

# IDŐJÁRÁS

## SZERKESZTŐ BIZOTTSÁG:

AMBRÓZY P. (Budapest), BAUR, F. (Bad Homburg), BERGERON, T. (Uppsala), BESSEMOULIN, M. J. (Paris), BODOLAI I. (Budapest), BOSSOLASCO, M. (Genova), BÖHME, W. (Potsdam), BUDYKO, M. I. (Leningrad), ČADEŽ, M. (Beograd), CZELNAI R. (Budapest), DAVITAJA, F. F. (Tbiliszi), DONEAUD, A. (București), GÖTZ G. (Budapest), HROMOV, SZ. P. (Moszkva), JAHO, S. (Tirana), KONČEK, M. (Bratislava), KOZÁK B. (Budapest), KRASZTANOV, L. (Szofia), LOGVINOV, K. (Kijev), MÄDE, A. (Halle/Saale), VAN MIEGHEM, J. (Bruxelles), NGUYEN-XIEN (Hanoi), OKOLOWICZ, W. (Warszawa), PASZYNSKI, J. (Warszawa), PÉCZELY GY. (Budapest), RÁKÓCZI F. (Budapest), STEINHAUSER, F. (Wien), STELCZER K. (Budapest), SZEPESI D. (Budapest), TAKEUCHI, K. (Osaka), TUVDENDORZS, D. (Ulan-Bator), VITEK, V. (Praha), WHITE, R. M. (Rockville).

ELNÖK:

**DÉSI F. (BUDAPEST)**

SZERKESZTŐ:

**LŐRINCZ A. (BUDAPEST)**

**77. ÉVFOLYAM**

**5**

**1973. SZEPTEMBER—OKTÓBER**



ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT

---

# IDŐJÁRÁS

77. ÉVFOLYAM

5

1973. SZEPTEMBER—OKTÓBER

---

BUDAPEST

# IDŐJÁRÁS

ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT FOLYÓIRATA

## E SZÁM SZERZŐI

CZELNAI RUDOLF, a földtudományok doktora, az OMSZ elnökhelyettese, *Budapest*; KORNIS ATTILA, a Vizgazdálkodási Tudományos Kutató Intézet tud. munkatársa, *Budapest*; PAPANEK GÁBOR, az MTA Ipargazdaságtani Kutató Csoportjának tud. munkatársa, *Budapest*; STARK GÁSPÁR tud. munkatárs, VIDEOTON Fejlesztési Intézet, *Budapest*; H. M. de JONG dr., a holland királyi Meteorológiai Intézet tud. főmunkatársa, *De Bilt*; A. LEHMANN tud. munkatárs, a Német Demokratikus Köztársaság Meteorológiai Szolgálatának Klimatológiai Főosztálya, *Potsdam*; M. OLBERG dr. tud. munkatárs, a Humboldt Egyetem Fizikai Szekciójának Meteorológiai Részlegében, *Berlin*; M. FRIMESCU laboratórium-vezető és munkatársai: N. ROMANOF és I. MOROIANU, *Bukarest*; T. KOZŁOWSKA-SZCZĘSNA, a Lengyel Tudományos Akadémia Geográfiai Intézetének tud. munkatársa, *Varsó*; A. KASPRZYCKI dr., a Meteorológiai és Vizgazdálkodási Intézet tud. munkatársa, *Varsó*; MÉSZÁROS ERNŐ, a földtudományok doktora, a Központi Légekörfizikai Intézet igazgatóhelyettese, *Budapest*; VARGÁNÉ MORVAY ANNA tud. munkatárs, Központi Légekörfizikai Intézet, *Budapest*.

MAGYAR  
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA  
KÖNYVTÁRA

# IDŐJÁRÁS

ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT FOLYÓIRATA

## TARTALOM

<i>Czelnai R.—Kornis A.—Papanek G.—Stark G.</i> : Thiessen-poligonok szerkesztése számítógéppel területi csapadékátlagok meghatározása céljából (angol nyelven)	257
<i>Jong, H. M. de</i> : Példa hibrid megfigyelőrendszerek adatainak kombinált felhasználására (angol nyelven)	265
<i>Lehmann, A.</i> : Módszer a megengedhető poremisszó számítására (német nyelven)	270
<i>Olberg, M.</i> : Az áramvonalak és trajektóriák geometriai tulajdonságainak lokális változása a légkör nem-stacionárius horizontális áramlási mezejében (angol nyelven)	279
<i>Frimescu, M.—Romanof, N.—Moroianu, I.</i> : A légszennyeződés meteorológiai vonatkozásai összetett domborzatú ipari övezetben (német nyelven)	284
<i>Kozłowska-Szczęsna, T.</i> : Lengyelország albedó térképe (orosz nyelven)	290
<i>Kasprzycki, A.</i> : A légszennyeződés lokális előrejelzésének statisztikai modellje (angol nyelven)	296
<i>Mészáros E.</i> : A csapadékvíz nyomanyag koncentrációjának évi menete Magyarországon	304
<i>Morvay A.</i> : Számítási módszer a globálsugárzás-összegek meghatározására	311
Irodalom	
<i>Wagner R. (szerk.)</i> : Acta Climatologica (Kéri Menyhért)	315
<i>Bendat, J. S.—Piersol, A. G.</i> : Véletlenszerű folyamatok mérése és adatainak analízise (Endrődi Gabriella)	315
<i>Borisov, L. M.</i> : Képes-e az ember az éghajlat megváltoztatására (Aujeszky László)	316
Krónika	
Meteorológiai hajók az észak-atlanti térségben (Czelnai R.) — Mezoskálájú numerikus előrejelzés (Götz G.) — A klimatológiai munkacsoport és sugárzási szakértők együttes ülése (Major Gy.) — Dobosi Zoltán doktori értekezésének vitája (Kéri M.) — Munkaértekezlet a globális megfigyelőrendszerről (Ambrózy P.) — Sugárzási szakemberek Leningrádban és Moszkvában (Major Gy.) — Háttérszennyezettség-mérő műszerek és módszerek (Várhelyi G.)	317

# IDÓJÁRÁS

ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT FOLYÓIRATA

## CONTENTS — INHALT — SOMMAIRE — СОДЕРЖАНИЕ

<i>Czelnai, R.—Kornis, A.—Papanek, G.—Stark, G.</i> : Computerized Construction of Thiessen-polygons for Estimating Areal Rainfall Averages (English Text)	257
<i>Jong, H. M. de</i> : Example of Combined Processing and Use of Information in a Hybrid System of Observation (English Text)	265
<i>Lehmann, A.</i> : Zur Berechnung zulässiger Staubemissionen (Deutscher Text)	270
<i>Olberg, M.</i> : Local Variations of the Geometrical Properties of Streamlines and Trajektorien in Nonstationary Horizontal Fields of Flow in the Atmosphere (English Text)	279
<i>Frimescu, M.—Romanof, N.—Moroianu, I.</i> : Meteorologische Aspekte der Luftverunreinigung in einer Industriezone mit komplexem Relief (Deutscher Text)	284
<i>Козьольска-Сченсна, Т.</i> : Карта альбедо Польши (По-русски)	290
<i>Kasprzycki, A.</i> : Local Statistical Model of the Air Pollution Forecasting (English Text)	296
<i>Mészáros, E.</i> : The Annual March of the Concentration of Trace Constituents in Precipitation Waters over Hungary	304
<i>Morvay, A.</i> : Method for Computing Global Radiation Amounts	311
<b>Literature</b>	
<i>Wagner R. (red.)</i> : Acta Climatologica ( <i>Menyhért Kéri</i> )	315
<i>Bendat, J. S.—Piersol, A. G.</i> : Measurement and Analysis of Random Data ( <i>Gabriella Endrődi</i> )	315
<i>Борисов, Л. М.</i> : Может-ли человек изменить климат? ( <i>László Aujeszky</i> )	316
<b>Chronicle</b>	318

## Computerized Construction of Thiessen-polygons for Estimating Areal Rainfall Averages

CZELNAI R., Meteorological Service of the Hungarian People's Republic, KORNIS A., Research Institute for Water Resources Development, PAPANÉK G., Institute of Industrial Economics of the Hungarian Academy of Sciences, STARK G., VIDEOTON Institute of Development, Budapest

*Thiessen-polygonok szerkesztése számítógéppel területi csapadékatlagok meghatározása céljából.* Területi csapadékatlagok meghatározásának egyik alapvető módszere az ún. „poligon módszer”, amely a terület határain kívül eső csapadékmérő állomások adatainak objektív számításbavételére is lehetőséget ad. Ez különösen kisméretű vízgyűjtő területek esetében fontos, minthogy előfordulhat, hogy ilyen területek határain belül nincs is csapadékmérő állomás. Többek között emiatt az Országos Meteorológiai Szolgálat elkészíttetett az EMG — 830/20 típusú számítógépre egy programot, amely az állomások földrajzi koordinátáiból, továbbá a vízgyűjtő terület határvonalát közelítő poligon csúcspontjainak földrajzi koordinátáiból kiindulva teljesen automatikusan meghatározza az egyes állomások súlytényezőit, továbbá elkészíti a terület poligoniális felbontásának plotter-diagramját. A program gépidő igénye állomásonként 1—10 másodperc.

\*

*Составление полигонов Тиссена при помощи ЭВМ для вычисления средних по площади осадков.* Метод «полигонов» представляет собой одним из основных методов вычисления средних по площади осадков — который открывает возможность и для объективного использования данных осадкомерных станций, расположенных вне данной территории. Это считается особенно важным в случае маленьких водосборных районов, так как бывает, что на территории этих районов осадкомерной станции нет. Это и была одна из причин составления в Метелужбе ВНР программы для ЭВМ типа ЭМГ-830/20, которая, исходя из географических координат станций, а также из географических координат пиков полигона, приближающего границы территории водосборного района автоматически определяет весовые факторы отдельных станций, и составляет «плоттер-диаграмму» полигонального разрезания данной территории. Потребность в машинном времени этой программы: 1—10 сек. по станциям.

\*

Areal precipitation is one of the fundamental hydrological parameters which has to be estimated in studies on the distribution and movement of water in the total environment. For the purpose of this estimation the basic data, provided and to be provided for the foreseeable future, are „point” catches in networks of raingauges. This approach of point observations — however — obviously has its problems and defects.

Precipitation distributed over an area should be regarded upon as a field of a stochastic variable. „Point” measurements, therefore, may not give basis for a fully accurate determination of areal average values. The accuracy of an

areal average estimated from "point" measurements depends on two things: (a) on the accuracy of the individual "point" measurements;

and

(b) on the methods of estimating areal average precipitation from "point" data.

The problem related to the subject of the present paper is the one of the methods for extension of "point" precipitation data in order to estimate areal averages. There are three methods, more or less commonly used for this purpose [1]:

(i) "Arithmetic mean" method

Point precipitations at stations located within a specified area are arithmetically averaged, to obtain the simplest objective estimate of the areal mean precipitation over the same area.

(ii) "Polygon" method

Weights are given to station data, in proportion to the spacings between stations. Lines are drawn between adjacent stations on a map. The perpendicular bisectors of these straight lines form a pattern of polygons. Each station will be surrounded by a polygon, and the area enclosed will be a factor of weighting the data of this station.

(iii) "Isohyetal" method

Isohyets are drawn by using station data and "other" information such as topographic contours, etc. Areas enclosed between these isohyets are then determined e.g. by a planimeter, and finally a combined average is calculated for the whole area.

It is not the purpose of the present paper to discuss the relative merits of the methods listed above. Suffice it to say here that the "polygon" method has certain practical importance particularly in case of a small area - such as a small drainage basin - because it may happen that there are no stations just within the boundaries of the given area. In such cases precipitation data are to be used from stations near but outside the drainage basin. The "polygon" method offers a relatively simple way for carrying out such calculations on an objective basis [2, 3].

Therefore, and for some other reasons, a computer program had been worked out for the Hungarian meteorological service [4]. This program serves for calculating the weighting factors of station data, required to estimate areal averages by the "polygon" method for various specified areas. The program is rather complex as it requires only the geographical coordinates of the stations to be considered, and the geographical coordinates of some apexes of an approximated boundary line that surrounds the given drainage basin. Starting with these "raw" data the program runs quite automatically, and determines not only the weighting factors for the stations, but produces also a plotter-tape to draw the whole pattern of polygons.

Therefore, beyond the immediate practical purpose of calculating areal averages, this program may serve for a number of other purposes. From among these the planning of improved networks might be a good example. Namely, in case of a given network of meteorological stations, the apexes of the *Thiessen* polygons point out those locations within the given drainage area that are remotest from the adjacent stations. The same locations might be considered as optimum sites for additional stations.

In the present paper a brief description is given about the computer program mentioned above. The geometric task of constructing the *Thiessen*-poly-

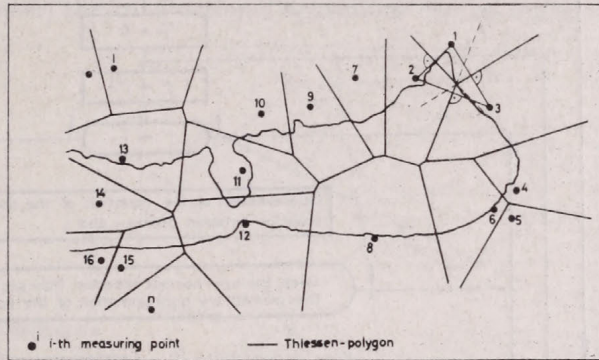
gons and calculating the areas enclosed by them might be formulated as follows:

Geographical (in this case spherical) coordinates determine a drainage area by fixing  $M$  apexes of an approximated boundary line on the sphere. This boundary line surrounds the area  $T$ . There are  $N$  measuring points within or just outside of this area. The task is to design such a division of the area  $T$ , which orders surrounding polygons to the measuring points. Every point of the area  $T$  shall be ordered to the nearest measuring point.

After transforming the spherical coordinates into plane, the program outlined here, gives the solution of the approximate plane-geometric problem [5] Apparently *Thiessen* was the first to solve this problem by using the norma

Fig. 1. Thiessen-polygons determining the surroundings of stations

1. ábra. Az állomások körzeteit meghatározó Thiessen-poligonok



bisectors of the sectors defined by pairs of measuring points, as it is shown in *Figure 1*. This program gives the automatic solution of the same task.

The difficulty in developing such a procedure arises from the fact that here basically a visual analysis is to be transformed into a chain of logical decisions. The general block diagram of the procedure is shown in *Figure 2*., the elements of the algorithm and the relations of the applied procedures are shown below.

It would require much space to describe the algorithms of transforming the spherical coordinates into plane, as first it would be necessary to submerge into some problems of geodesy [6]. Therefore, mention is only made of the fact that these algorithms use some constants and promise reliable equidistant projections if the area is limited to Hungary.

In the plane the transformed boundary polygon may be partly concave. However, a restriction has been introduced, according to which a straight line within the plane may not have more than four points of intersection with the boundary polygon.

The algorithm for splitting up the area is based on the simple geometrical theorem, that the locus of the points being at the same distance from two given points is the normal bisector determined by the two points. The points of the plane cut by a normal bisector are nearer to that measuring point which is in the same half plane.

The same geometrical theorem may be extended for the case of more than two measuring points within area  $T$ : *the environment "nearest to" a given measuring point is the area defined by the inside envelop of the normal bisectors between this particular point and all other measuring points, taking into account also the boundary sections of area  $T$ . This inside envelop is a Thiessen-polygon.*

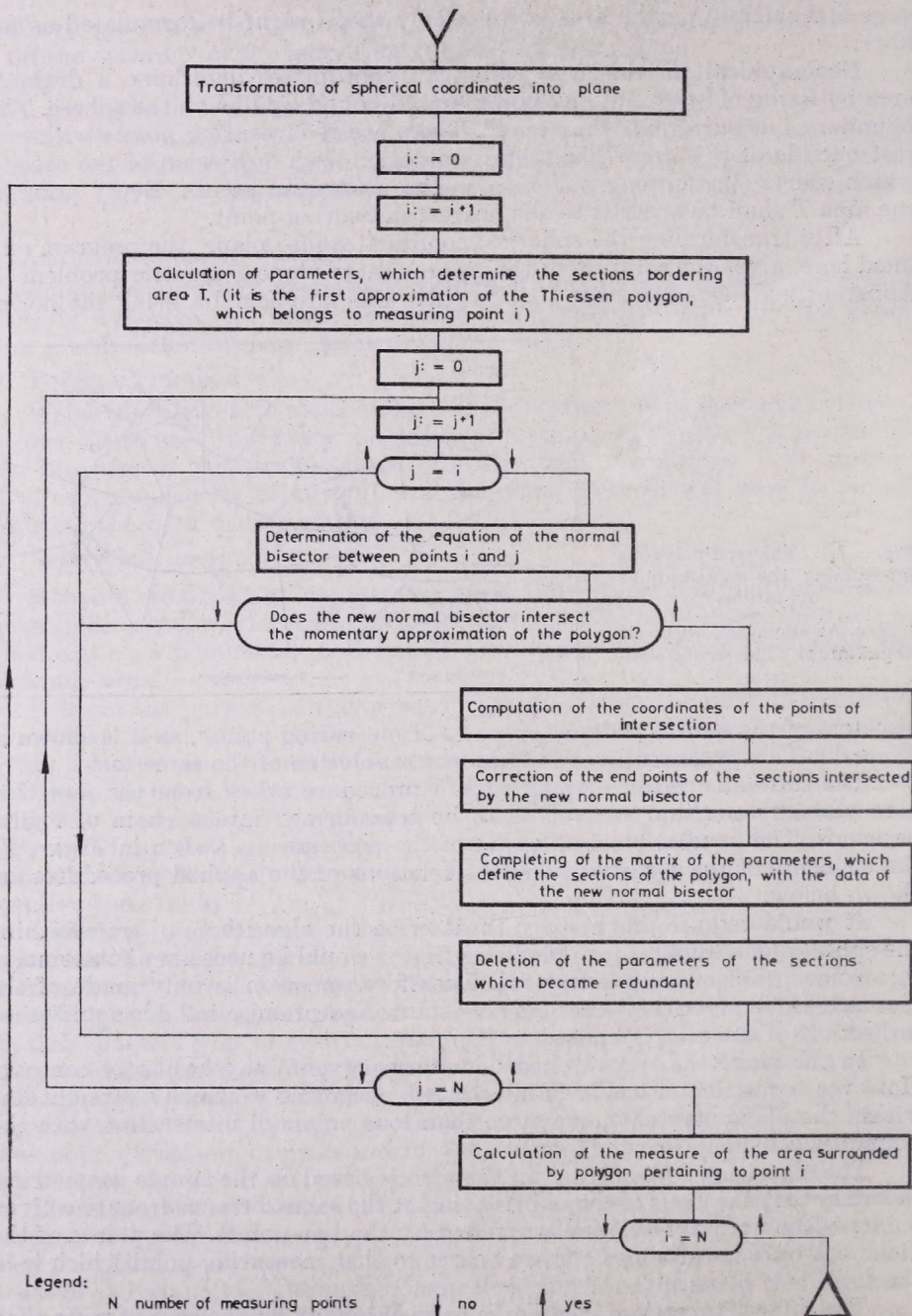


Fig. 2. Scheme of the block diagram of computing Thiessen-polygons.  
 2. ábra. A Thiessen-polygonok számításának szemantikus blokkdiagramja

It may be proved, that the areas belonging to different measuring points are disjunct, and they cover area T, and this division of area T is unique.

The traditional manual procedure of constructing *Thiessen*-polygons considers all the measuring points at the same time. In this case it may be decided visually from the situation of the points if it is necessary to draw a normal bisector between two points. Besides, it may be seen on a simple drawing that which is the part of the normal bisector that belongs to the system of polygons. It is shown in *Figure 3*, that e.g. when constructing *Thiessen* polygon to point "1", the redundant parts of the normal bisectors (dotted lines) can be readily seen and thereby neglected. E.g. the normal bisector between point 1 and 4 does not belong to the polygon.

Naturally, the program must run without all those facts which are based on visual information. However, the constructional operations can be replaced

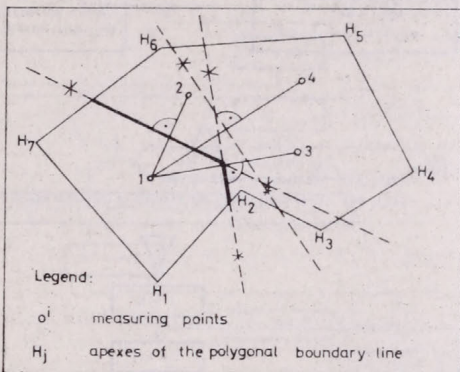


Fig. 3. Construction of Thiessen-polygons using visual information

3. ábra. Thiessen-polygonok szerkesztése vizuális információ alapján

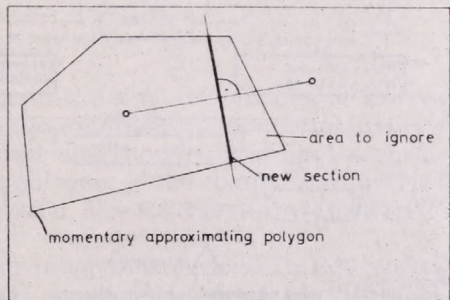


Fig. 4. Method of the correction of the actual Thiessen-polygon

4. ábra. Az adott lépés előtt érvényben levő Thiessen-polygon javításának módszere

by analytic geometrical computations. For this reason let us apply the following two methodological tricks:

- (i) Let the *Thiessen*-polygons be determined one after the other;
- (ii) Let the computation of the coordinates of the apexes be done by iteration.

The uniqueness of the system of the *Thiessen*-polygons permits item (i). As in determining the inside envelop of the normal bisectors the sequence of them is arbitrary, item (ii) is permissible.

At the beginning of the computations the apexes of the boundary line must be serialized in the sequence of walking around of area T, while the measuring points may be serialized in any sequence.

As it is shown in *Figure 2*, the first step of determining one of the *Thiessen*-polygons is to give the data of the first approximation of the polygon. To every measuring point the whole boundary line of the area T is the first approxima-

tion. During the computations the polygons are characterized by the tangential directions  $A(j)$  [ $j = 1, 2, \dots, J; J = N + M$ ] by the coordinates  $x(j), y(j)$  of the end points of the sections, and by the constants  $B(j)$  contained by the equations of the straights determined by the sections. Therefore, in this phase, the coordinates of the apexes of the boundary line are considered as coordinates of the end points of the polygon sections, so the computer calculates the tangential directions and the constants of the sections. All of the data are ordered in a single matrix.

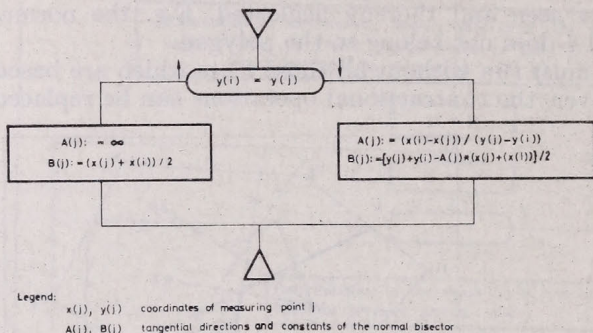


Fig. 5. Determination of the normal bisector between two measuring points  
5. ábra. A felező-mérőleges meghatározása két mérőpont összekötő egyenesén

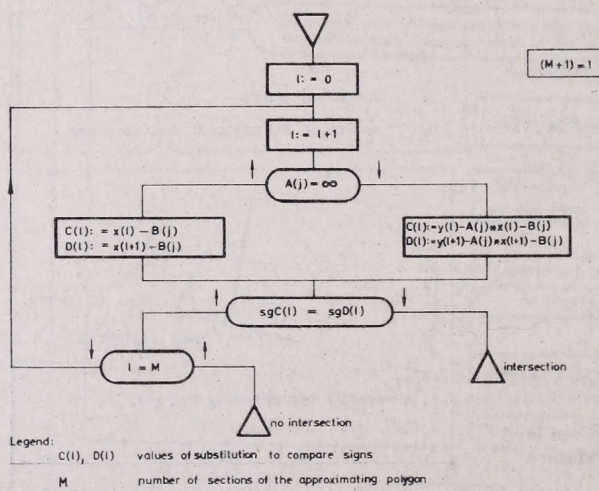


Fig. 6. Test of signs to determine the points of intersection  
6. ábra. Előjel-vizsgálat a metszéspontok meghatározása céljából

In the further procedure the program improves the first approximation of the polygon — the data of the matrix — by iteration. The computations are based upon the interpretation of the *Thiessen*-polygons as inside envelops. The steps of the algorithm consider the normal bisectors belonging to one of the measuring points. These points are examined in order of their serial numbers, all points with the rest. A step of the iteration determines the equation of a normal bisector, and examines if the new straight line intersects the inside envelop, determined a step sooner. If it does, the program modifies the approximation, and goes on to the next step. If not, correction is not necessary, and the program goes on.

Let us see the details of the outlined procedure. (The essence of the work of the iteration is shown in *Figure 4*.) *Figure 5* shows the formulae of the

computation of the normal bisector between point  $i$  and point  $j$ , to introduce the characteristics of the simple analytic geometrical computations which are used in the program repeatedly.

The algorithm, which investigates that whether the new normal bisector modifies the sooner polygon or not, considerably departs from the traditional geometrical procedures. The computations examine if the new normal bisector intersects one of the sections of the actual polygon. (If it does, naturally the number of the points of intersection must be even.) There is no problem to

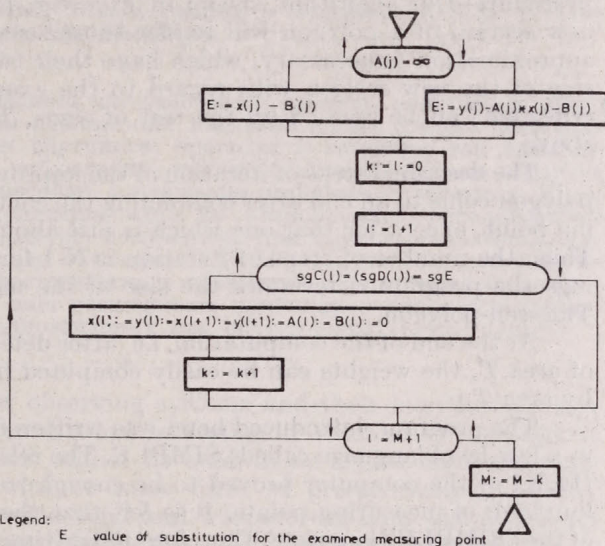


Fig. 7. Block diagram of the correction of the actual Thiessen-polygon

7. ábra. Az adott lépés előtt érvényben levő Thiessen-polygon javításának blokkdiagramja

settle it by visual checking. In our program the  $x(j)$  coordinates of the end points of the sections are substituted into the equations of the normal bisectors and the values of substitution are compared with the  $y(j)$  coordinates. A normal bisector intersects one section of the polygon, if the comparison produces different signs for the end points of the section. The scheme of the procedure is shown in Figure 6.

As we have previously mentioned, our program examines if a new normal bisector improves (intersects) the actual approximation of the Thiessen-polygon. If there is no point of intersection the program turns to the computations connected with the next normal bisector. If there are points of intersection the program modifies the actual approximation by carrying out correlate operations. The matrix of the data containing the parameters of the polygon must be completed with the data of the new section of the polygon. Since some parts of the inside envelop may become redundant because of the intersection by a new normal bisector, the coordinates of the end points of the sections must be modified. The data, determining sections, which became unnecessary in the course of this step of iteration, must be deleted, too.

The first step in connection with the computation of the improvement of the polygon is the determination of the coordinates of the points of intersection of the coordinates of the points of intersection. The algorithm, which uses well-known formulas, treats these values as the coordinates of the end points of the new section of the polygon, and corrects the end points of the

intersected sections of the polygon. The end points of a section intersected by a normal bisector are on different half-planes. The one of the end points being in the opposite half-plane to the measuring point is modified.

As parameters of the new section of the polygon, the additive constant and the tangential direction of the normal bisector can be written directly into the matrix.

The procedure of the deletion of the unnecessary section of the polygon starts with an investigation that which sections are to be deleted. There is no difficulty to find the unnecessary sections in case of traditional geometrical procedure. Our algorithm, shown in *Figure 7*, is based upon the fact, that a new section of a polygon will render those sections of the previous polygon approximation unnecessary, which have their two end points in the opposite side of the new section with regard to the examined measuring point. This criterium can be studied by the test of signs. The method has been shown above.

