of pollutants. *Atmos. Environ.* 15, 1479–1482.
- Rao, S. T., Pleim, J. and Czapski, U., 1983: A comparative study of two trajectory models of long-range transport. *APCA* 33.
- Raynor, G. S. and Hayes, J. V., 1983: Testing of the air resources laboratories trajectory model on cases of pollen wet deposition after long-distance transport from known source regions. *Atmos. Environ.* 17, 213–220.
- Szepesi, D. J., 1978: Transmission of sulfur dioxide on local, regional and continental scale. *Atmos. Environ.* 12, 529–535.
- Van der Auwera, L. and De Sadeller, M., 1982: A two-dimensional trajectory model. *Institut. Royal Meteorologue de Belgique. Serie B*, No. 117.
- Wrigley, J., Ap Simon, H. M. and Goddard, A. Z. H., 1979: Meteorological data and the mesos model to the long-range transport of atmospheric pollutants. *WMO No. 538*.

IDŐJÁRÁS

Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 88. évf. 3. szám, 1984. május – június
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 88. No. 3. May – June. 1984. Budapest

A csapadék és napfénytartam hatása a burgonya terméshozamára

AJTAY ÁGNES, BONCZ JÓZSEF, Központi Előrejelző Intézet H—1675 Budapest, Pf. 32 és
HORVÁTH SÁNDOR, Agrártudományi Egyetem, H—8361 Keszthely, Deák F. u. 16.

Effect of the precipitation and the sunshine duration on the yield of the potato. The paper deals with the relation between the bulk potato-yields and the weather conditions. Among the meteorological factors under the Hungarian weather conditions precipitation has a great effect on the amount of the yield. For this reason, precipitation, as one of the important factors is included into the calculations. The other factor is sunshine—as the source of radiation—, which plays an important role into the amount of yield. These two meteorological parameters had been chosen on the base of experiments of earlier investigation carried out for country average yield data and now these have been applied for agricultural large scale farm data. Results gained by this study are in agreement with our former investigations, the importance of the sunshine duration in May and July, furthermore the precipitation of the period before the increasement of the root have to be emphasised. The method is a principal component analysis. During the investigations an answer was searched for the following questions: which factors effect on the yields of agricultural large-scale farm being operated under varying ecological conditions in the different periods of growing season, furthermore concerning the effect there exists any difference between the areas.

✱

A csapadék és a napfénytartam hatása a burgonya terméshozamára. A dolgozatban üzemi burgonyaterméshozamok és időjárási tényezők kapcsolatával foglalkozunk. A meteorológiai tényezők közül hazai időjárási körülményeink között a termés mennyiségére a csapadéknak döntő hatása van, ezért szerepel egyik hatótényezőként a számításainkban. A másik tényező a napfény, mint a sugárzás forrása, jelentős szerepet játszhat a termés alakulásában. E két meteorológiai paraméter kiválasztásához már korábbi megyei terméshozamokkal elvégzett vizsgálataink tapasztalatai vezettek, és most üzemi adatsorokra alkalmaztuk azokat. A nyert eredmények összhangban vannak korábbi vizsgálatainkkal, kiemelném május és július hónap napfénytartamának, valamint a gumónövekedés előtti időszak csapadék viszonyainak termést befolyásoló jelentőségét. A vizsgálati módszer a főkomponens analízis. Vizsgálatunkban arra is választ kerestünk, hogy a különböző ökológiai körülmények között működő üzemek terméshozamaira a vegetáció során mely tényezők mely időszakban hatottak, és van-e területi különbség a hatást illetően.

✱

Hazánkban a 70-es évek elejéig az extenzív burgonya termesztést alacsony terméshozamok, szélsőséges termésszűkülés jellemezte, aminek következtében, pl. kedvezőtlen időjárás esetén többször előre nem tervezett burgonyaimport vált szükségessé. Az azóta eltelt tíz év alatt azonban az ország burgonya szükségletének biztonságos kielégítése érdekében a hazai burgonyatermesztés az intenzív fejlesztés szakaszába lépett, amelyet fajtaváltás és technológiai korszerűsítés alapozott meg. A fejlesztés elsősorban a nagyüzemi termesztésre irányult, de kedvező hatásai a háztáji gazdaságokban és a kisüzemi természetben is megnyilvánultak.

Az elért eredmények szempontjából nagy jelentősége volt a burgonya termelési rendszerek, különböző termelési társulások megalakulásának; az országban folyamatosan mintegy 100–120 jól felszerelt vető- és áruburgonya-termelő gazdaság jött létre. Elértük, hogy az ország burgonya szükségletét hazai termelésből sikerült kielégíteni, annak ellenére, hogy a vetésterület egyre csökken. Ezzel kapcsolatban megjegyezzük, hogy a legkisebb szántóföldi burgonya vetésterületet 1982-ben mérték (55 ezer ha), ezen belül a nagyüzemi burgonya vetésterület szintén 1982-ben érte el mélypontját (18 ezer ha). Jelentősen nőttek viszont a termés hozamok, ám ezen a téren továbbra is nagyok a tartalékaink. A szocialista országok között eredményeink megfelelőnek minősíthetők (az NDK és Lengyelország termésátlagait követjük), a nyugati országok termelésének színvonalától azonban változatlanul messze elmaradunk. Így például 1981-ben Hollandiában az országos átlagtermés 39,0 t/ha volt, Magyarországon ugyanakkor 18,2 t/ha.



1. ábra: A termelőszövetkezetek elhelyezkedése az ország területén

Az agroökológiai felmérések és eredményeiknek célszerű felhasználása azonban lényeges változást hozhat a termés hozamokban, ugyanis a hazai ökológiai feltételek mellett a gyakorlatban megvalósítható maximális termés (GRMT) 45,0–50,0 t/ha is lehet. Amennyiben a hazai kutatások, amelyeknek elsődleges feladata a klíma és a patológiai rezisztencia közötti összefüggések feltárása, sikerrel járnak, az országosan realizálható termés (ORT) elérheti a 35,0 t/ha-t (OMFI, 1981).

A szántóföldi növények fejlődése és termés hozama valamint az időjárási tényezők közötti kapcsolat behatóbb feltárása érdekében az üzemi terméss adatokat kell figyelembe venni, hiszen a termés alapegysége a mezőgazdasági üzem, ennek adatai tükrözik leghűségesebben a termés ökonómiai és ökológiai körülményeit. A burgonya azon növényeink közé tartozik, amelyeknek termés hozama az időjárási körülményektől igen nagy mértékben függ. Az agroökológiai potenciál meghatározásának egyik fontos összetevője a legalább üzemi szintű termés-időjárás kapcsolat feltárása, s ennek következménye lehet az egyes mezőgazdasági növények, esetünkben a burgonya, vetésszerkezetének esetleges megváltozása is.

Vizsgálati anyag és módszer

A vizsgálatba vont valamennyi termelőszövetkezet (1. ábra) egy-egy Intenzív Burgonyatermelő Társuláshoz tartoznak. A termelőszövetkezeteket az ország különböző nedvesség- és hőellátottságú területéről választottuk ki.

A burgonyatermesztés agroklimatológiai körzeteinek mindegyikében talá-

unk termelő üzemeket (tsz-eket). Az I. ábrán a helység körzeti hovatartozását a mellé írt római számmal jelöltük. A burgonyatermesztés agroklmatológiai körzetei Magyarországon (Ajtay, 1978) c. tanulmányban a körzeteket részletesen ismertettük, itt csak ismételtlen hangsúlyozzuk a csapadékellátottság fontosságát, a gumónövekedés időszakában (június közepétől augusztus közepéig). Az I. körzetben a csapadék mennyisége általában 110 mm alatti, az átlaghőmérséklet 22 fok; a II. körzetben a csapadék mennyisége 120–140 mm, az átlaghőmérséklet 20–21 fok; a III. körzetben a csapadékhozam általában 140–160 mm, a középhőmérséklet 19–20 fok, a IV. körzetben – a burgonyatermesztés szempontjából éghajlatilag legalkalmasabb körzetben – az átlagos csapadékhozam több mint 160 mm, és az átlaghőmérséklet pedig 18–19 fok.

A termelőszövetkezetek burgonyatermesztésének 5–6 évi adatsora állt rendelkezésünkre. Az egyneműség érdekében kizárólag a Desire fajta üzemi átlagával dolgoztunk, melyet száraz műveléssel termeltek. A meteorológiai paramétereket az adott községhez legközelebb eső meteorológiai állomásunk adataiból számítottuk ki. A vizsgálatba négy meteorológiai és egy agrotechnikai, tehát 5 tényezőt vontunk be:

1. A csapadékmennyiség a burgonya fejlődésének kezdeti szakaszában, május 1–június 15 között. Ajtay (1979) kimutatta, hogy ennek a fejlődési szakasznak a nedvességellátottsága termést befolyásoló tényező lehet.

2. A csapadékmennyiség a gumónövekedés időszakában, június 16–augusztus 15 között. A tenyészidőszakon belül a burgonya ebben a periódusban a legérzékenyebb a csapadékellátottságra.

I. TÁBLÁZAT

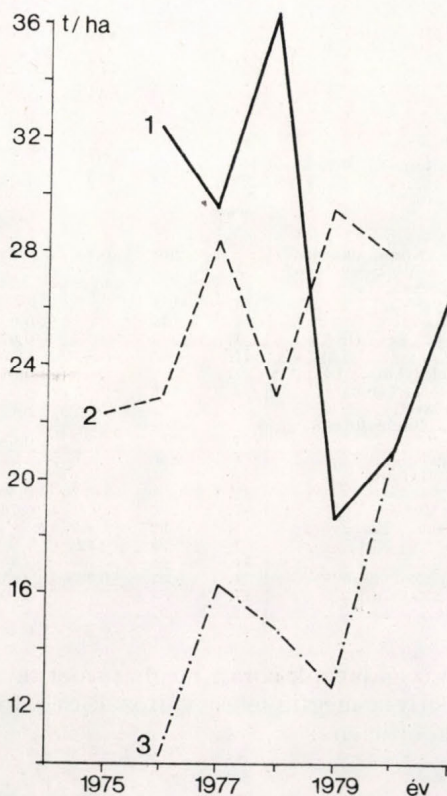
A megfigyelési változók és a termés átlag- (X) és szórásértékei (S)

Helység, termelő szövetkezet a „neve” vonatkoztatás időtartama	Műtrá- gya kg/ha	Csapadék, mm		Nappénytartam, óra			Üzemi termés átlag (Desire) t/ha	
		máj. 1 – jún. 15.	jún. 16 – aug. 15.	máj.	jún.	júl.		
Zalabér, „Középzalamenti” 1975–80.	\bar{X} S	624 108	85 48	177 88	251 54	261 28	265 24	22,1 4,0
Zalaegerszeg, „Zalavölgye” 1975–80.	\bar{X} S	554 81	94 41	180 59	251 54	261 24	265 24	22,1 6,2
Nagykapornak, „Aranykalász” 1975–80.	\bar{X} S	628 117	93 64	170 93	253 60	261 32	260 22	17,7 7,9
Zirc, „Bakony” 1975–80.	\bar{X} S	747 121	99 42	170 51	241 47	248 42	252 32	25,6 3,3
Somberek, „Béke Óre” 1975–80.	\bar{X} S	624 95	99 45	142 57	246 41	260 31	281 22	23,7 5,4
Kiskunfélegyháza, „Lenin” 1975–80.	\bar{X} S	569 223	95 46	122 62	249 45	266 33	288 19	15,0 3,4
Kecskemét, „Törekvés” 1975–80.	\bar{X} S	598 179	93 56	132 30	249 45	266 33	288 19	22,4 2,1
Érsekvadkert, „Magyar–Csehszlovák Barátság” 1976–81.	\bar{X} S	618 207	73 23	125 29	234 43	247 30	237 30	21,5 3,1
Drégelypalánk, „Szondy György” 1976–81.	\bar{X} S	409 132	58 29	114 29	234 43	247 30	237 30	20,0 4,9
Szűgy, „Madách” 1976–81.	\bar{X} S	474 54	74 25	121 14	234 43	247 30	238 30	27,4 6,7
Fényeslitke, „Tiszagyöngye” 1976–80.	\bar{X} S	450 69	96 43	210 91	224 35	228 48	220 44	14,2 1,4
Mándok, „Új Élet” 1976–80.	\bar{X} S	495 67	96 43	211 91	224 35	282 48	221 44	15,3 5,0
Pátróha, „Zöldmező” 1976–80.	\bar{X} S	545 109	88 32	172 79	224 34	228 48	221 44	20,9 3,9
Tuzsér, „Rákóczi” 1976–80.	\bar{X} S	485 216	96 43	210 91	224 35	228 48	221 44	12,1 3,3
Ajak, „Búzkalász” 1976–80.	\bar{X} S	593 194	97 58	144 83	224 35	228 48	221 44	15,0 4,0

3. A napfény tartama május, június és július folyamán. A napfénytartam a sugárzási tényezőt képviseli, amely a fotoszintézist kormányozza, mind a termés mennyiségét mind pedig minőségét jelentősen befolyásolja (Ajtay, 1977., 1980.).

4. A trend tényező, lévén az anyag idősoros.

5. Az agrotechnikai tényezők közül a műtrágya kg/ha hatóanyagban kifejezett mennyisége.



2. ábra: A Desire-fajta burgonya terméshozama az egyes években. 1. Madách TSZ, Nógrád m.; 2. Bakony TSZ, Veszprém m.; 3. Búzakalász TSZ, Szabolcs-Szatmár m.

A vizsgálat módszere a főkomponens analízis (Sváb, 1979) ugyanis ezzel a matematikai statisztikai módszerrel egyszerre több független változót rendelhetünk a vizsgálandó függő változóhoz, történetesen a terméshozamhoz. Vizsgálatunkban a p számú X változóból és az Y változóból közös főkomponens-analízist számítottunk, így tudhatjuk meg, hogy az Y változó (a termés) mely változókkal alkot közös változócsoportot.

Elemzés

A termés-időjárás adatsort először általánosan vizsgáltuk. Az I. táblázatban az egyes termelősövetkezetek termésátlagát, a műtrágya-mennyiség átlagát, a meteorológiai elemek átlagát, valamint szórásaikat találjuk a vizsgált 5–6 évben. Legkiemelkedettebb a termés a „Törekvés” és a „Tiszagyöngye”

termelőszövetkezetben, a termés szórása 2,4 ill., 1,4 t/ha a vizsgált időszakban. A legkisebb termésátlagokat és hozamokat a Szabolcs megyei üzemekben találjuk, a többiben lényegesen nagyobbak. Ennek szemléltetésére a 2. ábrán néhány termelőszövetkezet termésadatát ábrázoltuk is. A csapadékmennyiség szórása a vizsgált időszak mindkét periódusában a nógrádi területeken a legkisebb az ország többi részén lényegesen nagyobb. A vártnak megfelelően mennyiségileg a legkevesebb csapadékot mindkét periódusban a Duna-Tisza közén és Nógrád megyében találjuk, máshol a csapadékellátottság sokkal jobb.

