

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. (Szófia), LOGVINOV, K. (Kijev), MÄDE, A. (Halle/Saale), VAN MIEGHEM, J. (Bruxelles), NGUYEN-XIEN (Hanoi), OKOLOWICZ, W. (Warszawa), PASZYNSKI, J. (Warszawa), PÉCZELY GY. (Szeged), RÁKÓCZI F. (Budapest), STEINHAUSER, F. (Wien), STELCZER K. (Budapest), SZEPESI D. (Budapest), TAKEUCHI, K. (Tokyo), TUVDENDORZS D. (Ulan-Bator), VARGA-HASZONITS Z. (Budapest), VITEK, V. (Praha), WHITE, R. M. (Rockville).

ELNÖK:

DÉSI F. (BUDAPEST)

SZERKESZTŐ:

LŐRINCZ A. (BUDAPEST)

80. ÉVFOLYAM

1

1976. JANUÁR—FEBRUÁR

ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT BUDAPEST

ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT

IDŐJÁRÁS

80. ÉVFOLYAM

1

1976. JANUÁR — FEBRUÁR

BUDAPEST

IDŐJÁRÁS

ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT FOLYÓIRATA

E SZÁM SZERZŐI

Dr. D. A. DAVIES, a Meteorológiai Világszervezet főtitkára, *Genf*; CZELNAL RUDOLF, a földtudományok doktora, az Országos Meteorológiai Szolgálat elnöke, *Budapest*; GÖTZ GUSZTÁV, a Központi Meteorológiai Intézet tud. főosztályvezetője, *Budapest*; MÉSZÁROS ERNŐ, a földtudományok doktora, a Központi Légekörfizikai Intézet igazgatóhelyettese, *Budapest*.

IDŐJÁRÁS

ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT FOLYÓIRATA

TARTALOM

<i>Davies, D. A.</i> : A meteorológia vívmányai és megoldásra váró feladatai (angol és magyar nyelven) ...	5
<i>Czelnai Rudolf</i> : A légköri folyamatok statisztikus modellezése	16
<i>Götz Gusztáv</i> : Légköri folyamatok dinamikus modellezése	27
<i>Mészáros Ernő</i> : A kén körforgalma a légkörben	42

K r ó n i k a

Meteorológiai Tudományos Napok a Magyar Tudományos Akadémia alapításának 150., a Magyar Meteorológiai Társaság fennállásának 50. évfordulóján (<i>Szakály J.</i>) — A tudományos kutatásokat koordináló munkacsoport VII. ülése Ulánbátorban (<i>Bodolai I.</i>) — D. A. Davies Budapesten (<i>Czelnai R.</i>) — Ozorai Zoltán nyugalomba vonult (<i>Ambrózy P.</i>) — GARP munkacsoport-értekezlet Párizsban (<i>Götz G.</i>) — Nemzetközi Kárpátmeteorológiai Konferencia Tátralomnicon (<i>Götz G.</i>) — Az IUGG közgyűlése (<i>Mészáros Ernő</i>) — Abonyi József (1916—1975) (<i>Ambrózy P.</i>) — Az MMT választmányának ülése (<i>Szakály J.</i>) — Az MMT Agrometeorológiai szakosztályának előadói ülése (<i>Dávid A.</i>) — Hidrometeorológiai tanulmányút Varsóban (<i>Schirokné Kriston I.</i>)	48
--	----

IDÓJÁRÁS

ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT FOLYÓIRATA

CONTENTS — INHALT — SOMMAIRE — СОДЕРЖАНИЕ

<i>Davies, D. A.:</i> Meteorology — the Achievement and the Challenge (English and Hungarian text) ..	5
<i>Czelnai, R.:</i> Statistical Modelling of Atmospheric Processes	16
<i>Götz, G.:</i> Dynamic Modelling of Atmospheric Processes	27
<i>Mészáros, E.:</i> Cycle of Sulphur in the Atmosphere	42
Chronicle	48

IDŐJÁRÁS

80. ÉVFOLYAM 1. SZÁM. 1976. JANUÁR—FEBRUÁR

Meteorology — the Achievement and the Challenge*

D. A. DAVIES, *World Meteorological Organization, Geneva*

I count it a great honour and privilege to speak at this session of "Meteorological Scientific Days" which forms part of the dual celebrations of the 150th Anniversary of the Hungarian Academy of Sciences and the 50th Anniversary of the Hungarian Meteorological Society.

Since its creation in 1825 the Academy of Sciences has made a great contribution to the advancement of scientific knowledge ; a contribution which has been recognized far beyond the frontiers of Hungary itself and I would like to take this opportunity of expressing my very sincere congratulations to the Academy and of wishing it continued success in its important work.

I would like also on this occasion to recognize the high significance of the 50th anniversary of the Hungarian Meteorological Society and to offer the Society my warm congratulations and good wishes for the future.

One has only to mention such names as — *Aron Berde, Miklós Konkoly-Thege, and Károly Jordan* (and many others) to realize at once the great record of scientific achievement of these two bodies in the past and, I am sure, that the names of many more distinguished scientists will be added to this list in the years to come.

Anniversaries such as these, are occasions when we naturally look back over the past and take justified pride in the progress which has been made and the achievements which have been gained. But they are also occasions when we should look forward to the years to come — and, by drawing upon the lessons and experience of the past, we should prepare ourselves to meet with renewed energy and enthusiasm, the challenge of the future.

It was with such thoughts as these in mind that I chose the subject of my talk today. The present time is in some ways a turning point in the long history of meteorology and it is therefore appropriate that we should look back at our past achievements. It is however no less appropriate that we should look forward to the future to see what challenges will face our science. The title of my talk is accordingly "*Meteorology — The Achievement and the Challenge*".

Let us therefore begin by looking backwards. How far back do we need to go! If we are talking of Man's interest in the weather and the climate we must go back to the very earliest of times, for Man even in his most primitive stages must have been conscious of the effect of weather and climate upon his life and wellbeing. In due course some rudimentary knowledge of meteorology was

* A lecture given by *Dr. David Arthur Davies* to the Hungarian Academy of Sciences, 1¹ November 1975

acquired, such as the cycle of the seasons, and some elementary understanding of the weather and climate was obtained. But progress in acquiring any significant knowledge of the atmospheric processes was very slow.

Why was this so? — If Man's well-being has from the outset been so dependent upon weather and climate, why, one may ask, was he not able to make more rapid progress in understanding these phenomena?

The answer is simply that the atmospheric processes involved in producing the weather are highly complex. They are therefore difficult to comprehend — and even more difficult to predict. Thus progress in the science of meteorology had perforce to await developments in many other scientific fields.

Basically the problem which faces the meteorologist is that of understanding and predicting the movement of, and the physical and chemical processes within, a gaseous layer (the atmosphere) held by gravity on a rotating sphere (the Earth) which is heated by radiant energy from a more or less constant source, the Sun. The problem is further complicated by the fact that the atmosphere is a mixture of gases and that there is constant interchange of water between the surface and the atmosphere. In addition the water in the atmosphere may be present in all three states — vapour, liquid and solid — with the consequent energy changes in going from one state to another. Yet a further complication is that the earth's surface is far from uniform — about 75% being covered by the oceans and the rest by land masses which are very irregular both horizontally and vertically.

When looked at in this light, the problem of understanding and predicting the atmospheric processes is perhaps one of the most complex that the human brain has ever set itself and it is hardly surprising that progress was initially slow. The basic physical and chemical laws of gases had first to be evolved and instrumental means of measuring their various properties had to be devised. The mathematical equations of motion of a fluid on a rotating sphere had then to be evolved, and so on. As a result it was not until the middle of the nineteenth century that sufficient progress had been made in these fields to enable the atmospheric processes to be studied in a truly scientific manner.

But this alone was not enough. Meteorology is essentially an observational science and a system of observing and reporting the weather was soon found to be necessary. Initially the observations were perforce of a relatively simple character and confined to those elements which could be measured by an observer on the Earth's surface. As we shall see in a moment, new and vastly improved methods were introduced later by the application of improved technology in other fields.

Moreover with the recognition that weather systems move across the Earth's surface, changing their character as they do so, came the realization that any serious techniques of forecasting the weather at any place would require the preparation of synoptic maps depicting the weather over a large area. To be of any practical use these maps had to be prepared quickly and a means of promptly collecting weather reports from a large area therefore became necessary. The system of wireless telegraphy provided the answer to this problem. This also was in the first half of the nineteenth century.

We may therefore say that it was about this time — that is about 150 years ago — that modern meteorology began. I will not take your time in describing in detail the developments since then. I am sure you are all familiar with them. Let me simply recall some of the salient features.

As regards observational techniques, the advent of the aeroplane in the

early part of the present century provided a new means of obtaining meteorological observations — and, at the same time provided a tremendous stimulus to the development of meteorology.

The use of the simple hydrogen-filled balloon for upper wind measurements then appeared, and was later followed by the radiosonde — and later still the rawinsonde and radar.

A more recent landmark in meteorological progress which must be mentioned is of course the meteorological satellite. Here at last was a platform from which the atmosphere could be observed on a truly global scale and at frequent intervals. It is interesting to note that at the time when the first Sputnik was launched on 4 October 1957 (that is, just over 18 years ago), the WMO Executive Committee was in fact in session and that at that same session the potential value to meteorology of this new and unprecedented development was already foreseen. Since that time, the whole meteorological community has come to recognize the tremendous value of the artificial satellite as a meteorological observational platform and to use it on a daily routine basis. Many important developments in satellite observational methods have already taken place with the Automatic Picture Transmission (APT) system and the system for taking vertical temperature profiles as the main examples.

Already, even more observational possibilities are opening up by using satellites in conjunction with constant level balloons and carrier balloons and other devices. In addition a new global satellite system comprising five Geostationary Satellites has been approved and will bring forth immense benefits.

All these new observational techniques and methods have resulted in vast quantities of data becoming available and it is fortunate that remarkable progress has concurrently been made in the field of data processing. In particular the development of the high speed electronic computer has provided a tool which the meteorologist has not been slow to apply. It is equally fortunate that at the same time remarkable progress has been made in formulating physical-mathematical models to the atmosphere so that the powerful computer now available can be used to integrate the governing thermo-hydrodynamic equations to simulate and forecast the behaviour of the atmosphere. In other words Numerical Weather Prediction became possible and is now widely applied on a routine basis.

In the field of telecommunications there has also been remarkable progress (including incidentally the use of electronic computers at many meteorological centres for telecommunications switching purposes). Here again the meteorologist has promptly applied these developments for his purposes.

In the field of international collaboration, advances such as these made it necessary for the World Meteorological Organization a few years ago to re-assess and re-appraise its international role and its major programmes.

In the present context, it is the new global operational system called World Weather Watch and the unprecedented Global Atmospheric Research Programme which have been the most significant developments to emerge from this reappraisal. I will not spend time describing these as I am sure you are all familiar with them.

It is thanks to the developments and to the international programmes I have mentioned, that a new and wider understanding of the atmospheric processes has now emerged and that in recent years a new light has begun to shine in meteorology following the many previous centuries of darkness. This same light has made it possible to see the way to the practical benefits to be derived from

our increased knowledge and understanding and I shall refer to these later in my remarks. Suffice it for the moment to say that the science and practice of meteorology have advanced together in the last century to a stage where their importance is fully recognized and where they are accepted as essential features of the modern national and international scenes.

This then is the achievement—and it is no mean achievement.

Let us now turn to the second part of this talk—the challenge of the future. What then is the challenge?

In its simplest terms the challenge may be expressed as the need to take the fullest advantage of the progress so far achieved and to press forward to ensure that this progress is maintained, hopefully at an increased pace, in the future.

There have however been in recent years developments in world affairs which make it necessary to identify the objectives of further progress in more specific terms than hitherto. These developments relate to questions which directly affect the economic and social development of all countries of the world and already these countries, acting through the United Nations and in other ways, have made it clear that they expect the meteorologist to play the fullest possible role in solving these problems. To put it another way, it is no longer a question of the meteorologist having to sell his products, the customer is now stating what these products should be and is making it clear that he expects to receive them.

To clarify this point it may be useful to say a little more about the world problems to which I have referred and what is required of the meteorologist.

It is now well recognized that the production of sufficient food to meet the increasing world population is a major problem. It is equally recognized that weather and climate are factors which affect agricultural activities, whether from the point of view of day-to-day operations, or assessments of crop yield during growth, or in the long-term planning of agricultural programmes. Already WMO has been called upon by the United Nations to ensure that every assistance is given to this problem and the WMO Congress held earlier this year has given a positive response to this call. The subject of agrometeorology is not new but the effort and attention which must now be given to this subject must be of a different order of magnitude.

The devastating droughts which have occurred in recent years in some regions (particularly in the Sudano-Sahelian region of Africa) and the equally devastating floods in many countries have given rise to new calls upon the meteorologist for assistance. The death and destruction caused by tropical cyclones and other storms amounting to 1% of the Gross National Product in some countries, also make it necessary to improve the warning services and to take other steps to mitigate the damage caused. Increased activities in all these fields are already under way.

Then again, the conscience of the world has been aroused to the need to protect the natural environment and to face the many environmental problems which have already arisen. In many fields especially atmospheric pollution and building climatology the meteorologist has particular responsibilities. The possible effect of certain pollutants on the natural processes in the creation of ozone in the higher atmosphere is also a subject which now has to receive great attention, the ozone shield as it is called.

The recognition by all countries that the availability of adequate water supplies affects virtually all human activities, and not least industrial activi-

ties, has made it necessary for greatly increased attention to be given to the prudent and rational utilization of the world's natural water resources.

The need to learn more about the possibilities of weather modification and to determine whether climatic changes are in fact taking place on a time-scale which makes them relevant to present-day problems, is now more fully recognized than ever.

The traditional applications of meteorology to aviation and shipping require new approaches — and so on.

All these activities, and others I have not mentioned, affect to a greater or less extent, the economic and social development of every country of the world — and they are of such basic importance as to make it necessary for the meteorologist to ensure that he is able to play his full part in supporting such activities and hence in solving the world problems I have mentioned. This then is another way of presenting the challenge which meteorology and the meteorologist now face.

What then can be done to ensure that the challenge in this form is met fully and successfully? Evidently the new responsibilities call for greatly improved meteorological information and services on the national and international levels and this in turn leads to two basic requirements.

First, existing meteorological knowledge and information in all forms must be fully utilized. This means that each national meteorological service must ensure that it is fully aware of the present state of knowledge in meteorology and that this knowledge is applied by using the most up-to-date techniques and methods. In other words each country must ensure that it has a highly developed national meteorological service staffed by well-qualified scientists and technicians and equipped with modern instruments and facilities. WMO will of course have an important role to play in meeting the international aspects of this requirement. The programmes which WMO has developed whereby technical assistance can be given to those Member-countries in need of such assistance, assume particular importance in this context. Taking into account the progress already achieved and the established programmes of the WMO, there is good reason to feel that this first requirement will be met.

The second requirement is to take steps to extend and expand our basic knowledge of the atmospheric processes in order to enable the services I have just referred to in the first requirement, to be steadily improved and refined. This means of course that extensive meteorological research must be undertaken. Here again there is good reason to be optimistic. This is because the developments in meteorology to which I referred have provided, for the first time in human history, the means of undertaking basic research programmes on a truly global scale. The meteorologists of the world have already recognized this and the most outstanding development in this connexion has been the Global Atmospheric Research Programme recently launched as a joint undertaking of WMO and the International Council of Scientific Unions. In this way scientists whether employed in national services or in universities or research institutes can combine their efforts in the planning of this massive and unprecedented scientific research programme.

Time does not permit me to describe in detail this programme but I am sure you have all followed the important and exciting developments which have taken place in this field. Indeed the interest of the Hungarian authorities and scientists in GARP is demonstrated by the fact that an important meeting of the GARP Joint Organizing Committee was held here in Budapest last year.

GARP is therefore already well on the way to meeting the need for a greatly increased research effort. This is not to say of course that GARP is the only research programme required. Both nationally and internationally research in other ways is called for. The recently approved WMO Weather Modification Programme is one example of a field in which WMO itself is planning an international experiment on a major scale. Not only is there a wide range of further subjects on which basic research in meteorology is still required, to meet this second requirement, but there are innumerable fields in which research in the applications of meteorology are required to meet the first requirement to which I referred—a formidable task with available man-power and material resources.

But if the task is formidable there are good reasons why it may be faced with confidence. In the first place, the relevance of meteorology to economic and social progress in this modern world, is now widely recognized and the problems are too important to be left unsolved. There is therefore every reason to believe that the necessary support to meteorology both on the national and international levels, will be forthcoming. Indeed the positive and enthusiastic support which virtually all countries are giving to all the WMO programmes is an indication of their realization that a major operational and research effort is now needed.

To a meteorologist the future may therefore be considered as a challenge—an exciting and stimulating challenge, for it will be a period when he will, at last have methods and techniques at his disposal which are commensurate with the scientific task before him.

To a national meteorological service or institute the future is also a challenge. A challenge to apply existing meteorological knowledge and techniques to the fullest extent to provide practical support and benefits to economic and social developments and, at the same time, to press on with a greater research effort.

To those in high places who control the affairs of meteorology and meteorologists, the future is another kind of challenge. It is to ensure that despite the present financial and other difficulties which many countries are now experiencing, a much greater effort in meteorology, both on the national and international levels, will be made. Meteorology already provides many services; applied research will provide improved services in the near future; basic research will provide greatly improved services in the more distant future. A great effort in all three is justified, for the weather is a dominant factor in the lives of all people and in the prosperity of all countries; and the weather, let us not forget, is with all of us now and will be with us always.

That completes my talk this morning—but I would like to add a final word. In my remarks I have not referred to the meteorological developments which have taken place in Hungary itself or the important role which Hungary has played—and is playing—in international meteorology. As regards the activities on the national level, you will all know more about these than I.

As regards activities on the international level, the record of Hungary is indeed a very prominent one. And one which is recognized and acknowledged on all sides. Let me briefly mention just a few examples of the way in which Hungary is playing its full role in WMO activities.

In the first place, the distinguished young scientist Professor *Czelnai* is now the President of the WMO Regional Association for Europe and hence a member of the WMO Executive Committee. Moreover it seems likely that the

next session of the European Association will be held in Budapest next year. Many Hungarian meteorologists and hydrologists serve on the various Commissions and expert groups of WMO.

The WMO Climatic Atlas for Europe is being printed in Hungary and the standard of reproduction is extremely high.

Hungary is one of four countries selected throughout the world to make a cost/benefit ratio study of the value of meteorological services.

Hungary is supporting the North Atlantic Ocean Station scheme (NAOS).

Hungary has established a regional air pollution station in response to WMO's global programme in this field.

In the field of hydrology and water resources, which now constitutes an important part of WMO activities, the record of international cooperation is no less impressive.

For example, in the WMO project on Intercomparison of Principal Hydro-metric Instruments, *Dr. Starosolszky* of the Hungarian Water Authority is playing a leading role.

In addition the very advanced state of knowledge on flood forecasting and disaster relief in Hungary has led to Hungarian experts playing a prominent role in a WMO study on disaster prevention and mitigation.

And I could go on in this vein for a long time. But it is time I brought my remarks to a close.

The title of my talk was "*Meteorology*"—*the Achievement and the Challenge*. I can think of no better way of concluding than by saying that Hungary has certainly played its full role in the achievements and is well prepared to meet the challenge. I wish all those working in this field in Hungary, full success and happiness in their important work in the years to come.

A METEOROLÓGIA VIVMÁNYAI ÉS MEGOLDÁSRA VÁRÓ FELADATAI

Nagy megtiszteltetésnek és kitüntetésnek tartom, hogy a „meteorológiai tudományos napok” ülésén szólhatok, amely részét képezi a Magyar Tudományos Akadémia alapításának 150. és a Magyar Meteorológiai Társaság megalakulásának 50. évfordulója tiszteletére rendezett ketős ünnepségnek.

A Magyar Tudományos Akadémia alapítása, 1825 óta, nagymértékben hozzájárult a tudományok fejlődéséhez; ez a tevékenység Magyarország határain túl is nagy megbeosulást váltott ki, és most szeretném felhasználni az alkalmat, hogy igen őszinte szerencsekívánataimat fejezzem ki az Akadémiának, és további sikereket kívánjak fontos munkájához.

Szeretném méltányolni ez alkalommal a Magyar Meteorológiai Társaság megalakulásának 50. évfordulóját, a Társaság igen nagy jelentőségű munkáját, és szeretném átadni szívélyes gratulációimat és jókívánásaimat a jövőre nézve is.

Csak olyan neveket kell említenem, mint *Berde Áron, Konkoly-Thege Miklós, Jordan Károly*, (és még sok másét), hogy azonnal megértsük e két testület múltbeli tudományos tevékenységének nagy eredményét, és biztos vagyok abban, hogy ehhez a névsorhoz még igen sok kiváló tudós neve kerül majd az eljövendő években.

Az ilyen évfordulók természetesen alkalmat szolgáltatnak arra, hogy visszatekintsünk a múltba és jogosan büszkélkedjünk a fejlődéssel és az elért eredményekkel, és alkalmat adnak arra is, hogy előre tekintsünk az eljövendő évek feladataira, és levonva a tanulságokat a múlt tapasztalatából, megújult energiával és lelkesedéssel készüljünk fel a jövő feladataira.

Ezektől a gondolatoktól indítva választottam mai beszédem tárgyát. A mai idők valamilyen módon fordulópontot képeznek a meteorológia hosszú történetében, illő tehát, hogy visszatekintsünk az elmúlt eredményekre. Hasonlóképpen illő azonban az is, hogy előretekintsünk a jövőbe, hogy lássuk, milyen elvárásokkal kell majd számolnia tudományunknak. Ennek megfelelően előadásom címe: „*A meteorológia vivmányai és megoldásra váró feladatai*”.

Kezdjük tehát a visszatekintéssel. Vajon milyen messze kell visszamennünk? Ha az embernek az időjárás és az éghajlat iránti érdeklődéséről beszélünk, a legrégebb korról kell kezdenünk, mivel az embernek már legősibb korszakában is észre kellett vennie az életére és jólétére gyako-

rolt időjárásai és éghajlati hatásokat. Ebben a korban bizonyos kezdetleges meteorológiai ismereteket szereztek az emberek, pl. észrevették az évszakok változásait, majd az időjárás és éghajlat elemi ismereteire tettek szert. Azonban a légköri folyamatok alapos ismeretének megszerzésében nagyon lassú és hosszú volt az előrehaladás.

Vajon miért volt ez így? Hiszen az ember jóléte már kezdettől fogva nagymértékben függött az időjárástól és éghajlattól, ezért felvetődhet a kérdés, hogy az ember miért nem volt képes gyorsabb előrehaladást tenni e jelenségek megértésében?

A válasz egyszerűen az, hogy az időjárás kialakításában közreműködő légköri folyamatok rendkívül bonyolultak. Nehéz tehát felismerni, de még nehezebb megérteni és előre jelezni ezeket. Így a meteorológia tudományának az előrehaladáshoz szükségszerűen várnia kellett sok más tudományos határterület fejlődésére.

Alapjában véve a probléma, amellyel a meteorológus szembenáll, az, hogy megértse és előre jelezzék egy forgó gömb, a Föld nehézségi ereje által fogva tartott gáznemű réteg, a légkör mozgását és az e rétegben lejátszódó fizikai és kémiai folyamatokat, figyelembe véve, hogy a Földet egy többé-kevésbé állandó forrás: a Nap sugárzó energiája melegíti. A kérdést tovább bonyolítja az a tény, hogy a légkör különböző gázok keveréke, és hogy állandó a vízkicserélődés a földfelszín és a légkör között. Ezenkívül a víz a légkörben mindhárom halmazállapotban — gőz, folyadék, szilárd test — megtalálható, és az egyik halmazállapotból a másikba való átmenet energiaváltozásokkal jár. További bonyodalmat okoz az, hogy a földfelszín távolról sem egyenletes — kb. 75%-át óceánok borítják, 25%-át szárazföld, de ez a szárazföld mind vízszintesen, mind függőlegesen egyenletlen.

Ebből a megvilágításból nézve, a légköri folyamatok megértésének és előrejelzésének a kérdése talán egyike azoknak a legösszetettebb problémáknak, amelyeket az emberi agynak valaha is meg kellett oldania. Így aligha lehet csodálkozni azon, hogy a fejlődés kezdetben lassú volt. Először fel kellett fedezni az alapvető fizikai és kémiai gáztörvényeket, meg kellett ismerni a gázok különböző tulajdonságait, és meg kellett tervezni az ezeket meghatározó műszereket. Ezután ki kellett dolgozni a folyadék egy forgó gömbön való mozgásának matematikai egyenleteit, és így tovább. Mindebből érthető, hogy csak a tizenkilencedik század közepén értek el olyan szintű előrehaladást ezeken a területeken, amely lehetővé tette, hogy attól kezdve a légköri folyamatokat valóban tudományos módon tanulmányozzák.

Azonban még ez sem volt elég. A meteorológia lényegében észleléseken alapuló tudomány, hamarosan szükségessé vált tehát az időjárás megfigyelésének és jelentési rendszerének megszervezése. Kezdetben az észlelések szükségképpen aránylag egyszerűek voltak, és azokra az elemekre szorítkoztak, amelyeket egy észlelő a Föld felszínén figyelhetett meg. Mint tudjuk, később új és óriási mértékben tökéletesített módszereket vezettek be a rokon tudományterületek tökéletesített technológiájának alkalmazásával.

Majd eljutottak annak felismeréséhez, hogy — mivel az időjárásai rendszerek a Föld felszíne körül haladnak s közben megváltoznak jellemző tulajdonságaik — bármely helyen, az időjárás előrejelzésének bármely tudományos munkafolyamatához olyan szinoptikus térképek szükségesek, amelyek hatalmas területen ábrázolják az időjárás. A gyakorlati használhatóság érdekében e térképeket gyorsan kellett elkészíteni, ezért szükség volt olyan eszközre, amely nagy területről késedelem nélkül gyűjtötte be az időjárásai helyzetjelentéseket. A szikratávíró volt az az eszköz, amelynek felfedezése megoldotta ezt a problémát. Ez is a tizenkilencedik század első felében volt.

Mondhatjuk tehát, hogy ez idő tájt, vagyis kb. 150 évvel ezelőtt, kezdődött el a modern meteorológia. Nem veszem igénybe idejüket az azóta végbement fejlődés minden részletének leírásával. Biztos vagyok benne, hogy valamennyien jól ismerik ezeket a tényeket. Hadd idézzem fel mégis emlékezetükben a legjellemzőbb sajátosságokat.

A huszadik század elején a meteorológia alapvető munkafolyamatában, az észlelésben a repülőgép megjelenése új eszközt jelentett, s egyidejűleg hatalmas ösztönzést adott a meteorológia fejlődésének.

A magassági szélmérésekre ekkor vezették be az egyszerű, hidrogénnel töltött ballon használatát, amelyet később a rádiószonda követett, később a rawinszonda és a radar.