The described steps of iteration of the improvement of one given *Thiessen*-polygon come to an end after completing the computations for the last measuring point, except for that one which is just about to get its *Thiessen*-polygon. Thus, the number of steps of iteration is  $N-1$  for each polygon. In the followings the program determines the size of the area enclosed by the obtained *Thiessen*-polygon.

At the end of the computation, i.e. after determining all *Thiessen*-polygons of area  $T$ , the weights can be easily computed by dividing the polygon-areas by area  $T$ .

The program, introduced here, was written for the computer EMG 830/20 in a low-level language called: SIMPLE. The relatively little memory capacity (16 K) of the computer proved to be enough to run this program with some hundreds of measuring points. It is felt that the program makes the best use of the "SIMPLE" language. Therefore, its run time is agreeable. The determination of one polygon takes about 1–10 seconds.

#### REFERENCES

- [1] *Rainbird, A. F.* (1967): Methods of Estimating Areal Average Precipitation. *Reports on WMO/IHD Projects*, Report No. 3. WHO Secretariat, Geneva.
- [2] *Kornis, A., Papanek, G., Stark, G.* (1972): Egy geometriai szerkesztési feladat megoldása számítógépen. *Számológép (NIM-IGÜSZI Budapest)* Vol. II. No. 3. p. 68–73.
- [3] *Czelnai, R.* (1971): On Improving the Precipitation Measuring Network in Lake Balaton Area. *Időjárás Budapest*. Vol. 75. No. 3–4. p. 172–184.
- [4] *Németh, E.* (1959): *Hidrológia és Hidrometria*. Tankönyvkiadó, Budapest.
- [5] *Hajós, Gy.* (1960): *Bevezetés a geometriába*. Tankönyvkiadó, Budapest.
- [6] *Ollay, K.* (1923; 1948): *Geodézia I–IV*; Budapest.

# Example of Combined Processing and Use of Information in a Hybrid System of Observation

H. M. de JONG, Royal Netherlands Meteorological Institute, De Bilt

*Példa hibrid megfigyelő rendszerek adatainak kombinált felhasználására. Új megfigyelő eszközök, pl. műholdak kifejlesztése ún. „hibrid” megfigyelő rendszer kialakulására vezet, amelyben egyes adattípusokat a szokásostól teljesen eltérő módon kell a numerikus modellekbe bevezetni. E dolgozat szerzője az óceánok felett végzett repülőgépes megfigyelésekből származó szél és hőmérséklet (AIREP) adatok felhasználásának egyik lehetőségét mutatja be. A vázolt módszer a geosztrófikus közelítés, hidrosztatikus egyenlet és gázegyenlet alapján az AIREP adatok, valamint a rádiószonda v. SIRS (műhold) adatok kombinált felhasználására kínál lehetőséget.*

\*

*Пример комбинированного использования данных, получаемых при помощи гибридных систем наблюдений. Развитие новых средств наблюдений, напр. искусственных спутников, приводит к созданию так называемых «гибридных» систем наблюдений, причем некоторые данные вводятся в численные модели по способам, совершенно отличным от обычных. В настоящей работе рассматривается одна из возможностей использования данных о ветрах и температуре, полученных при помощи самолетных наблюдений, выполненных над океанами (AIREP). На основе геострофического приближения, гидростатического уравнения и уравнения состояния газов предлагаемый метод дает возможность комбинированного использования данных AIREP и радиозондовых или спутниковых (SIRS) данных.*

\*

The development of new observing systems and their introduction into operational use potentially creates a hybrid system in which some components may provide information which cannot be used in an initial data input for numerical data processing without some form of pre-processing, AIREP observations for example provide wind and temperature data but no geopotential information, which is essential for the definition of the mass field.

This paper presents a method to assess this valuable parameter from a combined processing of AIREP's and radiosonde or SIRS data. The method to be outlined is based on a simple theorem which can be derived using the geostrophic approximation, the hydrostatic equation and the gas equation.

## Theorem

Consider an arbitrarily chosen fixed surface  $S$  in the atmosphere. This surface is the support of a curve  $C$  connecting two points located at the surface (see *fig 1*).

Let the topography of this surface be described by the geopotential  $\Phi(x,y)$  and let the pressure distribution denoted by  $p(x,y)$ .

At an arbitrary point in the surface  $S$  the geostrophic wind equation reads:

$$\lambda \vec{v}_g = \vec{k} \times \nabla \Phi + \vec{k} \times \frac{1}{\rho} \nabla p \quad (1)$$

Here  $\vec{v}_g$  = the geostrophic wind vector

$\vec{k}$  = the unit vector pointing to Zenith

$\lambda$  = the Coriolis parameter

$\Phi$  = geopotential

$p$  = pressure

$\rho$  = density

Let the projection of the curve  $C$  on the geoid ( $\Phi=0$ ) be denoted by  $C'$ . Then we may, for a fixed time, compute the vector line integral:

$$C' \int_P^Q \lambda \vec{ds} \times \vec{v}_g = C' \int_P^Q \vec{ds} \times \vec{k} \times \nabla \Phi + C' \int_P^Q \vec{ds} \times \vec{k} \times \frac{1}{\rho} \nabla p \quad (2)$$

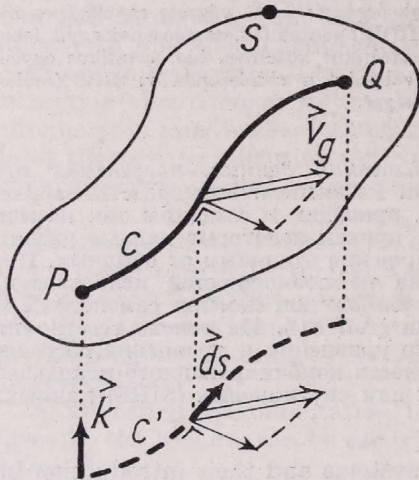


Fig.1. Curve  $C$  on surface  $S$  in the atmosphere connects points  $P$  and  $Q$ . Designations of formulas 1, 2, etc. are given

1. ábra. Az  $S$  légköri felülethez simuló  $C$  görbe összeköti a  $P$  és  $Q$  jelzésű pontokat. Az 1, 2 stb. formulák az ábra szerint értelmezendők

According to the vector rule:

$$\vec{a} \times \vec{b} \times \vec{c} = (\vec{a} \cdot \vec{c}) \vec{b} - (\vec{a} \cdot \vec{b}) \vec{c} \quad (3)$$

this line integral may be written:

$$\begin{aligned} C' \int_P^Q \lambda \vec{ds} \times \vec{v}_g &= C' \int_P^Q (\vec{ds} \cdot \nabla \Phi) \vec{k} - C' \int_P^Q (\vec{ds} \cdot \vec{k}) \nabla \Phi + \\ &+ C' \int_P^Q \frac{1}{\rho} (\vec{ds} \cdot \nabla p) \vec{k} - C' \int_P^Q \frac{1}{\rho} (\vec{ds} \cdot \vec{k}) \nabla p \end{aligned} \quad (2/b)$$

As  $\vec{ds} \cdot \vec{k} \equiv 0$  this equation reduces to:

$$C' \int_P^Q \lambda \vec{ds} \times \vec{v}_g = C' \int_P^Q (\vec{ds} \cdot \nabla \Phi) \vec{k} + C' \int_P^Q \frac{1}{\rho} (\vec{ds} \cdot \nabla p) \vec{k} \quad (4)$$

but

$$C' \int_P^Q (\vec{ds} \cdot \nabla \Phi) \vec{k} = \left[ C \int_P^Q \frac{d\Phi}{ds} ds \right] \vec{k} = \left[ \Phi_Q - \Phi_P \right] \vec{k} \quad (5)$$

and

$$C' \int_P^Q \frac{1}{\rho} (d\vec{s} \cdot \nabla p) \vec{k} = \left[ C' \int_P^Q \frac{1}{\rho} \frac{dp}{ds} ds \right] \vec{k} = \left[ C' \int_P^Q RT_v d \ln p \right] \vec{k} \quad (6)$$

Whence it follows that:

$$\Phi_Q - \Phi_P = C' \int_P^Q \lambda \left| \vec{v}_g \times d\vec{s} \right| - C' \int_P^Q RT_v d \ln p \quad (7)$$

The geopotential difference is independent of the integration path which connects the points  $P$  and  $Q$ .

### Applications

#### I. Some checks on the formula

a) Let  $S$  be a constant pressure surface. Then the line integral becomes:

$$\Phi_Q - \Phi_P = C' \int_P^Q \lambda \left| \vec{v}_g \times d\vec{s} \right| \quad (8)$$

This result reflects a well known property within the geostrophically approximated windfield in a constant pressure surface.

b) Consider the track of a radiosonde balloon.

Then:

$$C' \int_P^Q \lambda \left| \vec{v}_g \times d\vec{s} \right| = 0 \quad (9)$$

So that:

$$\Phi_Q - \Phi_P = C' \int_P^Q RT_v d \ln p \quad (10)$$

This is the basic expression used to process radiosonde observations.

II. Use of the theorem for a mix of AIREP's and radiosonde or SIRS data. It is well known that in oceanic regions aircraft observations are made at one degree latitude points located at 10 degree standard meridian. In the N. Atlantic region for instance, along 10°, 20°... 50° West.

If the reports, made available in hourly bulletins, are plotted in upper air charts (200, 250 or 300 mb.) as valid within a small period of time (1 hour approximately) irrespective of the Flight Level, then the data usually do not fit well in the analyses of the wind and temperature fields (*fig. 2.*). This is caused by different factors: the variability of the data with pressure altitude, the variability of the parameters with time and the measurement errors. Especially in the jet corridor the space time variability may be considerable.

The validity of linear interpolation and extrapolation of these data to meteorological standard pressure levels is questionable.

In addition these aircraft reports do not provide information on the geopotential in the reporting points.

However, when we use a mixture of observations (aircraft and SIRS or radiosondes), we may derive this quantity, at least in principle, by applying the above mentioned theorem.

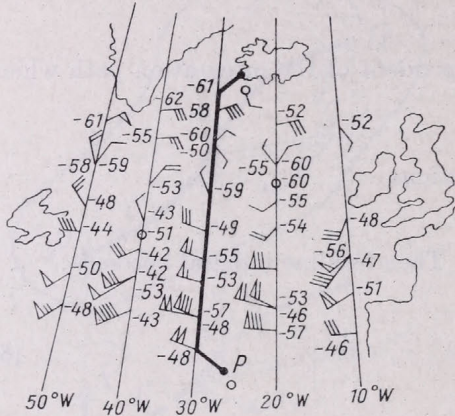


Fig. 2. AIREP winds and temperatures plotted in upper air charts along 10 degree standard meridians

2. ábra. AIREP szél- és hőmérséklet-adatok a 10 fokos standard délkörök mentén

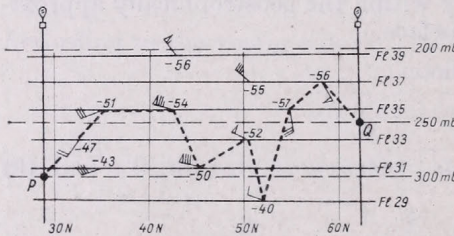


Fig. 3. A cross-section through one of the main meridians

3. ábra. Függőleges keresztmetszet egy fő délkör mentén

Consider a cross-section through one of the main meridians, say  $30^\circ W$  (fig. 3). Let the AIREP winds and temperatures be distributed as indicated. Let  $P$  and  $Q$  be points in the vertical of two radiosonde stations which are close to this meridional section, for example Keflavik, Iceland and Lagens Azores.

Then we select an integration path in the cross-section which passes through a collection of AIREP locations.

Next we evaluate the line integral along the selected path:

$$\Phi_Q - \Phi_P \approx \sum_{(i)} \lambda \left| \left[ \frac{\vec{v}_{g,i} + \vec{v}_{g,i+1}}{2} \right] \times \vec{\Delta s} \right| - \sum_{(i)} R \left[ \frac{T_i + T_{i+1}}{2} \right] \Delta \ln p \quad (11)$$

This result is compared with the geopotential differences obtained from the known ascents in  $P$  and  $Q$  — the differences of these values should be between narrow limits. The discrepancy is interpreted as a correction to be applied evenly along the integration path. This process may be repeated along alternate paths through  $P$  and  $Q$ . If the difference exceeds a certain limit this

may have been caused by a gross error in one or more of the reports. The theorem can therefore be used also for checking purposes. Integration paths may be chosen at random in the whole flight region for instance along routes in a west-east direction or erratically between any pair of coastal radiosonde stations. In this way, when a sufficient amount of observational data is available, we may find a considerable number of geopotential data at the reporting positions of the aircraft observations, which may subsequently be used as input data in numerical models. In case SIRS reports are received in the area, these may also be used. One can also make use of the data of Ocean Station Vessels in the evaluation of the line integral.

The above sketched method has not been tried out but we hope in the near future to develop a computer processing scheme to test the feasibility of the method over the N. Atlantic.

### III. *Asynoptic observations*

The theorem can be generalized to include the variability of the time of observations so that the principle may be studied in a data assimilation method.

In case of asynoptic data the integral theorem takes the form:

$$\Phi_Q(t_1) - \Phi_P(t_0) = C \int_{\vec{P}(t_0)}^{Q(t_1)} \lambda |\vec{v}_g \times \vec{d}s| - C \int_{\vec{P}(t_0)}^{Q(t_1)} R T_v d l n p - C \int_{\vec{P}(t_0)}^{Q(t_1)} \frac{\partial \Phi}{\partial t} dt \quad (12)$$

$t_0$  and  $t_1$  being fixed, the theorem holds for arbitrary paths between two points  $P$  and  $Q$  arbitrarily chosen time function along these paths.

We meet the difficulty here however that we cannot derive the local tendency  $\partial \Phi / \partial t$  from asynoptic aircraft reports only. The method will probably have to be worked out in a four-dimensional assimilation approach using for instance the tendency method (GARP report No. 11, Appendix II, page 59-61).

# Zur Berechnung zulässiger Staubemissionen

A. LEHMANN, Meteorologischer Dienst der DDR, Potsdam

*Módszer a megengedhető poremisszió számítására.* Szennyező forrás közelében bekövetkező porterhelést a következő tényezők határozzák meg: a kémény effektív magassága, a füstgáz kibocsátott mennyisége és koncentrációja, a szilárd részecskék ülepedési sebessége és a légkör turbulens szóró és transzportáló hatása. Figyelembe véve a kibocsátott poremisszió nagyság szerinti megoszlását, a porülepedés megengedett mértéke és a kémény magassága alapján a bemutatott módszer lehetővé teszi a poremisszió megengedhető mértékének meghatározását. A fenti számításokhoz a szerző nomogramot ad.

\*

*Метод вычисления допускаемого пылеиспускания.* Выброс пылинок вблизи источника загрязнений, определяется следующими факторами: эффективной высотой трубы, количеством и концентрацией отходящего газа, скоростью осаждения твердых частиц, а также эффективностью турбулентного рассеяния и переноса в атмосфере. С учетом распределения испускаемой пыли по размерам пылинок предлагаемый метод позволяет, на основе допускаемой степени осаждения пыли и высоты трубы определить допускаемую степень пылеиспускания. Приводится номограмма для таких вычислений.

\*

## 1. Problemstellung

Mit den mit zunehmender Industrialisierung und mit zunehmender Dichte des Straßenverkehrs steigenden Werten der Luftverschmutzung wird die Problematik wirksamer Maßnahmen zum Schutz der Umwelt vor belästigenden und schädigenden Einflüssen der Luftverunreinigung immer vordringlicher. Insbesondere in den Industrieballungsgebieten, aber auch in Industrie – Wohn – Mischgebieten der Großstädte sind bereits jetzt die hygienisch zulässigen Schwellenwerte (MIK) für einige Schadstoffe zeitlich und örtlich z.T. erheblich überschritten.

Während für eine Reihe gasförmiger Schadstoffe, insbesondere für  $\text{SO}_2$ , derzeit eine wirksame Emissionsminderung aus technischen und ökonomischen Gründen nicht abzusehen ist, besteht für staubförmige Luftverunreinigungen durch den Einsatz leistungsfähiger Abscheideeinrichtungen durchaus die Möglichkeit, den Staubgehalt der Abgase wesentlich herabzusetzen. Der Entstaubungsgrad ist ein technisch-ökonomisches Problem. Unter Beachtung des Aufwand-Nutzen-Verhältnisses wird jedoch immer der Reststaubgehalt der Abgase noch so groß sein, daß besondere Maßnahmen zur ausreichenden Verteilung der Emissionen erforderlich sind, damit die Quellumgebung nicht unzulässig staubbelastet wird. Wie auch bei der Ausbreitung und Verdünnung gasförmiger Schadstoffe ist hier die Quellhöhe von ausschlaggebender Bedeutung. Wir haben also den Einbau von Entstaubungsanlagen einerseits, den Bau ausreichend hoher Schornsteine andererseits als sich ergänzende Maßnahmen anzusehen, die Einhaltung der hygienisch zugelassenen Schwellenwerte der Verstaubung zu garantieren.

Drei konkrete Fragestellungen ergeben sich für eine mathematische Modellierung der Relationen zwischen Emission und Immission.

1. Welcher Verstaubungsgrad tritt in der Quellumgebung bei vorgegebener Schornsteinhöhe und bekannter Emission auf?

2. Wie groß darf die Emission bei vorgegebener Schornsteinhöhe sein, wenn in

Erdbodennähe ein hygienisch zugelassener Wert der Verstaubung nicht überschritten werden darf?

3. Wie hoch muß die Abführungseinrichtung (Schornstein) gebaut werden, damit bei gegebener Größe der Emission (Menge pro Zeiteinheit) die Verstaubung in den vorgeschriebenen Grenzen bleibt.

Wenn man voraussetzen kann, daß für Neuanlagen die Ausstattung mit Filtereinrichtungen, dem technisch-ökonomischen Höchststand entsprechend, von vornherein vorgesehen ist, dürfte für Neuinvestitionen im wesentlichen die letzte Fragestellung von Bedeutung sein. Für die Mehrzahl der bestehenden Industrieanlagen jedoch, die z.T. ohne oder aber mit ungenügenden Staubabscheidern arbeiten, ist die Frage nach der zulässigen Emission von großer Wichtigkeit, kann doch daraus auf die mindestens erforderliche Leistungsfähigkeit einzubauender Filtereinrichtungen geschlossen werden oder, falls die Leistungskennziffern der verfügbaren Filteranlagen den aufgestellten Forderungen nicht genügen, auf die Dimensionierung der gesamten Anlage.

Es wird nachstehend eine Methode vorgestellt, mit einfachen Mitteln zu einer Aussage über die zulässigen Staubauswurfmengen zu gelangen.

## 2. Das mathematische Modell zur Berechnung der Staubablagerung

Die Ausbreitung staubförmiger Stoffe in der Atmosphäre kann mit denselben mathematischen Modellen beschrieben werden wie die Ausbreitung gasförmiger Luftverunreinigungen, wenn das Eigengewicht der Staubpartikel gering ist (Schwebestaub). Die Partikelgröße für den Schwebestaub wird in der Literatur mit  $< 10$  bis  $20 \mu\text{m}$  angegeben. Bei größeren Partikeln sind der Ausbreitung und Zerstreuung durch die turbulenten Strömungen in der Atmosphäre Absinkbewegungen der Teilchen, hervorgerufen durch ihr Gewicht, überlagert. Von *Bosanquet, Carey* und *Halton* [1] wird eine Formel zur Berechnung der Staubsedimentation pro Flächen- und Zeiteinheit in Abhängigkeit von den meteorologischen Ausbreitungsbedingungen und von Art und Menge des Staubauswurfs angegeben:

$$F(r) = \frac{1,27 \cdot 10^6 W p b_k f}{H^2 u \Gamma \left(1 + \frac{f}{pu}\right)} \left(\frac{H}{pr}\right)^{2 + \frac{f}{pu}} \exp\left(-\frac{H}{pr}\right) \quad (1)$$

Es bedeuten:

- $F$  – Sedimentationsmenge [g/m<sup>2</sup> Monat]
- $W$  – Staubauswurf [t/Monat]
- $u$  – mittlere Windgeschwindigkeit in der Ausbreitungsschicht [m/s]
- $p$  – Diffusionsparameter
- $H$  – Effektive Schornsteinhöhe [m]
- $f$  – Sinkgeschwindigkeit des Staubes [m/s]
- $r$  – Radialentfernung vom Quellpunkt [m]
- $b_k$  – Häufigkeit der Windrichtung  $k$ ,  $\sum b_k = 1$
- $\Gamma$  – Gammafunktion
- $\exp$  – Exponentialfunktion

Formel (1) gibt die Flächenverteilung der Staubsedimentation in einem Kreis-sektor mit einem Öffnungswinkel von  $45^\circ$  an.

Da die natürlichen Stäube im allgemeinen polydispers sind, schreibt sich Formel (1) für eine Kornfraktion  $i$

$$F_i(r) = \frac{1,27 \cdot 10^6 W p b_k c_i f_i}{H^2 u \Gamma \left( 1 + \frac{f_i}{pu} \right)} \left( \frac{H}{pr} \right)^{2 + \frac{f_i}{pu}} \exp \left( - \frac{H}{pr} \right) \quad (1/a)$$

wobei mit  $c_i$  der Anteil der Kornfraktion mit der Sinkgeschwindigkeit  $f_i$  am Gesamtstaubauswurf  $W$  gekennzeichnet wird. Es ist  $\sum c_i = 1$ .

Die Berechnung ergibt eine Zunahme der Staubbablagerung mit der Quellentfernung bis zu einem Maximum  $F_{i_{\max}}$  ( $r_{i_{\max}}$ ). In größerer Entfernung nimmt der Verstaubungsgrad wieder ab.

Die maximale Staubsedimentation  $F_{i_{\max}}$  erhält man durch Differenzieren der Formel nach  $r$ . Es ist

$$r_{i_{\max}} = \frac{H}{p \left( 2 + \frac{f_i}{pu} \right)} \quad (2)$$

und

$$F_{i_{\max}} = \frac{1,27 \cdot 10^6 p W b_k c_i f_i}{H^2 u \Gamma \left( 1 + \frac{f_i}{pu} \right)} \left( 2 + \frac{f_i}{pu} \right)^{2 + \frac{f_i}{pu}} \exp \left( 2 + \frac{f_i}{pu} \right) \quad (3)$$

Für jede Kornfraktion gilt ein anderes  $r_{\max}$ .

In den Entfernungen  $r$  addieren sich die Sedimentationswerte verschiedener Fraktionen. Die Gesamtstaubsedimentation ist  $F(r) = \sum_i F_i(r)$ . Die Ex-

tremwertbetrachtung der Summe ist nicht ohne weiteres möglich. Eine detaillierte Berücksichtigung des Korngrößenspektrums macht den Einsatz eines Rechenautomaten erforderlich. Für viele Objekte ist jedoch eine feingegliederte Angabe des Korngrößenspektrums nicht möglich. Bei Einteilung des emittierten Staubes in nur zwei Klassen, Fein- und Grobstaub, ist eine rechnerische Abschätzung der maximalen Gesamtstaubbablagerung von Hand noch effektiv.

### 3. Formeldiskussion für zwei Kornfraktionen

3.1. Betrachtet man zwei Staubklassen, so kann man feststellen, daß die Entfernungen der Maximalverunreinigungsgebiete von der Quelle in einem konstanten Verhältnis zueinander stehen, das nur vom Verhältnis der Sinkgeschwindigkeiten zueinander abhängt, sieht man von der Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit und der Schichtung der Atmosphäre insgesamt ab.

$$\frac{r_{1_{\max}}}{r_{2_{\max}}} = \frac{2 pu + f_2}{2 pu + f_1} \quad (4)$$

Je größer die Windgeschwindigkeit ist, um so geringer sind die Unterschiede zwischen  $r_{1_{\max}}$  und  $r_{2_{\max}}$ .

3.2. Bei vorgegebenen Parametern  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $u$  und  $p$  kann die maximale Sedimentationsmenge einer Staubklasse aus der der anderen für beliebige Verhältnisse der Auswurfmenngen bestimmt werden:

$$F_{1\max} = F_{2\max} \cdot \frac{c_1}{c_2} K_1 (f_1, f_2, p, u) \quad (5)$$

$$\text{mit } K_1 = \frac{f_1 \Gamma \left( 1 + \frac{f_2}{pu} \right) \cdot \left( 2 + \frac{f_1}{pu} \right)^{2 + \frac{f_1}{pu}} \exp \left( \frac{f_2}{pu} - \frac{f_1}{pu} \right)}{f_2 \Gamma \left( 1 + \frac{f_1}{pu} \right) \cdot \left( 2 + \frac{f_2}{pu} \right)^{2 + \frac{f_2}{pu}}}$$

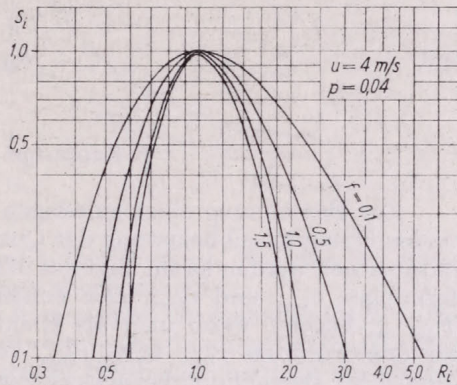


Abb. 1. Normierte Leevertilung der Staubsedimentation für neutrale Ausbreitungsbedingungen

3.3. Die Leevertilung der Staubsedimentation läßt sich normieren. Mit den Bezeichnungen

$$\frac{F_i}{F_{i\max}} = S_i, \quad \frac{r_i}{r_{i\max}} = R_i$$

erhält man die nachstehende Gleichung

$$S_i = R_i^{-\left(2 + \frac{f_i}{pu}\right)} \exp \left\{ \left( 2 + \frac{f_i}{pu} \right) \cdot \left( \frac{R_i - 1}{R_i} \right) \right\} \quad (6)$$

(Abb. 1.) Der Ausdruck ist analog der normierten Beziehung für die Leevertilung gasförmiger Schadstoffe nach *Bosanquet* und *Pearson*, nur jeweils erweitert um die Glieder  $f_i/pu$  (2).

Es ist  $F_i = S_i F_{\max}$

Näher untersucht werden sollen die Punkte, an denen eine der Kornfraktionen ihre maximale Sedimentation aufweist.

$$R_1 = \frac{r_1}{r_{1\max}} = \frac{r_{2\max}}{r_{1\max}} = \frac{2pu + f_1}{2pu + f_2} = \frac{1}{R_2} \quad (7)$$

Für festgelegte Sinkgeschwindigkeiten und für eine vorgegebene Ausbreitungssituation werden  $R_1$  und  $R_2$  bezüglich dieser Punkte somit konstante Werte, d.n.  $S_1$  und  $S_2$  sind ebenfalls konstant.