II. TÁBLÁZAT
Főkomponenssúlyok

Helység, termelő szövetkezet „neve”	Főkomponensek	Évek trend	Műtrágya kg/ha	Csapadék, mm		Napfénytartam, óra			Üzemi termés átlag t/ha	λ	ε λ %
				máj. 1 - jún. 15.	jún. 15 - aug. 16.	máj.	jún.	júl.			
Zalabér, „Középzalamenti”	I.	-0,68	0,88	0,68	.	.	.	0,91	3,58	44,75	
Zalaegerszeg, „Zalavölgye”	I.	.	0,83	.	.	-0,70	.	0,92	0,98	3,37	42,13
Nagykapornak, „Aranykalász”	I.	-0,85	.	.	.	-0,68	.	0,95	0,87	3,22	40,25
Zirc, „Bakony”	I.	0,77	.	-0,69	.	.	.	-0,90	0,94	3,27	40,88
Somberek, „Béke Őre”	I.	.	.	0,97	.	-0,74	.	0,81	0,66	3,33	41,62
	II.	0,85	-0,80	0,66	2,57	73,75
Kiskunfélegyháza, „Lenin”	I.	.	.	0,85	.	-0,90	.	0,90	0,80	3,38	42,25
Kecskemét, „Törekvés”	I.	0,86	-0,92	.	0,92	.	.	.	0,88	3,46	43,25
Érsekvadkert, „Magyar - Csehszlovák Barátság”	I.	.	.	0,98	0,92	-0,91	.	.	0,60	3,61	45,13
Drégelypalánk, „Szondy György”	I.	0,80	.	.	0,72	.	.	.	0,66	3,45	45,13
	II.	.	.	0,60	.	-0,88	.	.	0,71	2,43	73,50
Szűgy, „Madách”	I.	.	.	0,76	0,88	-0,82	.	0,77	0,97	4,31	53,88
Fényeslitke, „Tiszagyöngye”	I.	0,92	.	.	0,94	.	-0,91	-0,87	0,66	4,01	50,13
Mándok, „Új Élet”	I.	0,98	-0,82	.	0,94	.	-0,87	-0,90	0,58	4,67	58,38
	II.	.	.	0,96	.	-0,70	.	.	0,74	2,49	89,51
Pátroha, „Zöldmező”	I.	0,91	-0,76	.	0,93	-0,59	-0,78	-0,94	0,85	4,83	60,38
Tuzsér, „Rákóczi”	II.	.	.	0,80	.	-0,69	-0,60	.	0,58	2,08	26,00
Ajak, Búzakalász”	I.	0,97	.	.	0,82	.	-0,87	-0,92	0,73	4,77	59,62
	II.	.	-0,71	.	0,58	-0,71	.	.	0,64	2,04	85,12

Vizsgálatunk során meghatároztuk a főkomponens-súlyokat. A főkomponens-súly a megfigyelési változók és a főkomponens változók közötti korrelációs koefficiens:

$$a_{ij} = r_{X_i C_j} = r_{ij}$$

A főkomponens-súlyt úgy számítottuk ki, hogy az X független változókkal a termés (Y) is benne szerepel; ekkor azt vizsgáljuk, hogy a függő változó mely változókkal képez közös változócsoportot és milyenek az előjelek. A II. táblázatban a főkomponens-súlyok szerepelnek, mégpedig az áttekinthetőség kedvéért csak azokat írtuk be, amely főkomponensben a termés-hozam magas főkomponens-súly értékkel szerepelt, mert csak úgy tekinthető át az összefüggésrendszer, és csak így kapunk választ arra, hogy a termés mely változókkal korrelál szignifikánsan. A kritikus érték a $P = 5\%$ -os szinten 0,66, egy-két esetben tettünk csak annyi engedményt, hogy figyelembe vettük a $P = 10\%$ -os szinthez tartozó szignifikancia szintet (0,58) is, mert ez már erőteljesen rámutat a kapcsolat szorosságára. A főkomponens-súly (a_{ij}) realitása elsődlegesen a változók számától függ, de függ a megfigyelési egységek, esetünkben a számításban szereplő évek, ill. ezen keresztül az adatok számától, ez pedig paraméterenként 5-6 db.

A terméshozam-idő összefüggés aszerint pozitív vagy negatív, hogy az évek során növekedett-e a terméshozam vagy csökkent. Néhány termelőszövetkezetben nem volt szignifikáns összefüggés, mert nyilván a termés sem csökkenő, sem növekvő tendenciát nem mutatott az évek során. Néhány termelőszövetkezetnél a műtrágya főkomponens-súlya negatív, ami azt jelenti, hogy az a tényező terméscsökkentő hatású volt. Valószínű, hogy egyfelől a felhasznált mennyiség, vagy inkább a műtrágyakomponensek aránya nem lehetett megfelelő, másfelől a műtrágya kiszórása idején a csapadék mennyisége nem volt elegendő arra, hogy a műtrágyát feloldja s így termést növelő hatása érvényesüljön.

A máj. 1 – jún. 15. közötti időszak csapadékának összefüggése a terméssel – a „Bakony” termelőszövetkezet kivételével – pozitív előjelű, tehát termést növelő hatású. A Zircen működő gazdaság esetében, az ott előforduló csapadéknál kevesebb lett volna kedvező a kérdéses években. A jún. 16 – aug. 15. közötti időszak csapadék főkomponens-súlyának előjele alföldi tájainkon a vártak megfelelően pozitív, tehát a több csapadék növeli a termést, a dunántúli területeken nincs szignifikáns összefüggés a csapadék és termés között, tehát éppen kielégítő a csapadékhozam.

Amikor a napfénytartam-terméshozam kapcsolatot értékeljük, értelemszerűen elsődlegesen a burgonya éghajlati igényét kell figyelembe vennünk. A napfénytartam olyan meteorológiai tényezőnek számít, mely három meteorológiai paramétert is jellemez. Az első a napfényes órák száma, a második a sugárzás, mely felhős idő esetén is létezik, mint szórt sugárzás, a harmadik funkciójaként pedig a nappali órákban bizonyos mértékig az égbolt borultságát is jellemzi.

A burgonya fejlődésének kezdeti szakaszában – a gumókötés idején és a gumónövekedés kezdeti időszakában – rövidnappalos körülményeket kíván és kevesebb napsütést, mert ez sietteti a gumókötést és a gumónövekedést. Később ez a körülmény hátrányossá válik, ekkor már előnyösebb a több napfény és a hosszabb nappal (Burton, 1965). Ennélfogva májusban a napfénytartam negatív előjele azt jelenti, hogy a kevesebb napfény ebben a periódusban termést növelő, egy bizonyos értékhatárnál több napfény pedig csökkentő hatású. A napfényre vonatkozó főkomponenssúlyok magas értékei és negatív előjelei ezt mutatják. A Szabolcs megyei üzemekben a júniusi napfénytartam főkomponens-súlyának negatív előjelére egyelőre nem találunk magyarázatot. Ugyanakkor a július hónap bőséges napfénytartama – megfelelő mennyiségű csapadék esetén – a fotoszintézisen keresztül előnyösen hat a gumó növekedésére, szárazanyagtartalmának felhalmozódására.

A Szabolcs megyei gazdaságok s a zirci termelőszövetkezet kivételével a többi területen az előjelek a vártak megfelelően pozitívak. A Szabolcs megyei körzetben és Zircen a negatív előjel azt jelzi, hogy a vizsgált 5–6 évben több napfényre lett volna szükség.

Zircen a júliusi napfénytartam sokévi középértéke 303 óra, a kérdéses 6 év átlaga 252 óra, tehát az eltérés átlagosan is 51 óra hiányt mutat. Kisvárdán a 30 évi átlag 296 óra, az 5 évi átlag 220 óra, a különbség 76 óra. Mind a zirci körzetben, mind a kérdéses Szabolcs megyei térségben a vizsgált években a napfényes órák száma kevesebb volt, mint a sokévi átlag; oly annyira, hogy bizonyára több éven keresztül nem érte el azt az óraszámot, mely a termés szempontjából kedvező lett volna.

Összefoglalóan elmondhatjuk, hogy nyert eredményeink nem mondanak ellent, inkább megerősítik, és részben kiegészítik a megyei termésadatokkal

végzett korábbi számításaink eredményeit (Ajtay 1980). Ezek a vizsgálatok alkalmasak voltak arra, hogy általános ismereteket nyerjünk a burgonya terméshozama és néhány meteorológiai paraméter közötti kapcsolatáról. Tájékoztatnak, arról is, hogy majd ha módunk lesz homogénebb terméshozam adatokra elvégezni az összefüggésvizsgálatokat, azonnal olyan paramétereket alkalmazunk számításainkban, amelyek biztosan ható, termést alakító tényezőként jöhetnek számításba; ilyen pl. a gumónövekedés előtti és utáni időszak csapadékmennyisége, vagy a napfényes órák száma.

Számításainkba – mint láttuk – a burgonya üzemi termésátlagain és a vegetációs időszakon belüli két periódus csapadékmennyiségén kívül most még három hónap napfényes óráinak számát is bevontuk. A napfényrel, mint termésátalakító tényezővel kapcsolatban olyan következtetésekre jutottunk, melyek összhangban vannak a már korábban külföldön elvégzett kísérletek és saját megelőző vizsgálataink eredményeivel.

IRODALOM

- Ajtay Á., 1977: *A burgonyatermesztés agroklímológiai feltételei Magyarországon*. OMSZ Kisebb Kiadványai 41.
- Ajtay Á., 1978: *A burgonyatermesztés agroklímológiai körzetei Magyarországon*. *Földrajzi Értesítő* 3–4, 461–465.
- Ajtay Á., 1979: *A burgonya terméshozamának előrejelzése meteorológiai paraméterek segítségével*. *Burgonyatermesztés* 2, 35–52.
- Ajtay Á., 1980: *Újabb adalékok a burgonyatermés hozama és az időjárási paraméterek közötti kapcsolat témaköréhez*. *Burgonyatermesztés* 2, 29–45.
- Burton, W. G., 1965: *The Potato*. Wageningen.
- Országos Mezőgazdasági Fajtakísérleti Intézet, 1981: *Adott növény genetikai potenciáljának várható növekedésére vonatkozó becslés*. Kézirat.
- Sváb J., 1979: *Többváltozós módszerek a biometriában*. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 88. évf. 3. szám, 1984. május – június
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 88. No 3. May – June, 1984. Budapest

Többsávós digitális műholdképek számítógépes clusterezése

GULYÁS OTTÓ, Központi Meteorológiai Intézet, H-1525 Budapest, Pf. 38. KETSKEMÉTY LÁSZLÓ és
KORÁNDI MÁRTA, Központi Előrejelző Intézet, H-1675 Budapest, Pf. 32.

Computerized clustering of multispectral digital satellite pictures. The multispectral digital satellite pictures form an immense, big mass of data. One of the most important steps of processing is clustering, when homogeneous pixels of the same type are classified into one group (cluster). Thereby the structure, the main point of the pictures can be emphasised. This operation is the preparatory phase of computerized recognition of the pixels. In the paper the principle of clustering algorithm based on the gradient method is described, which was worked out by the authors. The algorithm was realized by a computer program and the authors give an account on the experiences gained by running the program packets. The paper presents some examples of LANDSAT satellite pictures processed for agricultural purposes in Marcal basin and in the vicinity of Lake Fertő.

✱

Többsávós digitális műholdképek számítógépes clusterezése. A többsávós digitális műholdkép hatalmas tömegű, nehezen áttekinthető adathalmaz. A feldolgozás folyamatának egyik fontos láncszeme a clusterezés, melynek során az azonos jellegű egynemű képpontok közös csoportba (clusterbe) kerülnek és ezáltal lehet a felvétel képi struktúráját, lényegét megragadni. Ez a művelet a képpontok számítógépes felismerésének előkészítő fázisa. A dolgozat a szerzők által kidolgozott, gradiens operátoros clusterező algoritmus működési elvét, és az algoritmust megvalósító számítógépes programcsomag futtatásai során szerzett tapasztalatokat ismerteti. A bemutatott példák a LANDSAT műholdképek Marcal medence és a Fertő tó környéki területeinek agrometeorológiai célú feldolgozásával foglalkoznak.

✱

1. A többsávós digitalizált műholdképek feldolgozása

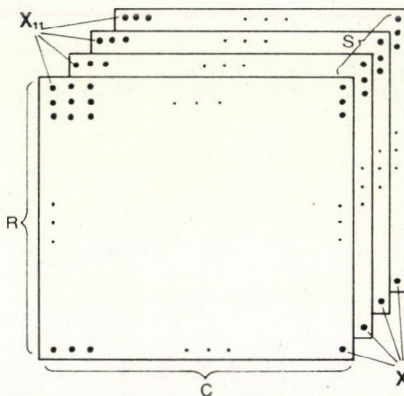
A többsávós digitalizált műholdkép (MSDI) adott területen a Föld felszínére illetve a felhőzetre vonatkozó olyan korszerű, olcsó univerzális adathordozó, amely a vizsgált terület elemeiből különböző frekvenciatartományokban a műholdra érkező elektromágneses sugárzást (EMS) kvantitativ jellemzi.

Az MSDI modern információforrás, melynek rendszeres felhasználásához csak a legutóbbi évtizedekben teremtődtek meg a szükséges feltételek. Előállításához bonyolult, és speciális eszközökre van szükség, így a költsége abszolút értelemben nagy. Felhasználása relatíve mégis roppant olcsó, hiszen a vizsgált területet jól jellemző, ilyen volumenű, gyorsaságú és pontosságú adattömeghez csak irreálisan sűrű földi megfigyeléshálózat segítségével lehetne hozzájutni.

Az MSDI univerzális információforrás, hiszen minden olyan termelési ágazat és tudományág felhasználhatja, amelynek célja a Föld felszínének és lég-

körének vizsgálata, illetve a földfelszíni erőforrások (energiahordozók, nyersanyagok, növényállományok, stb.) kutatása. Az egyik legrégebb és legtipikusabb felhasználó a meteorológia, hiszen a nagy magasságból távérzékeléssel nyert adatok segítségével bizonyos meteorológiai elemek (felhő, szél, hőmérséklet, stb.) térbeli és időbeli változásának elemzése válik lehetővé. Az agrometeorológiai kutatásokban az MSDI alkalmas segédeszköz a különböző mezőgazdasági kultúrák fejlettségi állapotának vizsgálatára, illetve a várható terméshozam megbecslésére.

Az MSDI óriási adatmennyiséget jelent, melynek hatékony feldolgozásához speciális célorientált, számítógépekkel vezérelt berendezésre illetve ilyen eszközökből összekapcsolt hálózatokra — képfeldolgozó rendszerekre — van szükség.



1. ábra: Az MSDI szemléltetése

A műholdról nagysebességgel kisugárzott felvételt egy számítógéprendszerrel közvetlenül (on-line) összekapcsolt vevőrendszer kezeli le, és helyezi el egy nagyteljesítményű adattároló egységen. A rendszer számítógépe speciális perifériákkal van összekötve, melyek lehetővé teszik a felvételek, illetve a képelemek közötti gyors műveletvégzést, valamint elősegítik a felvételek gyors archiválását, újrachívását és megjelenítését.

A számítógép rendszerszoftware-én kívül, speciális képmanipulációs programok alkotják a képfeldolgozó rendszer software erőforrásait. A *segédprogramok* az adatmozgatást, kicsinyítést, nagyítást, kivágatok készítését, sávok leválasztását végzik, végrehajtják azokat az adatkonverziókat amelyekkel a különféle műholdképeket egységes formára lehet hozni, és ide tartoznak a felvételek képernyőn való megjelenítéséhez szükséges programok is. Az *előfeldolgozást végző programok* a nyers primer felvétel adatait a későbbi fázisok számára alkalmasabbá alakítják (ide tartozik a mérés, a közvetítés, és a vétel során képződött zajok eltávolítása, a műhold helyzetéből adódó geometriai — és a légkör befolyásolásából fakadó torzulások kiküszöbölése és az adatmennyiség csökkentése). A harmadik csoportba azoknak a *képfeldolgozó algoritmusoknak*, módszereknek számítógépes realizációi tartoznak, amelyek segítségével a műholdkép által eredetileg hordozott (pl. a földfelszín reflexiós képességét leíró) információ átalakítható más, a földfelszínre, illetve a légkörre jellemző, célul kitűzött információvá. Az e típusba sorolható feladatok megoldásának általános matematikai módszere a matematikai statisztika.

A képfeldolgozó algoritmusokról részletes áttekintést *Hall* (1979), valamint *Gonzales* és *Wintz* (1977) könyveiben kaphatunk.

Az MSDI a számítógépes rendszer bemeneti (input) adata, ami tulajdonképpen mátrix formában rendezett, egész koordináta értékű vektorok (képpontok, pixelek) halmaza; ezt szemlélteti az 1. ábra.

