

IDŐJÁRÁS

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT FOLYÓIRATA

85. ÉVF. ★ 1. SZÁM ★ 1981. JANUÁR—FEBRUÁR

TARTALOM

Georgii, H.—W.: A csapadékvíz savassága a WMO hálózat adatai alapján (angolul) ...	1
Ilko, J.—Šamaj, F.—Valovič, Š.: A hőmérséklet és csapadékmennyiség változásának kapcsolata a naptevékenységgel (angolul) .	10
Křížková, J.—Blahnik, O.—Čechová, E.: Az ekvivalens barotróp örvényességi egyenlet megoldása véges differencia módszer segítségével szabálytalan hálózat esetén (angolul)	17
Paál Anikó: A globálsugárzás meghatározása műholdképek alapján	27
Takács Olga: A vertikális felületre jutó napsugárzási energia napi menete és gyakorisági eloszlása	33
Novák Ákos: A zordság területi különbségei Magyarországon	43
Irodalom	52
Krónika	54

CONTENTS

Georgii, H.—W. Review of the acidity of precipitation according to the WMO-network (in English)	1
Ilko, J.—Šamaj, F.—Valovič, Š.: Temperature and precipitation changes in relation to solar activity (in English)	10
Křížkova, J.—Blahnik, O.—Čechova, E.: Solution of the equivalent barotropic vorticity equation by means of the finite element method in an irregular network (in English)	17
Paál, A.: Determination of global radiation on the basis of satellite pictures	27
Takács, O.: Daily variation and the frequency distribution of the solar energy received by vertical surface	33
Novák, Á.: Severity of climate in Hungary: regional variation	43
Literature	52
Chronicle	54

JOURNAL OF THE HUNGARIAN METEOROLOGICAL SERVICE

VOL. 85. ★ NO. 1. ★ JANUARY—FEBRUARY 1981 ★ BUDAPEST

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata
Journal of the Hungarian Meteorological Service

SZERKESZTŐ BIZOTTSÁG – EDITORIAL BOARD

AMBRÓZY P. (Budapest)	RADINOVIĆ, D. (Beograd)
ANTAL E. (Budapest)	RÁKÓCZI F. (Budapest)
BENGTSSON, L. (Reading)	RENOUX, A. (Paris-Créteil)
BÖHME, W. (Potsdam)	ŠAMAJ, F. (Bratislava)
BUDYKO, M. I. (Leningrad)	STELCZER, K. (Budapest)
FEDERER, B. (Zürich)	SZEPESI D. (Budapest)
GEORGH, H. – W. (Frankfurt a. M.)	TAKEUCHI, K. (Tokio)
GÖTZ G. (Budapest)	TUVDENDORZS, D. (Ulan-Bator)
GULYÁS O. (Budapest)	VARGA-HASZONITS Z. (Budapest)
HUSAR, R. (St. Louis, Missouri)	VITEK, V. (Praha)
LOGVINOV, K. (Kijev)	WHELPDALE, D. M. (Downsview, Ont.)
NGUYEN-XIEN (Hanoi)	WIRTH E. (Pécs)
PÉCZELY GY. (Szeged)	

Elnök – Chairman of the Editorial Board:

MÉSZÁROS E. (Budapest)

Szerkesztő – Editor:

LŐRINCZ ANNA (Budapest)

Szerkesztőség: Budapest, Postafiók 38. 1525

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

Egyes szám ára 38 Ft

Editorial Office: H-1525 Budapest P. O. B. 38 — Hungary. This journal, published by 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. 85. évf. 1. szám. 1981. január–február
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 85. No. 1. Jan–Feb 1981. Budapest

Review of the acidity of precipitation according to the WMO — network

GEORGII, H.-W. *Institute for Meteorology and Geophysics, University of Frankfurt, Feldbergerstrasse 47.
6000 Frankfurt a. M.—1 BRD*

A csapadékvíz savassága a WMO hálózat adatai alapján. A szerző a WMO csapadék-kémiai hálózatában 1972–1978 között végzett pH mérések alapján tanulmányozza a csapadékvíz savasságának alakulását. Annak ellenére, hogy a globális kép adatok hiányában nem teljes, Észak Amerika és Európa fölött a pH meghatározott tér- és időbeli eloszlást mutat.

*

Review of the acidity of precipitation according to the WMO-network. The acidity of precipitation has been investigated on the basis of pH-measurements within the frame of the WMO-precipitation-chemistry network for the years 1972–1978. Although no conclusive global picture can be gained yet, the spatial and temporal distribution of pH for the North American and European continent begins to emerge clearly.

*

Introduction. The World Meteorological Organization has established a precipitation-chemistry network which began operation in 1972. From that time an increasing number of stations reported the results of the analysis of several parameters like pH, conductivity, strong acids, potassium, magnesium, calcium, chloride, ammonium, nitrate and sulfate. Some stations came only in operation at a later date and the period 1972–1977 is certainly too short to evaluate any significant trends. We shall try in this review to use the data of the precipitation network for some evaluations of the spatial and temporal distribution of the acidity in rain reported as pH-value. Two intercomparisons of reference precipitation samples in 1975 and 1976 have greatly improved the performance and reliability of the analytical techniques applied and have improved the agreement between the results of the different laboratories.

Besides the WMO-network, there are a number of regional networks in operation in America and Europe. Unfortunately, there exist differences with respect to sampling-periods (e.g. monthly or “event”-sampling), use of different types of collectors and different methods of chemical and statistical analysis. New programs with long planned duration include the Canadian network which went into full operation in 1977 and the MAP 3S-network in USA. In West-Germany, a network of 10 stations, intended to measure the dry and wet deposition of a number of components including heavy metals was started in summer 1979. A first introduction in its purpose was recently given by *Georgii and Perseke* (1980). The publication and distribution of data and the archiving procedures differ among the various networks. The data of the WMO-members are published annually. It is regretted that the data lag is considerable.

The 1976 data were published only in October 1978. A preliminary evaluation of the 1972–1976 precipitation chemistry data for Europe and North America has recently been presented by Wallen (1980).

1. Spatial distribution of pH-value in precipitation

The data gained by the global precipitation chemistry program should enable us to draw a global picture of the distribution of different chemical components and to evaluate an objective survey of changes of these components in the course of years. In the first place we have tried to evaluate the spatial distribution of pH for the years 1972, 1976 and 1978. *Fig. 1, 2 and 3* show the results. *Fig. 1* gives the distribution for 1972. It can be seen that in Central Europe pH-values as low as 4.0 are found with increasing tendency to the ocean but also towards Eastern Europe. Over the North American continent relatively high pH-values were measured over the middle and Western U.S. Only at the East coast pH-values drop to 4.5. The low pH-values at the East coast of the U.S. and in Central Europe clearly reflect the effect of pollution. The distribution of pH over Europe shows similar values as those reported by Granat (1978). In the pH-distribution of the year 1976 shown in *Fig. 2*, the number of stations reporting pH-data has increased since 1972. It is therefore possible to identify the centers of high and low pH more clearly. The middle and Western U.S. show again rather high pH-values with 6.5, over the Eastern U.S. the acidity is again higher with pH-values as low as 4.5. Again Central Europe shows the lowest pH-values with an average of 4 with increasing pH towards the Soviet Union but also towards the British Isles and Ireland. Generally it can be stated that the spatial distribution of pH in precipitation did not change significantly between 1972 and 1976. It must be emphasized that only a rough picture can be given since the number of reporting stations is limited. As can be seen from *Fig. 2* it is by no means possible to present a global survey of the pH-distribution. Nevertheless, our evaluation for the year 1976 shows good agreement with the estimated synoptic

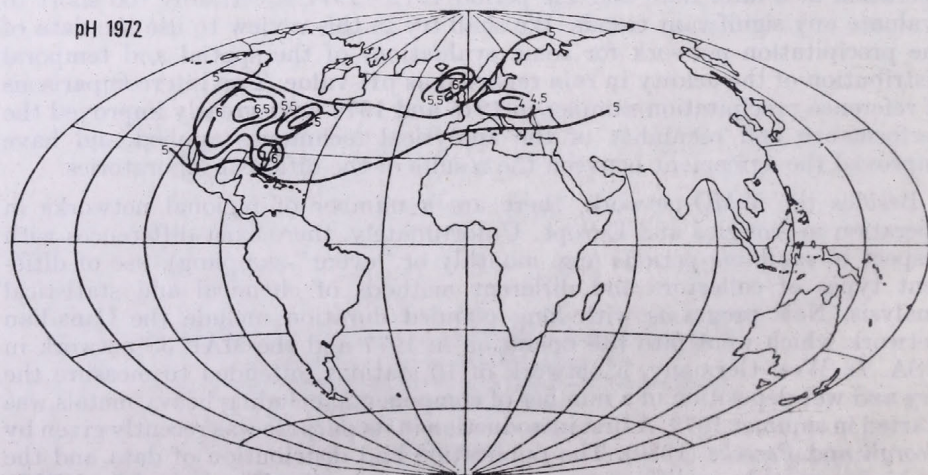


Fig. 1: Global pH-distribution in precipitation for the year 1972

pH 1976



Fig. 2: Global pH-distribution in precipitation for the year 1976

picture of pH in rainwater for the Northern Hemisphere published by Gravenhorst *et al.* (1980). Fig. 3 shows the global distribution of pH in rain for the year 1978. While the distribution in Europe did not change significantly, it appears that the acidity in rain increased over the United States between 1976 and 1978. The pH-values in Central U.S. dropped from 6.5 to 6 and at the East coast from 4.5 to 4. During the OECD-project "Long Range Transport of Air Pollutants" the mean pH-distribution of acidity in precipitation was reasonably similar to the concentration field for excess sulfate in precipitation, but the pH-values were higher than could be expected from the sulfate-concentrations in some areas what indicates that the pH in precipitation is also influenced by other substances, mainly nitrate and ammonium.

pH 1978

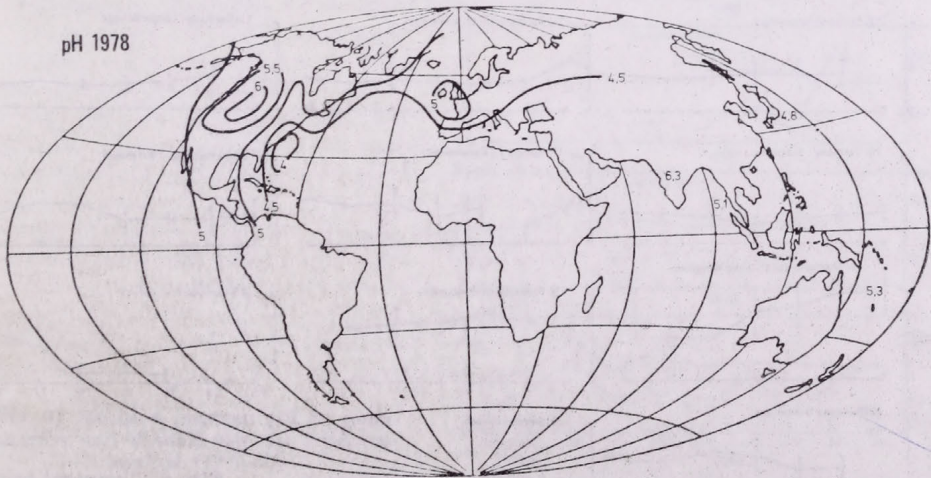


Fig. 3: Global pH-distribution in precipitation for the year 1978

2. Temporal trend of the acidity in rainwater

Kayser *et. al.* (1974) found, when evaluating the composition of precipitation at the mountain station Schauinsland in Black Forest a decrease of the pH-value in rain from 5 to about 4.2 during the period 1965 to 1973. The mean pH-value in precipitation averaged over 8 stations in West Germany analysed by the same authors decreased from 4.7 in 1967 to 4.3 in 1972. It was also reported that the pH-value of the water of Swedish lakes and rivers in the Southern and Western part of Sweden decreased during the period 1965 to 1970. The drop of pH in precipitation has continued after 1972 and it can also be observed at other European or American stations.

We have evaluated the pH-data of those 23 WMO-stations which had reported to the data-center for at least four years. *Fig. 4* shows the results. Besides the annual mean values we have also entered the standard-deviation

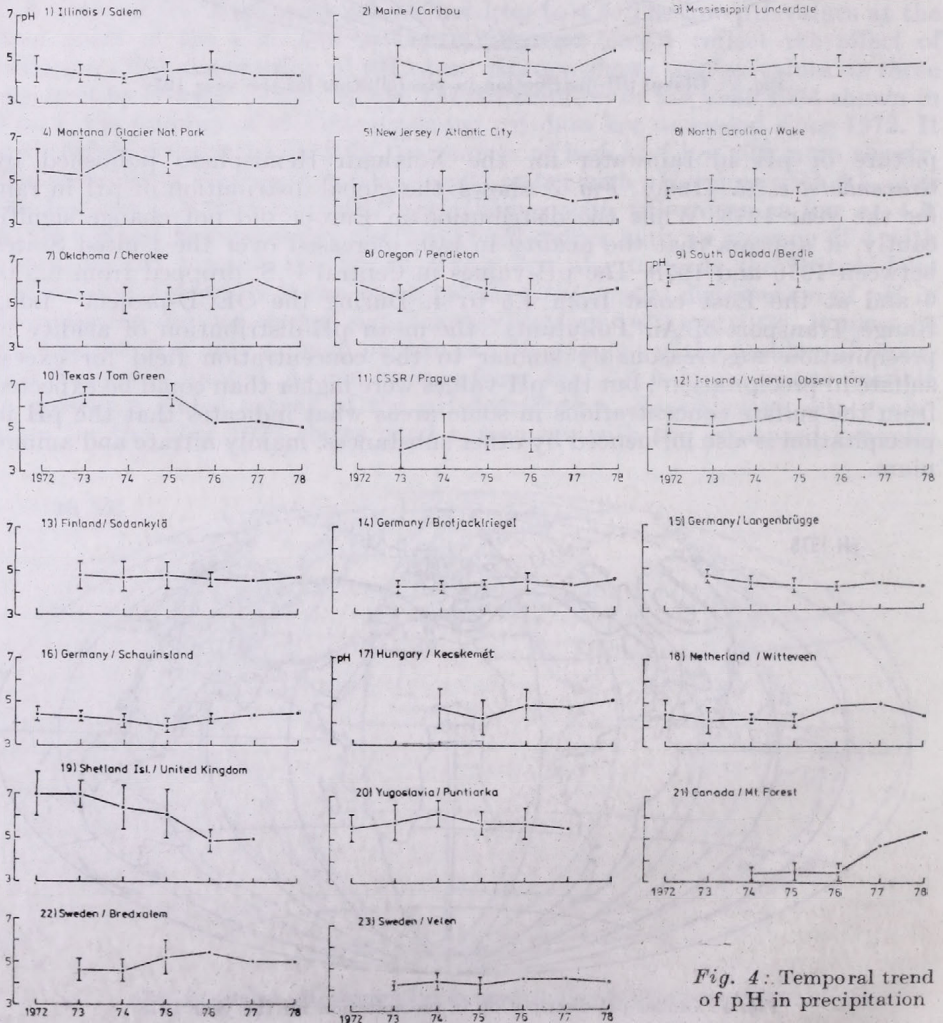


Fig. 4: Temporal trend of pH in precipitation

for the years up to 1976. It is probably mainly caused by the seasonal trend of the pH-value. We shall come back to this phenomenon later. Ten of the stations plotted in *Fig 4* are situated in the United States of America. None of these stations shows a significant trend towards higher acidity. Some of the stations reveal a certain variation. It appears, however, that this variation might have been caused by the changing precipitation rate from year to year and not by an increase or decrease of the amount of acid pollutants scavenged by precipitation.

This statement is in agreement with an evaluation by *Miller* published in a paper by *Pack* (1979). *Miller* found no trend of the pH in precipitation at five WMO-regional stations in the U.S. over the period 1972 to 1976. Atlantic City in New Jersey at the East coast of the American Continent is the only U.S. station showing a certain decrease of the pH-value from 1975 to 1978, possibly due to the increase of sulfuric pollution in this part of the continent. Another exception is the station Tomgreen/Texas where the pH-value dropped considerably after 1975. The stations 4 to 23—except 21—are situated in Europe. Among these, the stations 14, 15 and 16 are the West German stations which are operated since 1967. As mentioned above, the pH-measurements of the German stations were evaluated and interpreted for the years 1967 to 1972. Langenbrügge and Schauinsland show a further slight decrease of the pH-value from 4.5. to 4 up to 1975. Brotjacklriegl on the other hand shows a slight increase of pH. In the case of Schauinsland the trend might have changed after 1975 since an increase of the pH-value from 4.0 to 4.5 can be noticed.

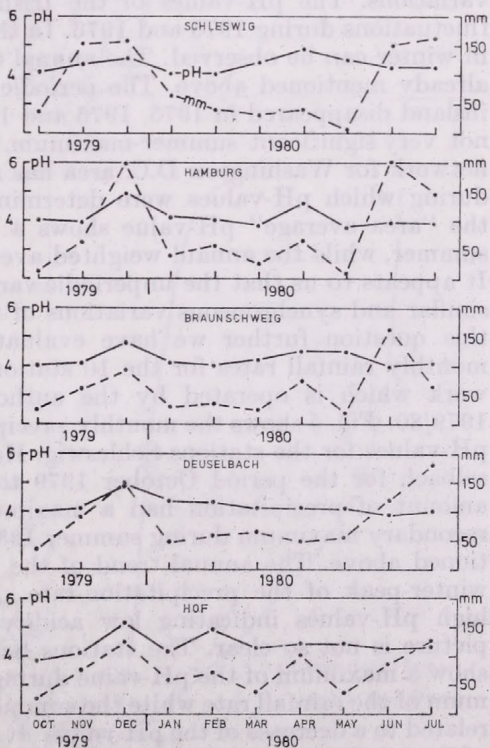


Fig. 5: Relation between pH in precipitation and rainfall rate for 5 German stations (1979/80)

The United Kingdom-station on the Shetland Islands shows an extreme decrease of pH 7 to 5 which must be due to change of location of the sampling sites or influence of sea-spray. It is furthermore of interest that the two Swedish stations do not show any decrease of the pH-value but an indication for a pH-increase. Generally, the following preliminary statement can be made:

From the evaluation of the seven-year period 1972 to 1978 no significant further decrease of the pH-value in precipitation can be concluded. This is mainly true for the United States of America but seems also validated for the European stations. However, a period of only seven years seems to be too short to permit any generalisations.

During the evaluation of the data of the German station Schauinsland *Kayser et. al.* (1974) found annual periodic fluctuations with a maximum during late summer and a minimum in spring. This periodic variation was observed from 1965 to 1973 although in 1972 and 1973 it was less significant compared to the years before. It was therefore of interest to evaluate the data of other stations of the WMO-network with regard to the occurrence of summer maxima or of periodic annual variations of pH. For this purpose we have evaluated the monthly pH-values of the stations: Lauderdale (USA), Wake (USA), Prague (CSSR), Valentia Island (Ireland), Sodankylä (Finland) and Schauinsland and Langenbrügge (FR Germany). The two U.S. stations show a certain periodic variation but it appears to be rather a six-month period than an annual period. The CSSR-station reveals large unperiodic variations. The pH-values of the Irish station shows also large unperiodic fluctuations during 1975 and 1976. In the years before 1975 a weak maximum in winter can be observed. The annual trend of the two German stations was already mentioned above. The periodic variation of the pH-value of Schauinsland disappeared in 1975, 1976 and 1977. Langenbrügge shows a small and not very significant summer-maximum. On the other hand the NOAA urban network for Washington D.C. area has more than three years event sampling during which pH-values were determined (*Pack* 1979). The time history of the "area average" pH-value shows a clear warm weather H^+ -maximum in summer, while the annual weighted average shows no trend over this period. It appears to us that the unperiodic variations of the pH-value are related to similar and synchronuous variations of the rate of rainfall. In order to study this question further we have evaluated the monthly pH-values and the monthly rainfall rates for the 10 stations of the German wet-deposition network which is operated by the author and his associates for the period 1979/80. *Fig. 5* shows the monthly precipitation rate and the monthly average pH-values for the stations Schleswig, Hamburg, Braunschweig, Hof and Deuselbach for the period October 1979 to July 1980. It can be seen that the amount of precipitation had a maximum during the winter-months and a secondary maximum during summer 1980. This refers to all five stations mentioned above. The annual trend of the pH-value in precipitation follows the winter-peak of the precipitation-rate. At the time of the winter-maximum high pH-values indicating low acidity were measured. During spring the picture is not so clear. The stations Schleswig, Hamburg and Braunschweig show a maximum of the pH-value during April which is not related to a maximum of the rainfall rate while the summer maximum of the rainfall rate is correlated to a decrease of the pH-value. It seems that there may exist a influence of the rainfall-rate on the pH-value in precipitation during summer and winter.

3. Frequency distribution of acidity in precipitation

Besides the temporal trend of the pH-value we have also evaluated the frequency-distribution for the stations mentioned in the previous chapter and in addition for the Shetland Island-station. The data are presented in the

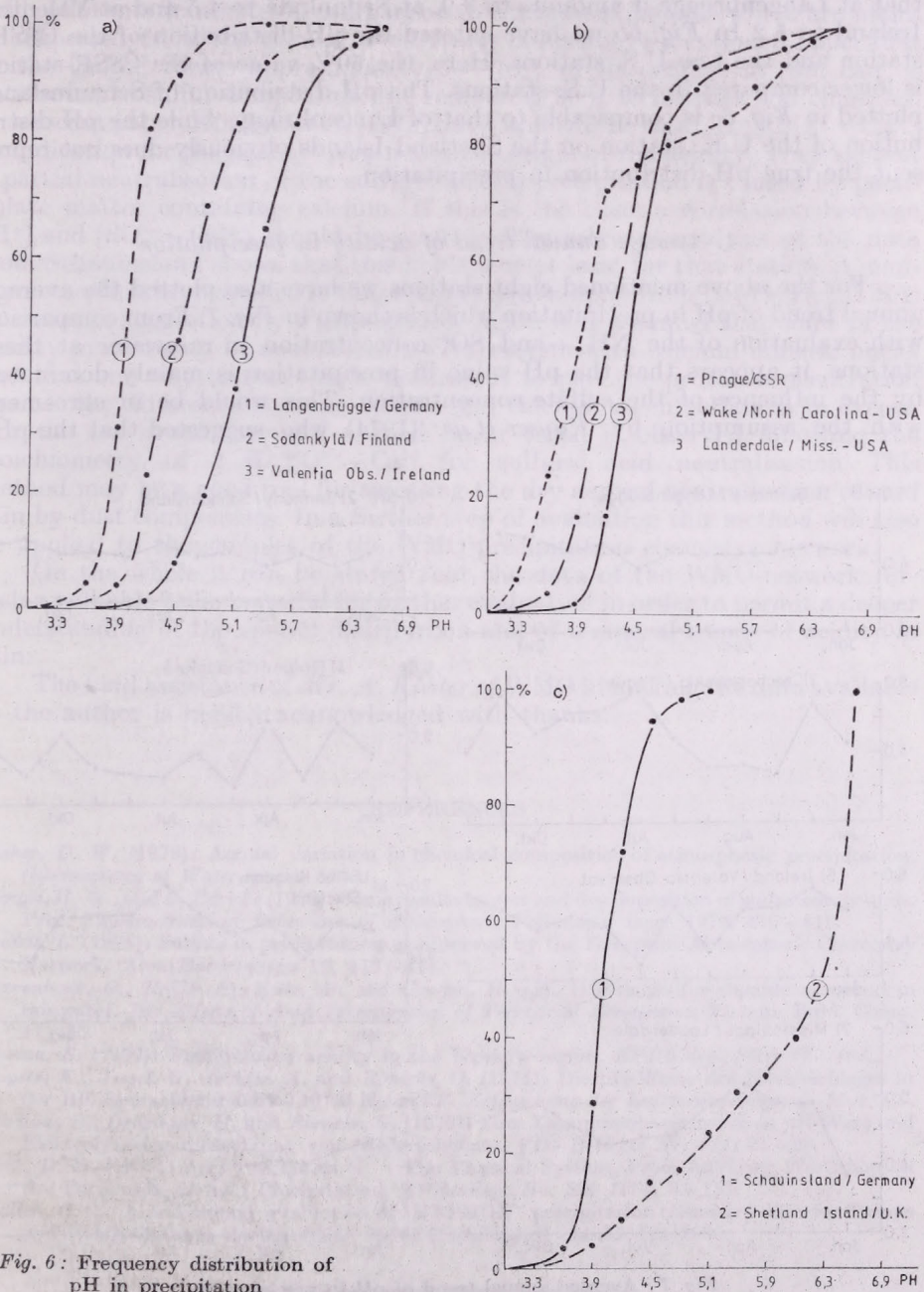


Fig. 6: Frequency distribution of pH in precipitation

same way as by *Kasina* (1979) in a recent publication. *Fig. 6 a, b, c* show the percentage of the total precipitation with pH lower than a given value. All available data for the years 1972 to 1976 were included into the presentation. *Fig. 6a* shows the stations Langenbrügge, Sodankylä and Valentia Observatory. When we consider the 50%-value as an average, it can be seen that at Langenbrügge it amounts to 3.9, at Sodankylä to 4.5 and at Valentia/Ireland to 5.2 In *Fig. 6b* we have entered the pH-distribution of the ČSSR-station and the two U.S. stations. Here, the 50%-value of the ČSSR-station is lower compared to the U.S.-stations. The pH-distribution of Schauinsland, plotted in *Fig. 6c* is comparable to that of Langenbrügge while the pH-distribution of the U.K. station on the Shetland Islands obviously does not represent the true pH-distribution in precipitation.