3.4. Mit Hilfe der angegebenen Beziehungen (5), (6), (7) läßt sich die Gesamtsedimentation in den Entfernungen  $r_{1\max}$  und  $r_{2\max}$  von der Quelle abschätzen:

$$F_1(r_{2\max}) = F_{1\max} \cdot S_1$$

$$F_2(r_{1\max}) = F_{2\max} \cdot S_2$$

Die Gesamtmenge der Sedimentation berechnet sich nach folgenden Beziehungen:

$$F_{ges}(r_{1\max}) = F_{1\max} + F_2(r_{1\max}) = F_{1\max} \left[ 1 + \frac{c_2}{c_1} K_2 S_2 \right] = F_{2\max} \left[ S_2 + \frac{c_1}{c_2} K_1 \right]$$

$$F_{ges}(r_{2\max}) = F_1(r_{2\max}) + F_{2\max} = F_{2\max} \left[ 1 + \frac{c_1}{c_2} K_1 S_1 \right] = F_{1\max} \left[ S_1 + \frac{c_2}{c_1} K_2 \right] \quad (8)$$

mit 
$$K_2 = \frac{1}{K_1}$$

#### 4. Zulässige Auswurfmengen

Zur Berechnung einer zulässigen Auswurfmenge hat man von der maximalen Gesamtstaubbelastung der Quellumgebung auszugehen. Wie aus *Abb. 2* entnommen werden kann, liegt das Maximum von  $F_{ges}$  zwischen den Quellentfernungen  $r_{1\max}$  und  $r_{2\max}$ . Der Fehler, den man mangels des exakten Wertes  $F_{ges\max}$  begeht, wenn man als Richtwert den jeweils größten Wert von  $F_{ges}$  an den Punkten  $r_{1\max}$  bzw.  $r_{2\max}$  verwendet, ist um so geringer, je größer die bei der Berechnung berücksichtigte Windgeschwindigkeit ist und je kleiner die Unterschiede zwischen den Kornfraktionen sind. Versteht man unter  $F_{ges\max}^*$  die maximale Staubablagerung bezüglich eines auf 1 normierten Auswurfs  $F_{ges\max}^* = F_{ges\max}/W$ , so kann man aus Formel (8) sehr leicht die Beziehungen für den zulässigen Auswurf  $W_{zul}$  herleiten. Es gilt

$$W_{zul} \leq \frac{MIK}{F_{1\max}^* \left[ 1 + \frac{c_2}{c_1} K_2 S_2 \right]} \quad \text{oder} \quad W_{zul} \leq \frac{MIK}{F_{2\max}^* \left[ S_2 + \frac{c_1}{c_2} K_1 \right]} \quad (9)$$

falls  $F_{ges}$  an der Stelle  $r_{1\max}$  den größeren Wert hat, bzw.

$$W_{zul} \leq \frac{MIK}{F_{2\max}^* \left[ 1 + \frac{c_1}{c_2} K_1 S_1 \right]} \quad \text{oder} \quad W_{zul} \leq \frac{MIK}{F_{1\max}^* \left[ S_1 + \frac{c_2}{c_1} K_2 \right]}$$

für den größeren Wert von  $F_{ges}$  bei  $r_{2\max}$ .

#### 5. Anwendung in der Praxis

Um die gefundenen Beziehungen für Überschlagsberechnungen für die praktische Anwendung nutzbar zu machen, bedarf es einiger Präzisierungen hinsichtlich der Wertigkeit der verwendeten Eingangsgrößen und eine Aufbereitung der Formeln in Tabellen- oder Nomogrammform (*Abb. 3*).

Für die meteorologischen Größen wurden folgende Festlegungen getroffen: — Die häufigsten im Gebiet der DDR auftretenden Windrichtungen sind nach der steiligen Windrichtungsskala die Richtungen Südwest und West. Die

maximalen Häufigkeiten liegen um 20%. Setzt man also  $b_K$  mit 25% an, so hat man die im Extremfall mögliche Flächenbelastung erfaßt.

— Für die Windgeschwindigkeit  $u$ , die einen Mittelwert der Geschwindigkeit in der Ausbreitungsschicht repräsentiert, bietet sich an, einen Kennwert der statistischen Verteilung der Windgeschwindigkeiten zu verwenden, z.B. Medi-

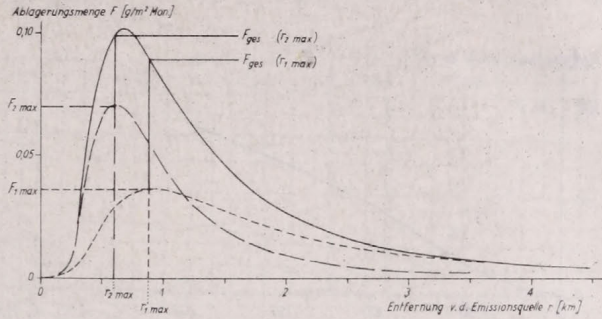


Abb. 2. Staubsedimentation im Lee der Quelle bei unterschiedlichen Korngrößen

anwert oder arithmetisches Mittel oder häufigster Wert. Für das in Abb. 3 angegebene Nomogramm wurde  $u = 4$  m/s angenommen.

— Der die Stabilität der Schichtung der Atmosphäre charakterisierende Diffusionsparameter  $p$  wurde für normale Ausbreitungsbedingungen, die gegenüber labilen oder stabilen Schichtungen die größte Häufigkeit besitzen und zudem bei Windgeschwindigkeiten von 4 m/s am wahrscheinlichsten sind, mit 0,04 angenommen.

Die technischen Größen: am weitesten verbreitet sind in der Industrie Stäube mit einer Dichte zwischen 2 und 3 g/m<sup>3</sup>. Der für die Berechnung der Sinkgeschwindigkeit zugrunde gelegte Wert von 2,5 g/m<sup>3</sup> dürfte daher gut verallgemeinerungsfähige Aussagen liefern. Nach Jung [3] gelten für diese Dichte die

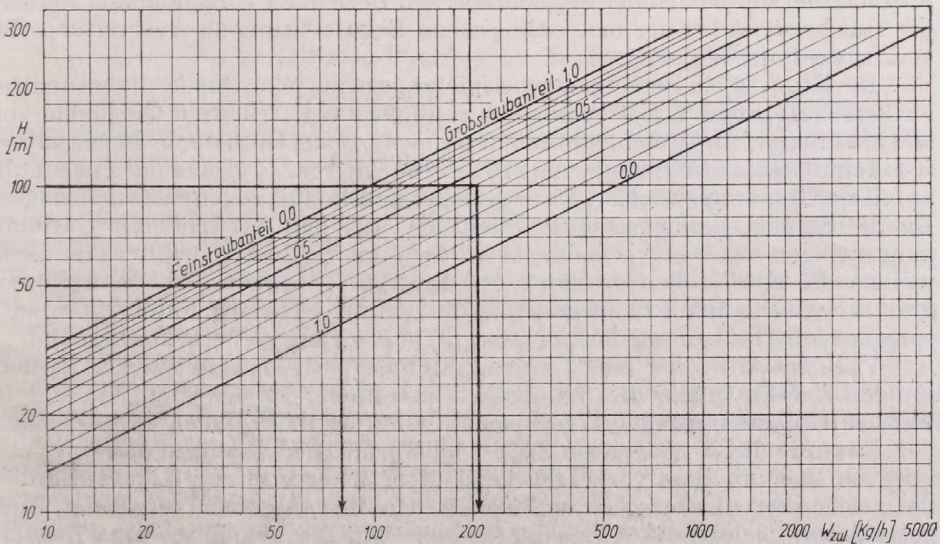
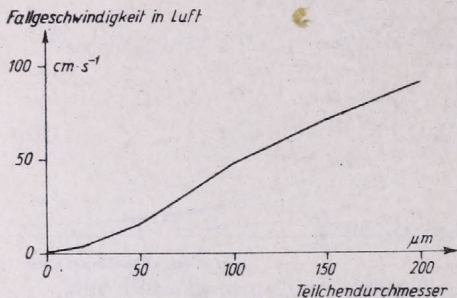


Abb. 3. Nomogramm zur Berechnung des zulässigen Staubausswurfes in kg/h

in *Abb. 4* angegebenen Sinkgeschwindigkeiten in Abhängigkeit von der Korngröße.

Man beobachtet bei verschiedenen Emittenten sehr unterschiedliche Korngrößenverteilungen der Stäube. Ein Kraftwerkstaub hat ein völlig anderes Spektrum als z.B. ein Zementstaub. Die Einteilung in Grobstaub und Feinstaub muß daher am jeweiligen Verwendungszweck orientiert sein und ist



*Abb. 4.* Sinkgeschwindigkeiten in Abhängigkeit von der Korngröße (Dichte 2.5)

sicher auch unter pragmatischen Gesichtspunkten zu sehen (z.B. Verfügbarkeit von Siebanalysen u.ä.). Für das Nomogramm in *Abb. 3* wurde die Grenze bei etwa  $60\mu\text{m}$  gezogen, wobei dem Feinstaub eine Sinkgeschwindigkeit von  $0,13\text{ m/s}$  zugeordnet wurde, dem Grobstaub eine Sinkgeschwindigkeit von  $0,35\text{ m/s}$ .

Als zulässiger Schwellenwert MİK wurde eine Staubleistung von  $20\text{ g/m}^2$  Monat angenommen.

Bei der Berechnung des Nomogramms wurde vom jeweils größten Sedimentationswert bei  $r_{1\text{max}}$  oder  $r_{2\text{max}}$  ausgegangen. Das Nomogramm gestattet also die unmittelbare Bestimmung der zulässigen Staubemission in  $\text{kg/h}$  in Abhängigkeit von der effektiven Schornsteinhöhe. Die Umrechnung der effektiven Schornsteinhöhe in die Schornsteinbauhöhe ist ohne Schwierigkeiten möglich und sollte nach der mathematischen Beziehung vorgenommen werden, die üblicherweise bei der meteorologischen Begutachtung zu Ausbreitungsfragen Anwendung findet.

In *Abb. 3* ist ein Berechnungsbeispiel angegeben: eine Quelle, die bei neutraler Schichtung und  $4\text{ m/s}$  Windgeschwindigkeit eine effektive Quelhöhe von  $100\text{ m}$  aufweist, darf bei einer Staubzusammensetzung Grobstaub: Feinstaub =  $4:6$  eine Gesamtstaubmenge von  $210\text{ kg/h}$  emittieren. Je größer der Feinstaubanteil am Gesamtauswurf ist, um so geringer sind die zulässigen Auswurfmengen. Da die Staubzusammensetzung wesentlich von den verwendeten Gasreinigungsanlagen abhängt, verändert sich durch den Einbau von Filtern im allgemeinen die Korngrößenverteilung des emittierten Staubes. Mit dem Nomogramm wird die Möglichkeit geboten, die den projektierten Filterwerten entsprechenden Staubanteile bei der Auswurfbegrenzung zu berücksichtigen.

Um dem Anwender eine Orientierungshilfe zu geben, in welchen Entfernungen von der Quelle die maximale Verstaubung zu erwarten ist, und in welcher Größenordnung bei gegebenem Auswurf die Sedimentationsmengen liegen, wurde das Nomogramm *Abb. 5* entworfen. Die Aussagen dieses Nomogramms sind mit dem vorhergehenden *Abb. 3* abgestimmt, d.h. es wurden die gleichen meteorologischen und technischen Ausgangsdaten verwendet. Ausgehend von der effektiven Schornsteinhöhe und der bekannten Staubzusammensetzung kann man auf der Skala am unteren Blattrand die Gesamtsedi-

mentation  $F_{ges}$  ablesen, die jeweils wieder den höheren Wert für die Entfernungen  $r_{1max}$  und  $r_{2max}$  angibt. Die Ergebniswerte sind auf einen Auswurf von  $e=1$  [kg/h] normiert und müssen durch Multiplikation mit dem wirklichen Auswurf in kg/h für den jeweiligen Fall aktualisiert werden. Die Skala am oberen Blattrand gibt die Entfernung  $r_{1max} \dots r_{2max}$  von der Quelle an, in der die maximale Verstaubung zu erwarten ist (siehe eingetragenes Beispiel).

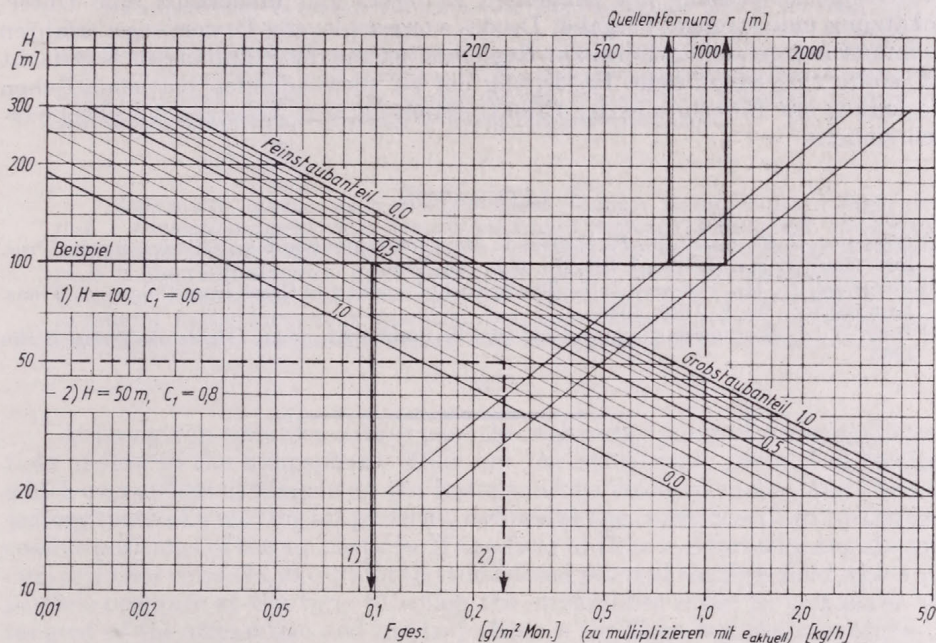


Abb. 5. Gesamtsedimentation [g/m<sup>2</sup> Mon.] in den Entfernungen  $r_{1max} \dots r_{2max}$  [m]

### 6. Kritische Wertung der Ergebnisse

Die vorgeschlagene Methode ist durch ihre einfache Handhabung zur routinemäßigen Wertung einer Vielzahl von Quellen gut geeignet; obwohl die grobe Einteilung in nur 2 Korngrößenklassen eine Einschränkung der Genauigkeit der Ergebnisse bedingt. Eine sorgfältige Wahl der meteorologischen Parameter, insbesondere der Windrichtungshäufigkeit, sowie der technischen Ausgangsgrößen ermöglicht jedoch einen ausreichenden Sicherheitsspielraum in den Aussagen. Bei den technischen Parametern ist insbesondere die Festlegung der Sinkgeschwindigkeit für die beiden Staubklassen von Bedeutung. Im vorgelegten Beispiel wurde dabei von der Überlegung ausgegangen, daß die hygienisch zulässigen Schwellenwerte bezüglich des Schwebstaubes und des Sedimentationsstaubes, ersterer angegeben in mg/m<sup>3</sup>, letzterer in g/m<sup>2</sup> Monat durch die Vorschriften zur Emissionsbegrenzung so abgesichert sein müssen, daß beim Übergang von einer Staubart zur andere, d.h. aber auch von einer Berechnungsvorschrift zur anderen (Schwebstaub wird wie gasförmige Luftverunreinigungen behandelt) keine wesentlichen Differenzen in den Aussagen entstehen. Die für den Feinstaub festgelegte Sinkgeschwindigkeit von 0.13 m/s ist die Geschwindigkeit, bei der eine emittierte Staubmenge gerade den zulässi-

gen Verstaubungsgrad von  $20 \text{ g/m}^2$  Monat bedingt, während die gleiche Staubmenge Schwebstaub eine Immissionskonzentration von  $0,5 \text{ mg/m}^3$  hervorruft.

Es versteht sich von selbst, daß die Wahl der Berechnungsvorschrift für die Effektivverhöhung einen wesentlichen Einfluß auf die Güte der Aussagen hat. Eine Überschätzung der tatsächlichen Effektivverhöhung bedingt eine großzügige Bemessung der zulässigen Emission und umgekehrt eine Unterschätzung eine strenge Vorgabe. Da des vorgeschlagene Bewertungsverfahren ja immer in irgendeiner Form zur Reglementierung des Staubauswurfs gedacht ist, sollte eine einheitliche Festlegung der zu verwendenden mathematischen Beziehung zur Berechnung der Effektivverhöhung den Aussagen Vergleichbarkeit sichern.

#### LITERATUR

- [1] *Bosanquet, C. H., Carey, W. F., Halton, E. M.*: Dust Deposition from Chimney Stacks, Proc. Inst. Mech. Engrs. (London), 162, No. 3, S. 355, 1950
  - [2] *Bosanquet, C. H., Pearson, J. L.*: The Spread of Smoke and Gases from Chimneys, Trans. Faraday Soc., 32, S. 1249, 1936
  - [3] *Jung, H.*: Luftverunreinigung und industrielle Staubbekämpfung Akademie-Verlag Berlin 1965
-

# Local Variations of the Geometrical Properties of Streamlines and Trajectories in Nonstationary Horizontal Fields of Flow in the Atmosphere

M. OLBERG, *Humboldt University, Department for Meteorology and Geophysics, Berlin*

*Az áramvonalak és trajektoriák geometriai tulajdonságainak lokális változása a légkör nem-stacionárius horizontális áramlási mezőjében. Nem-stacionárius áramlási mezőkben az áramvonalak, trajektoriák és az áramlási vonalakra merőleges görbék lokális időbeli változásai úgy ábrázolhatók, mint az áramvonal- és a trajektoriagörbület differencia változásainak a függvényei a fenti görbék egysége mentén. E kapcsolatok különösen egyszerű formát öltenek divergenciamentes vagy örvénymentes áramlások idején.*

\*

*Локальные изменения геометрических свойств линий тока и траекторий в нестационарном поле горизонтального потока. Локальные временные изменения линий тока, траекторий и кривых, перпендикулярных к линиям тока в нестационарном поле скоростей могут быть представлены в виде функций изменения разности кривизны линий тока и траекторий по совокупности вышеуказанных кривых. Эти соотношения имеют особенно простую форму при бездивергентных или безтурбулентных потоках.*

\*

At any given time two curves pass through every point of a nonstationary field of flow in the atmosphere. That are the streamline, defined as the line which everywhere is tangent to the instantaneous velocity vector, and the trajectory (path of a moving air particle), defined as the curve described by the successive positions of the air particle. If the field of flow is nonstationary the two curves do not coincide, except for the considered point of the flow field which the particle occupies at the time to which the streamlines refer. In this point the tangent of the streamline and the trajectory is the same but the curvatures of the two curves differ from each other.

In the following treatment relationships between the geometrical properties of the said curves and there variation per time  $t$  will be discussed. Since every large-scale current in the atmosphere is quasi-horizontal we consider two-dimensional fields of flow. We write the velocity vector in the form  $\mathbf{v} = v\mathbf{s}$ , where  $v$  is the scalar value of the velocity and  $\mathbf{s}$  the horizontal unit vector in the direction of the velocity vector. The individual rate of change  $d/dt$  of a quantity of the flow field can be replaced by the sum of the local rate of change  $\partial/\partial t$  and the advective rate of change  $\mathbf{v} \cdot \text{grad}$ . Therefore, we have

$$\frac{d}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \text{grad} = \frac{\partial}{\partial t} + v \frac{\partial}{\partial s} \quad (1)$$

where  $\mathbf{s} \cdot \text{grad} = \partial/\partial s$  denotes the derivation along the streamline. If we introduce the line element  $ds = v dt$  along the parth of an air particle, equation (1) shows that the local rate of change

$$\frac{1}{v} \frac{\partial}{\partial t} = \frac{d}{ds} - \frac{\partial}{\partial s} \quad (2)$$

is the difference between the derivation along the trajectory  $d/ds$  and along the streamline  $\partial/\partial s$ , respectively.

Application of the differential operator (2) to the angle  $\psi$  which the velocity vector forms with a fixed axis gives the well-known formula of *Blaton* (see *J. Blaton* [1], *H. Ertel* [2], [3], *S. Petterssen* [5], *H. Solberg* [6])

$$\frac{\partial \psi}{\partial t} = v (K_p - K_s) \quad (3)$$

where  $K_p = d\psi/ds$  is the curvature of the trajectory and  $K_s = \partial\psi/\partial s$  the curvature of the streamline.

The differential quotient  $\partial\psi/\partial t$  characterizes a rotation of the direction of the velocity vector around an axis orthogonal to the plane of the fluid motion. Besides the knowledge of the local rate of change of this angle the description of the variation of the streamline and trajectory pattern with respect to time at a given point requires the knowledge of the local rate of change of the curvature of the streamline and trajectory. To get an expression for the local rate of change of  $K_p$  and  $K_s$ , respectively, we start with the calculation of the differential operators

$$\frac{1}{v} \frac{\partial}{\partial t} \frac{\partial}{\partial s} = \frac{1}{v} \frac{\partial}{\partial t} (\mathbf{s} \cdot \text{grad}) = \frac{\partial}{\partial s} \left( \frac{1}{v} \frac{\partial}{\partial t} \right) + \frac{1}{v^2} \frac{\partial v}{\partial s} \frac{\partial}{\partial t} + \frac{1}{v} \frac{\partial \mathbf{s}}{\partial t} \cdot \text{grad} \quad (4)$$

and

$$\frac{1}{v} \frac{\partial}{\partial t} \frac{d}{ds} = \frac{1}{v} \frac{\partial}{\partial t} \left( \frac{1}{v} \frac{d}{dt} \right) = \frac{1}{v} \frac{\partial}{\partial t} \left( \frac{1}{v} \frac{\partial}{\partial t} \right) + \frac{1}{v} \frac{\partial}{\partial t} \frac{\partial}{\partial s}. \quad (5)$$

With the expressions (1) and (4) the differential operator (5) can be written in the form

$$\frac{1}{v} \frac{\partial}{\partial t} \frac{d}{ds} = \frac{d}{ds} \left( \frac{1}{v} \frac{\partial}{\partial t} \right) + \frac{1}{v^2} \frac{\partial v}{\partial s} \frac{\partial}{\partial t} + \frac{1}{v} \frac{\partial \mathbf{s}}{\partial t} \cdot \text{grad}. \quad (6)$$

In the same way we form the differential operator

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial s} \frac{d}{ds} &= \frac{\partial}{\partial s} \left( \frac{1}{v} \frac{d}{dt} \right) = \frac{\partial}{\partial s} \left( \frac{1}{v} \frac{\partial}{\partial t} \right) + \frac{\partial}{\partial s} \frac{\partial}{\partial s} = \\ &= \frac{1}{v} \frac{\partial}{\partial t} \frac{\partial}{\partial s} + \frac{\partial}{\partial s} \frac{\partial}{\partial s} - \frac{1}{v^2} \frac{\partial v}{\partial s} \frac{\partial}{\partial t} - \frac{1}{v} \frac{\partial \mathbf{s}}{\partial t} \cdot \text{grad}. \end{aligned} \quad (7)$$

Thus,

$$\frac{1}{v} \frac{\partial}{\partial t} \frac{\partial}{\partial s} + \frac{\partial}{\partial s} \frac{\partial}{\partial s} = \frac{1}{v} \frac{d}{dt} \frac{\partial}{\partial s} = \frac{d}{ds} \frac{\partial}{\partial s}$$

and (7) becomes

$$\frac{\partial}{\partial s} \frac{d}{ds} = \frac{d}{ds} \frac{\partial}{\partial s} - \frac{1}{v^2} \frac{\partial v}{\partial s} \frac{\partial}{\partial t} - \frac{1}{v} \frac{\partial \mathbf{s}}{\partial t} \cdot \text{grad}. \quad (8)$$

The expressions (4), (6) and (8) can be written in form of commutation differential operators

$$\left. \begin{aligned} \left( \frac{1}{v} \frac{\partial}{\partial t} \right) \frac{\partial}{\partial s} - \frac{\partial}{\partial s} \left( \frac{1}{v} \frac{\partial}{\partial t} \right) &= \frac{1}{v^2} \frac{\partial v}{\partial s} \frac{\partial}{\partial t} + \frac{1}{v} \frac{\partial \mathbf{s}}{\partial t} \cdot \text{grad}, \\ \left( \frac{1}{v} \frac{\partial}{\partial t} \right) \frac{d}{ds} - \frac{d}{ds} \left( \frac{1}{v} \frac{\partial}{\partial t} \right) &= \frac{1}{v^2} \frac{\partial v}{\partial s} \frac{\partial}{\partial t} + \frac{1}{v} \frac{\partial \mathbf{s}}{\partial t} \cdot \text{grad}, \\ \frac{d}{ds} \frac{\partial}{\partial s} - \frac{\partial}{\partial s} \frac{d}{ds} &= \frac{1}{v^2} \frac{\partial v}{\partial s} \frac{\partial}{\partial t} + \frac{1}{v} \frac{\partial \mathbf{s}}{\partial t} \cdot \text{grad}. \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

To get another expression for the equal right hand sides of the equations (9) we start with the well known formula for the divergence of the velocity vector

$$\text{div } \mathbf{v} = \text{div} (v \mathbf{s}) = \frac{\partial v}{\partial s} + v \text{div } \mathbf{s}. \quad (10)$$

In the horizontal plane now we set  $\mathbf{s} = \mathbf{e} \cos \psi + (\mathbf{k} \times \mathbf{e}) \sin \psi$  where  $\mathbf{e}$  is the unit vector in the direction of the above mentioned fixed axis in the plane of the fluid motion and  $\mathbf{k}$  is the unit vector orthogonal to this plane. With this expression for the tangent vector  $\mathbf{s}$  we obtain

$$\text{div } \mathbf{s} = (\mathbf{k} \times \mathbf{s}) \cdot \text{grad } \psi = \frac{\partial \psi}{\partial n} \quad (11)$$

and

$$\frac{\partial \mathbf{s}}{\partial t} = (\mathbf{k} \times \mathbf{s}) \frac{\partial \psi}{\partial t} = \mathbf{n} \frac{\partial \psi}{\partial t}, \quad (12)$$

where we have introduced the horizontal unit vector  $\mathbf{n} = \mathbf{k} \times \mathbf{s}$ , orthogonal to  $\mathbf{s}$ .  $\partial/\partial n$  denotes the derivation along the curve, which is orthogonal to the streamline. Introducing the equations (10) until (12) into the right hand sides of (9) we finally obtain

$$\begin{aligned} \left( \frac{1}{v} \frac{\partial}{\partial t} \right) \frac{\partial}{\partial s} - \frac{\partial}{\partial s} \left( \frac{1}{v} \frac{\partial}{\partial t} \right) &= \left( \frac{1}{v} \frac{\partial}{\partial t} \right) \frac{d}{ds} - \frac{d}{ds} \left( \frac{1}{v} \frac{\partial}{\partial t} \right) = \frac{d}{ds} \frac{\partial}{\partial s} - \frac{\partial}{\partial s} \frac{d}{ds} = \\ &= \frac{1}{v^2} \text{div } \mathbf{v} \frac{\partial}{\partial t} + \frac{1}{v} \left( \frac{\partial \psi}{\partial t} \frac{\partial}{\partial n} - \frac{\partial \psi}{\partial n} \frac{\partial}{\partial t} \right). \end{aligned} \quad (13)$$

If we apply the commutation differential operator (13) to the angle  $\psi$ , the second term on the right hand side vanishes, and with  $\partial \psi / \partial s = K_s$ ,  $d\psi / ds = K_p$  and *Blaton's* formula we get the wanted equations for the local rate of change of the curvatures  $K_s$  and  $K_p$ , respectively

$$\begin{aligned} \frac{\partial K_s}{\partial t} &= v \frac{\partial}{\partial s} (K_p - K_s) + (K_p - K_s) \text{div } \mathbf{v}, \\ \frac{\partial K_p}{\partial t} &= v \frac{d}{ds} (K_p - K_s) + (K_p - K_s) \text{div } \mathbf{v}. \end{aligned} \quad (14)$$

The difference between the change of  $K_s$  per unit length in the direction of the trajectory and of  $K_p$  per unit length in the direction of the streamline, respectively, is determined by the divergence of the velocity vector (see *H, Ertel* [4])

$$\frac{dK_s}{ds} - \frac{\partial K_p}{\partial s} = (K_p - K_s) \operatorname{div} \mathbf{v}. \quad (15)$$

In fields of flow without divergence this difference becomes zero. Therefore, the equations (14) reduce to

$$\begin{aligned} \frac{\partial K_s}{\partial t} &= v \frac{\partial}{\partial s} (K_p - K_s), \\ \frac{\partial K_p}{\partial t} &= v \frac{d}{ds} (K_p - K_s). \end{aligned} \quad (16)$$

We state, in nonstationary horizontal fields of flow without divergence the following theorem is valid:

*The local rates of change of the curvatures of the streamline and trajectory are equal to the product of the scalar value of the velocity and the change of the difference between these curvatures per unit length in the direction of the streamline and the trajectory, respectively.*

Last we will develop a corresponding formula for the local rate of change of the curvature  $K_n = \partial\psi/\partial n$  of the line normal to the streamline. Because  $K_n = \operatorname{div} \mathbf{s}$  with (12) we first get

$$\frac{\partial K_n}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t} \operatorname{div} \mathbf{s} = \operatorname{div} \frac{\partial \mathbf{s}}{\partial t} = \operatorname{div} \left( \mathbf{n} \frac{\partial \psi}{\partial t} \right) = v \frac{\partial}{\partial n} \left( \frac{1}{v} \frac{\partial \psi}{\partial t} \right) + \frac{1}{v} \left( \frac{\partial v}{\partial n} + v \operatorname{div} \mathbf{n} \right) \frac{\partial \psi}{\partial t}. \quad (17)$$

The second term on the right hand side can be transformed again. We start from the rotation of the velocity vector of the field of flow. It is

$$\operatorname{rot} \mathbf{v} = \operatorname{rot} (v \mathbf{s}) = -\mathbf{s} \times \operatorname{grad} v + v \operatorname{rot} \mathbf{s}. \quad (18)$$

Thus,  $-\mathbf{k} \cdot \operatorname{rot} \mathbf{v} = (\mathbf{k} \times \mathbf{s}) \cdot \operatorname{grad} v + v \operatorname{div} (\mathbf{k} \times \mathbf{s}) = \frac{\partial v}{\partial n} + v \operatorname{div} \mathbf{n}$ , and by use of *Blaton's* formula (17) becomes

$$\frac{\partial K_n}{\partial t} = v \frac{\partial}{\partial n} (K_p - K_s) - (K_p - K_s) \mathbf{k} \cdot \operatorname{rot} \mathbf{v}. \quad (19)$$

Fields of flow without rotation allow the representation of the velocity vector by the gradient of a potential. In the case of potential motion fields the curves

orthogonal to the streamlines are lines of constant velocity potential. The curvature of these equipotential lines is  $K_n$ . Its local rate of change with time follows to

$$\frac{\partial K_n}{\partial t} = v \frac{\partial}{\partial n} (K_p - K_s). \quad (20)$$

#### REFERENCES

- [1] *Blaton, J.*: Zur Kinematik und Dynamik nichtstationärer Luftströmungen. Warszawa 1938.
  - [2] *Ertel, H.*: Instationarität der Bewegungsrichtung in Strömungsfeldern als Funktion geometrischer Eigenschaften der Stromlinien und Trajektorien. *Monatsber. Dt. Akad. Wiss. Berlin* 2 (1960), 590—592.
  - [3] *Ertel, H.*: Sobre la variación local de la dirección del vector velocidad en corrientes no estacionarias. *Gerl. Beitr. Geophys.* 70 (1961), 52-54.
  - [4] *Ertel, H.*: Ein Satz zur Kinematik nichtstationärer Stromfelder. *Gerl. Beitr. Geophys.* 79 (1970), 147—151.
  - [5] *Pettersen, S.*: Weather Analysis and Forecasting. Vol. I Motion and Motion Systems. New York /Toronto/ London 1956, p. 30.
  - [6] *Solberg, H.*: On the Relation between Pressure Field and Paths of Moving Air Particles. *Meteorologiske Annaler* 4, Nr. 5 (1956).
-

## Meteorologische Aspekte der Luftverunreinigung in einer Industriezone mit komplexem Relief

FRIMESCU, M. — ROMANOF, N.—MOROIANU, I., Institut für Meteorologie und Hydrologie, Bukarest

*A légszennyeződés meteorológiai vonatkozásai összetett domborzatú ipari övezetben.* A szerzők a Román Szocialista Köztársaságban kidolgozott módszert ismertetik a domborzat hatása alatt álló terület különféle forrásaiból származó szennyezőanyagok diffúziós vizsgálatára. Megállapítják, hogy egyidejű meteorológiai és levegőkémiai mérésekkel kimutatható, hogy a légköri tényezők milyen hatást gyakorolnak a szennyezőanyagok hígulására. Ahhoz, hogy a vizsgálat statisztikailag megalapozott legyen, a szerzők szerint a méréseket legalább kétévi időtartamban kell végezni. A területi megoszlás vizsgálatára elméleti modellt dolgoztak ki, mely évi középértékeket vesz figyelembe. A számítások és mérések adatai összhangban voltak.