Egy újabb mérföldkő a meteorológia fejlődésében, amit meg kell említenünk, természetesen a meteorológiai műhold. Ez végre az az eszköz volt, amelynek segítségével a légkört ténylegesen globális méretben és gyakori időközökben meg lehetett figyelni. Érdekes megjegyezni, hogy az első szputnyik felbocsátása idején, 1957. október 4-én (tehát több mint 18 éve) a WMO Végrehajtó Bizottsága éppen ülésezett, és ezen az ülésen már előre látni véltük az új és példa nélkül álló eszköznek a potenciális értékét meteorológiai vonatkozásban. Az azóta eltelt időszakban már az egész meteorológus közösség eljutott a felismerésig, hogy a műhold a meteorológiai észlelésekben hatalmas értékű, és azt ma már a napi, rutinszerű munkában fel is használja. Napjainkban számos jelentős tökéletesítést következett be a műholdas megfigyelési módszerekben, legfőbb példa erre az automatikus képtovábbítási rendszer (APT — Automatic Picture Transmission) és a függőleges hőmérsékleti profilokat vevő rendszer.

A műholdaknak konstans szintű ballonokkal, hordozó ballonokkal és egyéb berendezésekkel kapcsolatos használata még további megfigyelési lehetőségeket tár fel. Jóváhagytak azonfelül egy új, öt geostacionárius műholdból álló műhold-rendszert, amely hatalmas haszonnal fog járni.

Mindezek az új megfigyelési eljárások és módszerek óriási mennyiségű adatot eredményeztek, ezek ma már rendelkezésünkre állnak, és kedvezőnek mondható, hogy ezzel egyidőben jelentős előrehaladás történt az adatfeldolgozás területén is. Különösen fontos a nagy sebességű elektronikus számítógép, mint adatfeldolgozó eszköz kifejlesztése, amelyet a meteorológusok nem késlekedtek alkalmazni. Hasonlóképpen szerencsés dolog, hogy egyidejűleg figyelemre méltó előrehaladás történt a légkör fizikai-matematikai modelljeinek megszerkesztésében, úgyhogy a most rendelkezésre álló nagy teljesítményű számítógépek felhasználhatók az irányadó termo-hidrodinamikusan egyenletek integrálására, valamint a légkör viselkedésének a szimulálására és előrejelzésére. Más szavakkal, a „számszerű időjárás-előrejelzés” lehetővé vált, s ezt ma már rutinszerűen használják.

A távközlés területén szintén jelentős előrehaladás történt, sok meteorológiai központban a számítógépek használatát a távközlésben is bevezették. Tehát ezen a területen a meteorológus ismét késlekedés nélkül alkalmazta a fejlett technikát saját céljaira.

Ezek a fejlődések szükségessé tették, hogy a WMO a nemzetközi együttműködés területén – néhány évvel ezelőtt – újra felülvizsgálja és átértékelje nemzetközi szerepét és főbb programjait.

Ebből az újraértékelésből adódtak a legjelentősebb programok, a World Weather Watch-nak (WWW) nevezett új globális megfigyelési rendszer és a példa nélkül álló Globális Légkörkutató Program (Global Atmospheric Research Programme – GARP). Nem kívánok időt tölteni e programok leírásával, mivel meg vagyok győződve, hogy Önök mindannyian jól ismerik ezeket, és tisztán látják jelentőségüket.

Hála az előbb említett fejleményeknek és a nemzetközi programoknak, a légköri folyamatok új és széles körű megértése bontakozott ki, és a legutóbbi években új fény ragyogott fel a meteorológiában az előző évszázadok sötéttségét követően. Ugyanez a fény mutatott utat a megnövekedett tudásból és felismerésekből származó gyakorlati hasznokhoz, amelyekre a későbbiekben hivatkozom. Elégedjünk meg most annak megemlékezésével, hogy a meteorológia elmélete és gyakorlata az elmúlt évszázad során párhuzamosan fejlődött és ért el mindkettő arra a szintre, amelyen jelentőségüket már teljes mértékben elismerik és amelyen mindkettőt a modern nemzeti, illetve nemzetközi tudományok fontos részeként fogadják el.

Ez tehát az, amit elértünk, és ez nem is kevés.

Térjünk át most beszédem második fontos mondanéjára – a jövő elvárásaira. *De hát mi is az, amitől várunk?*

A legegyszerűbb magyarázattal a „challenge”, az elvárás-szó úgy fejezhető ki, hogy egyrészt szükséglet, amely megkívánja az eddig elért eredmények legteljesebb mértékű kihasználását, másrészt az elért és a jövőben egyre fokozódó iramú fejlődés biztosítása, a fokozódó igényeknek megfelelően.

Az utóbbi években azonban a fejlődés olyan szintű volt a világ dolgaiban, hogy szükségessé vált a további haladás útvonalának az eddiginél konkrétabb megfogalmazása. Ezek a célkitűzések olyan kérdésekkel kapcsolatosak, amelyek közvetlenül érintik a világ valamennyi országának gazdasági és társadalmi fejlődését, és az egyes országok már kinyilvánították – az Egyesült Nemzeteken keresztül, vagy más módon –, hogy elvárják a meteorológusoktól, hogy a lehető legteljesebb mértékben vegyenek részt e problémák megoldásában. Másképpen kifejezve, ma már nem az a helyzet, hogy a meteorológus felajánlja eredményeit, most a „vevő” állapítja meg, hogy mik legyenek ezek a „termékek”, és elvárja, hogy meg is kapja azokat.

E kérdés pontosabb megvilágítására valószínűleg hasznos lesz egy kicsit többet mondani azokról a világproblémákról, amelyekre már hivatkoztam, és arról, hogy mit várnak a meteorológustól.

Ismert tény, hogy napjaink legfőbb problémája, a világ növekvő népességének elegendő élelmet teremteni. Hasonlóképpen ismert tény, hogy az időjárás és az éghajlat olyan tényezők, amelyek befolyásolják a mezőgazdasági tevékenységet, akár a napról napra való műveletek, akár a fejlődés folyamán való termésbecslés, akár a mezőgazdasági programok hosszú távú tervezése szempontjából. Az Egyesült Nemzetek Szervezete már felkérte a WMO-t, hogy tegyen lehetővé minden segítséget e probléma megoldásában. Az ez év elején tartott WMO-kongresszus pozitív választ adott erre a felkérésre. Az agrometeorológia nem új tudomány, de az e területen folyó kutatásokkal kapcsolatban nagyobb erőfeszítésekre van szükség, ma már felismert nagyszámszerűségű megfigyeléssel kell végezni a munkát.

A pusztító szárazság, amely az utóbbi években igen nagy területeket sújtott (különösen a Frikának a Szudán-Szahéliai övezetben), és a hasonlóképpen pusztító, óriási károkat okozó árvizek sok országban újabb és újabb segítségkérést váltottak ki e kérdések meteorológiai okainak tisztázására. A trópusi ciklonok és más viharok okozta halálesetek és a pusztulás, amely egyes országokban elérte a nemzeti összjövedelem 1%-át is, szükségessé teszi, hogy tökéletesít-

sék a veszélyjelentő szolgálatot, és minden lehető intézkedést megtegyenek az okozható kár csökkentésére. Mindezekben a területeken egyre fokozódik a meteorológusok tevékenysége.

Ehhez kapcsolódóan kell beszámolnom arról, hogy már ráébredt a világ lelkiismerete arra, hogy az ember természetes környezetét védeni kell, és szembe kell nézni a már felmerült sokrétű környezeti problémákkal. Sok területen van a meteorológusnak különös felelőssége, főképpen a légszennyeződés és az épületklimatológia területén. Egyes légszennyező anyagok a magaslégköri ózonképződés természetes folyamatát befolyásolják vagy befolyásolhatják, ma ennek vizsgálata nagy figyelmet szentelnek az ózonvédelemmel foglalkozó kutatók.

Minden ország szakemberei felismerték, hogy a megfelelő vízkészlet hozzáférhetősége lényegében valamennyi emberi tevékenységre kihatással van, és nem utolsósorban az ipari tevékenységre. Ez a felismerés szükségessé tette, hogy a legnagyobb gondot fordítsák a világ természetes vízkészleteinek körülméktől és racionális felhasználására.

Még soha nem ismertük fel ilyen teljes mértékben azt a szükségszerűséget, hogy többet tudjunk az időjárás mesterséges befolyásolásának lehetőségeiről, vagy hogy eldöntsük, hogy az éghajlati változások valóban olyan időmértékben történnek-e, amelyek kapcsolatba hozhatók a ma fennálló problémákkal.

A meteorológiának a repülésben és a hajózásban való hagyományos alkalmazásakor szintén új szemléletnek kell érvényesülnie – és így tovább.

Mindezek a tevékenységek, s még egyebek is, amelyeket nem említettem, kisebb-nagyobb mértékben kihatnak a világ minden egyes országának gazdasági és szociális fejlődésére – sőt olyan alapvető fontosságúak, hogy mintegy kényszerítik a meteorológust annak biztosítására, hogy teljes mértékben vegye ki a részét e tevékenységek támogatásában és ezáltal az említett világproblémák megoldásában. Ez is tehát egy másik szempont az elvárások tisztázására, amelyekkel ma a meteorológia és a meteorológus szembenáll.

Mit lehet tenni annak érdekében, hogy az elvárás ebben az értelemben kielégítést nyerjen, és pedig sikeresen? Az új felelősségek nyilvánvalóan nagymértékben tökéletesített meteorológiai tájékoztatást és szolgáltatást kívánnak meg mind nemzeti, mind nemzetközi síkon, ez viszont két alapvető követelményhez vezet.

Először, teljes mértékben hasznosítani kell a meglévő meteorológiai szaktudást és tájékoztatást, minden formájában. Ez azt jelenti, hogy minden egyes nemzeti meteorológiai szolgáltatónak biztosítania kell, hogy teljes mértékben tájékozott legyen a meteorológiai tudomány jelenlegi állásáról, és hogy ezt a tudást a legmodernebb eljárások és módszerek felhasználásával hasznosítsa. Más szóval, minden egyes országnak biztosítania kell egy jól képzett tudósokból és technikusokból álló, valamint modern műszerekkel és berendezésekkel felszerelt igen fejlett meteorológiai szolgálatot. A WMO természetesen fontos szerepet fog játszani e követelmény nemzetközi szempontjainak elérésében. Ezzel kapcsolatban azok a programok, amelyeket a WMO dolgozott ki, hogy általuk támogassa a rászoruló tagállamokat, és így módon nyújtson segítséget, különös fontosságot nyernek. Figyelembe véve a már elért előrehaladást és az elfogadott WMO-programokat, minden ok megvan arra, hogy az első követelményt teljesíthetőnek véljük.

A második követelmény az, hogy lépéseket tegyünk a légköri folyamatok alapismereteinek a gyarapítására és kiterjesztésére, hogy lehetővé váljék, hogy azok a szolgálatok, amelyeket az imént említettem az első követelménynél, folyamatosan fejlődjenek és tökéletesedjenek. Ez természetesen azt jelenti, hogy széles körű meteorológiai kutatásra kell vállalkozni. Itt ismét okkal lehetünk optimisták, és pedig azért, mert azok a meteorológiai vonatkozású fejlődések, amelyekre hivatkoztam, lehetőséget szolgáltattak – először az emberiség történetében – valóban világméretű alapkutatási programok végzésére. A világ meteorológusai felismerték ezt, és ezzel kapcsolatban a legjelentősebb fejlődés a Globális Légkörkutató Program (Global Atmospheric Research Programme – GARP), amelyet nemrég indítottak el a WMO és az ICSU (Tudományos Egyesületek Nemzetközi Tanácsa) közös vállalkozásában. Ily módon a tudósok – legyen az a nemzeti szolgálatok vagy egyetemek, vagy kutatóintézetek szolgálatában – egyesíthetik erőiket a hatalmas és még soha nem látott tudományos kutatási program tervezésében és végrehajtásában.

Az idő nem engedi meg, hogy részletesen ismertessem ezt a programot, de biztos vagyok abban, hogy Önök mindnyájan figyelemmel kísérték azokat a jelentős és érdekfeszítő fejleményeket, amelyek e területen bekövetkeztek. Valóban a magyar hatóságok és tudósok GARP iránti érdeklődését mutatja az a tény is, hogy a GARP Közös Szervező Bizottságának fontos ülését itt Budapesten rendezték meg az elmúlt évben.

A GARP tehát igen jó úton halad, hogy eleget tegyen egy rendkívül megnövekedett igényű kutatási erőfeszítésnek. Ezzel természetesen nem azt akarom mondani, hogy a GARP az egyetlen szükséges kutatási program. Mind nemzeti, mind nemzetközi szinten igényelnek más szempontú kutatásokat is. A WMO által nemrég jóváhagyott „Időjárás-módosítási program” példája egy olyan területnek, amelyen maga a WMO tervez egy nagyobb méretű nemzetközi kísérletet. Hosszú sora van még az olyan további témáknak, amelyekhez meteorológiai alapkutatások szükségesek – a második követelmény kielégítésére –, de számtalan olyan terület is van, amelyen a

meteorológiai alkalmazás lehetőségének kutatása szükséges, hogy eleget tehesünk az első követelménynek, amelyre előzőleg hivatkoztam – tehát óriási a feladat a rendelkezésre álló emberi erővel és anyagi forrásokkal.

Bármilyen óriási is azonban ez a feladat, jó okunk van rá, hogy bizalommal álljunk elébe. Először is azért, mert a meteorológia kapcsolata a gazdasági és szociális előrehaladással, a mai modern világban már széleskörűen elismert, és a felmerülő problémák túlságosan jelentősek ahhoz, hogy megoldatlanul maradjanak. Minden reményünk megvan tehát arra, hogy higgyünk a meteorológiának nyújtandó szükséges támogatásban mind nemzeti, mind nemzetközi szinten, mégpedig a közeljövőben. Az a ténylegesen pozitív és lelkes támogatás, amelyet tulajdonképpen valamennyi ország megad a WMO-programoknak, tudomásulvétele és tanújele azon elképzeléseiknek, hogy most nagyobb megfigyelési és kutatási erőfeszítésre van szükség.

A meteorológussal szemben a jövő tehát nagy „elvárás”-nak tekinthető – mégpedig egy érdekesítő és ösztönző elvárásnak, mert az már remélhetőleg olyan korszak lesz, amelyben már rendelkezésre állnak olyan módszerek és eljárások, amelyek arányban állnak az előttünk álló tudományos feladattal.

Minden nemzeti meteorológiai szolgálat vagy intézet számára a jövő szintén elvárást jelent. Olyan elvárást, hogy a legteljesebb mértékben használja fel a meglévő meteorológiai tudást és módszereket, hogy gyakorlati támogatást és hasznot nyújtson a gazdasági és szociális fejlődésnek, és ugyanakkor magasabb szinten folytassa kutatási munkáját.

Azok számára viszont, akik felső szintről irányítják a meteorológia és a meteorológusok ügyét, a jövő egy másfajta elvárást jelent. Ez pedig az, hogy a jelenlegi pénzügyi és egyéb nehézségek ellenére – ami ma sok országot érint – biztosítsák azt, hogy sokkal nagyobb erőket lehessen koncentrálni a meteorológia területén mind nemzeti, mind nemzetközi szinten. A meteorológia máris sok szolgáltatást nyújt; az alkalmazott kutatás tökéletesebb szolgáltatásokat fog nyújtani a közeljövőben; az alap kutatás viszont a távolabbi jövőben fog igen jelentős mértékben tökéletesített szolgáltatásokat nyújtani. Láthatjuk, a nagy erőfeszítés mindhárom területen indokolt, mert az időjárás uralkodó tényező valamennyi nép életében, és meghatározó körülmény valamennyi ország boldogulásában; az időjárás, ne felejtjük el, mindig velünk van, és mindig velünk lesz.

Ezzel befejezem a ma délelőtti beszédemet – de szeretnék még egyutolsó gondolatot hozzá tenni.

Megjegyzéseimben nem hivatkoztam a Magyarországon végbement meteorológiai fejlődésekre, elért eredményekre, sem arra a fontos szerepre, amelyet Magyarország töltött be – és még ma is betölt – a nemzetközi meteorológiai tevékenységben. Ami a nemzeti szintű meteorológiai munkát illeti, azt – úgy gondolom – Önök jobban ismerik, mint én.

Ami viszont a nemzetközi szintű aktivitást illeti, Magyarországgal teljesítménye igazán kiemelkedő; és ezt mindenütt a világban elismerik és méltányolják. Hadd említsék meg röviden néhány példát arra, hogy milyen kimagasló teljesítményt nyújt Magyarország a WMO tevékenységében.

Először is *Czelnai* professzor a kiváló fiatal tudós, ma az Európai Regionális Asszociációnak (RAVI) elnöke, s ebből kifolyólag a Végrehajtó Bizottság tagja. Ezenfelül igen valószínűnek látszik, hogy az Európai Asszociáció következő ülését Budapesten tartják meg a jövő évben. Számos magyar meteorológus és hidrológus munkálkodik a WMO különböző bizottságaiban és szakértői csoportjaiban. A WMO Európai Éghajlati Atlaszát Magyarországon szerkesztették és nyomják, és a sokszorosítás igen színvonalas.

Magyarország egyike a világ országai közül kiválasztott négy országnak, amelyek tanulmányokat végeznek a ráfordítás/haszon viszonyra vonatkozóan a meteorológiai szolgáltatások területén.

Magyarország támogatja az Észak-Atlanti Óceáni Állomás (NAOS) terveit is.

Magyarország egy regionális légszennyeződési állomást létesített, eleget téve a WMO e területre vonatkozó globális programjának.

A hidrológia és a vízi erőforrások kutatási területén – amelyek ma már fontos részét képezik a WMO tevékenységének – a nemzetközi együttműködés eredményei nem kevésbé jelentősek.

Például a WMO egyik, „A főbb hidrometrikus műszerek összehasonlítása” tervében a magyar vízügyi hatóságtól *Dr. Starosolszky* vezető szerepet játszik.

Továbbá Magyarországon az árvíz-előrejelzés és az árvízkárokat követő segélyezés magas szintű helyzete vezette a WMO-t a magyar szakértőkhöz, akik kiemelkedő szerepet töltenek be az árvízkarok elhárításával, illetve enyhítésével kapcsolatos WMO-tanulmány elkészítésében. És ezen a vonalon még sokáig haladhatnak tovább. Ideje azonban, hogy előadásomat befejezzem.

Beszédem címe: „*A meteorológia vívmányai és megoldásra váró feladatai*” volt, nem tudnék jobb módot találni a befejezésre, mint hogy megmondjam, Magyarországgal mindent megtett az elért eredmények érdekében, és jól felkészült arra, hogy eleget tegyen az elvárásoknak. Mindazoknak, akik Magyarországon ezen a területen dolgoznak, sok sikert és örömet kívánok munkájukhoz az elkövetkezendő években.

(Ford.: *Békeffy Józsefné*)

A léghőri folyamatok statisztikus modellezése*

CZELNAI RUDOLF, Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest

Statistical Modelling of Atmospheric Processes. The present status and prospects of the statistical modelling of atmospheric processes are discussed in point of principle. The background is drawn up by a summary of the philosophical implications of the *deterministic conception* and of certain basic principles of *scientific modelling*. More detailed consideration is given to a statistical modelling procedure applied to a usual Newtonian physical representation of an atmospheric process. It is suggested that in these cases the potentialities of the statistical modelling are exceedingly limited by conceptual reasons. The conclusion is drawn that for lifting these barriers it would be necessary to develop a new conceptual system and physical representation, more suitable for the purposes of statistical modelling.

*

Статистическое моделирование атмосферных процессов. В работе анализируются теоретические вопросы и перспективы статистического моделирования атмосферных процессов, в связи с философским содержанием *концепции детерминизма* и принципами *научного моделирования*. Автор указывает, что возможности статистического моделирования, исходящего из ньютоновской физической модели, являются ограниченными; необходимо создание новой системы понятий и представлений более удобной с точки зрения статистического моделирования.

*

Az utóbbi két-három évtizedben előtérbe kerültek a meteorológiai alap kutatás olyan ágai, melyekben a *Kolmogorov* (1933) által megalapozott modern valószínűségelmélet és vele összefüggő *statisztikus modellezés* lényeges, vagy éppen meghatározó szerepet játszik. E kutatások a léghőri „tömegeseményekhez” kapcsolódnak, pontosabban a léghőri mozgások és fizikai átalakulások olyan rendszereihez, amelyeknek objektív meghatározottsága nemcsak egyedi lefutásuk törvényszerűségeiben, hanem *tömeges viselkedésük* sajátos törvényszerűségeiben is megmutatkozik. Tipikusan ilyenek a léghőri turbulencia jelenségei, a sugárzási folyamatok, és pl. a határreteg anyag- és energiacsere folyamatai; de kisebb-nagyobb mértékben ilyennek tekinthetők a többi léghőri folyamatok is. Ezek statisztikus modellezése terén ma rohamosan bővülő s metodikailag szerteágazó kutatások folynak; az élesen specializált közlemények áttekintése egyre nehezebbé válik; viszont az alapvető kérdésekről ritkán esik szó.

Ebben a helyzetben — úgy véltük — hasznos lehet a statisztikus modellezés léghőrkutatásban elfoglalt helyének és jövőbeli perspektíváinak általános szempontú megtárgyalása. Az erre vonatkozó anyag összeállításánál úgy találtuk, hogy a probléma hátterének megvilágítása érdekében olyan kérdéseket is tárgyalnunk kell, amelyek a szakmai filozófia szféráiba nyúlnak át.

E kérdések a *statisztikus törvényekkel* és a *determinizmus koncepcióival*, továbbá a *tudományos modellezés* alapelveivel kapcsolatosak és vázlatos áttekintésük főként az alábbi két okból indokolt:

Egyrészt az olyan szavak és kifejezések használata terén, mint: „modellezés”, „statisztikus törvény”, „statisztikus modell”, „dinamikus modell” stb., nagyfokú bizonytalanság uralkodik és még az sem mindig világos, hogy egy-egy szerző milyen értelemben használja pl. a „determinizmus” és a „kauzalitás” kifejezéseket. Ezek rendbetétele alapvető szakmai érdek.

* A meteorológiai tudományos napokon, 1975. nov. 12-én elhangzott előadás.

Másrészt a determinizmus koncepciónak, valamint a dinamikus és statisztikai törvények problémáinak filozófiai távlatból való áttekintése rávilágíthat a jelenleg uralkodó szakmai felfogások *viszonylagos* voltára. Az ilyen áttekintés felhívhatja a figyelmet olyan új utakra – pontosabban olyan elvi lehetőségekre –, amelyek a jövőben a statisztikus modellezés minőségileg új alkalmazását tehetik lehetővé.

Az első kérdés tehát a *determinizmus* fogalmának tisztázása, mely számunkra a *dinamikus* és *statisztikus* módszerek viszonyának megítélése szempontjából kulcsfontosságú. Ezzel kapcsolatban, mint majd látni fogjuk, teljesen eltérő interpretációk vannak forgalomban.

Az általunk elfogadott rendező elv a következő: *a tudomány által feltárt dinamikus és statisztikus törvények egyaránt, és egymást kiegészítő módon az anyagi világ objektív és általános determináltságát tükrözik*. A különbség közöttük az, hogy *a dinamikus törvények az egyes jelenségekre, a statisztikus törvények viszont a jelenségek együtteseire (ill. sokaságaira) vonatkoznak*. Tehát a *dinamikus törvények* alkalmazása révén prognosztizálható az egyes jelenségek konkrét lefolyása, míg a *statisztikus törvények* segítségével csak azt lehet előre jelezni, hogy a leírt jelenségek *általában* hogyan fognak végbemenni, illetve, hogy bizonyos események bekövetkezésének mekkora a valószínűsége.

A dinamikus törvények csoportjába sorolható pl. a *klasszikus fizika* törvényeinek rendszere, mégis hibás volna azt állítanunk, hogy ez a két kategória azonos. A *newtoni* mozgástörvények az általános meghatározottságnak csak bizonyos – elemi kölcsönhatásokra visszavezethető – oldalait tükrözik. Ezért elvileg nem zárhatjuk ki tőlük eltérő típusú dinamikus törvények feltárásának lehetőségét. A meteorológia tudománya kétségtelenül igényelné is az ilyen irányú fejlődést.

A *newtoni* mechanikával összefüggő másik terminológiai és fogalmi probléma, hogy ennek törvényeit nemritkán a *kauzális* (okszági) törvények alapvető típusának tekintik (pl. *Wiener*, 1948) s ezáltal egyrészt kizárják, hogy *statisztikus törvények* is tükrözhetnek oksági összefüggéseket, másrészt elködösítik azt a tényt, hogy maguk a *newtoni* mozgástörvények nem is kauzálisak a szó szoros értelmében (*Fodor*, 1972).

Gyakran előfordul továbbá, hogy a *kauzalitást* a *determináltsággal* azonosítják, a statisztikus összefüggéseket az oksági összefüggések alternatívájának tekintik, determináltságon a *klasszikus mechanikai* értelemben vett determináltságot értik, és a dinamikus modelleket nemegyszer determinisztikusnak is nevezik, amiből következően a statisztikus modelleket indeterminisztikusnak minősítik.

A vázolt terminológia olyan fölfogást tükröz, mely lényegében azonosítható a XVIII. századi *mechanisztikus determinizmus* koncepciójával, amely a természettudományok területén főként *Laplace* nevéhez kapcsolódva vált általánosan elfogadottá. Ez a *newtoni* mechanikára támaszkodó fölfogás a meghatározottságnak csak egyfajta formáját ismerte el: az ún. „mechanikus kauzalitást”, a bonyolult mozgásokat az egyszerű mozgások összetételeként tárgyalta, minden *elemi kölcsönhatásokra* vezetett vissza, ezeket viszont teljesen egyértelműnek tekinthette, hiszen az alapelemekként kezelt „kiterjedés nélküli tömegpontok” csak egyfajta mozgásra és egyfajta kölcsönhatásra lehettek képesek.

E koncepció, mely a *törvényt* a *szükségszerűvel* azonosította, eleve nem értelmezhető helyesen a statisztikus törvények szerepét. Nem arról van szó, hogy e fölfogás hívei a statisztikus módszerek alkalmazását eleve kizárták volna, hi-

szen a valószínűségszámítás terén éppen *Laplace* végzett úttörő munkát. Az viszont tény, hogy a statisztikai módszerek szerepét szűken értelmezték: valamely kísérlet kimenetelének véletlenszerűsége szerintük csak abból származhatott, hogy az összes körülményt, feltételt és hatást nem tudták vagy nem akarták teljes részletességgel számításba venni. Következésképpen a statisztika feladatát is csak az *ilyen* eredetű véletlen ingadozások elemzésében és behatárolásában látták. Ebbe a koncepcióba tehát elvileg sem fért bele az, ami pl. a kvantummechanikában alapvető, vagyis: hogy *létezhetnek* olyan törvényszerűségek, amelyeknek az elemi eseményekhez nincs közük, az események sokaságára viszont szigorúan érvényesek.

A mechanisztikus determinizmus „világképe” a természettudományok körében a XVIII. századtól a XX. század elejéig uralkodott. *Jordan Károly* például 1904-ben a valószínűségszámítás meteorológiai alkalmazásáról írt cikkét az alábbi mondatokkal vezette be:

„*Laplace* állította először, hogy minden levegő- vagy gőzmolekula útja épp oly biztosan van előre meghatározva, mint a bolygók pályái. Az egyedüli különbség a kettő közt csak az, hogy míg ezek törvényeit már ismerjük, az előbbiekéről legfeljebb csak sejtelmeink vannak. Az egész természettudomány ma ezt vallja . . .” (*Jordan*, 1904).