4. Average annual trend of acidity in precipitation

For the above mentioned eight stations we have also plotted the average annual trend of pH in precipitation which is shown in *Fig. 7*. From comparison with evaluation of the NH_4^+ - and SO_4^{2-} -concentration in rainwater at these stations, it appears that the pH-value in precipitation is mainly dominated by the influence of the sulfate concentration. This would be in agreement with the assumption by *Kayser et al.* (1974) who suggested that the pH-

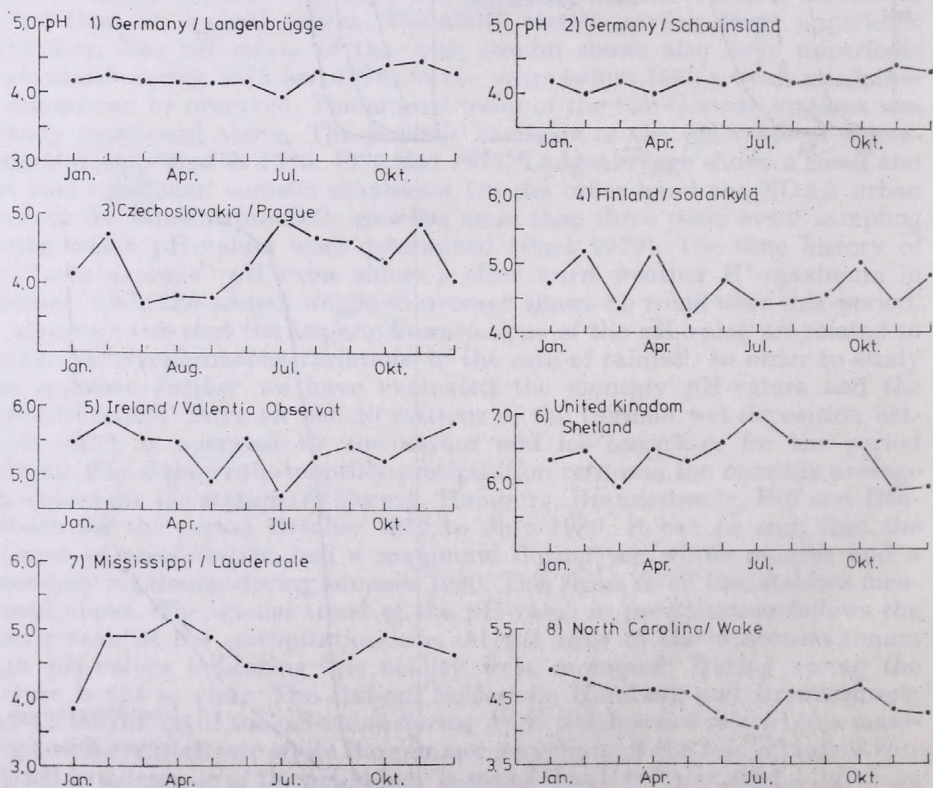


Fig. 7: Average annual trend of pH in precipitation

value of rainwater is mainly determined by the ratio $\text{SO}_4^{2-}/\text{Ca}^{2+}$. A stoichiometric relation of SO_4^{2-} to Ca^{2+} leads to a pH of 5.0. A surplus of sulfate leads to lower pH-values – for instance a surplus of $40 \mu\text{mol S}$ to a pH-value of 4.0 – while a surplus of Ca in rain results in high pH-values. Most European stations show higher acidity which is to be expected since the influence of acid pollutants dominates in comparison to calcium compounds which are mainly dispersed from the ground. *Pack* states in his above-mentioned paper that in the United States approximately 60–70% of the acidity in rain can be attributed to sulfur compounds, the remaining 30% to nitrates and chlorides. In a recent paper *Klockow et al.* (1978) have applied the ratio $[\text{H}^+]/[\text{SO}_4^{2-} - \text{Ca}^{2+}]$ as indication for the acidity of rain and the origin of the acidity. They suggest a partial neutralisation of the sulfuric acid in precipitation is caused by particulate matter containing calcium. If this is the case, a correlation between $[\text{H}^+]$ and $[\text{SO}_4^{2-} - \text{Ca}^{2+}]$ should be positive. The relevant analysis of the data from Schauinsland shows that this holds true at least for that station. A similar method has been applied to the precipitation samples from Lewes, Del. (USA) following a suggestion by *Fisher* (1978). Again it is assumed that some of the acidity in rain may be neutralized by interaction with calcium mineral nuclei and that one way to test this hypothesis is to plot the proton concentration against the difference between sulfate and calcium when sulfate is in excess. For the Lewes-rain samples a good linear trend is observed following the stoichiometry of $2 \text{H}^+/\text{SO}_4^{2-} - \text{Ca}^{2+}$ for sulfuric acid neutralisation. This method may be a good tool for assessing the dry aerosol neutralisation of acid rain by dust components. In a further step of evaluation this method will also be applied to the samples of the WMO-precipitation chemistry network.

On the whole it can be stated that the data of the WMO-network furnish a valuable basic material for further evaluation in order to permit a deeper understanding of the spatial distribution and of temporal trends of acidity in rain.

The kind assistance of *Mr. A. Köhler* of WMO in making the data available to the author is hereby acknowledged with thanks.

REFERENCES

- Fisher, D. W.* (1978): Annual variation in chemical composition of atmospheric precipitation. *Geochemistry of Water*, paper 1535.
- Georgii, H. W., and C. Perseke* (1980): Some results on wet and dry deposition of sulfur compounds. *Proc. Physico-chemical Behaviour of Atmospheric Pollutants*, Ispra 1979, 410–419.
- Granat, L.* (1978): Sulfate in precipitation as observed by the European Atmospheric Chemistry Network. *Atm. Environment* 12, 413–424.
- Gravenhorst, G., Beilke, S., Beltz, M. and Georgii, H. – W.* (1980): Sulfur dioxide absorbed in rainwater. In: *Effects of Acid Precipitation of Terrestrial Ecosystems*. Plenum Publ. Comp. 41–55.
- Kasina, S.* (1979): Precipitation acidity in the Krakow-region. *EPRI-Rep. SOA 77–403*.
- Kayser, K., Jessel, U., Köhler, A. and Rönicke, G.* (1974): Die pH-Werte des Niederschlages in der BR Deutschland 1967–1972. *Komm. Z. Erforschung der Luftverunreinigung. Mtt. IX*.
- Klockow, D., Denzinger, H. and Rönicke, G.* (1978): Zum Zusammenhang zwischen pH-Wert und Elektrolytzusammensetzung von Niederschlägen. *VDI-Berichte Nr. 314*, 21–26.
- Pack, D. H.* (1979): Acid Precipitation – The Physical System. Proc. Advisory Workshop on the Formation of Acid Precipitation. *EPRI-Rep. No. EA 1074*, 3–137.
- Wallen, C. C.*: A preliminary evaluation of “BAPMON” precipitation chemistry data for Europe and North America during 1972–1976. Unpublished manuscript 1980.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 85. évf. 1. szám. 1981. január – február
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 85. No. 1. Jan – Feb 1981. Budapest

Temperature and precipitation changes in relation to solar activity*

ILKO, J. ŠAMAJ, F. and VALOVIČ, Š. *Hydrometeorological Institute, Jeséniova 17, 885 32 Bratislava*

A hőmérséklet és csapadékmennyiség változásának kapcsolata a naptevékenységgel. A tanulmány a naptevékenység, valamint a Csehszlovákiában megfigyelt hőmérséklet és csapadékmennyiség nagy időléptékű változásaival foglalkozik. A különböző hosszúságú periódusokat, beleértve az Elba folyó vízhozamának ingadozásait, a szerzők különböző számítási eljárások segítségével elemzik. Külön figyelmet szentelnek az említett meteorológiai elemek esetleges 11 évi periódusai kiderítésének. Kimutatják, hogy bizonyos időszakokban a hőmérséklet és a csapadékmennyiség a relatív napfoltszámokkal párhuzamosan változik, pl. a naptevékenység maximuma a hőmérséklet és a csapadék relatív maximumával esik egybe. Ezeket az időszakokat aszinkron intervallumok követik. Bár a szinkron és aszinkron ciklusok nem szabályosak, az említett összefüggés az előrejelzések számára nagy jelentőségű.

*

Temperature and precipitation changes in relation to solar activity. In this paper the long-term periodicity of solar activity, as well as long-term temperature and precipitation variations at selected localities in the territory of the Czechoslovak Socialist Republic are discussed. The periods of various lengths are examined by various smoothing out grades of long-term series of relative sunspot numbers, temperature, precipitation and discharges on the Labe river. For analysing the relationship between the long-term course of the mentioned meteorological phenomena and solar activity, such characteristics are chosen at which the 11-year period in their long-term course is emphasized. It is found that in some consecutive cycles the temperature and precipitation courses are synchronous with the course of the relative sunspot numbers, e.g. the maximum of solar activity corresponds to the relative maximum of temperature and precipitation. Later the relation changes to an asynchronous one. Although the changing of synchronous and asynchronous cycles is not regular, this relation is of a great importance for forecasting practice.

*

Introduction. Relations between solar activity and processes in the Earth's atmosphere, or generally between Sun and Earth, have been the subject of study for many years. At present, with the development of space techniques, the volume of knowledge concerning processes in space continuously increases, and study of the mentioned relation is revived. The interest of meteorologists concerns mainly regularities that could be used in practice, especially in long-term weather forecasting.

Needs and demands of various branches of our national economy for meteorological service unceasingly increase. Not infrequently forecasts are requested a longtime in advance, e.g. a forecast for the summer months is required to be issued in the beginning of the year. In compiling of

* The Editorial Board believes that the direct relationship between solar activity and tropospheric phenomena has never been proved. This paper is considered as a matter for discussion.

current long-term prognoses (for 30 days) as well as super long-term forecasts, it is possible to utilize informations about conditions and dynamics of cosmic space, among which solar activity plays a dominant role.

One of the many factors influencing the temporal course of temperature and precipitation at a certain place on the Earth's surface is the change of total energy received from the Sun. Transformation of this energy occurs by complicated ways. However, it is expected that the changes of solar activity and changes of temperature and precipitation – in their long-term course are connected.

As an indicator of long-term temperature variation, we chose long-term series of mean monthly temperature from the three stations: Banská Štiavnica, Oravsky Podzámok (1851–1979) and Bratislava (1776–1979). The temperature series of Bratislava, where observations had been made since 1851, was completed on the basis of observations made in Vienna (1776–1850) *Koncek*, 1972). From the same stations, we also chose long-term series of precipitations, which refer, however, to shorter periods than the temperature series do. In addition, use was made of 100-year series of monthly precipitation totals for the territory of the Czech Socialist Republic (1876–1975) and of mean monthly discharges on the Labe river in Děčín for period from 1851 till now. As characteristics of solar activity, we have used the mean yearly relative sunspot numbers (Zürich numbers of Wolf) as well as their forecasted values for the years 1980–1985.

1. Periodicity and forecasting of solar activity

Cosmic processes and, in particular, solar activity are characterized by a certain periodicity which allows their successful forecasting. There exist many methods for forecasting of the 11-year solar activity cycles by which the times of maximum and minimum appearance as well as the level of solar discovrage by sunspots are forecasted. But the cause of periodicity is not quite successfully explained, it is especially the transformation mechanism of the Sun's internal energy to the energy of solar activity that is not yet sufficiently known. It is presumed that these processes are determined by mass transfers in layers in the Sun, the Sun's attraction, attraction of big planets, wandering of the angular momentum of the whole solar system (which is always constant) between the big planets and the Sun. The latter question was elaborated only recently. It concerns with the transfer of the centre of gravity of the solar system depending on the position of planets. If the big planets group on one side of the Sun, the centre of gravity is transferred in the direction of their position. This transfer varies from 0,01 to 2,19 times of the Sun's radius. In connection with this fact, the angular momentums of the Sun and the planets change, although the total angular momentum remains constant. It is presumed that the number of sunspots is directly proportional to the change of the angular momentum of the Sun. Because the configuration of the planets can be relatively accurately calculated, changes of the angular momentum as well as the level of solar activity can be forecasted.

Besides the distinctive approximately 11-year period of solar activity variation, longer periods can also be found. These can be analysed with the aid of long-term series of relative sunspot numbers, from which we will eliminate shorter periods by smoothing. *Fig. 1* illustrate the course of the mean yearly values of relative numbers obtained by 20-fold smoothing by means of binomial coefficients.

The points marked on the graph by crosses correspond to the moment of the nearest approaching of the four big planets: Jupiter, Saturnus, Uran and Neptun. One of such approachings was about the year 1810, the nearest ones according to calculations will be about the year 1990 and about the year 2190. From this, it appears that there exists a period of solar activity of about 180 years, which is supposed to be the basic one. According to some authors, the length of this period is 178 years — which is double of the 89-year period and 16-multiple of 11-year period. On the basis of this periodicity in the configuration of the planets, 500-year and a 1900-year period can also be derived. The maximum in the 1900-year cycle will occur about the year 2350, so at present time we are in an increasing part of this cycle, illustrated on *Fig. 1* by slant straight lines, which means that solar activity will be increasing in the following centuries. The maximum in the 178-year cycle was about the year 1900 (marked by dot on the graph), the next one will be about the year 2090. Further it appears from the graph that in reality, maxima in the 178-year cycle coincide with minima in the 89-year cycle known in long-term series not only in meteorological but also in other natural phenomena such clay deposits at the bottom of lakes, annual growth rings of trees and so on. A peculiar feature of this 89-year cycle is that although the distance of minima is approximately 89-years, the distance of maxima sometimes takes 60–70 years (1780–1845), while in other cases it is about 110 years (1845–1958).

On the basis of such knowledge, the smoothed curve of solar activity was extrapolated by *Družinin et al.* (1974) for the next decades. Part of this extrapolation is illustrated on *Fig. 1* by dots.

2. Secular course of temperature and precipitation

We illustrated the courses of temperature, precipitation and solar activity for comparison by the graphs in *Fig. 1* and *Fig. 2*. Curve 1 on the *Fig. 1* illustrates the course of mean yearly temperature in Bratislava, which was obtained by the same smoothing as the series of relative sunspot numbers (curve 2). The maximum in the course of temperature in the years 1790–1830 is overlapped by an ill-defined relative minimum, similarly as on the curve of solar activity about the year 1810. The coolest years were in the period about 1840 and 1870; since that a continuous warming has been observed. In contrast to this, the solar activity has been intensified after 1900.

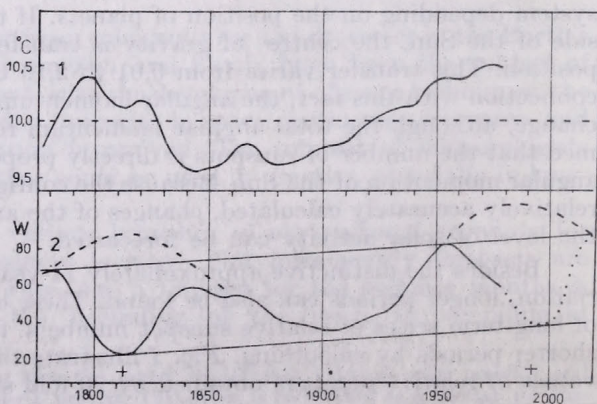


Fig. 1: Secular variation of the mean yearly temperature in Bratislava (curve 1) and the — course of the relative sunspot numbers, curve 2 gives the 20-times smoothed out values

The secular precipitation course is of the opposite tendency. On *Fig. 2*, curve 1 illustrates the 20-fold smoothed long-term precipitation course, which presents an average of the yearly totals of precipitation from the three stations mentioned in the introduction. Curve 2 shows the smoothed series of precipitation totals in Banská Štiavnica. A break period in the precipitation course can be clearly seen about the year 1900. Till that period, there was an increasing tendency of precipitation totals since that period there has been an almost continuous decrease. A relative maximum on the precipitation curves appears in period 1940–1950; the most rapid increase of solar activity till then was noticed at the same time. The second, less marked, relative maximum is about the year 1970.

3. Influence of the 11-year period of solar activity on the course of temperature and precipitation

To analyse the shorter periods in the long-term course of solar activity, the mean yearly values of relative sunspot numbers were smoothed twice by binomial coefficients. The series of Wolf's numbers smoothed by this way is illustrated on all the figures below.

In comparing the temperature and precipitation courses in dependence on the 11-year cycles of solar activity, we should keep in mind the fact that in time of solar activity maximum, atmospheric circulation is more intensive and a West-East transport of air masses prevails, in our case from the Atlantic ocean above the continent.

At such circulation, there are above normal precipitation on our territory both in winter and summer halfyears. By zonal flowing, there are above normal temperature values in winter period and below normal ones in summer period. In case of precipitation, we shall follow the long-term course of the deviations of the yearly total from the long-term normal. In contrary to such precipitation characteristic, we chose—in connection with the facts mentioned above—as temperature characteristics for the given year a sum of deviations of mean monthly temperature from the normal in such way that deviations in months april–september are taken with opposite signs. Such precipitation and temperature characteristics ought to be positive during periods of more intensive circulation i.e. in time of the solar activity maximum and negative during minimum solar activity.

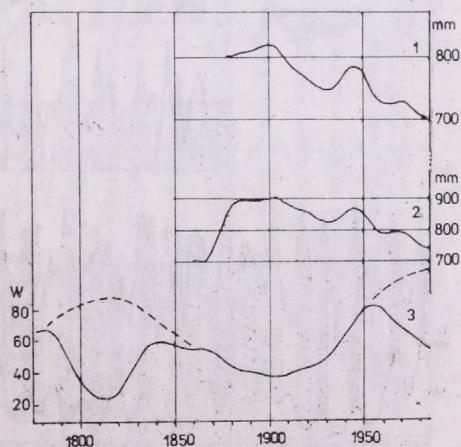


Fig. 2: Secular variation of the yearly precipitation totals. 1 – average from three stations, 2 – Banská Štiavnica, 3 – smoothed outvariation of the Wolf's numbers

From time series of precipitation and temperature characteristics, obtained by such way, we shall filtrate periods which are shorter than 8 years and longer than 12 years. By this so called "zonal" filter, we shall emphasize the periods with length from 8 to 12 years which are interesting to us from the point of view of solar activity periodicity. In the simplest case, this filtration can be expressed by the relation:

$$\bar{D}_j = \frac{1}{7} \sum_{i=m}^n D_i - \frac{1}{13} \sum_{i=k}^l D_i, \text{ for } j=7,8, \dots, N-6$$

where D_i is precipitation, resp. temperature characteristics in the i -th year,
 \bar{D}_j are values of filtrated series,
 N is the number of years, and then

$$m = j-3, \quad n = j+3, \quad k = j-6, \quad l = j+6$$

By such a calculation, which represents a certain way of smoothing by sliding averages, we suppress the first six components and last six ones of the original series. By a suitable form of algorithm, this shortcoming can be removed.

The course of temperature characteristics \bar{D} at three stations on the territory of Slovakia is graphically illustrated on Fig. 3. The basic and most important result which we obtain from the analysis of the graphs, is the fact that the relation between the variations of the \bar{D} value and the variations of solar activity is not persistent. Let us examine in more detail the temperature characteristics of the longest series from Bratislava — station (curve 3). Approximately till the year 1820, the course of our characteristic is in phase with the solar activity course — synchronous course of solar activity and temperature characteristic. Then a phase shift appears and \bar{D} has positive values in periods of the solar activity minimum-asynchronous course. Phase agreement

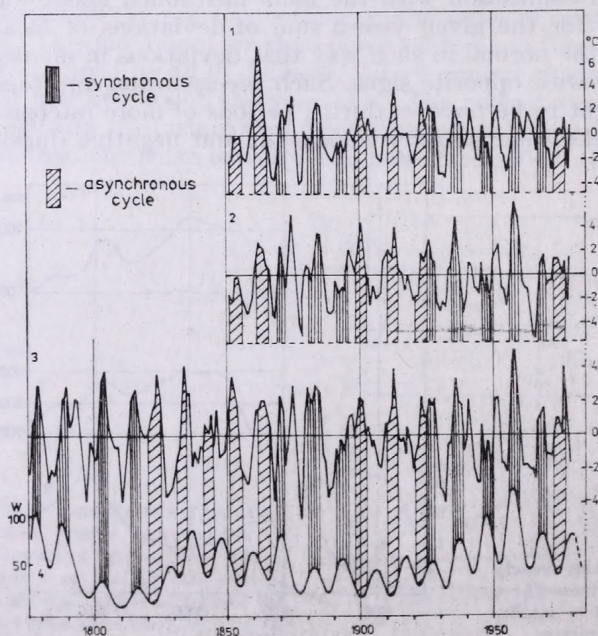


Fig. 3: Long-term variation of temperature characteristics. 1 Banská Štiavnica, — 2 Oravský Podzámok, 3 — Bratislava, 4 — Double smoothed out course of the Wolf's numbers

is again restored about the year 1870 and this effect has been repeated up to today several times. The last phase shift took place about the year 1971. This shift in phase was noticed by the Soviet authors *Družinin et al.* (1974), who examined the relation between solar activity periodicity and atmospheric circulation on the northern hemisphere and its various sectors from the year 1900.

The course of precipitation characteristics compared with the 11-year cycles of solar activity is illustrated on *Fig. 4*. It seems that the relation between the variations of the \bar{D} characteristics and the variations of solar activity is not persistent in this case. Synchronous and asynchronous cycles vary. About the year 1866, an asynchronous cycle ends and a phase shift appears. After that, asynchronous cycle follows approximately till the year 1895 and an asynchronous one till the year 1925, when it is followed by asynchronous cycle up to 1970. About the year 1971, there appears a shift in phase, followed by an asynchronous cycle. Secondary maxima are also appearing on the decreasing parts of the solar activity cycles.

Because precipitation total at one station depends to a certain extent on its geographic position, we have used long-term series of precipitation which were obtained by "raingauges with big trapping surface". It is the case with the 100-year series of precipitation on the territory of Bohemia and Moravia which was obtained by calculating the precipitation total for the whole territory and of the precipitation from Labe river basin which were simulated by discharges on this river at Děčín. The course is illustrated on *Fig. 5*.

Although there is evidently sure relationship between individual extreme values of sunspots, precipitations and discharges, this relationship is not simple and unambiguous. It can be nevertheless supposed that there exists some periodicity of natural phenomena in general and of meteorological phenomena in particular. For instance in the years 1878–1913, the variation in the course of sunspots is relatively small, in the course of precipitation and discharges there appears, however, a significantly great variation. In contrast to that, in the years 1932–1962, the variation in the course of sunspots is very strong, but in precipitation and discharge courses it has the opposite tendency.

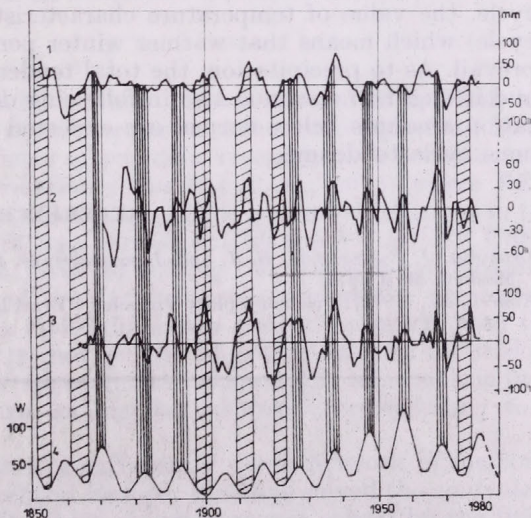


Fig. 4: Long-term variation of precipitation characteristics. 1 – Banská Štiavnica, 2 – Bratislava, 3 – Oravský Podzámok, 4 – solar activity

4. Possibility of forecasting

As regards temperature, it is possible to make the conclusion on the basis of the secular course, that the tendency of warming will follow in agreement with the forecasted curve of solar activity, it means up to the year 2350, but meanwhile several relative maxima and minima will appear in connection with shorter periods of solar activity.