\*

*Метеорологические аспекты загрязнения воздуха в промышленных зонах с сложным рельефом.* Авторы описывают метод, разработанный в Румынской Социалистической Республике для изучения диффузии загрязняющих веществ, происходящих из различных источников в районах с влиянием рельефа. Одновременное проведение метеорологических и аэрохимических исследований позволяет выявить влияние атмосферных факторов на разжижение загрязняющие вещества. Для статистического обоснования проведенных исследований, по мнению авторов, необходимо проводить измерения не менее чем два года. Для изучения территориального распределения была разработана теоретическая модель, учитывающая годовые средние величины. Получено хорошее совпадение результатов расчетов и измерений.

\*

Im Kampf gegen die Luftverunreinigung, kommen dem Rumänischen Meteorologischen Institut wichtige Aufgaben zu, welche sich aus der ausserordentlich raschen Entwicklung des Industriepotentials, der Urbanisierung und des Anwachsens des Strassenverkehrs ergeben.

Die auf der Luftverunreinigung basierten Problemen, welche von der Volkswirtschaft dem Meteorologischen Institut zur Lösung auferlegt werden, können im grossen in den folgenden Kategorien aufgeteilt werden:

a) Probleme bezüglich der Lage neuer Industrie-objektive, in Zonen mit entsprechenden meteorologischen Bedingungen;

b) Bestimmung der Verteilung und Konzentration der Luftverunreinigung in einer bestimmten Zone in Beziehung mit den atmosphärischen Prozessen zwecks Systematisierung oder Erweiterung des Industriepotentials;

c) Vorhersage von meteorologischen Situationen welche zu einem Überschuss der Verunreinigung führen können.

Zu diesen Kategorien muss noch folgendes hinzugefügt werden: die ständige Überwachung des Niveaus der Luftverunreinigung auf Basis der von der Grundregionalstation internommenen Messungen, eine Überwachung die sowohl von der WMO verlangt wird, wie auch der Notwendigkeit zuzuschreiben ist, das Verhältnis zwischen den Verunreinigungswerten der kontaminierten Zonen und den Werten die die Luft einer möglichst reinen Zone charakterisieren festzustellen.

In der Ausarbeitung der jeder Kategorie von Problemen entsprechende Arbeitsweise, ist man von den klassischen Forschungsmethoden der Luftverunreinigung ausgegangen, im Verhältnis zu den konkreten Bedingungen unseres Landes.

Die Industrieobjektive unseres Landes sind durch die Mannigfaltigkeit der Reliefformen wo sie gelegen sind charakterisiert, indem ein spezieller Akzent auf das Hügelland oder die Flussbette fällt.

Unter diesen Bedingungen, setzte das Erlangen, auf theoretischem Wege, der Isokonzentrationskurven, die Lösung der klassischen Gleichungen voraus,

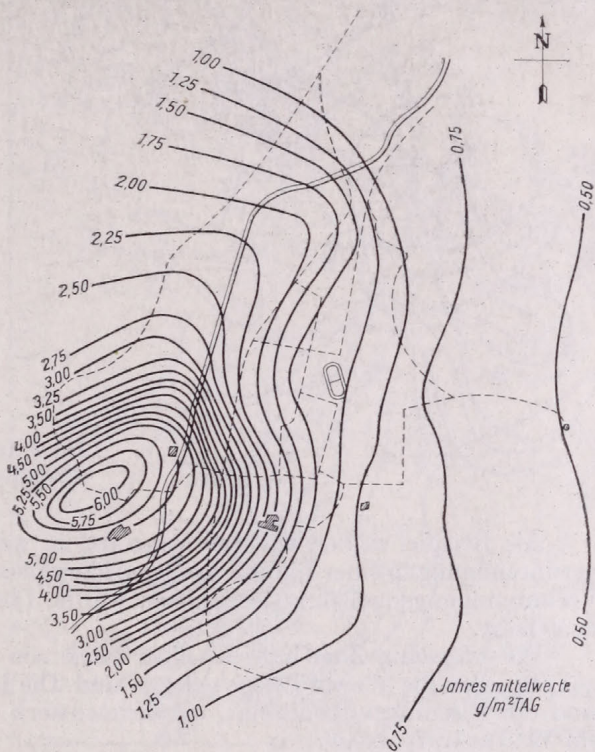


Abb. 1. Isokonzentrations für die Ablagerungen

in Situationen welche sich merklich von den Grenzbedingungen in denen sie ausgearbeitet wurden, unterschieden.

Ausser den Schwierigkeiten die dem komplexen Relief zuzuschreiben sind, ist das theoretische Anschneiden zur Lösung der Verunreinigungsprobleme von einem möglichst präzisen Kennen der Emission charakteristiken der Verunreinigungsquellen bestimmt, was im Falle von vielfachen Quellen mit unregelmässigen Emissionen sehr schwer erreichbar ist.

Aus diesem Grunde wurde für den Zonen mit einer komplexen Orographie eine Arbeitsmethode gebraucht, welche den Ergebnissen einen möglichst hohen Grad der Gültigkeit verleihen soll. Die Arbeitsmethode fusst auf der Erlangung eines Materials bezüglich der meteorologischen Parameter die die Verbreitung der Luftverunreinigung bestimmen und auf der gleichzeitigen Bestimmung der Konzentration der charakteristischen Luftverunreinigungen für eine Beobachtungsperiode von wenigsten zwei Jahren, eine Tatsache welche den erlangten Daten eine statistische Gültigkeit verleiht.

Nebst der direkten Methode der experimentellen physikochemischen Bestimmungen, wurden theoretische Verfahren zwecks Erlangung eines mathematischen Modells gebraucht, welches für den konkreten Fall entsprechen soll.

Diese Arbeitsweise bietet die Möglichkeit, die Nummer der Punkte für denen das Erkennen des Verunreinigungsstandes notwendig ist zu erweitern, mit vielem über des Anfangs vom Sammlernetz geformten Stand.

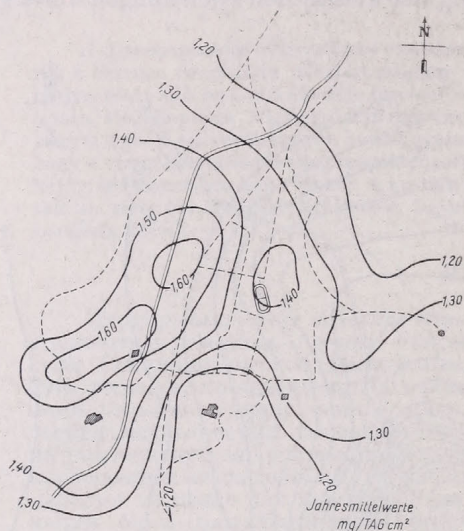


Abb. 2. Izokonzentrationen für  $\text{SO}_2$  durch die absorption Methode

Als Beispiel stellen wir die Weise dar in welcher ein Problem der Luftverunreinigung in einer Industriezone mit komplexer Orographie und vielfachen Verunreinigungsquellen angeschnitten wurde. Das Problem ist in Gruppe „b“ eingefasst.

Die erforschte Zone hat eine Überfläche von cca 400 km<sup>2</sup> mit Verunreinigungsquellen die in zwei Tälern gelegen sind. Die Hauptverunreinigungsquellen sind ein Eisenhüttenkombinat, ein Hüttenwerk, ein Eisenbahnknotenpunkt, ein Wärmekraft, u.s.w.

Die erforschten meteorologischen Faktoren waren die Windrichtung und Geschwindigkeit auf einer Höhe bis 2500 m, die Stabilität der Atmosphäre die durch einer indirekten Methode erzielt wurde (*Pasquill-Uhlig*), die vertikalen Luftströme.

Als charakteristische Luftverunreinigungen wurden  $\text{SO}_2$  und die Gravitationsablagerungen betrachtet.

$\text{SO}_2$  wurde auf dem Wege der Adsorption bestimmt, indem man die Methode des Bleidioxid (beiläufig 60 Sammlerpunkte) und auch die Methode der Absorption (West und Gaeke), 10 Sammlerpunkte verwendete. Die Sedimentationsablagerungen wurden in den 60 Punkten bestimmt die für  $\text{SO}_2$  durch die Absorptionsmethode auserwählt wurden.

Als Folge der Berechnung der Jahresmittelwerte erhielt man die Izokonzentrationen die in den *Abbildungen 1, 2 und 3* wiedergegeben sind.

In den *Abbildungen 4 und 5* ist die prozentuelle Erscheinungsfrequenz der verschiedenen Konzentrationsgruppen der Ablagerungen wiedergegeben, um auf dieser Weise eine klarere Wahrscheinlichkeit zu gewinnen, hinsichtlich des Erscheinens der Fälle welche die erlaubte Sanitätsnorm überschreiten.

Die theoretische Berechnung zur Einschätzung der jährlichen Mittelkonzentration des  $\text{SO}_2$  hat als Grundlage eine Serie von Vereinfachungshypothesen

bezüglich der Verteilung und Charakteristiken der  $\text{SO}_2$  Quellen, der Orographie des Geländes, der statistischen Charakteristiken des Windes und der Werte der Diffusionsparameter.

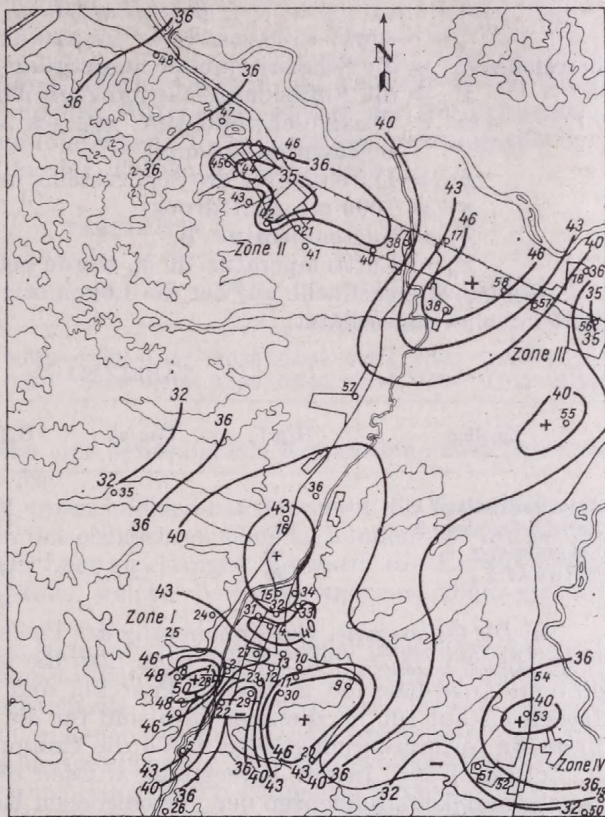


Abb. 3. Izokonzentrationen  $\text{SO}_2$  durch die absorption Methode in  $[\text{g}/\text{m}^3]$

a) Die  $\text{SO}_2$  Quellen sind in der Tabelle I versehen, welche die Werte die in der Berechnung in Betracht gezogen wurden darstellt.  
Für die Berechnung der Effektivhöhe wurde die Hollandformel gebraucht.

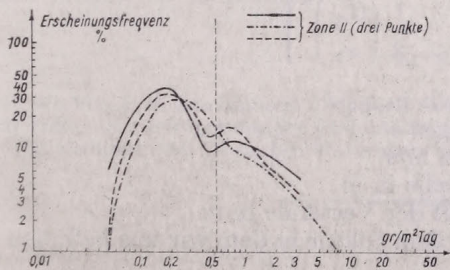


Abb. 4. Erscheinungsfrequenz der verschiedenen Konzentrationsgruppen der Ablagerungen (Zone II drei Punkte)

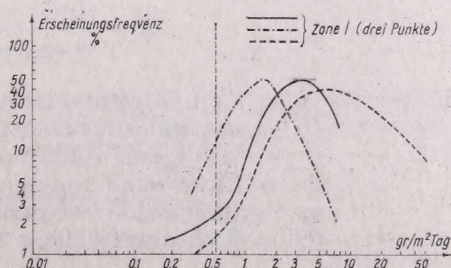


Abb. 5. Erscheinungsfrequenz der verschiedenen Konzentrationsgruppen der Ablagerungen (Zone I drei Punkte)

$$\Delta H = \frac{V \cdot d}{u} (1,5 + 2,68 \cdot 10^{-3} p \frac{T_s - T_a}{T_s} d)$$

$$H_{ef} = H + \Delta H.$$

- in welcher  $H$  = die Schornsteinhöhe ausgedrückt in m  
 $V$  = die Emissionsgeschwindigkeit der Gase in m/s  
 $u$  = Windgeschwindigkeit m/s (es wurde das jährliche Mittel betrachtet - 3 m/s)  
 $d$  = Durchmesser des Schornsteins in m  
 $p$  = 1000 mb (Luftdruck)  
 $T_s$  = Gastemperatur °K  
 $T_a$  = Lufttemperatur °K ( $t_a$  wurde betrachtet als 20°C).

Die ganze Oberfläche auf der die Lokomotiven verkehren wurde als eine Bodenquelle eingeschätzt.

TABELLE I

Quellen	H[m]	V[m/s]	$H_{ef}$ [m]	Q[g/s]	d[m]
Aglomerieranlage 1	46	10	100	7000	3,7
Aglomerieranlage 2	140	13	270	7000	6,5
Lokomotiven	0	—	—	80	—
Hüttenwerk	30	12	100	380	0,35

b) *Die Orographie.* Die Annäherung des Flachlandes ist relativ günstig für hohe Quellen ( $H_{ef} = 100, 270$  m) wenn man die seichten Unebenheiten die es gibt im Auge hat, (50 m auf ein Paar km und im allgemeinen, steigen die Höhen bis auf 100 m) die aber grob sind für die Bodenquellen, da in diesem Falle die Luftverunreinigungen durch die Orographie beeinflusst sind.

c) *Der Wind.* In der Berechnung wurden die mittleren Richtungs- und Geschwindigkeitsfrequenzen den verschiedenen Richtungen genommen für die Höhengaufteilung während einer Zehnjährigen Beobachtungsperiode und für den Boden von einer 5-jährigen Periode.

d) *Die thermische Stratifikation.* In Abwesenheit von Windrosen für jeder thermischen Stabilitätsklasse wurde ein neutraler Zustand in Betracht gezogen.

f) *Die Berechnungsformel.* Die mittlere Jahreskonzentration ergibt sich aus

$$\bar{X} = \frac{Qf(\theta)}{\sigma_z u x} \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{H_{ef}}{\sigma_z} \right)^2 \right]$$

- in welcher  $\bar{X}$  = Konzentration dargestellt in g/m<sup>3</sup>  
 $Q$  = Emissionsquantität in g/s  
 $u$  = Windgeschwindigkeit in m/s  
 $x$  = Entfernung von der Quelle in m  
 $\sigma_z$  = Standardabweichung auf der Vertikale in m  
 $f\theta$  = Richtungsfrequenz aus dem Sektor in dem wir uns befinden

Die Standardabweichung  $\sigma_z$  für eine 10 Minuten lange Kollektierungszeit ist in Funktion von der Entfernung der Quellen gemäss den *Pasquill-Gifford* Diagrammen ausgedrückt.

Da die Kollektierungszeit 6 Saugestunden gedauert hat, wurden die theoretischen Werte die für 10 Minuten berechnet waren auf Grundlage der Ergebnisse in Werte für 6 Stunden verwandelt.

### Der Vergleich mit den experimentellen Daten

Um das gewählte Diffusionsmodell zu testen, hat man die in den Messpunkten berechneten Werte mit den Mittelwerte, mittels der Absorptionsmethode gemessen, verglichen, und ihr Mittel für die ganze Beobachtungszeit festgestellt. Die Ergebnisse sind in der *Tabelle II.* dargestellt.

TABELLE II

Punkt Nr.	1	8	9	27	29	16	17	12	37	44
Experimentell [mg/m <sup>3</sup> ]	0,058	0,042	0,041	0,042	0,038	0,031	0,024	0,017	0,022	0,038
Theoretisch [mg/m <sup>3</sup> ]	0,047	0,071	0,058	0,074	0,060	0,040	0,014	0,037	0,023	0,038

Im Allgemeinen stellt man eine befriedigende Konkordanz zwischen dem Modell und das Experiment fest.

Diese Weise das Problem anzuschneiden hat es erlaubt die Verteilung und das Verunreinigungsniveau in der erforschten Zone zu kennen und die Korrelation mit der atmosphärischen Lage zu erlangen. Es wurde die Erscheinungsfrequenz der Verunreinigungsfälle, welche die Sanitätsnormen überschreiten, hervorgehoben.

Das Material erlaubt dass man auf wissenschaftlicher Grundlage die Zone in Industrie- und Rezidenzflächenräume systematisiert und die Erweiterungsmöglichkeiten des Industripotentials erkennt. Diese Arbeitsweise kann in allen Fällen verwendet werden in denen es sich um Industrieobjektive handelt, die in einer komplexen Orographie gelegen sind. Die Werte und das theoretische Modell können mit den experimentellen Daten verglichen werden.

Die vorgeschlagene Arbeitsweise benötigt eine Messungsperiode von wenigstens zwei Jahren, was eine gute Zusammenarbeit zwischen den Projektanten und den Spezialisten der meteorologischen Institute voraussetzt. Als allgemeine Schlussfolgerung kann man sagen dass im Hinblick auf die Lösung der Luftverunreinigungsfälle in Zonen mit komplexen Relief, sich die Notwendigkeit auferlegt die Bemühungen der Meteorologen, mit denen der Theoretiker und Chemisten zu summieren.

### LITERATUR

- [1] Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates, D. b. Turner, Ohio 1967.
- [2] Uhlig, S.: Bestimmung der Stabilitätsgrade der Luft an Hand von Wettermeldungen, Mitteilungen des Deutschen Wetterdienstes N. 35, 1965

## Карта альbedo Польши

T. KOZŁOWSKA-SZCZĘCHA, *Институт Географии ПАН, Варшава*

*Lengyelország albedo térképe.* A szerző célja az volt, hogy meghatározza az albedo területi eloszlását, valamint bizonyos idő alatt végbemenő változását Lengyelországban. 1965-ben kezdődtek meg az ilyen jellegű vizsgálatok [11], közvetlen mérési adatok hiánya miatt akkor még számításokon alapuló indirekt módszert alkalmaztak. Jelen dolgozatban a különböző felszintípusok fölött végzett mérésekből nyert albedo-értékeket veszi alapul a szerző. Hogy az albedo területi és évszakonkénti változásait megfigyelhesse — amelyek nagymértékben függenek a vegetációs időszak folyamán a növénytakaró fajtájától és fejlettségétől, valamint a hótakaró időtartamától —, a szerzőnek át kellett térni a különböző földfelszín-típusok fölötti mérésekből nyert egy pontra vonatkozó adatokról a területi adatokra. A dolgozathoz felhasznált méréseket 1966-tól 1968-ig végezték, a szerző e mérésekhez a Lengyel Tudományos Akadémia Földrajzi Intézete klimatológiai főosztálya által szerkesztett albedométert és a *Janiszewski-féle* megfordítható terep-albedométert használta fel. A hároméves terepmérési periódus folyamán 4500 mérési sorozatot végeztek különböző természetes és mezőgazdasági felszínnek fölött. Ezekkel a mérésekkel párhuzamosan tanulmányozta a szerző az alapadatokat. Az évszakos albedo-változások megfigyelésére a szerző az Állami Hidrológiai és Meteorológiai Intézet állomáshálózatának azon adatanyagát használta fel, amelyet az egyes növények fejlődési fázisaira és a hótakaró tartamára vonatkozóan regisztráltak. Továbbá felhasznalta a Központi Statisztikai Hivatal által a talajfelhasználás módjára és Lengyelország egyes közigazgatási kerületein belül a termésmennyiségre vonatkozóan adott anyagot. Végül a szerző meghatározta az átlagos súlyozott albedó-értékeket az 1951—1960-as periódus egyes hónapjaira és éveire, (*I. Táblázat*) alapul véve az összegyűjtött anyagot, vagyis: 1. a különböző természetes és mezőgazdasági földfelszínre vonatkozó albedo-értékek katalógusát, 2. olyan listákat, amelyek a fent említett 10 éves periódusra vonatkozóan tartalmazzák kiválasztott jelző növények fenológiai fázisainak átlagos tartamát napokban és a hótakarós napok számát, 3. olyan adatjegyzéket, amelyet vajdaságként állítottak össze a növényzettel fedett felszínekről, a talaj felhasználásáról — beleértve az erdő- és talajfajtaik adatait is. Az 1—5. ábrán mutatja be a szerző az albedo területi változatosságát Lengyelországban. A vizsgálatok alapján a következő konklúziókat vonta le:

1. Az albedo évi területi eloszlásából megállapítható, hogy a legalacsonyabb értékek (kb. 20 %) Lengyelország nyugati részén fordulnak elő, a legmagasabbak (kb. 30 %) az északkeleti részen.
2. Az albedo területi eloszlása a meleg évszak folyamán attól függ, hogy milyen módon hasznosítják a földet, s különösen fontos, hogy mekkora az erdők fedte terület, a téli évszakban pedig a hótakaró tartamától függ.
3. Az albedo átlagos havi értékei Lengyelország területén kb. 18 %-tól (tavasszal és ősszel) 50 %-ig (télén) változnak.
4. Az albedo évi menete két csúcsértéket mutat, egyet télen, és egy másodlagos csúcsot nyáron, két minimum fordul elő, egy tavasszal, egy pedig ősszel.

\*

*The Albedo Map of Poland.* The author's aim was to determine the areal distribution of the albedo in Poland, and its changes in time. Attempts of such studies were started in 1965 [11], but at that time, an indirect method, based on calculations, was applied. In the present paper albedo values obtained from measurements above various types of surfaces are used as a basis. In order to state changes in the albedo occurring according to areas and seasons — changes which for the most part depend on the type and development of the plant cover during the vegetation period and on the duration of snow cover, the author had to pass from point data obtained from measurements above different types of land surfaces to areal data. The albedo measurements were made from 1966 to 1968, by using a portable albedometer obtained from the Department of Climatology of the Geographic Institute of P.A.N. and *Janiszewski's* reversible field albedometer. During the three years period of field work, 4500 series of measurements in all were made above different natural and agricultural land surfaces. Parallel with these measurements studies of basic data were carried on. To investigate seasonal albedo changes, the author made use of material (data on growth stages for particular crops and on the duration of snow covers) collected of the station network of the State Institute Hydrology and Meteorology. Further, she also took advantage of material supplied by the Main Statistical Office regarding the manner of soil utilization and the extent of crops within the confines of Poland's administrative units. Ultimately

the author computed mean weighted albedo values for particular months and years for the 1951—1960 period (Table I) using as basis the material collected, i.e.: 1. a catalogue of albedo values for different natural and agricultural and surfaces, 2. series of recordings for the ten years period mentioned, mean numbers of days of phenological stages for selected index crops and of mean days with a snow cover, 3. series of data, compiled separately for each voivodeship, about surface areas covered by crops and about land utilization, including data of types of forests and soils. The distribution of the albedo in Poland is illustrated in Figs. 1 to 5. The conclusions to be drawn from the author's studies are the following:

1. The annual areal distribution of the albedo shows, that the lowest values (about 20%) occur in the western part of Poland, and the highest ones (about 30%) in the north-eastern part.
2. The areal distribution of the albedo depends, during the warm season upon the way the land is utilized, especially upon the part of forest-covers, while during the cold season it depends upon the duration of the snow cover.
3. The mean albedo values for monthly periods vary in Poland's territory from slightly below 18% in spring and autumn to about 50% in winter.
4. The annual course of the albedo shows one peak value during winter and a secondary peak in summer; there are two periods of lowest values, one in spring, the other in autumn.

\*

Программа работ рабочей группы «Радиационные процессы в атмосфере» Комиссии многостороннего сотрудничества академий наук социалистических стран по комплексной проблеме «Планетарные геофизические исследования» содержит изучение величины радиационного баланса граничной поверхности земля — атмосфера и его основных составляющих на территории участвующих в работах стран.

Подобное задание, т. е. разработка атласа составляющих теплового баланса балканских и карпатских стран стоит также перед специалистами рабочей группы созданной на III Конференции Карпатской Метеорологии в 1965 г. в Белграде. Для выполнения этого задания специалисты разных стран центральной и восточной Европы приступили к изучению географического распределения средних значений отдельных составляющих радиационного баланса. Так как в большинстве случаев не было наблюдаемых данных, необходимо было применить косвенные расчетные методы.

Основной составляющей прихода в уравнении теплового баланса является поглощенная земной поверхностью солнечная радиация. Величина поглощенной солнечной радиации зависит главным образом от характеристик отражающей способности подстилающей поверхности, т. е. от альbedo. Альbedo мы называем в этом случае суммарный коэффициент отражения в коротковолновой области спектра (от ок. 0,3 мк до 3,0 мк).