Az MSDI a következőkkel jellemezhető:

1. A műhold alatti földfelszíni felületelemnek a mérete (ΔF).
2. Az a K szám, ami az egyes spektrumokban beérkező sugárzás maximális intenzitását jellemzi (általában $K = 255$).
3. A sorok (R), és az oszlopok (C) száma adja meg a kép méretét. (ΔF , K , R , C) együttesen fejezik ki a vizsgált kép felbontását.
4. A felvétel sávjainak a száma (S).
5. A megfigyelést végző műhold pályájának adatai.

Különböző típusú űrfelvételek leírása található például a Magyarország az űrből c. (1981) kiadványban.

2. Az MSDI képpontjainak clusterezési feladata és sajátosságai

Az alakfelismerés témakörébe tartoznak azok az algoritmusok, amelyek bizonyos a priori ismeretek alapján az MSDI képpontjait valamilyen földi objektummal azonosítják, azaz a képpontokat felismerik, osztályozzák. Ilyen módon tudjuk a képpontokhoz hozzárendelni a felszínarab típusát, fizikai jellemzőit (pl. búza, víz, felhő, stb.). Az alakfelismerő algoritmusokat attól függően választjuk meg, hogy a képpontok kategorizálásához milyen információk állnak rendelkezésünkre.

Ha a vizsgált földfelszíni objektumok képpontjainak eloszlására olyan globális a priori információk, mint az osztályok feltételes sűrűségfüggvényei adottak, úgy az osztályozást *statisztikai döntési módszerekkel* (pl. *Bayes*-döntés) lehet végrehajtani.

Ha kiindulásként csak a képpontok egy részének hovatartozását ismerjük – azaz adott egy tananyag – akkor *tanulóalgoritmusok* segítségével lehet a kategorizálást elvégezni.

Amennyiben semmilyen segédinformáció nem áll rendelkezésünkre, s az osztályok kialakításánál kizárólag a képpontok egymáshoz képesti elhelyezkedését és eloszlását, azaz a kép belső adatstruktúráját vehetjük figyelembe, a *clusteranalízis* módszereit alkalmazzuk.

A statisztikus alakfelismerés módszereinek összefoglaló tárgyalása megtalálható például *Fukunaga* (1972) könyvében.

A képpontok clusterezésével lehet a felvétel képi tartalmának lényegét megragadni. Az MSDI képpontjainak száma általában több millió; a képelemek lehetséges értékeinek száma (a képtér számossága) még ennél is több, milliárdos nagyságrendű. (pl. egy LANDSAT felvételen a képpontok száma kb. 13 millió, a képpontok lehetséges értékeinek a száma pedig elvileg $256^4 \approx 4$ milliárd.) Ezt az óriási, áttekinthetetlen adattömeget rendszerezzük oly módon, hogy az eredeti kép méreteivel megegyező olyan egysávos digitális képet szerkesztünk meg, amin a képpontok értékei tizes nagyságrendűek, ugyanakkor ez a kép lényegében az eredetivel megegyező vizuális információt hordoz.

A clusterezési feladat a képpontok felismerési folyamatának segédművelete. Segítségével a jellegzetes alakú, ismert kategóriájú objektumcsoportok (pl. egy tó vagy búzatábla képpontjai) azonosíthatóak lesznek a felvételen, s így

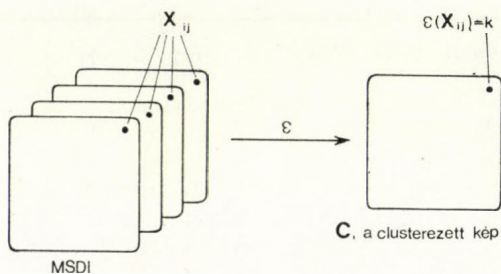
azokból az osztályozást végző tanuló algoritmusokhoz tananyag szerkeszthető.

Végül a clusterezés eredményét felhasználhatjuk annak ellenőrzésére is, hogy a felismerendő osztályok mennyire különülnek el egymástól a képen; mennyire reális az adott anyagon az osztályozás végrehajtása.

Jelölje $X = \{x_{ij}\}_{i=1, j=1}^{R, C}$ az MSDI összes képpontjainak halmazát. Clusterezési feladaton az X halmaz olyan

$$X = \bigcup_{i=1}^M C_i \cdot C_i \cap C_j = \emptyset \quad (i \neq j) \quad (1)$$

felbontását, particionálását értjük, ahol az egy csoportba tartozó képpontok valamilyen hasonlósági mérték szerint hasonlítanak egymásra (egynemű földfelszíni objektumnak felelnek meg), míg a különböző csoportba soroltak lényegesen különböznek egymástól.



2. ábra: A clusterezést leíró ϵ leképezés megadása

Az (1) szerinti particionálás megadásával egyenértékű egy

$$\epsilon: X \rightarrow \Omega = \{1, 2, 3, \dots, M\}$$

leképezés definiálása, úgy, hogy

$$x \in C_i \text{ akkor és csak akkor, ha } \epsilon(x) = i$$

Az MSDI képpontjainak clusterezését ennek a leképezésnek a megkonstruálásával oldjuk meg. Az eredeti felvétel méreteivel megegyező rendű $C = (\epsilon(x_{ij}))$ mátrixot – melynek elemei az 1, 2, ..., M számok közül kerülnek ki – *clusterezett képnek* nevezzük. Ezt a folyamatot szemlélteti a 2. ábra. A mátrix megfelelő eszközön (pl. színes raszter-display vagy nyomtató) láthatóvá tehető, ha az 1, 2, ..., M számoknak különböző színeket, vagy színárnyalatokat feleltetünk meg.

Az MSDI képpontjainak clusterezési problémája az alább felsorolt specifikumokkal rendelkezik. Ezek egyrészt a megválasztandó algoritmussal szemben bizonyos elvárásokat támasztanak, másrészt lehetőséget nyújtanak arra, hogy a clusteranalízisben általánosan alkalmazott módszertani fogások mellett, csak a tárgyalta esetre érvényes technikai megoldásokat alkalmazhassunk.

i) A műholdképen valódi osztályok léteznek, azaz a képpontok egyértelműen definiálható osztályokba (pl. víz, búza, szántóföld, felhő, stb.) sorolhatók. Ez a sajátosság elkülöníti a clusterezési problémát azoktól a feladatoktól, ahol valódi osztályok létezéséről semmit sem tudunk. Az MSDI képpontjainak clusterezési problémájánál egyben elvárás is az, hogy a kialakítandó clusterek essenek egybe ezekkel a valódi osztályokkal.

ii) A képen felismerhető valódi osztályok száma, így a kialakítandó clustererek száma is viszonylag nagy, tízes nagyságrendű.

iii) Az algoritmusnak gyorsan kell csoportosítania. A clusterezés az MSDI kiértékelésének egy köztes fázisa, aminek eredményét további feldolgozási lépésekben jól fel lehet majd használni. A feldolgozás jellegéből, s abból, hogy bizonyos kinyerhető információk elveszthetnek aktualitásukat, adódik az algoritmus sebességére a fenti kikötés.

iv) A csoportosítandó képelemek (pixelek) száma, és a pixelek lehetséges értékei által kifeszített képtér számossága óriási. Ez a specifikum megkülönbözteti a műholdkép clusterezésének feladatát a clusterezési feladatok többségétől, amelyeknél az alaphalmaz számossága nagyságrendekkel kisebb.

v) A csoportosítandó elemek vektorok, a felvétel típusától függően lehetnek pl. 2, 4, 5, 8 dimenziósak.

vi) A képpontok a felvételen sajátos összefüggő alakzatokat, foltokat képeznek. Az is igaz, hogy az egy foltba tartozó pixelek azonos osztályhoz kapcsolódnak. (Pl. egy tó, vagy egy nagykiterjedésű búzatábla pixelei ilyen foltokba tömörülnek.)

vii) A foltokat éles átmenetek, élek határolják. Az egy folthoz tartozó képpontokat éppen annak alapján lehet összegyűjteni, hogy őket ugyanaz az önmagát át nem metsző folytonos él határolja.

viii) Az egynemű, azonos osztályhoz tartozó képpontok a képtérben „közel” vannak egymáshoz. Ez a tulajdonság abból adódik, hogy az egynemű földfelszíni felületdarabok azonos fizikai jellemzőkkel rendelkeznek, így a rájuk beérkező EMS-re minden spektrumban közel ugyanúgy reflektálnak.

3. A kidolgozott algoritmus működési elve

Az alkalmazott clusteranalízis módszerben igyekeztünk az előző pontban felsorolt megkötéseket figyelembe venni és az adottságokat kihasználni. Az algoritmus működési elve röviden a következő:

i) *Előcsoportosítás.* A képen lévő foltokat meghatározzuk, lokalizáljuk és kölcsönösen egyértelműen azonosítjuk egy sorszámmal (címkével). Az egy folthoz tartozó képpontokat egyneműnek tekintjük, s valamennyit a folt átlagvektorával helyettesítjük.

ii) *Az egynemű foltok összevonása.* A folt átlagvektorok halmazát egy közismert módszerrel (MacQueen-algoritmus) clusterezük. Végül az egy folthoz tartozó valamennyi képpontot abba a clusterbe csoportosítjuk, amelyikbe a folt átlagvektorát soroltuk. Ezzel a megoldással az eredeti clusterezési probléma számosságát nagyságrendekkel lecsökkentjük. A módszer alapötlete Bryant (1978) cikkéből származik. Az előcsoportosítási részt megvalósító algoritmus A/2 pontja technikailag eltér az említettől, amennyiben a memóriakihasználás sokkal gazdaságosabb. A foltok összevonására cikkünkben bemutatott módszer (B. pont), Bryant módszerénél gyorsabb és egyszerűbb.

A) Előcsoportosítás

A képpontok előzetes csoportosításának lépései a következők:

A/1. *A felvétel minden egyes pixeléről eldöntjük, hogy élhez tartozik vagy sem.* Ezt a minősítést a képponthez rendelt Roberts gradiensérték nagysága

alapján végezzük el. Ez a mennyiség akkor nagy, ha a képpont a közvetlen környezetétől jelentősen különbözik, tehát ha a pixel közelében „éles az átmenet”. A Roberts gradiensérték értelmezése a következő: az x_{ij} pont Roberts gradiensértéke

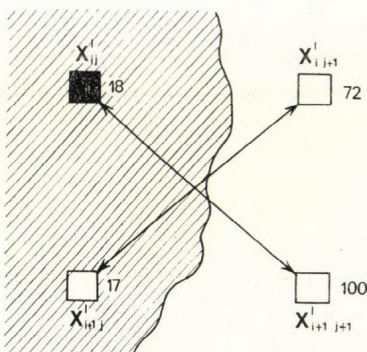
$$RG(x_{ij}) = \sum_{l=1}^S [RG(x_{ij}^l)]^2,$$

ahol

$$RG(x_{ij}^l) = \max \{ |x_{ij}^l - x_{i+1, j+1}^l|, |x_{i, j+1}^l - x_{i+1, j}^l| \}$$

az l -ik sáv gradiense. A 3. ábrán az (i, j) koordinátájú képpont Roberts gradiensértékének képzését mutatjuk be az l -ik sávban.

Azzal, hogy minden olyan képponthoz elkészítjük a Roberts gradiens értéket, amelyikhez egyáltalán értelmezhető, az eredeti kép méreteinél eggyel



$$RG(x_{ij}^l) = \max \{ |x_{ij}^l - x_{i+1, j+1}^l|, |x_{i, j+1}^l - x_{i+1, j}^l| \} = 3. \text{ ábra: Az } (i, j) \text{ koordinátájú képpont Roberts-} \\ = \max \{ 82, 55 \} = 82 \text{ gradiensértékének képzése az } l\text{-ik sávban}$$

kisebb méretű mátrixhoz, a „derivált kép”-hez jutunk. (A derivált kép egy olyan egysávós kép, ahol a szürkeségi szintek a 0 és $S \cdot K_2$ közé esnek.) Az élek detektálásához szükséges vágási küszöböt a derivált kép eloszlása és egy kívülről beállítandó paraméter segítségével határozzuk meg. A paraméter a képen szereplő élpontok százalékos előfordulását adja meg. Ez az érték nagy (50–60%), ha a képen nagyon sok apró folt van, de kicsi (20–30%), ha csak néhány összefüggő, nagyméretű folt található a képen. Erre a paraméterre nem túl érzékeny a módszer, de alkalmas megválasztása javíthatja az eredményt.

Jelölje p a paramétert, $\mathbf{GH} = (GH_0, GH_1, \dots, GH_{s, R^2})$ a gradienskép gyakorisági vektorát, azaz GH_i az i gradiensérték előfordulása a derivált képen.

Az L elvágási küszöb definíciója:

$$\frac{1}{N} \sum_{l=0}^L GH_l \leq p \leq \frac{1}{N} \sum_{l=0}^{L+1} GH_l,$$

ahol N a derivált kép elemeinek száma, vagyis $N = (R-1) \cdot (C-1)$.

Ezután elvégezzük a kép pixeleinek minősítését:

x_{ij} *határpont*, (élhez tartozik), ha $RG(x_{ij}) > L$,

x_{ij} *tisztpont*, (egy folt belső pontja), ha $RG(x_{ij}) \leq L$.

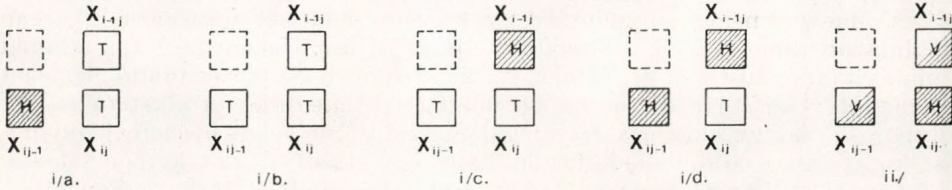
A/2. Az egymással érintkező tisztapontok csoportosulásainak, a foltoknak az azonosítása, a foltra egyértelműen jellemző sorszámokkal. A foltok identifikálásánál kihasználjuk, hogy azok a sík összefüggő tartományai. Az algoritmus megértéséhez néhány fogalmat kell bevezetni:

Ha x_{ij} és x_{kl} képpontok tisztapontok és $(i-k) + (j-l) = 1$, akkor azt mondjuk, hogy a két pixel *közvetlenül érintkezik*.

Ha az x_{ij} és x_{kl} tisztapontokhoz vannak olyan $x_{m_1, n_1}, x_{m_2, n_2}, \dots, x_{m_v, n_v}$ tisztapontok, hogy

$$x_{ij} \text{ és } x_{m_1, n_1} \text{ ill. } x_{m_1, n_1} \text{ és } x_{m_2, n_2}, \dots, \text{ ill. } x_{m_v, n_v} \text{ és } x_{kl}$$

közvetlenül érintkeznek, akkor az x_{ij} és x_{kl} pixelek *érintkeznek*. (A fenti értelmezések azt biztosítják, hogy az egymással érintkező tisztapontok halmaza – a folt – összefüggő tartományt alkosson.)



4. ábra: A lehetséges kapcsolatok az x_{ij} pixel azonosító számának meghatározásakor
 T = tisztapont, H = határpont, $V = T$ vagy H

A foltok azonosítása az algoritmus legbonyolultabb része. Először a legelső sor elemeit vesszük sorra, s az egymással érintkező tisztapontokat közös sorszámmal látjuk el. Minden további sor elemeinek azonosításánál a következőképpen járunk el:

- i) Ha a x_{ij} képpont tisztapont, és
 - a) $x_{i-1,j}$ tisztapont, de $x_{i,j-1}$ határpont, úgy x_{ij} és $x_{i-1,j}$ azonosító számát kapja;
 - b) $x_{i-1,j}$ és $x_{i,j-1}$ is tisztapont, úgy x_{ij} a két azonosító szám közül a kisebbiket veszi fel, továbbá, ha ezek a számok különbözőek, a számpárt feljegyezzük egy REL listába. (Ezek az azonosítók „közvetlen relációban vannak egymással”.)
 - c) $x_{i-1,j}$ határpont és $x_{i,j-1}$ tisztapont, úgy x_{ij} az $x_{i,j-1}$ azonosítószámát kapja;
 - d) $x_{i-1,j}$ és $x_{i,j-1}$ is határpont, úgy x_{ij} egy új, az eddig felhasznált azonosító számnál eggyel nagyobb azonosítót kap.
- ii) Ha x_{ij} határpont, úgy x_{ij+1} -t vesszük sorra.