In connection with synchronous and asynchronous cycles, the periods during which no phase shift appear, are not of equal length and that is why the possibilities of forecasting of such relations are partially limited. With regard to the fact these periods were never shorter than the periods of the cycles of solar activity, it can be supposed that in the year 1980, when the maximum of solar activity is expected, values of \bar{D} characteristics will be negative, what is quite possible for instance in the case if the winter is below

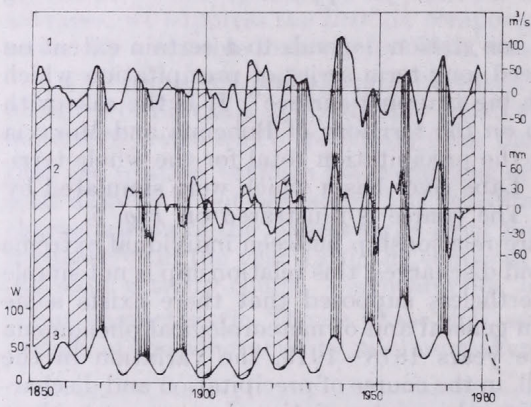


Fig. 5: Discharge and precipitation characteristics. 1 — discharges on the Labe river in Děčín, 2 — precipitations in Bohemia, 3 — solar activity

normal and summer is above normal. In the following years, this situation will be changed in that sense that by decrease of solar activity in the 11-year cycle, the value of temperature characteristic \bar{D} will increase (asynchronous cycle) which means that warmer winter periods and cooler summer ones will prevail. As to precipitation, the total tendency in secular course is decreasing and it ought to continue also in following decades. In the next years precipitation amounts below normal are expected in view of the present asynchronous cycle tendency.

REFERENCES

- Družinín, J. P., Sazonov, B. J. and Jagodinskij, V. N. (1974): Kosmos — Zemlja. Prognozy, Moskva, Mysl 1974.
Konček, M., (1972): Priebeh teploty vzduchu v Bratislave za 195 rokov. Meteorologické zprávy, č. 6, HMÚ.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 85. évf. 1. szám. 1981. január – február
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 85. No. 1. Jan – Feb 1981. Budapest

Solution of the equivalent barotropic vorticity equation by means of the finite element method in an irregular network

KŘÍŽKOVÁ, J. and BLAHNÍK, O. Dpt. of Mathematics, Institute of Technology 30615 Plzeň,
ČECHOVÁ, E. Inst. of Physics of Atmosphere, Czechosl. Acad. Sci., 141 31 Praha, ČSSR

Az ekvivalens barotrop örvényességi egyenlet megoldása véges differencia módszer segítségével szabálytalan hálózat esetén. A Helmholtz-egyenlet megoldását mutatjuk be szabálytalan elrendezésű mérő hálózat esetére alkalmazott véges differencia módszer segítségével. A tartományt olyan háromszögekre osztottuk fel, amelyeknek a csúcsait az aerológiai állomások képezték. A csúcspontok száma 97, a háromszögek száma pedig 170 volt. Az eljárás Algol-programját Odra 1204 típusú számítógépen futtattuk le. A módszert két különböző szinoptikus helyzetre alkalmaztuk (1965. február 15. és 1962. november 3.). A számítási tartomány Közép-Európa összes aerológiai állomását magában foglalta. A bemenő adatokat az 500 mbar-os szint magasság értékei képezték, minden előzetes simítás, vagy átrendezés nélkül. A tanulmányban bemutatjuk az aktuális helyzeteket és az előrejelzések eredményeit.

*

Solution of the equivalent barotropic vorticity equation by means of the finite element method in an irregular network. We have carried out the solution of Helmholtz equation in an irregular network by means of the finite element method. The domain was divided into triangles with vertices at the aerological stations; the number of the vertices was 97 and the number of triangles 170. The Algol program was processed by the computer Odra 1204. The solution was applied to two different synoptic situations (15.2.65 and 3.11.62). The computational region contained all aerological stations in Central Europe, and the heights of the 500 mb surface were used as input data without any smoothing or other rearrangement. The actual pattern and the forecast are demonstrated.

*

Introduction. The finite element method (further referred to as FEM) has become a most effective method of solving partial differential equations. Many problems arising from various fields of scientific research have been successfully solved by FEM. Let us mention (Marchuk et al., 1975) where FEM was used in geophysical fluid dynamics to model the general circulations in the atmosphere and ocean. The work was carried out by the VC SO AV USSR in Novosibirsk. We have chosen FEM for solving the atmospheric dynamics equations in order to make use of the data taken directly at the aerological stations. In comparison with the finite difference method currently used the advantage of FEM is that it does not require objective analysis i.e. it does not require the determination of approximate values of the thermobaric field at the grid points of the chosen rectangular network, corresponding to a Cartesian coordinate system.

We have chosen an area with a sufficiently dense network of meteorological stations which included central Europe. We have solved the equivalent barotropic vorticity equation. The same equation as was solved by the finite

difference method, for the results see *Věková* (1965), hence we had possibility to compare the results of both methods, see *Blahnik* (1980).

Method

We solved the equivalent barotropic vorticity equation of the form

$$\Delta \left(\frac{\partial z^*}{\partial t} + J(z^*, \xi + \lambda) - \frac{A\lambda}{m^2 RT_0} (\xi + \lambda) \frac{\partial z^*}{\partial t} - \frac{m^2 g}{\lambda} J(z^*, z_g) \right) = 0.$$

The derivation of the equation and the significance of the symbols are generally known and will not be discussed, see e.g. *Thompson*, 1961.

We shall give a brief description of the method we have used. For detailed information about FEM see e. g. *Kolář et al.* (1972).

Let Ω be a bounded domain in the plane, Γ a boundary of Ω . We suppose $\Gamma = \Gamma_1 \cup \Gamma_2$, where Γ_2 may be void. f, μ are continuous functions in $\bar{\Omega}$, $\mu \geq 0$ in $\bar{\Omega}$, $\bar{\Omega}$ denotes a closure of Ω , e.g. $\bar{\Omega} = \Omega \cup \Gamma$. We consider the partial differential equation

$$-\Delta u + \mu u = f \quad (1)$$

with boundary conditions

$$u|_{\Gamma_1} = 0, \quad \frac{\partial u}{\partial n}|_{\Gamma_2} = 0, \quad (2)$$

n is an outer normal of Γ .

There are two main problems to solve, first we must determine functions μ and f and then find the solution of (1), (2). Because we use the finite element method for solving (1), (2) we shall first describe the principles of that method and then we shall show how to use this method for determining functions μ, f .

If we define an operator A on the Hilbert space $L_2(\Omega)$ by the formula:

$$\text{the domain of } A, D(A) = \{u \in C^2(\bar{\Omega}), u|_{\Gamma_1} = 0, \frac{\partial u}{\partial n}|_{\Gamma_2} = 0\}$$

$$Au = -\Delta u + \mu u,$$

then A is a positive definite operator, e. g. there exists a constant $c > 0$ such that $(Au, u) \geq c \|u\|^2$, where (\cdot, \cdot) denotes a scalar product in $L_2(\Omega)$, $\|\cdot\|$ is a corresponding norm. It follows from well-known theorems (see *Rektorys*, 1974) that u_0 is a solution of the equation $Au = f$ if and only if u_0 is a minimum of a functional

$$\pi(v) = \frac{1}{2}(Av, v) - (f, v), \quad v \in D(A).$$

Specially for the operator A the equation gives:

$$\pi(v) = \frac{1}{2} \iint_{\Omega} \left(-\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} v - \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} v + \mu v^2 \right) dx dy - \iint_{\Omega} f v dx dy.$$

Using the condition (2) and *Green's* theorem we obtain

$$\pi(v) = \frac{1}{2} \iint_{\Omega} \left[\left(\frac{\partial v}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 + \mu v^2 \right] dx dy - \iint_{\Omega} f v dx dy.$$

By the FEM we find the minimum of the functional $\pi(v)$ on a finite dimensional subspace $V_r \subset D(A)$. The basis $\varphi_1 \dots \varphi_r$ of V_r has the special form described below.

We suppose Ω is a polygonal domain. We divide $\bar{\Omega}$ into a finite number of triangles T_i , $i = 1, 2, \dots, t$ with r vertices, $\bar{\Omega} = \bigcup_{i=1}^t T_i$. Further we suppose

that every two neighbouring triangles have only one common vertex or only one whole common side (see *Fig. 1*). We call such division of Ω the triangulation. Now let us have a vertex $P_n \in \Omega$. We define a function φ_n as follows

$$\varphi_n(P_k) = \begin{cases} 1 & \text{for } n = k \\ 0 & \text{for } n \neq k \end{cases} \quad k = 1, 2, \dots, r$$

and φ_n is a linear function in each triangle T_i , e. g. the graph of a function φ_n is a pyramid with the vertex above P_n and with an altitude equal to 1 (see *Fig. 2*).

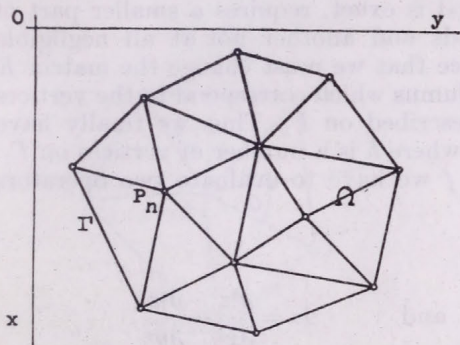


Fig. 1: The division of the domain Ω (triangulation)

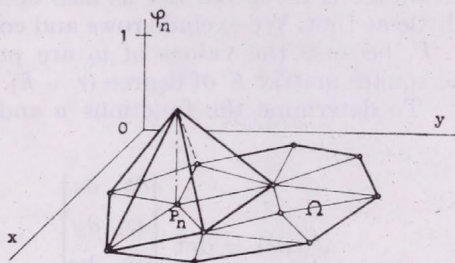


Fig. 2: The model of a base function φ_n

Then the derivations $\frac{\partial \varphi_n}{\partial x}, \frac{\partial \varphi_n}{\partial y}$ are well defined in the interior of each triangle and they are constant functions there. Functions $\varphi_1, \dots, \varphi_r$ are the basis of V_r , therefore every function $v \in V_r$ has the form

$$v(x, y) = \sum_{n=1}^r v_n \varphi_n(x, y).$$

If we write the functional $\pi(v)$ for such a function we shall obtain

$$\pi(v) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^r v_i v_j \iint_{\Omega} \left[\frac{\partial \varphi_i}{\partial x} \frac{\partial \varphi_j}{\partial x} + \frac{\partial \varphi_i}{\partial y} \frac{\partial \varphi_j}{\partial y} + \mu \varphi_i \varphi_j \right] dx dy - \sum_{i=1}^r v_i \iint_{\Omega} f \varphi_i dx dy.$$

We denote

$$a_{i,j} = \iint_{\Omega} \left(\frac{\partial \varphi_i}{\partial x} \frac{\partial \varphi_j}{\partial x} + \frac{\partial \varphi_i}{\partial y} \frac{\partial \varphi_j}{\partial y} + \mu \varphi_i \varphi_j \right) dx dy,$$

$$b_i = \iint_{\Omega} f \varphi_i dx dy,$$

$K = (a_{i,j})$ $i, j = 1, 2, \dots, r$ the symmetric matrix with elements $a_{i,j}$

$v = (v_1, \dots, v_r)$ the vector with components v_i . Then

$$\pi(v) = \frac{1}{2}(Kv, v) - (b, v),$$

where (c, d) denotes a usual scalar product of vectors $c, d \in E_r$. Because A is a positive definite operator, the matrix K has the same property.

A function $u = \sum_{i=1}^r u_i \varphi_i$, such that $u = (u_1, \dots, u_r)$ is a solution of a system

$Ku = b$, is a minimum of the functional $\pi(v)$ on V_r . We call this function u a numerical solution of the problem (1), (2).

We see from the definition of $a_{i,j}$ that $a_{i,j} = 0$ when i and j are not neighbouring vertices. Therefore the matrix K contains a great number of zeros and if we numerate vertices in a suitable way we shall get a band matrix. To solve the system $Ku = b$ we can use the *Choleski* method for a positive definite band matrix. This method is exact, requires a smaller part of the computer store than other methods and another not at all negligible advantage is its speed. Let us also notice that we must change the matrix K a little at first. We exclude rows and columns which correspond to the vertices on Γ_1 because the values of u_i are prescribed on Γ_1 . Thus we finally have the square matrix K of degree $(r - h)$, where h is a number of vertices on Γ_1 .

To determine the functions μ and f we have to evaluate two operators

$$J(z, w) = \det \begin{pmatrix} \frac{\partial z}{\partial x} & \frac{\partial z}{\partial y} \\ \frac{\partial w}{\partial x} & \frac{\partial w}{\partial y} \end{pmatrix} \quad \text{and} \quad \Delta z = \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 z}{\partial y^2}$$

for the functions z and w which are defined only in a finite number of points (in our case in vertices of triangles). We consider the functions z, w as elements of the space V_r in order to evaluate $J(z, w)$. This means

$$z(x, y) = \sum_{i=1}^r z_i \varphi_i(x, y),$$

where z_i is the value of z in the vertex P_i ,

$$w(x, y) = \sum_{i=1}^r w_i \varphi_i(x, y),$$

where w_i is the value of w in the vertex P_i . Hence we can compute the value of $J(z, w)$ for every inner point of the triangle $T_i, i = 1, 2, \dots, t$ using the known values of $\partial \varphi_i / \partial x, \partial \varphi_i / \partial y$.

To calculate the value of Δz in a vertex k (see *Fig. 3*) we have to take into account all neighbouring vertices of the vertex k . Each of them, for example the vertex m , influences the value of Δz_k the more the greater is the angle $\alpha + \beta$. We determine the contribution of the vertex m to the value of Δz_k by the formula

$$\frac{z_m - z_k}{d_{k,m}^2} (\alpha + \beta) \frac{2}{\pi},$$

where

$$\alpha = \frac{1}{2} \arccos \frac{d_{k,m}^2 + d_{k,n}^2 - d_{m,n}^2}{2d_{k,n} d_{k,m}}$$

$$\beta = \frac{1}{2} \arccos \frac{d_{k,m}^2 + d_{k,l}^2 - d_{l,m}^2}{2d_{k,m} d_{k,l}}$$

and the value of Δz_k as a sum of those contributions. Expressing it in another way we can say that each triangle (for example k, l, m) contributes to Δz_k by

$$\frac{2\beta}{\pi} \left(\frac{z_l - z_k}{d_{k,l}^2} + \frac{z_m - z_k}{d_{m,k}^2} \right).$$

In the special case of a vertex k with four neighbouring vertices (k is a center of a square, see Fig. 4) the formula formed as described give the value

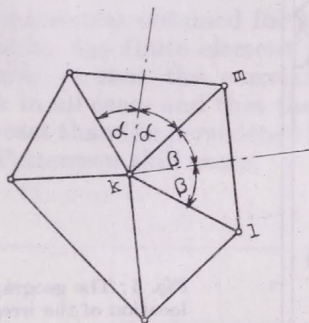


Fig. 3: The scheme for the calculation of the Laplace operator

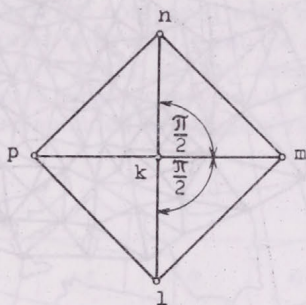


Fig. 4: The scheme for calculation of the Laplace operator in a centre of a square

$$\Delta z_k = \frac{1}{d^2} (z_l + z_m + z_n + z_p - 4z_k)$$

which corresponds to the value determined by a second-order finite difference method. We evaluate Δz_k in the boundary vertices in the same way, so as not to lose strips of the domain Ω along the boundary in each time step (even if the values of Δz_k are not as well determined as values in inner vertices).

Solving the elliptic partial differential equation (1) we have got the values of the function $u(x,y)$, i.e. the values of the tendency $\partial z^*/\partial t$. The function $u(x,y)$ has been determined at the time $t = t_0$, where t_0 is the time when the values of $z^*(x,y)$ were measured at the aerological stations and used in the equation (1) to compute the functions μ and f .

To forecast the function $z^*(x,y)$ for the time $t = t_n$, $t_n > t_0$ (for example $t_n - t_0 = 24$ hours) we have to integrate the tendency $\partial z^*/\partial t$, i.e.

$$z^*(x,y) \Big|_{t=t_n} = z^*(x,y) \Big|_{t=t_0} + \int_{t_0}^{t_n} \frac{\partial z^*}{\partial t} dt.$$

There are two possibilities:

Either a) to choose a small time-step Δt (let us say one hour), to solve the equation (1) twenty four times by FEM and then to use obtained values of

$\frac{\partial z^*}{\partial t} \Big|_{t=t_i}, i = 0, \dots, n-1$ to approximate the integral

$$\int_{t_0}^{t_n} \frac{\partial z^*}{\partial t} dt \quad \text{by} \quad \Delta t \sum_{i=0}^{n-1} \frac{\partial z^*}{\partial t} \Big|_{t=t_i},$$

or b) to choose one 24 hours-time step, to solve the equation (1) only once and to approximate the integral

$$\int_{t_0}^{t_n} \frac{\partial z^*}{\partial t} dt \quad \text{by} \quad (t_n - t_0) \frac{\partial z^*}{\partial t} \Big|_{t=t_0}.$$

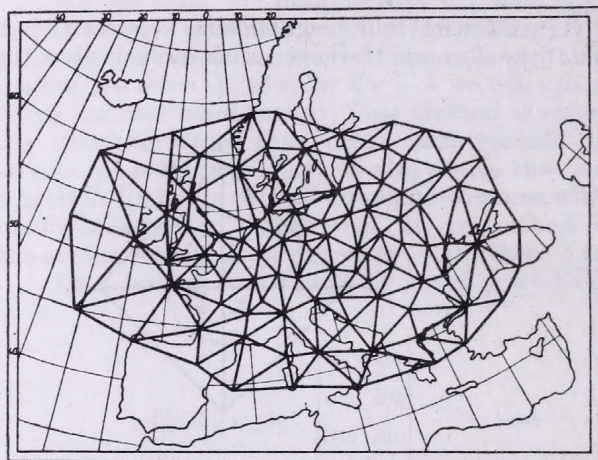


Fig. 5: The geographical location of the irregular network in Central Europe

At first sight the first method looks much precise. To understand the objections to that method let us recall the boundary conditions which were very artificially made setting

$$\text{either } \frac{\partial z^*}{\partial t} \Big|_{t=t_0} = 0 \quad \text{or} \quad \frac{\partial z^*}{\partial t} \Big|_{t=t_0} = \frac{z^*(x_r, y_r)_{t=t_0} - z^*(x_r, y_r)_{t=t_n}}{t_0 - t_n}$$

where

$$t_0 - t_n = 24 \text{ hours.}$$

Both ways of expressing the boundary conditions describe the real boundary conditions very roughly (and it is difficult to find a better approximation). The first method brings in the inaccuracy of that boundary condition deeper and deeper in the interior of Ω in each time step and deteriorates the values of the functions μ and f . In addition the first method takes much more computer time than the second method.

Because of the objections described above we used the second method when the computation took a few minutes only to get the values of forecasted $z^*(x, y)_{t=t_n}$ at the aerological stations using the medium-speed computer. The network consisted of 97 vertices placed at the very points of the aerological stations, see Fig. 5. The Algol program was realized by the computer ODRA 1204.

Synoptic Conditions

Two synoptic situations were chosen for the application. The 24 hours forecast for the 3rd of November, 1962 was computed. These weather conditions were characterized by a deep cyclone, which moved from the Atlantic Ocean over the British Isles, where it gradually filled. A marked cyclonic vortex at the 500 mb level above Ireland corresponded to it. A quasi-stationary anticyclone lay above the European portion of the USSR and there were southerly winds at all levels in Central Europe.

The second forecast was computed for the 15th of February, 1965. A deepening low moved toward the Shetland Islands. An area of high pressure lay from the Bay of Biscay to the Black Sea; this area became less marked. At the 500 mb level this period was characterized by a cyclone which originated over the North Sea, from which it moved over the Baltic Sea and later further to the north-east. In the track of this cyclone cold air flowed down as far as the Mediterranean Sea.

If the results obtained for an irregular network are compared with those obtained by the finite element method in a regular network, it can be seen (see *Table I*) that the correlation coefficients are lower in the irregular network in all cases and that the calculated forecast yields worse results than the forecast than the persistence forecast. This corresponded to negative values of the Petterssen skill score.

TABLE I.

		r	r _b	S _p	ε	σ	ε/σ
15.2.1965	u ≠ 0	0,88	0,84	0,25	13,8	9,1	1,51
regular grid	u = 0	0,83	0,84	-0,06	13,4	9,1	1,47
15.2.1965	u ≠ 0	0,80	0,82	-0,11	19,1	9,2	2,08
irregular grid	u = 0	0,73	0,82	-0,50	20,3	9,2	2,21
3.11.1962	u ≠ 0	0,91	0,90	0,10	8,8	6,0	1,47
regular grid	u = 0	0,91	0,90	0,10	5,8	6,0	0,97
3.11.1962	u ≠ 0	0,62	0,84	-1,38	13,3	7,1	1,86
irregular grid	u = 0	0,79	0,84	-0,31	8,3	7,1	1,16

r ... coefficient of correlation between predicted and actual pattern

r_b ... coefficient of correlation of the persistence forecast

S_p ... Petterssen's skill score

ε ... root mean square persistence error

σ ... root mean square persistence error

The forecast in the first synoptic situation (from Nov. 2nd to 3rd, 1962) (see *Fig. 6, 7, 8*) are not very different for various boundary conditions. Both describe only the important conditions of the baric field. An area of high pressure over central Russia and a low pressure area over the British Isles

(this latter area is best described in the forecast $\left. \frac{\partial z^*}{\partial t} \right|_{\Gamma} = 0$, but it is more

marked and shifted more over the Atlantic). The forecast also describes a southerly wind over Western Europe. The area of low pressure over the Adriatic Sea and Balkans does not appear in the forecast. The forecast field is far less

regular and it is characterized by shorter wavelengths than the actual field, which is simpler.

As mentioned by *Blahnik et al.* (1980), the prediction for the period from Nov. 1st to 10th, 1962 was computed by *Věková* by the finite difference method and the correlation coefficients and mean square errors were given in the

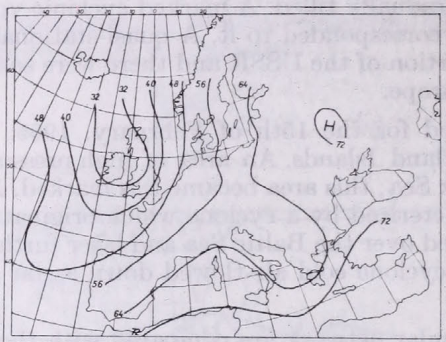


Fig. 6: 3. 11. 1962, 00 GMT
AT 500 mb actual pattern

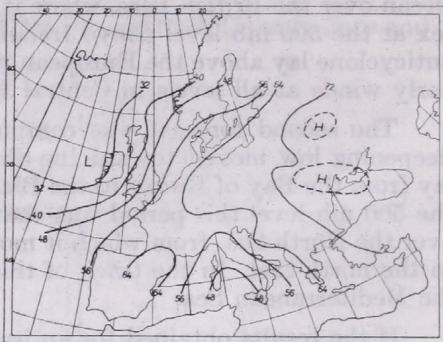


Fig. 7: 3. 11. 1962, 00 GMT
AT 500 mb forecast ($u|_{\Gamma} = 0$)

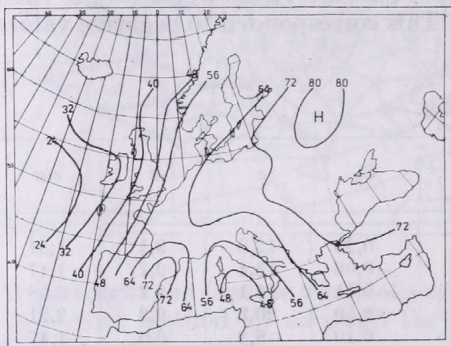


Fig. 8: 3. 11. 1962, 00 GMT
AT 500 mb forecast ($u|_{\Gamma} \approx 0$)

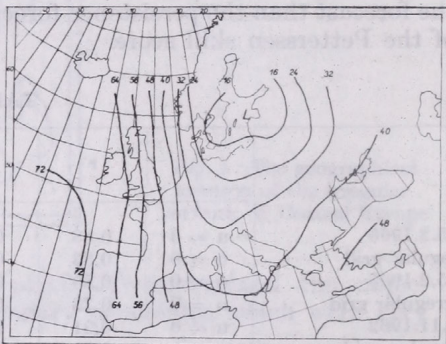


Fig. 9: 15. 2. 1965, 00 GMT
AT 500 mb actual pattern

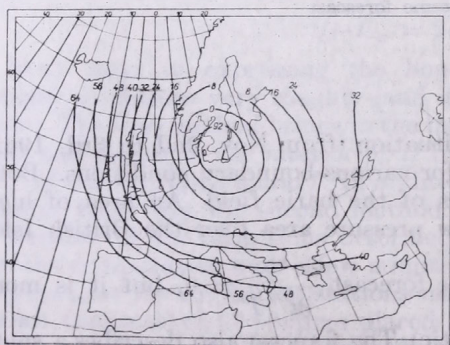


Fig. 10: 15. 2. 1965, 00 GMT
AT 500 forecast ($u|_{\Gamma} = 0$)

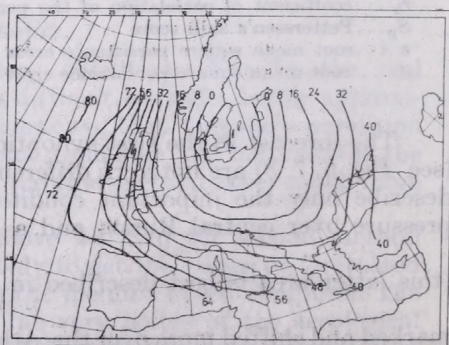


Fig. 11: 15. 2. 1965, 00 GMT
AT 500 mb forecast ($u|_{\Gamma} \approx 0$)

Table 3 (in *Věková*, 1965), from which it is evident that the lowest correlation coefficient falls on Nov. 3rd, 1962. Although we selected for the solution of the prognostic equation by FEM this particular case that could not be expected to yield good results, we obtained a physically realistic field. The values measured at aerological stations were used as input data without previous arrangement and since it was the question of a mere experiment, we did not even try to find out whether the measured values contained some evident errors. The finite difference method uses the value obtained in nodal points, whether by a subjective or objective analysis and thus starts from a more smoothed field, which enhances the possibility of getting a more realistic predicted field.