Поэтому одним из первых этапов подготовки Атласа радиационного баланса Польши было изучение альbedo подстилающей поверхности. Принятый метод нахождения распределения альbedo по территории подобен методу А. Борхиди и З. Добоши [2] применяемому в Венгрии, а также методу Н. И. Гойсы [6], применяемому на Украине. Поэтому результаты, полученные в этих странах можно считать сравнимыми, по крайней мере частично.

Первая попытка проследить распределение альbedo по территории Польши была сделана в 1965 году [9]. В связи с отсутствием наблюдаемых данных был принят тогда косвенный расчетный метод. В настоящей работе использованы значения альbedo измеренные над различными типами земной поверхности. Чтобы проследить сезонные изменения альbedo и распределение его по территории следовало провести многочисленные измерения в разные периоды вегетации растений и при различной погоде, т. к. величина его зависит в первую очередь от вида и развития растительного покрова в период вегетации и от продолжительности снежного покрова зимой. Наблюдения проводились в 1966, 1967 и 1968 годах главным образом в окрестностях Варшавы, т. к. разнообразие сельскохозяйственных культур позволило получить здесь характерные данные для значительной части сельскохозяйственных районов центральной Польши. Кроме того наблюдения проводились также в иных условиях — в Свентокшиских Горах.

Альbedo измерялось переносным альбедометром сконструированным в отделе климатологии Института Географии ПАН, а также полевым относительным

альбедометром Янишевского. В течение трех лет было проведено 4500 серий наблюдений над разными сельскохозяйственными и естественными поверхностями.

Найденные таким образом значения альbedo в основном мало отличаются от значений подаваемых в публикациях других авторов, расчеты которых были выполнены подобными методами, а наблюдения проводились в похожих климатических условиях.

Значения альbedo сравнивались также с результатами полученными в Польше раньше, причем не замечено существенных отклонений в данных для тех же поверхностей [1, 3, 4, 5, 7, 10, 11, 12].

Чтобы проследить сезонные изменения альbedo были использованы материалы систематических наблюдений станций Государственной Гидро-Метеорологической Службы: данные о сроках появления основных фаз развития отдельных видов растительности и продолжительности снежного покрова. Для определения пространственных изменений альbedo в Польше были использованы материалы Главного Статистического Бюро о землепользовании и посевных площадях. Эти данные составляются для административных единиц страны (воеводство, повят), в связи с чем по-необходимости в этой работе за основу были приняты административные единицы.

Таким образом были собраны следующие исходные материалы:

1. каталог альbedo для различного вида естественных площадей;
2. таблицы средних за десятилетие дат появления фенологических фаз отдельных видов растений;
3. таблицы среднего за десятилетие числа дней со снежным покровом;
4. статистические данные о посевных площадях и землепользовании;
5. данные о видах лесов и грунтов.

На основе этих данных были найдены средневзвешенные месячные значения альbedo за десятилетие 1951—1960 гг. [7]. Затем были рассчитаны годовые значения альbedo а также его значения для отдельных времен года [8]. Данные были составлены для принятых административных единиц.

Величина суммарного альbedo ( $\alpha_{ct}$ ) рассчиталась как произведение принятой по каталогу величины ( $\alpha_i$ ) — альbedo в зависимости от фенологической фазы определенного вида растений, и ( $P_i$ ) — поверхности, занимаемой этой культурой:

$$\alpha_{ct} = \alpha_i \times P_i$$

Значение альbedo определенной поверхности в каком-то месте считалось как сумма альbedo всех дней, пентад или декад (в зависимости от дат появления различных стадий развития растений) поделенная на число дней или периодов.

Для зимних месяцев альbedo рассчитывалось в зависимости от продолжительности снежного покрова. Альbedo определенные таким образом для разных поверхностей в отдельные месяцы были использованы для расчетов средневзвешенных значений годового хода альbedo для принятых административных единиц.

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i \times P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_{ct}}{100}$$

( $i$  — тип поверхности;  $i = 1 \div n$ )

Полученные таким образом средневзвешенные значения альbedo за 1951—1960 гг. позволили рассчитать среднегодовые и среднемесячные альbedo.

Рисунки 1—5 иллюстрируют для примера географическое распределение альbedo в Польше. Карты выполнены методом изолиний, причем при интерполяции были исключены городские территории т. к. альbedo этих специфических поверхностей, как правило, заметно отличается от альbedo окружающих их площадей.

В зимние месяцы наблюдается наибольшая изменчивость альbedo по территории. В это время наблюдаются также наибольшие значения альbedo. В

январе (рис. 1) на северо-востоке и юго-востоке страны а также в Карпатах и Свентокшиских Горах значения альbedo составляют более 50%. Наинижшие значения альbedo наблюдаются на северо-западе страны, где альbedo составляет от 30% до 35%. Подобное распределение альbedo наблюдается и в остальные зимние месяцы.

Весной значение альbedo уменьшаются и составляют од около 15% до не-

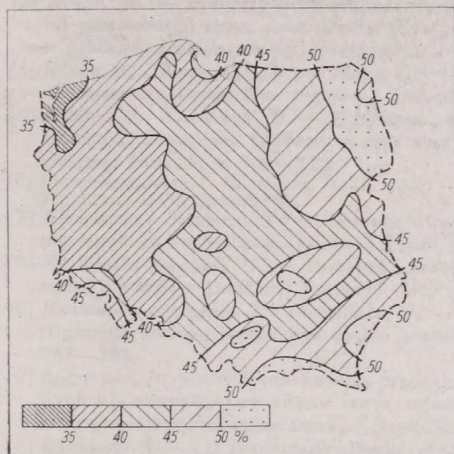


Рис. 1.

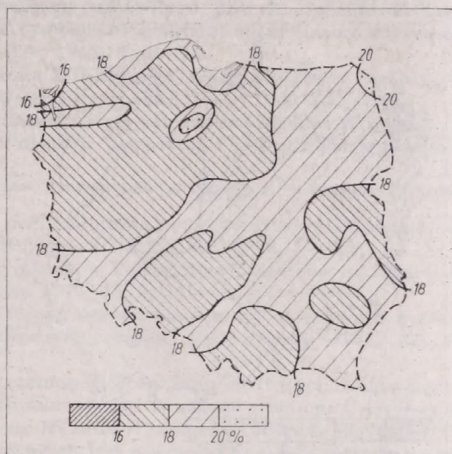


Рис. 2.

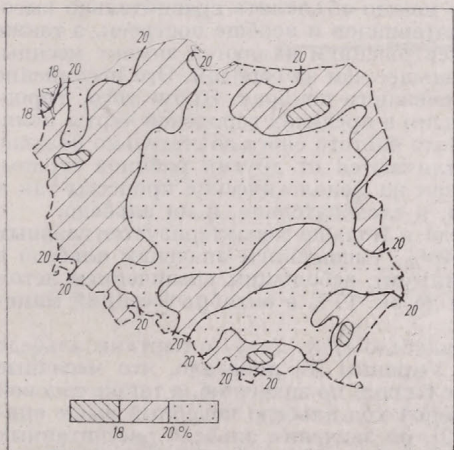


Рис. 3.

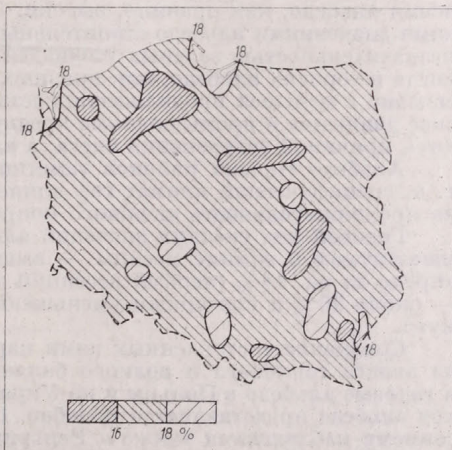


Рис. 4.

сколько более 20%; изменчивость альbedo по территории мала что видно на карте для апреля (рис. 2).

В летние месяцы альbedo значительно увеличиваются по сравнению с весной, что, без сомнения, обусловлено изменениями растительного покрова — значения альbedo в это время года превышают 25% (рис. 3). Меньшие значения альbedo наблюдаются на лесистых территориях.

Осенью значения альbedo в Польше, за исключением небольших площадей, уменьшаются, в октябре например, составляют ок. 15%—25% (рис. 4); в ноябре — снова увеличиваются, а распределение их становится похожим на распределение в зимние месяцы, т. к. значения альbedo возрастают с запада на восток.

На карте распределения среднегодовых значений альbedo (рис. 5) также как для зимних месяцев видно заметное увеличение альbedo с запада на восток. На западе альbedo составляют около 20%, что объясняется с одной стороны малой продолжительностью снежного покрова, а с другой стороны — высокой лесистостью этих районов. Наибольшие среднегодовые значения альbedo, достигающие 30%, наблюдаются на северо-востоке в Польше, что следует объяснять наибольшей продолжительностью снежного покрова.

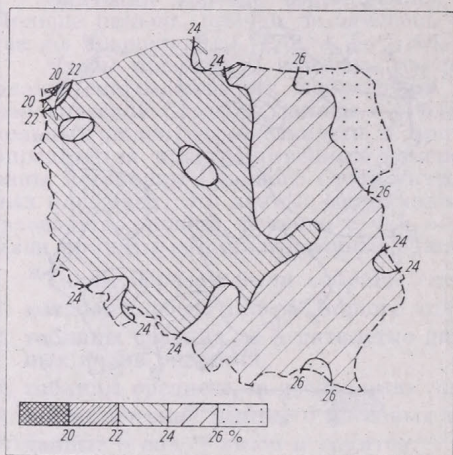


Рис. 5.

Следует подчеркнуть, что в большинстве городов месячные и годовые значения альbedo, как правило, высоки. Это можно объяснить сравнительно высокими значениями альbedo строительных материалов и вообще построек, а также незначительностью зеленых площадей. Исключением являются зимние месяцы, когда в городах альbedo, как правило, меньше, чем за городом. Это несомненно связано с меньшей продолжительностью снежного покрова. Кроме того, городское движение и промышленные предприятия в пределах городской черты являются причиной загрязнения снега, а альbedo чистого снега значительно больше.

Альbedo горных районов заметно отличаются от других районов страны, т. к. специфический климат гор влияет как на фенологические процессы так и на продолжительность снежного покрова, а следовательно, и на альbedo.

Годовой ход средних значений альbedo в Польше характеризуется главным максимумом в зимние месяцы — выше 40%, уменьшением значений альbedo в апреле до ок. 18% (первый весенний минимум), небольшим увеличением летом — около 20% и повторным уменьшением до ок. 17% в октябре (осенний минимум).

Сравнение составленных нами карт альbedo (рис. 1—5) с картами альbedo из атласа теплового и водного баланса Украины [6] показало, что месячные и годовые альbedo в Польше и на Украине близки по значению, а также годовой ход альbedo представляется подобно. Годовой ход альbedo подобный выше описанному наблюдается также в Венгрии [2], но значения альbedo рассчитанных для Венгрии в основном несколько меньше, чем в Польше. Только зимой (декабрь, январь) на севере в Венгрии альbedo являются близкими по величине тем, которые наблюдаются в Польше.

Полученные нами результаты позволяют утверждать что:

1. Пространственное распределение среднегодового альbedo характеризуется появлением наименьших значений в западной части страны (около 20%), а наибольших на северо-востоке (около 30%).
2. Пространственное распределение альbedo в теплое время года зависит от вида землепользования, а прежде всего от степени лесистости, а в холодное полугодие — от продолжительности снежного покрова.
3. Среднемесячные значения альbedo меняются на территории Польши от 18% весной и осенью до около 50% зимой.
4. Годовой ход альbedo характеризуется появлением главного максимума зимой и второстепенного летом, а минимумов — весной и осенью.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Bac, S., Baranowski, S.* — Wielkość i przebieg albedo niektórych powierzchni rolniczych. (Значения и распределение альbedo некоторых сельскохозяйственных площадей.) *Prace IGW*, 1968, 4, 4, 37—58.
- [2] *Borhidi A., Dobosi Z.* — A felszíni albedo területi eloszlása Magyarországon. *Időjárás* 1967, 3, 150—157.
- [3] *Kluge, M.* — Pomiaru promieniowania słonecznego całkowitego, promieniowania odbitego od powierzchni ziemi oraz albedo. (Измерение суммарной радиации, эффективного излучения и альbedo.) *Dokumentacja Geograficzna IG PAN*, 1963, 4, 4—14.
- [4] *Kluge, M., Krawczyk, B.* — Mapa albedo okolic Wojcieszowa Górnego. (Карта альbedo в окрестностях Войцешова Горного.) *Przegląd Geograficzny* 1964, 36, 1, 132—141.
- [5] *Kluge, M., Krawczyk, B.* — Zmienność albedo z roku na rok na przykładzie Wojcieszowa Górnego. (Измерение альbedo из года в год на примере Войцешова Горного.) *Przegląd Geograficzny* 1966, 38, 4, 709—713.
- [6] *Константинов, А. Р., Гойца, Н. И.* (ред.) — Атлас составляющих теплового и водного баланса Украины. 1966, Ленинград.
- [7] *Kozłowska-Szczęsna, T.* — Promieniowanie pochłonięte na obszarze Polski. (Поглощенная радиация на территории Польши.) *Prace Geograficzne IG PAN*, 1973, 99, 1—119.
- [8] *Kozłowska-Szczęsna, T.* — Rozkład i przebieg albedo w Polsce. (Распределение и изменчивость альbedo в Польше.) *Przegląd Geograficzny* 1973, 45, 2, 341—351.
- [9] *Kozłowska-Szczęsna, T., Paszyński, J.* — Wstępne opracowanie mapy albedo dla Polski. (Предварительная разработка карты альbedo Польши.) *Przegląd Geograficzny* 1965, 37, 2, 387—393.
- [10] *Łykowski, B.* — Odbijanie światła przez powierzchnię liści oraz lanu niektórych roślin uprawnych i łakowych. (Отражение света поверхностями листьев и нивами некоторых луговых и сельскохозяйственных растений.) *Zeszyty Naukowe WSR we Wrocławiu*, 1967, 12, 73, 143—150.
- [11] *Łykowski, B.* — O pomiarach albedo roślin zielonych. (Об измерениях альbedo зеленых растений.) *Ekologia Polska s. B.*, 1968, 14, 1, 43—47.
- [12] *Łykowski, B.* — Reflection of Solar Radiation by Vegetation. *Ekologia Polska s. B.*, 1970, 18, 8, 211—224.

# Local Statistical Model of the Air Pollution Forecasting

KASPRZYCKI, A., *Institute for Meteorology and Water Economy, Warsaw*

*A légszennyeződések lokális előrejelzésének statisztikai modellje.* Magas koncentrációjú légszennyeződések előrejelzésére fizikai-statisztikai módszert mutat be a szerző. A vizsgálat a következő feltételezéseken alapszik: 1. A légszennyeződések adatainak vizsgálatát két részben végzi. 2. Az ortogonális függvénykoefficiens mátrixát meteorológiai elemekkel hozza kapcsolatba. 3. Az első néhány koefficiens számára meteorológiai elemektől függő lineáris regressziós egyenleteket választott meg, melyek számára a szórás a  $k$  tényező következtében minimális. 4. Adott  $k$  tényezőhöz megválasztott meteorológiai paraméterek előrejelezhetők. 5. Az előrejelzés sikerességét a 8. képlet segítségével értékelte. Végül példán szemlélteti a javasolt módszert Sziléziában végzett mérések adatai alapján.

\*

*Статистическая модель локального предсказания загрязнения воздуха.* Предлагается физико-статистический метод для предсказания высокой концентрации загрязнения воздуха. В основе исследований лежат следующие предпосылки. 1. Анализ данных о загрязнении воздуха проводится в два этапа. 2. Матрицы коэффициентов ортогональных функций связываются с метеорологическими элементами. 3. Для первых коэффициентов выбираются линейные уравнения регрессии, зависящие от метеорологических элементов с минимальным разбросом, связанным с фактором  $k$ . 4. Метеорологические параметры, выбранные для заданного фактора  $k$ , могут быть предсказаны. 5. Эффективность предсказания оценивается при помощи формулы 8. В заключение приводится пример применения предлагаемого метода с использованием данных измерений, полученных в Силезии.

\*

## 1. Introduction

The presented work is a continuation of work *Wawilowa* (1969) and *Peterson* (1970) in the field of application of empirical eigenvectors method to correlation analysis between the statistical distribution of air pollution and the set of meteorological elements. There was used for the first time a sub-optimum strategy for selected predictors and derived a linear regression equation, worked out for the hydrology used in Poland by *Kaczmarek* (1970). But this strategy was quite changed in the part of reduction the potential predictors.

The introduced idea of the final formulation of the pollution level forecast in comparison to air quality standard and in support of probabilistic logic is completely new.

## 2. The Mathematical Model for Correlation Analysis

The main idea of this model lay in the fact that the space-time field of obtained air pollution data was divided into two parts in which one part was independent of time and the second independent of space.

$${}_N Z_m = {}_N T_u S_m \quad (1)$$

Where:

${}_N Z_m$  — standardized matrix of obtained data of air pollution with the  $N$  rows corresponding to  $N$  observations in time and  $m$  columns corresponding to  $m$  points of space measurements of air pollution.

${}_u S_m$  — The matrix of eigenvectors with independent rows.

${}_N T_u$  — The matrix of associated eigenvectors coefficients with independent columns from each others, where  $u \leq m$ .

The method of obtaining the matrix elements  $[t_{ij}]$  and  $[s_{ji}]$  has been described in detail in the work *Aubert* (1959).

We conclude that  ${}_u T_N T_u = {}_u I_u$  was the unit matrix and

$${}_m S_m S_m = {}_m Z_N Z_m = {}_m R_m \quad (2)$$

was the correlation matrix of the space-time field that has been taken into consideration.

The demonstrated method of dividing the empirical space-time field into two parts in which one part was independent of time and the second independent of space has two main advantages: 1) It allowed to filter off the variabilities that have not been connected with the changes in meteorological field. That was important especially if the macroscale and mesoscale were taken into consideration in the towns and communities. 2) When the data were obtained from a great network, this method has allowed to reduce many of diagnostic dependencies that have been necessary to describe the whole field of air pollution. In this case it was sufficient to obtain the regression equations only for the few first associated eigenvectors coefficients (from 4 to 6) which in 80 to 90 per cent explained the changes in the whole air pollution field (in this case  $u < m$  in the formula 1.).

For the detailed analysis of presented mathematical model we had to make the assumption as follows: 1) Meteorological elements are potential predictors and might be treated as representative for the whole spacefield (air pollution network). 2) The analysed time period was homogeneous due to the expected air pollution emissions to atmosphere. 3) The air pollution data were obtained at the same set time of the day. 4) The diagnostic dependencies of the set of meteorological parameters may be treated as a linear functions for the first few associated eigenvector coefficients.

The last assumption may be changed if it were possible to obtain the normal distribution for some variables by use of the logarithmic transformation:  $z = \log(x+c)$ , described in detail in the work *Kasprzycki* (1971), or by increasing the number of potential predictors of the square and other simple function of that.

Each of the independently associated eigenvector coefficients  $t_{.j}$  was correlated with the same set of potential predictors. For all standardized coefficients  $t_{.j}; j=1,2,3,4$  ( $t=0; \sigma=1$ ) the best linear regression equation was obtained by minimizing the function:

$$\sigma(t_j | x_1 \dots x_k) = \sqrt{\left(1 - r^2(t_j; x_1 \dots x_k)\right) \frac{N+k+1}{N-k-1}} \quad (3)$$

due to the coefficient  $k$ . Where:

$\sigma(t_j | x_1 \dots x_k)$  — was the standard deviation of conditional distribution of coefficient  $t_j$ ,

$r(t_j; x_1 \dots x_k)$  — was the complex correlation coefficient for predictant  $t_{.j}$  and set of  $k$  predictors  $x_i; i=1,2 \dots k$ ,

$N$  — the number of elements in the time series,

$k$  — the number of predictors in the best regression equation.

The method of obtaining the minimum of function 3 was realized by eliminating step by step each of the potential predictors and examining the set of complex correlation coefficients with included  $k$  elements.

$$r(t_j; x_1 \dots x_{p-1} x_{p+1} \dots x_k); p = 1, 2, \dots k \quad (4)$$

At each stage the complex correlation coefficient was selected in such way as to make function 4 maximal in relation to the  $p$  coefficient. Next the reduction procedure was repeated for the set of  $k-1$  elements, until the minimum of function 3 was obtained. By this method it was also possible to obtain the order of predictors according to their importance in the regression equation. The most important predictor was reduced in the last step for  $k=1$ , the second one in the step before the last for  $k=2$  and so on.

### 3. The Statistical Model of Forecasting Air Pollution in the Space — Field (on the network).

The method of determination of the high level of air pollution in comparison to air pollution standards was described in detail in the works: *Kasprzycki* (1971) and (1972).

Due to that mentioned above, the standard deviation of diagnostic or prognostic equation of  $t_j$  coefficient, for establishing the best set of meteorological predictors:  $x_1 \dots x_k$ , could be described by function 3. On the other hand, the conditional mean of standardized air pollution data in the  $j$ -th measurement point, due to the formula 1, could be described by formula:

$$z(x_1 \dots x_k)_j = \sum_{\tau=1}^u t(x_1 \dots x_k)_{\tau} s_{\tau j} + \sum_{\tau=u+1}^m s_{\tau j} \quad (5)$$

$s_{\tau j}$  — are the elements of matrix  ${}_m S_m$ ,  
 $t(x_1 \dots x_k)_{\tau}$  — are the conditional mean of  $\tau$ -th associated eigenvector coefficient obtained from the best linear regression equation.

Taken into consideration that the associated eigenvectors coefficients are independent of each other the variance of conditional statistical distribution of standardized  $z_j$  variable is described by equation:

$$\sigma^2(z_j | x_1 \dots x_k) = \sum_{\tau=1}^u \sigma^2(t_{\tau} | x_1 \dots x_k) s_{\tau j}^2 + \sum_{\tau=u+1}^m s_{\tau j}^2 \quad (6)$$

where:  $z_j = z_{.j}$  is the linear prognosis of the standardized air pollution concentration in the  $j$ -th grid point and  $t_{\tau} = t(x_1 \dots x_k)_{\tau}$ .

It was assumed that  $y_{nor}$  was the air pollution standard that could not be exceeded in the taken-into-consideration space- field (network). For the  $j$ -th measurement point (grid point) could be determined the upper estimate of standardized air pollution standard, *Kasprzycki* (1972), by formula:

$$z_{j, nor} = \frac{y_{nor} - \bar{y}_j}{\sigma(y_j)} + \tau_{\alpha} \sqrt{\frac{1}{N} + \frac{1}{2N} \left( \frac{y_{nor} - \bar{y}_j}{\sigma(y_j)} \right)^2} \quad (7)$$

where:

- $\bar{y}_j$  — is the time mean of air pollution concentration in the  $j$ -th measurement point (in the network),
- $\sigma(y_j)$  — is the standard deviation of unconditional statistical distribution in the  $j$ -th measurement point,
- $\tau_{\alpha}$  — is the Student's distribution function for  $N-2$  free steps and  $1-\alpha$  confidence level of interpretation the obtained calculation results,
- $N$  — is the time size of the independent sample of air pollution data.

In the case of forecasting high air pollution level in comparison to air quality standard, on the confidence level  $1 - \beta$ , the following formula must be true:

$$P(y_{.j} > y_{nor}) = 1 - F(\Theta_{j, nor}; 0; 1) > 1 - \beta \quad (8)$$

where

$$\Theta_{j, nor} = \frac{z(x_{1..}x_k)_j - z_{j, nor}}{\sigma^*(z_j | x_{1..}x_k)} \quad (9)$$

where  $F(x; 0; 1)$  is the standardized normal distribution function.

For the statistical forecasting i.e. for analysing the set of meteorological parameters preceding in time the predictants (i.e. the concentration of air pollution) are:

$$\sigma^*(z_j | x_{j..}x_k) = \sigma(z_j | x_{1..}x_k)$$

For statistical diagnosis independent from forecasting of the meteorological parameters, by using either the physical principles or synoptic analysis, the following formula can be obtain:

$$\sigma^*(z_j | x_{1..}x_k) = \sqrt{\sigma^2(z_j | x_{1..}x_k) + \sigma^2(x_{1..}x_k)_j} \quad (10)$$

Where  $\sigma^2(x_{1..}x_k)_j$  is the mean square error of the meteorological forecasting method. This error may be estimated from the analysed time-space field and the recorded meteorological parameters by use the following formula:

$$\sigma^2(x_{1..}x_k)_j = \sum_{\delta=1}^u S_{\delta j}^2 \left( \sum_{\tau=1}^k b_{\tau\delta}^2 \sigma^2(x_\tau - \hat{x}_\tau) + \sum_{\substack{\tau, \eta=1 \\ \tau \neq \eta}}^k b_{\tau\delta} b_{\eta\delta} r(x_\tau - \hat{x}_\tau; x_\eta - \hat{x}_\eta) \sigma(x_\tau - \hat{x}_\tau) \sigma(x_\eta - \hat{x}_\eta) \right); j=1, 2, \dots, m \quad (11)$$

where:

- $b_{\tau\delta}$  — regresion coefficients of the best linear regression equation for the associated eigenvectors coefficient  $t_{. \delta}$ ;  $\delta = 1, 2, \dots, u$ ,
- $\hat{x}_\tau$  — forecasting value of the meteorological element  $x_\tau$ ,
- $r(x; y)$  — correlation coefficient between variables  $x$  and  $y$ .

#### 4. Examples of the preliminary calculation.

4.1.1 The first of the presented below results of calculations were obtained from mean one hour  $\text{SO}_2$  concentration data taken 3 times a day (6<sup>h</sup>, 12<sup>h</sup> and 18<sup>h</sup> zonal time) in the 5 points in the Silesia Region, Poland (Katowice-Airport, Lipiny, Zabkowie, Chorzów, and Katowice – Warszawska Street). The meteorological parameters of the same set time were used as the potential predictors. For the set time 6<sup>h</sup> and 18<sup>h</sup> there were:

- $x_1$  — depression of the dew point in Katowice – Airport,
  - $x_2$  — wind speed,
  - $x_3$  — co-ordinate of wind — N
  - $x_4$  — co-ordinate of wind — E,
  - $x_5$  —
  - $x_6$  —
  - $x_7$  —
  - $x_8$  —
- Warsaw and Katowice,  
Warsaw and Suwalki,  
Warsaw and Koszalin,  
Warsaw and Zamosc,

$x_9$ —	} Pressure difference between	Warsaw and Katowice,
$x_{10}$ —		Warsaw and Suwalki,
$x_{11}$ —		Warsaw and Koszalin,
$x_{12}$ —		Warsaw and Zamose.

The collection of data was obtained from December 8, 1970 to March 10, 1971. For the 6<sup>h</sup> and 18<sup>h</sup> set time the time size of the completed data used for the computer calculation was  $N=60$ . The field of air pollution data was divided into two parts, one independent from time and the other independent from space. The part independent from space included 4 or 5 associated eigen-vector coefficients (independent from each other). For the 6<sup>h</sup> the main results of calculation were:

$r(t_1; x_1 \dots x_3) = 0.266$  and  $\sigma(t_1 | x_1 \dots x_3)_i = 1.00$ ; the order of predictors —  $x_8$ /correlation coefficient with predictant  $r = 0.188$ ,  $x_7$ , and  $x_{11}$ .

$r(t_2; x_1 \dots x_6) = 0.556$  and  $\sigma(t_2 | x_1 \dots x_6) = 0.952$ ; the order of predictors —  $x_{11}$  ( $r = 0.249$ ),  $x_{12}$ ,  $x_7$ ,  $x_5$ ,  $x_{10}$ , and  $x_2$ .

$r(t_3; x_1 \dots x_9) = 0.601$  and  $\sigma(t_3 | x_1 \dots x_9) = 0.965$ ; the order of predictors —  $x_7$  ( $r = -0.495$ ),  $x_2$ ,  $x_1$ ,  $x_5$ ,  $x_{12}$ ,  $x_9$ ,  $x_8$ ,  $x_4$ ,  $x_{10}$ .

$r(t_4; x_1 \dots x_5) = 0.462$  and  $\sigma(t_4 | x_1 \dots x_5) = 0.999$ ; the order of predictors —  $x_9$  ( $r = 0.333$ ),  $x_8$ ,  $x_{11}$ ,  $x_{12}$ , and  $x_1$ .