Tényként állapítható meg, hogy bár a fizika területén a klasszikus mechanikai fölfogás egyeduralma a relativitáselmélet és kvantummechanika kialakulásával a húszas évek végére megszűnt, a meteorológusok álma a következő évtizedekben is a légköri folyamatok *newtoni* értelemben vett leírása maradt. Voltak, akik *Laplace* eszméiből azt a következtetést vonták le, hogy az időjárás abszolút pontosságú előrejelzése elvileg lehetséges, sőt valamikor a jövőben gyakorlatilag is megvalósítható lesz. Őket nevezték *deterministáknak*; *indeterministáknak* pedig – mint *Róna Zsigmond* (1934) egyik vitacikkéből kiderül –, azokat, akik azt vallották, hogy a véletlenszerűség az időjárási folyamatokhoz elválaszthatatlanul hozzátartozik. (*Róna Zsigmond* az utóbbiakhoz húzott).

Ebből kiderül, hogy a *mechanisztikus determinizmus* elveit követő meteorológusok determináltságon *nem* a légköri folyamatok tényleges – ismereteinktől független – meghatározottságát értették (ami jogos és helyes lett volna), hanem a folyamatok *newtoni* értelemben vett teljes leírásának lehetőségét és pontos előrejelezhetőségét posztulálták. Azt az óriási elvi hibát követték el, hogy a légkört gondolatban azonosították annak klasszikus fizikai modelljével – azután elismerték, hogy e *modell* törvényeit még nem teljesen ismerik –, azt azonban nem kérdezték, hogy vajon a légkör megfelel-e ennek a modellnek; hogy vajon a légköri folyamatok is ugyanúgy lebonthatók-e elemi kölcsönhatásokra, mint ahogy a klasszikus fizikai modell folyamatai a definíciókból következően lebonthatók.

Sajnálatos tény, hogy e szakmai filozófiakritikáját a meteorológusok eddig nem dolgozták ki, hanem megelégedtek azzal, hogy a légköri folyamatok abszolút pontosságú leírásának és előrejelzésének *gyakorlati* kivihetlenségét hangsúlyozzák. E kérdést általában kizárólag „megfigyelési” vagy „információs” problémának tekintették (*Godske*, 1966).

Ilyen praktikus szempontú okfejtéseket a megfigyelő hálózatok racionális tervezésével foglalkozó szakirodalomban bőven találhatunk, most mégis a nem meteorológus *Norbert Wienert* idézzük, aki a következőket írja:

„. . . a meteorológiában az érintett részecskék száma olyan hatalmas, hogy kiindulási pozícióik és sebességeik pontos rögzítése teljesen lehetetlen: s ha még ez, valamint e részecskék jövőbeli pozícióinak és sebességeinek kiszámítása meg

is történe, eredményül semmit sem kapnánk, csak egy áthatolhatatlan szám-tömeget, amely radikális átértelmezést igényelne, mielőtt bármi hasznát vehetnénk. Az ilyen kifejezések mint „felhő”, „hőmérséklet”, „turbulencia” stb., nem különálló fizikai helyzetekre vonatkoznak, hanem a lehetséges helyzetek eloszlásaira, amelyekből esetenként egy-egy aktuális helyzet megvalósul. Ha a világ összes meteorológiai állomásainak minden megfigyelési adatát összegyűjtenénk, még billiomod részét sem kapnánk annak az adatmennyiségnek, mely a légkör tényleges állapotának *newtoni* értelemben vett leírásához szükséges volna. Ezek a megfigyelések csak bizonyos konstansokat szolgáltatathatnának, amelyekhez végtelen sok különböző légkör volna rendelhető és legfőképpen azt várhatnánk, hogy bizonyos a priori feltételezésekkel kombinálva, valószínűségi eloszlások formájában adnának valamilyen mértéket a lehetséges légkörök halmazára vonatkozóan. A *newtoni* vagy bármilyen más kauzális (!) törvények rendszerét használva, a legtöbb amit előre jelezhetünk, a rendszer állandóinak valószínűségi eloszlása, s az idő múlásával még ez az előrejelezhetőség is elenyésczik.” (*Wiener*, 1948).

Ehhez a megállapításhoz, amely a kérdés gyakorlati oldalát felülmúlhatatlan pontossággal jellemzi, hozzátehetjük, hogy a gyakorlati akadályokon kívül vannak elvi akadályok is a teljes részletességű dinamikus leírás és előrejelzés útjában. Elegendő talán, ha a légköri makroturbulencia egyes problémáira, a különböző skálájú mozgások nem-lineáris kölcsönhatásaira, és az ún. „negatív viszkozitás” *Starr* (1968) által leírt jelenségére utalunk. Az elméleti meteorológiai kutatás igen fontos feladata volna ezeknek az elvi akadályoknak a feltárása és elemzése. Azonban az ilyen vizsgálatok végrehajtásához az *elméleti modellek és a valóság sokoldalú összehasonlítására volna szükség*, és ezzel a feladattal a modellezési problematika mainál sokkal tudatosabb kezelésének igénye is együtt járna.

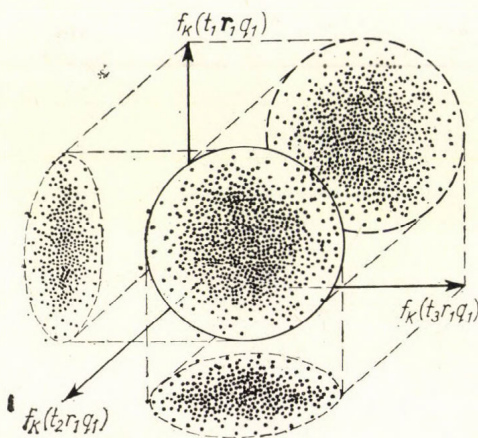
A mai helyzetre sajnálatosképpen jellemző, hogy sokszor még a modellezés ténye sem tudatosul: sok kutató nem is gondol arra, hogy amit éppen vizsgál, az nem a valóságos légköri folyamat, hanem csak a modell. Ezért nem lehet eléggé hangsúlyozni, hogy a tudományos modellezés egészen általános módszer, amely szinte elkerülhetetlen velejárója minden meteorológiai kutatásnak. E módszer lényege, hogy a vizsgálandó jelenség, folyamat, vagyis *eredeti objektum* tanulmányozása egy másik, az előbbivel meghatározott viszonyban levő *közbenső objektum* kutatása útján valósul meg (*Gulyás*, 1973). Ezt a közbenső objektumot nevezzük *modellnek*, melyre az adott kutatási periódus műveletei irányulnak, s melynek tanulmányozása révén az eredeti objektumról, pl. légköri folyamatról — feltehetően — új ismeretet kapunk.

A félreértés — mely nem ritka — rendszerint abból ered, hogy egy modell segítségével módunk van a valóságot olyannak képzelni, mintha annak csak a modellben leírt oldalai léteznének. E hiba elkövetését megkönnyíti, hogy az elvonatkoztatás gyakran több lépcsős: az eredeti objektum modelljének a modelljével dolgozunk, más tudományoktól készen átvett elméletet építünk be modellünkbe, vagy ilyen elméletet tekintünk eredeti objektumnak és azt modellezzük. Így kevésbé tudatosul, hogy nemcsak a matematikai leírásmód, hanem maga a modell is, amelyre az előbbit vonatkoztatjuk, azon kívül, hogy nem teljes, közelítő és egyoldalú — még önkényes is abban az értelemben, hogy nem foglalja magában az eredeti objektumra vonatkozó minden ismeretünket, hanem csak azokat, amelyeket a modell megalkotásakor fontosnak ítélünk (*Fodor*, 1972).

E kérdések konkrétabb megvilágításba kerülnek, ha a *légköri folyamatok statisztikus modellezésének* problémáit és szokásos gondolatmenetét vizsgáljuk. Célszerű eleve abból kiindulnunk, hogy az ilyen feladatok esetében általában *többlépcsős* modellezési műveletekről van szó. Nézzünk tehát példaképpen egy *többlépcsős* statisztikus modellezési feladatot, amelynek *első szintjén* arról születik döntés, hogy az *eredeti légköri folyamat* kutatott tulajdonságait m -számu f_q ($q = 1, \dots, m$) állapotjelző

$$f = f(t; \mathbf{r}; q = 1, \dots, m) \quad (1)$$

alakú időbeli és térbeli rendszerével kívánjuk modellezni.



1. ábra

Ennek a *fizikai modellnek* a paraméterei az idő (t), a térbeli vektor-koordináta (\mathbf{r}), és a kiválasztott állapotjelzők címkéi (q).

Legyen a modellezés *második szintje* pl. az előbbi fizikai modell diszkrét reprezentációjára való áttérés. Ennek az áttérésnek fontos gyakorlati oka lehet, hogy pl. csak diszkrét megfigyelések állnak rendelkezésünkre, vagy a feladat számítástechnikai végrehajtását egyszerűsíteniünk kell.

Ebben a lépésben tehát a fizikai modellt az

$$f = f(t_i; \mathbf{r}_j; q = l) \quad \begin{matrix} i=1, \dots, n_t \\ j=1, \dots, n_r \\ l=1, \dots, m \end{matrix} \quad (2)$$

alakban írható diszkrét reprezentációval közelítjük.

Ahhoz, hogy egy ilyen modellt statisztikai szempontból tárgyalhassunk, úgy kell azt elképzelnünk, mint egy tetszőlegesen sokszor ismételhető kísérlet lehetséges kimeneteleinek egyikét, és össze kell gyűjtenünk a *mintát*, vagyis az adott kísérlet többszöri ismétléséből származó kimenetek (ill. *realizációk*) kellő számosságú együttesét. Ezt tekinthetjük a modellezés *harmadik szintjének*.

A fizikában egy kísérlet sokszori ismétlése általában nem okoz nehézséget, a meteorológiában azonban igen, s ezért itt a realizációk együttesét csak úgy tudjuk előállítani, hogy a „légkör által végrehajtott spontán kísérletek” *múltban* megfigyelt realizációit *osztályozzuk*, más szóval — bizonyos körülmények és feltételek azonossága alapján — összeválogatjuk azokat, amelyek szerintünk azonos „kísérlethez” tartoznak.

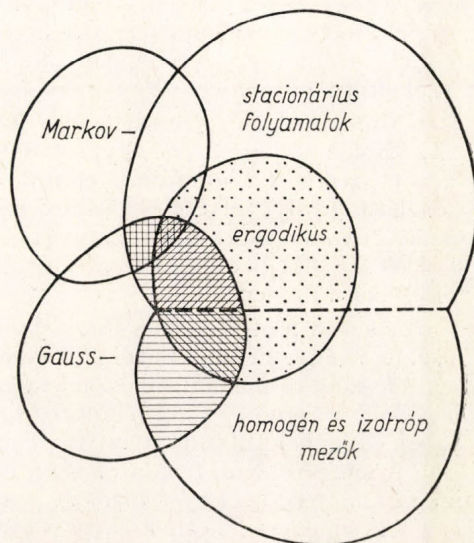
Az így kapott:

$$f_k = f_k(t_i; \mathbf{r}_j; q = l) \quad \begin{matrix} i=1, \dots, n_t \\ j=1, \dots, n_r \\ l=1, \dots, m \\ k=1, \dots, n_t \end{matrix} \quad (3)$$

realizációk együtteséről feltesszük, hogy az egy *statisztikai* minta a hipotetikus, diszkrét

$$\xi = \xi(t_i; \mathbf{r}_j; q = l) \quad \begin{matrix} i=1, \dots, n_t \\ j=1, \dots, n_r \\ l=1, \dots, m \end{matrix} \quad (4)$$

sztochasztikus folyamatra nézve. Ennek az utóbbinak *statisztikai leírásán* elvileg



2. ábra

azt értjük, hogy a ξ sztochasztikus állapotjelző $(n_t, n_r, m) = N$ -dimenziós valószínűségi eloszlására vonatkozóan becslést állítunk elő a rendelkezésünkre álló minta alapján. Az így becsült N -dimenziós valószínűségi eloszlást a ξ sztochasztikus folyamat ún. *mintatérében* ábrázolhatjuk. Ebben az N -dimenziós mintatérben minden egyes realizációt egyetlen pont reprezentál és a különböző realizációk „pontjai” halmazz képeznek. A folyamat valószínűségi törvényszerűségeinek leírásán e ponthalmazon értelmezett *mérték* meghatározását értjük melynek azt kell kifejeznie, hogy a pontok hogyan oszlanak el, mennyire sűrűsödnek vagy ritkulnak a mintatér bizonyos részén, vagyis mekkora valószínűséggel esnek annak adott tartományába. Az 1. ábrán példaként a mintatér háromdimenziós altereinek egyikét mutatjuk be.

Az absztrakció *negyedik* s egyben itt tárgyalt utolsó *szintje*, amikor a mintatér leírásának egyszerűsítése érdekében különféle a priori feltételezéseket vezetünk be. Ez konkrétan úgy történik, hogy a ξ sztochasztikus folyamatot egy megfelelő *elméleti sztochasztikus folyamatmodellel* közelítjük, és ily módon az utóbbira vonatkozó a priori feltételeket alkalmazzuk. (Az ilyen egyszerűsítések egyik kitűnő példája a turbulencia *Kolmogorov*-féle hasonlósági elmélete, melyben a turbulens folyamatok bizonyos törvényszerűségeinek leírása néhány konstans értékének empirikus meghatározására egyszerűsödik.)

Könnyen beláthatjuk, hogy pl. az (1) formula szerinti fizikai modellek statisztikus törvényszerűségeinek feltárása egészen radikális egyszerűsítéseket követel. Gondoljunk arra, hogy egy (dinamikus modellek esetében szokványos) 50×50 horizontális rácspontról álló, 4-szintes, 5 állapotjelzőre és 50 időpontra kiterjedő modell statisztikus leírásával kapcsolatban két és fél millió dimenziós mintateret kapnánk. Ebben pl. csak az 1. ábrán bemutatott háromdimenziós alterek száma 10^{18} nagyságrendű volna.

Az említett – statisztikus szempontból „heterogén” – fizikai modellt tehát – eszközeink fogyatékoságának figyelembevételével – mindenekelőtt fel kell bontanunk olyan „homogén metszetekre”, amelyekhez az ismert és jól kidolgozott elméleti sztochasztikus folyamatmodelleket hozzáilleszhetjük. Ilyen „metszet” pl. egy adott állapotjelző rögzített helyen végbemenő időbeli változása, vagy rögzített időpontban megfigyelt területi eloszlása stb.

E „metszetek” elméleti közelítése terén néhány sztochasztikus folyamatmodell kitüntetett szerepet játszik. Ezek egymáshoz való viszonyát a 2. ábra érzékelteti.

Amint látható, a legátfogóbb kategóriát a *stacionárius folyamatok* képezik. Ezekben olyan $\xi(t)$ egyparaméteres, skalár- vagy vektorértékű, időbeli sztochasztikus folyamatokat értünk, amelyeknek egydimenziós valószínűségi eloszlásai (és így $M \xi(t_1)$ várható értékei is) minden t_1 időpontban azonosak, összes további véges-dimenziójú (véges számú időponthoz tartozó) valószínűségi eloszlásaik pedig csak az érintett időpontok egymáshoz viszonyított különbségétől függenek.

A másik fontos típus a *Gauss-féle folyamatok* kategóriája, amely az előbbi részben átfedi. E folyamatoknak az a jellemzője, hogy összes véges valószínűségi eloszlásaik normális eloszlások, melyek analitikusan jól kezelhetők, a várható-érték függvény és kovariancia-függvény segítségével egyértelműen megadhatók, és elméletük általában véve jól kidolgozott.

A meteorológiai feladatok szempontjából különleges figyelmet érdemelnek még az ún. *ergodikus folyamatok*, amelyek a stacionaritás összes feltételeit kielégítik, emellett lehetnek gaussiak is, de ezen túlmenően a fontos tulajdonsággal is rendelkeznek, hogy várható-érték függvényük és kovariancia-függvényük egyetlen realizáció alapján is becsülhető.

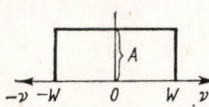
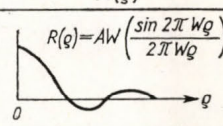
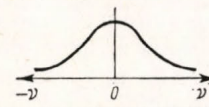
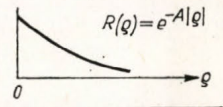
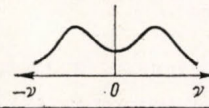
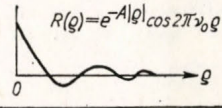
Egyszerűen kezelhető struktúrájuk miatt további hasznos osztályt képeznek a *Markov-folyamatok*, amelyekre az jellemző, hogy ha ismerjük a folyamat állapotát egy adott pillanatban, akkor a korábbi állapotokat már nem kell a prognózis céljából ismernünk, mert a belső struktúrából nyerhető információ mindig tovább gördül és az utolsó állapotban összpontosul.

Az eddigiekben áttekintett – egymást részben átfedő – folyamatmodellek mind *egyparaméteres* sztochasztikus folyamatokra vonatkoztak. A „folyamat” szó eredeti értelmében ezeket csak az idő dimenziójában képzelhetnénk el, azonban *matematikai leírásukat* minden további nélkül alkalmazhatjuk térben vagy bármilyen más absztrakt dimenzióban reprezentált sztochasztikus függvényekre. Így juthatunk el az ún. *homogén és izotróp mezők* fogalmához.

A *homogenitás* és *izotrópia* lényegében azt jelenti, hogy egy ilyen többparaméteres folyamat vagy mező összes véges valószínűségi eloszlásai *invariánsak* mindenféle *transzlációval* és *rotációval* szemben. (Ha a mező *gaussi*, akkor a homogenitás és izotrópia feltételeit elegendő az „egydimenziós” és „kétdimenziós” valószínűségi eloszlásokra előírni.)

A *homogén és izotróp turbulencia* elméletének kidolgozásához *A. N. Kolmogorov* (1933, 1941) munkái teremtették meg az alapokat, tehát ennek me-

teorológiai alkalmazásáról csak a *negyvenes évektől* beszélhetünk. Ettől kezdve azonban számos alapkutatás-szintű munka jelent meg, amelyek — mint pl. *A. M. Obuhov* (1941) tanulmánya — a turbulens áramlások energiaspektrumának vizsgálatára, és különféle meteorológiai mezők statisztikai makro-szerkezetének meghatározására (*Judin*, 1950, 1961; *Obuhov*, 1954; *Eliassen*, 1954; *Gandin*, *Bagrova*, 1959; *Shapiro*, *Ward*, 1960; *Gandin*, *Kouzniecova*, 1961; *Boltenkov*, 1964) irányultak. Ezekhez kapcsolódva a hatvanas évek közepétől kezdve hazánkban is folytak hasonló vizsgálatok (*Czelnai*, 1966; *Dési*, *Rákóczi*, 1967;

Típus	$S(\nu)$	$R(\rho)$
Fehér-zaj (sáv-határolt)		$R(\rho) = AW \left(\frac{\sin 2\pi W \rho}{2\pi W \rho} \right)$ 
Vörös-zaj		$R(\rho) = e^{-A \rho }$ 
Színes-zaj (pl. exponenciális, cos. típ.)		$R(\rho) = e^{-A \rho } \cos 2\pi \nu_0 \rho$ 

3. ábra

Farkas, 1968), melyek összegezeképpen a nemzetközileg koordinált külföldi és hazai kutatások eredményeit az OMSZ — hivatalos kiadványainak sorozatában — monografikus formában is közreadja (*Gandin*, *Zahariev*, *Czelnai*, 1976).

E kutatások során elméleti folyamatmodellként elsősorban a homogén és izotróp mezőket alkalmazták, így az ezek leírásához felhasznált karakterisztikákat itt röviden ismertetjük. Mint már említettük, a *Gauss*-féle homogén és izotróp mezők leírásához elegendő az „egydimenziós” és kétdimenziós valószínűségi eloszlások becslése, vagyis ez esetben elegendő az $M \xi$ várható-érték függvényre és az

$$R(\rho) = M[\xi(\mathbf{r}) - M\xi][\xi(\mathbf{r} + \rho) - M\xi]$$

autokorrelációs függvényre vonatkozó becslés.

Az $M\xi$ és $R(\rho)$ karakterisztikus függvények az itt tárgyalt típusú mezőkre vonatkozóan minden információt tartalmaznak. Ugyanezt az információt még két további karakterisztikus függvénnyel is kifejezhetjük: a $b(\rho)$ szerkezeti függvénnyel:

$$b(\rho) = M[\xi(\mathbf{r}) - \xi(\mathbf{r} + \rho)]^2$$

és az $S(\nu)$ négyzetes spektrális sűrűségfüggvénnyel, mely utóbbi az autokorrelációs függvény Fourier-transzformáltjaként is fölrítható:

$$S(\nu) = \int_{-\infty}^{\infty} R(\rho) e^{-j2\pi\nu\rho} d\rho.$$

A négyzetes spektrális sűrűségfüggvény azt fejezi ki, hogy a folyamat spektrális felbontása esetén az egyes $(\nu + \Delta\nu)$ frekvenciasávokba eső — véletlen amplitúdójú és frekvenciájú — összetevőknek mekkora az átlagos varianciája. Ezért ezt a függvényt olykor *varianciaspektrumnak*, továbbá, mert kifejezi a

folyamat összenergiájának spektrális eloszlását, néha *energiaspektrumnak* is nevezik.

A meteorológiában a folyamatokat és mezőket, négyzetes spektrális sűrűségfüggvényeik bizonyos jellegzetességei alapján három fő típusba szokták sorolni. Ezek a következők: az ún. „fehér-zaj” típus, amelyet egyenletes eloszlású spektrális sűrűség jellemez; a „vörös-zaj” típus, amelynek esetében a spektrális sűrűség a frekvencia növekedésével monoton csökken; és végül a „színes-zaj” típus, amely az összes többi esetet magában foglalja. A felsorolt típusok jellemző tulajdonságait (négyzetes spektrális sűrűségfüggvényeit és autokorrelációs függvényeit) a 3. ábrán mutatjuk be.

Az előbbieken az olyan típusú statisztikus modellezés problematikáját körvonalaztuk, amikor a kiindulás alapját képező *fizikai modell*:

$$f = f(t; \mathbf{r}; q = 1, \dots, m)$$

alakú, tehát a klasszikus fizika fogalomkörén belül marad. A dinamikus modellezés mai módszerei szempontjából nyilván ez a megfelelő forma, azonban nincs okunk azt gondolni, hogy az ilyen típusú fizikai modellek a statisztikus modellezés számára is optimálisak. Sőt, éppen az előbbi gondolatmenet mutatja, hogy ezen az úton a statisztikai modellezés voltaképpen zsákutcába jutott: nem tud tovább lépni a fizikai modell egyes „homogén metszeteinek” elszigetelt leírásán.

Más típusú reprezentációkat kell tehát találnunk, de hogy ezek milyenek legyenek, erről egyelőre nehéz bármit is mondani. A megfelelő eszközöket mindenesetre több irányban is kereshetjük.

Egyik lehetőség talán az eredetileg *Onsager* (1949) által javasolt *statisztikus hidrodinamika* kifejlesztése volna *Gibbs* (1902) statisztikus mechanikájának mintájára; vagy mint *Lorenz* (1953) gondolta, a turbulencia statisztikus elmélete alapján.

Másik lehetőség pl. a légköri konfigurációk leírása és kódolása, analógia-keresés, ill. alakzat-felismerési eljárások alkalmazása révén (*Faragó—Gulyás*, 1973; *Gulyás*, 1974, 1975).

Ezekon kívül nyilván még számos elképzelés merülhet fel, és ma még egyáltalán nem világos, hogy melyik úton juthatunk legmesszebbre.

E gondolatokhoz kapcsolódva, ahogy az ilyen jellegű áttekintő értekezésekhez illő — inkább a jövőbe mutatva, mint a mai helyzetet nézve — befejezésül körvonalazni szeretnénk, hogy mit is gondolunk hát a statisztikus modellezés légkörkutatásban betöltött helyéről és szerepéről. Ez a kérdés ma azért nehéz és egyúttal azért izgalmas, mert a meteorológia tudománya néhány év vagy inkább évtized óta olyan fázisban van, amely talán a fizika tudományának *kvantummechanikát* megelőző korszakához volna hasonlítható. Úgy tűnik, hogy az itt megvonható párhuzam megkönnyíti gondolataink lényegének kifejtését.

Ismeretes, hogy a modern fizika fejlődése voltaképpen 1900-ban indult meg a *Planck*-féle hatáskvantum felfedezésével. Akkor azonban e felfedezés jelentőségét még maga *Planck* (id. hiv.: 1965) sem látta tisztán. Az átmeneti állapot viszonylag sokáig tartott, mígnem 24 évvel később *de Broglie* (id. hiv.: 1937) végre kimondta, hogy „úgy látszik, a fogalmainktól független világ nem olyan, vagy nem egészen olyan, amilyenek eddig elképzeltük; keressünk valami új feltevést arra nézve, milyen hát ez a világ, vagyis keressünk adekvátabb fogalmi tükörképet.” E gondolat jegyében megalkotta hipotézisét a részecskékhez tartozó hullámokról, és mint tudjuk, ez a gondolat vezetett a kvantummechanika elméletének kidolgozásához.

Az új fizikai elmélet kialakulása a *statisztikus modellezés* fizikán belül betöltött szerepének gyökeres újraértékelését is magával vonta. Korábban – *Schrödinger* (1944) megállapítása szerint – a fizikusok úgy vélték, hogy a statisztika feladata csak „orvosolni tökéletlenségünket, a részletek iránti érdeklődésünk hiányát, vagy arra való képtelenségünket, hogy az igazán nagy megfigyelési adattömegekkel megbirkózzunk”. Ez a szerep azonban – mármint a klasszikus mechanikai rendszerek statisztikus tárgyalása – *Neumann János* (id. hiv.: 1966) szavaival élve „úgyszólván fényűzés” az új kvantummechanikai elméletben alkalmazott statisztikus tárgyaláshoz képest. Az utóbbi esetben ugyanis már nemcsak az adatok hiányát vagy pontatlanságát orvosoljuk a statisztika eszközeivel, hanem eleve olyan fizikai modell valószínűségi törvényeit vizsgáljuk, amelynek fogalmi rendszere a virtuálisan azonos körülmények között levő részecskék nagy sokaságára vonatkozik.

A kvantummechanika tehát a *dinamikus* és *statisztikus* modellezés eszközeinek magas szintű kombinációját hozta létre, és ezzel a meteorológia számára meggondolandó példát teremtett, amely nem is maradt hatástalan. Jogosan mondhatjuk, hogy a meteorológia területén ma hasonló folyamat megy végbe, mint amelyet a kvantummechanika kialakulásával kapcsolatban vázoltunk, legalábbis a tekintetben, hogy az érdeklődés az utóbbi években a dinamikus és statisztikus modellezés eszközeinek kombinálása felé fordult. Óvakodnunk kell azonban attól, hogy ezt a párhuzamot túlságosan messze vigyük, mert a lehetőségek szempontjából lényeges különbségek is mutatkoznak. A kvantummechanikában a tömegesemények törvényszerűségei a virtuálisan azonos körülmények között levő részecskék igen nagy száma miatt *vastörvényként* érvényesülnek. A légkör esetében ilyesmit nem várhatunk, hacsak nem sikerül olyan, egészen új fogalmakat bevezetnünk, melyek a statisztika eszközeivel jobban kezelhetők, mint a klasszikus fizikai fogalmaknak megfelelő dinamikus légköri modellek.