In the second synoptic situation (from Feb. 14th to 15th, 1965) the prediction was far better if we mean the location of the depression over the southern part of the Baltic Sea. In reality the centre of this depression is some 300 km farther to the northeast and the predicted depression is 24 dkm deeper than the actual depression (in both cases $\frac{\partial z^*}{\partial t} \Big|_{\Gamma} = 0$ and $\frac{\partial z^*}{\partial t} \Big|_{\Gamma} = 0$). There is little difference between the two predictions (see *Figs. 9, 10 and 11*) and the general character of the flow pattern is maintained.

We consider encouraging the fact that the solution of the barotropic vorticity equation by the finite element method in the network of meteorological stations did not encounter any fundamental difficulties. If we continued in numerical experiments, we would certainly improve the prediction, e.g. by checking up the measured altitude AT 500 mb and by removing the errors caused by sounding. (*fig. 12., fig. 13*).

Conclusion

We are sure that using the FEM we shall be able to study various problems of meteorology. Since there is no need for objective analysis, the FEM could be applied to the computation of some quantities, in which the question of the objective analysis has not yet been satisfactorily solved, e.g. to the determination of the field of air flow, temperature and humidity. The use of an

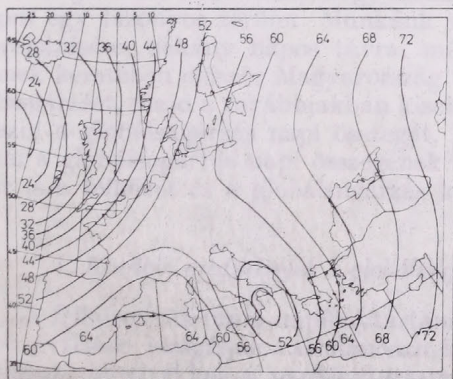


Fig. 12: 2. 11. 1962. 00 GMT.
AT 500 mb actual pattern

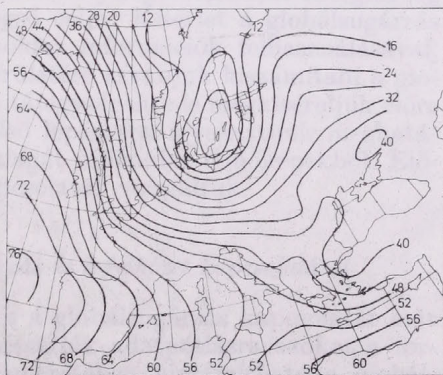


Fig. 13: 14. 2. 1965. 00 GMT.
AT 500 mb actual pattern

irregular network makes possible the modelling the unevenness of the earth's surface to an arbitrary scale and the investigation of its bypass. If the network of nodal points used is identical with the network of synoptic stations, it is not necessary to make the network denser for a local prediction in a small area. In view of the fact the FEM does not suppress in the horizontal field of meteorological quantities any anomalies or singularities that have some physical meaning, it could be used in the study of atmospheric fronts.

We are convinced that the FEM shall be a useful tool for a better understanding of the processes of the atmosphere.

REFERENCES

- Blahník, O., - Křížková, J., - Čechová, E., (1980): Řešení ekvivalentně barotropní rovnice vorticity metodou prvků v pravidelné síti. *Meteorologické zprávy* 33, 23 - 27.
- Kolář, V., - Kratochvíl, J., - Leitner, F., - Ženíšek, A., (1972): Výpočet plošných a prostorových konstrukcí metodou konečných prvků. *SNTL, Praha*.
- Marchuk, G. I., - Zalesnyj, V. B., - Kuzin, V. I., (1975): On the role of the method of finite differences and finite elements in the modeling of the global circulation of the oceans (in Russian) *11*, 1294 - 1300.
- Rektorys, K., (1974): Variační metody v inženýrských problémech a v problémech matematické fyziky. *SNTL, Praha*.
- Thompson, P. D., (1961): *Numerical weather analysis and forecasting*. The Macmillan Company, New York.
- Věková, N., (1965): *Prognostická rovnice ekvivalentně barotropního modelu s vlivem orografie a tření*. Candidate dissertation. ÚFA ČSAV, Praha.
-

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 85. évf. 1. szám. 1981. január – február
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 85. No. 1. Jan – Feb 1981. Budapest

A globálsugárzás meghatározása műholdképek alapján

PAÁL ANIKÓ, Központi Légekfizikai Intézet, 1675 Budapest Pf. 39.

Determination of global radiation on the basis of satellite pictures. The most important purpose of this study is the forecast of the global radiation for the area of Hungary. As a first step we try to determine the average daily amount of the global radiation from satellite pictures. A close relationship was obtained between the amount of cloud measured in tenths and the daily amount of the relative global radiation measured on the days of moderate cloud cover. Further the cloudiness was characterized by such parameters corresponding to the thickness of the clouds. In this case the results show that more than 70% of the measurements the relative global radiation differ from the calculated ones by about $\pm 20\%$. By using more satellite pictures during a day this value exceeds 90%.

*

A globálsugárzás meghatározása műholdképek alapján. Kutatásaink fő célja a globálsugárzás előrejelzése Magyarország területére. Ennek első lépéseként megkíséreltük meghatározni a globálsugárzás napi összegének átlagát műholdról készült felhőképek alapján. A felhő fedettség tizedekben mért értéke az erősen borult napok kivételével szoros kapcsolatot mutat a relatív globálsugárzás napi összegével. A továbbiakban a felhőzetet egy olyan mennyiséggel jellemeztük, amely összefügg a felhőzet vastagságával is. Ebben az esetben a mért értékek több mint 70%-a a felhőzet és a relatív globálsugárzás kapcsolatát leíró görbe körüli 20%-os sávban helyezkedik el. Napi több műholdkép felhasználásával ez az eredmény 90%-ra javult.

*

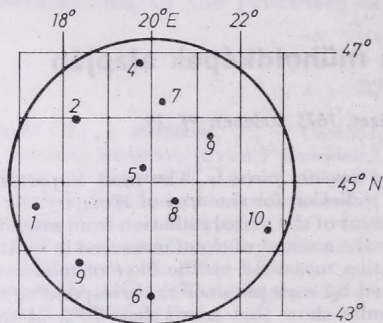
Bevezetés. Napjainkban egyre nagyobb szerepet kap a napenergia hasznosítása. A napenergiával működő berendezések jobb kihasználása érdekében nagy jelentőségű lenne előre tudni, hogy mekkora mennyiségű sugárzási energiát fog kapni egy bizonyos terület. Munkánk végső célja: Kísérlet a globálsugárzás előrejelzésére, néhány napos távra, műholdas információk felhasználásával. Ennek keretében először Magyarország területére kívánjuk kiszámítani a globálsugárzást, majd a továbbiakban kisebb tájegységekre is megkíséreljük előre jelezni a globálsugárzás napi összegét. Első lépésként igyekeztünk meghatározni a globálsugárzás napi összegének átlagát műholdas felhőképekből. Először is a felhőzet és a globálsugárzás kapcsolatát vizsgáltuk.

1. Korábbi eredmények a globálsugárzás és a felhőzet kapcsolatáról

A felhőzet, illetve a napfénytartam és a globálsugárzás kapcsolatát már több évtizede vizsgálják. Általánosan használják adatpótlásra azokat a formulákat, amelyekkel a napfénytartam ismeretében kiszámítható a globálsugárzás értéke. A szakirodalomban széles körben ismert *Angström* (1928) és *Fritz* (1949) képlete, amely a globálsugárzás középértéke és a derült égbolt

esetén mérhető globálsugárzás átlagának hányadosa, valamint a napfénytartam középértéke és a csillagászatilag lehetséges napfénytartam átlagának hányadosa között fejez ki lineáris kapcsolatot.

Berljand (1949) és más szovjet kutatók a két éghajlati elem közötti összefüggésnek bemutatására más, de az Angström-féle formulával lényegileg azonos formulát használnak. Hazánkban Dobosi (1957) közvetlenül a napfénytartam és a globálsugárzás átlaga közötti regressziós egyenes paramétereit határozta meg.



1. ábra: A globálsugárzást mérő állomások elhelyezkedése a 45° N és a 20° E rácsponthoz képest 250 km sugarú körterületen. Az állomások: 1: Banja Luka, 2: Pécs, 3: Sarajevo, 4: Kecskemét, 5: Újvidék, 6: Sjenica, 7: Szeged, 8: Belgrád, 9: Temesvár, 10: Negotin

Schmetz és Raschke (1978) műholdas égbolt-felvételek és globálsugárzás mérések segítségével jó lineáris kapcsolatot talált a tényleges felhőzet és a relatív globálsugárzás között. A tényleges felhőzetet az égboltfényképekből rácshálózat segítségével határozták meg, ahol minden egyes területet az optikai vastagsággal súlyozták. A relatív globálsugárzást a mért globálsugárzás és a derült égbolt esetén mérhető globálsugárzás hányadosaként nyerték. A globálsugárzás értékét korrigálták a napmagasság hatásával is. Az így módon meghatározott effektív felhőzet és a relatív globálsugárzás között $r = -0,95$ értékű korrelációs együtthatót kaptak.

A felhőzet hagyományos módszerekkel történő jellemzése erősen szubjektív. A műholdképek megjelenése új lehetőségeket nyitott a felhőzet tanulmányozására. A műholdképek felhasználása a felhőzettel való fedettségnek, a felhőzet magasságának és a felhő vastagságának számítógépes meghatározását teszi lehetővé.

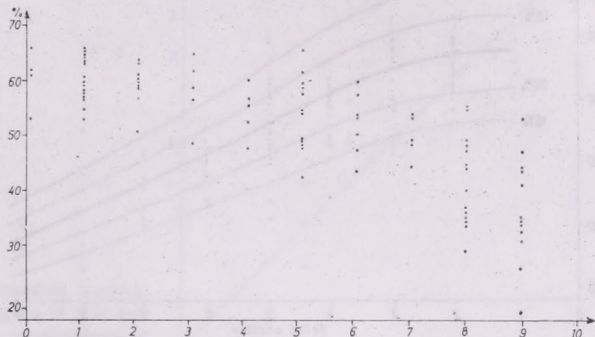
2. Vizsgálati módszerünk és a kapott eredmények

2.1. Napi egy műholdkép alapján nyert eredmények. Jelenlegi munkánk célja olyan módszer keresése volt, amellyel a műholdokról nyert felhőképek adataiból meghatározható a globálsugárzás napi összegének átlaga egy bizonyos területre. Először a felhő fedettség tizedekben mért értékét vetettük össze a globálsugárzással az 1971-es évre. A felhőképeket a *Meteorologische Abhandlungen* című kiadványból vettük.

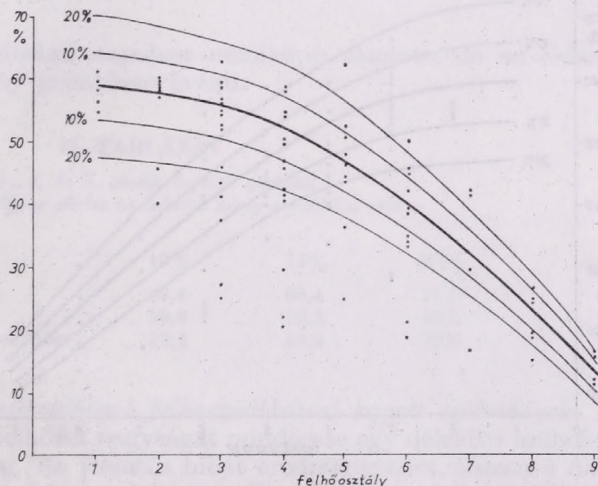
A 45° N és 20° E rácsponthoz képest 250 km sugarú körterületen meghatároztuk az égbolt fedettségét. Erre a területre 10 globálsugárzást mérő állomás esett. Az állomások elhelyezkedését az 1. ábrán mutatjuk be. A globálsugárzás napi összegeinek átlagából relatív globálsugárzást számítottunk oly módon, hogy az átlagot elosztottuk a csillagászatilag lehetséges globálsugárzás napi értékével. Vizsgálatunk során a hónapokat nem a hétköznapi gyakorlat-

ban szokásos módon csoportosítottuk, hanem – sugárzási adatokról lévén szó – a napmagasság szerint soroltuk évszakokba. A téli időszakban nem találtunk határozott kapcsolatot. A tavaszi és az őszi hónapokban kimutatható az összefüggés, de a legjobb eredményt a nyári hónapok adták. A 2. ábrán bemutatjuk a relatív globálsugárzást a fedettség függvényében a legmagasabb napállású hónapokra. Az ábránk szerint az 50%-os fedettség elég jó az összefüggés, de a borultabb napokon az értékek erősen szórnak. A tavaszi és az őszi hónapok esetén is az 50–60%-os borultság értékig a fedettség és a relatív

2. ábra : A relatív globálsugárzás napi átlagának százalékban kifejezett értéke a felhőfedettség tizedekben mért értékének függvényeként a 45° N és 20° E rácspon. körüli 250 km sugarú körterületre vonatkozóan 1971. május–június–július hónapban



3. ábra : A relatív globálsugárzás napi átlagának százalékban kifejezett értéke a cikkben ismertetett módon a NOAA 5 műhold felvételei alapján meghatározott felhőzeti érték függvényeként Magyarország területére vonatkozóan 1977. február–március–április hónapra. A folyamatos vonal a legjobban illeszkedő görbét, a szaggatott vonalak a folyamatos vonalról leolvasható értékknél 10% és 20%-kal nagyobb, illetve kisebb értéket mutatják



globálsugárzás szoros kapcsolatot mutat, azonban az erősebben borult napokon az adatok szórása még nagyobb.

A továbbiakban a vizsgálatot Magyarország területére végeztük. A globálsugárzást mérő állomások koordinátáit az I. táblázatba foglaltuk. A felhőzeti

I. TÁBLÁZAT

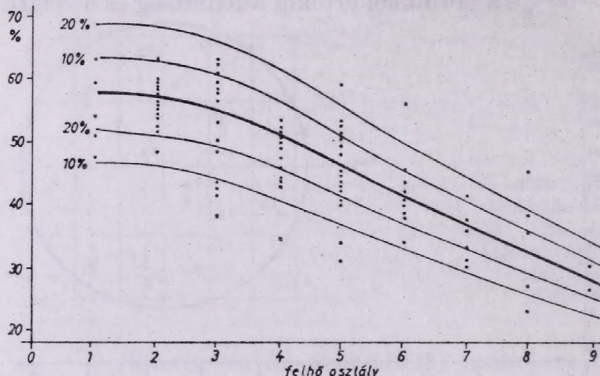
A sugárzásmérő állomások Magyarország területén

	φ	λ		φ	λ
Budapest	47° 26'	19° 11'	Keszthely	46° 46'	17° 14'
Debrecen	47° 30'	21° 38'	Sopron	47° 41'	16° 35'
Kecskemét	46° 54'	19° 46'	Szeged	46° 15'	20° 06'

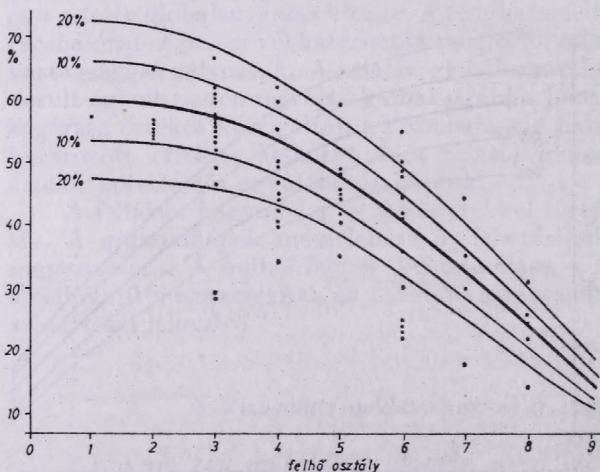
adatokat a NOAA 5 meteorológiai mesterséges hold által sugárzott, a Központi Légkörfizikai Intézetben 1977-ben, a reggeli órákban vett felvételeiből nyertük.

A felhőzetet a következő módon kategorizáltuk:

1. Teljesen derült és kevésbé párás idő. (A műholdképen a Balaton is látszik).



4. ábra: A 3. ábra szövegében ismertetettek 1977. május – június – július hónapra



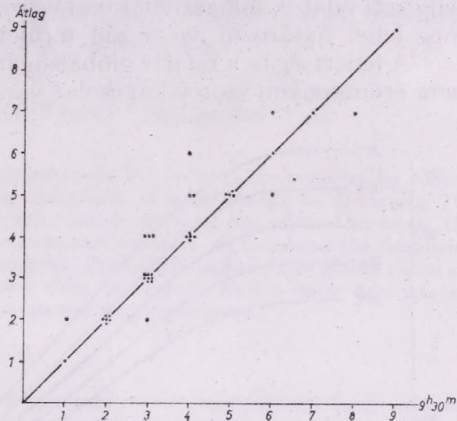
5. ábra: A 3. ábra szövegében ismertetettek 1977. augusztus – szeptember – október hónapra

2. Teljesen derült, de párás idő. (A felhőképen nem látszik a Balaton.)
3. 20 – 40%-os fedettség.
4. 40 – 60%-os fedettség.
5. 60 – 80%-os fedettség.
6. 80% feletti, de még nem teljes fedettség.
7. Teljes borultság, vékony felhőzet.
8. Teljes borultság, közepesen vastag felhőzet.
9. Teljes borultság, vastag felhőzet.

Az így meghatározott felhő-osztály és a relatív globálsugárzás között az előzőhöz hasonlóan télen nem kaptunk számottevő összefüggést. A tavaszi hónapokra kapott eredményt a 3., a nyári hónapokra a 4., az őszi hónapokra az

5. ábrán mutatjuk be. A II. táblázatban feltüntettük, hogy az ábrán bejelölt, a felhőzet és a relatív globálsugárzás kapcsolatát leíró folyamatos görbétől 10, 15, illetve 20%-os intervallumba a mért értékek hány százaléka esik.

Az ábráról látható, hogy a tavaszi és az őszi hónapokban a felhőzet növekedésével erősebben csökken a relatív globálsugárzás, mint a nyári hónapokban. A fedettség és a relatív globálsugárzás vizsgálatakor tapasztalt jó



6. ábra: A cikkben ismertetett módon meghatározott felhőzeti érték napi átlaga a 9^h 30^m-kor készült METEOSAT kép alapján meghatározott felhőzeti érték függvényeként

összefüggés a gyenge borultságú napokon némiképp romlott, de az erősen borult napokon az eredmény jelentősen javult.

II. TÁBLÁZAT

A 3., 4. és 5. ábrán bejelölt görbétől
10, 15 és 20%-os sávba az adatok hány százaléka esik

Időszak	10%	15%	20%
Február – március – április	49,4	60,4	71,6
Május – június – július	59,8	79,3	88,5
Augusztus – szeptember – október	53,4	58,9	72,6

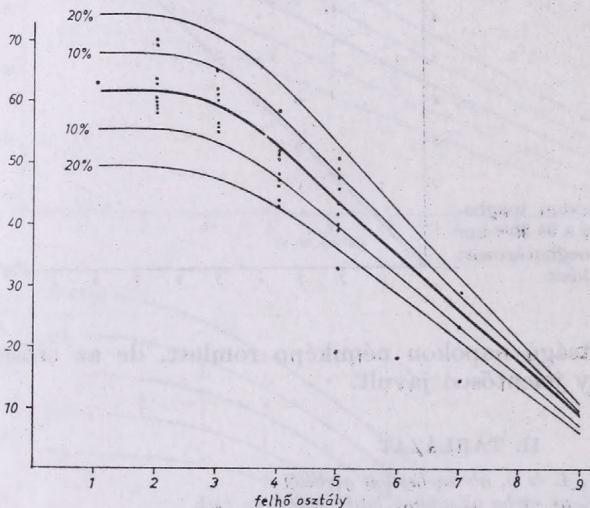
2.2. A METEOSAT műholdképek felhasználásával kapott eredmények. A fenti két vizsgálat esetén a felhőzet nagyságát mindössze egy délelőtti műholdkép alapján határoztuk meg. Ez jelentős hibát eredményezhet, hiszen a nap folyamán a felhőzet esetenként igen erősen megváltozik. Egy másik hiba forrása lehet az, hogy a globálsugárzást mérő állomások felett levő felhőzet nem reprezentálja pontosan az egész ország felett levő felhőzetet. Az utóbbi év során megindult a Központi Légkörfizikai Intézetben a METEOSAT műhold felvételeinek naponta többszöri vétele. A műhold meghibásodása miatt csak két hónapi adat állt rendelkezésünkre. Ennél a vizsgálatnál a 9^h 30^m, 11^h 30^m és a 13^h 30^m-es műholdképekből határoztuk meg a felhőzetet jellemző átlagértéket. Annak illusztrálására, hogy mekkora eltérés lehet a délelőtti műholdképen levő felhőzet és a három műholdképből számított átlag között, a 6. ábrán bemutatjuk az 1979. szeptember és október hónapokra az említett módon meghatározott felhőzeti értékeket. A METEOSAT műhold felvételei segítségével 1979. szeptember és október hónapokra kapott eredményt a 7. ábra mu-

tatja. Az eredmény lényegesen jobb mint az előzőek: az ábrán a folyamatos vonallal jelölt görbétől 10%-os sávban van az adatok 65,1%-a, a 15%-os sávban már a 81,3%, a 20%-os sávban pedig a 90,7%-a.

3. Következtetés

Az eddigi eredmények alapján megállapítható, hogy a műholdról észlelt felhőzeti adatok felhasználásával a jövőben várhatóan $\pm 15\%$ -os pontossággal meg lehet határozni az ország területére vonatkozó átlagos globálsugárzást.

A fedettség és a relatív globálsugárzás között az 50–60%-os borultságot el nem érő napokon szoros kapcsolat van, amint azt a 2. ábra is mutatja. Ez a jó



7. ábra: A 3. ábra szövegében ismertetettek a METEOSAT műhold felvételei alapján 1979. szeptember – október hónapra

összefüggés az új felhőosztályozásnál nem mutatkozott meg, mivel a fedettségi intervallumokat szélesebbre választottuk. A felhővastagság szerinti felosztás a teljesen borult napok esetén hasznosnak bizonyult. Az eredmény javítása érdekében olyan újabb felhőosztályozást kell alkalmazni, amely a cikkben ismertetett kétféle kategorizálás előnyeit egyesíti. Az elkövetkező időszakban javítani igyekszünk az eredményt a felhőosztályozás finomításával és azzal, hogy a felhőzet nagyságát naponta több műholdkép adatainak átlagolásával határozzuk meg. A továbbiakban a globálsugárzást befolyásoló újabb meteorológiai paraméter bevonásával szándékozunk pontosabb összefüggést nyerni, majd rátérünk a globálsugárzás kiszámításához szükséges paraméterek előrejelzésének problémájára.

IRODALOM

- Angström, A. (1928:) Recording solar radiation. Meddel. Stat. Meteor.-Hydr. Anst., 4., Nr. 3. Stockholm.
- Berljand, T. T. (1949): Raciacionnűj i teplovoj balansz poverhnoszty szusi vnyetropiceseszkih sirot szevernogo polusarija. Trudü GGO, vűp. 18., 86–94.
- Dobosi Z. (1957): A napfénytartam és a globális sugárzás összefüggése Magyarországon. Időjárás, 61, Nr. 5. 347–356.
- Fritz, S. (1949): The albedo of the planet, earth and clouds. Journal of Meteorology, Vol. 6., Nr. 4., 277–282.
- Schmetz, J. and Raschke, E. (1978): A method to parameterize the downward solar radiation at ground. Arch. Met. Geoph. Biokl., Ser. B., 26., 143–151.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 85. évf. 1. szám. 1981. január–február
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 85. No. 1. Jan–Feb 1981. Budapest

A vertikális felületre jutó napsugárzási energia napi menete és gyakorisági eloszlása

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

Daily variation and the frequency distribution of the solar energy received by vertical surface. This paper is connected with the utilization of solar energy in Hungary. The purpose was to study characteristics of the solar energy reaching the vertical surfaces. The daily variation of the insolation of the northern and southern surfaces and the frequency distribution of the hourly values were examined. The hourly sums of the global radiation reaching the vertical and horizontal surfaces were compared. Ratios were derived and their dependence on relative sunshine duration was also determined.