The most important result for  $t_1$  did not have practical signification because the conditional dispersion remained the same as for nonconditional standardized distribution of  $SO_2$  data in the space-field. The spacial intercorrelation of the four data collection points, taken into consideration, was in the range from 0.333 to 0.565.

For the 18<sup>h</sup> set time the decrease of conditional dispersion was obtained only for  $t_4$  ( $r = 0.515$ ;  $\sigma = 0.985$ ;  $k = 7$ ;  $N = 66$ ). The spacial intercorrelation ranged from 0.369 to 0.723.

For all the three set times the percentage of total variance explained by each independent in time eigenvectors is given below:

Set time	$s_1$ .	$s_2$ .	$s_3$ .	$s_4$ .	$s_5$ .
6 <sup>h</sup>	58	19	13	10	—
12 <sup>h</sup>	61.2	14.4	13.2	7.5	3.7
18 <sup>h</sup>	69	17	9.6	4.4	—

4.1.2 For the midday  $SO_2$  collection of data the meteorological parameters were used as potential predictors obtained at the same time, mainly the radiosonde observations in Legionowo. The distance between Katowice and Legionowo is about 350 km. The set of potential predictors is given below,

- $x_1$  — depression of the dew point in Legionowo,
- $x_2$  —
- $x_3$  — } temperature lapse rate between the 700 and 1000 mb surface,
- $x_4$  — } 500 and 1000 mb
- 500 and 700 mb
- $x_5$  — temperature difference for the last 12 hours at 700 mb,
- $x_6$  — isohypse difference for the last 12 hours at 700 mb,
- $x_7$  —  $E$  co-ordinate of wind,
- $x_8$  —  $N$  co-ordinate of wind,
- $x_9$  — divergence in the triangular area, closed by lines connecting three points, Legionowo, Wroclaw, and Koszalin (L—W—K), at the 700 mb surface,

$x_{10}$  — relative vorticity in the triangular area (L–W–K) at 700 mb,

$x_{11}$  — depression of the dew point in the Katowice–Airport,

$x_{12}$  — wind speed in the Katowice–Airport.

General parameters obtained from the computer calculation were as follows:

$r(t_1; x_1 \dots x_4) = 0.665$  and  $\sigma(t_1/x_1 \dots x_4) = 0.835$  ; the order of predictors —  $x_2$  ( $r = -0.557$ ),  $x_9$ ,  $x_4$ , and  $x_5$ .

For  $t_2$  the correlation coefficient was roughly zero.

$r(t_3; x_1 \dots x_3) = 0.326$  and  $\sigma(t_3/x_1 \dots x_3) = 1.00$ ; the order of predictors —  $x_1$  ( $r = 0.290$ ),  $x_5$ , and  $x_{12}$ .

For  $t_4$  as for  $t_2$

$r(t_5; x_1 \dots x_5) = 0.469$  and  $\sigma(t_5/x_1 \dots x_5) = 1.00$ ; the order of predictors —  $x_{10}$  ( $r = 0.290$ ),  $x_6$ ,  $x_4$ ,  $x_{12}$ , and  $x_1$ .

The rest of obtained result except those for  $12^{\text{h}}$  and  $t_1$  was not significantly important i.e. of the 85 per cent confidence level. In the set of meteorological elements the most important factor was the temperature lapse rate between 700 and 1000 mb levels i.e. the stratification in the boundary layer. If the mentioned above set of predictors was obtained in Silesia district the multiple correlation coefficient would be, probably more efficient.

4.2 The example of preliminary calculation got for Warsaw in the period of time from December 6, 1971 to March 30, 1972 is given below. The set of air pollution data included the 24 hours mean  $\text{SO}_2$  concentrations obtained of the 14-th grid points located in Warsaw. The measurements were not performed on Saturdays and Sundays. The time size of the set of data was  $N=80$ . The mean space  $\text{SO}_2$  concentration obtained from the mentioned above grid points was used as the 15-th grid point for computer calculations. The meteorological data obtained from the Warsaw–Airport and the upper-air observations in Legionowo on the same day as the air pollution data were used as potential predictors. Legionowo is situated NNW from the centre of Warsaw at the distance of about 30 km. The percentage of the total variance explained by first 6 eigenvectors was as follows:

$s_1$ .	$s_2$ .	$s_3$ .	$s_4$ .	$s_5$ .	$s_6$ .	Sum
59.1	7.2	5.8	5.0	4.6	3.8	85.5

The set of meteorological parameters is given below:

$x_1$  — the 24 hours mean  $\text{SO}_5$  concentration had been obtained at the grid situated at the State Hydro-Meteorological Institut in Warsaw (SHMI) two days before the other analysed data,

$x_2$  — rain fall in mm throughout the 24 hours period at the Airport,

$x_3$  — difference between max. and min. temperatures at the Airport,

$x_4$  — mean 24 hours visibility at the Airport,

$x_5$  — insolation (in hrs) throughout the 24 hours period at SHMI,

$x_6$  — mean 24 hours wind speed at the Airport,

$x_7$  — total amplitude of the wind vector throughout 24 hours period at the Airport,

$x_8$  — wind stability coefficient, equals  $x_7/x_6$ ,

$x_9$  — mixing depth at Legionowo, at  $12^{\text{h}}$  GMT,

$x_{10}$  — mixing depth at Legionowo, at  $00^{\text{h}}$  GMT,

$x_{11}$  — thicknes of the surface inversion at Legionowo at  $00^{\text{h}}$  GMT,

$x_{12}$  — wind speed at 700 mb surface at Legionowo at  $12^{\text{h}}$  GMT,

- $x_{13}$  - wind speed at 700 mb surface at Legionowo at 00<sup>h</sup> GMT,  
 $x_{14}$  - ventilation coefficient (e.g., the product of mixing depth and wind speed) at Legionowo at 12<sup>h</sup> GMT,  
 $x_{15}$  - ventilation coefficient at Legionowo at 00<sup>h</sup> GMT.

The main parameters obtained in this case from the computer calculation were as follows:

$$r(t_1; x_1 \dots x_4) = 0.776 \text{ and } \sigma(t_1/x_1 \dots x_4) = 0.685; \text{ the order of predictors } - x_{11} (r = 0.611), x_1, x_9, x_6,$$

$$r(t_4; x_1 \dots x_4) = 0.339 \text{ and } \sigma(t_4/x_1 \dots x_4) = 1.00; \text{ the order of predictors } - x_{11} (r = -0.267), x_7, x_4, x_{13}.$$

For  $t_2, t_3, t_5,$  and  $t_6$  the correlations coefficients were roughly zero. The space intercorrelations, throughout the grid points, were in the range from 0.235 to 0.831. The most important meteorological factors chosen from the mentioned above set of meteorological parameters, were: the thickness of the nocturnal surface inversion; the mean 24 hours  $\text{SO}_2$  concentration obtained two days earlier than the other predictors, the midday mixing depth, and the mean wind speed. It is worth notice that all those four factors are well based on physical principles; the 2-th one is connected with the inertness of the polluted air mass in the city, the other three are connected with pollution diffusion in the atmosphere.

The mean square error for the meteorological forecasting method, in the case of forecasting the  $t_1$  for mean space  $\text{SO}_2$  concentration in Warsaw, could be (formula 11) expressed by:

$$\sigma^2(x_4 x_9 x_{11}) = -0.996(-0.0851 \sigma_4^2 - 82.4_9^2 + 687_{11}^2) + 14 \sigma_4 \sigma_9 r_{4,9} - 117 \sigma_4 \sigma_{11} r_{4,11} - 113.10^3 \sigma_9 \sigma_{11} r_{9,11}$$

where  $\sigma_i = \sigma(x_i - \hat{x}_i)$ ;  $i = 4, 9$  and  $11$ ,

$$r_{i,j} = r(x_i - \hat{x}_i; x_j - \hat{x}_j); i, j = 4, 9 \text{ and } 11, \quad (12)$$

We notice that the last formulas may be transform as follows:

$$\sigma^2(x - \hat{x}) = 2(1 - r/x; \hat{x})$$

$$r(x - \hat{x}; y - \hat{y}) = r(x; y) + r(\hat{x}; \hat{y}) - r(x; \hat{y}) - r(\hat{x}; y)$$

This conclusion are the consequence of the fundamental principles of statistic.

The obtained multiple correlation coefficient for  $t_1$  was of the same order that the one obtained by Peterson (1970) for the 24 hours mean  $\text{SO}_2$  concentration in St. Louis equal 0.85. But the percentage of the reduction cumulative variance for the first eigenvectors obtained in Warsaw (about 61.8 percent, precisely 59.1 percent without taken into consideration the space mean) and St. Louis (33.2 percent) indicated that in Warsaw the meteorological mesoscale field had greater influence on mean  $\text{SO}_2$  pattern than in St. Louis.

The spacial mean, included to the computer calculation as the additional grid point, allows to work out the regression equation in the two main variants: (1) for the single grid points and (2) for the citywide mean concentration.

## 5. Conclusions

The local statistical forecasting model described in this paper has the following advantages: (1) the forecasting is well determine in respect of the probabilistic logic, (2) it is possible to obtain the statistical distribution func-

tion on the forecasted pollution concentration, (3) the mathematical model is simple as compared with the multiple source diffusion models.

The disadvantages of that method are: (1) that about one or two years of simultaneous meteorological and air pollution data are required, (2) changes in the emission sources degrade the method, (3) the model can not predict the effect of adding, removing, or modifying the important pollution sources; however it can be designed to do so.

For the future use a forecasting-diagnosis model ought to be worked out in which such elements as mixing depth, rain, wind, etc., could be forecasted by hydrodynamic method or synoptic analysis, and the other elements such as changes in emission and so on by regression method.

It could be also pointed out that the use of the complex predictors, well correlated with the predictants, which are simple functions of a few meteorological elements can improve the accuracy of the presented model. This conclusion comes as consequence of the formula 3 since the decrease in the number of predictors (coefficient  $k$ ), without the change in the time size (coefficient  $N$ ), causes the decrease in the average conditional dispersion of the forecasted statistical distribution.

The main advantage of the proposed mathematical model due to the introduction of the probabilistic logic are in the quantitative forecasting of the weather and/or pollution. The forecasting air pollution level at the final confidence level:  $1 - \gamma = (1 - \alpha)(1 - \beta)$ ; (i.e., the product of confidence levels assumed in formula 7 and 8), as compared to air quality standard may be expressed as follows: 1) The forecasted air pollution level will exceed the air quality standard. 2) The forecasted air pollution level will not exceed the air quality standard. In this case formula 7 has to be expressed with the minus sign between the two terms, and the inequality 8 must have reverse sense. 3) On the assumed confidence level and established air quality standard the forecasted air pollution level cannot be expressed. In this case the statements (1) and (2) do not satisfy the formula 7 and 8.

#### Acknowledgements

Mrs. I. Lisicka, M. Sc. from the Epidemiological Station in Warsaw for the air pollution data and Mrs. K. Bakowska, M. Sc. from the SHMI for the computer calculation are gratefully acknowledged.

#### REFERENCES

- [1] Aubert, J. E., Lund, J. A., Thomasell, A. — Six-hour Predictions Prepared by Statistical Methods, *Journal of Meteorology* vol. 16, August 1959
- [2] Kaczmarek, Z. — The Errors of the Statistical Models, *Reports of Hydrological Meteorological Service*, No. 1, 1970 (in Polish).
- [3] Kasprzycki, A. — Periodical Measurements of Atmospheric Pollution and Their Interpretation, Environmental Control Seminar Proceedings, Rotterdam, Warsaw, Bucharest, May 25—June 4, 1971. *Paper of U.S. Department of Commerce*.
- [4] Kasprzycki, A. — The Imission Measurements in the Boundary Layer and Their Interpretation, *Reports of Hydrological and Meteorological Service*, No 2. 1972 (in Polish).
- [5] Peterson, I. T. — Distribution of Sulfur Dioxide Over Metropolitan St. Louis, as Described by Empirical Eigenvectors, and its Relation to Meteorological Parameters. *Atm. Envir.* vol. 4, No September 1970.
- [6] Wawilwa, N. G. and others — The Statistical Analysis of Air Pollution Data in Towns by Using the Empirical Orthogonal Function Method. *Paper of G.U.G.S.*, No 238, 1969 (in Russian).

# A csapadékvíz nyom-anyag koncentrációjának évi menete Magyarországon

MÉSZÁROS ERNŐ, Központi Légkörfizikai Intézet, Budapest

*The Annual March of the Concentration of Trace Constituents in Precipitation Waters over Hungary.* The average annual marches of the concentration and deposition of different components in precipitation waters collected monthly in four Hungarian stations during five years are presented. The annual marches for the concentration of different ions are characterized by a spring maximum. It is expected that this maximum can be explained by the fast oxidation of sulfur and nitrogen dioxide caused by stratospheric ozone in air or/and in liquid water. These processes lead to the increase of the hydrogen ion concentration of the cloud and precipitation waters resulting in the faster absorption of ammonia gas and in the conversion of soil origin compounds (p.e.: calcium carbonate) to soluble salts. The measure of these processes depends upon the pollution of the troposphere produced by natural and man-made sources. The effect of man-made sources is particularly important since it forms a winter maximum.

\*

*Годовой ход концентрации микро веществ в осадках в Венгрии.* Рассматривается средний годовой ход концентрации и осаднении различных химических компонентов, имеющих в атмосферных осадках. Интересной особенностью годового хода концентрации является наличие максимума весной. Предполагается, что образованию этого максимума содействует быстрое весеннее окисление двуокиси серы и азота, под воздействием озона. Окисление может происходить как в воздухе, так и в облаках и осадках. Эти реакции приводят к снижению величины pH в воде, что, в свою очередь, ускоряет поглощение аммиачного газа или превращение определенных составляющих (напр. углекислой извести) в растворяющиеся соли. Интенсивность процесса зависит также от интенсивности естественных и искусственных приземных источников, загрязнения тропосферу. Особенно важным является антропогенное воздействие, приводящее к образованию максимума зимой.

\*

## 1. Bevezetés

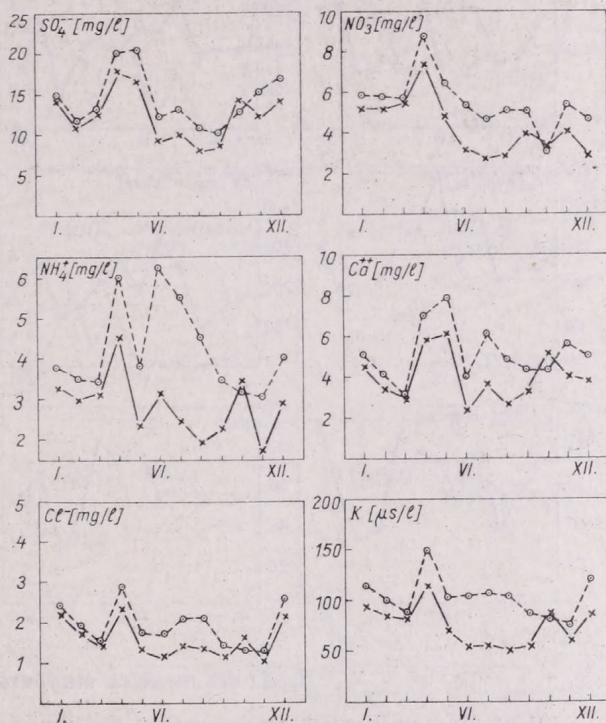
A regionális háttér-szennyeződés meghatározásának legelterjedtebb módja a csapadékvíz kémiai összetételének analizise. Az ilyen típusú mérések nem csak a talajközeli levegőre, hanem a felhők függőleges kiterjedésének egész zónájára jellemző értékeket szolgáltatnak (Mészáros, 1973 a). A csapadékvíz kémiai összetétele évi menetének megbecslése általában a téli és nyári félév-re vonatkozó adatok összevetése útján történik. Ezt az utat követtük a magyarországi (Kozák és Mészáros, 1971), illetve közép-európai mérések (Mészáros, 1973a) értékelésekor is.

Jelen tanulmányban a kémiai összetétel évi menetét havi középértékek alapján mutatjuk be. Négy állomásunk (Budapest – Lőrinc, Hortobágyi-halastó, Varjakpuszta – Zics, Pizskéstető) ugyanis 1966. július 1-től 1971. június 30-ig öt éven át működött. Így minden állomás esetén havonta öt adattal rendelkezünk. A havi középértékek reprezentativitását tovább növeltük a területi középértékek képzésével. Ez azt jelenti, hogy a négy állomás azonos havi adatait összevontuk (optimálisan húsz adat) és a középértékeket ezekből képeztük. A középértékek számításakor az adatokat a havi csapadékmennyiségek alapján súlyoztuk. Eredményeink így az egész ország területére jellemzővé váltak. A területi középértékek számításának jogosságát az egyes állomások évi menetének hasonlóságai indokolják.

Az állomások földrajzi elhelyezkedését, valamint a csapadékminták vételeinek és a kémiai analízisek végzésének módját előző tanulmányunkban ismertettük (Kozák és Mészáros, 1971.).

## 2. A különböző komponensek évi menete

Az 1. ábra a szulfát-, nitrát-, ammónium-, kalcium- és klorid-ionok mg/l-ben kifejezett koncentrációjának, illetve a csapadékvíz elektromos vezető-



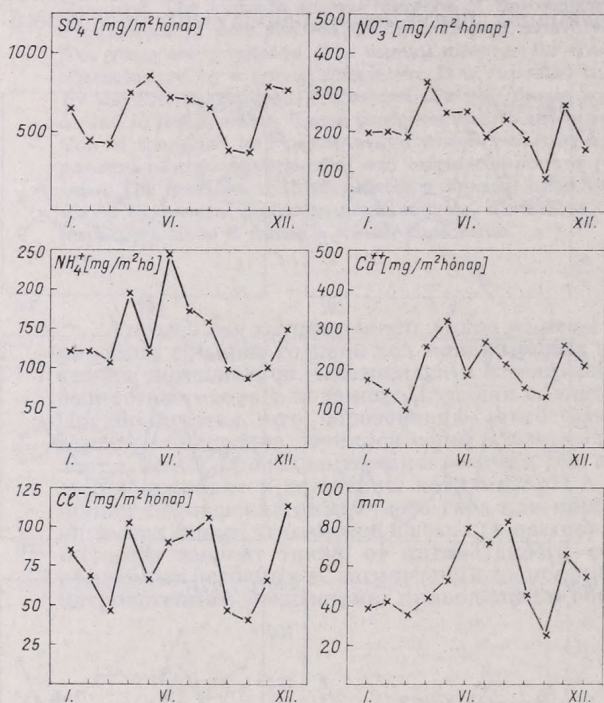
1. ábra. A különböző kémiai komponensek (K = elektromos vezetőképesség) koncentrációjának évi menete Magyarországon. A kihúzott görbe a tényleges, a szaggatott a javított (lásd szöveg) értékeket jelenti.

képességének ( $\kappa$ , dimenziója:  $\mu\text{ S. cm}^{-1}$ ) évi menetét mutatja be. A kihúzott görbe a tényleges, míg a szaggatott a csapadékmennyiség szerint javított értékeket reprezentálja. Ez utóbbiakat a tényleges középértékeknek a 30 mm-es havi csapadékmennyiségre való vonatkoztatásával nyertük (lásd: Mészáros, 1973a.). Ezzel első közelítésben kizártuk a felhőfizikai és egyéb paraméterek hatását, azaz a szaggatott görbék elsősorban a troposzféra szennyezettségétől függenek.

Az 1. ábráról látható, hogy az ammóniumot kivéve, minden kémiai komponens évi menete tavaszi (április – május) maximummal és őszi minimummal rendelkezik. Erre a menetre rakódik rá egy másodlagos téli maximum, míg, elsősorban az ammónium és kalcium esetén, az évi menet nyári szennyező-források hatására is utal. Ez utóbbi hatás ammónium-ionoknál nyári fő-maximumot eredményez. Az elmondottak különösen világosan tükröződnek az elektromos vezetőképesség adataiban, amelyek az összes ion koncentrációját jellemzik.

A 2. ábra az ún. ülepedést adja meg, amely esetünkben a talaj  $1\text{ m}^2$ -ére egy hónap alatt hulló anyag-mennyiségeket jelenti mg-ban. Ezek az értékek

a mg/l-ben mért tényleges koncentrációk és a csapadékmennyiség szorzataként állíthatók elő. Így a nyári maximumok, kivéve a szulfátot és nitrátot, a tavaszihoz viszonyítva kifejezettebbekké válnak. Az ábrán egyébként a négy állomás öt éves adatsora alapján nyert közepes havi csapadékmennyiségeket is feltüntettük. Ezek évi menete a sokéves magyarországi átlagoktól (Bacsó *et al.*, 1953.) csupán az alacsony októberi érték miatt tér el.



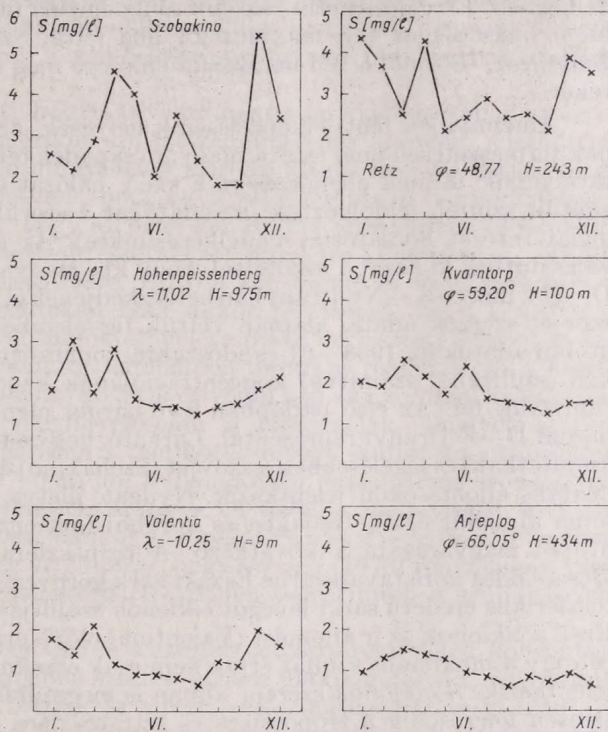
2. ábra. A különböző kémiai komponensek ülepedésének évi menete. A mm ordinátájú ábra a mérési időszak közepes havi csapadékmennyiségeinek menetét adja meg.

### 3. Az évi menetek magyarázata

Mint már említettük az évi menet tanulmányozása az eddigiek folyamán a téli és nyári félév közepes adatainak összehasonlítása útján történt. Ezt a szétválasztást két fő forrás, az antropogén- és talaj-forrás feltételezése indokolta. A különböző szerzők téli maximumok esetén az emberi tevékenység, míg a magas nyári koncentrációknál a talajból a légkörbe kerülő természetes nyomanyagok hatását hangsúlyozták. Az 1. ábra viszont egyértelműen mutatja, hogy a nyári félév viszonylag magas értékeit elsősorban az áprilisi és májusi (azaz tavaszi) maximális koncentrációk okozzák. Ez más szavakkal azt jelenti, hogy a háttérszennyeződés évi menetét nem csak a talajközeli szennyezőforrások erőssége, hanem egyéb meteorológiai és levegőkémiai folyamatok is módosítják.

Elképzeléseink szerint az évi menetet elsősorban a szulfát, kisebb mértékben a nitrát koncentrációja szabályozza a következő módon. Ismeretes, hogy a csapadékviz szulfát tartalmát részben a légköri kén-dioxid gáz, részben a légköri szulfátszecskek alakítják ki (részletesebben lásd: Beilke és Georgii, 1968.). A kén-dioxid az emberi tevékenység, illetve a biológiai eredetű kén-hidrogén oxidációjának terméke. Közismert továbbá, hogy a kén-dioxid koncent-

rációjának téli maximuma és nyári minimuma van. Ez az évi menet a troposzféra alsó 2 km-es rétegében mutatható ki, míg magasabb rétegekben a koncentráció évi ingása elhanyagolhatóvá válik (Georgii és Jost, 1964.). A csapadékvízben levő tavaszi szulfát-maximumot tehát a kén-dioxid évi menetével nem értelmezhetjük. Így csak azt tételmezhetjük fel, hogy a troposzférikus szulfát-részecskék mennyisége növekszik meg a tavaszi hónapokban, illetve meggyorsul



3. ábra. A kén koncentrációjának évi menete a csapadékvízben Európa különböző helyein.  $\varphi$  a földrajzi szélességet,  $\lambda$  a földrajzi hosszúságot, míg  $H$  a tengerszint feletti magasságot jelenti. (A szobakinói állomás Moszkvától 20 km-re fekszik)

a kén-dioxid szulfáttá való oxidációja a felhővízben. Ezt a következő meteorológiai és kémiai folyamatok okozhatják:

1. A troposzféra és sztratoszféra közötti intenzív tavaszi kicserélődés a sztratoszférikus szulfát-réteg részecskéit (lásd: Junge, 1963.) a troposzférába szállítja. Hasonló feltételezéssel élt Cadle et al. (1968) az aeroszol pólusok környezetében megfigyelt magas szulfát-tartalom magyarázatánál.

2. A troposzféra és sztratoszféra közötti intenzív tavaszi kicserélődés a sztratoszférikus ózont a troposzférába szállítja (lásd: Junge, 1963), amely

a) a kén-dioxidot a levegőben oxidálja, azaz szulfáttá alakítja;

b) a kén-dioxidot a felhővízben oxidálja és szulfáttá alakítja.

Feltételezhető továbbá, hogy a 2. posztulátum kisebb mértékben (lásd később) nitrátra is alkalmazható, azaz az ózon a nitrogén-dioxidot is oxidálja. Mindezek a folyamatok a felhővíz (ill. csapadékvíz) pH-jának csökkenését eredményezik, ami egyrészt elősegíti a légköri ammónia abszorpcióját, másrészt lehetővé teszi a vízbe kerülő oldhatatlan kalcium-részecskék (pl. kalcium-karbonát) oldódó vegyületekké való átalakulását. A keletkező szulfát, illetve nitrát

ugyanis kezdetben savakat alkot, amelyek a fenti módon semlegesítődnek. Meg kell itt jegyeznünk, hogy a sztratoszférikus szulfát-részecskék nem elhanyagolható hányada már a sztratoszférában semlegesítődik (Lazrus *et al.*, 1971), ezért a pH csökkentésének szükségyszerű feltételezése a 2. hipotézist teszi valószínűbbé.

A fenti folyamatok hatására tavaszi maximumok alakulnak ki olyan nyom-anyagok esetén, amelyek téli, illetve nyári talajközeli forrásokkal rendelkeznek. Erre a menetre rakódik rá az emberi tevékenység hatása, ami általában másodlagos téli maximumot hoz létre. Szennyezettebb helyeken (pl. Budapest – Lőrinc) a téli maximum erőssége meg is haladhatja a tavaszi mértékét.

Amennyiben fenti elképzeléseink helyesek, akkor a tavaszi maximumoknak természetesen nem csak a magyar csapadékkémiai adatokban kell megmutatkoznuk. Ennek ellenőrzésére a svéd hálózat öt állomásának 1965–69-es adatait szintén feldolgoztuk (az adatokat a stockholmi Nemzetközi Meteorológiai Intézet bocsátotta rendelkezésünkre). Az állomásokat véletlenszerűen választottuk ki azzal a kikötéssel, hogy kb. Magyarország közepéről kiindulva D—É-i, illetve K—Ny-i irányban helyezkedjenek el. Egy keleti állomást továbbá szovjet szerzők adatai alapján vettük figyelembe (Drozdova *et al.*, 1964). Ez utóbbi adatok az 1958–61-es időszakra vonatkoznak. A csapadékvízben levő kén (szulfátból számítva) koncentrációjának kapott évi meneteit a 3. ábrán tüntettük fel. Az első oszlopban levő három menet K—Ny-i, míg a második három D—É-i irányt reprezentál. Látható, hogy a tavaszi maximum mindenütt kimutatható és legélesebben a szovjet (Szobakino) és osztrák (Retz), azaz kontinentális állomásokon jelentkezik. Nyugat, illetve észak felé haladva a maximum abszolút értéke csökken és korábbi (március) időszakra tevődik át. Ez utóbbi magyarázata a következő. A troposzféra és a sztratoszféra közötti kicserélődés kora tavasszal az Északi-sark környezetében kezdődik. Ezt a sztratoszférikus eredetű sarki levegőt ciklonok szállítják alacsonyabb szélességekre. Ezek a ciklonok az ír állomást (Valentina) előbb érik el, mint a Kárpát-medencét, így a maximális szulfát érték nem csak északon, hanem nyugaton is előbb jelentkezik. A ciklonok szerepe abban is megmutatkozhat, hogy hátoldalukon szintén felerősödik a troposzféra és sztratoszféra közötti légesere. Az elmondottakból az következik, hogy pl. Magyarországon a csapadékvízben levő nyom-anyag koncentrációknak és elsősorban a szulfátnak a nyári félévben (amikor az emberi tevékenység zavaró hatása nem befolyásolja a képet) a ciklonális tevékenység erősségével korrelálnia kell. Ez valóban így is van, mivel a szulfát- és nitrát koncentrációjának, valamint az elektromos vezetőképesség értékeinek menete a nyári félévben tükörképe a légnyomás átlagos menetének (Bacsó *et al.*, 1953). A klorid-ionok koncentrációjának tavaszi maximumát, illetve őszi minimumát (lásd 1. ábra) szintén a ciklonális tevékenység szabja meg. A klorid-részecskék jelentős része ugyanis tengeri eredetű, így elsősorban ciklonokkal érkezik hazánkba.