Az x_{ij} azonosító számának meghatározásakor szóbjághető kapcsolatokat a 4. ábra szemlélteti.

Amennyiben valamennyi képpontot ily módon feldolgoztunk, a REL lista kiértékelése következik. Az x és y azonosító számok (címké) *közvetlen relációban vannak egymással*, ha $(x, y) \in \text{REL}$. Ha csak az igaz, hogy x, y -hoz létezik olyan u_1, u_2, \dots, u_k azonosító számok, hogy x, u_1 -el, u_1, u_2 -vel, \dots, u_{k-1}, u_k -val, u_k, y -nal van közvetlen relációban, akkor x és y *közvetett relációban vannak egymással*.

Az egymással közvetlen vagy közvetett relációban lévő azonosító számokat a közülük legkisebbel helyettesítjük. Matematikailag ezt úgy lehet kifejezni, hogy a REL lista valamelyik elempárjában szereplő z azonosító számot azzal a z_{\min} -nel jelölt számmal cseréljük fel, amelynek a definíciója:

$$z_{\min} = \min \{x/x, z \text{ közvetett vagy közvetlen relációban van egymással}\}$$

Ezután a végső foltazonosító számot úgy kapjuk, hogy z_{\min} -t az összes címke nagyság szerint növekvő sorozatában elfoglalt sorszámával helyettesítjük. Így, ha a képen F db folt van, akkor az azonosításukhoz éppen a $1, 2, 3, \dots, F$ számokat használjuk fel. (Az algoritmusban, a hatékonyság növelésének érdekében az egyetlen pontot tartalmazó „foltokat” megszüntetjük; továbbá menet közben törekszünk a felvetődő relációk számának a csökkentésére is.)

Az ismerttetett technikával tetszőleges nagyságú és alakú (akár konkáv) folt kijelölését úgy tudjuk elvégezni, hogy a számítógép memóriájában a feldolgozandó képnek csak két sora tartózkodik egyszerre.

A/3. Az egy folthoz tartozó tisztapontok átlagvektorait (foltátlag) és darabszámait (foltméret) kiszámoljuk.

B) Foltok összevonása MacQueen algoritmussal:

A MacQueen-féle súlypont (vagy k -mean) módszer közismert, gyakran alkalmazott dinamikus clusteranalízis eljárás. Kiindulásként meg kell adnunk a kialakítandó clusterek M számát. Az algoritmus a csoportosítandó elemeket egyenként veszi sorra és sorolja be valamelyik clusterbe. A clustereket egy súlyponttal és egy clusterfaktorról jellemezzük, amelyeket új elemek besorolásakor iterative addig módosítunk, amíg egy stabil állapot ki nem alakul.

Az eredeti MacQueen (1967) módszert kissé módosított formában alkalmazzuk a foltátlagok halmazára. Ennek a fázisnak a fő lépései a következők:

B/1. A kezdeti S_i clustersúlypontok és T_i clusterfaktorok beállítását oly módon, hogy a súlypontok viszonylag messze legyenek egymástól:

$$S_1 = f_{k_1}, S_2 = f_{k_2} \dots, S_M = f_{k_M}, \\ T_1 = N_{k_1}, T_2 = N_{k_2} \dots T_M \dots = N_{k_M},$$

ahol $f_{k_i}, i=1, 2, \dots, M$ egymástól egy automatikusan meghatározott D korlátnál messzebb lévő foltátlagok:

$$d(f_{k_i}, f_{k_j}) \geq D \quad (k_i \neq k_j)$$

(Itt d a képtéren értelmezett Euklideszi metrika) N_{k_i} jelöli a k_i folt méretét. Ez a beállítás egyben azt is jelenti, hogy a k_i foltot az i -ik clusterbe soroltuk.)

B/2. Az összes többi foltátlagot ahhoz a clusterhez csoportosítjuk, amelyiknek súlypontjához legközelebb van d szerint:

Az f_i foltátlagot a k -ik clusterbe soroljuk, ha

$$d(f_i, S_k) = \min_{1 \leq l \leq M} d(f_i, S_l)$$

Ilyenkor módosítjuk a k -ik cluster súlypontját és faktorát:

$$S_k = \frac{T_k S_k + N_i f_i}{T_k + N_i}$$

B/3. A foltátlagokat újracsoportosítjuk. Minden egyes foltátlagot összehasonlítjuk az előző besorolásakor kialakult clustersúlypontokkal:

i) Ha f_i az S_k clustersúlyponthoz van legközelebb, és f_i -t előzőleg is már a k -ik clusterbe soroltuk, egyik clustersúlypontot és clusterfaktorot sem módosítjuk.

ii) Ha f_i az S_l clustersúlyponthoz van most legközelebb, habár f_i -t előzőleg az $l \neq k$ clusterhez soroltuk, úgy mind a k mind az l clusterek súlypontjait és faktorait módosítjuk:

$$S_k := \frac{T_k \cdot S_k + N_i \cdot f_i}{T_k + N_i}, \quad T_k := T_k + N_i,$$

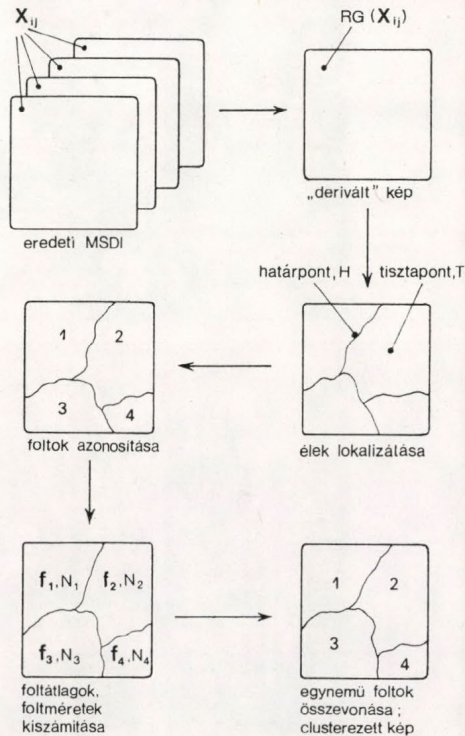
$$S_i = \frac{T_1 \cdot S_1 - N_i \cdot f_i}{T_1 - N_i}, \quad T_i = T_1 - N_i,$$

továbbá

$$MOD := MOD + 1,$$

ahol MOD az újracsoportosítások száma. ($B/3$ indulásakor $MOD=0$.)

B/4. Az újracsoportosítás megállítási szabálya: amennyiben $MOD \leq F/100$, azaz az összes foltnak az 1%-nál kevesebb részét kellett csak az utolsó lépésben átsorolni, illetve, ha már legalább 10-szer újracsoportosítottuk a foltátlagokat, $B/5$ -re térünk, különben visszaugrunk $B/3$ -ra.



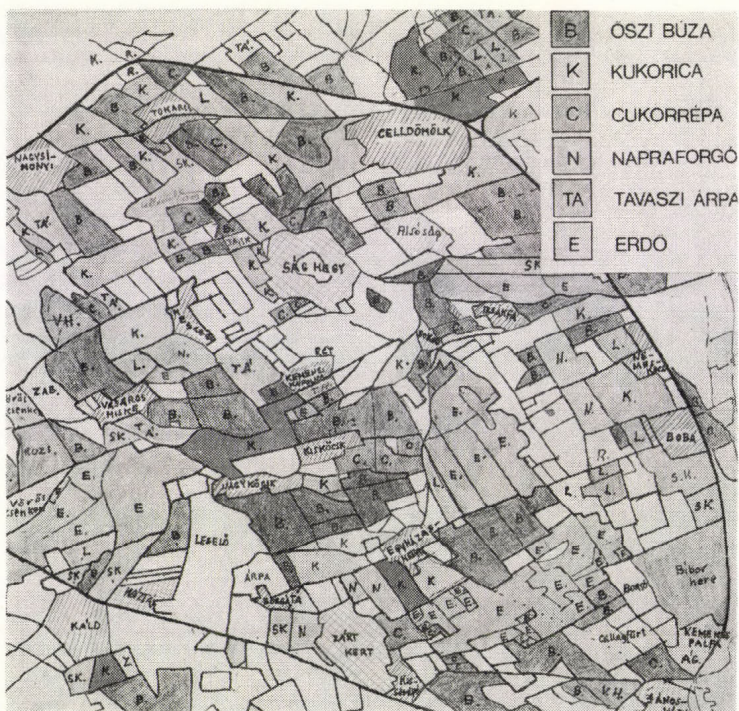
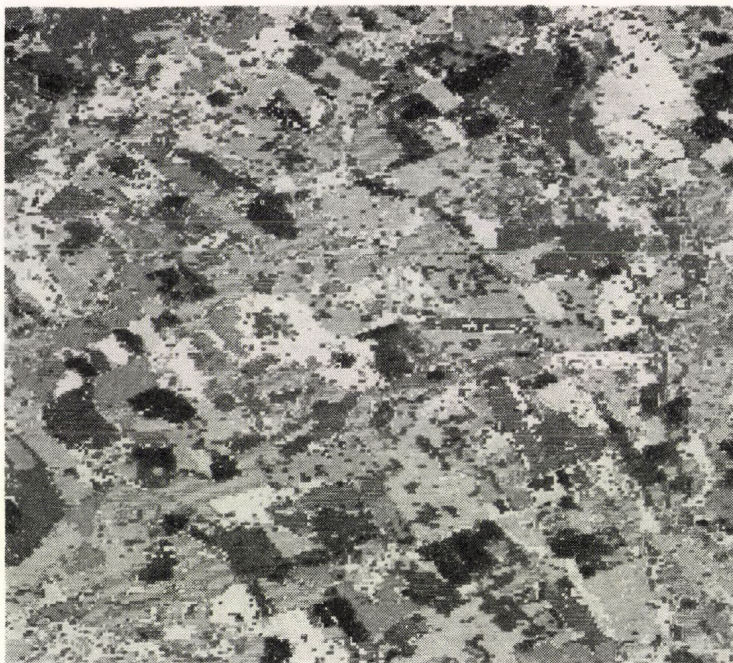
5. ábra: A clusterező algoritmus lépései

B/5. Most a *határpontokat* vesszük *sorra egyenként*, és mindegyiket a hozzá legközelebbi súlypontú *clusterbe soroljuk*, amennyiben ez a távolság nem túlságosan nagy:

A z határpont a k -ik clusterbe kerül, ha

$$d(z, S_k) = \min_{1 \leq i \leq M} d(z, S_i) \text{ és } d(z, S_k) \leq D_2$$

Ezzel az MSDI pixeleinek clusterezési problémáját befejeztük. A tisztapontok abba a clusterbe kerültek, amelyikbe az őket tartalmazó folt átlagvektorát soroltuk. A határpontok besorolási szabályát $B/5$ tartalmazza. Azokat a határpontokat, amelyeket egyik clusterbe sem csoportosítottuk, az $M+1$ azonosítószámmal jelöltük meg. Az algoritmus főbb logikai lépéseit az 5. ábrán szemléltetjük.



6. ábra : A Marcal-medence felett 1981. május 8-án készült, LANDSAT-felvétel clusterezett képe (felül), és a területhez tartozó földhasznosítási térkép (alul)

4. A módszer tesztelése és értékelése

Az algoritmust különböző típusú műholdképeken (LANDSAT, METEOR, GOES) teszteltük. A clusterezés pontosságának, hatékonyságának ellenőrzésére a megfigyelt területhez tartozó térképeket, és expedícióval gyűjtött referenciaadatokat használtunk fel. Általánosságban az állapítható meg, hogy azok a valódi osztályok, amelyek a felvételeken kb. 50–100 képpontból álló foltot alkotnak, jól csoportosulnak; azaz ezeknek az osztályoknak viszonylag pontosan meg lehet feleltetni egy clustert. Például az 1 km felbontású METEOR képen a mezőgazdasági termőterületek nem azonosíthatók a clusterezett képen, viszont a nagykiterjedésű felhők és tavak jól elkülönülő clusterekbe kerültek. A LANDSAT felvételeken viszont (80 m-es felbontás) a különböző kultúrájú táblák már a valóságnak megfelelően tömörültek clusterekbe. A 6. ábrán a Marcal medence fölött 1981. május 8-án készült és clusterezett LANDSAT felvételt, valamint a hozzátartozó földhasznosítási térképet mutatjuk be.

Az algoritmus pontosságának ellenőrzése céljából az ábrán bemutatott felvételhez statisztikákat használtunk. Az expedíciós adatok és a földhasznosítási térkép segítségével azonosított kategóriájú táblákon téglalapokat jelöltünk ki, majd megszámloltuk, hogy a kiválasztott képpontok közül mennyi esett a különböző clusterekbe.

Tegyük fel, hogy egy táblából (pl. búza) leválasztottunk egy $n_1 \times n_2$ -es téglalapot ($n = n_1 \times n_2$). Jelöljük k_i -vel a téglalap pixelei közül az i -ik clusterbe sorolt képpontok számát ($i = 1, 2, \dots, M; 0 \leq k_i \leq n$). A téglalapokhoz az alábbi statisztikákat számoltuk:

homogenitás: $h = k_{\max}/n$, ahol $k_{\max} = \max_{1 < i < M} k_i$

bizonytalanság: $E = \sum_{i=1}^M p_i \cdot \log p_i$, ahol $p_i = k_i/n$, (entrópia)