*

A vertikális felületre jutó napsugárzási energia napi menete és gyakorisági eloszlása. A dolgozat a napenergia hasznosításának országos programjához kapcsolódik, amelynek célja a függőleges felületekre jutó napsugárzási energia törvényszerűségeinek komplex feldolgozása. Tanulmányozza a déli és északi irányítású függőleges felület besugárzásának napi menetét és az óraértékek gyakorisági eloszlását. Végül összehasonlítja a horizontális és vertikális felületre eső globálsugárzás óraösszegeit, és olyan törvényszerűségeket vezet le, amelyek alapján a vertikális felületeket érő globálsugárzás egyszerűbben mérhető értékek segítségével meghatározható.

*

Bevezetés. A sugárzásmérések egyik célja – különös tekintettel napjaink energiagondjaira – olyan napsugárzási adatok előállítása, melyek felhasználhatók a népgazdaság különböző ágaiban felmerülő feladatok megoldásához. E feladatok megoldásának többsége nehezen mérhető sugárzási adatok ismeretét igényli, azonban a sugárzást mérő hálózatból nyerhető információ – néhány állomás kivételével – a vízszintes felszínre jutó össz sugárzásra korlátozódik. Ezért fontos a komplex sugárzást mérő állomások adatainak feldolgozása, és az adatokból nyerhető összes információ előállítása.

A Központi Légekfizikai Intézetben 1969–76 között mértük a függőleges felületre eső össz sugárzást. A kapott adatokat feldolgozva részletesen tanulmányoztuk (Takács, 1979) a négy főégtájrányú felületre jutó globálsugárzás évi menetét és megvizsgáltuk, hogy az év folyamán hogyan aránylik a függőleges felületre jutó össz sugárzás napi összege a vízszintes felületre eső globálsugárzáshoz. Az adathalmaz komplex feldolgozásában a következő lépést a déli és északi irányítású felületre eső globálsugárzás napi menetének meghatározása jelenti. Dolgozatunkban ennek bemutatásával foglalkozunk.

1. Függőleges felületek globálsugárzásának napi menete

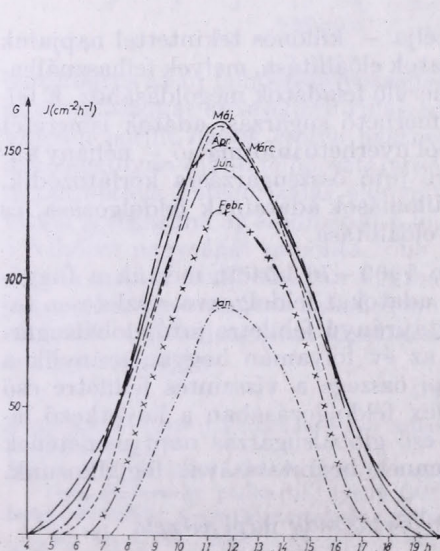
Vizsgálatunkhoz havi átlagos napi meneteket dolgoztunk fel, tehát az átlagosan felhős viszonyokat jellemezzük.

A déli felület havi átlagos napi menetei láthatók az 1. (jan. – jún.) és 2. (júl. – dec.) ábrán. A görbék maximális értéke tükrözi az évi menetben tapasztalt aszimmetriát: a tavaszi maximum (márciusban) 30 J.cm⁻²-el kevesebb, mint a szeptemberi. Aszimmetria jellemzi a görbék menetét is: november – decemberben az azonos napmagassághoz tartozó délutáni órákzök több besugárzást kapnak, mint a délelőttiek, októberben alacsony napállásnál délután, magas napállásnál délelőtt jut több napsugárzás a déli felületre. Az év többi hónapjában alacsony napálláshoz közel azonos globálsugárzás-érték tartozik, azonban a délkörüli órákban délelőtt lényegesen magasabb a mért globálsugárzás.

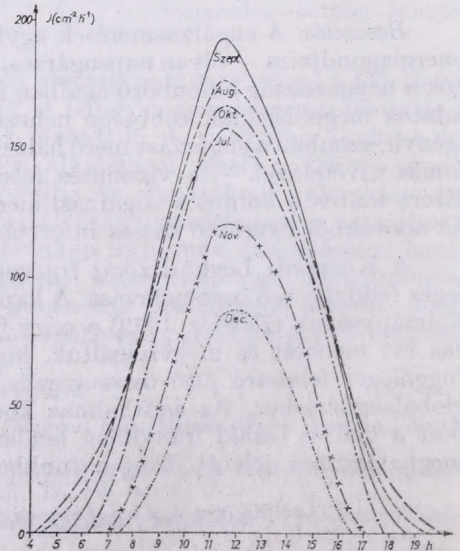
A 3. ábrán bemutatjuk az északi irányítású függőleges felületre jutó globálsugárzás napi meneteit, havonként. Láthatjuk, hogy az egyes hónapok jól elkülönülnek egymástól, csak június – július délkörüli óraértékei nem növekednek a többi hónapnál tapasztalt mértékben. A napi összegekkal végzett vizsgálat során azt tapasztaltuk, hogy az északi felületre jutó globálsugárzásnak szabályos évi menete van, az eloszlás szimmetrikus. Hasonlóan szabályos menetet tapasztalunk most is, a napi menetek vizsgálatakor: a görbék a délvonatra szimmetrikusak. Ettől csak július tér el, ui. júliusban a késő délutáni órákban kisebb a „fal” sugárzásbevétele, mint az azonos napmagassághoz tartozó délelőtti órákban.

2. Gyakorisági eloszlás

A havi átlagos napi menetek, mint említettük, átlagosan felhős viszonyokat jellemeznek. Annak meghatározására, hogy adataink az átlag körül mekkora ingadozást mutatnak, a sugárzás különböző intenzitása milyen gyakoriságú, előállítottuk minden hónap minden órákének relatív gyakorisági értékeit (10 J.cm⁻² osztályozási intervallumot alkalmazva), az adatok szórását,



1. ábra : A déli függőleges felületre jutó napsugárzási energia napi menete januártól júniusig



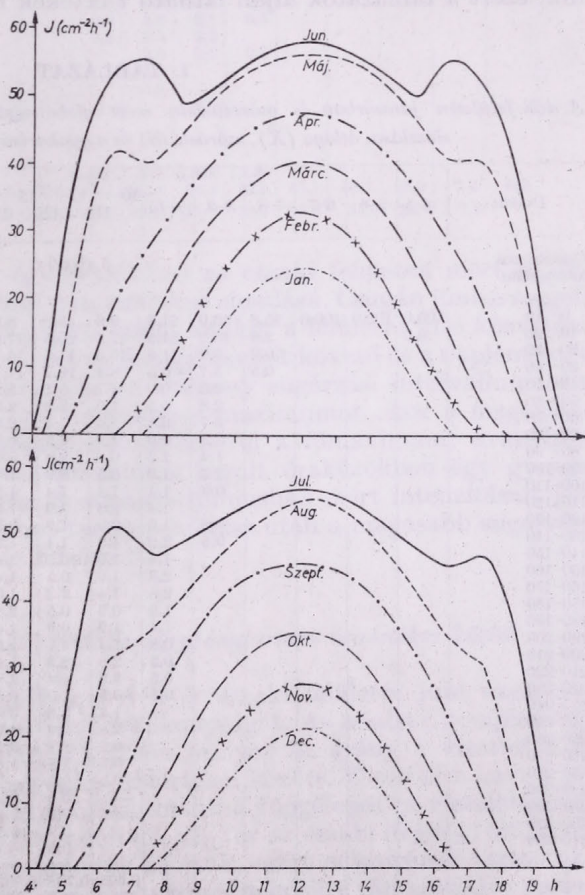
2. ábra : A déli függőleges felületre jutó napsugárzási energia napi menete júliustól decemberig

és a táblázatok alsó sorában közöljük az átlagértékeket. Az adatok könnyebb áttekinthetősége miatt csak négy hónap: január, március, június és szeptember gyakorisági táblázatait részletezzük.

A *déli felület* januári és márciusi (*I. táblázat*) relatív gyakorisági eloszlására jellemző, hogy a módusz, a legnagyobb gyakorisággal előforduló osztályozási intervallum alacsony, az átlagérték jelentős mértékben eltér a módusztól, és az adatok elnyúlnak a magas intervallumokba. A jellemzők felsorolásából látható, hogy az adatsor nem normál-eloszlású, erősen torzult. Jellemzésére kiszámítottuk a torzulás, az aszimmetria mértékszámát a

$$\tau = (\bar{X} - m)/\sigma$$

összefüggéssel, ahol \bar{X} a középérték, m a módusz és σ az adatok szórása. Az aszimmetria mértékszámát meghatároztuk a délkörűli órákra: értéke januárban 0,7; márciusba 1,2–1,3 s mindkét hónapban pozitív, tehát a sor jobbtorzulású. Júniusban és szeptemberben (*II. táblázat*) a relatív gyakorisági táblázatok az előzőkkel ellentétes képet mutatnak. Júniusban az óráközök móduszai a nap folyamán egyre magasabb osztályozási intervallumhoz tartoznak és a módusznál magasabb intervallumok előfordulási valószínűsége hirtelen 0-vá



3. ábra: Az északi irányítású függőleges felületekre jutó napsugárzási energia napi menete

válík. Az eloszlás baltorzulású, mértékszámá $-0,88$. Szeptemberben is baltorzulású a relatív gyakorisági eloszlás, minden óráközben negatív az aszimmetria mértékszámá, délben $-0,85$. Láttuk, hogy a maximális besugárzás szeptemberben éri a déli irányítású felületet, ennek megfelelően ebben a hónapban nyúlik meg legjobban a mért sugárzás-tartomány. Bár csak a kiválasztott 4 hónap relatív gyakorisági eloszlását tárgyaltuk, bemutatjuk a minden hónap 11–12 óráközére az aszimmetria mértékszámait (III. táblázat), annak jellemzése, hogy az 1. és 2. ábráról leolvasható óraátlagok körül hogyan helyezkedik el az adott óráközben mért adathalmaz.

Az északi felület relatív gyakorisági eloszlásai (IV. táblázat) lényegesen kevesebb változékonyt mutatnak, mint a déli felületnél láttuk. Annak ellenére, hogy az északi felület kevesebb napsugárzást kap, mint a déli, az eredmények könnyebb összehasonlíthatósága végett a sugárzás-tartományt most is 10 J.cm^{-2} -es intervallumokra osztottuk. Mivel a felületre érkező napsugárzás kisebb tartományt fog át, nagyobb valószínűséggel megadható egy-egy óráközben a sugárzás intenzitása. Mind a négy hónapra jellemző, hogy a középérték és a módusz azonos, vagy egymást követő osztályozási intervallumba esik; a móduszhoz az osztályozási intervallum középértéke kapcsolódik, ezért a táblázatok alján látható τ -értékek nem reprezentálják az adatsor

I. TÁBLÁZAT

A déli felületen januárban és márciusban mért globálsugárzás óraértékeinek relatív gyakorisági eloszlása, átlaga (\bar{X}), szórása (σ) és a gyakorisági eloszlás torzulása (τ)

Óráköz	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20
Január																
Oszttályozási intervallum																
0-10	100,0	100,0	100,0	95,8	56,9	21,3	9,3	8,8	8,3	12,0	20,7	46,5	95,4	100,0	100,0	100,0
10-20	0,0			2,8	16,2	31,5	27,4	20,5	17,6	22,1	26,3	21,2	4,1			
20-30				0,9	6,0	11,6	16,3	11,6	15,7	13,4	10,6	5,5	0,5			
30-40				0,5	3,7	6,5	8,4	10,7	11,1	8,3	5,1	4,6				
40-50					2,3	0,9	4,7	5,1	5,1	4,1	3,2	6,5				
50-60					2,8	0,5	1,9	3,3	2,3	4,6	1,4	2,3				
60-70					3,7	2,8	1,4	1,4	2,3	3,2	3,7	2,3				
70-80					2,3	0,9	1,9	0,5	0,9	0,9	3,2	1,8				
80-90					1,4	2,3	0,0	2,8	0,9	0,5	1,8	3,7				
90-100					2,3	1,9	0,5	0,9	1,4	2,3	1,8	2,3				
100-110					0,9	1,4	1,4	1,4	1,9	0,5	1,8	2,3				
110-120					0,9	1,4	2,3	1,9	1,9	1,8	3,7					
120-130					0,9	1,9	0,9	1,9	0,9	2,8	1,4	0,9				
130-140					0,5	3,2	1,9	1,4	1,9	0,9	2,8					
140-150					1,4	1,9	0,5	1,4	1,4	1,4	1,8					
150-160					2,3	1,9	0,5	1,4	1,8	2,8						
160-170					2,8	1,4	2,3	1,9	1,4	0,9						
170-180					1,9	0,9	0,5	2,8	3,7	2,3						
180-190					1,4	1,9	0,9	1,4	0,9	3,7						
190-200					0,9	1,4	3,7	1,9	1,4	0,5						
200-210					0,5	2,8	2,3	1,4	3,2	0,5						
210-220					0,5	3,3	1,4	2,8	0,9							
220-230					0,5	0,5	1,9	2,3	3,7							
230-240					1,4	3,3	0,9	2,3								
240-250					2,8	0,9	3,7	0,9								
250-260					0,9	2,8	3,2	0,5								
260-270					0,5	2,8	1,4	0,5								
270-280					0,5	0,9										
280-290							0,9	0,5								
290-300							0,9	0,5								
300-310							0,9	0,5								
310-320							0,5									
τ							0,695	0,798	0,807	0,748						
σ					4,0	27,6	57,4	78,0	93,3	87,0	76,1	56,9	29,0	3,6		
\bar{X}					1,7	20,2	47,6	69,2	89,5	85,2	71,9	52,0	23,9	2,1		

0-10	100,0	100,0	68,8	20,5	4,2	1,4	0,9	0,5	0,5	1,4	1,9	6,1	16,4	68,7	100,0	100,0
10-20			20,5	20,9	18,7	7,5	5,6	4,2	3,7	6,1	8,4	13,1	22,4	21,0		
20-30			8,8	14,0	8,9	10,7	5,6	8,4	9,3	7,9	8,9	13,1	15,9	9,8		
30-40			1,9	6,5	7,5	6,5	8,9	5,6	4,7	5,1	7,9	6,5	7,9	0,6		
40-50				9,3	6,5	6,5	4,7	3,3	6,5	4,2	7,5	7,5	7,0			
50-60				7,9	1,9	6,1	4,7	3,7	2,8	4,7	5,1	6,5	6,5			
60-70				4,7	3,3	4,7	3,3	2,8	1,4	3,7	2,8	5,6	11,7			
70-80				10,2	3,7	1,9	4,2	3,3	4,2	5,1	3,7	4,2	5,6			
80-90				4,7	5,1	3,7	1,9	0,9	0,9	3,7	3,7	6,1	4,2			
90-100				0,9	2,8	2,3	1,9	2,8	1,9	1,4	5,1	4,2	2,3			
100-110				0,5	5,6	1,4	2,8	3,3	3,7	1,4	3,3	2,8				
110-120					6,5	4,7	2,3	3,3	2,3	1,9	4,7	7,5				
120-130					7,0	2,3	1,9	1,4	1,4	1,4	2,8	2,8				
130-140					5,6	2,8	0,5	1,9	1,9	1,4	2,3	4,7				
140-150					7,0	1,4	1,9	2,3	3,7	7,5	2,8	5,1				
150-160					2,8	3,7	1,9	1,9	2,3	2,3	0,5	2,8				
160-170					2,8	5,6	2,3	0,9	1,4	2,8	3,7	1,4				
170-180						3,7	1,9	1,9	3,7	2,3	4,7					
180-190						5,6	2,8	1,4	0,9	3,3	6,1					
190-200						6,1	2,3	1,9	1,9	1,9	4,2					
200-210						4,7	2,8	2,3	1,4	2,8	4,2					
210-220						3,3	7,5	1,9	2,3	6,5	3,3					
220-230						2,8	4,2	2,3	5,1	5,6	1,9					
230-240							5,6	2,3	3,3	6,5						
240-250						0,5	7,9	4,2	7,5	2,8						
250-260							4,7	4,7	5,1	2,8	0,5					
260-270							2,3	7,9	7,9	2,3						
270-280							2,3	5,6	3,7	0,5						
280-290							0,5	5,6	3,3							
290-300								2,8	0,5	0,5						
300-310								3,7								
310-320								0,5								
320-330									0,5							
330-340																
340-350									0,5							
τ							1,162	1,337	1,344	1,262						
σ		0,5	7,9	26,4	50,8	70,9	89,5	101,6	94,3	83,5	68,7	46,7	26,0	7,4	0,2	
\bar{X}		0,1	7,7	33,7	72,3	105,4	139,9	160,8	151,7	130,4	99,8	65,9	34,9	7,9		

torzulását. Gyakorlatilag egy-egy órákőzben az északi felületen mért sugárzás-intenzitás az átlag körül közel szimmetrikus eloszlású. Csupán június reggeli és esti órákőzeivel kell külön foglalkoznunk, amikor a felületre jutó közvetlen napsugárzás módosítja a napi menetet. A napfelkeltét követő és a naplementét megelőző órákőzökben a főmaximum az alacsony sugárzási intervallumokba esik; a közvetlen besugárzás egy másodlagos maximumot okoz a magasabb intervallumokban. A napmagasság növekedésével a főmaximum, a módusz kerül a nagyobb sugárzási értékekhez, és a borult órákőzökben egy gyenge másodmaximum figyelhető meg. A sugárzás júniusban mért intenzitásait jellemzi, hogy a magas intenzitáshoz tartozó módusz után a magasabb sugárzási intenzitások előfordulási valószínűsége 0.

3. Kapcsolat G_V/G_H és a relatív napfénytartam óraértékei között

Az eddigiekben megvizsgáltuk a déli és északi felületre jutó sugárzás-intenzitás óraértékeinek átlagát és változékonyságát. Az adatsor komplex feldolgozásához tartozik, hogy megállapítsuk, milyen az arány a vízszintes és függőleges felületre eső globálsugárzás óraértékei között. E célból a havi átlagos napi menetekből minden évre előállítottuk a függőleges és vízszintes felszínre eső globálsugárzás arányát a déli (G_V/G_H) és az északi (G_E/G_H) felületre. Az egyes évek adataiból nyert arányok szórtak, ezért célszerűnek tartottuk, hogy a napi összegekkel végzett vizsgálatok eredményeire támaszkodva össze-

II. TÁBLÁZAT

A déli felületen júniusban és szeptemberben mért globálsugárzás óraértékeinek relatív gyakorisági eloszlása, átlaga (\bar{X}), szórása (σ) és a gyakorisági eloszlás torzulása (τ)

Órakerék	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20
Osztályozási intervallum																
Június																
0-10	98,9	27,4	9,5	3,7	3,2	1,6	0,5	0,5	1,1	1,1	1,6	3,7	3,1	6,8	26,7	99,0
10-20	1,1	31,6	10,5	4,2	4,8	3,7	2,7	2,1	2,1	2,6	3,1	2,1	2,1	15,7	39,3	0,5
20-30		40,5	16,8	5,8	2,6	3,7	3,7	2,1	1,6	2,1	2,6	3,1	6,8	23,0	32,5	
30-40		0,5	52,6	8,4	3,7	2,1	1,1	3,2	1,6	2,1	4,2	8,4	10,5	34,0	1,0	0,5
40-50			10,0	16,3	3,2	4,8	3,7	2,6	3,2	0,5	1,6	6,3	11,5	17,8		
50-60				44,7	3,7	2,6	2,7	2,1	4,3	4,2	4,7	3,1	29,8	1,6		
60-70			0,5	12,6	4,2	2,1	1,6	0,0	2,7	3,2	4,7	4,7	24,1	0,5		
70-80				2,6	7,9	3,2	2,1	4,2	2,7	6,8	3,1	8,4	4,2			
80-90				0,5	16,9	2,1	1,1	4,2	1,1	3,2	3,1	15,2	1,6	0,5	0,5	
90-100					30,2	2,6	3,2	1,6	3,7	4,2	7,3	19,9				
100-110					12,7	3,2	3,2	2,6	4,3	1,6	7,9	14,1	0,5			
110-120					4,8	9,5	4,3	1,7	5,9	3,7	9,9	6,8				
120-130					1,6	18,5	4,8	3,7	2,7	7,4	11,5	2,6				
130-140					0,5	18,0	6,4	4,7	4,3	10,0	22,0	1,0				
140-150						8,5	7,5	5,3	6,4	8,4	8,4	0,5				
150-160						2,6	12,3	3,7	5,9	10,0	3,7					
160-170						1,1	18,2	7,9	9,0	17,4	0,5					
170-180							15,0	9,5	17,0	10,5						
180-190				1,1			5,3	10,0	12,8	1,1						
190-200								16,8	6,9							
200-210								11,1	0,5							
210-220								0,5	0,5							
τ							-0,707	-0,881	-0,745	-0,891						
σ	2,7	7,8	11,7	21,0	29,1	40,8	48,8	56,3	53,0	47,0	39,5	31,4	18,7	12,8	9,1	3,6
\bar{X}	3,5	15,1	29,2	49,4	79,2	107,0	130,5	145,1	135,5	123,1	103,1	77,4	48,3	29,8	15,4	3,5
Szeptember																
0-10	100,0	100,0	33,6	10,9	4,6	2,5	1,7	1,3	1,7	1,3	1,3	2,5	10,9	38,2	100,0	100,0
10-20			29,8	9,2	7,6	4,2	5,5	4,6	5,0	5,0	6,7	9,7	11,3	35,3		
20-30			26,9	10,5	6,7	4,6	2,9	2,9	4,6	5,5	5,5	5,5	10,9	22,3		
30-40			8,0	9,2	2,9	4,6	2,5	4,6	3,5	4,2	5,0	5,9	9,2	4,2		
40-50			1,7	6,3	5,5	2,5	3,4	2,1	2,1	2,9	4,2	6,7	8,4			
50-60				9,2	2,1	5,0	1,7	1,3	1,7	2,9	2,5	5,9	9,2			
60-70				10,5	3,8	0,4	1,7	2,1	2,5	1,3	2,5	3,4	17,2			
70-80				15,1	4,6	3,4	0,7	0,8	0,4	2,1	2,1	4,6	8,8			
80-90				11,8	1,7	1,7	1,3	0,4	3,8	4,2	2,9	5,5	8,8			
90-100				3,4	5,9	1,7	0,8	1,7	0,8	1,3	4,6	7,1	2,5			
100-100				2,5	4,6	2,1	3,4	0,8	2,1	2,9	3,4	3,8	1,7			
110-120				0,8	6,7	2,5	2,1	1,7	1,3	2,1	3,4	8,4	0,8			
120-130				0,4	10,9	2,1	1,3	2,5	1,7	2,5	5,5	6,7				
130-140					15,1	5,5	2,1	2,5	2,5	2,9	2,9	8,4				
140-150					5,9	2,9	2,9	2,5	2,5	2,5	4,6	6,3				
150-160					6,3	4,2	0,0	1,3	0,8	2,5	4,2	4,6				
160-170					2,1	5,9	3,4	0,8	0,8	2,1	4,2	1,3				
170-180					1,7	7,6	4,6	1,7	2,9	5,5	8,4	2,5				
180-190					0,4	11,3	4,2	1,3	3,4	4,6	8,0	0,4				
190-200					0,4	9,7	2,9	2,5	3,4	2,5	6,7	0,4				
200-210						0,4	5,9	5,0	5,0	2,5	3,8	4,6				
210-220							5,5	5,9	0,8	6,3	6,3	3,8	0,4			
220-230							1,3	8,4	4,2	3,8	8,0	0,8				
230-240							0,8	9,7	3,4	6,7	6,3	0,8				
240-250							1,3	9,2	6,3	7,6	8,0	0,8				
250-260								5,9	5,9	8,4	3,8					
260-270							0,8	2,9	8,4	7,1	0,4					
270-280								2,1	9,7	4,2		0,4				
280-290								0,4	7,6	2,9	0,8					
290-300									2,9	0,4	0,8					
300-310									0,8	3,4	1,3	0,4				
310-320									0,4	1,7	0,8					
320-330										0,4						
330-340										0,8	0,4					
τ							-0,774	-0,851	-0,879	-1,125						
σ		1,6	10,4	29,5	50,8	69,2	83,1	95,6	91,2	82,9	67,6	49,6	28,1	8,9	1,3	
\bar{X}		1,0	18,0	50,9	94,1	135,5	170,7	193,6	174,8	151,7	123,0	86,2	47,4	13,5	0,6	