Meg kell még magyaráznunk azt a tényt, hogy a csapadékvízben levő kén koncentrációjának abszolút értéke a tavaszi hónapokban az északi és nyugati állomásokon a legkisebb (lásd 3. ábra). Ez csak úgy magyarázható (és ez ismét valószínűbbé teszi a 2. elképzelést az 1-vel szemben, hogy dél, illetve kelet, azaz kontinentálisabb környezet felé haladva az ózon által oxidálható troposzférikus kén-dioxid mennyisége növekszik. Közepes szélességű kontinentális helyeken a ciklonok és anticiklonok váltakozása az őszi és tavaszi értékek közötti különbséget különösen markánsá teszi. A figyelembe vett állomások közül feltehetően

a legészakibb svéd állomáson (Arjeplog) a legcsekélyebb az emberi tevékenység hatása. Ennek következtében elmarad a téli másodlagos maximum és az évi menetet egyedül a fent vázolt folyamat alakítja ki.

Megjegyezzük még, hogy a 3. ábrán levő állomások elektromos vezetőképesség és nitrát adatainak évi menetét is megvizsgáltuk. Ezeknél a komponenseknél a tavaszi maximum nem minden esetben jelentkezett. Ebből azt a következtetést vontuk le, hogy egyrészt az ózon a kén-dioxidot könnyebben oxidálja, mint a nitrogén-dioxidot, másrészt egyes helyeken hiányoznak a levegőből az olyan anyagok (pl. ammónia, kalcium-karbonát stb.), amelyek alacsony pH-nál elnyelődve, illetve átalakulva a vezetőképesség tavaszi maximumát kialakítanák.

A fenti hipotézis azt jelenti, hogy a tavaszi maximum kialakításában az ózon hatására végbemenő troposzférikus szulfát-keletkezésnek alapvető jelentősége van. A rendelkezésünkre álló információk alapján sajnos nem ítélnéljük meg, hogy a 2. feltételezés a., illetve b. pontja-e a valószínűbb. Azt mindenesetre már mérésekkel kimutatták, hogy az ózon kén-dioxid jelenlétében laboratóriumi körülmények között aeroszol-részecskéket hoz létre (Vohra et al., 1970). Kémiai megfontolások szerint (Cadle, 1972) a kén-dioxid és ózon reakciója a tekintetbe vehető hőmérsékleteken csak akkor lehetséges, ha a kén-dioxid megfelelő energiájú fény-kvantumok elnyelése útján gerjesztett állapotba kerül. Ezt a fotokémiai folyamatot feltehetően termikus reakciók (pl. a keletkező kén-trioxid és vízgőz között) követik és végül kén-sav aeroszol keletkezik. Ezt az elképzelést azok a megfigyeléseink is támogatják, amelyek szerint (Mészáros, 1973 b) a nyári félévben a talajközeli levegő szulfát koncentrációja a déli órákban mind a 0,29–0,50  $\mu\text{m}$  hullámhosszú napsugárzás erősségével, mind a hőmérséklettel egyenesen arányos. A szulfát mennyisége továbbá nagyobb azokban az esetekben, amikor a troposzféra alsó 1–2 km-es rétegében a kicserélődés intenzívebb. Ez arra mutat, hogy *Georgii* (1970) repülőgépes vizsgálatainak megfelelően, a magasabb rétegekben valószínűbb a szulfát keletkezése.

Elképzeléseink helyessége esetén a szulfát aeroszol-részecskék koncentrációjának a troposzféra levegőjében szintén tavaszi maximuma van. Talajközeli méréseink lényegében nem zárják ki ennek valószínűségét (Bónis, 1968). A kérdés végleges tisztázásához azonban rendszeres repülőgépes megfigyelések szükségesek, mivel, mint már említettük, a csapadékvíz kémiai összetételét jelentős mértékben a troposzféra magasabb rétegeiben levő nyom-anyag koncentrációk alakítják ki.

#### 4. Következtetések

A tanulmányban vázolt elképzelések az alábbi következtetéseket teszik valószínűvé:

1. A csapadékvíz kémiai összetételének kialakulása bonyolultabb, mint ezt eddig általában feltételezték.

2. A sztratoszférában keletkező ózon a troposzféra kémiájában is fontos szerepet játszik.

3. A troposzférikus nyom-gázok oxidációja lényeges ózon felhasználással jár („ózon-nyelő”).

4. Közvetlenül nem szennyezett területeken a csapadékvíz analízisével fontos információkat nyerhetünk a légköri cirkuláció tanulmányozásához.

5. Az emberi tevékenység hatása legtisztábban a téli évszakban nyert adatokkal mutatható ki.

6. A fenti hipotézis ellenére a csapadékvíz kémiai analízise regionális háttér-mérésekre továbbra is ajánlható, mivel a folyamat lejátszódása a troposzféra szennyezettségétől (kén-dioxid, nitrogén-oxidok, ammónia stb.) is alapvetően függ.

#### IRODALOM

- Bacsó N., Kakas J. és Takács L. 1953: Magyarország éghajlata. OMI. Hiv. Kiadványa. 18, Budapest.
- Beilke, S., Georgii, H.—W., 1968: Investigation on the incorporation of sulfur-dioxide into fog and rain droplets. *Tellus*, 20, 435—442.
- Bónis K., 1968: A légköri aeroszolban levő, vízben oldódó anyagokról. *Időjárás*, 72, 104—110.
- Cadle, R. D., 1972: Formation and chemical reactions of atmospheric particles. *J. Colloid. Interf. Sci.*, 39, 25—31.
- Cadle, R. D., Fischer, W. H., Frank, E. R., Lodge, J. P., 1968: Particles in the Antarctic atmosphere. *J. Atmosph. Sci.*, 25, 100—103.
- Drozdova, V. M., Petrencuk, O. P., Szeleznyova, E. Sz., Szvisztov, P. F., 1964: *Himicseszkijsz osztav atmoszfernih oszadkov na jevropejszkoj tjerritorii SZSZSZR*. Gidromet. Izdat. Lenin-grád.
- Georgii, H.—W., 1970: Contribution to the atmospheric sulfur budget. *J. Geophys. Res.*, 75, 2365—2371.
- Georgii, H.—W., Jost, D., 1964: Untersuchung über die Verteilung von Spurengasen in der freien Atmosphäre. *Pure Appl. Geophys.* 9, 217—224.
- Junge, C. E., 1963: *Air chemistry and radioactivity*. Academic Press, New York, London.
- Kozák M. és Mészáros E., 1971: Magyarországi csapadékvizek kémiai összetétele és mezőgazdasági jelentősége. *Agrokémia és Talajtan*, 20, 329—352.
- Lazrus, A. L., Gandrud, B., Cadle, R. D., 1971: Chemical composition of air filtration samples of the stratospheric sulfate layer. *J. Geophys. Res.*, 76, 8033—8088.
- Mészáros E., 1973 a: A csapadékvíz kémiai összetétele Közép-Európában. *Időjárás*, 77, 35—47.
- Mészáros E., 1973 b: Evidence of the role of indirect photochemical processes in the formation of atmospheric sulphate particulate. *J. Aerosol Sci.*, 4.
- Vohra, K. G., Vasudevan, K. N., Nair, P. V. N., 1970: Mechanisms of nucleus-forming reactions in the atmosphere. *J. Geophys. Res.*, 75, 2951—2960.
-

# Számítási módszer a globálsugárzás-összegek meghatározására

MORVAY ANNA, Központi Légekfizikai Intézet, Budapest

*Method for Computing Global Radiation Amounts.* The author shows methods of investigations on the connection between relative sunshine duration, vapour pressure and cloudiness on the one hand and global radiation on the other. For the computation of regression equations the meteorological data of Budapest from the period of 12 years (1959—1970) have been used. As a result of the method applied by the author, a difference of  $\pm 9\%$  has been found between the computed and the measured global radiation. The regression equations, established on the basis of the meteorological data of Budapest can be used, with the appropriate modification of the index number, for the completion of global radiation data of meteorological stations at any part of the country.

\*

*Вычислительный метод для определения сумм тепла суммарной радиации.* В работе рассматривается зависимость суммарной радиации от относительной продолжительности солнечного сияния, упругости насыщения и облачности. Для вычисления уравнений регрессии были использованы метеорологические данные по Будапешту за 12 лет с 1959 по 1970 гг. Результаты, полученные предлагаемым методом, показывают, что в расчетных величинах суммарной радиации намечается погрешность в размере  $\pm 9\%$  по сравнению с наблюдаемыми величинами. Уравнения регрессии, выведенные по метеорологическим данным Будапешта, могут, при соответствующем изменении коэффициента, использоваться для пополнения данных о суммарной радиации по любой метеорологической станции страны.

\*

A földfelszínre érkező napsugárzás energiája a legfontosabb éghajlat-alakító tényezők közé tartozik. A vízszintes felszínre érkező közvetlen és szórt sugárzás összegének, a globálsugárzásnak hálózatszerű hazai mérése a többi meteorológiai elem már jóval korábban elkezdett megfigyeléseihez képest viszonylag későn, 1936-ban kezdődött. A sugárzás regisztrálására a *Robitzsch* féle sugárzás-írórt használták. A mérések folyamatosságát időnként különböző tényezők pl. a háború okozta kiesések, műszerhiányok, stb., megzavarták.

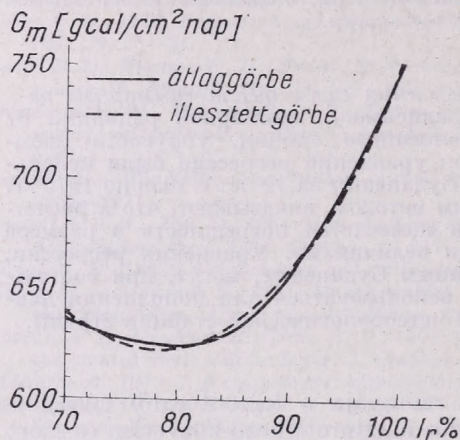
Sok más meteorológiai elem rendszeres észlelési adataiból viszonylag több hosszú sorozat áll rendelkezésre klimatológiai feldolgozás céljára. A sugárzás-kutatás céljára viszont nagyon kevés eléggé hosszú és folyamatos adatsor található, tehát a globálsugárzás időbeli alakulásáról és területi eloszlásáról a télylegesen mért adatok alapján nem tudunk átfogó tájékoztatást adni. Ezért a hiányos sorokat különböző számítási formulák segítségével kell kiegészítenünk és felhasználható állapotba hoznunk.

A globálsugárzás és a napfénytartam közötti összefüggés rendkívül szoros. Ezt a kapcsolatot felhasználva több számítási módszert határoztak meg, melyekkel a napfénytartam adatok birtokában bizonyos közelítéssel kiszámíthatók a globálsugárzás értékei.

Hazánkban elsőként *Dobosi* (1957) számítási módszerét említhetjük. A napfénytartam és a globálsugárzás közötti összefüggéseket regressziós egyenletek formájában fejezi ki, minden hónapra külön. Az összefüggések meghatározásához Tiszaórs és Balatonfüred 5–5 éves megfigyelési anyagát használja fel. A két állomás regressziós konstansai között mutatkozó eltérések nem szignifikánsak, ezért feltehetőnek véltük, hogy az ország területén — a nagyvárost kivéve — elegendő havonként egy egyenlet a globálsugárzás értékeinek kiszámítására. *Dobosi* saját számítási módszerét összehasonlította az *Angström*—*Szavinov*-módszerrel, és úgy találta, hogy egyenletei lényegesen jobb közelítést adnak, bár teljesen derült vagy teljesen borult idő esetén az *Angström*—*Sza-*

vinov módszer kielégítően pontos, az átmeneti időjárás esetén viszont nagy hibát eredményez.

Szász (1968) ugyancsak kidolgozott egy számítási módszert a napi globálisugárzás-összegek meghatározására. Az *Albrecht*-féle egyenletről indult ki, mert ez az egyenlet szolgáltatja a tényleges viszonyok legpontosabb közelítését. A napi összeg ily módon történő számítása azonban igen hosszadalmas, mivel minden óráközépre ki kell számítani a sugárzásértékeket és ezek összegezése adja a globálisugárzás napi összegét. E nehézkes művelet sor elkerülése céljából Szász különböző módosításokat alkalmaz. A napi maximális napmagassághoz



1. ábra. A mért globálisugárzás ( $G_m$ ) átlaggörbéje a relatív napfénytartam ( $I_r$ ) függvényében.

tartozó globálisugárzás és a nappal hosszának szorzata bizonyos javítással a lehetséges napi globálisugárzás összegét adja derült időben. A  $G_{max}$  számára egy táblázatot ad, mely az év bármely napjára alkalmazható. A tényleges globálisugárzás összeg meghatározásához figyelembe veszi a napfénytartam módosító hatását, mely értékeket táblázatos formában adja meg és figyelembe veszi az *Albrecht*-féle átlagos veszteségi tényező napfénytartam szerinti módosulását. Számítási módszerének közepes hibája  $\pm 10\%$ .

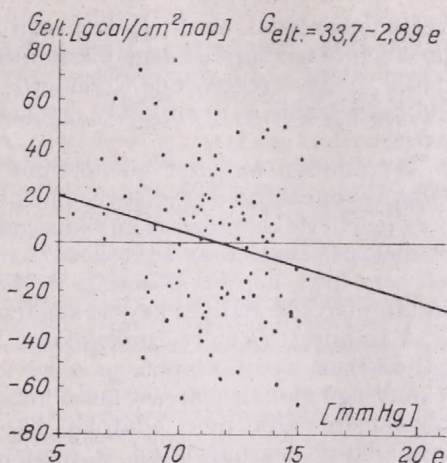
A sugárzási adatsorainkban mutatkozó hiányok pótlására mi is készítettünk számítási módszert. A közelítés pontosságának növelése céljából úgy véltük, hogy több, sugárzásösszeget befolyásoló meteorológiai elemnek – a napfénytartamnak, a felhőzetnek valamint a párányomásnak – a hatását kell figyelembe vennünk.

Az összefüggések kiszámításához Budapest – Lőrincről 1959 – 1970 közötti 12 év meteorológiai adatait használtuk fel. Az évet kilenc részre osztottuk úgy, hogy egy-egy intervallumon belül a Nap deklinációja mindössze kb. 5 fokot változik.

Példaként a kilenc csoport közül egy, az V. 11 – VII. 31. közötti időszak adatai alapján készült összefüggésvizsgálat menetét és eredményeit mutatjuk be. Először a nedvesség okozta változásokat vizsgáltuk meg. Erre a célra kiválogattuk a vizsgált időszakban előforduló derült napokat, mert felhőtlen égboltnál a tényleges és lehetséges globálisugárzás viszonyát a nedvesség és a levegő szennyezettsége szabja meg. A derült napok meghatározásának alapjaként nem a felhőzeti megfigyelések, hanem a globálisugárzás-regisztrátumok szolgáltak. Derült napnak fogadtuk el azokat a napokat, amikor a sugárzás napi menetében a felhőzet okozta visszaesés maximálisan fél óra tartamára

terjed. Feltételeztük, hogy meghatározott időszakban derült napokon a felszínre leérkező sugárzási energiában mutatkozó különbségek bizonyos hányadára magyarázatot találunk.

A kiválasztott derült napokon a relatív napfénytartam ( $I_r$ ) 70 és 100% között változott. Ezekből az  $I_r$  értékekből osztályokat képeztünk és az osztályokhoz tartozó  $I_r$ ,  $G_m$  (mért globálsugárzás) értékpárok közepelésével határoztuk meg a két elem összefüggését (1. ábra). A görbéről leolvasható, hogy derült időben meghatározott  $I_r$  értékekhez átlagosan milyen globálsugárzás tartozik.



2. ábra. A globálsugárzás eltérése az átlagtól ( $G_{elt}$ ) és a párányomás ( $e$ ) nappali, közepes értéke közötti regressziós egyenes.

A legjobban illeszkedő harmadfokú parabola egyenlete:

$$G_m = 1644,7 - 194,7 I_r - 0,24 I_r^2 + 1,08 I_r^3 \quad (1)$$

A tényleges  $I_r$ ,  $G_m$  értékpárok, valamint a görbe segítségével könnyűszerrel megállapíthatjuk az átlagtól vett eltéréseket ( $G_{elt}$ ). Az így nyert eltéréseket hoztuk azután kapcsolatba a Hgmm-ben kifejezett párányomással ( $e$ ), mint nedvességitényezővel (2. ábra). Az elvégzett korrelációs számítás eredményeként  $r = -0,21$  gyenge negatív korrelációs együtthatót kaptunk. Az  $n = 108$  esetén a  $P = 5\%$ -os szinten az  $r = 0,1946$  és a  $P = 2\%$ -os szinten az  $r = 0,2329$  érték jelöli ki a szignifikancia határát.

A gyenge kapcsolat ellenére az összefüggést elfogadtuk, hiszen arra nem is számítottunk, hogy a felszíni nedvesség, mint egyetlen tényező döntő magyarázatot ad a sugárzás különböző alakulására. Csupán módszerünk finomítása miatt kíséreltük meg a nedvesség sugárzásra gyakorolt hatásának számszerű meghatározását. Ezért a regressziószámítást elvégeztük és eredményül azt kaptuk, hogy a felszíni párányomás az alábbi egyenlet szerint módosítja a globálsugárzást:

$$G_{elt} = 33,7 - 2,89 e \quad (2)$$

A következőkben a másik két elem, a nappali közepes felhőzet ( $N$ , tizedekben) és a relatív napfénytartam ( $I_r$ ) globálsugárzással való kapcsolatának vizsgálatát végeztük el. Ehhez a regressziószámításhoz a 12 év adatsorában talált összes borult nappól véletlenszerűen kiválasztott mintát használtuk fel, amelynek az elemszáma a nedvesség hatásának kiszámításához felhasznált derült napok számával volt egyenlő. A  $G_m$  értékeket először (2) alapján korri-

gáltak a megfelelő párayomás ( $e$ ) szerint, így tehát a különböző borultságú napokon a globálsugárzás alakulásából a nedvesség okozta változásokat kiszűrtük és a továbbiakban ezekkel a korrigált  $G_k$  értékekkel számoltunk. A számítás eredményeként az alábbi összefüggést kaptuk:

$$G_k = 6,9 + 22,21 N + 6,76 I_r \quad (3)$$

Végül a kívánt globálsugárzás összeg  $G_c$  számítása céljából a két regressziós egyenletet összevontuk és a végső munkaformula az alábbi alakot öltötte:

$$G_c = 40,6 + 22,21 N + 6,76 I_r - 2,89 e \quad (4)$$

Ezzel a formulával, az  $N$ ,  $I_r$  és  $e$  napi középértékeinek behelyettesítése után, a globálsugárzás napi összege kiszámítható. A dekádösszegek kiszámítása úgy történik, hogy a regressziós egyenletbe az  $N$ ,  $I_r$ ,  $e$  helyébe a megfelelő dekád átlagokat tesszük, az így nyert  $G_c$  értékeket tízzel szorozva kapjuk meg a dekádösszeget.

A számítási módszer ellenőrzését a globálsugárzás 1959–1962. közötti időszakra vonatkozó dekádösszegeinek kiszámítása során végeztük el. A számított és mért értékek közötti különbségek szórása  $s = \pm 368$ , tehát a feltételezett normáloszlás esetén az adatok 68%-a ebbe a tartományba esik. Ez a szórás érték arra utal, hogy a számítási módszerünk alapján meghatározott értékek a tisztán mérések alapján kapott sugárzásösszegeket  $\pm 9\%$ -os hibával közelítik meg. A számított és mért értékek közti hiba előbbieken becsült nagyságának megítéléséhez nyújt alapot az a rövid vizsgálat, amelyben két különböző érzékenyséű globálsugárzást mérő műszer (*Robitzsch*-féle és a termoelektromos sugárzásmérő) által mért adatokat hasonlítottunk össze. Erre a célra egy év mérési adatait használtuk fel. A *Robitzsch*-féle sugárzásíró adatai nem egyetlen műszer által mért értékek voltak, hanem három műszer adataiból tevődtek össze. Ezzel a kombinációval az egy műszer okozta esetleges szisztematikus hibát kívántuk kiküszöbölni. Eredményként azt kaptuk, hogy  $\pm 7\%$ -os hibát követünk el, ha *Robitzsch*-féle műszert használunk termoelektromos műszer helyett. Ugyanakkor a számolt globálsugárzás a mérthez képest  $\pm 9\%$ -os hibát mutat.

Számítási módszerünk budapesti meteorológiai adatok felhasználásával készült. Annak érdekében, hogy az összefüggésvizsgálatok alapján előállított regressziós egyenleteket más meteorológiai állomások adathíányának pótlására is felhasználhassuk, valamilyen szorzószámmal kifejezésre kell juttatnunk azokat a különbségeket, amelyek a Budapest feletti és a vidéki levegő eltérő szennyezettsége következtében a talajon mért globálsugárzásban mutatkoznak. Ilyen céllal a tisztaórsi adatsorból választottunk két olyan évet, amikor mind a  $G_m$ , mind az egyéb szükséges meteorológiai adatok –  $N$ ,  $I_r$ ,  $e$  – rendelkezésre álltak. Regressziós egyenleteink alapján kiszámoltuk a  $G_c$  értékeket. A számolt és a mért globálsugárzás összehasonlítása során átlagosan 1,10 adódott szorzószámként. Ilyen módon a budapesti meteorológiai adatok alapján készült regressziós egyenletek a különböző meteorológiai állomások számára megállapított szorzószámok alapján módosítva, alkalmazhatók a globálsugárzás adataiban mutatkozó hiányok pótlására az ország különböző vidékein.

#### IRODALOM

- Dobosi, Z. 1957.: A napfénytartam és a globális sugárzás összefüggése Magyarországon. *Időjárás*. 61. 347–356 o.
- Szász, G. 1968.: A globálsugárzás összegeinek meghatározása számítás útján. *Debreceni Agrártudományi Főiskola Tudományos Közleményei*. Tomus XIV. 239–253, o.

ACTA CLIMATOLOGICA, Acta Universitatis Szegediensis, pars climatologica scientiarum, naturalium Tom. XI., Fasc. 1 — 4. (*Éghajlattan körülmények*). A Szegedi Egyetem kiadványai. Természettudományi Kar Éghajlattani Intézet, szerk.: Wagner Richárd † Szeged, 1972. 76 (B/5) old., 11 ábra, 6 kép, 6 táblázat.

A Szegedi Egyetem Éghajlattani Intézetének kiadványaként 1959—1971 között tíz kötet jelent meg *Wagner Richárd* tanszékvezető professzor szerkesztésében. A XI. kötet szerkesztési munkájának nagy részét szintén elvégezte, amikor régi betegsége váratlanul súlyosra fordult, és 1972. április 1-én bekövetkezett halála megakadályozta a befejezésben. De így is kimondhatjuk ezt az értéktételeket, hogy a *Wagner Richard* által megkezdett és továbbvitt kiadványsorozat minden egyes kötete jelentős súlyú szakmai tartalmánál fogva igazolta az előállító egyetemi tanszék kutató munkájának eredményességét, figyelemmel arra, hogy személyi kapacitását, műszerekben és egyéb anyagiakban rendelkezésre álló lehetőségeit maximálisan gyümölcsöztette. Mindenkor megfelelt a kiadvány annak a követelménynek is, hogy dokumentálja a rokontudományokat művelő tanszékekkel kialakult szoros együttműködést s témái tükrözzék a meteorológiai kutatás előterében álló problémákat (Időjárás, 64. évf., 2. sz. 119—120. old.).

XI. kötet rendhagyó módon nem kutatási eredményekről számot adó tanulmánnyal, hanem a sorozat alapítójáról írt megemlékezéssel kezdődik (szerzője *Béll Béla* levelező tag, a tanszék c. egyetemi tanára). De a megemlékezés elolvasása után kiderül, hogy mégis kutatási eredményekről van szó: 45 — kutatásban, oktatásban, tudományszervezésben eltöltött év termését teríti az olvasó elé; 1928-tól 1972-ig dolgozott *Wagner Richard* a földrajz, a meteorológia, az éghajlattan különböző ágaiban s éppen ebben rejlik a megemlékezés egyik legfőbb értéke: teljes áttekintést ad az elhunyt gazdag szakirodalmi munkásságáról. Meggyőződhetünk, hogy *Wagner Richard* éppenúgy otthon volt az egyetlen, jól körülhatárolt témára koncentrált kutatómunkában, mint az áttekintő oktatásmódszertani kérdésekben; egy-egy éghajlati elem Földünk egészére kiterjedő alakulásának könnyed, világos leírásában szintúgy, mint a mikroterek bonyolult meteorológiai viszonyainak a logikus egymásfelé és egymásfelé rendelés útján történő megvilágításában. Megbizonyosodhatunk e megemlékezésből, hogy *Wagner Richard* kezében méltó helyen volt a Szegedi Egyetemi Éghajlattani Tanszékének irányítása. Arra, aki ezt az irányítást végzi majd a jövőben, sok munka, nehéz szervezési feladatok megoldása vár, de az a szerencsés körülmény is, hogy a *Wagner Richard* által jól megválasztott irányban, helyes hagyományokra hagyatkozva haladhat a következő években.

A kötet további tanulmányai — ez alkalommal egyenként nem részletezve és értékelve azokat — együttesen igazolják mindazt, amit a sorozatról általában elmondottunk. Igazolják a jó jelen esetben az országhatáron is átlépő kapcsolatok megteremtését (pl. a lengyel *Barbara Obrebska-Starkel* mikroklíma tanulmánya). A kutatás legmaibb problémáit felölelő, főleg mezőgazdasági területen végzett vizsgálatok (*Juhász János—Dzubay Miklós* talajjavítással, illetve *Bárány Ilona—Boros József* rizstermesztéssel foglalkozó dolgozata), valamint a meteorológia határterületeit érintő munka (*Kiss Árpádnak* a szürkület kérdésével foglalkozó elméleti vizsgálata) egy aránt a tanszék hagyományaihoz méltó értékes dolgozatok.

A kötet szerkesztés- és nyomdatechnikai színvonala — amint azt ennél a kiadványnál már megszoktuk — igényes. Kívánjuk, hogy a JATE Éghajlattani Intézete a jövőben is rendszeresen adja ki ACTÁ-it a *Wagner Richard* által megkezdett úton haladva és mindig feljebb emelkedve.

*Kéri Menyhiért*

\*

BENDAT, J. S.—PIERSOL, A. G.: *Measurement and analysis of random data.* (Véletlenszerű folyamatok mérése és adatainak analízise.) J. Wiley and Sons, Inc., New York, London, Sydney. 390 oldal, 87 ábra, 24 táblázat.

A szerzőknek kettős célja volt a könyv megírásával: egyrészt, közelebb hozni a véletlenszerű folyamatok analízisének elméleti koncepcióit és a mérésekre vonatkozó gyakorlati eljárásokat, hogy így segítsék a tudományos kutatók és gyakorló mérnökök munkáját, másrészt, speciális tankönyvet adni az egyetemi hallgatók kezébe.