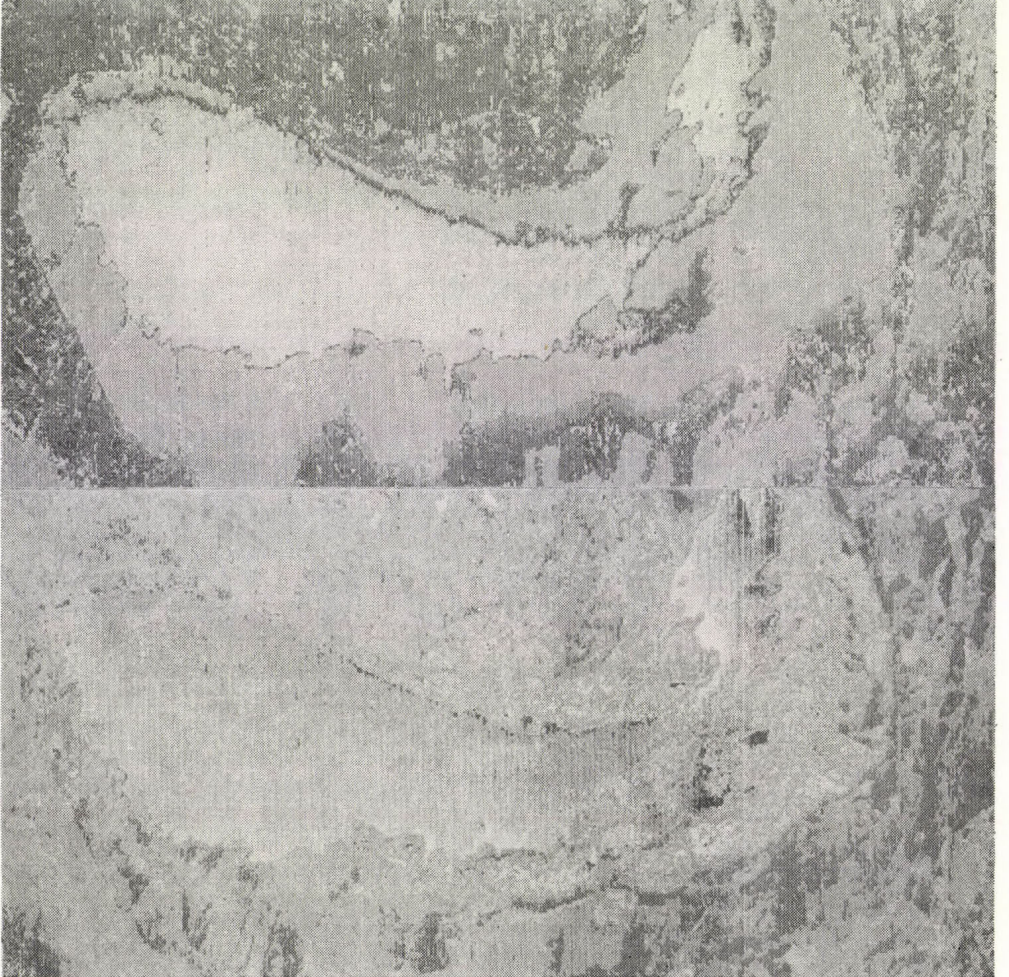
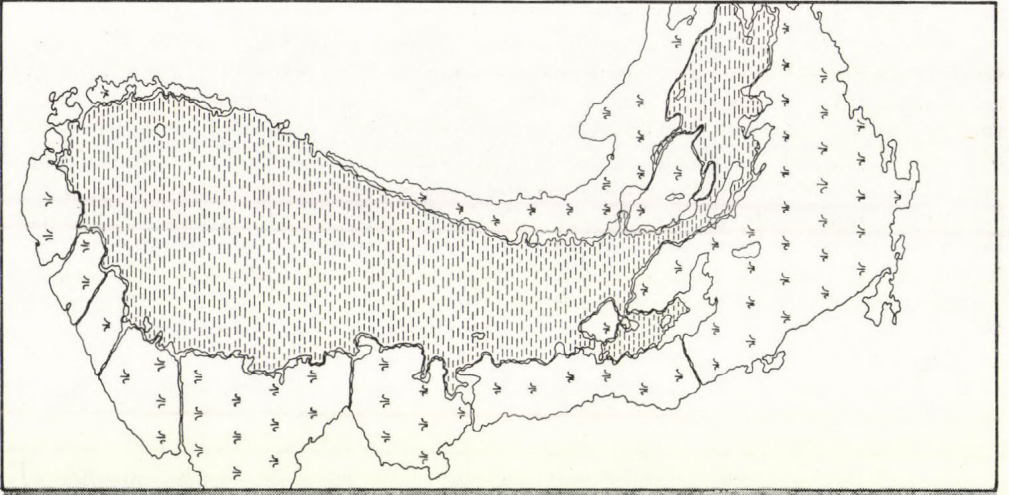
Nyilván a tömörítés akkor tökéletes, ha $h = 1$ és $E = 0$.

Tíz osztályhoz számoltuk ezeket a jellemzőszámokat. Az egyes téglalapok esetén jó értékeket kaptunk, ami azt jelenti, hogy a homogén foltokat eredményesen lokalizáltuk. Az I. táblázatban bemutatott összesítésen viszont látható, hogy ugyanahhoz a kultúrákhoz tartozó képpontok nem feltétlenül kerültek egy clusterbe. Ez az eredmény azért nem meglepő, mert az azonos kultúrájú növényállományok érettségi fokuk és fajtájuk alapján a legkülönbözőbbek lehetnek. (Éppen ez a tény teszi lehetővé fejlettségi állapotuk megállapítását a műholdfelvétel segítségével!)

I. TÁBLÁZAT

A clusterek megoszlása különböző osztályokon

Osztály	Cluster										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Kukorica	158	68	0	10	27	0	14	29	46	13	0
2. Silókukorica	37	39	0	9	31	0	10	12	8	25	0
3. Cukorrépa	0	0	34	0	0	18	1	4	0	2	0
4. Őszi búza	0	0	0	446	0	0	0	0	0	13	0
5. Tavaszí árpa	1	4	27	5	7	23	2	10	0	60	0
6. Napraforgó	0	0	57	0	0	47	2	17	0	0	0
7. Lucerna	3	0	0	0	0	0	1	32	0	47	0
8. Vöröshere	1	4	52	0	9	12	20	25	0	7	0
9. Erdő	102	7	0	43	53	0	5	38	560	74	0
10. Település	1	5	0	38	22	0	38	2	4	346	2



Az algoritmus egy speciális alkalmazását szemléltetjük a 7. ábrán.

A kitűzött feladat az volt, hogy LANDSAT felvétel alapján határozzuk meg a Fertő tó környéki nádasal borított terület nagyságát. A baloldali képen az eredeti felvétel egyik sávjának megjelenített alakja látható. A középső kép a clusterezés eredménye, amelyen jól azonosítható a nádas terület az egyik clusterrel. Ennek a clusternek a mérete, és a LANDSAT felbontásának ($\Delta F = 57 \times 80 \text{ m}^2$) ismeretében egyszerű szorzással számolhatjuk ki a kérdéses mennyiséget. Az ábra jobboldalán a clusterezett kép alapján elkészített térkép látható. Az algoritmus egyik jó tulajdonsága a megbízhatóság, stabilitás. Ennek oka az, hogy csupán kettő kívülről beállítható paraméter szabályozza, amikre az algoritmus nem túl érzékeny.

Összegezve, a vizsgálatok szerint az algoritmus alkalmas a műholdfelvételek részletesebb analizálásához szükséges pontos tananyagok kijelölésére; s éppen ez volt a clusterező program elkészítésének a célja.

5. A számítógépes megoldás hardware és software környezete

Az algoritmus számítógépes megoldását, a programot általános célú számítógépen, a Központi Statisztikai Hivatal IBM-370/155 típusú komputerén valósítottuk meg. Ez a számítógép, bár igen nagyteljesítményű berendezés, de nem képfeldolgozás céljára szerkesztették, így az algoritmus egyes technikai megoldásánál ezt figyelembe kellett venni. Például le kellett mondani az interaktivitás, a közvetlen kapcsolattartás lehetőségéről, így törekedni kellett arra, hogy minél kevesebb kívülről beolvasott paraméter szabályozza a csoportosítási műveletet. Nem állt rendelkezésünkre tömbprocesszor sem, amely a képelemek közötti gyors műveletvégzést tette volna lehetővé. Az algoritmus hatékonyságára jellemző adat, hogy egy 512×512 -es négysávos képkivágat clusterezési művelete az IBM-370/155-ön kb. 40 perc CPU időt vett igénybe. Ez a költség jelentősen csökkenthető lesz a célorientált képfeldolgozó berendezés beszerzésekor. (Pl. a jelen algoritmusban az egyes műveleteket pixelenként és szűrkeségi szintenként, tehát egyesével egymás után lehet megoldani. Ugyanezt egy $512 \times 512 \times 4$ -es párhuzamos tömbprocesszoron 2^{20} kb. 1 millió szinttel egy időben lehet végrehajtani!)

A végeredmény, a clusterezett kép megjelenítését, vizualizálását egy másik számítógépes környezetben, a Számítástechnikai Koordinációs Intézet kísérleti képfeldolgozó berendezésén végeztük. A két rendszer között az adatátvitelt off-line úton, mágnesszalagon tudtuk csak kivitelezni.

A program forrásnyelve FORTRAN-IV. Választását a feladat bonyolultsága, és könnyebb adaptálhatósága indokolta.

IRODALOM

- Bryant, J., 1978: On the clustering of multidimensional pictorial data. *Pattern Recognition 11e*, 115–125.
- Fukunaga, K., 1972: *Introduction to statistical pattern recognition*. Academic Press, New York and London.
- Gonzales, R. and Wintz, P., 1977: *Digital image processing*. Addison – Wesley Publishing Company, Reading, Massachusetts.
- Hall, E., 1979: *Computer processing and recognition*. Academic Press, New York.
- MacQueen, J., 1967: Some methods for classification and analysis of multivariate observations *Proc. Berkeley Symp. on probability and statistics 5th* 281–297.
- Magyarország az űrből, 1981: Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest, 11–14.

7. ábra: A Fertő tó térsége részletének hamis, dekompozit képe (bal oldalt), clusterezett kép, ← (középen) és a clusterezett kép alapján készített térkép (jobb oldalt) (az 1981. május 8. LANDSAT felvétel felhasználásával)

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 88. évf. 3. szám, 1984. május – június
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 88. No 3. May – June, 1984. Budapest

A meteorológiai kutatás általános kérdései

BÉLL BÉLA, *Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest H-1525. Pf. 38.*

A XX. században felgyorsult tudományos és technikai forradalom egyik eredményeként kibontakozott a tudomány nagy társadalmi és gazdasági jelentősége. A tudomány korunkban valóban „termelő erővé” vált. Ennek megfelelően a társadalom szilárdabb anyagi bázist, nagyobb fejlődési lehetőséget kínál és biztosít a tudomány számára. A tudományos kutatás struktúrája is szükségképpen átalakult. A kutatók kiléptek a hagyományos „elefántesont-toronyból” s előtérbe lépett a hosszabb-rövidebbtávú gazdasági tervekhez alkalmazkodó, konkrét célokra irányuló kollektív, interdiszciplináris kutatás. Korunk tudományos kutatásainak jellemző vonásai tehát: *a tervszerűség, a kollektivitás és az interdiszciplináris jelleg.*

Az eredmények értékelési rendszerében új szempont: a „gazdasági hatékonyság” kapott helyet legfontosabb mérőszámaival (haszon/ráfordítás, hasznosulási idő). Napirendre került a kutatási *teljesítmény* objektív elemzése, a kutatóintézetek *optimális belső struktúrája*. Új tudomány született: a *tudomány tudománya*, amely a tudományszervezés általános kérdéseivel foglalkozik.

A következőkben a hazai kutatást is érintő néhány tudományszervezési kérdéssel foglalkozunk. Nevezetesen a meteorológiai kutatás jellegzetes típusairól, értékelési rendszeréről, a kutatóvá képzésről, a kutató kollektívák és intézetek korstruktúrájáról, az utánpótlás kérdéseiről lesz szó.

A mélyreható elemzéseket mellőzve egyetérthetünk abban, hogy a természettudományokon belül a földtudományokhoz tartozó meteorológia a Föld-Légkör rendszerben a légkör fizikai folyamataival foglalkozik. Célja egyrészt a légköri folyamatok megismerése, másrészt a szerzett ismeretek gyakorlati hasznosítása.

A megismerés folyamatában *F. Hansen* általános sémája szerint 3 tényező szerepel: az ok, az okozat vagy hatás (következ-

mény) és a két tényező közti összefüggés (reláció). A kutatás 3 típusa aszerint különböztethető meg, hogy melyik tényezőt keressük, ha a másik kettő ismert. Pl. ismert az ok és a következmény, keressük a relációt (*alapkutatás*), de ismert lehet a reláció és az okot vagy a következményt keressük a kettő közül valamelyik ismeretében (*fejlesztési, ill. alkalmazott kutatás*).

Hansen sémáját a meteorológiai kutatásokra alkalmazva egyetérthetünk abban, hogy tudományunk alapja a Föld-Légkör rendszerben az okok és a következmények *észlelése*. A pusztá adatgyűjtés, még ha ez a legfejlettebb technikával történik is, beleértve a korszerű adattárolást (adatbank), még nem kutatás. *Henri Poincaré* szavaival élve: „A tények halmaza éppoly kevésbé tudomány, mint amennyire nem ház a kövek halmaza”. Az észlelt okok és következmények jellemző karakterisztikái (adatai) a meteorológiai szolgálatok adatbankjaiban rendezett számhalmazok formájában jelennek meg. Felhasználásuk a szolgálatban mint célra irányított *adatszolgáltatás*, a kutatásban mint az okok és következmények közötti *kapcsolat (reláció)* felismerése a további felhasználásban (*alkalmazott kutatás*) hasznosul.

Mint hogy a Föld-Légkör rendszer nyitott és csak a kozmikus hatások bekapcsolásával, *interdiszciplináris* kutatások útján válnék a Föld-Légkör-Kozmosz zárt rendszerévé, az okok és a következmények összefüggésének (relációjának) megközelítése általában a sztochasztikus kapcsolatok szintjén, a *valószínűségszámítás* interdiszciplináris bekapcsolásával lehetséges. A relációt felderítő alapkutatási eredményt a *matematika* korrekt nyelvén fejezzük ki. Szem előtt tartandó azonban, hogy a meteorológiai kutatásban a matematika alkalmazása nem öncél, hanem a kapcsolatok (relációk), ill. ezek szorosságának kifejezési formája, amelynek eleganciájára ma is érvényes *William Occam* 600 évvel ezelőtt

megfogalmazott „egyszerűségi elve”, amely szerint: „ostobaság nagy munkával elvégezni (hozzátehetjük: bizonyultabb formában kifejezni) azt, amit kevesebb (egyszerűbb módon) is el lehet érni”.

Ha adott légköri okokból kiindulva a sztochasztikus kapcsolatok felhasználásával a várható következményeket, mint hatásokat keressük, eljutunk az általános meteorológiai *prognóziskutatáshoz* (időjárás, agro-, hidro-, orvometeorológiai stb. prognosztika). Ennek a kutatási formának a szolgálat információs csatornáin keresztül már számos gyakorlati vonatkozása s *alkalmazott* kutatási jellege van. Módszereiben a természeti törvények mellett a gazdasági, társadalmi törvények, kölcsönhatások, távlati tervek is messzemenően figyelembe veendők.

Végül adott következményekből kiindulva a sztochasztikus kapcsolatok felhasználásával a kiváltó okokat is kereshetjük. A cél többek között: következtetéseink verifikálása, sztochasztikus összefüggéseink korrigálása. Ebben az esetben az ún. *okkutatás* a módszerek és a szolgáltatások hatékonyságát fokozó *fejlesztési kutatásnak* minősíthető.

A célkitűzések alapján önként adódik az említett három (alap-, alkalmazott és fejlesztési) kutatási főtípus sajátos meteorológiai megfogalmazása, annak előrebocsátásával, hogy a tiszta típusok a valóságban ritkán különülnek el, rendszerint egymásba folynak, áthatják és megtermékenyítik egymást. Az alábbi kategorizálás jogosultsága inkább az eredmények felmérésében és értékelésében nyilvánul meg.

1.) A *meteorológiai alaputatás* olyan tudományos tevékenység, amelynek célja a meteorológia alapvető ismeretanyagának bővítése a légkörfizika, az időjárás jelenségek és az éghajlat vonatkozásában. Hozzátehetjük az általános meghatározás szokásos zárómondatát: *nem irányul határozott gyakorlati célra.*

Az alaputatás igényével induló tudományos tevékenység gyakran az adatok többé-kevésbé rendezett bemutatásával, ritkábban a vizsgált jelenség leírásával be is fejeződik. Gyakori, kissé mentegetőző szóhasználat: „a kutató szerény téglával hozzájárul a tudomány palotájához”. Ez a „tégla” azonban csak akkor hasznosul, ha be is épül a tudomány palotájába és nem marad az építmény mellett a fel nem használt és idővel elfeledett téglahalomban. Másrészt a jövő számára gyűjtött és rendezett észlelési anyag a meteorológiai kutatás számára felbecsülhetetlen értékű is lehet, tekintettel arra, hogy a múlt időjárás folyamatai azonos módon nem ismétlődnek és a hosszú időjárás sorok hiányzó szakaszai nem reprodukálhatók. Mindenesetre a

feldolgozás nélküli „adatkonzerválás”, még ha önzetlen és tiszteltetreméltó szándék vezérel is, az okok és a hatások kapcsolatainak feltárása révén válik csak alapkutatássá.

Éppen azért a kutatótól *elvárható* az adatok közötti oknyomozó kapcsolatkeresés, az eredmények konkrét, tézisszerű megfogalmazása, beépítése a tudomány egészébe, széleskörű publikálása nemzetközi fórumokon, hazai hasznosítása az oktatásban, aktív részvétel a hazai tudományszervezésben és a nemzetközi szervezetekben.