III. TÁBLÁZAT

A déli irányítású függőleges felületen, havonta 11 és 12 óra között mért adatok aszimmetria mértékszámai

Hónap:	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
τ :	0,80	1,05	1,34	1,04	-0,83	-0,88	-0,78	-0,95	-0,85	1,37	1,01	0,75

VI. TÁBLÁZAT

Az északi felületen januárban márciusban, júniusban és szeptemberben mért globálsugárzás óraértékeinek relatív gyakoriságai eloszlása, átlaga (\bar{X}), szórása (σ) és a gyakorisági eloszlás torzulása ($\sigma\lambda$)

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

Osztályozási intervallum

Január

0-10	100,0	100,0	100,0	99,5	63,7	27,3	14,0	11,2	11,2	13,9	28,7	64,4	99,5	100,0	100,0	100,0
10-20				0,5	31,9	45,8	33,0	29,4	26,5	31,0	40,3	34,7	0,5			
20-30					1,4	19,9	33,5	29,0	34,0	32,9	25,0	0,9				
30-40						6,0	12,6	14,5	12,6	14,4	5,6					
40-50						0,5	6,0	11,2	10,2	6,0	0,5					
50-60						0,5	0,5	4,2	5,1	0,9						
60-70						0,5	0,5	0,5	0,5	0,9						
τ				1,4	4,7	8,5	0,355	0,757	-0,015	-0,278						
σ				0,7	7,3	15,4	10,7	13,0	13,0	11,5	8,3	4,3	1,4			
\bar{X}				0,7	7,3	15,4	21,2	24,8	24,8	21,8	15,6	7,7	0,9			

Március

0-10	100,0	100,0	84,2	31,1	7,7	2,6	1,1	1,2	0,8	1,6	2,9	9,8	20,4	83,3	100,0	100,0
10-20			15,8	41,0	28,2	10,9	9,2	6,1	6,5	8,2	10,6	18,0	47,8	16,3		
20-30				23,1	27,8	25,5	15,0	12,7	13,5	14,3	18,0	38,0	29,8	0,4		
30-40				4,8	30,4	36,9	33,0	24,6	23,3	27,3	41,2	32,2	1,6			
40-50					3,7	18,2	29,3	34,4	35,5	35,5	23,7	1,2	0,4			
50-60					1,5	4,4	8,4	14,8	13,1	8,6	2,9	0,8				
60-70					0,7	0,4	2,2	3,7	4,1	2,4	0,8					
70-80						0,7	1,1	0,8	1,6	1,2						
80-90						0,4		0,8	0,8	0,4						
90-100								0,4	0,4	0,4						
100-110							0,4									
110-120							0,4	0,4	0,4							
τ							0,083	-0,326	-0,320	-0,545						
σ		0,4	4,3	8,3	10,9	11,6	14,5	14,7	14,7	13,2	11,0	9,4	7,5	4,3	0,3	
\bar{X}		0,1	4,8	14,7	24,8	32,3	36,2	40,2	40,3	37,8	32,5	24,5	15,6	5,0	0,0	

Június

0-10	56,3	20,8	10,1	5,0	4,3	1,9	0,6	0,6	1,3	1,2	1,2	3,1	5,0	7,5	15,5	58,4
10-20	33,1	11,9	10,1	3,1	3,1	3,2	3,8	3,8	3,8	1,9	4,3	3,1	7,5	9,9	21,7	27,3
20-30	6,9	7,5	5,7	7,5	6,8	5,7	2,6	2,5	0,6	5,0	3,1	5,0	6,3	11,2	8,1	8,7
30-40	2,5	7,5	8,2	5,6	11,2	13,3	10,3	8,2	8,1	6,8	8,1	13,7	8,8	12,4	10,6	3,7
40-50	0,6	7,5	6,9	15,0	18,6	15,8	16,0	10,1	15,0	14,3	15,5	14,3	6,3	9,9	8,1	1,2
50-60	0,6	15,7	8,2	16,3	28,6	24,7	23,7	19,5	18,8	23,0	23,7	31,1	13,8	5,6	13,8	0,6
60-70	13,8	11,9	15,0	22,4	25,3	27,6	34,6	30,0	28,6	27,3	21,1	15,0	4,3	8,7		
70-80	6,9	15,7	21,9	3,7	8,2	10,3	17,0	18,8	15,5	12,4	6,8	21,3	19,9	6,8		
80-90	4,4	19,5	9,4	1,2	1,3	3,8	3,1	3,1	3,1	0,6	1,9	11,9	9,9	3,7		
90-100	3,1	3,8	1,3		0,6	0,6						3,8	8,7	1,2		
100-110	0,6												0,6	1,9		
τ							-0,519	-0,383	-0,381	-0,444						
σ	8,8	27,9	28,9	22,6	17,1	16,6	18,5	18,8	19,4	18,7	17,3	17,2	25,0	28,8	26,6	10,0
\bar{X}	9,4	40,1	53,1	55,2	48,6	51,3	55,4	57,8	57,6	56,7	53,8	50,2	55,8	51,1	37,1	10,0

Szeptember

0-10	100,0	100,0	43,3	11,7	5,6	3,3	1,7	1,1	1,7	0,6	2,2	5,0	13,9	50,0	100,0	100,0
10-20			33,7	17,8	10,6	6,7	6,7	4,4	6,1	7,2	6,1	10,6	18,3	31,7		
20-30			18,3	38,9	10,0	3,3	4,4	6,7	7,2	5,0	9,4	14,4	42,8	17,2		
30-40			1,1	29,4	44,4	25,0	6,1	6,7	5,0	12,8	22,2	44,4	24,4	0,6		
40-50			0,3	2,2	25,0	43,9	54,4	43,3	42,2	41,7	38,9	23,9	0,6			
50-60					3,3	15,6	21,1	23,3	23,9	24,4	20,0	1,7		0,6		
60-70					1,1	1,1	4,4	7,2	7,8	6,7	1,1					
70-80						1,1	1,1	2,2	1,1	1,7						
80-90							1,1									
τ							-0,344	-0,070	-0,070	-0,037						
σ		1,9	8,1	9,6	11,6	12,8	12,9	13,6	13,2	12,1	11,2	9,5	8,4	1,3		
\bar{X}		1,3	12,3	23,4	33,1	43,6	44,1	45,9	45,1	44,0	39,8	32,4	22,6	11,3	0,7	

függést keressünk az arány és a relatív napfénytartam között. Az értékpárokat grafikusán ábrázolva értékeltük az összefüggés jellegét.

A déli felületre számított arányok a téli hónapokban (okt.–febr.) egy adott óráközön belül a napfénytartam növekedésével nőnek: a változás lineáris. Az összefüggés korrelációs együtthatója minden óráközben 0,6 felett van, az esetek többségében 0,8–0,94 közé esik. A déli felület arányainak statisztikai jellemzőit az V. táblázatban állítottuk össze.

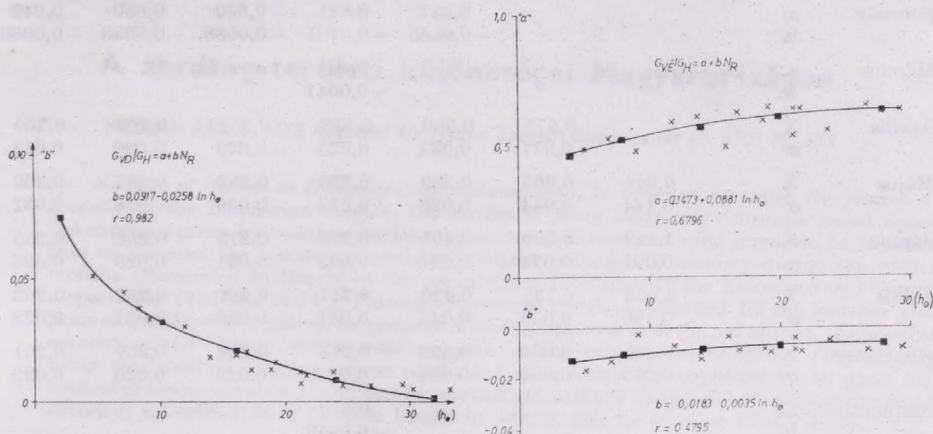
V. TÁBLÁZAT

A G_{VD}/C_H arány és a relatív napfénytartam közötti összefüggés jellemzői: az összefüggést leíró egyenes metszéspontja (a), iránytangense (b), az arány átlaga (\bar{X}) és szórása (σ).

Óráköz:		5–6 18–19	6–7 17–18	7–8 16–17	8–9 15–16	9–10 14–15	10–11 13–14	11–12 12–13
Január	a.				1,205	1,124	1,079	1,123
	b.				0,0444	0,0181	0,0136	0,0114
Február	a.		0,952	1,035	1,009	0,998	0,989	
	b.		0,0505	0,0125	0,0079	0,0066	0,0071	
Március	a.			0,717	n = 83			
	b.			0,0055				
Április	\bar{X}		0,528	0,639	0,698	0,754	0,763	0,787
	σ		0,070	0,077	0,075	0,051	0,050	0,047
Május	\bar{X}	0,454	0,439	0,480	0,551	0,576	0,593	0,643
	σ	0,116	0,104	0,102	0,110	0,097	0,095	0,106
Június	\bar{X}	0,450	0,413	0,410	0,484	0,534	0,570	0,599
	σ	0,061	0,041	0,038	0,042	0,033	0,022	0,029
Július	\bar{X}	0,436	0,431	0,440	0,506	0,563	0,604	0,638
	σ	0,061	0,049	0,038	0,032	0,020	0,018	0,029
Augusztus	\bar{X}	0,506	0,502	0,565	0,635	0,703	0,744	0,778
	σ	0,106	0,046	0,035	0,042	0,023	0,025	0,037
Szeptember	a.				0,610	n = 81		–
	b.				0,0056			
Október	a.		0,631	0,722	0,862	0,910	0,943	
	b.		0,0385	0,0132	0,0074	0,0057	0,0054	
November	a.			1,105	0,932	0,998	0,981	
	b.			0,0331	0,0191	0,0126	0,0124	
December	a.			1,213	1,118	1,051	1,142	
	b.			0,0505	0,0308	0,0200	0,0166	

A $G_{VD}/G_H = a + b \cdot N_R$ összefüggés a értékei egy hónapon belül állandónak vehetők, ami azt jelenti, hogy adott hónapban, borult időben ($N_R = 0$) a felület egész nap megközelítőleg azonos sugárzás-intenzitást kap. Azonban az egyenes iránytangense a napmagasság növekedésével csökken (V. táblázat b-vel jelzett sorok). A csökkenés nem elhanyagolható, ui. a napfénytartam 10%-os növekedése pl. februárban 8 és 9 óra között 12,5%-ban növeli meg a déli falra jutó globálsugárzás értékét, azonban ez a növekedés 11 és 12 óra között (vagy a megfelelő délutáni óráközben) csak 7%. Amint látjuk, az iránytangens értéke kapcsolódik az óráközhez, amelyet a közepes napmagassággal adhatunk meg; ebből következik a kérdés: A téli hónapok óráközeire kapott b érték és a h napmagasság között a vizsgált időszakban azonos-e az össze-

függés, vagy az egyes hónapokat külön kell választani? A kérdés megválaszolásához az összefüggő értékpárokat grafikusán ábráztuk (4. ábra), és egy szoros korrelációs együtthatójú logaritmikus eloszlás-görbét kaptunk ($r = 0,982$). A téli hónapokban (okt. – febr.) tehát a déli felületre jutó globálisugárzás óraösszeget meghatározza a vízszintes felszínre eső globálisugárzás, a felületre jutó szórt sugárzást jellemző szám, amely havonként változik, az óráköz relatív napfénytartama és napmagassága.



4–5. ábra: A G_{VD}/G_H ill. G_{VE}/G_H arány és a relatív napfénytartam közötti lineáris regressziós egyenes iránytangensének (balról) és konstansainak (jobbról) függése a napmagasságtól telen

Márciusban és szeptemberben a G_{VD}/G_H arány és relatív napfénytartam közötti összefüggést a napmagasság nem befolyásolja, egész nap egy a és b érték alkalmazható, korrelációs együtthatója 0,87 és 0,81.

Nyáron a relatív napfénytartam szerepe elhanyagolható, az arányt minden óráközben átlagával jellemezhetjük. Az átlaghoz megadjuk az adatok szórását, s látjuk, hogy az átlag körüli ingadozás kicsi, 25% és 3% között változik.

Az északi felület adataival is elvégeztük ezeket a vizsgálatokat, eredményeinket a VI. táblázatban közöljük. A déli felülethez hasonlóan a hónapok 3 csoportba oszthatók:

A téli hónapokban a G_{VE}/G_H arány és relatív napfénytartam közötti összefüggés lineáris, az egyenlet konstansa a nap folyamán gyengén, hónapról-hónapra erősebben változik. Ezért az $a-h$ értékpárokat grafikusán ábráztuk (5. ábra), és azt tapasztaltuk, hogy a pontok logaritmikus eloszlásúak, korrelációs koefficiensük 0,68. A viszonylag gyenge korrelációs koefficiens azt mutatja, hogy a értékének napmagasságtól való függése elhanyagolható, borult időben az arány állandó.

A VI. táblázat b -vel jelzett soraiban megadjuk a lineáris regressziós egyenes iránytangensét, vagyis annak a jellemzését, hogy milyen mértékben befolyásolja a relatív napfénytartam változása – adott óráközön belül – az arány értékét. Napi menetének jellemzésére felrajzoltuk b értékeit a napmagasság függvényében (5. ábra), s azt tapasztaltuk, hogy a pontok között szoros kapcsolat van, azonban a gyenge hajlásszög miatt r értéke alacsony: az általában alsó határnak elfogadott 0,5-nél kisebb. Ezért mondhatjuk azt, hogy a G_{VE}/G_H arány relatív napfénytartamtól való függését nem befolyásolja a napmagasság.

VI. TÁBLÁZAT

A G_{VE}/G_H arány és a relatív napfénytartam közötti összefüggés jellemzői: az összefüggést leíró egyenes mészéspontja (a), iránytangense (b), az arány átlaga (\bar{X}) és szórása (σ)

Órakoż:	5-6		6-7		7-8		8-9		9-10		10-11		11-12	
	18-19		17-18		16-17		15-16		14-15		13-14		12-13	
Január	a.								0,619	0,609	0,649			
	b.								-0,0121	-0,0089	-0,0098			
Február	a.			0,487	0,611	0,650	0,660	0,642						
	b.			-0,0165	-0,0101	-0,0088	-0,0088	-0,0080						
Március	a.				0,491	n = 70								
	b.				-0,0041									
Április	\bar{X}		0,575	0,386	0,318	0,282	0,262	0,260						
	σ		0,077	0,034	0,025	0,023	0,020	0,018						
Május	\bar{X}	0,944	0,665	0,389	0,323	0,282	0,267	0,260						
	σ	0,144	0,044	0,026	0,033	0,036	0,038	0,032						
Június	\bar{X}	1,142	0,709	0,491	0,309	0,273	0,256	0,255						
	σ	0,091	0,074	0,044	0,032	0,031	0,020	0,023						
Július	\bar{X}	1,053	0,735	0,420	0,317	0,281	0,259	0,252						
	σ	0,190	0,058	0,045	0,041	0,036	0,031	0,028						
Augusztus	\bar{X}	0,869	0,666	0,392	0,315	0,284	0,267	0,261						
	σ	0,273	0,099	0,034	0,033	0,029	0,025	0,022						
Szeptember	a.				0,610	n = 59								
	b.				-0,0049									
Október	a.			0,338		0,433	0,385	0,369						
	b.			0,0061		-0,0018	-0,0014	-0,0014						
November	a.				0,486	0,499	0,541	0,562						
	b.				-0,0030	-0,0039	-0,0047	-0,0053						
December	a.					0,599	0,638	0,656						
	b.					-0,0074	-0,0089	-0,0097						

Ezt az összefüggést figyelhettük meg márciusban és szeptemberben, amikor a kapcsolat egy-egy egyenessel írható le. Érdekes megfigyelni, hogy a két hónap egyenesének iránytangense azonos, azonban a értéke szeptemberben nagyobb, vagyis szeptemberben az északi felület azonos relatív napfénytartam alatt több globálsugárzást élvez, mint márciusban.

A nyári hónapokban az arány értéke független a relatív napfénytartamtól, óraátlagban egy számmal jellemezhető — nagyon kicsi szórással. Ez az óraátlag a nap folyamán nem állandó: jelentős a napi menet. A kapott eredmények érdekessége, hogy azonos órakożokhoz a nyári hónapokban közel azonos arány tartozik, pl. 8-tól 9-ig, és 15-től 16 óráig egész nyáron 0,31 az arány értéke. Ez azt jelenti, hogy áprilistól augusztusig a kora reggeli és késő délutáni órák kivételével, a vízszintes felületre érkező összszugárzásból azonos napi menettel részesedik az északi irányú függőleges felület.

A most bemutatott eredmények ismeretével a déli és északi irányítású függőleges felületre érkező összszugárzás törvényszerűségei — lehetőségeinkhez képest — megoldottnak tekinthetők. (A későbbiekben ezeket a vizsgálatokat a keleti és nyugati irányítású felület mért adataival is elvégezzük.)

IRODALOM

Takács O. (1979): Vertikális felületekre jutó napsugárzási energia. *Időjárás* 83. évf. 3. szám 137-144. pp.

IDŐJÁRÁS

Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata. 85. évf. 1. szám. 1981. január – február
Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 85, No. 1. Jan – Feb 1981. Budapest

A zordság területi különbségei Magyarországon

NOVÁK ÁKOS, JATE Központi Könyvtára, Szeged, Dugonics tér 13. 6701 Pf. 393

Severity of climate in Hungary: regional variation. In order to establish the degree of severity of the Hungarian climate, the author is using Bodmann's formula based upon the averages given by weather stations for air temperature and wind strength. In illustration of his case, the author proceeds to compare averages of severity during the winter months (November to March) of the period from 1968 to 1978 for Kékestető and Szeged respectively (*Tables I to IV*). Putting to account the data collected by the weather stations of the above two places, he presents a nomograph and with the aid of that, the possible severity of the climate, detrimental even to healthy people, can be shown (*Fig. 2*). By using this method, regions where conditions of severity are supposed to be good for, neutral or detrimental to health can be marked off, and the likelihood of spells of increased severity, as well as their possible length in winter, can be forecast (*Table VII*).

*

A zordság területi különbségei Magyarországon. A szerző a zordság mértékének megállapításához Bodmann képletét alkalmazza, amely a klímaállomások léghőmérséklet- és szélereősség adatait veszi figyelembe. Mintaként Kékestető és Szeged esetében az 1968–1978-as időszak téli hónapokra (novembertől márciusig) számított zordsági értékeit hasonlítja össze (*I–IV. táblázat*). A két klímaállomás adatait felhasználva nomogrammot mutat be, amellyel megállapítható az egészséges ember számára már kedvezőtlennek érzékelt zordság valószínűsége (*2. ábra*). E módszerrel elkülöníthetők Magyarországon a kedvező, közömbös és kedvezőtlen zordsági adottságú térségek, meghatározható a nagyobb zordsági fokozatú időszakok valószínűsége és a tél folyamán várható időtartama (*VII. táblázat*).

*

Bevezetés. A XX. század kezdetén az Antarktison meginduló kutatások irányították különösbbe a figyelmet a hideg hőérzetre, a zordságra. A hideg hőérzet azonban nemcsak a sarkvidéken, hanem a mérsékelt égövön élő, dolgozó, pihenő egészséges ember közérzetét, egészségi állapotát, munkateljesítményét, regenerálódását is lényegesen befolyásolhatja. Ebből következően célunk olyan módszer alkalmazása, amellyel megállapítható a zordság mértéke, kimutathatók annak hazánkon belüli térbeli különbségei, adatszerűen meghatározható a szabadban dolgozó, környezetváltozásnak kitett embert tartósan vagy átmenetileg érő tényleges és valószínűsíthető hideg hatások.

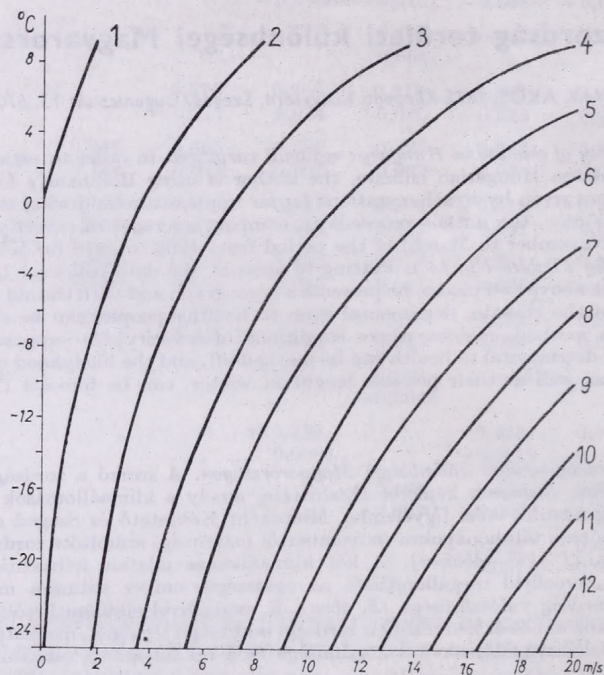
A zordság a sugárzásviszonyoktól, a léghőmérséklettől, a hőelvonást eredményező légmozgás intenzitásától, a levegő páratartalmától függ. E tényezők közül a léghőmérsékletet és a szélesebséget alapul véve Bodmann (1908) a következő képlettel végzett számításokat:

$$z = (1 - 0,04t) \cdot (1 + 0,272v)$$

ahol z a zordságot, t a léghőmérsékletet, v a szélesebséget jelöli.

Hasonló számítási módszert dolgozott ki kevéssel utóbb *Baschin* (1918).

Réthly (1919) a fenti képletet – tekintettel a figyelembe vett időjárási elemek általános érvényű gyűjtésére és a matematikai összefüggés egyszerűségére – megfelelőnek találta a zordság széles körű számításának elvégzésére. Alkalmazását elsődlegesen a magyar egészségügynek – szanatóriumok helyének kijelölésekor – ajánlotta, de más területeken történő hasznosítását is sürgette.



1. ábra: A Bodmann formula ábrázolása

Bodmann formuláját a közelmúltban hazánkban *Mátyus* (1957) Budapest zordsági viszonyainak tanulmányozásakor alkalmazta. Majd az általa módosított képlettel az egész Földre kiterjedően végzett számításokat (*Mátyus*, 1959).

A vizsgálat módszere és célkitűzése

A zordság mértékének meghatározása ideális esetben több éghajlati elem figyelembe vételével történik. A tágabb tartalmú hőérzet-számításoknál is – a léghőmérsékleten s a szélesebbeségen kívül – ezért szerepel a sugárzás (*Linke*, 1935; *Buettner*, 1951; *Justyák és Szilágyi*, 1976), a légnedvesség (*Misseyard*, 1948; *Gubola*, 1965; *Landsberg*, 1972; *Justyák és Szilágyi*, 1976) stb. adata.

A fentiek ellenére vizsgálatunkban mégis *Bodmann* képletét alkalmazzuk, mert a megbízható következtetésekhez szükséges léghőmérsékleti és szélesebbeségi adatok hiánytalan, hosszabb időszora ma már rendelkezésre áll. Az alapul vett zordsági függvényt az 1. ábra szemlélteti. Jellemzője, hogy a léghőmérsék-

let egyenletes csökkenésekor egyre kisebb szélsőbesség szükséges a zordsági fokozat egységnyi emelkedéséhez.

E függvénykapcsolat segítségével már jellemzőnek tekinthető tíz, november 1-től március 31-ig bővített, téli időszak (1968–1978) klímaadatait használjuk fel az eltérő zordságú hazai klímaterületek elkülönítésére. Mintaként két jelentősen különböző éghajlatú hely, Kékestető és Szeged zordsági értékeit állapítjuk meg. Klimatikus különbségüket jól tükrözi Péczeley (1979) klímarend-

I. TÁBLÁZAT

Zordsági középértékek Kékestetőn és Szegeden 7 és 13 órakor
(M = napi középérték)

Téli évszak	Kékestető			Szeged		
	7 ^h	13 ^h	M	7 ^h	13 ^h	M
1968–1969	2,5	2,1	2,3	1,9	1,9	1,9
1969–1970	2,9	2,5	2,7	2,1	2,0	2,0
1970–1971	2,7	2,3	2,5	1,9	1,8	1,8
1971–1972	2,7	2,3	2,5	1,8	1,6	1,7
1972–1973	2,7	2,3	2,5	1,9	1,6	1,7
1973–1974	2,9	2,5	2,7	1,9	1,8	1,9
1974–1975	2,6	2,3	2,5	1,8	1,6	1,7
1975–1976	2,9	2,4	2,6	2,0	1,8	1,9
1976–1977	2,7	2,5	2,6	1,7	1,6	1,7
1977–1978	2,7	2,4	2,5	1,7	1,6	1,7
1968–1978	2,7	2,4	2,5	1,9	1,7	1,8

II. TÁBLÁZAT

$A \geq 4$ értékek gyakorisága Kékestetőn és Szegeden 7 és 13 órakor (n = gyakorisági szám,
% = relatív gyakoriság)

Téli évszak	Kékestető				Szeged			
	7 óra		13 óra		7 óra		13 óra	
	n	%	n	%	n	%	n	%
1968–1969	30	19,8	15	9,9	3	2,0	3	2,0
1969–1970	41	27,2	23	15,2	5	3,3	6	4,0
1970–1971	25	16,6	17	11,3	4	2,6	6	4,0
1971–1972	31	20,4	16	10,5	1	0,7	1	0,7
1972–1973	27	17,9	16	10,6	1	0,7	2	1,3
1973–1974	40	26,5	22	14,6	0	0,0	2	1,3
1974–1975	30	19,8	22	14,6	1	0,7	1	0,7
1975–1976	45	29,6	24	15,8	2	1,3	2	1,3
1976–1977	36	23,8	25	16,6	0	0,0	3	2,0
1977–1978	27	17,9	20	13,2	1	0,7	0	0,0
Átlag	33	21,9	20	13,2	2	1,2	3	1,7

szere, amelyben Kékestető a hűvös-nedves, Szeged viszont a meleg-száraz körzetbe tartozik.