A légkörkutatásban, az utóbbi évek során, mint már említettük, olyan új tapasztalati tények és új tudományos felismerések kezdenek összegyűlni, melyek az előbb említett „új fogalmak” szükségességét indokolhatják. Ma már szakmai közhelynek tekinthető, hogy a légköri folyamatok *newtoni* értelemben vett dinamikus modellezésének nem csak a teljes részletességű mérés és feldolgozás lehetetlensége szab határt, hanem *elvi* problémák is felmerülnek, amelyeknek egyetlen igazi orvossága az lehet, ha „adekvátabb fogalmi tükörképet” keresünk.

Az elmúlt évtizedekre visszapillantva, érdekes tényként említhetjük, hogy a meteorológia statisztikus problémái olyan kiváló tudósok figyelmét is felkeltették, mint *A. N. Kolmogorov*, *Jordan Károly*, *Neumann János*, és *Norbert Wiener*. Nem lehet kétséges, hogy e problémák megoldatlansága vonzotta őket, és annak megsejtése, hogy a légkörkutatás területén jelentős tudományos frontáttörés következhet be. Nekünk, meteorológusoknak olvasnunk kell ezekben a jelekben, és elsősorban a mi feladatunk, hogy ez a frontáttörés minél előbb megtörténjen.

IRODALOM

- de Broglie, L.*, 1937: La Physique Nouvelle et les Quants. Flammarion. Paris.
Czelnai, R., 1966: On the statistical structure of meteorological fields. *Gerlands Beitr. z. Geoph.*, Vol. 75. No. 2.
Czelnai, R., *F. Dési*, *F. Rákóczi*, 1967: Structural and auto-correlation functions of the precipitation field. *Időjárás*, Vol. 71. No. 4.

- Czelnai, R., F. Dési, Sz. Farkas, A.*, 1968: Structural functions of the monthly precipitations over Budapest. *Időjárás*, Vol. 72. No. 4.
- Eliassen, A.*, 1954: Provisional Report on Calculation of Spatial Covariance and Auto-Correlation of the Pressure Field. Inst. Vaer-og Klimaforsk. Rep. No. 5.
- Faragó, T., O. Gulyás*, 1973: Some methods of expansion type feature extraction in pattern recognition. Proc. Prague Symposium on Asymptotic Statistics.
- Fodor J.*, 1972: A determinizmus koncepció fejlődése és kapcsolatai a kvantummechanikával. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Гандин, Л. С., Баргова, Е. И.*, 1959: О структуре поля высот поверхности 500 мб. Труды ГГО. 99.
- Гандин, Л. С., Кузнецова, Т. И.*, 1961: О структуре полей давления и ветра в средней тропосфере при разных формах циркуляции. Труды ГГО. 121.
- Гандин, Л. С., Болтенков, В. П.*, 1964: К методике исследования трехмерной макроструктуры метеорологических полей. Труды ГГО. 165. 5-15.
- Гандин, Л. С., Захариев, В., Целнай Р.*, 1976: Статистическая структура метеорологических полей. OMSZ. Hiv. Kiadv. XII. kötet, Budapest (Megjelenés alatt)
- Gibbs, J. W.*, 1902: Elementary principles in statistical mechanics. In Coll. Works II. 1948. Yale Univ. Press.
- Godske, C. L.*, 1966: Methods of statistics and some Applications to Climatology. WMO-No. 178. Tr. 88. Technical Note No. 71 (Statistical Analysis and Prognosis in Meteorology) Geneva, (pp. 9-86.)
- Gulyás O.*, 1973: A modellezésről. TKI. Budapest.
- Gulyás O.*, 1974: Az alakzatfelismerés néhány matematikai kérdése és alkalmazása. Kandidátusi értekezés.
- Gulyás O.*, 1975: Az analógia fogalmáról (Kézirat).
- Jordan K.*, 1904: A valószínűségszámítás alkalmazása meteorológiai viszonyainkra. *Atmosphaera* (Időjárás), VIII. évf. 2. füzet (41. o.)
- Judin, M. I.*, 1950: Certain problems of the theory of meteorological fields. Trudy GGO. No. 19.
- Юдин, М. И.*, 1961: Некоторые закономерности структуры поля геопотенциала. Труды ГГО. 121.
- Kolmogorov, A. N.*, 1933: Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitsrechnung. Springer V. Berlin.
- Kolmogorov, A. N.*, 1941: Local structure of turbulence in incompressible viscous fluids by very high Reynolds-numbers. DAN. U. S. S. R. Vol. 30. No. 4.
- Lorenz, E. N.*, 1953: The Interaction between a Mean Flow and Random Disturbances. *Tellus*. 5. 3. pp. 238-250.
- Neumann, J.*, 1966: A statisztikus értelmezés. A kvantummechanika klasszikusai. Gondolat, Budapest.
- Obuhov, A. M.*, 1941: On the distribution of the energy in the spectrum of turbulent flows. Izv. AN. U. S. S. R. ser. Geogr. and Geophys. No. 4-5.
- Obuhov, A. M.*, 1954: Statistical description of continuous fields. Trudy Geophys. Inst. AN. U. S. S. R. No. 24.
- Onsager, L.*, 1949: Statistical hydrodynamics. Nuovo Cimento (9), 6. supp. no. 2. pp. 279-287.
- Planck, M.*, 1965: Válogatott tanulmányok. Gondolat, Budapest.
- Róna Zs.*, 1934: Néhány szó az időprognózisról. *Időjárás*, 38. évf. (41. o.)
- Schrödinger, E.*, 1944: Statistical law in Nature. Nature, 153. pp. (704-705)
- Shapiro, R., F. Ward*, 1960: The Time-Space Spectrum of the Geostrophic Meridional Kinetic Energy. J. Met. 18, 621-626.
- Starr, V. P.*, 1968: Physics of Negative Viscosity Phenomena. Mc. Graw-Hill. New York. London.
- Wiener, N.*, 1948: Cybernetics. Cambridge.

Légköri folyamatok dinamikus modellezése*

GÖTZ GUSZTÁV, Központi Meteorológiai Intézet, Budapest

Dynamic Modelling of Atmospheric Processes. Since there are only restricted opportunities within the atmospheric sciences to perform direct experiments as well as laboratory studies of weather systems, numerical simulation of the meteorological processes based on mathematical models becomes a distinctively important procedure of completing our knowledge. One of the main types of the mathematical models are the *dynamic models* built on the basic foundation of Newtonian mechanics. Beyond the practical limit of predictability, however, the random character of the atmospheric processes will be dominant and to get information on the nature of this randomness *statistical models* should also be used. In view of the unavoidable uncertainties in the representation of the initial meteorological fields the *stochastic dynamic models* seem appropriate to handle the prediction problem. In the present paper the philosophy of these types of atmospheric models and some current questions of the dynamic modelling is reviewed with special emphasis on the numerical experimentation programme of the Central Institute for Meteorology.

*

Динамическое моделирование атмосферных процессов. В отраслях науки, занимающихся изучением атмосферы, имеются лишь ограниченные возможности для проведения непосредственных экспериментов или для моделирования процессов в лабораторных условиях. Поэтому весьма важным средством познания представляется численное моделирование атмосферных процессов, основанное на математических моделях. Один из основных типов математических моделей — это *динамические модели*, в основе которых лежат законы ньютоновской механики. За практическими пределами возможностей предсказания доминирует случайный характер атмосферных процессов, и для изучения природы этой случайности необходимо применять также *статистические модели*. Ввиду неизбежной недостоверности в представлении метеорологических полей наиболее эффективным подходом к проблемам предсказания оказывается применение *стохастических динамических моделей*. В работе рассматриваются принципиальные вопросы, связанные с моделями указанных типов; а также некоторые современные проблемы динамического моделирования; особое внимание уделяется программе численных экспериментов Центрального Метеорологического Института.

*

I. A dinamikus modellezés alapelve, története és jelentősége

A természeti jelenségek megismerésének és a törvényszerűségek rendszeres feltárásának nélkülözhetetlen eljárása a *kísérletezés*. Igaz ez a megállapítás a légkör folyamataira is — ám a térbeli és időbeli nagyságrendekkel, a hasonlóági törvények kielégítésével, a nedves levegő termodinamikai aktivitásának figyelembevételével és a földfelszín sajátosságainak helyes reprezentálásával összefüggő nehézségek miatt a *közvetlen kísérletek* végrehajtása, illetve a folyamatok *laboratóriumi szimulálása* a meteorológiának csak néhány speciális ágazatában válhatott a megismerés gyakorlatává. A mozgások nagyságrendi skálájának széles tartományában — s ezeken belül is elsősorban az időjárás általános alakulását közvetlenül kormányozó szinoptikus és regionális méretű légköri rendszerek esetében — a kísérletezés egyetlen követhető formája az, hogy a folyamatok fejlődését matematikai modellekre alapozva *numerikusan szimuláljuk*.

A légköri folyamatok numerikus szimulálására kidolgozott matematikai

* A meteorológiai tudományos napokon, 1975. nov. 12-én elhangzott előadás.

modellek két alapvető típusát különböztetjük meg: a dinamikus modelleket és a statisztikus modelleket.

A *dinamikus modellek* megszerkesztésének alapelve az, hogy a légkör folyamatait a *Newton-féle mechanika alaptörvényei által meghatározott folyamatok*. Ha tehát ismerjük a kezdeti állapotot, a légkör viselkedését kormányozó hidrodinamikai és termodinamikai törvényeket pedig ki tudjuk fejezni megfelelő matematikai alakban (leginkább a differenciálegyenletek rendszerének formájában), akkor az állapotváltozások jövőbeli egymásutánjának kiszámítása (az időjárás előrejelzése) egy kezdetiérték-feladat megoldását jelenti. Ezt a gondolatot elsőként 1904-ben *Vilhelm Bjerknes* fejtette ki [1], gyakorlati megvalósításával pedig az első világháború éve alatt *Lewis F. Richardson* próbálkozott [2]. *Richardson* kísérlete, mint köztudott, nem járt sikerrel, aminek fő oka az, hogy abban az időben a differenciálegyenletek numerikus integrálásának számítási stabilitását biztosító kritériumok még nem voltak ismertek. De hiányzott akkor még a roppant számolásgényes feladat megoldásának technikai feltétele is. „A távoli jövő egy napján talán lehetővé válik majd, hogy a számításokat gyorsabban hajtsuk végre, mint ahogy az időjárás lezajlik . . . De ez álom” – írta *Richardson* könyvének előszavában.

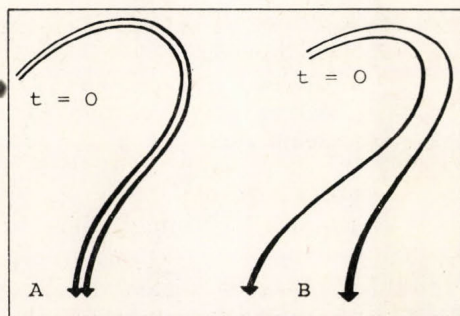
Alig negyed század múltán azonban ez az álom már kezdett valóra válni. 1946-ban *Neumann János*, *Carl-Gustaf Rossby* és *Harry Wexler* elhatározták, hogy egy meteorológiai csoportot hoznak létre a princetoni *Institute for Advanced Study* elektronikus számítógépes projectjén belül. Mint ismeretes, ebben az intézetben akkor állt építés alatt az első kizárólag elektronikus elemekkel működő számítógép, az ENIAC, s *Neumann* – a reá oly jellemző mély koncepcióval – felismerte, hogy általában a kontinuumok, különösképpen pedig a légkör nem-lineáris mechanikája természetes alkalmazási területe egy valóban nagy sebességű, nagy kapacitású digitális számítógépnek [3]. *Smagorinsky* visszaemlékezését idézve: „*Neumann János* inspirációja nem korlátozódott csupán a számítógép ötletének igazolására, életének hátralevő néhány éve alatt egyedülállóan hatékony eszközként gyümölcsözővé is tette azt, 'laboratóriumot' teremtve a geofizikai kísérletek számára” [4].

Neumann János, *Jule Charney* és *Ragnar Fjörtoft* irányításával a szinoptikus méretű légköri folyamatok első sikeres numerikus szimulációjáról szóló beszámoló – egy egyszerű barotrop modellnek az ENIAC-ra történt programozásával – 1950-ben látott napvilágot az irodalomban [5]. Ami az ezt követő 25 esztendő során a dinamikus meteorológiában történt, az elsősorban az időjárás numerikus előrejelzésének gyors fejlődése és napi gyakorlattá válása révén vonult be a köztudatba. E kétségtelen gyakorlati eredmény talán egy kissé háttérbe szorította és elhomályosította magának a *kísérletezés lehetőségének* a tényét – azt, hogy a meteorológia történetében először nyílt alkalom a légkör makro-skálájú folyamatainak és az éghajlatot kialakító tényezőknek a módszeres, ellenőrizhető szimulálására. Ez alatt a negyed század alatt vált lehetővé a dinamikus meteorológia egész ismeretanyagának a gyakorlat szempontjából történő teljes revíziója, az általános légkörzés mechanizmusának és energetikájának teljesen új koncepciókra helyezése, a korrek választadás arra, hogy mit tudunk és mit miért nem tudunk megmagyarázni a légkörben. Ezt a tényt ismerték fel tudományunk vezető teoretikusai, s ma már világosan megállapítható, hogy a meteorológia eddig példa nélkül állóan ambiciózus vállalkozása „a globális légkörkutató program (GARP) koncepciójához elvezető tudományos eredmények sorában kétségtelenül középponti helyet foglalt el a globális légkör numerikus szimulációja” [6, 7]. Tükröződik ez a tény a GARP

gondosan megfogalmazott célkitűzéseiben is, amelyek egyrészt az elméleti modellek tervezését és kipróbálását, másrészt az ezekhez nélkülözhetetlen adatgyűjtést írják elő. Az már más lapra tartozik, hogy a GARP megfigyelési kísérletei világszerte összehasonlíthatatlanul nagyobb érdeklődést keltettek, mint a numerikus experimentációs program, olyannyira, hogy sokan hajlamosak az egész GARP-ot a megfigyelési kísérletek programjával azonosítani.

II. A dinamikus modellezés elméleti és gyakorlati határai

A modern meteorológia kibontakozásával gyakorlatilag egyidős – tehát immár több mint százestendő – az a gyakorlati élet számára vállalt elkötelezettségünk, hogy a nagy nyilvánosság előtt felvilágosítást nyújtunk a lég-



1. ábra. Két egymással csaknem megegyező kezdeti állapotból kiinduló előrejelzés fejlődésének szimbolikus rajza: (A) a két megoldás egymástól alig tér el; (B) a két megoldás az idő múlásával egyre inkább divergál [21]

kör állapotának jövőbeli alakulásáról, azaz a várható időjárásról. Az időjárás-előrejelzés lehetőségeinek és korlátainak egyedüli próbaköve azonban kerek száz éven keresztül csak a tapasztalat volt. Ha ezt a kérdést a dinamikus modellezés szemszögéből vizsgáljuk, akkor a légköri folyamatok előrejelzésének sikere természetesen három körülménynek lesz a függvénye; nevezetesen annak, hogy

1. milyen pontosan tudjuk leírni a légkör aktuális állapotát (a kezdeti feltételeket reprezentáló mezőket),
2. milyen pontosan ismerjük és tudjuk megformulálni az állapotváltozókat meghatározó fizikai törvényeket, és
3. mennyire pontosak a kormányozó hidrodinamikai egyenletrendszer megoldására szolgáló matematikai módszerek.

Az elméleti meteorológiának a dinamikus modellezés segítségével ma megválaszolható egyik legfontosabb – és az elmúlt évek során a többi között *Thompson*, *Lorenz*, *Smagorinsky* és *Miyakoda* által alaposan elemzett – problémája éppen az, hogy milyen hosszú időtartamra lehetne a légköri folyamatokat szimulálni akkor, ha ez a három feltétel ideálisan kielégülne; más megfogalmazásban: a különböző tér-idő skálákon hol van a *dinamikus előrejelezhetőség elméleti határa* [8–21].

A vizsgálatok arra az eredményre vezettek, hogy ha ugyanannak a dinamikus modellnek a kormányozó egyenleteit két egymással csaknem azonos (de nem teljesen identikus) kezdeti állapotból kiindulva integráljuk, akkor bizonyos idő eltelte után a két megoldás egymástól már jelentékeny mértékben kezd különbözni (1. ábra). A megoldások divergálásának alapvető oka nem a kezdeti állapot bizonytalanságában keresendő, hanem sokkal inkább abban a

körülményben, hogy a különböző méretű mozgásrendszerek között a szignifikáns nem-lineáris kölcsönhatások eredményeként a nagyságrendi skála mindkét irányában energiacsere léphet föl. Ha ugyanis figyelembe vesszük, hogy a folytonos kezdeti mezőket csak valamilyen *véges formában* (például egy térbeli rácsálózat ekvidisztans pontjaiba interpolált értékekkel vagy ortogonális együtthatók segítségével) tudjuk reprezentálni, tehát létezik energia az alkalmazott módszerrel már nem felbontható skálán – márpedig bizonyítható, hogy a véges mintákból rekonstruált állapot mindig sávkorlátos [22, 23] –, akkor mindig fennáll a lehetősége, hogy ennek az energiának egy része *véletlenszerűen* táplálódjék be a vizsgált léptékű folyamatokba. Ez a semmiféle technikával nem kiküszöbölhető bizonytalanság az oka annak, hogy *adott a légköri folyamatok előrejelezhetőségének egy elméleti határa* – ezt a határt ma a kutatók a makro-skálán kb. három hétben jelölik meg.

Szemben ezzel az elméleti határral, a folyamatok dinamikus előrejelezhetőségének *gyakorlati* határa ezen a skálán ritkán haladja meg a két-három napot; az elméleti és gyakorlati határok ilyen nagymértékű eltérése okaiként

- a kezdeti feltételek megadásában rejlő hibákat,
- a fizikai törvények nem kellő ismeretét, illetve azok nem kellő megformulázását,
- a szub-szinoptikus skálájú folyamatok parametrizálásánál követett hibákat és
- a numerikus sémák különböző trunkációs hibáit

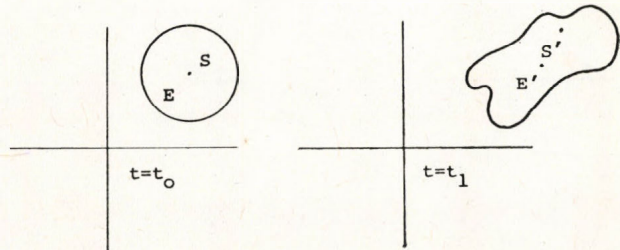
kell említenünk.

Részben az előrejelezhetőségnek elméleti határt szabó bizonytalanság, részben az imént felsorolt hibák következtében a vizsgált tér-idő skálához tartozó gyakorlati előrejelezhetőség határán túl a légköri folyamatoknak már a *véletlenszerű jellege* válik dominánssá, és ahhoz, hogy ennek a véletlenszerűségnek a természete alaposabban megismerhető legyen, numerikus szimulálásukhoz a matematikai modelleknek korábban említett másik típusát, a *statisztikus modelleket* is alkalmaznunk kell.

III. A véletlenszerűség természetének analízise sztochasztikus dinamikus modellekkel

Jelen tanulmánynak nem feladata, hogy a statisztikus meteorológia eddigi fejlődését és eredményeit áttekintse – e helyen csak idézzük *Freiberger* és *Grenander* 1965-ben tett megállapítását, amely szerint annak ellenére, hogy „a meteorológiai irodalom bővelkedik hatalmas adatmennyiségeket tartalmazó dolgozatokban, kevés komoly próbálkozás történt azok szisztematikus analízisére” [24]. E szerzők véleménye szerint a meteorológiai folyamatok jobb megértéséhez a klasszikus statisztikai eljárásoknál lényegesen finomabb módszereket kell alkalmazni, amelyekhez a kézenfekvő matematikai segédletet a sztochasztikus folyamatok elmélete adja. Ezeknél a módszereknél azonban nem maradhatunk meg a statisztika tisztán leíró jellegű szintjén, mert ezáltal tudatosan figyelmen kívül hagyjuk a meteorológiai jelenségeket kormányozó törvények természetéről kialakított igen alapos ismeretanyagot. Szerintük kiindulási alapon a dinamikai egyenleteket kell tekintenünk, s a lehetséges megoldások együttesét kell vizsgálnunk. Ebben az esetben a kezdeti állapot leírásában rejlő bizonytalanságok a megoldások együttese sztochasztikus szuperstruktúrájának felelnek meg.

Freiberger és Grenander ezeknek a gondolatoknak a kifejtésével és azzal, hogy bemutatták, hogyan kell kezelni a gyakorlati előrejelezhetőségnek hátrált jelölő bizonytalanságokat, a légköri folyamatok matematikai modellezésének egy új irányvonalához fektették le az alapokat – ezt az irányvonalat, amelyet azután elsősorban Epstein és Fleming [25–28] fejlesztett tovább, *sztochasztikus dinamikus modellezésnek* nevezzük.



2. ábra. Egy pont és egy halmaz fejlődése a fázistérben [27]

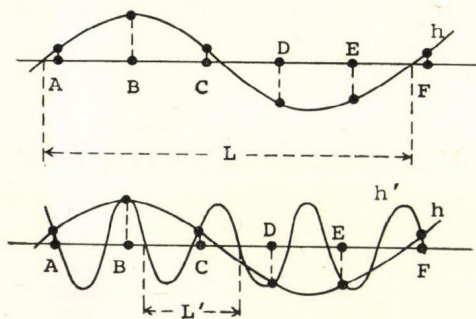
Tekintettel arra, hogy egyrészt a sztochasztikus dinamikus módszer eddig még csak aránylag szűk körben vált ismertté, másrészt a Központi Meteorológiai Intézet numerikus experimentációs programjának is az egyik fontos részét képezi, a következőkben megkíséreljük röviden felvázolni ennek az irányvonalnak a lényegét.

Ha a légkör állapotát N számú függő változó írja le, akkor képezhetünk egy olyan N -dimenziós euklideszi teret, amelynek koordinátái az X_1, X_2, \dots, X_N állapotváltozók. Az ilyen teret *fázistérnek* nevezzük; a fázistérben minden egyes pont a légkörnek egy-egy lehetséges pillanatnyi állapotát reprezentálja. A tisztán dinamikus felfogásban a légkör kezdeti állapotát a fázistérben egyetlen pont (a 2. ábrán a $t=t_0$ időpillanatban az S pont) jelenti, s a dinamikus előrejelzés ennek a pontnak a trajektóriáját írja le a fázistérben (a 2. ábrán a légkör állapotát a $t=t_1 > t_0$ időpillanatban a dinamikus trajektórián elhelyezkedő S' pont reprezentálja). Ezzel szemben a sztochasztikus dinamikus módszer abból indul ki, hogy a kezdeti mező előállításánál fellépő összes határozatlanság a fázistérben *nagyszámú lehetséges kezdeti állapotot* eredményez, és ezért logikus, hogy a kezdeti feltételeket egy valószínűségi eloszlással fejezzük ki. Ez azt jelenti, hogy a fázistérben a kezdeti feltételeknek egy végtelen halmazát tekintjük, amelyen adva van az egyes lehetséges értékek megjelenését reprezentáló valószínűségi sűrűségfüggvény. Ennek a kezdeti együttes valószínűségi eloszlásnak az időbeli fejlődését azután már a hidrodinamikai egyenletek határozzák meg. A sztochasztikus módszer az eloszlásnak csak az alacsonyrendű momentumait prognosztizálja; a legalacsonyabb rendű momentumok (az átlagok) az állapotváltozóknak definíciószerűen azok a várható értékei lesznek, amelyek konzisztensek a kezdeti mezők analízisével, az összes bizonytalansággal és az integrációs időintervallum során ható nem-lineáris dinamikai folyamatokkal.

Szemléltetésként a 2. ábrán a kezdeti feltételeknek egy olyan halmazát tüntettük fel, amelynél az S pont és az E halmazátlag egybeesik. Bizonyos $t_1 - t_0$ időintervallum eltelte után azonban a nem-lineáris kölcsönhatások következtében S' és E' már szükségképpen el fog térni egymástól. Hangsúlyoznunk kell, hogy ez az eltérés nem azt jelenti, hogy a dinamikus előrejelzés feltétlenül rossz; lehet, hogy éppen S' , mint az együttes megoldás egy tagja lesz a jó megoldás. A sztochasztikus dinamikus módszer lényege az, hogy a szto-

chasztikus megoldás a halmazátlagot úgy szolgáltatja, hogy például az összes bizonytalanságból eredő közepes négyzetes hiba minimális legyen.

A sztochasztikus dinamikus modell kormányzó egyenletei a momentumokra felírt idő szerinti differenciálegyenletek – az ezen egyenletekben megjelenő dX_i/dt kifejezéseket a hidrodinamikai egyenletekből helyettesítjük. Ilyenformán a dinamikai egyenletek csak egy alrendszerét alkotják a sztochasztikus egyenleteknek, s ezért a teljes sztochasztikus dinamikus rendszer



3. ábra. Hullámok felbonthatósága egy $d = L/5$ távolságú ráccsal [47]

kezelése komoly számítástechnikai háttér alkalmazását igényli. További, de már elméleti vonatkozású nehézséget jelent az a hidrodinamikai egyenletek nem-lineáris voltából eredő körülmény, hogy az n -ed rendű momentum előrejelzése megköveteli magasabb rendű momentumok előrejelzését is, azaz a teljes sztochasztikus dinamikus egyenletrendszer az egymáshoz kapcsolódó egyenleteknek egy végtelen sorozatú, nyitott rendszerét alkotja. A rendszer lezárásának problémáját vagy bizonyos magasabb momentumok elhanyagolásával oldják meg, vagy pedig úgy, hogy a magasabb momentumokat az alacsonyabb rendű momentumok segítségével fejezik ki. Ennek az utóbbi jellegű lezárásnak a megoldásban jelentkező hibanövekedésre gyakorolt hatását, illetve más diszkrét lezárási lehetőségeknek az alkalmazását a közelmúltban Faragó Tibor tanulmányozta [29].

A sztochasztikus dinamikus modellezésnek a légköri folyamatok elmélete szempontjából legkiemelkedőbb jelentősége az, hogy lehetővé teszi a *határozatlanság természetének* kvalitatív és kvantitatív elemzését. A dinamikus meteorológia eddig is sejtette, a sztochasztikus dinamikus modellezés révén azonban ma már bizonyított is, hogy a határozatlanság növekedéséért elsősorban a baroklin instabilitás mechanizmusa a felelős.