Az *értékelés* során eldöntendő, hogy összhangban van-e a téma a meteorológiai kutatás korszerű irányjaival, a nemzetközi szervezetek koordinációs törekvéseivel, a meteorológia egészét tekintve *milyen jelentőségű az alaputatás eredménye*, milyen visszhangja támadt a nemzetközi publikálásnak (vita, referencia, hivatkozások). Ha új irányt jelöl ki a kutatásban, várható-e ennek nemzetközi kiszélesedése, végül milyen hatással van a kutatási eredmény a hazai kutatások fejlődésére.

A hazai témák közül alaputatásnak minősíthetjük a felhőfizikai és aeroszol-kutatásokat, a légköri frontok fenomenológiai elemzését és dinamikai modellezését, a kozmikus meteorológiai kutatásokat, a klimatológiai erőforrások: a sugárzás, a csapadékeloszlás stb. vizsgálatát.

2.) Az *alkalmazott kutatások* célja a meteorológiai ismeretek gyakorlati hasznosítása a tártudományok és a gazdasági, társadalmi élet különböző területein.

Az alkalmazott kutatások részben külső kezdeményezésre, részben a várható igények felismerése alapján, saját tervekből kiindulva folytathatók, de mindig az alkalmazási terület kutatóival együttműködésben.

A határterületek kutatóját a tártudomány érdekessége könnyen arra csábítja, hogy a komplex témákat egyedül oldja meg, jöllehet az alapismeretek az idegen területen önálló kutatásra még nem elegendők. Így azután „felfedezési” csak saját szakterületén hatnak újaknak, a tártudomány pedig az óvatos publikálás miatt nem vesz róluk tudomást.

Ezért az *értékelés* során megvizsgálandó, hogy a kutatás eredménye bevezetésre került-e és ha igen, milyen sikerrel a tártudományok, ill. a gazdasági élet területén. Megbecsülendő a gazdasági haszon és ebben a meteorológiai komponens aránya. Megvizsgálandó, hogy a folyamatban lévő alkalmazott kutatások a társadalom szempontjából a legfontosabb feladatokra irányulnak-e.

Az alkalmazott kutatások *sikertelenségét* mutatják, az elfekvő be nem vezetett kuta-

tási eredmények, továbbá azok, amelyek a jövő számára készültek ugyan, de az elhúzódtó kutatások miatt időszerűtlenekké váltak.

A folyamatban lévő alkalmazott kutatások témái: agrometeorológiai, hidrometeorológiai kutatások, a levegőkörnyezet kutatása, biometeorológiai, ipari és orvosmeteorológiai kutatások.

3.) A fejlesztési kutatások célja egyrészt annak megalapozása, hogy a meteorológiai kutatás és szolgáltatás korszerű szinten elégíthesse ki a tudományos és társadalmi igényeket, másrészt a hazai szolgálat a nemzetközi kötelezettségeket.

Ide sorolhatjuk a hazai témák közül az előrejelző szolgálatban új módszerek kidolgozását, ill. adaptálását (műhold-felvételek), az adatfeldolgozás és tájékoztatás rendszereinek (számítógépes adatbank) kidolgozását, a műszerfejlesztést, a hálózat racionális fejlesztésének, a szolgáltatás gazdasági hatékonyságának kérdéseit. Méltán nevezhetjük ezeket a kutatásokat a korszerű szolgálat tudományos bázisának.

A fejlesztési témák bevezetésében és végrehajtásában a szolgálat igényeit, teljesítőképességét messzemenően figyelembe kell venni. Mindenképpen célját téveszti az a fejlesztési kutatás, amely olyan személyi és anyagi bázissal számol, amelyre a szolgálat és a kutatás a távlatokban sem támaszthat igényt.

A fejlesztési kutatás eszközei közül az említetteknek kívül figyelemreméltó az illetékes szervek *tájékoztatása* a szolgáltatások lehetőségeiről és a helyes értelemben vett tudományos *propaganda* az indokolt igények ösztönzésére.

Az elmondottakból következik, hogy a fejlesztési kutatások a kutatóbázisok és a szolgálati ágak szoros együttműködését, az operatív szakemberek részvételét kívánják mind a tervezésben, mind a végrehajtásban, mind pedig az eredmények gyakorlati bevezetésében és hasznosításában.

A fejlesztési kutatások *sikertelenségét* mutatják a szolgálatba valaminő okból be nem vezethető vagy sikertelennek minősült módszerek, az elfekvő, nem igényelt táblázatok, kihasználatlan programok, hibás elgondolással a jövő számára elkészített és az elévülés veszélyével terhelt módszerek.

Az egyes kutatási típusok közti *helyes arány* kialakításához figyelembe veendő a tudománypolitikai irányelvekben és az országos távlati tervekben lefektetett szempontok, ill. a társadalmi igények, a részarányos nemzetközi kötelezettségeink, a szolgálat, az oktatás fejlesztésének követelményei és nem utolsósorban a kutatóbázis személyi kapacitása, az utánpótlás, a kutatóvá nevelés kötelezettsége. A helyes arány az igények és a lehetőségek változása

miatt időről-időre állapítandó meg. Kiindulásul első közelítésben az ország adott-ságait figyelembe véve az *alap-, alkalmazott és a fejlesztési kutatásokra a 20:40:40%-os arány ajánlható.*

Mindenesetre a hazai lehetőségeket és érdekeket szem előtt tartva nem hagyható figyelmen kívül, hogy az *Országos Meteorológiai Szolgálat* legfontosabb feladata a szolgáltatás, ez a kötelezettség azonban megkívánja a korszerű szintentartást biztosító kutatásokat, a többi, kisebb kapacitású kutatóbázis (egyetemi tanszékek) pedig — a nélkülözhetetlen adatbázis tekintetében a Szolgálatra lévén utalva — kutatási terveit szükségszerűen össze kell, hogy hangolja a Szolgálat terveivel, az utóbbi pedig, mint legjobban ellátott országos intézmény, mind az oktatásban, mind a személyi ellátásban és kutatásban segíti az ország kisebb kutatóbázisait.

A megnövekedett igények láttán felmerül a kérdés, *szükséges-e a szervezett kutatóvá képzés*, vagy megfelelőbb, ha a veleszületett tehetség bázisán és a tudományos környezet vonzásában spontán bontakozik ki a kutató egyénisége. A vélemények eltérők, egy azonban biztos: a kutatóvá képzés csak az arra alkalmasok aránylag kis hányadánál hasznosul. Mindenestere a posztgraduális szakmai továbbképzés nélkülözhetetlen s erről a kutatóbázis — saját érdekében is — gondoskodni köteles. Igaz az is, hogy a spontán kutatóvá érés a legkedvezőbb tudományos környezetben is több időt igényel, mint a szervezett oktatás, már pedig az időtényező, pontosabban a kutatók kora és alkotóképessége ebben a kérdésben döntő jelentőségű, különösen, ha meggondoljuk, hogy az 5 évre növelt egyetemi képzés és a férfiakra kötelező katonai szolgálat a tudományos pálya kezdetét a 24., de inkább a 25. életévre toltja el.

A *Tudományszervezési Tájékoztató* széleskörű irodalmi szemléje szerint a fizikai Nobel-díjasok 50%-a 35 évnél, 90%-a 46 évesnél fiatalabb. De nem csak a legkiválóbbak, hanem az átlagkutatók csoportjában is a nagy teljesítmények 90%-a a 25—60 év közötti, aktív munkában eltöltött idő első felére esik. Az USA-ban végzett felmérések szerint a vegyészeten a legjelentékenyebb teljesítmények 80%-a a 40 évnél fiatalabb tudósoknak köszönhető s a természettudósoknak mintegy a fele a munkábaállás első 10 évében érte el kimagasló eredményeit.

Ezeket az általános megállapításokat hiba lenne egyénekre alkalmazni. Ennek érzékeltetésére a szakirodalom *Otto Hahnra* hivatkozik, aki 58 éves korában fedezte fel maghasadást. De felsorolhatnánk más neveket is, így a teljesség igénye nélkül említhetjük *Descartes, Galilei, Newton, Euler,*

Faraday, Humboldt, Gauss, a meteorológia magas kort megélt tudósai közül pedig Hann, Bjerknes vagy a magyar Róna, Réthly nevét. Valamennyiük életművét a 40 éves kor után értékes szintetizáló munka, oktatás, utódok nevelése, összefoglaló munka kiadása fémjelzi.

Az életkor és a teljesítmény általános kapcsolatáról az alaptermészettudományokra (matematika, fizika, biológia) korlátozódva Birren J. E. „Az életkor és az egyén” című (Csikágó, 1959) műve az átlagos természettudósra a következőket állapítja meg: az életkor — teljesítménygörbe, amelyben a teljesítmény mértéke a jelentős publikációk száma, aszimmetrikus. Ha a teljesítménynek ezt a sokat kritizált értékelését csak a publikációk számára korlátozzuk, akkor ez a szám a szerző megállapítása szerint az átlagos munkábaállástól (20—25 év) a 40 éves korig meredeken emelkedik, azután elnyúltnan csökken. Az átlag természettudós 40 éves koráig publikációinak 60%-át, 60 éves koráig 95%-át produkálta.

A görbe legmeredekebb, azaz a kutató fejlődésének publikációk számában mért legintenzívebb szakasza a 30—40 életévek közé esik. Ebben a szakaszban a 10 éves átlagteljesítmény az egész 35%-ának adódott az átlagos 10 éves teljesítmény 20%-os értékével szemben. Eszerint az átlagos kutató publikációkban mért alkotóképességének legintenzívebb szakasza viszonylag fiatal korára esik s úgy tűnik, hogy a tervszerű kutatóváképzés, a céltudatos startra állítás — mint posztgraduális munkahelyi képzés — megrövidítheti az útkeresés időszakát.

Nem elégedve meg az átlagos természettudósra megállapított teljesítménygörbével, átnéztem a közelmúlt hét, magas kort megélt magyar meteorológus-kutatójának maguk által jelentősnek ítélt publikációit s a közel 2000 publikáció korszerinti megoszlásáról a meteorológusok idős korára a vázoltnál valamivel kedvezőbb képet kaptam. Eszerint a hét kutató átlagában a 2000 publikációnak csak mintegy 30%-a jelent meg a kutatók 40 éves kora előtt, 60 éves korukig (a nyugdíjazás átlagos évéig) ez a szám kb. 80%-ig nőtt s halálukig, ill. 75 éves korukig publikációs tevékenységüknek még mintegy 20%-át produkálták. Ezek szerint a meteorológusok a nyugdíjas korban az átlagosnál tevékenyebbek bizonyultak (a 96 éves korában elhunyt Réthly Antalnak pl. a 70. és a 96. életéve között 4 kézikönyve jelent meg az Akadémiai Kiadó rangos kiadásában s az ötödik könyve szerkesztése közben érte a halál).

A némileg kedvezőbb kép ellenére a meteorológusok teljesítménygörbéjének futása hasonlóan bizonyult a Birren által az

átlagos természettudósra megállapítottéhoz (meredek felfutás a 40—45 életévig, azután lassú csökkenés a nyugdíjazásig). A nyugdíjas kor aktívabb szakasza a tudományterületnek (időjárás, éghajlat) az idős ember számára viszonylag érdekesebb sajtóságával is magyarázható.

Ha a vázolt életkor-teljesítmény görbét egy átlagos kutatóra vonatkoztatjuk, kérdés, hogy egy kutató kollektíva vagy egy nagyobb kutatóintézet munkatársainak kormegoszlása, az ún. *konstruktuurája* a kollektív teljesítmény szempontjából mikor mondható optimálisnak.

A csupa 40 év körüli kutatóból álló „szuperkollektíva” hamarosan előregednék. Egyébként is az átlagos értékelésnél figyelembe vett publikációk száma alapján a kutatóintézet teljes kollektívájának értékelése a publikációk minőségének figyelembevétele nélkül nagyon egyoldalú lenne. A 40 évnél idősebb kutatók tapasztalata, felhalmozódott ismeretanyaga, megfontoltsága, érett kritikája, nemkülönben kisebb számú, de átfogóbb (nagyobb koncepciójú) publikációi, vezető, irányító és oktató feladatköre, igénybevétele számokban nehezen kifejezhető értéke és potenciális energiája egy széles skálájú teljes kollektívának.

A teljesítménygörbének a maximumot követő, monoton csökkenő szakaszát így értékelve azt mondhatjuk, hogy egy természettudományi kutatóintézet konstruktuurája akkor kedvező, ha a kutatók zöme (mintegy 60%-a) 40—45 évesnél fiatalabb és számuk a nyugdíj-korhatárig (60 év) monoton csökken. A kollektíva legkedvezőbb átlagos életkorára a 36—38 életév adódik.

Mindenesetre az optimális konstruktuurát elért kollektíva is idővel elöregszik, ha személyi állományának létszáma konstans, s ha a kutatók természetes okok miatt (nyugdíjazás, halál) válnak meg az intézettől, még akkor is, ha minden távozót 24—26 éves fiatalal pótolnak. 10 év múlva a kezdetben 36—38 éves átlagos életkor 45—47 évre tolódik el. Ugyanekkor a kutatók életkor szerinti megoszlása eltorzul: a 40 évnél fiatalabbak a teljes kollektívának már csak mintegy 35%-át teszik ki. Húsz év elteltével a kutatók zöme eléri az 50—60 éves kort, majd kilép a szolgálatból. A kilépők helyét a 30 év alatti, kisebb fizetésű, de népesebb korosztály kutatói foglalják el s ez a csoport a kormegoszlási görbe új maximumaként vonul végig a 25—60 év közötti, munkában töltött, aktív időszakon.

Látható, hogy egy átlagos kutatóintézet konstruktuurája az automatikus utánpótlás egyszerű alkalmazásával időnkint eltorzul. Teljesítőképessége — a kormegoszlástól

függvén — nem állandósul, hanem hullámzik s vele együtt, de eltérő fázisban fluktuál a kollektíva *béralapja* is. Ha ehhez hozzá tesszük a korstruktúrának a háborúk okozta torzulásait, beláthatjuk, hogy a *helyes kormegosztás kialakítása és figyelemmel kísérése a tudományszervezés alapvető kérdése és feladata*.

Minthogy a személyi létszám és a munkába lépők átlagos életkora általában adott, a *korstruktúra szabályozója* a kutatásból kilépők korának és számának (az ún. *kilépési rátának*) tervszerű megállapítása lehet. Ez lényegében azt jelenti, hogy a kollektíva teljesítménye szempontjából előnyös, ha a kutatók egy része bizonyos életkorban (általában 40 év fölött) a kutatásból kilép (természetesen egyeztetve a kutatási téma állapotával) és tudását, tapasztalatait az operatív munkában (meteorológusok a szolgálatban) hasznosítja.

A meteorológia egyik sajátosságát: a kutatás és a szolgálat elválaszthatatlan kapcsolatát figyelembe véve, a kutatásból a szolgálatba történő átáramlás úgy oldható meg zökkenésmentesen, ha a tudományos munkaerők egy része munkaidejének változó — a korról eleinte növekvő, majd esökkenő — arányában foglalkozik kutatással. Természetesen nem helyes, ha a szolgálati és a kutató munkát merev fal választja el, vagy ha a szervezés nem biztosítja az átlagon felüli képességű kutatók, a kollektíva- és intézetvezetők optimális kutatói beosztását.

Mindenesetre az életkor és a teljesítmény kapcsolata a *vezetők*re is érvényes, de figyelemmel kell lenni arra, hogy a vezetéssel járó adminisztratív munka a kutatói tevékenység teljesítményét kisebb-nagyobb mértékben lefékezi. *K. Fränz* szerint (1972) „a vezetőelit határtalan teljesítőképességéről vallott naív hit a természettudományok robbanásszerű fejlődése miatt tartahatatlan”. (Hozzátehetjük, hogy „egyéb-

ként is ...”). A teljesítőképesség maximumának életkorában (35–40 éves korban) kinevezett vezető — tapasztalt tanácsadók segítségével — 20–25 éven át biztosítani tudja a kutatás frissességét. Ezt követően a vezetésben is megújításra van szükség. Az 5 évenkénti vezetőváltás a kutatóintézetben hátrányos, de nem előnyös a nyugdíjas korig konzervált vezetőnek a korról növekvő konzervatív hozzáállása sem. A helyes középút a vezető *személyének* helyes értékelésében rejlik.