Első lépésként a zordság óránkénti értékeinek átlagát határozzuk meg úgy, hogy jellemzőnek fogadjuk el a 7 és 13 órai időpontokat. A hőmérséklet

és a szélsőbesség adataival mindkét időpontban kiszámítjuk a zordság fokozatait, majd utóbbiakkal a napi és a havi közepes zordságot.

Az eddigiekkel összhangban a téli periódusokra számított közepes zordság értékei (*I. táblázat*) 7 és 13 órakor Kékestetőn 2,5–2,9, illetve 2,1–2,5, ugyanakkor Szegeden 1,7–2,1, illetve 1,6–2,0 intervallumon belül helyezkednek el.

III. TÁBLÁZAT

A zordsági fokozatok (z) relatív gyakorisága (%) Kékestetőn és Szegeden a téli időszakban 7 és 13 órakor

Zordság z		0	1	2	3	4	5	6	7	8	Σ
7 óra											
Nov.	Kékestető	–	11,0	38,7	31,0	15,0	3,0	1,0	0,3	–	100,0%
	Szeged	–	41,3	53,0	5,0	0,7	–	–	–	–	100,0
Dec.	Kékestető	–	7,1	37,1	34,9	16,1	2,9	1,6	0,3	–	100,0
	Szeged	–	23,9	64,5	10,3	1,3	–	–	–	–	100,0
Jan.	Kékestető	0,3	5,8	29,7	36,1	19,7	5,5	2,6	0,3	–	100,0
	Szeged	–	13,9	65,5	18,1	1,6	0,6	–	0,3	–	100,0
Febr.	Kékestető	–	8,1	31,4	33,9	20,9	4,6	0,7	0,4	–	100,0
	Szeged	–	11,7	64,6	15,9	1,8	–	–	–	–	100,0
Márc.	Kékestető	–	18,1	37,7	27,4	12,3	3,5	0,7	–	–	100,0
	Szeged	–	30,6	59,7	8,4	1,0	0,3	–	–	–	100,0
13 óra											
Nov.	Kékestető	–	23,3	40,4	23,0	10,0	3,0	0,3	–	–	100,0%
	Szeged	1,0	60,4	33,3	4,3	1,0	–	–	–	–	100,0
Dec.	Kékestető	–	11,9	42,9	30,7	11,0	1,9	1,0	0,6	–	100,0
	Szeged	–	27,7	61,6	8,4	2,3	–	–	–	–	100,0
Jan.	Kékestető	–	13,9	37,1	29,4	13,2	4,6	1,6	–	–	100,0
	Szeged	–	21,9	60,0	13,9	3,6	0,3	0,3	–	–	100,0
Febr.	Kékestető	–	19,4	40,3	26,1	11,7	1,4	0,7	–	0,4	100,0
	Szeged	–	30,8	54,4	12,0	2,1	0,7	–	–	–	100,0
Márc.	Kékestető	1,0	36,8	41,0	14,8	4,2	2,2	–	–	–	100,0
	Szeged	8,1	45,8	37,4	7,4	1,3	–	–	–	–	100,0

Még határozottabban jelzik a két állomás közötti különbséget az erős zordságot jellemző $z \geq 4$ évenkénti gyakorisági adatai (*II. táblázat*). Kékestetőn a reggeli és a déli gyakorisági esetszám 25–45, illetve 15–25. Szegeden viszont csak 0–5, illetve 0–6 között változik. Feltűnő, hogy Szegeden délben többször fordul elő erősebb zordság, mint reggel.

A *III. táblázat* a zordsági fokozatok 10 év alatt bekövetkező relatív gyakoriságáról ad áttekintést. Az előforduló 0–8 fokozat közül 10%-nál nagyobb értékkel az 5–6 intervallum következik be. A maximumok 40% körül változnak, januárban és februárban reggel a 3, e hónapokban délben és a további

három hónapban a 2 fokozatra esnek. Az enyhe telek hatásaként Szegeden az előforduló 0–7 fokozat közül a 10% feletti gyakorisági értékek novemberben, decemberben és márciusban az 1–2, januárban és februárban az 1–3 fokozatot jellemzik. Csak a 4 fokozat gyakorisága nagyobb 1%-nál. Együttes következményként a maximumok magasak, 50, sőt 60% felettiék.

IV. TÁBLÁZAT

Napi zordsági adatok tíz évi átlagainak és tíz évi hőmérsékleti, valamint szélsőbesség átlagok felhasználásával számított zordsági értékek különbségei Kékestetőn és Szegeden ($z =$ napi zordsági adatok tíz évi átlaga, $\bar{z} =$ időjárás elemek tíz évi átlagai alapján számított zordság, $\Delta = z - \bar{z}$)

Hónap	Kékestető						Szeged					
	7 óra		Δ	13 óra		Δ	7 óra		Δ	13 óra		Δ
	z	\bar{z}		z	\bar{z}		z	\bar{z}		z	\bar{z}	
Nov.	2,65	2,65	0,0	2,3	2,32	-0,02	1,65	1,68	-0,03	1,44	1,45	-0,01
Dec.	2,77	2,82	-0,05	2,54	2,56	-0,02	1,89	1,93	-0,04	1,85	1,9	-0,05
Jan.	2,97	3,01	-0,04	2,63	2,65	-0,02	2,11	2,13	-0,02	2,02	2,04	-0,02
Febr.	2,86	2,86	0,0	2,39	2,4	-0,01	2,02	2,01	0,01	1,88	1,89	-0,01
Márc.	2,49	2,25	0,24	1,91	1,92	-0,01	1,81	1,82	-0,01	1,48	1,51	-0,03

Zordsági küszöbérték bevezetése

Az átlagos zordságnál indokoltabb vizsgálni az ember számára már kellemtelen hatású zordsági fokozatok bekövetkezését. Alsó határnak tekintve $z = 4$ értékét, következtetni kívánunk $z \geq 4$ gyakoriságára, időtartamára, az átlagos zordsággal való kapcsolatára. Összefüggést keresünk továbbá $z \geq 4$, valamint a hőmérséklet és a szélsőbesség gyakorisága között. A feladat megoldása során $z \geq 4$ gyakoriságát kapcsolatba hozzuk az átlagos zordsággal, amelyet t és v 10 évi átlagaival határozunk meg.

Számításaink szerint a 10 évi hőmérsékleti és szélsőbesség középértékekkel meghatározott közepes zordság adatai minimális mértékben különböznek a napi zordsági adatok 10 évi átlagaitól (IV. táblázat). Tehát az átlagos zordság megállapításakor célszerű eleve a normálokat felhasználni.

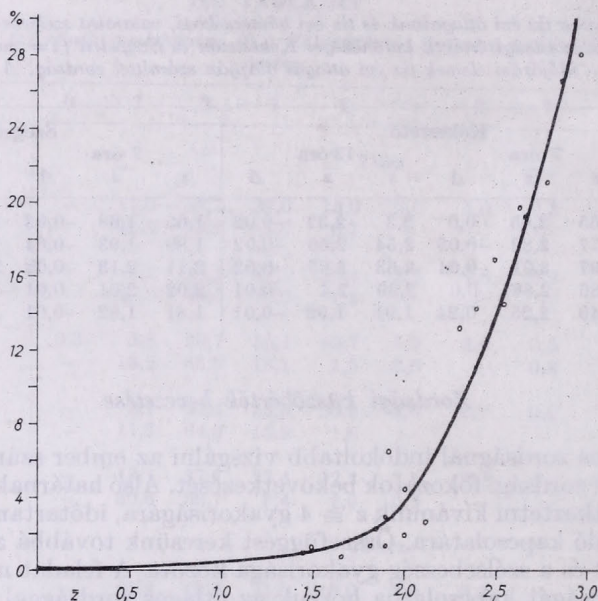
Célkitűzéseinknek megfelelően – a két állomás adataira támaszkodva – a továbbiakban a fiziológiás hatású $z \geq 4$ értékek kapcsolatát vizsgáljuk a közepes zordsággal. Az V. táblázatból kitűnik, hogy függvénykapcsolatuk elég szoros. Még meggyőzőbben szemlélteti összefüggésüket a 2. ábra. A koordináta

V. TÁBLÁZAT

$z \geq 4$ relatív gyakorisága a havi közepes zordság függvényében Kékestetőn és Szegeden 7 és 13 órakor ($z =$ havi közepes zordság, $g =$ gyakoriság %-ban)

Hónap	Kékestető				Szeged			
	7 óra		13 óra		7 óra		13 óra	
	z	g	z	g	z	g	z	g
Nov.	2,65	19,33	2,3	13,33	1,65	0,67	1,44	1,00
Dec.	2,77	20,96	2,54	14,51	1,89	1,29	1,85	2,26
Jan.	2,97	28,06	2,63	19,68	2,11	2,58	2,01	4,19
Febr.	2,86	26,50	2,39	14,13	2,02	1,77	1,88	2,83
Márc.	2,49	16,78	1,91	6,45	1,81	1,29	1,48	1,29

rendszer vízszintes tengelyén a közepes zordság, függőleges tengelyén $z \cong 4$ relatív gyakorisága szerepel. Az összetartozó értékpárok által meghatározott pontok tömör elrendezése tartalmilag szoros kapcsolatot mutat, így megkönnyíti a nomogramm szerkesztését. A nomogramm pontjainak segítségével megállapítható, hogy ismert közepes zordságú állomáson milyen relatív gyakoriságúak és időtartamúak lehetnek a $z \cong 4$ értékek.



2. ábra: $z \cong 4$ zordsági fokozatok relatív gyakorisága a közepes zordság függvényében Kékestőn és Szegeden (\bar{z} = közepes zordság)

Kékestető és Szeged zordsági viszonyainak összehasonlításakor már lemutattuk $z \cong 4$ gyakorisági adatait az egyes téli periódusokban (II. táblázat). Most a táblázat eddig nem említett, de lényeges sajátosságára hívjuk fel a figyelmet. Kékestetőn ugyanis 7 és 13 óraker — a rendszertelen visszaesések ellenére — a zordság tendenciaszerűen erősödik, Szegeden viszont a telek enyhülése tapasztalható.

VI. TÁBLÁZAT

Három óránkénti mérések alapján számított 10 évi (1968–1978) és 50 évi (1901–1950) hőmérsékleti havi középértékek különbsége Kékestetőn és Szegeden (T_{10} = tíz évi középhőmérséklet, T_{50} = ötven évi középhőmérséklet, $\Delta = T_{10} - T_{50}$)

Hónap	Kékestető			Szeged		
	\bar{T}_{10}	\bar{T}_{50}	Δ	\bar{T}_{10}	\bar{T}_{50}	Δ
Nov.	1,1	0,7	0,4	5,7	5,9	-0,2
Dec.	-3,2	-2,2	-1,0	0,2	1,4	-1,2
Jan.	-4,0	-4,0	0,0	-0,7	-1,2	0,5
Febr.	-2,5	-3,3	0,8	2,0	0,6	1,4
Márc.	0,3	0,2	0,1	5,7	6,3	-0,6

E tendencia alapján felvethető, hogy a két állomás kiválasztott idősora tipikus-e? Összhangban áll-e, vagy milyen mértékű kapcsolatot mutat pl. az 50 évi középértékekkel? A fenti kérdésekre megbízható válasz már csak azért sem adható, mert az egész országra kiterjedő exakt szélsőesség vizsgálatok csak a felszabadulás után indultak meg.

Ilyen adatok hiányában a zordságot részben meghatározó hőmérséklet 50 (Kakas, 1967) és 10 évi idősorát hasonlítjuk össze a VI. táblázatban. Jellemző,

VII. TÁBLÁZAT

Téli hónapok ötven évi (1901–1950) középértékek alapján számított közepes zordsága, valamint $\bar{z} \cong 4$ relatív gyakorisága és valószínűsíthető együttes időtartama 24 magyarországi éghajlatkutató állomáson (\bar{z} = téli hónapok közepes zordsága, % = $\bar{z} \cong 4$ relatív gyakorisága, óra = $\bar{z} \cong 4$ időtartama)

Állomás	\bar{z}	%	óra	Állomás	\bar{z}	%	óra
1. Mosonmagyaróvár	2,21	8,2	297,9	13. Budapest Met. Int.	1,45	1,0	37,7
2. Sopron	1,65	1,5	53,3	14. Pécs	1,75	2,4	86,5
3. Győr	1,66	1,4	50,2	15. Baja	1,53	1,2	44,1
4. Szombathely	2,11	6,9	250,4	16. Kecskemét	1,61	1,3	48,5
5. Pápa – Kisacsád	1,9	3,8	135,9	17. Szeged	1,79	3,0	107,2
6. Zalaegerszeg	1,49	1,1	39,0	18. Szolnok	1,54	1,0	35,2
7. Szentgotthárd	1,33	0,9	31,1	19. Lőrinci	1,47	1,0	37,7
8. Keszthely	1,64	1,4	49,3	20. Kékestető	2,48	14,5	526,0
9. Nagykanizsa	1,45	1,0	37,5	21. Miskolc	1,4	0,9	34,0
10. Siófok	1,76	2,0	74,0	22. Debrecen	1,76	1,8	66,1
11. Bánhida	1,91	4,1	149,0	23. Kisvárdá	1,63	1,4	51,1
12. Martonvásár	1,77	2,5	90,7	24. Békéscsaba	1,6	1,1	41,5

hogy a vizsgált 10 év téli hónapjai az 1901–1950 közötti időszakénál Kékestetőn mérsékelten, Szegeden fokozottan melegebbek. A hőmérsékleti adatok alapján tehát megállapítható, hogy a – mértékadónak tekintett középértékekhez viszonyítva – kiválasztott idősorunk nem kellően tipikus. Állításunk azonban csak akkor lenne teljes mértékben megbízható, ha megfelelő szélsőesség adatok birtokában meghatározhatnánk az 50 évi középértékekre támaszkodó zordságot.

A $\bar{z} \cong 4$ gyakoriságának területi rendszere Magyarországon

A 2. ábra nomogrammjának felhasználásával, továbbá alkalmas t és v adatok (Kakas, 1967; Papp, 1974; Bacsó, Kakas, Takács 1953) alapján 24 állomásra elvégeztük a közepes zordság, a $\bar{z} \cong 4$ relatív gyakorisága és valószínűsíthető együttes időtartama értékeit megállapító számításokat. A közepes zordság adatait – aránylag kis értékhatárok közötti változásuk miatt – két tizedes pontossággal közöljük (VII. táblázat).

A táblázat értékei alapján nemcsak egyes éghajlatkutatóállomások különíthetők el, hanem hasonló adottságúak csoportba vonása is elvégezhető az alábbiak szerint:

a) Az 1,9–2,5 zordsági fok közé eső állomások egy része (Kékestető, Bánhida) a hazai középhegységek, más része (Mosonmagyaróvár, Szombathely, Pápa-Kisacsád) az Alpok közvetlen hőmérsékletet és szélereősséget befolyásoló

hatása alatt áll. E helyeken a $z \cong 4$ relatív gyakorisága 4–14%, órában kifejezett lehetséges időtartama százas nagyságrendű és igen eltérő értékhatárok között változik (135–526).

b) A síksági csoportnál (Martonvásár, Baja, Kecskemét, Szeged, Szolnok, Debrecen, Kisvárd, Békéscsaba) a közepes zordság 1,5–1,8, a $z \cong 4$ relatív gyakorisága 1,0–3,0%, időtartama 35–108 óra lehet.

c) A hegyvidékkel részben árnyékolt állomások (Sopron, Győr, Keszthely, Siófok, Pécs) csoportja 1,6–1,8 zordsági fokkal jellemezhető. A $z \cong 4$ relatív gyakorisága 1,4–2,4%, időtartama 49–87 óra lehet.

d) Végül az *a* típussal ellentétes csoportba tartozik feltűnően alacsony, 1,3–1,5 közötti zordsági értékkel 6 állomás (Zalaegerszeg, Nagykanizsa, Budapest, Lőrinci, de főként Szentgotthárd és Miskolc). E helyek hegyek, dombok közötti zárt vagy részben zárt völgyekben fekszenek és a zordság szempontjából meghatározó tényezőnek minősülő szélvédettségük fokozott. A $z \cong 4$ relatív gyakorisága rendkívül alacsony: 0,9–1,1%, lehetséges időtartama 30–40 óra.

Megítélésünk szerint a fenti négy csoport három típusba sorolható:

1. Huzamosabb alkalmazkodást igénylő, fokozottan ingergazdag típus (*a*. csoport).

2. Mérsékelt alkalmazkodást igénylő, átlagos ingergazdagságú típus (*b.*, *c.* csoport).

3. Alkalmazkodást kevésbé igénylő, ingerszegény típus (*d.* csoport).

A mezoklíma, valamint a helyi klíma hatásai és a zordsági jellemzők együttes mérlegelésével kialakított csoportok és típusok feltétlenül elnagyoltak. Területi elkülönítésükhöz kevés egyetlen komplex bioklimatológiai mutató. Több paraméter esetén sem oldható meg térképezésük, mert a zordság formula szélre érzékeny. A szélsébség területi eloszlásáról – a kitettségtől függő mikroklimatikus változása, mozaikszerűsége miatt – térképet készíteni illúziórikus.

Összefoglalásként megállapítható, hogy *Bodmann* képlete alapján számított zordsági paraméterek alkalmazhatók hazánkban területi különbségek megállapítására. Kizárják viszont a bioklimatológiai térképezhetőséget.

A jövőt illetően e vizsgálatok kiterjesztését látjuk indokoltnak. A bemutatott módszer ugyanis igénybe vehető fűtési energiával központilag ellátott települések téli energiaigényének megállapítására. További kutatás végezhető annak eldöntésére, hogy a zordság mértékének meghatározásakor – a kiválasztott képlet módosításával vagy új számítási módszer kidolgozásával – hogyan lehet a sugárzás, légnedvesség stb. hatását is figyelembe venni. Más szaktudományok kutatóival közös feladat lehet annak meghatározása, hogy a környezete zordsági szélsőségeihez, intervallumához teljes mértékben alkalmazkodó embernek huzamosabb távollét, végleges áttelepülés esetén milyen zordságú tájtípus előnyös vagy kedvezőtlen.

IRODALOM

- Bacsó N. – Kakas J. – Takács L. (1953): Magyarország éghajlata. Budapest. Az Országos Meteorológiai Intézet Hivatalos Kiadványai 17. köt. 59. p.
- Baschin, O. (1918): Die Winterstrenge als klimatischer Faktor. Das Wetter 25, 101–104. p.
- Bodmann, G. (1908): Wissenschaftliche Ergebnisse der Schweidschen Südpolexpedition 1901–1903. Bd. 2. Stockholm.
- Buettner, K. (1951): Physical aspects of human bioclimatology. Compendium of Meteorology. Boston. 1112–1125. p.

- Gubola M. (1965): A bioklíma tényezői gyógy- és üdülőhelyeken. Az I. Orvosmeteorológiai Konferencia előadásai. Budapest. 89–99. p.
- Justyák J. – Szilágyi Zs. (1976): Relation between the relative heat sensation parameters and the consumption of natural gas. *Időjárás* 80, 279–283. p.
- Kakas J. (1967): Magyarország éghajlati atlasza. II. köt. Adattár. Akadémiai Kiadó, Budapest. 125–127. p.
- Landsberg, H. E. (1972): The assessment of human bioclimate. WMO. No. 331.
- Linke, F. (1935): Die physikalisch-meteorologischen Grundlagen der medizinischen Klimatologie. *Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für Innere Medizin* 47, 472–483. p.
- Mátyus Sz. J. (1957): Budapest éghajlatának zordsági viszonyai. *Földrajzi Értesítő* 6, 45–56. p.
- Mátyus Sz. J. (1959): A hőmérséklet és a szél együttes vizsgálata a Földön. *Földrajzi Értesítő* 8, 55–68. p.
- Missenard, H. (1948): Équivalences thermiques des ambiances; équivalences de passage; équivalences de séjour. *Chaleur et Industrie* 24, 159–183. p.
- OMSZ Központi Meteorológiai Intézete *Évkönyvei*, 1968–1978: 1. rész. Talajközeli megfigyelések. Budapest.
- Papp, É. (1974): Szélsebesség-óraátlagok gyakorisági eloszlásának sajátosságai. *Időjárás* 78, 343. p.
- Péczely Gy. (1979): Éghajlatlan. Tankönyvkiadó, Budapest, 272–284. p.
- Réthy A. (1919): Az érzésseli hőmérsékletekről. *Az Időjárás* 23. 1–7. p.
-

LOVELOCK, J. E.: *Gaia: A new look at life on Earth (Gaia: A földi élet új értelmezése)*. Oxford University Press, Oxford, New York, Toronto, Melbourne 1979. 157 oldal, 8 ábra, 3 táblázat.

A hatvanas évek elején a NASA-ban számos kutató tanulmányozta azt a máig sem teljesen megoldott problémát, hogy hogyan lehet más bolygókon az életet kimutatni. A témának az említett időszakban a Viking űrhajók előkészítése adott aktualitást. A munkákban, mint a műszerek megtervezésével megbízott egyik konzultáns, az angol Lovelock is részt vett. Ekkor kezdett az élet definíciójával kapcsolatos kérdéseken gondolkodni és egyebek mellett arra a következtetésre jutott, hogy adott bolygó légkörének összetétele (pontosabban az egyensúlyi összetételtől való eltérés mértéke) a bioszféra jelenlétének indikátora. Az erről írt első tanulmány, számos visszautasítás után, 1967-ben jelent meg az *Icarus* c. folyóiratban (társ szerző: D. Hitchcock).

Az alap gondolat igen egyszerű. Induljunk ki a Föld légköréből, amelyet mindnyájan legjobban ismerünk. Légkörünk összetétele nemcsak különbözik a Naprendszer más bolygóinak összetételétől, hanem önmagában is igen különös, mivel eltér a fizikai – kémiai egyensúly által meghatározott összetételtől. Egyensúly esetén ugyanis ilyen oxidatív környezetben redukált vegyületek (pl. metán, ammónia) nem fordulhatnak elő, sőt a nagymennyiségű nitrogén is csak redukált állapotban lenne (a tengerekben nitrát ionok formájában). E különös gázkeverék léte csak úgy magyarázható meg, ha feltételezzük, hogy a légkör a bioszféra része, mivel a bioszféra (az élet) alapvető ismérve az entrópia csökkentésére való képesség: a bioszféra környezetét, így a légkör összetételét is a saját fennmaradása szempontjából szabályozza (részletesebben lásd: Lovelock és Margulis a „Tellus” 1974-es kötetében a 2–10. oldalon megjelent cikkét).

Az elmúlt 3,5 milliárd év alatt a Föld klímája tulajdonképpen igen keveset változott annak ellenére, hogy a Naptól jövő energia mennyisége és főleg a légkör összetétele igen különbözött a jelenlegitől. A klíma és a föld kémiai jellemzői az élet szempontjából mindig optimálisak voltak. Így elképzelhető, hogy bolygónk egy olyan „egység” (igen nehéz az angol „entity” szót magyarra fordítani), amelynek tulajdonságait részeinek összegeként nem értelmezhetjük (Goldring neves angol író, a könyv szerzőjének barátja, ezt az egységet a görög földistennőről *Gaia*-nak nevezte el). A bioszférával rendelkező Földet tehát úgy kell tekintenünk, mint az élőlényeket, amelyek bonyolult, önszabályozó (kibernetikai) rendszerek és nem egyszerűen molekula-halmazok.