IV. A dinamikus modellezés néhány problémája a szub-szinoptikus skálán

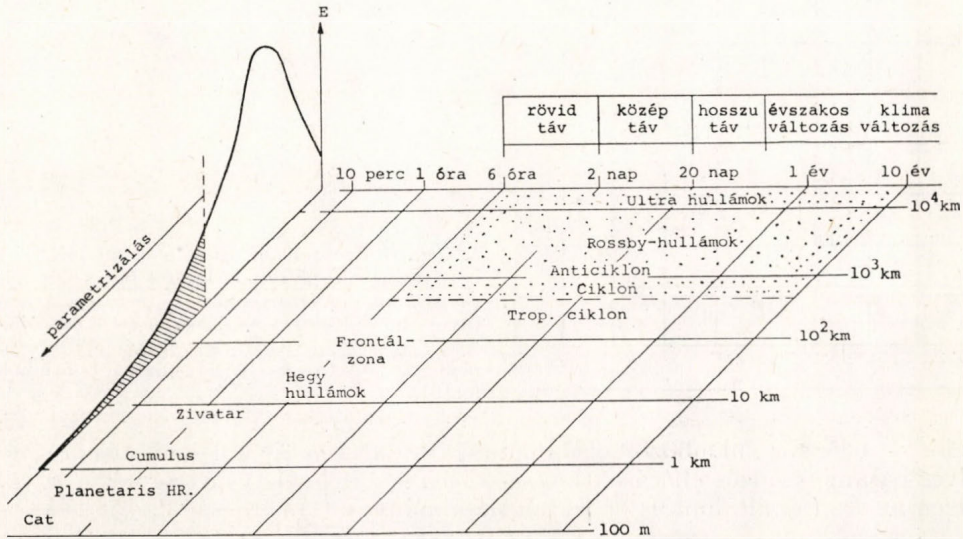
A tanulmány hátralevő részében néhány olyan alapvető problémával foglalkozunk, amellyel elkerülhetetlenül szembe találjuk magunkat, ha a légkör folyamatait valamelyik szub-szinoptikus skálán (a regionális skálán vagy a mezo-skálán) kívánjuk a vázolt elvek alapján numerikusan szimulálni.

IV. 1. A szub-grid skálájú folyamatok kezelése

Az első ilyen probléma az alkalmazott reprezentációs technikával már nem felbontható folyamatok hatásának a modellbe történő beépítése.

Tételezzük fel, hogy egy folytonos állapotathározóról szabályosan elhe-

lyezkedő pontokban végzünk megfigyeléseket. Tétélezzük fel továbbá, hogy ennek az állapothatározónak az L hullámhosszú összetevőjét kívánjuk felde-
 riteni, és úgy döntöttünk, hogy ezt a hullámot kellő pontossággal tudjuk elő-
 állítani, ha az értékeket az egymástól $d=L/5$ távolságra fekvő pontokban is-
 merjük. Elvégezve azonban a folytonos állapotahatározó mérését az $L/5$ távol-
 ságban levő A, B, C, D, E és F pontokban, egyáltalában nem biztos, hogy a
 mért értékek a h hullámnak felelnek meg (3. ábra). Vannak más, a h hullámnál



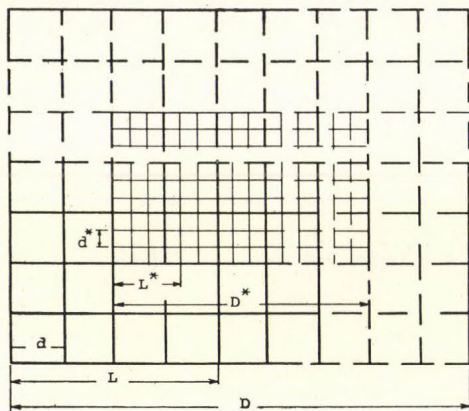
4. ábra. A különböző légköri folyamatok karakterisztikus tér-idő skálája és energiasűrűsége a horizontális skála függvényében. A rajzon elhatároltuk a $d \approx 100$ km-es rácsalózzal felbontható folyamatokat, illetve az energiaspektrumnak azt a részét, amelyet parametrizálni kell [48]

rövidebb hullámhosszú hullámok, amelyek ugyanezekben a pontokban pontosan ugyanilyen értékekkel rendelkeznek; ez az eset például a h hullámra szuperponálódó h' hullámnál, amelynek hossza $L' = L/4$. Ennek a matematikában *aliasing-problémának* nevezett körülménynek a meteorológiai vonatkozása a legtisztábban akkor jelentkezik, ha fizikailag csak a h' hullám létezik, ám azt az analízis h hullámként értelmezi. Ezzel ugyanis a h' hullám energiáját éppen a vizsgált méretű folyamatba tápláljuk be helytelenül – az ilyen típusú hibák halmozódása elkerülhetetlenül arra vezet, hogy a modell energetikailag „felrobban” [30].

A meteorológiailag szignifikáns légköri folyamatok – amint azt a 4. ábra is szemlélteti – a tér-idő skálák igen széles tartományát ölelik át. Ha ezeknek a folyamatoknak a numerikus szimulációjához a számítási terület horizontális kiterjedését D -nek jelöljük ki, s ezen belül L a karakterisztikus mérete annak a legkisebb folyamatnak, amelyet még explicit formában kívánunk kezelni, akkor az állapotahatározók mezőinek reprezentálásához a mintavételi pontok egymástól mért távolsága nem lehet kisebb $d=L/4$ -nél (5. ábra). Azok a légköri folyamatok, amelyeknek a mérete L -nél kisebb, ezzel a reprezentációs technikával már nem bonthatók fel, a nem-lineáris kölcsönhatások mechanizmusa révén azonban az L -nél nagyobb skálájú folyamatok igen fontos energiaforrásaiként vagy energianyelőiként szerepelhetnek. Ezeknek az ún. *szub-grid ská-*

lájú folyamatoknak a modellből történő kiszűrése ezért csak nagyon durva közelítése lenne a valóságnak.

A probléma megoldásának egyik lehetséges útja az, hogy az explicite nem kezelhető (nem felbontható) folyamatoknak a vizsgált skálára kifejtett hatását a modell paramétereinek a függvényében statisztikailag vesszük figyelembe [31]. Ezt az eljárást a szub-grid skálájú folyamatok *parametrizációjának* nevez-



5. ábra. Horizontális ortogonális rácshálózat egy beágyazott sűrűbb rácshálózattal (teleszkopikus rácstechnika). A D tartományra kifeszített d rácstávolságú hálózattal az $L \geq 4d$ méretű folyamatok, a D^* tartomány d^* rácstávolságú hálózattal pedig az $L^* \geq 4d$ méretű folyamatok bonthatók fel [31]

zük – a légkör különböző belső dinamikai és alsó-határ kölcsönhatásaira helyes parametrizációs eljárások kidolgozása ma az elméleti meteorológia egyik igen fontos (és általunk is behatóan tanulmányozott) kérdése [32 – 34].

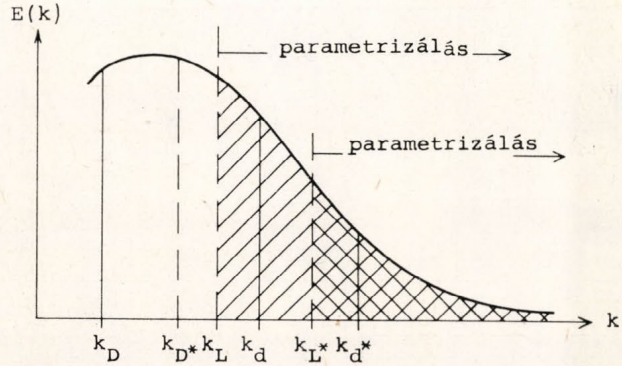
Egy másik követhető út a nem felbontható (trunkált) skála szélességének az ún. *teleszkopikus rácstechnika* segítségével történő szűkítése. Ennek a módszernek a lényege az, hogy a D tartományon belül kijelölünk egy, a számunkra megkülönböztetett figyelemre érdemes D^* résztartományt, amelyen belül a rácstávolságot d^* -ra redukáljuk, s így az L^* hullámhosszú folyamatok is felbonthatókká válnak (5. ábra). A légköri energiaspektrumnak azt a részét, amelyet a teleszkopikus rácstechnika alkalmazásával parametrizálnunk kell, a $k = 1/L$ hullámszám függvényében a 6. ábra mutatja be.

A gyakorlatban a D tartományra alkalmazott (globális, hemiszférikus vagy szinoptikus skálájú) dinamikai modell időtől függő határfeltételeket szolgáltat a D^* résztartományra, amelyen belül valamilyen más (szub-szinoptikus) modellt alkalmazunk [35]. A két tartomány és a kétféle modell egyeztetése (a szimuláció fizikai konzisztenciájának biztosítása) fontos, de a nem-lineáris kölcsönhatások következtében bonyolult, s máig is megoldatlan problémája a dinamikus meteorológiának, amellyel a jövőben – kísérleteinknek operatív alapokra való helyezése fázisában – nekünk is foglalkoznunk kell.

IV. 2. A kezdeti mezők tökéletesítésének problémái

Részben az elméleti előrejelezhetőséggel, részben az imént tárgyalt kérdésekkel összefüggésben logikusan vetődik fel az információs anyag módszeres bővítésének az igénye. Az új megfigyelési technikák kidolgozása és operatív alkalmazása tükrében úgy tűnik, hogy a várható információnövekedés ezt az igényt nagymértékben kielégíti, ugyanakkor azonban új nehézségek hordozója

is. A modern megfigyelő rendszerek (meteorológiai mesterséges holdak, úszó bójkák, állandó magassági szinten szálló ballonok, repülőgépes és radarmérések, s.i.t.) közös jellemzője az, hogy a hagyományos rendszerekkel ellentétben az információt nem a szinoptikus terminusokban, hanem *aszinkron formában* szolgáltatják. Ezzel az objektív analízis hagyományos háromdimenziós (térbeli) jellege az időtényező belépésével a jövőben egyre inkább egy új dimenzió-



6. ábra. A légkör energiasűrűsége (E) a hullámszám (k) függvényében. A vonalkázott területek az energiaspektrumnak azokat a tartományait jelölik, amelyeken belül a fizikai folyamatok a d rácsávolságú, illetve a d^* rácsávolságú hálózatnál már nem bonthatók fel [31]

val bővül — ezt nevezzük a *meteorológiai megfigyelések négydimenziós asszimilációja* problémájának [36].

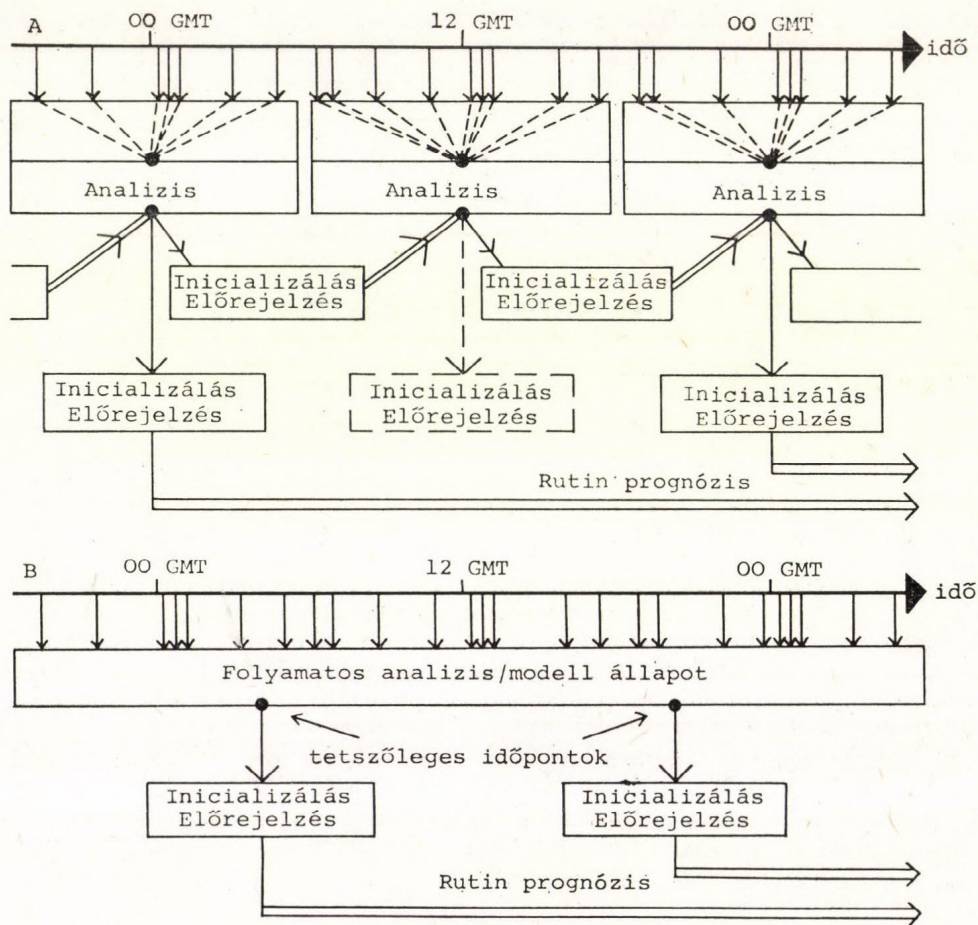
Az adatasszimilációs sémák kifejlesztéséhez és ellenőrzéséhez szükséges numerikus kísérletek végrehajtásához két objektív analízismódszert dolgoztunk ki. *Molnár László* a *Bergthorsson* és *Döös* által ajánlott elgondolást fejlesztette tovább [37, 38], *Dévényi Dezső* és *Sass László* pedig a *Gandin*-féle optimális interpolációs eljárásra alapozva alakított ki egy sémát [39, 40]. Ezen kívül *Dévényi Dezső* a közelmúltban *Gandin* professzor közvetlen irányításával hozzákezdett egy, az aszinkron adatokat is hasznosító mezo-skálájú numerikus analízis-módszer algoritmusának a kidolgozásához.

A négydimenziós adatasszimilációs sémáknak két fő típusa van: a szakaszos adatasszimiláció és a folyamatos adatasszimiláció [7. ábra). A *szakaszos adatasszimilációs sémák* az aszinkron információt a hagyományos szinoptikus főterminusok időpontjába interpolálják, s az analízisek ezekre a főterminusokra vonatkozóan készülnek el. A *folyamatos adatasszimiláció* esetében viszont az információ beérkezésével kvázi-szinkron adatfeldolgozás (numerikus analízis) készül, azaz a számítógépben a prognosztikai modell integrálásához bármely tetszőleges időpillanatban az aktuális kezdeti állapottal rendelkezünk.

Metodikáját tekintve, az adatasszimiláció lehet *statisztikus* (ekkor az információt a statisztikus szerkezeti függvények felhasználásával asszimiláljuk) és *dinamikus* (amikor a numerikus integráció során az előrejelzett értékeket folyamatosan megfigyelt értékekkel helyettesítjük). Legalkalmasabbnak e két módszer kombinációja (a *dinamikus-statisztikus adatasszimiláció*) tűnik, amikor az időbeli interpolációt a prognosztikai egyenletek segítségével, a térbeli interpolációt pedig statisztikus eljárásokkal végezzük el.

Függetlenül a vizsgálni kívánt folyamatok karakterisztikus méreteitől, gyakran kerülünk szembe a sikeres modellezéshez szükséges *optimális információmennyiség* kérdésével. Ez a kérdés az ún. *megfigyelési rendszer szimulációs kísérletekkel* közelíthető meg. Ilyen kísérleteket végezhetünk statisztikus ala-

pon: ismerve a mezők szerkezeti függvényeit egy sűrű hálózattal rendelkező területről és feltételezve ezeknek a függvényeknek a homogenitását, ki lehet számítani egy adott minimális interpolációs hibának megfelelő optimális hálózatot. A dinamikus modellezéshez azonban sokkal célszerűbb ezeket a kísérleteket magukkal a dinamikai modellekkel végrehajtani.



7. ábra. A négydimenziós adatasszimiláció szakaszos adatasszimilációs sémája (A) és folyamatos adatasszimilációs sémája (B) [48]

Tekintettel a kísérleti hálózattelepítés nagy költségeire, eddig a legtöbb ilyen kísérletet a modellel generált hipotetikus adatokkal hajtották végre, a modell-függő adatokkal nyert eredmények azonban a tapasztalatok szerint jelentősen eltérnek a modelltől független (tényleges) adatokkal kapott eredményektől. Ezért reméljük, hogy néhány éven belül, a GARP tervezett orográfikus alprogramja keretében [41] sikerül majd az Alpok és a Kárpátok körzetében egy nemzetközi megfigyelési kísérletsorozatot megszervezni, s az így szerzett reális adatbázis birtokában tanulmányozni a szub-szinoptikus folyamatok életrétegének leírásához szükséges adatigényt.

Végül az utolsó, e témához kapcsolódó problémakör akkor vetődik fel, amikor a dinamikus modelleket a hidrodinamikai egyenletek *primitív alakjára* építjük. Ismeretes, hogy a légkör alacsony Rossby-számnak és alacsony Froude-számnak megfelelő „normál” állapotában a primitív egyenletek a mozgások két jól elhatárolható típusát kormányozzák: a kisfrekvenciájú, kvázi-geosztrofikus mozgásokat és a nagyfrekvenciájú, gravitációs-tehetetlenségi hullámokat. A lokálisan keltett gravitációs-tehetetlenségi hullámok energiája viszonylag gyorsan disszipálódik, és ami megmarad, az a lassan változó kvázi-geosztrofikus mozgás. Ezt a folyamatot *geosztrofikus igazodásnak* nevezzük. Mármint akkor, ha a kezdeti állapotban a tömeg és az áramlás mezeje nincs megfelelően kiegyensúlyozva, a modellben gravitációs hullámok generálódnak. Ezek a hullámok idővel irreális amplitúdót érhetnek el, s ezzel tönkretethetik a szinoptikailag érdekes megoldásokat. A megfelelően kiegyensúlyozott kezdeti mezők specifikálását *inicializálásnak* hívjuk.

Ha az egyensúlyozást egy adott időpillanatra hajtjuk végre, akkor az inicializálás *sztatikus*. Ennek legfőbb hátránya, hogy gyakorlatilag lehetetlenné teszi a hőforrásoknak és a disszipációnak a diagnosztikai egyenletekbe történő bevezetését. Ezen kívül maga az az elképzelés is helytelen, hogy adott időpillanatokban létezik egyensúly a tömeg mezeje és az áramlási mező között: a valóságban a két mező rendszerint oszcillál az egyensúlyi állapot körül, s a gyors időbeli változások helyzeteiben az egyensúlyi állapottól számított jelentékeny eltérések fordulhatnak elő. Ezért célszerűbb, ha az egyensúlyozott kezdeti állapot meghatározását magukkal a modell-egyenletekkel végezzük el (*dinamikus inicializálás*). Végül elképzelhető, hogy az inicializáláshoz a négydimenziós adatasszimilációt használjuk.

IV. 3. Mechanikai és termikus kényszerek

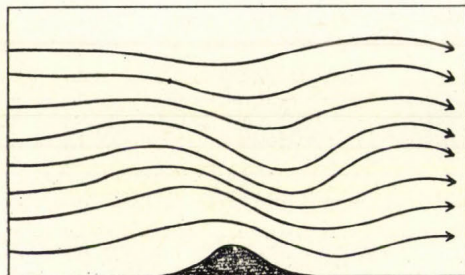
Befejezésül a dinamikus modellek építésének egy olyan kérdésére szeretnénk rávilágítani, amely a Kárpát-medence térségének időjárását alakító folyamatok szempontjából megkülönböztetett fontosságú – ez pedig a légkör és a felszín közötti kötésönhatások két alapvető formájának, a *mechanikai kényszereknek* és a *termikus kényszereknek* a helyes reprezentálása.

A *mechanikai kényszerek* által keltett mozgások – ahogy azt Sawyer még 1959-ben megfogalmazta – négy csoportba sorolhatók [42, 43].

Az első csoportba azok a *kistérségű turbulens mozgások* tartoznak, amelyek a felszíni súrlódás hatására a talajközeli súrlódási rétegben alakulnak ki. A súrlódási rétegen belül a mozgás olyan formát vesz fel, hogy közelítő egyensúly álljon fel a horizontális bárikus gradiens, a Coriolis-gyorsulás és a súrlódási ellenállás között. Ennek eredménye az alacsony nyomás felé irányuló ageosztrofikus mozgás-komponens. Így a súrlódási rétegben a ciklonális örvényesség tartományaiban a levegő horizontális konvergenciája, az anticiklonális örvényesség tartományaiban pedig horizontális divergencia figyelhető meg. Ezt a folyamatot a szabad légkörben az alsó szinteken a ciklonális, illetve az anticiklonális örvényesség tartományaiban nettó divergencia, illetve nettó konvergencia kompenzálja. A divergencia és az örvényesség között a szabad légkörben így kialakuló pozitív korreláció az áramlás fokozatos lelassulásához vezet, azaz a felszíni súrlódás következtében létrejövő kis térségű turbulens mozgások az energiát disszipálják, és a makro-skálájú áramlás ellenállásaként hatnak.

Ezt a mechanizmust a szabad légkör makro-skálájú áramlási mezejének numerikus modelljeibe úgy tudjuk beépíteni, hogy a modell alsó határánál (a sűrűlési réteg felső határánál) megengedjük vertikális mozgások fellépését. A vertikális mozgások sebességét a sűrűlési rétegben kialakuló ageosztrofikus szélkomponens nagyságából vezetjük le. A numerikus kísérletek szerint ennek a vertikális sebességnek a karakterisztikus nagysága $1 - 2 \text{ cm sec}^{-1}$.

A mechanikai kényszermozgások második csoportjába az individuális hegyvonulatok által keltett *gravitációs oszcillációk* tartoznak. Ha a légáramlás hegyes vidéket keresztez, az áramvonalak vertikális elmozdulása figyelhető meg, amely egyre csökkenő amplitúdóval néhány kilométer magasságig terjed (olykor azonban a sztratoszférában is jelentkeznek), az akadály mögött pedig



8. ábra. Az áramvonalak jellegzetes deformációja hegyvonulatot keresztező légáramlás esetében [42]

a lee-hullámok sorozata alakulhat ki (8. ábra). A turbulens örvények rendszerint a sűrűlési rétegre korlátozódnak, fölötté az áramlás stacionárius és turbulenciamentes marad.

Az orográfia által keltett gravitációs oszcillációk vizsgálatának eredményei a dinamikus modellezés szempontjából a következőkben foglalhatók össze. Az áramvonalak taréjait összekötő vonal a hegygerinc közelében felfelé a vertikálistól luv-irányban (az áramlással szemben) dől meg, aminek fontos következménye, hogy a lefelé mozgó levegőnek nagyobb a horizontális sebessége, mint a felfelé mozgó levegőnek. Így a horizontális impulzusnak egy, a talajfelszín felé irányuló átvitele alakul ki. Felfelé haladva az áramvonal-diszturbáció amplitúdójának csökkenésével az impulzus lefelé irányuló átvitele is csökken, így végeredményben a hegyen átkelő légáramlás impulzust veszít. Következésképpen a makro-skálájú mozgásrendszerek dinamikája szempontjából az individuális hegyeket olyan felszíni érdekességként foghatjuk fel, amely a légkörből – gravitációs hullámok keletkezése és sűrűléses disszipációs pusztulása útján – nagytérségű horizontális impulzust von ki. Numerikus kísérletek szerint, ha a hegyvonulatok 10 km -es távolságonként követik egymást, akkor az általuk kifejtett átlagos ellenállás $7 - 8 \text{ din cm}^{-2}$, azaz körülbelül ugyanakkora, mint a sűrűlési ellenállás közönséges felszín fölött, ugyanazon szélesebbesség mellett.

Ezt a hatást a dinamikus modelleknél a legegyszerűbben úgy vehetjük figyelembe, hogy a mozgásegyenletekben egy olyan járulékos erőt vezetünk be, amelynek iránya ellentétes az alsó szint áramlásának irányával, nagysága pedig a talajközeli maximumtól lineárisan csökken a tropopauza szintjében zérusra. Az ellenállás helyes értéke az áramlás sebességének, a hegy magasságának és profiljának, valamint a vertikális hőmérsékleti rétegződésnek a függvényében, közelítő formulák alapján becsülhető meg.

A külső mechanikai kényszerek által közvetlenül keltett mozgások harmadik csoportját a *geosztrofikus egyensúly körüli oszcillációk* alkotják. Elméletileg kimutatott tény, hogy az olyan hegyvonulatok, amelyeknek a szélessége eléri a 100 km-t, az áramlási mezőben a geosztrofikus egyensúly körül 18 órás karakterisztikus periódussal rendelkező kvázi-horizontális oszcillációkat hoznak létre. Ilyen oszcillációk létezését az állandó szinten szálló ballonokkal végzett mérések is igazolják. Jelenlegi elképzeléseink szerint a nagytérségű szinoptikai rendszerekre szisztematikus hatást nem fejtenek ki.

Végül a mechanikai kényszerek által létrehozott mozgások negyedik csoportjába a *kvázi-geosztrofikus mozgások* tartoznak. Ha a hegygerinc elegendően széles (eléri az 500 – 1000 km-t), vagy ha a modell számára simított felszín profiljának van elegendően nagy hullámhossza, akkor a hegységen átkelő légáramlásban olyan horizontális kiterjedésű területek fölött alakul ki rendezett vertikális mozgás, amely már közvetlen hatást gyakorol a kvázi-geosztrofikus áramlási mező fejlődésére. Ennek a hatásnak a számításba vétele a dinamikus modell alsó határára kiszabott kinematikai feltétel módosításával történik, úgy, hogy az alsó határfelületnél sík felszín fölött a vertikális sebesség zérus, hegyes felszín esetében pedig az áramlás \mathbf{V} sebességvektorának és ∇H -nak a skaláris szorzata, ha H a felszín tengerszint feletti magasságát jelöli. Komoly elméleti problémát jelent, hogy miként változik az így számított vertikális sebesség a magassággal – a leggyakoribb eset annak a feltételezése, hogy a vertikális sebesség a tropopauzáig lineárisan csökken.

A vázolt közelítés a tapasztalatok szerint csak azokban az esetekben eredményes, amikor a földfelszín horizontális irányú magasságváltozása elegendően kicsiny (1:100-nál nem nagyobb), és így a simított topográfia a valóságos domborzati viszonyokat még jól reprezentálja, továbbá, amikor a hegy magassága még elegendően alacsony ahhoz, hogy a légáramlás át tudjon kelni fölötte. A Földnek azonban számos olyan geográfiai körzete van – s ezek közé tartozik az Alpok és a Kárpátok vidéke is –, ahol ezek a feltételek nem elégülnek ki: a hegyeket a dinamikus modellbe a légáramlás útjában álló kétdimenziós falként kell beépíteni. Meredek hegyvonulatok határvonalánál a modell alsó szintjeiben az alsó határfeltételt úgy módosítjuk, hogy a hegyvonulatra merőleges szélkomponenst zérussal tesszük egyenlővé. Ilyen jellegű kísérleteket az európai térségben az utóbbi években *Egger* hajtott végre [44].

Termikus kényszereknek a planetáris határrétegben lebonylódó, s a mechanikai kényszerektől erősen függő vertikális hő- és vízgőzátviteli folyamatokat, pontosabban ezeknek az átviteleknek a makro-skálájú folyamatokra gyakorolt hatásait nevezzük. E kérdéskör az elméleti meteorológiának a legkevésbé megértett és kidolgozott problémái közé tartozik. Azt tudjuk, hogy a hő- és vízgőzcsera legfontosabb mechanizmusa a planetáris határrétegben a turbulencia. A vertikális átvitel maximális értékét a felszín közelében veszi fel, majd felfelé haladva többé-kevésbé monoton csökken. A közelítőleg és átlagosan egy kilométer vastag határréteg fölött a kistérségű turbulencia már csak közvetett szerephez jut: a szabad légkörben az átvitel fő mozgásformái a nagytérségű rendezett feláramlások, a konvekciós rendszerek és az izolált termitek.

A dinamikus modellekben a vertikális turbulens átviteleket általában az örvényegyüttható segítségével írjuk le, amelyet a keveredési hosszra alkalmasan megválasztott értékkel és a vertikális szélnyírással teszünk arányossá.