Amint látjuk, korunkban a kutatás olyan szervezethez kíván, amely a tehetségek kibontakozását segíti, ugyanakkor a kutatást meghatározott célok: a társadalom fejlődésének irányába tereli. A gyakorlati élettel összefüggő kutatások tervezésekor a meteorológiának a tekintetében is mérlegelnünk kell a tudománypolitikai irányelvek idevonatkozó részletét. „Országunk méreteiből, elsősorban korlátozott anyagi forrásainkból kifolyóan nem rendezkedhetünk be a tudományos megismerés minden területén nagy erőket foglalkoztató kutatómunkára. ... A világ tudományos kapacitásának csak kis töredéke van országunkban. Ezért csupán néhány tudományterületen, jól megválasztott irányokban lehet és kell vállalni a *világszínvonal igényével* a hazai kutatást ... A tudományos megismerés más területein elsősorban a nemzetközi tudományos élet eredményeire, a külföldi szellemi termékek nagyobb arányú beszerzésére kell építeni.” Megszívlelendő szempontok ezek, a kutatás vonalán is takarékosra intő mondatok, amelyek a kutatóvá készében résztvevő fiatal meteorológusokat idejében figyelmeztetik a *reális* tervek kialakításának fontosságára.

Ezért kínálkozott ez a téma a hazai egyetemi meteorológusképzés 25. évfordulóján tartott megemlékezés tárgyául annál is inkább, mivel aktualitása nem csökkent egy évtized elmúltával sem.

SALTMAN, B. (szerk.): *Theory of Climate (Klímaelmélet)*. Academic Press, New York London, Paris, 1983. 505 oldal. *Advences in Geophysics* sorozat, 25. kötet

A liszaboni Tudományos Akadémia fennállásának 200. évfordulójára „A tudomány határai” címmel előadássorozatot szervezett, melynek során klímaelméleti szimpóziumot rendeztek. A szimpózium 10 tanulmányából nyolcat tartalmaz a kötet, amelyek az alábbi csoportokba oszthatók: a numerikus modellezés kezdeti korszaka és az általános cirkulációs modellek alkalmazása, a statisztikus-dinamikus modellek, valamint a Föld-légkör rendszer sugárzási, felszíni és dinamikus tulajdonságai.

J. Smagorinsky bevezető értekezése visszaemlékezéseket tartalmaz az amerikai kutatások megkezdésétől 1960-ig, a ma már tudománytörténeti ENIAC számítógéptől az IBM 7030-ig.

A fejezet másik dolgozata S. Manabe írása „A szén-dioxid és a klímaváltozás” címmel. Ebben főleg a NOAA Geofizikai Folyadéklaboratórium munkatársainak azon kutatásait gyűjtötte össze, amelyekben a klíma CO₂ változással szembeni érzékenységét vizsgálták. Manabe röviden áttekintette a földfelszíni hőegyenlegen alapuló modellek elvi alapjait és az ezek segítségével nyert, CO₂ növekedés okozta melegedés becsléseit. Részletesebben kitér a sugárzási konvektív egyensúlyi modellekre. A hőmérséklet eloszlásának kiszámítására Manabe és Wetherald az „időintegrálás” módszert használta, amelyben a változást leíró egyenlet numerikus megoldása aszimptotikusan közelíti az egyensúlyi állapotot. A különböző CO₂ szinthez tartozó eredményeket magasság-hőmérséklet diagramon ábrázolta, értékelésüknél külön kiemelte a nedvesség szerepét. Mivel az egydimenziós modellek előzetes vizsgálatokra hatáson alkalmazhatók, de sem a térbeli eloszlásra, sem a cirkuláció és más fizikai folyamatok hatásaira nem képesek választ adni, ezért Manabe áttért a háromdimenziós modellek ismertetésére. A NOAA modell feltételrendszere után a belőle származó legújabb eredmények ismertetése következik. A klíma-érzékenységi kísérletet ezúttal a CO₂ szint megnégyszereződésére végezték el. A hőmérséklet és a hidrológiai viszonyok változásait vizsgálták éves átlagban, évszakos bontásban és a földrajzi eloszlás függvényében. Itt került először publikálásra az adott modell jel-zaj arányának kiszámítása, amelyre a példát a hőmérséklet és a talajnedvesség eloszlása szolgáltatta. A CO₂ szint és a hozzá tartozó egyensúlyi állapot beállta közti átmeneti időben lezajló változásokat egy kapcsolt óceán-légkör modellel szimulálta, amely a tenger mélyebb részétől a légkör felsőbb rétegéig terjed (5000 m – 25 mbar), de az óceán – szárazföld eloszlás erősen idealizált. Végül összefoglalta a levonható általános következtetéseket és a kutatás néhány új útját ismerteti meg.

„A klíma problémájának kváziempirikus közelítése, a klímaváltozások és fluktuációk” című írásban G. S. Golitsyn bemutatta, hogyan hasznosíthatók a legegyszerűbb mérlegegyenletek tényleges adatok felhasználásával. Előző munkáiban a Vénuszra és a Marsra néhány klímakarakterisztikát határozott meg, amelyeket ezúttal a Földre alkalmazott. A csak külső paramétereiktől függő becslések kielégítő eredményt adtak a Föld esetében az átlagos szélesebségre és a pólus-egyenlítő közti hőmérsékleti különbségre. A klímaérzékenységi vizsgálatoknál a külső paraméterek megváltozására bekövetkező módosulásokat határozta meg. Az éghajlati rendszer tagjainak karakterisztikus időit becsülte és a Budyko-féle kisugárzás-felszíni hőmérséklet lineáris parametrizációval megkísérelte a felszíni hőmérséklet változását kiszámítani 1%-os napállandó növekedésnél. A hőmérséklet-albedó visszacsatolási mechanizmus leírásakor a kapott eredményt Jefimova paleoklimatológiai eredményeivel vetette össze. A Föld kisugárzásában a felhőzet szerepét lineáris közelítéssel becsülte meg, ahol a nedvességet és a felszíni hőmérsékletet vette figyelembe. Az eddigi eredményekkel kiegészítve több irodalmi utaláshoz hasonlóan értékelte az éghajlati rendszer válaszát a CO₂ szint változására. Végül hemiszférikusan átlagolt hőmérséklet-eloszlás második momentumát kísérletileg megadni, mivel egy becslés annál pontosabb, minél magasabb momentumok egyeznek meg.

G. J. Shutts a „Mozgó időjárási rendszerek parametrizációja a nagyskálájú légköri áramlás egy egyszerű modelljében” című cikkében a dinamikus meteorológia két fontos feladatát fogalmazta meg. Az első az élettartam szerint a szinoptikus és a szezonális időskála közötti átlagolt szél, hőmérséklet és nedvesség észlelt mezőinek értelmezése. A második az, hogy ezen az időskálán meghatározott klíma miért változik évről évre és hogyan lehetne ezt a változást előrejelezni.

A számításokhoz szükséges gépidőt jelentősen csökkenti a mérsékelt szélességek szinoptikus skálájú mozgásainak parametrizációja, mert így nagyléptékű tér- és időbeli modellek építhetők. A havi átlagolású klíma vizsgálata két szempont szerint történt: zonális átlagolásban és a hosszúsági körök szerint változó hőmérsékleti és szélmozgás szerinti eloszlásban. Az előbbinél a kiindulási alap a pólus és az egyenlítő közti hőmérsékleti különbség, a második esetben az óceánok és a szárazföld eltérő termikus tulajdonságai. Egy kvázigeosztrófikus modellbe hőmérsékleti és orografikus kényszereket épített be a tranzienis örvények vizsgálata céljából. A geosztrófikus turbulencia transzfer-elmélete és a parametrizáció lehetőségeinek áttekintése után a zonálisan átlagolt, illetve a lokális örvényességi fluxust, valamint az örvényesen szállított hőt parametrizálta. Ezek felhasználásával dolgozta ki modelljét, amely vertikálisan σ -koordinátájú, szférikus koordináta-rendszerű, száraz levegőre vonatkozó kvázigeosztrófikus modell. Ennek a parametrizációk miatt viszonylag kicsi a gépidő szükséglete, ezért számos kísérletet tudott végezni vele a paraméterek különböző megválasztásával.

B. Saltzman a „Klímarendszerek elemzése” című dolgozatában kétféle átlagolási időt vizsgált: a szinoptikust (óra nagyságrendű) és a klimatikus (10 év nagyságrendű). A különböző szintű átlagok között a jelenségek időspektrumától függően összefüggéseket állított fel és ezt felhasználva állapította meg az időskálán az egyenletek prognosztikai vagy diagnosztikai voltát attól függően, hogy az éghajlati rendszer mely karakterisztikus idejű elemére vonatkoznak. Tekintettel kell lenni a szomszédos klimatikus tartományok eltérő fizikai tulajdonságaira, amelyek karakterisztikus értékeit részletesen közölte. A szinoptikus időskálának megfelelő átlagolást az általános cirkulációs modellek képviselik. Ezek, bár részletesebb eredményt szolgáltatnak, de nehéz a numerikus vizsgálatuk, sok gépidőt igényelnek (a gépidő kb. a reális idő tizede). A statisztikus-dinamikus modellek klimatikus átlagolásúak, így az évnél kisebb változásokat parametrizálni kell. A szerző szerint azonban hasonló pontosságot adnak, mint az általános cirkulációs modellek. Ezután a Saltzman–Vernekar modell ismertetése következik, külön a determinisztikus részé, külön a sztochasztikus kényszer hatása. Mindkettőnél a stabilitásvizsgálat eredményeit is közölte.

A „Műholdas sugárzási megfigyelések és a klímaelmélet” című tanulmányban G. Öhring és A. Gruber a NOAA műhold hosszúhullámú kisugárzás, albedó és nettó sugárzás méréseit ismertette, majd ezen adatok segítségével a napállandó változására klímaérzékenységi vizsgálatokat végeztek. Becsléseket adtak a felhők üvegházhatására és az abszorbeált napsugárzásnövelő hatására. Mérési eredményeket közöltek az albedó és a napsugárzás zenitszöge közti összefüggésre és tesztelték egy szezonális, hemiszférikus, zonálisan átlagolt modellt.

R. Dickinson „A felszíni albedók és az energiamérleg” című írásában a növénytakaró modellezésének kísérleteit foglalta össze és az ezzel kapcsolatos paramétereket adta meg. Részletesen szerepelnek a talaj és a hó albedók értékei, amelyek alapján különböző felszíni feltételek energiaegyensúlyi viszonyait vizsgálta.

Sok táblázat, adat és ábra található „A megfigyelések által támasztott követelmények a globális impulzuszórási és energiaegyensúly szemből” című tanulmányban, amelynek szerzői A. Oort és J. Peixoto. 10 év megfigyelései (1963–1973) alapján az alapvető statisztikai vizsgálatokon kívül elemezték az impulzuszórási és a különböző energiafajták meridionális és vertikális transzportját, a tranzienis és az álló örvények, valamint az átlagos meridionális cirkuláció szerepét évszakonként és félgömbönként is. Végül az eredményeket a Lorenz-féle energiaciklusba helyettesítve a különböző energiaformák és az átalakuló energiák nagyságát kapták meg.

A könyvben szereplő tanulmányok tömören foglalják össze a klíma-modellezés területeit. A különböző módszerek ismertetése után egy-egy modellben bemutatják alkalmazásukat. Bőséges irodalomjegyzék található mindegyik cikkben, amelyek segítséget nyújtanak az adott téma mélyebb tanulmányozásához. Az adatok sokasága pedig külön is használható, becsléseknél, számításoknál alkalmazható. Egy-egy jelentősebb kérdést (pl. CO₂ probléma, napállandó változása) több oldalról is megközelíthetünk, több írásban is előfordulnak. A szerzők – szakterületük élővonalbeli művelői – megvilágítják a fizikai hátteret is, értelmezve a kiindulási feltételeket és a kapott eredményeket.

A kötet egyaránt ajánlható az éghajlatmodellezés alapjaival ismerkedő egyetemi hallgatónak, illetve a témakör aktív művelőinek.

Szalai Sándor

A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG 48. KÖZGYÜLÉSE

A Magyar Meteorológiai Társaság 1984. április 12-én tartotta évi rendes közgyűlését az MTESZ Anker közti székházában. *Szász Gábor* elnök megnyitó szavait *Tánczer Tibornak* a „Nemzetközi földfelszín-klimatológiai program műholdfelvételek alapján” című előadása követte. Az előadó röviden ismertette a nemzetközi műholdas földfelszín-klimatológiai programot (ISLSCP), amelynek fő célkitűzése a Föld éghajlatát befolyásoló tényezők jobb megismerése, különös tekintettel az emberi tevékenység hatására. Ennek érdekében bocsátották fel 1972-ben az első *Landsat-1* műholdat is. Előadásában kihangsúlyozta ezeknek a műholdaknak kulcsfontosságú szerepét az agroklímológiai információs és monitorizáló rendszerben, majd ismertette a Magyarországon folyó kutatásokat, amelyek elsősorban a felszíni albedo és hőmérséklet, valamint a hótakaró vizsgálatára irányulnak. Befejezésül az előadó a Kárpát-medencére vonatkozó, igen érdekes és sokatmondó *Landsat*-felvételeket mutatott be.

A közgyűlés további napirendje keretében *Simon Antal* tartotta meg főtítkári beszámolóját a Társaság 1983-ban végzett munkájáról, valamint azokról a személyi és gazdasági változásokról, amelyek a Társaság további folyamatos tevékenységéhez elengedhetetlenül szükségesek.

Az a körülmény, hogy a Társaság választmányára valamennyi MTESZ központi bizottságába delegált képviselőt, lehetővé teszi a Társaságnak az aktív részvételt a Szövetség munkájában. Bejelentette, hogy a területi csoportok megszervezésével és aktivizálásával a Társaság munkája jelentősen kiszélesedett, a szakülések látogatottsága a területi csoportoknál jelentősen megnövekedett. Örvendetesnek mondotta a főtítkár a Társaság meteorológiai tanszékekkel való igen jó kapcsolatát, amelynek keretében a fiatal szakemberek már egyetemi hallgató korukban találkoznak a Társasággal, majd pályakezdőként bekapcsolódhatnak a Társaság szélesebb munkájába.

Kitért a főtítkári beszámoló a nemzetközi kapcsolatok fejlődésére is. Ezt ugyan a devizális kérdések megnehezítik, ennek ellenére e téren is volt előrehaladás. Szocialista partnereink

közül a Szlovák Meteorológiai Társasággal a leggyümölcsözőbb a kapcsolat, de sikerült a Csehszlovák Meteorológiai Társaságot is bevonni ebbe az együttműködésbe. Az Osztrák Meteorológiai Társasággal is kezd rendszeressé válni az érintkezés, míg más külföldi társaságokkal erre a rendszeresen megrendezésre kerülő Alpi- és Kárpátmeteorológiai konferenciák adnak lehetőséget.

A főtítkár ezek után ismertette az Elnöki Tanácsnak azt a határozatát, amely a Minisztertanács felügyelete alá rendelve szabályozta az MTESZ jogállását. Az új rendben a Szövetség egyesületei jogi személyek, megfelelő önállósággal.

Az elmúlt évi központi rendezvényekről beszámolva, mint legjelentősebbet kiemelte a főtítkár a Szlovák és Csehszlovák Meteorológiai Társasággal közösen rendezett vándorgyűlést; témája „A számítástechnika alkalmazásai és a távérzékelés felhasználása a meteorológiában” volt. Megemlékezett a beszámoló az 1983. március 24-én tartott immár hagyományos világnapi ülésről, valamint a Róna Zsigmond Ifjúsági Kör által rendezett „Fiatal meteorológusok fóruma” c. ülésorozatról, ahol négy szekcióban magas szakmai színvonalú előadások hangzottak el.