Lovelock elmélete szerint a biológiai eredetű jelenlegi légkörben (és a tengerekben) minden kémiai komponens meghatározott „feladatot” lát el. Így az oxigén, mint az égéshez szükséges anyag, biztosítja a kémiai energia optimális szintjét, a nitrogén a nyomás-szabályozásban, a szén-dioxid a fotoszintézisben, valamint a klíma alakításában játszik főszerepet. Nagyon jelentős légköri nyomgáz a metán. Elszállítja a légkör aljáról a hidrogént, majd oxidálva hozzájárul a jelenlegi állandó oxigén koncentráció fenntartásához. A denitrifikáció alkalmával keletkező dinitrogén-oxid és a tengerekből felszabaduló metil-klorid az ózonnylvó vastagságát, a biogén ammónia a légköri vizek és aeroszol részecskék pH-ját szabályozza. Végül a tengeri (biológiai) eredetű kén-gázok (pl. dimetil-szulfid) a légköri kén-ciklus egyensúlyát biztosítják.

Meg kell jegyeznünk, hogy a „Gaia hipotézis” nem csupán egy érdekes és tetszetős elméleti megfontolás. Ezek a kérdések ökológiai és környezetvédelmi szempontokból igen nagy segítség. Ha ugyanis a bioszféra képes arra, hogy a légkör (és más szférák) összetételét éghajlatot a saját „céljainak” megfelelően szabályozza, akkor nem kell attól tartanunk antropogén szennyező hatások komolyan veszélyeztetik a földi életet. A szerző hangja, hogy a bioszféra a földtörténet folyamán a jelenleginél sokkal lényegesebb változásokat is átvészelte (pl. a légköri oxigén megjelenése), illetve szolgálataiba állított. Azt a kérdést is felveti:

hogy a pesszimista emberiség vajon a helyes környezetvédelmi problémákkal (pl. az O_3 réteg változásai) foglalkozik-e, pontosabban helyesen közelítjük-e meg a környezetünkkel kapcsolatos kérdéseket. Lovelock kimondottan károsnak tartja, ha a technológia fejlődését hamis környezetvédelmi koncepciók miatt akadályozzuk. Hiszen új technológiákra van szükségünk ahhoz, hogy a növekvő számú emberiségnek energiát és élelmet tudjunk biztosítani. Véleménye szerint a kutatóknak az a feladata, hogy a Gaia önszabályozó rendszerét, amely valahol a trópusi szárazföldi, illetve a sekély tengerek zónájában van, minél jobban megismerjék. A környezetvédelemre pedig az a feladat vár, hogy ezt az önszabályozó rendszert óvják meg a káros hatásoktól.

Nagyon nehéz ezt a szép kiállítású, érdekes könyvet röviden, minden érintett kérdésre kitérve ismertetni. Így azt ajánljuk, hogy aki csak teheti, olvassa el.

Mészáros Ernő

GANDIN, L. SZ. – KAGAN, R. L.: (Sztatiszticeszkijje metody interpretacii meteorologiceszkijh dannyh (Meteorológiai adatok feldolgozásának statisztikus módszerei). Hidrometeoizdat Leningrád, 1976. 360 (15×22 cm) old. Ára 2,59 Rbl.

A leningrádi Geofizikai Főobszervatórium munkatársainak részvételével, 15 év munkája összegződik ebben a könyvben, mely rendszeresen és részletesen tárgyalja a meteorológiai megfigyelésekből származó adatok feldolgozásának statisztikus módszereit.

Az első két fejezet a meteorológiai mezők általános statisztikai jellemzőivel (korrelációs függvény, szerkezeti függvény, spektrum stb.), ezek kiszámításával, s az elérhető pontosságú becsléseivel foglalkozik. A III. fejezet a műszeres mérések adatainak interpretációját tartalmazza. A IV., V. és VI. fejezet talán a könyv leglényegesebb részét jelenti: A meteorológiai mezők interpolációja, objektív analízise és differenciális jellemzőinek kiszámítása során itt foglalkoznak a szerzők – többek között – az optimális interpolációval, az optimális koordinátázással, s ennek egy alkalmazásával a szél- és izobárikus magassági adatok együttes használatánál. A VII. fejezet a meteorológiai adatok automatikus minőségellenőrzéséről szól, különös tekintettel egy komplex módszerre, amely az eddigi eljárásoknál hatékonyabb a hibák okainak feltárása és javítása terén. Az utolsó fejezetben a megfigyelőrendszerek racionális tervezéséről olvashatunk. Alapvető feltétel, hogy a megfigyelési helyekről egyéb helyekre történő interpoláció a lehető legpontosabb legyen. Ezt a pontosságot használják egy megfigyelőrendszer jellemzőjeként. Szó esik még a legkorszerűbb adatszolgáltató rendszerekről is (pl. műholdak), s ennek kapcsán a négydimenziós adatinterpoláció problémáiról. A szerzők rámutatnak e korszerű rendszerek aszinoptikus jellegére, s a négydimenziós kezelésük szükségességére.

A fentiekből is kiderülnek a könyv erőnei: Amellett, hogy elméletileg igényesen foglalja össze – meteorológiai aspektusból – a matematikai statisztika állandó és legújabb eljárásait, gyakorlati példákkal illusztrál, és konkrét javaslatokat is tesz bizonyos problémák megoldására. Éppen ezért lehet hasznos meteorológusoknak, meteorológus hallgatónak csakúgy, mint más területek adatfeldolgozás iránt érdeklődő szakembereinek.

Légrády Gábor

A SZOCIALISTA ORSZÁGOK METEOROLÓGIAI SZOLGÁLATAINAK IGAZGATÓI KONFERENCIÁJA BUDAPESTEN

Tizenhat év után, 1980. október 6–11. között ismét Budapesten került sor a szocialista országok meteorológiai és hidrometeorológiai szolgálati igazgatói konferenciájára. A VIII (XVI) Igazgatói Konferencián a vendéglátó magyar meteorológiai szolgálaton kívül résztvettek a bolgár, a csehszlovák, a kubai, a lengyel, a mongol, az NDK-beli, a román és a szovjet szolgálatok delegációi. Első ízben üdvözölhettük a konferencián a Koreai Népi Demokratikus Köztársaság szolgálatának delegációját. A magasszintű értekezleten a szocialista országok geofizikai akadémiai bizottsága (KAPG) is képviseltette magát. A delegációkat általában a szocialista országok meteorológiai és hidrometeorológiai szolgálatainak igazgatói vezették, így a Magyar Népköztársaság Meteorológiai Szolgálatának delegációját *Czelnai Rudolf* elnök vezette. A felsorolt országok képviselőiben az értekezleten 65 küldött vett részt.

Az előző varsói igazgatói konferencián (1978) megkezdett gyakorlatnak megfelelően a konferencián közvetlenül megelőzően a delegációk titkárai kétnapos tanácskozás során az egyes napirendi pontokhoz beérkezett 52 munkadokumentum alapján elvégezték a napirendi pontok vitájának előkészítését. E szisztema célja a hatékonyság fokozása, az igazgatói konferenciának a korábbiaknál rövidebb idő alatti eredményes lebonyolítása. Az előkészítő munka eredményeként napirendi pontonként információs dokumentumok készültek és ezek képeztek az igazgatói konferencia plenáris ülésén folyó megbeszélések alapját.

A konferenciát *Czelnai Rudolf*, az Országos Meteorológiai Szolgálat elnöke, a magyar delegáció vezetője nyitotta meg. A megnyitón résztvevő párt- és állami-, valamint társszervezetek nevében *Bana Sándor* az MSZMP KB munkatársa, a Magyar Néphadsereg részéről *Tóth Tibor* vezérőrnagy, *Rakonczai Zoltán* a Környezetvédelmi Hivatal elnökhelyettese és *Vinceze József*, az Országos Vízügyi Hivatal elnökhelyettese üdvözölte a konferencia résztvevőit. A jelenlévő valamennyi delegáció nevében *Ju. A. Izrael*, a Szovjetunió Környezetvédelmi és Hidrometeorológiai Állami Bizottságának vezetője szólalt fel a megnyitón.

Az igazgatói konferencia elnökévé *Czelnai Rudolfot*, az Országos Meteorológiai Szolgálat elnökét, helyettesévé *E. Mihalcseszküt*, a lengyel delegáció vezetőjét, titkárává pedig *Ka-*

povits Albertet, a Központi Meteorológiai Intézet igazgatóhelyettesét választották.

Az értekezlet központi témáit a szolgálatok operatív tevékenységének technikai kérdései, a szolgálatok közötti együttműködés, más, nemzetközi szervezetekkel folytatott együttműködés és a tudományos tevékenység kérdései képezték.

A technikai kérdések között vezető helyen foglalkoztak a repülésmeteorológiai és szinoptikus meteorológiai tevékenységgel. A repülésbiztonság szempontjából említésre méltó az a határozat, amelyet a rádiószondázásnak a légi közlekedéssel összehangolt végrehajtásáról hoztak. Az előrejelző tevékenység alapját képező szinoptikus meteorológiai megfigyelések adatai 1982. január 1-től kezdve új formában, új kódok alkalmazásával kerülnek forgalmazásra a meteorológiai távközlési alrendszerben. Ezen nemzetközi határozat végrehajtásáról is határozott a konferencia. A megnövekedett adatmennyiség továbbítása a jelenlegi távközlési csatornákon csak úgy lehetséges, ha a faksimile adások terjedelmét csökkentik, esetleg egyes szakaszokon be is szűnítik. Ennek a kényszerűségnek a természetesen következménye a GRID kódok széles körű alkalmazása a nemzetközi központok térképes produktumainak továbbítására, melynek jelentőségét hangsúlyozta a konferencia. Elismeréssel fogadták azt az információt, hogy a Pozsonyban létesített Regionális Időjárásirészes darközpont megkezdte a Közép-Európa jelentős részét lefedő időjárásiradar térképek rendszeres hosszúhullámú adón történő kisugárzását. Népgazdasági szempontból nagyjelentőségű és a konferencia igen fontosnak értékelte azt a kialakulóban lévő együttműködést, amelynek keretében a szomszédos országok időjárás előrejelző intézetei viharjelentések formájában tájékoztatják egymást a bekövetkezőt vagy várható veszélyes, várhatóan katasztrófát előidéző időjárásir eseményekről.

A szocialista országokban az utóbbi időben óriási érdeklődés nyilvánul meg az éghajlati adatok és népgazdasági felhasználásuk iránt. Ennek tudható be, hogy megindult a magaslégköri adatok újfajta éghajlati feldolgozása, most pedig együttműködés van kialakulóban a sugárzási adatok feldolgozása terén, mint az, hogy vizsgálódásuk körébe vont energiagazdálkodás hidrometeorológiai elősegítésének kérdéseit. A konferencia résztvevői megállapodtak az éghajlati adatok egymás közötti cseréjében, valamint abban, hogy nemzetközi turizmus igényeit kielégítő éghajlati tájékoztatást közösen kialakított koncepció

alján közösen készítik el a szocialista országok ütilőkörzeteire.

A környezetvédelmi kérdések tárgyalása során értékelték a légköri szennyeződéssel foglalkozó munkacsoport (RGMÁZA) munkáját. Tekintettel arra, hogy az e területen folyó tudományos kutatásokat a KGST-ben koordinálják, ezért úgy határoztak, hogy a kettősség elkerülése érdekében a munkacsoportot megszüntetik.

A szocialista országok meteorológiai és hidrometeorológiai szolgálatai aktívan részt vesznek a hidrológiai témájú nemzetközi programok lebonyolításában. Ennek fenntartását és a részvétel koordinációjának erősítését javasolta az értekezlet.

Az eddig említett operatív területeken folyó munkáknak az alapját a megfigyelési adatok képezik. A megfigyelésekhez megfelelő mérőeszközök szükségesek, amelyek gyártásában és forgalmazásában az utóbbi időben bizonyos nehézségek jelentkeztek. Érthető, hogy ezért a konferencia különös figyelmet fordított a kérdésekre. Javasolták a KGST megfelelő bizottságával való kapcsolatok kiépítését, az országaink közötti együttműködést a műszergyártásban, és megjelölték, hogy mely érzékelők gyártására kell különös súlyt fektetni.

A meteorológiai megfigyelések, a távközlés és a meteorológiai adatok feldolgozása terén az utóbbi időben bekövetkezett technikai fejlődés és a korszerű számítógépek növekvő számban történő alkalmazása a fenti feladatokra indokolja, hogy a konferencia új munkacsoportot hozott létre, melynek feladatát a számítástechnikai és a munkafolyamatok automatizálásának alkalmazási kérdéseiben (RGVTA) határozták meg.

A meteorológiai és hidrometeorológiai szolgáltatások operatív tevékenységében döntő szerepe van a korszerű távközlésnek. A konferencia során folytatott tanácskozások központi kérdése volt a távközlés. Részletesen áttekintették a távközlési hálózatban bekövetkezett változásokat és a távközlési központok automatizálásának állapotát. Megállapították, hogy Budapesten és Szófiában eredményesen befejeződött az automatizálás, s Bukarestben is közel van befejezésre. Míg egyrészt eredménynek könyvelhették el, hogy a repülésmeteorológiai adatközlés terén a MOTNE ötödik fázisa befejeződött, nehézségek várhatók a repülésmeteorológiai távközlési hálózat tervezett további fejlesztésében. Hasonlóan nehézségek várhatók az új kód szerinti szinoptikus meteorológiai táviratok forgalmazásában, mirthogy az anyag terjedelme a jelenleginek mintegy 1,5-szeresére nő. Ezért a táviratok leírásának szerinti rövidítésére kell törekedni.

A meteorológiai és hidrometeorológiai tudományos kutatások terén kiterjedt együttműködés van a szocialista országok között. Az eddigiekben a koordinációs tevékenységet az NKK/NIR munkacsoport látta el. Az igazgatói

konferencia úgy vélte, hogy nem szükséges a különálló munkacsoport további fenntartása, helyébe tudományos konzultatív bizottságot (NKK) hoz létre, amely az igazgatói konferenciák idején ülésezik azzal együtt és a közbeeső időben lényegében a bizottság titkára végzi a koordinációs tevékenységet. A konferencia ezzel a döntéssel egyidőben átdolgozta a tudományos együttműködés alapelveit, majd az új felfogás szellemében az értekezlet áttekintette a folyamatban lévő és tervezett tudományos kutatási témákat és azokat jóváhagyta.

A konferencia részletesen foglalkozott a meteorológiai szolgálatoknak a nemzetközi szervezetekkel együttesen végzett munkájával, a nemzetközi programokban való részvételével. Összességében megállapítható, hogy a szocialista országok meteorológiai és hidrometeorológiai szolgálatai aktívan résztvesznek a Meteorológiai Világszervezet munkájában, teljesítik feladataikat a Meteorológiai Világszolgálatban, eredményesen dolgoznak a KGST-n belüli légszennyeződés és vizsgálódás kérdéseiben, az Európai Gazdasági Bizottságban a levegő szennyezettségének vizsgálhatóakon keresztül történő terjedésének vizsgálatában, együttműködnek a szocialista országok geofizikai akadémiai bizottságával (KAPG) és az INTER-KOZMOSZ-szal. A konferencia múltbeli tevékenységén kívül foglalkozott az együttműködés perspektívájával is. Ehhez kitűnő alapot nyújt az a tanulmány, amely több ország részvételével a meteorológiai fejlődés tendenciáit értékelte. Hasonlóképpen az együttműködést szolgálják azok a javaslatok, amelyek adott tudományos feladatok megoldására nemzetközi tudós kollektívák létrehozására vonatkoznak.

Az igazgatói konferencia munkájának fontos eredménye, hogy gondos és körültekintő előkészítés után elfogadták a konferencia új szervezeti szabályzatát, melynek létrehozását a meteorológiai és hidrometeorológiai szolgálatokban bekövetkezett változások, a tudomány fejlődése és a nemzetközi együttműködésben kialakult helyzet tette szükségessé.

Végezetül áttekintették a konferencia munkacsoportjainak eddigi tevékenységét, jóváhagyták azokat, kinevezték a munkacsoportok elnökeit és elfogadták a munkacsoportok benyújtott munkatervét. Az értekezlet befejezéseként a Szovjetunió Környezetvédelmi és Hidrometeorológiai Állami Bizottságának vezetője meghívta a szocialista országok meteorológiai és hidrometeorológiai szolgálatait, hogy soron következő konferenciájukat 1982-ben a Szovjetunióban tartsák. A meghívást a küldöttek örömmel fogadták.

A konferencia részlet képezte még az a szakmai látogatás, amelyet a delegátusok a Központi Előrejelző Intézetben és a Központi Légkörfizikai Intézetben tettek, ahol megismerkedhettek az ott folyó munkával és esz-

meccserét folytathattak az intézetek vezetőivel és munkatársaival. E látogatás során bensőséges ünnepség keretében került sor azoknak az okleveleknek az átadására, amelyek azt tanúsítják, hogy a Magyar Meteorológiai Társaság dísztagjává választotta Ju. A. Izrael akadémikust, a szovjet szolgálat vezetőjét, az NDK Meteorológiai Társasága pedig K. Sztansev professzort a bolgár szolgálat vezetőjét.

Az eredményes, tartalmas és baráti légkörben lezajlott tanácskozás záró eseménye volt még az a tanulmányi kirándulás, melyet a küldöttségek a VIDEOTON székesfehérvári számítógépes gyáregységében tettek, ahol a hazai számítógépipar termékeinek meteorológiai alkalmazásáról folytathattak eszmecsere-t.

Kapovits A.

*

AZ ENERGIAIPAR HIDROMETEOROLÓGIAI KISZOLGÁLÁSA

Az NDK Meteorológiai Szolgálatja szervezésével 1980. október 6. és 11. között nemzetközi szimpóziumot tartottak Karl-Marx-Stadtban. A szimpóziumon a vendéglátó országon kívül a bolgár, a csehszlovák, a lengyel, a magyar és a szovjet szolgálat képviseltette magát 1–3 résztvevővel, a német szolgálat 3 tagú delegációján kívül még 35 német meteorológus, illetve energetikus szakember is jelen volt az előadásokon. A magyar szolgálatot Koppány György és Mika János képviselték.

A négy napig tartó előadás-sorozatban összesen 21 előadás hangzott el a következő csoportosításban:

I. téma komplexum: *Klimatológiai és építész klimatológiai döntési modellek az energia fogyasztásának és előállításának kérdésében;*

II. téma komplexum: *Meteorológiai alpanyagok a szoláris és szélenergia forrásainak kiaknázására;*

III. téma komplexum: *Lokális klimatológiai kutatások az energetikai építkezések helyének megválasztása céljából. – A hűtésre szolgáló víztárolók használatának meteorológiai szempontjai;*

IV. téma komplexum: *A meteorológiai tevékenység sztandardizációjának alapjai az energiagazdálkodás terén;*

V. téma komplexum: *Meteorológiai hatások az energiaipar nagyméretű objektumainak építési folyamataira.*

Különleges érdeklődést váltott ki Karl Petzold professzor: *Építészeti klimatológiai modellek, mint az energia racionális felhasználásának segédeszközei* c. előadása. A szerző évek óta foglalkozik olyan építészeti megoldások elméleti megalapozásával, amelyek minimálisra csökkenthetik az ablakon át elillanó hőmennyiséget, illetve lehetővé teszik a napsugárzás optimális felhasználását a lakásokban. Kutatásainak eredményét egy monográfiában foglalta össze, amelynek első kiadása 1975-ben, másod-

dik, átdolgozott kiadása pedig 1980-ban jelent meg *Wärmelast* címmel.

A magyar szolgálat részéről Koppány György: *Meteorológiai előrejelzések felhasználása az energiaiparban* címmel tartott előadást. Az előadások teljes gyűjteményét az NDK meteorológiai szolgálat külön kiadványban fogja közreadni.

Az egyes szolgálatok küldöttei külön megbeszélésen foglalkoztak a népgazdaság meteorológiai kiszolgálásának gazdasági hatékonysága (RGKNIR 18. téma) kérdéseiről. Mint ez az előadások során is kitűnt, az energiagazdálkodás rendkívül sokoldalúan igényli és használja a meteorológiai információkat, akár időjárás előrejelzésekről van is szó.

Az energiaiparral foglalkozó szimpózium nem lett volna teljes néhány energetikai létesítmény meglátogatása nélkül. A vendéglátók gondolkodtak arról, hogy sor kerülhessen ilyen látogatásokra. Nemcsak az energetikusoknak, hanem a meteorológus résztvevőknek is nagy élményt jelentett a Karl-Marx-Stadtban működő hatalmas hőerőmű megtekintése. Ez a hőerőmű barnaszén és kőolaj elégetésével óránként mintegy 800–1200 milliárd joule hőenergiát termel, ami 220–330 MW teljesítménynek felel meg. A diszpécser-szolgálat számára rendkívül fontos a naponta rendszeresen érkező hőmérésüket előrejelzés, illetve az előrejelzések napközben esedékessé váló korrekciója. Min egy 3 óra szükséges ahhoz, hogy a frissen kaptott prognózis birtokában a diszpécser intézkedni tudjon.

Egy egész napos kirándulás keretében került sor az Érchegeység 1000 méternél magasabbra is felnyúló vonulatai között megépített markesbachi vízierőmű meglátogatására. Itt két víztároló medence épült: az alsó 6,7 m³ víz befogadására képes, a felső ennél egy 200 méterrel magasabban levő helyen van és 6 millió m³ víz tárolására alkalmas. A felső víztárolókba nagyteljesítményű szivattyúkkal pumpálják fel a vizet olyankor, amikor egyébként kicsi az áramfogyasztás. A hely belsejében kiépített üzemben 6 generátor összesen 1050 MW villamos energiát képes termelni. Az erőmű teljes üzembeállítása a jövő évben várható, és egyike lesz Európa legnagyobb vízierőműveinek.

A kirándulás során a vendégeknek megmutatták a közeli Annabergben a Technikai múzeumot. Ennek egyik épülete az 1400-as évekből származó, vízierővel hajtott hatalmas kovácsműhely, ahol a lapátkerekeket forgató víz erejével 100, 200 és 300 kg-os kalapácsokat hoznak működésbe.

A látottakon és hallottakon kívül igen hasznosnak bizonyult, hogy a szimpózium alkalmából energetikus és meteorológus szakemberek találkozhattak és folytathattak tapasztalatcsere-t. A szervezés irányítását végző Kolbig dr.-nak és segítőitársainak gondos munkája minden dicsőretnet megérdemel.

Koppány Gy.

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 szemle-cikkek lehetnek. A közlés nyelve: magyar vagy angol. A kettes sortávolsággal gépelt kéziratok két példányban küldendőek be a következő címre: **Időjárás Szerkesztősége Budapest, Pf. 38. 1525**

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

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

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

Szövegrész: Alcímekkel értelem szerűen fejezetekre tagolandó.

Irodalmi hivatkozások: Szövegben a hivatkozás tartalmazza a szerző(k) nevét aláhúzással és a publikálás évét. Pl. egyetlen szerző esetén: *Róna* (1909), vagy ha a szerző neve a szövegben is illeszthető be: (*Róna*, 1909); két szerző esetén: *Gamow és Cleveland* (1973); több szerző esetén: *Bacsó et al.*, (1953). Ha adott szerzők ugyanazon évben publikáltak több cikkére hivatunk, akkor az évszámhoz *a*, *b* stb. betűket írunk. Az irodalom felsorolása a a cikk végén a szerző(k) neve szerinti betűrendben történik. Pl. két szerző esetén: szerző(k) neve, évszám, a cím, a folyóirat neve, kötetszám, kezdő és végoldalszám. 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 másodikéhoz az eredeti ábrák másolatát kell csatolni. Az ábrák aláírásait külön lapon kell mellékelni. Fényképek fekete-fehér színben, fényes, pontos 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 keresztül írt magyarázattal kell ellátni.

A szerzők megjelent tanulmányukért tiszteletdíjat és térítésmentesen 30 db **külföldi** példányt kapnak. Több külföldi példányt a szerző költségére a kézirat elküldésével egyidejűleg rendelhető.

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

Papers will be subjected to constructive criticism by unidentified referees.

The manuscript should meet the following formal requirements:

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

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

References: The Text citation should contain the name(s) of the author(s) underlined and the year of publication. In case of one author: *Róna* (1909), or if the name of the author cannot be fitted into the text: (*Róna*, 1909); in case of two authors: *Gamow and Cleveland* (1973); there are more than two authors: *Bacsó et al.*, (1953). When referring to several papers published in the same year by the same author, the year of publication should be followed by letters *a*, *b* etc. At the end of the paper the list of references should be arranged alphabetically. For an article: the name(s) of author(s), year, title of article, name of journal, volume number, pages. E. g. *Dési, F.* 1955: Current problems of meteorological research. *Időjárás* 59, 65–70. For a book: the name(s) of author(s), year, title of book, publisher, place of publication. E. g. *Junge, C. E.*, 1963: *Air chemistry and radioactivity*. Academic Press, New York and London.

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

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

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

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

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT FOLYÓIRATA

A szerkesztésért felel: dr. Szepesiné Lőrincz Anna

Szerkesztőség: 1024 Budapest, Kitaibel Pál utca 1

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

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

Felelős kiadó: Siklósi Norbert igazgató



80.3518 Athenaeum Nyomda, Budapest — 1 ves magasnyomás

Felelős vezető: Soproni Béla vezérigazgató

INDEX: 26 361

HU ISSN 0324—6329