A tapasztalatok szerint a Kárpát-medence időjárását nagymértékben befolyásoló mediterrán ciklonok keletkezésében a mechanikai és termikus kény-

szerek, életeiklusának további alakulásában pedig a latens hőfelszabadulás meghatározó szerepet játszik. Ezért a folyamatszimulációs munkánkhoz egy olyan dinamikus modellt választottunk, amely alkalmas mindezeknek a hatásoknak a számításba vételére. A *Práger Tamás* által kidolgozott háromparaméteres, kvázi-geosztrofikus modell alapegyenleteit tekintve megegyezik *Bengtsson* és *Moen* modelljével, részleteiben pedig igazodik a Központi Meteorológiai Intézet numerikus experimentációs elképzeléseihez [45, 46].

Távolabbi tervünk, hogy ennek a modellnek a továbbfejlesztésével és a tanulmányban vázolt elgondolások szellemében olyan operatív analízis-prognózis-rendszert dolgozzunk ki, amely eredményesen járulhat hozzá a szubszinoptikus skálájú folyamatok jobb megértéséhez és a rövidtávú előrejelzések objektívebb alapokra helyezéséhez.

IRODALOM

- [1] *Bjerknes, V.*: Das Problem der Wettervorhersage, betrachtet vom Standpunkte der Mechanik und der Physik. *Meteorologische Zeitschrift*, **21**, 1. 1904.
- [2] *Richardson, L. F.*: *Weather Prediction by Numerical Process*. Cambridge University Press, London, 1922.
- [3] *Charney, J. G.*: Numerical prediction and the general circulation. *Dynamics of Climate* (Ed.: *R. L. Pfeffer*, Pergamon Press, Oxford, 1960. (pp. 12.)
- [4] *Smagorinsky, J.*: Neumann János tevékenységének meteorológiai vonatkozásai. *Időjárás*, **79**, 189. 1975.
- [5] *Charney, J. G.*—*R. Fjørtoft*—*J. von Neumann*: Numerical integration of the barotropic vorticity equations. *Tellus*, **2**, 237. 1950.
- [6] *Charney, J. G.* et al.: The feasibility of a global observation and analysis experiment. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **47**, 200. 1966.
- [7] *García, R. V.*: The GARP programme on numerical experimentation. *GARP Publications Series No. 7*. 1971.
- [8] *Everson, P.*—*D. Davies*: A note on the dependence of atmospheric predictability on baroclinic development. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, **97**, 238. 1971.
- [9] *Gleeson, T. A.*: On theoretical limits of predictability. *Journal of Applied Meteorology*, **6**, 355. 1967.
- [10] *Houghton, D.*: Spatial variation in atmospheric predictability. *Journal of the Atmospheric Sciences*, **29**, 816. 1972.
- [11] *Leith, C. E.*: Atmospheric predictability and two-dimensional turbulence. *Journal of the Atmospheric Sciences*, **28**, 145. 1971.
- [12] *Lorenz, E. N.*: Study of predictability of a 28-variable atmospheric model. *Tellus*, **17**, 321. 1965.
- [13] *Lorenz, E. N.*: Three approaches to atmospheric predictability. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **50**, 345. 1969.
- [14] *Lorenz, E. N.*: The predictability of a flow which possesses many scales of motion. *Tellus*, **21**, 289. 1969.
- [15] *Lorenz, E. N.*: Atmospheric predictability as revealed by naturally occurring analogues. *Journal of the Atmospheric Sciences*, **26**, 636. 1969.
- [16] *Miyakoda, K.*—*G. D. Hembree*—*R. F. Strickler*—*I. Shulman*: Cumulative results of extended forecast experiments: I. Model performance for winter cases. *Monthly Weather Review*, **100**, 836. 1972.
- [17] *Robinson, G. D.*: The predictability of a dissipative flow. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, **97**, 286. 1971.
- [18] *Smagorinsky, J.*: Problems and promises of deterministic extended range forecasting. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **50**, 286. 1969.
- [19] *Sutcliffe, R. C.*: Predictability in meteorology. *Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie, Serie A.*, **7**, 3. 1954.
- [20] *Thompson, P. D.*: Uncertainty of the initial state as a factor in predictability of large scale atmospheric flow patterns. *Tellus*, **9**, 275. 1957.
- [21] *Winn-Nielsen, A. C.*: Atmospheric predictability. *ND News*, No. 6. 26. 1972.

- [22] Shannon, C. E. — W. Weaver: *Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana, Ill., 1949.
- [23] Gulyás, O.: Some remarks on the sampling theorem. *Proceedings of the Colloquium on Information Theory*, Debrecen, 1967. (pp. 243.)
- [24] Freiberger, W. — U. Grenander: On the formulation of statistical meteorology. *Review of the International Statistical Institute*, **33**. 59. 1965.
- [25] Epstein, E. S.: The role of initial uncertainties in prediction. *Journal of Applied Meteorology*, **8**. 190. 1969.
- [26] Epstein, E. S.: Stochastic dynamic prediction. *Tellus*, **21**. 739. 1969.
- [27] Fleming, R. J.: On stochastic dynamic prediction. I. The energetics of uncertainty and the question of closure. *Monthly Weather Review*, **99**. 851. 1971.
- [28] Fleming, R. J.: On stochastic dynamic prediction, II. Predictability and utility. *Monthly Weather Review*, **99**. 927. 1971.
- [29] Faragó T.: Néhány észrevétel a sztochasztikus dinamikus prognosztikáról. *Zárójelentés az OMSZ adatfeldolgozó és adattároló rendszer kialakítása R-50 kategóriájú számítógépre c. témában végzett munkákról*. Budapest, 1975.
- [30] Phillips, N. S.: An example of non-linear computational instability. *The Atmosphere and the Sea in Motion* (Ed.: B. Bolin) The Rockefeller Institute Press and Oxford University Press, New York, 1959. (pp. 501).
- [31] Parameterization of sub-grid scale processes. *GARP Publications Series* No. 8. 1972.
- [32] Götz, G.: On the contribution of released latent heat to development of synoptic-scale atmospheric motions. *Időjárás*, **76**. 79. 1972.
- [33] Götz G.: A kondenzáció során felszabaduló latens hő szerepe a légkör különböző skálájú mozgásrendszereinek fejlődésében. *OMSZ Hivatalos Kiadványai*, **39**. 88. 1972.
- [34] Götz G.: A latens hőfelszabadulás szerepe a szinoptikus skálájú mozgásrendszerek fejlődésében. (Kézirat.)
- [35] Herzog, H. — J.: „Grid-telescoping“ — ein Verfahren zur Verringerung seitlicher Randfehler und der durch Diskretisierung entstehenden Trunkationsfehler bei numerischen Vorhersagen. *Abhandlungen des Meteorologischen Dienstes der Deutschen Demokratischen Republik*, **16**. Nr. 106. 1972.
- [36] Bengtsson, L.: 4-dimensional assimilation of meteorological observations. *GARP Publications Series* No. 15, 1975.
- [37] Berghorsson, P. — B. R. Döös: Numerical weather map analysis. *Tellus*, **7**. 329, 1955.
- [38] Molnár L.: Numerikus térképanalízis-programrendszer. *Zárójelentés az OMSZ adatfeldolgozó és adattároló rendszer kialakítása R-50 kategóriájú számítógépre c. témában végzett munkákról*. Budapest, 1975.
- [39] Gandin, L. S.: *Meteorológiai mezők objektív analízise* (orosz nyelven). Gidrometeoizdat, Leningrád, 1963.
- [40] Dévényi D. — Sass L.: Az optimális interpoláció módszerének számítógépes realizálása. (Kézirat.)
- [41] Report of the tenth session of the Joint Organizing Committee for GARP (Budapest, 13–19 November, 1974).
- [42] Sawyer, J. S.: The introduction of the effects of topography into methods of numerical forecasting. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, **85**. 31. 1959.
- [43] Götz G. — Práger T.: Légköri folyamatok numerikus modellezése orográfiaileg befolyásolt tartományokban. *A VII. Nemzetközi Kárpát-meteorológiai Konferencián (Tátralomnic, 1975. szeptember 21–25.) elhangzott előadás*.
- [44] Egger, J.: Incorporation of steep mountains into numerical forecasting models. *Tellus*, **24**. 324. 1972.
- [45] Bengtsson, L. — L. Moen: An operational system for numerical weather prediction. *Satellite and Computer Applications to Synoptic Meteorology*, WMO — No. 283. 65. 1971.
- [46] Práger T.: Számítási módszer a Bengtsson — Moen-féle előrejelzési modell egyenleteinek numerikus integrálására. (Kézirat.)
- [47] Joint Organizing Committee: An introduction to GARP. *GARP Publications Series* No. 1. 1969.
- [48] The First GARP Global Experiment — objectives and plans. *GARP Publications Series* No. 11. 1973.

A kén körforgalma a légkörben*

MÉSZÁROS ERNŐ, Központi Légekörfizikai Intézet, Budapest

Cycle of Sulphur in the Atmosphere. The aim of the study is the short presentation of the atmospheric sulphur cycle. Particular attention is devoted to the oxidation processes of sulphur dioxide and to the chemical composition of the background aerosol. At last a sketchy discussion of the sulphur-cycle modifying effect of human activity and its meteorological consequences is given.

*

Круговорот серы в атмосфере. Дается краткое описание цикла серы в атмосфере. Особое внимание уделяется процессам окисления двуокиси серы и химическому составу аэрозолей. В заключение коротко обсуждаются возможные последствия антропогенных влияний на цикл серы с точки зрения физики атмосферы.

*

Ismeretes, hogy földünk gázburkát nagyobb térfogati arányban előforduló fő összetevők, illetve kisebb mennyiségben kimutatható ún. nyomgázok építik fel. Ez utóbbiak légköri tartózkodási ideje rövid, ugyanakkor koncentrációjuk térben és időben igen változékony. Mivel a légkör kémiai összetétele és fizikai állapota között meghatározott összefüggés van, a levegő fizikai paramétereinek kisebb időléptékű változásait, egyéb tényezők mellett, részben a változó részarányú nyomgázok szabályozzák. Külön kategóriába tartoznak azok a nyomgázok, elsősorban a kénkomponensek, amelyek hatásukat a légkörben aeroszol-részecskékké alakulva fejtik ki. Az aeroszol-részecskék ugyanis befolyásolják a légkör sugárzási mérlegét, a levegő optikai tulajdonságait, valamint a felhő- és csapadékképződés folyamatait.

A légköri kénvegyületek forrásainak, átalakulásainak és nyelőinek tanulmányozása azért is fontos, mivel az ember tevékenysége során a légkörbe jelentős mennyiségű kén-gázt (elsősorban kén-dioxidot) juttat, azaz a kén természetes légköri körforgalmát módosítja. Ez a nem kívánt hatás a légköri aeroszol-részecskék koncentrációjának megváltoztatása útján érvényesül, és különösen azért lényeges, mivel a troposzféra kb. 80%-át kitöltő ún. háttérlevegőben, valamint a sztratoszférában a légköri aeroszol jelentős mértékben szulfátokból áll.

Jelen tanulmány célja az, hogy rövid áttekintést adjon a légköri kénvegyületek körforgalmáról, koncentrációjáról és kémiai átalakulásáról, megemlítve, ahol ez lehetséges, a magyar kutatók munkáit.

1. A kénvegyületek forrásai és légköri koncentrációja

Kénvegyületek három alapvető módon kerülnek a légkörbe: szulfidot tartalmazó szerves anyagok bomlása (gáz alakú kén-hidrogén), emberi tevékenység hatása (elsősorban gáz alakú kén-dioxid), valamint tengeri sórészecskék (különböző szulfátok) keletkezése (az említetteknel jóval kisebb mértékben a vulkanikus tevékenység is juttat kénvegyületeket a légkörbe). A források együttes hatására $215 \cdot 10^6$ tonna kén kerül évente a levegőbe (Friend, 1973). A tengeri só ennek a mennyiségnek kerekén 20%-a, ami azt jelenti, hogy a kén döntő többsége gázhalmazállapotban jut a légkörbe. Az emberi tevékenységre

* A meteorológiai tudományos napokon, 1975. nov. 12-én elhangzott előadás.

a teljes emisszió kb. 30%-a, a kontinentális kibocsátás 53%-a jut. Ezek a számok világosan mutatják, hogy az ember a légköri kénvegyületek körforgalmát máris alapvetően módosítja, amelynek fontos légkörfizikai hatásai lehetnek (lásd később).

A biológiai eredetű kén-hidrogén koncentrációjának meghatározására igen kevés mérést végeztek. Jelenlegi elképzeléseink szerint a kén-hidrogén a levegőben viszonylag gyorsan kéndioxiddá oxidálódik (*Georgii et al.*, 1974), így a továbbiakban csak a kén-dioxiddal, illetve a belőle keletkezett szulfát aeroszol-részecskékkel foglalkozunk.

Közvetlenül szennyezett kontinentális levegőben, a források közelében, a kén-dioxid mennyisége legalább tízszer nagyobb, szint a szulfát-részecskéké, abszolút értékben koncentrációja általában $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nagyságrendű. Nagyobb magasságokban, illetve maritim viszonyok között azonban az SO_2/SO_4 -arány 1-re, illetve 1 alá csökken. Így Magyarország felett 2 km-es magasságban $1-2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ szulfát mutatható ki (*Mészáros és Várhelyi*, 1975). A Meteorológiai Világszervezet Fekete-erdőben (NSZK) tartott összehasonlító mintavételei alkalmával az amerikai, a magyar, illetve a német kutatók a közismert West-Gaeke-féle módszerrel hasonló tengerszint feletti magasságokban átlagosan rendre 0,5; 0,4, illetve $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ SO_2 koncentrációkat mértek (*WMO*, 1974). Legújabb repülőgépes méréseink szerint Magyarország fölött is hasonlóan kicsiny az SO_2 koncentrációja (*Várhelyi*, 1975., szóbeli közlés).

Nguyen Ba Cuong et al. (1974) tanulmánya alapján a Csendes-óceán déli részein az SO_2 átlagos koncentrációja $0,12 \mu\text{g}/\text{m}^3$, míg a megfelelő érték szulfát esetén $1,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$. *Gravenhorst* (1975) vizsgálatai szerint az Észak-Atlanti-óceánon a szulfát koncentrációja átlagosan $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, amelyből az ún. „többlet” szulfát (nem tengeri só) $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -t tesz ki. *Gravenhorst* megfigyelései azt is kimutatták, hogy a „többlet” szulfát tengeri sóra vonatkoztatott mennyisége elsősorban a kisebb részecskék esetén jelentős.

Mindezek a mérések a következő módon összegezhetők. A forrásoktól távolodva a kén-dioxid koncentrációja erősen csökken, illetve a szulfát kén-dioxidra vonatkoztatott relatív mennyisége nő. Ez részben a légkörből való kikerüléssel, részben az SO_2 szulfáttá való átalakulásával magyarázható.

2. A kén-dioxid átalakulása a légkörben

A kén-dioxid részben csapadékmentes időben („száraz” ülepedés), részben a csapadékelemekben szulfáttá alakulva („nedves” ülepedés) kerül ki a légkörből. Az első esetben a kén-dioxid közvetlenül a tengerfelszínen és a talajon (a növényzeten és a tereptárgyakon) ad-, illetve abszorbeálódik, míg a második esetben az SO_2 , abszorpció útján először a felhő- és csapadékelemekbe jut. Ezekkel a folyamatokkal tanulmányunkban részletesebben nem foglalkozunk, csupán azt jegyezzük meg, hogy jelenlegi elképzeléseink szerint a kén jelentősebb része a csapadék közvetítésével érkezik vissza a talajra.

Kicsit részletesebben foglalkozunk viszont a kén-dioxid szulfáttá való kémiai átalakulásával. Ez az átalakulás, mint a bevezetőben már említettük, azért érdekes, mivel az SO_2 kis koncentrációban gyakorlatilag hatástalan a légköri folyamatokra, aeroszol-részecskékké alakulva azonban befolyásolja a légkör állapotát.

Ez az átalakulás ezért meteorológiai szempontból a kén légköri körforgalmának leglényegesebb mozzanata.

Az $\text{SO}_2 \rightarrow \text{SO}_4^-$ - átmenet tanulmányozására számos, elsősorban laboratóriumi mérést végeztek. A laboratóriumi kísérletek légköri viszonyokra történő extrapolálása sajnos sokszor nehézségekbe ütközik. Újabban ezért a kutatók figyelme egyre inkább az átalakulási mechanizmusok légköri megfigyeléseken alapuló vizsgálata felé fordul. Az I. táblázat ilyen jellegű méréseink eredményeit (Mészáros, 1973; 1974) foglalja össze. Ezeknél a méréseknél a szulfát és a kén-dioxid koncentrációjával egyidejűleg meghatároztuk a különböző levegőkémiai, illetve „klasszikus” meteorológiai paramétereket. A szulfát-részecskék keletkezésének módját a szulfát, illetve az egyéb paraméterek közötti korreláció-számítás eredményei alapján igyekeztünk megbecsülni. A táblázatban a

I. TÁBLÁZAT

Összefüggés a szulfát koncentrációja és különböző légköri paraméterek között Mészáros (1973 és 1974) szerint. Jelm.: „plusz”: pozitív reális kapcsolat; „nulla”: kapcsolat hiánya.

Félév	sugárzásint.	hőm.	rel. nedv.	aeroszol	SO ₂ konc.
Nyár 1972	+	+	0	0	0
Tél 1973–1974	0	0	+	+	+

„plusz” jel azt jelenti, hogy a szulfát koncentrációja és az illető változó között 0,01-es valószínűségi szinten pozitív összefüggés van, míg a nulla az összefüggés hiányára utal. Látható, hogy a két félévben, a déli félkörben, amikor a méréseket végeztük, a szulfát-részecskék keletkezése között alapvető különbség van. Nyáron a szulfát koncentrációja akkor nagyobb, ha a napsugárzás intenzitása jelentékeny és a hőmérséklet magas. Ezek az eredmények valószínűvé teszik, hogy nyáron a nappali órákban a kén-dioxid átalakulását fotokémiai reakciók indítják meg, amelyeket termikus folyamatok követnek. Ezzel szemben elképzelhető, hogy télen a szulfát az aeroszol-részecskék felületén (pozitív korreláció az aeroszokok mennyiségével), illetve a részecskék által abszorbeált vízrétegben (pozitív korreláció a relatív nedvességgel) keletkezik. Végül az is látható a táblázatból, hogy télen a szulfát és a kén-dioxid között egyszerű, lineáris összefüggés van. Nyáron ez nem mutatható ki. Ebben a félévben az összefüggés jóval bonyolultabb (Mészáros, 1973). Az eredményekből tehát az következik, hogy a szulfát-részecskék télen és nyáron különböző módokon keletkeznek. Ez más szavakkal azt jelenti, hogy a légkörben legalább két-három mechanizmus működik, amely a kén-dioxidot szulfáttá alakítja.

A nyári félévben kapott hőmérséklettől való függés azt is lehetővé tette, hogy bizonyos feltételezésekkel, a termikus reakciók aktiválási energiáját, illetve az átalakulás sebességét is kiszámítsuk. Ez utóbbi értékére 25 °C-on 0,35/óra adódott, ami azt jelenti, hogy 1 óra alatt a kén-dioxid 35%-a szulfáttá alakul. Ez az átalakulási sebesség kb. kétszerese a St. Louis (USA) környezetében kapott amerikai értéknek (Mészáros és Lodge, 1976). A téli átalakulási sebesség, francia adatok alapján (Benarie et al., 1973), óránként átlagosan 6%. További probléma természetesen, hogy ezek a közepesen szennyezett környezetben kapott eredmények a szabad légkörre milyen mértékben alkalmazhatók.

A keletkezett szulfát-részecskék részben „száraz” ülepedéssel, illetve a csapadékvízzel együtt kerülnek ki a légkörből. A szulfát-részecskék troposzférikus tartózkodási ideje azonban általában hosszabb, mint a kén-dioxidé. Magyarország fölött a szulfát tartózkodási ideje csapadégmentes napokon kb. 5 nap (Mészáros és Várhelyi, 1975).

3. A háttér-aeroszol kémiai összetétele

A vázolt átalakulási folyamatok jelentőségét a légköri aeroszol-részecskék kémiai összetételére vonatkozó mérések eredményei támasztják alá. Ezek a mérések ugyanis kimutatták, hogy az ún. troposzférikus háttér-levegőben, illetve a sztratoszférában a részecskék elsősorban szulfátokból épülnek fel.

A légköri aeroszol a kontinensek fölötti néhány km-es légrétegben meglehetősen bonyolult kémiai összetételű (bár a vízben oldódó vegyületek többsége ez esetben is ammónium-szulfát). Ha azonban eltekintünk ettől a tro-

II. TÁBLÁZAT

Az aeroszol-részecskék százalékban kifejezett kémiai összetétele *Mészáros Á.* és *Vissy* (1974) alapján. „ φ ” déli szélességet jelent. A százaléktértek az aeroszol-részecskék teljes számára vonatkoznak.

Aeroszol	Atlanti-óceán			Indiai-óceán
	$0^\circ \leq \varphi \leq 20^\circ$	$40^\circ \leq \varphi \leq 60^\circ$	$\varphi > 60^\circ$	
(NH ₄) ₂ SO ₄	69	38	33	18
NaCl	1,6	15	7,3	28
H ₂ SO ₄	—	—	7,6	3,2
Vegyes	4,9	42	36	31

poszféra kb. 1/5-ét kitevő légrétegtől, akkor a részecskék összetétele eléggé egyöntetűvé válik. A déli félgömb óceánjai fölötti levegőben az aeroszol-részecskék tulajdonságait magyar kutatók tanulmányozták (*Mészáros Á.* és *Vissy*, 1974). Eredményeik szerint a 0,03 μm -nél nagyobb sugarú részecskék 75–95%-a (az érték a mintavételi hely függvénye) a következő négy típusba sorolható:

- a) tengeri só b) ammónium-szulfát, c) kénsav,
d) vegyes részecskék (tengeri só és ammónium-szulfát keveréke).

A II. táblázat különböző mintavételi helyek esetén, az egyes típusok százalékban kifejezett közepes előfordulását adja meg. A táblázatból világosan kitűnik, hogy a részecskék többsége ammónium-szulfátból, illetve ammónium-szulfát és tengeri só keverékéből áll (az ammónium-szulfát úgy keletkezik, hogy a gázreakciókkal létrejött kénsavat a légköri ammónia semlegesíti). Ha tehát a tengeri sótól eltekintünk, amely csak az óceánok fölötti 1–2 km-es rétegben mutatható ki, akkor azt mondhatjuk, hogy a troposzférikus háttér-aeroszolt elsősorban kénvegyületek alkotják.

A felső troposzférában kémiai analízis céljából amerikai kutatók vettek aeroszol-mintákat (*Cadle*, 1973). Eredményeik szintén a szulfátok túlsúlyát mutatják.

Ezek az eredmények azért is felkeltették a szakemberek figyelmét, mivel már régebben kiderült (*Junge*, 1963), hogy a sztratoszféra alsó felében az aeroszol gyakorlatilag teljes egészében szulfátokból áll. A szulfát-részecskék általában egy viszonylag vékony rétegben, az ún. *Junge*-féle rétegben koncentrálnak, amely kb. 20 km-es magasságban helyezkedik el. A kutatók véleménye szerint ezek a részecskék elsősorban vulkanikus eredetű kén-gázokból keletkeznek.

4. Az antropogén kén-komponensek hatása a légkör állapotára

Az előző paragrafusokban láttuk, hogy a kén-dioxid a légkörben szulfát-részecskékké alakul át, és a légköri aeroszol jelentős részét ezek a részecskék alkotják. Ha tehát az emberi tevékenység a kén légköri körforgalmát módosítja, akkor ennek az aeroszol-részecskék légköri hatásain keresztül kell megnyilvánulnia.

Felhőfizikai szempontból a kérdés különösen érdekes, mivel az újabb mérések szerint (*Twomey*, 1971) a felhőképződésben aktív kondenzációs magvak többsége ammónium-szulfát. Az emberi tevékenység felhőképződésre gyakorolt hatását a magvak természetes, illetve antropogén keletkezési sebességének összehasonlítása útján becsüljük meg. *Squires* (1966) vizsgálatai szerint az Amerikai Egyesült Államok fölött az antropogén keletkezési sebesség a természetesnek 14%-a, míg az északi félgömbre extrapolált érték 4%-kal egyenlő. Ez utóbbi számadat arra utal, hogy globális léptékben az ember ma még kevésbé befolyásolja a felhőképződés mikrofizikai folyamatait. Kisebb léptékben azonban, erősen iparosodott területeken, az antropogén hatás jelentős lehet. *Pruppacher* (1973) becslése alapján pl. Nyugat-Európában a természetes és antropogén források erőssége lényegében összevethető egymással.

A kondenzációs magvak számának emelkedése a felhők csapadékképző hatékonyságának csökkenését, azaz a felhők stabilitásának növekedését eredményezi (lásd: *Fletcher*, 1962). A jövőben tehát, az ipari tevékenység fokozódása miatt, a felhőtakaró átlagos mennyiségének növekedésével kell számolnunk, amely nemcsak a csapadékeloszlásra, hanem a Föld-légkör-rendszer albedójának alakulására is hatást gyakorolhat.

Az aeroszol-részecskék a légkör sugárzási mérlegét közvetlenül is befolyásolják. Anélkül, hogy a probléma részleteibe bocsátkoznánk, megjegyezzük, hogy a troposzférikus aeroszol mennyiségének megnövekedése nem vezet egyértelműen a talajközeli levegő hűléséhez. A hatás ugyanis bonyolult módon függ a részecskék nagyságától, formájától, törésmutatójától, abszorpciós állandójától, valamint a fény hullámhosszától. Az elvégzett modell-számítások továbbá azt is kimutatták, hogy az aeroszol-részecskék klímamódosító hatása az aeroszol-réteg alatti felszín albedójának is függvénye (*Schneider és Kellog*, 1973). Ha a felszín albedója kb. 0,5 fölött van (pl. a sarkok közelében), akkor a talajközeli hőmérséklet növekszik, ellenkező esetben csökken. Ha tehát a szulfát-részecskék koncentrációja a légkörben mindenütt egyöntetűen emelkedik, akkor nem az átlagos hőmérséklet csökkenésével, hanem az alacsonyabb és magasabb szélességek közötti különbségek elmosódásával kell számolnunk. Ezek után természetesen felmerül az a kérdés, hogy az emberi tevékenység a kén körforgalmának módosításán keresztül észlelhetően befolyásolta-e már Földünk éghajlatát. A kérdésre sajnos ma még nem adhatunk egyértelmű feleletet. A megoldást az időjárási folyamatok és a klíma numerikus modellezésének tökéletesedésétől várhatjuk.

IRODALOM

- Benarie, M., Menard, T. et Nonat, A.*, 1973: Étude de la transformation de l'anhydride sulfureux en acide sulfurique en relation avec les données climatologiques, dans un ensemble urbain à caractère industriel, Rouen. *Atmosph. Environment*, 7, 403–421.
- Cadle, R. D.*, 1973: Particulate matter in the lower atmosphere. In "Chemistry of the lower atmosphere" (ed.: S. I. Rasool), Plenum Press, New York and London.
- Fletcher, N. H.*, 1962: *The physics of rainclouds*. University Press, Cambridge.