A véletlenszerű folyamatok elméletének gyakorlati alkalmazási területe magában foglalja

a legkülönbözőbb tudományágak körébe tartozó jelenségek tanulmányozását. A könyv felhívja erre a figyelmet, azonban nem foglalkozik a speciális alkalmazásokkal; e helyett azt igyekszik bemutatni, hogy hogyan lehet a véletlenszerű adatokat mérni, analizálni és interpretálni, tekintet nélkül az alkalmazási területre. A szerzők kiemelik, hogy ha nem fordítunk kellő figyelmet a kísérletek tervezésekor, a mérések kivitelezésekor az adatgyűjtés statisztikai szempontjaira, problémát jelenthet az analízis különböző módszereinek alkalmazása és a megfelelő információ-szerzés.

A könyv 9 fejezetre tagolódik. Az 1. fejezet a determinisztikus és véletlenszerű adatok osztályozásával foglalkozik, és ismerteti a véletlenszerű adatok alapvető tulajdonságainak leírására alkalmas statisztikai függvények fő típusait. A 2. fejezet áttekinti a konstans paraméterű és időváltozó fizikai rendszerek dinamikájának alapjait. A 3. fejezet bemutatja a valószínűségi elmélet és a véletlenszerű folyamatok elméletének főbb elveit, illetve a véletlenszerű adatok analizálásának matematikai elméletét. Jelentős figyelmet fordít a stacionárius véletlen folyamatok leírására és lineáris transzformációjára. A 4. fejezet tárgyalja az adatok előállításának (mintavételnek) általános statisztikai elveit és módszereit, majd ezt követi a különböző eloszlások és hipotézis-vizsgálatok ismertetése.

Az első négy fejezet a véletlenszerű adatok előállításánál alkalmazható elveket és módszereket áttekintve, alapját képezi a könyv további részének.

Az 5. fejezetben kerül sor annak tárgyalására, hogyan történik egy és több véletlen folyamat statisztikai tulajdonságainak vizsgálata a minta-regisztrátumok alapján. Ismerteti azokat az eljárásokat, amelyek útján megállapíthatjuk a minta méretét, figyelembe véve, hogy milyen információt kívánunk szerezni, milyen elfogadható hibával.

A 6. és 7. fejezet tartalmazza azokat a mérési módokat, amelyek arra szolgálnak, hogy analóg berendezésekkel és digitális komputerekkel kiszámítsuk a véletlenszerű adatok kívánt leíró tulajdonságait. A 8. fejezet egy példát közöl arra, hogy hogyan alkalmazhatjuk a hipotézis-próbát, mint a kísérlet-tervezés és adat-értékelés általános segédeszközét. Végül a 9. fejezet a nem stacionárius adatok analízisének és interpretálásának elméleti módszereivel foglalkozik.

1971-ben megjelent a könyv bővített és átdolgozott kiadása „Random Data: Analysis and Measurement” címmel. A szerzők az 1966-os könyv anyagának mint egy 50 %-át változtatták meg. A változtatások az 1966—71-es időszakban végbement technikai fejlődést és az újabb tapasztalatokat tükrözik.

Az új kiadás 10 fejezetből áll. Külön fejezet foglalkozik a statisztikai hibaszámítással, és ugyancsak különálló fejezet tárgyalja az adat-regisztrálást, adat-ellenőrzést, valamint az adatok minőségi ellenőrzését és feldolgozását. Jelentősen kibővítették a digitális adatfeldolgozásra, analízisre vonatkozó eljárások tárgyalását. Számos illusztrációt is tartalmaz a könyv a tényleges fizikai adatokra vonatkozóan. Az új könyvben a szerzők a hangsúlyt a véletlen adat-analízis és a mérési módszerek gyakorlati aspektusaira helyezték, különös figyelemmel a különböző technikai elvek közti kapcsolatokra.

A véletlenszerű adatok analízisének elméleti és gyakorlati alapelvei, szempontjai mindinkább előtérbe kerülnek a meteorológiai adatgyűjtés, adattervezés és adatfeldolgozás terén is, és ezért joggal állapíthatjuk meg, hogy a könyvben foglaltak hasznos segítséget nyújtanak a meteorológusoknak is.

Endrődi Gabriella

\*

БОРИСОВ Л. М: **Может-ли человек изменить климат?** (Képes-e az ember az éghajlat megváltoztatására?) Moszkva, Nauka kiadó, 1970. 192 oldal, 32 ábra, 12 táblázat.

Ez a munka a Szovjetunióban megjelenő magasszintű ismeretterjesztő sorozat egyike. A könyv az alábbi témákat tárgyalja: Jelenlegi éghajlatunk; Az ősi korok éghajlata; A földtani újkor éghajlata; Az Északi Sarkvidék jelenlegi folyamatban levő felmelegedése; Az éghajlatváltozások okai; Törvényszerűségek az éghajlatváltozásban; A világóceán, a tengeráramlások és ezek szerepe az éghajlat kialakításában; Miként fejlődött az éghajlat regionális és planetáris méretű megjavításának eszméje?; Lehetséges-e egy sarkvidéki Golf-áramlat létrehozása?; A Golf-áram sarkvidéki medencében; A Golf-áramlatból származó vizek eljutása a Csendes-óceánba; Az éghajlat befolyásolásának első lépései; A gyakorlati megvalósítás kérdései; Az éghajlat további befolyásolásának kilátásai.

Ebből a felsorolásból látható, hogy a szerző fokozatosan vezeti el olvasóját az éghajlat megváltoztathatóságának problematikájához. Optimizmussal tekint a magas északon elvégzendő éghajlati beavatkozás megvalósíthatóságára, és ezt az optimizmust számszerű érvekkel is alátámasztja.

Az irodalmi hivatkozásokban 38 szovjet és 5 külföldi munka szerepel. A könyv stílusa élvezetes, kiállítása nyomdatechnikailag ízléses.

Aujeszky László

## METEOROLÓGIAI HAJÓK AZ ÉSZAK-ATLANTI TÉRSÉGBEN

Május 30. és június 1. között tartották Genfben a Meteorológiai Világszolgálat (WWW = World Weather Watch) második tervtervezetletét az észak-atlanti térségben állomásozó állandó helyzetű meteorológiai hajók rendszerének ügyében. Az ülésen az Országos Meteorológiai Szolgálat részéről Dr. Czelnai Rudolf elnökhelyettes vett részt.

A rendkívüli értekezlet összehívására az Amerikai Egyesült Államok kormányának bejelentése adott közvetlen okot, amely szerint költségkorlátozási okokból 1974. június 30-ig mind a négy USA által üzemeltetett észak-atlanti tengeri meteorológiai állomást meg kívánják szüntetni. Ez a bejelentés egyrészt azt jelenti, hogy az összesen kilenc állomásból álló észak-atlanti hálózat majdnem felére zsugorodik. Másrészt még sokkal súlyosabb az a jogi következmény, amely abból származik, hogy az USA az észak-atlanti tengeri meteorológiai állomások nemzetközi egyezményének (NAOS megállapodás) egy olyan paragrafusa alapján szünteti meg állomásait, amelynek érvényesítése automatikusan maga után vonja a teljes rendszer alapját képező szerződés felbontását. Ez azt jelenti, hogy az amerikai elhatározás következtében a szóban forgó megállapodás 1974. június 30-án válik érvénytelenné.

A kérdés múltja röviden a következő:

1948-ban az ICAO égisze alatt NAOS (North Atlantic Ocean System) néven a vonatkozó szerződés alapján nemzetközi szervezet jött létre, amelynek célja az volt, hogy hozzájáruljon az észak-atlanti kereskedelmi légi járatok biztonságos és gazdaságos működtetéséhez. Ennek keretében a szervezet operatív célokra felszíni és magaslégtéri adatokat, valamint az egyes légi utak előkészítésére előrejelzéseket nyújtott. Kiegészítő funkciója volt a hálózatnak a polgári légiforgalom számára nyújtott légi navigációs és légi—tengeri mentési szolgálat ellátása is. A NAOS ily módon elsődlegesen a kereskedelmi és polgári légiforgalmat szolgáltatta, de ugyanakkor felbecsülhetetlenül értékes információt nyújtott meteorológiai szempontból az egész európai előrejelző szolgálat megjavítása révén számos gazdasági ágazatnak: a hajózásnak, iparnak, kereskedelemnek, mezőgazdaságnak stb., természetesen a meteorológiai tudományos kutatásnak is. 1954 óta a NAOS hálózat 9 „állomást” működtet, ebből

4-et az USA. Az Észak-Atlantikum keleti részén 5 állomás illetve 10 hajót az európai államok működtetnek, nevezetesen Nagy-Britannia 4, Franciaország 2, Hollandia 2, Norvégia és Svédország pedig 2 hajóval vesz részt.

A költségek viselésének elosztása bonyolult: lényegileg azt vették alapul, hogy melyik ország hány észak-atlanti repülőjáratot működtet, továbbá azt, hogy mennyi a nemzeti jövedelme és földrajzilag mennyire közel fekszik a hálózathoz. Az illető országok vagy „természetben”, tehát hajó működtetésével, vagy pedig a költségek bizonyos részének fedezésével részesedtek a terhek viselésében.

Egy-egy állandó helyzetű tengeri meteorológiai állomás üzemeltetéséhez átlagosan 2 hajó szükséges, amelyek váltják egymást. A szolgálat 24 napig tart, a szolgálati helyre való kiutazás ill. hazatérés átlagosan 2,5—2,5 napot igényel, a pihenő pedig 16 nap. A hajók kb. 1500 tonnásak, hosszuk kb. 70 méter, s teljes személyzetük 36 és 52 között változik. Ebből a személyzetből 3 fő meteorológus III. minősítéssel, 4 fő meteorológus IV minősítéssel rendelkezik, a többiek a hírközlő, műszaki és hajózó személyzetet adják. Egy-egy ilyen hajó évi fenntartási költsége 250 ezer angol font, tehát egyetlen állomás fenntartása félmillió fontba kerül évente. A jelenleg üzemben levő hajók többsége már elavult, de új hajók építésére az üzemeltetők csak akkor szánják el magukat, ha legalább további 15 évre biztosítva látják az üzemeltetés költségeinek fedezetét, ugyanis egyetlen új hajó építése 2 millió fontba kerül, és ezt az összeget amortizálni kell.

Az 1972-ben Párizsban tartott NAOS értekezleten megállapodtak abban, hogy az 1954. évi NAOS megállapodás 1975. június 30-án jár le, de július 1-től kezdve új finanszírozási tervet alapján működik tovább, és az egészet a WMO fogja koordinálni és adminisztrálni, minekutána a WMO 1974-ben megfelelő tervtervezetletet tartt abból a célból, hogy ennek a rendszernek a működtetését összehangolja egyrészt az ICAO-val, másrészt a WMO rendelkezésére álló legmodernebb technikai hálózattal, első sorban az ún. Meteorológiai Világszolgálattal.

Az USA említett döntésének közvetlen következménye tehát az volt, hogy az eredetileg későbbre tervezett intézkedések végrehajtása sürgőssé vált. Az ülés ennek megfelelően eléggé

feszült légkörben zajlott le. Több európai ország, elsősorban Nagy-Britannia delegációja élesen támadta az amerikai döntést, és terjedelmes memorandumban fejtette ki, hogy az milyen káros következményekkel jár. Az USA delegációja azt hozta fel az említett döntés szakmai indokául, hogy a műholdas szondázások pótolni fogják a megszüntetendő tengeri állomások adatait. A többi résztvevők ezt az érvelést nem fogadták el.

Az ülésszak egyik fele ezekkel a vitákkal telt el, a másik felében azután a résztvevők megpróbálták megegyezésre jutni az adott helyzetben követhető konstruktív eljárás fő vonalainak ügyében. E megbeszélések eredményeképpen elkészült a későbbiekben megkövetendő új NAOS megállapodás tervezete. A résztvevők megegyeztek abban, hogy e tervezet még hiányzó részleteinek kidolgozása céljából 1973 júliusában De Biltben (Hollandia) szűkebb körű munkacsoport ül össze. Így előkészítve 1973 decemberében kerülne sor valamennyi érdekelt ország részvételével egy magasabb szintű értekezletre, amelyen már konkrét formában előkészítik az új szerződést. Ez az új szerződés akkor lépne életbe, ha a résztvevő államok összesen kb. évi 2 millió angol font költségfedezet biztosítására adnának garanciát, ami 4 tengeri állomás fenntartását tenné lehetővé, és 5 állomás fenntartási költségeinek 80 %-át biztosítaná. Ebben az esetben az európai üzemeltetők a jelenlegi 5 európai állomást fenntartanak, vállalva a 20 %-os költség-hiány kockázatát. Ha a felajánlott támogatás ennél nagyobb volna, akkor természetesen több állomást létesítenének, hiszen a most meglévő 9 állomás mindegyikét szeretnék tulajdonképpen változatlanul megtartani, és csak az anyagi alapok elégtelen volta miatt merült fel annak szükségessége, hogy legrosszabb esetben 5 állomásra redukált hálózattal beérjék.

A májusban tartott soronkívüli értekezlet résztvevői a fenti problémát nem oldhatták meg, de nagymértékben hozzájárultak annak tisztázásához, és jó alapot adtak az év folyamán sorra kerülő további megbeszélések sikeres lebonyolításához.

Czelnai R.

\*

## MEZO-SKÁLÁJÚ NUMERIKUS ELŐREJELZÉS

A modern numerikus prognosztika negyedszázados történetét elsősorban a szinoptikus skálájú mozgásrendszerek fejlődésének leírására irányuló törekvések jellemzik. A többszintes baroklin előrejelzési modellekkel elért biztató eredmények és a primitív egyenletek numerikus integrálása során szerzett tapasztalatok alapján a továbbhaladás útját a hatvanas években a modelleknek hemiszférikus méretűvé fejlesztése és az integrációs időintervallumnak már a hosszú távú prognosztika körébe tartozó kiter-

jesztése jelentette. Ugyanakkor azonban az is bebizonyosodott, hogy a különböző hosszúságú hullámok között a légkörben számottevő energiacsere áll fenn, tehát lehetetlen a makro- és hemiszférikus skálájú folyamatok előrejelzését bizonyos határon túl tökéletesíteni a mezo- és lokális skála energiatermelő, illetve energiadisszipáló folyamatainak fizikai megértése és számításbavétele nélkül.

A szubszinoptikus skálájú mozgásrendszerek objektív analízise és numerikus előrejelzése, általában a nagyfelbontóképességű rácsálózat alkalmazásával történő numerikus modellezés a dinamikus prognosztika legfiatalabb, mindössze néhány éves múlttal rendelkező ága. Ezen új szakterület eddigi eredményeinek ismertetésére, a problémák megvitatására volt hivatott az a szimpozium, amelyet a WMO és az IAMAP rendezett az angliai Readingben 1973. május 14. és 18. között „Mezószkálájú meteorológiai rendszerek és nagyfelbontóképességű modellezés” címen. A szimpoziumon 26 ország száz küldötte vett részt; hazánkat az OMSZ delegátusaként *Götz Gusztáv*, a Központi Meteorológiai Intézet Adatközpont főosztályának vezetője, az MTA támogatásával pedig *Rákóczi Ferenc*, az ELTE Meteorológiai Tanszékének adjunktusa képviselte.

Az ülés négy, egymást követő szekcióban kezdeti érték problémákkal és az objektív mezoanalízis készítésének technikájával, határérték problémákkal és a nagyfelbontóképességű rácsálózatnak a makro-skálájú hálóba történő beültetése kérdéseivel, a térbeli és időbeli differenciálhányadosok optimális véges közelítéseivel, valamint a kistérű meteorológiai folyamatok fizikai—matematikai modellezésének lehetőségeivel foglalkozott. Az előadások gazdag témakörén belül különösen figyelemre méltóak voltak azok a vizsgálatok, amelyek igen finom felbontásra alkalmas, 10 km-es nagyságrendű rácsávolságú választó hálózat és 1—10 perces nagyságrendű időlépcsőt használó metódika segítségével elemezték a skálák közötti kölcsönhatásokat, az Alpok hegyvonulatának az áramlási térben meghatározott makroszinoptikus helyzetekben kialakuló sajátos regionális folyamatokat.

A szimpozium egyértelműen bizonyította, hogy a szubszinoptikus skálán végzett numerikus modellezési és prognosztikai kísérletek eredményei az elméleti vonatkozásokon túlmenően elsősorban a rövidtávú lokális időjáráselőrejelzés hatékonyságának növekedésében lesznek lemérhetőek. Ezért kívánatos, hogy az ilyen jellegű törekvések megvalósításába a jövőben a kisebb országok szakemberei is hatékonyan bekapcsolódjanak.

A konferencia színhelye a Meteorological Office 1971 októberében felavatott, technikai eszközökkel kiválóan felszerelt Shinfield Park-i kollégiuma volt. Itt rendeztek május 14-én esti állófogadást és záróbankettet is. 16-án délután

kirándulást szerveztek Bracknellbe, a Meteorological Office központjának meglátogatására, illetve Windsorba, a királyi kastély megtekintésére, 17-én este pedig az IBM angliai vezérképviselete Ascot-ban adott fogadást a szimpózium résztvevői számára.

Gözl G.

\*

### A KLIMATOLÓGIAI MUNKACSOPORT ÉS SUGÁRZÁSI SZAKÉRTŐK EGYÜTTES ÜLÉSE

1973. június 19. és 26. között Leningrádban tartotta VIII. ülését a szolgálatok Klimatológiai Munkacsoportja, amely az Ulanbátorban hozott igazgatói határozat szerint kiegészült a sugárzási szakértők csoportjával.

Az ülést a GGO igazgatója *J. P. Boriszenkov* nyitotta meg. A következő országok küldöttei vettek részt: Bulgária, Csehszlovákia, Korea, Lengyelország, NDK, Románia, Szovjetunió, hazánkat e sorok írója képviselte. A 13 pontból álló napirend szerinti munka párhuzamos megbeszélések szervezését is szükségessé tette. Az Időjárás olvasóit éppen a két rész-munkacsoport ülésének anyagáról szeretném tájékoztatni.

Elsőként azt a munkát említeném, amelynek célja az „Új típusú kézikönyv összeállítása a szabad légkör és a határreteg klimatológiájáról” volt. A megbeszélés szerint minden résztvevő ország feldolgozza aerológiai állomásaiban az 1961—70. között gyűjtött anyagot. A munka négy szakaszból áll, a munkacsoport kéréssel fordult a soron következő igazgatói konferenciához, hogy a tagországok kezdjék el az első szakasz munkálatait. Ezen szakaszban a 16 fő-izobárszint azon statisztikai jellemzőit kell meghatározni, amelyek jegyzékét a munkacsoport összeállította. A másik párhuzamos megbeszélést a sugárzási szakértők szervezték. A legutóbbi igazgatói konferencia ezen szakértői csoport feladatául a sugárzási adatok gyakorlati felhasználásának elősegítését tűzte ki. Ennek megfelelően a delegátusok beszámoltak arról, hogy országaikban más szervek és a meteorológia egyéb ágai milyen sugárzási adatokat igényelnek. A beszámolók alapján megállapítható volt, hogy az egyes országokban az igények közel azonosak, azonban a kielégítés szintje változó. Abból a célból, hogy minden országban megfelelő mennyiségű és minőségű sugárzási információ álljon rendelkezésre és ez könnyen felhasználható legyen, a szakértői csoport a Klimatológiai Munkacsoporton keresztül kéréssel fordult az igazgatókhoz. A kérdés főbb pontjai a következők:

1. az egyes országok a lehető legrövidebb időn belül állítsanak össze sugárzásklimatológiai tájékoztatót,
2. az egyes sugárzásmérő állomások programját bővítsék a közvetlen sugárzás mérésével és

spektrális mérésekkel (a légszennyeződés időbeli menetének követésére),

3. a Műszeregységesítési és a Légszennyeződési Munkacsoport programjába iktassák be a sugárzási megfigyelések egységesítésének kérdését és az alapműszerek összehasonlítását,

4. az országok közötti információcsere meggyorsítása céljából az etalonok összehasonlításával egyidőben célszerű szimpóziumokat is szervezni, mivel a már 1972-ben megtartott szimpózium igen hasznosnak bizonyult,

5. kérjék fel a Szovjetunió Hidrometeorológiai Szolgálatát egy kézikönyv kiadására, amely bemutatná a sugárzási adatok gyakorlati felhasználásának lehetőségeit és módjait.

A *H. Káse* (NDK) által kitűnően vezetett ülések között fennmaradó időben a vendéglátók kulturális programokra is lehetőséget nyújtottak.

Major Gy.

\*

### DOBOSI ZOLTÁN DOKTORI ÉRTEKEZÉSÉNEK VITÁJA

Az MTA Tudományos Minősítő Bizottsága 1973. június 11-én tartott nyilvános vitaülésén mutatta be *Dobosi Zoltán* kandidátus, az ELTE tanszékvezető docense „A sugárzási egyenleg eloszlása Magyarországon” című doktori értekezését.

A hazai sugárzásklimatológiai vizsgálatok összegyűjtött, kritikailag értékelt, a hiányok tekintetében új módszerrel pótolta anyagának áttekintése után ismertette azt a szintézist, amellyel a globálsugárzás Magyarországra érvényes területi eloszlását adta meg. A napfénytartamnak a globálsugárzással fennálló és ismert kapcsolatára építve a kilenc körzetre osztott országterület mindegyikére elvégzett regressziószámítással fizikai földrajzilag is értelmezhető képet kapott. Kiemelte azoknak az összefüggéseknek az értékét, amelyeket a sugárzási komponensek és légköri tényezők (felhőzet, párányomás) között sikerült feltárni. Végül az értekezés legjelentősebb eredményeit képező táblázatokat és a táblázatok adatait ábrázoló havi és évi eloszlási térképeket ismertette részletesen, amelyek lehetővé tették hazánk sugárzásklimájának számos új, eddig még nem észlelt sajátosságának kielemezését a rövid-, a hosszúhullámú és a teljes sugárzási egyenlegre nézve.

Az értekezés legfontosabb módszertani eredményeit, illetve új megállapításait, amelyek a rokontudományok és a népgazdaság számos területén használhatóak, *Béll Béla* levelező tag, *Pécze György* a földrajztudományok doktora és *Takács Lajos* a fizikai tudományok kandidátusa egytérítően pozitív opponens véleményével összhangban, a *Barta György* levelező tag elnöklete alatt működő bíráló bizottság, vala-

mint a vitában résztvevő szépszámú hallgató-ság értékelte, és megállapította, hogy számos nyitott kérdés indokoltá teszi a sugárzási egyenleg további kutatását (albedó, teljes sugárzási egyenleg, hegynyívek sugárzási viszoi-nai).

Miután *Dobosi Zoltán* a felmerült kérdésekre, a jövő kutatási lehetőségeire is valósan rámu-tató elgondolásokat ismertette meggyőzően válaszolt, a bíráló bizottság egyhangúan java-solta részére a „földtudományok doktora” fo-kozat megadását.

*Kéri M.*

\*

## MUNKÁÉRTEKEZLET A GLOBÁLIS MEGFIGYELŐRENDSZERRŐL

A Meteorológiai Világszervezet WWW pro-gramjának egyik alkotóeleme a világméretű megfigyelőrendszer (angol rövidítése GOS), mely az adatfeldolgozó (GDPS) és a távközlő (GTS) rendszerrel együtt alkot teljes egészet. Mindhárom megvalósítása érdekében egy-egy munkacsoportot hoztak létre, ezek a WMO Titkárságon belül működő WWW főosztálynak a tervek kidolgozásával és végrehajtásuk ellen-őrzésével nyújtanak segítséget.

A GOS munkacsoport 1973. június 4—8. kö-zött tartotta első ülését Genfben. A WMO európai régiójának képviselőjeként *Czelnai Rudolf* elnökhelyettes vett részt a megbeszélés-eken. A résztvevők a munkacsoport elnökül egyhangúlag *Czelnai Rudolfot* választották meg.

Az ülés előtt álló legfontosabb feladat az 1975—79. évi WWW terv GOS-ra vonatkozó részének kidolgozása volt. E célból a munka-csoport három szerkesztő-csoportot hozott létre az alapelvek és általános kérdések, a felszíni megfigyelő alrendszer, végül a műholdas meg-figyelő alrendszer terveinek kidolgozására.

A munkacsoport által készített jelentést a WMO Titkársága valamennyi szolgálatnak meg fogja küldeni véleménykérés céljából. A jelentést az 1974-ben sorra kerülő CBS ülés tár-gyalja majd.

*Ambrózy P.*

\*

## SUGÁRZÁSI SZAKEMBEREK LENINGRÁDBAN ÉS MOSZKVÁBAN

1973. június 27-től július 10-ig az INTER-KOZMOSZ 8. témájában *Major György* és *Miskolci Ferenc*, a KLEFI Sugárzási Osztályá-nak dolgozói, tanulmányúton vettek részt.

Először a Leningrádi Állami Egyetem Lég-körfizikai Tanszékének azon munkatársaival folytattak megbeszéléseket, akik e témával

foglalkoznak. Kölsönösen tájékoztatták egy-mást az elmúlt és az ideai évben végzett munkák részleteiről, és egyeztettek a következő idő-szakra vonatkozó terveket. Megegyezés szüle-tett irodalmi és számítási anyag későbbi átadá-sáról is, amelynek alapján a hazai munka haté-konyabbá válhat.

Július 4-től a tanulmányút Moszkvában, a Hidrometeorológiai Központ Spektroszkópiái Laboratóriumában folytatódott, itt lesz a meg-valósuló INTERKOZMOSZ kísérlet operatív központja. A magyar szakemberek megismer-kedtek az itt kifejlesztett iterációs integrál-egyenlet megoldási módszerrel. Tájékoztatást kaptak az eddig elvégzett és a tervezett sta-tisztikai feldolgozásokról, amelyek az össze-gyűjtött rádiószondás anyagot alkalmassá tes-zik a műholdas mérések pontosabb interpre-tálására.

Mindkét helyen a kollégák szívélyesen fo-gadtak bennünket, és számítanak munkánk eredményeire.

*Major Gy.*

\*

## HÁTTÉRSZENNYEZETTSÉG-MÉRŐ MŰSZEREK ÉS MÓDSZEREK

1973. július 3—19. között rendezték meg a szocialista országok háttérszennyezettség-mérő műszereinek és módszereinek összehasonlító vizsgálatát a Szovjetunióban, az észak-kaukáz-susi Terszkolban, szovjet, bolgár, csehszlovák, lengyel és magyar szakemberek részvételével. A magyar meteorológiai szolgálatot *Várhelyi Gabriella* képviselte.

Az összehasonlító mérések a következő téma-körökben folytak: a légköri homályosság meg-határozására szolgáló műszerek, a csapadék-gyűjtő berendezések és a gyűjtött csapadék-minták kémiai analízisének, illetve a kis légköri szennyezőanyag-koncentrációk mérési módsze-reinek összehasonlítása.

A mérések mellett a résztvevők szemináriu-mok keretében számoltak be az egyes országok-ban alkalmazott módszerekről és az eddigi mé-rési eredményekről, szakmai megbeszélést foly-tattak a mérések során felmerülő problémák megoldására. Sor került a Kaukázus É-Ny-i részére tervezett „base-line” állomás megte-kinítésére is.

A program befejezésekor születtett megállá-podás értelmében a résztvevők a mérési idő-szak alatt Terszkolban gyűjtött aeroszol- és csapadékmintákat fognak laboratóriumokban analízálni a további összehasonlítások céljából. A leningrádi Geofizikai Főobszervatórium szak-emberei vállalták, hogy az adatok beérkezése után azokat szintetizálják és elküldik az érde-kelt országoknak.

*Várhelyi G.*

---

**AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT HIVATALOS LAPJA**

A szerkesztésért felel: dr. Dési Frigyes, az Országos Meteorológiai Szolgálat elnöke

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

Felelős kiadó: Siklósi Norbert igazgató

Index: 26.361



73.2649 Athenaeum Nyomda, Budapest — Íves magasnyomás

Felelős vezető: Soproni Béla vezérigazgató

**SZERKESZTŐSÉG: BUDAPEST II., KITAIBEL PÁL UTCA 1.  
TELEFON: 353-500**

**ELŐFIZETÉS: EGY ÉVRE 48 FT  
A METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG TAGJAINAK 24 FT  
BEFIZETÉS A 232-90 171-2494 TAGDIJBEFIZETÉSI SZÁMLÁN)**

**MEGRENDELHETŐ: AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT  
PÉNZÜGYI OSZTÁLYÁN  
BUDAPEST II., KITAIBEL PÁL UTCA 1.**

**MEGJELENIK KÉTHAVONKÉNT**

**EGYES SZÁM ÁRA 8 FT**