Beszámolója végén a főtítkár kegyeletes szavakkal emlékezett meg a Társaság elhunyt tagjairól, *Takács Lajos* tiszteleti tagról, valamint *Péczely Györgyről*, a Tudományos Tanács tagjáról. Haláluk a Társaság számára komoly veszteséget jelent. A közgyűlés egy perces néma felállással adózott emlékükknek.

A Társaság életéről hű képet adó főtítkári beszámoló után *Kéri Menyhért* az alapszabályt módosító bizottság javaslatát terjesztette a Közgyűlés elé. A kisebb módosításokra a Szövetség megváltozott jogállása miatt volt szükség. A javaslatot a közgyűlés jóváhagyta.

Az ellenőrző bizottság munkájáról *Fejősné Iványi Zsuzsanna* számolt be. Az ellenőrzés részben a Társaság szakmai tevékenységére, részben a gazdálkodásra terjedt ki. A jelentés szerint az MMT szakmai munkája eredményes volt, a munkatervben lefektetett programon kívül számos érdekes és nagyszámú hallgatót vonzó rendezvény került megtartásra. A je-

lentést, valamint az ezt követő pénzügyi be-
számolót a közgyűlés jóváhagyólag tudomásul
vette.

A külföldi tiszteleti tagok választására
Hallamáné Lépp Ildikó terjesztette elő az e
célra kiküldött bizottság javaslatát. Ennek
alapján a közgyűlés eddigi eredményes tudomá-
nyos és szervezői munkájuk, nemkülönben
az MMT érdekében kifejtett tevékenységük
elismeréseként, valamint a Szlovák és a Ma-
gyar Meteorológiai Társaság közötti kapcsola-
tok további elmélyítéséért prof. dr. *Ferdinánd*
Šamajt és dr. *Ján Lukáčot* a Társaság tiszteleti
tagjává választotta.

A beszámoló és javaslatok elfogadása után
került sor a Társasági kitüntetések és
díjak átadására. A tudományos, valamint
a társadalmi munka elismerésül a Társaság
Bodolai Istvánné és *Mezősi Miklóst* a Steiner
Lajos-emlékéremmel tüntette ki. Az 1983. évi
szakirodalmi nívódíjat *Práger Tamás*, a „Nu-
merikus Prognosztika I., *A hidrodinamikai*
előrejelzés elmélete” című egyetemi tankönyvé-
vel nyerte el.

A Róna Zsigmond-alapítvány kamatait eb-
ben az évben megosztva *Fejősné Iványi*
Zsuzsanna és *Mika János* kapták.

Végezetül a közgyűlés az elnökség javasla-
tával egyetértve *Csaplak Andort*, *Predmerszky*
Tibort és *Szakály Józsefet* a Társaság tiszteleti
tagjai sorába felvette; az erről szóló okleveleket
Szász Gábor elnök, a közgyűlés meleg ünne-
pése közepette nyújtotta át az új tiszteleti
tagoknak.

Befejezésül a közgyűlésen résztvevő *Jéki*
László, az MTE SZ főtítkár helyettese mutatott
rá az MTE SZ jogi helyzetének megváltozásából
származó előnyökre, elismeréssel nyilatkozott
az MMT munkájáról, majd kérte a Társaság
további eredményes közreműködését a Szövet-
ség tudományos és mindinkább kiszélesedő
társadalmi munkájában, majd *Szász Gábor*
elnöki záró szavaival fejeződött be a köz-
gyűlés.

H. Lépp Ildikó

✱

A XIII. METEOROLÓGIAI VILÁGNAP

A Meteorológiai Világszervezet az 1984. évi
Meteorológiai Világnap témájával napjaink
egyik legidősebb kérdését jelölte meg: „A me-
teorológia szerepe az élelmiszertermelésben”
címen. A probléma fontosságát mutatja az,
hogy másodízben (először 1976-ban) hangzott
el a Világnapon ünnepi előadás ebben a témá-
ban. Míg azonban az első előadás célja az volt,
hogy felhívja a figyelmet az élelmiszertermé-
lés és az időjárás kapcsolatára, addig az idei ün-
nepi ülés előadása – amelyet *Kozmáné dr. Tóth*
Erzsébet tartott a MTE SZ székházában –

elsősorban a hazai agrometeorológiai kutatá-
sok, szolgáltatások és az élelmiszertermelés
kapcsolatának jelenlegi helyzetét, problémáit
és legújabb eredményeit ismertette.

Az előadó az agrometeorológia feladatát a
következőkben jelölte meg:

- tanácsadás a mezőgazdaságnak, hogy ho-
gyan használják ki legjobban az ország
éghajlati sajátosságait,
- segítés abban, hogy minimálisra csökken-
jenek az időjárás okozta károk a mező-
gazdasági termelésben.

A hazai mezőgazdasági termelés további
fejlesztésére vonatkozó igények szükségessé
tették az ország agroökológiai adottságaiban
rejlő tartalékok kiaknázását. E felmérő munka
alapvető célja volt annak meghatározása,
hogy a természeti környezet (csapadék, hő-
mérséklet, talajtakaró, domborzat, vízellátot-
tság stb.) és a növények genetikai tulajdonsá-
gai milyen maximális hozamok elérését teszik
lehetővé a százforgulóra. Hazánk klima-
tikus adottsága a mezőgazdasági termelés fej-
lesztésének egyik biztosítéka, de számolni kell
a csapadék kedvezőtlen eloszlásával.

A víz hazánk területének több, mint felén
korlátozó tényező, ezért növelni kell a korsze-
rűen öntözött területeket. Az öntözés agro-
meteorológiai megalapozását célzó kutatásaink
eredményeit (vízigény, öntözési norma) a gya-
korlatban már számos, de távolról sem elegendő
helyen felhasználták. Jelentősek a fagy-
védelmi kutatások, valamint azok, amelyeket
a gyümölcs és szőlő termőhelyi igényeinek és
optimális termőhelyi adottságainak feltárása
céljából végzünk.

A fenti hosszútávú mezőgazdasági tervezé-
sek éghajlattani megalapozása mellett olyan
napi, heti döntésekre is szükség van, amelyek-
ben a rövid periódusú időjárási feltételek
játszanak döntő szerepet. Az agrometeoroló-
gusok dolgozzák ki a növényfejlődés, érési
időpont és termésmennyiség becslésére alkal-
mas szimulációs modelleket, amelyek az adott
év várható élelmiszerellátásáról nyújtanak tá-
jékoztató adatokat. Ezirányú hazai agro-
meteorológiai munkák közül legjelentősebbek
a MEM-nek szolgáltatott termésbecslések,
valamint a zöldségtermesztés számítógépes
irányításában kifejtett tevékenységek; felada-
tuk a mezőgazdasági nyersanyagtermelés és
az élelmiszeripari feldolgozás összehangolása.

Az előadó jól érzékeltette az agrometeoró-
lógia sokrétű feladatait, az információk nagy
gazdasági jelentőségét az élelmiszertermelés
növelésében.

A nagy érdeklődéssel kísért előadást két
film vetítése követte; az egyik az ország
talajadottságaival, a föld védelmével, a másik
pedig a konzervipari termelés különféle ága-
zataival ismertette meg a nagyszámú hallga-
tóságot.

N. Dávid Aranka

1984. március 3-án, életének 55. évében szívinfarktus következtében elhunyt dr. Pécely György klimatológus, egyetemi tanár. 20 éven át volt közvetlen kollégánk, s élete végéig pályatársunk, barátunk.

1929. május 5-én született Budapesten. Elemi és középiskolai tanulmányait Hódmezővásárhelyen, egyetemi tanulmányait a budapesti Tudományegyetem Bölcsészettudományi Karán és a szegedi egyetem Természettudományi Karán végezte. Középiskolai tanári oklevelet földrajz – biológia szakból 1953-ban szerzett. Pályafutását a Szegedi Egyetem Földrajzi Intézetében kezdte tanársegédként, de hamarosan – 1953 márciusában – az Országos Meteorológiai Intézet kötelékébe lépett.

Kezdetben a Távélőrejelző Osztályon volt 1957-ig, majd tudományos munkatárs és kutató az Éghajlati Osztályon, mint a szinoptikus-klimatológiai kutatócsoport vezetője. 1964-től a Hidrometeorológiai Osztály vezetője, 1969-től az Adatfeldolgozó és Tájékoztató Főosztály vezetője. 1970-től a Marcell György Aerológiai Főobszervatórium igazgatóhelyettese, majd 1971-től a Központi Meteorológiai Intézet igazgatóhelyettese volt egészen 1973 március 15-ig, amikor is a szegedi József Attila Tudományegyetem Természettudományi Kara Éghajlattani Tanszékére tszv. egyetemi tanári kinevezést kapott. A pusztá felsorolásból is kitérünk, hogy az Országos Meteorológiai Intézetbe lépő 24 éves fiatalember a pályakezdésétől itt eltöltött 20 év alatt töretlen, egyenletesen fölfelé ívelő pályán haladt.

Tudományos pályafutása során ugyanígy. 1959-ben az ELTE Természettudományi Karán meteorológia főtárgyból, valószínűségszámítás és hidroeográfia mellék tárgyakból vizsgát tett, és „summa cum laude” minősítéssel egyetemi doktori címet szerzett. 1961-ben aspirantúrára jelentkezett, 1964-ben védte meg „Magyarország éghajlatának szinoptikai-genetikai elemzése” c. kandidátusi értekezését, s nyerte el a „földrajztudományok (éghajlatlan) kandidátusa” minősítést, 1974-ben „A felszíni vízbevitel területi rendszere a Duna felső- és középső vízgyűjtőjén” című doktori disszertációjával pedig a „földrajztudományok (meteorológia) doktora” akadémiai minősítést szerezte meg.

Hivatali és tudományos pályafutását csak vázlatosan áttekintve is sikeres életút bontakozik ki előttünk. Bizonyos, hogy ilyen életút során számos nehézséggel, értetlenséggel kell megküzdeni, de erről Pécely kollégánk sohasem beszélt, zárkózott természetű volt. Haladt a maga által kijelölt úton. Kitérő szellemi képességgel, határozott és kialakult munkaprogrammal, széles szakirodalmi tájékozottsággal – német, orosz és angol nyelven olvasott – szakmaszeretettel és hivatástudattal, rendkívüli



munkabírással érte el eredményeit. Első publikációja 22 éves korában az *Időjárásban* jelent meg „A passzárendszer hatása Magyarországi csapadékjárásában” címmel. Egyre elmélyültebb kutatóvá és mind termékenyebb szakíróvá vált. Közel 150 cikk és 5 könyv szerzőjeként tartjuk számon. Témája mindvégig a Föld, Európa, és benne Magyarország éghajlatával függött össze. Az alkalmazott, a szinoptikus és a klasszikus klimatológia művelésének a jelenkorban egyedülálló és talán utolsó képviselője volt Magyarországon.

Az OMSZ kiadásában megjelenő utolsó tudományos kiskiadványa a „Magyarország makroszinoptikus helyzeteinek katalógusa (1881–1983)” c. kötet halála előtt két héttel hagyta el a nyomdát, a szakkörökben nagy érdeklődéssel várt „A Föld éghajlata” c. egyetemi tankönyve a szegedi nyomdában most készül.

Külön is meg kell emlékeznünk kiváló népszerűsítő szakirodalmi tevékenységéről. Számos tartalmas, időszerű, közzétehető és olvasmányos írása jelent meg a napi- és hetilapokban.

Bár az Országos Meteorológiai Szolgálatól 10 éve megvált, sok szál továbbra is hozzánk fűzte. Tagja maradt pl. tudományos folyóiratunk: az *Időjárás* szerkesztő bizottságának, részt vett több kutatási programunkban.

Korai halála mindannyiunkat megrendítet, távozásával rendkívül nagy veszteség érte a szakmát. 1984. március 13-án, a szegedi belvárosi temetőben helyezték örök nyugalomra.

Szepesiné Lőrincz Anna

✕

ANKÉT AZ 1983. ÉVI ASZÁLYRÓL

1984. március 28-án a Magyar Hidrológiai Társaság és a Vizgazdálkodási Tudományos Kutató Központ, a Magyar Agrártudományi Egyesülettel és a Magyar Meteorológiai Tár-

sasággal közösen egésznapos ankétot rendezett a VITUKI kongresszusi termében, melynek során az 1983. évi aszály meteorológiai, hidrológiai és vízgazdálkodási következményeiről hangzottak el előadások.

Az ankétot *Goda László*, a VITUKI I. Vízügyi Intézetének igazgatója nyitotta meg. Bevezető előadása után *Sziggyártó Zoltán* az aszály várható előfordulását ismertette, majd *Varga H. Zoltán* az aszály szinoptikai és agrometeorológiai értékelését adta meg. A délelőtti előadások foglalkoztak még az aszálynak a folyókra, a kisvízfolyásokra és a felszínalatti vizekre gyakorolt hatásával.

Az ankét délutáni programjában elsőként *Kiss Károly* előadását hallottuk az aszály mezőgazdasági vízgazdálkodási következményeiről. Az előadó igen reálisan ecsetelte azokat a gazdasági körülményeket is, melyek a mezőgazdasági üzemeket a vízfelhasználásban korlátozzák. A továbbiakban a meliorált területek aszályos időjárásban tapasztalt vízgazdálkodásáról, majd az aszály vízellátási és szennyvízelvezetési következményeiről volt szó.

A többségében hidrológiai kérdéseket feszegető előadásokat vita követte, melynek során inkább kiegészítő kiselőadások hangzottak el. Az egyébként korlátozott létszámú hallgatóság meteorológus résztvevői szívesen tájékoztak volna kissé behatóbban – talán több előadás keretében is – az aszály mezőgazdasági vonatkozásairól, s a Magyar Meteorológiai Társaság – a rendezésbe való hathatósabb bevonása esetén – még egy-két előadással színezhette volna az ankét programját.

Tóth Erzsébet

NAP- ÉS SZÉLENERGIA SZAKOSZTÁLY AZ MMT-BEN

A megújuló természeti erőforrások vizsgálatában, ill. feltárásában közismerten fontos szerep hárul a meteorológia művelőire is. A nap- és széleenergia közvetlen vagy közvetett felhasználása – bár spontán módon ez együtt fejlődött az emberiséggel – napjainkban az érdeklődés középpontjába került. Ezért határozott úgy a Magyar Meteorológiai Társaság, hogy a fenti kihívást elfogadva megalakítja a Nap- és széleenergia szakosztályt.

Az alakuló ülésre 1984. március 29-én került sor. *Simon Antal* főtitkár elnökletével a résztvevők egyhangúan *Major György* igazgató-helyettest javasolták az elnöki, *Zemplényiné Tárkányi Zsuzsát* a titkári tisztségre.

Ezután *Major György* „A nap- és széleenergia hasznosításának általános meteorológiai kérdései” c. előadásában ismertette e két fontos légköri erőforrás feltárásának nemzetközi és hazai helyzetét, a meglévő fontosabb szervezeti és intézményi kereteket. Részletesen foglalkozott az éghajlati potenciál e két összetevőre vonatkozó hazai kutatásokkal, amelyeknek jelentős része az OMSZ intézeteiben folyik. Javaslatot tett a szakosztály ezévi üléseinek programjára.

A hozzászólók népes tábora, véleménynyilvánításuk nem egyszer szenvedélyes volta igazolja a szakosztály létrejöttének szükségességét, és táplálja azt a reményt, hogy működése tartós és eredményes lesz.

Ambrózy P.

SZERZŐINK FIGYELMÉBE

NOTES TO THE AUTHORS

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

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

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

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

Szövegrész: Alcímekkel értelemszerűen fejezetekre tagolandó.

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

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

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

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

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

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 literary advisers.

The manuscript should meet the following formal requirements:

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

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

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

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

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

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

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

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT FOLYÓIRATA

A szerkesztésért felel: dr. Szepesiné Lőrincz Anna

Szerkesztőség: 1024 Budapest, Kitaibel Pál utca 1.

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.

Felölős kiadó: Siklósi Norbert igazgató



**83. 2209 Athenaeum Nyomda, Budapest — éves magasnyomás
Felölős vezető: Szilávik András vezérigazgató**

INDEX: 26 361

HU ISSN 0324—6329