- Friend, H. P., 1973: The global sulfur cycle. In "Chemistry of the lower atmosphere" (ed.: S. I. Rasool). Plenum Press, New York and London.
- Georgii, H. W., Jost, D. and Mészáros, E., 1974: On the chemistry and budget of sulfur components in the atmosphere. *Acta Geol. Acad. Sci. Hungaricae*, 18, 79–88.
- Gravenhorst, G., 1975: The sulphate component in aerosol samples over the North Atlantic. "Meteor" *Forsch. Erg. B* 10, 22–31.
- Junge, 1963: *Air chemistry and radioactivity*. Academic Press, New York and London.
- Mészáros A. – Vissy, K., 1974: Concentration, size distribution and chemical nature of atmospheric aerosol particles in remote oceanic areas. *J. Aerosol Sci.*, 5 101–110.
- Mészáros, E., 1973: Evidence of the role of indirect photochemical processes in the formation of atmospheric sulphate particulate. *J. Aerosol Sci.*, 4, 429–434.
- Mészáros, E., 1975: On the formation of atmospheric sulphate particulate in the winter months. *J. Aerosol Sci.*, 5, 483–485.
- Mészáros, E. and Lodge, J. P., 1976: Sulfur dioxide – sulfate relationships in Budapest. Megjelenik az "Atmospheric Environment" c. folyóiratban.
- Mészáros, E. and Várhelyi, G., 1975. On the concentration, size distribution and residence time of sulfate particles in the lower troposphere, *Időjárás*. 79, 267–273.
- Nguyen Ba Cuong, Bonsang, B. and Lambert, G., 1974. The atmospheric concentration of sulfur dioxide and sulfate aerosols over antarctic, subantarctic areas and oceans. *Tellus*, 24, 241–249.
- Pruppacher, H. R., 1973: The role of natural and antropogenic pollutants in cloud and precipitation formation. In "Chemistry of the lower atmosphere" (ed.: S. I. Rasool), Plenum Press, New York and London.
- Schneider, S. H. and Kellog, W. W., 1973: The chemical basis for climatic change. In "Chemistry of the lower atmosphere" (ed.: S. I. Rasool), Plenum Press, New York and London.
- Squires, P., 1966: An estimate of the antropogenic production of cloud nuclei. *J. Rech. Atmosph.*, 2 (2^e année), 297–308.
- WMO, 1974. WMO operations manual for sampling and analysis techniques for chemical constituents in air and precipitation. WMO–N^o 229, Geneva.

Hibaigazítás. Az 1975. évi 5., szeptember-októberi számunk Boros J. — Bárány I.: *Néhány adat egy bükkfi töbör keleti és nyugati lejtőjének fölmelegedéséhez* c. cikkében az 1., 2. és 3. ábrán a "lejtő" felírás helyesen *küettség*, az I. és II. táblázatban ugyancsak a "lejtő" megjelölés helyesen *küettség*. Az 5. ábrán a "keleti lejtő" helyett a *maximumok*, "nyugati lejtő" helyett pedig a *minimumok* a helyes kifejezés, míg a fekete pont melletti "maximumok" s az üres körök melletti "minimumok" felírás helyesen *keleti küettség*, illetve *nyugati küettség*. Végül a 298. oldalon a bal hasáb 21. és 22. sorában a "keleti lejtő" helyesen *keleti küettség*.

METEOROLÓGIAI TUDOMÁNYOS NAPOK A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADEMIA ALAPÍTÁSÁNAK 150., A MAGYAR METEOROLÓGIAI TÁRSASÁG FENNÁLLÁSÁNAK 50. ÉVFORDULÓJÁN

1975. november 11- és 12-én az MTA Föld- és Bányászati Tudományos Osztályának Meteorológiai Tudományos Bizottsága, a Magyar Meteorológiai Társaság és az Országos Meteorológiai Szolgálat, az MTA alapításának 150., és az MMT fennállásának 50. évfordulója alkalmából ünnepi ülést és ehhez csatlakozóan meteorológiai tudományos ülészakot rendezett.

1975. november 11-én délelőtt a MTA dísztermében *Szádeczky-Kardoss Elemér* akadémikus, az MTA X. Osztályának osztályelnöke üdvözölte a megjelenteket és külön *D. A. Daviest*, a Meteorológiai Világszervezet főtitkárát, aki a Magyar Tudományos Akadémia elnökének meghívására vett részt az ünnepi ülésen.

A díszelnök megemlékezett azokról a meteorológusokról, akik az elmúlt másfél évszázad alatt kiemelkedő tevékenységet fejtettek ki az Akadémia keretében, s ezzel nagymértékben hozzájárultak hazánkban a természettudományok fejlődéséhez és megalapozták az egyetemes földtudományi szemlélet kialakítását. Kifejezte azt a véleményét is, hogy az MTA alapításának 150. és az MMT fennállásának 50. évfordulója alkalmából rendezett tudományos ülészakot igen jó és hagyományalapító kezdeményezésnek tartja, amely módot nyújt arra, hogy a hazai meteorológiai kutatások eredményeit a meteorológus társadalmon túl – a társtudományok kutatói is megismerhessék.

Ezután *Czelnai Rudolf* c. egyetemi tanár, az Országos Meteorológiai Szolgálat elnöke az ünnepi ülést az alábbi szavakkal nyitotta meg:

„A magyar meteorológusok közössége a mai napon többszörös ünnepet ül:

Ünnepi a Magyar Tudományos Akadémia fennállásának 150., és a Magyar Meteorológiai Társaság megalakulásának 50. évfordulóját. E nagy eseményekről a leghivatottabb ünnepi szónokok szólnak majd.

Ünnepi hangulatunkat fokozza, hogy ez az év a meteorológus közösség életében még két évfordulót hozott: 105 éve jött létre az önálló magyar meteorológiai szolgálat, és 25 éve indult meg hazánkban a rendszeres, egyetemi szintű meteorológusképzés.

Külön öröm és megtiszteltetés számunkra, hogy *David Arthur Davies* urat, a Meteorológiai Világszervezet főtitkárát is körünkben üdvözölhetjük, aki ma délelőtti ünnepi ülésünkön – a Magyar Tudományos Akadémia elnöke, *Erdey-Grúz Tibor* akadémikus felkérésének eleget téve előadást is tart.

Ez a nap végül azért is jelentős számunkra, mert első ízben most kerül sor arra a rég áhított magas szintű és reprezentatív tudományos rendezvényre, amelyet Meteorológiai Tudományos Napoknak neveztünk el. Ezzel a rendezvénnyel egy új hagyományt kívánunk megteremteni, és egy régi kapcsolatot megerősíteni. A Meteorológiai Tudományos Napokat ezentúl szeretnénk rendszeressé tenni, s ezáltal lehetőséget teremteni tudományágunk művelői számára, hogy legbecesebb eredményeiket a legmagasabb hazai tudományos fórumon, önálló meteorológiai tablóba rendezve mutathassák be.

Kapcsolataink a Magyar Tudományos Akadémiával nagyon régiek. Kiemelhetjük például, hogy az Akadémia az első magyar meteorológus, *Berde Áront*, 1847-ben publikált „Légtüneteménnyan” című könyvéért, levelező tagjának sorába emelte, vagy utalhatunk arra, hogy ugyancsak az Akadémia tárgyalta meg 1868. április 6-án az önálló magyar meteorológiai intézet létrehozásáról szóló javaslatot.

E szép és gazdag régi kapcsolatot szeretnénk a Meteorológiai Tudományos Napok új hagyományának megteremtésével ápolni, erősíteni és még gazdagabbá tenni.

A meteorológiai tevékenységet az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság irányításával megvalósított tényfeltáró és koordináló munka eredményeképpen ma már ezer, sőt sok ezer szál fűzi társadalmi és gazdasági életünkhöz.

E meteorológiai tevékenységnek részét képezi a tudományos kutatás és azon belül is az Akadémia vonatkozásában közvetlenül érintett alapkutatás, vagy más néven: feltáró kutatás, amelyről most kiemelten szeretnénk szólni.

Jól tudjuk bár, hogy az alap kutatásban a nagy külföldi kutató központokkal nem versenyezhetünk; mégsem vonhatjuk le azt a következtetést, hogy ez a tevékenység fölösleges. Nem téveszthetjük szem elől, hogy a külföldi eredményeit igazán megérteni, követni és társadalmunk számára közvetíteni csak az lehet képes, aki maga is alkotó munkát végez az adott területen. Az oktatómunkának is szüksége van az alap kutatások által biztosított háttérre.

Arról sem feledkezhetünk meg, hogy az alap kutatás a hosszabb távú előrelátásnak is feltétele: aki pedig messzebb lát előre, költséges kitérőket kerülhet el, tehát végső soron e tevé-

kenység nagyon kézzelfogható népgazdasági érdekeket is szolgál.

Azonban e feltáró kutatásra a gazdasági élet közvetlen ösztönzői kevésbé hatnak, s éppen ezért ez a terület igényli leginkább azt az erkölcsi támogatást, ösztönzést és bátorítást, amit a tudományok fejlődésének csak az Akadémia adhat. Az Akadémia és a meteorológiai tudomány kapcsolatainak fejlődését éppen ezért ezen a területen tartjuk legfontosabbnak. A meteorológiai tudományos napok új hagyományának megteremtésével is éppen azt a célt kívánjuk elérni, hogy a jövőben legyenek adotak a keretek a meteorológiai alap kutatás olyan eredményeinek és problémáinak akadémiai szintű bemutatására is, amelyek nem kapcsolódnak közvetlenül más tudományok kérdéseihöz.

Részben az alkalom ünneplőességgel, részben pedig azzal összefüggésben, hogy a Meteorológiai Tudományos Napok megrendezésére most első ízben kerül sor, a ma délután kezdődő és holnap folytatódó tudományos ülés szakon olyan előadások hangzanak majd el, amelyek célja nem speciális tudományos eredmények bemutatása, hanem egy-egy meteorológiai tudományos problémakör áttekintése. Ezt az alkalmat tekintve így helyes; hozzátartozik ahhoz, hogy most valami újat kezdünk, és hagyományt szeretnénk teremteni. Azonban a reprezentatív áttekintésre való hangsúlyos törekvésnek nem kell hagyománnyá válnia. Sőt biztosra vehető, hogy a jövőben a súlypont áttolódik az új, speciális tudományos eredmények bemutatására, s ezáltal a Meteorológiai Tudományos Napok rendszeres megtartása a tudományos kutatások egyik hatékony ösztönzőjévé válik majd.

Mai ünnepi ülésünket ezen gondolatok jegyében nyitom meg."

Ezután *Béll Béla*, az MTA levelező tagja, az MMT elnöke „Az Akadémia szerepe a hazai meteorológiai kutatás fejlődésében” című elő-

adását tartotta meg, amelyet az alábbi szavakkal vezetett be: „A meteorológia, történetének kezdeti, mintegy 2000 évre visszanyúló, inkább szemlélődő és spekulatív korszaka után, a XVII. század közepén lépett az ún. »instrumentális meteorológia« felettebb bázisára. Ebben az átalakulásban, amelynek eredményeként a meteorológia egzakttá természettudománnyá vált, jelentős kezdeményező szerepe volt azoknak a tudós társaságoknak, akadémiaknak, amelyek a XVII. és a XVIII. században – esetleg csak a XIX. században – Európa számos városában és országában jöttek létre.”

A továbbiakban ismertette azokat a kezdeményezéseket, amelyek meteorológiai észlelő hálózatok létesítése érdekében történtek Európában. Rámutatott arra, hogy az 1830–40-es években az Akadémia figyelme még nem terjedt ki a meteorológiára. Az elkövetkező évtizedben azonban már a természettudományi munkák közül *Berde Áron* éghajlattani és agrometeorológiai munkáját tüntette ki, majd a szerzőt 1858-ban levelező tagjává választotta. Néhány év múlva az Akadémia Matematikai és Természettudományi Bizottsága a budai meteorológiai állomás felállítását szorgalmazta, s ennek létrejötté után a „központi akadémiai észlelde” munkáját műszerekkel és útmutatókkal támogatta, továbbá gondoskodott az észlelt adatok publikálásáról is. E bizottság dolgozott ki javaslatot az önálló magyar meteorológiai szolgálat létrehozására vonatkozóan is.

Elemezte a megalakult meteorológiai szolgálat és az Akadémia kapcsolatát a századfordulón, amikor is az Akadémia „már csak kívülről – továbbra is figyelemmel kísérte” az önálló meteorológiai intézet és a meteorológiai kutatás fejlődését.

Ezután áttekintést nyújtott a hazai meteorológiai kutatások eredményeiről, illetve a nemzetközi hírnevet is szerzett meteorológusok



A meteorológiai tudományos napok megnyitójának elnöksége.

A képen balról jobbra: *Tölgyesi István* az OMSZ főmunkatársa, *D. A. Davies* a WMO főtitikára, *Szádeczky-Kardoss Elemér* akadémikus, az MTA X. osztályának elnöke, *Czelnai Rudolf* az OMSZ elnöke, *Béll Béla* akadémiai levelező tag, az MMT elnöke, *Turi Istvánné* az MTESZ főtítkárhelyettese

tevékenységéről a magyar meteorológiai szolgálat megalapításától hazánk felszabadításáig.

Előadásában rámutatott arra is, hogy az Akadémia 1949–50-ben végrehajtott újjászervezése után a magyar meteorológia akadémiai kapcsolatai ismét élénkebbé váltak. Megalakult a Meteorológiai Tudományos Bizottság, amely azóta is „évről évre megvitatta a hazai kutató bázisok terveit és eredményeit, koordinálta a kutatásokat, javaslatokat tett a kutatások akadémiai támogatására, a nemzetközi kapcsolatok előmozdítására, foglalkozott az utánpótlás és az oktatás kérdésével, segítette a tudományos minősítés munkáját, a tudományos könyvkiadás ügyét, és részt vett több tudományos konferencia rendezésében.”

Czelnai Rudolf, az ülészak elnöke a következő szavakkal köszönte meg az előadást: „*Béll Béla* akadémiai levelező tag kitűnő áttekintést adott számunkra az akadémia és a meteorológiai tudomány hazai kapcsolatainak történetéről, és méltatta azt a szerepet, amelyet az akadémia a hazai meteorológiai kutatások fejlődésében játszott. Ehhez a gondolatokban gazdag és tartalmas áttekintéshez semmit sem kell hozzátennünk, hogy kifejezhesük a magyar meteorológus közösség ünnepi érzéseit, a 150. évfordulóját ünneplő akadémia iránti tiszteletünket, s vágyunkat, hogy az akadémia és a meteorológiai tudomány nagy múltú kapcsolatai tovább erősödjenek.”

Ezután *D. A. Davies*, a Meteorológiai Világszervezet főtitkára, „A meteorológia vívmányai és megoldásra váró feladatai” címen tartott igen értékes előadást, amelyet lapunk e számának első cikkének teljes terjedelmében közreadunk.

Az elnökséget ezután *Béll Béla*, a MMT elnöke vette át, és az alábbi szavak kíséretében adta át *D. A. Davies*nek a Magyar Meteorológiai Társaság tiszteleti tagságáról szóló oklevelet:

„Tisztelt Ünnepi Ülészak!

Örömmel jelentem be, hogy a Magyar Meteorológiai Társaság alapításának 50. évfordulója alkalmával tartott közgyűlése *David Arthur Davies* urat, a Meteorológiai Világszervezet főtitkárát tiszteleti tagjává választotta. Megválasztásával a Magyar Meteorológiai Társaság dokumentálni akarja őszinte elismerését azért az értékes munkáért, amelyet *D. A. Davies* úr éppen 20 évvel ezelőtt történt megválasztása óta a meteorológiai tudományra és nemzetközi tekintélye érdekében kifejtett. *D. A. Davies* főtitkár úr most harmadízben látogatott el Magyarországra, megismerkedett a hazánkban folyó meteorológiai tevékenységgel. Értékes segítséget nyújtott fiatal magyar meteorológusok ENSZ-öszöntődíjas tanulmányútjainak, szakértői munkájának támogatásával. Két évtizedes értékes tevékenysége elismeréseként — érdekes véletlenként éppen születésnapján — örömmel nyújtom át számára a Magyar Meteorológiai Társaság tiszteleti tagságáról

szóló oklevelet a meggyőződéssel, hogy a magyar meteorológiával fennálló kapcsolatai ennek révén még bensőségeesebbé válnak, és a jövőben tovább erősödnek.”

Ezután *Valkó Endre*, az MTE SZ főtitkára emelkedett szólásra, és átadta az MTE SZ díjat *Kéri Menyhért* és *Zách Alfréd* részére.

Indoklásában hangsúlyozta, hogy az MTE SZ Országos Elnöksége a társaság fennállásának 50. évfordulóján két olyan érdemes tagtársat tüntetett ki, akik évtizedeken át példamutató tudományos-társadalmi munkájukkal támogatták a társaságot és a szövetséget célkitűzéseinek elérésében.

Az ünnepi ülés második részében *Ambrózy Pál*, a KMI igazgatója „A meteorológiai kutatás és szolgálat társadalmi jelentősége” című előadása hangzott el. Az előadó a bevezetőben elemezte az időjárás és az éghajlat hatását az egyén és a társadalom életére. A társadalmi követelmények hatására a múlt század utolsó harmadában sorra alakultak meg a nemzeti meteorológiai intézetek.

A továbbiakban a meteorológia szolgáltatásaira, illetve azok hatékonyságának fokozására említett igen szemléletes példákat *Ambrózy Pál*. Hivatkozott az 1968-ban megjelent WMO-tanulmányra, amely már elemezte a nemzeti meteorológiai szolgálatok gazdasági hatékonyságát. Kiemelte a hosszútávú meteorológiai előrejelzések jelentőségét a népgazdaságot sújtó elemi károk elhárításában, és ezt néhány igen szemléletes példával bizonyította.

A meteorológiai szolgáltatásokkal kapcsolatban rámutatott arra is, hogy „a meteorológia és a felhasználók közötti kapcsolat minősége és formája rendkívül fontos, sőt szinte döntő a szolgáltatásaink rendszerében, abban, hogy azt nyújtjuk-e, amit kérnek, illetve arra használják-e fel az adott információt, amire az készült, tehát fizikai tartalmának és valószínűségi jellegének megfelelően.” Hangsúlyozta, hogy a népgazdaság részéről érkező visszajelzések az alkalmazott kutatások legjobb ösztönzői. A továbbiakban az OMSZ tájékoztató rendszereinek tervezett kialakításáról, ennek problémáiról, és a szolgálatunknál folyó kutatómunkákról kapott a hallgatóság átfogó tájékoztatást.

„A Magyar Meteorológiai Társaság ötven éve” címen *Skakály József* főtitkár ismertette a társaság alapításának körülményeit, az első két évtized legkiemelkedőbb eseményeit. Rámutatott arra, hogy hazánk felszabadulása után újra kellett szervezni a társaságot, biztosítva a társasági szakülések rendszeres megtartását, gondoskodni az egyetlen magyar meteorológiai szaklap, az IDŐJÁRÁS folyamatos megjelenéséről, valamint a hazai és a külföldi kapcsolatokat kiépítéséről. A negyedszázados évforduló alkalmával tartott ünnepi közgyűlés — 1950-ben — fordulópontot jelentett a társaság életében. Ekkor került megvitatásra és

jóváhagyásra az első társasági munkaterv, amely alapjában meghatározta a további tevékenységet.

Áttekintve az elmúlt 25 év alatt végzett társasági munkát, megállapítható, hogy a korábbi, erősen elszigetelt „zártkörű működést” felváltotta a termékeny együttműködés a társtudományok egyesületeivel, és ebből következően a több tudományterületet érintő kérdések komplex megvitatásának gyakorlata.

Felidézve az igen jól sikerült vándorgyűléseket, az évi közgyűléseket — amelyeken a tiszteleti tagság, „Steiner Lajos emlékérem”, a nívódíj, a pályadíjak és jutalmak kerültek átadásra — és a társaság számos egyéb ünnepi eseményét, az a vélemény erősödhetett meg a hallgatóságban, hogy az MMT az alapszabályban lefektetett kötelezettségeit messzemenően teljesítette, és minden biztosíték adva van arra, hogy ezt megteszi az elkövetkezendő fél évszázad folyamán is.

Az előadások után *Béll Béla*, a Magyar Meteorológiai Társaság elnöke átadta a „Steiner Lajos emlékérmét” és az oklevelet

Ambrózy Pál, Barta György, Dobosi Zoltán, Mészáros Ernő, Rajkai Ödön, Simon Antal, Szabó Gyula és Tardos Béla tagtársaknak, továbbá bejelentette, hogy *Boros József*, volt választmányi tagunknak odaítélt emlékérmét és oklevelet az elhunyt családjának juttatja el a társaság elnöksége.

A társaság „szakirodalmi nívódíját” *Probáld Ferenc* tagtársunknak adta át az elnök „Budapest városklímája” című, 1974-ben megjelent értékes könyvéért.

A társaság fennállásának 50. évfordulója alkalmából kiírt „Ifjúsági pályázat” eredményét *Kéri Menyhért*, a Bíráló Bizottság elnöke ismertette:

Megosztott I. díjat: *Lambert Károly*, a budafoki „Budai Nagy Antal” gimnázium tanulója és *Sziebert János*, a bajai „Tóth Kálmán” vízügyi szakiskolapiskola tanulója nyerte el.

II. díjat: *Hegedűs Béla*, a szegedi „Radnóti Miklós” gimnázium tanulója és *Szalai Sándor*, a soproni „Széchenyi István” gimnázium tanulója nyert;

III. díjat: *Nagy Zoltán*, a gyöngyösi „Berze Nagy János” gimnázium tanulója és *Szlovák Mariann*, a szolnoki „Varga Katalin” gimnázium növendéke nyerte el.

Dicséretben részesült: *Gyuró György* (Kossuth Lajos gimnázium, Magyaróvár), *András² Friderika* és *öt társa* (Kun Béla gimnázium, Komló), *Nyári Rózsa* és *Márky Judit* (Kossuth Lajos gimnázium, Cegléd), *Mező Tibor* és *Tóth Endre* (Kossuth Lajos gimnázium, Cegléd), *Ráczkevi Béla* (Münnich Ferenc gimnázium, Dunaújváros), *Szalai József* (Bethlen Gábor gimnázium, Hódmezővásárhely). *Báranyos Valéria* és *Turucz Erzsébet* tanulók (Vajda János gimnázium, Bicske) könyvjutalomból álló elnöki különdíjban részesültek azért a gazdag, esztétikusan illusztrált mellékletért,

amelyben magyar és más népek költőinek, íróinak meteorológiai tárgyú gondolatait, „az ezer arcú időjárás” címmel, versben és prózában antológiászerűen összegyűjtötték, megtoldva mindezt saját szerzeményű ódáikkal.

A társaság főtitkára ezután bejelentette, hogy az elnökség *Endródi Gabriellát* és *Práger Tamást* kiváló szakelőadósaikért; *Felméry Lászlót*, *Fodor Istvánt* és *Simon Antalt* szerkesztői, ill. szervező munkájukért; *Dunay Sándort*, *Kiss Lajosnét*, *Simon Antalné* és *Weingartner Ferencnét* kiváló összekötői munkájukért társasági jutalomban részesíti.

A meteorológiai tudományos napok programja 11-én délután és 12-én, különböző témájú szakmai előadásokkal folytatódott. Összesen tíz tudományos előadás hangzott el, amelyek többségét lapunk jelen számától kezdve folyamatosan közlésesztünk.

Szakály J.

*

A TUDOMÁNYOS KUTATÁSOKAT KOORDINÁLÓ MUNKACSOPORT VII. ÜLÉSE ULÁNBÁTORBAN

A szocialista országok igazgatói konferenciájának keretében működő Tudományos Kutatásokat Koordináló Munkacsoport (RGKNIR) VII. ülésére 1975. október 1–7. között Ulánbátorban, a Mongol Népköztársaság Hidrometeorológiai Szolgálatának rendezésében került sor. Az ülésen a rendező szolgálaton kívül a Bolgár Népköztársaság, a Vietnami Demokratikus Köztársaság, a Német Demokratikus Köztársaság, a Lengyel Népköztársaság, a Szovjetunió, a Csehszlovák Szocialista Köztársaság és a Magyar Népköztársaság szakemberei vettek részt. Az ülést a mongol hidrometeorológiai szolgálat igazgatója, *D. Tsvendorzs* üdvözlő beszéde nyitotta meg, majd a munka jelen sorok írójának elnöklésével folytatódott.

Az ülés első és egyik legfontosabb napirendi pontja a szocialista országok szolgálatai között koordinált kutatási témákban az 1971–1975 közötti időszakban elért eredmények értékelése volt, az egyes témákat irányító szolgálatok jelentései alapján. A résztvevők egyöntetű megelégedéssel és elismeréssel állapították meg, hogy „*A szocialista országok agroklimatológiai erőforrásai*”; „*Felhőfizikai folyamatok tanulmányozása és aktív befolyásolási módszereinek kidolgozása*”; „*A repülőgépek fel- és leszállásához szükséges látástávolság előjelzési módszereinek kidolgozása*”; „*A zúzmara és jéglerakódás térbeli és időbeni változékonyságának kutatása és a mérési módszerek egységesítése*”; „*A meteorológiai mezők statisztikai szerkezetének tanulmányozása*”; „*Káros elegyek terjedésének tanulmányozása a légkörben, és a légszennyeződés veszélyes feltételeinek kialakulása*”, valamint az „*Éghajlati paraméterek kiszámításának kézikönyve építéstervezési célokra*” című témákban a termékeny együttműködés eredményeként figyelemre méltó tudományos és a gyakorlatban is

alkalmazható eredmények születtek. A fennmaradó további 3 témában részben e témák túlságosan általános megfogalmazása, részben a megfelelő részletességű kutatási programok, valamint az elégtelen szervező és irányító munka hiányosságai miatt kevésbé volt sikeres az együttműködés, jóllehet ezekben a témákban is jelentős részeredményeket értek el a különböző szolgálatok kutatói. Az elmúlt 5 éves periódus kutatás-szervező munkájának tapasztalatai alapján a munkacsoport megfelelő ajánlást dolgozott ki a koordinált kutatómunka effektívitásának emelésére.

Az ülés másik fontos tárgysorozati pontja az 1976–1980 közötti periódusra vonatkozó koordinált kutatási témák programjainak áttekintése és jóváhagyása volt. Mivel a következő 5 éves időszakra tervezett 19 koordinált kutatási téma túlnyomó többségének még nem készült el a részletes munkaprogramja, a munkacsoport csak 5 téma távlati programját tárgyalta meg és hagyta jóvá.

Tekintettel arra, hogy több koordinált téma kutatásának irányítására az igazgatói konferencia keretében működő különböző munkacsoportok kaptak megbízást, az értekezlet meg tárgyalta e munkacsoportokkal fennálló együttműködés javításának szervezeti kérdéseit. Figyelembe véve, hogy a résztvevő szolgálatok többségében az agrometeorológiai tárgyú kutató munka gyakorlati jelentősége megnövekedett, a munkacsoport javasolja egy állandó agrometeorológiai munkacsoport létesítését.

Ismeretes, hogy széles körű és jól szervezett meteorológiai kutatómunka folyik a szocialista országok INTERKOZMOSZ együttműködése keretében, valamint a tudományos akadémiák megfelelő szervezetei között is. Miután valamennyi szolgálat érdekelt a fenti szervezetekben elért kutatási eredmények gyakorlati hasznosításában, a munkacsoport a jövőben nagyobb figyelmet fordít e szervezetek tevékenységére és kutatási eredményeinek felhasználására. Az értekezlet külön ajánlásban kéri a Szovjetunió Hidrometeorológiai Szolgálatát, hogy „A felhőzet mezoléptékű sajátosságainak felhasználása az időjárás analízisében” (szerk. N. F. Veltiscsev; Hidrometeorológiai Kiadó, 1973) és a „Földközi-tengeri ciklonok felhőzeti mezeje” (szerk. T. P. Popova; Hidrometeorológiai Kiadó, 1975) című monográfiák szerzői állítsanak össze gyakorlati útmutatókat a fenti munkákban közölt kutatási eredmények hasznosítására az operatív munkában.

Mivel a szocialista országok szakértőinek eddigi részvétele a globális légköri folyamatok alprogramjaiban igen hasznosnak bizonyult, a Szovjetunió Hidrometeorológiai Szolgálatá rendeltetésre bocsátotta erre vonatkozó programtervezetét, amelynek alapján valamennyi érdekelt szolgálat javaslatokat tehet e tervezett kutató programokban való részvételre.

Az értekezlet befejezésekként tudományos előadásokra került sor, amelynek keretében a

résztvevők megismerkedtek a mongol szolgálat kiemelkedőbb kutatási eredményeivel.

Az ülés kitűnő megszervezése, a vendéglátó szolgálat példamutató előzékenysége nagymértékben hozzájárult az értekezlet munkájának eredményességéhez. A feszített munkaprogram mellett az ülés résztvevőinek lehetősége volt a mongol főváros nevezetességeinek megtekintésére is.

Bodolai I.



D. A. DAVIES BUDAPESTEN

November 10. és 11-én *Budapestre* látogatott *David Arthur Davies* a WMO főtitkára. A látogatásra a *Meteorológus Napok* kapcsán került sor, az *MTA elnöke, az Országos Meteorológiai Szolgálat* és a *Magyar Meteorológiai Társaság* közös meghívása alapján.

Rövid látogatásának ideje alatt *D. A. Davies* rendkívül gazdag hivatalos programot bonyolított le. Az első nap délelőttjén látogatást tett *Szarka Károly* külügyminiszter-helyettesnél, majd pedig *Kozák Miklósnál*, a Budapesti Műszaki Egyetem Vízgazdálkodási és Vízépítési Intézetének igazgatójánál. Délután került sor *Gergely István* államtitkárnak, az OVH elnökének meglátogatására. Ezen a rendkívül szívélyes, baráti hangulatú megbeszélésen alkalom adódott a meteorológia és hidrológia sokirányú kapcsolatainak áttekintésére. A gazdag program méltó folytatásaként délután 16 órakor *Erdély-Grúz Tibor*, az MTA elnöke fogadta a WMO főtitkárát. E látogatás alkalmából főként a *Globális Légkörkutató Program (GARP)* kérdéseiről és az abban való magyar részvétel lehetőségeiről esett szó.

A második napon, 11-én a WMO főtitkára a *Meteorológus Napok* megnyitó ünnepségén vett részt, s ott „*Meteorology, the achievement and the challenge* (A meteorológia vívmányai és megoldásra váró feladatai)” címmel előadást is tartott. Előadása után *Béll Béla* akadémiai levelező tag, a *Magyar Meteorológiai Társaság* elnöke ünnepélyes keretek között adta át *Davies* úrnak a *Magyar Meteorológiai Társaság* tiszteleti tagságáról szóló díszoklevelet. A bensőséges hangulatú ünnepség felejthetetlen emlék marad számunkra.

Az ünnepség szünetében *D. A. Davies* főtitkár nyilatkozott a *Magyar Rádió* munkatársainak a WMO tevékenységéről, a Magyar Népköztársaság Meteorológiai Szolgálatának nemzetközi szerepéről, a meteorológiai műholdak jelentőségéről és a Globális Légkörkutató Programról.

A hivatalos program befejezésekként vendégünk az *Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság* elnökhelyettesénél *Bartos István* elvtársnál tett látogatást. A beszélgetés keretében áttekintették a hazai meteorológiai tevékenység és a Meteorológiai Világszervezettel való együttműködés sok fontos kérdését. *Davies* úr elismerően nyilatkozott a magyar meteorológusok

tevékenységéről, a különféle WMO-programokban való magyar részvételről és a magyar szakemberek külföldi szakértői tevékenységéről. Hangsúlyozta, hogy örömmel venné, ha a jövőben a magyar szakemberek még nagyobb mértékben kapcsolódnának bele a fejlődő országok technikai megsegítésével kapcsolatos ENSZ-programokba. A szívélyes hangú beszélgetés végén a főtítkár hangsúlyozta, hogy rövid magyarországi tartózkodása alatt igen jó benyomást szerzett a magyar meteorológiai szolgálat fejlődéséről és társadalmi kapcsolatairól.

A hazai meteorológus-közösség nagy megtiszteltetésnek tekinti, hogy *D. A. Davies* főtítkár meghívásunk alapján időt szakított erre a látogatásra, részt vett a *Meteorológus Napok* megnyitó ünnepségén, sőt azon még előadást is tartott. Itt tartózkodása sokáig emlékezetes marad számunkra, és a hivatalos tárgyalások során tett észrevételei és tanácsai igen sokféle módon válnak majd közös ügyeink hasznára

Czelnai R.

*

OZORAI ZOLTÁN NYUGALOMBA VONULT

Közel négy évtizedes aktív szervező, kutató oktató és tudományos közéleti tevékenység után 1975. július 31-én nyugalomba vonult *Ozorai Zoltán*, az Országos Meteorológiai Szolgálat tudományos tanácsadója.

1915. február 1-én született Budapesten. Középiskolai tanulmányait kitüntetéssel végezve 1933-ban beiratkozott a budapesti tudományegyetem bölcsészettudományi karára, ahol matematika-fizika tanári oklevelet szerzett. Kapcsolatát az egyetemmel továbbra is fenntartva 1942-ben ugyanitt doktori fokozatot ért el. Közben – díjtalan gyakornokként – egészen 1947-ig kezelte az Egyetemi Kísérleti Fizikai Intézet könyvtárát, és részt vett az oktatói munkában.

1939 februárjától nyugdíjba vonulásáig megszaktítás nélkül szolgálatunk kötelékébe tartozott. Kezdetben az aerológiai, az éghajlati, majd az előrejelző osztályon dolgozott, 1947-től osztályvezető-helyettesként, 1957-től vezetőként. 1958-ban a Feriegyi Előrejelző Osztály vezetésére kapott megbízást. Operatív-szakmai tevékenységének – legalábbis az aktív működését tekintve – az itt eltöltött 11 év volt a legkiemelkedőbb szakasza. Ő vezette be a meteorológiai repülés-eligazítás nemzetközi szabványait (ICAO-WMO - határozatok), s ugyanezen időszak alatt ő volt a nemzetközi meteorológiai telekommunikációs kérdések hazai felelőse és legjobb ismerője.

Hosszú időn keresztül tagja, majd vezetője volt a légiút-klimatológiai szerkesztő kollégiumnak. Igen sok nemzetközi tárgyaláson vett részt a hazai repülésmeteorológia, szinoptika, távközlés és más szakterületek képviselőiben. 1969-ben az időjárás kutatósztályt vezette,



majd 1970-től az OMSZ tudományos tanácsadója, s ebben a minőségben vonult nyugdíjba.

Ozorai Zoltán tudományos tevékenysége kezdetben a légköri energetika vizsgálatára irányult, majd számos szinoptikai tárgyú dolgozat jelent meg tollából. Ezek közül is kiemelkedik a Kárpát-medencét néha jellegzetesen körülölelő izobárok és az így kialakuló orografikus okklúzió szinoptikus folyamatait tárgyaló értekezése, melynek megvédésével 1957-ben elnyerte a kandidátusi fokozatot. A 60-as években zömmel repülésmeteorológiai és repülés-klimatológiai dolgozatai jelentek meg. Az utóbbi években a magaslégtér adatok hibaellenőrzésére, az időjárás térképek objektív analízisének felmerülő vetületi és transzformációs kérdések megoldására fordította figyelmét, s e területeken jelenleg is eredményesen működik.

A meteorológusképzés minden szintjén találkoztunk *Ozorai Zoltán* nevével. A technikusképzésben kezdettől fogva részt vesz, jelenleg ő vezeti a Meteorológus III. tanfolyamot. Több féléven keresztül oktatott az ELTE-n és az Agráregyetemen. Az oktatásban és továbbképzésben szerzett tapasztalatait az MTA Meteorológiai Tudományos Bizottságának Oktatási Albizottsága eredménnyel hasznosítja. Hosszú időn át tagja volt az Időjárás szerkesztő bizottságának. Szigorú, de igazságos lektorként tartjuk számon.

Szoros kapcsolat fűzi a Magyar Meteorológiai Társasághoz. 1938 óta fennálló tagsága alatt igen sok előadást tartott a társasági üléseken. 1945 óta megszaktítás nélkül tagja a Választmánynak. 1952-ben Steiner Lajos-emlékremmel tüntették ki.

Ozorai Zoltán eddigi pályafutásáról szóló megemlékezésünk nem búcsúást jelent, hiszen tudományos tanácsadóként továbbra is közünk dolgozik. Bízunk benne, hogy friss szellemi erejét továbbra is a meteorológiai kutatás, oktatás és közélet továbbfejlődésének szenteli. Ehhez kívánunk neki jó egészséget és további sok sikert.

Ambrózy P.

GARP MUNKACSOPORT-ÉRTEKEZLET PÁRIZSBAN

A GARP Egyesített Szervező Bizottsága (JOC) 1975. november 17. és 21. között Párizsban rendezte meg azt a konferenciát, amelynek feladata a négydimenziós adatasszimilációval összefüggő kérdések megvitatása volt. Az értekezleten tíz ország mintegy harminc szakértője vett részt; az Országos Meteorológiai Szolgálatot jelen sorok írója képviselte.

Az ülést a konferenciának otthont adó *École Normale Supérieure* igazgatóhelyettese, *Prof. Hervé* és a JOC elnökhelyettese, *Prof. Morel* üdvözlő szavai nyitották meg. Ezt követően az első globális GARP-kísérlet (FGGE) megfigyelési rendszeréről, az objektív analízis problémáiról, valamint az adatasszimilációs sémák és a dinamikus inicializálás kérdéseiről hangzottak el tudományos előadások. Az értekezlet utolsó napján a szakértők felvázolták a négydimenziós adatasszimilációval kapcsolatos jövőbeli kutatások kívánatos szempontjait, és áttekintették azokat a terveket, amelyeket a különböző szolgálatok, illetve intézmények az FGGE adatbázisának felhasználására kidolgoztak.

Götz G.

✱

NEMZETKÖZI KÁRPÁTMETEOROLÓGIAI KONFERENCIA TÁTRALOMNICON

A Szlovák Tudományos Akadémia Geofizikai Intézetének rendezésében 1975. szeptember 21. és 25. között Tátralomnicon került sor a VII. Nemzetközi Kárpátmeteorológiai Konferenciára, amelyen 12 ország 90 küldöttel képviseltette magát. Magyar részről a konferencián a Szlovák Tudományos Akadémia elnökségének vendégeként *Czelnai Rudolf*, az OMSZ elnöke, a Magyar Meteorológiai Társaság küldöttjeként *Götz Gusztáv*, a KMI tud. főosztály-vezetője, az ELTE Meteorológiai Tanszékének képviselőjében pedig *Császár Margit* egy. adjunktus vett részt.

A konferencia munkaprogramjában több mint ötven tudományos előadás szerepelt, az alábbi témakörökben: 1. A hatásgégek hatása a határétege meteorológiai folyamataira és e folyamatok modellezése; 2. Az időjárás analízisének és prognózisának hidrodinamikai és szinoptikai módszerei hegyvidékes területeken, különös tekintettel a vertikális légmozgásra és a csapadék eloszlására a Kárpátok körzetében; 3. Sugárzás-, hő- és vízháztartás hegyvidékeken; 4. A Kárpátok éghajlatának jellemzői és sajátosságai. Az Országos Meteorológiai Szolgálatnál folytatott kutatások eredményeiről jelen sorok írójának *Práger Tamás* tud. s. munkatárssal közösen összeállított *Légköri folyamatok numerikus modellezése orográfiailag befolyásolt tartományokban* című előadása számolt be.

A bemutatott eredmények értékelése és az ülések során előterjesztett javaslatok alapján a konferencia résztvevői ajánlásokat fogadtak el, amelyek a többi között hangsúlyozzák, hogy a jövőben is megkülönböztetett figyelmet kell fordítani az orografikus hatásoknak a planetáris határétege meteorológiai folyamataiban betöltött szerepére. Ezeket a vizsgálatokat részben a rutinmegfigyelések adatainak feldolgozására kell alapozni, részben pedig speciális megfigyelési kísérletek szervezésével, valamint a folyamatok matematikai modellezésével kell előmozdítani.

A konferencia utolsó napján a résztvevők meglátogatták a Kópataki-tónál működő meteorológiai és csillagvizsgáló obszervatóriumot, valamint a Lomnici-csúcsra épített obszervatóriumot.

Götz G.

✱

AZ IUUG KÖZGYŰLÉSE

A Nemzetközi Geodéziai és Geofizikai Unió 1975. augusztus 25-től szeptember 6-ig tartotta 16. közgyűlését a franciaországi Grenoble-ban. Ennek keretében zajlottak le az unió meteorológiai asszociációjának (IAMAP) ülései. A Grenoble-ba utazó magyar küldöttségben e sorok írója az IAMAP-ot képviselte, ezért e beszámoló az ezzel kapcsolatos ügyekre korlátozódik.

Az IAMAP 1975. augusztus 5-én tartotta első plenáris ülését, amelyen az elnöki tisztségről lelépő *S. Fritz* (USA) elnökölt. Többek között megtárgyalták azt az amerikai javaslatot, amely szerint az egyes bizottságok tagjai, illetve tisztségviselői (elnök, titkár) csupán nyolc évig, azaz két ciklusban tarthassák meg pozíciójukat. Számos érv és ellenérv elhangzása után a plenáris ülés a döntést lényegében a bizottságokra bízta. Szóba került még az IAMAP felépítésének és elnevezésének esetleges későbbi módosítása is.

Az IAMAP a közgyűlés alkalmával külön tudományos üléseket nem szervezett. Ezzel szemben számos ún. interdiszciplináris konferencia rendezésében vett részt. Ezek a következők voltak:

1. A bolygók légkörének fejlődése;
2. Az aszályok meteorológiai és hidrológiai aspektusai;
3. Izotópok és szennyezőanyagok a jégben és hóban;
4. GARP első célja: az időjárás előrejelezhetősége;
5. GARP második célja: klímaváltozások;
6. Tengerszennyeződés;
7. A szennyeződés tengeri-meteorológiai kérdései;

8. Sztratoszféra-mezoszféra-kapcsolatok;
9. A légkör kutatása optikai eszközökkel;
10. Az interplanetáris médium-magnetoszféra globális hatásai — kölcsönhatások az alacsonylégrével;
11. Az óceánok szerkezete és mozgása „időfüggő” légkör alatt;
12. Óceánok optikai problémái;
13. Magaslégköri és űrproblémák a légköri elektromosságban;
14. Mesterséges időjárás-módosítás.

A fenti felsorolás egy igen fontos elvi megállapítást is lehetővé tesz. Nevezetesen azt a tényt, hogy az egyes földtudományok között milyen vitathatatlan egység van. Ennek ki-domborítása egyébként a közgyűlés egyik legfontosabb eredménye. Így a Nemzetközi Meteorológiai és Légkörfizikai Asszociáció a Geodéziai Asszociáció kivételével az IUGG minden asszociációjával rendezett közös konferenciát. Ezek sikere is azt bizonyítja, hogy a légkörtudományok a szélesebb értelemben vett geofizika milyen fontos részét képezik.

Az interdiszciplináris konferenciák ideje alatt az IAMAP különböző bizottsági munkaértekezleteket tartottak. A magyar küldött a Levegőkémiai, illetve Felhőfizikai Bizottság munkáit vett részt. Az elsőn, mint a bizottság, a másodikon, mint a bizottság Nukleációs Albizottságának tagja. A munkaértekezletek legfontosabb napirendi pontja az elmúlt évek tudományos konferenciáinak megvitatása, illetve a következő évek konferenciáinak előkészítése volt. Mindkét bizottságban választásokra (tagok és tisztségviselők) is sor került. A Levegőkémiai és Globális Szennyeződési Bizottság új elnöke *E. A. Martell* (USA), míg titkára *P. Goldsmith* (Egyesült Királyság) lett. *Mészáros Ernő* továbbra is a bizottság tagja maradt. A Felhőfizikai Bizottság elnökévé *W. Hitschfeldet* (Kanada), míg titkárává *Mészáros Ernőt* választották. Az eddigi elnök, *H. K. Weickmann*, a továbbiakban mint a bizottság tiszteletbeli tagja tevékenykedik. A Nukleációs Albizottságban magyar részről *Wirth Endrét* választották be.

Az IAMAP második plenáris ülésére szeptember 4-én került sor. Ezen hangzott el az egyes bizottságok munkabeszámolója, illetve a bizottságok új összetételének ismertetése. Végül a jelenlevő küldöttek megválasztották az IAMAP új tisztségviselőit: elnök: *C. E. Junge* (NSZK); alelnökök: *P. R. Pissaroty* (India) és *W. L. Godson* (Kanada); titkár: *S. Ruttenberg* (USA); végrehajtó bizottság: *A. J. Dyer* (Ausztrália); *E. Hesstvedt* (Norvégia); *J. T. Houghton* (Egyesült Királyság); *K. Isono* (Japán) és *W. Zuev* (Szovjetunió).

Az IAMAP következő ülését 1977-ben Seattle-ban (Washington állam, USA) tartja. A Nemzetközi Geodéziai és Geofizikai Unió következő, tizenhetedik közgyűlésére 1979-ben Canberrában (Ausztrália) kerül sor.

Mészáros E.

Mély megrendüléssel fogadtuk *Abonyi Józsefnek*, a szegedi Rádiószondázó Observatórium vezetőjének váratlan halálát. 1975. szeptember 28-án, 59 éves korában, pár hónappal a régen várt és megérdemelt nyugdíjba vonulása előtt fejezte be munkás életét.

1916-ban született Szegeden, és itt töltötte szinte egész életét. 1946-ban, a hazai szinoptikus észlelőhálózat létrehozásakor hivatásos észlelőink között elsőként kezdte meg tevékenységét. Közel harminc évi pályafutása alatt mindig az elsők között maradt. Többször kapta meg a „legjobb vidéki állomásvezető” és „kiváló dolgozó” kitüntető címet, a Munka Érdemrend bronz fokozatának is tulajdonosa volt. Életének utolsó napjaiban a Honvédelmi Érdeméremet kapta, de ezt már nem vehette át személyesen.

1962-ben a szegedi rádiószondázás megindítása után hamarosan ő lett az egész obszervatórium vezetője, ahol nem csak szakmai tudásból, hanem vezetői ismeretekből, emberségből, példamutatásból is vizsgáznia kellett. Ő mind ezeknek kiválóan megfelelt. Szorgalmas, kötelességtudó, igényes ember volt, s ezt a tulajdonságát kisugározta munkatársai felé is. Tanítómestere volt több jelenlegi állomásvezetőknek, sok észlelőnek. Személyi problémáit, így egészségének megóvását is csak sokadrangúnak tekintette. Odaadása, szigorú önfegyelme alattomosan kikezdte egészségét, s ez szinte csak az utolsó hetekben derült ki.

Abonyi József egész élete munkásságával cselekedeteivel példát mutatott mindannyiunk számára. Utolsó útjára munkatársainak, barátainak, tanítványainak nagy tábora kísérte el, s osztozott egyben a családot ért mély gyászban.

✕

Ambrózy P.

AZ MMT VÁLASZTMÁNYÁNAK ÜLSE

A Magyar Meteorológiai Társaság választmánya ez évi harmadik ülését 1975. október 23-án tartotta az MTESZ Anker közli székházában.

Béll Béla elnök kegyeletes szavakkal emlékezett meg elhunyt tagtársainkról, *Réthly Antal* alapító tagról, a Társaság tiszteletbeli tagjáról, *Abonyi József*ről, a szegedi Rádiószondázó Observatórium volt vezetőjéről és *Boros József*ről, a Társaság szegedi csoportjának volt titkáráról. A választmány tagjai egyperces néma felállással tisztelegtek elhunyt tagtársaink emlékének.

A napirend első pontjaként a főtitkár tartott beszámolót a XVIII. (IV.) Vándorgyűlésről. A beszámolót a választmány elfogadta, majd igen élénk vita alakult ki a következő vándorgyűlés tudományos programjának kialakításáról.

A „meteorológiai tudományos napok” előkészítéséről *Szakály József* főtítkár tájékoztatta a választmányt. „Fiatal szakemberek foglalkoztatása a Magyar Meteorológiai Társaságban” címmel *Simon Antal* titkár ismertette azt a jelentést, amelyet az MTE SZ Országos Elnökségének felkérésére állított össze. A választmány számos kiegészítést fűzött az előterjesztéshez, majd felhatalmazta az elnökséget, hogy ebben a módosított formában továbbítsa a jelentést az MTE SZ központi titkárságának.

A társaság 1976. évi munkatervével kapcsolatban olyan határozat született, hogy a Tudományos Tanács tűzze a témát napirendjére és dolgozzon ki egy „konceptiót” az elkövetkező évek társasági munkájára vonatkozóan.

A folyó ügyek sorában a tagdíjemelési ügye került szóba, amelyet szavazásra majd az elnökség terjeszt a közgyűlés elé. *Zách Alfréd* a „Réthly Antal-életrajz” közeli megjelenését közölte. Ezután az alapszabály 15. § 3. pontja értelmében *Bozó Pált* és *Kellár Ferencet*, megválasztott póttagokat társasági jegyzővé, ill. választmányi taggá kooptálta.

A főtítkár javaslatára a választmány a tagok sorába felvette az alábbiakat: *Fekete László*, *Lambert Károly*, *Herendi István*, *Makra László*, *Károssy Csaba*, *Oross Gabriella*, *Szepesi Katalin*.

Szakály J.

*

AZ MMT AGROMETEOROLÓGIAI SZAKOSZTÁLYÁNAK ELŐADÓI ÜLÉSE

„A sztóma-faktor szerepe a növények vízvesztésének alakulásában” címen *Endrődi Gabriella* előadást tartott a Technika Házában 1975 szeptemberében.

A növények párologtatásának meghatározására szolgáló módszerek különbözőképpen veszik figyelembe a vízvesztés befolyásoló tényezőket. Az előadó olyan módszert ismertetett, amely a külső tényezőktől kiváltott sztómareakció vizsgálatán alapul. A növény és környezete közötti vízgőz- és szén-dioxidcsere ugyanis a gázcserenyílásokon keresztül végbenemő diffúziós folyamat. A sztómák mozgásának mechanizmusa (nyitottsági fokának változása) kifejezhető a diffúzióra vonatkozó ellenállás változásával. A különböző meteorológiai paraméterek és a sztóma-ellenállás kapcsolata lehetővé teszi, hogy a növényállományra vonatkoztatott ellenállást a párolgási modellekben felhasználják.

A diffúziós ellenállás megfelelő megválasztása, amely a talaj vízkészletének, illetve a levelek víztartalmának egy bizonyos küszöbérték felett tartását jelenti, elősegíti az állományok vízigényének meghatározását. A korszerű mérés-technikai birtokában, a transpirációt szabályozó fizikai és fiziológiai folyamatok jobb is-

merete hozzájárul ahhoz, hogy alkalmasabb bio-matematikai modelleket hozzunk létre, amelyek összekapcsolják a meteorológiai változókat és környezeti faktorokat a biológiai paraméterekkel.

Az előadást követő hozzászólások rámutattak a téma további kutatásának, bővítésének fontosságára, hogy az eredmények még inkább hozzájáruljanak éghajlati adottságaink jobb kihasználásához a növénytermesztés terén.

Dávid A.

*

HIDROMETEOROLÓGIAI TANULMÁNYÚT VARSÓBAN

1975. október 6. és 11. között *Schirokné Kriston Ilona* a Központi Meteorológiai Intézet hidrometeorológiai csoportjának tudományos munkatársa TESCO-tanulmányúton vett részt. A lengyelországi hidrometeorológiai kutatókat és az operatív hidrometeorológiai előrejelzési módszereket tanulmányozta a Meteorológiai és Vízgazdálkodási Intézetben.

A lengyel intézetben a folyók vízszintjének előrejelzésére 1971 óta használt módszert elsőként *E. Bobinski*, a Hidrológiai Előrejelző Osztály vezetője ismertette. Ez a számítógépes program (ODRA-1204 computeren) a Visztula két mellékfolyójának, a Sola és a Dunajec óránkénti vízszintértékeit 48 órával jelzi előre. A programban az előrejelzett csapadékérték az input adat, tehát a részvízgyűjtők területére előrejelzett vízszintértékek helyességét a legnagyobb mértékben ez szabja meg.

E. Budziszewska, a kvantitatív csapadék-előrejelzést készítő Hidrometeorológiai Osztály vezetője és *I. Morozowska* ismertették a fent említett két részvízgyűjtő-területre készülő hidrometeorológiai prognózisok szinoptikus-klimatológiai módszerét. Ezt követően *H. Mycielska* tartott előadást kutatómunkájáról, melyben a Felső-Visztula vízgyűjtőjén 1951–60 között előfordult eső okozta árvizek szinoptikus feltételeivel foglalkozott. Ezek után került sor az előrejelző- és a távélelőrejelző osztályokon folyó munkák megismerésére is.

A tanulmányút tapasztalatai a következőkben foglalhatók össze: 1. Varsóban a folyók vízszintjének előrejelzési módszeréhez használt hidrometeorológiai csapadék-előrejelzés az operatív szolgálat szerves részét alkotja. Hazánkban ennek csak a kutatási előkészítése történt meg, így igen hasznos volt a lengyel szolgálat munkájának megismerése. 2. *H. Mycielska*nak az eső okozta árvizek szinoptikus feltételeivel foglalkozó kutatásai érdekesek. Meg kell azonban jegyezni, hogy Magyarországon *Jakus Emma* hasonló témájú kutatási eredményeiben a szinoptikus leírásról kívül az eső okozta árvizeknek számszerű leírását is megadja.

Schirokné Kriston I.

AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT HIVATALOS LAPJA
A szerkesztésért felel: dr. Szepesiné Lőrincz Anna

Szerkesztőség: 1024 Budapest, Kitaibel Pál utca 1
Levélcím: 1525 Budapest, Pf. 38. Tel: 353-500

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



75.3827 Athenaeum Nyomda, Budapest — íves magasnyomás
Felelős vezető: Soproni Béla vezérigazgató

Előfizetés: 1 évre 48 Ft, a Meteorológiai Társaság tagjainak 24 Ft. Befizetés a 232-90 171-2494 tagdíjbefizetési számlán
Megrendelhető: Az Országos Meteorológiai Szolgálat Pénzügyi Osztályán, 1024 Budapest, Kitaibel Pál utca 1. Levélcím
1525 Budapest, Pf. 38. Megjelenik kéthavonként. Egyes szám ára: 8 Ft

INDEX: 26.361

